Karkonoski
Park Narodowy

Przyroda
Karkonoskiego Parku Narodowego

III wydanie

Pod redakcją
Roksany Knapik, Piotra Migonia i Andrzeja Raja

Karkonoski Park Narodowy
Jelenia Góra 2019

Polskie Parki Narodowe

Przyroda
Karkonoskiego Parku Narodowego

© Karkonoski Park Narodowy, ul. Chałubińskiego 23, 58-570 Jelenia Góra

Redakcja: Roksana Knapik, Piotr Migoń, Andrzej Raj

Redakcja techniczna: Żaklina Antczak-Raj

Recenzja: Wiesław Fałtynowicz, Piotr Migoń, Andrzej Żelaźniewicz

Tłumaczenie podrozdziału „Pająki" z języka czeskiego: Marek Dobrowolski

Fotografia na 1. stronie okładki: Śnieżka (fot. A. Raj)
Fotografia na 4. stronie okładki: Widok na Śnieżne Kotły (fot. A. Raj)

Skład i druk:
Zakład Poligraficzny SINDRUK,
45-594 Opole, ul. Firmowa 12
biuro@sindruk.pl, tel.: 77 442 09 69

ISBN: 978-83-64528-79-8

Publikacja
dofinansowana ze środków Wojewódzkiego
Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki
Wodnej we Wrocławiu

Poglądy autorów i treści zawarte w publikacji nie zawsze
odzwierciedlają stanowisko WFOŚiGW we Wrocławiu

Spis treści

Od Redakcji 5

Budowa geologiczna Karkonoszy (Paweł Aleksandrowski, Ewa Słaby, Adam Szuszkiewicz, Luiza Galbarczyk- Gąsiorowska, Roksana Knapik, Stanisław Madej, Artur Sobczyk, Eligiusz Szełęg) 7

Ukształtowanie powierzchni Karkonoszy (Marek Kasprzak, Andrzej Traczyk) 47

Różnorodność, dynamika i zagrożenia gleb (Cezary Kabała, Adam Bogacz, Beata Łabaz, Katarzyna Szopka, Jarosław Waroszewski) 91

Środowisko wodne Karkonoszy (Henryk Marszałek, Michał Rysiukiewicz) 127

Klimat (Mieczysław Sobik, Marek Błaś, Krzysztof Migała, Michał Godek, Tomasz Nasiółkowski) 147

Sinice i glony (Jan Matuła, Dorota Richter) 187

Mchy i wątrobowce (Ewa Fudali, Bronisław Wojtuń) 199

Paprotniki (Ewa Szczęśniak, Ludwik Żołnierz) 207

Rośliny kwiatowe (Paweł Kwiatkowski, Ludwik Żołnierz) 217

Roślinność subalpejska i alpejska (Ludwik Żołnierz, Bronisław Wojtuń) 241

Ekosystemy leśne (Władysław Danielewicz, Andrzej Raj, Jacek Zientarski) 279

Łąki (Zygmunt Kącki, Krystyna Pender) 303

Rośliny synantropijne (Zygmunt Dajdok, Ewa Szczęśniak) 311

Porosty (Maria Kossowska) 319

Grzyby i śluzowce (Czesław Narkiewicz, Włodzimierz Kita, Wojciech Pusz, Eugeniusz Panek) 339

Bezkręgowce (Jerzy Błoszyk, Artur Chrzanowski, Marek Dobrowolski, Antonín Kůrka, Elżbieta Kuźnik-Kowalska, Andrzej Mazur, Piotr Olszewski, Krzysztof Pawlikowski, Tadeusz Pawlikowski, Małgorzata Proćków, Dariusz Skarżyński, Paweł Szymkowiak) 359

Kręgowce (Andrzej Dyrcz, Bożena Gramsz, Robert Maślak, Andrzej Witkowski, Tomasz Zając, Karolina Dobrowolska-Martini, Jan Kotusz, Katarzyna Kozyra, Jan Kusznierz, Ewa Leś, Marek Martini, Marcin Popiołek, Roman Rąpała) 405

Ochrona przyrody (Andrzej Raj) 443

Indeks polskich nazw gatunków 485

Indeks łacińskich nazw gatunków 491

Wstęp

Od ukazania się pierwszego wydania monografii przyrodniczej Karkonoskiego Parku Narodowego upłynęło zaledwie pięć lat. Można by przypuszczać, że przyroda parku, jak i wiedza o niej w tak krótkim czasie niewiele się zmieniły. Jakie były zatem przyczyny, że zdecydowaliśmy się wydać drugie wydanie tej ważnej pozycji?

Przede wszystkim wyczerpał się całkowicie nakład tej wartościowej książki. Pomimo wydrukowania jej w ilości 3 tysięcy egzemplarzy szybko okazało się, że wydrukowany nakład okazał się dalece niewystarczający. Biblioteki, pracownicy naukowi zajmujący się problematyką przyrodniczą, studenci, pasjonaci Karkonoszy, jak i liczni przewodnicy turystyczni rozchwytywali tę pozycję, jak przysłowiowe "ciepłe bułeczki".

Po drugie okazało się, że pomimo stosunkowo niedługiego czasu wyniki wielu badań naukowych dostarczyły nowych odkryć, które w sposób znaczący wzbogaciły wiedzę o przyrodzie Karkonoszy i warto się tą wiedzą podzielić z odbiorcami. Okazuje się, że pomimo olbrzymiego dorobku naukowego jakim mogą się poszczycić Karkonosze, nie brakuje entuzjastów naukowych, którzy wierzą, że w Karkonoszach można odnaleźć nowe gatunki roślin, grzybów i zwierząt, opisać nowe zjawiska przyrodnicze bądź zidentyfikować nowe zagrożenia i znaleźć środki zaradcze, aby się tym zagrożeniom przeciwstawić. Dlatego naukowe zainteresowanie Karkonoszami nie maleje, wręcz przeciwnie, rośnie z roku na rok.

Na znaczne wzbogacenie wiedzy o przyrodzie Karkonoszy niewątpliwie wpływ miały nie tylko wykonane tu prace naukowe, ale również zastosowanie nowoczesnych metod i technik badawczych, dzięki którym możliwe stało się odkrywanie i opisywanie zjawisk niemożliwych wcześniej do odkrycia. Zastosowanie zdjęć lotniczych, satelitarnych i nowoczesnych technik z zakresu systemów informacji przestrzennej umożliwia lepszą interpretację zasobów przyrody oraz zjawisk przyrodniczych. Istnieje też możliwość opisywania zjawisk w ujęciu dynamicznym wraz z upływającym czasem. Dzięki pozyskaniu nowej wiedzy możliwe jest także wprowadzanie korekty do wcześniej uzyskanych wyników i nowa interpretacja zjawisk przyrodniczych Karkonoszy. Takie zmiany są bardzo zauważalne w wielu fragmentach ekosystemów leśnych oraz nieleśnych, a wiele z nich zachodzi znacznie szybciej, niż wcześniej przypuszczano. Jest to zapewne wynikiem zmian klimatycznych, przejawiających się ociepleniem klimatu i wydłużeniem okresu wegetacyjnego. Nadal odkrywane są nowe gatunki zwierząt, roślin i grzybów na terenie Karkonoskiego Parku Narodowego, poszerzana jest także wiedza o przestrzennym rozmieszczeniu poszczególnych gatunków. To jest kolejny powód, aby wydać nową edycję naszej monografii przyrodniczej.

Warto wprowadzić korekty do naszego dorobku naukowego także z powodu zmiany granic Parku oraz jego otuliny. Z dniem 1 stycznia 2016 r. powierzchnia Parku wynosi 5951,42 ha powiększając się o bardzo cenne pod względem przyrodniczym obszary leśne pomiędzy wzgórzem Chojnik a głównym kompleksem Parku w rejonie Jagniątkowa. Zmieniła się również powierzchnia otuliny i wynosi ona obecnie 13 093 ha, obejmując swoim zasięgiem wiele cennych łąk i pastwisk zlokalizowanych w niższych położeniach Karkonoszy, szczególnie w okolicach Michałowic, Jagniątkowa, Sobieszowa, Przesieki, Borowic, Sosnówki Górnej oraz Jarkowic i Niedamirowa.

Cieszy nas również fakt, że drugie wydanie Monografii Przyrodniczej Karkonoskiego Parku Narodowego zbiega się z obchodami 60-lecia Karkonoskiego Parku Narodowego. Jest to wspaniała okazja, aby z jednej strony podkreślić cały dorobek naukowy dotyczący Karkonoszy, z drugiej zaś strony podziękować wszystkim osobom, które przyczyniły się do rozwoju badań naukowych na terenie Karkonoskiego Parku Narodowego.

Skład osobowy autorów monografii nie zmienił się w stosunku do wydania pierwszego. Różny jest natomiast zakres zmian poszczególnych rozdziałów, zależny od zakresu nowej wiedzy pozyskanej w drodze badań naukowych w czasie ostatnich 5 lat.

Mam nadzieję, że podobnie jak wydanie pierwsze, także to obecne będzie się cieszyć wśród odbiorców dużym zainteresowaniem i przysłuży się znacząco do promocji profesjonalnej wiedzy o przyrodzie Karkonoszy, zarówno wśród naukowców i studentów, jak ró wnież wśród samorządowców, przewodników turystycznych oraz wszystkich pasjonatów Karkonoszy.

Dziękuję wszystkim autorom za profesjonalne i sprawne przygotowanie materiałów koniecznych do naniesienia zmian i poprawek.

Wojewódzkiemu Funduszowi Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej we Wrocławiu składam podziękowanie za dofinansowanie tego przedsięwzięcia.

W imieniu wszystkich autorów naszej Monografii życzę Państwu miłej lektury.

Andrzej Raj
Dyrektor
Karkonoskiego Parku Narodowego

Paweł Aleksandrowski, Ewa Słaby, Adam Szuszkiewicz,
Luiza Galbarczyk-Gąsiorowska, Roksana Knapik, Stanisław Madej,
Artur Sobczyk, Eligiusz Szełęg

Budowa geologiczna Karkonoszy

Młode góry zrębowe na przedpolu Alp i Karpat

Karkonosze są młodym masywem górskim w północno-wschodniej części Masywu Czeskiego, wypiętrzonym, podobnie jak całe Sudety, w późnym etapie orogenezy[1] alpejskiej, równocześnie z Górami Świętokrzyskimi, Karpatami i Alpami. Do wypiętrzenia doszło podczas trwającej po dziś ery kenozoicznej, głównie w przedziale czasu od środkowego miocenu po początek czwartorzędu, czyli mniej więcej pomiędzy 16 Ma[2] i 2,6 Ma (np. ZIEGLER & DÈZES 2007; JAROSIŃSKI i in. 2008, 2009). Tendencja do utrzymywania w podniesionym położeniu wszystkich wymienionych obszarów górskich wciąż zresztą utrzymuje się, m.in. pod wpływem Afryki, napierającej od południa na kontynent europejski oraz nacisku z kierunków zachodnich, północno-zachodnich i północnych, wywieranego przez rozprzestrzeniające się lateralnie w procesie spredingu[3] podłoże skalne północnego Atlantyku i Morza Arktycznego (por. np. JAROSIŃSKI 2006).

Masyw Czeski podczas orogenezy alpejskiej zachował się jednak inaczej niż Alpy i Karpaty. Wypiętrzył się on w postaci zespołu bloków tektonicznych jako wielka, sztywna struktura zrębowa, ograniczona stromymi uskokami wynoszącymi ku górze stare, paleozoiczne i późnoproterozoiczne kompleksy skalne. Erozja usunęła ich permo-mezozoiczną i kenozoiczną pokrywę osadową, tak, że odsłoniły się one na powierzchni ziemi przed czołem orogenu alpejsko-karpackiego. Natomiast w przewadze młode, mezozoiczne i kenozoiczne serie skalne Alp i Karpat zewnętrznych (fliszowych) uległy w tym czasie intensywnym fałdowaniom i nasunięciom płaszczowinowym[4], tworząc pas orogeniczny na miejscu zamykających się basenów morskich o częściowo oceanicznym typie podłoża, stanowiących odnogi ówczesnego oceanu Tetydy (jego resztką jest dzisiejsze Morze Śródziemne).

Stara, paleozoiczna struktura spajająca karboński superkontynent

Paleozoiczne i późnoproterozoiczne kompleksy skalne Masywu Czeskiego, w tym Sudetów i Karkonoszy, wypiętrzone dzisiaj w postaci młodych zrębów tektonicznych, są fragmentem starego górotworu (orogenu), zwanego waryscyjskim lub hercyńskim[5], uformowanego w późnym dewonie i karbonie (Ryc. 1). Utworzył się on

[1] Orogeneza – łac. dosł. „tworzenie się gór"; we współczesnej geologii – całokształt procesów związanych ze zbieżnym ruchem płyt litosferycznych, prowadzących do fałdowania i nasuwania się na siebie (deformacji) kompleksów skalnych oraz stowarzyszonych z nimi zjawisk magmowych i metamorficznych, które zazwyczaj zachodzą przy granicach płyt, w obrębie wąskich, wydłużonych na setki i tysiące km stref, zwanych orogenami (dosł. górotworami) lub pasami orogenicznymi. Zwykle, choć nie zawsze, pasy orogeniczne po sfałdowaniu ulegają wypiętrzeniu i tworzą pasma górskie (w sensie topograficznym).

[2] Ma – (łac. *megaannum*, l. mn. *megaanni*) – jednostka czasu używana przy określaniu wieku geologicznego, którą w jęz. polskim należy czytać „milionów lat" lub „milionów lat temu".

[3] Spreding dna oceanicznego (ang. *sea floor spreading*) – przyrost i rozsuwanie się na boki podłoża skalnego oceanów, dobudowywanego w grzbietach śródoceanicznych przez zasadowe magmy wytopione z górnego płaszcza Ziemi.

[4] Płaszczowiny – struktury tektoniczne powszechnie występujące w orogenach, złożone z mas skalnych o znacznych rozmiarach (nawet do tysięcy km^3) nasuniętych tektonicznie na znaczne odległości (od kilku do setek km) na skały podłoża.

[5] Nazwy „waryscyjski" i „hercyński" pochodzą, odpowiednio od mitycznego germańskiego plemienia Warysków i od gór Harzu.

w miejscu kolizji dzisiejszych kontynentów południowych, zlepionych uprzednio ze sobą w wielką masę lądową Gondwany[6], z kontynentami północnymi, Laurencją[7] (tj. znaczną częścią dzisiejszej Ameryki Północnej wraz z Grenlandią) oraz Baltiką (dzisiejszą północną i wschodnią częścią Europy) już przedtem, w sylurze i wczesnym dewonie połączonymi w tzw. Laurosję. W ten sposób utworzył się pod koniec karbonu, ok. 300 Ma, jeden superkontynent – Pangea. Jako że Atlantyk jeszcze nie istniał, orogen waryscyjski ciągnął się nieprzerwanie od Appalachów i północno-zachodniego naroża Afryki, przez dzisiejszy Półwysep Iberyjski, Korsykę i Sardynię, Masyw Centralny, Armorykę, Irlandię i pd. Wlk. Brytanię, Wogezy, południowe i środkowe Niemcy, Masyw Czeski, obszar dzisiejszych Alp i Karpat, po Dobrudżę w Rumunii oraz północny Krym i Kaukaz. Orogeneza waryscyjska podczas dewonu i karbonu doprowadziła do intensywnych deformacji tektonicznych, polegających m. in. na sfałdowaniu i ponasuwaniu mas skalnych, w szerokiej i wydłużonej strefie kolizji kontynentów (Ryc.1c i d), aktywnej aż do późnego karbonu. Wzdłuż tej strefy doszło do wypiętrzenia potężnego łańcucha górskiego o wysokościach zapewne porównywalnych z dzisiejszymi Himalajami, który jednak już w późnym permie był w znacznym stopniu zrównany przez erozję.

Tym samym dzisiejsze Sudety i Karkonosze – jako góry, czyli wypiętrzone od kilkuset metrów do ponad półtora kilometra nad poziom morza i rozcięte przez erozję wód płynących fragmenty skorupy ziemskiej – nie mają wiele wspólnego z wyniosłym łańcuchem górskim waryscydów z czasów karbonu i wczesnego permu. Wspólne jest jedynie to, że wypiętrzone w nich zostały te same, sfałdowane i zmetamorfizowane – głównie podczas dewonu i karbonu – kompleksy skalne, a dokładniej ich dolne partie, które ocalały od długotrwałej erozji. Oznacza to, że skały, które dzisiaj oglądamy na powierzchni terenu, w późnym karbonie, gdy formowało się waryscyjskie pasmo górskie, znajdowały się jeszcze głęboko pod powierzchnią i były przykryte kilkukilometrowej grubości nadkładem.

Innymi słowy w dzisiejszych Karkonoszach i w ich bezpośrednim sąsiedztwie na skutek sukcesywnego wydźwigania mas skalnych ku górze (tektonicznego wypiętrzania[8]) i przeciwstawiającej się jego efektom erozji, usuwającej od góry coraz to niżej leżące horyzonty skalne, na powierzchni terenu odsłania się dziś budowa wgłębna nieistniejącego już waryscyjskiego łańcucha górskiego. Dzięki temu, możemy bezpośrednio obserwować ukształtowany w późnym karbonie, na głębokości rzędu 7–10 km, średniej wielkości pluton[9] granitoidowy[10] wraz ze swą osłoną, ścięty do obecnego poziomu powierzchnią erozyjną, jaką stanowi dzisiejsza powierzchnią terenu. Wychodnia[11] plutonu jest wydłużona w kierunku ENE-WSW, rozciągając się na odcinku ok. 60 km i osiągając szerokość od 10 do ok. 25 km (Ryc. 2). Osłonę (okrywę) plutonu reprezentują skały zmetamorfizowane i tektonicznie zdeformowane (sfałdowane i poddane odkształceniu o charakterze spłaszczania, wydłużania i ścinania) jeszcze przed intruzją granitoidów, a także częściowo również w jej trakcie oraz - już w mniejszym stopniu - po umiejscowieniu plutonu. Granitoidy Karkonoszy i skały ich osłony znalazły się na powierzchni terenu już przed środkowym triasem (ok. 230 Ma; por. Edel i in. 2008; Franke i in., 2010), a miejscami i wcześniej (we wczesnym permie, ok. 300–270 Ma; Teisseyre 1957), wskutek głębokiego ścięcia i zrównania silnie wypiętrzonego górotworu przez procesy erozyjno-denudacyjne.

Powstanie krystalicznych skał osłony plutonu Karkonoszy, tj. skał, w które w karbonie wdarła się wytopiona z głębszych partii skorupy i z górnego płaszcza magma granitowa, związane było z jeszcze wcześniejszymi procesami geologicznymi. W trakcie środkowo- do późnokambryjskiej (ok. 520–490 Ma) inicjacji pra-oceanu, nazwanego przez geologów oceanem Rei[12], przez rozpad (ryfting) brzeżnych, przyafrykańskich

[6] Nastąpiło to podczas orogenezy panafrykańskiej ok. 700–550 Ma, której peryferyjnym paroksyzmem była orogeneza kadomska ok. 650–550 Ma. Jej efekty zapisane są w niektórych kompleksach skalnych dzisiejszych Sudetów. Nazwa megakontynentu Gondwany pochodzi od regionu w środkowych Indiach.

[7] Nazwa pochodzi od rzeki Św. Wawrzyńca (łac. St. Laurentius) w Ameryce Północnej (Kanada).

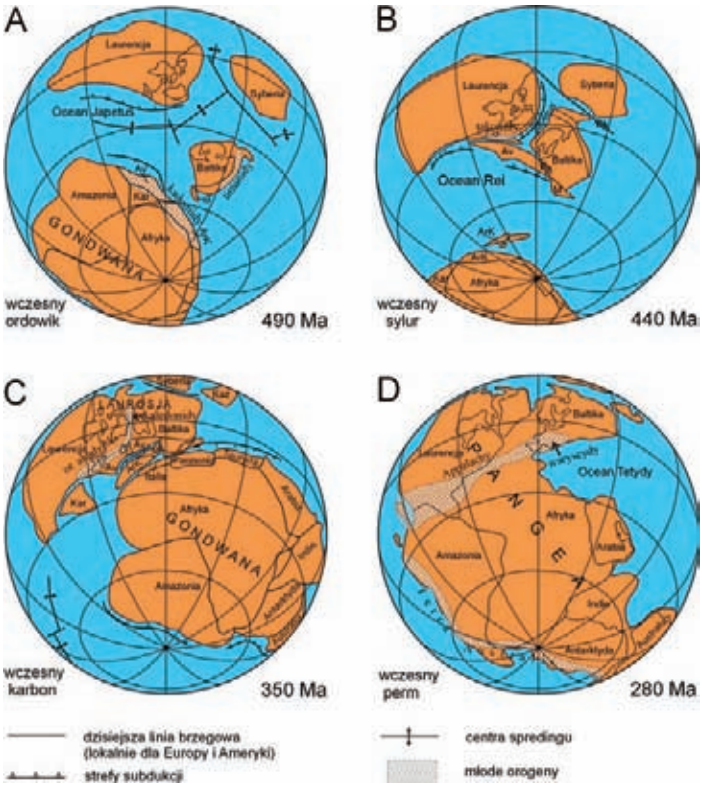
[8] Aktywne wypiętrzanie, spowodowane różnymi przyczynami, zaznaczyło się na obszarze Sudetów zarówno w karbonie i wczesnym permie, jak również w kilku etapach podczas mezozoiku i kenozoiku, zwłaszcza na przełomie kredy i paleocenu oraz w późnym miocenie i pliocenie.

[9] Pluton – dużych rozmiarów ciało magmowe, zastygłe na znacznej głębokości w skorupie lub płaszczu Ziemi.

[10] Granitoidy – grupa skał kwaśnych, czyli felzytowych (tj. o wysokiej zawartości krzemionki) oraz wykształceniu jawnokrystalicznym, co oznacza, że główne minerały składowe można rozpoznać okiem nieuzbrojonym. Do grupy granitoidów należą: granit (o składzie: skaleń alkaliczny w równowadze z plagioklazem), granit alkaliczno-skaleniowy (z dominacją skalenia alkalicznego), granodioryt (o przewadze plagioklazu nad skaleniem alkalicznym) oraz tonalit (z dominacją plagioklazu).

[11] Wychodnia – obszar, na którym ciało geologiczne odsłania się na powierzchni terenu.

[12] Nazwa od greckiej bogini Rei, tytanidy, córki Uranosa i Gai, żony Kronosa i matki m.in. Zeusa, Hery, Posejdona i Demeter. Rea była siostrą Japetusa, od którego wziął nazwę sąsiedni paleozoiczny ocean, rozdzielający Laurencję od Baltiki i Gond-



Ryc. 1. Zmiany globalnej sytuacji paleogeograficznej podczas paleozoiku ukazują genezę podłoża Polski jako zlepku fragmentów różnych dawnych lądów (na podstawie: WINCHESTER i in. 2002; MURPHY & NANCE 2008; NANCE & LINNEMANN 2008; znacznie zmodyfikowane). A – układ kontynentów na początku ordowiku (490 Ma). Laurencja (pn. Ameryka), Gondwana i Baltika, pod koniec prekambru zrośnięte w jeden superkontynent, Pannocję, są oddzielone od siebie i od Gondwany Oceanem Japetus, który właśnie zaczyna się zamykać. W pobliżu Baltiki dryfuje terran małopolsko-łysogórsko-mezyjski. Północne obrzeżenie Amazonii i północno-zachodnie obrzeżenie Afryki (kierunki świata w dzisiejszym układzie odniesienia) są szersze niż dzisiaj i mieszczą w sobie powstały w końcu prekambru orogen kadomski. Podlegają one rozciąganiu (ryftingowi) na zapleczu pobliskiej strefy subdukcji i w niedalekiej przyszłości dadzą początek usamodzielnionym fragmentom skorupy kontynentalnej (terranom/mikrokontynentom – zaznaczono ich zarysy), które przemierzą oceany i zlepią się z Baltiką i Laurencją. B – układ kontynentów we wczesnym sylurze (440 Ma). Awalonia (wcześniej) i część Armoryki/Kadomii (znacznie później), oddzieliły się od obrzeża Gondwany i oddaliły od niej na północ. Awalonia dobija właśnie do brzegów Laurencji i Baltiki, pozostawiając za sobą szeroko otwarty Ocean Rei, oddzielający ją od Armoryki/Kadomii i Gondwany. W podróży ku Laurencji poprzedził ją lokalny łuk wyspowy, który kolidując z tym kontynentem w ordowiku, wytworzył orogen takoński, dziś stanowiący najstarszy element struktury Appalachów. Resztki Oceanu Japetus zamykają się pomiędzy Baltiką i Laurencją. C – układ kontynentów we wczesnym karbonie (350 Ma), w początkowej fazie kolizji Gondwany i Laurosji (Baltiki i Laurencji), z udziałem przyłączonych terranów. Baltika zrosła się z Laurencją w końcu syluru i na początku dewonu, tworząc orogen kaledoński, natomiast kolizja Awalonii z Laurencją doprowadziła do powstania orogenu akadyjskiego, kolejnego składnika Appalachów. D – układ kontynentów we wczesnym permie (280 Ma). W wyniku kolizji Gondwany i Laurosji, kontynenty połączone są rozległym orogenem waryscyjsko-appalachijskim w jeden superkontynent, Pangeę. Po przeciwnej stronie Gondwany wskutek długotrwałej subdukcji utworzył się orogen Terra Australis typu andyjskiego (nadsubdukcyjnego, niekolizyjnego).
Skrócone nazwy terranów/mikrokontynentów: Av – Awalonia, ArK – Armoryka/Kadomia, Kar – Karolinia, Kaz – Kazachstania, M – Małopolska-Łysogóry-Mezja[13]

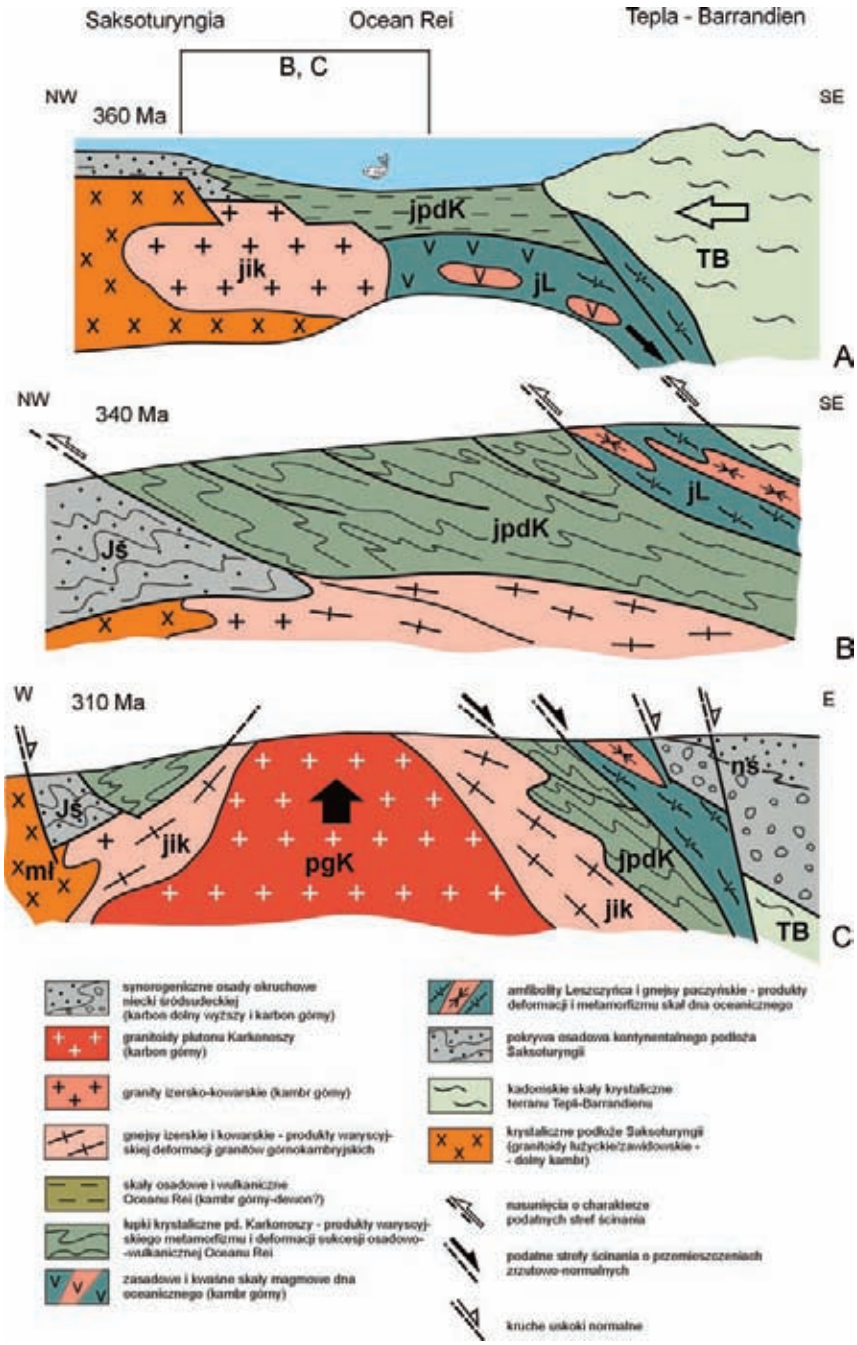
i przyamazońskich partii kontynentu Gondwany (np. TAIT i in. 1997; WINCHESTER i in. 2002; MURPHY & NANCE 2008; NANCE i in. 2010), położonych ówcześnie w pobliżu bieguna południowego Ziemi (Ryc. 1), rozwinęły się zjawiska magmowe, które spowodowały wytopienie granitów, tzw. rumburskich[14]. Z tych granitów wskutek późniejszej deformacji powstały dzisiejsze granitognejsy i gnejsy izerskie oraz kowarskie.

wany. Z kolei Japetus był ojcem Atlasa, od którego wywodzi się nazwa Atlantyku. Nazwa oceanu Tornquista, rozciągającego się w ordowiku pomiędzy Balticą i Gondwaną, ma natomiast odmienną genezę i pochodzi od nazwiska przedwojennego geologa niemieckiego.

[13] Mezja – w sensie geologicznym: podłoże obszaru w dzisiejszej Rumunii pomiędzy Karpatami Południowymi i Bałkanami, zajmowanego w znacznej części przez Nizinę Wołoską.

[14] Nazwa od miasteczka Rumburk w czeskiej części Łużyc.

Ryc. 2. Uproszczona mapa geologiczna masywu karkonosko-izerskiego z lokalizacją wystąpień pegmatytów w polskiej części plutonu granitoidowego Karkonoszy (odmiany granitoidów Karkonoszy według ŽÁKA & KLOMÍNSKIEGO 2007; rozmieszczenie pegmatytów zestawione przez A. Szuszkiewicza, P. Cyberskiego i N. Kwiatkowskiego). Jednostki tektoniczne: jik – jednostka izersko-kowarska, jL – jednostka Leszczyńca, jpdK – jednostka południowych Karkonoszy, Jś – jednostka jesztedzka, mł – masyw łużycki, ns – niecka śródsudecka, bpk – basen podkarkonoski, czbk – północnoczeski basen kredowy, pgK – pluton granitoidowy Karkonoszy. Uskoki: ubk - uskok brzeżny Karkonoszy, ułż – uskok łużycki, uśk - uskok śródkarkonoski, usr – uskok śródsudecki



Ryc. 3. Ewolucja tektoniczna masywu karkonosko-izerskiego podczas późnego dewonu i karbonu, prowadząca do zamknięcia lokalnej odnogi Oceanu Rei i utworzenia strefy szwu tektonicznego na granicy terranów saksoturyńskiego i Tepli-Barrandienu oraz stosu płaszczowin krystalicznych (schemat ideowy w formie mocno przewyższonego przekroju, według MAZUR I ALEKSANDROWSKI *2001, zmieniony). A – uproszczona rekonstrukcja palinspastyczna (sprzed deformacji) karkonosko-izerskiego systemu płaszczowin w końcu dewonu; B – późnodewońsko-wczesnokarboński etap nasunięć płaszczowinowych, skierowanych ku północnemu zachodowi; C – kolaps grawitacyjny o zwrocie przemieszczeń ku ESE w końcu wczesnego i w początku późnego karbonu, wspomagany przez intrużję granitów Karkonoszy. Jednostki tektoniczne:*
jik – jednostka izersko-kowarska, jL – jednostka Leszczyńca, jpdK – jednostka południowych Karkonoszy,
Jš – jednostka jesztedzka, mł – masyw łużycki, ns- niecka śródsudecka, pgK – pluton granitoidowy Karkonoszy, TB – jednostka Tepli-Barrandienu. Ramka nad ilustracją A ukazuje zasięg lateralny ilustracji B i C

Granity rumburskie również utworzyły wówczas pluton, co najmniej równie wielki jak karkonoski, ale starszy od niego o ok. 200 mln lat. Uległ on później rozszczepieniu na dwie nierówne części podczas intruzji granitoidów Karkonoszy. Pluton ten także intrudował[15] w swoją własną osłonę, której resztki reprezentują dzisiaj łupki łyszczykowe z wkładkami metawulkanitów i wapieni towarzyszące gnejsom kowarskim i izerskim. Łupki te najprawdopodobniej stanowią fragmenty, starszego, późnoproterozoicznego orogenu zwanego kadomskim[16], uformowanego ok. 650-550 Ma, głównie w ediakarze (najmłodszym okresie ery neoproterozoicznej), na brzegu Gondwany, przy jej granicy z oceanem Japetus (Ryc. 1a). Fragment tego orogenu, zwany Awalonią, oderwał się od brzegów Gondwany we wczesnym ordowiku i rozpoczął stopniową migrację ku północy, pozostawiając za sobą powiększający się z czasem ocean Rei, a przed sobą zamykając oceany Japetus i Tornquista, rozdzielające Gondwanę, Baltikę i Laurencję.

O dalszych etapach otwierania się i rozrastania basenu oceanicznego Rei, rozdzielającego Awalonię i Gondwanę, świadczy występowanie innych, młodszych zmetamorfizowanych skał magmowych osłony plutonu granitoidów Karkonoszy. Późnokambryjskie skały maficzne[17] Rudaw Janowickich i Grzbietu Lasockiego – amfibolity (metadiabazy) i niektóre zieleńce (Ryc. 2) – są pozostałościami bazaltowego dna tego oceanu. Natomiast łupki łyszczykowe, fyllity, wapienie krystaliczne i metawulkanity Rudaw Janowickich, Grzbietu Lasockiego i południowych Karkonoszy reprezentują zmetamorfizowane sukcesje osadowo-wulkaniczne zdeponowane pomiędzy kambrem a dewonem w oceanie Rei.

Po okresie szybkiego dryfu ku północy kosztem zamykających się stopniowo oceanów Japetus i Tornquista, w późnym ordowiku, ok. 450 Ma, Awalonia swoim wschodnim krańcem przyłączyła się do kontynentu Baltiki (dzisiejszej platformy wschodnioeuropejskiej; por. np. Winchester i in. 2002, Nance i in. 2010) i obecnie tworzy głębokie podłoże części obszaru południowo-zachodniej Polski i północnych Niemiec, sięgając na zachodzie po Anglię (Ryc. 1b i c). W późnym sylurze (ok. 430–420 Ma) Baltika uległa kolizji z Laurencją, 'sklejając się' z nią w Laurosję wzdłuż powstałego w tym procesie orogenu kaledońskiego. Z kolei Awalonia, będąca już w łączności z Baltiką, swą częścią zachodnią przybiła w dewonie (ok. 420–370 Ma) do krawędzi Laurencji, tworząc w obrębie dzisiejszych Appalachów orogen akadyjski. W ten sposób ostatecznemu zamknięciu uległ ocean Japetus, a szerokość oceanu Rei stopniowo zmniejszała się wskutek subdukcji litosfery oceanicznej[18] po obu jego stronach (Nance i in. 2010). Przybliżało to do Laurosji Gondwanę oraz – prawdopodobnie częściowo wbudowane w jej krawędź, a częściowo dryfujące przed jej frontem – terrany armorykańskie/kadomskie (por. częściowo rozbieżne poglądy w tej kwestii np. w: Winchester i in. 2002; Nance i in. 2010; Kroner & Romer 2013).

Wydarzenia związane z zamykaniem oceanu Rei w późnym dewonie i wczesnym karbonie (Ryc. 1c) zapisały się w składzie mineralnym i wykształceniu skał metamorficznych osłony granitoidów Karkonoszy. W wyniku subdukcji litosfery oceanicznej i jej pokrywy osadowej doszło wtedy do wysokociśnieniowego metamorfizmu[19] pogrążonych w głąb górnego płaszcza skał (Ryc. 3a). Produkty tego związanego z subdukcją memorfizmu, zieleńce z glaukofanem występujące dziś w Grzbiecie Lasockim i południowych Karkonoszach oraz przynajmniej niektóre łupki łyszczykowe towarzyszące gnejsom izerskim i kowarskim (por. m.in. Kryza & Mazur 1995; Maluski & Patočka 1997; Žáčkova i in. 2010), musiały następnie wydostać się z płaszcza i przemieścić w przypowierzchniowe partie skorupy w wyniku procesu zwanego ogólnie ekshumacją, związanego z następnymi etapami ewolucji tektonicznej Karkonoszy (Ryc. 3b i c), kolejno zachodzącymi podczas karbonu.

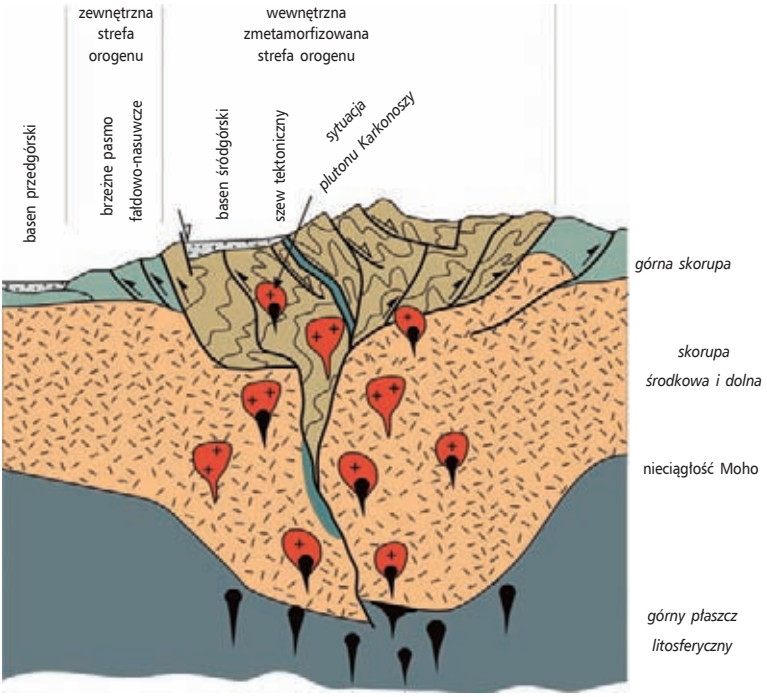
[15] Intruzja magmowa – wdarcie się magmy oraz jego efekt w postaci zastygłego w głębi Ziemi ciała magmowego. Plutony to intruzje magmowe o wielokilometrowych rozmiarach. Mniejsze z reguły rozmiary osiągają intruzje w formie żył skalnych, czyli dajek, najczęściej o kształcie zbliżonym do deski.

[16] Nazwa ta pochodzi od *Cadomus* – łac. nazwy dzisiejszego miasta Caen w Normandii.

[17] Bogate w ciemne minerały, będące w przewadze krzemianami Mg i Fe.

[18] Subdukcja – w teorii tektoniki płyt litosfery – pogrążanie się (zazwyczaj tonięcie w płaszczu Ziemi) jednej płyty litosferycznej pod drugą (zwykle tonie litosfera oceaniczna jako cięższa od kontynentalnej, choć w trakcie kolizji kontynentalnej możliwe jest też „wepchnięcie" na ograniczoną głębokość litosfery kontynentalnej pod kontynentalną), co prowadzi do metamorfizmu wysokociśnieniowego pogrążanych skał, do zjawisk plutonicznych i wulkanicznych nad tonącą płytą oraz do deformacji w strefie interakcji obu zbieżnie przemieszczających się płyt.

[19] Metamorfizm wysokociśnieniowy – odmiana metamorfizmu zachodzącego przy niskim gradiencie geotermicznym (tj. przy normalnym wzroście ciśnienia z głębokością, ale znacznie spowolnionym wzroście temperatury w stosunku do wartości normalnych). Sytuacja taka ma miejsce przy przemianach metamorficznych subdukowanych kompleksów skalnych, które zanurzają się szybko na znaczne głębokości, co pociąga za sobą odpowiedni wzrost ciśnienia przy jednoczesnym długotrwałym zachowaniu obniżonej, przypowierzchniowej temperatury. Występowanie na powierzchni ziemi skał poddanych metamorfizmowi wysokociśnieniowemu świadczy o przebywaniu objętych nim skał w strefie subdukcji, a następnie szybkiej ich ekshumacji.



Ryc. 4. Schemat typowego orogenu kolizyjnego w późnej fazie rozwoju (przekrój mocno przewyższony). Szew tektoniczny, zawierający resztki skorupy oceanicznej, które uniknęły subdukcji (tzw. kompleksy ofiolitowe), oddziela dwa kolidujące bloki kontynentalne. Subdukujący płat litosfery oceanicznej uległ odspojeniu i zatonął w płaszczu, usuwając się z pola widzenia. W podgrzanej wskutek deformacji i produkcji ciepła radiogenicznego skorupie, ujętej w fałdy i płaszczowiny oraz wypiętrzonej w wyniku orogenicznego skrócenia, rozwija się kolaps ekstensyjny (rozpływanie się mas skalnych na boki). W rozgrzanym płaszczu litosferycznym wytapiają się magmy maficzne (bazaltoidowe), wędrując ku granicy ze skorupą (powierzchnia Moho) i dodatkowo ją podgrzewając. Niektóre diapiry bazaltoidowe wnikają w obręb skorupy i mieszają się z wytapianymi tam magmami granitoidowymi, które również migrują ku górze. W sytuacji polskiej części orogenu waryscyjskiego, strefa zewnętrzna orogenu znajduje się w podłożu monokliny przedsudeckiej (na północ od linii Wrocław-Lubin), zaś basen przedgórski odpowiada basenowi karbońskiemu w podłożu Niżu Polskiego oraz karbońskiemu basenowi wschodniosudeckiemu i górnośląskiemu. Przykładem basenu śródgórskiego jest niecka śródsudecka

Kolizja pomiędzy Laurosją i nadciągającą z południa Gondwaną wraz z przyległą do niej, rozczłonkowaną Armoryką/Kadomią, do której doszło przy okazji zamknięcia oceanu Rei (Ryc. 1c), doprowadziła do kolejnej fazy metamorfizmu i deformacji osadowo-wulkanicznych kompleksów skalnych wchodzących dziś w skład osłony plutonu granitoidowego Karkonoszy. Uległy one sfałdowaniu i wielkoskalowym nasunięciom w postaci płaszczowin krystalicznych (Ryc. 3b) i weszły w skład utworzonego w wyniku kolizji orogenu waryscyjskiego (Ryc. 1d i 4).

Historia tektoniczna masywu karkonosko-izerskiego

Powstanie nasunięć płaszczowinowych skierowanych ku północnemu zachodowi (w dzisiejszym układzie odniesienia) było efektem kolizji dwóch wielkich bloków skorupy kontynentalnej (terranów[20]), wchodzących, odpowiednio, w skład Armoryki/Kadomii: Saksoturyngii na NW i Tepli-Barrandienu na SE, oraz zamknięcia

[20] Terran – wyodrębiony granicami tektonicznymi (uskokami, strefami ścinania, szwami tektonicznymi) fragment skorupy ziemskiej lub litosfery, wykazujący odmienną budowę i historię rozwoju geologicznego od swego sąsiedztwa (innych terranów lub kontynentów). Niekiedy odmienności te wynikają z „egzotycznego" pochodzenia danego terranu, który wskutek działania mechanizmów tektoniki płyt litosfery przemieścił się na duże odległości przed tektonicznym przyłączeniem do jakiegoś kontynentu, czy zespołu innych terranów. Przykładami terranów są Awalonia czy Armoryka/Kadomia, 'doklejone' tektonicznie do kontynentów Laurencji i Baltiki lub Laurosji. Proces tektonicznego dołączania terranów do kontynentów uważa się dziś za jeden z typowych mechanizmów związanych z tworzeniem się pasm orogenicznych.

pomiędzy nimi zbiornika morskiego. Zbiornik ten, stanowiący lokalną odnogę oceanu Rei, wykazywał w podłożu obecność skorupy typu oceanicznego (Ryc. 3) (Mazur & Aleksandrowski 2001; obszerny przegląd literatury, na której oparta jest znaczna część informacji podanych w tym rozdziale oraz w rozdziale o budowie i skałach osłony plutonu Karkonoszy można znaleźć też m.in. w: Aleksandrowski & Mazur 1998, 2002; Mazur 2005; Mazur i in. 2006, 2007, 2010; Aleksandrowski 2011). Uważa się tak, ponieważ w Rudawach Janowickich dwie najwyżej położone płaszczowiny (Niedamirowa/pd. Karkonoszy i Leszczyńca) zawierają skały zasadowe o cechach bazaltów grzbietów oceanicznych z zapisem metamorfizmu wysokociśnieniowego (Kryza & Mazur 1995; Kryza i in. 1995; Winchester i in. 1995). Obecność skał dna oceanicznego wyznacza przebieg szwu tektonicznego[21], pomiędzy obu odmiennymi geologicznie terranami. Kolizja i rozwój budowy płaszczowinowej miały miejsce zapewne w dwóch etapach, na przełomie dewonu i karbonu i we wczesnym karbonie. Wniosek ten oparty jest na oznaczeniu wieku amfiboli sodowych (głównie glaukofanu) z niebieskich łupków jednostki tektonicznej południowych Karkonoszy/Niedamirowa, których powstanie wymagało metamorfizmu wysokociśnieniowego, świadczącego z kolei o głębokim pogrążeniu tych skał w strefie subdukcji. Wiek ten wyznaczono na ok. 380–360 mln lat (późny dewon; Maluski & Patočka 1997). Niedawno wykazano, że również łupki krystaliczne w sąsiedniej jednostce tektonicznej, izersko-kowarskiej, doświadczyły wysokociśnieniowego metamorfizmu datowanego w tym przypadku na ok. 330 Ma, (wizen – późny wczesny karbon; Žačkova i in. 2010). Ta ostatnia data oznacza też zapewne koniec formowania płaszczowin, gdyż mniej więcej w tym samym czasie na skalę regionalną doszło w tej części Sudetów do późno- i pokolizyjnego wypiętrzenia oraz pokolizyjnego kolapsu grawitacyjnego[22]. Karkonoski stos płaszczowinowy został wtedy przecięty pologimi strefami podatnego ścinania[23], po których ku SE zsuwały się grawitacyjnie masy skalne nasunięte uprzednio ku NW (Ryc. 3c i 4). W efekcie sekwencji wydarzeń, obejmującej nasunięcia płaszczowinowe, późniejszy kolaps oraz jeszcze późniejsze ścięcie erozyjne, w masywie karkonosko-izerskim w kierunku ku zachodowi i północnemu zachodowi odsłaniają się dziś coraz głębiej strukturalnie położone jednostki tektoniczne (Ryc. 2 i 3). Jednostka tektoniczna zajmująca pierwotnie najwyższą pozycję w stosie płaszczowinowym (jednostka Tepli-Barrandienu), została zrzucona najniżej i znajduje się najdalej ku południowemu wschodowi, najprawdopodobniej stanowiąc podłoże zachodniej części śródgórskiego basenu niecki śródsudeckiej (Ryc. 3). Z kolapsem związane były kolejne etapy fałdowania w warunkach metamorficznych. Tym zjawiskom o charakterze podatnym, zachodzącym w głębi skorupy ziemskiej, towarzyszył w jej partiach płytszych rozwój struktur kruchych – stromych uskoków normalnych[24]. Uskoki te obramowały od zachodu basen śródgórski niecki śródsudeckiej i kontrolowały obniżanie się jego podłoża, co umożliwiło depozycję grubookruchowych osadów lądowych o miąższości ok. 4 km, poczynając od późnego wizenu (Ryc. 3) (Turnau i in. 2002). Te najstarsze osady niecki śródsudeckiej tworzyły się jako duże stożki aluwialne zlokalizowane wzdłuż krawędzi basenu (Teisseyre 1975) i zasilane przez intensywną erozję przyległego, wypiętrzającego się łańcucha górskiego pra-Karkonoszy. W ten sposób wykształciły się zlepieńce i brekcje sedymentacyjne wczesnego karbonu (późnego wizenu), dzisiaj występujące na wschodnich stokach Grzbietu Lasockiego i Rudaw Janowickich.

Równocześnie z kolapsem stosu płaszczowinowego oraz z szybką subsydencją (obniżaniem dna) basenu śródsudeckiego, w głębi skorupy intrudowała[25] magma granitoidowa plutonu Karkonoszy (Ryc. 3). Granitoidy zostały umiejscowione w kilku etapach, z grubsza pomiędzy ok. 330 i 300 Ma (por. bliższe informacje,

[21] Szew tektoniczny – „blizna" w skorupie ziemskiej po zamkniętym w wyniku subdukcji oceanie (zbiorniku morskim ze skorupą oceaniczną w podłożu). Często zawiera resztki skorupy oceanicznej w postaci skał maficznych o cechach geochemicznych typowych dla tej skorupy, tworzących tzw. kompleksy ofiolitowe (por. Ryc. 4).

[22] Kolaps grawitacyjny (ekstensyjny) orogenu (Ryc. 3C i 4), polega na „rozpływaniu się" na boki pod własnym ciężarem spiętrzonych uprzednio w stos płaszczowinowy i tektonicznie wysoko wyniesionych ponad otoczenie orogenu mas skalnych. Dziś obserwowany jest „na żywo" np. w Himalajach – zlokalizowanych nad aktywną strefą kolizji kontynentalnej.

[23] Strefa podatnego ścinania – wąska strefa koncentracji odkształcenia, związana z wzajemnym przemieszczeniem przyległych do niej bloków skalnych – analogicznie do przemieszczenia na uskoku, ale bez przerwania ciągłości ośrodka skalnego. Struktury takie są powszechne w głębokich partiach skorupy ziemskiej, gdzie przeważa deformacja o charakterze podatnym (plastycznym) w podgrzanym i poddanym znacznemu ciśnieniu ośrodku skalnym.

[24] Uskoki – struktury tektoniczne polegające na przemieszczeniu skał wzdłuż powierzchni przerywających ciągłość ośrodka skalnego. Uskoki dzielą się na zrzutowe, przemieszczające masy skalne w pionie i przesuwcze – o stromych powierzchniach, przemieszczające skały w poziomie. Wśród uskoków zrzutowych wydziela się grupę uskoków normalnych, związanych z poziomym rozciąganiem ośrodka skalnego i odwrócone – związane ze skracaniem tego ośrodka. Uskoki rozwinięte na powierzchniach o małym nachyleniu (pologich; <30°), to nasunięcia.

[25] Intrudować – wdzierać się, intruzja – ciało magmowe wtłoczone w skały osłony.

dokładniejsze dane i dyskusja w dalszej części rozdziału), tworząc szereg odmian litologicznych (Ryc. 2). Wytopienie się w dolnej lub środkowej skorupie magm granitoidowych plutonu Karkonoszy było pośrednim efektem kolizji kontynentalnej, w trakcie której doszło do silnego rozgrzania litosfery wskutek deformacji orogenicznej oraz do mechanicznego pogrubienia wzbogaconej w pierwiastki promieniotwórcze i produkującej ciepło radiogeniczne skorupy ziemskiej (Ryc. 4).

Intruzja granitoidów karkonoskich odbyła się w warunkach związanego z kolapsem późnoorogenicznego rozciągania górnej skorupy (Mazur & Aleksandrowski 2001) oraz znacznych poziomych przemieszczeń na przecinających całe Sudety uskokach przesuwczych o kierunku WNW-ESE, takich jak uskok śródsudecki (Ryc. 2) (Aleksandrowski 1995). Towarzyszyło temu rozerwanie stosu płaszczowinowego osłony plutonu na dwie nierówne części, które nachyliły się na obu flankach plutonu w przeciwnych kierunkach (Ryc. 3c), odpowiednio ku NW po jego północno-zachodniej stronie (w G. Izerskich) i ku SE do E – po stronie południowej i wschodniej (w Rudawach Janowickich, wschodnich Karkonoszach i Grzbiecie Lasockim).

Oddziaływanie termiczne karbońskiej magmy granitoidowej na skały osłony oraz krystalizacja stopów późnomagmowych doprowadziły do wykształcenia specyficznych skał aureoli kontaktowej plutonu – hornfelsów i łupków plamistych oraz do krystalizacji pegmatytów w postaci gniazd i żył, jak też do intruzji późnomagmowych skał żyłowych. Górotwór waryscyjski na obszarze Karkonoszy został następnie, już podczas późnego karbonu, a następnie podczas permu i mezozoiku rozbity stromymi uskokami zrzutowymi na sztywne bloki, wypiętrzane w zróżnicowany sposób w różnych okresach i jednocześnie stopniowo niwelowane od góry przez erozję i denudację. Nie wiadomo, czy podczas mezozoiku obszar Karkonoszy został przykryty (i ew. w jakim stopniu) osadami triasu, jury i kredy, szeroko rozprzestrzenionymi na obszarach pozasudeckich. Choć powszechnie przyjmuje się, że przez cały mezozoik obszar Karkonoszy tworzył „wyspę zachodniosudecką", na której nie gromadziły sie osady, to jednak wyniki badań metodami termochronologii niskotemperaturowej (por. Danišik i in. 2010; Migoń & Danišik 2012; Sobczyk i in. 2015) sprzyjają koncepcji jego całkowitego przykrycia skałami osadowymi, usuniętymi następnie pod koniec kredy i w kenozoiku, w kolejnych etapach wypiętrzania i erozji (por. bliższe omówienie zagadnień termochronologicznych w dalszej części rozdziału).

Formująca się od karbonu sieć uskokowa została w miocenie i pliocenie wykorzystana przy zróżnicowanym wypiętrzaniu poszczególnych bloków tektonicznych budujących Sudety, w tym Karkonosze, oraz przez lokalnie przemieszczające się z górnego płaszcza magmy bazaltoidowe na wypiętrzanym i prawdopodobnie rozciąganym przedpolu formującego się w tym czasie orogenu alpejsko-karpackiego. Karkonosze i całe Sudety wraz z Masywem Czeskim znalazły się wtedy w obrębie tzw. wybrzuszenia peryferycznego przed odległym o 180–250 km frontem nasuwających się aktywnie ku północy Alp i Karpat.

Pluton Karkonoszy – naturalne laboratorium mieszania i krystalizacji stopów magmowych

Pluton Karkonoszy jest ciałem magmowym o składzie granitoidu. Plutony takie powstają przez schłodzenie w głębi skorupy ziemskiej wielkich intruzji masy magmowej, złożonych ze stopów uformowanych bądź to w skorupie ziemskiej, bądź w litosferycznym płaszczu[26] Ziemi, bądź też ze zmieszanych stopów skorupowych i płaszczowych. Granitoidy są skałami o prostym składzie mineralnym. Zawierają głównie skaleń alkaliczny, plagioklaz i kwarc – przy zawartości objętościowej tego ostatniego > 20%. Składnikom tym towarzyszą zwykle niewielkie ilości minerałów ciemnych: biotytu i/lub amfibolu. Wygląd skały granitoidowej, w szczególności jej barwa, zależy od proporcji minerałów głównych i pobocznych. Minerały poboczne odzwierciedlają źródło

[26] Skorupa i płaszcz Ziemi: płaszcz, zbudowany ze skał o silnie zasadowym składzie, podściela skorupę, złożoną ze skał w przewadze kwaśnych (skorupa kontynentalna) lub mniej niż płaszcz zasadowych (skorupa oceaniczna), graniczące z nią wzdłuż nieciągłości Moho (Ryc. 4). Skorupa wykazuje zróżnicowaną grubość (od kilku km na grzbietach śródoceanicznych, do ok. 70 km w obrębie najwyżej wypiętrzonych orogenów). Płaszcz sięga w głąb Ziemi aż do granicy z jądrem na głębokości ok. 2900 km. Płaszcz litosferyczny, to najwyższa partia płaszcza, nadścielająca rozgrzaną, plastyczną astenosferę o obniżonej wytrzymałości mechanicznej. Płaszcz litosferyczny jest stosunkowo sztywny i wraz ze skorupą ziemską tworzy warstwę mechaniczną, zwaną litosferą, w obrębie której wzrastają, wydrębniają się, wzajemnie przemieszczają i ulegają destrukcji płyty litosferyczne. Litosfera pod starymi kratonami (platformami kontynentalnymi) sięga do ponad 200 km głębokości, pod młodymi platformami i orogenami osiąga średnio ok. 100 km głębokości, pod oceanami jej grubość jest mniejsza, redukując się na grzbietach śródoceanicznych do kilku-kilkunastu km.

pochodzenia stopu magmowego. Nadzwyczaj ciekawe są granitoidy krystalizujące ze stopów mieszanych, gdyż przy zmieniającej się proporcji dwóch stopów zmienia się również skład tych skał, co sprawia, że w obrębie jednego plutonu możemy obserwować ogromną różnorodność skał granitoidowych. Taki właśnie jest pluton Karkonoszy (Słaby & Martin 2008), a wspomniana różnorodność występujących w nim skał daje możliwość prześledzenia każdego z szeregu etapów jego powstawania. Stanowi on więc rodzaj naturalnego laboratorium, w którym można zaobserwować procesy pojawiania się kolejnych stopów, ich mieszania i krystalizacji.

Pochodzenie stopów magmowych plutonu Karkonoszy

W granitoidach plutonu Karkonoszy rozpoznawalny jest udział dwóch stopów. Jeden z nich powstał przez wytopienie z płaszcza litosferycznego, drugi – ze skorupy. W przypadku plutonu Karkonoszy do wytopienia doszło wskutek rozgrzania litosfery orogenu w procesie kolizji kontynentalnej (Ryc. 1 i 4). Wytapiany z płaszcza stop po zastygnięciu jest ciemny. Ze względu na skład chemiczny określa się go jako zasadowy lub maficzny. Ze względu na gęstość niższą od otoczenia, wykazuje tendencję do przemieszczania z miejsca wytopienia ku górze, w wyższe partie płaszcza i w obręb skorupy (Ryc. 4). Diapir[27] magmy zasadowej może zatrzymać się na pewnej głębokości, tworząc głębinowe ciało magmowe (np. pluton lub dajkę[28]) lub kontynuować swą podróż aż do powierzchni Ziemi, tworząc formę wulkaniczną. Diapiry wysokotemperaturowego stopu płaszczowego zatrzymane na granicy skorupa-płaszcz, powodują ogrzanie skorupy i jej roztapianie. Pojawia się wtedy drugi stop – skorupowy, jasny, ze względu na skład zwany też kwaśnym lub felzytowym. Oba stopy zaczynają się mieszać i przemieszczają (migrują) już razem.

Czyste stopy skorupowe mogą też podejmować samodzielnie wędrówkę ku górze, co niekiedy także prowadzi, i to w dowolnym miejscu w skorupie, do spotkania z niezależnie migrującymi stopami płaszczowymi. Często do miejsca gromadzenia się stopów skorupowych docierają później stopy płaszczowe i mieszanie następuje w obrębie ciała magmowego zdominowanego przez obecność stopów skorupowych. Nie oznacza to bynajmniej, że zmieszane stopy tworzą jednolitą, homogeniczną magmę. W wykrystalizowanych z takiej magmy skałach zauważa się zarówno domeny płaszczowe (ciemne), jak i skorupowe (jasne), co pozwala bez trudu stwierdzić rodzaje i proporcje obu typów stopów, które brały udział w formowaniu plutonu.

Dynamika mieszania stopów magmowych

Dwie mieszające się ze sobą magmy (stopy) pochodzące z odmiennych źródeł różnią się składem, lepkością, temperaturą, gęstością i stopniem wykrystalizowania. Różnice te powodują, że powstały wskutek mieszania stop nie jest zwykle w pełni homogeniczny. Mieszaniu mechanicznemu stopów towarzyszą procesy wymiany ciepła i reakcje chemiczne zachodzące pomiędzy obydwu stopami (Perugini i in. 2003).

W czasie trwającego setki tysięcy lub miliony lat wzrostu plutonu, iniekcje magmy płaszczowej do nagromadzonej w komorze[29] magmy skorupowej mogą powtarzać się kilkakrotnie podczas kolejnych etapów jego krystalizacji. Powoduje to, że każda następna iniekcja prezentuje inny typ reakcji, a produkt takiej reakcji ma inną postać. Postacie te są wzajemnie łatwo odróżnialne.

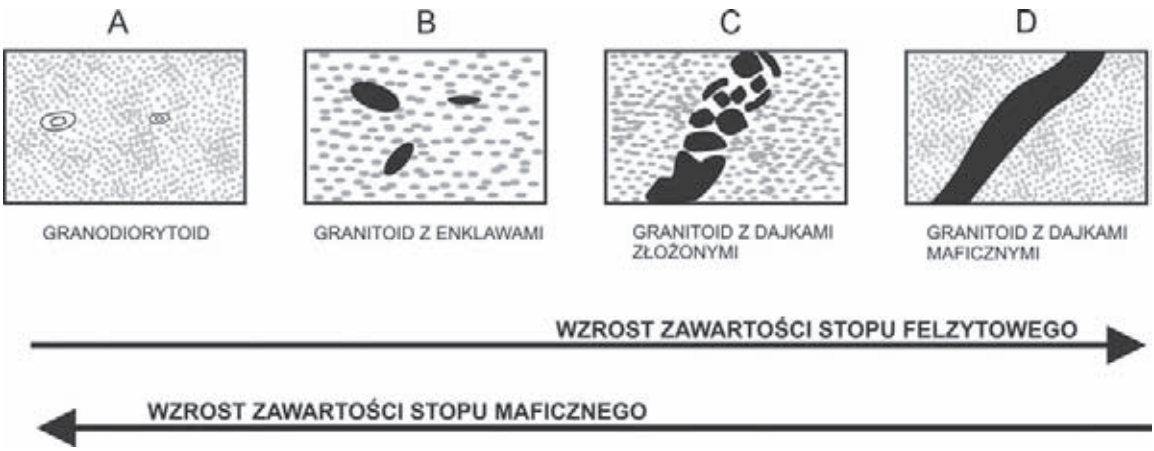
Reakcja stopów o nikłym stopniu wykrystalizowania prowadzi do powstania prawie homogenicznej magmy (Ryc. 5a), zwanej też hybrydalną. Hybrydalny charakter ciał magmowych można najłatwiej rozpoznać po zachowanych w nich kryształach. Te, o ile nie rozpuszczą się w trakcie interakcji stopów, zostają obrośnięte (opłynięte, otulone) przez inne kryształy. Najczęstszych przykładów takiego obrastania dostarczają otoczki kryształów amfiboli wokół kryształów kwarcu (tzw. tekstura *ocelli*) (Ryc. 8a), lub kryształów plagioklazu krystalizujących wokół skalenia alkalicznego (tekstura *rapakivi*) (Ryc. 8b).

Magma maficzna dostarczana do tworzącego się plutonu granitoidowego na etapie bardziej zaawansowanego stadium jego krystalizacji jest rozpraszana i zastyga w postaci enklaw o rozmiarach od kilku cm do kilku

[27] Diapir – przemieszczająca się grawitacyjnie ku górze intruzja lżejszego od otoczenia materiału

[28] Dajka – w polskiej literaturze geologicznej „żyła skalna niezgodna" (niezgodna z uwarstwieniem lub foliacją skał otaczających). W literaturze anglosaskiej „żyły", to ciała intruzywne lub metasomatyczne wypełnione masą monomineralną, podczas gdy „dajki" stanowią intruzywne ciała skalne, niezależnie od ich położenia względem uławicenia czy foliacji osłony. W tym opracowaniu przyjęto anglosaską definicję dajek, zachowując jednocześnie pojęcie „skał żyłowych".

[29] Komora magmowa – przestrzeń w skorupie ziemskiej lub płaszczu litosferycznym wypełniona magmą.



Ryc. 5. Produkty progresywnego mieszania stopów przy jednoczesnej, postępującej krystalizacji plutonu (według: Barbarin 2005)

metrów (Ryc. 5b i 7). Kryształy ze stopu granitoidowego (niżej temperaturowego) otaczają enklawy (ciała o wyższej temperaturze) i część z nich przenika do wnętrza enklaw, zanim te ostatnie całkowicie nie zastygną.

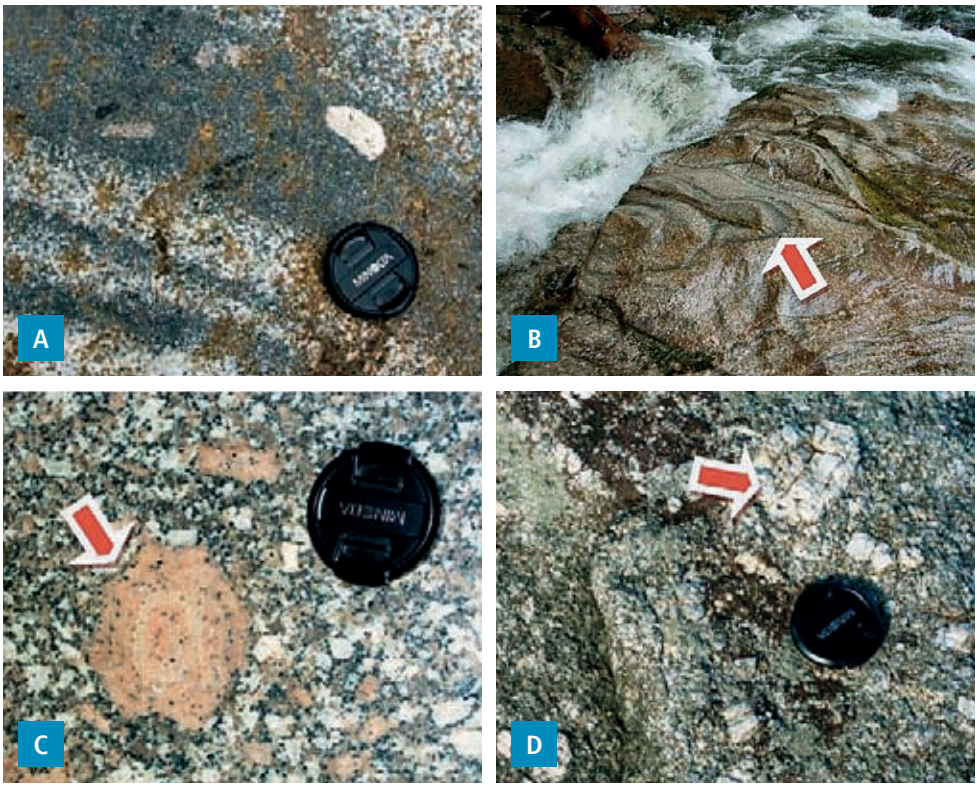
W niemal całkiem wykrystalizowanym, ale jeszcze gorącym i plastycznym ciele granitowym, powstające nieciągłości mogą być wypełniane stopami hybrydalnymi, stanowiącymi mieszaniny stopów – felzytowych i maficznych z przewagą tych ostatnich. Tworzą się w ten sposób zespoły nieciągłych dajek złożonych, porozrywanych na drobne, obłe w kształcie fragmenty dajek (Ryc. 5c i 9a,b). Następnie, kiedy komunikacja z płaszczem wygasa, szczeliny wypełniane są dajkami mafic znymi (Ryc. 5d).

Jak utworzyły się poszczególne odmiany granitoidów i skąd o tym wiemy

Pluton Karkonoszy zbudowany jest z szeregu odmian granitoidów (Ryc. 3), wykazujących zróżnicowane uziarnienie i skład mineralny. Najczęstszą odmianę stanowi granitoid porfirowaty, o nierównym uziarnieniu. Charakterystyczne dla niego jest występowanie dużych kryształów skaleni (porfirokryształów), w średnioziarnistej masie mineralnej. W literaturze polskiej granitoid porfirowaty zwany jest również granitoidem centralnym (Borkowska 1966), a w czeskiej rozdziela się go na dwie odmiany: typu Jizera i Liberec (Žák & Klomínský 2007) (Ryc. 2, 6 i 7). Poza kwarcem (21–40% objętościowych), plagioklazem (25–48%), skaleniem alkalicznym (13–35%), biotytem (4–21%) i okazjonalnie amfibolem (0–3%) zawiera on wiele minerałów akcesorycznych: apatyt, cyrkon, allanit, tytanit, magnetyt, ilmenit i monacyt. Jest to granitoid hybrydalny, czyli powstały w procesie mieszania magm. Stosunkowo duży udział magmy mafic znej powoduje, że jest on dość ciemnej barwy (Ryc. 6c,d). Charakteryzuje się on trzema cechami: wspomnianą już obecnością dużych kryształów skalenia alkalicznego (porfiro- lub megakryształów do 6 cm wielkości) (Ryc. 6c,d), szlir[30] (Ryc. 6a,b) oraz enklaw mafic znych (Ryc. 7). Megakryształy skalenia alkalicznego często posiadają otoczkę z plagioklazu (tekstura *rapakivi*). Występują one pojedynczo lub tworzą zlepy (klastry). Megakryształy zwykle wykazują budowę pasową (strefową) (Ryc. 6c). Każda strefa przyrostu kryształu jest oddzielona od następnej ciemnym biotytem. Występowanie stref przyrostu, obecność zlepów megakryształów oraz zjawiska obrastania kryształów są wskaźnikami mieszania magm i wskazują, że mieszanie to było dynamiczne (Słaby i in. 2008).

Dynamika procesu krystalizacji jest perfekcyjnie odzwierciedlona w formach segregacji kryształów jasnych i ciemnych oraz w efektach gromadzenia się tych ostatnich w postaci smug, czyli szlir (Cloos 1925; Mierzejewski 2002; Žák & Klomínský 2007). Pochodzenie szlir (Ryc. 6a,b), tłumaczy się procesami skanalizowanego przepływu magmy w komorze, podczas którego cięższe minerały koncentrowały się na zewnętrznych granicach strumienia. Przepływowi stopu towarzyszyły zjawiska osiadania grawitacyjnego kryształów, zróżnicowania szybkości przepływu poszczególnych warstw stopu (płynięcie laminarne) i usuwania stopu spomiędzy kryształów.

[30] Szliry (z niemieckiego: *Schliere* - smuga) to nagromadzenia minerałów ciemnych o nieostrych, rozmytych kształtach.



Ryc. 6. Granitoid porfirowaty (fot. E. Słaby): A–B – szliry jako ilustracja przepływu magmy w komorze – skalenie w ich wnętrzu pokazują kierunek przepływu; C – megakryształ skalenia alkalicznego – uważny obserwator może dopatrzyć się co najmniej pięciu etapów jego wzrostu (zgład skały); D – granitoid porfirowaty z wypreparowanymi na skutek wietrzenia skaleniami alkalicznymi

Świadectwem mieszania się magm jest obecność licznych, ciemnych (maficznych) enklaw o obłym kształcie i bardzo drobnoziarnistym wykształceniu (Ryc. 7). Zagłębione w nich, częściowo lub całkowicie włączone w ich obręb, większe, jasne kryształy pochodzą z otaczającej magmy granitoidowej (felzytowej). Enklawy zwykle zawierają znaczące ilości amfibolu, biotytu oraz plagioklazu, wykrystalizowanych z magmy mafic znej. Akcesorycznie pojawiają się apatyt, cyrkon, tytanit, magnetyt i ilmenit. Plagioklazy występują w postaci klastrów, obrastają skalenie alkaliczne i tworzą zrosty z amfibolem. Miejscowe nagromadzenia biotytu z amfibolem (tzw. grudki) i wtrącony mechanicznie w obręb enklaw kwarc z otoczką amfibolu i biotytu (tekstura *ocelli*) postrzegane są jako efekty procesu mieszania stopów.

Wykształcenie granitoidów porfirowatych należy wiązać z etapem interakcji dwóch stopów (Ryc. 5b), a więc nie najwcześniejszym etapem rozwoju plutonu. Jak przystało jednak na w pełni wyposażone, choć naturalne, laboratorium, w plutonie Karkonoszy obserwować można wszystkie etapy mieszania magm, od najwcześniejszych do najpóźniejszych. Wczesny etap (Ryc. 5a) charakteryzuje się powstawaniem homogenicznych (jednorodnych) granodiorytów (Ryc. 8a). Ciała granodiorytowe występują zarówno w polskiej, jak i czeskiej części Karkonoszy (Ryc. 2). Najbardziej klasyczne ich wystąpienie to stary kamieniołom w Fojtce w Czechach (granitoid typu Fojtka; KLOMINSKY 1969). Podobne, lecz mniejszych rozmiarów ciała występują na wzgórzach otaczających Miłków. Ciemną barwę nadają im amfibol i biotyt. Towarzyszą im kwarc o teksturze *ocelli* (Ryc. 8a) i plagioklaz, podrzędnie – skaleń alkaliczny,zaś akcesorycznie – apatyt, cyrkon, magnetyt, tytanit i ilmenit.

Innymi dowodami interakcji stopów magmowych są wystąpienia granitoidów, w których na dużych powierzchniach śledzić można kontakt pomiędzy reagującymi stopami. Najbardziej spektakularne wystąpienie tego typu znajduje się w kamieniołomie w Rudolfovie w Czechach (Ryc. 8c–d). Duże iniekcje ciemnego stopu kontrastują tu z jasną barwą magmy granitoidowej. Mechaniczne mieszanie najwyraźniej natrafiło tu



Ryc. 7. Enklawy z granitoidu porfirowatego (fot. E. Słaby): A – maficzna enklawa w granitoidzie hybrydalnym; bardzo ciemna barwa skały hybrydalnej wskazuje na znikomy udział magmy felzytowej w procesie mieszania; B–C – enklawy o dużej ilości częściowo lub całkowicie inkorporowanych kryształów z magmy granitoidowej

na trudności (Ryc. 8d), gdyż magma granitoidowa wykazuje wysoki stopień skrystalizowania. Na lewo od „frontu" magmy granitoidowej (Ryc. 8d) widoczne są kryształy, których wykształcenie ewidentnie wskazuje na pochodzenie z domeny magmy po prawej stronie „frontu". W obszarze zmienionym przez hybrydyzację (Ryc. 8d – lewa strona) widoczne są efekty mieszania, które, obserwowane w szczegółach (Ryc. 8b), pokazują, że w strefie hybrydyzacji istnieją domeny nie do końca zhomogenizowane w trakcie wymiany.

Postępująca krystalizacja magmy granitoidowej powoduje, że iniekująca późna magma hybrydalna może wypełniać szczeliny (Ryc. 5c), jakie pojawiają się w obrębie plutonu wskutek oddziaływania różnych czynników, głównie tektonicznych, tworząc dajki złożone. Dajki te w trakcie iniekcji zachowują się plastycznie, o czym świadczą zaokrąglone kształty „kropel" stopu. Z drugiej strony mogą podlegać deformacji kruchej, nie zachowując ciągłości (Ryc. 9a, b). Ich fragmenty przypominają niekiedy poduszki (Ryc. 9a, strzałki), niekiedy są wykształcone nieregularnie (Ryc. 9b, strzałka). Dajki wypełnione są ciemnej barwy skałą, składającą się z asocjacji amfibolu, biotytu i plagioklazu o drobniejszym uziarnieniu oraz kwarcu ze skaleniem alkalicznym o uziarnieniu grubszym, a także wykazującą bogactwo minerałów akcesorycznych. Plagioklazy są często obrośnięte skaleniami alkalicznymi, a alkaliczne – plagioklazami. Tekstury takie są jednak trudno zauważalne okiem nieuzbrojonym. Najwięcej dajek złożonych występuje w Rudawach Janowickich.

Dajki złożone występują w granitoidach równoziarnistych, krystalizujących z jednego, skorupowego stopu magmowego. Odmiany równoziarniste (średnio-, drobnoziarniste, aplity) budują główny grzbiet Karkonoszy i dlatego w polskiej literaturze nazywane są także grzbietowymi (Borkowska 1966). Odpowiadają one granitoidom typu karkonoskiego i typu Harrachov w literaturze czeskiej (Žák & Klomínský 2007). Granitoidy te są jasne, złożone prawie wyłącznie z kwarcu i skaleni. Sporadyczne jedynie, większe obrośnięte skalenie alkaliczne (Ryc. 9d, strzałka) pokazują, że w czasie ich krystalizacji dostawa magmy hybry-



Ryc. 8. Świadectwa obecności dwóch stopów: A – granodiorytoid z Fojtki – na zdjęciach widoczne są kryształy kwarcu wykazujące teksturę ocelli (strzałki); B – domena ciemnego stopu (strzałka) nie zmieszanego z jasnym plagioklazami oraz domena jaśniejszego stopu z dwoma różowymi skaleniami alkalicznymi obleczonymi białą obwódką plagioklazów (strzałka); C – „krople" magmy maficznej zakrzepłe w magmie felzytowej (kamieniołom w Rudolfovie – Czechy; D – zbliżenie ściany kamieniołomu w Rudolfovie – front interakcji magmy maficznej i felzytowej; część kryształów skaleni alkalicznych z magmy felzytowej (granitoidowej) mechanicznie wniknęła w magmę maficzną (fot. E. Słaby)

dalnej była już w zaniku. Występujące niekiedy w tej odmianie granitoidów drobne ciała hybrydalne mają wygląd raczej ciemniejszych rozmytych plam, niż enklaw. Główny grzbiet Karkonoszy nie jest jedynym miejscem występowania granitoidów równoziarnistych (Ryc. 2). Zwarty masyw zbudowany z tej odmiany granitoidów występuje także we wschodniej części plutonu (Ryc. 2).

Granitoidy Karkonoszy, od porfirowatych po równoziarniste, są pocięte późnymi dajkami lamprofirów[31] (Ryc. 9c) (Awdankiewicz 2007). Do ich iniekcji doszło już po całkowitym wykrystalizowaniu plutonu.

Ewolucja granitoidów Karkonoszy

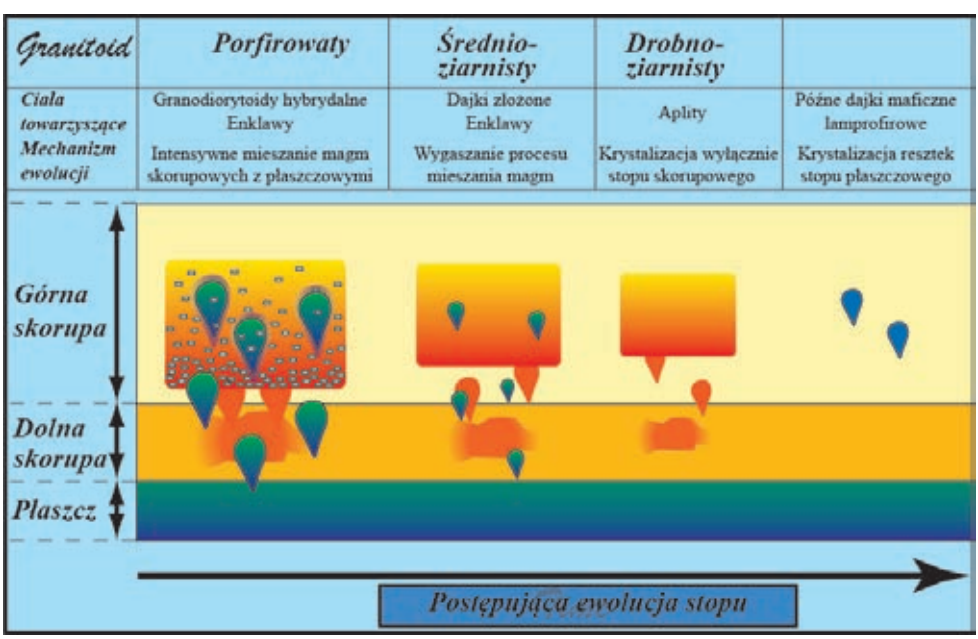
Podsumowując, pluton granitowy Karkonoszy utworzony został ze stopów magmowych pochodzących z dwóch źródeł: skorupowego i płaszczowego. Intensywne interakcje pomiędzy obu stopami doprowadziły do wykształcenia granitoidu porfirowatego z licznymi ciemnymi ciałami hybrydalnymi (Ryc. 10). W miarę formowania się plutonu, dostawa stopu maficznego stopniowo się zmniejszała. Dlatego krystalizujące coraz później odmiany granitoidów zawierają coraz mniej ciał hybrydalnych. Komora magmowa plutonu Karkonoszy zasilana była stopem maficznym co najmniej trzykrotnie. Po wykrystalizowaniu plutonu, na skutek

[31] Lamprofir – (od greckiego *lampros* – lśniący) maficzna, żyłowa skała magmowa o ciemnej barwie oraz – często – wykształceniu porfirowatym; główne składniki: łyszczyki, amfibole, pirokseny, skalenie.



Ryc. 9. Dajki złożone w granitoidach równoziarnistych (fot. E. Słaby): A – dajka w Górach Sokolich (Rudawy Janowickie); widoczne obłe „krople" magmy maficznej (hybrydalnej) (oznaczone strzałkami) w magmie granitoidowej zmieszanej z magmą hybrydalną; B – dajka ze Wzgórza Mrowiec; widoczna dezintegracja poszczególnych części dajki (strzałki); C–D – granitoid równoziarnisty (średnioziarnisty) z niewielkimi odstępstwami od idealnego rozkładu uziarnienia (strzałka czerwona) oraz zjawiskami obleczenia zlepów skaleni alkalicznych otoczką plagioklazów (strzałki pomarańczowe)

ciągłego kontaktu ze źródłem płaszczowym, w szczeliny uformowanego ciała magmowego iniekowały jeszcze niewielkie ilości stopu maficznego.



Ryc. 10. Schemat przedstawiający kolejne etapy formowania plutonu Karkonoszy (według: Słaby & Martin 2008)

Ilość stopu płaszczowego dostarczona podczas pierwszych dwóch etapów formowania się plutonu była znacząca. Szacunkowe obliczenia pokazują, że do wytworzenia granitoidu porfirowatego i zawartych w nim hybryd potrzeba było ok. 75 km^3 stopu maficznego. Jednocześnie z dokładnych badań wynika, że dostarczany stop maficzny wykazywał zmiany składu. Należy zatem przyjąć, że poniżej komory granitoidowej istniała inna komora, gromadząca stop maficzny. To z niej był on transportowany do miejsca formowania się plutonu Karkonoszy (Słaby & Martin 2008).

Wiek granitoidów Karkonoszy

Opisana sekwencja zdarzeń magmowych znajduje swe odbicie w licznych datowaniach granitoidów Karkonoszy i towarzyszących im dajek skał żyłowych, przy użyciu różnych metod oznaczania wieku bezwzględnego. Oznaczenia takie wykonywane są w Karkonoszach już od ponad 50 lat (przegląd ważniejszych wyników znaleźć można m.in. w: Mierzejewski 2005, Mazur i in. 2007, Aleksandrowski 2011, Kryza i in. 2012). Większość pozyskanych w ostatnim trzydziestoleciu danych wskazuje, że rozwój plutonu Karkonoszy stanowił długotrwały, trwający ponad 20 milionów lat proces, obejmujący kolejne pulsy intrudującej magmy, a następnie jej stygnięcie i krystalizację. Zgodnie z tymi danymi, starszą część masywu buduje granit porfirowaty (ok. 328-314 Ma), a młodszą – równoziarnisty (ok. 309-302 Ma – dla obu odmian granitu z marginesem błędu sięgającym od kilku do kilkunastu mln lat; por. Duthou i in. 1991, Marheine i in. 2002; Machowiak & Armstrong 2007, Kusiak i in. 2009), podczas gdy dane geochronologiczne dla ciał hybrydalnych mieszczą się pomiędzy tymi skrajnymi wartościami.

Nowsze badania geochronologiczne zdają się stopniowo zawężać przedział wiekowy utworzenia się granitoidów plutonu Karkonoszy. Utożsamiane z umiejscowieniem poszczególnych porcji magmy oznaczenia wieku uranowo-ołowiowego ($^{206}Pb/^{238}U$) cyrkonów z poszczególnych odmian granitoidów występujących w czeskiej części masywu Karkonoszy przy użyciu techniki LA-ICP-MS (spektrometria masowa z wykorzystaniem zjawiska indukcyjnego sprzężenia plazmy i techniki ablacji laserowej kryształów), lokują te procesy pomiędzy ok. 323 i 312 Ma (Žák i in. 2013). Jeszcze nowsze badania granitów porfirowatych i równoziarnistych z zastosowaniem wysoko precyzyjnych oznaczeń wieku metodą uranowo-ołowiową na cyrkonach przy zastosowaniu metodyki spektroskopii masowej i wykorzystaniu zjawiska jonizacji termicznej oraz technik abrazji chemicznej i rozcieńczania izotopów (CA-ID-TIMS) przyniosły znacznie bardziej zbliżone wartości wiekowe dla obu głównych odmian granitów polskiej części Karkonoszy (Kryza i in. 2014a) – odpowiednio, w granicach niepewności pomiarowej, pomiędzy 312.5 ± 0.3 i 312.2 ± 0.3 Ma. Niemal równie wąski przedział wiekowy (314±4 do 311±3 Ma) dla intruzji granitów porfirowatych oraz ciał hybrydowych i złożonych dajek został uzyskany już wcześniej (Kusiak i in. 2014) trochę mniej precyzyjną metodą uranowo-torowo-ołowiową na cyrkonie i monacycie przy użyciu wysokorozdzielczej mikrosondy jonowej (SHRIMP). Zdaniem autorów tych oznaczeń (por. też obszerna dyskusja w: Kryza i in. 2014b), starsze dane obciążone są różnego typu nieuniknionymi niedokładnościami, wynikającymi tak z przyczyn geologicznych, jak i analitycznych. Wspomniane najnowsze wyniki pozwalają ograniczyć czas trwania głównych wydarzeń magmowych w obrębie plutonu Karkonoszy do kilkuset tysięcy lat, pomiędzy 313 i 312 Ma, co - na tle wiedzy o rozwoju innych plutonów granitoidowych na świecie - wydaje się bardziej prawdopodobne od procesu zajmującego kilkadziesiąt milionów lat.

Datowanie etapów chłodzenia, wypiętrzania i ekshumacji

Danych dotyczących młodszych, mezo- i kenozoicznych etapów historii granitoidów oraz skał ich okrywy z rejonu Karkonoszy dostarczają wykonane w ostatnich latach badania z zastosowaniem metod tzw. termochronologii niskotemperaturowej[32], których wyniki okazują się w znacznym stopniu zbieżne

[32] Termochronologia niskotemperaturowa – grupa metod badawczych umożliwiających śledzenie historii termicznej skał w oparciu o zależności pomiędzy naturalnymi procesami rozpadu promieniotwórczych izotopów niektórych pierwiastków (głównie uranu ^{238}U) wchodzących w skład sieci krystalicznej minerałów, produktami tego rozpadu oraz temperaturą. Do najpowszechniej stosowanych metod z tej grupy należy analiza trakowa oraz uranowo-torowo-helowa (U-Th/He) apatytu i cyrkonu. Stosunkowo niskie wartości temperatury z przedziału 40-240°C rejestrowane przez sieci krystaliczne poszczególnych wymienionych minerałów sprawiają, że metody termochronologii niskotemperaturowej znajdują zastosowanie w analizie histo-

z klasycznymi już oznaczeniami JARMOŁOWICZ-SZULC (1984). Datowania (U-Th)/He cyrkonów (DANIŠIK i in. 2010) z próbek granitoidów pochodzących z powierzchni zrównania wierzchowinowego Karkonoszy (Ryc. 2) wskazują, że proces chłodzenia tych skał do temperatury ok. 190°C przebiegał w różnym tempie we wschodniej i zachodniej częściach plutonu. Część wschodnia uległa takiemu schłodzeniu pomiędzy późnym karbonem i wczesnym permem, w przedziale 308±21 Ma do 285±19 Ma, podczas gdy granitoidy występujące dziś w środkowo-zachodniej części powierzchni grzbietowej, gdzie nadkład skał podczas permu i większej części mezozoiku był najwyraźniej grubszy, osiągnęły podobną temperaturę dopiero w późnej kredzie, pomiędzy 97±7 Ma i 82±5 Ma (DANIŠIK i in. 2010; por też MIGOŃ & DANIŠIK 2012). Z kolei datowanie (U-Th)/He cyrkonów ze skał metamorficznych pobliskiej wierzchowiny Rudaw Janowickich (Sobczyk i in. 2015; Ryc 2) wykazało znacznie większy rozrzut wieków chłodzenia. Grupują się one w trzech przedziałach czasowych: (1) perm-trias (298±20 do 212±14 Ma), (2) środkowa jura (189±13 do 171±11 Ma) oraz (3) kreda (130±9 do 100±7 Ma). Jednocześnie, wyniki analizy trakowej oraz datowania (U-Th)/He apatytów wskazują, że główny epizod chłodzenia skał Karkonoszy do temperatury z przedziału ~100-40°C miał miejsce w późnej kredzie, pomiędzy 90±8 a 79±2 Ma, podczas gdy w Rudawach Janowickich odnotowano dwa epizody chłodzenia: (1) późnokredowy (106±2 Ma) we wschodniej części masywu oraz (2) wczesnoeoceński (56±4 do 51±4 Ma) w części zachodniej. Te wyniki datowań wskazują, że w późnej kredzie przynajmniej część skał występujących dziś w obrębie zrównań grzbietowych Karkonoszy i Rudaw Janowickich była pogrążona pod znacznej miąższości (lokalnie szacowanym nawet na > 6 km) nadkładem skalnym, podczas gdy inne fragmenty dzisiejszych wierzchowin stanowiły już wówczas obszary wyniesione w sensie termicznym, tj. przykryte znacznie cieńszym nadkładem skalnym i przez to wychłodzone już wcześniej. Pod koniec kredy skały na całym obszarze występowania granitoidów Karkonoszy oraz jego wschodniej okrywy metamorficznej w Rudawach Janowickich bardzo szybko ochłodziły się do temperatur rzędu 120-60°C, a następnie 85-40°C (DANIŠIK i in. 2010; SOBCZYK i in. 2015). Było to skutkiem znacznego późnokredowego wypiętrzenia obszaru Sudetów i związanej z nim głębokiej erozji nadkładu skalnego. Najmłodszy zarejestrowany metodami termochronologii niskotemperaturowej epizod szybkiego chłodzenia skał rejonu Karkonoszy miał miejsce we wczesnym eocenie. Doszło wtedy do usunięcia ok.1,5-3 km skał nadkładu (SOBCZYK i in. 2015), podczas kolejnego etapu wypiętrzania Sudetów- zapewne w związku pobliską aktywnością tektoniczną obszaru alpejsko-karpackiego.

Najmłodsze etapy ekshumacji skał, prowadzące do ich bezpośredniego odsłonięcia na powierzchni terenu, datowane są w oparciu o zawartość radionuklidów kosmogenicznych ^{10}Be oraz ^{26}Al (szczegółowe omówienie tej metody w: SOBCZYK 2016). Wykonane tą metodą badania na obszarze Rudaw Janowickich (Ryc. 2) wskazują, że średnie tempo denudacji tamtejszych granitoidów i skał metamorficznych podczas ostatnich ~3 milionów lat wynosiło od 10 do 40 m/mln lat, a minimalny wiek ekspozycji stropowych powierzchni ostańców skalnych wyznaczony na podstawie zawartości izotopu ^{10}Be, zawiera się w przedziale od 70±2 do 18±0,5 ka[33] (SOBCZYK 2012).

Struktura wewnętrzna plutonu Karkonoszy („tektonika granitu")

Pluton granitoidowy Karkonoszy wykazuje uporządkowaną strukturę wewnętrzną, której odkrycie przez znanego geologa niemieckiego, Hansa Cloosa (1886–1951), zapoczątkowało ideę znanej przed wojną w całym geologicznym świecie koncepcji *Granittektonik* – „tektoniki granitu". Cloos pragnął poznać mechanikę intruzji magmowych, a w szczególności określać kierunki płynięcia magmy, wyznaczać położenie kanałów zasilających komorę magmową oraz zrozumieć genezę regularnych układów spękań skalnych, nadających granitom karkonoskim charakterystyczną równoległościenną, blokową oddzielność. W tym celu prowadził szeroko zakrojone badania terenowe nad plutonami Dolnego Śląska, opisując i kartując występujące w granicie struktury fluidalne – linijne i warstwowe, wykształcone w procesach płynięcia magmy oraz pozostające z nimi w prawidłowych

rii termicznej przypowierzchniowych warstw litosfery (w przedziale głębokościowym rzędu 1,2-6 km), umożliwiając rekonstrukcję procesów geologicznych zachodzących w strefie wzajemnego oddziaływania tektoniki, rzeźby terenu i klimatu, takich jak wypiętrzanie, usuwanie nadkładu skalnego i stygnięcie stopniowo ekshumowanych mas skalnych.

[33] ka – (łac. *kiloannum*, l. mn. *kiloanni*) – jednostka czasu używana przy określaniu wieku geologicznego, którą w jęz. polskim należy czytać „tysięcy lat" lub „tysięcy lat temu".

związkach przestrzennych spękania skalne, utworzone już po zakrzepnięciu magmy granitowej. Na podstawie rozmieszczenia i orientacji szlir biotytowych w skali całego masywu, Cloos (1925) rozpoznał w masywie granitowym Karkonoszy obecność dwóch wielkich kopuł, wyznaczonych rozmieszczeniem i orientacją szlir biotytowych. Kopuła południowa, wydłużona WNW-ESE, rozciąga się wzdłuż południowej granicy plutonu, natomiast kopuła wschodnia, wydłużona NNE-SSW – wzdłuż jego granicy wschodniej. Intruzje magmy granitowej, zdaniem Cloosa, odbyły się wzdłuż ogromnych szczelin znajdujących się niegdyś u podstawy tych kopuł.

Po wojnie, wieloletnie badania nad rekonstrukcją kierunków przepływu magmy w plutonie karkonoskim w oparciu o występujące w nim struktury fluidalne, prowadził Michał Mierzejewski (por. np. Mierzejewski 1985, 2005). Badacz ten do swych wniosków wykorzystywał zwłaszcza systematyczne obserwacje nad przestrzenną orientacją zawartych w granicie dużych kryształów skaleni. Potwierdził też obserwacje Cloosa co do występowania w obrębie plutonu Karkonoszy dwóch wyznaczonych przez szliry kopuł z płynięcia magmy.

Struktura wewnętrzna plutonu, odzwierciedlająca najpierw przepływy magmy, a następnie deformacje tektoniczne nie w pełni jeszcze zestalonego plutonu, zapisała się też w postaci własności magnetycznych skał granitoidowych. Pomiary anizotropii podatności magnetycznej skał w obrębie plutonu Karkonoszy przeprowadzone w latach 90-tych przez Hervé Diota ze współpracownikami wykazały, że zapisana w postaci pola magnetycznego struktura deformacyjna granitu nawiązuje swym kierunkiem do układu struktur tektonicznych związanych z kolapsem grawitacyjnym w skałach osłony (Diot i in. 1994). Lineacja magnetyczna w granicie jest nachylona ku ESE, podobnie jak główna lineacja mineralna w skałach wschodniej i południowej osłony granitu. Świadczy to o utworzeniu tej lineacji w warunkach kolapsu ekstensyjnego karkonoskiej części orogenu waryscyjskiego. Wiele ciekawych informacji o tektonice złożonego masywu granitoidowego Karkonoszy oraz o innych aspektach jego budowy geologicznej i ewolucji znaleźć można w niedawno wydanej przez Czeską Służbę Geologiczną monografii (Klomínský 2018).

Osłona plutonu

Zmetamorfizowane skały osłony, w które intrudował podczas karbonu granitoidowy pluton Karkonoszy (Ryc. 2 i 3), wraz nim tworzą *masyw karkonosko-izerski* (Mazur & Aleksandrowski 2001). Składa się on z czterech jednostek tektonicznych[34], które ukształtowały się w toku złożonej sekwencji procesów geologicznych, o skali globalnej, do regionalnej i lokalnej, naświetlonych w zarysie w rozdziale o historii tektonicznej masywu. Najniższe położenie zajmuje jednostka *izersko-kowarska* (Ryc. 10), następnie *jesztedzka* i *południowych Karkonoszy* (*Niedamirowa*), a najwyższe – *jednostka Leszczyńca* (Mazur & Aleksandrowski 2001). Jednostki te, jak już wyjaśniono wcześniej, mają charakter płaszczowin krystalicznych (Mazur 1995) nasuniętych kolejno na siebie w kierunku północno-zachodnim (Ryc. 3).

Od strony północnej, południowej i wschodniej do plutonu Karkonoszy przylegają skały reprezentujące jednostkę izersko-kowarską (Ryc. 2). Część północna tej jednostki, odsłaniająca się w Górach Izerskich i na ich przedgórzu, zbudowana jest z gnejsów i granitognejsów, zwanych izerskimi, lokalnie zawierających pasma łupków łyszczykowych. Części wschodnia i południowa jednostki, występujące na wschodnich stokach Rudaw Janowickich, we wschodniej części głównego grzbietu Karkonoszy (poczynając od Śnieżki) oraz bezpośrednio na południe od niego, zbudowane są z łupków łyszczykowych z wkładkami kwarcytów, amfibolitów, marmurów, skał kwarcowo-skaleniowych (leptynitów) i łupków grafitowych. Z łupkami współwystępują gnejsy kowarskie, które są odpowiednikiem gnejsów izerskich z drugiej, północnej strony plutonu. Oprócz podobieństwa litologicznego świadczy o tym podobny wiek protolitu magmowego[35] (około 500 Ma) oraz szczegóły składu chemicznego tych skał, tzw. charakterystyka geochemiczna (np. Oliver i in. 1993; Oberc-Dziedzic i in. 2010).

Łupki łyszczykowe towarzyszące gnejsom izerskim i kowarskim są od dawna uważane za późnoproterozoiczne skały osłony granitów izerskich/kowarskich (rumburskich), wchodzące niegdyś w skład orogenu kadomskiego (por. Żelaźniewicz 1997). Nowe oznaczenia wieku bezwzględnego (Oberc-Dziedzic i in. 2010; Žačková i in. 2010), wykonane na wkładkach skał kwarcowo-skaleniowych występujących w tych łupkach

[34] Jednostka tektoniczna (strukturalna) – wyróżniany przy regionalnym opisie budowy geologicznej odrębny element tej budowy, oddzielony od elementów sąsiednich granicami tektonicznymi (uskoki, nasunięcia) lub stratygraficznymi (walne powierzchnie niezgodności).

[35] Protolit – skała pierwotna, wyjściowa do przemian metamorficznych.

po południowej stronie granitu dostarczyły jednak takich samych wartości, ok. 500 Ma, jak w sąsiadujących z nimi gnejsach kowarskich i izerskich (Oliver i in. 1993). Zdaniem autorów wspomnianych oznaczeń, którzy traktują wkładki kwarcowo-skaleniowe jako wulkanogeniczne, podważa to przedkambryjski wiek łupków łyszczykowych i świadczy o tektonicznym, a nie intruzyjnym charakterze kontaktu między łupkami i gnejsami. Jednakże pozycja skał kwarcowo-skaleniowych w rejonie Karpacza konsekwentnie zlokalizowanych pomiędzy gnejsami/granitognejsami kowarskimi, a kompleksem łupków łyszczykowych (Aleksandrowski 1976), przemawia za późnomagmowym, plutonicznym i intruzywnym charakterem ich protolitu, co może pociągać za sobą ich młodszy wiek względem wieku bezpośrednio z nim sąsiadujących łupków.

Niewielka powierzchniowo jednostka Ještědu odsłania się bezpośrednio na zachód od Liberca, przy zachodniej krawędzi plutonu Karkonoszy. Zawiera ona słabo zmetamorfizowane osady płytkomorskie wieku dewońskiego oraz zalegające na nich dolnokarbońskie piaskowce i zlepieńce (Chlupáč 1993).

Jednostka południowych Karkonoszy/Niedamirowa występuje w południowej części masywu karkonosko-izerskiego i leży prawie w całości na obszarze Czech. Na terenie Polski skały tej jednostki odsłaniają się jedynie na niewielkim przygranicznym obszarze na zachód od Niedamirowa, w południowej części Grzbietu Lasockiego. Są to fyllity z wkładkami zieleńców, kwarcytów, wapieni krystalicznych, łupów kwarcowo-grafitowych, łupków chlorytowych, wieku ordowicko–?dewońskiego (Chlupáč 1993). Zieleńce zawierają minerał glaukofan, dowodzący metamorfizmu wysokociśnieniowego (por. np. Smulikowski 1995), zakończonego, jak już wspominano, ok. 360 Ma.

Skały jednostki Leszczyńca występują we wschodniej części Rudaw Janowickich i na Grzbiecie Lasockim (Ryc. 2). Są to zmetamorfizowane skał zasadowe, metabazalty i metagabra, nazywane – w tym przypadku – potocznie zieleńcami i amfibolitami. W ich obrębie występują potężne, osiągające do 1,5 km miąższości, wkładki zmetamorfizowanych skał granitoidowych, określanych jako gnejsy paczyńskie. Podrzędnie występują też zmetamorfizowane skały sekwencji osadowo-wulkanicznej (fyllitowo-zieleńcowej), zawierające piryt (łupki z Wieściszowic, por. np. Oberc-Dziedzic i in. 2011). Wiek protolitu metawulkanitów i gnejsów został określony w tej jednostce na około 500 Ma (Oliver i in. 1993).

Na obszarze samego Karkonoskiego Parku Narodowego skały metamorficzne osłony plutonu Karkonoszy występują wyłącznie we wschodniej części Parku. Bezpośredni kontakt z granitem przebiega generalnie wzdłuż kierunku SW – NE na zachodnim żebrze i północnym stoku Śnieżki i Czarnego Grzbietu, kontynuując się w kierunku Kruczych Skał w Wilczej Porębie (Karpacz), oraz dalej na wschód – na południe od Budnik i Wołowej Góry w okolicy Kowar. Wraz ze skałami odsłaniającymi się w Sowiej Dolinie i na Kowarskim Grzbiecie (hornfelsy, łupki łyszczykowe, gnejsy kowarskie, amfibolity i leptynity), pod względem tektonicznym zaliczają się one do jednostki izersko-kowarskiej. Na wschód od Kowar, na obszarze Rudaw Janowickich, linia kontaktu przybiera kierunek południkowy.

Metamorfizm, jego typy i produkty

Skały metamorficzne (przeobrażone), które wchodzą w skład osłony plutonu Karkonoszy, powstały w wyniku metamorfizmu różnych typów skał wyjściowych. Procesy metamorfizmu polegają na przemianach mineralnych i strukturalnych w tych skałach pod wpływem podwyższonej temperatury i podwyższonego ciśnienia. Wyjątkiem jest metamorfizm kontaktowy, w którym rola ciśnienia jest znikoma, a głównym czynnikiem prowadzącym do przebudowy skały jest temperatura. Metamorficzna przebudowa skały odbywa się w stanie stałym. Ze względu na ciężar nadległych skał, wraz z głębokością ciśnienie w skorupie ziemskiej (tzw. ciśnienie litostatyczne) wzrasta średnio o ok. 1 kbar (100 MPa) na każde 3,5 km w głąb skorupy, a temperatura o około 30°C/km (ta ostatnia wartość tzw. gradientu geotermicznego jest typowa dla dzisiejszego obszaru Polski zachodniej; gradient ten w różnych miejscach na świecie wykazuje szeroki zakres wartości). Wspomniane liczby dają możliwość określenia przybliżonej maksymalnej głębokości, na jakiej doszło do przeobrażeń badanych skał (maksymalnej, gdyż poziome naprężenia tektoniczne – zwłaszcza przy deformacjach typu orogenicznego często przewyższają wartości ciśnienia litostatycznego, zmniejszając konieczną do przeobrażeń głębokość).

W wyniku procesów metamorfizmu niektóre minerały ulegają rekrystalizacji, przy czym ich kryształy mogą zwiększać lub zmniejszać swoje rozmiary, lub dekompozycji, kiedy ich kosztem mogą się tworzyć zupełnie



Ryc. 11. Gnejs kowarski (rejon Przeł. Kowarskiej) – fotografia wypolerowanej powierzchni przecięcia. Skała wykazuje teksturę (ułożenie minerałów) laminowaną (występują w niej laminy kwarcowe i kwarcowo-skaleniowe podkreślone koncentracjami równoległe ułożonych smug łyszczyków – szarych do czarnych na brzegach lamin), soczewkową, oczkową (soczewki i oczka tworzą zdeformowane różowawe kryształy plagioklazów). Laminacja stanowi o dobrze wykształconej foliacji skały. Z oczek skaleniowych wyrastają asymetryczne „ogony", nadając oczkom pokrój soczewkowy i pozwalając wnioskować o (lewoskrętnym w płaszczyźnie zdjęcia) zwrocie ścinania związanego z nasunięciami płaszczowinowymi (fot. S. Madej)

nowe minerały. Wzrost kryształów nowych minerałów nosi nazwę blastezy, a nowo utworzone minerały określa się mianem blastów. Nowe minerały są dostosowane swym składem i sposobem upakowania atomów w sieciach krystalicznych do nowych warunków ciśnienia i temperatury i dlatego są trwałe w tych warunkach, zastępując minerały stare, które w nowych warunkach są już nietrwałe. Proces zastępowania wyjściowych minerałów nowymi, tłumaczy istnienie różnic w składzie mineralnym pomiędzy protolitem i powstałą z niego skałą metamorficzną.

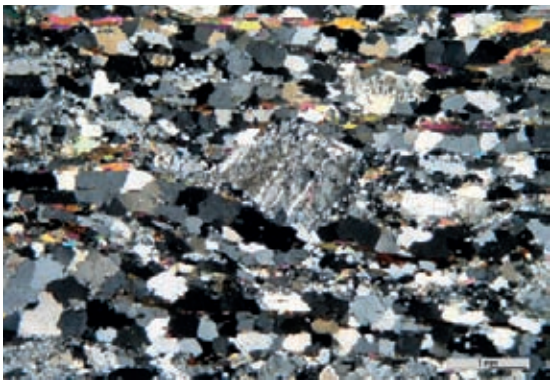
Skały metamorficzne makroskopowo (oglądane gołym okiem) wykazują często dobrą oddzielność płaskorównoległą, najczęściej wyrażoną równoległym ułożeniem minerałów o pokroju blaszkowym (muskowit, biotyt, chloryt) lub obecnością lamin o odmiennym składzie mineralnym. Powierzchnie tego typu oddzielności określa się jako powierzchnie foliacji (złupkowania). Powstają one w wyniku tektonicznego nacisku, towarzyszącego zazwyczaj procesom metamorficznym i prowadzącego do utworzenia się w skale struktur deformacyjnych, takich jak różnego typu foliacje (złupkowania), lineacje, strefy ścinania oraz fałdy (Ryc. 11–15).

Do nazw skał wyjściowych, które pomimo przekształceń metamorficznych zachowały zasadnicze rysy swojej pierwotnej budowy, dodaje się przedrostek *meta*. Nazwy łupków metamorficznych często tworzy się, biorąc pod uwagę ich skład mineralny: np. łupek biotytowy czy chlorytowy zawierają w swoim składzie charakterystyczny i istotny pod względem ilościowym biotyt lub chloryt. Do nazwy skały dodaje się też niekiedy nazwę minerału, który nie decyduje o gatunkowym zaszeregowaniu skały, ale tworzy ich charakterystyczny, choć podrzędny ilościowo składnik, np. 'łupek łyszczykowy z granatami' czy 'gnejs sillimanitowy'. Niekiedy w skałach słabo zmetamorfizowanych, np. w fyllitach, mogą być widoczne ślady warstwowań z czasów sedymentacji osadów, objawiające się zmianami barwy i/lub składu mineralnego. Gnejsy i granitognejsy powstają najczęściej przez deformację wyrażoną częściową, kierunkową rekrystalizacją granitoidów. Jeżeli w granitowej skale wyjściowej występują duże kryształy skalenia, to w powstałym z niej gnejsie zachowają się w formie „oczek" (porfiroklastów) i mówimy wówczas o teksturze oczkowej skały. Wzrost stopnia deformacji coraz bardziej zaciera pierwotną budowę, a skała uzyskuje teksturę oczkowo–warstewkową, warstewkową lub smużystą (Ryc. 11 i 12).

O tym, jaka skała przeobrażona powstanie ze skał wyjściowych, w dużej mierze decyduje stopień (intensywność) metamorfizmu. Ze skał ilastych (składających się głównie z minerałów ilastych) i mułowcowych (złożonych z minerałów ilastych i bardzo drobnoziarnistego kwarcu) w warunkach metamorfizmu niskiego stopnia powstaną fyllity, zawierające głównie kwarc i serycyt (drobnołuseczkowa odmiana muskowitu), natomiast przy wyższej temperaturze i ciśnieniu utworzą się łupki łyszczykowe, złożone z bardziej grubokrystalicznego kwarcu i muskowitu. W opisanym przykładzie skład chemiczny skał wyjściowych zostanie zachowany w skałach będących produktem metamorfizmu. Nie wystąpią też różnice w składzie mineralnym obu skał finalnych, ale przy wyższym stopniu metamorfizmu zwiększy się wielkość blastów.

Innego przykładu przeobrażeń metamorficznych dostarczają zieleńce i amfibolity, które tworzą się np. z bazaltów. Zieleńce powstają w warunkach metamorfizmu niskiego stopnia. Ich skład mineralny obejmuje albit, chloryt, epidot i aktynolit, natomiast amfibolity, które tworzą się w warunkach metamorfizmu wyższego stopnia (przy wyższych ciśnieniach i temperaturach), zbudowane są głównie z hornblendy i plagioklazu. Ilustruje to zależność powstającego składu mineralnego skały od warunków metamorfizmu.

Skały metamorficzne, ulegając pogrążaniu w głąb skorupy ziemskiej (np. wskutek przykrycia nasuniętymi tektonicznie kompleksami skalnymi, albo też wskutek przysypania osadami przy subsydencji danego obszaru), a następnie ekshumacji (w trakcie wypiętrzania i erozji ich nadkładu), doświadczają w swoim rozwoju kolejno różnych warunków ciśnienia i temperatury. Kryształy minerałów metamorficznych często w związku z tym wykazują pasową („cebulową") budowę, a zmiany składu chemicznego w poszczególnych pasach odzwierciedlają wzrost tych kryształów w zmieniających się warunkach ciśnienia i temperatury oraz dostawy płynów bogatych w różne rozpuszczone związki.



Ryc. 12. Gnejs kowarski (rejon Przeł. Kowarskiej) – fotografia szlifu wykonana przy skrzyżowanych polaryzatorach przez petrograficzny mikroskop polaryzacyjny. Szlif ma postać tzw. płytki cienkiej (płytki skały zeszlifowanej do grubości 0,02 mm i wklejonej pomiędzy 2 płytki szklane). Światło spolaryzowane powoduje specyficzne zabarwienie poszczególnych minerałów (barwy interferencyjne) przy różnych położeniach płytki cienkiej dającej się obracać pod mikroskopem.Na fotografii wyraźnie zaznacza się pozioma lub miejscami nieco skośna (nachylona w prawo) foliacja/laminacja skały, wyrażona obecnością lamin kwarcowych i kwarcowo-skaleniowych (kryształy o zróżnicowanych odcieniach szarości) i podkreślona przez równoległe ułożenie łyszczyków (wydłużone blaszki o różnych barwach). W centrum znajduje się porfiroklast (duży kryształ, którego utworzenie się poprzedziło deformację skały) plagioklazu z charakterystycznymi zbliźniaczeniami polisyntetycznymi (równoległe prążkowanie) (fot. S. Madej)

Według Kryzy & Mazura (1995; por. też Mazur 2005) metamorfizm jednostki izersko – kowarskiej zachodził w temperaturze 500–600°C i przy ciśnieniu 5–7 kbar. Niedawno wykazano, że przemiany te poprzedzone były metamorfizmem wysokociśnieniowym w warunkach ≥18–19 kbar przy 460–520°C (Žačková 2010). Skały jednostki południowych Karkonoszy przeobrażone zostały z kolei w temperaturze 350–400°C i przy ciśnieniu 7–10 kbar (Smulikowski 1995; Maluski & Patočka 1997), a jednostki Leszczyńca – w temperaturze 500–550°C przy ciśnieniu 7–10 kbar (Kryza & Mazur 1995). Różnice w stopniu metamorfizmu poszczególnych jednostek potwierdzają ich różną historię metamorfizmu i odrębność tektoniczną.

Skały metamorficzne poszczególnych jednostek tektonicznych osłony plutonu Karkonoszy różnią się także pod względem charakterystyki geochemicznej, opartej na zawartości pierwiastków ziem rzadkich i pierwiastków śladowych. W znacznej mierze jest ona odziedziczona po skałach wyjściowych. Na jej podstawie można odtworzyć środowisko tektoniczne, w którym dana skała się utworzyła. Do tego typu badań szczególnie dobrze nadają się skały, których protolitem były zasadowe wulkanity. Na przykład, chemizm amfibolitów z jednostki izersko – kowarskiej wskazuje na powstanie (wytopienie) ich protolitu ze skorupy kontynentalnej. Natomiast amfibolity z jednostki Leszczyńca mają charakterystykę zbliżoną do bazaltów grzbietów śródoceanicznych, czyli tworzyły się w obrębie skorupy oceanicznej (Kryza i in. 1995; Winchester i in. 1995). Tym samym, znając magmowe protolity skał metamorficznych, można próbować określić pierwotne środowisko tworzenia się tych skał (np. grzbiet śródoceaniczny, albo kontynentalny lub wyspowy łuk magmowy itp.). Opierając się na tego typu przesłankach, można dokonywać rekonstrukcji środowisk tektonicznych, pozwalających na odtworzenie historii rozwoju budowy geologicznej w skali regionalnej.

Powstanie większości opisanych wyżej skał metamorficznych Karkonoszy było efektem tzw. metamorfizmu regionalnego, zachodzącego na dużych obszarach przy granicach płyt litosferycznych w związku z procesami subdukcji i kolizji kontynentalnej (por. Ryc. 4). Skały będące w bezpośrednim kontakcie z karkonoską magmą granitową uległy z kolei metamorfizmowi związanemu z termicznym oddziaływaniem intruzji czyli metamorfizmowi kontaktowemu. Z łupków łyszczykowych położonych najbliżej intruzji utworzyły się hornfelsy, które można spotkać m.in. na zachodniej grani i północnym zboczu Śnieżki oraz przy północnym kontakcie plutonu w okolicach Szklarskiej Poręby, gdzie tworzą spektakularne formy skalne (np. na wschodnim ramieniu Wysokiego Kamienia, w okolicach Zakrętu Śmierci, na Zbójeckich Skałach). Skały te pod wpływem wysokiej temperatury zatraciły swoją pierwotną oddzielność łupkową w wyniku bezkierunkowej rekrystalizacji kwarcu i łyszczyków, a w ich składzie pojawiły się minerały charakterystyczne dla metamorfizmu kontaktowego – kordieryt i andaluzyt. Dalej od kontaktu z granitem łupki łyszczykowe za-



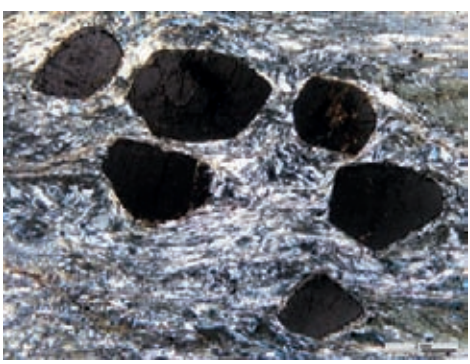
Ryc. 13. Łupek łyszczykowo-chlorytowy (pd.-zach. ramię Skalnego Stołu). Widok na powierzchnię foliacji sfałdowaną w drobne zmarszczki wyznaczające lineację (fot. P. Aleksandrowski)



Ryc. 14. Łupek łyszczykowo-chlorytowy z granatami (Sowia Dolina, rejon zbiegu potoków Płóknica i Niedźwiada). Ujęta w drobne fałdki foliacja, stanowi o dobrej oddzielności łupkowej skały. Charakterystyczna duża zawartość kryształów granatu (fot. S. Madej)

chowały znaczną część swojej oddzielności łupkowej, natomiast wykształciły się w nich kilkunastomilimetrowej wielkości gruzełki złożone z kordierytu. Takie skały nazywa się łupkami gruzełkowymi. Kordieryt często jest przeobrażony w łuseczkowy agregat chlorytowo-muskowitowy, który łatwo ulega wietrzeniu. Stąd też na powierzchni łupków gruzełkowych często widoczne są pustki po kordierycie. Zasięg występowania minerałów metamorfizmu termicznego na kontakcie granitu Karkonoszy z łupkami łyszczykowymi wynosi od 600 do 2000 m (MIERZEJEWSKI & OBERC-DZIEDZIC 1990).

Metamorfizm kontaktowy zaznaczył się również w gnejsach. Przy bezpośrednim kontakcie z granitem pojawia się w nich zespół minerałów: kordieryt + sillimanit + hercynit + korund + andaluzyt, który wskazuje na temperaturę około 650°C i ciśnienie około 2,5 kbar, odpowiadające głębokości rzędu 8–10 km (OBERC-DZIEDZIC 1985). W odległości kilkunastu metrów od kontaktu pozostaje już tylko kordieryt + sillimanit + andaluzyt. Zasięg występowania minerałów metamorfizmu kontaktowego w gnejsach izerskich nie przekracza 1000 m (MIERZEJEWSKI & OBERC-DZIEDZIC 1990).



Ryc. 15. Łupek łyszczykowo-chlorytowy z granatami (Sowia Dolina, rejon zbiegu potoków Płóknica i Niedźwiada) – płytka cienka pod mikroskopem polaryzacyjnym. W obrazie dominują blaszki chlorytu, które w większości układają się równolegle do siebie, co decyduje o dobrze wykształconej foliacji. Miejscami blaszki chlorytu opływają czarne wieloboczne kryształy granatów. Granaty na zdjęciu wykonanym przy skrzyżowanych polaryzatorach są czarne, gdyż minerały te krystalizują w układzie regularnym - a taka budowa wewnętrzna decyduje o tym, że są optycznie izotropowe (z czym wiąże się brak barw interferencyjnych i wygaszanie spolaryzowanego światła przechodzącego w każdym położeniu preparatu) (fot. S. Madej)

Układ i geneza spękań skalnych plutonu Karkonoszy i jego osłony

Według klasycznych poglądów CLOOSA (1922, 1925) zawartych w koncepcji „tektoniki granitu", typowe, regularne spękania w dużych plutonach granitoidowych zgrupowane są w trzy w przybliżeniu prostopadłe względem siebie zespoły: dwa zespoły spękań stromych oraz zespół spękań płogich. Zespół spękań określony przez Cloosa literą *Q* obejmuje spękania przebiegające poprzecznie względem wyinterpretowanego kierunku płynięcia magmy w plutonie. W Karkonoszach spękania te wykazują rozciągłość NNE-SSW. Towarzyszą im spękania zespołu określanego jako *S*, równoległe do kierunku płynięcia magmy, o rozciągłości WNW-ESE, a także spękania zespołu *L*, płogie (nachylone pod niewielkim kątem lub poziome), zwane też „ławicowymi" lub „pokładowymi", gdyż przypominają trochę uwarstwienie w skałach osadowych. Według

poglądów Cloosa, spękania te utworzyły się stosunkowo wcześnie tj. jeszcze na etapie zestalania się i stygnięcia skał plutonu, tak że mogły być wykorzystywane przez powstające wtedy skupienia pegmatytów, żyły kwarcowe oraz dajki aplitów, mikrogranitów i lamprofirów. O wczesnym tworzeniu się regularnej sieci spękań w granicie i skałach jego osłony świadczyć ma orientacja tych spękań – równoległa i prostopadła do kierunków płynięcia magmy i do lineacji mineralnej, przeważającej w skałach metamorficznej osłony plutonu oraz do powszechnie występujących w tych skałach fałdów.

Obecnie jednak odmiennie zapatrujemy się na genezę regularnych, systematycznie zorientowanych na dużych obszarach sieci spękań (tzw. spękań ciosowych), takich jak spękania w plutonie Karkonoszy i jego osłonie. Spękania tego rodzaju tworzą się w swojej głównej masie na niewielkich głębokościach (rzędu kilkuset metrów pod poziomem terenu), zazwyczaj późno w trakcie ewolucji masywu skalnego, najczęściej przy jego wypiętrzaniu, któremu z powodów geometrycznych (wydźwiganie na powierzchni kuli) towarzyszy pozioma ekstensja (rozciąganie). Wtedy, w sytuacji odprężania masywu skalnego, rozwierają się szczeliny spękań ukryte dotąd pod postacią niewidocznych gołym okiem ciągów mikroszczelin oraz/lub nagromadzonych w skale od dawna naprężeń tektonicznych, tzw. naprężeń szczątkowych, nadających skale anizotropowe własności mechaniczne. Anizotropia ta zostaje przedtem nabyta przez skały podczas epizodów kompresji tektonicznej, związanych głównie z przemieszczeniami płyt litosferycznych i ich kolizją w strefach orogenicznych. Tym samym, rozpatrując genezę typowych spękań ciosowych, odróżnia się etap założenia (inicjacji) sieci spękań, od nieraz znacznie odległego odeń w czasie etapu otwarcia (ujawnienia) tej sieci. Stąd obserwowane prawidłowości równoległego lub symetrycznego ułożenia spękań względem różnych starych struktur tektonicznych w skale. Otwieranie się niewidocznych dotąd (zainicjowanych wcześniej, a dotąd ukrytych) spękań skalnych można obserwować i dzisiaj np. w praktyce wydobywczej kamieniołomów, albo przy uderzaniu w pozornie niespękaną skałę młotem, kiedy to ujawniają się spękania równoległe do już wcześniej widocznych.

Pod koniec kredy, ok. 80–65 Ma, skorupa ziemska na całym obszarze Polski i obszarów przyległych doświadczyła intensywnej kompresji tektonicznej o kierunku NE-SW (np. Mazur i in. 2005; Reicherter i in. 2008), związanej z intensywnym parciem Iberii na kontynent europejski, zakończonym wypiętrzeniem Pirenejów (Kley & Voigt 2008). Wtedy to utworzyły się wielkie struktury tektoniczne deformujące skały mezozoiczne i permskie przykrywające większość obszaru Niżu Polskiego. Widoczne są one dzisiaj na odkrytych[36] mapach geologicznych Polski w postaci przebiegających przez cały kraj z NW na SE wałów i bruzd (wielkoskalowych, choć dosyć łagodnych w kształcie i amplitudzie fałdów złożonych, zwanych też antyklinoriami i synklinoriami). Można z dużym prawdopodobieństwem przyjąć, iż wtedy to właśnie założona została na znacznym obszarze Polski, w tym w Sudetach i Karkonoszach (przykrytych ówcześnie grubym nadkładem skalnym), obserwowana dziś powszechnie regionalna sieć spękań ciosowych o kierunkach spękań równoległych i prostopadłych do kierunków ówcześnie działających w skorupie ziemskiej naprężeń kompresyjnych. W Karkonoszach ujawniła się ona głównie podczas późnokenozoicznego wypiętrzenia zrębu górskiego Sudetów.

To że dzisiejsza sieć spękań skalnych w Karkonoszach jest stosunkowo młoda, nie oznacza jednak, iż w okresach wcześniejszych, przed późną kredą, a nawet w karbonie, na późnomagmowym etapie rozwoju plutonu granitoidowego, w masywie skalnym nie występowały nieciągłości strukturalne w postaci struktur kruchych: spękań i uskoków. Przeciwnie, na różnych etapach rozwoju plutonu i jego osłony, pomimo położenia na znacznej głębokości, przy znacznym ciśnieniu skał nadkładu i mocno podwyższonej temperatury, które generalnie nie sprzyjają procesom deformacji kruchej, struktury takie z pewnością się tworzyły. Ich generowanie pod nadkładem było ułatwiane np. przez wstrząsy sejsmiczne, pospolite w tworzących się strefach orogenicznych i współdziałające z wysokociśnieniowymi roztworami i gazami późno- i pomagmowymi. Ówczesne, lokalne sieci spękań i uskoków również, przynajmniej częściowo, charakteryzowały się regularnym, systematycznym wykształceniem, o czym świadczy względna stałość kierunków przebiegu żył aplitów, mikrogranitów i lamprofirów. Stałość ta jest efektem tworzenia się wczesnych spękań w regionalnym polu naprężeń, wykazującym znaczną stałość kierunkową na sporych przestrzeniach, w polu towarzyszącym fałdowaniu i deformacjom tektonicznym skał osłony. Dopóki skały które dziś oglądamy na powierzchni, znajdowały się pod znacznym nadkładem, nie było jednak warunków dla powszechnego otwierania się spękań (wiemy o tym z badań nad spękaniem skał w głębokich otworach wiertniczych) i ówczesne sieci spękań nie mogły być nawet w przybliżeniu tak gęste, jak te,

[36] Mapa odkryta – kartograficzny obraz budowy geologicznej widoczny po usunięciu części górnych kompleksów skalnych (na wspomnianym przykładzie chodzi o mapę odkrytą po kredę, po zdjęciu pokrywy osadów kenozoicznych).

które obserwujemy dziś w skałach na powierzchni. Ponadto, w warunkach długotrwałego pogrzebania nawet rzadkie otwarte spękania były szybko zasklepiane przez wytrącane z krążących nimi roztworów powłoki/żyły mineralne i niewiele z nich miało szanse doczekać się wypiętrzenia masywu i odsłonięcia na powierzchni.

Młody wulkanizm bazaltowy

Paleozoiczne skały Karkonoszy w kilku miejscach zostały przebite niewielkimi kenozoicznymi intruzjami bazaltoidów. Te zasadowe skały odsłaniają się m.in. w zachodnim zboczu Małego Śnieżnego Kotła, w rejonie Gór Rudzianek nad Zachełmiem, na stokach Studnika nad Podgórzynem czy w pobliżu skałki Koleba nad Borowicami, przy czym dwie ostatnie wychodnie, choć zaznaczone na mapach geologicznych, nie zostały odnalezione podczas inwentaryzacji geostanowisk Karkonoskiego Parku Narodowego i otuliny w 2008 roku (KNAPIK i in. 2009). Ze względu na rozmiar odsłonięcia, znaczną wysokość nad poziomem morza oraz ścisły związek z bioróżnorodnością, bazaltoidy Małego Śnieżnego Kotła zostały najdokładniej zbadane. Pierwszy szczegółowy opis tego odsłonięcia został podany w pracy CLOOSA i KORNA (1934). Żyła bazaltoidu ma przebieg pionowy i odsłania się na długości około 150 m w kierunku S-E. Jej szerokość w dolnej części wynosi około 50 m, natomiast w górnej – 65 m. Wiek tej skały został określony metodą Rb/Sr na 26±1,2 mln lat (PÉCSKAY et al. 2004), zaś XX-wieczne badania składu chemicznego pozwoliły zaliczyć ją do bazanitów (JERZMAŃSKI 1956; KOZŁOWSKA-KOCH 1987). Potwierdziły to nowsze analizy BIAŁOWOLSKIEJ (2000) oraz nowe badania geochemiczne (KNAPIK i in. 2009) z wykorzystaniem pierwiastków ziem rzadkich. Znaczne mineralogiczne i chemiczne zróżnicowanie w obrębie badanej skały tłumaczy się silną kontaminacją składnikami granitu (BAKUN-CZUBAROW & BIAŁOWOLSKA 2002). Do bazanitów zalicza się również bazaltoidy w rejonie Gór Rudzianek (KNAPIK i in. 2009), aczkolwiek w tym wystąpieniu brak jest wychodni litej skały, dlatego też należy być ostrożnym w wyciąganiu daleko idących wniosków. Wspomniane badania geochemiczne pozwoliły na zinterpretowanie bazanitów z obu odsłonięć jako produktów wulkanizmu wewnątrzpłytowego.

Forma wystąpienia bazaltoidów z Małego Śnieżnego Kotła do dziś budzi wątpliwości. Zarówno CLOOS & KORN (1934), jak i MIERZEJEWSKI (1969), opisują z tego miejsca tufy, co wskazywałoby na jego wulkaniczny charakter. Obecność materiału tufogenicznego została potwierdzona również badaniami mikroskopowymi (BIAŁOWOLSKA 2000). Natomiast ZAGOŻDŻON & ZAGOŻDŻON (2006) uznali żyłę bazanitu za stropowy element subwulkanicznej intruzji, o głębokości posadowienia ok. 800 m. Sugerują oni także wieloetapowość tworzenia się tego ciała.

Przejawy wczesnokenozoicznego wulkanizmu bazaltoidowego o wewnątrzpłytowej charakterystyce geochemicznej są szeroko rozpowszechnione na przedpolu i we wnętrzu alpejskiego systemu orogenicznego, rozciągając się od Dolnego Śląska poprzez obszar Masywu Czeskiego, Niemiec, Francji, Hiszpanii, Maroka, Algierii i Tunezji aż po Anatolię i Syrię, tworząc tzw. wokółśródziemnomorską anorogeniczną kenozoiczną prowincję magmową (LUSTRINO & WILSON 2007). Jej pochodzenie i sytuacja tektoniczna stanowią przedmiot kontrowersji, a próby ich wyjaśnienia odwołują się m.in. do takich mechanizmów, jak „superpióropusz" płaszcza, względnie strefowe, częściowe wytapianie sublitosferycznego płaszcza w strefie podścielającej bardzo aktywny geodynamicznie śródziemnomorski segment orogenu alpejskiego (LUSTRINO & WILSON 2007; SHARKOV & SVALOVA 2011).

Jak powstały minerały Karkonoszy

Karkonosze od stuleci znane są z bogactwa gatunków i form mineralnych, zawdzięczających swoje powstanie albo zjawiskom związanym z krystalizacją stopów magmowych plutonu Karkonoszy, albo z oddziaływaniem termicznym magmy granitowej na skały osłony, albo też procesom metamorficznym związanym z pogrążeniem skał osłony granitu na znaczne głębokości w formującym się orogenie waryscyjskim.

Obszerny przegląd minerałów z polskich i czeskich Karkonoszy oraz obszarów przyległych opublikował SACHANBIŃSKI (2005), wyróżniając tu ok. 150 stanowisk mineralogicznych[37], z których do roku 2005 znanych

[37] Stanowiskiem mineralogicznym tradycyjnie nazywa się takie odsłonięcie geologiczne, któremu występujące w nim minerały nadają szczególne znaczenie naukowe, kolekcjonerskie lub edukacyjne. W szczególnych przypadkach takie stanowiska zyskują rangę geostanowisk i mogą podlegać ochronie prawnej.

było ok. 230 gatunków minerałów. Z kolei spośród 134 geostanowisk zinwentaryzowanych na terenie Karkonoskiego Parku Narodowego i jego sąsiedztwa, 40 posiada walory stanowiska mineralogicznego (Knapik i in. 2009). Ze stanowisk zlokalizowanych na obszarze całego masywu karkonosko-izerskiego (a zatem nie tylko w samym paśmie górskim Karkonoszy, ale i w jego okolicach), 5 gatunków minerałów opisanych zostało po raz pierwszy świecie: uranofan $Ca(UO_2)_2(SiO_3OH)_2{\times}5H_2O$ z polimetalicznego złoża w okolicach Miedzianki (1853), oraz arsenki z okruszcowanej żyły kalcytowej z polodowcowego kotła Černy Důl: koutekit Cu_5As_2 (1958) novákit $Cu_{20}AgAs_{10}$ (1959), kutínait $Cu_{14}Ag_6As_7$ (1970) oraz paxyt $CuAs_2$ (1961). Opisany w 1868 roku z pegmatytu nad brzegiem Szklarki kochelit[38] okazał się mieszaniną produktów rozpadu fergusonitu i cyrkonu i został zdyskredytowany jako osobny minerał (Janeczek 2004). Z kolei w ostatnich latach w pegmatycie Kruczych Skał w Wilczej Porębie odkryto nowy tlenek Sc-Nb, który jednak nie zyskał jeszcze rangi gatunku mineralnego (Szełęg i in. 2010).

Poszukiwania i eksploatacja karkonoskich bogactw mineralnych

Początki systematycznej eksploracji, która sprzyjała gromadzeniu wiedzy na temat miejsc występowania niektórych minerałów, głównie złota i kamieni ozdobnych, przypadają w Karkonoszach na czasy pomiędzy X i XIII stuleciem. Od XII wieku na znaczeniu zyskały złoża metali (złota, srebra, cyny, ołowiu, żelaza, miedzi i in.), a przemysł górniczo-hutniczy stał się na kilkaset lat jedną z podstawowych dziedzin lokalnej gospodarki (Dziekoński 1972; Muszer 2005; Mochnacka i in. 2008). Prace poszukiwawcze objęły praktycznie całe Karkonosze, sięgając nawet wierzchowiny głównego grzbietu. We wschodniej okrywie granitu przedmiotem eksploatacji były przede wszystkim złoża polimetaliczne, biegnące pasem od rejonu Radomierza na północnym wschodzie przez Miedziankę, Ciechanowice, Wieściszowice, Czarnów, Kowary, Podgórze, Karpacz i dalej na południowy zachód po Obří Důl, Černý Důl, Medvědín i Herlíkovice w pobliżu Vrchlabí. Niewielkie wystąpienia kruszców eksploatowano także w rejonie Szklarskiej Poręby i Harrachova. Jednak w zachodniej części obszaru karkonoskiego główną kopaliną były pegmatytowe złoża kwarcu i skalenia, wydobywane dla potrzeb przemysłu szklarskiego i ceramicznego. Ze względu na niską opłacalność eksploatacji, spowodowaną wyczerpywaniem się bogatszych zasobów, niewielkie rozmiary złóż i często skomplikowaną budowę geologiczną, działalność górnicza zaczęła zanikać w XIX wieku. Po drugiej wojnie światowej wykonywano jeszcze prace rozpoznawcze w poszukiwaniu złóż uranu oraz prowadzono ich eksploatację głównie w rejonie Kowar-Podgórza i Miedzianki-Ciechanowic. Zakończyły się one na przełomie lat 60. i 70. ubiegłego wieku. Przez cały okres wielowiekowej działalności górniczej, rozwój wiedzy na temat budowy geologicznej rejonu Karkonoszy szedł w parze z rozwojem nauk o Ziemi, a bogactwo skał i minerałów odsłaniających się na stosunkowo niewielkim obszarze sprawiło, że region ten stanowił, i po dziś dzień stanowi, naturalny geologiczny poligon badawczy. Choć obecnie znaczenie Karkonoszy jako zaplecza surowcowego niemal całkowicie zanikło, także ze względu na uwarunkowania prawne związane z ochroną przyrody, to jednak rośnie ich rola w procesie edukacji geoekologicznej oraz jako obiektu badawczego dla różnych dziedzin nauk o Ziemi (Knapik i in. 2011).

Mineralizacja starsza od plutonu Karkonoszy

Najstarsze przejawy mineralizacji w Karkonoszach związane są z formowaniem się skał przedwaryscyjskich, obecnie tworzących osłonę plutonu granitowego. Wskutek późniejszych procesów metamorficznych minerały w tych skałach uległy daleko idącej przebudowie i ich historia jest czytelna jedynie w wyjątkowych przypadkach, przy użyciu zaawansowanych metod badawczych. Przykładem może być cyrkon, którego kryształy w sprzyjających okolicznościach mogą przetrwać procesy metamorficzne, a nawet częściowe przetopienie skał macierzystych. Jednocześnie, dzięki domieszce pierwiastków promieniotwórczych w swojej strukturze, jest on dogodnym zegarem geologicznym (geochronometrem), powszechnie używanym do datowania procesów geologicznych. Badania kryształów cyrkonu, jak również innych mineralnych geochronometrów, z gnejsów izerskich i kowarskich–dowiodły, że powstały one w trakcie krystalizacji magmy, która intrudowała w przedwaryscyjską skorupę kontynentalną około 200 mln lat przed powstaniem granitu Karkonoszy (p. wcześniejszy podrozdział *Osłona plutonu*). Początki tworze-

[38] Od *Kochel*, niemieckiej nazwy potoku Szklarki.



Ryc. 16. Granat o składzie almandynu w łupku łyszczykowym, Sowia Dolina, Karpacz (16 × 8 cm, z kolekcji Romana Rybskiego) (fot. E. Szełęg)

nia się złóż metali w okrywie Karkonoszy także sięgają czasów przedwaryscyjskich. Przypuszcza się, że źródłem mineralizacji tytanowej oraz cynowej w utworach pasma Starej Kamienicy były wzbogacone w te pierwiastki morskie osady mułowcowe. Z kolei, protolitem źródłowym mineralizacji magnetytowej w Kowarach mogły być osadowo-ekshalacyjne nagromadzenia żelaza w osadach morskich, zaś źródłem dla wystąpień magnetytu i pirytu w skałach jednostki Leszczyńca (m. in. w Wieściszowicach) - nagromadzenia żelaza związane z pierwotną mineralizacją wulkaniczno-osadową.

Pierwotny skład mineralny tych serii skalnych, zmienił się pod wpływem metamorfizmu waryscyjskiego, prowadząc do rekrystalizacji nagromadzeń metali, a niekiedy także do ich lokalnej mobilizacji i wtórnej lokalnej koncentracji. W trakcie regionalnego metamorfizmu utworów stanowiących obecnie okrywę granitu Karkonoszy, utworzyła się cała gama minerałów odzwierciedlających charakter metamorfizowanych skał, jak również zróżnicowanie warunków ciśnienia i temperatury w poszczególnych jednostkach tektonicznych w trakcie tego procesu (zjawisko szerzej omówione w podrozdziale *Metamorfizm, jego typy i produkty*). Szczególnie wartościowym stanowiskiem dokumentującym zjawiska mineralizacji metamorficznej jest odsłonięcie w okolicach Skalnego Stołu, zawierające łupki chlorytowe z kryształami granatów o składzie almandynu z domieszką grossularu (Ryc. 16), których koncentracja jest lokalnie tak duża, że stanowią podstawowy składnik skały (Szuszkiewicz i in. 2009). Pod koniec XVIII i na początku XIX wieku były one przedmiotem powierzchniowej eksploatacji jako materiał o walorach jubilerskich.

Obszerny przegląd wykorzystanej w tym rozdziale literatury dotyczącej mineralizacji rudnej w obrębie plutonu Karkonoszy i w skałach jego osłony można znaleźć m. in. w pracach Mochnackiej (2000), Mochnackiej & Banasia (2000) oraz Mochnackiej i in. (2008, 2015).

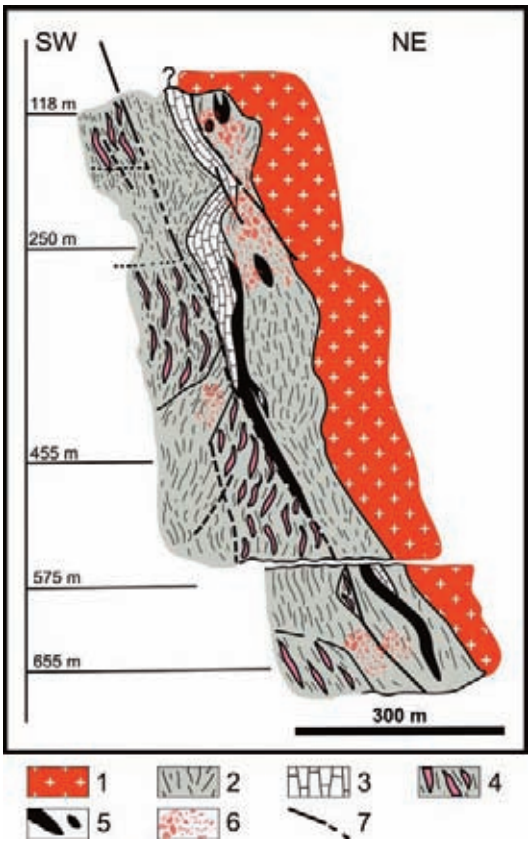
Metamorfizm kontaktowy i system hydrotermalny związane z plutonem Karkonoszy

Wzdłuż kontaktu skał osłony z granitem karkonoskim zaznaczają się efekty termicznego wpływu gorącej magmy granitowej na otaczające skały, które uległy przemianom w warunkach metamorfizmu kontaktowego, o czym była już mowa w poprzednich podrozdziałach.

Na wytworzoną w tych warunkach mineralizację skał osłony granitu Karkonoszy największy wpływ miały zjawiska związane z działalnością systemu hydrotermalnego rozwiniętego wokół oraz wewnątrz stygnącej intruzji. Woda w takim systemie jest w przewadze wodą meteoryczną (tj. pochodzącą z opadów atmosferycznych), która przenika wzdłuż sieci spękań w głąb Ziemi, ogrzewa się w pobliżu stygnącej intruzji i na powrót wędruje ku górze. Roztwory hydrotermalne są efektywnym nośnikiem pierwiastków metalicznych, zaś pierwiastki te mogą pochodzić z magmy lub są ługowane ze skał otaczających intruzję. Złoża o genezie hydrotermalnej należą do ekonomicznie najważniejszych złóż metali na świecie. Pluton granitoidowy Karkonoszy uznawany jest za intruzję o wysokim potencjale metalogenicznym (Mikulski 2007), a wystąpienia minerałów kruszcowych w obrębie jego metamorficznej osłony są głównie produktem działalności hydrotermalnej, niekiedy nakładającej się na mineralizację wcześniejszą (m. in. Mochnacka 2000, Mochnacka i Banaś 2000, Mochnacka i in. 2015). Przegląd ważniejszych stanowisk z mineralizacją rudną na obszarze Karkonoszy i terenów przyległych można znaleźć w pracy Muszera (2005). Przejawy mineralizacji hydrotermalnej występują także w obrębie samego granitu. Z kolei dla okolic Szklarskiej Poręby charakterystyczna jest mineralizacja wolframowo-cynowo-molibdenowa (Karwowski i in. 1973).

Najlepiej poznane są jednak liczne wystąpienia mineralizacji kruszcowej w skałach metamorficznej okrywy granitu. Mineralizacja ta wykazuje silny związek z typem skały albo jej wystąpienia kontrolowane są

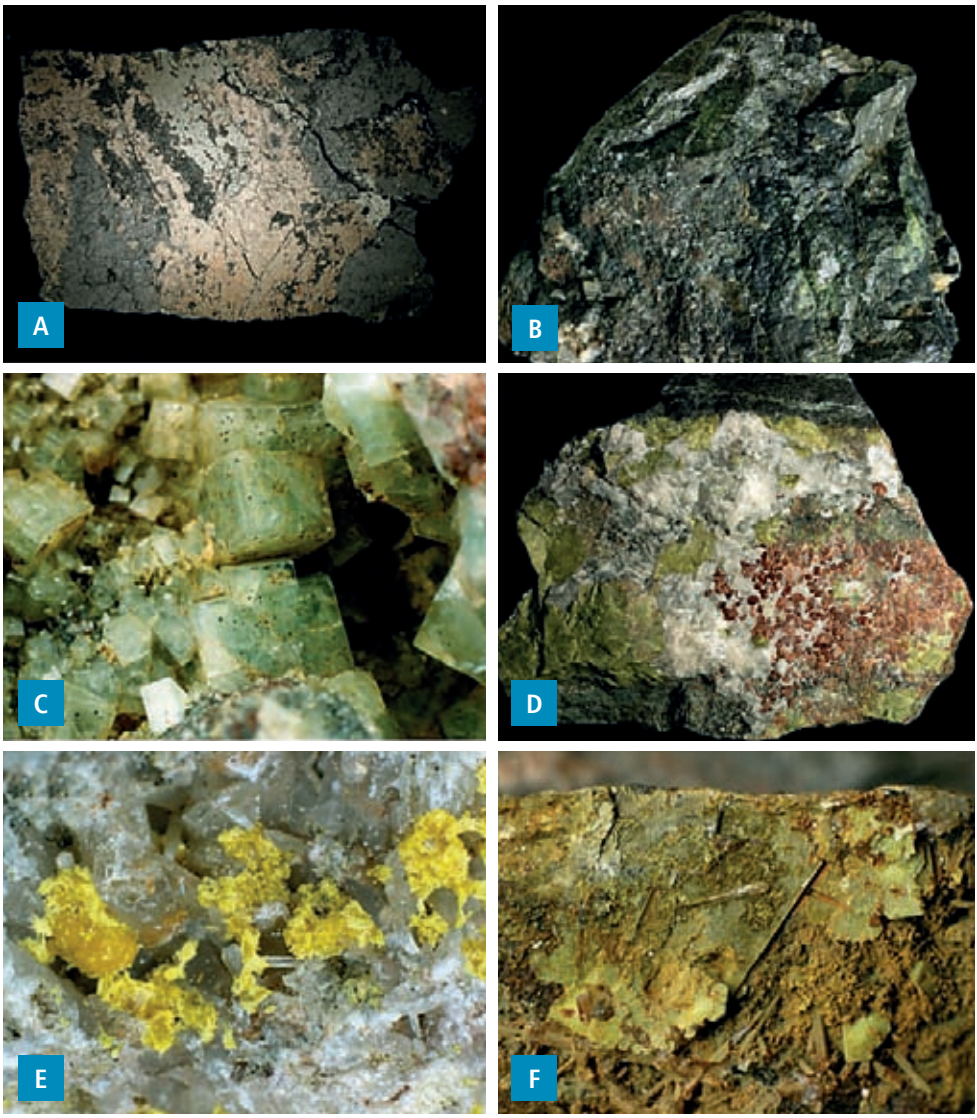
przez strefy tektoniczne (MOCHNACKA 2000). Bezpośrednio przy kontakcie z granitem, na przykład na zachodnich zboczach Sowiej Doliny lub w okolicach Szklarskiej Poręby, mineralizacja występuje w obrębie hornfelsów. Roztwory mineralizujące charakteryzowały się stosunkowo wysoką temperaturą (ok. 265–630°C w przypadku stanowiska w Sowiej Dolinie) (MOCHNACKA i in. 2007). Temperatura krystalizacji minerałów rudnych w amfibolitach w rejonie nieistniejącej już górniczej osady Budniki na północnych zboczach Kowarskiego Grzbietu, położonych w większej odległości od kontaktu z granitem, była nieco niższa i wynosiła 440–580°C (MOCHNACKA i in. 2008). W niektórych przypadkach procesy metamorfizmu kontaktowego, przy współudziale roztworów hydrotermalnych, prowadziły do daleko posuniętej przebudowy skał w aureoli kontaktowej. Szczególnie podatne na takie zmiany są skały węglanowe, których przebudowa prowadzi do powstania skarnów. Skarny są skałami wapniowo-krzemianowymi, których skład jest zdominowany przez minerały krzemianowe zawierające dużo wapnia, (np. hornblenda, diopsyd, wezuwian, grossular, epidot, wollastonit i inne). Skarny często występują wzdłuż brzegów intruzji magmowych, niekiedy rozwijając się wzdłuż uskoków i nasunięć. Wystąpienia skarnów są często bardzo zróżnicowane i zawierają efektowne okazy minerałów. Stanowią również dogodne miejsce dla depozycji minerałów rudnych z roztworów hydrotermalnych. Skarnowy charakter ma na przykład ruda magnetytowa Miedzianki oraz mineralizacja arsenopirytowa w Czarnowie (MOCHNACKA i in. 2009). Ostatni etap okruszcowania we wschodniej okrywie Karkonoszy miał charakter uranowo-polimetaliczny i doprowadził do powstania hydrotermalnych żył kalcytowych, dolomitowych i kwarcowych wypełniających strefy tektoniczne (np. polimetaliczno-uranowa ruda Miedzianki i Kowar-Podgórza oraz miedziowa mineralizacja Miedzianki).



Ryc. 17. Przekrój geologiczny przez zachodnią część formacji rudonośnej w kopalni „Wolność" w Kowarach (wg MOCHNACKIEJ 1967). 1 – granit, 2 – seria rogowców, łupków i skarnów, 3 – marmur, 4 – gnejs, 5 – magnetyt, 6 – mineralizacja polimetaliczna, 7 – uskoki

Najbardziej znanym stanowiskiem mineralizacji rudnej jest złoże w Kowarach. Historia jego eksploatacji dobrze ilustruje rozwój przemysłu wydobywczego w regionie karkonoskim. Początki wydobycia sięgają XII wieku, kiedy rozpoczęto tu na większą skalę eksploatację rud żelaza, która z przerwami trwała do początku XX wieku. W latach 20. XX wieku pozyskiwano także rudę uranu, która po drugiej wojnie światowej stała się kopaliną podstawową. Intensywną podziemną eksploatację uranu w Kowarach i pobliskim Podgórzu prowadzono w latach 1950–1968, a do 1973 przerabiano materiał wydobyty wcześniej.

Złoże w Kowarach występuje w obrębie większej formacji, nazywanej rudonośną formacją z Podgórza, otoczonej przez gnejsy kowarskie i granit karkonoski (Ryc. 17). Jest ona zbudowana z łupków łyszczykowych, amfibolitów, hornfelsów, skarnów, erlanów i marmurów (ZIMNOCH 1961; MOCHNACKA 2000). Formacja rudonośna przebiega mniej więcej równolegle do powierzchni kontaktu skał metamorficznych z granitem i osiąga długość ok. 1,5–2 km i szerokość do około 200 m. Przecinają je żyły pegmatytowe i aplitowe, zakorzenione w pobliskiej intruzji Karkonoszy, a także uskoki ustawione poprzecznie do kontaktu z intruzją. Wyróżnia się dwa podstawowe typy mineralizacji (Ryc. 18):



Ryc. 18. Minerały Kowar (fot. E. Szełęg): A – zgład rudy magnetytowo-pirotynowo-pirytowej, kopalnia „Wolność" (9 × 6 cm, z kolekcji Romana Rybskiego); B – „smółka uranowa", hałda poniżej inhalatorium radonowego, Podgórze (10 × 8 cm, z kolekcji Muzeum WNoZ, Uniwersytetu Śląskiego); C – fluoryt Podgórze (sześciany do 1 cm, z kolekcji Eligiusza Szełęga); D – skarn grossularowo-epidotowo-kalcytowy, kopalnia „Wolność" (11 × 9.5 cm, z kolekcji Romana Rybskiego); E – uranofan na kalcycie, hałda poniżej inhalatorium radonowego, Podgórze (3 × 2 cm, z kolekcji Eligiusza Szełęga); F – uranospinit, hałda poniżej inhalatorium radonowego, Podgórze (2 × 1 cm, kol. Muzeum WNoZ, Uniwersytetu Śląskiego)

1. Magnetytową, monotonną mineralogicznie, zawierającą głównie magnetyt i maghemit z towarzyszeniem nielicznych siarczków, powstałą przez regionalny metamorfizm pierwotnie osadowo-wulkanicznych koncentracji żelaza. Koncentracje rudy magnetytowej są zgodne z upadem warstw skalnych i tworzą formy soczew oraz pokładów.
2. Polimetaliczną Ni-Co-Bi-U-Ag z towarzyszeniem mineralizacji As, Ag, Se i Cu, w której wyróżniono bogaty zespół siarczków, siarkosoli i mniej licznych tlenków, w tym związki uranu (blenda smolista, wtórny glaukofan i minerały grupy autunitu), a także fazy bizmutowe, w tym bizmut rodzimy. Skoncentrowana jest ona w pobliżu głównego uskoku przecinającego całą formację rudonośną i wraz z flu-



Ryc. 19. Kwarc pochodzenia hydrotermalnego (fot. E. Szełęg): A – kwarc z inkluzjami hematytu, Kowary (11 × 6.5 cm, z kolekcji Romana Rybskiego); B – kwarc żelazisty z hematytem, Trzy Jawory, Jagniątków (14 × 7 cm, z kolekcji Przemysława Cyberskiego); C – ametyst, Karpacz (10 × 6 cm, z kolekcji Romana Rybskiego); D – zgład strefowo zabarwionego kwarcu mlecznego i ametystu, Trzy Jawory, Jagniątków (26 × 10 cm, z kolekcji Norberta Kwiatkowskiego)

orytem i barytem tworzy wypełnienia hydrotermalnych żył węglanowych (kalcyt, dolomit) i kwarcowych lub tworzy spoiwo brekcji tektonicznych.

W pobliskim Podgórzu, na południe od Kowar, występuje mineralizacja uranowo-polimetaliczna, podobna jak w złożu kowarskim. Podziemne wyrobiska kopalni działającej tu w latach 50. ubiegłego wieku przekształcono w latach 70. na inhalatorium radonowe, działające do początku lat 80. Obecnie w sztolniach dawnego zakładu górniczego – w Dolinie Jedlicy (w byłym inhalatorium) oraz w Dolinie Jeleniej Strugi – wytyczono dwie podziemne trasy turystyczne.

Prace poszukiwawcze za uranem prowadzone od lat 50. do 70. XX wieku pozwoliły udokumentować liczne przejawy hydrotermalnej mineralizacji uranowej w granicie karkonoskim oraz jego metamorficznej osłonie. Sam granit jest wzbogacony w uran (do ok. 90 ppm), choć mineralizacja uranowa występuje w nim w stanie rozproszonym (Lis & Sylwestrzak 1977). Nieduże koncentracje minerałów uranu w obrębie granitu zanotowano w rejonie Maciejowej i Trzcińska w Kotlinie Jeleniogórskiej oraz w niektórych stanowiskach pegmatytów (Mochnacka 2000 i cytowane tam prace). Oprócz najzasobniejszych złóż Kowar, Podgórza oraz Miedzianki, istotne wystąpienia mineralizacji uranowej zaobserwowano w skałach aureoli kontaktowej w pobliżu Szklarskiej Poręby, w masywie Wołowej Góry i w Budnikach na północnych stokach Kowarskiego Grzbietu, koło Ogorzelca i Mniszkowa w Rudawach Janowickich, a także w dalej na północ położonych wystąpieniach w obrębie północnej osłony plutonu.

Produktem działalności roztworów hydrotermalnych niskich temperatur są także liczne utwory żyłowe zbudowane z kwarcu, kalcytu, dolomitu, rzadziej fluorytu lub barytu. Przecinają one zarówno pluton Karkonoszy, jak i skały jego metamorficznej osłony. Kwarc żyłowy był przedmiotem lokalnej eksploatacji na potrzeby przemysłu szklarskiego i ceramicznego, a jego największe wystąpienie eksploatowane było do początku XXI wieku w kopalni Stanisław pod szczytem Izerskich Garbów. Obecnie rozważa się ponowne podjęcie tam eksploatacji.

Kwarc w żyłach hydrotermalnych (Ryc. 19) wykazuje zwykle zabarwienie białe (kwarc mleczny) lub jest bezbarwny (kryształ górski), rzadko różowy (kwarc różowy) lub czerwony (kwarc żelazisty). Symbolem Karko-

noszy jest zabarwiony na fioletowo ametyst, spotykany niekiedy w towarzystwie kwarcu dymnego. Ładnie zabarwione okazy tych odmian karkonoskiego kwarcu były poszukiwanym kamieniem ozdobnym od niepamiętnych czasów, a lokalne pracownie szlifierskie nadawały im pożądany kształt. Do najbardziej znanych wystąpień ametystu należą między innymi żyły przy wodospadzie Kamieńczyka, w Wielkim Śnieżnym Kotle, na zachodnich stokach Śmielca, w łożysku Kamiennej, w okolicy Złotych Jam w dolinie Złotego Potoku, w miejscu zwanym Trzy Jawory na prawym brzegu Szklarki, a także w dolinie dopływu Skałki koło Karpacza. W centralnych partiach tych żył masywny kwarc może przechodzić w ładnie wykształcone własnopostaciowe kryształy, tworzące barwne szczotki, których waga przekracza niekiedy kilkanaście kilogramów.

Pegmatyty granitowe

Intruzja granitowej magmy wywarła decydujący wpływ na mineralizację otaczających skał. Z kolei sam granit, choć z pozoru monotonny mineralogicznie, zapisał w swojej strukturze, opisaną wcześniej złożoną historię ewolucji stopu magmowego. Jednocześnie schyłkowy etap zestalania się magmy granitowej stanowił środowisko tworzenia się niezwykle zróżnicowanego zespołu minerałów pegmatytowych, czyli takich, które krystalizują z tak zwanego stopu resztkowego. Stopem resztkowym nazywa się ostatnie nieskonsolidowane porcje magmy, pozostałe po zestaleniu się niemal całej objętości pierwotnej intruzji. W sposób istotny różnią się one od macierzystego stopu granitowego kumulując pierwiastki, które nie były istotnymi składnikami minerałów tworzących główną masę granitu. Należą do nich tzw. składniki lotne, głównie fluor, chlor i bor, a także woda. Obniżają one temperaturę krystalizacji stopu oraz jego lepkość, tym samym zwiększając mobilność.

Zestalenie się granitowego stopu resztkowego prowadzi do powstania pegmatytów[39]. Są to skały tworzące ciała o niewielkich rozmiarach, rzędu metrów, występujące w formie żył lub gniazd w obrębie granitu lub skał jego osłony. Zestaw głównych minerałów (skalenie, kwarc i biotyt) budujących pegmatyty nie odbiega znacząco od składu granitów. Jednak, o ile w granitach są one rozmieszczone stosunkowo równomiernie, to w pegmatytach często grupują się w niemal monomineralne strefy. Mniejsza lepkość stopów resztkowych ułatwia dyfuzję pierwiastków do rosnących kryształów, a obniżona



Ryc. 20. Ślady eksploatacji pegmatytów (fot. E. Szełęg): A – pegmatyty Kruczych Skał, Karpacz; B – pegmatyt przy Osiedlu Kasprowicza, Szklarska Poręba

[39] Dla uproszczenia ograniczamy się tu do omówienia wyłącznie pegmatytów granitowych.

przez składniki lotne temperatura krystalizacji utrudnia nukleację[40]. W efekcie możliwe jest tworzenie się kryształów o rozmiarach znacznie większych niż w zwykłych skałach magmowych, niekiedy osiągających nawet ponad metr długości. Inną charakterystyczną cechą pegmatytów są tekstury wskazujące na wybitnie kierunkowy wzrost minerałów, następujący od zewnętrznych granic ciał pegmatytów do ich wnętrza, co odwzorowuje front stygnięcia stopu resztkowego. Typowa dla większości pegmatytów jest także obecność stref z przerostami pismowymi kwarcu i skaleni. W idealnym przypadku kombinacja tych cech prowadzi do wyraźnego zróżnicowania budowy wewnętrznej karkonoskich pegmatytów, w których można wyróżnić (kolejno od zewnątrz):

(I) drobnokrystaliczną strefę brzeżną, nazywaną niekiedy strefą aplitową[41],
(II) strefę przerostów pismowych, zbudowaną ze skaleni zawierających charakterystyczne, klinowate przerosty kwarcu,
(III) strefę blokowego skalenia, zdecydowanie zdominowaną przez duże osobniki skaleni tworzących zwartą masę,
(IV) kwarcowe jądro, położone mniej więcej w centrum ciała pegmatytowego, zbudowane niemal w całości z masywnego szarego kwarcu. Niekiedy w miejscu jądra kwarcowego występuje pustka skalna, tak zwana druza, obrzeżona dobrze wykształconymi kryształami.

Budowa strefowa jest najlepiej rozwinięta w większych ciałach pegmatytowych, choć często niektórych stref brakuje lub są one silnie zredukowane. W mniejszych wystąpieniach pegmatytów budowa strefowa może być słabo czytelna lub nie być w ogóle wykształcona. Strefa blokowego skalenia i kwarcowe jądro stanowiły dogodne, bo niemal monomineralne źródło surowca dla przemysłu ceramicznego i szklarskiego. Ślady działalności górniczej (Ryc. 20) można oglądać w postaci poeksploatacyjnych komór w obrębie dużych, kilkumetrowej grubości ciał pegmatytowych (np. Czerwona Jama, Skalna Brama oraz dawna kopalnia Anton w Szklarskiej Porębie, dawne sztolnie w Cichej Dolinie, Krucze Skały w Wilczej Porębie, Czerwona Jaskinia w zboczu Rudzianek). Ze względu na formę można wyróżnić kilka typów karkonoskich pegmatytów:

1. Pegmatyty gniazdowe, o zarysach mniej więcej kulistych, otoczone ze wszystkich stron przez granit. Reprezentują „bąble" resztkowego stopu, uwięzionego przez zestalającą się magmę.
2. Pegmatyty żyłowe w obrębie granitu, tworzące mniej lub bardziej regularne żyły lub mocno wydłużone soczewki, które powstały ze stopu resztkowego przemieszczającego się wzdłuż spękań otwierających się pod jego ciśnieniem w stygnącym granicie.
3. Pegmatyty żyłowe, które intrudowały w obręb skał metamorficznej osłony. Powstawały prawdopodobnie ze stopów bardziej wzbogaconych w składniki lotne, ponieważ migracja na większe odległości wymagała niższej lepkości stopu. Niekiedy kontrast składu chemicznego pomiędzy stopem pegmatytowym a skałami osłony powodował intensywną wymianę składników chemicznych między pegmatytem a jego otoczeniem.

Oprócz składników lotnych, w stopie resztkowym kumulują się rzadkie pierwiastki (Li, Be, Y, Sc, Nb, Ta, pierwiastki z grupy lantanowców i inne), które w magmie obecne były w ilościach śladowych i nie wpływały na skład chemiczny minerałów tworzących granit. Jednak w pegmatytach ich koncentracje mogą wzrosnąć aż do poziomu nasycenia stopu, czego efektem są rzadkie minerały, nie spotykane w pospolitych skałach magmowych. Zawartość rzadkich pierwiastków w magmie resztkowej i, tym samym, także typ mineralizacji pegmatytowej zależą od wielu czynników. Do najważniejszych można zaliczyć skład chemiczny macierzystej magmy granitowej, zaawansowanie procesów frakcyjnej krystalizacji, poziom kumulacji składników lotnych, intensywność wymiany pierwiastków z otoczeniem, a także rozmiar ciała pegmatytowego. Postępująca krystalizacja prowadzi do dalszego wzrostu zawartości wody w stopie resztkowym i w niższych temperaturach przechodzi w krystalizację z roztworu hydrotermalnego.

Pegmatyty Karkonoszy, obok podobnych utworów znanych z granitowej intruzji Strzegomia-Sobótki i bloku Gór Sowich, są znane jako obszary o najbogatszej mineralizacji tego typu w Polsce. Jednak wśród karkonoskich wystąpień pegmatytowych stanowiska z bogatą mineralizacją stanowią niewielki odsetek, dominują

[40] Nukleacja jest procesem tworzenia się w stopie lub roztworze wodnym centrów krystalizacji, które z kolei stanowią zarodki wzrostu kryształów.

[41] Aplit jest skałą magmową o składzie bliskim granitu lecz zubożoną w minerały ciemne (jak biotyt, hornblenda) i bardziej zasadowe plagioklazy, o strukturze równo- i drobnokrystalicznej. Zwykle występuje w postaci żył lub nieregularnych stref w granitach.

zaś ciała o niewielkich rozmiarach (kilkanaście do 20–30 cm), ubogie w rzadkie minerały. Podstawowy etap mineralizacji pegmatytowej związany był z temperaturą ok. 525°C i trwał do czasu, gdy temperatura obniżyła się poniżej 100°C. Dalsza mineralizacja miała charakter krystalizacji hydrotermalnej (Kozłowski & Marcinowska 2007 i cytowane tam prace). Ogólna liczba minerałów rozpoznanych w pegmatytach karkonoskich sięga dziewięćdziesięciu (Tab. 1). Szczegółowe opisy minerałów zidentyfikowanych w pegmatytach Karkonoszy można znaleźć w pracach Sachanbińskiego (2005) oraz Kozłowskiego i Sachanbińskiego (2007).



Ryc. 21. Jeden z największych okazów pegmatytu miarolitycznego wydobyty w Karkonoszach z mikroklinem, albitem, kwarcem dymnym i muskowitem, Łomnica (35 × 24 cm, z kolekcji Norberta Kwiatkowskiego) (fot. E. Szełęg)

Tab. 1. Minerały stwierdzone w pegmatytach karkonoskich.

Pierwiastki rodzime	anataz	**Węglany, siarczany**	**Krzemiany, glinokrzemiany**	laumontyt
bizmut rodzimy	branneryt	bastnezyt-(Ce)	albit	mikroklin
srebro rodzime	brookit	kalcyt	allanit-(Ce)	muskowit
złoto rodzime	cerianit-(Ce)	malachit	almandyn	nontronit
	fergusonit-(Y)	syderyt	andaluzyt	ortoklaz
Siarczki i pokrewne	goethyt	uranospilit	andradyt	prehnit
arsenopiryt	hematyt		annit	pumpellyit-(Al)
bizmutynit	ilmenit	**Fosforany, arseniany**	aksynit-(Fe)	schorl
chalkopiryt	ixiolit	autunit	babingtonit	spessartyn
chalkozyn	kasyteryt	cheralit	bavenit	stilbit-(Ca)
emplektyt	kobeit	chernovit-(Y)	beryl	szamozyt
galena	kolumbit-(Fe)	fluorapatyt	bohseit	thoryt
markasyt	kobeit	fosfuranylit	chabazyt-(Ca_	thortveityt
molibdenit	korund	ksenotym-(Y)	cyrkon	tinzenit
nuffieldyt	liandradyt	monacyt-(Ce)	dravit	topaz
piryt	magnetyt	monacyt-(Nd)	dumortieryt	tytanit
pirotyn	mikrolity	torbernit	epidot	uranofan
sfaleryt	molibdyt		ferrohornblenda	
tetraedryt	niobaeschynit-(Y)	**Wolframiany, molibdeniany**	fluorapofyllit	
	pirochlory	ferberyt	gadolinit-(Y)	
Halogenki	polikraz-(Y)	hübneryt	heulandyt-(Ca)	
fluoryt	rutyl		hingganit-(Y)	
	uranobetafit	scheelit	kordieryt	
Tlenki, wodorotlenki	uraninit	stolzyt	kristiansenit	
aeschynite-(Y)		wulfenit	kwarc	

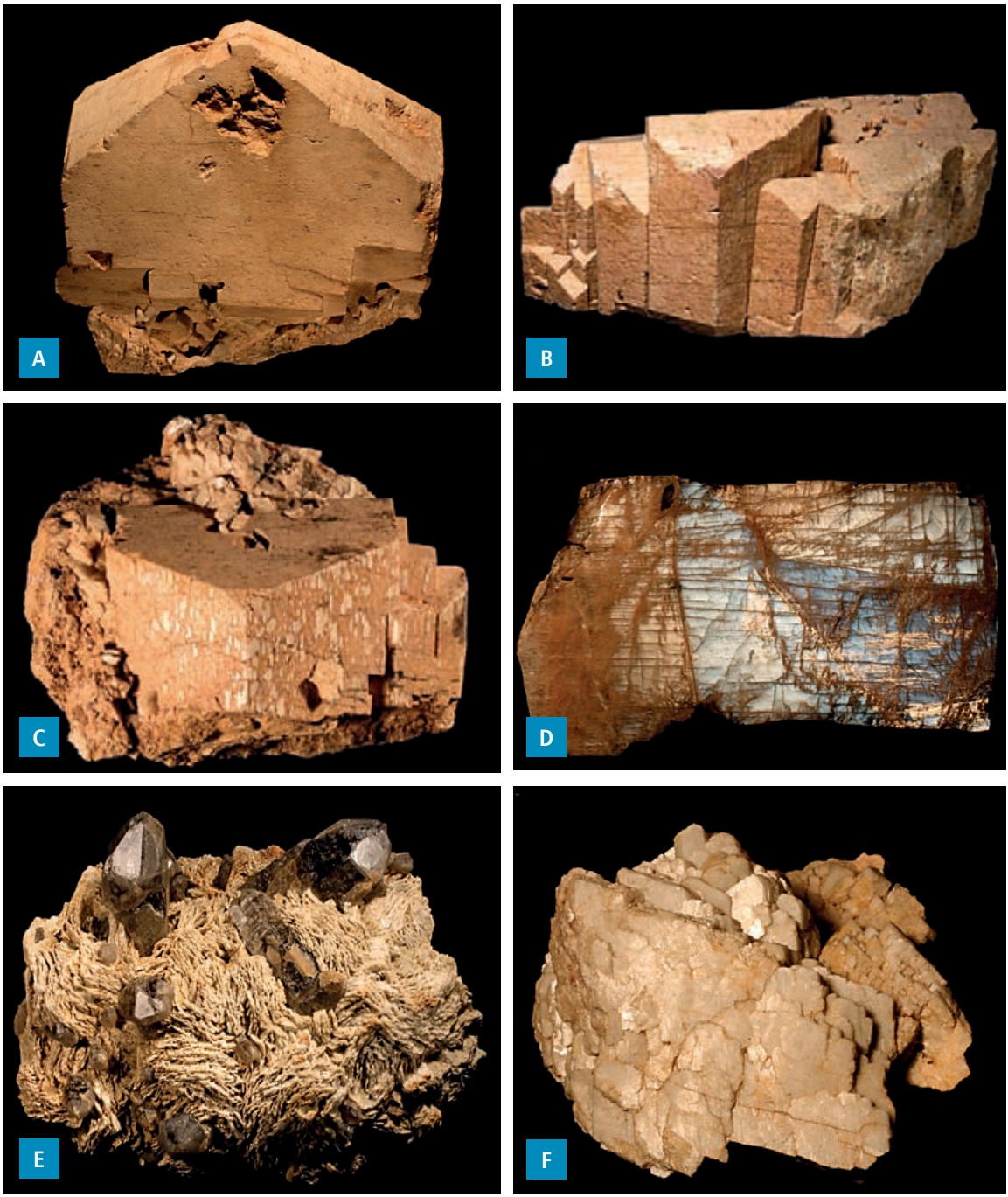


Ryc. 22. Kwarce z pegmatytów karkonoskich (fot. E. Szełęg): A – kwarc dymny, Jelenia Góra – Cieplice (37 × 15 cm, z kolekcji Przemysława Cyberskiego); B – kwarc dymny, Jelenia Góra (20 × 12 cm, z kolekcji Romana Rybskiego); C – kwarc kapturowy, Łomnica (18 × 7 cm, z kolekcji Norberta Kwiatkowskiego); D – kwarc berłowy, Jelenia Góra – Cieplice (18.5 × 5 cm, z kolekcji Norberta Kwiatkowskiego); E – kwarc z fantomem podkreślonym hematytem, Łomnica (9 × 3.5 cm, z kolekcji Przemysława Cyberskiego); F – kwarc żelazisty z albitem i mikroklinem, Wojanów (14 × 7 cm, z kolekcji Norberta Kwiatkowskiego); G – kwarc dymny z mikroklinem, Łomnica (20 × 12 cm, z kolekcji Przemysława Cyberskiego)

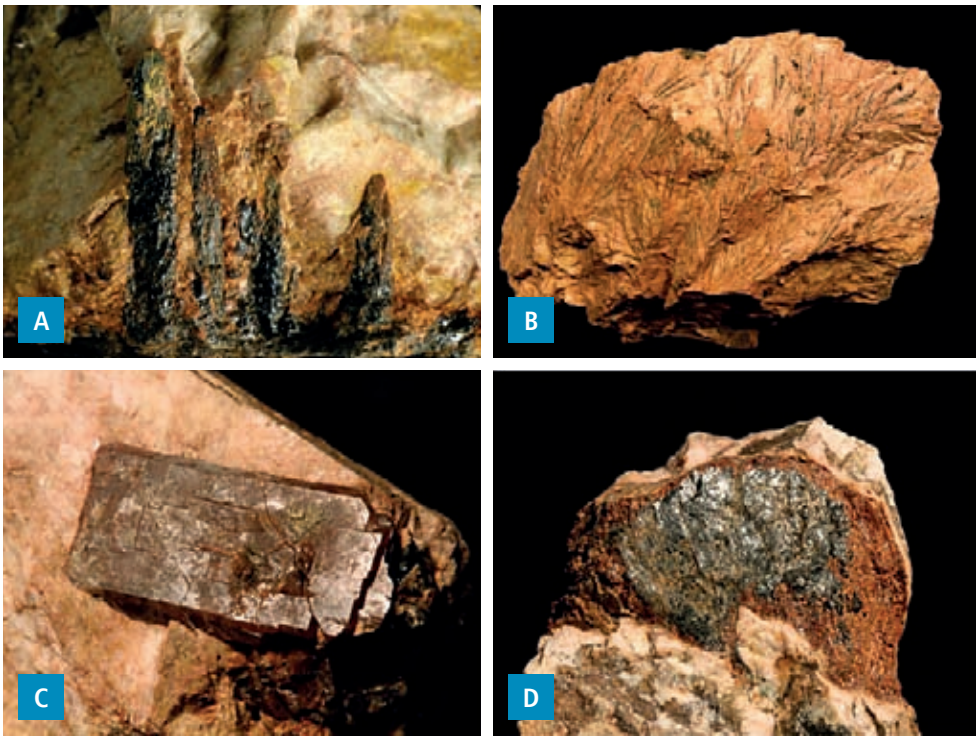
Pegmatyty rozmieszczone są w obrębie plutonu karkonoskiego[42] bardzo nierównomiernie, skupiając się w Kotlinie Jeleniogórskiej, na zachodnim stoku Rudaw Janowickich oraz na Pogórzu Karkonoskim (Ryc. 2). Częściowo może to wynikać z lepszego na tych obszarach niż na głównym grzbiecie Karkonoszy odsłonięcia terenu oraz łatwiejszej dostępności, co ułatwia eksplorację. Inwentaryzacja geostanowisk w obrębie parku narodowego i jego otuliny potwierdziła tę dysproporcję (Knapik i in. 2009).

Wśród pegmatytów znajdujących się na obszarze parku narodowego przeważają ciała niewielkich rozmiarów o prostym, „granitowym" składzie mineralnym. Większe ciała pegmatytowe związane są z porfirowatą odmianą granitu. Można wyróżnić dwa rejony szczególnie bogate w mineralizację pegmatytową: północno-wschodnią część masywu granitowego pomiędzy Jelenią Górą, Cieplicami, Mysłakowicami i Janowicami Wielkimi oraz okolice Szklarskiej Poręby. W części północno-wschodniej stosunkowo często występują pegmatyty gniazdowe, niekiedy z centralnie położoną druzą. Karkonoskie druzy pegmatytowe są znane z efektownych kryształów kwarcu i skaleni (Ryc. 21). Typowo wykształcone kwarce z karkonoskich pegmatytów wykazują obecność dwóch, wyraźnie odmiennych generacji (Ryc. 22). Starsza, zazwyczaj o dymnym zabarwieniu, często zawiera wrostki blaszkowego hematytu lub jest pokryta hematytowym pyłem. Niekiedy koncentracje tych wrostków rozgraniczają poszczególne strefy wzrostu kryształu (tak zwane kryształy fantomowe). Młodsza generacja jest zwykle bezbarwna (kryształ górski) lub biała (kwarc mleczny). Często obrasta zakończenia kryształów starszego kwarcu w taki sposób, że nadaje mu wygląd tak zwanego kwarcu kapturowego, bardzo charakterystycznego dla pegmatytów karkonoskich. Skaleń potasowy z pegmatytów karkonoskich (Ryc. 23) wykazuje duże zróżnicowanie budowy wewnętrznej, od typowego mikroklinu, po jego wyżej temperaturową modyfi-

[42] Zestawienie ponad 3000 stanowisk pegmatytowych zostało sporządzone przy wydatnej współpracy doświadczonych kolekcjonerów minerałów karkonoskich, Przemysława Cyberskiego i Norberta Kwiatkowskiego, w oparciu o dane z ponad 20 lat ich działalności prospekcyjnej.



Ryc. 23. Skalenie pegmatytów karkonoskich (fot. E. Szełęg): A – mikroklin, Mysłakowice (19 × 17 cm, z kolekcji Przemysława Cyberskiego); B – mikroklin, Jelenia Góra (23 × 12 cm, z kolekcji Romana Rybskiego); C – mikroklin z albitem, Mysłakowice (12 × 9 cm, z kolekcji Przemysława Cyberskiego); D – zgład ortoklazu wykazującego efekt „kamienia księżycowego", Łomnica (12 × 7 cm, z kolekcji Norberta Kwiatkowskiego); E – albit z kwarcem, Łomnica (18 × 13 cm, z kolekcji Przemysława Cyberskiego); F – albit, Jelenia Góra (8 × 7 cm, z kolekcji Norberta Kwiatkowskiego)



Ryc. 24. Akcesoryczne minerały pierwiastków rzadkich i pierwiastków ziem rzadkich (fot. E. Szełęg): A – fergusonit, Skalna Brama, Szklarska Poręba (3 × 2 cm, z kolekcji Eligiusza Szełęga); B – zirconolit, Skalna Brama, Szklarska Poręba (12 × 8 cm, z kolekcji Norberta Kwiatkowskiego); C – monacyt, Skalna Brama, Szklarska Poręba (1.5 × 0.7 cm, z kolekcji Norberta Kwiatkowskiego); D – gadolinit, Gonciarek, Szklarska Poręba (2.5 × 1.5 cm, z kolekcji Przemysława Cyberskiego)

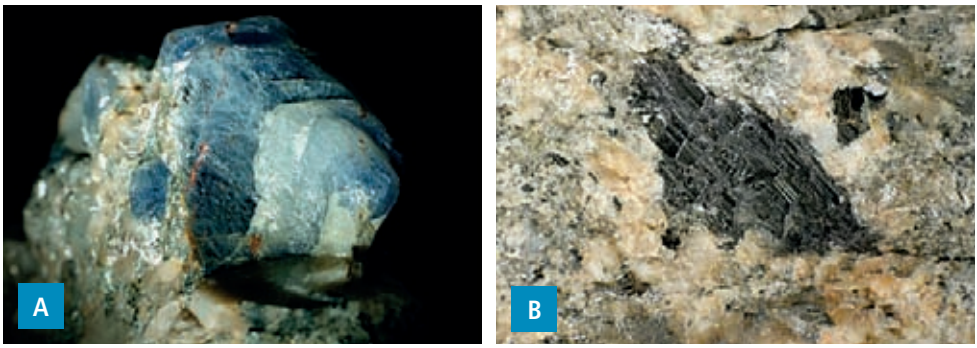
kację – ortoklaz. Niektóre ortoklazy (m. in. z okolic Łomnicy) wykazują efekt kamienia księżycowego, czyli jasnoniebieską iryzację, efektowną zwłaszcza w polerowanych zgładach.

Pegmatyty żyłowe o większych rozmiarach wykształciły się głównie w pobliżu Szklarskiej Poręby i Trzcińska-Janowic Wielkich. Stanowiska w rejonie Szklarskiej Poręby często zawierają minerały z rzadkimi pierwiastkami Nb-Ce-Y, jak na przykład kolumbit, fergusonit, zirconolit, ksenotym, monacyt i gadolinit (Ryc. 24) (Tab. 1).

Specyficznym przykładem pegmatytu, który intrudował w obręb metamorficznej osłony granitu Karkonoszy jest pegmatyt w Kruczych Skałach w Wilczej Porębie. Komory po eksploatacji centralnych partii kwarcowo-skaleniowych odsłaniają zewnętrzne strefy tego pegmatytu, w których obecne są sferyczne twory o wielkości do ok. 40 cm, zbudowane głównie ze skaleni oraz łyszczyków. Swoją strukturą przypominają hornfelsy i mogą reprezentować fragmenty metamorficznej osłony, włączone w obręb pegmatytu w formie porwaków. Występują w nich niebieskie, żółtawe i bezbarwne odmiany korundu (szafiry i leukoszafiry) oraz dumortieryt – minerały niezwykle rzadko spotykane w pegmatytach (Ryc. 25). Pegmatyt z Kruczych Skał jest unikatowym przykładem pegmatytu z mineralizacją korundową w Polsce.

Mineralizacja związana z wulkanizmem kenozoicznym

Intruzja granitoidów nie była ostatnim przejawem aktywności magmowej w rejonie Karkonoszy. Niewielkie wystąpienia bazaltoidów, które przebiły karkonoski granit w eocenie, zawierają interesujące stanowiska mineralogiczne, krańcowo odmienne od stanowisk w obrębie granitów. Szczególnie ciekawa jest mineralizacja hydrotermalna, w kilku etapach wypełniająca pogazowe pustki (tzw. wezykle) w bazaltoidach. Jako wypełnienia wezykli w bazanicie w Małym Śnieżnym Kotle zidentyfikowano chabazyt, phillipsyt oraz natrolit w towarzystwie montmorillonitu (Madej & Knapik 2007).



Ryc. 25. Minerały pegmatytów Kruczych Skał w Karpaczu (fot. E. Szełęg): A – korund, odm. szafir (1.5 × 1.5 cm, z kolekcji Eligiusza Szełęga); B – dumortieryt (2 × 1 cm, z kolekcji Eligiusza Szełęga)

Efekty procesów wietrzeniowych

Wyniesienie na powierzchnię ziemi krystalicznych skał Karkonoszy rozpoczęło proces ich wietrzenia, który trwa do dziś. W jego wyniku tworzą się pokrywy wietrzeniowe, zbudowane z minerałów odpornych na czynniki wietrzeniowe oraz z faz nowo powstałych. Współdziałające procesy erozji i sedymentacji, przede wszystkim w środowisku rzecznym, prowadzą do powstania osadowych skał aluwialnych gromadzących minerały, które z racji swojego ponadprzeciętnego ciężaru właściwego wolniej poddają się transportowi w dół cieków wodnych. W poszukiwaniu takich nagromadzeń złota rodzimego Karkonosze były penetrowane od pradawnych czasów. Materiału do złotonośnych osadów dostarczały między innymi złotonośne żyły kwarcowe i pegmatyty (Domaszewska 1965; Kozłowski & Sachanbiński 2007). Szacuje się, że w latach 1175–1492 pozyskano z tych terenów około 3 ton złota (Quiring 1948 za: Grodzicki 2005). Mineralogicznie najbogatsze są osady Izery i jej dopływów. Pisemne źródła wspominające o ich eksploatacji sięgają XVI wieku. Zidentyfikowano w nich między innymi szafir, leukoszafir, rubin, izeryn (magnetyczną odmianę ilmenitu z wysoką zawartością trójwartościowego żelaza), kolumbit, cyrkon, różnobarwne spinele, beryle (w tym akwamaryn i heliodor), elbait (odmianę turmalinu), granaty, apatyt, anataz, chryzoberyl, topaz i złoto rodzime.

W procesie wietrzenia powstają także nowe, wtórne minerały. Szczególnie interesujące z punktu widzenia mineralogii są strefy wietrzenia złóż kruszców, rozwijające się w obrębie naturalnych odsłonięć skał, a także na hałdach poeksploatacyjnych. W ostatnich latach prowadzone są intensywne badania wietrzeniowych stref złóż w rejonie Kowar, Podgórza, Rędzin, Czarnowa i Miedzianki. Lokalizacje te okazały się stanowiskami niezwykle bogatymi w minerały z gromady tlenków i wodorotlenków, siarczanów, węglanów, arsenianów, fosforanów, wanadanów, krzemianów i innych, rzadszych związków.

Podziękowania

Opis plutonu Karkonoszy dedykujemy Pani Profesor Marii Borkowskiej, autorce pionierskich prac nad petrogenezą jego granitoidów. Dziękujemy Pani Profesor Teresie Oberc-Dziedzic za cenną dyskusję nad tekstem oraz konstruktywne, wnikliwe uwagi. W licznych dyskusjach o genezie granitów Karkonoszy uczestniczyli Panowie Bernard Barbarin, Bernard Bonin, Hervé Martin, Michał Mierzejewski, Miroslav Štemprok i Jiři Žák, za co również do nich kierujemy wyrazy wdzięczności. Za użyczenie okazów do zdjęć oraz pomoc udzieloną przy sporządzeniu mapy rozmieszczenia stanowisk pegmatytowych dziękujemy Panom Przemysławowi Cyberskiemu, Norbertowi Kwiatkowskiemu i Romanowi Rybskiemu za konsultację części tekstu poświęconej geochronologii – Panu Doktorowi Krzysztofowi Turniakowi, zaś Panu Andrzejowi Bielowi za znaczny wysiłek włożony w przygotowanie części ilustracji. Wyrażamy też wdzięczność za liczne krytyczne i konstruktywne uwagi, zawarte w recenzjach Panów Profesorów Piotra Migonia i Andrzeja Żelaźniewicza. Wysoko cenimy sobie również pomoc, jakiej doswiadczyliśmy ze strony Pana Profesora Janusza Janeczka.

Literatura

Aleksandrowski P. 1976: Zdjęcie geologiczne głównego grzbietu Karkonoszy pomiędzy Śnieżką a Skalnym Stołem. Praca magisterska, Instytut Geologiczny Uniwersytetu Wrocławskiego: ss. 104.

Aleksandrowski P. 1995: Rola wielkoskalowych przemieszczeń przesuwczych w ukształtowaniu waryscyjskiej struktury Sudetów (The significance of major strike-slip displacements in development of the Variscan structure of the Sudetes, SW Poland). Przegląd Geologiczny 43: 745–54.

Aleksandrowski P. 2011: Historia i stan obecny badań geologicznych w Karkonoszach. W: Knapik R., Przewoźnik L. & Raj A. (red.), 50 lat badań naukowych w Karkonoskim Parku Narodowym, Karkonoski Park Narodowy. Jelenia Góra: 29–60.

Aleksandrowski P. & Mazur S. 1998: Wschodnie Karkonosze – potencjalny poligon dydaktyczny w popularyzacji nauk o Ziemi. W: Sarosiek J. & Ślączka J. (red.), Geoekologiczne problemy Karkonoszy, Materiały z sesji naukowej w Przesiece 15–18 X 1997, Karkonoski Park Narodowy, Wyd. Acarus, Poznań: 273–278.

Aleksandrowski P. & Mazur S. 2002: Collage tectonics in the northeasternmost part of the Variscan Belt: the Sudetes, Bohemian Massif. W: Winchester, J., Pharaoh T. & Verniers J. (red.), Palaeozoic Amalgamation of Central Europe, Geological Society, London, Special Publications, 201: 237–277.

Awdankiewicz M. 2007: Late Palaeozoic lamprophyres and associated mafic subvolcanic rocks of the Sudetes (SW Poland): petrology, geochemistry and petrogenesis. Geologia Sudetica, 39: 11–97.

Bakun-Czubarow N. & Białowolska A. 2002: Snieżne Kotły bazaltoid dike (Karkonosze-Izera block): a case of granite contamination of basaltic magma, Polskie Towarzystwo Mineralogiczne – Prace specjalne; Zeszyt 20: 63–65.

Barbarin B. 1999: A review of the relationship between granitoid types, their origins and their geodynamic environments. Lithos, 46: 605–626.

Barbarin B. 2005: Mafic magmatic enclaves and mafic rocks associated with some granitoids of the central Sierra Nevada batholith, California: nature, origin, and relations with the hosts. Lithos, 80: 155–177.

Białowolska A. 2000: Mineralogiczno – geochemiczna charakterystyka bazaltoidu Śnieżnych Kotłów (Karkonosze), Geoekologiczne Problemy Karkonoszy 2000; Opera Corcontica Nr 37: 30–34.

Borkowska M. 1966: Petrografia granitu Karkonoszy. Geologia Sudetica 2, 7–119.

Chlupáč I. 1993. Stratigraphic evaluation of some metamorphic units in the N part of the Bohemian Massif. Neues Jahrbuch für Paläontologie - Abhandlungen 188: 363–388.

Cloos H. 1922. Der Gebirgsbau Schlesiens und die Stellung seiner Bodenschätze. Gebr. Borntraeger. Berlin

Closs H. 1925: Einführung in die tektonische Behandlung magmatischer Erscheinungen (Granittektonik). I Spez. Teil. Das Riesengebirge in Schlesien, Berlin: ss. 194.

Cloos H. & Korn H. 1934: Eine gerichtete Kontaktbreccie am Basaltstock der kleinem Schneegrube im Riesengebirge. Geologische Rundschau, XXV: 369–378.

Danišík M., Migoń P., Kuhlemann J., Evans N.J., Dunkl I. & Frisch W. 2010: Thermochronological constraints on the long-term erosional history of the Karkonosze Mts., Central Europe, Geomorphology, 117: 78–89.

Diot H., Mazur S. & Couturie J. P. 1994: Magmatic structures in the Karkonosze granite and their relation to tectonic structures in the eastern metamorphic cover. W: Kryza R. (red.), Igneous activity and metamorphic evolution of the Sudetes Area. Wrocław: 36–39.

Diot H., Mazur S. & Pin Ch. 1995: Karkonosze batholith (NE Bohemian Massif): the evidence for pluton emplacement during transtentional-extensional collapse. Journal of the Czech Geological Society, v. 40 (3): 62.

Domaszewska T. 1965: Występowanie i eksploatacja złota na Dolnym Śląsku. Przegląd Geologiczny, 13 (4): 180–184.

Duthou J. L., Couturie J. P, Mierzejewski M. P. & Pin C. 1991: Age determination of the Karkonosze granite using isochrone Rb-Sr whole rock method. Przegląd Geologiczny, 2, 75–79.

Dziekoński T., 1972. Wydobywanie i metalurgia kruszców na Dolnym Śląsku od XIII do połowy XX wieku, Ossolineum, Wrocław.

Edel J.-B., Aifa T., Jeleńska M., Kądziałko-Hofmokl M.& Żelaźniewicz A. 1997: Réaimantations des formations paléozoïques des Sudètes polonaises et courbe de de dérive des pôles géomagnétiques d'Europe du Carbonifère moyen au Jurssique moyen. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences – Série IIA – Earth and Planetary Science Letters, 325: 479–486.

Franke C., Thiry M., Gomez-Gras G., Jelenska M., Kądziałko-Hofmokl M., Lagroix F., Parcerisa D., Spassov S., Szuszkiewicz A. & Turniak K. 2010. Paleomagnetic age constrains and magneto-mineralogic implications for the Triassic paleosurface in Europe. Geophysical Research Abstracts Vol. 12, EGU 2010–7858, 2010. Vienna.

Grodzicki A. 2005: Występowanie złota w bloku karkonosko-izerskim. W: Mierzejewski M.P. (red.), Karkonosze, przyroda nieożywiona i człowiek. Wydawnictwa Uniwersytetu Wrocławskiego Wrocław: 293–306.

Janeczek J. 2004: Re-examination of kochelite: A mixture of metamict fergusonite-(Y) and altered zircon. Neues Jahrbuch für Mineralogie – Monatshefte, 5: 193–207.

Jarmołowicz-Szulc K. 1984: Geochronologiczne studium części północnej osłony granitu Karkonoszy za pomocą metod trakowych. Archiwum Mineralogiczne, 39: 139–183.

Jarosiński M. 2006: Źródła współczesnych naprężeń tektonicznych w Europie Środkowej w świetle modelowań elementami skończonymi. Przegląd Geologiczny, 54: 700–709.

Jarosiński M., Zuchiewicz W., Poprawa P. & Badura J. 2008: Cenozoic geodynamic evolution of the Carpathian Foreland. W: McCann (red.), The Geology of Central Europe. Volume 2: Mesozoic and Cenozoic, Geological Society, London: 1258–1270.

Jarosiński M., Poprawa P. & Ziegler P. 2009: Cenozoic dynamic evolution of the Polish Platform. Geological Quarterly, 53: 3–26.

Jerzmański J. 1956: Bazalty w okolicy Jawora na Dolnym Śląsku. Biuletyn Instytutu Geologicznego, 106 :119–135.

Karwowski Ł., Olszyński W. & Kozłowski A. 1973: Tungsten mineralization from the environs of Szklarska Poręba Huta. Przegląd Geologiczny, 21 (12): 633–637.

Kley J. & Voigt T. 2008: Late Cretaceous intraplate thrusting in central Europe: effect of Africa-Iberia-Europe convergence, not Alpine collision. Geology, 36 (11): 839–842.

Klomínský J. 1969: Krkonošsko-jizersky granitoidni masiv. Sbornik Geologickych Věd, Geologie, 15, 7–132.

Klomínský J. 2018. The Krkonoše-Jizera composite massif. Never ending granite stories. Czech Geological Survey, ss. 145.

Knapik R., Jała Z., Sobczyk A., Migoń P., Aleksandrowski P., Szuszkiewicz A., Krąpiec M., Madej S. & Krakowski K. 2009: Inwentaryzacja i waloryzacja geostanowisk Karkonoskiego

Parku Narodowego i jego otuliny oraz wykonanie mapy geologicznej tego obszaru. Maszynopis. Archiwum KPN.

Knapik R., Migoń P., Szuszkiewicz A. & Aleksandrowski P. 2011: Geopark Karkonosze – georóżnorodność i geoturystyka, Przegląd Geologiczny 59, 4: 311–322.

Kozłowska-Koch M. 1987: Klasyfikacja i nomenklatura trzeciorzędowych wulkanitów Dolnego Śląska i Śląska Opolskiego. Arch. Mineralogiczne, 42: 43–91.

Kozłowski A. & Marcinowska A. 2007: Hydrothermal activity in the Karkonosze, Strzegom and Strzelin massifs – a fluid inclusion study. W: Mierzejewski M.P. (red.), Karkonosze, przyroda nieożywiona i człowiek, Wydawnictwa Uniwersytetu Wrocławskiego Wrocław: 243–252.

Kozłowski A. & Sachanbiński M. 2007: Karkonosze intragranitic pegmatites and their minerals. W: Kozłowski A. & Wiszniewska J. (red.), Granitoids in Poland, AM Monograph 1: 155–178.

Kroner U. & Romer R.L. 2013: Two plates – many subduction zones: the Variscan orogeny reconsidered. Gondwana Research 24: 289–329.

Kröner A., Jaeckel P., Hegner E. & Opletal M. 2001: Single zircon ages and whole-rock Nd isotopic systematics of early Palaeozoic granitoid gneisses from the Czech and Polish Sudetes (Jizerské hory, Krkonoše Mountains and Orlice-Sněžník Complex). International Journal of Earth Sciences, 90: 304–324.

Kryza R. & Mazur S. 1995: Contrasting metamorphic paths in the eastern margin of the Karkonosze-Izera Block, SW Poland. Neues Jahrbuch für Mineralologie - Abhandlungen. 169, 2: 157–192.

Kryza R., Mazur S. & Pin C. 1995: Leszczyniec meta-igneous complex in the eastern part of the Karkonosze-Izera Block, Western Sudetes: trace element and Nd isotope study. Neues Jahrbuch für Mineralologie - Abhandlungen. 170: 59–74.

Kryza R., Crowley Q.G., Larionov A., Pin Ch., Oberc-Dziedzic T. & Mochnacka K. 2012: Chemical abrasion applied to SHRIMP zircon geochronology: An example from the Variscan Karkonosze Granite (Sudetes, SW Poland). Gondwana Research: 21: 757–767.

Kryza R., Schaltegger U., Oberc-Dziedzic T., Pin Ch. & Ovtcharova M. 2014a: Geochronology of a composite granitoid pluton: a high-precision ID-TIMS U–Pb zircon study of the Variscan Karkonosze Granite (SW Poland). International Journal of Earth Sciences (Geol Rundsch), 103: 683–696.

Kryza R., Pin Ch., Oberc-Dziedzic T.,, Crowley Q.G. & Larionov A. 2014b: Deciphering the geochronology of a large granitoid pluton (Karkonosze Granite, SW Poland): an assessment of U-Pb zircon SIMS and Rb-Sr whole-rock dates relative to U-Pb zircon CA-ID-TIMS, International Geology Review, 56 (6): 756-782

Kusiak, M.A., Dunkley, D.J., Słaby, E., Martin, H. & Budzyń, B., 2009. Sensitive high resolution ion microprobe analysis of zircon reequilibrated by late magmatic fluids in a hybridized pluton. Geology 37 (12), 1063–1066.

Kusiak, M.A., Williams, I., Dunkley, D.J., Konecny, P., Słaby, E. & Martin, H. 2013. Monazite to the rescue: U-Th-Pb dating of the intrusive history of the composite Karkonosze pluton, Bohemian Massif. Chemical Geology, 364: 76-92.

Lis F., Kosztolanyi Ch. & Coppens R. 1971: Ètude géochronologique du gisement polymétallique de Kowary (Pologne). Mineralium Deposita, 6: 95–102.

Lis J. & Sylwestrzak H. 1979: On the occurrence of dispersed uraninite in the Karkonosze granites. Przegląd Geologiczny, 25: 297–300.

Lustrino M. & Wilson M. 2007: The circum-Mediterranean anorogenic Cenozoic igneous province. Earth-Science Reviews 81: 1–65.

Machowiak, K. & Armstrong, R., 2007. SHRIMP U–Pb zircon age from the Karkonosze granite. Mineralogia Polonica. Special Papers 31, 193–196.

Madej S. & Knapik R. 2007: Mineralizacja pomagmowa bazaltoidów Małego Śnieżnego Kotła. Opera Corcontica, 44, 1: 43–48.

Maluski H. & Patočka F. 1997: Geochemistry and ^{40}Ar-^{39}Ar geochronology of the mafic metavolcanic rocks from the Rýchory Mountains complex (west Sudetes, Bohemian Massif): paleotectonic significance. Geological Magazine 134, 5: 703–716.

Marheine D., Kachlik V., Maluski H., Patočka F. & Żelaźniewicz A. 2002. The ^{40}Ar-^{39}Ar ages from the West Sudetes (NE Bohemian massif): constraints on the Variscan polyphase tectonothemal development. W: Winchester J., T. Pharaoh T., & Verniers J. (red.), Palaeozoic amalgamation of Central Europe, Geological Society London Special Publications, 201: 133–155.

Mazur S. 1995: Strukturalna i metamorficzna ewolucja wschodniej okrywy granitu Karkonoszy w południowej części Rudaw Janowickich i Grzbiecie Lasockim. Geologia Sudetica, 29: 31–98.

Mazur S. 2005: Geologia okrywy metamorficznej granitu Karkonoszy. W: Mierzejewski M.P. (red.), Karkonosze. Przyroda nieożywiona i człowiek. Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego: 133–159.

Mazur S. & Aleksandrowski P. 2001: The Tepla(?)/Saxothuringian suture in the Karkonosze-Izera massif, western Sudetes, central European Variscides. International Journal of Earth Sciences (Geologische Rundschau) 90: 341–360.

Mazur S., Aleksandrowski P., Kryza R. & Oberc-Dziedzic T. 2006: The Variscan Orogen in Poland. Geological Quaterly. 50: 89–118.

Mazur S., Aleksandrowski P., Turniak K. & Awdankiewicz M. 2007: Geology, tectonic evolution and Late Palaeozoic magmatism of Sudetes – an overview. W: Kozłowski A. & Wiszniewska J. (red.), Granitoids in Poland, AM (Archivum Mineralogiae) Monograph No. 1. Komitet Nauk Mineralogicznych PAN & Wydział Geologii UW: 59–87.

Mazur S., Aleksandrowski P. & Szczepański J. 2010: Zarys budowy i ewolucji tektonicznej waryscyjskiej struktury Sudetów (Outline structure and tectonic evolution of the Variscan Sudetes). Przegląd Geologiczny 58: 133–145.

Mazur S., Scheck-Wenderoth M. & Krzywiec P. 2005: Different modes of Late Cretaceous-Early Tertiary inversion in the North German and Polish basins. International Journal of EarthSciences, 94: 782–798.

Mierzejewski M.P. 1969: Wycieczka 7. W: Grocholski W. (red.), Przewodnik geologiczny po Sudetach, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa: 143–149.

Mierzejewski M.P. 1985: Geologia granitowej części Karkonoszy. W: Jahn A. (red.), Karkonosze Polskie, Ossolineum, Wrocław: 17–41.

Mierzejewski M. 2002: Additional data and remarks to Hans Cloos's work in Karkonosze Mts (Riesengebirge). Zeitschrift für Geologischen Wissenschaften, 30: 37–48.

Mierzejewski M. P. 2005: Karkonosze – ewolucja masywu granitowego. W: Mierzejewski M.P. (red.), Karkonosze. Przyroda nieożywiona i człowiek. Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego: 83–132.

Mierzejewski M.P. & Oberc-Dziedzic T. 1990: The Izera-Karkonosze Block and its tectonic development (Sudetes, Poland). Neues Jahrbuch für Paläontologie - Abhandlungen. 179: 197–222.

Migoń P. & Danišík M. 2012: Erosional history of the Karkonosze Granite Massif – constraints from adjacent sedimentary basinsand thermochronology. Geological Quarterly. 56 (3): 441–456.

MIKULSKI S.Z. 2007: Metal ore potential of the parent magma of granite – the Karkonosze massif example W: KOZŁOWSKI A. & WISZNIEWSKA J. (red.), Granitoids in Poland, AM (Archivum Mineralogiae) Monograph No. 1. Komitet Nauk Mineralogicznych PAN & Wydział Geologii UW: 123–145.

MOCHNACKA K. 1967: Geologia polimetalicznego złoża w Kowarach (Dolny Śląsk). Prace Geologiczne, Komisja Nauk o Geologicznych Oddział PAN w Krakowie, 40: 7–73.

MOCHNACKA K., OBERC-DZIEDZIC T., MAYER W. & PIECZKA A. 2008: Ti remobilization and sulphide/sulphoarsenide mineralization in amphibolite: effect of granite intrusion (the Karkonosze-Izera Massif, SW Poland). Geological Quarterly, 52, 4: 349–368.

MOCHNACKA K. 2000: Prawidłowości wykształcenia mineralizacji kruszcowej w metamorficznej osłonie granitu Karkonoszy – próba powiązania ze środowiskiem geotektonicznym. Polskie Towarzystwo Mineralogiczne, Prace Specjalne, 16: 223–258.

MOCHNACKA K. & BANAŚ M.M. 2000: Occurrence and genetic relationships of uranium and thorium mineralization in the Karkonosze-Izera Block (the Sudety Mts, SW Poland). Annales Societatis Geologorum Poloniae, 70: 137–150.

MOCHNACKA K., OBERC-DZIEDZIC T., MAYER W., PIECZKA A. & GÓRALSKI M. 2007: Occurrence of sulphides in Sowia Dolina near Karpacz (SW Poland) – an ex ample of ore mineralization in the contact aureole of the Karkonosze granite. Mineralogia Polonica, 38, 2: 185–207.

MOCHNACKA K., OBERC-DZIEDZIC T., MAYER W. & PIECZKA A. 2008: Ti remobilization and sulphide/sulphoarsenide mineralization in amphibolite: effect of granite intrusion (the Karkonosze-Izera Massif, SW Poland). Geological Quarterly, 52, 4: 349-368.

MOCHNACKA K., OBERC-DZIEDZIC T., MAYER W., PIECZKA A. & GÓRALSKI M. 2009: New insights into the mineralization of the Czarnów ore deposit (West Sudetes, Poland) Geologia Sudetica, 41: 43–56.

MOCHNACKA K., OBER-DZIEDZIC T., MAYER W., PIECZKA A. 2015: Ore mineralization related to geological evolution of the Karkonosze-Izera Massif (the Sudetes, Poland) - Towards a model. Ore Geology Reviews 64: 215 - 238.

MURPHY J.B. & NANCE R.D. 2008: The Pangea conundrum. Geology 36: 703–706.

MUSZER A. 2005: Kopaliny użyteczne regionu karkonoskiego. W: MIERZEJEWSKI M.P. (red.), Karkonosze, przyroda nieożywiona i człowiek. Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław: 271–292.

NANCE R.D. & LINNEMANN U. 2008: The Rheic Ocean: origin, evolution and significance. GSA Today 18 (12): 4–12.

NANCE R.D., GUTIÉRREZ-ALONSO G., KEPPIE J.D., LINNEMANN U., MURPHY J.B., QUESADA C., STRACHAN R.A. & WOODCOCK N.H. 2010: Evolution of the Rheic Ocean. Gondwana Research, 17: 194–222.

OBERC-DZIEDZIC T. 1985: Wpływ granitu karkonoskiego na gnejsy izerskie. Geological Quarterly. 29: 571–588.

OBERC-DZIEDZIC T., KRYZA R., PIN CH., MOCHNACKA K. & LARIONOV A. 2009: The orthogneiss and schist complex of the Karkonosze-Izera Massif (Sudetes, SW Poland): U-Pb SHRIMP zircon ages, Nd-isotope systematics and protoliths. Geologia Sudetica, 41: 3–24.

OBERC-DZIEDZIC T., KRYZA R., MOCHNACKA K. & LARIONOV A. 2010: Ordovician passive continental margin magmatism in the Central-European Variscides: U–Pb zircon data from the SE part of the Karkonosze-Izera Massif, Sudetes, SW Poland. International Journal of Earth Sciences, 99, 1: 27–46.

OBERC-DZIEDZIC T., MOCHNACKA K., MAYER W., PIECZKA A., CREASER R.A & GÓRALSKI M. 2011: Studies on magnetite and pyrite mineralization, and on their early palaeozoic ocean-floor host rock from the Leszczyniec Unit (West Sudetes, Poland). Annales Societatis Geologorum Poloniae, 81: 133–160.

OLIVER G.J.H., CORFU F. & KROGH T.E. 1993: U-Pb ages from SW Poland: evidence for a Caledonian suture zone between Baltica and Gondwana. Journal of Geological Society, London. 150: 355–369.

PÉCSKAY Z., LORENC M., BIRKENMAJER K. & ZAGOŻDŻON P.P. 2004: Recent geochronological studies on Tertiary volcanics in Lower Silesia. Internat. Workshop «Basalt 2004»: 24–25.

PERUGINI D., POLI G. & MAZZUOLI R. 2003: Chaotic advection, fractals and diffusion during mixing of magmas: evidence from lava flows. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 124: 255–279.

REICHERTER K., FROITZHEIM N., JAROSIŃSKI M., BADURA J., FRANZKE H.-J., HANSEN M., HÜBSCHER H. MÜLLER R., POPRAWA P., REINECKER J., STACKEBRANDT W., VOIGT T., VON EYNETTEN H., ZUCHIEWICZ W. 2008: Alpine tectonics north of the Alps. W: MCCANN (red.), The Geology of Central Europe. Volume 2: Mesozoic and Cenozoic, Geological Society, London: 1233–1285.

SACHANBIŃSKI M. 2005: Minerały Karkonoszy i ich najbliższego sąsiedztwa. W: MIERZEJEWSKI M.P. (red.), Karkonosze. Przyroda nieożywiona i człowiek. Wydawnictwa Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław: 161–260.

SHARKOV E. & SVALOVA V. 2011: Geological-geomechanical simulation of the late Cenozoic geodynamics in the Alpine-Mediterranean mobile belt. W: New Frontiers in Tectonic Research-General Problems, Sedimentary Basins and Island Arcs. INTECH, Croatia: 18–38.

SŁABY E., GÖTZE J., WÖRNER G., SIMON K., WRZALIK R. & ŚMIGIELSKI M. 2008: K-feldspar phenocrysts in microgranular magmatic enclaves: A cathodoluminescence and geochemical study of crystal growth as a marker of magma mingling dynamics. Lithos, 105: 85–97.

SŁABY E. & MARTIN H. 2008: Mafic and felsic magma interactions in granites: the Hercynian Karkonosze pluton (Sudetes, Bohemian Massif). Journal of Petrology, 49: 353–391.

SMULIKOWSKI W. 1995: Evidence for glucophane-schist facies metamorphism in the East Karkonosze complex, West Sudetes, Poland. Geologische Rundschau 94: 720–37.

SOBCZYK A. 2012: Datowanie procesów rzeźbotwórczych w Rudawach Janowickich i Kotlinie Kamiennogórskiej (Sudety) metodami termochronologii niskotemperaturowej oraz analizy nuklidów kosmogenicznych. Praca doktorska, Uniwersytet Wrocławski, Instytut Nauk Geologicznych: ss. 130.

SOBCZYK A. 2016: Zastosowanie ziemskich izotopów kosmogenicznych ^{10}Be i ^{26}Al w badaniach geologicznych – zarys metody oraz stan badań w Polsce. Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego 466: 279–290.

SOBCZYK A., DANIŠIK M., ALEKSANDROWSKI P. & ANCZKIEWICZ A., 2015: Post-Variscan cooling history in the central Western Sudetes (NE Bohemian Massif) and its implications for topographic evolution: insights from apatite fission-track and zircon (U-Th)/He thermochronology. Tectonophysics, 649: 47-57.

SZEŁĘG E., GAŁUSKINA I. & PRUSIK K. 2010: Sc–Nb oxide from corundum pegmatite of the Krucze Skały in Karpacz (Karkonosze massif, Lower Silesia, Poland) – a potentially new mineral of the $ScNbO_4$ – $FeWO_4$ series. 20th General Meeting of the IMA (IMA2010), Budapest, Hungary, August 21–27, CD of Abstracts, 6: 501.

SZUSZKIEWICZ A., MADEJ S., KNAPIK R. & RYBSKI R. 2009: Garnets from the Sowia valley from historical and mineralogical perspectives. 7th International Conference "Geological Problems of the Karkonosze Mts.", Szklarska Poręba, 21–23.09.2009. Book of abstracts: 170–171.

TAIT J. A., BACHTADSE V., FRANKE W. & SOFFEL H. C. 1997: Geodynamic evolution of the European Variscan fold belt: paleomagnetic and geological constraints. Geologische Rundschau, 86: 585–598.

TEISSEYRE H. 1957: Regionalna Geologia Polski. T. III. Sudety. Z. 1. Utwory przedtrzeciorzędowe. Polskie Towarzystwo Geologiczne, Kraków: ss. 300.

TEISSEYRE A.K. 1975: Sedymentacja i paleogeografia kulmu starszego w zachodniej części niecki śródsudeckiej. Geologia Sudetica, 9 (2): 1–135.

TURNAU E., ŻELAŹNIEWICZ A. & FRANKE W. 2002: Middle to early late Visean onset of late orogenic sedimentation in the Intra-Sudetic Basin, West Sudetes: miospore evidence and tectonic. Geologia Sudetica, 34: 9–16.

WINCHESTER J., FLOYD P.A., CHOCYK M., HORBOWY K. & KOZDRÓJ W. 1995: Geochemistry and tectonic environment of Ordovician meta-igneous rocks in the Rudawy Janowickie Complex, SW Poland.Journal of Geological Society, London, 152: 105–115.

WINCHESTER J.A., PHARAOH T.C. & VERNIERS J. 2002: Palaeozoic amalgamation of Central Europe: and introduction and synthesis of new results from recent geological and geophysical investigations. W: WINCHESTER, J., PHARAOH T. & VERNIERS J. (red.), Palaeozoic Amalgamation of Central Europe, Geological Society, London, Special Publications, 201: 1–18.

ZAGOŻDŻON P.P. & ZAGOŻDŻON K. 2006: Charakterystyka wystąpienia oligoceńskiego bazaltoidu w Małym Kotle Śnieżnym (Karkonosze). Przegląd Geologiczny, 54: 496–500.

ZIEGLER P.A. & DÈZES P. 2007: Cenozoic uplift of Variscan Massifs in the Alpine foreland: timing and controlling mechanisms. Global Planet. Change 58: 237–269.

ZIMNOCH E. 1961: Seria magnetytowa z Kowar. Biuletyn Instytutu Geologicznego, 171: 7–91.

ŽÁČKOVÁ E., KONOPÁSEK J., JEŘÁBEK P. & FINGER F. 2010: Early Carboniferous blueschist facies metamorphism in metapelites of the West Sudetes (Northern Saxothuringian Domain, Bohemian Massif). Journal of Metamorphic Geology 28, 4: 361–379.

ŽÁK J. & KLOMÍNSKÝ J. 2007: Magmatic structure in the Krkonoše-Jizera Plutonic Complex, Bohemian Massif: evidence for localized multiphase flow and small-scale thermal – mechanical instabilities in a granitic magma chamber. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 164: 254–267.

ŽÁK J., VERNER K., SLÁMA J., KACHLÍK V.,& CHLUPÁČOVÁ M. 2013: Multistage magma emplacement and progressive strain accumulation in the shallow-level Krkonoše-Jizera plutonic complex, Bohemian Massif. Tectonics, 132:1493-1512.

ŻELAŹNIEWICZ A. 1997: The Sudetes as a Palaeozoic orogen in central Europe. Geological Magazine, 134: 691–702.

ŻELAŹNIEWICZ A., FANNING C.M. & ACHRAMOWICZ S. 2009: Refining the granite, gneiss and schist interrelationships within the Lusatian-Izera Massif, West Sudetes, using SHRIMP U-Pb zircon analyses and new geologic data. Geologia Sudetica, 41: 67–84.

Dane adresowe autorów:

Paweł Aleksandrowski
Uniwersytet Wrocławski
Instytut Nauk Geologicznych
ul. Wojciecha Cybulskiego 32
50-205 Wrocław
pawel.aleksandrowski@uwr.edu.pl

& Państwowy Instytut Geologiczny
– Państwowy Instytut Badawczy
Oddział Dolnośląski
Al. Jaworowa 19
53-122 Wrocław
pawel.aleksandrowski@pgi.gov.pl

Ewa Słaby
Polska Akademia Nauk
Instytut Nauk Geologicznych
ul. Twarda 51/55
00-818 Warszawa
e.slaby@twarda.pan.pl

Luiza Galbarczyk-Gąsiorowska
Polska Akademia Nauk
Instytut Nauk Geologicznych
ul. Twarda 51/55
00-818 Warszawa
luiza.galbarczyk@twarda.pan.pl

Adam Szuszkiewicz
Uniwersytet Wrocławski
Instytut Nauk Geologicznych
Plac Maksa Borna 9
50-204 Wrocław
adam.szuszkiewicz@uwr.edu.pl

Roksana Knapik
ROCK'si GEOEDUKACJA
Nowa Kamienica 6
58-512 Stara Kamienica
kontakt@rocksi.pl

Stanisław Madej
Uniwersytet Wrocławski
Instytut Nauk Geologicznych
Plac Maksa Borna 9
50-204 Wrocław
stanislaw.madej@uwr.edu.pl

Artur Sobczyk
Uniwersytet Wrocławski
Instytut Nauk Geologicznych
ul. Wojciecha Cybulskiego 32
50-205 Wrocław
artur.sobczyk@uwr.edu.pl

Eligiusz Szełęg
Uniwersytet Śląski
Katedra Geochemii,
Mineralogii i Petrografii
ul. Będzińska 60
41-200 Sosnowiec
szeleg@wnoz.us.edu.pl

Aleksandrowski P., Słaby E., Szuszkiewicz A., Galbarczyk-Gąsiorowska L., Knapik R., Madej S., Sobczyk A. & Szełęg E. 2019: Budowa geologiczna Karkonoszy. W: Knapik R., Migoń P. & Raj A. (red.), Przyroda Karkonoskiego Parku Narodowego. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra: 7–46.

Marek Kasprzak, Andrzej Traczyk

Ukształtowanie powierzchni Karkonoszy

Wstęp

Rzeźba terenu jest tym elementem przyrody, który decyduje o walorach krajobrazowych Karkonoskiego Parku Narodowego (KPN) i jego otuliny. Do głównych elementów rzeźby na tym obszarze należy grzbiet wododziałowy, a w jego obrębie od zachodu Grzbiet Główny, zwany również Śląskim, Czarny Grzbiet, Kowarski Grzbiet i Lasocki Grzbiet, a także Pogórze Karkonoskie oraz obniżenie Karkonoskiego Padołu Śródgórskiego (Ryc. 1). Taką konfigurację terenu należy postrzegać jako efekt ewolucji liczonej w milionach lat, warunkowanej cechami strukturalnymi podłoża oraz wewnętrznymi i zewnętrznymi procesami fizycznymi, w tym procesami tektonicznymi i denudacyjnymi. Te ostatnie, reprezentowane m.in. przez wietrzenie skał i erozję wodną, są silnie związane z warunkami klimatycznymi. Dlatego rozważania nad ukształtowaniem powierzchni nie mogą być prowadzone bez wiedzy na temat budowy geologicznej, minionych zmian klimatycznych, pokrycia terenu i działalności człowieka w najmłodszym okresie rozwoju gór.

Krajobrazowi Karkonoszy nie można odmówić uroku. W terenie są widoczne cyrki lodowcowe i wały morenowe po plejstoceńskich zlodowaceniach (Ryc. 2), rozległe zrównania wierzchowinowe, wyniesione do 1200–1400 m n.p.m. (Ryc. 3), osobliwe formy izolowanych skałek czy też jary rzeczne i progi wodospadów. Pełna kontrastów, fantazyjnych kształtów i dalekich planów rzeźba Karkonoszy sprawia, iż góry te od wieków przyciągają nie tylko badaczy przyrody, ale również rzesze turystów.

Badania nad rzeźbą terenu są domeną geomorfologii. Dla Karkonoszy opracowania z tej dziedziny wiedzy, porównując je z materiałami na temat pozostałych masywów sudeckich, są stosunkowo liczne. Wiedza ta została już zebrana w kilku opracowaniach monograficznych. Za pierwsze z nich można uznać krajoznawczą publikację Stecia i Walczaka (1962). Typowo naukowy charakter miało późniejsze opracowanie Czerwińskiego (1985) zawarte w książce *Karkonosze Polskie* pod red. A. Jahna. Nowsze spojrzenie na geomorfologię Karkonoszy przedstawili Migoń (2005) w monografii *Karkonosze. Przyroda nieożywiona i człowiek* pod redakcją M. P. Mierzejewskiego, a później Migoń i Pilous (2007) w obszernej, czeskojęzycznej monografii *Krkonoše.*



Ryc. 1. Grzbiet Główny Karkonoszy góruje nad Karkonoskim Padołem Śródgórskim z widoczną zabudową Szklarskiej Poręby. Od północy (po lewej stronie fotografii) wznoszą się kulminacje Pogórza Karkonoszy, wyraźnie oddzielone morfologicznie od dna Kotliny Jeleniogórskiej (fot. M. Kasprzak)



Ryc. 2. O specyfice krajobrazu Karkonoszy decyduje m.in. rzeźba glacjalna, w tym rozpoznawalne z dużej odległości cyrki lodowcowe wykształcone na stokach Grzbietu Głównego. Na wykonanej z powietrza fotografii widoczne są ściany skalne Śnieżnych Kotłów, a u ich podnóża wały moren czołowych i jeziorka środmorenowe (fot. B. Schutty)

Příroda, *historie*, *život*, dotyczącej całego masywu Karkonoszy. Bardziej szczegółowe publikacje z zakresu geomorfologii Karkonoszy znajdują się w wydawanym od 1964 roczniku *Opera Corcontica* i innych czasopismach naukowych.

Liczne opracowania geomorfologiczne, jakie ukazały się do tej pory, nie wyczerpują jednak problematyki dotyczącej Karkonoszy. Nowością, jaką wprowadza niniejsze opracowanie, jest interpretacja rzeźby polskiej części Karkonoszy na podstawie analizy danych cyfrowych, które nie były uwzględniane przez innych autorów. Podstawą analizy były ortofotomapy z lat 2007 i 2008 oraz numeryczny model wysokości, zwany w dalszej części tekstu DEM (ang. *Digital Elevation Model*). Przetwarzany DEM powstał z chmury punktów dostarczonych w procesie lotniczego skaningu laserowego powierzchni – LiDAR (ang. *Light Detection and Ranging*). Nie ma tutaj miejsca na szczegółowe omówienie procedury pomiarowej, należy jednak wspomnieć, że pomiary LiDAR



Ryc. 3. Rozległe zrównanie wierzchowinowe na Grzbiecie Głównym Karkonoszy obserwowane ze stoku Luční hory po czeskiej stronie gór. W tle widoczna Śnieżka (fot. M. Kasprzak)

umożliwiają, po usunięciu błędów, wydzielenie z otrzymanej chmury punktów oddzielnych cyfrowych warstw tematycznych, np. powierzchni lasu, poszycia oraz powierzchni gruntu (Devereux & Amable 2009). DEM stworzony w oparciu o dane LiDAR może mieć rozdzielczość sub-metrową i przewyższa swoją precyzją wszystkie wcześniejsze źródła danych o ukształtowaniu terenu, w tym dostępne wcześniej modele SRTM-3 (rozdzielczość ok. 60×90 m), ASTER GDEM (ok. 25×25 m), DTED2 (ok. 30×30 m). Wykorzystane ortofotomapy i dane LiDAR są własnością Karkonoskiego Parku Narodowego.

Przetwarzanie danych cyfrowych pozwoliło na parametryzację rzeźby i przedstawienie statystyki dotyczącej ukształtowania powierzchni. Finalnie doprowadziło to także do stworzenia cyfrowej mapy geomorfologicznej Karkonoszy, będącej jednym z pierwszych tego typu opracowań w Polsce, powstałym w całości w środowisku GIS. W tekście podsumowano również wcześniejsze analizy DEM prowadzone przez autorów. Treść uzupełniono o przegląd charakterystycznych form terenu i czwartorzędowych osadów zwietrzelinowych. Odniesiono się także do dynamiki procesów geomorfologicznych działających współcześnie, z uwzględnieniem zagadnienia antropopresji. Podrozdziały te powstały w oparciu o przegląd literatury oraz wyniki własnych badań, prowadzonych również we współpracy z pracownikami naukowymi Uniwersytetu Karola w Pradze, Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, Uniwersytetu Warszawskiego i Karkonoskiego Parku Narodowego. Badania te wykorzystują nowoczesne metody i techniki, wśród których można wymienić datowania izotopowe, ocenę wytrzymałości i stopnia zwietrzenia skał, rozpoznanie georadarowe, tomografię elektrooporową, naziemny skaning laserowy, czy mikroskopowe badania ziaren kwarcu.

Badania geomorfologiczne w Karkonoszach

Historia badań geomorfologicznych w Karkonoszach ma bogate tradycje, których początek sięga co najmniej końca XVIII w. Już wtedy Christian Gottfried Assmann w dziele poświęconym Górom Olbrzymim, jak można tłumaczyć niemieckojęzyczną nazwę *Riesengebirge*, próbował wyjaśnić ich osobliwe ukształtowanie (Żurawek 2003). Ówczesnych przyrodników intrygowała szczególnie geneza zrównania wierzchowinowego Karkonoszy oraz znaczne wyniesienie gór ponad dno Kotliny Jeleniogórskiej.

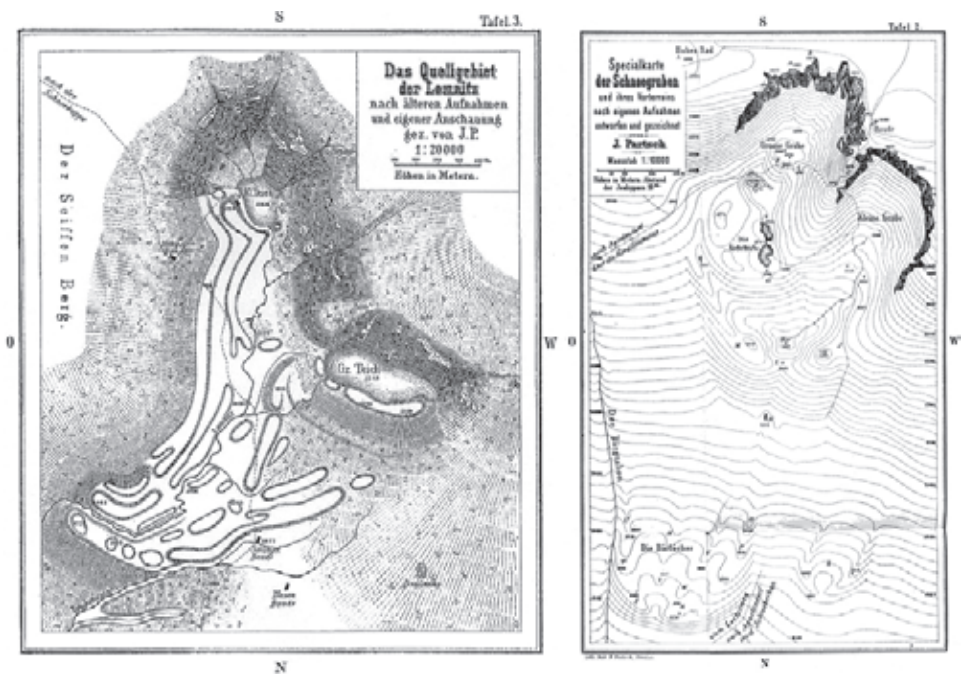
Wśród badaczy, którzy w największym stopniu przyczynili się do rozwoju poglądów na temat morfogenezy Karkonoszy, wymienić należy Hansa Cloosa i Georga Berga. Pierwszy z nich zasłużył się wieloma odkryciami z zakresu geologii strukturalnej. Dokonał m.in. analizy tektonicznej ciał magmowych, obierając za przykład także batolit karkonoski. Cloos (1925) wyróżnił w masywie granitowym Karkonoszy dwie kopuły – południową i wschodnią. Opisał występujące w granicie struktury fluidalne, powstałe podczas płynięcia magmy oraz nawiązujące do ich przebiegu spękania skalne: Q (poprzeczne, o rozciągłości NNE–SSW) i S (podłużne względem ruchu magmy, o rozciągłości WNW–ESE) oraz spękania ławicowe: L (ustawione prostopadle do obu poprzednich). Są one doskonale widoczne w obrębie karkonoskich skałek. Cloos (1925) wyrażał pogląd, że zróżnicowana struktura intruzji magmowej w zdecydowany sposób warunkuje morfologię obecnego terenu. W myśl tej teorii jądro intruzji tworzyły granity drobno- i średnioziarniste, a okrywające je dwie warstwy zewnętrzne miały zawierać odpowiednio dużą ilość szlirów biotytowych i żył aplitowych. Najbardziej odporne na działanie zewnętrznych procesów niszczących jądro miało mieć swój wyraz w postaci wyniesionego nad otoczenie Grzbietu Głównego, mniej odporne granity budować Pogórze Karkonoskie, a odmiany najbardziej podatne na niszczenie – Kotlinę Jeleniogórską.

Współczesne poglądy na temat założeń rzeźby Karkonoszy bliższe są rozważaniom Berga (1927). Zróżnicowanie wysokościowe masywu wytłumaczył on działaniem młodych, trzeciorzędowych (w obowiązującej stratygrafii paleogeńsko-neogeńskich) ruchów tektonicznych. Wyróżnił dwie główne strefy dyslokacyjne, z których pierwsza oddzielać miała Kotlinę Jeleniogórską od Karkonoszy, a druga Pogórze Karkonoskie od Grzbietu Głównego, biegnąc wzdłuż kotlinowatych obniżeń Karkonoskiego Padołu Śródgórskiego, nazywanego wówczas *Leiterwegsenke*. Również schodowy profil północnych stoków głównego grzbietu Karkonoszy, nazwanych przez Berga rampą, odzwierciedlać miał ruch zrzutowy w obrębie granitowej intruzji.

Teorię Berga rozwijał Hermann Ouvrier (1933). Autor ten wyróżnił w Karkonoszach aż 16 odrębnych poziomów spłaszczeń wierzchowinowych i śródstokowych. Podobnie jak i inni geomorfolodzy epoki, powierzchnie tego typu interpretował jako efekt długotrwałego wietrzenia i denudacji w warunkach spokoju tektonicznego. W zróżnicowaniu wysokości między poziomami spłaszczeń doszukiwał się natomiast informa-

cji odnośnie wielkości ruchów pionowych w poszczególnych fazach tektonicznej aktywności masywu. Model OUVRIERA (1933) cyklicznie przebiegającej ewolucji masywu jest jednak zbyt schematyczny i poddany został krytyce za nierozpatrzenie lokalnych uwarunkowań spłaszczeń stokowych (JAHN 1954a).

Wśród niemieckich opracowań geomorfologicznych na szczególną uwagę zasługują prace Josepha Partscha. Ten wybitny śląski geograf, urodzony w Szklarskiej Porębie, zajmował się m.in. problematyką zlodowacenia Karkonoszy. Swoje obserwacje konfrontował z istniejącą wiedzą na temat rzeźby glacjalnej i odniósł je do innych masywów górskich (Tatr, Szumawy, Schwarzwaldu, Wogezów). Wykazał podobieństwo karkonoskich kotłów lodowcowych z podobnymi, aktywnymi formami w Alpach i górach Skandynawii, opisał przyczyny erozji glacjalnej, wskazując na czynniki orograficzne i klimatyczne (możliwość przewiewania i akumulacji śniegu przy górnym załomie stoku sąsiadującym ze spłaszczeniem wierzchowinowym), wyróżnił wały morenowe różnych generacji, zaprezentował także koncepcję dwukrotnego zlodowacenia masywu (PARTSCH 1882, 1894; Ryc. 4). Trzeba podkreślić, że jego poglądy były na owe czasy rewolucyjne i odrzucały wiele sformułowanych wcześniej hipotez. Sprzyjały temu bez wątpienia otwarty umysł badacza, kontakty i wspólne wycieczki terenowe z czołowymi naukowcami epoki (np. glacjologami Albrechtem Penckiem i Eduardem Richterem), ale także doskonała znajomość Karkonoszy. W 1994 r., a więc w stuletnią rocznicę wydania jego dzieła *Die Vergletscherung des Riesengebirges zur Eiszeit*, zorganizowano w Karkonoszach konferencję naukową (KONDRACKI 1995), na którą zaproszono najwybitniejszych geomorfologów niemieckich i członków rodziny badacza. Pamiątką po tym wydarzeniu jest tablica okolicznościowa umieszczona na drewnianym budynku dawnej wzorcowni Huty Szkła Julia (niem. *Josephinehütte*), w której rodzina Partschów dawniej mieszkała.



Ryc. 4. Szkice geomorfologiczne z pracy Die Gletscher der Vorzeit in den Karpathen und den Mittelgebirgen Deutschalnds J. PARTSCHA (1882). Na mapach przedstawiono moreny poniżej Małego i Wielkiego Stawu (po lewej) oraz Śnieżnych Kotłów (po prawej)

Okres działania Partscha to czas, w którym dynamicznie rozwijała się niemiecka kartografia i powstawały dokładne mapy topograficzne w skali 1:25 000 *Meßtischblatt*. Rosła również dostępność gór dzięki wysiłkom Riesengebirgsverein – Towarzystwa Karkonoskiego – zrzeszającego turystów i krajoznawców. Riesengebirgsverein przyczyniło się do rozwoju infrastruktury turystycznej w górach, w tym do budowy wygodnych górskich dróg (DUDZIAK & POTOCKI 1995).

Z poglądami Partscha dyskutował Berg (1915). Odrzucał on teorię Partscha o dwukrotnym zlodowaceniu Karkonoszy, negował przy tym możliwość wystąpienia w starszej fazie glacjalnej zlodowacenia pokrywowego, obejmującego w całości najwyższe partie masywu. Brak zlodowaceń w starszych okresach plejstocenu tłumaczył niewystarczającymi opadami, a więc sytuacją charakterystyczną dla zimnej i suchej strefy przedpola lądolodu skandynawskiego (pojęcie strefy peryglacjalnej nie zostało jeszcze wówczas ugruntowane w geomorfologii światowej). Jego poglądy wyraża treść komentarzy do doskonałej pod względem edycyjnym mapy geologicznej – *Geologische Karte* w skali 1:25 000, ark. *Krummhübel* i *Schneegrubenbaude* (Berg 1940, 1941).

Procesom, formom terenu i osadom związanym z klimatem zimnym w czwartorzędowym etapie rozwoju średniogórza, jednak bez związku z działalnością lodowców, swoją pracę poświęcił Julius Büdel (1937). Na podstawie badań karkonoskich przedstawił w niej szczegółowy opis typowego profilu zwietrzelinowego na stoku. Powstanie glin stokowych wiązał z procesem soliflukcji. Büdel (1937) wypowiedział się także na temat żwirowo-piaszczystych pokryw (stożków napływowych) zalegających na przedpolu Karkonoszy w dnie Kotliny Jeleniogórskiej. Wyraził pogląd, że osady te wykazują związek z aktywnością procesów denudacyjnych na stokach górskich w plejstocenie. Analizując układ terasowy osadów u stóp Karkonoszy, podważył wcześniejsze argumenty Partscha (1894) na jego wiekowe powiązanie z generacjami wałów morenowych w wyższych partiach gór. Z uwagi na stosunkowo duże nachylenie stożków napływowych i brak materiału eratycznego, odrzucał również poglądy Berga (1927) o podparciu stożków przez lądolód skandynawski.

Dziś powiedzielibyśmy, że badania Büdela (1937) dotyczyły procesów zachodzących w warunkach peryglacjalnych. Wprowadzenie do światowej literatury pojęcia *peryglacjał* zawdzięczamy W. Łozińskiemu (Jahn 1954b; Mroczek 2010), który swoje koncepcje oparł także i na obserwacjach karkonoskich (Mazurski 2011). Ten lwowski geograf i geolog odwiedził Karkonosze niejako przypadkowo, korzystając z nadarzającej się okazji podczas swojej podróży po Europie Środkowej, w trakcie której badał pokrywy blokowe m.in. w Górach Stołowych (Szczeliniec, skalne miasta w Teplicach i Adrszpachu), paśmie Jesztedu i w Czeskiej Szwajcarii (Tisá koło Děčína). Prawdopodobnie w trakcie jednodniowej wycieczki z Wrocławia zwiedził on okolice Karpacza. Był pod dużym wrażeniem granitowych rumowisk skalnych oraz śladów zlodowacenia górskiego w wyższych partiach gór, czemu dał wyraz w pracy pt. *Karkonosze a Tatry* (Łoziński 1910a). Warto w tym miejscu nadmienić, że jest to prawdopodobnie pierwsze polskojęzyczne, specjalistyczne opracowanie dotyczące rzeźby Karkonoszy. Występowanie rumowisk karkonoskich, podobnie jak piaskowcowych i kwarcytowych rozsypisk w innych górach Europy Środkowej, Łoziński (1910b) wiązał z obecnością klimatu chłodnego i stosunkowo suchego, sprzyjającego wietrzeniu mrozowemu, jakie działało na przedpolu lądolodu skandynawskiego. W Karkonoszach zainteresowała go również wyrazistość form polodowcowych, o których pisze w następujący sposób (pisownia oryginalna): *Kto pragnie zapoznać się z śladami lodowców dyluwialnych w górach, nie mógłby wybrać po temu stosowniejszego terenu, aniżeli Karkonosze. Tutaj morfologiczne ślady lodowców dyluwialnych, jak przedewszystkiem moreny krańcowe i cyrki, nie tylko uderzają swą świeżością i wyrazistością, ale są przytem skupione na przestrzeni tak niewielkiej, że tworzą niejako ogromny, plastyczny model form glacjalnych. Co więcej, dzięki mozolnym badaniom Partscha należą dziś Karkonosze do gór, w których ślady lodowców dyluwialnych zostały z największą dokładnością poznane, a jego monografia powinna zawsze służyć za wzór, jak badać i opisywać ślady dyluwialnych lodowców w górach* (Łoziński 1910a, s. 86).

Badania geomorfologiczne w Karkonoszach przerwała II wojna światowa. Mimo, iż skończyła się era niemieckich badań tego regionu, wypracowane przed 1945 r. poglądy długo będą jeszcze przewijać się w późniejszych, polskojęzycznych publikacjach naukowych. Pierwsi powojenni badacze Karkonoszy zajmowali się ogólnym opisem morfologii gór (Klimaszewski 1948a, 1948b). Podjęto także temat gleb strukturalnych (Walczak 1948), czyli form sortowania mrozowego gruntu, np. w postaci kamienistych wieńców. Wyrażono pogląd o ich ciągłej aktywności, a nie charakterze reliktowym, co w zasadzie uznawane jest do dzisiaj (Traczyk 1992a). Do najważniejszych prac powstałych w pierwszym okresie aktywności polskich geomorfologów w Sudetach należy przeglądowa publikacja Jahna (1954a), zawierającą nie tylko opis głównych rysów rzeźby Karkonoszy, ale i nowe poglądy na rozwój masywu, a także wskazanie problemów czekających na rozwiązanie. Jahn (1954a) przychylał się do teorii o tektonicznych uwarunkowaniach granicy morfologicznej między Karkonoszami a Kotliną Jeleniogórską i do jednokrotnego zlodowacenia Karkonoszy. O ile tektoniczne uwarunkowania wielu krawędzi morfologicznych Karkonoszy zostały późniejszych latach udowodnione analizami morfotektonicznymi (Mierzejewski 1986; Sroka 1991; Migoń 1992, 1993; Chmal & Kasprzak 2009) i pomiarami geofizycz-

nymi (Cacoń & Mąkolski 2005), o tyle poglądy na temat historii glacjalnej Karkonoszy muszą w świetle najnowszych badań zostać zweryfikowane, o czym będzie jeszcze mowa w dalszej części rozdziału.

Niektóre problemy badawcze wskazane przez Jahna (1954a) zostały podjęte już w latach 60. XX w. Dumanowski (1961) wyróżnił wśród osadów stokowych Karkonoszy utwory homogeniczne (pola blokowe, ziarniste zwietrzeliny miejscowe, pokrywy torfowe) oraz utwory heterogeniczne (pokrywy stokowe, zawierające materiał różnych frakcji, o miąższości zależnej od nachylenia stoku i lokalnego ukształtowania terenu). Odrzucił jednocześnie pojawiające się wcześniej poglądy, że pola blokowe powstały przez wymycie z profilu utworów stokowych materiału o drobniejszych frakcjach. W innych pracach Dumanowski (1963, 1964, 1967, 1968) analizował zależności między rzeźbą Karkonoszy a strukturą podłoża. Rozpatrywał wpływ zróżnicowania mineralogicznego granitu na tempo wietrzenia poszczególnych partii intruzji granitowej, wpływ spękań poziomych na kształt stoków i uwarunkowania powstawania spłaszczeń i stopni terenowych.

Do problematyki wykształcenia pokryw stokowych wrócił Jahn (1962, 1968), obserwując głęboki profil zwietrzelinowy w Karpaczu. Autor ten, aktywnie działając w nurcie peryglacjalnym, wydzielił w profilu kilka odrębnych horyzontów, które miały odpowiadać zmieniającym się warunkom środowiska w późnym plejstocenie. Twierdził on, że starszych utworów pokrywowych w Karkonoszach nie ma, co świadczyć ma o tendencji do niszczenia i obniżania podłoża w czwartorzędzie. Choć ten pogląd uznać można za kontrowersyjny, zasług Jahna w dziedzinie poznania geomorfologii Karkonoszy nie można umniejszać. To on jako pierwszy wytłumaczył sposób powstawania jakże charakterystycznych dla Karkonoszy skałek granitowych (Jahn 1962). Wcześniej podkreślano jedynie ich związek z układem spękań granitu (Gürich 1914; Berg 1927). Jahn (1962) połączył teorię Lintona (1955) dotyczącą dwufazowego rozwoju skałek granitowych w masywie Dartmoor w południowo-zachodniej Anglii z własnymi obserwacjami. Uznał, że zasadniczy kształt formy skałkowej



Ryc. 5. Profil zwietrzelinowy granitu na Górze Szubienicznej nieopodal Miłkowa. W ścianie odsłonięcia utworzonego na przełomie lat 70. i 80. XX w. widać efekty wietrzenia selektywnego: bardziej odporne na wietrzenie trzony skały odróżniają się od zwietrzałego otoczenia, tzw. kaszy granitowej. Profil znajduje się na liście pomników przyrody nieożywionej (fot. M. Kasprzak)

tworzy się jeszcze pod powierzchnią ziemi w wyniku wietrzenia selektywnego. Najbardziej odporne na wietrzenie partie skały tworzą trzony i bloki, które zostają następnie wypreparowane z otaczającej zwietrzeliny dzięki procesom erozyjnym. Jedno z najlepszych odsłonięć ilustrujących tego typu proces można obecnie oglądać w sztucznym odsłonięciu na Szubienicznej Górze (Straconce) niedaleko Miłkowa (Ryc. 5).

Problematyka wietrzenia granitu w Karkonoszach poruszana była jeszcze wielokrotnie. Zainteresowanie wzbudzały mikroformy wietrzeniowe na powierzchniach skałek, w tym kociołki wietrzeniowe (Szałamacha 1965; Chmal 1974), a w późniejszym okresie także struktury poligonalne i żłobki (Czerwiński & Migoń 1993). Ziarniste zwietrzeliny granitowe były natomiast badane granulometrycznie, teksturalnie i mineralogicznie (Jahn 1963; Kostrzewski 1968; Borkowska & Czerwiński 1973) pod kątem ich genezy i wieku. Późniejsze prace z tego zakresu pozwoliły na znaczne modyfikacje wcześniejszych teorii. Na podstawie badań Migonia i Czer-

WIŃSKIEGO (1994), MIGONIA (1997), MIGONIA i AUGUSTA (2001), JAHNA i in. (2000) czy KAJDASA i in (2017) można stwierdzić, że nieprzemieszczone produkty wietrzenia granitu znajdują się we wczesnym etapie rozwoju i nie powinny być wiązane, jak to robiono wcześniej, z ciepłym i wilgotnym środowiskiem starszego kenozoiku. Mała zawartość części ilastych w zwietrzelinie czy jedynie śladowe ilości kaolinitu świadczą o szybkiej denudacji stoków (głównie wskutek piętrzenia tektonicznego masywu), która nie pozwala na daleko posunięte zmiany chemiczne i mineralogiczne osadu.

Sposoby wykształcenia utworów pokrywowych pochodzących z wietrzenia podłoża, w tym charakter pokryw grubofrakcyjnych, były analizowane przez TRACZYKA (1995, 1996, 2007). Dokładne obserwacje rumowisk skalnych dostarczyły także dowodów na istnienie w Karkonoszach reliktowych form lodowców skalnych – wałów i jęzorów głazowo-blokowych, które wskutek obecności w swoim wnętrzu lodu miały możliwość samodzielnego ruchu grawitacyjnego (CHMAL & TRACZYK 1993).

W latach 60. XX w. zapoczątkowano szereg badań nad dynamiką współczesnych procesów geomorfologicznych. Do największych osiągnięć należą bez wątpienia wyniki badań eksperymentalnych, dotyczących spływu powierzchniowego, przemieszczania gruzu skalnego, przesuwania się po powierzchni terenu bloków skalnych (znanych z niemieckich opracowań jako *Wandere Blöcke*) wskutek działania lodu gruntowego (CIELIŃSKA 1961), czy też pełzania gruntu (JAHN & CIELIŃSKA 1974a,b). Sposób podejścia do problemu spełzywania gruntu oraz cierpliwość badaczy prowadzących 10-letnie obserwacje były w owych czasach unikatowe (Ryc. 6).



Ryc. 6. Deformacja profilu kołkowego będąca skutkiem powolnego, grawitacyjnego ruchu gruntu zachodzącego głównie pod wpływem procesów mrozowych w górnym piętrze wysokościowym Karkonoszy (stoki Łabskiego Szczytu, fot. A. Jahn)

Zaczęto podawać także konkretne wartości liczbowe dotyczące spłukiwania materiału stokowego i denudacji, obserwując m.in. aktywność procesów niszczących na obszarach wiatrołomów i wiatrowałów (HASIŃSKI 1971). Temat ten został znacznie rozwinięty w obliczu zamierania karkonoskich lasów w latach 80. XX w. Wskutek intensywnych prac leśnych tworzono wtedy nowe szlaki zrywkowe i użytkowano górskie drogi, które sukcesywnie pogłębiane przybierały postać bruzd i rynien erozyjnych nacinających pokrywy stokowe. Zaburzało to system krążenia wód podziemnych i powierzchniowych, przyspieszając w ogólności odpływ (TRACZYK 1991; PARZÓCH 2001, 2002; KASPRZAK 2005).

Zmniejszenie aktywności procesów geomorfologicznych obserwowano natomiast na pasie drogi granicznej na wierzchowinie Karkonoszy (JAHN 1979; PARZÓCH 1994), gdzie po 1956 r. zaniechano usuwania roślinności (przez bronowanie). Rozpoczęła się tym samym sukcesja roślinna, wygaszająca stopniowo erozję wodną i wietrzną. Zagadnienie erozji wietrznej było jednak marginalizowane i praktycznie nie zostało dotąd w Karkonoszach dokładnie rozpoznane, za wyjątkiem zjawisk niweoeolicznych, związanych z długim zaleganiem płatów śnieżnych (KLEMENTOWSKI 1975).

Z większym rozmachem, aczkolwiek tylko na pojedynczych stanowiskach, prowadzono badania procesów fluwialnych (rzecznych) w celu określenia wielkości denudacji karkonoskich zlewni oraz transportu rumowiska rzecznego (KUŹMA 1972; BIEROŃSKI & TOMASZEWSKI 1979; BIEROŃSKI 1993, 1994; KATRYCZ 1998). Obserwacje dotyczyły głównie zlewni i koryt Białego Strumienia, Łomniczki, Wilczego Potoku oraz Skałki – cieków znajdujących się we wschodniej części masywu. Uzyskane wyniki pozwoliły udowodnić, że współcześnie w Karkonoszach dominuje denudacja mechaniczna, a bilans denudacji chemicznej, po uwzględnieniu jonów pochodzących z dostawy z atmosfery, jest niemal zerowy (BIEROŃSKI i in. 1992). Zaobserwowano, że dominująca masa rumowiska rzecznego w korytach zostaje dostarczona do dna doliny korytami cieków epizodycznych, głównie w trakcie intensywnych opadów. Pomiary rumowiska rzecznego pokazały, że jego zasadnicza masa, i to głównie mniejszych frakcji, jest mobilna jedynie w warunkach ekstremalnie wysokich przepływów, a więc na dynamikę transportu osadów fluwialnych wpływ ma częstość występowania wezbrań (KATRYCZ 1998). Podkreślono również duży udział spływu śródpokrywowego (podziemnego) w prze-

mieszczaniu się wody (Tomaszewski 1993), czemu sprzyja struktura pokryw stokowych i ich duże zdolności infiltracyjne. Powiększono także wiedzę na temat morfologii koryt rzecznych w Karkonoszach (Tomaszewski 1994; Dąbrowska & Kasprzak 2007; Kasprzak 2009).

Polscy geomorfolodzy podjęli temat zjawisk wyjątkowych, zwanych także ekstremalnymi, które mają znaczący wpływ na rozwój rzeźby Karkonoszy. Zaczęto rejestrować lawiny śnieżne (Mazurski & Warzecha 1969; Klementowski 1977) oraz spływy gruzowo-błotne, zwane regionalnie murami (niem. *die Mure*), tak charakterystyczne dla ścian kotłów lodowcowych (Czerwiński 1967; Tomaszewski 1967; Migoń i in. 2006), a także inwentaryzować minione zdarzenia tego typu (Migoń & Parzóch 2008). Studiowano również dostępną literaturę niemieckojęzyczną w poszukiwaniu informacji na temat historycznych epizodów powodziowych, które wielokrotnie zadawały dotkliwe straty mieszkańcom regionu i powodowały wiele implikacji w rzeźbie dolin rzecznych (Chmal 1979; Czerwiński 1991; Kasprzak 2010a,b, 2011, Kasprzak & Migoń 2015) .

Postępujący rozwój metod i technik badawczych sprawił, że możliwe stało się modelowanie procesów geomorfologicznych, np. spełzywania gruntu (Traczyk 2000). Do najistotniejszych osiągnięć ostatnich lat należą bez wątpienia datowania izotopowe osadów mineralnych i organicznych, uściślające wcześniejsze analizy morfogenetyczne (Tab. 1). Pierwsze datowania tego typu w polskich Karkonoszach, prowadzone metodą radiowęglową (^{14}C), dotyczyły torfowiska w Jakuszycach (Dumanowski i in. 1962) oraz próbek pobranych z dna zagłębień bezodpływowych na przedpolu Śnieżnych Kotłów i torfowiska przy Domku Myśliwskim, wykształconego w miejscu zasypanego osadem jeziora (Bieroński i in. 1992; Chmal & Traczyk 1998). Wykorzystując metodę datowania kosmogenicznym izotopem berylu (^{10}Be), określano czas ekspozycji ścian skalnych, które były poddane erozji glacjalnej i odsłoniły się po zaniku karkonoskich lodowców (Engel i in. 2011). Datowania te miały na celu określenie ram czasowych dla schyłku ostatniego zlodowacenia i nawiązują do wyników szczegółowego kartowania geomorfologicznego form morenowych (Traczyk 1989) oraz pomiarów wytrzymałości mechanicznej budujących je bloków skalnych (i pośrednio stopnia ich zwietrzenia) (Engel i in. 2007, 2008, 2011). Dotychczasowe rozpoznanie glacjalnych form akumulacyjnych oraz wykonane datowania bezwzględne, odnoszone również do przykładów z innych części średniogórza europejskiego (Chmal & Traczyk 1999), nie rozstrzygnęły jednak jednoznacznie problemu ilości i wieku zlodowaceń w Karkonoszach. Najnowszą, aktualną rekonstrukcję zmian klimatycznych i jednocześnie natężenia procesów geomorfologicznych w Karkonoszach dla ostatnich 30 tys. lat wykonano na podstawie analizy osadów pobranych w rdzeniach wiertniczych w dolinie Łaby (Labský důl; Engel i in. 2017). Dla holocenu uzupełniła ją analiza sedymentu pobranego z dna Wielkiego Stawu (Malkiewicz i in. 2017).

Elementy rzeźby glacjalnej i peryglacjalnej, jak wyraził się niegdyś Jahn (1980), są *makijażem na właściwej morfologii* Karkonoszy, kształtowanej w diametralnie odmiennych warunkach klimatycznych. Najnowsze datowania odnoszą się jednak również do wieku skał litych i umożliwiają kontynuowanie rozważań nad rozwojem Karkonoszy w bardziej odległych jednostkach czasu geologicznego. W ten sposób, stosując metody termochronologiczne, pozwalające odtworzyć termiczną historię skał i moment ich przebywania na określonej głębokości w skorupie ziemskiej, Migoń i Danišík (2012) zrewidowali wcześniejsze poglądy Mierzejewskiego (1985) na temat denudacji masywu. Autorzy ci uważają, że od przełomu dolnej i górnej kredy z obszaru Karkonoszy zostały erozyjnie usunięte skały o miąższości od 3,6 do 6 km. Większa część tej masy uległa denudacji między 100 a 75 milionami lat temu. Po tym okresie nie ubyło więcej niż 1,2 km skał, co zgadza się z zapisem sedymentacyjnym w sąsiednich basenach przyjmujących odprowadzane produkty wietrzenia. Migoń i Danišík (2012) wyróżnili trzy fazy zwiększonej denudacji Karkonoszy: wczesny perm, wczesny trias, i szczególnie późną kredę. Tempo erozji w tym ostatnim okresie dochodziło do 300 m na milion lat. Okres późnego neogenu (pliocenu?) według badań termochronologicznych nie był okresem wzmożonej erozji, co jest spójne z faktem ubóstwa gruboklastycznych osadów w bezpośrednim sąsiedztwie Karkonoszy, zwłaszcza w Kotlinie Jeleniogórskiej. Określono (Migoń & Danišík 2012), że karkonoskie zrównanie wierzchowinowe mogło powstać w okresie po środkowej kredzie w wyniku znacznego obniżenia powierzchni. Według danych termochronologicznych szybka erozja miałaby się zakończyć na obszarze Karkonoszy około 75 milionów lat temu i ten okres można uznać za maksymalny wiek powierzchni zrównania (minimalny wiek nie może być określony metodą termochronologiczną). Alternatywny scenariusz zakłada, że zrównanie wierzchowinowe może być pozostałością penepleny (prawie równi) uformowanej w okresie permu i przykrytej osadami mezozoicznymi, a następnie ekshumowanej i re-eksponowanej w późnej kredzie.

Tab. 1. Zestawienie dat radiowęglowych dla polskiej części Karkonoszy.

Lp	Lokalizacja	Położenie n.p.m.	Datowany materiał	Oznaczenie	Wiek w latach BP1	Źródło danych	Interpretacja
1	Kocioł Małego Stawu	1200	Namuł torfiasty przykryty materiałem spływów stokowych	Gd-4467	3980±130	Chmal & Traczyk (1998)	Początek fazy zwilgotnienia klimatu i aktywizacji stokowych ruchów masowych
2		1140	Namuły mineralno-organiczne z brzeżnej partii niecki kopalnego jeziora polodowcowego	Gd-4926	9970±180	Chmal & Traczyk (1998)	Wiek kopalnego jeziora koło Domku Myśliwskiego – wytopienie lodowca w Kotle Małego Stawu
3	Przedpole Śnieżnych Kotłów	1020	Namułu organicznego wypełniającego jeziorko śródmorenowe	Gd-5574	5320±50	Chmal & Traczyk (1998)	Początek fazy wzmożonej akumulacji materiału organicznego w okresie atlanktyku
4	Smogornia	1400	Spąg pokrywy torfowej	Gd-194	<4900	RDb – A. Jahn (1972)	Początek akumulacji torfów na wierzchowinie (?)
5	Jakuszyce	900	Spągowe partie pokrywy torfowej	No 14682	10075±210	Dumanowski i in. (1961)	Początek akumulacji torfów w Karkonoszach (?)
6	Dolina Łomnicy	1030	Warstwa pogorzeliskowa (węgle drzewne) w osadach terasowych	No 14662	150±100	Dumanowski i in. (1961)	Trzebież lasu w okresie XIX-XX w.
7	Kocioł Małego Stawu	1135	Osady denne z niecki kopalnego jeziora polodowcowego	Erl (Bd.)	9914±100	Engel i in. (2008)	Wiek kopalnego jeziora koło Domku Myśliwskiego – wytopienie lodowca w Kotle Małego Stawu
8	Torfowisko koło Szrenicy	B.d.	Materiał z torfowiska grzbietowego	Gd-9422	430±140	Skrzypek in. (2005)	Akumulacja torfów w okresie subatlantyckim
9				Gd-9424	1540±120		
10				Gd-9426	1140±130		
11	Mały Staw	1183	Fragmenty drewna ze środkowej partii osadów wypełniających misę Małego Stawu	Hv-11977	4985	Wicik (1986)	Zmiana tempa zamulania zbiornika Małego Stawu w okresie atlantyku
12		1183	Fragmenty drewna ze dolnej partii osadów wypełniających misę Małego Stawu	Hv-11978	9450	Wicik (1986)	Wiek kopalnego jeziora – wytopienie lodowca w Kotle Małego Stawu (preboreał)

Objaśnienia: ([1]) – BP (Before Present) – przed 1950 r., ([2]) – Humble Oil Refining Lab. Huston,Texas; Erl – AMS C14-Labor Erlangen, RDb – Radiocarbon Database, Radiocarbon Laboratory, Silesian Univ. of Technology, Gliwice (www.carbon14.pl/IB_Grdb); B.d. –brak danych

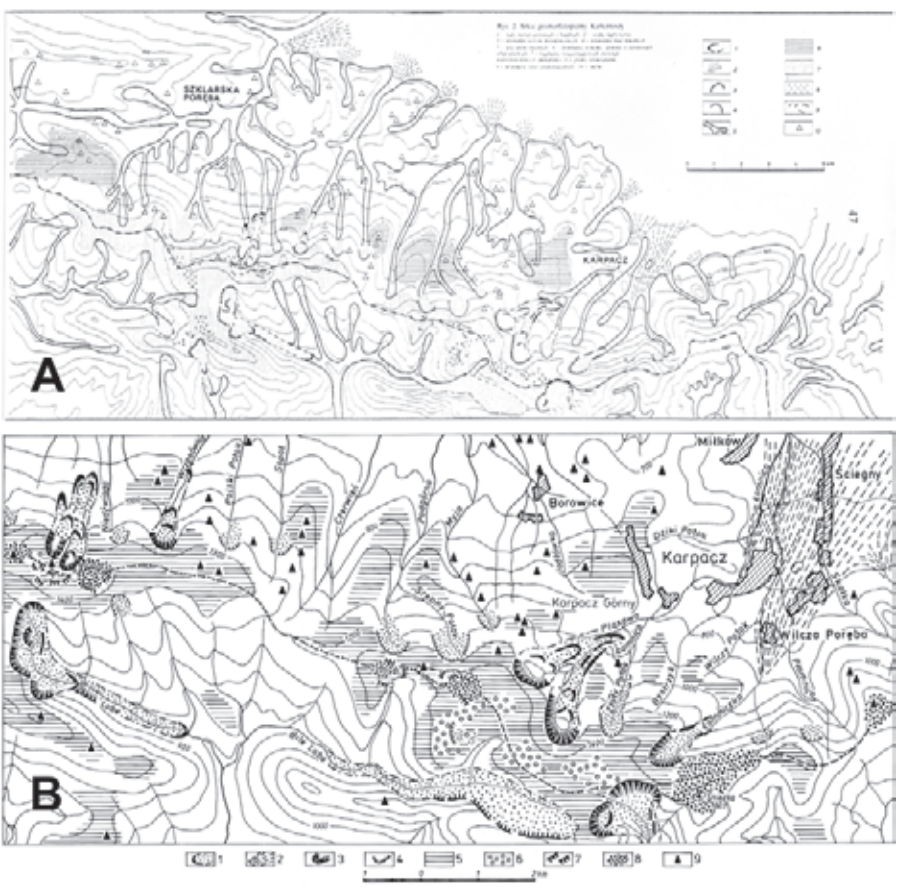
Przytoczone wyniki tych nowych badań przynoszą odpowiedzi na problemy podstawowe, dotyczące głównych założeń morfologicznych Karkonoszy. W ten sposób powrócono do pytań nurtujących pierwszych badaczy gór. Bogatsze zestawienie dorobku publikacyjnego w dziedzinie rzeźby Karkonoszy czytelnik znajdzie w przeglądowym opracowaniu Migonia (2011). Badania geomorfologiczne w Karkonoszach będą z pewnością kontynuowane, czemu sprzyjają działania KPN, polegające na aktywnym wspieraniu wszelkich inicjatyw naukowych. KPN realizuje także program ochrony rzeźby górskiej i krajobrazu. Zadania te wspomogło utworzenie na tym obszarze geoparku krajowego, którego celem jest propagowanie wiedzy dotyczącej elementów nieożywionych Karkonoszy (Knapik i in. 2011).

Rzeźba Karkonoszy w świetle analizy geomorfometrycznej

Regionalne badania geomorfologiczne prowadzone są zarówno na podstawie bezpośrednich obserwacji terenowych, jak i analizy dostępnych syntetycznych informacji o ukształtowaniu powierzchni terenu. Aktual-

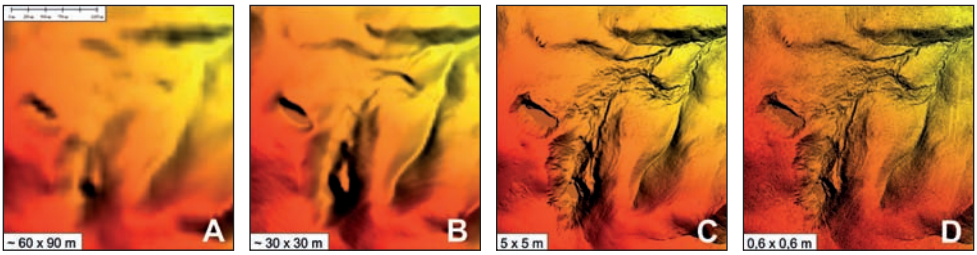
nie w studyjnej analizie rzeźby głównym źródłem danych tego typu są wykonywane różnymi technikami zdjęcia satelitarne i lotnicze oraz modele cyfrowe. To właśnie numeryczne modele wysokości (DEM) i rozwój technik komputerowych wywołały rewolucję w badaniach geomorfologicznych i spowodowały szybki rozwój geomorfometrii (Pike i in. 2008). Do opisu rzeczywistości w geomorfometrii służą parametry i obiekty. Wśród parametrów wyróżnić można parametry pierwotne, takie jak wysokość bezwzględna, nachylenie, ekspozycja oraz parametry wtórne, powstające z matematycznych przekształceń parametrów pierwotnych. Obiektami są fragmenty cyfrowych modeli wyróżnione na podstawie określonych cech.

Zaletą analizy geomorfometrycznej jest uzyskanie obiektywnej informacji o rzeźbie terenu, bez zbędnej nadinterpretacji czy nadmiernego wpływu indywidualnych przekonań autora. Podejście to pozwala na reinterpretację wcześniejszych poglądów i prowadzoną na wiele sposobów wizualizację reliefu, włącznie z opracowaniem pełnej mapy geomorfologicznej. Stworzone do tej pory opracowania kartograficzne dotyczące morfologii Karkonoszy cechowały się zbytnim uproszczeniem rzeczywistości (Ryc. 7).



Ryc. 7. Przykłady map geomorfologicznych Karkonoszy z publikacji: A – Czerwińskiego (1985), B – Bierońskiego i in. (1992). Oprócz daleko idącego uproszczenia rzeczywistości i wydzielenia tylko podstawowych form rzeźby, mapy wybiórczo traktują ich inwentarz (np. zbiór form skałkowych) oraz bazują na starszych, niekoniecznie słusznych interpretacjach (dotyczy to choćby zasięgu utworów lodowcowych)

Dane cyfrowe, jakimi dysponuje KPN, tj. różnoczasowe ortofotomapy oraz dane LiDAR, umożliwiają wyróżnienie parametrów i obiektów ze szczegółowością niedostępną dla autorów dotychczasowych opracowań geomorfologicznych. DEM powstały z przekształcenia danych LiDAR może mieć rozdzielczość poziomą nawet 0,6 × 0,6 m (Ryc. 8). Precyzja taka jest przydatna przy inwentaryzacji pojedynczych form terenu, jednak do ogólnej parametryzacji rzeźby, w skali całego masywu, wprowadza zbędny szum. Dlatego wyniki parametry-



Ryc. 8. Wizualne porównanie numerycznych modeli wysokości (DEM) o różnych wielkościach komórek rastrowych: A – SRTM-3 pochodzący z satelitarnych zdjęć radarowych, B – DTED2 stworzony przez digitalizację map 1:25 000, C – reinterpolowany DEM na podstawie danych LiDAR, D – DEM na podstawie danych LiDAR

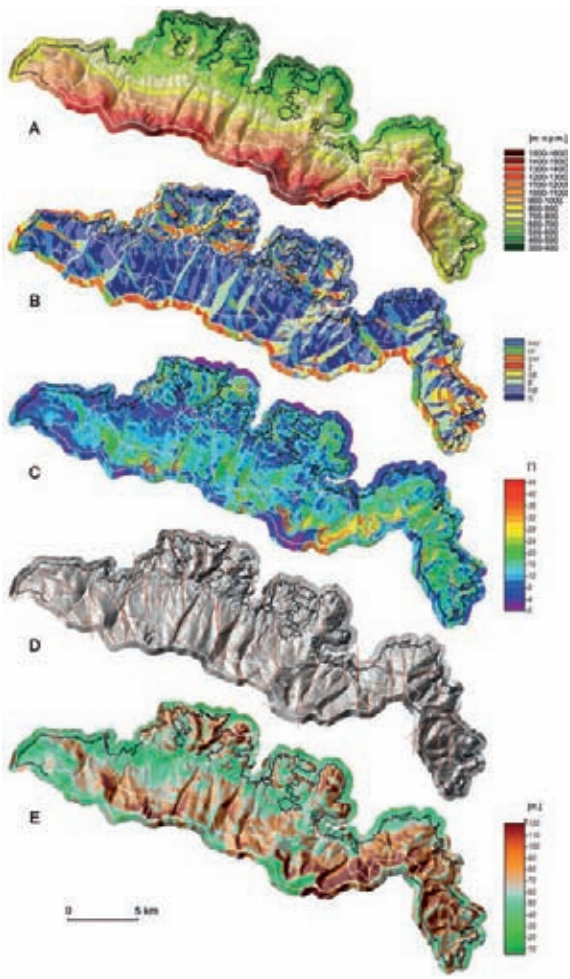
zacji przedstawionej w dalszej części rozdziału oparte zostały na DEM reinterpolowanym z danych LiDAR do rozdzielczości 30 × 30 m.

Przeprowadzona analiza odnosi się od obszaru KPN i jego otuliny oraz pasa (bufora) o szerokości 500 m, przylegającego do granicy obszaru chronionego. Bufor ten wyznaczono celowo, ponieważ granica otuliny ma skomplikowany przebieg i wewnętrzne enklawy, co utrudnia śledzenie parametrów charakteryzujących rzeźbę terenu. Tak wyznaczony obszar opracowania obejmuje ponad 23,5 tys. ha, a więc jest o 4,5 tys. ha większy (o około 20%) od powierzchni Parku i otuliny. Powiększenie południowej części obszaru o pas szerokości 500 m biegnący wzdłuż granicy państwowej sprawia, że analiza dotyczy także niewielkiej części obszaru położonego na terenie Republiki Czeskiej.

W tekście pominięto teoretyczne założenia zastosowanych parametrów geomorfometrycznych. Czytelnik znajdzie więcej informacji na ich temat w podręcznikach z zakresu GIS i geomorfometrii (np. Pike i in. 2008; Urbański 2009) oraz dostępnej w sieci internetowej publikacji Kasprzaka i Traczyka (2010) *Geomorfometria granitowej części Karkonoszy*. Rozpatrywane parametry zilustrowane zostały na rycinach 9 i 10.

Hipsometria

Stosunki wysokościowe analizowanego obszaru przedstawiono na rycinie 9A oraz krzywej hipsograficznej (Ryc. 11). Jej przebieg wskazuje, że tereny położone



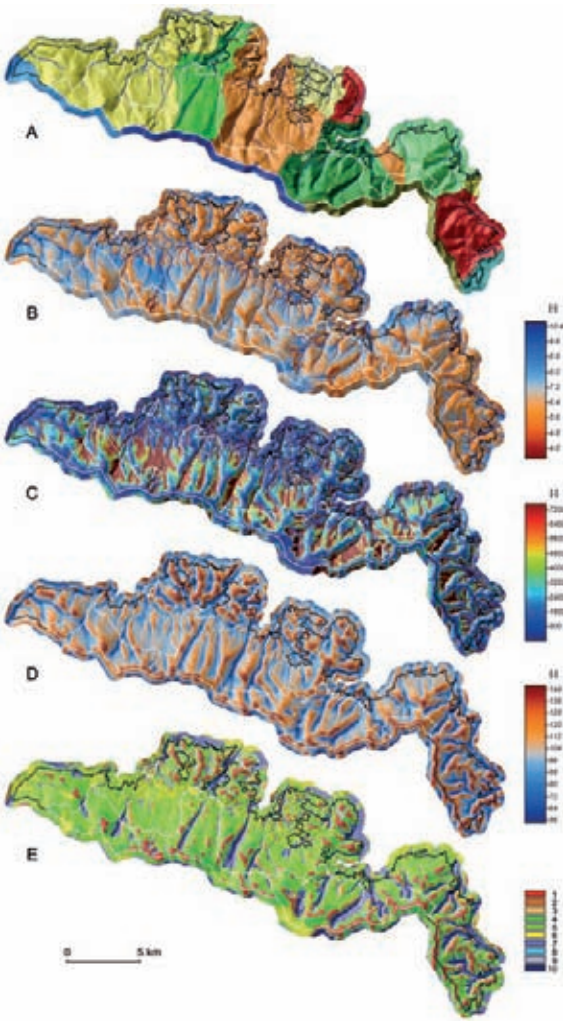
Ryc. 9. Parametryzacja rzeźby Karkonoszy: A – hipsometria, B – ekspozycja, C – spadki (nachylenie stoków), D – główne lineamenty rzeźby, E – energia rzeźby w otoczeniu 250 m dla każdego rastra

poniżej 600 m n.p.m. zajmują około 19% powierzchni, a w strefie między 600 a 1000 m n.p.m. łącznie ponad 51% powierzchni. Piętro wysokościowe powyżej 1000 m n.p.m., które może być utożsamiane ze strefą górnoreglową i subalpejską, stanowi około 30% terytorium Parku i jego otuliny. W obrębie otuliny obszary położone powyżej 1000 m n.p.m. obejmują głównie najwyższą cześć Grzbietu Lasockiego i północny skłon Kowarskiego Grzbietu (kulminacja Wołowej Góry). Piętro alpejskie, powyżej 1400 m n.p.m., z pokrywami peryglacjalnymi i roślinnością naskalną zajmuje tylko 3,4% powierzchni Parku.

Ekspozycja

Informacje odnoszące się do ekspozycji (wystawy) stoków podano na rycinie 9B i 12. Na obszarze opracowania około 70% powierzchni stokowych ma ekspozycje w zakresie kierunków od N do E, odpowiednio dla N – 26, NE – 22, E – 13%. Stoki eksponowane w kierunku NW zajmują 14% terenu. W sektorach od SE do W grupuje się razem jedna czwarta stoków – należy przy tym zauważyć, że wartość ta jest zawyżona, ponieważ obejmuje stoki położone w strefie buforowej, ale już poza granicą państwową, a więc o ekspozycji przeważnie południowej.

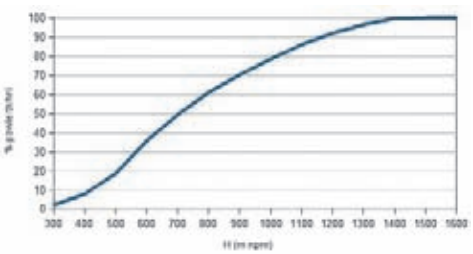
Dominacja stoków eksponowanych w kierunkach N i NE jest dobrze widoczna na mapie (Ryc. 9B). Takie kierunki ekspozycji przeważają w obrębie długich stoków Grzbietu Głównego oraz Grzbietu Kowarskiego. Na Pogórzu Karkonoskim wyraźnie zarysowują się, krótkie, równoleżnikowo rozciągnięte strefy stoków eksponowanych w kierunku S i SW. Odpowiadają one skłonom wzniesień ograniczającym od północy Karkonoski Padół Śródgórski oraz większym izolowanym kulminacjom w obrębie Pogórza (np. masyw Chojnika). Stosunkowo duży udział stoków eksponowanych na S, SW i SE występuje również w obrębie pasma Lasockiego Grzbietu. Stanowią one tutaj prawie tak samo liczną grupę, jak stoki eksponowane w kierunku wschodnim i północnym. Fakt ten można wiązać z występowaniem w tej część Karkonoszy mniejszych grzbietów ustawionych poprzecznie do osi Grzbietu Lasockiego.



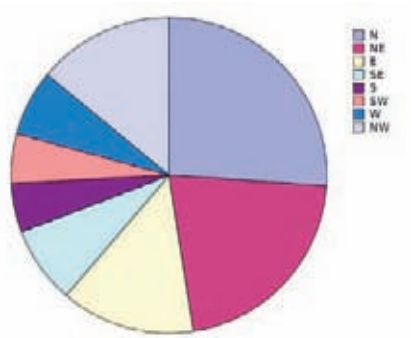
Ryc. 10. Parametryzacja rzeźby Karkonoszy: A – podział na główne zlewnie wyznaczony w sposób automatyczny, B – topograficzny indeks wilgotności (TWI), C – indeks siły spływu (SPI), D – zbieżność stoków (CI), E – automatyczna klasyfikacja form rzeźby (TPI LC); 1 – grzbiety i kulminacje wierzchowinowe, 2 – grzbiety boczne słabo zarysowane kulminacje, 3 – drugorzędne grzbiety i lokalne kulminacje, 4 – górne partie stoków i spłaszczenia wierzchowinowe, 5 – stoki o nachyleniu powyżej 6°, 6 – spłaszczenia, stoki o nachyleniu do 6° stopni, 7 – doliny nieckowate, 8 – zamknięcia dolin, 9 – płytkie małe doliny, niecki stokowe, 10 – głęboko wcięte doliny i jary

Nachylenie stoków

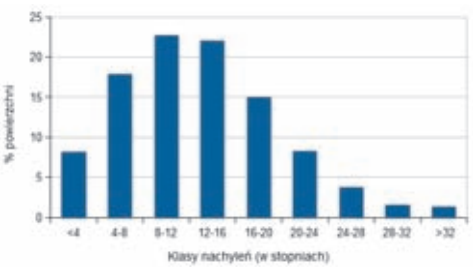
Na obszarze KPN i jego otuliny powierzchniowo dominują stoki o umiarkowanym nachyleniu. Stoki w klasach od 8 do 12° i od 12 do 16° zajmują po około 22% powierzchni (Ryc. 9C i 13). Stoki bardzo strome, o nachy-



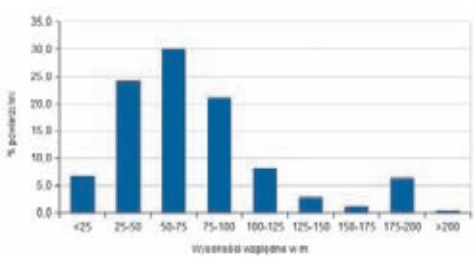
Ryc. 11. Krzywa hipsometryczna dla obszaru poddanego analizie



Ryc. 12. Udział stoków o różnej ekspozycji w ogólnej powierzchni obszaru analizy



Ryc. 13. Nachylenie stoków na badanej powierzchni



Ryc. 14. Wysokości względne dla obszaru Karkonoskiego Parku Narodowego i otuliny wyznaczone na podstawie DEM o rozdzielczość 30×30 m (otoczenie 250 m)

leniach powyżej 28°, zajmują około 3% obszaru. Najwyższe wartości nachyleń występują jednak zaledwie w kilku strefach obejmujących ściany karów lodowcowych, zbocza doliny Łomniczki oraz stoki Śnieżki i Czarnego Grzbietu. Stoki o najmniejszym nachyleniu (poniżej 4°) stanowią nieco powyżej 8% powierzchni. Są one typowe dla zrównań wierzchowinowych, spłaszczeń śródstokowowych oraz kotlinowatych obniżeń w obrębie Karkonoskiego Padołu Śródgórskiego.

Główne lineamenty rzeźby

Topolineamenty zostały wyznaczone metodą automatyczną na podstawie DEM w programie MicroDEM (Ryc. 9D). Ukazują one przebieg elementów linijnych w rzeźbie terenu. W sposób tradycyjny wyznaczano je na podstawie map topograficznych metodą pomniejszania fotograficznego rysunku poziomic. W przypadku procedury automatycznej istnieje możliwość sterowania ich zagęszczeniem przez zmianę kilku parametrów wejściowych (np. minimalnej odległości punktów, między którymi prowadzone są obliczenia, wielkość pola odniesienia, współczynnika wypłaszczenia itp.).

W rezultacie modelowania uzyskano mapę topolineamentów, które w obrębie północnego skłonu Grzbietu Głównego układają się mniej więcej równolegle do osi bocznych grzbietów i większych dolin rzecznych skierowanych na NW i NE. We wschodniej części Karkonoszy wyraźnie zaznacza się układ topolineamentów biegnących równolegle do strefy kontaktu batolitu granitowego z jego osłoną metamorficzną. Taka sytuacja występuje w rejonie doliny Łomniczki. W regionie położonym na wschód od Śnieżki przeważają długie topolineamenty o przebiegu N-S. W strefie Karkonoskiego Padołu Śródgórskiego nie zaznacza się żaden wyraźny układ elementów liniowych. Obszar ten przecinają poprzecznie w stosunku do rozciągłości Padołu nieliczne topolineamenty związane z przebiegiem głównych dolin rzecznych (Wrzosówki, Podgórnej, Myi itp.). Jedynie

w okolicach Borowic widoczne są dwa długie topolineamenty układające się zgodnie z przebiegiem osi Padołu. Na obszarze Pogórza Karkonoskiego regularny układ topolineamentów widoczny jest jedynie w zachodniej części, między doliną Kamiennej a Wrzosówki. Dominują tu topolineamenty skierowane na NW. Wyraźnie zarysowuje się również wiązka linii biegnących równolegle do krawędzi Pogórza.

Energia rzeźby

Energia rzeźby to parametr wskazujący na różnice wysokości w zadanym otoczeniu dla każdego rastra modelu. Parametr energii rzeźby dla obszaru Karkonoszy został wyznaczony dla pola podstawowego o promieniu 250 m, tj. o powierzchni 6,25 ha. Rzeźba o wysokiej energii charakteryzuje się dużymi gradientami wysokościowymi i na ogół znacznymi nachyleniami stoków. Teoretycznie więc obszary o wysokiej energii rzeźby cechują się nasileniem różnorodnych procesów niszczących, np. grawitacyjnych ruchów masowych czy erozji rzecznej. Dla odmiany, w strefach o małej energii rzeźby, a więc tam, gdzie lokalne deniwelacje i nachylenie stoków są małe, natężenie procesów degradacyjnych będzie niewielkie.

Wartości energii rzeźby zmieniają się dla analizowanego obszaru w zakresie od 1,5 do ponad 250 m. Minimalne wartości (poniżej 25 m) zajmują łącznie 6,7 % powierzchni i obejmują spłaszczenia na wierzchowinie i stokach oraz dna kotlinowatych obniżeń w obrębie Karkonoskiego Padołu Śródgórskiego (Ryc. 14). Największy procentowy udział mają powierzchnie o przewyższeniach od 25 do 100 m. Łącznie na ten przedział przypada aż 75% areału, głównie na północnych stokach Grzbietu Głównego i Kowarskiego (Ryc. 11E). Maksymalne wartości energii rzeźby, podobnie jak w przypadku spadków, przypadają na kary lodowcowe, stoki Śnieżki i Czarnego Grzbietu oraz górne odcinki głęboko wciętych dolin Wrzosówki, Podgórnej oraz ich głównych dopływów. Strefa krawędziowa Pogórza Karkonoskiego zaznacza się stosunkowo słabo. Wartości energii rzeźby w zakresie 80–100 m widoczne są jedynie na odcinku między Kamienną a Wrzosówką oraz po wschodniej stronie grzbietu Czoło – Grabowiec. Obszar położony na wschód od Sowiej Przełęczy, obejmujący Kowarski Grzbiet i Grzbiet Lasocki, cechuje się przewagą energii rzeźby w zakresie od 90 do ponad 120 m. Niewielkie obszary niższych wartości (poniżej 30–40 m) obejmują wąskie strefy w obrębie grzbietów i największych dolin rzecznych (Srebrnika i Białej Wody). W ogólności obszar położony na wschód od Śnieżki przypomina zatem pod względem dynamiki rzeźby południową, czeską część Karkonoszy (liczne grzbiety o wysokości 1000–1100 m n.p.m. i głębokie, doliny rzeczne o wąskich dnach), co wynika z podobieństw budowy geologicznej. We wschodniej części Karkonoszy zbudowanej z różnorodnych skał metamorficznych (gnejsów i łupków) rzeźba jest silniej skontrastowana niż w obrębie obszaru granitowego Karkonoszy.

Zlewnie

Na podstawie DEM wygenerowano warstwę wektorową zlewni (Ryc. 10A) i scharakteryzowano je pod kątem cech ukształtowania powierzchni (Tab. 2). Ze względu na przyjęty obszar opracowania granice dolnych

Tab. 2. Wybrane parametry morfometryczne zlewni na obszarze Parku i jego otuliny. Objaśnienia: H_{max} – najwyżej położony punkt zlewni (m n.p.m), $H_{śr}$ – średnia wysokość zlewni w m n.p.m., H_{mod} – wysokość modalna w m n.p.m., S_{max} – maksymalne nachylenie zlewni w stopniach, $S_{śr}$ – średnie nachylenie zlewni w stopniach

Zlewnia	H_{max}	$H_{śr}$	H_{mod}	S_{max}	$S_{śr}$
Jedlicy	1266	744	476	37	14
Kamiennej	1507	842	645	58	11
Łomnicy i Łomniczki	1602	999	1227	52	15
Opawy	908	716	646	30	11
Podgórnej	1490	804	605	45	13
Skałki	1282	855	602	30	16
Sośniaka	873	545	370	31	11
Świdnika	936	768	782	29	15
Wrzosówki	1421	799	639	51	13
Złotnej i Białej Wody	1188	816	731	37	15

części zlewni mają przebieg sztuczny, co widać na przykładzie Podgórnej i Łomnicy. Dlatego też nie uwzględniono takich parametrów morfometrycznych jak powierzchnia i przeciętna ekspozycja. W zestawieniu tabelarycznym nie ujęto również najmniejszych wydzielonych automatycznie powierzchni (np. na północnym skłonie Chojnika, czy też zlewni potoku przepływającego przez Miłków).

Najwyższe wysokości bezwzględne występują w zlewni Łomnicy i Łomniczki (Tab. 2). Jest to zrozumiałe, ponieważ na jej obszarze znajduje się najwyższa kulminacja całego masywu – Śnieżka. Najwyższe kulminacje znajdują się również w zlewni Kamiennej (fragment Grzbietu Głównego z Wielkim Szyszakiem). Więcej informacji na temat zróżnicowania wysokościowego zlewni niosą ze sobą dwa kolejne parametry: przeciętna (średnia) wysokość oraz wysokość modalna. Średnie wysokości większości zlewni karkonoskich wahają się od 700 do 1000 m. Wyjątkiem jest zlewnia Sośniaka (średnia wysokość 545 m), która w całości położona jest w obrębie Pogórza Karkonoskiego. Podobny rozkład mają wartości modalne. Zmieniają się one w zakresie od 370 (zlewnia Sośniaka) do ponad 1200 m (zlewnia Łomnicy i Łomniczki), jednak dla 7 innych zlewni wahają się w granicach 600–780 m.

Nachylenia maksymalne w poszczególnych zlewniach zmieniają się w zakresie od 29° (zlewnia Świdnika) do 58° (zlewnia Kamiennej). Tak znaczna rozpiętość wartości związana jest z tym, że w zlewniach obejmujących stoki Grzbietu Głównego górne odcinki dolin przekształcone są przez procesy glacjalne i niwalne – występują tu kary lodowcowe ze ścianami skalnymi i nisze niwalne. Średnie wartości nachyleń w poszczególnych zlewniach nie wykazują już tak dużego zróżnicowania. Przeciętnie wahają się one od 11 do 16°. Zaznacza się przy tym wyraźna tendencja do wzrostu nachyleń dla zlewni położonych we wschodniej części obszaru. Zmienność tę można powiązać z charakterem podłoża. Dla zlewni wykształconych w obrębie granitów karkonoskich średnie nachylenie wynosi 11–13°, natomiast dla zlewni zbudowanych ze skał metamorficznych wzrasta do 14–16°.

Topograficzny indeks wilgotności (TWI)

TWI (ang. *Topographic Wetness Index*) jest parametrem geomorfometrycznym, który określa warunki topograficzne dla gromadzenia wody (kumulacji spływu powierzchniowego). Pozwala on zatem z jednej strony na określenie miejsc, w których ze względu na otaczającą konfigurację terenu dochodzić będzie do koncentracji wilgoci, z drugiej zaś uwypukla strefy, z których woda będzie szybko odpływać. W odniesieniu do stanu gruntu i warunków glebowych będą to potencjalne strefy saturacji i rozwoju warunków redukcyjnych w podłożu zwietrzelinowym lub też przeciwnie, strefy miąższych poziomów aeracji (przesuszenia gruntu) oraz rozwoju warunków oksydacyjnych.

Najwyższe wartości parametru TWI są charakterystyczne dla den dolin rzecznych, a szczególnie ich dolnych odcinków, w rzeczywistości faktycznie prowadzących więcej wody, poniżej punktów węzłowych sieci rzecznej. Przestrzenny rozkład parametru TWI (Ryc. 10B) pozwala ponadto na obszarze KPN i jego otuliny wyróżnić dwie odmienne pod tym względem strefy. Pierwsza z nich obejmuje stoki Grzbietu Głównego i Kowarskiego, druga zaś obszar Pogórza Karkonoskiego oraz Grzbiet Lasocki. W obrębie pierwszej jednostki na przemian występują strefy, tworząc prostopadle bądź skośnie biegnące w stosunku do linii Grzbietu Głównego pasy, w których indeks wilgotności przyjmuje wartości w zakresach 4,5–6,5 oraz 7,5–10 (skala niemianowana). Pasy wartości maksymalnych rozszerzają się w dół stoku wraz z rozszerzaniem den dolinnych. Nieco inaczej wygląda sytuacja w obrębie wierzchowiny. Między Śnieżką a Smogornią widoczny jest rozległy obszar o sprzyjających warunkach dla gromadzenia wilgoci, co dobrze koresponduje z występowaniem w tej części Karkonoszy najrozleglejszych subalpejskich torfowisk wysokich. Drugi taki obszar zaznacza się, choć mniej wyraźnie, na zachód od Wielkiego Szyszaka (w tym przypadku strefa występowania torfowisk leży na południe od granicy państwowej). Strefy wyraźnej dominacji maksymalnych wartości wskaźnika widoczne są także u podnóża Śnieżnych Kotłów – Łabskiego Szczytu, Szrenicy oraz w dolnych partiach grzbietu granicznego z Mumlawskim Wierchem, opadającym stopniowo w kierunku przełęczy Szklarskiej.

Należy podkreślić występowanie miejsc, w których indeks wilgotności przybiera wartości skrajnie niskie (poniżej 4). Są to głównie górne krawędzie karów lodowcowych (np. Śnieżnych Kotłów), Śnieżka i Czarny Grzbiet, a także kulminacja Kopy i północne zbocza doliny Łomniczki. Obecność tej ostatniej strefy jest o tyle intrygująca, że właśnie na północnym (orograficznie lewym) zboczu doliny Łomniczki tworzą się liczne i jedne z największych w polskiej części Karkonoszy spływy gruzowo-błotne.

Drugi z wyróżnionych obszarów (Pogórze Karkonoskie i Grzbiet Lasocki) charakteryzuje się wyraźną dominacją stref, w których indeks wilgotności przyjmuje wartości z zakresu od 5 do 7. Przeważają zatem powierzchnie predysponowane do małego uwilgotnienia. Miejsca potencjalnie silniej uwilgocone pojawiają się jedynie w obrębie większych, wyraźnie wciętych obniżeń dolinnych. Na tym tle wyróżnia się strefa Karkonoskiego Padołu Śródgórskiego w rejonie Borowic i w pobliżu Szklarskiej Poręby. W miejscach tych widać wyraźną dominację wysokich wartości wskaźnika. Ma to swoje odbicie w rzeczywistej sytuacji terenowej. Obie miejscowości znajdują się w kotlinowatych obniżeniach będących węzłami hydrograficznymi dla licznych cieków.

Wskaźnik zbieżności stoków (CI)

Wskaźnik zbieżności stoku (ang. *Convergence Index*) jest bezwymiarowym parametrem, który pozwala na zróżnicowanie stoków ze względu na ich kształt. Można dzięki temu wyróżnić stoki zbieżne, rozbieżne i pośrednie (prostoliniowe). Stoki zbieżne są miejscami koncentracji spływu powierzchniowego, natomiast stoki rozbieżne odpowiadają strefom rozpraszania spływu. Rozkład przestrzenny tego wskaźnika (Ryc. 10C) przedstawia wydłużone strefy, ułożone mniej więcej równolegle do siebie, przybierające wartości z zakresu od około 50 (maksymalna zbieżność) do ponad 144 (maksymalna rozbieżność). Układ tych stref nawiązuje odpowiednio do rozciągłości obniżeń dolinnych oraz do przebiegu i położenia głównych form wypukłych (grzbietów). Taki rozkład widoczny jest na północnym skłonie Grzbietu Głównego. W paśmie Grzbietu Lasockiego uwidacznia się natomiast „drzewiasty" (dendrytyczny) układ dolin, mówiący także o odmiennym układzie grzbietów.

Analizując mapę parametru CI warto zwrócić uwagę na znaczny udział stoków prostoliniowych w obrębie Grzbietu Głównego (wartości wskaźnika w zakresie 100–110). Rozległe powierzchnie tego typu charakterystyczne są dla obszaru położonego na zachód od doliny Wrzosówki. Są one również typowe dla północnego skłonu Grzbietu Kowarskiego. Odmienny i silnie skontrastowany obraz rozkładu wartości minimalnych i maksymalnych wskaźnika zbieżności widoczny jest dla obszaru Pogórza Karkonoskiego. Liczne owalne lub nieznacznie wydłużone obszary maksymalnych wartości CI występują w otoczeniu skomplikowanego układu pasów, w których przybiera on wartości poniżej 90. Sytuację tę można zinterpretować w następujący sposób: na obszarze Pogórza Karkonoskiego występują liczne izolowane formy wypukłe porozdzielane stosunkowo szerokimi formami wklęsłymi – dolinami i siodłami terenowymi tworzącymi charakterystyczną sieć obniżeń.

Indeks siły spływu (SPI)

Siła spływu (ang. *Stream Power Index*) jest parametrem będącym miarą potencjalnej siły erozyjnej spływu powierzchniowego. Stosuje się go zazwyczaj w badaniach gleboznawczych jako składową do przewidywania skutków erozji. Na przeważającym obszarze KPN i otuliny dominują niskie wartości SPI (Ryc. 11D), charakterystyczne dla krótkich odcinków stokowych i licznych obniżeń, gdzie droga potencjalnego spływu powierzchniowego jest krótka. Obraz taki wynika ze znacznego urozmaicenia morfologicznego masywu i w praktyce wcale nie oznacza, iż są to miejsca nie narażone na erozję wodną.

Wskaźnik SPI przybiera najwyższe wartości na stokach Grzbietu Głównego oraz w nieco mniejszym stopniu na stokach Grzbietu Kowarskiego i Lasockiego. W większości przypadków strefy te nawiązują swoim przebiegiem do układu większych dolin rzecznych o wyraźnie zaznaczonych zboczach. Tak jest np. w środkowej części Karkonoszy, gdzie występują długie prostoliniowe w przebiegu doliny Wrzosówki, Podgórnej, Myi, Czerwienia itp. Podobna sytuacja widoczna jest w rejonie Karpacza (Srebrny Potok, Bystrzyk, Wilczy Potok) oraz w obrębie Grzbietu Lasockiego (Srebrnik, Biała woda, Złotnik). Na Kowarskim Grzbiecie oraz na zachód od Śnieżnych Kotłów wyraźnie zarysowują się strefy maksymalnych wartości siły spływu o lejkowatym kształcie. Odpowiadają one rozległym nieckom stokowym – źródliskom Maliny, Skałki (Kowarski Grzbiet) czy też Bystrego Potoku, Szrenickiego Potoku i Kamiennej (zachodnia część Grzbietu Głównego).

Uwagę należy zwrócić na dwie strefy wysokich wartości wskaźnika siły spływu. Pierwsza z nich położona jest na przedpolu Śnieżnych Kotłów. Druga to północne stoki Śnieżki i Czarnego Grzbietu. W obu przypadkach występują długie, prostoliniowe, słabo rozczłonkowane powierzchnie stokowe. Różnią się one jednak nachyleniem. W pierwszym przypadku wynosi ono przeciętnie 12–16°, w drugi zaś 28–32°. Na przedpolu Śnieżnych Kotłów istnieje sieć licznych, drobnych cieków źródliskowych Płócznika, Bielnika, Białki, Wrzączki, Niedźwia-

Tab. 3. Udział poszczególnych podstawowych form rzeźby na obszarze KPN i jego otuliny

Formy rzeźby	% powierzchni
Głęboko wcięte doliny i jary	7,4
Płytkie małe doliny	4,7
Zamknięcia dolin	0*
Doliny nieckowate	5,0
Spłaszczenia, stoki o nachyleniu do 6°	8,5
Stoki o nachyleniu powyżej 6°	53,8
Górne partie stoków i spłaszczenia wierzchowinowe	7,8
Drugorzędne grzbiety i lokalne kulminacje	0*
Grzbiety boczne słabo zarysowane kulminacje	5,4
Grzbiety i kulminacje wierzchowinowe	7,5

** – poniżej 0,1%*

dy, Górnej Szklarki i Brocza. Ta mnogość cieków wodnych świadczy o tym, że faktycznie jest to strefa, w której panują bardzo dogodne warunki topograficzne dla rozwoju spływu powierzchniowego. Zastanawiająca jest natomiast sytuacja drugiego z wyróżnionych przypadków. Na stokach Śnieżki i Czarnego Grzbietu nie ma dolin ani sieci stałego drenażu powierzchniowego. Stoki te do wysokości około 1100–1200 m zajęte są przez zwartą grawitacyjną pokrywę gruzowo-głazową. Ich znaczne nachylenie (przekraczające 30°) (a w rzeczywistości także obecność luźnej pokrywy grawitacyjnej) powoduje, że nie dochodzi tu do koncentracji spływu powierzchniowego. Zapewne jest to zatem domena działania spływu podpowierzchniowego-śródpokrywowego, bądź zachodzącego w spągu pokrywy, po powierzchni podłoża skalnego.

Klasyfikacja form rzeźby (TPI LC)

Klasyfikacja form rzeźby (ang. *Topographic Position Indeks Landform Clasiffication*) przeprowadzona została metodą automatyczną opartą wyłącznie na danych wysokościowych w programie SAGA GIS. Jedynym elementem, który jest określany przed wdrożeniem niniejszej procedury analitycznej, jest bliższe i dalsze otoczenie każdego rastra, wymagane przez algorytm obliczeniowy. Wyniki działania procedury wdrożonej dla analizowanego obszaru w oparciu o parametry wejściowe 300 i 1200 m (odpowiednio bliższe i dalsze otoczenie) zostały zaprezentowane na rycinie 10E oraz w tabeli 3.

Największy udział wykazują formy terenu wyróżnione w klasyfikacji wskaźnika TPI jako stoki o nachyleniu przekraczającym 6° (około 54% powierzchni), czyli o umiarkowanym i dużym nachyleniu. Na drugim miejscu są spłaszczenia i stoki łagodne (8,5%), a na trzecim górne odcinki stoków i spłaszczenia (zrównania) wierzchowinowe. Warto przy tym zauważyć, że równie liczne jak spłaszczenia wierzchowinowe są formy określane jako głęboko wcięte doliny i jary (7,4%). O ile formy spłaszczeń dominują na wierzchowinie i w obrębie górnych odcinków stoku, to głęboko wcięte doliny odpowiadają głównie przełomowym odcinkom dolin rozcinających obszar Pogórza Karkonoskiego. Zestawienie udziału poszczególnych form (Tab. 3) potwierdza wnioski z wcześniejszych opracowań dotyczących rzeźby Karkonoszy, które podkreślają fakt stosunkowo słabego rozdolinnienia granitowej części masywu. Udział innych obniżeń dolinnych (płytkich małych dolin, dolin nieckowatych i obniżeń źródliskowych) w morfologii masywu wynosi sumarycznie około 10%. Większość wymienionych form przypada na obszar bardziej urozmaiconego pod względem morfologicznym Pogórza Karkonoskiego. Formy tego typu w obrębie stoków Grzbietu Głównego należą do rzadkości.

Podsumowanie

W tradycyjnym ujęciu wśród charakterystycznych cech rzeźby Karkonoszy wymieniano obecność zrównań wierzchowinowych i stromych krawędzi morfologicznych, dobrze zachowanych śladów działalności lodowców górskich, bogactwo skałek granitowych oraz form utworów pokrywowych genezy peryglacjalnej (Migoń

Tab. 4. Główne cechy rzeźby Karkonoszy na podstawie parametryzacji geomorfometrycznej

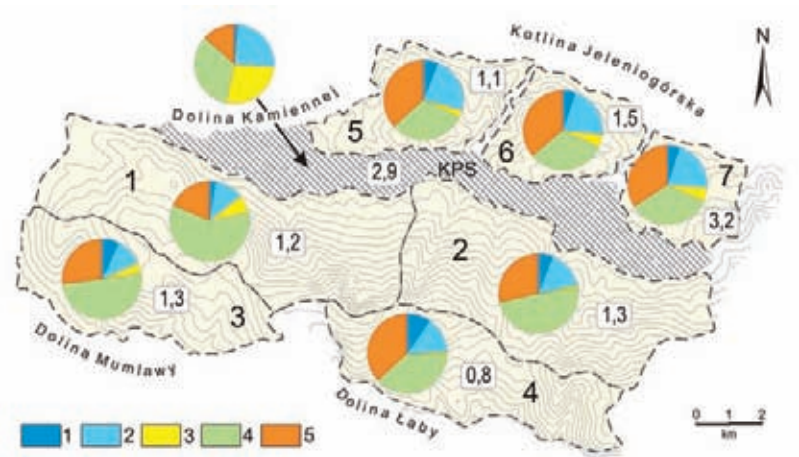
Hipsometria	Na obszarze KPN i jego otuliny dominują obszary w piętrze wysokościowym 600–1000 m (ponad 50% powierzchni) przy rozpiętości wysokościowej 300–1602 m n.p.m.
Ekspozycja	Teren KPN i otuliny cechuje się przewagą stoków o ekspozycji N i NE. W południowej części Pogórza Karkonoskiego (przy granicy z Karkonoskim Padołem Śródgórskim) oraz paśmie Lasockiego Grzbietu znaczny udział mają stoki eksponowane w kierunku S i SE.
Spadki	Stoki umiarkowanie nachylone (8–16°) zajmują 43% powierzchni Parku i jego otuliny. Spłaszczenia (<4°) zajmują tylko 8% powierzchni, z tego zrównanie wierzchowinowe obejmuje mniej niż 5% powierzchni. Stoki bardzo strome (>30°) występują w obrębie karów lodowcowych oraz w obrębie zboczy dolin przełomowych (jarów rzecznych). Wyjątek stanowią tu stoki Czarnego i Kowarskiego Grzbietu, Sowia Dolina oraz południowy skłon masywu Chojnika (stok skalny).
Topolineamenty	Większość głównych lineamentów rzeźby Karkonoszy ma składową północną – ich przebieg nawiązuje do spękań typu Q i uskoków ustawionych prostopadle do rozciągłości intruzji granitowej. Topolineamenty te układają się zgodnie z przebiegiem dolin i grzbietów. Takiej regularności nie ma w obrębie Pogórza Karkonoskiego, a zwłaszcza jego wschodniej części. W rejonie Śnieżki zaznacza się wyraźnie strefa kontaktowa między granitową a metamorficzna partią masywu (kierunki NE-SW).
Energia rzeźby	W granitowej części Karkonoszy największą energią rzeźby cechuje się północny skłon Grzbietu Głównego. Znaczne wartości energii rzeźby występują także w zachodniej części Pogórza Karkonoskiego między dolinami Wrzosówki i Kamiennej. Pod tym względem wschodnia część Pogórza tylko w nieznaczny sposób odróżnia się od Padołu Śródgórskiego, gdzie wartości wskaźnika spadają poniżej 40 m. Strefa największego na całym analizowanym terenie zróżnicowania wysokościowego obejmuje obszar leżący na wschód od Śnieżki (Czarny i Kowarski Grzbiet, Grzbiet Lasocki) – energia rzeźby dla zadanego pola podstawowego 250 m lokalnie przekracza tu 200 m.
Zlewnie	Średnie wysokości większości zlewni karkonoskich wahają się od 700 do 1000 m n.p.m., a ich przeciętne nachylenia zmieniają się od 11 do 16°. Zlewnie wykształcone w obrębie granitów karkonoskich mają średnie nachylenie rzędu 11–13°, a zbudowane ze skał metamorficznych 14–16°.
Topograficzny indeks wilgotności	Analiza topograficznego indeksu wilgotności prowadzi do wniosku, że na stokach Karkonoszy, a zwłaszcza w obrębie Pogórza i Grzbietu Lasockiego, warunki topograficzne nie sprzyjają koncentracji wilgoci. Takie warunki istnieją głównie w strefie Karkonoskiego Padołu Śródgórskiego, u podnóża Grzbietu Głównego oraz na wierzchowinie gór.
Indeks siły spływu	Potencjalnie największa siła spływającej wody na analizowanym obszarze dotyczy dolnych odcinków koryt rzecznych, poniżej węzłów hydrograficznych oraz odcinków koryt najsilniej nachylonych. Wysokie wartości spływu powierzchniowego dotyczą także stoków Grzbietu Głównego, Czarnego Grzbietu i Kowarskiego Grzbietu – długich i stromo nachylonych.
Wskaźnik zbieżności stoków	Na obszarze Karkonoszy dominują stoki rozbieżne i pośrednie, a więc na ogół powodujące rozproszenie i osłabienie spływu, a co za tym idzie transportu materiału stokowego. Zbieżne powierzchnie morfologiczne dotyczą przeważnie większych dolin rzecznych – pod tym względem wyróżnia się położona na zachód od Wrzosówki część Pogórza Karkonoskiego oraz pasmo Grzbietu Lasockiego.
Automatyczna klasyfikacja form rzeźby/jednostki krajobrazu	Dominującym powierzchniowo elementem rzeźby Karkonoszy są umiarkowanie nachylone i stosunkowo słabo rozczłonkowane stoki. Rozległe powierzchnie zrównania wierzchowinowego zaznaczają się w obszarze opracowania jedynie we Wschodnich Karkonoszach (okolice Smogorni i Równia pod Śnieżką). Obszar Pogórza Karkonoskiego cechuje się występowaniem licznych izolowanych kulminacji. Na tym tle kontrastowo odróżnia się rzeźba pasma Lasockiego Grzbietu, gdzie przemiennie występują stromo nachylone grzbiety i głębokie doliny. Jest to tzw. typ urzeźbienia range and valleys.

2005). Przeprowadzona w niniejszym rozdziale analiza rzeźby Karkonoszy pozwala na nowo, w sposób ilościowy spojrzeć na tę charakterystykę. Proponujemy syntetyczne zestawienie wniosków płynących z takiej analizy w odniesieniu do zastosowanych parametrów geomorfometrycznych (Tab. 4).

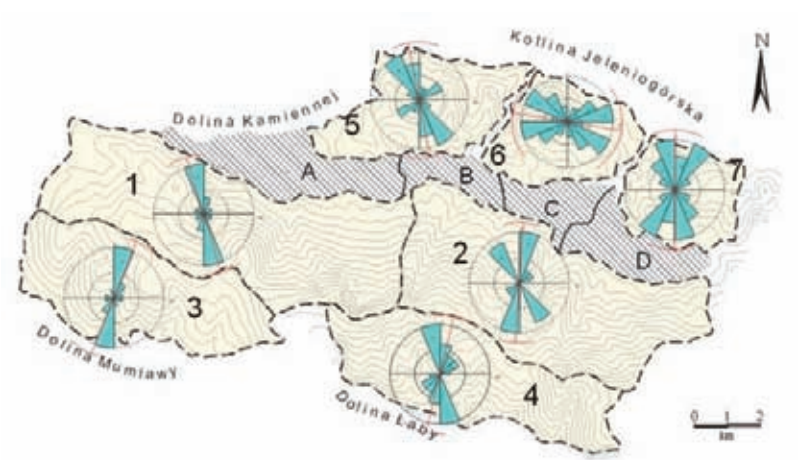
Przedstawione powyżej konkluzje odnoszą się do całego Parku oraz jego otuliny, a więc obszaru o zróżnicowanej litologii i tektonice. Podobną analizę autorzy wykonali również dla granitowej części Karkonoszy (Kasprzak & Traczyk 2010). Jej końcowym rezultatem było wyróżnienie w obrębie Grzbietu Głównego i Pogórza Karkonoskiego, kilku odrębnych, różniących się pod względem morfometrycznym, jednostek rzeźby (Ryc. 15). Analiza pozwoliła m.in. na określenie charakterystycznych cech rzeźby Karkonoskiego Padołu Śród-

górskiego, które ze względu na skomplikowaną topografię są trudne do przedstawienia przez tradycyjny opis. Na podstawie uzyskanych wyników obszar Karkonoskiego Padołu Śródgórskiego można uznać za strefę morfologicznie niejednolitą (Ryc. 16). W jego zachodniej części dominują rozległe powierzchnie spłaszczeń, natomiast w części położonej na wschód od doliny Wrzosówki przeważają izolowane kulminacje i obniżenia dolinne, pojawia się tu także znacznie więcej stoków o nachyleniu poniżej 6°. Analiza GIS dostarcza także ciekawych spostrzeżeń na temat Pogórza Karkonoskiego. Obszar ten odróżnia od Grzbietu Głównego Karkonoszy nie tylko sytuacja wysokościowa, ale liczba kulminacji (Ryc. 15) i orientacja grzbietów (Ryc. 16).

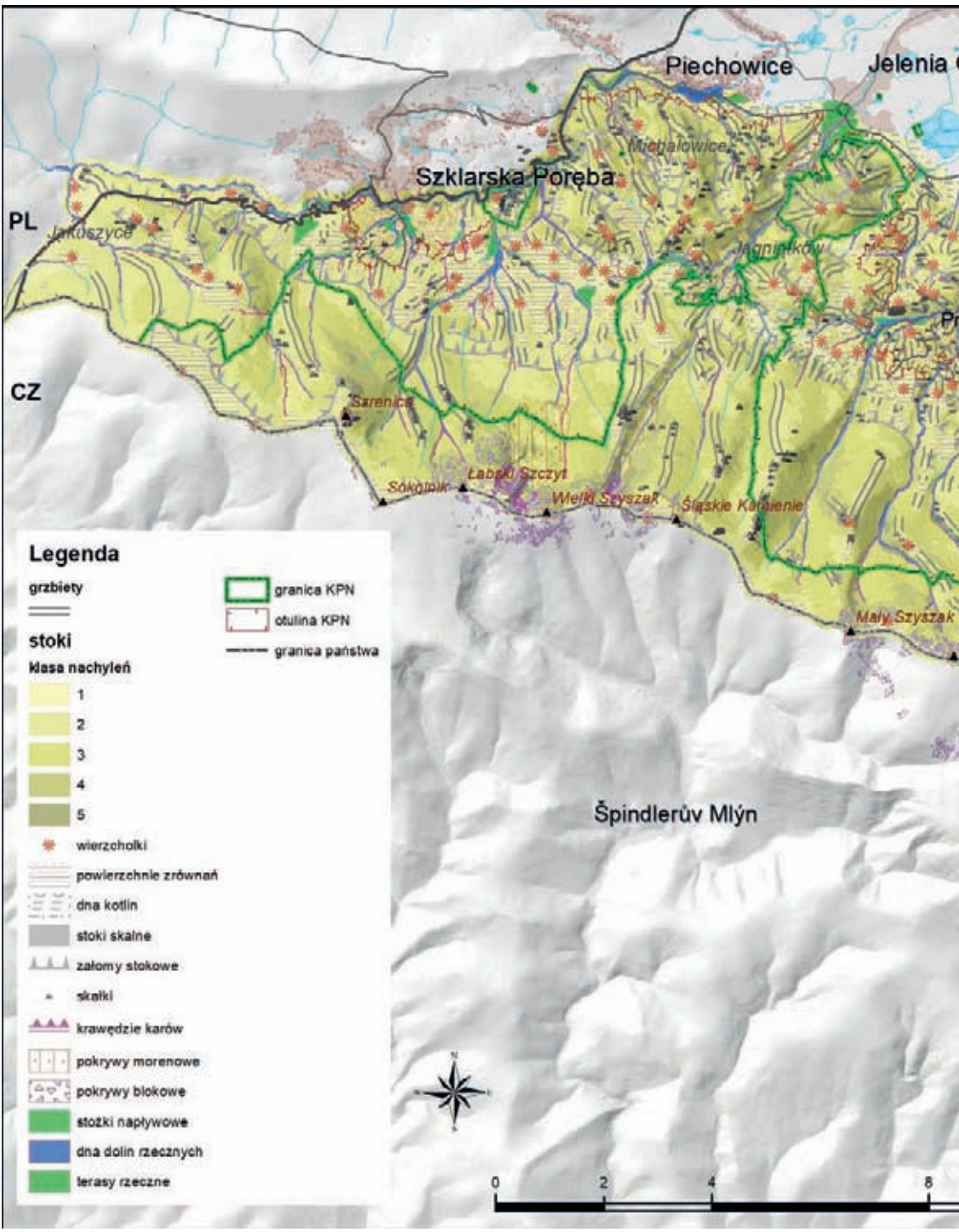
Parametryzacja rzeźby KPN i jego otuliny potwierdza, że w analizie morfometrycznej nie można pominąć litologii, a więc zróżnicowania podłoża geologicznego. Dlatego w rzeźbie całych Karkonoszy polskich wyróżnia się pasmo Grzbietu Lasockiego. Jest to obszar o mniejszych wysokościach bezwzględnych, jednak silnie rozczłonkowany dolinami oraz licznymi wyrazistymi grzbietami. Pod tym względem rzeźba tego obszaru jest



Ryc. 15. Podział granitowej części Karkonoszy na podstawie analizy morfometrycznej (cyfry od 1 do 7). Objaśnienia: 1, 2 – zachodnia i wschodnia część Grzbietu Głównego, 5, 6, 7 – Pogórze Karkonoskie, odpowiednio odcinek zachodni, środkowy, wschodni; KPS – Karkonoski Padół Śródgórski.
Diagramy kołowe obrazują udział głównych elementów rzeźby 1 – dna dolin, 2 – stoki o nachyleniu poniżej 6°, 3 – stoki o nachyleniu powyżej 6°, 4 – spłaszczenia, 5 – grzbiety, kulminacje. W ramkach podano przeciętną liczbę kulminacji przypadającą na 1 km² (źródło: KASPRZAK & TRACZYK 2010)



Ryc. 16. Orientacja grzbietów (diagramy rozetowe) w granitowej części Karkonoszy – podział obszaru na jednostki morfologiczne (1–7) jak na ryc. 15; A–D – podział Karkonoskiego Padołu Śródgórskiego ze względu na odmienne cechy rzeźby (źródło: KASPRZAK & TRACZYK 2010)


Piechowice
Jelenia
Michałowice
Szklarska Poręba
PL
Jakuszyce
Jagniątków
CZ
Szrenica
Łabski Szczyt
Sokolník
Wielki Szyszak
Śląskie Kamienie
Mały Szyszak
Špindlerův Mlýn
Legenda
grzbiety
stoki
klasa nachyleń
1
2
3
4
5
wierzchołki
powierzchnie zrównań
dna kotlin
stoki skalne
załomy stokowe
skałki
krawędzie karów
pokrywy morenowe
pokrywy blokowe
stożki napływowe
dna dolin rzecznych
terasy rzeczne
granica KPN
otulina KPN
granica państwa
0
2
4
8



Ryc. 17. Uproszczona wersja mapy geomorfologicznej Karkonoszy wykonanej całkowicie w środowisku GIS w ramach projektu KPN Karkonosze w INSPIRE – wspólny GIS w ochronie przyrody



Ryc. 18. Północne stoki Karkonoszy tworzą długie powierzchnie o zmieniającym się nachyleniu. Różnice spadów i występowanie śródstokowych spłaszczeń wynikają ze strukturalnych uwarunkowań podłoża oraz specyfiki działania zewnętrznych procesów niszczących (fot. B. Schutty)

bliższa południowej części Karkonoszy, która ma podobną budowę geologiczną (obecność skał metamorficznych). Obszar granitowy jest mniej zróżnicowany morfometrycznie w skali regionalnej, aczkolwiek posiada nieporównywalnie bogatszy inwentarz średnich i małych form urozmaicających stoki (formy lodowcowe, liczne formy skalne, stopnie krioplanacyjne etc.). Od tego schematu odstaje najwyższa część Karkonoszy ze Śnieżką i Czarnym Grzbietem, znów ze względu na inną budowę geologiczną. Te partie masywu, wytworzone w obrębie strefy metamorfizmu kontaktowego, cechują niespotykane gdzie indziej gradienty wysokościowe (różnica wysokości między Wilczą Porębą a Śnieżką na odcinku około 3,5 km przekracza 900 m). Należy również podkreślić, że zrównania wierzchowinowe, mające decydować o specyfice Karkonoszy, w rzeczywistości zajmują znikomy procent ich powierzchni.

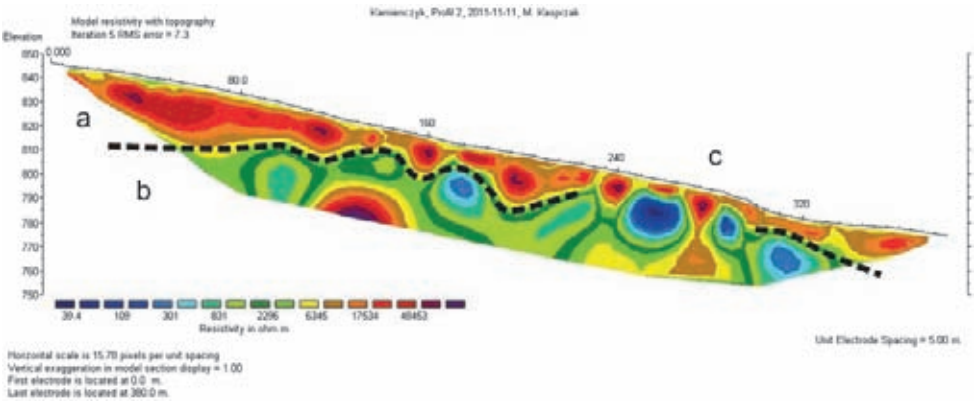
Wykorzystane w analizie morfometrycznej źródła danych cyfrowych posłużyły do wykonania nowej mapy geomorfologicznej Karkonoszy. Powstała ona na zlecenie KPN w ramach projektu *Karkonosze w INSPIRE – wspólny GIS w ochronie przyrody* i w wersji oryginalnej zawiera ponad 35 wydzieleń form rzeźby zróżnicowanych genetycznie i wiekowo. Jej uproszczoną wersję, zgeneralizowaną przy zmniejszaniu skali pod kątem formatu wydawnictwa, zaprezentowano na rycinie 17.

Charakterystyczne elementy rzeźby Karkonoszy

Informacje przedstawione w poprzednim rozdziale pozwoliły na opis rzeźby Karkonoszy w sposób syntetyczny, dotyczący całego masywu lub jego charakterystycznych fragmentów. Aby dopełnić ten obraz, należy przyjrzeć się rzeźbie w większej skali, a więc pojedynczym formom terenu, które niejednokrotnie są wyjątkowe w skali całych Sudetów i decydują o charakterze rzeźby górskiej w Karkonoszach. W kolejnych podrozdziałach zaprezentowano ich wybrane, typowe przykłady.

Formy pochodzenia strukturalnego, tektonicznego i denudacyjnego

Rzeźba Karkonoszy uwarunkowana jest strukturalnie, na co wskazywała przeprowadzona w poprzednim podrozdziale analiza geomorfometryczna. Ma inne cechy na obszarze wykształconym ze skał metamorficznych i w obrębie batolitu karkonoskiego. Badania wytrzymałości skał prowadzone przy użyciu młotka Schmidta (Placek 2011) nie potwierdziły, aby najwyższe partie Karkonoszy zbudowane ze skał hornfelsowych, a więc m.in. Śnieżka, miały podwyższoną w stosunku do skał otoczenia wytrzymałość mechaniczną, mimo iż trady-



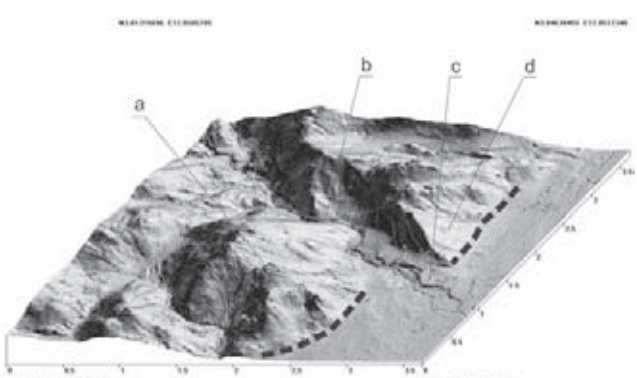
Ryc. 19. Profil geofizyczny wykonany metodą elektrooporową przedstawiający stok na wschód od gardzieli Kamieńczyka, rozpoczynający się na wysokości ponad progiem wodospadu i kontynuujący się poniżej przez krawędź morfologiczną na domniemanym uskoku tektonicznym (Mierzejewski i in. 1983). Interpretacja: a – pokrywa stokowa z luźnymi blokami granitowymi, b – strefa głębszego podłoża, c – strefa nad krawędzią morfologiczną o miejscowo obniżonej oporności elektrycznej

cyjnie wspomniany szczyt określany jest jako lokalny twardziel (Berg 1927; Dumanowski 1963 i in.). Być może przyczyn tak ukształtowanej rzeźby szukać należy więc w specyfice działania wietrzenia chemicznego. Pomiary Placek (2011) wskazały natomiast na zróżnicowanie wytrzymałościowe różnych odmian granitu. Partie skalne wytworzone z granitu porfirowatego (Karkonoski Padół Śródgórski, Pogórze Karkonoszy, dolne partie Grzbietu Głównego) są mniej odporne mechanicznie niż granity równoziarniste i granitognejsy (w ogólności grzbiety Karkonoszy). Ma to swoje odzwierciedlenie w ukształtowaniu powierzchni. Lokalne różnice odpornościowe decydują także urozmaiceniu morfologii stoków masywu (Ryc. 18).

Przyjmuje się jednak, że za zróżnicowanie morfologii Karkonoszy odpowiadają w głównej mierze ruchy tektoniczne podłoża (Berg 1927; Migoń 1992). Młode ruchy tego typu, działające od neogenu praktycznie do dzisiaj, odnawiają tektoniczne założenia rzeźby masywu powstałe w starszych okresach geologicznych (Pilous & Migoń 2007).

Zasadniczo Karkonosze mają postać asymetrycznego zrębu tektonicznego, z bardziej stromą krawędzią opadającą ku północy, w kierunku Kotliny Jeleniogórskiej. Przyczyną asymetrii jest nierównomierne dźwiganie masywu, silniejsze w jego części granitowej z uwagi na mniejszą gęstość granitu w stosunku do skał osłony metamorficznej. Asymetria masywu spowodowała przesunięcie linii wododziałowej i zróżnicowanie efektywności procesów denudacyjnych po południowej i północnej stronie gór (Pilous & Migoń 2007).

Spośród form terenu związanych bezpośrednio z młodymi ruchami tektonicznymi wyróżniają się stoki uskokowe. Najwyraźniejsze i najlepiej zbadane z nich tworzą krawędź Pogórza Karkonoszy na granicy z Kotliną Jeleniogórską. Ciągną się one od Piechowic na zachodzie po Kowary na wschodzie. Powstała



Ryc. 20. Krawędź morfologiczna w strefie uskokowej między Pogórzem Karkonoszy a Kotliną Jeleniogórską na wysokości Sobieszowa: a – Chojnik, b – dolina Wrzosówki, c – obcięta tektonicznie krawędź terasy plejstoceńskiej, d – trójkątne lico skarpy tektonicznej

w ten sposób krawędź morfologiczna jest najwyraźniejsza między Piechowicami a Miłkowem, osiągając wysokość względną 130–150 m w okolicach Podgórzyna i 250 m nad Piechowicami. Ponad nią wznosi się zdegradowana pozostałość reliefu sprzed rozbicia blokowego tej części gór. Opisywana strefa uskokowa kontynuuje się na zachód w postaci rowu Rozdroża Izerskiego (Oberc 1975).

Efekty ruchów blokowych Karkonoszy są dobrze widoczne w rzeźbie dolinnej (Migoń 1992), także na obszarze Karkonoskiego Padołu Śródgórskiego, będącego najprawdopodobniej również elementem tektonicznym, mimo że wcześniej wskazywano na jego uwarunkowania strukturalne (Cloos 1925; Jahn 1954a). Na obszarze Pogórza znajdują się opuszczone odcinki dolin rzecznych w położeniu wododziałowym i głębokie, mocno wcięte odcinki przełomowe, wykształcone przez największe cieki. Tektoniczne uwarunkowania mają także progi wodospadów, choć cofnięte są zapewne w wyniku działania erozji wstecznej od samych linii



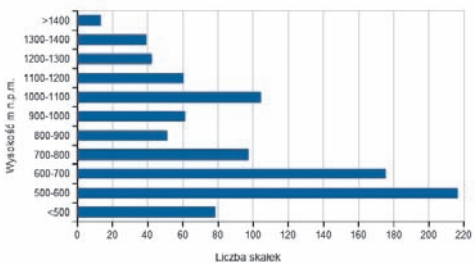
Ryc. 21. Górujący nad otoczeniem szczyt Śnieżki zbudowany jest z hornfelsów – skał metamorficznych powstałych we wnętrzu skorupy ziemskiej na kontakcie z batolitem granitowym. Środkowy plan fotografii przedstawia rozległą powierzchnię zrównania wierzchowinowego – falistą równię wyniesioną na wysokość 1400–1450 m n.p.m. wskutek ruchów blokowych masywu (fot. B. Schutty)



Fot. 22. Pielgrzymy są jedną z największych i najbardziej znanych grup skalnych w Karkonoszach. Na granitowych skałkach widoczne są spękania układające się zgodnie z naturalnym, prostopadłościennym ciosem granitu (fot. M. Kasprzak)

uskokowych (Ryc. 19). Skarpy uskokowe, które tną prostopadle główne doliny rzeczne doprowadziły do zawieszenia starszych (plejstoceńskich) poziomów terasowych. W przypadku stożka napływowego Wilczej Poręby w Karpaczu dyslokacja ta wynosi ok. 15 m. Na podobnej wysokości zawieszona jest także wysoka terasa Wrzosówki w Sobieszowie (Ryc. 20).

O ciągłej aktywności tektonicznej obszaru Karkonoskiego świadczą relacje dotyczące zjawisk sejsmicznych. W czasach historycznych odnotowano tu kilka trzęsień ziemi. Jedno z silniejszych z nich miało miejsce w Kowarach w 1903 r. (Dyjor & Oberc 1983).



Ryc. 23. Liczba skałek w różnych piętrach wysokościowych Karkonoszy (obszar KPN i jego otuliny) według inwentaryzacji prowadzonej w oparciu o ortofotomapy i mapy topograficzne 1:10 000

Obszar Karkonoszy wchodzący w skład Parku cechuje się specyficznym wykształceniem form denudacyjnych: stoków, falistej wierzchowiny oraz ostańców denudacyjnych o różnych rozmiarach, głównie w postaci kopulastych wzniesień. Grzbiet Główny Karkonoszy w zasadzie nie jest typową formą grzbietową, ale pasem wysoko wyniesionych powierzchni zrównań o szerokości dochodzącej do 1,5 km (Ryc. 21). W najwyższej części Karkonoszy nie ma grzbietów górskich o wyraźnie zarysowanych graniach i stromych skłonach. Po polskiej stronie Karkonoszy jedynym przykładem grzbietu o cechach przypominających grzbiety gór wysokich jest Czarny Grzbiet na odcinku od Śnieżki do Czarnej Kopy. Cechuje się on występowaniem stromych załomowych stoków oraz szeroką na 100 m, łagodnie nachyloną wierzchowiną. Bardziej wyraziste formy grzbietów, co podkreślano w rozdziale dotyczącym geomorfometrii, są typowe dla pasma Lasockiego Grzbietu.

Charakterystycznymi elementami rzeźby denudacyjnej Karkonoszy są skałki (Ryc. 22). Na podstawie ortofotomapy i map topograficznych 1:10 000 zinwentaryzowano na badanym obszarze 936 tego typu obiektów, głównie na obszarze granitowym. Skałki występują we wszystkich piętrach wysokościowych, nawet na wierzchowinie (Ryc. 23). Najwyższe ich położenie zmierzono na 1491 m n.p.m. Formy te są najliczniejsze na wysokościach 500–700 m n.p.m. – na kulminacjach Pogórza Karkonoskiego, a także na wysokościach 1000–1100 m n.p.m. – na powierzchni bocznych grzbietów międzydolinnych Grzbietu Głównego Karkonoszy.

Formy pochodzenia glacjalnego i peryglacjalnego

Wyniesienie masywu Karkonoszy ponad poziom morza i odpowiednie warunki klimatyczne sprawiły, że w okresie plejstocenu wykształciło się tu lokalne zlodowacenie górskie i powstawały różnorodne formy związane z wietrzeniem mechanicznym oraz działaniem procesów mrozowych. Zjawiska te zachodziły stosunkowo niedawno, bo jeszcze nieco ponad 10 tysięcy lat temu, w schyłkowym okresie plejstocenu (tzw. późnym glacjale). Dzięki temu wyraźne ślady tego etapu rozwoju rzeźby zachowały się do dzisiaj.

Spośród form, które zasługują na uwagę, należy przede wszystkim wymienić kary lodowcowe, doskonale widoczne w panoramie Karkonoszy obserwowanej z Kotliny Jeleniogórskiej i jej otoczenia. Kary są miejscami, w których współcześnie nawet w okresie późnowiosennym (na przełomie maja i czerwca) zalegają płaty śnieżne. Są to zarazem miejsca, wraz z większymi niszami źródliskowymi, w których zachodzą współcześnie procesy niwalne. Mniej czytelne w krajobrazie są formy morenowe, występujące już w piętrze lasów górnoreglowych. Elementem rzeźby związanym z zimnym klimatem są również grubofrakcyjne pokrywy stokowe i rozwaliska wierzchowinowe, występujące w Karkonoszach przeważnie powyżej górnej granicy lasu. Z krajobrazowego punktu widzenia mniej spektakularne są mikroformy rzeźby związane z oddziaływaniem zjawisk mrozowych – terasy krioplanacyjne, grunty strukturalne i tufury, niemniej jednak można je obserwować na wierzchowinie w wielu miejscach położonych powyżej 1200 m n.p.m.

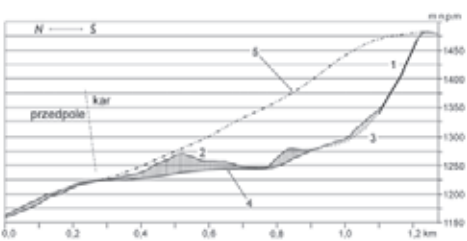
W Karkonoszach wyróżnia się 12 kotłów (karów) lodowcowych (Engel 1997), z tego po polskiej stronie gór występuje 6 takich form: Mały i Wielki Kocioł Śnieżny, Czarny Kocioł Jagniątkowski, Kotły Wielkiego i Małego Stawu oraz Kocioł Łomniczki. Kary lodowcowe położone po północnej stronie Grzbietu Głównego nie są tak duże jak kary w dolinach Obří důl czy też Labský důl, posiadają za to dobrze wykształcone, pocię-



Ryc. 24. Cyrki lodowcowe Małego i Wielkiego Śnieżnego Kotła wcięte w północne stoki Grzbietu Głównego między Łabskim Szczytem a Wielkim Szyszakiem. Na przedpolu kotłów widoczne są wały morenowe i jeziorka śródmorenowe. Na stokach występują zwarte pokrywy głazowo-blokowe – kolejny relikt zimnych okresów plejstocenu (fot. B. Schutty)

te żlebami ściany skalne. U podnóża ścian rozciągają się liczne stożki usypiskowe. Typowy przykład morfologii tego typu prezentują Śnieżne Kotły (Ryc. 24) o wysokościach litych ścian skalnych do 100 m i ich nachyleniu 65–70° (Ryc. 25).

Charakterystykę pozostałych karów po północnej stronie gór, opracowaną na podstawie analizy DEM, przedstawiono w tabeli 5. Wynika z niej, że górne krawędzie Śnieżnych Kotłów położone są o 80–90 m wyżej niż pozostałych karów, ich głębokości są również największe i osiągają 280–240 m. Najniższe położenie wysokościowe zajmuje Czarny Kocioł Jagniątkowski. W odróżnieniu od pozostałych karów, które wżynają się w krawędzie wierzchowiny Grzbietu Głównego, Czarny Kocioł Jagniątkowski ma położenie przełęczowe, a ściany skalne osiągają wyso-



Ryc. 25. Przekrój morfologiczny przez Wielki Kocioł Śnieżny. Objaśnienia: 1 – ściana karowa, 2 – stożki usypiskowe u podnóża ściany skalnej, 3 – pokrywa morenowa, 4 – rekonstruowany profil powierzchni podmorenowej, 5 – rekonstruowany profil stoku preglacjalnego (źródło: Traczyk 2009a)

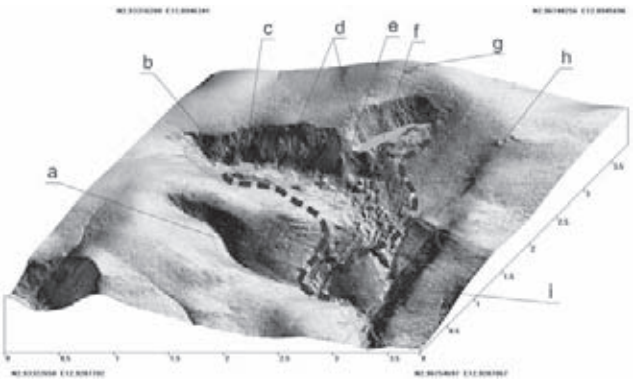
Tab. 5. Charakterystyka morfometryczna karów lodowcowych Karkonoszy. Objaśnienia: L – długość, W – szerokość, hk – położenie krawędzi karu, hd – wysokość dna karu, H – głębokość karu (różnica wysokości między krawędzią górną a dnem), Hs – wysokość ścian skalnych (stoków wolnych), P – powierzchnia w km², V – przybliżona objętość karu (=W×L×H)

Kar	L [m]	W [m]	hk [m n.p.m.]	hd [m n.p.m.]	H [m]	Hs [m]	P [km²]	V [km³]
Mały Śnieżny Kocioł	400	560	1470	1190	280	70	0,22	0,062
Wielki Śnieżny Kocioł	480	630	1485	1240	240	100	0,32	0,073
Czarny Kocioł Jagniątkowski	340	680	1335	1125	210	40	0,15	0,049
Kocioł Wielkiego Stawu	350	750	1405	1200	205	60	0,24	0,054
Kocioł Małego Stawu	420	1430	1400	1175	225	110	0,59	0,135
Kocioł Łomniczki	460	1060	1395	1100	295	95	0,34	0,144

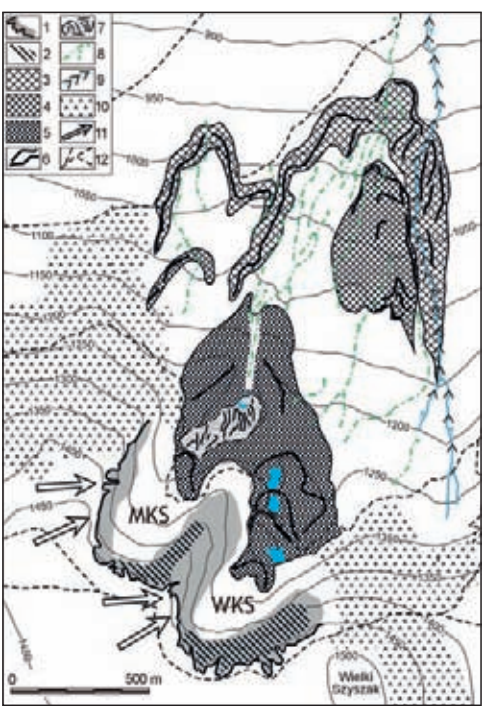
kość zaledwie 40 m. Najrozleglejszym karem zlokalizowanym po północnej stronie gór jest Kocioł Łomniczki. Ze wszystkich karów, poza Kotłem Małego Stawu, ma on też największą objętość. Należy przy tym zauważyć, ze zarówno formy erozji (ściany skalne) jak i akumulacji glacjalnej (moreny) są tu słabiej wykształcone niż w kotłach Wielkiego i Małego Stawu, a nawet w Czarnym Kotle Jagniątkowskim. Znaczne rozmiary Kotła Łomniczki związane są z jego położeniem w jednej z największych dolin karkonoskich.

Osie karów położonych na obszarze parku narodowego skierowane są w kierunkach N i NE. Z wyjątkiem Czarnego Kotła Jagniątkowskiego znajdują się one po wschodniej lub północno-wschodniej stronie rozległych powierzchni zrównania wierzchowinowego. Fakt ten zauważył już PARTSCH (1882, 1894), który przypuszczał, że taka orientacja karów ma związek z warunkami sprzyjającymi w największym stopniu akumulacji śniegu. Zagadnienie to rozwinęli JENIK (1961) i MIGOŃ (1999).

Termin „kocioł" stosowany jest zwyczajowo w Karkonoszach również w przypadku dużych niecek rozmieszczonych w górnych partiach stoków i/lub w strefach źródliskowych większych potoków (Kocioł Szrenicki, Łabski Kocioł, Kocioł Smogorni itp.). Ze względu na swoje położenie wysokościowe powstawały one zapewne wskutek procesów niwalnych – oddziaływania płatów śniegu i firnu. Na stokach poniżej tych nisz nie ma żadnych form akumulacyjnych, przypominających moreny. Tak więc można sądzić, że w plejstocenie nie wytworzyły się tutaj aktywne strumienie lodowe. W tym miejscu



Ryc. 26. Formy rzeźby glacjalnej nad Małym i Wielkim Stawem: a – dolina Złotego Potoku, b – morena boczna (przy schronisku Samotnia), c – Mały Staw, d – ściany skalne karów, e – wypełniony osadem zbiornik śródmorenowy, f – Wielki Staw, g – skałka Słonecznik, h – grupa skalna Pielgrzymy, i – dolina Łomicy, linią przerywaną oznaczono zasięg utworów morenowych



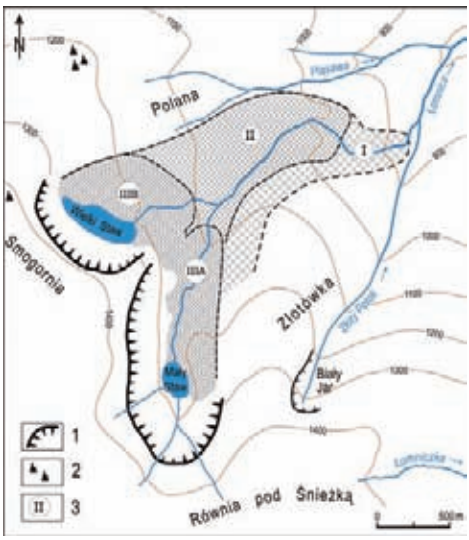
Ryc. 27. Morfologia Śnieżnych Kotłów i ich przedpola na podstawie analizy danych LIDAR: 1 – krawędzie i ściany karów, 2 – skaliste partie ścian karowych, 3 – moreny najstarszej fazy zlodowacenia, 4 – moreny młodszej fazy zlodowacenia, 5 – moreny najmłodszej fazy zlodowacenia, 6 – osie wałów morenowych, 7 – lodowiec gruzowy(?), 8 – obniżenia dawnych przepływów wód ablacyjnych, 9 – koryta erozyjne współczesnych cieków, 10 – stokowe pokrywy głazowo-blokowe, 11 – kierunki nawiewania śniegu z wierzchowiny, 12 – ścieżki turystyczne i drogi (źródło: TRACZYK 2009A)

należy wspomnieć o Kotle Łomniczki, który w opracowaniach JAHNA (1960) czy też STECIA i WALCZAKA (1962) nie był uznawany za formę lodowcową. Za glacjalną genezą Kotła przemawia jednak występowanie wyraźnych moren bocznych (TRACZYK 1992B).

Na obszarze KPN występują najlepiej zachowane w całych Karkonoszach skupiska form akumulacji morenowej (wały moren bocznych i czołowych), szczególnie poniżej Małego i Wielkiego Stawu oraz Śnieżnych Kotłów (Ryc. 26 i 27). W wymienionych obszarach najdalej położone moreny czołowe mają wysokość 20–30 m, a u wylotu karów występują formy większe, o wysokościach 40–60 m. W tym przypadku nie jest jednak wykluczone, że pod płaszczem pokrywy morenowej skrywają się wypukłości podłoża – guzy granitowe – będące efektem egzaracji podłoża (JAHN 1960; TRACZYK 2009a). Wysokość pośrednich moren czołowych i wałów moren bocznych wynosi przeciętnie 10–15 m.

Sądząc po układzie wałów morenowych, można stwierdzić, że zlodowacenie Karkonoszy przebiegało wieloetapowo. Na przedpolu Wielkiego i Małego Stawu najstarszy etap (Ryc. 28) wyznaczają wały morenowe położone u zbiegu Łomnicy i Złotego Potoku na wysokości 870 m n.p.m. W rejonie Śnieżnych Kotłów etap ten wyznaczają wały moren czołowych o wysokości 20–30 m, położone w odległości ponad 1 km od wylotu karów. Kolejna faza w dolinie Łomnicy zaznaczyła się w postaci wałów moren czołowych, których podstawy leżą na wysokości 940–960 m n.p.m. (II na rycinie 28). W rejonie Śnieżnych Kotłów ich odpowiednikiem są moreny położone bezpośrednio na zapleczu wałów z I etapu. Te dwa pierwsze etapy są efektem zlodowacenia typu karowo-dolinnego. W dolinie Łomnicy wytworzył się wówczas jęzor lodowcowy złożony z dwóch strumieni lodowych spływających z karów Wielkiego i Małego Stawu. Podobna sytuacja miała miejsce na przedpolu Śnieżnych Kotłów, z tą jednak różnicą, że strumienie lodowcowe oddzielone były wyraźną moreną środkową, przez co zachowały one pewną indywidualność – jęzor wypływającego z Małego Kotła Śnieżnego był krótszy od jęzora Wielkiego Śnieżnego Kotła (TRACZYK 2009a).

Najmłodszy etap zlodowacenia (III) znaczą w dolinie Łomnicy moreny położone u wylotu Kotłów Małego i Wielkiego Stawu na wysokości około 1070–1100 m n.p.m. Są one pozostałością zlodowacenia typu karowego, kiedy to w kotłach istniały odrębne lodowce wykraczające jęzorami jedynie nieznacznie na przedpole karów. Na przedpolu Wielkiego Stawu moreny z tego etapu zlodowacenia



Ryc. 28. Strefy morenowe w dolinie Łomnicy wyznaczone na podstawie kartowania geomorfologicznego (TRACZYK 1989) oraz DEM: 1 – krawędzie karów i nisz niwalnych, 2 – ściany skalne karów, 3 – koryta (łożyska) głównych cieków, 4 do 6 – strefy morenowe I, II, III (A i B – strefy morenowe związane z etapem indywidualnego zlodowacenia karów)



Ryc. 29. Odsłonięcie pokrywy morenowej w skarpie drogi schronisko Strzecha Akademicka – Karpacz. Na bloku morenowym widoczna płaskorzeźba związana z dawnym torem saneczkowym (fot. A. Traczyk)



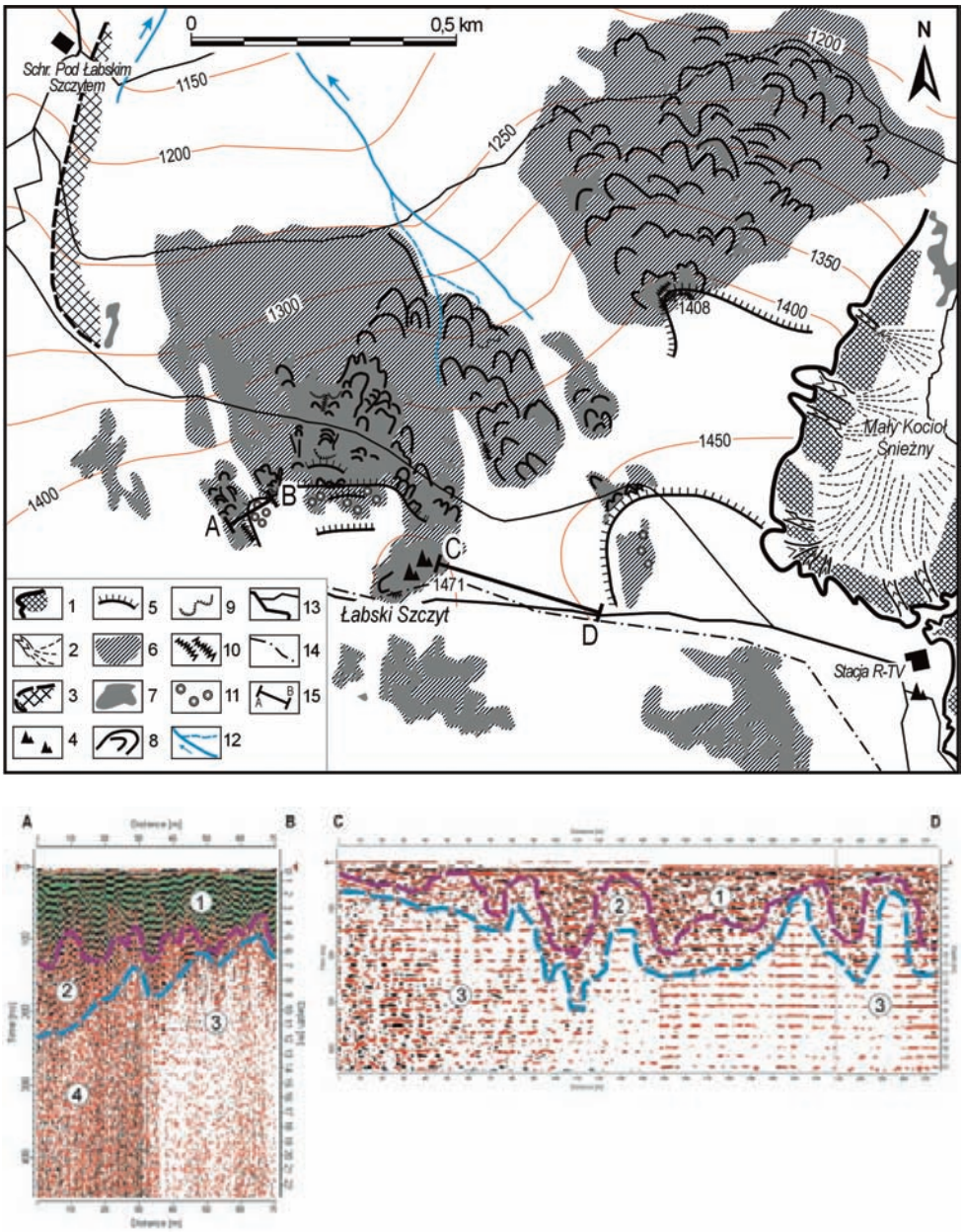
Ryc. 30. Schodowy profil południowych stoków Wielkiego Szyszaka przykrytych rumowiskiem skalnym i podobnie północnych stoków Śmielca (na bliższym planie) jest wynikiem krioplanacji – specyficznego sposobu wietrzenia w klimacie zimnym przy udziale procesów mrozowych i czynnika grawitacyjnego (fot. M. Kasprzak)

tworzą strefę o szerokości dochodzącej do 500 m składającą się z co najmniej 4 wyraźnych, przylegających do siebie ciągów wałów morenowych. U wylotu Kotła Małego Stawu formy moren czołowych z tego etapu zlodowacenia są słabo zachowane, co należy wiązać z erozyjną działalnością Łomnicy. Wyraźniejsze formy wałów moreny czołowej o wysokości względnej 10–15 m, rozciętych jarem Łomnicy, widoczne są w pobliżu Domku Myśliwskiego. Powyżej Domku Myśliwskiego można wyróżnić jeszcze kilka mniejszych wałów morenowych. Przy Małym Stawie, nad schroniskiem Samotnia, wznosi się najmłodszy wał morenowy, który osiąga wysokość względną 40–60 m. Podobny układ wałów morenowych znajdujemy również w Śnieżnych Kotłach, z tą jednak różnicą, że najwyższe wały morenowe występują w nich u wylotu karów. W Małym Śnieżnym Kotle brak wyraźniejszych wałów z kolejnych, młodszych faz zlodowacenia, są one natomiast dobrze wykształcone w Wielkim Śnieżnym Kotle (Ryc. 27), w którym tworzą 4 ciągi wałów moren czołowych. Dno kotła zamyka najmłodsza morena, wykształcona w formie regularnego łukowatego wału, który jest doskonale widoczny z górnej krawędzi karu.

Moreny Śnieżnych Kotłów, Kotła Jagniątkowskiego i w dolinie Łomnicy zbudowane są w przewadze z głazów, bloków i gruzu granitowego z domieszką piasku i pyłu. Największe elementy skalne spotykane w morenach mają średnice przekraczające 3–4 m (Ryc. 29). Przykładem mogą być bloki skalne widoczne w otoczeniu schroniska Samotnia. Niektóre z wałów morenowych zbudowane są prawie wyłącznie dużych głazów i bloków granitowych (okolice Wielkiego Stawu, przedpole Śnieżnych Kotłów). W morenach tego typu między głazami i blokami istnieją pustki o głębokości przekraczającej miejscami 3 m.

Dotychczasowe badania cech utworów morenowych, w tym najnowsze badania stopnia zwietrzenia powierzchni bloków morenowych przy pomocy młotka Schmidta, datowania radiowęglowe osadów organogenicznych wypełniających dawne zagłębienia śródmorenowe i datowania ^{10}Be nie dały jednoznacznej odpowiedzi co do wieku (chronostratygrafii) karkonoskich zlodowaceń. Datowania radiowęglowe osadów kopalnych jezior lodowcowych w dolinie Łomnicy (Domek Myśliwski) i Łaby wskazują, że dna karów lodowcowych były wolne od lodu już około 10 tys. lat temu (Chmal & Traczyk 1998; Wicik 1986). Wyniki badań radioizotopowych ^{10}Be sugerują jednak, że najniżej położone wały morenowe w dolinie Łomnicy powstały około 17–16 tys. lat temu. Zgodnie z tymi datowaniami moreny zalegające w karach formowały się 14–12 tys. lat temu, a pozostałości lodowców karowych egzystowały w Kotłach jeszcze 9–8 tys. lat temu (Engel i in. 2011). Moreny w dolinie Łomnicy powstawałyby zatem w schyłkowej fazie kontynentalnego zlodowacenia północnopolskiego (Wisły), a wszystkie etapy zlodowacenia trwały około 5 tys. lat (od 17 do 12 tys. lat temu). Wniosek ten stoi w sprzeczności z wcześniejszymi wynikami badań prowadzonych w rejonie Śnieżnych Kotłów (Chmal & Traczyk 1999), które wskazują, że moreny te powstawały w kilku odrębnych etapach zlodowacenia w przedziale czasowym od około 95 do 10 tys. lat temu.

Do specyficznych form rzeźby peryglacjalnej Karkonoszy należą terasy krioplanacyjne Tworzą one na stokach o umiarkowanym nachyleniu systemy schodowych półek (wypłaszczeń), oddzielonych skarpami o wysokości względnej do kilku metrów (przeważnie 2–4 m). Powierzchnie teras pochylone są zgodnie ze stokiem pod kątem do 6–8°. Nachylenie w obrębie skarp oddzielających poszczególne półki terasowe dochodzi natomiast do 28–30°. Na skarpach zalega pokrywa luźnego, grubofrakcyjnego materiału zwietrzelinowego (mieszaniny gruzu i głazów), która okrywa wychodnie podłoża skalnego (klif mrozowy). Przy nachyleniach poniżej 18–20° materiał ten formuje na skarpach loby i jęzory gruzowo-głazowe, natomiast przy nachyleniach więk-



Ryc. 31. Pokrywy głazowo-blokowe w rejonie Łabskiego Szczytu w Karkonoszach Zachodnich (wg A. Traczyka 2007, zmienione); poniżej profile georadarowe wykonane przez A. Szynkiewicza (Inst. Nauk Geologicznych UWr). Objaśnienia: 1 – krawędzie i ściany skalne karów lodowcowych, 2 – rynny stokowe (żleby) i stożki usypiskowo-napływowe, 3 – krawędzie i zbocza nisz niwalnych, 4 – skałki, 5 – wypukłe załomy stokowe (krawędzie teras krioplanacyjnych), 6 – pokrywy głazowo-blokowe częściowo porośnięte, 7 – zwarte nieporośnięte pokrywy głazowo-blokowe, 8 – jęzory, loby i stopnie w obrębie pokrywy głazowo-blokowej, 9 – nisze niwalne w obrębie pokrywy głazowo-blokowej, 10 – klify skalne, 11 – grunty strukturalne, 12 – cieki stałe i okresowe, 13 – drogi, ścieżki turystyczne, 14 – granica państwowa, 15 – linie profili georadarowych; Profile georadarowe: 1 – pokrywa stokowa i zwietrzelinowa, 2 – granit pokruszony, 3 – lite podłoże granitowe, 4 – granit silnie spękany

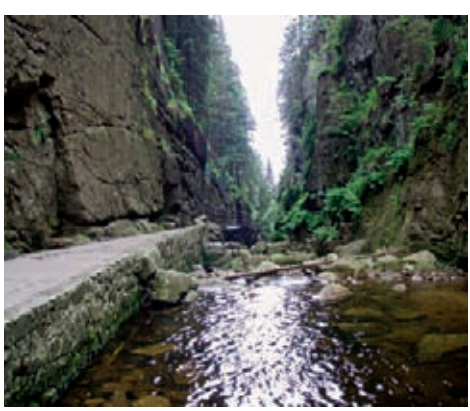
szych, na skarpach widoczne są nisze i małe usypiska gruzowe. Powierzchnie półek terasowych urozmaicone są drobnymi formami spełzywania gruntu (teraskami soliflukcyjnymi) oraz sortowania mrozowego (gruntami strukturalnymi).

Opisane formy występują w najwyższych partiach Karkonoszy w przedziale wysokościowym od 1315 do 1595 m n.p.m. Najlepiej wykształcone formy tego typu można obserwować po stronie czeskiej, np. na stokach Luční i Studniční hory i południowych stokach Wielkiego Szyszaka (Ryc. 30). Na terenie KPN formy te są widoczne na wschodnim skłonie Śnieżki, po północnej i zachodniej stronie kulminacji Smogorni, na stokach Śmielca, Małego Szyszaka oraz na odcinku Grzbietu Głównego między Czarną Przełęczą a Czeskimi i Śląskimi Kamieniami.

Typowym przykładem mikroform wietrzeniowo-denudacyjnych, które powstają w środowisku peryglacjalnym na słabo nachylonych powierzchniach są grunty strukturalne (wieńce gruzowe, poligony kamieniste). Dla ich powstania istotne są czynniki środowiskowe sprzyjające cyklicznemu przemarzaniu i rozmarzaniu podłoża (brak zwartej pokrywy roślinnej oraz mała miąższość pokrywy śnieżnej) oraz cechy reologiczne gruntu (szczelinowatość, duża zawartość materiału we frakcji pyłu w zwietrzelinie). W Karkonoszach warunki sprzyjające rozwojowi gruntów strukturalnych w plejstocenie panowały na rozległych, płaskich i lekko wypukłych formach terenu w obrębie spłaszczenia wierzchowinowego i szerokich zaokrąglonych grzbietach (Traczyk 1995). Zwarte pola wieńców gruzowo-głazowych znane są głównie z Czarnego Grzbietu. Formy te zostały częściowo zniszczone przez turystów, przemieszczających się poza szklakiem turystycznym. W polskiej części Karkonoszy było to największe skupisko tego typu form wytworzonych na podłożu łupków metamorficznych, podatnym na procesy pęcznienia i sortowania mrozowego. Formy sortowania spotykane są również na podłożu granitowym. W odróżnieniu od regularnych, kolistych struktur wykształconych na podłożu skał metamorficznych są one większe (średnice do 2–3 m), ale mniej regularne. Formy tego typu istnieją na Smogorni, Wielkim Szyszaku, spłaszczeniu wierzchowinowym nad Śnieżnymi Kotłami oraz po zachodniej stronie Łabskiego Szczytu.

Efektem działania procesów geomorfologicznych w klimacie zimnym są stokowe pokrywy grubofrakcyjne. Termin ten oznacza pokrywy zbudowane z ostrokrawędzistego, luźno ułożonego materiału zwietrzelinowego o wymiarach większych niż 2 mm (Traczyk 2009b), a więc gruzu (średnice od 2 do 100 mm), głazów (od 100 do 1000 mm) i bloków (powyżej 1000 mm). W Karkonoszach pokrywy tego typu zazwyczaj składają się z mieszaniny elementów o różnych wymiarach (Migoń & Traczyk 1998). Na podłożu granitowym są to pokrywy głazowo-blokowe (stoki Łabskiego Szczytu, Wielkiego i Małego Szyszaka, Śmielca) i rzadziej blokowo-głazowe (stoki Szrenicy, Smogorni). Na wychodniach skał metamorficznych (łupkach i gnejsach) są to natomiast pokrywy gruzowe i gruzowo-głazowe (np. stoki Śnieżki i Czarnego Grzbietu).

Pokrywy grubofrakcyjne zajmują górne partie stoków Grzbietu Głównego powyżej 1200–1250 m n.p.m., a więc powyżej górnej granicy lasu, tworząc często rozległe powierzchnie bez roślinności (np. pokrywa na Śnieżce i Czarnym Grzbiecie). Mniejsze pola luźnego, nie porośniętego lasem materiału skalnego występują również w środkowych partiach stoków (np. w dolinie Łomniczki, na północnych stokach Kopy). Poszczególne pola materiału grubofrakcyjnego mają powierzchnie od 0,004 do 77 ha. Łącznie ich areał w Karkonoszach polskich powyżej górnej granicy obejmuje 3,1 km^2. Pokrywy grubofrakcyjne występują także w niższych położeniach wysokościowych, ale są one osłonięte lasem (np. dolne odcinki stoków Szrenicy czy też Łabskiego Szczytu). Niewielkie pola tego typu pojawiają się także w przełomowych – jarowych odcinkach dolin (np. odcinek doliny Kamiennej między Szklarską Porębą Górną a Piechowicami; Traczyk 2017).



Ryc. 32. Gardziel skalna poniżej wodospadu Kamieńczyka wycięta erozyjnie w litej skale. W dalszym odcinku Kamieńczyk płynie doliną jarową. Zwyczajowa nazwa Wąwóz Kamieńczyka jest z punktu widzenia wydzieleń form rzeźby błędna (fot. M. Kasprzak)

Pokrywy położone powyżej górnej granicy lasu cechują się urozmaiconym mikroreliefem (Ryc. 31), na który składają się loby, jęzory i stopnie głazowo-blokowe oraz linijne obniżenia i niecki stokowe (Tra-

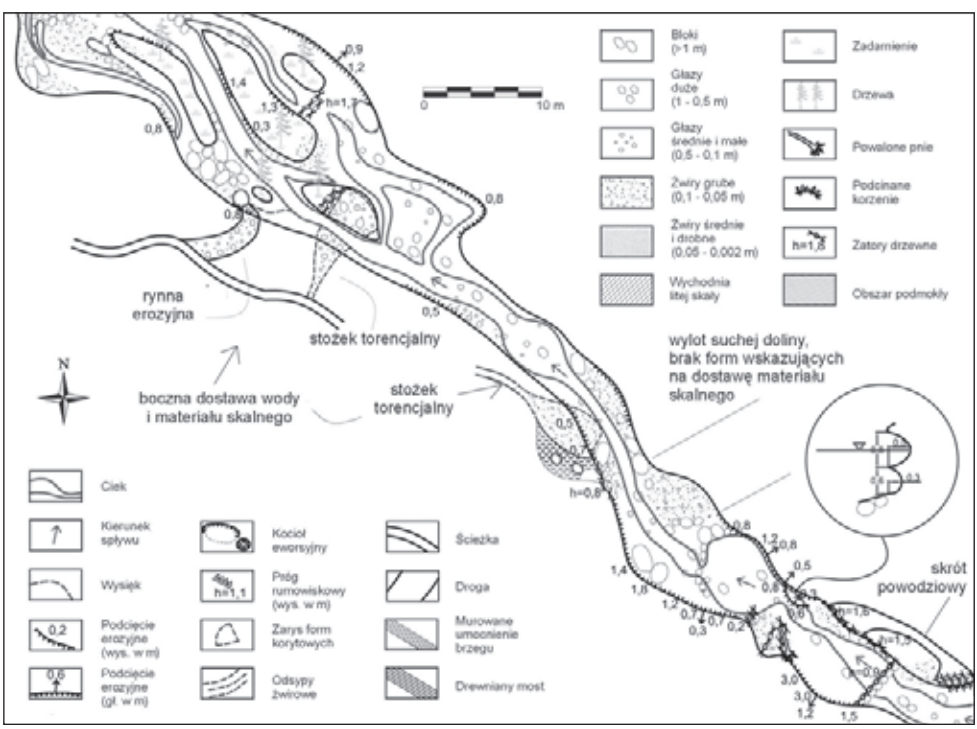
CZYK 2007). Formy te powstawały w warunkach klimatu peryglacjalnego wskutek działania soliflukcji. Można je obserwować np. na północnych stokach Łabskiego Szczytu, który trawersuje ścieżka turystyczna od Schroniska pod Łabskim Szczytem do Śnieżnych Kotłów.

Rzeźba fluwialna

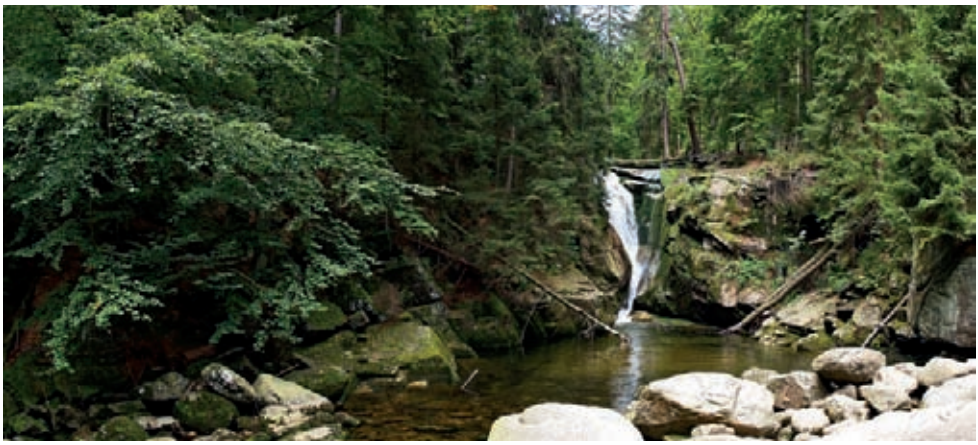
Cieki górskie w Karkonoszach mogą mieć różną formę. TOMASZEWSKI (1994) wyróżnił wśród nich potoki stokowe, charakterystyczne dla dopływów niskiego rzędu bez wykształconego zagłębienia dolinnego, potoki śródrumowiskowe, w których ruch wody odbywa się między przemytymi elementami skalnymi, potoki dolinne o nieustabilizowanych korytach, ale płynące wyraźnymi zagłębieniami dolinnymi oraz potoki dolinno-wąwozowe, formujące się na odcinkach rzek sprzyjających erozji wgłębnej. Te ostatnie poprawnie byłoby jednak nazywać potokami dolinno-jarowymi. Najlepszym przykładem takiego cieku jest Kamieńczyk, który powyżej Szklarskiej Poręby Marysina płynie doliną jarową o wąskim dnie i stromych, skalnych zboczach. Jej najwęższy odcinek poniżej wodospadu Kamieńczyka ma postać głębokiej (ok. 25 m) gardzieli skalnej (Ryc. 32).



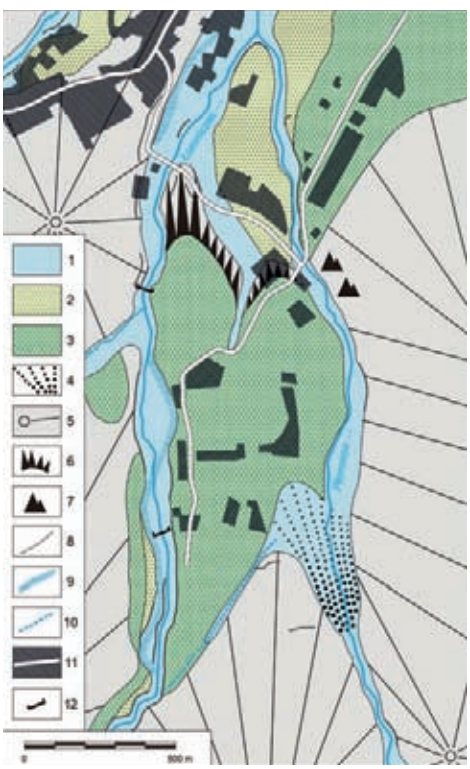
Ryc. 33. Grubofrakcyjne rumowisko rzeczne w korycie Łomniczki – wizualizacja fragmentu danych naziemnego skaningu laserowego (wykonanie: A. Borkowski, G. Jóźków, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, listopad 2011)



Ryc. 34. Przykład typowej morfologii koryta karkonoskiego cieku – górny odcinek potoku Skałka nad Karpaczem Wilczą Poręba (źródło: DĄBROWSKA & KASPRZAK 2007)



Ryc. 35. Karkonoskie cieki pokonują liczne progi skalne, nieustannie cofające się w wyniku erozji wstecznej. Na fotografii przedstawiono wodospad Szklarki. Pod progiem wodospadu znajduje się kocioł eworsyjny, powstający w wyniku działania erozji wirowej. Poniżej wodospadu Szklarka przepływa wyciętą przez siebie gardzielą skalną i uchodzi do rzeki Kamiennej (fot. M. Kasprzak)

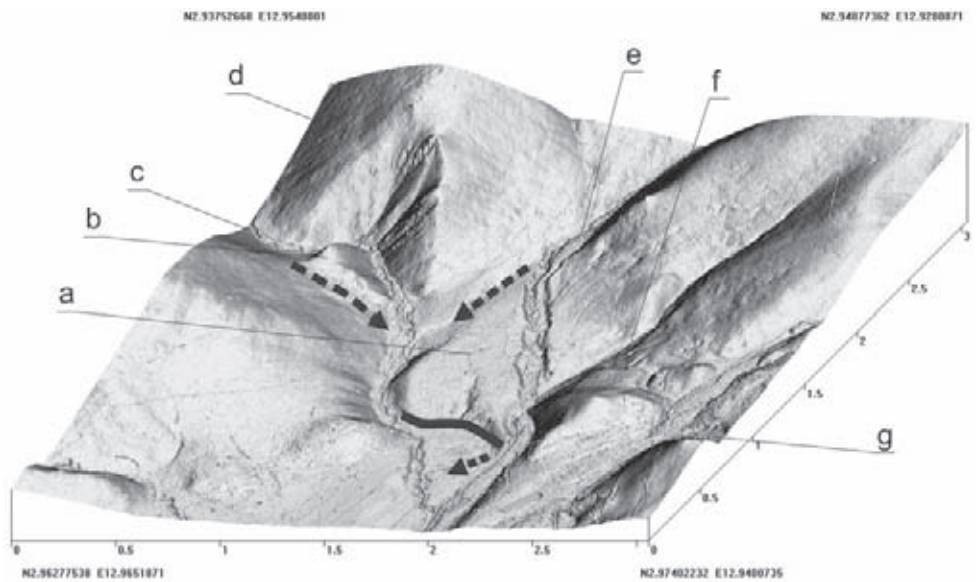


Ryc. 36. Układ form akumulacji rzecznej na przykładzie Karpacza Wilczej Poręby: 1 – holoceńskie aluwia rzeczne (poziomy nierozdzielone), 2 – żwiry i piaski niższej terasy plejstoceńskiej, 3 – żwiry i piaski wyższej terasy plejstoceńskiej, 4 – młody stożek napływowy, 5 – szczyt i linia stokowa, 6 – próg tektoniczny, 7 – skałki, 8 – podcięcia brzegowe, 9 – paleokoryta młodsze i kanały powodziowe, 10 – paleokoryto starsze, 11 – obszary zabudowane z głównymi drogami, 12 – zapory przeciwrumowiskowe. Opracowanie: na podstawie Berga *(1940) i* Büdela *(1936), z uzupełnieniami (źródło:* Kasprzak *2009)*

Oprócz zróżnicowania form dolinnych, poszczególne odcinki cieków cechują się odmiennymi typami morfologicznymi koryt. Dominująca część z nich to koryta żwirodenne z brukiem korytowym – przemytym materiałem większych frakcji chroniącym głębsze podłoże przed erozją i mobilnym jedynie podczas największych wezbrań. Na odcinkach silnie nachylonych w korycie mogą dominować największe frakcje rumowiska – głazy i bloki (Ryc. 33). W korytach funkcjonują naprzemienne odcinki erozyjne i akumulacyjne oraz powszechnie występują kaskadowe sekwencje typu bystrze / przegłębienie lub próg / przegłębienie. Mikromorfologia koryt żwirodennych jest bardzo złożona i nawiązuje do cech podłoża, bocznej dostawy materiału zwietrzelinowego oraz cech hydraulicznych przepływu (Dąbrowska & Kasprzak 2007). W ich kształtowaniu na obszarach leśnych pewną rolę odgrywa także rumosz drzewny i tworzone przez niego zapory, a także sztuczna zabudowa hydrotechniczna. W strefie korytowej koryt naturalnych powszechne są podcięcia erozyjne brzegów oraz śródkorytowe i przykorytowe odsypy piaszczysto-żwirowe (Ryc. 34). Odcinki, gdzie dominują procesy erozyjne, mogą mieć postać koryt skalnych, w których woda płynie po wychodni litego podłoża. Są one charakterystyczne dla rzeki Kamiennej w Szklarskiej Porębie czy Łomnicy w Karpaczu. W mikrorzeźbie koryt skalnych odznaczają się marmity – owalne zagłębienia powstałe w wyniku eworsji i tarcia rumowiska wprawionego w ruch wirowy.



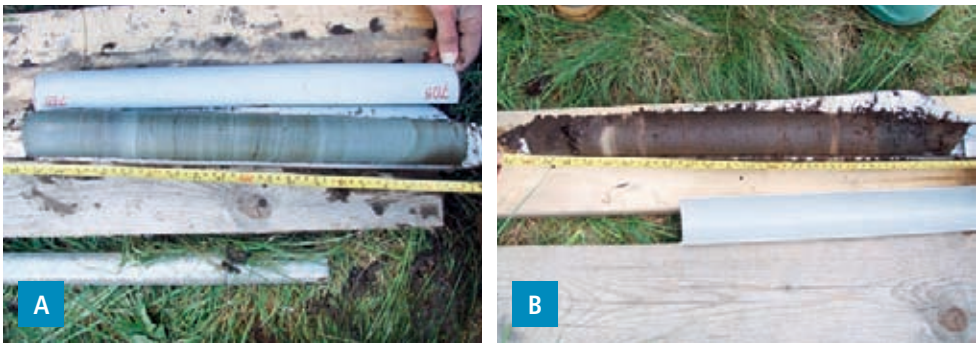
Ryc. 37. Grubookruchowe żwiry budujące plejstoceńską terasę Łomnicy w Karpaczu odsłonięte przez rzekę w erozyjnym podcięciu brzegowym (fot. M. Kasprzak)



Ryc. 38. Sytuacja morfologiczna stożka Wilczej Poręby: a – dźwignięty tektonicznie fragment stożka napływowego, b – Buława, c – dolina Płomnicy, d – stoki Czarnej Kopy, e – dolina Łomniczki, f – dolina Wilczego Potoku, g – dolina Łomnicy, strzałkami oznaczono hipotetyczne kierunki wcześniejszych przepływów, linią ciągłą podkreślono podstawę skarpy uskokowej

Pojedyncze odcinki karkonoskich cieków mogą mieć charakter koryt krętych z wykształconymi zakolami i akumulacyjnymi odsypami meandrowymi. Występują one w strefie spłaszczeń śródstokowych, np. na Szklarce czy Bielniku (Traczyk & Kasprzak 2006). Ogólna morfologia masywu decyduje także o rozmieszczeniu bardziej charakterystycznych elementów rzeźby korytowej, a mianowicie systemów kaskad i progów wodospadów (Ryc. 35). Wodospady występują w strefach krawędziowych Grzbietu Głównego i Pogórza Karkonoskiego. Największy z nich – wodospad Kamieńczyka – ma 27 m wysokości. Ich powstanie wiąże się z działaniem czynnika tektonicznego (Migoń 1992; Sobczyk i in. 2007).

Największymi w regionie formami akumulacji fluwialnej są stożki sypane w czwartorzędzie przez karkonoskie cieki na przedpolu gór, sięgające po dolinę Bobru na północy (np. stożek Ściegien). Plejstoceńskie stożki są porozcinane erozyjnie, a w rozcięcia włożone zostały terasy młodsze (Ryc. 36 i 37). Na przedpolu gór



Ryc. 39. Fragmenty rdzenia pobranego podczas wierceń w osadzie o miąższości przekraczającej 9 m, wypełniającym dawne jezioro w górnej części doliny Łomnicy obok Domku Myśliwskiego: A – osad mineralny (iły) z dolnej części profilu, B – osad torfowy z górnej części profilu (fot. M. Kasprzak)

istnieje więc system dwóch poziomów teras plejstoceńskich (ok. 12–20 i 3–5 m n.p.rz., głównie grubofrakcyjne osady żwirowe) oraz dwóch poziomów niższych teras holoceńskich (ok. 1,5–2,5 m i niższy współczesny, osady średniożwirowe i piaszczyste z wkładkami mułów). W wyższych partiach gór system terasowy jest zachowany tylko fragmentarycznie. Najczęściej oprócz poziomów holoceńskich teras występują tu izolowane półki wyższej terasy plejstoceńskiej, wyróżniające się grubookruchową budową. System terasowy został także przemodelowany przez działanie czynnika tektonicznego. W wyniku ruchów pionowych podłoża doszło do jego dywergencji u podnóża krawędzi morfologicznych Karkonoszy. Najbardziej znane przykłady takich procesów podawane w literaturze dotyczą dolin Wrzosówki, Łomniczki (Ryc. 38) oraz Jedlicy (Sroka 1991; Migoń 2005; Chmal & Kasprzak 2009).

Ruchy blokowe wraz z innymi zjawiskami przyrodniczymi stały się przyczyną wielu zmian hydrograficznych, zarówno w obrębie wyższych partii Karkonoszy (np. górnego odcinka Kamiennej i Kamieńczyka), jak też na Pogórzu Karkonoskim (Ouvrier 1933; Migoń 1992). W ich wyniku dochodziło do istotnych zmian kierunku odpływu. Ewolucji podlegają także stosunkowo młode zbiorniki poglacjalne. Mały i Wielki Staw, będące największymi naturalnymi jeziorami w całych Sudetach, są wypłycane przez zasypywanie materiałem stokowym i w ich strefach brzegowych widać rozwijające się delty. Krótki jest czas istnienia jeziorek środmorenowych, wypełnianych sukcesywnie osadem mineralnym, a następnie osadem organicznym (Ryc. 39). W ten sposób doszło do całkowitej likwidacji zbiornika istniejącego w dolinie Łomnicy, nieopodal Domku Myśliwskiego.

Współczesne procesy morfogenetyczne, ich dynamika i obserwowane trendy

Procesy geomorfologiczne, jakie współcześnie działają na terenie KPN i jego otuliny, charakteryzować można na wiele sposobów. Wyróżnia się procesy sekularne, wolne, ale działające stale, rejestrowane dzięki długoletnim obserwacjom (np. wietrzenie skał, pełzanie gruntu) oraz procesy ekstremalne, zachodzące w wyjątkowych sytuacjach, trwające krótko, lecz mające znaczny wpływ na zmianę konfiguracji terenu (np. procesy fluwialne podczas największych wezbrań rzecznych, spływy gruzowo-błotne, lawiny śnieżne).

Dynamika oraz morfologiczne efekty wielu procesów fizycznych są odmienne w poszczególnych piętrach wysokościowych Karkonoszy. Warunkowane są także sposobem pokrycia terenu i specyfiką podłoża geologicznego. Dlatego wyróżniono tutaj trzy odrębne strefy geoekologiczne: podgórską, leśną (podzieloną na dolno- i górnoreglową) i subalpejską (Bieroński i in. 1992). W ich obrębie wydzielono z kolei pięć domen geomorfologicznych: (1) kulminacje i powierzchnię grzbietową, (2) ściany skalne kotłów lodowcowych, (3) stoki z pokrywą gliniasto-gruzową, (4) dna dolin rzecznych i (5) powierzchnię podgórską.

Procesem, który modeluje rzeźbę Karkonoszy w najbardziej zauważalny sposób jest erozja wodna. Jej skutki widoczne są szczególnie na powierzchniach pozbawionych okrywy roślinnej, gdzie dochodzi do spłukiwania materiału mineralnego. Według przeprowadzonych eksperymentów denudacja (obniżenie powierzchni) na podłożu granitowym wywołana spłukiwaniem zwietrzeliny osiąga wartości rzędu 0,000293 mm·rok^{-1} na sto-



Ryc. 40. Zniszczenia zabudowy Kowar spowodowane katastrofalnym wezbraniem Jedlicy na przełomie lipca i sierpnia 1897 r. (źródło: Die Hochwasser-Katastrophe... *1897, autor fotografii nieznany)*

kach leśnych, 0,00266 mm·rok^{-1} na łące i 0,023 mm·rok^{-1} na powierzchniach bez okrywy roślinnej (Bieroński i in. 1992). Wyniki te różnią się o rzędy wartości. W piętrach leśnych, gdzie płaszcz zwietrzelinowy ma większą miąższość, głównie wzdłuż nieutwardzonych dróg, mogą w wyniku działania spływu powierzchniowego rozwijać się formy erozji liniowej – bruzdy (żłobiny) i większe od nich rynny erozyjne. Tworzą się one w sposób epizodyczny, głównie podczas roztopów lub opadów deszczu. Wieloletnie obserwacje wykazały, że formy te mogą pogłębiać się o 0,2–0,5 m (maks. do 2 m) podczas każdego epizodu erozyjnego, aż do osiągnięcia poziomu litej skały, a średnie tempo pogłębiania rynien erozyjnych wynosi 0,01–0,2 mm·rok^{-1} (Parzóch 2001). Gdy dno rozcięć pokryje się brukiem erozyjnym, a zbocza zostaną ustabilizowane roślinnością, rynny erozyjne przestają się rozwijać i stopniowo zanikają wypełniane osadem.

Sieć epizodycznego i stałego drenażu stoków dostarcza materiał mineralny do głównych cieków, które wynoszą go poza obszar górski. Główne rzeki w miejscach załamania swojego profilu podłużnego, przede wszystkim w dnach śródgórskich kotlin i na przedpolu gór, tworzą strefy akumulacji rumowiska rzecznego w formie



Ryc. 41. Tor lawiny i jęzor lawinowy u podnóża ścian skalnych przy Kotle Małego Stawu (marzec 2012). Przy górnej krawędzi stoku widoczne są nawisy śnieżne, z których odrywają się płaty śniegu, inicjując powstawanie lawin (fot. M. Kasprzak)

stożków napływowych. Choć aktywna nadbudowa takich stożków odbywała się przede wszystkim w okresach czwartorzędowych ochłodzeń, dziś tendencje te są widoczne podczas największych wezbrań, zwłaszcza w momencie opadania fal wezbraniowych (Bieroński i in. 1992; Kasprzak 2011). Transport rzeczny odbywa się często w sposób redepozycyjny, przemieszczając naprzemianległe strefy erozji i akumulacji w korycie rzecznym. O mocy strumienia płynącej wody decyduje jej przybór. Wezbrane górskie cieki prowadzą kilkadziesiąt razy więcej wody niż w stanach normalnych (Kasprzak 2011). Sytuacje takie mogą być następstwem gwałtownych roztopów, intensywnych opadów nawalnych, długotrwałych opadów rozlewnych, ale także opadów pojawiających się po długotrwałej suszy, kiedy to przesuszony grunt traci zdolności infiltracyjne. Sytuacja taka miała miejsce w sierpniu 2006 r. (Kasprzak 2007, 2010a, Kasprzak & Migoń 2015).

Karkonosze, podobnie jak sąsiednie Góry Izerskie, cechują bardzo duże maksymalne dobowe sumy opadów, stąd procesy fluwialne w ich następstwie mogą mieć wręcz katastrofalne skutki. Na podstawie istniejących danych (Czerwiński 1991; Kasprzak 2010a, Kasprzak & Migoń 2015) nie można jednak jednoznacznie wskazać, aby w ostatnich latach procesy te nasiliły się lub występowały częściej. Najdotkliwsze zniszczenia powodziowe karkonoskich miejscowości są znane bowiem z XVII i XIX w., a nie z czasów nam współczesnych. Nie oznacza to jednak, że dynamika procesów fluwialnych uległa zmniejszeniu. Należy mieć świadomość, jakiego typu zdarzenia mogą rozgrywać się nad brzegami karkonoskich rzek (Ryc. 40). Wystąpienie wód powodziowych poza koryta skutkuje rozwojem niskiej terasy holoceńskiej. Wykształcona w ten sposób pokrywa madowa o przeciętnej miąższości 0,4–0,6 m jest efektem deforestacji i użytkowania stoków Karkonoszy przez ostatnie 300–400 lat (Bieroński i in. 1992).

Procesy ekstremalne są także domeną wyższych partii gór i strefy subalpejskiej. Dotyczy to głównie górnych krawędzi i ścian kotłów lodowcowych, gdzie mają miejsce obrywy skalne, lawiny śnieżne (Ryc. 41) i spływy gruzowo-błotne. Te ostatnie, tak charakterystyczne dla Karkonoszy, pojawiają się także na nachylonych stokach nisz źródliskowych, dolin i wzniesień (Ryc. 42). Ich powstaniu sprzyja nachylenie powyżej 25° i miąższa warstwa drobnoziarnistej zwietrzeliny, która przesycona wodą może ruszyć grawitacyjnie, ślizgając się po litej skale głębszego podłoża. W całych Karkonoszach zinwentaryzowano jak dotąd ślady ponad 250 różnowiekowych



Ryc. 42. Rynny spływów gruzowych na stoku Śnieżki (A) – młodszego po stronie prawej i starszego, po lewej stronie fotografii oraz rynna spływu gruzowo-błotnego w Kotle Łomniczki (B), przegrodzona niżej zaporą przeciwdziałającą dalszej erozji (fot. M. Kasprzak)

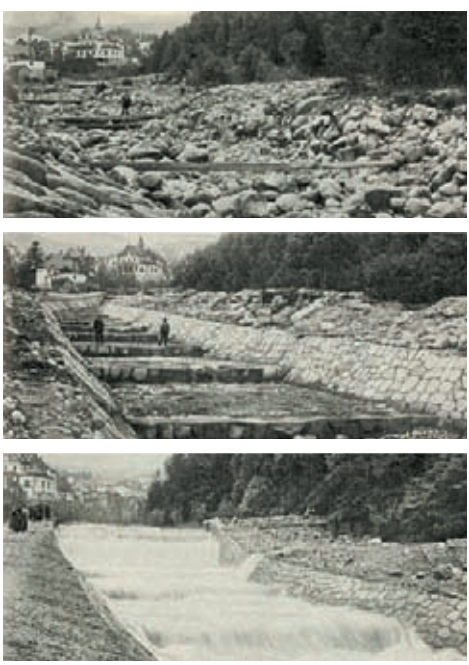


Ryc. 43. Lód włóknisty powstaje w efekcie zamarzania wody gruntowej. Pojawia się na powierzchni terenu i rośnie w górę dzięki ssaniu mrozowemu, czyli migracji wilgoci w stronę frontu zamarzania.
Unosi jednocześnie materiał zwietrzelinowy, który opadając po wytopieniu igieł zmienia swoje położenie. Wielokrotne powtarzanie tego mechanizmu na stoku powoduje ruch typu creep, ale przygotowuje także zwietrzelinę do spłukiwania i deflacji (Droga Bronka Czecha, fot. M. Kasprzak)

spływów gruzowo-błotnych, z czego ponad 70 po polskiej stronie gór (Pilous 1973, 1975, 1977; Migoń & Parzóch 2008, 2010). Widoczne w morfologii terenu rynny najdłuższych spływów mają kilkaset metrów długości.

W piętrach wierzchowinowych mikrorzeźba powierzchni stokowych modelowana jest przez procesy mrozowe. Procesom tym sprzyjają częste przejścia temperatury powietrza przez punkt 0 °C, wywiewanie śniegu izolującego podłoże od zimna, silne uwilgocenie podłoża oraz sztuczne pozbawienie gruntu okrywy roślinnej. W takich warunkach mogą w gruncie rozwijać się struktury lodowe (lód cementacyjny, segregacyjny, soczewki lodowe etc.), a pęcznienie mrozowe czy lód włóknisty (Ryc. 43) prowadzą do przemieszczania się zwietrzeliny skalnej różnych, nawet największych frakcji (Mazurski 1971; Klementowski 1996). Formy sortowania mrozowego gruntu znane są z piętra subalpejskiego Karkonoszy, np. z Czarnego Grzbietu. Niemniej współcześnie najlepsze warunki do ich rozwoju panują w Śnieżnych Stawkach w Wielkim Kotle Śnieżnym, a więc znacznie niżej, w piętrze kosodrzewiny. W strefach przybrzeżnych zbiorników występuje drobnoziarnisty materiał zwietrzelinowy zawierający znaczą ilość pyłu i iłu – materiału podatnego na działanie mrozu i rozwój zjawisk typu wysadzinowego (Traczyk 1992a).

Zjawiska mrozowe przyspieszają grawitacyjny ruch pokrywy zwietrzelinowej. Dziesięcioletnie obserwacje skutków spełzywania gruntu, który zaliczyć należy do grupy procesów sekularnych, dowiodły, że w górnych partiach Karkonoszy przypowierzchniowe warstwy gruntu przemieszczają się w tempie 0,3–0,6 cm·rok^{-1} lub prędzej, jeśli ruch ten odbywa się przez poślizg warstw (Jahn & Cielińska 1974a,b). W przemieszczaniu tym prawdopodobnie ma swój udział pełznięcie pokrywy śnieżnej. Jeszcze szybszy ruch w dół stoku wykonują bloki skalne zalegające luźno na stoku Szrenickiego Kotła (13,2 cm·rok^{-1}). Bloki monitorowane w eksperymencie Jahna i Cielińskiej (1974a,b) są przykładem tzw. wędrujących kamieni, znanych z wielu miejsc Karkonoszy. Intensywne ruchy masowe nie występują na spłaszczonych wierzchowinach. W obrębie istniejących tu torfowisk wysokich działają natomiast procesy sufozyjne (Klementowski 1979), polegające na skoncentrowanym przepływie wody podpowierzchniowymi kanałami.



Ryc. 44. Koryto Łomnicy w Karpaczu podczas przebudowy na początku XX w. Koryto w stanie pierwotnym miało formę grubofrakcyjnego kamieńca o szerokości kilkudziesięciu metrów (źródło: Sommer 1913)

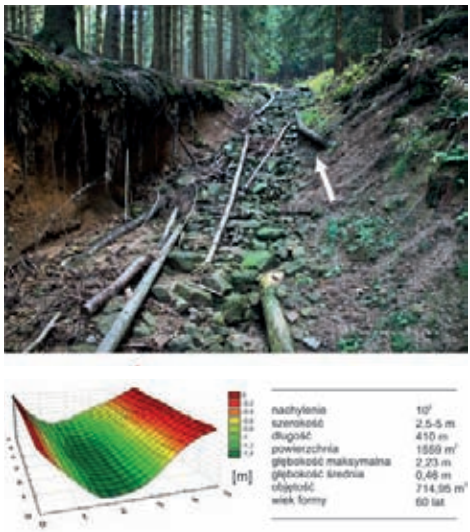
Przegląd procesów geomorfologicznych działających współcześnie w Karkonoszach prowadzi do wniosku, że strefami przekształcanymi w sposób najbardziej aktywny są górne zamknięcia dolin i ściany kotłów glacjalnych. W specyficznych warunkach rzeźba zmienia się dynamicznie w dnach dolin rzecznych, szczególnie przy dolnym załomie stoków. Uaktywnienie procesów fizycznych może być powodowane czynnikiem atmosferycznym, bądź też wynika z działalności człowieka, o czym będzie mowa w następnym podrozdziale.

Aktualnie dynamika procesów geomorfologicznych na karkonoskich stokach nie jest duża. Obserwuje się pewną stabilizację środowiska i powrót do stanu jego równowagi po okresach deforestacji gór, spowodowanych tzw. klęską ekologiczną lat 80. XX w., a w dłuższej perspektywie działalnością górniczą, przemysłową i rolniczą (Potocki 2000). Nie dotyczy to jednak miejsc koncentracji ruchu turystycznego, w ostatnich latach coraz bardziej nasilonego.

Wpływ działalności człowieka na morfologię terenu

Antropopresja w Karkonoszach wiąże się ze sposobem zagospodarowania terenu na przestrzeni ostatnich wieków. W wyniku rozwoju rolnictwa najsilniej przekształcone zostały niższe partie gór, do wysokości ok. 700 m, choć pojedyncze wsie lokowano także wyżej (Potocki 2000; Kasprzak & Szmytkie 2006). Tereny

gospodarcze były plantowane, a pola uprawne terasowane. Największe zmiany dotyczyły morfologii dolin rzecznych, będących arteriami komunikacyjnymi i głównymi obszarami zabudowy. Po wielkich klęskach powodzi 1888 i 1897 r., z inicjatywy ówczesnego nadprezydenta Śląska Hermanna Hatzfelta, zaczęto wdrażać regionalny program ochrony przeciwpowodziowej prof. Otto Intzego (BUDYCH & MAJEWICZ 1999). W jego efekcie w Karkonoszach powstał w latach 1910–1912 system zapór przeciwrumowiskowych oraz kaskadowej zabudowy koryt Łomnicy, Łomniczki i Jedlicy, zapobiegający kumulowaniu się fal wezbraniowych tych cieków. W efekcie żwirodenne koryta potoków zamieniono na kamienne żłoby (Ryc. 44). Rozwiązania hydrotechniczne tego typu są praktycznie nadal stosowane. Drobne regulacje sieci rzecznej z tamtego okresu można spotkać nawet w najwyższych partiach gór.

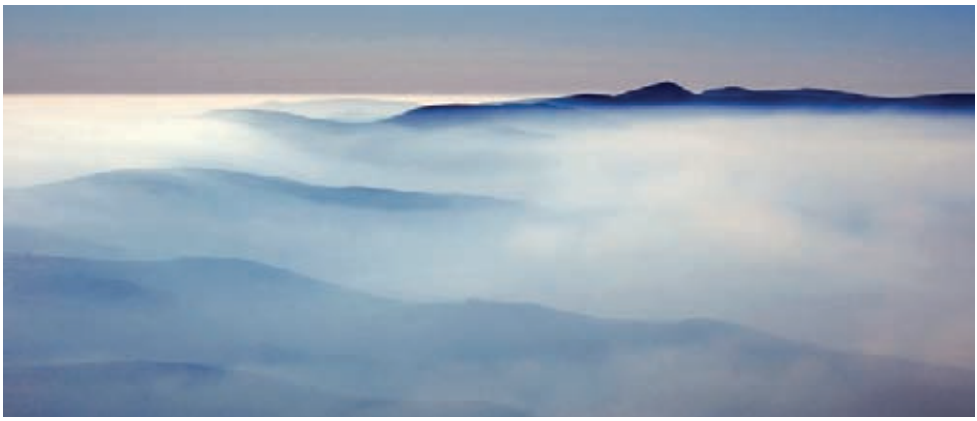


Ryc. 45. Przykład rynny erozyjnej w dolinie Jodłówki, stan w 2002 r. Rozwojowi tej formy sprzyjała sytuacja morfologiczna, całkowite zdegradowanie nawierzchni drogi oraz wcześniejsze zruszenie gruntu spowodowane przeprowadzeniem rury wodociągowej (wskazana strzałką, fot. M. Kasprzak)

Przeprowadzone regulacje wodne spowodowały drastyczne zmiany w działaniu procesów fluwialnych. Ograniczono erozję den i brzegów karkonoskich rzek, przyspieszając jednocześnie odpływ wód poza obszar gór. Ponieważ dostawę materiału skalnego do koryt zapewniały w dalszym ciągu wyższe odcinki cieków oraz nieutwardzone, erodowane powierzchnie dróg leśnych i rynien zrywkowych, transport rumowiska wleczonego hamowały zapory przeciwrumowiskowe – wypełniające się stosunkowo szybko i wymagające oczyszczania. Zagęszczenie karkonoskich dróg, powstałych na potrzeby rolnictwa i leśnictwa poza obszarami zabudowanymi wynosi nawet 9–10 km·km^{-2} (KASPRZAK 2006). Kiedy zaniedbano konserwacji lub zniszczono ich nawierzchnię, w specyficznych sytuacjach terenowych mogły zamienić się one w głębokie rozcięcia erozyjne. Dotyczyło to głównie tras biegnących prostopadle do nachylonego stoku (Ryc. 45).

Erozja wodna, prowadząca do degradacji powierzchni stokowych, towarzyszy obszarom poddanym presji turystycznej, która według monitoringu KPN należy do największych w Polsce. W miejscach koncentracji ruchu turystycznego dochodzi do zdarcia okrywy roślinnej na poboczach wyznaczonych dróg, zmiany gęstości podłoża wskutek udeptywania oraz do mechanicznego przemieszczania zwietrzeliny. Zdegradowane powierzchnie szlaków oraz sąsiedztwa schronisk i punktów widokowych wymagają zabiegów przeciwerozyjnych. Korzystając z małej architektury, na drogach buduje się kamienne i drewniane stopnie, przepusty wodne oraz różnego rodzaju szykany zniechęcające pieszych do zbaczania z drogi. Istniejące rynny erozyjne przegradza się natomiast zaporami, które skutecznie wygaszają procesy erozyjne (PARZÓCH 2008).

Współczesna antropopresja może oddziaływać na system morfodynamiczny Karkonoszy także w sposób pośredni. Przykładem tego typu działań było silne zakwaszenie atmosfery przez spalanie dużych ilości zasiarczonego węgla brunatnego w elektrowniach tzw. czarnego trójkąta Polski, Czech i NRD. Wywołane w ten sposób kwaśnawe i kwaśne deszcze, w połączeniu z posuchami kilku kolejnych sezonów letnich, gradacją szkodników oraz nieodpowiednim składem gatunkowym lasów, doprowadziły do zamierania karkonoskich drzewostanów (RAJ 1992; JADCZYK 1999). Osłabione drzewa obumierały bądź były łamane przez wiatr. Odsłonięte powierzchnie stoku wraz z uniesionymi systemami korzeniowymi stały się wtedy źródłem materiału spłukiwanego w dół stoku. Z uwagi na fakt, że powierzchnie zamierającego lasu zostały szybko skolonizowane przez inne rośliny, aktywizacja procesów geomorfologicznych była zdecydowanie mniejsza niż to przewidywano i dotyczyły one głównie dróg użytkowanych w trakcie zrywki drewna poza KPN. Nie sprawdził się także scenariusz (BIEROŃSKI 1990), że wzmożona dostawa materiału zwietrzelinowego ze stoków do koryt rzecznych spowoduje ich agradację w śródgórskich kotlinach i poniżej krawędzi morfologicznej gór, choć transport tego materiału mineralnego rejestrowano na wypełniających się zaporach przeciwrumowiskowych (TRACZYK 1991).



Ryc. 46. Zachwycający krajobraz Karkonoszy wynika m.in. ze specyficznego układu grzbietów górskich i nakładaniu się na obserwowaną panoramę wielu planów (fot. B. Schutty)

Wyjątkowość rzeźby Karkonoszy na tle innych obszarów górskich

Karkonosze pod względem wykształcenia rzeźby są z pewnością wyjątkowe. Choć zalicza się je do gór średnich (Kotarba & Migoń 2011), tworzą najwyższe pasmo Sudetów i zarazem najwyższy masyw górski w tej części Europy. Na ich unikatowość wpływa wyraziste wykształcenie pięter morfodynamicznych, zarówno w obrębie skał granitowych, jak i metamorficznych. Występują tutaj dobrze czytelne relikty rzeźby glacjalnej z formami karów i moren lodowcowych. Nadają one fragmentom Karkonoszy cechy rzeźby alpejskiej. W piętrze wierzchowinowym nietrudno odszukać form charakterystycznych dla strefy peryglacjalnej, takich jak rumowiska skalne, terasy krioplanacyjne czy grunty strukturalne, a panujące tu warunki ekologiczne przypominają współczesne środowisko gór Skandynawii. Wszystkie piętra wysokościowe odsłaniają bogactwo rzeźby skalnej, w tym najbardziej charakterystyczne dla Karkonoszy granitowe skałki. Do osobliwości gór zaliczają się także duże kontrasty rzeźby – poczynając od stromych krawędzi morfologicznych, oddzielających Pogórze Karkonoskie od Kotliny Jeleniogórskiej i stoki Grzbietu Głównego Karkonoszy od Karkonoskiego Padołu Śródgórskiego, po zrównania wierzchowinowe o monotonnej, lekko falistej powierzchni. Niezwykle interesująco przedstawia się także rzeźba dolinna z licznymi przełomami rzecznymi, odcinkami jarowymi i progami wodospadów, a także śladami zmian hydrograficznych, jakie zachodziły w przeszłości.

Karkonosze są także interesujące pod względem zróżnicowania i dynamiki procesów geomorfologicznych, zarówno tych ekstremalnych, występujących sporadycznie, ale cechujących się dużą energią (spływy gruzowo-błotne, lawiny śnieżne, przepływy wezbraniowe wód), oraz sekularnych, powolnych, ale działających przez długi czas (wietrzenie skał, powolne ruchy grawitacyjne gruntu). Należy podkreślić, że Karkonosze to obszar silnie zagospodarowany przez człowieka, gdzie na przestrzeni wieków sposób wykorzystania terenu zmieniał się kilkukrotnie.

Piękno karkonoskiego krajobrazu (Ryc. 46) sprawiło, że obszar ten może się poszczycić wyjątkowo długą tradycją turystyki, z czym w Sudetach konkurować może jedynie masyw Gór Stołowych. Rozwój ruchu turystycznego sprawił, że góry przecina najgęstsza w polskich Sudetach sieć znakowanych dróg i ścieżek. Wraz z rozwojem infrastruktury turystycznej pojawiła się także potrzeba ochrony przyrodniczej najchętniej odwiedzanych miejsc (Migoń 2015). Finałem tych starań było utworzenie Karkonoskiego Parku Narodowego.

Fascynacja Karkonoszami ma swój wyraz nie tylko w opracowaniach krajoznawczych i naukowych, ale także historycznych obrazach i grafikach. Choć wiele z nich uznać dziś można jedynie za romantyczną wizję i przesadzoną kreację rzeczywistości (Ryc. 47), to trudno nie zgodzić się z ich autorami co do uroku karkonoskiego krajobrazu. Stosunek do rzeźby Karkonoszy w przeszłości dobrze wyraża m.in. niemiecka nazwa gór – *Riesengebirge*, a więc Góry Olbrzymie. Choć dziś być może jesteśmy pod większym wrażeniem innych, znacznie wyższych pasm górskich, Karkonosze potrafią jednak zachwycić i zafascynować.



Ryc. 47. Mocno przerysowany karkonoski Landschaft *w wykonaniu niemieckiego autora (A, źródło: Partsch 1889) oraz wizualizacja DEM z rzeczywistą skalą pionową (B)*

Literatura

Berg G. 1915: Die Vergletscherung an den Teichen des Riesengebirges. Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft 67: 63–82.

Berg G. 1927: Zur Morphologie des Riesengebirges. Zeitschrift für Geomorphologie 2: 1–20.

Berg G. 1940: Geologische Karte des Deutschen Reiches 1:25 000. Lieferung 241. Erläuterungen zu Blatt Krummhübel.

Berg G. 1941: Geologische Karte des Deutschen Reiches 1:25 000. Lieferung 241. Erläuterungen zu Blatt Schreiberhau – Schneegrubenbaude.

Bieroński J. 1990: Antropogeniczne uwarunkowania procesów denudacyjnych w zlewni Łomniczki (Karkonosze, Sudety). W: Współczesne procesy morfogenetyczne w Polsce. Wybrane zagadnienia, Dokumentacja Geograficzna PAN, 1: 70–77.

Bieroński J. 1993: Próba oceny intensywności procesów denudacyjnych w zlewni Wilczego Potoku. W: Tomaszewski J., Sarosiek J. & Szymański S. (red.) Geoekologiczne problemy Karkonoszy. Uniwersytet Wrocławski: 93–97.

Bieroński J. 1994: Warunki formowania i transportu rumowiska wleczonego w zlewniach karkonoskich. W: Tomaszewski J. (red.), Problemy hydrologii regionalnej. Materiały Ogólnopolskiej Konferencji Hydrograficznej, Uniwersytet Wrocławski, Wrocław: 168–175.

Bieroński J. & Tomaszewski J.T. 1979: Procesy korytowe w dolinie Białego Strumienia (Grzbiet Lasocki – Sudety Zachodnie). Problemy Zagospodarowania Ziem Górskich, 20: 163–184.

Bieroński J., Chmal H., Czerwiński J., Klementowski J. & Traczyk A. 1992: Współczesna denudacja w górskich zlewniach Karkonoszy. Prace Geograficzne IGiPZ PAN 155: 151–169.

Borkowska I. & Czerwiński J. 1973: On some mineralogical and textural features of granite regoliths in the Karkonosze Massif. Studia Geographica 33: 43–56.

Budych L. & Majewicz R. 1999: Strategia ochrony przeciwpowodziowej Bobru w ujęciu historycznym, Rocznik Jeleniogórski, t. XXXI: 45–54.

Büdel J. 1937: Eiszeitliche und rezente Verwitterung und Abtragung im ehemals nicht vereisten Teil Mitteleuropas. Petermanns Geographische Mitteilungen, Ergänzungsheft 229: 5–71.

Cacoń S. & Mąkolski K. 2005: Współczesna geodynamika Karkonoszy w odniesieniu do Sudetów i obszarów przyległych. W: Mierzejewski M.P. (red.), Karkonosze. Przyroda Nieożywiona i Człowiek, Wyd. Uniwersytetu Wrocławskiego: 307–321.

Chmal H. 1974: Geneza i wiek kociołków wietrzeniowych na skałkach Karkonoszy. Acta Universitatis Wratislaviensis 236, Prace Instytutu Geograficznego A1: 39–58.

Chmal H. 1979: Przypadek gwałtownego upłynnienia się zwału kopalnianego w rejonie Kowar. W: Jahn A. & Kowaliński S. kapitalikami (red.), Powódź w 1977 roku i jej skutki na Dolnym Śląsku, Sesja Naukowa 3 marca 1978 r., Komisja Nauk o Ziemi PAN – Oddział we Wrocławiu, Wrocław: 129–132.

Chmal H. & Kasprzak M. 2009: Stożki Piszczaka – problem wieku teras rzecznych i utworów lodowcowych w Kotlinie Jeleniogórskiej. W: Kostrzewski A. & Paluszkiewicz R. (red.), Geneza, litologia i stratygrafia utworów czwartorzędowych, t. V, Poznań: 31–43.

Chmal H. & Traczyk A. 1993: Plejstoceńskie lodowce gruzowe w Karkonoszach. Czasopismo Geograficzne 64: 253–263.

Chmal H. & Traczyk A. 1998: Postglacjalny rozwój rzeźby Karkonoszy i Gór Izerskich w świetle analizy osadów rzecznych, jeziornych i stokowych. W: Sarosiek J. & Štursa J. (red.), Geoekologiczne Problemy Karkonoszy, Materiały z sesji naukowej w Przesiece, 15–18.X.1997, t. 1, Wyd. Acarus, Poznań: 81–87.

Chmal H. & Traczyk A. 1999: Die Vergletscherung des Riesengebirges. Zeitschrift für Geomorphologie, N. F., Suppl.-Bd. 113: 11–17.

Cielińska M. 1961: Comment on quantitative investigations of some processes of modern denudation in the Karkonosze Mountains. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Wrocławskiego B8, Nauka o Ziemi 5: 57–69.

Cloos H. 1925: Einführung in die tektonische Behandlung magmatischer Erscheinungen (Granittektonik). Teil I. Das Riesengebirge in Schlesien. Berlin: ss. 194.

Czerwiński J. 1967: Osuwisko w dolinie Łomniczki w Karkonoszach. Opera Corcontica 4: 169–175.

Czerwiński J. 1985: Główne rysy rzeźby i rozwój geomorfologiczny. W: Jahn A. (red.), Karkonosze polskie, Ossolineum: 53–76.

CZERWIŃSKI J. 1991: Powodzie w rejonie Karkonoszy od XV w. do czasów współczesnych. Acta Universitatis Wratislaviensis 1237, Prace Instytutu Geograficznego A6: 85–104.

CZERWIŃSKI J. & MIGOŃ P. 1993: Mikroformy wietrzenia granitów w masywie karkonosko-izerskim. Czasopismo Geograficzne 64: 265–284.

DĄBROWSKA A. & KASPRZAK M. 2007: Struktura koryta w małej zlewni górskiej na przykładzie potoku Skałka w Karkonoszach Wschodnich. Systemy dolinne i ich funkcjonowanie, Prace Instytutu Geografii AŚ w Kielcach 16: 173–186.

DEVEREUX B. & AMABLE G. 2009: Airborne LiDAR: Instrumentation, Data Acquisition and Handling. W: HERITAGE G.L. & LARGE A.R.G. (red.), Laser Scanning for the Environmental Sciences. Blackwell Publishing: 49–66.

DUDZIAK T. & POTOCKI J. 1995: Rozwój sieci szlaków turystycznych w Sudetach. Śląski Labirynt Krajoznawczy, 7: 99–118.

DUMANOWSKI B. 1961: Cover deposits of the Karkonosze Mountains. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Wrocławskiego B8, Nauka o Ziemi 5: 31–55.

DUMANOWSKI B. 1963: Stosunek rzeźby do struktury w granicie Karkonoszy. Acta Universitatis Wratislaviensis 9, Studia Geograficzne 1: 27–35.

DUMANOWSKI B. 1964: Problem of the development of slopes in granitoids. Zeitschrift für Geomorphologie, N. F., Suppl.-Bd. 5: 30–40.

DUMANOWSKI B. 1967: Zależność rozwoju stoku od budowy geologicznej. Acta Universitatis Wratislaviensis 61, Studia Geograficzne 9: 1–134.

DUMANOWSKI B. 1968: Influence of petrographical differentiation of granitoids on land forms. Geographia Polonica 14: 93–98.

DUMANOWSKI B., JAHN A. & SZCZEPANKIEWICZ S. 1962: The Holocene of Lower Silesia in the light of results of the first radiocarbon dating. Bulletin de l'Académie Polonaise des Sciences, Série des sci. géol. et géogr., Vol. X, No. 1: 47–52.

DYJOR S. & OBERC J. 1983: Współczesne ruchy skorupy ziemskiej w Polsce SW i wynikające z nich możliwości zagrożeń dla obiektów górniczych i inżynierskich. W: Współczesne i neotektoniczne ruchy skorupy ziemskiej w Polsce, t. 4, Wrocław: 7–23.

ENGEL Z. 1997: Současný stav poznatků o pleistocenním zalednění české části Krkonoš. Geografie, Sborník České Geogr. Spol., 102 (4): 288–300.

ENGEL Z. 2007: Late Pleistocene glaciations in the Krkonoše Mts. In: GOUDIE A.S., KALVODA J. red., Geomorphological Variations. Nakladatelství P3K, Prague: 269–285.

ENGEL Z., KŘÍŽEK M., NÝVLT D., TRACZYK A. & TREML V. 2008: Nowe dane o zlodowaceniu Karkonoszy na podstawie badań w dolinie Łaby, Upy i Łomnicy. Landform Analysis 9: 111–114.

ENGEL Z., NÝVLT D., KŘÍŽEK M., TREML V., Jankovská V. & Lisá. 2010. Sedimentary evidence of landscape and climate history since the end of MIS 3 in the Krkonoše Mountains, Czech Republic. Quaternary Science Reviews 29: 913–927.

ENGEL Z., TRACZYK A., BRAUCHER R., WORONKO B. & KŘÍŽEK M. 2011: Use of 10Be exposure ages and Schmidt hammer data for correlation of moraines in the Krkonoše Mountains, Poland/Czech Republic. Zeitschrift f. Geomorphologie, 55(2): 175–196.

LINTON D.L. 1955: The problem of tors. Geographical Journal 121: 470–487.

GÜRICH G. 1914: Die geologischen Naturdenkmäler des Riesengebirges. Beiträge zur Naturdenkmalpflege 4(3): 141–324.

HASIŃSKI W. 1971: Wpływ wiatrołomów karkonoskich na przebieg denudacji. Czasopismo Geograficzne 42: 301–303.

Die Hochwasser-Katastrophe im Riesengebirge am 29. bis 30 Juli 1897. Vierte Auflage, 1897, Hirschberg: ss. 51.

JADCZYK P. 1999: Przyczyny zniszczenia zachodniosudeckich lasów. Pielgrzymy, Informator Krajoznawczy, SKPS, Wrocław: 75–89.

JAHN A. 1954a: Karkonosze – rys morfologiczny. Czasopismo Geograficzne 23/24: 107–121.

JAHN A. 1954b: Zasługi Walerego Łozińskiego w dziedzinie badań peryglacjalnych, Biuletyn Peryglacjalny nr 1: 7–18.

JAHN A. 1960: Czwartorzęd Sudetów. W: TEISSEYRE H. (red.), Regionalna Geologia Polski, t. III, Sudety, z. 2, Utwory trzeciorzędowe i czwartorzędowe oraz pogląd na rozwój budowy geologicznej Sudetów. Polskie Tow. Geol., Kraków: 358–418.

JAHN A. 1962: Geneza skałek granitowych. Czasopismo Geograficzne 33: 19–44.

JAHN A. 1963: Gleby strukturalne Czarnego Grzbietu i problem utworów pylastych w Karkonoszach. Acta Universitatis Wratislaviensis 9, Studia Geograficzne 1: 55–65.

JAHN A. 1968: Peryglacjalne pokrywy stokowe Karkonoszy i Gór Izerskich. Opera Corcontica 5: 9–25.

JAHN A. 1979: Procesy erozyjne na grzbiecie Karkonoszy. Eksperyment polowy. Problemy Zagospodarowania Ziem Górskich 20: 127–139.

JAHN A. 1980: Główne cechy i wiek rzeźby Sudetów. Czasopismo Geograficzne 51: 129–154.

JAHN A. (red.) 1985: Karkonosze polskie. Ossolineum, Wrocław: ss. 566.

JAHN A., CHODAK T., MIGOŃ P. & AUGUST C. 2000: Utwory zwietrzelinowe Dolnego Śląska. Nowe stanowiska, wiek i znaczenie geomorfologiczne. Acta Universitatis Wratislaviensis 2238, Studia Geograficzne 72: ss. 211.

JAHN A. & CIELIŃSKA M. 1974a: Ruchy gruntu na stokach Karkonoszy, Acta Universitatis Wratislaviensis 236, Prace Instytutu Geograficznego A1: 5–24.

JAHN A. & CIELIŃSKA M. 1974b: The rate of soil movement in the Sudety Mountains. Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften in Göttingen. Mathematisch-Physikalische Klasse, III. Folge 29: 86–101.

JENÍK J. 1961: Alpinská vegetace Krkonoš, Králického Sněžníku a Hrubého Jeseníku: teorie anemoorografických systemu. Nakl. ČSAV Praha: ss. 409.

KAJDAS B., MICHALIK M. J. & MIGOŃ P. 2017: Mechanisms of granite alteration into grus, Karkonosze granite, SW Poland. Catena150: 230–245.

KASPRZAK M. 2005: Tempo degradacji powierzchni dróg i ścieżek turystycznych w Karkonoszach. Opera Corcontica 42: 17–30.

KASPRZAK M. 2006: Erozja wodna na drogach i ścieżkach turystycznych w Karkonoszach. Przyroda Sudetów, 9: 179–190.

KASPRZAK M. 2007: Povodeň po suchém létu, Časopis Krkonoše – Jizerské hory, Srpen (8/2007): 31.

KASPRZAK M. 2009: Geomorfologia stożka Wilczej Poręby w Karkonoszach. Opera Corcontica 46: 19–39.

KASPRZAK M. 2010a: Geomorfologiczne i ekologiczne skutki wezbrań. W: MIGOŃ P. (red.), Wyjątkowe zdarzenia przyrodnicze na Dolnym Śląsku i ich skutki. Rozprawy Naukowe Instytutu Geografii i Rozwoju Regionalnego, 14, Uniwersytet Wrocławski, Wrocław: 141–203.

KASPRZAK M. 2010b: Wezbrania i powodzie na rzekach Dolnego Śląska. W: MIGOŃ P. (red.), Wyjątkowe zdarzenia przyrodnicze na Dolnym Śląsku i ich skutki. Rozprawy Naukowe Instytutu Geografii i Rozwoju Regionalnego, 14, Uniwersytet Wrocławski, Wrocław: 81–140.

KASPRZAK M. 2011: The geomorphological effects of extreme flood events in the rivers of Poland's Western Sudetes: historical data, as set against GIS modelling and field observations. Czasopismo Geograficzne, 82(1–2): 107–135.

KASPRZAK M. & MIGOŃ P. 2015: Historical and recent floods in the West Sudetes – geomorphological dimension. Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementbände 59 Supplementary Issue 3: 73-97.

KASPRZAK M. & SZMYTKIE R. 2006: Etapy rozwoju osady Budniki w górskich warunkach Karkonoszy i ich zapis w środowisku. W: LATOCHA A. & TRACZYK A. (red.), Zapis działalności człowieka w środowisku przyrodniczym. Metody badań i studia przypadków, Wyd. Gajt, Wrocław: 155–161.

KASPRZAK M. & TRACZYK A. 2010: Geomorfometria granitowej części Karkonoszy. Landform Analysis, 13: 33–46.

KATRYCZ M. 1998: Transport rumowiska wleczonego w zlewni Wilczego Potoku – Karkonosze Wschodnie. Acta Universitatis Wratislaviensis 2061, Prace Instytutu Geograficznego A9: 37–58.

KLEMENTOWSKI J. 1975: Płaty śnieżne i procesy niwalne w Karkonoszach. Opera Corcontica 12: 51–63.

KLEMENTOWSKI J. 1977: Morfologiczne skutki lawiny śnieżnej w Karkonoszach w zimie 1976 r. Czasopismo Geograficzne 48: 307–312.

KLEMENTOWSKI J. 1979: Procesy geomorfologiczne na torfowisku subalpejskim na Równi pod Śnieżką w Karkonoszach. Problemy Zagospodarowania Ziem Górskich 20: 141–162.

KLEMENTOWSKI J. 1996: Degradacja pokryw stokowych w warunkach antropopresji. Procesy kriogeniczne, spłukiwanie i erozja żłobinowa. W: JAHN A., KOZŁOWSKI S. & PULINA M. (red.), Masyw Śnieżnika. Zmiany w środowisku przyrodniczym, Wyd. PAE: 123–142.

KLIMASZEWSKI M. 1948a: Krajobraz Sudetów. W: Oblicze Ziem Odzyskanych. Dolny Śląsk t. 1: 113–164.

KLIMASZEWSKI M. 1948b: Osobliwości skalne w Sudetach. Chrońmy Przyrodę Ojczystą 4(11–12): 14–23.

KNAPIK R., MIGOŃ P., SZUSZKIEWICZ A. & ALEKSANDROWSKI P. 2011: Geopark Karkonosze – georóżnorodność i geoturystyka. Przegląd Geologiczny 59, 4: 311–322.

KONDRACKI J. 1995: Międzynarodowa konferencja w stulecie dzieła Josepha Partscha o zlodowaceniu Karkonoszy. Szklarska Poręba 6–9 X 1994 r. Przegląd Geograficzny 67(3–4): 397–390.

KOSTRZEWSKI A. 1968: Granulometria granitowej zwietrzeliny z terenu Karkonoszy. Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią 21: 79–94.

KOTARBA A. & MIGOŃ P. 2010: Góry wysokie a góry średnie Europy – spojrzenie geomorfologa. Czasopismo Geograficzne, 81, 1–2: 3–19.

KUŹMA J. 1972: Rumowisko rzeczne górskich potoków Karkonoszy. Czasopismo Geograficzne 43: 447–451.

ŁOZIŃSKI W. 1910a: Karkonosze a Tatry. Pamiętnik Towarzystwa Tatrzańskiego 31: 84–93.

ŁOZIŃSKI W. 1910b: O mechanicznem wietrzeniu piaskowców w umiarkowanym klimacie, Rozprawy i Sprawozdania z posiedzeń wydziału Matematyczno-Przyrodniczego Akademii Umiejętności, Kraków, 49A (1909 r.): 1–16.

MALKIEWICZ M, WAROSZEWSKI J., BOJKO O, EGLI M. & KABAŁA C. 2016. Holocene vegetation history and soil development reflected in the lake sediments of the Karkonosze Mountains (Poland). The Holocene 26(6): 890–905.

MALKIEWICZ M, WAROSZEWSKI J., BOJKO O, EGLI M. & KABAŁA C. 2016. Holocene vegetation history and soil development reflected in the lake sediments of the Karkonosze Mountains (Poland). The Holocene 26(6): 890–905.

MAZURSKI K.R. 1971: Lód włóknisty w Karkonoszach. Wszechświat, 4: 96–97.

MAZURSKI K. R. 2011: Badania naukowe w Karkonoskim Parku Narodowym. W: KNAPIK R., PRZEWOŹNIK L. & RAJ A. (red.), 50 lat badań naukowych w Karkonoskim Parku Narodowym, Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra: 19–27.

MAZURSKI K.R. & WARZECHA Z. 1969: Wielka lawina w Karkonoszach i jej morfologiczne skutki. Czasopismo Geograficzne 40(3): 375–379.

Mierzejewski M. P. 1985: Denudacja Prakarkonoszy w permokarbonie i mezozoiku. Geologia Sudetica 20 (1): 197–225.

MIERZEJEWSKI M.P. 1986: Nasunięcie i uskok przesuwczy na granicy między Kotliną Jeleniogórską a Pogórzem Karkonoskim. Przegląd Geologiczny 34: 577–581.

MIERZEJEWSKI M.P., MAJEROWICZ A. & CZERWIŃSKI J. 1983: Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Sudetów 1:25 000, ark. Szklarska Poręba. Wydawnictwa Geologiczne. Warszawa.

MIGOŃ P. 1992: Tektoniczne formy rzeźby na północnym stoku Karkonoszy. Opera Corcontica 29: 5–24.

MIGOŃ P. 1993: Geneza Kotliny Jeleniogórskiej. Opera Corcontica 30: 85–115.

MIGOŃ P. 1997: Palaeoenvironmental significance of grus weathering profiles: a review with special reference to northern and central Europe. Proceedings of the Geologists' Association 108: 57–70.

MIGOŃ P. 1999: The role of 'preglacial' relief in the development of mountain glaciation in the Sudetes, with the special reference to the Karkonosze Mountains. Zeitschr. f. Geomorphologie, Suppl.-Bd., 113: 33–44.

MIGOŃ P. 2005. Karkonosze – rozwój rzeźby. W: MIERZEJEWSKI M. P. (red.), Karkonosze. Przyroda nieożywiona i człowiek. Wyd. Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław: 323–349.

MIGOŃ P. 2011: Historia badań geomorfologicznych w Karkonoszach. W: KNAPIK R., PRZEWOŹNIK L. & RAJ A. (red.), 50 lat badań naukowych w Karkonoskim Parku Narodowym. KPN, Jelenia Góra: 61–104.

MIGOŃ P. 2015. Geologiczne pomniki przyrody Karkonoszy i obszarów przyległych – w 100-lecie dzieła Georga Güricha. Przegląd Geologiczny 63(4): 214-218.

MIGOŃ P. & AUGUST C. 2001: Cechy litologiczne zwietrzelin ziarnistych masywu karkonosko-izerskiego. W: KOSTRZEWSKI A. (red.), Geneza, litologia i stratygrafia utworów czwartorzędowych, t. III, Poznań: 283–305.

MIGOŃ P. & CZERWIŃSKI J. 1994: Problem wieku zwietrzelin granitowych masywu karkonosko-izerskiego w Sudetach Zachodnich. Acta Universitatis Wratislaviensis 1702, Prace Instytutu Geograficznego A7: 19–26.

MIGOŃ P. & DANIŠÍK M. 2012: Erosional history of the Karkonosze Granite Massif – constraints from adjacent sedimentary basins and thermochronology. Geological Quarterly 56(3): 440–454.

MIGOŃ P., KASPRZAK M. & KNAPIK R. 2006: Spływ gruzowy w Wielkim Śnieżnym Kotle w sierpniu 2006 r. Przyroda Sudetów 9: 157–168.

MIGOŃ P. & PARZÓCH K. 2008: Spływy gruzowe w polskich Karkonoszach – przyczyny, skutki i zagrożenia. Przegląd Geograficzny 80: 385–401.

MIGOŃ P. & PARZÓCH K. 2010: Zdarzenia ekstremalne w systemie stokowym – grawitacyjne ruchy masowe i erozja gleb. W: MIGOŃ P. (red.), Wyjątkowe zdarzenia przyrodnicze na Dolnym Śląsku i ich skutki. Rozprawy Naukowe Instytutu Geografii i Rozwoju Regionalnego, 14, Uniwersytet Wrocławski, Wrocław: 205–239.

MIGOŃ P. & TRACZYK A. 1998: Pokrywy stokowe – środowisko powstawania i cechy diagnostyczne. W: MYCIELSKA-DOWGIAŁŁO E. (red.), Struktury sedymentacyjne i postsedymentacyjne w osadach czwartorzędowych i ich wartość interpretacyjna, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego: 285–301.

MIGOŃ P. & PILOUS V. 2007: Geomorfologie. W: J. FLOUSEK, O. HARTMANOVÁ, J. ŠTURSA, J. POTOCKI (red.), Krkonoše. Příroda, historie, život. Baset: 103–124.

MROCZEK P. 2010: Stulecie pojęcia peryglacjał. Przegląd Geologiczny, 58(2): 130–132.

OBERC J. 1975: Neotektoniczny rów Rozdroża Izerskiego. W: Współczesne i neotektoniczne ruchy skorupy ziemskiej w Polsce, t. 1, Wyd. Geol. Warszawa: 157–170.

OUVRIER H. 1933: Beiträge zur Morphologie des Hohen Riesengebirges. Veröffentlichungen der schlesischen Gesellschaft für Erdkunde 17: 1–88.

PARTSCH J. 1882: Die Gletscher der Vorzeit in den Karpathen und den Mittelgebirgen Deutschlands. W. Koebner, Breslau: ss. 198.

PARTSCH J. 1889: Landeskunde der Provinz Schlesien. Ferdinand Hirt, Breslau: ss. 26.

PARTSCH J. 1894: Die Vergletscherung des Riesengebirges zur Eiszeit. Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde 8/2: 103–194.

PARZÓCH K. 1994: Efekty erozyjne i tempo sukcesji roślinnej na pasie granicznym w Karkonoszach. Acta Universitatis Wratislavinsis, 2061, Prace Instytutu Geograficznego Ser A VII: 27–36.

PARZÓCH K. 2001: Erozja rynnowa na stokach wylesionych w Karkonoszach. Przyroda Sudetów Zachodnich 4: 171–180.

PARZÓCH K. 2002: Procesy erozyjne na stokach wylesionych w Karkonoszach. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 487: 239–247.

PARZÓCH K. 2008: Morfodynamika koryt erozyjnych w piętrach leśnych i skuteczność zabiegów przeciwerozyjnych na obszarze Karkonoskiego Parku Narodowego. W: MAZUR A., RAJ A. & KNAPIK R. (red.), Monitoring ekosystemów leśnych w Karkonoskim Parku Narodowym. Jelenia Góra: 56–71.

PIKE R. J., EVANS I. S. & HENGL T. 2008: Geomorphometry: A Brief Guide. W: HENGL T. & REUTER H.I. (red.), Geomorphometry: Concepts, Software, Applications. Developments in Soil Science, 33, Elsevier: 3–30.

PILOUS V. 1973: Strukturní mury v Krkonoších – I. část. Opera Corcontica 10: 15–69.

PILOUS V. 1975: Strukturní mury v Krkonoších – II. část. Opera Corcontica 12: 7–50.

PILOUS V. 1977: Strukturní mury v Krkonoších – III. část. Opera Corcontica 14: 7–94.

PLACEK A. 2011: Rzeźba strukturalna Sudetów w świetle wyników pomiarów wytrzymałości skał i analiz numerycznego modelu wysokości. Rozprawy Naukowe Instytutu Geografii i Rozwoju Regionalnego Uniwersytetu Wrocławskiego, 16: ss. 190.

POTOCKI J. 2000: Przemiany użytkowania terenu w Karkonoszach w ciągu ostatnich 100 lat (podłoże społeczno-ekonomiczne, środowiskowe konsekwencje). Opera Corcontica: 642–649.

RAJ A. 1992: Obumieranie lasów w Karkonoskim Parku Narodowym. Parki Narodowe, 3: 5–6.

SKRZYPEK G., JĘDRYSEK M.O. & KELLER-SIKORA A. 2005: Calibration of temperature carbon isotopic effect (peat bogs Hala Izerska, Izerskie Mts. and Szrenica, Karkonosze Mts.). Polish Geological Institute Special Papers 16: 123–126.

SOBCZYK A., KNAPIK R. & KASPRZAK M. 2007: Ocena zagrożeń geomorfologiczno-geologicznych w rejonie Wąwozu Kamieńczyka (Karkonosze Zachodnie). Sudetica Verticalia, Wrocław: ss. 50.

SOMMER F. 1913: Schlesien. Eine Landeskunde als Grundlage fur den Unterricht. Vierte, durchgesehene Auflage mit 91 Bilden und Karten im Text: 63.

SROKA W. 1991: Tektoniczny charakter krawędzi Pogórza Karkonoskiego. Acta Universitatis Wratislaviensis 1375, Prace Geologiczno-Mineralogiczne 29: 239–249.

STEĆ T. & WALCZAK W. 1962: Karkonosze. Monografia krajoznawcza, Sport i Turystyka, Warszawa: ss. 327.

SZAŁAMACHA M. 1965: Zagadnienie genezy kociołków skalnych w granitach karkonoskich. Czasopismo Geograficzne 36: 169–175.

TOMASZEWSKI J.T. 1967: O niektórych podstawowych problemach dotyczących potoków błotno-kamienistych. Czasopismo Geograficzne 38: 431–439.

TOMASZEWSKI J.T. 1993: Spływ śródpokrywowy i powierzchniowy w Karkonoszach w świetle wyników eksperymentu polowego. W: TOMASZEWSKI J., SAROSIEK J. & SZYMAŃSKI S. (red.), Geoekologiczne problemy Karkonoszy. Materiały z sesji naukowej w Karpaczu 11–13 X 1991: 51–60.

TOMASZEWSKI J.T. 1994: Rodzaje cieków górskich terenów Karkonoszy. W: TOMASZEWSKI J. (red.), Problemy hydrologii regionalnej. Materiały Ogólnopolskiej Konferencji Hydrograficznej, Uniwersytet Wrocławski, Wrocław: 105–110.

TRACZYK A. 1989: Zlodowacenie doliny Łomnicy w Karkonoszach oraz poglądy na ilość zlodowaceń plejstoceńskich w średnich górach Europy. Czasopismo Geograficzne 60: 267–286.

TRACZYK A. 1991: Osady zbiornika przeciwrumowiskowego w Karpaczu i ich znaczenie dla oceny degradacji stoków w zlewni Łomnicy, Czasopismo Geograficzne 62(1–2): 77–84.

TRACZYK A. 1992a: Formy współczesnego sortowania mrozowego w Karkonoszach i klimatyczne uwarunkowania ich rozwoju. Czasopismo Geograficzne 63: 351–359.

TRACZYK A. 1992b: Nowe poglądy na zlodowacenie wschodnich Karkonoszy. Karkonosz. Materiały Krajoznawcze, 6: 153–167.

TRACZYK A. 1995: Morfologia peryglacjalna Śnieżki i Czarnego Grzbietu w Karkonoszach. Czasopismo Geograficzne 66: 157–173.

TRACZYK A. 1996: Geneza i znaczenie stratygraficzne rytmicznie warstwowanych osadów stokowych w Sudetach. Acta Universitatis Wratislaviensis 1808, Prace Instytutu Geograficznego A8: 93–104.

TRACZYK A. 2000: Modelowanie procesów spełzywania gruntu w Karkonoszach. Opera Corcontica 37: 143–149.

TRACZYK A. 2007: Pokrywy głazowo-blokowe zachodnich Karkonoszy w rejonie Szrenica – Śnieżne Kotły. Opera Corcontica, 44/1: 107–116.

TRACZYK A. 2009a: Zlodowacenie Śnieżnych Kotłów w Karkonoszach Zachodnich w świetle analizy morfometrycznej oraz GIS. Opera Corcontica, 46: 41–56.

TRACZYK A. 2009b: Problemy klasyfikacji grubofrakcyjnych pokryw stokowych. W: KOSTRZEWSKI A. & PALUSZKIEWICZ R. (red.), Geneza, litologia i stratygrafia utworów czwartorzędowych, t. V, Seria Geografia nr 88, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań: 567–576.

TRACZYK A. 2017. Morfologia doliny Kamiennej na odcinku Szklarskiej Poręby w Sudetach Zachodnich. Przyroda Sudetów 20: 219-238.

TRACZYK A. & KASPRZAK M. 2006: Perspektywy badań dolin rzecznych w rejonie Karkonoskim. W: I. SMOLOVÁ (red.), Geomorfologické výzkumy v roce 2006, Vydavatelství Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc: 288–293.

URBAŃSKI J. 2008: GIS w badaniach przyrodniczych, Wyd. Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk: ss. 252.

WALCZAK W. 1948: Gleby strukturalne w Karkonoszach. Przegląd Geograficzny 21: 227–241.

WICIK B. 1986: Asynchroniczność procesów wietrzenia i sedymentacji w zbiornikach jeziornych Tatr i Karkonoszy w postglacjale. Przegląd Geograficzny, t. LVIII, z. 4: 809–822.

ŻURAWEK R. 2003: Dlaczego góry robią się płaskie: Christiana Gottfrieda Assmanna rozważania geomorfologiczne, czyli wyimki z "Podróży po Górach Olbrzymich". Sudety 2003(5): 10–11.

Dane adresowe autorów:

Marek Kasprzak
marek.kasprzak@uwr.edu.pl

Andrzej Traczyk
andrzej.traczyk@uwr.edu.pl

Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego
Uniwersytet Wrocławski
pl. Uniwersytecki 1, 50-137 Wrocław

Kasprzak M. & Traczyk A. 2019: Ukształtowanie powierzchni Karkonoszy. W: Knapik R., Migoń P. & Raj A. (red.), Przyroda Karkonoskiego Parku Narodowego. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra: 47–90.

Cezary Kabała, Adam Bogacz, Beata Łabaz, Katarzyna Szopka, Jarosław Waroszewski

Różnorodność, dynamika i zagrożenia gleb

Wstęp

Gleba jest zwornikiem łączącym podłoże geologiczne z ożywioną częścią ekosystemu. Choć definiowana jest jako najbardziej zewnętrzna warstwa litosfery, to jej budowa, właściwości i funkcje zależą nie tylko od rodzaju lokalnie występujących skał, ale też od ukształtowania powierzchni, warunków klimatycznych i hydrologicznych oraz szaty roślinnej. Co więcej, wpływ czynników środowiskowych zmienia się w czasie, toteż gleby stale ewoluują. I odwrotnie: gleby w każdym momencie oddziałują na pozostałe komponenty ekosystemu, na przykład na skład drzewostanu lub runi łąkowej, na jakość wód powierzchniowych i podziemnych, na lokalny mikroklimat itd. Tego typu sprzężenia zwrotne powodują, że gleba, mikroorganizmy, grzyby, zbiorowiska roślin wyższych i zwierząt na równi współtworzą i utrzymują naturalne ekosystemy w stanie dynamicznej równowagi.

Wciąż niedostateczne rozpoznanie genezy oraz właściwości gleb Karkonoszy powoduje, że ciągle stanowią wyzwanie dla kolejnych generacji badaczy (Kabała 2011) (Ryc. 1). Ogólne wzmianki o glebach Karkonoszy zaczęły pojawiać się w pierwszej połowie XIX wieku, najpierw w opracowaniach przeglądowych (Hoser 1807), potem w rozprawach dotyczących rolnictwa i leśnictwa (Behlen 1835) oraz w opracowaniach florystycznych (Elsner 1837). Profesjonalne charakterystyki gleb, najczęściej w kontekście rozważań geomorfologicznych, zamieszczone zostały w pracach badaczy niemieckich w drugiej i trzeciej dekadzie dwudziestego wieku (Gellert & Schüller 1930; Dücker 1937). To wtedy zainicjowana została dyskusja nad wiekiem oraz aktywnością form i gleb kriogenicznych, intensywnością procesów wietrzenia i pochodzeniem frakcji pyłowej w glebach mineralnych oraz dominującymi kierunkami współczesnych procesów glebotwórczych. Również w pierwszych latach po II wojnie światowej zagadnienia gleboznawcze w Karkonoszach podejmowane były przede wszystkim przez geomorfologów (Walczak 1948; Jahn 1963). Pionierskie badania torfowisk polskiej części Karkonoszy i Gór Izerskich przeprowadził Tołpa (1949), a ogólną ocenę produktywności leśnych gleb Sudetów wykonał Bernadzki (1958). Systematyczne badania gleboznawcze rozpoczęte zostały na przełomie lat 50. i 60. XX wieku, najpierw u podnóży Karkonoszy – w Kotlinie Jeleniogórskiej (Tomaszewski i in. 1963; Borkowski 1966), a po utworzeniu Karkonoskiego Parku Narodowego również w wysokogórskiej części pasma, czego owocem stała się mapa gleb KPN w skali 1:10 000 pod redakcją T. Komornickiego z Krakowa, ale z dużym udziałem badaczy wrocławskich. „Odkrycie" Karkonoszy przez wrocławski ośrodek gleboznawczy zainicjowało – kontynuowane do dnia dzisiejszego – badania gleb wykorzystujące szeroki wachlarz metod analitycznych – fizykochemicznych, geochemicznych, rentgenostrukturalnych i mikromorfologicznych, co zaowocowało zgromadzeniem rozległej wiedzy na temat kierunków wietrzenia i składu mineralogicznego gleb (Bogda 1981; Weber i in. 1998; Waroszewski i in. 2016), właściwości i dynamiki związków humusowych (Kowaliński 1969; Laskowski 1978; Drozd i in. 1993; Licznar i in. 1998; Bojko i in. 2017), zakwaszenia i zasobności gleb (Borkowski i in. 1993; Kocowicz 1998a,b; Bojko i Kabała 2016, 2017), a także genezy gleb (Szerszeń 1974; Kabała i in. 2008, 2011; Waroszewski i in. 2013, 2018; Malkiewicz i in. 2016).

Doniosłe znaczenie dla rozwoju wiedzy o środowisku przyrodniczym Karkonoszy miało klęskowe zamieranie drzewostanów świerkowych w Sudetach, które skierowało zainteresowania badaczy na poszukiwanie



Ryc. 1. Gleby Karkonoszy są przedmiotem nieustającej debaty naukowej. Na zdjęciu geomorfolog dr A. Traczyk wśród gleboznawców, Hala Złotówka, wrzesień 2010 (fot. J. Waroszewski)

przyczyn i mechanizmów klęski ekologicznej. Zainicjowane wówczas projekty badawcze pozwoliły ocenić stopień degradacji gleb Karkonoszy (Skiba 1995; Drozd i in. 1998), ale też ustalić, że aktualne właściwości gleb nie powinny stanowić czynnika ograniczającego odbudowę drzewostanów (Borkowski i in. 1993; Kabała 1995). Oczywiste też stało się, że niezbędny jest stały system obserwacji wszystkich komponentów środowiska przyrodniczego Karkonoszy, zarówno w celu obserwacji zachodzących zmian (naturalnych i antropogenicznych), jak też w celu podejmowania działań zapobiegawczych lub naprawczych. W programie monitoringu na 630 stałych powierzchniach uwzględniono badania gleb w oparciu o metodykę Karczewskiej i in. (2006), dzięki czemu sporządzono szczegółową inwentaryzację oraz analizę przestrzenną właściwości gleb i ich aktualnego zanieczyszczenia (Szopka i in. 2010, 2011, 2013).

Na bazie prac kartograficznych z lat 60. XX wieku oraz badań późniejszych ukazały się dwa syntetyczne omówienia gleb Karkonoszy (Adamczyk i in. 1985; Borkowski i in. 2005).

Podstawowe właściwości gleb Karkonoszy

O składzie chemicznym i podstawowych właściwościach gleb Karkonoszy decyduje dominacja skał granitowych będących budulcem tych gór, ale na przestrzenną różnorodność pokrywy glebowej w największym stopniu wpływają czynniki morfologiczno-klimatyczne. Pokrywa glebowa na obszarze Karkonoszy jest więc w ogólnym zarysie zróżnicowana strefowo – w następstwie pasowego występowania zjawisk i form morfologicznych oraz piętrowości klimatyczno-roślinnej, rozwiniętej dzięki znacznej wysokości bezwzględnej.

Choć gleby Karkonoszy są zbudowane z lokalnego materiału zwietrzelinowego, to tylko niewielki odsetek powierzchni tych gór zajmują właściwe gleby wietrzeniowe, a więc uformowane ze zwietrzeliny pozostającej w miejscu powstania, gdyż stoki większości wzniesień pokrywają zwietrzeliny przemieszczone, głównie w okresie plejstoceńskim (Dumanowski 1961; Jahn 1968; Migoń 2005). Różnią się one od wyjściowej zwietrzeliny (regolitu) pod względem struktury, zawartości i rozmieszczenia odłamków skalnych, uziarnienia, a niekiedy również składu mineralnego (Traczyk 1996; Waroszewski i in. 2013). Utwory pokrywowe, w górach tworzące pokrywy stokowe (niem. „Deckschichten", ang. „cover-beds"), mogą być wieloczłonowe i osiągać miąższość do 3–4 metrów ponad skalnym podłożem (Dumanowski 1961). Specyficznym tworzywem dla gleb

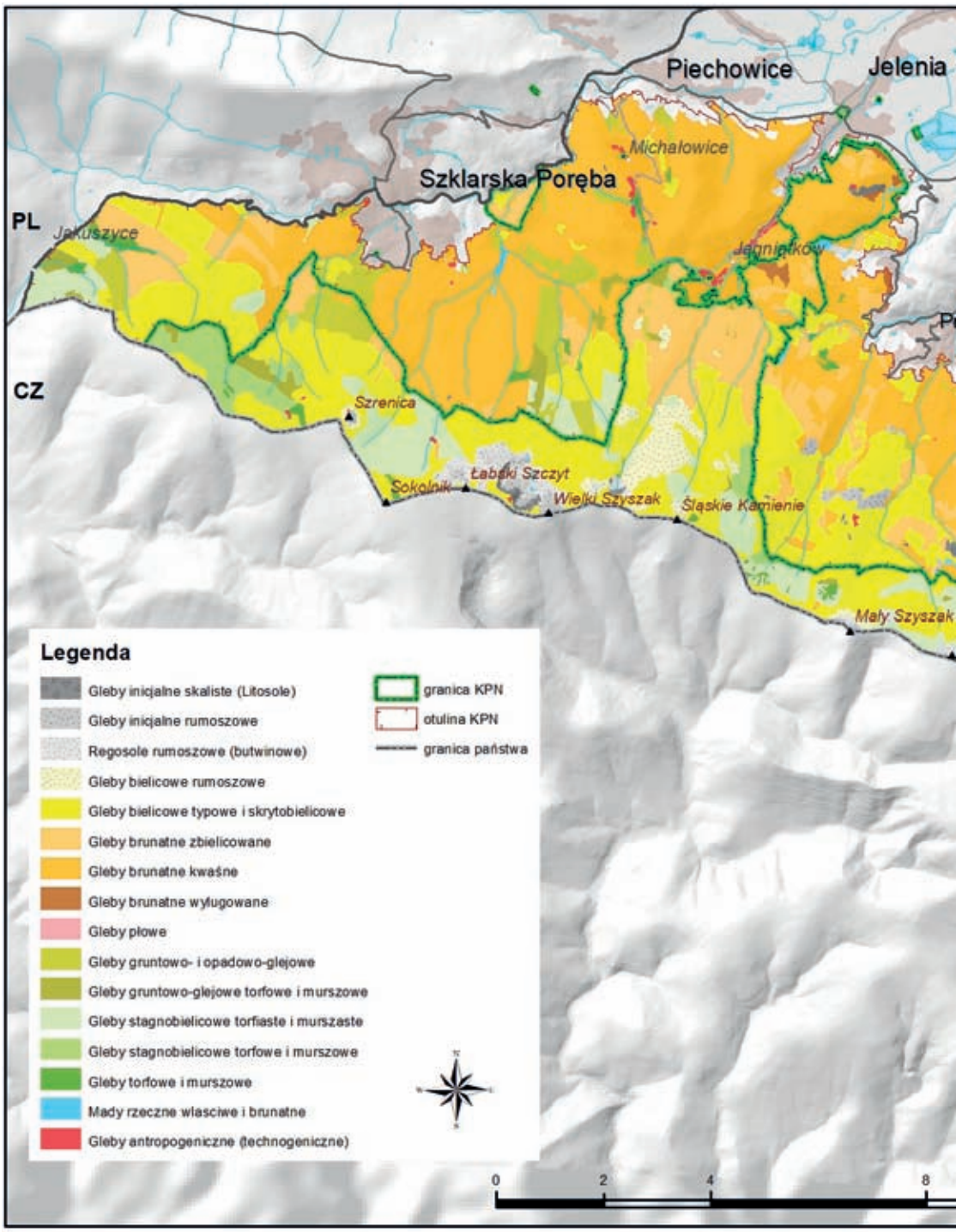
górskich są pokrywy gruzowe zalegające na gliniasto-szkieletowych warstwach soliflukcyjnych lub wietrzeniowych (Jahn 1963; Waroszewski i in. 2013). Pozostałością plejstoceńskich zlodowaceń w Karkonoszach są też pokrywy morenowe o grubości dochodzącej do 50–60 metrów (Traczyk 2009). Najmłodszymi, bo w większości holoceńskimi, a w części – zupełnie współczesnymi – utworami mineralnymi są osady osuwisk i spływów gruzowo-błotnych w wyższych partiach Karkonoszy, a także osady rzeczne zajmujące większe powierzchnie w dolinach u podnóży gór. Ta różnorodność pokryw stokowych i innych osadów mineralnych decyduje o zmienności uziarnienia i właściwości fizykochemicznych gleb Karkonoszy.

Wbrew potocznym przekonaniom, gleby płytkie, czyli z litą skałą zalegającą nie głębiej niż 50 cm pod powierzchnią terenu nie występują powszechnie w Karkonoszach. W wyższych partiach gór dominują gleby średniogłębokie (do 100 cm) i głębokie (100–150 cm do litych skał podłoża), natomiast w niższych partiach gór i u ich podnóży zdecydowanie przeważają gleby bardzo głębokie, o miąższości profilu przekraczającej 150 cm. Ocenę głębokości profilu często utrudnia silna szkieletowość gleby, czyli wysoka zawartość odłamków skalnych. W powierzchniowych poziomach gleb zawartość frakcji szkieletowych jest przeważnie mniejsza niż w poziomach głębszych, jednak nie jest to uniwersalną regułą, gdyż zdarzają się gleby o największej szkieletowości w warstwach przypowierzchniowych, lub jednakowo silnie szkieletowe w całym profilu. Zmiany zawartości odłamków skalnych w profilu niekiedy są skokowe, co jest charakterystyczne dla warstwowanych pokryw stokowych. Wyraźnie mniejszą zawartością frakcji szkieletowych, przynajmniej do głębokości 50–60 cm, odznaczają się gleby użytkowane rolniczo (obecnie lub w niedawnej przeszłości) w najniższych partiach KPN i w jego otulinie.

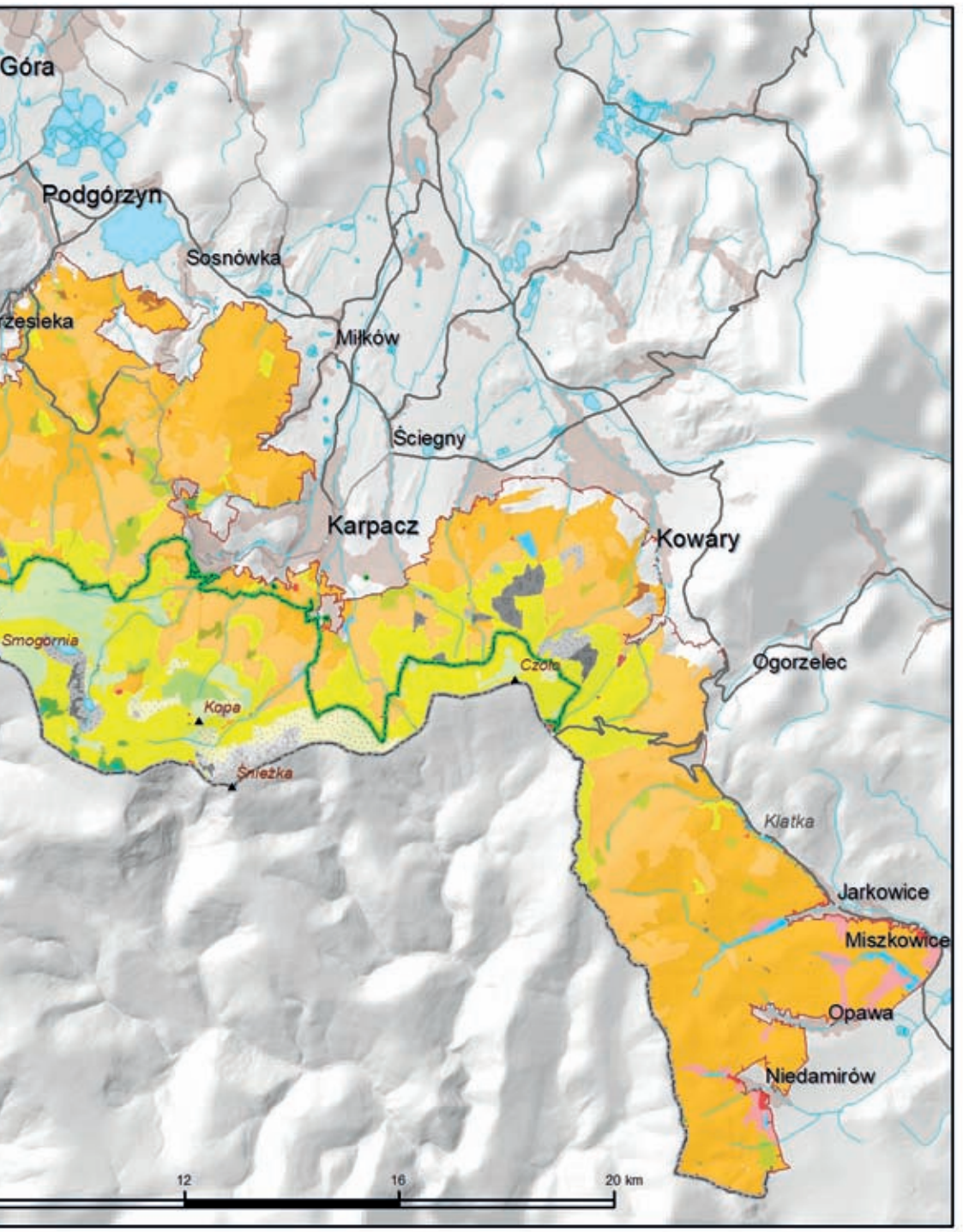
Skład granulometryczny (uziarnienie) gleb nawiązuje do rodzaju skały macierzystej. W obszarze występowania metamorficznych łupków i gnejsów dominują gliny piaszczyste o wysokiej zawartości frakcji pyłowej (na ogół ponad 30–40%), często przechodzące w pyły gliniaste, zawsze silnie szkieletowe. We frakcji piaskowej dominuje piasek drobny i średni, co potęguje wrażenie drobnoziarnistego uziarnienia tych gleb. Na obszarze występowania granitów przeważają gleby o uziarnieniu glin piaszczystych o mniejszej zawartości frakcji pyłowej (przeważnie 20–30%), o grubszym uziarnieniu frakcji piaskowej oraz o wysokiej zawartości drobnego szkieletu (frakcja 2–5 mm). Oprócz glin piaszczystych występują tu też piaski gliniaste oraz piaski słabogliniaste, a w dolnych partiach stoków również pyły gliniaste. Z reguły uziarnienie jest niecałkowite w profilu glebowym i o ile w głębszych warstwach przeważa uziarnienie gliny piaszczystej, to w warstwach powierzchniowej przeważa uziarnienie piaskowe lub pyłowe. Cechą wspólną dla wszystkich gleb Karkonoszy jest bardzo niska zawartość frakcji najdrobniejszej, czyli iłu koloidalnego (przeważnie do 5%) świadcząca o słabym nasileniu wietrzenia chemicznego. Wniosek ten potwierdza przewaga illitu lub nawet pierwotnych mik, którym towarzyszy tylko niewielka ilość smektytów lub wermikulitu we frakcji ilastej gleb (Bogda 1981; Weber i in. 1998). Regularnie, choć w niewielkich ilościach, we frakcji koloidalnej stwierdzany jest też kaolinit.

Gleby Karkonoszy odznaczają się kwaśnym i silnie kwaśnym odczynem, który niekorzystnie rzutuje na przebieg procesów biochemicznych oraz ogólną żyzność i produktywność tych gleb. Wartości pH_{KCl} są najniższe w warstwie próchnicy nadkładowej (w zakresie 2,2–4,0, średnia i mediana 2,9). W poziomach mineralnych wartość pH jest odwrotnie skorelowana z ilością materii organicznej, dlatego pH rośnie w profilu glebowym wraz z głębokością, w miarę zmniejszania się zawartości humusu. W warstwie 0–10 cm średnie pH_{KCl} wynosi 3,1, natomiast na głębokości około 50 cm z reguły przewyższa wartość 4,0. W ujęciu przestrzennym istnieje ujemna korelacja między wysokością nad poziom morza a pH, zarówno w ektopróchnicach (ściółkach), jak i w powierzchniowych warstwach mineralnych. W głębszych warstwach mineralnych korelacja ta zanika. Jednocześnie, wyraźnie niższe pH stwierdzono w powierzchniowych poziomach gleb pod drzewostanami świerkowymi i pod kosówką w porównaniu z drzewostanami bukowymi i mieszanymi. Odczyn gleb łąkowych i ornych jest również kwaśny w całym profilu, lecz pH nie spada do tak ekstremalnie niskiego poziomu, jak w powierzchniowych warstwach gleb leśnych. Nie stwierdzono istotnych różnic w odczynie gleb w strefie granitowej i metamorficznej.

Słabo powiązana z rodzajem podłoża geologicznego, a raczej z warunkami klimatycznymi i wodnymi oraz ze składem gatunkowym roślinności jest zawartość materii organicznej w glebach. Generalnie jej ilość w glebach Karkonoszy jest wysoka, podobnie jak na innych obszarach górskich, co jest uwarunkowane klimatycznie. Średnia zawartość materii organicznej w warstwie ściółki (ektopróchnicy) wynosi około 79% (w zakresie od 35 do 97% suchej masy), a warstwach 0–10 i 10–20 cm odpowiednio 18,6 i 8,6% (Szopka i in. 2010). Zarówno miąższość próchnic nadkładowych, jak i zawartość materii organicznej w powierzchniowych warstwach



Ryc. 2. Mapa gleb polskiej części Karkonoszy w granicach Karkonoskiego Parku Narodowego i jego otuliny


Góra
Podgórzyn
Sosnówka
rzesieka
Miłków
Ścięgny
Karpacz
Kowary
Smogornia
Czoła
Ogorzelec
Kopa
Śnieżka
Kłatka
Jarkowice
Miszkowice
Opawa
Niedamirów
12
16
20 km

mineralnych rośnie z wysokością bezwzględną, ale tylko do górnej granicy lasu, co wiąże się ze zmniejszeniem zwartości drzewostanów świerkowych w strefie ekotonowej, a wyżej z ich całkowitym zanikiem. Przeciętne zasoby materii organicznej w glebach piętra subalpejskiego podwyższa obecność torfowisk, ale gleby mineralne tego piętra zawierają nieco mniej materii organicznej niż gleby piętra reglowego pod zwartymi drzewostanami świerkowymi. Prowadzone dotąd badania wykazały relatywnie wysokie zawartości azotu w ektopróchnicy, oscylujące wokół 1,6–1,8%, co kształtuje korzystny dla aktywności mikrobiologicznej stosunek węgla do azotu (C:N w granicach 21–24). W poziomach mineralnych zawartość azotu szybko maleje z głębokością, od 0,6–0,8% w warstwie 0–10 cm do wartości śladowych (poniżej 0,3%) w warstwie 10–20 cm i warstwach głębszych.

Zawartość składników przyswajalnych dla roślin jest jednym ze wskaźników żyzności i produktywności gleb. Generalnie, gleby leśne Karkonoszy zawierają niewielkie ilości przyswajalnego magnezu, potasu i fosforu – są niedoborowe z punktu widzenia komercyjnej gospodarki leśnej. Badania monitoringowe wykazały istnienie zależności między zawartością materii organicznej a zasobnością gleb w przyswajalny fosfor i potas, a także wzrost zasobów makroskładników w glebach leśnych wraz z wysokością bezwzględną (Szopka i in. 2010). Z kolei suma wymiennych kationów zasadowych (wapnia, magnezu, potasu i sodu) dostarcza informacji o geochemicznych warunkach tworzenia się gleby, o zasobności troficznej siedliska oraz o odporności gleby na degradację geochemiczną. Zmiany zawartości kationów wymiennych, łatwo desorbowanych i wymywanych, są też jednym z pierwszych skutków przekształceń składu gatunkowego roślinności, wywołanych zarówno przez czynniki naturalne jak i antropogeniczne. Suma kationów zasadowych jest w glebach Karkonoszy przeważnie niska lub nawet bardzo niska, z wartościami poniżej 2–3 cmol(+)/kg-1 w poziomach mineralnych. Przy wysokich wartościach kwasowości hydrolitycznej skutkuje to bardzo niskim wskaźnikiem wysycenia kompleksu sorpcyjnego gleby kationami zasadowymi. Wskaźnik ten w większości gleb oscyluje w granicach 10–20% (w warstwach powierzchniowych), co jest typowe dla gleb leśnych dystroficznych, a więc najuboższych. Tylko w niektórych glebach w masywie Chojnika oraz w otulinie parku narodowego, szczególnie na gruntach rolnych i porolnych, wysycenie kompleksu sorpcyjnego rośnie do 50% i więcej. Niskiej zawartości kationów zasadowych towarzyszy bardzo wysoka aktywność glinu wymiennego, co w kwaśnych glebach Karkonoszy jest kolejnym czynnikiem ograniczającym aktywność biologiczną i produktywność drzewostanów.

Morfologia, właściwości i rozprzestrzenienie najważniejszych typów gleb Karkonoszy

Dzięki unikalnemu złożeniu warunków środowiskowych, na obszarze Karkonoszy występuje przynajmniej 15 typów gleb (Ryc. 2) wyróżnianych przez Systematykę Gleb Polski (2011, 2019). Reprezentują one wszystkie stadia rozwojowe gleb strefy umiarkowanej wilgotnej.

Najmniej zaawansowaną fazą formowania profilu glebowego są gleby inicjalne. Podstawowy ich typ, gleby inicjalne skaliste, według klasyfikacji międzynarodowej FAO-WRB (IUSS 2015) należące do grupy Lithic Leptosols, wyróżniany jest na ścianach i wychodniach skalnych, na których powierzchni, w szczelinach i załomach zgromadziła się kilkucentymetrowej grubości zwietrzelina mineralna lub szczątki organiczne tworzące podłoże dla pionierskich roślin. Inicjalny „profil" tych gleb jest efektem przeciwstawnych zjawisk akumulacji oraz erozyjnego niszczenia, toteż z reguły narasta niesłychanie powoli. Gleby inicjalne skaliste zajmują tylko niewielką część wychodni skalnej, toteż w przeszłości obszary zajęte przez skały niekiedy kartowano jako „obszary bezglebowe". Jednak spękana wychodnia skalna jest na całej swej powierzchni okresowo pokryta inicjalną zwietrzeliną lub nagromadzeniami materii organicznej i stwarza warunki dla zasiedlania przez mikroorganizmy, rośliny niższe oraz wyższe. Typową cechą gleb inicjalnych skalistych jest zatem nieciągłość (mozaikowatość) występowania na wychodniach skalnych. W Karkonoszach gleby inicjalne skaliste występują na urwistych ścianach cyrków lodowcowych – w Śnieżnych Kotłach (Ryc. 3), Kotle Łomniczki (Ryc. 4), Kotłach Małego i Wielkiego Stawu i Czarnym Kotle Jagniątkowskim. Powszechne są również, ale w niekartowalnej skali, na izolowanych zespołach skałek oraz na niewysokich ścianach (klifach) skalnych rozsianych we wszystkich częściach Karkonoszy. Na ogół występują w kompleksach z glebami lepiej ukształtowanymi i o większej miąższości, dlatego trudno jest ściśle określić ich udział w pokrywie glebowej, szacuje się jednak, że dominują na powierzchni około 42 ha, co stanowi zaledwie 0,7% obszaru KPN. Łącznie w parku i otulinie zajmują około



Ryc. 3. Na ścianach kotłów polodowcowych istnieje dynamiczna mozaika gleb inicjalnych i słabo ukształtowanych (fot. R. Knapik). Gleby inicjalne skaliste (litosole) występują w szczelinach i na odsłoniętych załomach skalnych, rozleglejsze półki skalne są zajęte przez nieco głębsze rankery, a na stale aktywnych stożkach usypiskowych tworzą się gleby inicjalne rumoszowe i regosole



Ryc. 4. Gleby inicjalne skaliste, Kocioł Łomniczki (fot. C. Kabała). Gleby inicjalne tworzą się w szczelinach i załomach skalnych (a), niekiedy wyłącznie z materii organicznej (b)



Ryc. 5. Gleby inicjalne rumoszowe, Czarny Grzbiet (fot. C. Kabała)

142 ha (również 0,8% powierzchni). Są to gleby o budowie profilu O-R, C-R lub AC-R, miąższości do 10 cm, kwaśne i ubogie w składniki pokarmowe. Jedynie na żyle bazaltowej w Małym Śnieżnym Kotle tworzy się zwietrzelina nieco bardziej zasobna w makroskładniki. Bardzo niekorzystną cechą gleb inicjalnych są drastyczne zmiany uwilgotnienia, od pełnego nasycenia wodą po każdych opadach i roztopach do silnego przesychania w sierpniu.

Wśród gleb o minimalnym zaawansowaniu procesów glebotwórczych drugim ważnym w Karkonoszach typem są gleby inicjalne rumoszowe (FAO-WRB: Hyperskeletic Leptosols). Występują na głębokich pokrywach gruzowych i gruzowo-blokowych („gołoborzach", dawnych lodowcach gruzowych itd.) pokrywających stoki Czarnego Grzbietu (Ryc. 5), Śnieżki, Wielkiego Szyszaka, Łabskiego Szczytu i Szrenicy, na wysokościach ponad 1200 m n.p.m., a także na usypiskach w kotłach lodowcowych i u podnóży mniejszych skalnych ścian. Cechą tych utworów jest ekstremalnie duża szkieletowość, dochodząca do 100% i brak lub niewielkie wypełnienie drobnoziarnistą zwietrzeliną przestworów między odłamkami skalnymi. Są to utwory o niewielkim stopniu zwietrzenia chemicznego, a więc skrajnie ubogie w składniki pokarmowe dla roślin i nieposiadające



Ryc. 6. Regosole rumoszowe butwinowe, Czarna Kopa (fot. C. Kabała). Wysokie i częste opady sprawiają, że nawet na przepuszczalnym rumoszu może zakumulować się warstwa materii organicznej ściółkowej

zdolności retencji wody użytecznej dla roślin. Obszar zajmowany przez te gleby w Parku szacowany jest na 156 ha (2,6% powierzchni KPN). Nawet niewielkie nagromadzenie zwietrzeliny mineralnej, a szczególnie materii organicznej (na przykład igieł kosówki), zatrzymuje wodę i stwarza punkt zaczepienia najpierw dla mchów, situ lub traw, a następnie dla korzeni kosówki. Niektóre gleby inicjalne rumoszowe są więc pokryte zaroślami kosówki. Z czasem grubość warstwy organicznej wzrasta ponad 10 cm na powierzchni głazów, a także narasta w szczelinach, w głąb pokrywy rumoszowej. Gleby takie już nie są utożsamiane z jałowymi i nieprzyjaznymi mineralnymi pokrywami gruzowymi, gdyż nabierają cech gleb organicznych (Ryc. 6). Na mapie gleb Karkonoszy wyróżniono je jako regosole rumoszowe butwinowe (FAO-WRB 2006: Hyperskeletic Folic Leptosols). Gdy szczeliny między głazami wypełnione są storfiałą lub zmurszałą materią organiczną na głębokość przekraczającą 30-40 cm, pokrywa zaczyna funkcjonować jak gleba organiczna (tzw. gleba ściółkowa) – mimo objętościowej przewagi bloków skalnych – i tak jest klasyfikowana oraz przedstawiana na mapach.

Niewielkie powierzchnie w Karkonoszach zajmują typowe luźne regosole zbudowane ze zwietrzeliny żwirowo-piaszczystej (FAO-WRB: Haplic Regosols (Skeletic)). Występują one na stożkach usypiskowych lub napływowych u wylotu żlebów w Kotłach Małego i Wielkiego Stawu oraz w Śnieżnych Kotłach, a także u wylotu większych szczelin poniżej zespołów skałek rozproszonych w niższych partiach Karkonoszy. Gleby te nie są pokryte roślinnością (lub tylko w niewielkim stopniu) ze względu na dużą aktywność procesów stokowych oraz niestabilność materiału, z którego są zbudowane.

Rankery, czyli płytkie gleby podścielone litą skałą nie głębiej niż 50 cm od powierzchni występują w Karkonoszach w kompleksach z glebami inicjalnymi lub z glebami głębszymi i lepiej ukształtowanymi. Jako dominujące, wyznaczone zostały tylko na około 61 hektarach (1,0% powierzchni KPN i 0,3% parku z otuliną), przede wszystkim jako rankery zbielicowane o budowie profilu O-AE-BC-R (Ryc. 7). Są to gleby silnie szkieletowe, kwaśne i słabo wysycone kationami wapnia i magnezu, ale bogate w materię organiczną. W piętrze subalpejskim (otoczenie Śląskiego Domu i nadajników telewizyjnych nad Śnieżnymi Kotłami), pokryte są roślinnością trawiastą (zbiorowiska *Carici (rigidae) – Festucetum airoidis*) lub zaroślami kosówki, natomiast w piętrze reglowym porośnięte są borem świerkowym. W rozproszeniu na terenie całych Karkonoszy występują też rankery zbrunatniałe o budowie profilu O-A-BC-R, szczególnie w sąsiedztwie ścian skalnych i grup



Ryc. 7. Rankery zbielicowane, Suszyca (fot. C. Kabała). Słabo zwietrzały granit zalega już na głębokości około 50 cm



Ryc. 8. Subalpejskie bielice, Równia pod Śnieżką (fot. C. Kabała). Przejście do kaszowatej zwietrzeliny granitu na głębokości około 50 cm (a). Na zbliżeniu (b) w poziomie Bhs widoczne są cienkie warstewki próchniczno-żelaziste utrudniające infiltrację wody

skałek, na stokach narażonych na erozję. Podobnie jak rankery zbielicowane są glebami płytkimi, silnie szkieletowymi i kwaśnymi, ale niekiedy dość zasobnymi w materię organiczną.

Wbrew dawniejszym przekonaniom, w Karkonoskim Parku Narodowym dominują nie gleby brunatne, lecz bielicowe, zajmujące łącznie ponad 68% jego obszaru. Jest to efektem całego zespołu czynników: granitowego i gnejsowo-łupkowego podłoża dającego zwietrzeliny ubogie i podatne na zakwaszenie, chłodnego i wilgotnego klimatu, sprzyjającego przemywaniu profilu glebowego oraz dominacji gatunków iglastych w drzewostanie, a borówki i mchów w runie leśnym. Gleby zbielicowane dominują powyżej wysokości 800–850 m n.p.m., natomiast w otulinie KPN ustępują glebom brunatnym, toteż ich udział na obszarze parku z otuliną nie przekracza 35% łącznej powierzchni. Krajowe klasyfikacje rozdzielają gleby bielicowe (O-A-AE-Bhs-C) oraz bielice (O-E-Bh-Bs-C) jako osobne tpodtypy. Jednak w warunkach dużej dynamiki procesów morfologicznych w górach obie jednostki na ogół wykazywane są łącznie na mapie glebowej. Bielice w najbardziej typowej postaci, a więc z dobrze wykształconym jasnoszarym poziomem wymycia E, czarnobrunatnym poziomem wmycia próchnicy Bh oraz z rdzawobrunatnym poziomem wmycia związków żelaza i glinu Bs występują w piętrze subalpejskim od Równi pod Śnieżką na wschodzie po Szrenicę na zachodzie, a w górnych partiach reglowych – od Kowarskiego Grzbietu po Mumlawski Wierch (Ryc. 8 i 9). Są to najczęściej gleby średnio głębokie i głębokie, ale szkieletowe. W niektórych glebach – jak na Równi pod Śnieżką – w szkielecie dominuje drobnoziarnista „kasza" granitowa, w innych – jak na Kowarskim Grzbiecie – przeważa ostrokrawędzisty gruz łupkowy o średnicy do kilkunastu centymetrów. Typowe bielice i gleby bielicowe na podłożu granitowym mają uziarnienie piasku gliniastego lub słabogliniastego w powierzchniowym poziomie eluwialnym i uziarnienie gliny piaszczystej w poziomie iluwialnym. Niekiedy występują bielice piaszczyste (piaszczysto-żwirowe) albo gliniaste (gliniasto-kamieniste) w całym profilu. Z kolei bielice wytworzone na metamorficznych łupkach i gnejsach (szczególnie na Kowarskim Grzbiecie) mają uziarnienie glin piaszczystych silnie pylastych, przechodzących w pyły gliniaste. Gleby bielicowe i bielice są silnie kwaśne, przy czym pH jest najwyższe w głębi profilu (na



Ryc. 9. Górnoreglowe (a) i dolnoreglowe (b) gleby bielicowe, Śląski Grzbiet powyżej Karpacza (fot. C. Kabała)

ogół ponad 4) i maleje ku powierzchni – do wartości 3,0–3,5. Silnemu zakwaszeniu warstw powierzchniowych towarzyszy wymycie wymiennych kationów zasadowych (do 1–2 cmol(+)/kg gleby) i spadek wysycenia kompleksu sorpcyjnego do 10–20%. W poziomach iluwialnych ilość kationów zasadowych jest co najmniej dwukrotnie wyższa (od 2,5 do 4 cmol(+)/kg gleby), ale najwyższe ilości kationów zasadowych (szczególnie wapnia i magnezu) są zakumulowane w powierzchniowej warstwie organicznej (ektopróchnicy), często ponad 5 cmol(+)/kg gleby. Materia organiczna w profilu glebowym jest rozmieszczona typowo dla gleb bielicowych: ektopróchnica (ściółka) zawiera 70–92%, poziom eluwialny 1–3%, poziom iluwialny 5–18%, skała macierzysta <1% materii organicznej. Jeśli tuż pod ściółką występuje poziom próchniczny Ah lub AE, to zawiera przeważnie 4–10% materii organicznej. Z wyjątkiem poziomów próchnicznych, gleby te są bardzo ubogie w azot, fosfor i magnez przyswajalny dla roślin. Są to gleby tworzące ubogie siedliska, odpowiednie dla mało wymagającej roślinności wysokogórskich borów świerkowych, zbiorowisk kosówki oraz subalpejskich muraw bliźniczkowych (*Carici (rigidae)-Nardetum*). Typowo ukształtowane bielice i gleby bielicowe (FAO-WRB: Albic Podzols) zajmują 1975 ha na obszarze KPN (33,2% powierzchni), a w otulinie parku dalsze 2100 ha.

Charakterystyczne dla karkonoskich gleb bielicowych jest nadmierne uwilgotnienie warstw powierzchniowych spowodowane stagnowaniem wód opadowych i roztopowych, które często skutkuje rozwojem warstw torfowych lub murszowych. Przyczyną stagnowania wody jest słaba przepuszczalność poziomów B spowodowana scementowaniem przez wmyte związki żelaza (w formie *placiku* – cienkiej warstewki żelazistej) jak na Równi pod Śnieżką, albo zbitością warstwy soliflukcyjnej, uformowanej jeszcze w warunkach peryglacjalnych. Stagnobielice i gleby stagnobielicowe (FAO-WRB: Stagnic Albic Podzols) mają więc budowę profilu taką jak właściwe bielice i gleby bielicowe, ale w warstwach powierzchniowych przez długą część roku występują warunki redukcyjne przejawiające się oglejeniem oraz wytworzeniem próchnic typu mor wilgotny. Gleby takie zajmują około 180 ha, to jest 3,0% powierzchni KPN. Większe powierzchnie zajmują gleby stagnobielicowe torfiaste oraz murszowate, posiadające mazistą próchnicę typu mor mokry z czarną warstewką torfu lub



Ryc. 10. Górnoreglowy bór świerkowy na glebach stagnobielicowych murszowych, Szrenica (Fot. C. Kabała)



Ryc. 11. Ryc. 7. Górnoreglowe stagnobielice murszowe, (a) Kowarski Grzbiet (fot. C. Kabała), (b) Kopa (fot. A. Bogacz). Warstwa butwiny osiąga miąższość 20-30 cm i w dolnej części jest czarna, zmurszała



Ryc. 12. Stagnobielice torfowe (a) Równia pod Śnieżką, (b) Mumlawski Wierch (fot. C. Kabała). Choć na powierzchni gleby zalega warstwa torfu o miąższości do 30 cm, dolna części profilu (poniżej odcinającej żelazistej warstwy placik) nie jest nasycona wodą i nie wykazuje cech oglejenia

murszu o grubości przynajmniej 10 cm (FAO-WRB: Histic Albic Podzols). Gleby te występują na wyraźnie wilgotniejszych siedliskach, nierzadko z kępami mchów torfowców (Ryc. 10). Powierzchniowe poziomy tych gleb wiosną są całkowicie wysycone wodą, ale i latem stale utrzymują dużą wilgotność. Właściwościami fizykochemicznymi są zbliżone do innych gleb bielicowych, to znaczy są silnie kwaśne i ubogie w makro- i mikroskładniki, ale wyróżnia je nagromadzenie rozłożonej materii organicznej. W Karkonoszach gleby te występują od wysokości 900-950 m n.p.m. wzwyż, to jest nieco poniżej kotłów Małego i Wielkiego Stawu, na Długim Grzbiecie, na Morenach poniżej Śnieżnych Kotłów, w Szrenickim Kotle i na północnych stokach Szrenicy, na łącznej powierzchni około 620 ha, czyli 10,41% powierzchni KPN (Ryc. 11). Poza granicami parku



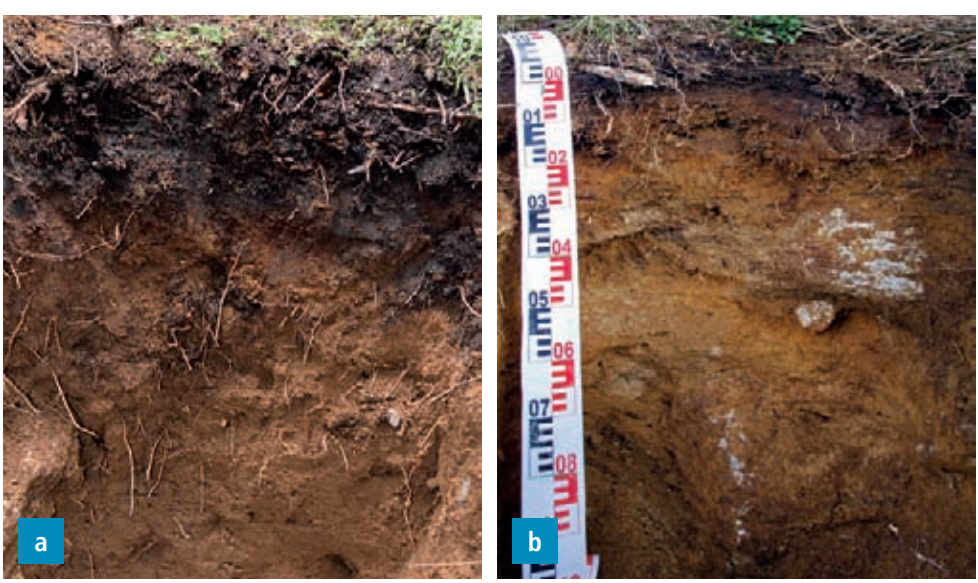
Ryc. 13. Wełnianka jest charakterystycznym elementem roślinności na stagnobielicach torfowych, Mumlawski Wierch (Fot. C. Kabała)



Ryc. 14. Bielice rumoszowe (a, b) Kowarski Grzbiet, (c, d) Kopa (fot. C. Kabała). Rumosz niezawierający frakcji ziemistych zalega na szkieletowej glinie w której stropie widoczne jest wmycie związków próchnicy i żelaza

gleby te zajmują większe obszary, głównie w rejonie Jakuszyc. Najwilgotniejszą odmianą bielic karkonoskich są stagnobielice torfowe i murszowe (FAO-WRB: Histic Albic Podzols), pokryte warstwą torfu lub murszu o grubości 10–30 cm (Ryc. 12). Związane są one z płytkimi torfowiskami przejściowymi (Ryc. 13) z roślinnością ze zbiorowisk klasy *Scheuchzerio – Caricetea nigrae* (jak na Mumlawskim Wierchu) lub występują w strefie przejściowej do głębokich gleb organicznych na torfowiskach wysokich z roślinnością z klasy *Oxycocco – Sphagnetea* (jak na Równi pod Śnieżką). W przeszłości gleby te opisywano jako „glejobielice torfowe", jednak nowsze badania pokazały, że brak w nich głębokiego zwierciadła wód gruntowych, a stałe nasycenie wodą występuje tylko w górnej części ich mineralnego profilu – ponad warstwą nieprzepuszczalną (Kabała i in. 2008). Rozmieszczenie stagnobielic torfowych w Karkonoszach jest uwarunkowane klimatycznie, toteż tylko sporadycznie występują one poniżej 950 m n.p.m. Zajmują około 250 ha, tj. 4,2% powierzchni KPN.

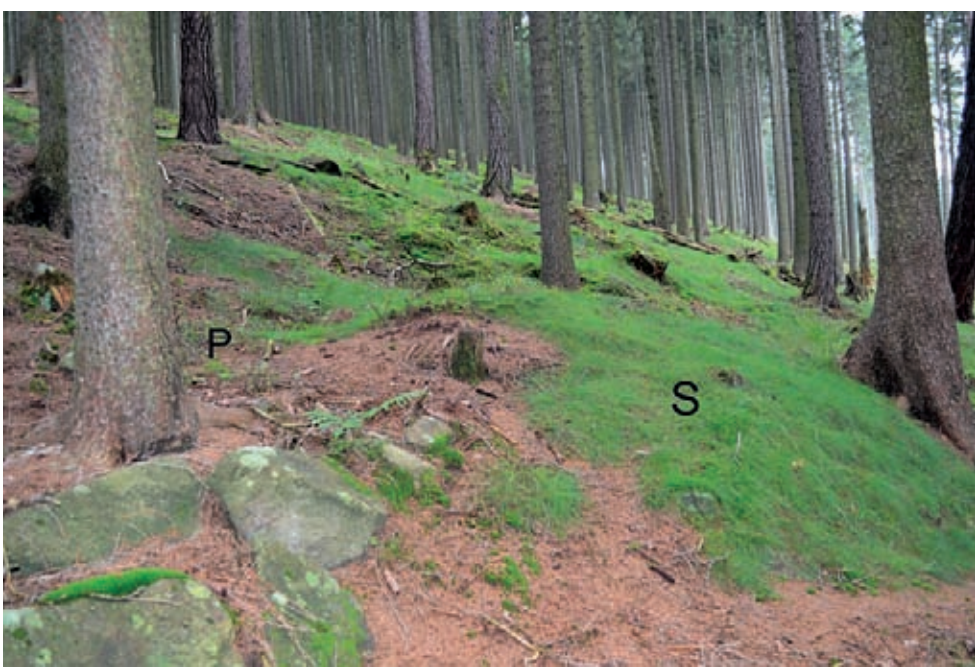
Najbardziej nietypowe gleby bielicowe Karkonoszy, nieujęte do niedawna w żadnej z krajowych klasyfikacji, wytworzyły się na dwuczłonowych pokrywach, złożonych z warstwy gruzowej pozbawionej zwietrzeliny ziemistej, zalegającej na soliflukcyjnej warstwie gliniasto-szkieletowej (Waroszewski i in. 2010). Gleby te „zewnętrznie" zbliżone są do gleb inicjalnych rumoszowych, jednak wyraźne podpoziomy wmycia próchnicy oraz związków żelaza i glinu, które można rozróżnić w gliniastej warstwie podpowierzchniowej świadczą o intensywnych procesach pedogenicznych zachodzących w tych glebach. Bielice rumoszowe (FAO-WRB: Hyperskeletic Podzols), bo tak nazwano te gleby, są silnie kwaśne i słabo wysycone kationami zasadowymi, podobnie jak inne bielice. W poziomie iluwialnym mają uziarnienie gliny piaszczystej (najczęściej) lub pyłu gliniastego (Kowarski Grzbiet), zawsze silnie szkieletowych. Gleby te rozpoznano w strefie ekotonowej w niższych partiach pokryw gruzowo-głazowych, gdzie warstwa rumoszu o miąższości nieprzekraczającej 60–70 cm okryta jest zwartym runem borówkowo-mszystym lub zaroślami kosówki, na przykład na stokach Czarnego Grzbietu, Kopy, Małego Szyszaka, Szrenicy i w rejonie Śnieżnych Kotłów. Bielice rumoszowe stwierdzono również pod zaroślami kosówki w szczytowych partiach Czarnej Kopy i Kopy oraz w rejonie Białego Jaru, a także pod drzewostanami świerkowymi w górnych partiach Kowarskiego Grzbietu (Ryc. 14). Łącznie zajmują przynajmniej 520 ha (czyli 8,7% powierzchni KPN), ale ich precyzyjne rozgraniczenie od gleb inicjalnych rumoszowych z jednej strony oraz od gleb bielicowych typowych z drugiej, wymaga jeszcze dokładnych studiów terenowych. Bielice rumoszowe warte są specjalnego zainteresowania, gdyż tworzą one unikalne siedliska leśne i zaroślowe (kosówkowe), w których rośliny mogą początkowo korzystać tylko z zasobów wody i składników pokarmowych związanych w rozłożonej materii organicznej „zawieszonej" w szczelinach pokrywy gruzowej. Dopiero po prze-



Ryc. 15. Gleby skrytobielicowe, Śląski Grzbiet w rejonie Karpacza (fot. C. Kabała). Morfologicznie przypominają gleby brunatne kwaśne, ale górna część poziomu B ma intensywne brunatnordzawe zabarwienie wskazujące na wmycie związków próchnicy i żelaza



Ryc. 16. Gleby skrytobielicowe wytworzone ze zwietrzelin skał metamoficzych, Kowarski Grzbiet (fot. C. Kabała)



Ryc. 17. Zanikający powykrotowy mikrorelief stoku w reglu górnym (fot. C. Kabała). Półka (P) jest pozostałością zagłębienia wykrotu, wypukła skarpa (S) – śladem pagórka z ziemi osypującej się z karpy korzeniowej



Ryc. 18. Gleby skrytobielicowe, Kopa (fot. C. Kabała). Niektóre gleby skrytobielicowe powstały wskutek zerwania i zmieszania warstw powierzchniowych przez wiatrowały. Proces bielicowania stopniowo odtwarza morfologię gleby bielicowej

biciu się do podpowierzchniowego poziomu gliniastego, korzenie mogą korzystać z zasobów wody kapilarnej i składników zgromadzonych w drobnoziarnistej zwietrzelinie mineralnej. Zauważono jednak, że – szczególnie w przypadku zarośli kosówki – korzenie nie dosięgają do warstwy gliniastej, a więc funkcjonowanie zbiorowiska roślinnego uzależnione jest wyłącznie od bieżącej dostawy wody z opadami lub bezpośredniego pobierania z atmosfery (chmur).

Jedną z przyczyn niezgodności w oszacowaniu areału gleb bielicowych i gleb brunatnych w Karkonoszach jest niepełne wykształcenie niektórych gleb podlegających bielicowaniu. Procesy erozyjne, ruchy masowe, zooturbacje (mieszanie gleby przez zwierzęta), a przede wszystkim obalanie drzew przez huraganowe wiatry są przyczynami mieszania powierzchniowych warstw gleby oraz zaniku jasnego poziomu bielicowego i w konsekwencji – upodobnienia do gleby brunatnej kwaśnej. Mimo wymieszania, nie zmieniają się podstawowe właściwości gleby: jej uziarnienie, silne zakwaszenie, niskie wysycenie kationami zasadowymi i mała zasobność w składniki pokarmowe. Toteż w sprzyjających warunkach klimatycznych i pod stale obecnym drzewostanem iglastym szybko odnawia się proces bielicowania i stopniowo odbudowują się poziomy eluwialny i iluwialny (Ryc. 15 i 16). Dla odróżnienia od właściwych bielic i gleb bielicowych, gleby podlegające bielicowaniu i mające poziom iluwialny spodic, ale niemające wyraźnie zaznaczonego poziomu eluwialnego nazywane są glebami skrytobielicowymi, w klasyfikacji międzynarodowej - Entic Podzols (Kabała i in. 2012). Wstępnie areał tych gleb w KPN ustalono na 250 ha, ale wydaje się, że jest on większy, szczególnie w niższej części regla górnego. Pod względem siedliskowym, gleby skrytobielicowe zbliżone są do gleb bielicowych typowych, ale odróżnia je powykrotowy relief powierzchni (Ryc. 17) tworzący mozaikę mikrosiedlisk wpływającą na warunki naturalnego odnowienia drzewostanu (Ryc. 18 i 19).

Gleby brunatne, uważane za gleby młode wskutek słabego zaawansowania procesów glebotwórczych zajmują tylko około 20% powierzchni KPN, ale zdecydowanie przeważają w jego otulinie. Łącznie zajmują więc prawie 56% obszaru Karkonoszy. Dominują na stokach, gdzie duża intensywność procesów morfologicznych (intensywna erozja, osuwiska, spływy itp.) stale odmładza substrat glebowy nie dopuszczając do pionowego przemycia składników i wytworzenia gleb bielicowych (Ryc. 20), a także na stokach, gdzie przeważa roślinność niesprzyjająca bielicowaniu (Ryc. 21 i 22). Gleby brunatne mają profil o budowie O-A-Bw-BC-C-(R). Ciemno-



Ryc. 19. Wiatrowały w monokulturach świerkowych zrywają powierzchniową warstwę gleby, co zaciera przejawy zbielicowania (fot. C. Kabała)



Ryc. 20. Spływy gruzowo-błotne zrywają istniejącą pokrywę glebową i odsłaniają pasy zwietrzeliny, na której stopniowo kształtują się regosole i rankery brunatne. Na masach ziemnych zdeponowanych u podnóża stoku tworzą się gleby brunatne kwaśne. Kopa, wschodni stok (fot. R. Knapik)



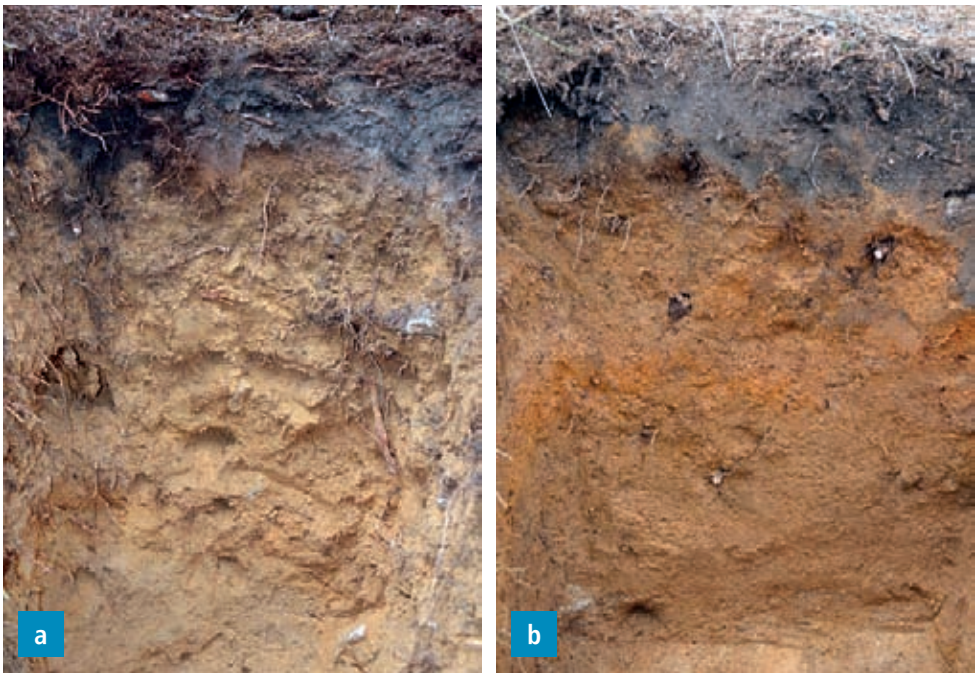
Ryc. 21. Gleba brunatna kwaśna na zarastającym materiale osuwiskowym, Dolina Łomniczki (fot. C. Kabała)



Ryc. 22. Gleba brunatna kwaśna butwinowa, Hala Złotówka (fot. J. Waroszewski)



Ryc. 23. Kwaśna buczyna sudecka na glebach brunatnych kwaśnych, Jagniątków (fot. R. Knapik)



Ryc. 24. Gleby brunatne kwaśne zbielicowane (a i b), rejon Jagniątkowa (fot. C. Kabała)

szary aktywny biologicznie poziom próchniczny A przeważnie jest płytszy niż 10 cm, za to brunatny lub żółtobrunatny, strukturalny poziom Bw osiąga grubość 50 cm i więcej. W Karkonoszach zdecydowanie dominują ubogie gleby brunatne kwaśne. Na podłożu granitowym mają one uziarnienie gliny piaszczystej lub piasku gliniastego, natomiast na podłożu metamorficznym dominuje uziarnienie pyłu gliniastego lub gliny piaszczystej z wysoką zawartością frakcji pyłu. Jako gleby górskie, na ogół są silnie szkieletowe (ponad 40–50% zawartości frakcji żwirowej lub kamienistej), ale w zależności od rodzaju pokryw stokowych, lokalnie mogą być niemal bezszkieletowe do głębokości 1 m. Dominuje w nich próchnica typu moder-mor lub moder świeży. Zawartość materii organicznej w poziomach mineralnych maleje z głębokością od 4–10% w poziomie A, przez 2–3% w poziomie Bw do <1% w poziomie BC i C. Podobnie jednokierunkowy gradient przejawia pH, które rośnie w głąb profilu glebowego. W najsilniej zakwaszonych poziomach powierzchniowych pH wynosi najczęściej 2,8–3,5, w poziomach Bw waha się od 3,5 do 4,4, a w najgłębszych warstwach zwietrzeliny z reguły przewyższa 4,3–4,5. Pod względem zakwaszenia, gleby brunatne kwaśne nie różnią się istotnie od gleb bielicowych, zatem w odpowiednich warunkach dość szybko ulegają one zbielicowaniu. Suma wymiennych kationów zasadowych jest w powierzchniowych warstwach gleb brunatnych wyraźnie wyższa niż w glebach bielicowych, w zakresie 3–5 cmol(+)/kg gleby, i maleje w profilu z głębokością. Wysycenie kationami zasadowymi jest najniższe w poziomach powierzchniowych (15–25%) i choć z głębokością rośnie, to nie osiąga 50%. Gleby brunatne kwaśne są więc glebami oligotroficznymi, właściwymi dla drzewostanów iglastych (świerkowych i jodłowo-świerkowych) a także – w reglu dolnym – dla kwaśnych buczyn (Ryc. 23). Typowy (oligotroficzny) wariant gleb brunatnych kwaśnych zaliczany jest do Dystric Cambisols (Dystric) w klasyfikacji FAO-WRB. W reglu górnym Karkonoszy (około 15% powierzchni KPN) dominuje jednak najuboższy (dystroficzny) wariant – gleby brunatne kwaśne zbielicowane z rozjaśnionym poziomem AE i z oznakami iluwiacji próchnicy i żelaza w poziomie B (Ryc. 24). Pod względem chemicznym są to najkwaśniejsze gleby brunatne i najsłabiej wysycone kationami zasadowymi (poniżej 20% w poziomach A i B), a ponadto zawierające dużo glinu wymiennego.

Na obszarze całych Karkonoszy, ale w rozproszeniu i na niewielkich powierzchniach (około 1% areału) występują gleby brunatne kwaśne z przejawami nadmiernego uwilgotnienia. Gleby brunatne kwaśne gruntowo-glejowe (FAO-WRB: Dystric Gleyic Cambisols) występują w lokalnych śródstokowych wklęśnięciach oraz na obrzeżach dolin. W ich profilu okresowo odnotować można wysoki poziom wody gruntowej, a stale wi-

doczne jest oglejenie dolnej oraz środkowej części profilu. Gleby brunatne kwaśne opadowo-glejowe (FAO-WRB: Dystric Stagnic Cambisols) występują raczej na spłaszczeniach stoków, a oglejenie górnej części profilu spowodowane jest stagnowaniem wód opadowych nad nieprzepuszczalnymi warstwami gleby (Ryc. 25 i 26). Jedne i drugie gleby, choć występują w odmiennych warunkach terenowych, tworzą wilgotniejsze siedliska leśne, które łatwo rozpoznać po bardziej urozmaiconym runie leśnym.

Ubogie podłoże geologiczne, a przede wszystkim brak węglanów w skałach macierzystych powoduje, że zasobniejsze gleby brunatne właściwe, a przede wszystkim - brunatne wyługowane (FAO-WRB: Eutric Cambisols) zajmują w KPN jedynie około 13 hektarów na Chojniku i w rejonie wodospadu Szklarki (0,2% powierzchni parku) i nie więcej niż 70 ha w całych Karkonoszach, na wysokości poniżej 750 m n.p.m., najczęściej na utworach deluwialnych lub koluwialnych. Mają gliniaste uziarnienie (glina piaszczysta lub glina lekka), a szkieletowość zmienia się zarówno przestrzennie, jak i w profilach gleb, od 30 do 80%. Budowę morfologiczną mają typową dla gleb brunatnych: O-A-Bw-BC-C(-R), ale warstwa ściółki jest bardzo cienka (1–3 cm) lub brak jej zupełnie. Próchnica leśna ma charakter mull świeży, co przy wąskim stosunku C:N w zakresie 10–12 świadczy o dużej aktywności biologicznej gleb. Są mniej zasobne w materię organiczną w porównaniu z glebami brunatnymi kwaśnymi, ale też są zdecydowanie słabiej zakwaszone – pH w poziomie A wynosi 4,5–5,2 i rośnie w głąb profilu do 5,2–5,5 w poziomie BC. Wyższemu pH towarzyszy większa zawartość kationów zasadowych (nawet do 15–20 cmol(+)/kg w poziomie A i 4–6 cmol(+)/kg w poziomie BC), co przekłada się na wysokie wysycenie kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi – do 55% w poziomie A i do 45% w poziomach Bw oraz BC. Tworzą najzasobniejsze (mezotroficzne) siedliska leśne w Karkonoszach, właściwe dla żyznej buczyny sudeckiej.

Gleby płowe (FAO-WRB: Haplic Luvisols oraz Albic Luvisols) występują w Karkonoszach na wysokości poniżej 750 m n.p.m., wyłącznie na terenach płaskich lub na stokach o niewielkim nachyleniu, o niewielkim nasileniu erozji wodnej (Ryc. 27). W otulinie KPN zajmują samodzielnie około 150 ha, natomiast w granicach parku zostały wyróżnione tylko w kompleksach z glebami brunatnymi w jego najniższych partiach – w rejonie Sobieszowa, Jagniątkowa i Karpacza – Wilczej Poręby. Mają profil o budowie A-E-Bt-BC-C (Ryc. 28), ukształtowany przez proces przemywania iłu koloidalnego (najdrobniej-



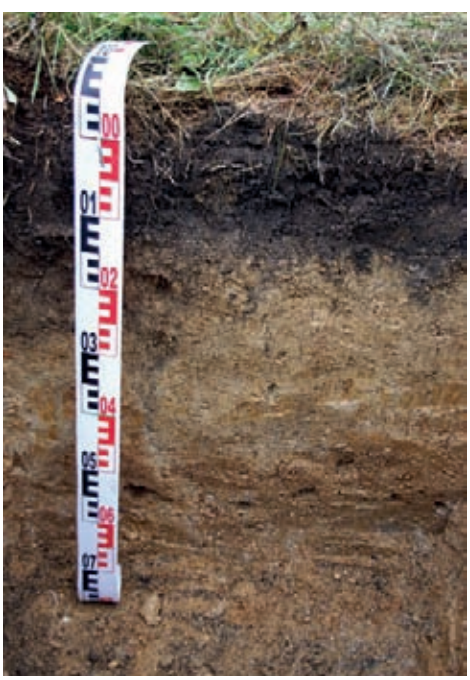
Ryc. 25. Gleba brunatna kwaśna opadowo-glejowa, Kamiennik (fot. J. Waroszewski)



Ryc. 26. Gleba brunatna kwaśna opadowo-glejowa, Kamiennik (fot. J. Waroszewski). Wiele gleb Karkonoszy wytworzyło się z warstwowanych pokryw stokowych. Na zdjęciu pulchna zbrunatniała warstwa bioturbacyjna odcięta jest zbitą i oglejoną warstwą gliniasto-gruzową od luźnych osadów żwirowo-piaszczystych



Ryc. 27. Gleby płowe występują w otoczeniu KPN na łagodnych stokach, dawniej zajmowanych pod uprawę płużną, dziś użytkowanych łąkowo lub odłogowanych, Borowice (fot. C. Kabała)



Ryc. 28. Gleba płowa opadowo-glejowa, Borowice (fot. C. Kabała)

szych cząstek o średnicy <0,002 mm) w głąb profilu. Na ogół są to gleby rolne lub porolne, toteż posiadają głęboki na 20–25 cm poziom orno-próchniczny. W warstwach powierzchniowych mają uziarnienie gliny piaszczystej lub gliny lekkiej, rzadziej pyłu gliniastego, natomiast w poziomie Bt – gliny zwykłej lub pyłu ilastego. Przeważnie są słabo szkieletowe, przynajmniej do głębokości 100 cm. Wmycie iłu do poziomu Bt przejawia się obecnością pyłowo-ilastych otoczek na powierzchniach agregatów glebowych oraz większą zwięzłością tego poziomu, niekiedy również odgórnym oglejeniem. Gleby płowe są niezbyt zasobne w próchnicę; jej ilość w poziomie Ap rzadko przekracza 2% i maleje w profilu z głębokością. Odczyn tych gleb jest kwaśny, ale wskutek wapnowania warstwa orna ma pH około 5,2–5,5, niekiedy nawet osiąga 6,0. W warstwach głębszych pH z reguły nie spada poniżej 5,0. Wysycenie kationami zasadowymi oscyluje w granicach 30–60%, to jest w zakresie podobnym do gleb brunatnych. Gleby płowe odznaczają się niską do średniej zawartością fosforu, a także średnią do wysokiej zawartością potasu i magnezu, co w dużym stopniu jest efektem nawożenia. W warunkach Karkonoszy, gleby te tworzą mezotroficzne siedliska właściwe dla zasobniej-



Ryc. 29. Gleba opadowo-glejowa próchniczna, Szrenica – Lolobrygida (fot. C. Kabała)

szych zbiorowisk kwaśnej buczyny sudeckiej, uboższych form żyznej buczyny, a w piętrze pogórza również zbiorowisk grądowych.

Gleby glejowe powstają w wyniku długotrwałego lub stałego nasycenia wodą, gdy warunki redukcyjne prowadzą do wytworzenia mozaiki plam glejowych lub całkowitego oglejenia w części profilu glebowego. W niższych położeniach górskich i podgórskich, w strefach źródliskowych oraz w dolinach rzek dominują gleby gruntowo-glejowe (FAO-WRB: Dystric Gleysols) o budowie profilu O-A-G. Z reguły już na głębokości 50–60 cm występuje zwierciadło wody gruntowej, a cechy glejowe rozpoznawalne są niekiedy tuż pod powierzchnią. Gleby opadowo-glejowe (FAO-WRB: Dystric Stagnosols) o budowie profilu O-Ag-G-Cg występują na stokach o łagodniejszych spadkach lub o bardzo urozmaiconym reliefie. Zwierciadło wody gruntowej, jeśli występuje, to jest zawieszone tuż pod powierzchnią gleby, a ponad zbitą warstwą podpowierzchniową (Ryc. 29 i 30). Występowanie gleb opadowo-glejowych w Karkonoszach uwarunkowane jest wilgotnym klimatem oraz obecnością warstwowanych pokryw stokowych. Gleby glejowe tworzą – w kolejnych piętrach wysokościowych – siedliska lasów, lasów mieszanych i borów wilgotnych, tylko w reglu dolnym wyróżniające się



Ryc. 30. Gleby opadowo-glejowe murszaste (a i b), Szrenica (fot. C. Kabała)



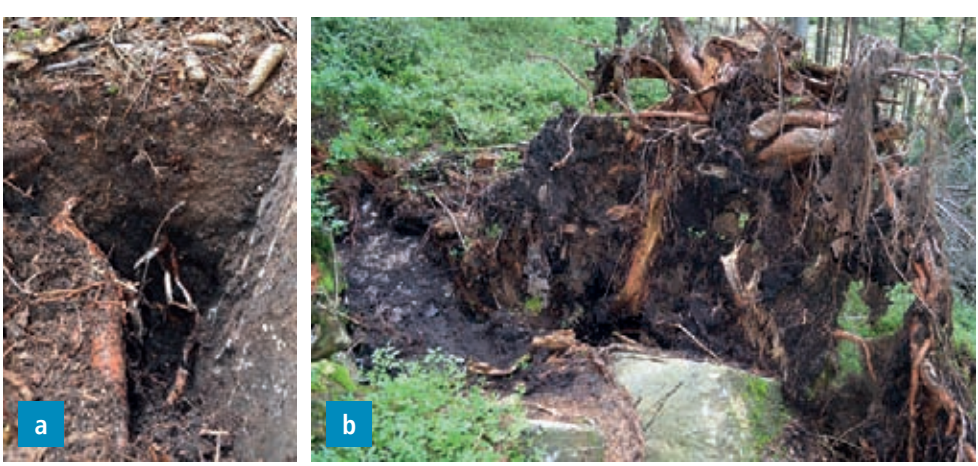
Ryc. 31. Gleby gruntowo-glejowe torfowe w obrębie młak tworzą specyficzne siedliska dla hydrofilnych zbiorowisk roślinnych (fot. A. Bogacz)



Ryc. 32. Gleby gruntowo-glejowe torfiaste (a i b), Karpacz (fot. A. Bogacz)

obecnością wodolubnych gatunków liściastych w drzewostanie. We wszystkich strefach gleby glejowe można jednak łatwo rozpoznać po bogatej i zróżnicowanej roślinności runa, w tym przede wszystkim po obfitszej obecności paproci, sitów, a w wyższych partiach gór – również mchów z rodzaju *Sphagnum*. Gleby glejowe Karkonoszy są silnie kwaśne, podobnie jak towarzyszące im gleby bielicowe lub gleby brunatne kwaśne. Wyróżniają się podwyższoną akumulacją materii organicznej, niekiedy nawet obecnością warstwy torfowej lub murszowej na powierzchni. Zgodnie z obowiązującymi klasyfikacjami, dopóki miąższość warstwy organicznej nie przekracza 30 cm, gleba należy do gleb (gruntowo-/opadowo-)glejowych torfowych i gleb (gruntowo-/opadowo-)glejowych murszowych (FAO-WRB: Histic/Murshic Gleysols oraz Histic/Murshic Stagnosols). Gleby takie w Karkonoszach tworzą młaki (Ryc. 31) i najpłytsze torfowiska (niekiedy zdegradowane) w najwyższych partiach Mumlawskiego Wierchu i na stokach Szrenicy, występują ponadto w otoczeniu głębszych torfowisk, gdzie stopniowo przechodzą we właściwe gleby torfowe (Ryc. 32). Areał gleb glejowych w Karkonoszach szacowany jest na około 760 ha, z czego ok. 180 ha w KPN, to jest 3,0% powierzchni.

Surowy, chłodny i wilgotny klimat Karkonoszy nie sprzyja bujnej wegetacji roślin, ale jeszcze bardziej nie sprzyja rozkładowi martwych szczątków organicznych, szczególnie w miejscach najwilgotniejszych. Tam też ma miejsce akumulacja materii organicznej w postaci warstw torfu. Jej nasilenie zmieniało się w czasie w ślad za zmianami klimatycznymi, a ostatnio również w efekcie działalności człowieka. Wydaje się, że obecnie gleby organiczne Karkonoszy znajdują się w fazie stagnacji lub nawet recesji, co przejawia się murszeniem warstw torfowych. Do gleb organicznych są zaliczane gleby posiadające warstwę torfową lub murszową o miąższości ponad 30 cm. W hierarchii wilgotności, gleby organiczne tworzą siedliska najwilgotniejsze – bagienne, odróżniające się zarówno składem gatunkowym porastających (i tworzących) je zbiorowisk roślinnych, jak też składem i bonitacją drzewostanu. W reglu górnym i w piętrze subalpejskim, na torfowiskach wysokich i przejściowych dominują gleby torfowe fibrowe (FAO-WRB: Fibric Histosols), w których włókniste tkanki nierozłożonych roślin dominują w masie torfowej. Są to gleby bardzo silnie kwaśne (pH 2,5–4,0) i oligotroficzne. W piętrze pogórza i regla dolnego dominują gleby torfowe saprowe oraz gleby murszowe na torfowiskach niskich i przejściowych, odznaczające się silnym stopniem rozkładu masy organicznej (FAO-WRB: Sapric/Murshic Histosols). Ich odczyn jest nieco mniej kwaśny niż gleb torfowych w strefie subalpejskiej (pH 4,0–5,0), są też zasobniejsze w makroskładniki, dzięki czemu przeważnie tworzą siedliska mezotroficzne. Areał gleb organicznych (o miąższości warstwy organicznej >40 cm) w Karkonoszach szacowany jest na 153 hektary, z czego w granicach KPN – jedynie 62 hektary (ok. 1,0% powierzchni), przede wszystkim na Równi pod Śnieżką, pod Małym Szyszakiem, Sokolnikiem, Kamiennikiem i Mumlawskim Wierchem. Największy obszar występowania gleb torfowych poza granicami Parku wyznaczono w dolinie Kamiennej w rejonie Jakuszyc. Gleby organiczne mogą się też tworzyć z materiału ściółkowego akumulującego się w szczelinach między głazami. Materiał ten z czasem ulega humifikacji, upodabniając się do murszu. Gleby takie występują w reglu górnym Karkonoszy, na pokrywach gruzowych lub



Ryc. 33. Gleby organiczne ściółkowe (a i b), Czarna Kopa (fot. C. Kabała). W szczelinach pokryw gruzowych gromadzi się materia organiczna, niekiedy do głębokości 40–70 cm, tworząc specyficzne gleby ściółkowo-murszowo-rumoszowe



Ryc. 34. Otoczaki i głazy przykrywające drobnoziarniste osady aluwialne w dnach dolin większości potoków karkonoskich tworzą specyficzny materiał macierzysty dla górskich mad, Dolina Łomniczki (fot. R. Knapik)

blokowych, tworząc specyficzne utwory rumoszowo-ściółkowo-murszowe (Ryc. 33), wyróżniane w SYSTEMATYCE GLEB POLSKI jako gleby organiczne ściółkowe (FAO-WRB: Folic Histosols), gdy miąższość zakumulowanej materii organicznej przekracza 30-40 cm.

Dna dolin rzecznych (Ryc. 34), w obrębie współczesnych teras zalewowych zajmują mady. Cechą charakterystyczną mad jest warstwowanie materiału glebowego, a często również oglejenie pochodzące od płytko zalegającego i wahającego się zwierciadła wody gruntowej (Ryc. 35 i 36). Właściwości fizykochemiczne mad i zawartość makro- oraz mikroskładników zależą oczywiście od składu gleb w otoczeniu doliny (w strefie zasilania), ale z reguły mady odznaczają się umiarkowanie kwaśnym odczynem i dość wysokim wysyceniem kationami zasadowymi, dzięki czemu tworzą mezotroficzne lub nawet eutroficzne siedliska lasów łęgowych albo średnioproduktywnych łąk i pastwisk. W otulinie KPN mady zajmują około 100 ha, najczęściej jako mady właściwe oraz mady brunatne, to jest mające dobrze ukształtowany poziom A (orno-próchniczny) i poziom brunatnienia Bw, w których pierwotne warstwowanie aluwiów jest już zatarte przez korzenie drzew i aktywność mikro- i mezofauny glebowej. Na obszarze KPN mady rzadko były dotąd wyróżniane, gdyż osady deponowane na dnie dolin górskich są silnie kamieniste i odznaczają



Ryc. 35. Mada rzeczna właściwa, Dolina Łomniczki (fot. O. Bojko). Cechą charakterystyczną mad jest warstwowanie osadów i przejawy wielokrotnego odnawiania procesów glebotwórczych, w tym akumulacji próchnicy



Ryc. 36. Mada rzeczna próchniczna gruntowo-glejowa, Wilczy Potok (fot. C. Kabała)

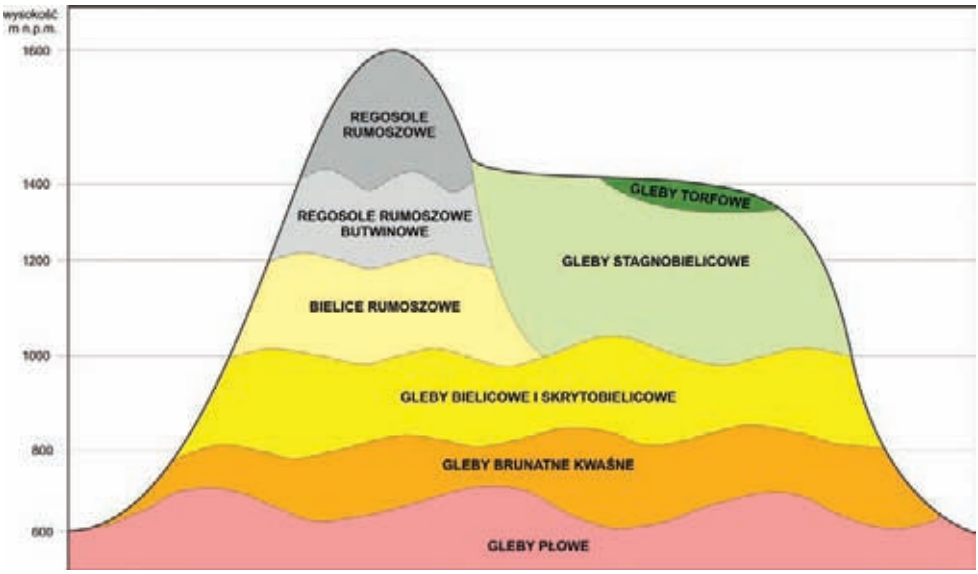
się dużą dynamiką. Fragmenty teras mogą w ciągu zaledwie jednego roku całkowicie zanikać lub tworzyć się w innym miejscu. Ponadto, w wielu fragmentach dolin osady drobnoziarniste są intensywnie wypłukiwane, toteż w dnie doliny dominuje niekiedy utwór ekstremalnie szkieletowy, który nie jest właściwym tworzywem dla mad. Kontury mad z reguły są bardzo wąskie (szerokości niekiedy tylko kilku-kilkunastu metrów), co utrudnia lub uniemożliwia ich wykreślanie na mapach glebowych i glebowo-siedliskowych. Zatem ze względów technicznych mady były dotąd włączane do sąsiednich konturów i rzeczywista powierzchnia zajmowana przez mady w KPN nadal nie jest ustalona.

Coraz więcej uwagi w ostatnich latach poświęca się glebom antropogenicznym, to jest silnie przekształconym przez człowieka lub powstających z materiału zdeponowanego przez człowieka. Na obszarze Parku są to przede wszystkim tzw. ekranosole – gleby niekompletne i pokryte nieprzepuszczalną warstwą ubitego kruszywa, brukiem lub asfaltem (FAO-WRB: Ekranic Technosols) na głównych ciągach komunikacyjnych oraz wokół schronisk (Ryc. 37). Te pozornie „bezglebowe" powierzchnie tworzą podłoża dość szybko zajmowane przez roślinność po zmniejszeniu lub ustaniu antropopresji (na przykład udeptywania lub konserwacji drogi). Liczne przykłady, również z Karkonoszy, pokazują w jak krótkim czasie rozpadają się i zarastają opuszczone drogi, place, a nawet zabudowania, tworząc specyficzne antropogeniczne siedliska. W otulinie Parku większe powierzchnie zajmują gleby urbiziemne (FAO-WRB: Urbic Technosols), związane z terenami zabudowanymi, mające zaburzony naturalny profil oraz zawierające domieszki odpadów budowlanych i bytowych (kamienia, cegły, betonu, zaprawy wapiennej, popiołu, żużla, ceramiki itd.). Odznaczają się odczynem bliskim obojętnego, podwyższoną zasobnością w fosfor, wapń i magnez, niekiedy obecnością węglanów oraz podwyższonym stężeniem pierwiastków śladowych.



Ryc. 37. Gleby antropogeniczne „uszczelnione" - ekranosole (Ekranic Technosols), źródła Łaby (fot. C. Kabała)

Do gleb antropogenicznych najmniej różniących się od gleb w naturalnym otoczeniu należą gleby na zwałowiskach odpadów górniczych (FAO-WRB: Spolic Technosols). W Karkonoszach są to najczęściej odpady kamieniołomów granitu, a gleby tworzące się z nich podobne są najpierw do regosoli, a z czasem ewoluują w kierunku gleb brunatnych. Gleby antropogeniczne zajmują w Karkonoszach łącznie około 85 ha, z czego na terenie KPN 7–8 ha (<0,2% powierzchni).



Ryc. 38. Schemat piętrowości gleb Karkonoszy. Lewa strona rysunku ilustruje układ pięter na stokach wzniesień z pokrywami blokowymi i gruzowymi, prawa strona – na stokach i grzbietach wolnych od pokryw gruzowych

Wyjątkowość gleb Karkonoszy

Karkonosze są jedynym fragmentem Sudetów z wyraźną piętrowością wysokościowo-roślinną (Ryc. 38) będącą odpowiednikiem strefowości klimatyczno-roślinnej półkuli północnej. Piętrowość klimatyczno-roślinno-glebowa występuje również w Tatrzańskim i Babiogórskim Parku Narodowym, ale na każdym z tych obszarów sposób wykształcenia i zasięg wysokościowy pięter jest inny, co podyktowane jest nie tylko czynnikami klimatycznymi, ale też geologicznymi i morfologicznymi.

Gleby płowe, charakterystyczne dla strefy leśnej klimatu umiarkowanego wilgotnego i bardzo rozpowszechnione na Przedgórzu Sudeckim oraz na Nizinie Śląskiej zaledwie dotykają granic Karkonoszy, gdzie występują na niewielkich powierzchniach w otulinie KPN do wysokości około 750 m n.p.m. W pasie pogórza oraz regla dolnego Karkonoszy, w zakresie wysokości 500–800 m n.p.m. dominują gleby brunatne kwaśne, miejscami zbielicowane. Przejściowy charakter tego piętra wynika przynajmniej z trzech przyczyn: zmieniającej się budowy geologicznej (zanik pokryw lessowych i pojawienie się ubogich we frakcję ilastą zwietrzelin skał magmowych i metamorficznych), ukształtowania terenu (większe nachylenie stoków sprzyja powierzchniowemu spływowi wód, co hamuje przemywanie iłu, a potęguje erozję wodną) oraz umiarkowanego klimatu, zbyt ciepłego dla dominacji świerka i za mało wilgotnego dla intensyfikacji procesu bielicowania. W piętrze regla górnego, szczególnie w strefie 800–1000 m n.p.m. dominują gleby bielicowe i bielice, a także gleby skrytobielicowe, na ogół o świeżym uwilgotnieniu. Powyżej wysokości 1000–1100 m n.p.m. dominujące gleby bielicowe nabierają wyraźnych oznak opadowego oglejenia i akumulacji materii organicznej. W strefie tej dominują zatem gleby stagnobielicowe murszaste i torfiaste oraz gleby opadowo-glejowe wykształcone w różnych formach (typowe, murszaste, torfiaste, torfowe). Na spłaszczeniach wierzchowinowych, w strefie wysokości 1200–1400 m n.p.m., obok bielic większe powierzchnie zajmują stagnobielice torfowe przechodzące w głębokie gleby organiczne subalpejskich torfowisk. Również w tej strefie najlepiej zachowały się gleby z cechami krioturbacji, czyli przeobrażeń mrozowych – tzw. grunty strukturalne. W najwyższym piętrze, powyżej 1400 m n.p.m. występują wyłącznie gleby inicjalne rumoszowe na rozległych plejstoceńskich rumowiskach skalnych.

Unikatowe w skali regionalnej są przede wszystkim gleby najwyższych pięter wysokościowych Karkonoszy, a więc stagnobielice, gleby opadowo-glejowe torfiaste i murszaste, gleby torfowe subalpejskich torfowisk, gleby inicjalne rumoszowe, a przede wszystkim gleby ze stale zachowanymi strukturami peryglacjalnego sortowania mrozowego (Ryc. 39). Na tle innych pasm górskich Polski południowej Karkonosze wyróżniają się

relatywnie dużym obszarem występowania gruntów strukturalnych, co do których aktywności stale trwa dyskusja (Traczyk 1992; Křižek i in. 2010; Lukešová i in. 2010). Są to nie tylko wieńce gruzowe w obrębie pokryw gruzowych Czarnego Grzbietu, słabo sortowane grunty strukturalne na Lučni horze, ale też niespotykane w Polsce poza Karkonoszami (m.in. pod Smogornią) silnie zbielicowane pagórki darniowe. Rozległe spłaszczenie Równi pod Śnieżką jest również miejscem występowania unikatowych wysokogórskich torfowisk, lecz z gleboznawczego punktu widzenia nie mniej interesujący jest kontakt gleb torfowych z otaczającymi bielicami. Są to stagnobielice z licznymi cienkimi warstewkami żelazistymi, zwanymi placik (Ryc. 12), całkowicie nieprzepuszczalnymi dla wody, co umożliwia jej zawieszenie w górnej części profilu gleby o dość przepuszczalnym, piaszczysto-żwirowym uziarnieniu. Choć wydaje się, że stagnowanie wody w powierzchniowych warstwach profilu uwarunkowane przez wilgotny klimat oraz warstwową budowę pokryw stokowych jest cechą charakterystyczną dla bielic górskich, to stagnobielice nie były dotąd w Polsce opisywane i wyróżniane, a do Systematyki Gleb Polski (2011) zostały wprowadzone na podstawie badań prowadzonych w Karkonoszach (Kabała i in. 2012).



Ryc. 39. Grunty strukturalne, Czarny Grzbiet (a, b). Nawet niewielkie wysortowanie frakcji drobniejszych (b) sprzyja zasiedlaniu inicjalnych gleb rumoszowych przez rośliny (fot. C. Kabała)

Do taksonów ostatnio wprowadzonych do Systematyki Gleb Polski należą również ekstremalnie szkieletowe gleby, które w Karkonoszach nazwano bielicami rumoszowymi, o morfologii i właściwościach pośrednich między glebami inicjalnymi, rankerami a bielicami. Różnorodność siedlisk na pozornie jałowych rumowiskach skalnych skłoniła również do wyodrębnienia regosoli rumoszowych butwinowych, które są formą przejściową do unikatowych gleb organicznych rumoszowo-ściółkowych. Obserwacje ewolucji gleb bielicowych piętra reglowego Karkonoszy skłoniły ponadto do wyodrębnienia podtypu gleb skrytobielicowych, a więc gleb o niepełnym wykształceniu profilu, które dotąd często były rozpoznawane jako gleby brunatne kwaśne, a które tylko przejściowo utraciły swoje charakterystyczne cechy morfologiczne.

Jest niemal pewne, że stagnobielice, bielice rumoszowe i skrytobielice występują również w innych pasmach górskich Polski południowej (na przykład na Babiej Górze i w Tatrach), jednak jak dotąd informacje o nich pochodzą wyłącznie z Karkonoszy.

Przekształcenia i zagrożenia gleb Karkonoszy

Pokrywa glebowa Karkonoszy kształtuje, a więc i nieustannie zmienia się pod wpływem naturalnych czynników środowiskowych, przede wszystkim klimatu i roślinności, oraz wskutek działalności człowieka. Podstawowe i pierwotne znaczenie mają czynniki klimatyczne związane z termiką i wilgotnością, które bezpośrednio lub w sprzężeniu z szatą roślinną sterują intensywnością zjawisk wietrzenia, procesów morfodynamicznych oraz procesów glebowych.

W okresie plejstoceńskim, wskutek lokalnych zlodowaceń albo w zimnych i na ogół suchych warunkach peryglacjalnych, uformowały się odsłonięte ściany skalne oraz rumowiska gruzowe i blokowe, na których do dziś procesy glebotwórcze pozostają w fazie inicjalnej. Na stokach górskich, warunki peryglacjalne sprzyjały soliflukcyjnemu przemieszczaniu zwietrzeliny gliniasto-szkieletowej, co doprowadziło do uformowania pokryw stokowych, różniących się od wyjściowej zwietrzeliny głównie pod względem uziarnienia i przepuszczalności wodnej. W najwyższych partiach Karkonoszy wskutek pęcznienia i sortowania mrozowego w warunkach pustyni arktycz-

nej tworzyły się grunty strukturalne. Aktywność tych zjawisk ustała wskutek holoceńskiego ocieplenia klimatu, ale uważa się, że niektóre ich przejawy występują do dziś, albo występowały jeszcze niedawno, w czasie tzw. małej epoki lodowej (XVI–XIX w.). Jednak pokrywy stokowe i formy rzeźby wytworzone w okresie plejstoceńskim do dziś oddziałują na morfologię i właściwości fizykochemiczne oraz wodne gleb Karkonoszy.

Pod pionierską roślinnością w początkowej fazie holocenu tworzyły się na stokach górskich gleby brunatne, w miejscach wilgotniejszych – gleby glejowe, a w najwilgotniejszych – gleby torfowe. W miarę wkraczania gatunków iglastych zaistniały sprzyjające warunki dla procesu bielicowania, który do dziś jest głównym i najważniejszym procesem glebotwórczym w Karkonoszach. Bielicowanie jest uwarunkowane granitowym podłożem geologicznym, chłodnym i wilgotnym klimatem, a także dominacją drzewostanów lub zadrzewień iglastych – sprzężonych z klimatem. Gleby brunatne oraz część gleb opadowo-glejowych przeobraziła się zatem w różne formy gleb bielicowych. Pewną zagadką są bielice piętra subalpejskiego (na przykład na Równi pod Śnieżką), które obecnie pokryte są zbiorowiskami trawiastymi lub trawiasto-krzewinkowymi. Wydaje się, że gleby te nie mogły powstać pod tymi zbiorowiskami, a więc należy założyć, że przynajmniej przejściowo również i te tereny pokryte były roślinnością iglastą, choćby w niewielkim zwarciu. Bielicowanie gleb rozpoczęło się jeszcze w okresie borealnym, a najpóźniej w początkach okresu atlantyckiego, na co wskazuje wiek torfów zdeponowanych na istniejących już bielicach. Okresowe zwilgotnienie i ochłodzenie klimatu Karkonoszy w późniejszych fazach holocenu powodowało silniejsze nasycenie gleb wodami roztopowymi i opadowymi oraz powszechne tworzenie się gleb glejowych oraz torfowo-glejowych. Wiele starszych bielic przeobraziło się wówczas w stagnobielice przykryte warstwą próchnicy typu mor torfiasty lub torfowy (Ryc. 11 i 12). Jahn (1963) sugerował nawet, że tzw. blanket bogs, czyli płytkie stokowe torfowiska mogły przejściowo pokrywać znaczne obszary w reglu górnym i piętrze subalpejskim. Postępujące współcześnie przesuszenie gleb, w części naturalne, w części spowodowane melioracjami leśnymi, prowadzi do murszenia pokryw torfowych. Nadal jednak, przede wszystkim w piętrze regla górnego, utrzymuje się nadmierne uwilgotnienie gleb objawiające się ich odgórnym oglejeniem.

Obecna przestrzenna struktura pokrywy glebowej jest więc odzwierciedleniem piętrowości klimatu i roślinności, ale zmieniającej się przez cały okres holoceński. Najważniejszymi cechami gleb Karkonoszy są zatem: ich zbielicowanie, odgórne oglejenie oraz wzbogacenie w materię organiczną, narastające wraz z wysokością bezwzględną aż do 1400 m n.p.m. Rozpowszechniona jest jednak opinia, że nie gleby bielicowe, ale brunatne są typem przeważającym w Karkonoszach i w całych Sudetach (Borkowski 1966, Borkowski i in. 2005). Brunatnienie jest naturalną fazą rozwojową gleb, związaną z wietrzeniem chemicznym substratu skalnego oraz z rosnącą aktywnością biologiczną gleby. Jednak gleby brunatne utrzymują się w pokrywie glebowej obszarów górskich naszej strefy klimatycznej tylko w warunkach niesprzyjających bielicowaniu, a więc na stokach o zbyt dużym nachyleniu lub w klimacie eliminującym „bielicujące" gatunki iglaste lub wrzosowate (zbyt zimnym – albo odwrotnie – nazbyt łagodnym). W równowiekowych drzewostanach świerkowych rozpowszechnionych w reglu górnym występuje jednak problem obalania drzew przez huraganowe wiatry (wiatrowały), czemu towarzyszy usunięcie gleby na powierzchni kilku-kilkunastu metrów kwadratowych (Ryc. 19). Zerwane zostają przede wszystkim ściółka i zbielicowana część profilu glebowego, które po wymieszaniu tworzą szary, niejednorodny poziom próchniczny osadzający się na odsłoniętych pozostałościach poziomów B. Powstała gleba morfologicznie przypomina glebę brunatną kwaśną i tylko intensywne brunatnordzawe zabarwienie górnej części poziomu B sugeruje jego iluwialną genezę (Ryc. 15, 16 i 17). Takie „pobielicowe" (albo „skrytobielicowe") gleby, jeśli choć w części zachował się lub szybko odtworzył poziom wmycia związków próchnicy i żelaza, nadal należą do typu gleb bielicowych. Wiatrowały zaburzają nie tylko morfologię gleb bielicowych, ale też zmieniają mikrorelief powierzchni: w miejscu zerwanej warstwy gleby tworzy się płytkie zagłębienie, podczas gdy materiał osypujący się z karpy korzeniowej tworzy niewielki pagórek. Relief wykrotowy tworzy mozaikę wilgotnych i suchych mikrosiedlisk, w których procesy glebowe przebiegają z innym nasileniem, a niekiedy w innym kierunku. Powoli erozja zrównuje wykroty i dopiero wówczas na całej powierzchni odtwarzają się właściwe gleby bielicowe.

Z kolei na pogórzu i reglu dolnym długotrwałe preferowanie świerka w gospodarce leśnej doprowadziło do częściowego zbielicowania gleb brunatnych kwaśnych tam, gdzie klimatycznie uzasadniona jest przewaga drzewostanów liściastych oraz typowych gleb brunatnych i gleb płowych. Obecna przebudowa lasów polegająca na zwiększaniu udziału buka i innych gatunków liściastych zwiększa aktywność biologiczną gleb i zatrzymuje proces ich bielicowania.



Ryc. 40. Skutki zmian klimatycznych są dostrzegalne przede wszystkim w strefach ekotonowych. Styk gleb inicjalnych rumoszowych, regosoli butwinowych i gleb bielicowych rumoszowych na północnym stoku Śnieżki (fot. C. Kabała)



Ryc. 41. Gleby Karkonoszy są kwaśne i ubogie w makroskładniki, ale nie są zanieczyszczone, toteż bór wysokogórski samorzutnie odnawia się na obszarach poklęskowych (fot. C. Kabała)

Postępujące zmiany klimatyczne, przede wszystkim stopniowe ocieplenie (Głowicki 2005), skorelowane z przeobrażeniami szaty roślinnej, mogą znacząco wpłynąć na pokrywę glebową Karkonoszy. Wzrost temperatury i zmiana klimatycznego bilansu wodnego spowodują przesuszenie torfowisk oraz płytkich pokryw torfiastych i zwiększy tempo mineralizacji materii organicznej. Oznaczać to będzie stopniowy zanik gleb torfowo-glejowych oraz stagnobielic torfowych poprzez ich ewolucję w kierunku gleb murszowych, a następnie gleb całkowicie mineralnych. Ocieplenie klimatu przyczyni się do przesuwania zasięgu pięter roślinnych, w tym podniesienia górnej granicy lasu oraz ekspansji gatunków liściastych w reglu górnym (Ryc. 40). Pierwsza zmiana może spowodować (na styku regla górnego i piętra subalpejskiego) przeobrażenie gleb inicjalnych rumoszowych w gleby rumoszowe butwinowe, uruchomić procesy bielicowania płytkich pokryw rumoszowych na podłożu gliniastym, a także odnowić procesy bielicowania gleb obecnie pokrytych zbiorowiskami trawiastymi. Z kolei ekspansja gatunków liściastych spowoduje zmniejszenie intensywności bielicowania gleb oraz „zakonserwuje" gleby skrytobielicowe na obecnym etapie ich rozwoju. Nie należy również lekceważyć gwałtownych zjawisk pogodowych, bezpośrednio wpływających na intensywność i skalę zjawisk morfologicznych, takich jak osuwiska, spływy gruzowe i gruzowo-ziemne lub erozja wodna, albo pośrednio – poprzez zwielokrotnienie liczby wiatrowałów. W jednym i drugim przypadku najbardziej widocznym skutkiem będzie zmniejszenie areału typowych bielic.

Trudny do przewidzenia jest wpływ zmian klimatycznych na chemizm gleb w skali masywu górskiego, gdyż w różnych jego częściach mogą występować tendencje przeciwstawne (Bojko i Kabała 2016, 2017). Przyspieszona mineralizacja torfów oraz ekspansja gatunków liściastych spowodują zmniejszenie ogólnych zasobów materii organicznej w glebach Karkonoszy, częściowo rekompensowane jej przyrostem w strefie ekotonowej. Długofalowo, zwiększenie tempa wietrzenia chemicznego oraz ekspansja głębiej korzeniących się gatunków drzew liściastych doprowadzą do wzrostu zasobności w niektóre makroskładniki (z wyjątkiem fosforu) oraz do zmniejszenia zakwaszenia powierzchniowej warstwy gleb.

„Klęska ekologiczna" lat siedemdziesiątych i osiemdziesiątych XX wieku zwróciła też uwagę na problem zanieczyszczenia środowiska, w tym gleb Karkonoszy (Ryc. 41). Dzięki zakrojonemu na szeroka skalę programowi monitoringu (Karczewska i in. 2006) wykazano zwiększoną ekspozycję masywu górskiego na



Ryc. 42. Erozyjne rozcięcie drogi w rejonie Jakuszyc (fot. C. Kabała)



Ryc. 43. Erozja wgłębna może przekształcić szlak zrywkowy w prostoliniowy rów wcinający się w skały podłoża, Suszyca (fot. J. Waroszewski)



Ryc. 44. Gleby tras narciarskich mają sztucznie wyrównaną powierzchnię i zagęszczone górne warstwy, co skutkuje stagnowaniem wody (fot. C. Kabała)

pierwiastki śladowe, m.in. ołów i rtęć, ale też potwierdzono ogólnie niewielki stopień zanieczyszczenia gleb metalami ciężkimi (Szopka i in. 2011, 2013). Nie wykazano też jednoznacznie, by emisje przemysłowe zwiększyły zakwaszenie gleb Karkonoszy albo podniosły stężenie siarki lub azotanów w glebach (Borkowski i in. 1993; Skiba 1993). Można oczekiwać, że wobec zasadniczej poprawy jakości powietrza dopływającego do Karkonoszy w ostatnich latach, już wkrótce zniknie problem transgranicznych zanieczyszczeń i zagrożeń środowiskowych.

W gestii Parku, PGL Lasy Państwowe oraz władz miejscowych pozostaje natomiast ochrona gleb przed zagrożeniami lokalnymi, do których należy przede wszystkim:

- erozja na sztucznie odsłoniętych powierzchniach – ścieżkach turystycznych, drogach leśnych i na szlakach zrywkowych (Ryc. 42 i 43), niszczonych przez urządzenia i transport leśny albo rozdeptywanych w miejscach niekontrolowanego ruchu turystycznego;
- nieodwracalne mechaniczne przekształcenie i zagęszczenie gleb na narciarskich trasach zjazdowych, zmieniające naturalną morfologię gleby oraz jej reżim wodny (Ryc. 29 i 44);
- eutrofizacja gleb i wód gruntowych (wzrost zawartości azotu i fosforu) w rejonie schronisk górskich, która wpływa na szatę roślinną i mikroflorę glebową oraz całkowicie odmienia kierunek procesów glebotwórczych;
- zanieczyszczenie substancjami ropopochodnymi, w tym węglowodorami aromatycznymi wzdłuż szlaków komunikacyjnych – na terenie KPN i w jego otoczeniu.

Wszystkie te zagrożenia mają na terenie Karkonoskiego Parku Narodowego relatywnie niewielkie nasilenie, między innymi dzięki długoletnim i skutecznym działaniom zapobiegawczym oraz naprawczym.

Literatura

Adamczyk B., Baran S., Borkowski J., Komornicki T., Kowaliński S., Szerszeń L. & Tokaj J. 1985: Gleby. W: Jahn A. (red), Karkonosze polskie. Wyd. PAN Zakł. Narod. im. Ossolińskich, Wrocław: 77–86.

Behlen S. 1835: Über den Einfluss der Gebirgs- und Bodenarten auf den Feld- und Waldbau. Allgem. Forst- und Jagdzeitung, 18–20, Sauerlaender, Frankfurt am Mein.

Bernadzki E. 1958: Charakterystyka siedlisk leśnych w Sudetach. Sylwan, 102: 50–62.

Bogda A. 1981: Skład mineralny i niektóre właściwości gleb brunatnych wytworzonych z granitoidów sudeckich. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Rozprawy, 26: ss. 98.

Borkowski J. 1966: Gleby brunatne Sudetów. Probl. Zagosp. Ziem Górskich 12: 29–93.

Borkowski J., Bralewski D., Paradowski A. & Szmit T. 1993: Skład i właściwości gleb Karkonoskiego Parku Narodowego. Geoekol. Probl. Karkonoszy, Wyd. UWr., Wrocław: 125–130.

Borkowski J., Szerszeń L. & Kocowicz A. 2005: Gleby Karkonoszy. W: Mierzejewski M. P. (red.), Karkonosze. Przyroda nieożywiona i człowiek. Wyd. UW, Wrocław: 353–379.

Drozd J., Liczar M., Weber J., Licznar S. E., Jamroz E., Dradrach A., Mastalska-Cetera B. & Zawerbny T. 1998: Degradacja gleb w niszczonych ekosystemach Karkonoszy i możliwości jej zapobiegania. PTSH, Wrocław: ss. 125.

Dumanowski B. 1961: Cover deposits of the Karkonosze Mountains. Zesz. Nauk. UWr B8, Nauka o Ziemi 5: 31–55.

Dücker A. 1937: Über Struckturböden im Riesengebirge. Ein Beitrag zum Bodenfrost- und Lößproblem. Zeitschr. der Deutschen Geolog. Gesellsch. 89: 113–129.

Elsner M. 1837: Flora von Hirschberg und dem angrenzenden Riesengebirge. Aderholz, Breslau: ss. 210.

Gellert J. F. & Schüller A. 1930: Eiszeitböden im Riesengebirge. Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft 81: 444–449.

Głowicki B. 2005. Klimat Karkonoszy. W: Mierzejewski M. P. (red), Karkonosze. Przyroda nieożywiona i człowiek. Wyd. UW, Wrocław: 381–398.

Hoser J. K. E. 1807: Das Riesengebirge in einer Statistisch-Topographischen und Pittoresken Übersicht. Verlag Joseph Geistinger, Wien, Baden, Triest: ss. 142.

IUSS. 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, Update 2015. International soil classification system for naming soil and creating legends for soil maps. FAO, Rome: ss. 122.

Jahn A. 1963: Gleby strukturalne Czarnego Grzbietu i problem utworów pylastych w Karkonoszach. Acta Univ. Wratislav. 9: 55–65.

Jahn A. 1968: Peryglacjalne pokrywy stokowe Karkonoszy i Gór Izerskich. Opera Corcontica 5: 9–25.

Kabała C. 1995: Glin wymienny i odczyn gleb Gór Izerskich na obszarze klęski ekologicznej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 418: 361–368.

Kabała C. 2011: Gleby Karkonoszy – historia i stan poznania oraz przyszłe wyzwania badawcze. W: Knapik R., Przewoźnik L. & Raj A. (red.), 50 lat badań naukowych w Karkonoskim Parku Narodowym. Jelenia Góra: 105–126.

Kabała C., Bogacz A., Waroszewski J. & Ochyra S. 2008: Wpływ pokryw stokowych na morfologię i właściwości bielic subalpejskiego piętra Karkonoszy. Rocz. Gleb. 49, 1: 90–99.

Kabała C., Waroszewski J., Bogacz A., Łabaz B. 2012: O specyfice bielic górskich. Roczniki Gleboznawcze – Soil Science Annual 63, 2: 55–64.

Karczewska A., Bogacz A., Kabała C., Szopka K. & Duszyńska D. 2006: Methodology of soil monitoring in a forested zone of the Karkonosze National Park with reference to the diversity of soil properties. Pol. J. Soil Sci. 39, 2: 117–129.

Kocowicz A. 1998a: Zawartość fosforu w glebach Karkonoskiego Parku Narodowego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 464: 231–239.

Kocowicz A. 1998b: Stan zakwaszenia gleb na tle wysokości ich występowania i sposobu użytkowania. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 456: 299–304.

Kowaliński S. 1969: Interdependence between micromorphological and chemical properties in some zonal soils of the Karkonosze Mountains (Poland). Geoderma 3: 89–115.

Křižek M., Treml V., Engel Z. 2010: Czy najwyższe partie Sudetów powyżej górnej granicy lasu są domeną peryglacjalną? Czasopismo Geograficzne 81: 75–102.

Laskowski S. 1978: Skład frakcyjny połączeń próchnicznych niektórych kategorii gleb górskich Sudetów. Rocz. Gleb. 24: 57–101.

Licznar S. E., Mastalska-Cetera B., Licznar M. 1998: Wpływ zbiorowisk roślinnych kosodrzewiny i kostrzewy niskiej na właściwości i skład frakcyjny związków próchnicznych bielic Karkonoskiego Parku Narodowego. Geoekol. probl. Karkonoszy. Acarus, Poznań: 217–223.

Lukešová A., Kociánová M., Váňa J., Štursová H., Elster J., Harčarik J., Halda J., Kocourková J., Jankovská V. 2010: Vyvařované půdy tundry Krkonoš a Abisko Mts – předběžná srovnávací studie. Opera Corcontica 47: 55–82

Malkiewicz M., Waroszewski J., Bojko O., Egli M., Kabala C. 2016. Holocene vegetation history and soil development reflected in the lake sediments of the Karkonosze Mountains (Poland). Holocene 26, 890-905.

Migoń P. 2005: Karkonosze – rozwój rzeźby terenu. W: Mierzejewski M. P. (red), Karkonosze. Przyroda nieożywiona i człowiek. Wyd. UW, Wrocław: 323–351.

Skiba S. 1995: Ocena wpływu imisji przemysłowych na gleby Karkonoszy. Probl. ekol. wysokogórskiej części Karkonoszy, IE PAN, Dziekanów Leśny: 97–111.

Szerszeń L. 1974: Wpływ czynników bioklimatycznych na procesy zachodzące w glebach Sudetów i Spitsbergenu. Rocz. Gleb. 25: 53–99.

Szopka K., Karczewska A., Jezierski P., Kabała C. 2013: Spatial distribution of lead in the surface layers of mountain forest soils, an example from the Karkonosze National Park, Poland. Geoderma 192: 259–268

Szopka K., Karczewska A., Kabała C. 2011: Mercury accumulation in the surface layers of mountain soils: A case study from the Karkonosze Mountains, Poland. Chemosphere 83, 11: 1507–1512.

Systematyka gleb Polski. 2011: Roczniki Gleboznawcze, 62, 3: 1–193.

Szopka K., Kabała C., Karczewska A., Bogacz A., Jezierski P. 2010. Pools of available nutrients in soils from different altitudinal forest zones located in a monitoring system of the Karkonosze Mountains National Park, Poland. Polish Journal of Soil Science, 43, 2: 173–188.

Tołpa S. 1949: Torfowiska Karkonoszy i Gór Izerskich, Rocz. Nauk Rolniczych 1: 4–52.

Tomaszewski J., Borkowski J. & Szerszeń L. 1963: Pokrywa glebowa Kotliny Jeleniogórskiej. Probl. Zagosp. Ziem Górskich 5: 3–33.

Traczyk A. 1992: Formy współczesnego sortowania mrozowego w Karkonoszach i klimatyczne uwarunkowania ich rozwoju. Czasopismo Geograficzne 63: 351–359.

Traczyk A. 1996: Geneza i znaczenie stratygraficzne rytmicznie warstwowanych osadów stokowych. Acta Universit. Wratislav. 1808, Prace Instytutu Geografii A8: 93–104.

Traczyk A. 2009: Zlodowacenie Śnieżnych Kotłów w Karkonoszach Zachodnich w świetle analizy morfometrycznej oraz GIS. Opera Corcontica 46: 41–56.

Walczak W. 1948: Gleby strukturalne w Karkonoszach. Przegląd Geograficzny 21: 227–241.

Waroszewski J., Egli M., Brandová D., Christl M., Kabala C., Malkiewicz M., Kierczak J., Glina B., Jezierski P. 2018. Identifying slope processes over time and their imprint in soils of medium-high mountains of Central Europe (the Karkonosze Mountains, Poland). Earth Surface Processes and Landforms 43, 1195–1212.

Waroszewski J., Egli M., Kabala C., Kierczak J., Brandova D. 2016. Mass fluxes and clay mineral formation in soils developed on slope deposits of the Kowarski Grzbiet (Karkonosze Mountains, Czech Republic/Poland). Geoderma 264, 363-378.

Waroszewski J., Kaliński K., Malkiewicz M., Mazurek R., Kozłowski G. & Kabała C. 2013. Pleistocene–Holocene cover-beds on granite regolith as parent material for Podzols – An example from the Sudeten Mountains. Catena 104: 161–173.

Weber J., Garcia-Gonzales T. & Dradrach A. 1998: Skład mineralogiczny bielic wytworzonych z granitów w karkonoskim piętrze subalpejskim w rejonie występowania klęski ekologicznej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 464: 251–259.

Dane adresowe autorów:

Cezary Kabała
cezary.kabala@upwr.edu.pl

Adam Bogacz
adam.bogacz@upwr.edu.pl

Beata Łabaz
beata.labaz@upwr.edu.pl

Katarzyna Szopka
katarzyna.szopka@upwr.edu.pl

Jarosław Waroszewski
jaroslaw.waroszewski@upwr.edu.pl

Instytut Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
ul. Grunwaldzka 53, 50-357 Wrocław

Kabała C., Bogacz A., Łabaz B., Szopka K. & Waroszewski J. 2019: Różnorodność, dynamika i zagrożenia gleb. W: Knapik R., Migoń P. & Raj A. (red.), Przyroda Karkonoskiego Parku Narodowego. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra: 91–126.

Henryk Marszałek, Michał Rysiukiewicz

Środowisko wodne Karkonoszy

Wstęp

Wody w swoim obiegu kształtują środowisko przyrody ożywionej i nieożywionej Karkonoszy, nadając im walorów krajobrazowych o unikatowym charakterze. Środowisko wodne Karkonoszy reprezentują wody powierzchniowe i wody podziemne. Te pierwsze, w postaci potoków i rzek, rozcinają cały masyw gęstą siecią dolin, płynąc w kierunku Kotliny Jeleniogórskiej do Bobru. Glacjalna historia obszaru pozostawiła w krajobrazie wypełnione wodą misy cyrków polodowcowych w postaci nielicznych górskich jezior. Podziemną hydrosferę reprezentują wody porowo-szczelinowe i szczelinowe, krążące w spękanych skałach krystalicznych i ich zwietrzelinach. Ich przejawami na powierzchni są liczne źródła, dające początek sieci hydrograficznej. Wysokie opady atmosferyczne sprzyjają kształtowaniu się znacznych zasobów wodnych, z których korzysta cały świat organiczny tych gór oraz miejscowa ludność.

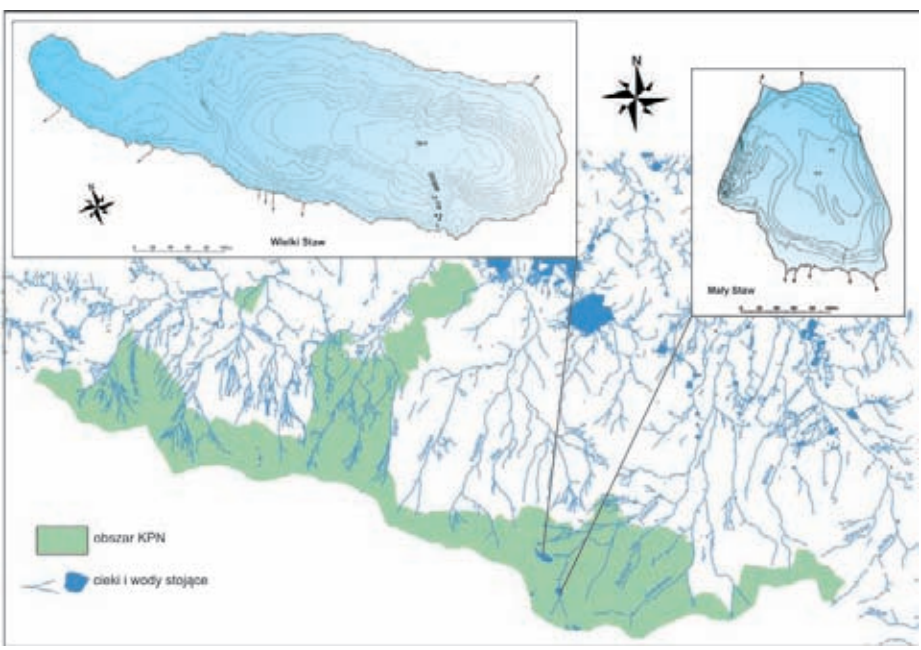
Bogactwo obiektów geoturystycznych oraz dobrze rozbudowana infrastruktura sportowo-turystyczna przyciąga do podkarkonoskich miejscowości i w góry rzesze turystów, zapuszczających się również w prawnie chronione rejony Karkonoskiego Parku Narodowego. Wzmożony ruch turystyczny determinuje wzrost zapotrzebowania na wodę pitną. Pobór wód powierzchniowych i podziemnych z istniejących w obszarze Karkonoszy ujęć zaczyna wzrastać. W miejscach intensywnego poboru wód zlokalizowanych w obszarach ścisłej ochrony najcenniejsze z przyrodniczego punktu widzenia obiekty przyrody ożywionej stają się potencjalnie zagrożone. Działania ochronne wymagają zatem stałego śledzenia zmian zachodzących w środowisku wodnym w ramach prowadzonego monitoringu.

Wody Karkonoszy stanowiły od dawna przedmiot zainteresowania przyrodników, w tym hydrologów i hydrogeologów. Historia sięgania po wody tego masywu górskiego i jego bliskiego sąsiedztwa sięga bowiem średniowiecza. Już w XIII wieku ujmowane były położone na przedpolu Karkonoszy wody termalne Cieplic Śl. Zdroju (Fistek J. & Fistek A. 2005). W XIX wieku niektóre ze źródeł i ujęć wody były zaznaczane na mapach Karkonoszy (Kryza i in. 2005). Krótkie informacje hydrogeologiczne pojawiają się na niemieckich szczegółowych mapach geologicznych (m.in. Berg 1940). Intensywny rozwój badań naukowych środowiska wodnego zaczyna się w latach 70. ubiegłego wieku. W tym okresie ukazują się prace o wodach podziemnych Sudetów, w tym Karkonoszy (Różycki i in., 1975) i opracowania krenologiczne masywu granitowego (Tomaszewski, 1974, 1977). Źródła zachodniej części Karkonoszy były też przedmiotem badań H. i J. Kryzów (1988) i Marszałka (1989). Klęska ekologiczna, która dotknęła Sudety Zachodnie w ostatnich dziesięcioleciach XX wieku spowodowała intensyfikację badań naukowych wód powierzchniowych i podziemnych Karkonoszy. Począwszy od lat od lat 80. opublikowano kilkadziesiąt prac poświęconych problemom wodnym tych gór. Problematyka hydrografii Karkonoszy pojawia się w pracach geografów z Uniwersytetu Wrocławskiego, głównie Komara (1985), Tomaszewskiego (1985, 1993, 1994), Bierońskiego (1993) oraz Bierońskiego i Wiercińskiej (1993). Zespół badawczy IMGW (m.in. Dubicki 1993, Dubicki & Woźniak 1993, Wasilewski & Szyjkowski 1991, Wasilewski & Twarowski 1987) śledził zmiany reżimu hydrologicznego i jakości wód powierzchniowych wybranych zlewni karkonoskich w następstwie ich wylesienia. Wody podziemne Karkonoszy są przedmiotem badań hydrogeologów z Uniwersytetu Wrocławskiego. Hydrogeologiczne warunki zachodniej części Karkonoszy opracowane zostały przez Marszałka (1989, 1996a, 2007), natomiast problematyka chemizmu wód Karkonoszy opublikowana została w pracach Kryzów i Marszałka (Kryza i in. 1993, 1994, 1995, Marszałek 1989, 1996a,b,c, 1998, 2007).

W ostatnich kilkunastu latach powstało w Instytucie Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego szereg prac magisterskich z zakresu szeroko pojętej hydrogeologii obszarów górskich (m.in. KUDŁACIK 1993, KOZAL 1993, JEZIERSKI 1996, JAŃCZAK 2011; LEWANDOWSKI 2011; MARSZAŁEK M. 2011). Problemy monitoringu i jakości wód Karkonoszy w ostatnich latach poruszane są w pracach MARSZAŁKA i RYSIUKIEWICZA (2011, 2012, 2017), natomiast kształtowanie się odpływu podziemnego w zlewni Kamieńczyka zawarte zostało w dysertacji doktorskiej RYSIUKIEWICZA (2015). W pracy MARSZAŁKA i in. (2017) omówiono zróżnicowanie mikrobiologiczne w płytkich oraz głębokich systemach przepływu wód podziemnych granitu karkonoskiego.

Sieć rzeczna i jeziora Karkonoszy

Polska część Karkonoszy odwadniana jest przez systemy rzeczne Kamiennej, Łomnicy i Złotnej, stanowiące lewe dopływy Bobru (Ryc. 1). Wierzchowiną Karkonoszy biegnie europejski dział wodny rozdzielający dorzecze Odry od dorzecza Łaby. Łaba, jedna z głównych rzek Europy, ma zresztą swoje źródło w pobliżu Łabskie-



Ryc. 1. Sieć hydrograficzna Karkonoszy wraz z batymetrią Wielkiego i Małego Stawu (wg KOMARA 1985)

go Szczytu w czeskiej części Karkonoszy (Ryc. 2). Dobrze rozwinięta sieć cieków powierzchniowych drenuje północne stoki Karkonoszy, rzeźbiąc ich powierzchnię systemem na ogół dość płytkich dolin wypełnionych osadami aluwiów rzecznych. Cieki Karkonoszy mogą mieć charakter potoków stokowych, śródrumowiskowych i dolinnych (TOMASZEWSKI 1994). Aktualny układ sieci rzecznej tych gór jest wynikiem ewolucji rzeźby trwającej od późnego neogenu do czasów współczesnych. Typowy dla hydrografii Karkonoszy jest konsekwentny kierunek przepływu głównych rzek z SSW ku NNE lub rzadziej subsekwentny (z zachodu na wschód). Ten ostatni reprezentowany jest przez fragment górnego odcinka Kamiennej powyżej Szklarskiej Poręby (Ryc. 1). Charakterystyczne jest również dla sieci rzecznej Karkonoszy istnienie odcinków przełomowych (np. przełom Kamiennej pomiędzy Szklarską Porębą a Piechowicami) oraz asymetria dorzeczy. Dla Kamiennej i Łomnicy obserwuje się przewagę prawej części powierzchni zlewni nad lewą.

Zlewnia Kamiennej obejmuje zachodnią część Karkonoszy i wschodni fragment Gór Izerskich. Rzeka rozpoczyna swój bieg na północnych stokach Mumlawskiego Wierchu na wysokości 1125 m n.p.m. i płynie, często zmieniając kierunek biegu, przez Jakuszyce (Ryc. 3), Szklarską Porębę, Piechowice, Cieplice Śl. Zdrój



Ryc. 2. Źródło Łaby w pobliżu Łabskiego Szczytu w czeskiej części Karkonoszy (fot. H. Marszałek)



Ryc. 3. Płaskodenna dolina Kamiennej w Jakuszycach (fot. R. Knapik)



Ryc. 4. Potok Kamieńczyk poniżej wodospadu Kamieńczyka (fot. H. Marszałek)



Ryc. 5. Wrzosówka powyżej Jagniątkowa (fot. R. Knapik)



Ryc. 6. Jarowy odcinek doliny Pląsawy (fot. R. Knapik)

i Jelenią Górę, gdzie uchodzi do Bobru na rzędnej 328 m n.p.m. Całkowita długość rzeki wynosi 33,4 km (KOMAR 1985). Na swojej drodze przyjmuje wody dopływów, z których największe w części karkonoskiej to: Kamieńczyk (Ryc. 4), Szklarka ze Szrenickim Potokiem i Wrzosówka (Ryc. 5). Środkowa część Karkonoszy odwadniana jest m.in. przez Sopot, Czerwień, Podgórną, Myję i ich liczne dopływy. Całkowita powierzchnia zlewni Kamiennej, wraz z częścią izerską, wynosi 230,8 km^2.

Zlewnia Łomnicy obejmuje wschodni fragment polskich Karkonoszy. Rzeka Łomnica ma swoje źródło na Równi pod Śnieżką na wysokości 1407 m n.p.m. Jej obszar źródliskowy tworzą drobne cieki spływające do Wielkiego i Małego Stawu. Poniżej Karpacza rzeka płynie w kierunku Kotliny Jeleniogórskiej, gdzie uchodzi do Bobru w miejscowości Łomnica na wysokości 347 m n.p.m. Całkowita długość rzeki wynosi 19,2 km a powierzchnia jej zlewni ok. 118 km^2. Głównymi dopływami Łomnicy są: Pląsawa (Ryc. 6), Bystrzyk, Łomniczka z Wilczym Potokiem, oraz Jedlica z Piszczakiem i Maliną.

Zlewnia Złotnej położona jest we wschodniej części Grzbietu Lasockiego, ciągnącego się południkowo od Przełęczy Okraj na północy po źródła Bobru na południu (CZERWIŃSKI 1985). Rzeka ta powstaje z połączenia dwóch cieków mających swoje źródła poniżej Przełęczy Okraj na wysokości ok. 920 m n.p.m. (CZARNECKA RED. 1983). Jej powierzchnia do przekroju w Miszkowicach wynosi 21,9 km^2. Średnie miesięczne przepływy Złotnej kształtują się przedziale od 0,22 m^3/s we wrześniu do 0,56 m^3/s w kwietniu, natomiast ekstremalnie wysokie wartości natężenia przepływu mogą przekraczać 2 m^3/s (SIERADZKA 1991).

Gęstość sieci rzecznej jest zróżnicowana. Najsłabiej rozwinięta jest w rejonie działów wodnych natomiast w części górskiej może lokalnie osiągać wartości od 5 do 8 km/km^2. Wyniesienie morfologiczne masywu Karkonoszy w stosunku do Kotliny Jeleniogórskiej oraz rodzaj podłoża wpływa na drenujący charakter rzek. Potoki zasilają podłoże skalne jedynie na krawędzi Karkonoszy i Kotliny Jeleniogórskiej, w miejscu występowania rozmytych przez późniejsze procesy rzeźbotwórcze stożków napływowych (MARSZAŁEK 2007).

Karkonoskie potoki cechują duże spadki, osiągające w górnych odcinkach dolin bardzo wysokie wartości przekraczające często 100‰. W przypadku Łomnicy spadki względne osiągają prawie 299‰ a dla Kamiennej 172‰ (KOMAR 1985). Wysokie spadki dolin w części górskiej obniżają się gwałtownie w Kotlinie osiągając





Ryc. 7. i 8. Wodospad Kamieńczyka podczas średnich i wysokich stanów wody (fot. H. Marszałek)



Ryc. 9. Wodospad Szklarki (fot. H. Marszałek)



Ryc. 10. Wodospad Podgórnej (fot. R. Knapik)

wartości od około 3,3‰ dla Kamiennej do 4,8‰ dla doliny rzeki Łomnicy. Sprzyja to powstawaniu w brzeżnych partiach Kotliny u podnóża Karkonoszy stożków napływowych. Większość dolin rzecznych Karkonoszy ma założenia tektoniczne. Przebieg sieci uskoków determinuje również kierunek ich przebiegu. Tektonika uskokowa jest również odpowiedzialna za tworzenie się wodospadów w miejscu występowania progów skalnych (Closs 1925; Mroczkowski & Ostaficzuk 1985; Sroka 1991; Migoń 1992). Do najważniejszych należą wodospady Kamieńczyka, Szklarki i Podgórnej (Ryc. 7-10).

Wysokie zasilanie opadowe, osiągające w górnych partiach Karkonoszy nawet ponad 1400 mm rocznie (Kwiatkowski & Hołdys 1985; Marszałek 2007), długi okres zalegania pokrywy śnieżnej i związane z tym wysokie zasilanie roztopowe, sprzyjają kształtowaniu się wysokich stanów i przepływów w rzekach. Sprzyja temu także wykształcenie litologiczne podłoża krystalicznego o słabych własnościach retencyjnych. Większość rzek omawianego obszaru ma typowo górski charakter, przejawiający się dużymi amplitudami wahań natężenia przepływów. Główne maksima przepływów w rzekach przypadają na okres wiosenny (IV-V), związany z tajaniem pokrywy śnieżnej w górach oraz latem (VII-VIII), w wyniku długotrwałych opadów. Wielkości ekstremalnych przepływów wielokrotnie przekraczają wartości średnie. W lipcu 1997 roku przepływ Kamiennej w Piechowicach wynosił 197 m^3/s a Łomnicy w przekroju Łomnica 92,1 m^3/s. Odpowiadające im odpływy jednostkowe wynosiły odpowiednio 1986 i 750 l/skm^2 (Dubicki i in. 2005). Najwyższe wielkości średnich przepływów wykazują górskie potoki odwadniające najwyżej położone obszary o wysokim zasilaniu opadowym. Dla głównych rzek kształtują się one od 2,30 m^3/s dla Łomnicy w miejscowości Łomnica do 3,26 m^3/s dla Kamiennej w Piechowicach. Przy przeliczeniu wartości średnich przepływów na moduły odpływu całkowitego dla Kamiennej w przekroju Piechowice średnia z wielolecia 1974-98 wartość wynosi prawie 33 $l/s\ km^2$, a dla górnej części zlewni Jedlicy ponad 27 $l/s\ km^2$ (Marszałek 2007). Najwyższe w 25-leciu 1974-98 przepływy z lat 1977 i 1997 spowodowały stan powodziowy. Wielkie powodzie notowano również w latach: 1854, 1880, 1987, 1902, 1903, 1958 i 1981 (Czerwiński 1991; Dubicki i in. 2005; Kasprzak 2010a,b). Wzrost przepływu potoków karkonoskich ma charakter krótkotrwały, bowiem po ustaniu opadu następuje powrót do stanu wyjściowego po okresie 2-14 dni, w zależności od wysokości wezbrania (Dubicki i in., 2005). Ekstremalnie niskie stany notowano w większości zlewni karkonoskich w roku 1990 i 2008. Niskie stany obserwowano również w 2011 roku.



Ryc. 11. Wielki Staw (fot. R. Knapik)

Karkonosze są jedynym pasmem sudeckim z dobrze zachowanymi formami kotłów polodowcowych, z których część wypełniona jest wodą tworząc we wschodniej części masywu misy jeziorne Małego i Wielkiego Stawu. W zachodniej części Karkonoszy w dnie Śnieżnych Kotłów występują niewielkie i płytkie Śnieżne Stawki. Karkonoskie jeziora zasilane są wodami opadowymi, powierzchniowymi potoków oraz wodami podziemnymi płytkiego przepływu. Różnią się one wielkością powierzchni i głębokością.

Wielki Staw jest największym z karkonoskich jezior o powierzchni 8,3 ha (Ryc. 11). Jego misa jeziorna składa się z dwóch wyraźnie różniących się części: większego, owalnego basenu głównego i mniejszej, długiej i płytkiej zatoki, położonej w części północno-zachodniej (KOMAR 1985). Położony jest na wysokości 1225 m n.p.m. Maksymalna głębokość jeziora w basenie głównym dochodzi do 24,4 m, natomiast w zatoce – 7,5 m (Ryc. 1). Ilość zmagazynowanej w nim wody szacowana jest na 790 573 m^3. Wyżłobiona w skałach podłoża misa jeziorna, jako efekt erozji lodowcowej, zamknięta jest wygładzonym ryglem skalnym przysypanym częściowo głazowiskiem morenowym. Z Wielkiego Stawu wypływa Biały Potok.

Mały Staw położony jest na wysokości 1183 m n.p.m w głębszym i większym kotle polodowcowym (Ryc. 12). Zajmuje powierzchnię 2,88 ha (KOMAR 1985). Jest jeziorem śródmorenowym, powstałym w obniżeniu moreny dennej (PIASECKI 1958), o znacznie mniejszej głębokości (maksymalnie 7,3 m) w porównaniu z Wielkim Stawem. Objętość wody wynosi 99 925 m^3.

Dwa Śnieżne Stawki są niewielkimi, stale wypełnionymi wodą, płytkimi (do 1,5 m) oczkami wodnymi położonymi na przedpolu Wielkiego Śnieżnego Kotła na wysokości 1260 m n.p.m. (STAFFA 1993; RAJ 2008).



Ryc. 12. Mały Staw (fot. R. Knapik)



Ryc. 13. Śnieżne Stawki (fot. A. Sokołowski)

Trzeci położony na przedpolu Małego Śnieżnego Kotła ma charakter okresowy. Żaden z nich nie posiada powierzchniowego odpływu wody (Ryc. 13).

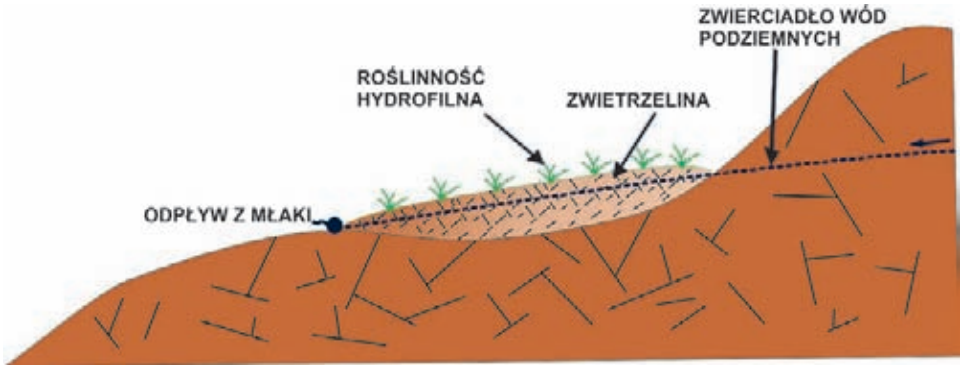
Sztucznym elementem hydrografii podkarkonoskiego krajobrazu jest położony już w Kotlinie Jeleniogórskiej na przedpolu Karkonoszy zbiornik zaporowy „Sosnówka". Budowany w latach 1986-2001 zbiornik zasilany jest wodami potoków Podgórna i Sośniak. Pojemność całkowita wynosi 14 mln m^3, a wysokość zapory czołowej osiąga 18 m (DUBICKI i in. 2005). Zbiornik pełni funkcję przeciwpowodziową i służyć ma do zaopatrzenia Jeleniej Góry w wodę pitną.

Źródła Karkonoszy

Ważnym elementem hydrografii Karkonoszy są naturalne wypływy wód podziemnych na powierzchnię, zwane powszechnie źródłami, dające początek sieci rzecznej (Ryc. 14). Występowaniu licznych źródeł sprzyja silne zróżnicowanie morfologiczne terenu oraz wysokie zasilanie wód podziemnych opadami atmosferycznymi. Naturalne wypływy wód podziemnych powstają w miejscach rozcięcia warstwy wodonośnej lub statycznego zwierciadła wody podziemnej



Ryc. 14. Monitorowane źródło na Równi pod Śnieżką (fot. M.Rysiukiewicz)



Ryc. 15. Schemat młaki

przez powierzchnię terenu. Są przejawem naturalnego drenażu wód podziemnych i mogą występować pojedynczo lub grupowo, tworząc niekiedy linię źródeł. Ze względu na formę wypływu rozróżnia się wypływy skoncentrowane (źródła) oraz wypływy nieskoncentrowane w postaci młak, wycieków, wysięków i wykapów. Z hydrogeologicznego punktu widzenia źródłem jest więc naturalny, samoczynny, ale skoncentrowany wypływ wody podziemnej na powierzchnię terenu. Wypływy nieskoncentrowane, o nieregularnej misie źródlanej lub przy jej braku, mają w Karkonoszach charakter wycieków lub młak. Są one dominującymi obiektami krenologicznymi tego masywu górskiego.

Młaki lub ich skupienia w postaci pól młacznych, częste głównie w zachodniej części Karkonoszy w rejonie Hali Szrenickiej, cechuje wypływ z zabagnionej powierzchni porośniętej roślinnością wodolubną (Ryc. 15). Wypływy te zajmują niekiedy znaczne powierzchnie i mogą mieć charakter młak odpływowych lub ewapotranspiracyjnych. W przypadku tych ostatnich ubytek wody następuje w wyniku parowania. Szczególnym rodzajem wypływów genetycznie związanym z młakami, są torfowiska (Ryc. 16), nie dające powierzchniowego odpływu, a występujące często na spłaszczeniach morfologicznych. Wycieki, różniące się od młak brakiem warstwy organicznej, stanowią najliczniejszą grupę karkonoskich wypływów (około 45 %). Typowe źródła stanowią jedynie około 20 % ogólnej liczby wypływów (TOMASZEWSKI 1977). W ramach przeprowadzonych przez tego autora prac kartograficznych zarejestrowano w Karkonoszach około



Ryc. 16. Torfowisko wiszące na jednej z młak w dolinie Białego Potoku (fot. R. Knapik)

1000 różnego rodzaju obiektów krenologicznych, czyli źródeł, wycieków, wysięków oraz młak, co daje stosunkowo wysoki wskaźnik krenologiczny wynoszący 5,6 (TOMASZEWSKI 1977). Wskaźnik ten charakteryzujący liczbę wypływów wód podziemnych przypadających na 1 km^2.

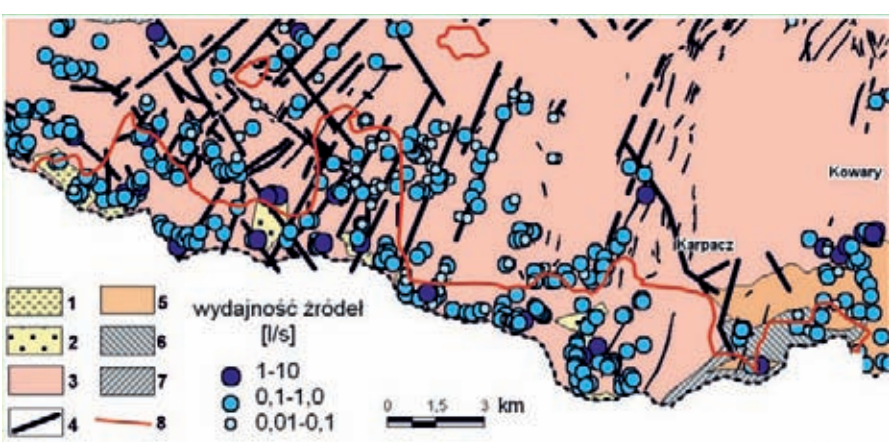
Znaczna część źródeł ma charakter stały, czyli wypływ następuje w okresie całego roku, część jednak bije okresowo, szczególnie w okresach wysokiego zasilania opadami atmosferycznymi i w czasie wiosennych roztopów. Źródła okresowe drenują mało zasobne zbiorniki wód podziemnych i w okresach niskich stanów wód na pewien czas zanikają.

Siłą motoryczną powodująca wpływ wody na powierzchnię terenu może być siła ciężkości lub ciśnienie hydrostatyczne. Źródła mają wtedy charakter wypływów grawitacyjnych (descenzyjnych) lub ascensyjnych (artezyjskie). Zdecydowana większość wypływów karkonoskich ma charakter descenzyjny. Za typowe źródła uskokowe o ascenzyjnym wypływie uznać można właściwie dopiero termy Cieplic Śl.-Zdroju, występujące w dnie Kotliny Jeleniogórskiej. W górskiej części masywu praktycznie nie stwierdza się ich bezpośrednio.

Znaczny wpływ na rozmieszczenie źródeł ma ukształtowanie powierzchni terenu. Ze względu na położenie i stosunek do elementów morfologicznych terenu w Karkonoszach wyróżnia się źródła: stokowe – położone na stokach górskich lub zboczowe – na zboczach dolin, grzbietowe i podgrzbietowe – występujące w wierzchowinowych partiach gór, oraz krawędziowe – bijące u podnóża krawędzi morfologicznej. W charakterystycznych dla morfologii górnych partii Karkonoszy kotłach polodowcowych występują źródła karowe, często wypływające bezpośrednio ze szczelin skalnych. Niekiedy w dnie dolin rzecznych występują źródła dolinne. Wśród wymienionych typów morfologicznych dominują wypływy stokowe.

Duże zróżnicowanie hipsometryczne, o amplitudzie przekraczającej 1200 m, powoduje znaczny rozrzut występowania stref drenażu źródlanego. Główne strefy występowania źródeł mieszczą się w przedziale wysokości od 600 do 1000 m n.p.m. (Ryc. 17).

Skałami zbiornikowymi Karkonoszy, zawierającymi strefy wodonośne drenowane przez źródła, są w większości granity. Jedynie wschodnia część masywu na wschód od Śnieżki zbudowana jest ze skał metamorficznych, głównie gnejsów, łupków łyszczykowych i hornfelsów. Skały krystaliczne pokryte są utworami zwietrzelinowymi, osiągającymi najczęściej kilka metrów miąższości. Obecność pokryw zwietrzelinowych sprawia, że zdecydowana większość źródeł wypływa z luźnych utworów skalnych, a tylko nieliczne bezpośrednio ze szczelin skalnych. Takie wypływy mają miejsce w kotłach polodowcowych i niszach niwalnych. Częsty w obszarze krystaliniku Karkonoszy jest typ mieszany wypływów, drenujących ośrodek porowo-szczelinowy. Osady morenowe, występujące poniżej kotłów polodowcowych, są strefą tranzytu wód podziemnych drenowanych w kotłach polodowcowych. Stąd występujące u ich czoła źródła mają często dużą wydajność i zalicza się je do źródeł wtórnych. Ich wydajności mogą przekraczać nawet 10 l/s, co jest wartością bardzo wysoką, zważywszy na przeciętne wartości większości karkonoskich wypływów w przedziale 0,1-0,5 l/s.

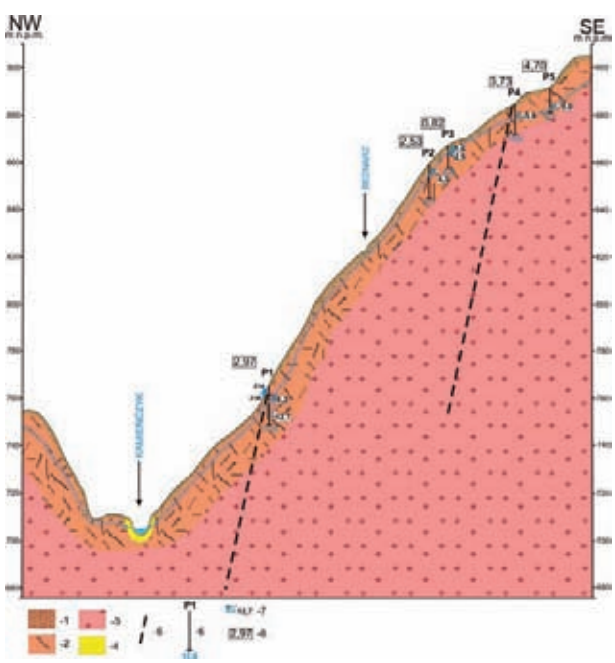


Ryc. 17. Mapa rozmieszczenia źródeł Karkonoszy na tle budowy geologicznej (wg MARSZAŁEK 2007 – zmienione); 1- torfy, 2 – utwory morenowe, 3 – granity karkonoskie, 4 – uskoki, 5 - gnejsy i granitognejsy, 6 - łupki łyszczykowe, 7 – hornfelsy, 8 – granica Karkonoskiego Parku Narodowego

Występowanie poszczególnych stref źródeł w profilu wysokościowym, uwarunkowane głębokością cyrkulacji wód w masywie skalnym, wpływa na wartość temperatury wód źródlanych. Temperatura wód źródeł drenujących płytko występujące strefy wodonośne będzie silnie uzależniona od temperatury powietrza. W zależności od pory roku temperatura wód karkonoskich źródeł może się zamykać w szerokim przedziale od ok. 1-3 °C w zimie do nawet 13°C w okresie letnim. Najwyższe średnie temperatury wody (powyżej 8°C) stwierdza się dla stosunkowo nielicznych źródeł drenujących aluwia rzeczne, najniższe natomiast (poniżej 6°C) dla utworów morenowych występujących poniżej kotłów polodowcowych.

Wody podziemne

Podziemną hydrosferę reprezentują wody występujące głównie w szczelinowatych utworach krystalicznych na zróżnicowanych głębokościach. Część podziemnego przepływu wody odbywa się również blisko powierzchni terenu w pokrywach zwietrzelinowych i piaszczysto-żwirowych osadach aluwialnych wypełniających doliny rzeczne. Ilość wody nagromadzonej w skałach zbiornikowych zależy od stopnia rozwoju sieci szczelin i spękań utworów krystalicznych i przestrzeni porowych w luźnych utworach pokrywowych. Dlatego ze względu na charakter pustek skalnych wyróżniamy wody podziemne szczelinowe i porowe, oraz typ mieszany wód porowo-szczelinowych krążących w przypowierzchniowych strefach spękań wietrzeniowych i zalegających na nich skałach luźnych w postaci pokryw zwietrzelinowych, morenowych osadów polodowcowych i dolinnych osadów rzecznych (Ryc. 18). Na większych głębokościach wody podziemne mogą występować jedynie w strefach uskokowych. Zróżnicowany stopień wykształcenia utworów pokrywowych oraz spękania skał krystalicznych Karkonoszy w profilu głębokościowym rzutuje na występowanie pionowej strefowości zawodnienia masywu, charakteryzującej się występowaniem różnych typów wód podziemnych. Wody występujące na różnych głębokościach (wody w pokrywach, wody szczelinowatego masywu strefy płytszej oraz wody głębszego systemu szczelin związanych z rozłamami tektonicznymi) różnią się nie tylko dynamiką, ale również termiką i składem chemicznym (Marszałek 1996a, 2007).



Ryc. 18. Przekrój hydrogeologiczny przez dolinę Kamieńczyka (Rysiukiewicz, 2015)

Środowisko skalne występowania wód podziemnych tworzą utwory krystaliczne, wśród których zdecydowanie przeważa powstały w górnym karbonie granit, zwany granitem karkonoskim (Ryc. 19).

Na obrzeżeniu intruzji granitowej występują skały metamorficzne tworzące jego osłonę zbudowaną w przewadze z serii gnejsowo-łupkowych wieku staropaleozoicznego. Na utworach krystalicznych zalegają pokrywy skał luźnych: zwietrzelin, aluwiów i pokryw organicznych. Wyniesione pasmo górskie Karkonoszy tworzy masyw hydrogeologiczny mieszczący w swej przestrzeni szereg zbiorników wód podziemnych, w tym podstawowy zbiornik wód porowo-szczelinowych zwany zbiornikiem wodonośnym Karkonoszy (m.in. Marszałek 2007). Zbiornik ten obejmuje górne partie górotworu do głębokości około 20-30 m, zawierające strefę szczelin wietrzeniowych wraz z za-

legającymi na niej utworami pokrywowymi, głównie o charakterze zwietrzelin. Te ostatnie wykazują często w profilu pionowym dwudzielność w ich wykształceniu litologicznym (Dumanowski 1961; Czerwiński 1985; Migoń & August 2001). Dolną część stanowi zwietrzelina zalegająca bezpośrednio na skale litej (tzw. saprolit), mająca w przypadku granitów charakter piaszczysto-żwirowych zwietrzelin ziarnistych o miąższości najczęściej kilku metrów, rzadko dochodząca do 10 m. Do zwietrzelin nieprzemieszczonych zalicza się także powszechnie występujące na wierzchowinie Karkonoszy, rumowiska skalne zbudowane z ostrokrawędzistych głazów i bloków, powstałe w wyniku wietrzenia mrozowego. Górną część profilu tworzą powstałe wskutek grawitacyjnego przemieszczania na stoku zwietrzeliny gliniaste, zwane utworami deluwialnymi, o przeciętnej miąższości 1,5-3,0 m. Deluwia mają charakter soliflukcyjnych utworów gliniasto-piaszczystych lub gliniasto-gruzowych.

Do najmłodszych (holoceńskich) osadów zalicza się pokrywy organogeniczne (torfy), osady dolinne oraz osady stokowe.



Ryc. 19. Kukułcze Skały – przykład granitowych ostańców skalnych (fot. H. Marszałek)

Utwory zwietrzelinowe granitów charakteryzują się znacznym zróżnicowaniem w składzie uziarnienia, co wpływa na ich parametry filtracyjne. Mimo, że zwietrzeliny przemieszczone na stoku zawierają w swoim składzie ponad 70-80% frakcji piaskowej, a około 8-9% frakcji drobniejszej, powszechnie przyjmuje się dla nich termin glin stokowych. Wraz z głębokością spada zawartość drobniejszej frakcji pyłowej, przez co ich przepuszczalność wzrasta. Znacznie lepszymi parametrami filtracyjnymi cechują się zwietrzeliny ziarniste granitu in situ, w których przeważa frakcja piaszczysta (nawet do 87%). Rzadko odsłaniają się one na powierzchni, ponieważ przykrywają je gliniaste utwory stokowe.

Ze względu na bardzo niską porowatość skał krystalicznych o ich zawodnieniu decyduje szczelinowatość. Najbardziej spękane są górne partie masywu, gdzie rozwarcie szczelin wietrzeniowych jest największe, co wpływa na wielkość parametrów filtracyjnych. Wraz z głębokością przepuszczalność skał wyraźnie spada wskutek zaciskania się szczelin.

Miarą wodonośności skał jest m.in. wydajność otworów studziennych, czyli objętość wody uzyskiwana ze studni podczas pompowania lub samowypływu w jednostce czasu, przy określonym obniżeniu zwierciadła wody (depresji). W przypadku granitu karkonoskiego dla pojedynczych studni wynosi ona najczęściej od 0,5 do 3,5 m^3/h (Marszałek 2007). Niewielka ilość studni wierconych w Karkonoszach nie pozwala jednak na pełną ocenę wodonośności skał, dlatego przy jej charakterystyce wykorzystuje się często parametr zwany odpływem podziemnym. Stanowi on część całkowitego odpływu rzecznego i obejmuje zarówno drenaż źródłowy, jak i korytowy, formowany w dolinach rzecznych. Istnieje ścisła więź płytkich wód podziemnych z wo-

dami powierzchniowymi. Do ilościowej oceny drenażu źródłowego wykorzystuje się wydajności źródeł, czyli ilość wody wypływającą ze źródła, wyrażoną w jednostce objętości na jednostkę czasu (najczęściej w l/s). W przypadku Karkonoszy nie należą one do wysokich i rzadko przekraczają 1 l/s.

Wody podziemne występujące na różnych głębokościach profilu skalnego charakteryzują się odmiennymi właściwościami fizyko-chemicznymi i wiekiem. Tworzy się specyficzna strefowość hydrogeologiczna, rozpoznana w granicie karkonoskim do znacznych głębokości (w Cieplicach Śl. Zdroju nawet do 2 km), gdzie w poszczególnych strefach głębokościowych wody różnią się ciśnieniem, składem chemicznym, temperaturą i wiekiem. Szybki przepływ wód podziemnych w przypowierzchniowej strefie i wynikający stąd krótki czas ich przebywania w środowisku skalnym sprawia, że wody te charakteryzują się zbliżonymi właściwościami do wód powierzchniowych. Są to wody niskozmineralizowane, najczęściej ultrasłodkie o mineralizacji poniżej 100 mg/dm^3 i o temperaturach silnie uzależnionych od temperatury powietrza. Na głębokości 2 km mogą osiągać temperatury dochodzące nawet do 100°C. Przykładem są wody termalne Cieplic Śl. Zdroju. Głębokość występowania wód zależy głównie od stopnia wykształcenia szczelinowatości skał. W najpłytszej strefie do głębokości kilkunastu metrów następuje intensywna wymiana wód (w najpłytszej rumowiskowej strefie może następować nawet kilkakrotnie w ciągu roku). Do głębokości około 30 m sięga strefa zbiornika o ograniczonym tempie wymiany, a w strefie na głębokościach 30 - 80 m tempo wymiany wody jest już bardzo wolne (Kryza i in. 2005). Wody termalne Cieplic Śl. Zdroju zaliczane są do najstarszych wód leczniczych Sudetów. Czas ich infiltracji datowany jest na kilkadziesiąt tysięcy lat (Ciężkowski 1990).

Właściwości fizyko-chemiczne i jakość wód

Kształtowanie się właściwości fizycznych i składu chemicznego wód powierzchniowych i podziemnych w obszarze Karkonoszy zależy od szeregu czynników naturalnych (m.in. litologia, rzeźba), oraz sztucznych, związanych z ingerencją człowieka. W przypadku wpływu antropogenicznego istotne znaczenie może mieć wprowadzenie do środowiska wodnego zanieczyszczeń gazowych i pyłowych, które mają charakter regionalny, i przenoszone są przez opady atmosferyczne, oraz lokalne i punktowe zanieczyszczenia związane ze źle prowadzoną gospodarką wodno-ściekową obiektów turystycznych lub z ruchem turystycznym (Marszałek & Rysiukiewicz 2011). Nie bez znaczenia jest infrastruktura narciarska czy ruch samochodów, które mogą być źródłem różnego rodzaju niebezpiecznych substancji dla środowiska wodnego. Szczególnie duże natężenie ruchu turystycznego, stwarzające możliwość potencjalnego zanieczyszczenia wód potoków przepływających przez Karkonoski Park Narodowy, ma głównie miejsce w dolnych częściach górskich zlewni, w obszarze zabudowanym, gdzie wpływ czynnika ludzkiego jest znaczny. Zmiany w składzie chemicznym wód powierzchniowych znajdują swoje odzwierciedlenie w chemizmie wód podziemnych pierwszego od powierzchni terenu poziomu wodonośnego, ze względu na ich ścisły kontakt hydrauliczny (Marszałek & Rysiukiewicz 2012). Wody podziemne pierwszego poziomu wodonośnego w górnych partiach Karkonoszy występują głównie w zbiornikach odkrytych, słabo lub nie izolowanych od powierzchni, co wpływa w istotnym stopniu na kształtowanie się ich składu chemicznego. Wraz z głębokością zalegania zbiornika wpływ czynników zewnętrznych maleje.

Kontrola jakości wód powierzchniowych i podziemnych prowadzona jest w Karkonoskim Parku Narodowym w wybranych punktach. W ramach monitoringu środowiska wodnego wykonywane są analizy składu chemicznego wytypowanych źródeł i wód potoków.

Charakterystyka właściwości fizyko-chemicznych wód powierzchniowych w obszarze KPN wskazuje, że większość z nich odpowiada I klasie czystości. Jedynie ze względu na obniżone wartości odczynu wody te nie spełniają norm jakości dla wód pitnych w zakresie tego parametru. Stan taki jest spowodowany wysoką wrażliwością badanych wód na zakwaszenie, które związane jest z niską zawartością wapnia i magnezu i z obecnością w podłożu kwasów humusowych oraz również częściowo kwaśnymi opadami (Ponikowski i in. 1994, Rysiukiewicz & Marszałek 2012).

Wody podziemne Karkonoszy charakteryzują się niską mineralizacją, zazwyczaj poniżej 100 mg/dm^3. W najwyżej położonych grzbietowych partiach tych gór mineralizacja wód spada nawet do kilku mg/dm^3. W połowie lat 90. XX wieku dla obszaru Karkonoskiego Parku Narodowego średnia mineralizacja wód wynosiła 28 mg/dm^3 i była znacznie niższa od wyznaczonego dla całych Karkonoszy na początku lat 90. tła hydroge-

ochemicznego, mieszczącego się w zakresie 42–128 mg/dm^3 (Kryza i in. 1994, 1995). Przez tło hydrogeochemiczne rozumie się zakres stężeń substancji lub cech hydrochemicznych, charakterystyczny dla badanego środowiska, ograniczony dolną i górną wartością stężeń, poza którymi występują wartości anomalne (Dowgiałło i in. 2002). Krótki czas przebywania wody w dobrze przepuszczalnym środowisku skalnym górnych partii granitu Karkonoszy, reprezentowanym przede wszystkim przez rumowiska skalne, zwietrzelinę ziarnistą i silnie spękane partie masywu jest czynnikiem kształtującym tak niskie zawartości rozpuszczonych składników. W partii wierzchowinowej Karkonoszy mineralizacja wody jest na podobnym poziomie (Marszałek 1996a). Widoczny jest za to jej wyraźny wzrost wraz ze zmniejszaniem się wysokości n.p.m. Wartość przewodności elektrolitycznej właściwej spada średnio o 15 µs/cm wraz ze wzrostem wysokości o 100 m (Kryza i in. 1993). W przestrzennym rozkładzie mineralizacji widoczny jest wzrost w kierunku północnym wraz z obniżaniem się wysokości terenu (Ryc. 20).

Podobny rozkład przestrzenny wykazuje jeden z podstawowych wskaźników jakości, jakim jest pH wód. Zmienia się on w szerokim zakresie od wartości bardzo niskich, sięgających nawet poniżej 4, typowych dla wododziałowych partii Karkonoszy, do około 6,5-7 w strefach obniżeń śródgórskich i w dolinach rzecznych. Widoczna jest tendencja spadku odczynu wód wraz ze wzrostem wysokości terenu. Mierzony w latach 80. XX w. w niektórych zachodnich partiach grzbietu Karkonoszy (rejon Szrenicy, Mumlawskiego Wierchu) odczyn wód źródlanych był niższy od 3. Najnowsze badania prowadzone w zlewni Kamieńczyka w zachodnich Karkonoszach wykazują średnią wartość pH dla wód powierzchniowych na poziomie 6,40 i 5,76 dla wód podziemnych. Wartości te są wyższe od odczynu wynoszącego 4,84 w roku 1985 i 4,96 w roku 1995 (Marszałek 1996b, Rysiukiewicz & Marszałek 2012).

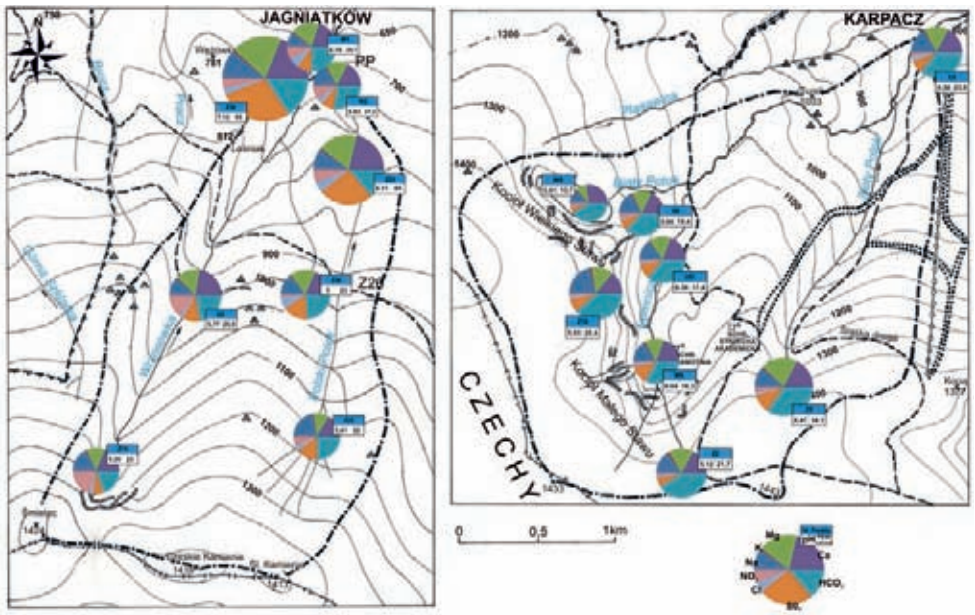
Litologia i zróżnicowana głębokość przepływu wód wpływają na formowanie się różnych typów hydrochemicznych wód, od prostych dwujonowych (głównie HCO_3-Ca i SO_4-Ca) do wielojonowych, z dominującymi jonami Ca, Mg, Na, oraz HCO_3 i SO_4. Występują również wody z przewagą jonów siarczanowych nad wodorowęglanowymi. Udział kationów, głównie Ca^{2+}, Mg^{2+} i Na^+ w składzie wód karkonoskich jest zmienny.

Obszar Karkonoszy poddawany był w latach 1970-1990 szkodliwym oddziaływaniom zanieczyszczeń przemysłowych zawierających związki siarki i azotu, powstałych ze spalania węgli brunatnych w rejonie niecki żytawskiej. W wyniku kwaśnych opadów nastąpiły niekorzystne zmiany hydrochemiczne, szczególnie w strefie aktywnej wymiany wód, widoczne głównie w latach 80. Zakwaszenie opadów atmosferycznych wpływało na zmianę naturalnego tła poszczególnych jonów oraz zwiększało mobilność wielu pierwiastków, w tym metali. Wpłynęło to w znacznym stopniu na pogorszenie jakości wód (Kryza i in. 1995, Marszałek 1996a, 2007, 2011). Obecnie widoczna jest wyraźna poprawa jakości wód w całych Karkonoszach, gdzie w składzie jonowym zaczynają dominować wodorowęglany, kosztem jonu siarczanowego a zawartość azotanów ciągle się obniża (Rysiukiewicz & Marszałek 2012, Marszałek & Mickiewicz 2012).

Ważną właściwością części wód podziemnych Karkonoszy jest ich radoczynność, związana z występowaniem w skałach granitowych określonych ilości minerałów promieniotwórczych. Źródłem radonu jest uran, występujący średnio w granicie karkonoskim w ilości 12,6 g/t (Ciężkowski i in. 1993). Mineralizacja uranowa jest szczególnie dobrze rozwinięta w brzeżnych partiach plutonu, gdzie była eksploatowana w rejonie Kowar. W trakcie powolnego rozkładu uranu powstaje radon ^{222}Rn, który jest gazem szlachetnym łatwo przechodzącym do wód i powodującym ich słabą promieniotwórczość. Obecność wód radonowych stwierdzona została w okolicach Szklarskiej Poręby, Sosnówki i Kowar. W rejonach tych przekraczały one znacznie określone dla Karkonoszy tło wynoszące 40–300 Bq/dm^3, osiągając nawet 1770 Bq/dm^3 (Ciężkowski i in. 1993, Marszałek 2007).

Zasoby wodne Karkonoszy

Karkonosze stanowią wyeksponowany w morfologii masyw hydrogeologiczny, w którym zgromadzona jest określona ilość zasobów wodnych. Najbardziej dostępne są zasoby wód powierzchniowych związane z siecią rzeczną. Jednak warunki przyrodnicze Karkonoszy, wynikające z ich położenia morfologicznego, budowy geologicznej i czynników hydrometeorologicznych, determinują istnienie karkonoskiego zbiornika wód podziemnych, wyróżniającego się swoją specyfiką od innych obszarów Sudetów (Kryza i in. 2005). Podstawowe znaczenie w zasobności masywu ma budowa geologiczna, warunkująca możliwości gromadzenia i przepływu



Ryc. 20. Mapa przestrzennego rozkładu składu chemicznego wód w zlewni Wrzosówki i Łomnicy (średnica koła odpowiada mineralizacji równej 50 mg/dm^3)

wód podziemnych przez skały. Istotne są również warunki klimatyczne obszaru, szczególnie wielkość opadów atmosferycznych, wpływających na wysokość zasilania zbiorników wód podziemnych. Zasilanie wód podziemnych jest wypadkową czynników geologicznych, klimatycznych i geomorfologicznych, jednak dla masywów krystalicznych istotne jest wykształcenie utworów zwietrzelinowych oraz szczelinowatość skał. Oprócz przepuszczalności i miąższości strefy aeracji istotne jest także pokrycie terenu, w tym obecność szaty roślinnej. Czynniki klimatyczne odpowiadają nie tylko za rozkład wielkości opadów i temperatury, ale w dłuższym okresie czasu wpływają również za stopień zwietrzenia górnych partii skał.

Ocena zasobów wód powierzchniowych opiera się na wynikach pomiarów natężenia przepływu rzek. Prowadzony przez IMGW oraz autorów niniejszego rozdziału monitoring wód powierzchniowych pozwala na określenie wielkości zasobów wodnych w zlewniach karkonoskich. Charakterystyka wielkości przepływów opracowana została dla Kamiennej i Łomnicy wraz z Jedlicą w punktach wodowskazowych sieci IMGW dla wielolecia 1974-98 oraz dla ich większych dopływów.

Najwyższe wartości średnich przepływów wykazują główne rzeki Karkonoszy. Średnie natężenie przepływu rzeki Kamiennej w przekroju Piechowice z wielolecia 1974-98 wynosi 3,26 m^3/s i jest znacznie wyższe od przepływu Łomnicy w miejscowości Łomnica, gdzie osiąga wartość 2,30 m^3/s (Marszałek 2007). Przy przeliczeniu wartości średnich przepływów na moduły całkowitego odpływu rzecznego uzyskuje się wartości: prawie 33 l/s km^2 dla zlewni Kamiennej o powierzchni 99,2 km^2 i 19,5 l/s km^2 dla zlewni Łomnicy, obejmującej obszar 118 km^2. Dla górnej części zlewni Jedlicy, będącej prawym dopływem rzeki Łomnicy, wartość tego modułu w przekroju Kowary dochodzi do 27 l/s km^2. Podobne wartości średnich przepływów rzecznych, utożsamianych z zasobami wodnymi, uzyskano dla okresu pomiarowego 1983-1999 (Dubicki i in. 2005).
Dla zlewni Kamiennej do Piechowic wartość średniego natężenia przepływu wynosiła 3,19 m^3/s (32,2 l/s km^2) a dla zlewni Łomnicy 2,16 m^3/s (18,3 l/s km^2). Dla odwadniającej środkową część Karkonoszy zlewni Wrzosówki do przekroju w Sobieszowie o powierzchni 20,6 km^2 wartości przepływu kształtowały się na poziomie 0,35 m^3/s (17 l/s km^2).

Zasoby wodne obliczone dla wybranych zlewni w obszarze KPN kształtują się w dosyć szerokim przedziale, od 0,03 m^3/s dla zlewni Kamiennej do 0,80 m^3/s dla zlewni Łomnicy. Biorąc jednak pod uwagę zróżnicowaną powierzchnię zlewni, ale położoną w granicach Karkonoskiego Parku Narodowego, wartości przepływu przeliczone do postaci modułowej zawierają już się w stosunkowo wąskim zakresie, od 43,5 l/s km^2 dla

zlewni Wrzosówki do 62,9 l/s km^2 dla zlewni Łomnicy. W przypadku innych zlewni wynosiły one odpowiednio:

- dla zlewni Kamiennej 55,6 l/s km^2,
- dla zlewni Kamieńczyka 55,1 l/s km^2,
- dla zlewni Podgórnej 61,4 l/s km^2 (Dubicki i in. 2005).

Analiza przepływów wykazała, że zasoby wód rzecznych w obszarze Karkonoskiego Parku Narodowego, obejmującego głównie najwyższe partie gór, są 80-100% wyższe niż w jego otulinie.

Ważnym składnikiem zasobów wodnych Karkonoszy są wody podziemne. Zasobność skał krystalicznych Karkonoszy zależy głównie od stopnia ich spękania i rozwoju szczelin. Również zalegające na nich pokrywy zwietrzelinowe odgrywają ważną rolę w kształtowaniu się zasobów wodnych. Wody podziemne gromadzą się w zwietrzałej warstwie skał pod gliniastymi pokrywami stokowymi. Tworzą wtedy wraz z wodami płytkich szczelin wietrzeniowych jeden wspólny poziom wodonośny. Zdecydowanie mniejsza ilość wody gromadzi się w gliniastych czy też gliniasto-rumoszowych pokrywach, w których woda odsącza się głównie w postaci okresowych wysięków (Ryc. 21). Pospolite w Karkonoszach pokrywy torfowe retencjonują wodę w okresie długotrwałych opadów. Większość dostępnych zasobów wód podziemnych formuje się w silnie spękanej części przypowierzchniowej, gdzie jest też największa ich odnawialność, wynikająca z wysokiego zasilania opadowego i z wyższej przepuszczalności ośrodka skalnego.



Ryc. 21. Sączenia wód infiltracyjnych ze zwietrzelin granitu na stokach Szrenicy (fot. H. Marszałek)

Wielkość zasobów odnawialnych określono metodami hydrologicznymi wykorzystując minimalne miesięczne przepływy rzek. Miarą zasobności wód podziemnych są wartości modułów odpływu podziemnego. W silnie spękanej i pokrytej rumowiskami skalnymi części wierzchowinowej Karkonoszy, gdzie zasilanie opadowe jest najwyższe, zasoby podane w postaci modułu odpływu podziemnego są ekstremalnie wysokie i wynoszą 10–15 l/s km^2 (Marszałek 2007, 2011). Wraz z obniżeniem się wysokości terenu i jednocześnie ze spadkiem opadów atmosferycznych, wartości odpływu podziemnego obniżają się do około 5-7 l/s km^2. Odpływ podziemny formowany jest przez źródła i drenaż korytowy cieków powierzchniowych.

W granitowej części masywu karkonoskiego wydzielono zbiornik „Karkonosze" o powierzchni około 215 km^2, dla którego określono średnie zasoby odnawialne w ilości 219 011 m^3/d (11,8 l/s km^2). Ilość zasobów wód podziemnych tego zbiornika obliczona w okresie niskich stanów wód dała wartość znacznie niższą 118 886 m^3/d, co daje wartość modułu tylko 6,40 l/s km^2 (Marszałek 2007).

Znaczne ilości zasobów wodnych Karkonoszy pozwalają uznać część z nich za zasoby dyspozycyjne, możliwe do wykorzystania poprzez budowę ujęć zarówno wód powierzchniowych, jak i podziemnych. Budowa ujęć wód podziemnych w rejonie Karkonoszy może być realizowana na terenach gdzie wartości odpływu podziemnego są wysokie a pobór wody nie naruszy przyrodniczej równowagi na tym terenie. Wielkość zasobów wód podziemnych charakteryzuje się dużą zmiennością w ciągu roku i w dużym stopniu zależy od czynników klimatycznych. Zasilanie opadami atmosferycznymi następuje w okresie dodatnich temperatur powietrza. W skrajnych przypadkach nawet do 65% wartości opadów może infiltrować w głąb ośrodka skalnego osiągając różną głębokość penetracji (Marszałek 1996a). Zasilanie wód podziemnych jest największe wiosną i związane jest głównie z topnieniem pokrywy śnieżnej. W tym okresie obserwuje się najwyższe stany wód podziemnych. W dłuższych okresach suchych, przy braku zasilania opadowego, ilość dostępnych zasobów wód powierzchniowych i podziemnych drastycznie spada. Przejawia się znacznym spadkiem wartości natężenia przepływu potoków, włącznie z wysychaniem niektórych z nich, oraz obniżeniem zwierciadła wód podziemnych.

Część zasobów wodnych Karkonoszy jest wykorzystywana do zaopatrzenia miejscowej ludności w wodę pitną, jednak stopień zagospodarowania zasobów wód podziemnych tych gór jest zróżnicowany. Istniejące ujęcia wykorzystują w większości wody płytkiego krążenia (ujęcia źródeł) lub powierzchniowe cieków, rzadkie

są natomiast ujęcia za pomocą studni wierconych (KRYZA i in. 2005). Powszechne w karkonoskich miejscowościach są ujęcia drenażowe. Przykładem ujęcia bazującego na wodach podziemnych płytkiego przepływu i powierzchniowych jest zbudowane w 1. połowie XX wieku ujęcie drenażowe „Śnieżne Kotły", zaopatrujące w wodę mieszkańców Sobieszowa, Jagniątkowa i Michałowic. (KRYZA i in. 2005). Ujęcie to, usytuowane w górnym odcinku Wrzosówki, drenuje wody z utworów polodowcowych (ujęcie górne) oraz zasilane jest z wód powierzchniowych potoku Wrzosówka (ujęcie dolne).

Podsumowanie

Wody są jednym z głównych czynników wpływających na współczesny obraz górskiego masywu Karkonoszy. Od nich uzależnione jest również funkcjonowanie całego świata organicznego tych gór (Ryc. 22). Najwyższe pasmo górskie Sudetów odwadniane jest przez systemy rzeczne Kamiennej i Łomnicy, uchodzące do Bobru w Kotlinie Jeleniogórskiej. Wielkości średnich przepływów głównych rzek kształtują się od 2,30 m^3/s dla Łomnicy w miejscowości Łomnica do 3,26 m^3/s dla Kamiennej w Piechowicach. Szczególnym elementem hydrografii Karkonoszy są polodowcowe jeziora górskie, Wielki i Mały Staw, występujące we wschodniej części masywu. W środowisku skalnym Karkonoszy występują wody porowe w pokrywie osadowej czwartorzędu i wody szczelinowe w skałach krystalicznych. W profilu pionowym wydziela się trzy główne wodonośne strefy głębokościowe: aktywnej wymiany, wód wgłębnych i wód głębokiego przepływu. Istnieje wyraźna strefowość hydrogeologiczna przejawiająca się zróżnicowaną wodonośnością i właściwościami fizyko-chemicznymi wód podziemnych. Wody podziemne pierwszej od powierzchni terenu strefy do głębokości około 30 m są ściśle uzależnione od środowiska geologicznego i czynników zewnętrznych, klimatycznych i antropogenicznych. Duży wpływ na formowanie się ich chemizmu ma jakość wód opadowych. Wraz ze wzrostem głębokości wzrasta mineralizacja i temperatura wód. Wody głębokiego krążenia mogą osiągać na głębokości 2 km temperaturę bliską 100°C. Wyniki badań jakości wód z ostatnich lat wskazują na niski udział czynnika antropogenicznego w kształtowaniu ich składu chemicznego.

Wody jako jeden z najcenniejszych elementów środowiska przyrodniczego Karkonoszy powinien podlegać szczególnej ochronie. W tym celu w wybranych obszarach Karkonoskiego Parku Narodowego prowadzony jest monitoring ilościowy i jakościowy wód powierzchniowych i podziemnych, bowiem oprócz naturalnych zagrożeń dla zasobów wodnych tego obszaru, wynikających ze zmian klimatycznych i rozwoju niektórych procesów geologicznych, od wielu lat środowisku wodnemu Karkonoszy zagrażają takie czynniki jak: wylesienie, erozja gleb, kwaśne opady, procesy osiedleńcze, turystyka i niewłaściwe działania w gospodarce wodnej.



Ryc. 22. Subalpejskie torfowiska na Równi pod Śnieżką jako przykład jednego z najcenniejszych zbiorowisk roślinnych zależnych od wody (fot. R. Knapik)

Literatura

BERG G. 1940: Geologische Karte von Preussen und benachtb. Bundesstat. Blatt Schreiberhau und Schnehegruben Baude, Preuss. Geol. Landesanst., 2 Auflage, Berlin.

BIEROŃSKI J. 1993: Wstępna ocena neutralizacyjnych przeobrażeń kwaśnego przychodu wody atmosferycznej w podłożu Karkonoszy. Mat. Sesji Teren. „Geoekologiczne Problemy Karkonoszy". Karpacz. Wyd. Uniw. Wrocł. Wrocław: 85–92.

BIEROŃSKI J. & WIERCIŃSKA K. 1993: Zmienność niektórych elementów składu chemicznego wód na terenie zlewni eksperymentalnej Wilczego Potoku. Mat. Sesji Teren. „Geoekologiczne Problemy Karkonoszy". Karpacz. Wyd. Uniw. Wrocł. Wrocław: 77–84.

CIĘŻKOWSKI W. 1990: Studium hydrogeochemii wód leczniczych Sudetów polskich. Prace Nauk. Inst. Geotechniki Polit. Wrocł. No 60, Seria: Monografie No 19, Wyd. Polit. Wrocł., Wrocław: ss.133.

CIĘŻKOWSKI W., MARSZAŁEK H. & SOLECKI A. 1993: Radon w wodach podziemnych i w powietrzu glebowym obszaru granitu karkonoskiego. Geoekologiczne Problemy Karkonoszy. Wyd. U. Wr., Wrocław: 119–124.

CLOOS H. 1925: Einführung in die tektonische Behandlung magmatischer Erscheinungen (Granittektonik). I Teil. Das Riesengebirge in Schlesien. Bau, Bildung und Oberflächengestaltung, 194, Berlin.

CZERWIŃSKI 1985: Główne rysy rzeźby i rozwój geomorfologiczny. W: JAHN A. (red.), Karkonosze polskie. Ossolineum, Wrocław: 53–76.

CZERWIŃSKI J. 1991: Powodzie w rejonie Karkonoszy od XV w. do czasów współczesnych. Acta Universitatis Wratislaviensis 1237, Prace Instytutu Geograficznego A6: 85–104.

CZARNECKA H., Red.1983: Podział hydrograficzny Polski. Cz. I. IMGW, Warszawa. ss.924.

DOWGIAŁO J., KLECZKOWSKI A.S., MACIOSZCZYK T. & RÓŻKOWSKI A. (red.), 2002: Słownik hydrogeologiczny. PIG, Warszawa: ss. 431.

DUBICKI A. 1993: Sezonowe zmiany odpływu w Sudetach jako następstwo procesu wylesienia. Mat. Sesji Teren. "Geoekologiczne Problemy Karkonoszy". Karpacz. Wyd. Uniw. Wrocł. Wrocław: 29–41.

DUBICKI A., MORDALSKA H., TOKARCZYK T. & ADYNKIEWICZ-PIRAGAS M. 2005: Wody powierzchniowe Karkonoszy. W: MIERZEJEWSKI M.P. (red.), Karkonosze. Przyroda nieożywiona i człowiek. Wyd. Uniw. Wrocł., Wrocław: 399–425.

DUBICKI A. & WOŹNIAK Z.1993: Wpływ degradacji leśnego środowiska w Sudetach Zachodnich na zmianę odpływu rzek górskich. Inżynieria Środowiska III. Zesz. Nauk. Akad. Rolnicz. we Wrocławiu. Nr 232. Wrocław: 70–83.

DUMANOWSKI B. 1961: Cover deposits of the Karkonosze Mts. Zesz. Nauk. U. Wr., seria B, nr 8: 31–55.

FISTEK J. & FISTEK A. 2005:Wody termalne polskiej części masywu karkonoskiego. W: MIERZEJEWSKI M.P. (red.), Karkonosze. Przyroda nieożywiona i człowiek. Wyd. Uniw. Wrocł., Wrocław: 487–510.

JAŃCZAK K. 2011: Ocena wybranych wskaźników jakości wód podziemnych zachodniej części Karkonoskiego Parku Narodowego. Praca magisterska, Instytut Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego: ss. 52.

JEZIERSKI P. 1998: Jakość wód podziemnych okolic Kowar. Praca magisterska, Instytut Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego: ss. 58.

KASPRZAK M. 2010a: Wezbrania i powodzie na rzekach Dolnego Śląska, W: MIGOŃ P. (red.): Wyjątkowe zdarzenia przyrodnicze na Dolnym Śląsku i ich skutki. Rozprawy Naukowe Instytutu Geografii i Rozwoju Regionalnego 14, Uniwersytet Wrocławski, Wrocław: 81–140.

KASPRZAK M. 2010b: Geomorfologiczne i ekologiczne skutki wezbrań. W: MIGOŃ P. (red.), Wyjątkowe zdarzenia przyrodnicze na Dolnym Śląsku i ich skutki. Rozprawy Naukowe Instytutu Geografii i Rozwoju Regionalnego 14, Uniwersytet Wrocławski, Wrocław: 141–203.

KOMAR T. 1985: Wody powierzchniowe. W: JAHN A. (red.), Karkonosze polskie. Ossolineum, Wrocław: 165–190.

KOZAL T. 1993: Hydrogeologia źródeł zlewni rzeki Podgórnej w Karkonoszach. Praca magisterska, Instytut Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego: ss. 63.

KRYZA H. & KRYZA J. 1988: Hydrogeologiczne warunki występowania naturalnych wypływów wód podziemnych w masywie granitowym rejonu Jakuszyc na przykładzie zlewni Kamiennej. Prace Geologiczno-Mineralogiczne XI, 2. Acta Univ.Wratislav. No. 964, Wrocław: 100–125.

KRYZA H., KRYZA J. & MARSZAŁEK H. 1993: Środowisko występowania i skład chemiczny wód masywu krystalicznego Karkonoszy. W: Karkonoskie Badania Ekologiczne. Projekt badawczy Karkonosze. Ofic. Wyd. Inst. Ekologii PAN. Wojnowice: 61–70.

KRYZA H., KRYZA J. & MARSZAŁEK H. 1994: Zanieczyszczenie wód Karkonoszy. W: Karkonoskie Badania Ekologiczne. Ofic.Wyd. Inst. Ekologii PAN. Dziekanów Leśny: 97–124.

KRYZA H., KRYZA J. & MARSZAŁEK H. 1995: Hydrogeochemia środowiska wodnego Karkonoszy. W: Problemy ekologiczne wysokogórskiej części Karkonoszy. Ofic.Wyd. Inst. Ekologii PAN. Dziekanów Leśny: 35–50.

KRYZA H., KRYZA J. & MARSZAŁEK H. 2005: Wody podziemne Karkonoszy. W: MIERZEJEWSKI M.P. (red.), Karkonosze. Przyroda nieożywiona i człowiek. Wyd. Uniw. Wrocł., Wrocław: 453–486.

KUDŁACIK J. 1993: Hydrogeologia górnej części zlewni Wrzosówki. Praca magisterska, Instytut Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego: ss. 62.

KWIATKOWSKI J. & HOŁDYS T. 1985: Klimat. W: JAHN A. (red.), Karkonosze polskie. Ossolineum, Wrocław: 87–116.

LEWANDOWSKI G. 2011: Parametry filtracyjne zwietrzelin granitu karkonoskiego w profilu Szrenica – Piechowice. Praca magisterska, Instytut Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego: ss. 44.

MARSZAŁEK H. 1989: Hydrogeologia źródeł w zlewni Kamiennej. Prace Nauk. Inst. Geotech. P.Wr., 58/29., Wyd. P.Wr., Wrocław: 107–115.

MARSZAŁEK H. 1996a: Hydrogeologia górnej części zlewni Kamiennej w Sudetach Zachodnich. Prace Geol.- Mineral. Acta Univ. Wrat. No 1881. Wyd. U.Wr. Wrocław: ss. 100.

MARSZAŁEK H. 1996b: Ocena jakości wód w obszarze Karkonoskiego Parku Narodowego. Technika Poszukiwań Geologicznych. Geosynoptyka i Geotermia nr 2/96. Wyd. PAN Kraków: 13–19.

MARSZAŁEK H. 1996c: Groundwater chemistry of fractured crystalline rocks in Kamienna watershed (Western Sudetes, SW Poland). Acta Universitatis Carolinae. Geologica. Vol. 40. No 2. Univerzita Carlova. Prague: 233– 246

MARSZAŁEK H. 1998: Quality of groundwater in the Karkonosze granite in the light of monitoring studies. Münchner Geol. Hefte, Reihe B, heft 8, Hieronymus GmbH. München: 87–93.

MARSZAŁEK H. 2007: Kształtowanie zasobów wód podziemnych w rejonie Kotliny Jeleniogórskiej" Acta Universitatis Wratislaviensis No 2993, seria: Hydrogeologia. Wyd. Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław: ss. 234.

MARSZAŁEK H. 2011: Wody masywu krystalicznego Karkonoszy w świetle badań hydrologicznych i hydrogeologicznych. W: KNAPIK R., PRZEWOŹNIK L. & RAJ A. (red.), 50 lat badań naukowych w Karkonoskim Parku Narodowym. Wrocław: 127–151.

MARSZAŁEK H. & RYSIUKIEWICZ M. 2011: Projekt monitoringu środowiska wodnego w zlewni Kamieńczyka w zachodniej części Karkonoskiego Parku Narodowego. Monitoring Środowiska Przyrodniczego 12. Kielce: 11–17.

MARSZAŁEK H. & RYSIUKIEWICZ M. 2012: Koncepcja ochrony środowiska wodnego w obszarze Karkonoskiego Parku Narodowego. Monitoring Środowiska Przyrodniczego 13. Kielce: 11–19.

MARSZAŁEK M. 2011: Hydrogeologia źródeł w zachodniej części Karkonoskiego Parku Narodowego. Praca magisterska, Instytut Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego: ss. 62.

MARSZAŁEK M. & MICKIEWICZ A. 2012: Analiza zmian właściwości fizyko-chemicznych wód podziemnych krystaliniku Sudetów Zachodnich i Wschodnich na podstawie wybranych punktów monitoringu. W: DRZYMAŁA J. & CIĘŻKOWSKI W. (red.), Interdyscyplinarne zagadnienia w górnictwie i geologii. Tom III. Ofic. Wyd. P.Wr., Wrocław: 174–186.

MARSZAŁEK H., GÓRNIAK D. & TOCZEK M., 2017: Pionowe zróżnicowanie mikrobiologiczne w wodach podziemnych granitu Karkonoszy. Przegląd Geologiczny. vol. 65, nr 11/1: 1121-1125.

MARSZAŁEK H. & RYSIUKIEWICZ M., 2017: Water quality in hard rocks of the Karkonosze National Park (Western Sudetes, SW Poland). GEOSCIENCE RECORDS. Original paper • DOI: 10.1515/georec-2017-0002 • Geosci. Rec. • 4–1 • 2017 • 14–20

MIGOŃ P. 2012: Karkonosze – skały i krajobraz. Karkonoski Park Narodowy. Jelenia Góra: ss. 100.

MIGOŃ P. & AUGUST C. 2001: Cechy litologiczne zwietrzelin ziarnistych masywu karkonosko-izerskiego. W: KOSTRZEWSKI A. (red.): Geneza, litologia i stratygrafia utworów czwartorzędowych, t. III, Poznań: 283–305.

MROCZKOWSKI J. & OSTAFICZUK S. 1985: Konfrontacja zdjęcia satelitarnego z mapą geologiczną Karkonoszy i Gór Izerskich: próba interpretacji tektoniki dysjunktywnej. Geologia Sudetica, t. 20, nr 2, Wrocław: 121–128.

PIASECKI H. 1958: Mały Staw w Karkonoszach jako przykład akumulacyjnego jeziora karowego. Czasopismo Geograficzne 29, z. 1: 75–78.

PONIKOWSKI A., KOTOWICZ J. & MAJEWSKA R. 1994: Ocena jakości wód wybranych rzek płynących na terenie KPN. Mat. Sesji Teren. "Geoekologiczne Problemy Karkonoszy". Karpacz. Wyd. Uniw. Wrocł. Wrocław: 33–41.

RAJ A. 2008: Karkonoski Park Narodowy. AFW „Mazury": ss. 96.

RÓŻYCKI M., KRYZA J., KOWALSKI S. & ZAKOWICZ E. 1975: Wody podziemne regionu sudeckiego. Archiwum Instytut Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego (maszynopis): ss. 174.

RYSIUKIEWICZ M. & MARSZAŁEK H. 2012: Ocena wybranych wskaźników jakości wód w zachodniej części Karkonoszy na przykładzie zlewni Kamieńczyka. Opera Corcontica 49: 89–100.

RYSIUKIEWICZ M. & MARSZAŁEK H., 2017: Zmiany stanów i temperatury wód podziemnych w wybranych zlewniach Karkonoszy. Przegląd Geologiczny, vol. 65, nr 11/2: 1239-1243.

RYSIUKIEWICZ M. 2015: Kształtowanie odpływu podziemnego w masywach krystalicznych strefy umiarkowanej i polarnej na przykładzie zlewni Kamieńczyka (Karkonosze) i potoku Stainvik (Spitsbergen)". Rozprawa doktorska, Instytut Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego: ss. 164.

SIERADZKA D., 1991: Parametry hydrogeologiczne skał i gleb zlewni rzeki Złotnej. Praca magisterska, Instytut Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego: ss. 69.

SROKA W. 1991: Tektoniczny charakter krawędzi Pogórza Karkonoskiego. Prace Geologiczno-Mineralogiczne 29: 239–249.

STAFFA M. 1993: Słownik geografii turystycznej Sudetów. Karkonosze. Wyd. PTTK „Kraj". Warszawa-Kraków: ss. 255.

TOMASZEWSKI J.T. 1974: Problematyka wodna młak i torfowisk Karkonoszy. Opera Corcontica 11: 37–51.

TOMASZEWSKI J.T. 1977: Charakterystyka krenologiczna masywu krystalicznego na przykładzie Karkonoszy Acta Univ. Wratisl. 358. Studia Geogr, XXVIII. Wrocław: ss. 71.

TOMASZEWSKI J.T. 1985: Wody podziemne. W: JAHN A. (red.), Karkonosze polskie. Ossolineum Wrocław: 145–164.

TOMASZEWSKI J.T. 1993: Cechy rytmiki odpływu ze zlewni Wilczego Potoku (Karkonosze Wschodnie). Mat. Sesji Teren. „Geoekologiczne Problemy Karkonoszy". Karpacz. Wyd. Uniw. Wrocł. Wrocław: 43–51.

TOMASZEWSKI J.T. 1994: Rodzaje cieków górskich Karkonoszy. W: Problemy Hydrologii Regionalnej. Mat. Ogólnopolskiej Konf. Hydrograficznej. Karpacz-Wrocław: 104–110.

WASILEWSKI M. & TWAROWSKI R. 1987: Wpływ zanieczyszczenia opadów atmosferycznych na jakość wód rejonu Karkonoszy. Mat. IV Polsko-Czechosłowackiego Sympozjum „Ochrona i zanieczyszczenie wód podziemnych". Bierutowice: 370–381.

WASILEWSKI M. & SZYJKOWSKI A. 1991: Kwasowość, zasadowość i odczyn wód płynących w rejonie Karkonoszy. Prace Inst. Geogr., Seria A. t.VI, Acta Uniwer. Wratisl. No.1237, Wrocław: 105–116.

Dane adresowe autorów:

Henryk Marszałek
henryk.marszalek@uwr.edu.pl

Michał Rysiukiewicz
michal.rysiukiewicz@uwr.edu.pl

Instytut Nauk Geologicznych
Uniwersytet Wrocławski
Pl. Maksa Borna 9, 50-204 Wrocław

Marszałek H. & Rysiukiewicz M. 2019: Środowisko wodne Karkonoszy. W: Knapik R., Migoń P. & Raj A. (red.), Przyroda Karkonoskiego Parku Narodowego. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra: 127–146.

Mieczysław Sobik, Marek Błaś, Krzysztof Migała, Michał Godek,
Tomasz Nasiółkowski

Klimat

Wstęp

Klimat Karkonoszy w naturalny sposób od dawna przyciągał uwagę ze względu na jego wielostronny wpływ na przyrodę i działalność człowieka. Odmienność klimatu Karkonoszy w stosunku do niższych pasm górskich, a szczególnie do śląskich nizin, była łatwo dostrzegalna na co dzień, choćby z racji piętrowo zmieniającej się roślinności czy z daleka widocznych, długo zalegających wysoko w górach śniegów. Z tych powodów zjawiska atmosferyczne – szczególnie te odbiegające od normy i jednocześnie dotkliwe – już od średniowiecza odnotowywano w różnych zapiskach prowadzonych głównie przez kronikarzy, duchownych oraz lokalną administrację (Margas & Szymczak 1969; Bugaj 1985).

Pomiary i obserwacje meteorologiczne

Za początek pomiarów instrumentalnych w Karkonoszach uznaje się ograniczone do lata pomiary prowadzone na Śnieżce od 1824 do 1834 roku, których rezultaty opublikował wrocławski astronom Johann Gottfried Galle (1857), skądinąd znany jako odkrywca planety Neptun. Do rozpoczęcia tych pomiarów istotnie przyczynił się poeta i przyrodnik Johann Wolfgang Goethe, który po swym pobycie w Kotlinie Jeleniogórskiej we wrześniu 1790 roku i wejściu na Śnieżkę stał się współautorem planu rozpoczęcia pomiarów meteorologicznych dla porównawczych badań pogody w dwóch stacjach – Jeleniej Górze i na Śnieżce (Baumgart 1940; Chmal 2010).

Pomiary całoroczne na Śnieżce rozpoczęto 1 lipca 1880 r. i odtąd są kontynuowane aż do dzisiaj (Czerwiński i in. 1995). W kolejnych dziesięcioleciach liczba stanowisk pomiarowych w Karkonoszach szybko rosła, przez co sieć stacji osiągnęła dużą gęstość, największą bezpośrednio przed wybuchem II wojny światowej. W końcu lat 1930. w śląskiej (niemieckiej) części Karkonoszy i jej bliskim sąsiedztwie kompleksowe pomiary i obserwacje meteorologiczne prowadzono w kilkunastu, a pomiary opadowe w około 30 miejscach. Dane meteorologiczne gromadzone przez niemiecką służbę pogody były systematycznie publikowane w rocznikach meteorologicznych od początku prowadzenia obserwacji instrumentalnych do lat czterdziestych XX wieku, ponadto ukazywały się opracowania zbiorcze zawierające dane wieloletnie (Klimakunde... 1939).

W latach powojennych sieć pomiarowa została częściowo odbudowana, a zarządzał nią Państwowy Instytut Hydrologiczno-Meteorologiczny, przekształcony w 1972 roku w Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, sprawujący tę rolę do dzisiaj. Niestety od prawie czterdziestu lat dane pomiarowe nie są publikowane, co stanowi podstawową trudność w obecnych badaniach klimatu Karkonoszy. Poza stacjami i posterunkami PIHM/IMGW od 1957 roku istnieje stacja Uniwersytetu Wrocławskiego na Szrenicy, prowadząca pomiary meteorologiczne i badania nad strukturą depozycji zanieczyszczeń atmosferycznych. Należy podkreślić, że najważniejszą stacją pomiarową w Karkonoszach od z górą stu lat pozostaje obserwatorium na Śnieżce (Ryc. 1), które pełni rolę stacji synoptycznej oraz realizuje zadania naukowe. Obecny budynek obserwatorium wybudowany w 1974 roku stał się, dzięki swej futurystycznej bryle, jednym z najbardziej rozpoznawalnych obiektów Dolnego Śląska.

Problematyka badawcza

W długiej historii obserwacji i pomiarów meteorologicznych w Karkonoszach zainteresowania badawcze koncentrowały się na różnych zagadnieniach. Przed rokiem 1945 w literaturze przedmiotu przewijały się głównie wątki dotyczące opadów atmosferycznych (szczególnie w kontekście przyczyn powodzi), orograficznych zaburzeń przepływu powietrza nad górami, pokrywy śnieżnej i zjawisk specyficznych dla klimatu gór. W okresie powojennym pojawiły się nowe wątki, jak atmosferyczne aspekty depozycji zanieczyszczeń i klęski ekologicznej w lasach, a także problematyka zmian klimatu.

Wśród ważniejszych prac warto wymienić niektóre publikacje o charakterze syntez klimatycznych dla Prus i Niemiec, uwzględniające dane pochodzące z Karkonoszy i ich otoczenia (Regell 1905; Hellmann 1921; Biel 1934; Moese 1937). Kolejne syntezy klimatu datują się już na czasy powojenne (Kosiba 1948; Schmuck 1969; Kwiatkowski & Hołdys 1985; Kwiatkowski 1985; Migała i in. 1995, Głowicki 2005; Sobik 2005; Metelka i in. 2007). Publikacje odnoszące się do bardziej szczegółowych zagadnień będą omawiane w dalszej części opracowania.



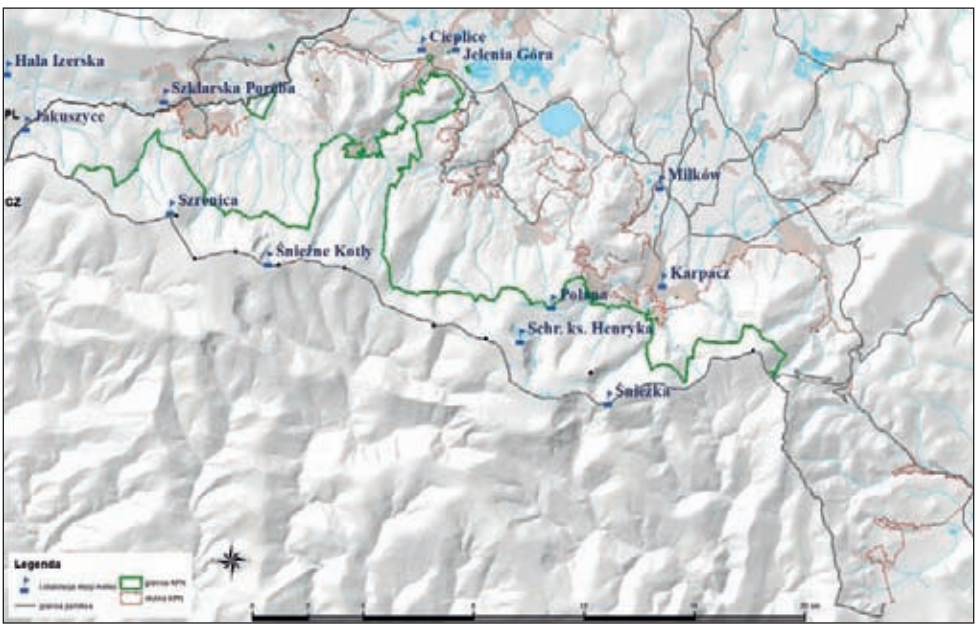
Ryc. 1. Budynek obserwatorium meteorologicznego na Śnieżce (1900–1974), rozebrany w 1989 roku

Tab. 1. Metadane serii pomiarowych wykorzystanych w opracowaniu

Nazwa stacji	współrzędne geograficzne	wysokość [m n.p.m.]	zakres czasowy	uwagi
Jelenia Góra	50° 54' N, 15° 48' E	342	1961-1965	dno Kotliny Jeleniogórskiej
Cieplice	50° 52' N, 15° 41' E	345	1934-1938 1961-1965	dno Kotliny Jeleniogórskiej
Miłków	50° 48' N, 15° 46' E	443	1934-1938	Pogórze Karkonoskie, dolina
Szklarska Poręba	50° 50' N, 15° 32' E	643	1934-1938 1961-1965	Karkonosze, dolna część stoku/ dolina
Karpacz	50° 46' N, 15° 46' E	650	1934-1938 1961-1965	Karkonosze, dolna część stoku
Hala Izerska	50° 51' N, 15° 22' E	840	1934-1938	G. Izerskie, dno kotliny śródgórskiej
Jakuszyce	50° 49' N, 15° 27' E	860	1991-2000	Karkonosze/G. Izerskie, dno doliny; Głowicki 2005
Polana	50° 46' N, 15° 42' E	1077	1934-1938	Karkonosze – śr. część stoku
Szrenica	50° 48' N, 15° 31' E	1332	1961-2011	grzbiet Karkonoszy
Schr. ks. Henryka	50° 45' N, 15° 42' E	1405	1934-1938	grzbiet Karkonoszy
Śnieżne Kotły	50° 47' N, 15° 34' E	1490	1934-1938	grzbiet Karkonoszy
Śnieżka	50° 44' N, 15° 44' E	1602	1881-2010	grzbiet Karkonoszy

Materiał opracowania

Warunki klimatyczne w Karkonoszach należy rozpatrywać w skali obejmującej pełen profil wysokościowy od Śnieżki po dno Kotliny Jeleniogórskiej. Ponadto z uwagi na istniejący podział klimatyczny Karkonoszy na subregiony wschodniokarkonoski oraz zachodniokarkonosko-izerski należy także uwzględnić dane pomiarowe z Gór Izerskich. Kierując się tymi przesłankami dokonaliśmy wyboru branych pod uwagę stacji pomiarowych oddzielnie w odniesieniu do kolejnych elementów klimatu (Tab. 1; Ryc. 2). Z uwagi na złożoną historię pomiarów meteorologicznych w Karkonoszach oraz wspomnianą trudność w dostępie do danych źródłowych, nie udało się zachować jednakowych ram czasowych analizowanych serii pomiarowych.



Ryc. 2. Lokalizacja stanowisk pomiarowych

Warunki synoptyczne i wiatr

O pogodzie i klimacie w znacznej części decydują warunki synoptyczne, na które składa się charakter i częstość występowania mas powietrznych oraz cyrkulacja atmosfery, pozostająca pod wpływem nieustannie zmieniającej się konfiguracji układów barycznych sterujących cyrkulacją atmosferyczną w skali całej Europy.

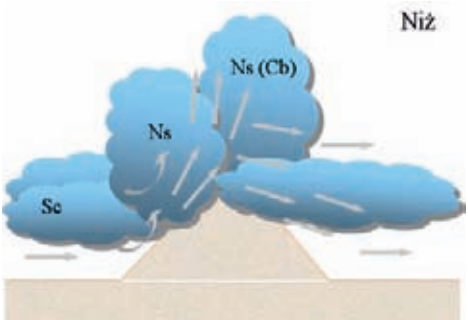
W rejon Karkonoszy najczęściej, bo przez 64% dni w roku napływają pochodzące znad północnego Atlantyku wilgotne masy powietrza polarnomorskiego (Pm) o względnie wysokiej temperaturze w chłodnej połowie roku, natomiast obniżonej w ciepłej części roku i dlatego napływ takiego powietrza zimą oznacza ocieplenie i odwilż, a latem ochłodzenie oraz bez względu na porę roku duże zachmurzenie i opady. Na powietrze polarno-kontynentalne (Pk) napływające ze wschodu przypada 30% czasu, na spływające z północy powietrze arktyczne (A) – 4% oraz około 2% na masę powietrza zwrotnikowego (Z) z obszarów sąsiadujących z Europą od południa. Masa Pk jest względnie chłodna w zimowej połowie roku, natomiast względnie ciepła w połowie letniej, z kolei niezależnie od pory roku masa A jest zimna, a masa Z ciepła. Stąd np. fale upałów związane są z napływem powietrza Z lub Pk, a fale mrozów towarzyszą masom powietrza A lub Pk.

Pogoda cyklonalna i antycyklonalna

Sytuacje synoptyczne można podzielić na cyklonalne, kształtowane w warunkach występowania niżu barycznego i antycyklonalne, gdy zaznacza się wpływ wyżu, a następnie przypisać im kierunek, z którego na-

pływa powietrze. Typ pogody cyklonalnej albo antycyklonalnej jest skojarzony z sobie tylko właściwymi warunkami pogodowymi.

Typowe cechy pogody cyklonalnej to wstępujący ruch powietrza w dolnej i środkowej troposferze, wskutek czego powietrze podczas unoszenia ku górze ochładza się adiabatycznie (bez wymiany ciepła z otoczeniem), co prowadzi do kondensacji pary wodnej, wzrostu zachmurzenia i często do wystąpienia opadów atmosferycznych. Podczas pogody cyklonalnej (Ryc. 3) występuje zatem konsekwentny spadek temperatury ze wzrostem wysokości. W warunkach Karkonoszy pogoda cyklonalna łączy się zwykle z obecnością niskich chmur, których podstawy mogą stykać się ze stokami (Ryc. 4) – stąd w wyższych partiach gór z reguły występują opady atmosferyczne, gęsta mgła oraz towarzyszący jej osad ciekły lub sadź. W wysokich partiach gór zwykle wieje silny wiatr, który zimą powoduje zjawisko zamieci (Ryc. 5), a w skrajnych przypadkach także zjawisko *white-out*. Warunki pogody cyklonalnej znacząco utrudniają funkcjonowanie człowieka w wysokich partiach gór, w tym np. uprawianie turystyki.



Ryc. 3. Schemat cyklonalnych warunków pogodowych w Karkonoszach. (Rodzaje chmur: Sc – Stratocumulus, Ns – Nimbostratus, Cb – Cumulonimbus)

Pogoda antycyklonalna kształtowana jest przez wyż baryczny, w którym na dużym obszarze przeważa osiadanie, tzn. bardzo powolny ruch zstępujący powietrza z wyższej części troposfery ku warstwom dolnym (Ryc. 6). U podstawy warstwy osiadania tworzy się mniej lub bardziej wyraźna inwersja termiczna, poniżej której pozostaje tylko warstwa powietrza o grubości zwykle kilkuset metrów z „normalnym" spadkiem temperatury wraz ze wzrostem wysokości. Z osiadaniem powietrza wiąże się jego ogrzewanie i spadek wilgotności względnej. Podczas bezchmurnych i bezwietrznych nocy przy podłożu tworzy się nocna radiacyjna inwersja temperatury, która przed południem zanika.

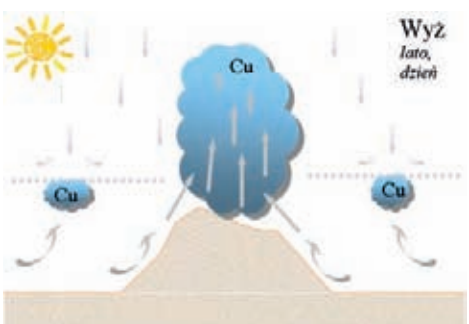
Pogodę antycyklonalną cechują duże dobowe różnice temperatury i wilgotności względnej powietrza, małe zachmurzenie, brak opadów, słaby wiatr przechodzący w nocy w ciszę atmosferyczną oraz występowanie w nocy



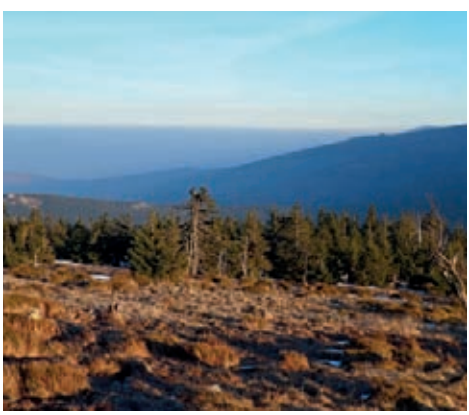
Ryc. 4. Pogoda cyklonalna, nisko zawieszone podstawy chmur z rodzaju Stratocumulus dotykają północnych stoków Szrenicy i Łabskiego Szczytu (28.05.2006, fot. M. Godek)



Ryc. 5. Zamieć śnieżna wysoka na północnym stoku Szrenicy w Karkonoszach Zachodnich, śnieg unoszony z podłoża przez wiatr znacząco ogranicza widzialność poziomą (13.03.2008, fot. M. Kowalczyk)



Ryc. 6. Schemat antycyklonalnych warunków pogodowych latem w Karkonoszach (Cu – Cumulus, chmury kłębiaste).



Ryc. 7. Pogoda antycyklonalna bezchmurna w Karkonoszach. Ciemnoniebieski kolor nieba świadczy o wyjątkowej czystości i suchości atmosfery, do podłoża dociera bezpośrednie promieniowanie słoneczne o dużym natężeniu, a rozpraszanie promieniowania jest bardzo małe (fot. M. Błaś)

osadów atmosferycznych w postaci rosy lub szronu i – na spłaszczeniach terenu oraz w dnach form wklęsłych – radiacyjnej mgły przyziemnej. Pogoda antycyklonalna z dużą intensywnością promieniowania słonecznego podczas dnia (Ryc. 7) powoduje zróżnicowanie warunków pogodowych na stokach o wystawie północnej i południowej, a także pomiędzy wypukłymi i wklęsłymi formami terenu. W tym typie pogody dochodzi także do rozwoju w rytmie dobowym lokalnych ruchów powietrza o genezie termicznej w postaci wiatru stokowego, dolinnego i górskiego (Ryc. 6). Jeśli pogodzie antycyklonalnej towarzyszy niezbyt gruba warstwa chmur w piętrze średnim lub górnym, kontrasty ogrzewania stoków o różnej ekspozycji są mniejsze (Ryc. 8).



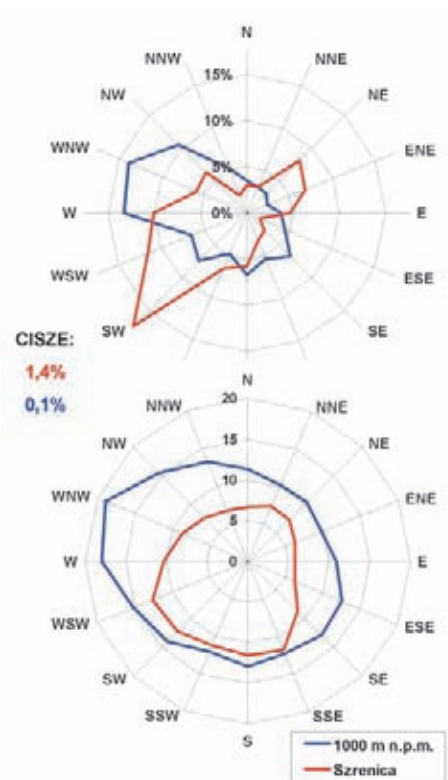
Ryc. 8. Pogoda antycyklonalna z chmurami Altostratus. Energia słoneczna, dociera do podłoża głównie jako promieniowanie rozproszone (fot. T. Nasiółkowski)



Ryc. 9. Schemat antycyklonalnych warunków pogodowych zimą w Karkonoszach. (St – Stratus, chmury warstwowe)



Ryc. 10. Pogoda antycyklonalna zimą, charakterystyczne morze chmur styka się z północnymi stokami Karkonoszy na wysokości ok. 1000 m n.p.m. (10.01.2011, fot. M. Godek)

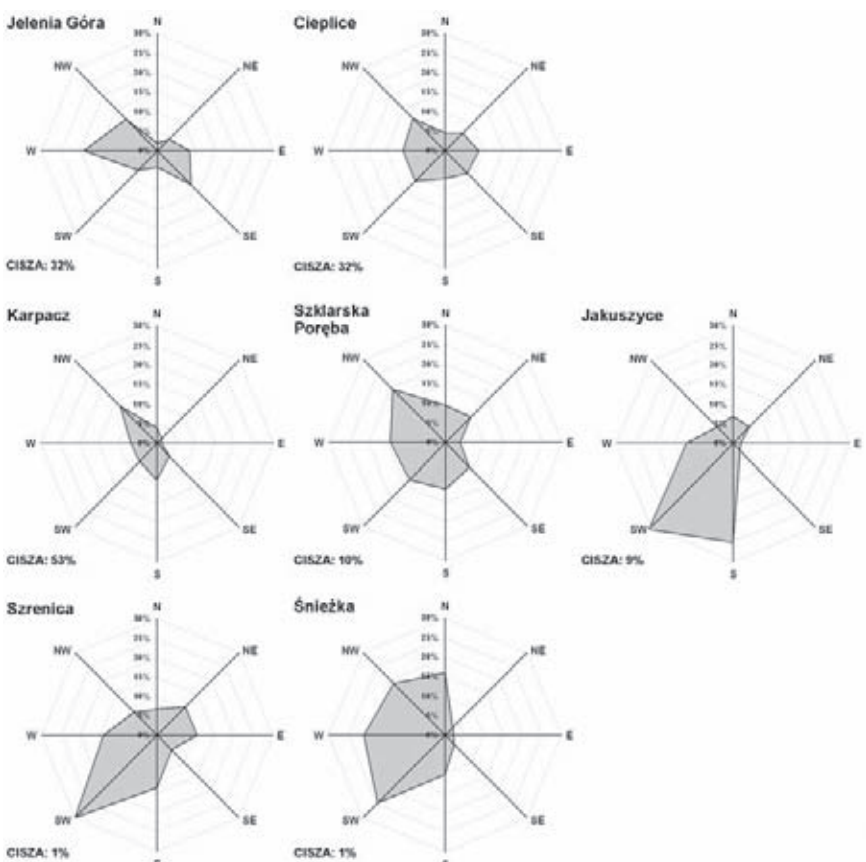


Ryc. 11. Porównanie kierunku (u góry) i prędkości wiatru (u dołu) w swobodnej atmosferze poza górami na wysokości 1000 m n.p.m. oraz na Szrenicy

W chłodnej połowie roku podczas pogody antycyklonalnej w Kotlinie Jeleniogórskiej i w dolnych partiach Karkonoszy zwykle panuje jednak pogoda pochmurna, wilgotna i chłodna, której towarzyszą zamglenia, opady często marznącej mżawki i podniesione stężenia zanieczyszczeń atmosferycznych (Ryc. 9). Tak dzieje się, gdy warstwa powietrza poniżej poziomu inwersji z osiadania zawiera dużo wilgoci i w warunkach krótkiego dnia nie jest wystarczająco ogrzewana przez słońce. Tymczasem powyżej poziomu inwersji panuje słoneczna, sucha i stosunkowo ciepła pogoda (Ryc. 10).

Kierunek i prędkość wiatru

Powietrze w swobodnej atmosferze napływa nad Karkonosze wzdłuż izobar z ciśnieniem niskim po lewej, a wysokim po prawej stronie w stosunku do kierunku ruchu, jednak wskutek silnego tarcia o urozmaicone i w znacznej części zalesione podłoże wykazuje wyraźny skręt w lewo zgodny z kierunkiem poziomego gradientu ciśnienia (Ryc. 11). Oznacza to, że przy przewadze cyrkulacji zachodniej na wierzchowinie dominować będzie południowo-zachodni i południowy kierunek wiatru. Konsekwencją jest przewaga sytuacji, w której stroną dowietrzną, gdzie powietrze ulega spiętrzaniu jest czeska strona gór, a stroną zawietrzną strona polska. Rzutuje to na charakterystyczne zróżnicowanie termiczne, opadowe i trwałość pokrywy śnieżnej po obu stronach gór. To dlatego kierunki wiatru w stacjach meteorologicznych na obszarze Karkonoszy (Ryc. 12) układają się w bardzo charakterystyczny sposób. W Jakuszycach, na Szrenicy i do pewnego stopnia na Śnieżce występuje zwiększony udział łączny kierunku południowego i południowo-zachodniego. Bardzo wyraźne jest zróżnicowanie średniej prędkości wiatru, która jest bardzo



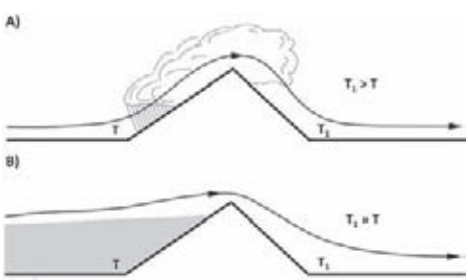
Ryc. 12. Róże wiatru na wybranych stanowiskach w polskich Karkonoszach i na ich przedpolu

wysoka w strefie grzbietowej, maleje w dół stoków i osiąga minimum w miejscowościach u podnóża Karkonoszy, np. w Karpaczu, gdzie przez ponad 50% czasu występuje cisza, a kształt róży wiatru jest dyktowany przez lokalną rzeźbę i szorstkość podłoża.

Wiatr opadający – fen i bora

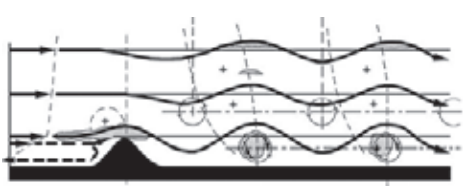
Charakterystyczne efekty ruchu powietrza w postaci tzw. wiatrów opadających powstają przy pokonywaniu Karkonoszy przez strumień cyrkulacji atmosferycznej w skali synoptycznej. Należą do nich ciepły fen (KWIATKOWSKI 1972, 1975) i chłodna bora (MEGA 2001). Fen, znany z polskich Tatr jako wiatr halny, występuje w Karkonoszach najczęściej przy południowej i południowo-zachodniej cyrkulacji podczas zbliżania się od zachodu niżu atmosferycznego i jednoczesnego ustępowania wyżu na wschód. W takich warunkach powietrze pokonuje grzbiety górskie zorientowane prostopadle do linii prądu, wskutek czego jego ruch ulega przyspieszeniu pod wpływem lokalnie zwiększonego poziomego gradientu ciśnienia. Typowe cechy fenu to wyraźny wzrost temperatury i obniżenie wilgotności względnej po stronie zawietrznej oraz bardzo duża prędkość wiatru, która w strefie grzbietowej i na stokach zawietrznych może dochodzić do 60 m/s. Gdy powietrze płynące w poprzek grzbietu Karkonoszy pozostaje w stanie równowagi obojętnej, charakterystyczne cechy fenu zaznaczają się raczej słabo (Ryc. 13A), a wzrost temperatury po stronie zawietrznej względem stoków dowietrznych wynikający z wydzielenia się w masie powietrznej ciepła kondensacji nie przekracza na ogół 2°C. W warunkach równowagi stałej, szczególnie gdy na południe od Karkonoszy występuje inwersja z osiadania, różnica temperatury pomiędzy południową stroną dowietrzną a północną stroną zawietrzną może sięgać nawet 10°C, a powietrze zstępujące po stronie zawietrznej pochodzi z warstwy zalegającej ponad stagnującym po stronie dowietrznej powietrzem chłodnym (Ryc. 13B).

Wiatr po stronie zawietrznej jest bardzo turbulentny i porywisty, powodując szkody w lasach i infrastrukturze. Ważnym skutkiem działania fenu na stokach zawietrznych są gwałtowne odwilże, które nieraz powodują podczas jednej zimy parokrotne zanikanie pokrywy śnieżnej, a nawet przyczyniają się do przedwczesnego rozpoczęcia wiosennej wegetacji. Nad górami i po stronie zawietrznej powstają stojące fale (Ryc. 14), zaznaczone chmurami stacjonarnymi. Fen w Sudetach występuje w wielu miejscach, w tym także w północnej części sąsiednich względem Karkonoszy Gór Izerskich, jednak nigdzie nie osiąga takiej intensywności jak właśnie w Karkonoszach.



Ryc. 13. Schemat powstawania fenu w warunkach równowagi obojętnej (A) i równowagi stałej po dowietrznej stronie gór (B); szarą barwą zaznaczono warstwę chłodnego powietrza w obrębie warstwy granicznej atmosfery (na podstawie Barry 2008, z modyfikacjami autorów). Objaśnienie: T – temperatura powietrza

Niewiele uwagi w odniesieniu do Karkonoszy poświęcono dotąd wiatrowi typu bora. Jest to chłodny i suchy wiatr po zawietrznej stronie gór, wiejący zgodnie ze spadkiem terenu i czerpiący swą energię z różnicy gęstości powietrza względem powietrza otaczającego. W Sudetach Zachodnich często wieje on z prędkością większą niż 10 m/s, jednak mniejszą niż zdarza się to w fenie. Bora występuje w sytuacji, gdy po południowej stronie gór w kontakcie z podłożem zalega warstwa powietrza zimnego, która nie osiąga grzbietu Karkonoszy, jednak wykracza ponad poziom najniższych przełęczy Grzbietu Głównego (Śląskiego) – Przełęczy Szklarskiej (886 m n.p.m.), a także Karkonoskiej – Dołek (1178 m n.p.m.). Najwyraźniej zaznacza się jednak na obrzeżach Karkonoszy,



Ryc. 14. Powstawanie zjawisk i chmur falowych, wału fenowego oraz chmur rotorowych podczas występowania fenu (na podstawie BARRY 2008)

szczególnie w Bramie Lubawskiej (516 m n.p.m.). W takich warunkach gęste i zimne powietrze 'przelewa się' przez przełęcze na północną stronę gór, spływa zgodnie ze spadkiem terenu i w końcu miesza się z cieplejszym powietrzem w otoczeniu, przez co wiatr zanika. Bora może wiać w tych samych miejscach w przeciwną stronę – wtedy w Czechach bywa nazywana *polak*.

Często zdarza się, że fen i bora występują jednocześnie, powodując powstanie dużych różnic temperatury powietrza po północnej stronie gór: ciepły fen spływając z poziomu grzbietu głównego oddziałuje na północnych stokach Karkonoszy, na Pogórzu Karkonoskim i dalej ku północy; chłodna bora obejmuje swym zasięgiem Bramę Lubawską i Kotlinę Kamiennogórską oraz w mniejszej skali dolinę górnej Kamiennej od Jakuszyc po Szklarską Porębę oraz Kozacką Dolinę po zawietrznej stronie Przełęczy Karkonoskiej. Cyrkulacji lokalnej tego typu mogą towarzyszyć podinwersyjne chmury warstwowe z południowej strony Karkonoszy, które wkraczają na stronę północną wzdłuż wymienionych obniżeń terenowych i stopniowo zanikają wskutek adiabatycznego ogrzewania. Zjawisko takie jest najczęstsze i osiąga największy zasięg w obszarze Bramy Lubawskiej i Kotliny Kamiennogórskiej (Ryc. 15).



Ryc. 15. Wiatr bora – intensywny przepływ zimnego powietrza wraz z niskimi chmurami przez Bramę Lubawską ku północy (27.11.2011, fot. G. Gałek)

Bryza górska i dolinna

Bryza górska i dolinna to lokalna cyrkulacja wzbudzona termicznie, która występuje w Karkonoszach tylko w warunkach małego zachmurzenia i słabej cyrkulacji w skali synoptycznej. Bryza dolinna, związana z unoszeniem powietrza w górę nagrzanych stoków, pojawia się rano trwając do późnego popołudnia i jest skierowana ku szczytom i grzbietom górskim. W Karkonoszach jest ona zjawiskiem powszechnym, chociaż często bywa niezauważona z uwagi na swoją małą prędkość i chwilowe zanikanie. Działanie takiej cyrkulacji lokalnej podczas pogodnego dnia może prowadzić do przemieszczenia porcji powietrza o dużej objętości z przedpola gór w ich wyższe partie i dalej ku górze, wraz z prądami konwekcyjnymi powstającymi nad górami. Efektem widocznym od przedpołudnia jest tworzenie się ponad szczytami chmur Cumulus o genezie konwekcyjnej (Ryc. 6 i 16) lub zmętnienia powstałego przez wzrost stężenia pyłu przyniesionego z bardziej zanieczyszczonego przedpola gór.

Bryza górska wieje w nocy zgodnie ze spadkiem terenu i powstaje pod wpływem radiacyjnego ochładzania powierzchni nachylonych (Ryc. 17). Nocna inwersja radiacyjna osiąga duże natężenie tylko w miejscach płaskich, zwłaszcza w dnie wklęsłych form terenu. Na stokach górskich jest płytka i słaba, bowiem powietrze



Ryc. 16. Bryza dolinna nad Karkonoszami – dzienna konwekcja ponad górami doprowadza do powstania chmur Cumulus nad rejonem Wielkiego Szyszaka (widok z Kozich Hřbetów, 10.07.2010, fot. M. Godek)

wychładzające się od podłoża odpływa grawitacyjnie w dół zasilając zastoisko zimnego powietrza gromadzącego się w dnie doliny lub w kotlinie górskiej. Bryza górska najczęściej ma charakter słabych pulsujących spływów powietrza w płytkiej warstwie nie przekraczającej paru metrów grubości. W dolinach o stosunkowo dużym spadku podłużnym, a takie dominują w Karkonoszach, powietrze nie podlega stagnacji, tylko przyjmując postać wiatru górskiego nadal przemieszcza się w dół wzdłuż osi doliny aż do osiągnięcia płaskiego dna Kotliny Jeleniogórskiej. Tutaj powietrze nadal podlega ochładzaniu od podłoża, co w drugiej połowie nocy i nad ranem prowadzić może do pojawienia się dużych różnic temperatury pomiędzy zimną kotliną a względnie ciepłymi stokami. Bryza górska w Karkonoszach jest wyraźniej wyczuwalna niż bryza dolinna, szczególnie w nielicznych bezleśnych odcinkach dolin o zmniejszonej szorstkości podłoża.

Cyrkulacja wzbudzona termicznie jest w Karkonoszach mało wyraźna, ale jedną z jej konsekwencji jest całodobowe wysokie stężenie ozonu obserwowane



Ryc. 17. Bryza górska w dolinie Szklarki – o wschodzie słońca w pobliżu podłoża zaznacza się jeszcze grawitacyjny spływ zimnego powietrza podkreślony dymem ze słabego ogniska, a powyżej występuje kompensacyjny przeciwny ruch powietrza widoczny dzięki dymowi z silniejszego ogniska (wczesna wiosna ok. 1995 roku, widok ze Szrenicy, fot. W. Gorączko)

wiosną i latem w warunkach antycyklonalnych w wyższych partiach gór (stacja Państwowego Monitoringu Środowiska Śnieżne Kotły), w odróżnieniu od dolin, gdzie występuje gwałtowny nocny spadek stężenia. Wysokie stężenie ozonu, szkodliwe szcze-

gólnie dla roślin, powstaje przez swego rodzaju pompowanie podczas dnia przez bryzę dolinną tego gazu i jego prekursorów w górną część warstwy granicznej atmosfery i izolowanie tej warstwy w nocy od dostawy tlenku azotu warunkującego rozpad cząsteczek ozonu.

Temperatura powietrza

Na zróżnicowanie temperatury powietrza w Karkonoszach ma wpływ szereg czynników: wysokość nad poziomem morza, nachylenie i ekspozycja terenu, położenie w obrębie stokowej północnej części Karkonoszy niemal pozbawionej powierzchni płaskich i w dalszej kolejności rodzaj pokrycia terenu. Zmiany temperatury z wysokością przebiegają w zgoła odmienny sposób, gdy powietrze podlega mieszaniu w stosunku do sytuacji bez mieszania. W pierwszym przypadku mieszanie powietrza zachodzi pod wpływem konwekcji lub mechanicznej turbulencji. W warstwie podlegającej mieszaniu dochodzi do ustalenia się systematycznego spadku temperatury wraz z przyrostem wysokości. Takie warunki występują głównie podczas dnia, kiedy podłoże atmosfery pochłania promieniowanie słoneczne i nagrzewa się oraz niezależnie od pory dnia, gdy występują turbulencyjne zawirowania pod wpływem wiatru. Sytuacja z ograniczeniem pionowej wymiany powietrza najczęściej zachodzi wówczas, gdy powietrze chłodne o podwyższonej gęstości gromadzi się w pobliżu podłoża atmosfery, a nad nim zalega powietrze cieplejsze. W ten sposób dochodzi do powstania tzw. inwersji termicznej oznaczającej, że temperatura w obrębie warstwy objętej inwersją rośnie wraz z wysokością. Taka sytuacja najczęściej zdarza się nocą przy małym zachmurzeniu, gdy brak jest ogrzewania przez promieniowanie słoneczne i podłoże szybko ochładza się pod wpływem wypromieniowania ciepła w przestrzeń kosmiczną.

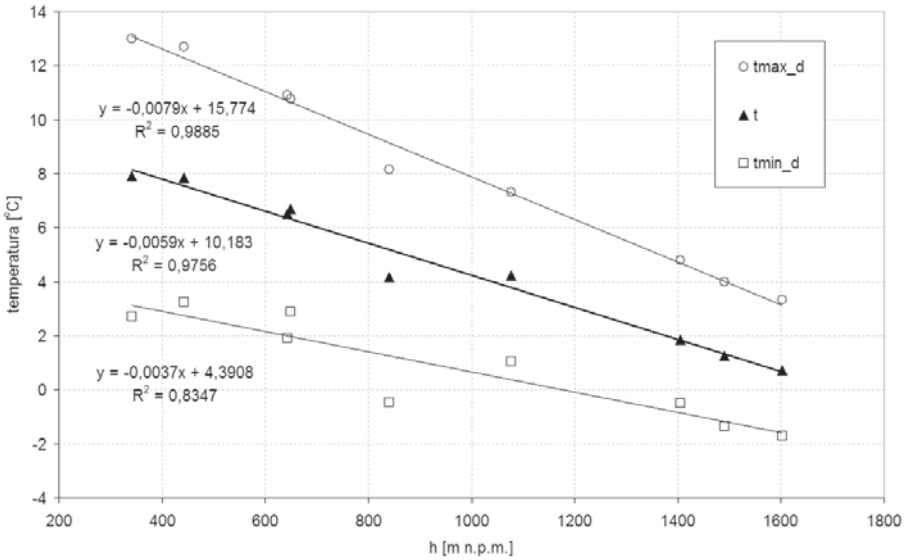
Zróżnicowanie temperatury powietrza w terenie o urozmaiconej rzeźbie, którym są Karkonosze kształtuje się w odmienny sposób w zależności od pory dnia oraz od pory roku. Podczas dnia, szczególnie wiosną i latem, należy oczekiwać stosunkowo szybkiego spadku temperatury z wysokością, natomiast w nocy oraz jesienią i zimą tempo obniżania temperatury z wysokością jest zmniejszone. Zatem stosunki termiczne należy charakteryzować nie tylko przez średnią temperaturę powietrza, ale także poprzez dobowe maksima i minima temperatury z uwzględnieniem wartości skrajnych.

Do właściwego opisu warunków termicznych w Karkonoszach wraz z otuliną niezbędna jest odpowiednia sieć pomiarowa reprezentująca różne strefy wysokościowe i formy rzeźby terenu występujące w samych górach i ich bliskim sąsiedztwie. Z tego powodu opis stosunków termicznych oparto na danych pomiarowych z pięciolecia 1934–1938 (Tab. 2), pochodzących z 9 stacji reprezentujących główne piętra wysokościowe i formy rzeźby terenu w samych Karkonoszach i ich sąsiedztwie. Rozpatrywane stacje obejmują swym zasięgiem przedział wysokościowy ponad 1200 m sięgając od dna Kotliny Jeleniogórskiej (Cieplice, 342 m n.p.m.) po najwyższy szczyt Śnieżkę (1602 m n.p.m.).

Tab. 2. Sezonowy przebieg średniej miesięcznej temperatury powietrza w Karkonoszach

	H [x)]	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok
Cieplice	342	-2,4	-1,8	3,9	6,9	12,7	16,4	17,1	15,8	13,1	8,0	4,0	-0,6	7,9
Miłków	443	-1,0	0,1	3,5	6,6	11,7	16,0	16,6	15,7	13,1	8,0	4,0	0,0	7,9
Szklarska Poręba	643	-2,1	-1,3	1,9	5,0	10,5	14,4	15,2	14,3	11,5	6,8	2,9	-0,9	6,5
Karpacz	650	-2,0	-1,1	2,2	5,1	10,6	14,8	15,4	14,7	11,9	6,8	2,9	-0,9	6,7
Hala Izerska	840	-4,4	-3,7	-0,6	2,4	8,2	12,3	12,9	12,0	9,1	4,6	0,6	-3,2	4,2
Polana	1077	-4,0	-3,5	-0,3	2,1	7,9	11,6	12,4	12,1	9,7	4,2	0,9	-2,5	4,2
Schr. ks. Henryka	1405	-6,3	-5,8	-2,6	-0,6	5,4	9,2	10,1	9,9	7,3	1,9	-1,2	-4,8	1,9
Śnieżne Kotły	1490	-6,7	-6,3	-3,1	-0,9	4,8	8,4	9,3	9,2	6,5	1,3	-1,8	-5,5	1,3
Śnieżka	1602	-7,0	-6,6	-3,7	-1,7	3,9	7,6	8,5	8,4	5,9	0,8	-2,0	-5,5	0,7

[x)] wys. n.p.m. [m]



Ryc. 18. Zależność średniej rocznej temperatury (t) , średnich maksimów dobowych (tmax_d) i średnich minimów dobowych (tmin_d) w rejonie Karkonoszy od wysokości nad poziomem morza (h)

Średnia roczna temperatura

Najbardziej syntetyczną wielkością klimatologiczną, która charakteryzuje stosunki termiczne jest średnia roczna temperatura powietrza (HESS 1966). W Karkonoszach jej wartość zmienia się od 7,9°C w strefie wysokościowej 350-450 m n.p.m. tzn. w Kotlinie Jeleniogórskiej i dolnych częściach Pogórza Karkonoskiego, w tym także w dużej części enklawy KPN wokół góry Chojnik, po 0,7°C na Śnieżce (Ryc. 18). Spadek temperatury z wysokością jest bardzo wyraźny i średnio wynosi 0,59°C na 100 m różnicy wysokości.

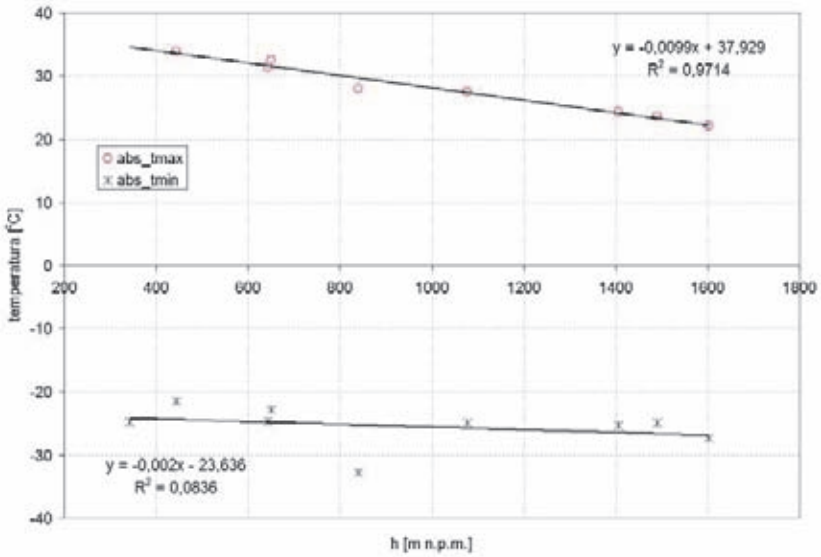
Wyraźne odstępstwa ujemne wykazuje Hala Izerska z temperaturą 4,2°C czyli około 1°C mniej niż wynika to z wpływu samej wysokości oraz Cieplice (odpowiednio 7,9°C i -0,3°C). Występowanie ujemnej anomalii termicznej w obydwu przypadkach jest uwarunkowane położeniem posterunku pomiarowego w dnie lokalnej wklęsłej formy terenu, gdzie często dochodzi do gromadzenia zimnego powietrza w warunkach przygruntowej inwersji termicznej z wypromieniowania. Szczególnie silna anomalia ujemna występuje na Hali Izerskiej, gdzie brak jest ocieplającego wpływu fenu, który z kolei jest notowany ze znaczną częstością w obszarze Kotliny Jeleniogórskiej.

Z drugiej strony odchylenia dodatnie w granicach 0,2–0,4°C wykazują stanowiska Miłków, Karpacz i Polana, wszystkie położone we wschodniej części obszaru, gdzie ciepły fen występuje ze zwiększoną częstością (KWIATKOWSKI & HOŁDYS 1985). Istotną rolę odgrywa także nachylenie terenu sprawiające, że chłodne powietrze powstające przy wypromieniowaniu ciepła nie gromadzi się, tylko odpływa grawitacyjnie w stronę niższych partii stoków.

Na szczególną uwagę zasługuje fakt, że średnia roczna temperatura w Karkonoszach (Polana) jest taka sama, jak na wysokości aż o 240 m mniejszej we wnętrzu Gór Izerskich (Hala Izerska), leżących w bliskim sąsiedztwie. Oznacza to, że piętrowość termiczna w miejscach nieznacznie od siebie oddalonych jest silnie zaburzona, co może mieć wpływ na zróżnicowanie pionowego zasięgu pięter leśnych. Zestawienie tych miejsc pokazuje też, że w kształtowaniu warunków termicznych ważniejsza bywa forma terenu niż ekspozycja dosłoneczna lub przeciwna. Relatywnie ciepłe stanowisko Polana położone jest na północno-wschodnim skłonie Karkonoszy, a bardzo chłodna dolina Izery w obrębie Hali Izerskiej jest słabo nachylona ku południowemu wschodowi.

Dobowe i absolutne ekstrema temperatury

Interesujących informacji dostarcza także zmienność średnich rocznych dobowych maksimów i minimów temperatury (Ryc. 18). Maksima dobowe temperatury występujące najczęściej, chociaż nie zawsze, wczesnym popołudniem, nawiązują szczególnie silnie do wysokości i maleją w tempie 0,79°C na 100 m.



Ryc. 19. Zależność absolutnych maksimów (abs_tmax) i minimów temperatury powietrza (abs_tmin) w rejonie Karkonoszy od wysokości nad poziomem morza (h)

Minima dobowe temperatury kształtowane są w dwojaki sposób. W warunkach małego lub umiarkowanego zachmurzenia minimum dobowe kształtuje się pod wpływem nocnego spadku temperatury i inwersji z wypromieniowania, której nasilenie jest największe w godzinach poprzedzających wschód słońca. Podczas pochmurnej pogody niżowej inwersja zwykle nie występuje i minima temperatury wyraźnie maleją z przyrostem wysokości. Stąd też średnie minima dobowe stanowią wypadkową tych dwóch sytuacji, a ich statystyczna zależność od wysokości jest słabsza: spadek z wysokością jest ponad dwukrotnie mniejszy niż maksimów i wynosi 0,37°C na 100 m.

Minimum dobowe na Hali Izerskiej wykazuje jeszcze większą anomalię ujemną (-1,7°C) w stosunku do wysokości niż temperatura średnia roczna i jest zbliżone do wartości spotykanych dopiero ponad 500 m wyżej (rejon dawnego schroniska Księcia Henryka nad Wielkim Stawem). Tak wyraźne obniżenie średniego minimum dobowego temperatury na Hali Izerskiej tym bardziej podkreśla odrębność klimatyczną tego obszaru w stosunku do podobnej strefy wysokościowej w samych Karkonoszach. Jednocześnie zaznacza się podwyższenie obserwowanych minimów dobowych w stosunku do wartości przewidywanych równaniem regresji na stanowiskach Miłków, Karpacz i Polana o odpowiednio 0,5; 0,9 i 0,7°C.

Ekstrema absolutne to skrajne wartości rozpatrywanej zmiennej odnotowane podczas całej serii pomiarowej, w przypadku temperatury powietrza jest to więc odpowiednio najwyższa i najniższa wartość dobowego maksimum i minimum w całym ciągu danych. W odniesieniu do obszaru Karkonoszy maksima absolutne wykazują bardzo silny związek z wysokością, natomiast w przypadku absolutnych minimów ten związek niemal zanika (Ryc. 19).

Analiza minimów dobowych i absolutnych pokazuje, że największe zagrożenie przymrozkami panuje na Hali Izerskiej, gdzie mogą one występować nawet w środku lata, a Karkonosze w strefie poniżej górnej granicy lasu stanowią obszar o stosunkowo małym zagrożeniu, trudniejsze pod tym względem warunki panują w dnie Kotliny Jeleniogórskiej. W dolnych partiach gór zwiększone zagrożenie przymrozkami pojawia się tylko w obrębie wciętych dolin górskich (Szklarska Poręba). Jedynym miejscem w Karkonoszach o bardzo dużym zagrożeniu przymrozkami, jednak mniejszym niż na Hali Izerskiej, jest dolina Kamiennej w rejonie Jakuszyc.

Sezonowy przebieg temperatury

Przebieg temperatury w ciągu roku nawiązuje do dopływu energii promieniowania, zależnej od długości dnia i kąta padania promieni słonecznych. W zamieszczonym zestawie danych (Tab. 2) najchłodniejszym i najcieplejszym miesiącem na wszystkich stacjach są odpowiednio styczeń i lipiec. Średnia temperatura stycznia

zmienia się od -1,0°C w Miłkowie na Pogórzu Karkonoskim do -7,0°C na Śnieżce. Zwraca uwagę odstępstwo od reguły spadku temperatury z wysokością w przypadku stacji reprezentujących płaskie dna kotlin (Cieplice i Hala Izerska), co wynika z często zaznaczających się w tych miejscach nocnych radiacyjnych inwersji temperatury. Kontrast termiczny w całym profilu wysokościowym jest większy w lipcu, gdy temperatura spada konsekwentnie ze wzrostem wysokości od 17,1°C w Cieplicach do 8,5°C na Śnieżce. W tej porze roku noc jest najkrótsza, stąd inwersja radiacyjna w formach wklęsłych również trwa krócej, powodując mniejsze niż zimą obniżenie średniej temperatury w stosunku do innych form terenu o podobnej wysokości.

Warto zaznaczyć, że w danym roku z uwagi na wahania warunków synoptycznych terminy wystąpienia sezonowego maksimum temperatury mogą znacząco odbiegać od warunków przeciętnych i dlatego najchłodniejszym miesiącem może być także luty lub grudzień, a sporadycznie nawet listopad albo marzec. W przypadku lata zdarza się, że najcieplejszym miesiącem oprócz lipca bywają także czerwiec lub sierpień.

Wskutek występowania bezwładności termicznej atmosfery powietrze osiąga najwyższą i najniższą temperaturę z opóźnieniem 2–6 tygodni względem odpowiednio dnia przesilenia letniego i zimowego. W warunkach górskich najmniejsze takie opóźnienie zaznacza się we wklęsłych formach terenu, natomiast jest ono większe w wyższych partiach gór. Z tego powodu na Śnieżce i pozostałych stacjach z grzbietu Karkonoszy temperatura sierpnia jest zbliżona do lipca i znacząco wyższa od czerwca, podczas gdy w dolnych partiach gór i w dnach kotlin ten kontrast jest mniejszy, a nawet czerwiec może być cieplejszy od sierpnia. Podobny efekt występuje także w przypadku sezonowego minimum temperatury, powodując na przykład, że luty na Śnieżce jest bardzo podobny termicznie do stycznia, a w zależności od wielolecia, z którego wyliczono wartości średnie, może stawać się nawet najchłodniejszym miesiącem roku.

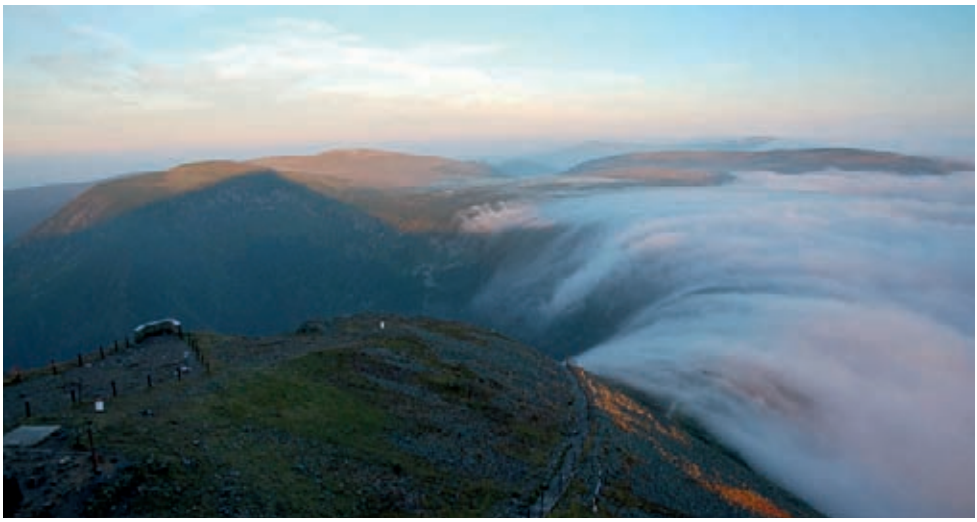
Roczna amplituda temperatury czyli różnica między średnią temperaturą najcieplejszego i najzimniejszego miesiąca jest największa u podnóża gór w obrębie dna Kotliny Jeleniogórskiej (Cieplice 19,5°C), stopniowo maleje w obrębie Pogórza Karkonoskiego (Miłków 17,6°C) i na dolnym odcinku stoku Karkonoszy (Karpacz 17,4°C) przez środkową część stoku (Polana 17,1°C) po wierzchowinę (Schronisko Ks. Henryka 15,6°C) i szczyt Śnieżki (15,6°C). Małe amplitudy roczne na szczytach Karkonoszy są przejawem tzw. nadoceanizmu gór.

Prawidłowości przestrzennego rozkładu temperatury

Przystępując do regionalnego ujęcia stosunków termicznych konieczne jest odniesienie się do przyjętego w literaturze podziału zaproponowanego przez KWIATKOWSKIEGO i HOŁDYSA (1985). Otóż w myśl ich koncepcji polska część Karkonoszy pozostaje w granicach dwóch odrębnych subregionów: karkonosko-izerskiego (K-Iz) i wschodniokarkonoskiego (E-K). Granica między nimi w strefie grzbietowej przebiega w osi Przełęczy Karkonoskiej, natomiast w środkowych i niższych partiach gór przesunięta jest jeszcze dalej na wschód poza Borowice, po linię Słonecznik – Czoło – Grabowiec. Subregion K-Iz okazał się być znacząco chłodniejszy od subregionu E-K a różnice klimatyczne między wschodnimi Karkonoszami i zachodnimi Karkonoszami bardziej znaczące niż między Karkonoszami a Górami Izerskimi.

Naszym zdaniem taki podział nie jest adekwatny do rzeczywistości, a wynika z przyjęcia danych ze stacji Jakuszyce jako reprezentatywnych dla środkowego piętra wysokościowego całego subregionu K-Iz. Stacja Jakuszyce w sensie formalnym faktycznie jest położona w Karkonoszach na wysokości 860 m n.p.m., na prawym brzegu rzeki Kamienna stanowiącej granicę między Karkonoszami i Górami Izerskimi, ale w warunkach zasadniczo odmiennych od pasa wysokościowego 700-1000 m n.p.m. ciągnącego się przez zachodnie Karkonosze wiele kilometrów od stoków Babińca na zachodzie po Kozacką Dolinę poniżej Przełęczy Karkonoskiej na wschodzie. W naszej opinii stacja w Jakuszycach reprezentuje warunki dna doliny o małym spadku, gdzie bardzo często dochodzi do silnego obniżenia temperatury przez gromadzenie zimnego powietrza podczas nocnego wypromieniowania ciepła z podłoża. Świadczą o tym bardzo niskie wartości temperatury minimalnej (GŁOWICKI 2005), która podczas wszystkich miesięcy w roku, nie wyłączając nawet lata, może spadać poniżej 0°C. Pod tym względem Jakuszyce przypominają warunki panujące we wklęsłych formach terenu rozległego plateau Gór Izerskich, w tym na Hali Izerskiej, natomiast nie mają swego odpowiednika w żadnym innym miejscu w polskiej części Karkonoszy.

Faktem jest, że w zachodnich Karkonoszach poza Jakuszycami nigdy nie funkcjonowała regularna stacja pomiarowa w środkowej partii stoku, nie uprawnia to jednak do traktowania danych z Jakuszyc jako adekwatnych dla całych zachodnich Karkonoszy. Wydaje się, że pod tym względem znacznie bardziej reprezentatywne dla stoków także zachodnich Karkonoszy są dane z dwóch stacji stokowych spoza tego subregionu (Pola-



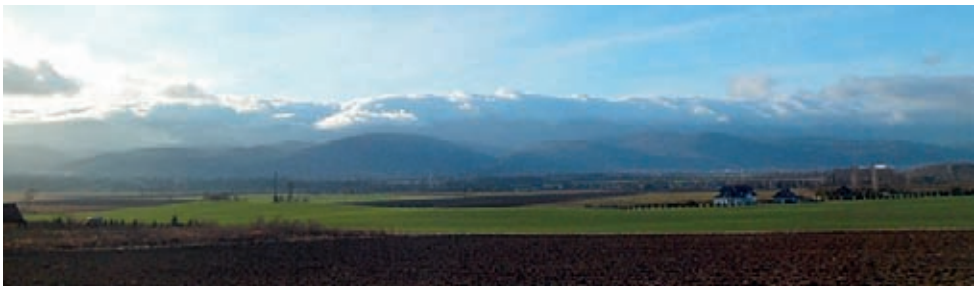
Ryc. 20. Powietrzny „wodospad" czyli przelewanie chłodnego i wilgotnego powietrza przez grzbiet górski, tutaj z Kotła Łomniczki w Obří Dul; ponadto na drugim planie (na prawo od cienia Śnieżki) widoczne mgły radiacyjne na Równi pod Śnieżką zaznaczające zasięg nocnego zastoiska chłodnego powietrza (wschód słońca 17.08.2012, fot. T. Nasiółkowski)

na i Wang) we wschodniej części gór. O podobieństwie warunków termicznych w pasie stoku zachodnich Karkonoszy do tych panujących we wschodniej części i jednocześnie o ich odmienności w stosunku do Jakuszyc mogą także świadczyć niepublikowane rezultaty pomiarów terenowych prowadzonych na północnym stoku Szrenicy (Wąsik 1977; Danko 1979; Szczepaniak 1979).

Obszar Karkonoskiego Parku Narodowego wykazuje bardzo silnie wyrażoną piętrowość stosunków termicznych. Czynnikiem decydującym o zróżnicowaniu termicznym jest wysokość bezwzględna. Temperatura średnia i dobowe maksima temperatury są bardzo ściśle kontrolowane przez pionowy gradient temperatury, wyznaczony przez równanie regresji bazujące na danych z wziętych pod uwagę stacji. Z tego powodu na obszarze niemal całego KPN z dość dużą dokładnością można wyznaczyć średnią temperaturę roczną, średnie maksima temperatury oraz w nieco mniejszym stopniu także średnie minima, używając przytoczonych na odpowiednich rycinach wzorów regresji. Prawie cały obszar Karkonoszy cechuje się znacznym spadkiem terenu, czego skutkiem jest niemal zupełny brak miejsc, w których mogłyby tworzyć się zastoiska zimnego powietrza. Do nielicznych wyjątków należą najniższe fragmenty enklawy KPN wokół góry Chojnik, które są często obejmowane przez inwersję termiczną tworzącą się w dnie Kotliny Jeleniogórskiej, ponadto niewielkie obszary o małym spadku w obrębie obniżenia oddzielającego Pogórze Karkonoskie od Karkonoszy, np. między Michałowicami a Jagniątkowem, dna kotłów Małego i Wielkiego Stawu – zwłaszcza podczas trwania zwartej pokrywy lodowej na jeziorach oraz spłaszczenia terenu na Równi pod Śnieżką (Ryc. 20).

Zachmurzenie

Zachmurzenie powiązane jest z oddziaływaniem dwóch podstawowych czynników: warunków atmosferycznych (tj. wilgotności powietrza wraz z typem pionowej stratyfikacji termicznej) oraz ruchu wstępującego powietrza. Ruch wstępujący może być wymuszony samą obecnością przeszkody orograficznej lub też dodatkowo czynnikiem termicznym (rola ekspozycji oraz pionowej stratyfikacji termicznej). Najbardziej typową sytuacją dla Karkonoszy jest wymuszone orografią wznoszenie się wilgotnego powietrza w górę stoku w warunkach równowagi stałej. Zjawisko przebiega najbardziej dynamicznie w czasie fenu (Ryc. 21). Zachmurzenie w obszarach górskich może także wzrastać, jeśli równowadze chwiejnej lub potencjalnie chwiejnej towarzyszy cyrkulacja dolinna o genezie termicznej. Uwalnianie się ciepła utajonego kondensacji w czasie wznoszenia powietrza prowadzi do dalszej intensyfikacji konwekcji i rozwoju zachmurzenia konwekcyjnego, ale na tym etapie już bez wspomagania ze strony czynnika orograficznego (Ryc. 16).



Ryc. 21. Zachmurzenie orograficzne w postaci wału fenowego (fot. M. Błaś)

Na ogół stopień zachmurzenia wzrasta z wysokością n.p.m. Jednak w chłodnej połowie roku, w antycyklonalnym typie pogody i warunkach inwersji termicznej ten układ może ulec odwróceniu. Zachmurzenie pojawia się w warstwie chłodnego powietrza pod inwersją (Ryc. 22). Strop chmur warstwowych sięga wtedy do wysokości 900–1200 m n.p.m. Ponad inwersją dochodzi do mezoskalowego osiadania powietrza z górnych warstw atmosfery. Oznacza to, że w grzbietowych partiach Karkonoszy notowany jest brak zachmurzenia oraz wyjątkowo niska wilgotność powietrza.

W skali roku obserwowany jest stopniowy wzrost zachmurzenia w profilu pionowym, od 6,8 w Jeleniej Górze do 7,3 na Śnieżce (Tab. 3). Są jednak pewne odstępstwa od tej prawidłowości. Największym średnim rocznym stopniem zachmurzenia w Karkonoszach (7,7) oraz największą liczbą dni pochmurnych (210) i najmniejszą dni pogodnych (13), charakteryzuje się zachodnia część Grzbietu Głównego Karkonoszy, którego reprezentantem jest Szrenica. Odpowiednie wartości dla Śnieżki to 7,3 oraz 191 i 30. Większe zachmurzenie na Szrenicy we wszystkich miesiącach roku (poza wrześniem) należy tłumaczyć jej położeniem na obrzeżu masywu. Ze względu na przewagę cyrkulacji z sektora zachodniego Szrenica częściej znajduje się po stronie dowietrznej, tj. w strefie wstępującej strugi powietrza, co przekłada się na wyraźny wzrost zachmurzenia (Ryc. 23). Szczyt Szrenicy jest także nieco częściej niż Śnieżka obejmowany przez zachmurzenie podinwersyjne, ze względu na swoje niższe położenie (około 250 m).

Obniżenia śródgórskie, reprezentowane przez Jelenią Górę, charakteryzują się większym stopniem zachmurzenia i przy tym mniejszą liczbą dni pogodnych i większą dni pochmurnych niż pozycje stokowe, dolinne (np. Karpacz; Tab. 3). Wynika to z częstego gromadzenia się w dnie wklęsłych form terenu (np. Kotlina Jelenio-



Ryc. 22. Zachmurzenie warstwowe, podinwersyjne, w warunkach pogody antycyklonalnej nad Grzbietem Lasockim (31.10.2009; fot. T. Nasiółkowski)

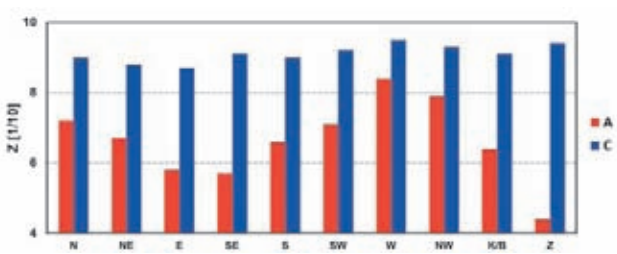
Tab. 3. Przebieg roczny zachmurzenia (Z) oraz średnia roczna liczba dni pogodnych (Z<2) i pochmurnych (Z>8) w profilu wysokościowym dla wielolecia 1961-1965 [1] Roczniki Meteorologiczne IMGW; [2] Archiwum Karkonoskiej Stacji Meteorologicznej)

Stacje	H	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	$Z_{śr}$	Z<2	Z>8
Jelenia Góra[1)]	342	7,1	7,3	7,3	6,6	7,4	6,4	6,8	6,6	5,3	5,7	7,8	7,0	6,8	35	159
Cieplice[1)]	345	7,2	7,5	7,3	6,6	7,8	6,8	7,2	7,1	5,4	5,6	7,8	7,2	7,0	40	179
Karpacz[1)]	700	6,6	7,0	7,2	6,4	7,3	6,2	6,4	6,2	5,0	5,2	7,6	6,7	6,5	44	146
Szklarska Poręba[1)]	705	7,1	7,4	7,7	7,0	7,6	6,9	7,2	6,6	5,6	5,7	7,9	6,9	7,0	34	168
Szrenica[2)]	1362	7,8	8,0	8,1	7,8	8,3	7,5	7,6	7,6	6,5	6,5	8,6	7,6	7,7	13	210
Śnieżka[1)]	1603	7,3	7,4	7,5	7,3	8,1	7,2	7,5	7,4	6,7	6,2	8,3	7,1	7,3	30	191

[1)] Roczniki Meteorologiczne IMGW; [2)] Archiwum Karkonoskiej Stacji Meteorologicznej).

Objaśnienie: H – wys. n.p.m. [m] Z – zachmurzenie [w skali 0-10] $Z_{śr}$ – zachmurzenie średnie roczne
Z<2 – dni pogodne Z>8 – dni pochmurne

górska) zimnego powietrza i tworzenia się mgieł radiacyjnych. Natomiast Karpacz reprezentujący pozycję stokową usytuowany jest na tyle wysoko, że znajduje się ponad stropem mgieł radiacyjnych tworzących się w Kotlinie Jeleniogórskiej, a z drugiej strony na tyle nisko, że nie jest obejmowany przez podstawę chmury orograficznej, która przykrywa wierzchowinowe partie Karkonoszy. Należy też nadmienić, że obniżony stopień zachmurzenia oraz zwiększona liczba dni pogodnych w Karpaczu wynika także z zasłonięcia półsfery niebieskiej przez stok Karkonoszy. Czyni to serię zachmurzenia z Karpacza mniej homogeniczną w porównaniu ze Śnieżką, Szrenicą, gdzie zachmurzenie jest oceniane praktycznie w skali całej półsfery niebieskiej.



Ryc. 23. Zachmurzenie na Szrenicy w zależności od typu cyrkulacji atmosferycznej, w rozbiciu na cyklonalny (C) i antycyklonalny (A) typ pogody w wieloleciu 1961–2010 (Archiwum Karkonoskiej Stacji Meteorologicznej UWr.). Objaśnienia: K/B – klin wysokiego ciśnienia oraz bruzda niskiego ciśnienia, Z – centrum antycyklonu lub cyklonu

Największym zachmurzeniem charakteryzują się miesiące od listopada do marca oraz maj, ze względu na większą przewagę adwekcji mas powierza polarno-morskiego z sektora SW-W (Ryc. 23; Tab. 3). Najmniejszym zachmurzeniem wyróżniają się miesiące przejściowych pór roku, z wrześniem i październikiem na czele. Minimum jesienne pokrywa się z rocznym maksimum występowania kompleksu pogody antycyklonalnej oraz napływem suchego powietrza kontynentalnego z sektora E-SE-S. W chłodnej połowie roku, ze względu na przewagę stałej stratyfikacji termicznej, dominuje zachmurzenie warstwowe, nie podlegające w sposób istotny rytmice dobowej. W miesiącach letnich, w dziennej części doby, nad nagrzanymi stokami dochodzi do rozwoju prądów konwekcyjnych i pojawiania się lokalnego zachmurzenia kłębiastego, które zanika w nocnej części doby.

Opady atmosferyczne

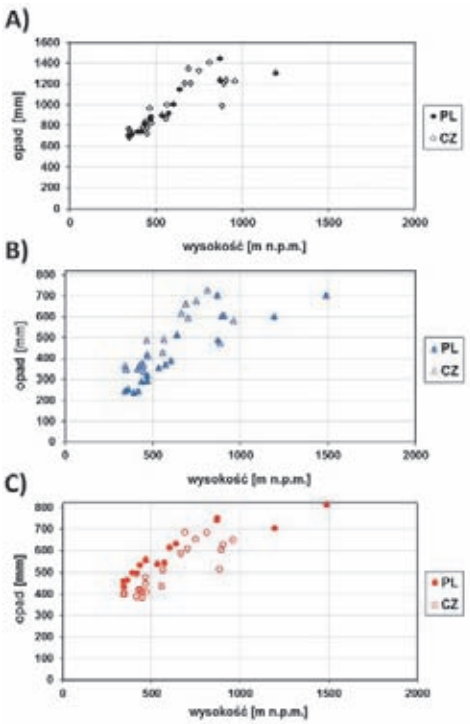
Opady atmosferyczne to jeden z kluczowych elementów stanowiących o warunkach klimatycznych Karkonoszy, choćby z uwagi na częstość zjawisk opadowych, ich wpływ na szatę śnieżną i kształtowanie wezbrań przenoszących się w dół dorzeczy daleko poza granice regionu. Niestety pomiary opadu atmosferycznego w warunkach górskich są mało dokładne, szczególnie podczas silnego wiatru i opadu śniegu. Największe błędy pomiarowe występują na wierzchowinie Karkonoszy, a zwłaszcza na Śnieżce. Ocenia się, że w skali rocznej opad rzeczywisty jest większy od zmierzonego od 24% u podnóży gór do 50% w strefie szczytowej (KWIATKOWSKI 1982), a błędy dla miesięcy zimowych są jeszcze większe. Podczas weryfikacji materiału po-

miarowego odrzucono dane ze Śnieżki, bowiem zmierzona wartość rocznego opadu (1158 mm z lat 1891–1930) jest tak zaniżona, że powoduje powstanie w górnych partiach Karkonoszy fikcyjnego spadku sum opadów ze wzrostem wysokości. W dalszych rozważaniach będą rozpatrywane sumy opadów zmierzonych, a nie rzeczywistych – należy zatem pamiętać o uczynionych zastrzeżeniach.

Opady atmosferyczne w polskich Karkonoszach są zjawiskiem częstym, średnia roczna liczba dni z opadem R≥0,1 mm rośnie od 187–200 u podnóży do ponad 220 w strefie szczytowej. Roczna liczba dni z opadem R≥10 mm zmienia się od 35 w najniższych partiach do 43 w strefie szczytów i w każdym z pięter wysokościowych takie opady występują głównie latem (KWIATKOWSKI & HOŁDYS 1985).

Roczne sumy opadów atmosferycznych na obszarze Karkonoskiego Parku Narodowego (Tab. 4) zależą głównie od wysokości bezwzględnej i wynoszą od około 700–750 mm na wysokości 400 m n.p.m., szybko rosną do około 1200 mm na wysokości 900 m n.p.m. i na grzbietach osiągają wartość 1400–1500 mm. Charakterystyczne są wysokie sumy opadów obserwowane w Jakuszycach, gdzie na wysokości poniżej 900 m n.p.m. roczne opady przekraczają 1400 mm. Tak wysokie opady na tak niedużej wysokości są zjawiskiem typowym dla Gór Izerskich, natomiast w polskiej części Karkonoszy występują tylko tutaj.

Interesujących wniosków dostarcza porównanie sum opadów atmosferycznych w różnych piętrach wysokościowych polskich i czeskich Karkonoszy (Ryc. 24A). W tym zestawieniu wykorzystano dane z 15 stacji śląskich z wielolecia 1891–1930 oraz z 21 stacji czeskich z lat 1901–1950. Średnia wysokość obydwu grup stacji jest podobna (627 m n.p.m. dla stacji śląskich i 604 m n.p.m. dla stacji czeskich) pozwalając na wzajemne odniesienie także uśrednionych wartości opadu dla obydwu grup. Roczne sumy opadów układają się po obu stronach Karkonoszy w sposób podobny, wynosząc średnio 995 mm po stronie czeskiej i 970 mm po stronie polskiej, co oznacza że opady w Czechach są o prawie 3% wyższe. Sumy opadów rosną wraz z wysokością, z przeciętnym gradientem ok. 90 mm/100m. Gradient pionowy rocznych sum opadu powyżej wysokości 1000 m n.p.m. jest wyraźnie mniejszy, jednak wyznaczony jest na podstawie małej liczby stacji i obciążony dużym marginesem niepewności ze względu na rosnące z wysokością błędy pomiarowe.



Ryc. 24. Sumy opadów rocznych (A), półrocza zimnego (B) i ciepłego (C) w odniesieniu do wysokości w rejonie Karkonoszy po śląskiej (PL) i czeskiej (CZ) stronie gór; półrocze ciepłe to miesiące od kwietnia do września, pozostałe stanowią półrocze zimne. W zestawieniu wykorzystano dane ze stacji szeregowanych wg rosnącej wysokości: PL (1891-1930) – Cieplice, Jelenia Góra, Łomnica, Mysłakowice, Staniszów, Miłków, Wojków, Kowary, Przesieka, Jagniątków, Karpacz, Szklarska Poręba, Jakuszyce, Karpacz-Wang, Hala Szrenicka, Śnieżne Kotły; CZ (1901-1950) – Benešov, Hostinné, Cista, Trutnov, Mostek, Nová Paka, Libstat, Vrchlabí, Jilemnice, Horní Branna, Roprachtice, Horní Maršov, Dolní Dvůr, Labská Prehrada, Harrachov, Spindlerův Mlyn, Pec pod Sněžkou, Benecko, Horní Dušnice, Rokytnice nad Jizerou, Malá Úpa

O ile roczne sumy opadów po obydwu stronach Karkonoszy układają się dość podobnie, o tyle występują wyraźne różnice pomiędzy zimną i ciepłą połową roku (Ryc. 24B i 24C). W półroczu zimnym sumy opadów po stronie czeskiej są o 25% wyższe niż po stronie polskiej, a podczas trzech miesięcy zimowych (grudzień+styczeń+luty) aż o 41% wyższe. Podstawowym powodem jest zdecydowana przewaga w okresie chłodnym napływu powietrza z zachodu i południowego-zachodu z występującym spiętrzaniem na stokach dowietrznych tzn. głównie po czeskiej stronie Karkonoszy. Część polska znajduje się wtedy po stronie zawietrznej, a zatem opadanie powietrza powoduje adiabatyczne ogrzewanie i zmniejszanie obserwowanych sum opadu.

Odmienna sytuacja panuje w ciepłej części roku, gdy napływ wilgotnych mas powietrznych następuje z zachodu i północnego zachodu, a nawet z północy i północnego wschodu. Wtedy stoki polskich Karkonoszy

przekształcają się w stoki dowietrzne o zwiększonych sumach opadu w stosunku do czeskiej części gór. Ponadto opady letnie w znacznej mierze mają charakter konwekcyjny, bez wyraźnego związku z cyrkulacją atmosferyczną i w takich sytuacjach rozkładają się w zależności od zasięgu i trasy przemieszczania komórek konwekcyjnych, nie wykazując wyraźnych prawidłowości przestrzennych. Z tych względów opady ciepłej części roku są wyższe w polskich Karkonoszach, a średnia suma opadów strony czeskiej stanowi tylko 87% opadów po polskiej stronie gór.

Opady w całych Karkonoszach są w zasadzie wyrównane w ciągu roku, jednak wykazują pod tym względem istotne różnice pomiędzy stroną czeską i polską. W czeskich Karkonoszach stosunek opadów półrocza letniego do zimowego wynosi 94–116% i nie wykazuje związku z wysokością. W kilku przypadkach np. w Pecu i Szpindlerowym Młynie opady w półroczu zimowym są nawet większe niż w letnim. W polskich Karkonoszach we wszystkich stacjach opady półrocza letniego są wyższe niż w półroczu zimowym, a odpowiedni wskaźnik wynosi od 188% u podnóża gór w Cieplicach do 116% w strefie grzbietowej (Śnieżne Kotły), jedynie w Jakuszycach obniża się do 106% (Tab. 4). Stacja w Jakuszycach wykazuje dużą dodatnią anomalię opadową i zwłaszcza w chłodnej połowie roku pozostaje pod wpływem spiętrzania powietrza po stronie czeskiej, dlatego nie może być traktowana jako reprezentatywna dla całych zachodnich Karkonoszy. W przebiegu sezonowym w polskich Karkonoszach w pełnym profilu wysokościowym miesiącem o największych opadach jest lipiec, jednak w wysokich partiach gór (Śnieżne Kotły i Hala Szrenicka) oraz w Jakuszycach pojawia się drugorzędne maksimum zimowe zaznaczające się w grudniu i styczniu (Tab. 4). Opady są najniższe w lutym, jedynie na stacji Śnieżne Kotły w listopadzie.

W odniesieniu do opadów atmosferycznych, podobnie jak w przypadku stosunków termicznych, polskie Karkonosze stanowią względnie jednolity region, w którym o opadach decyduje wysokość nad poziomem morza. Zasadnicze różnice na podobnych wysokościach występują nie w kierunku wschód-zachód, a pomiędzy południową i północną stroną gór. Po stronie polskiej zaznacza się pewna odrębność opadowa części zachodniej polegająca na zwiększeniu sum opadów zimowych, ale jest ona ograniczona do górnego odcinka doliny Kamiennej powyżej ujścia Szklarki. Za przyczynę tego efektu należy uznać stosunkowo słabsze prądy zstępujące podczas cyrkulacji południowej z uwagi na dość niski Grzbiet Główny Karkonoszy na zachód od Szrenicy oraz obecność niewiele niższego, równoległego do Karkonoszy, Grzbietu Wysokiego Gór Izerskich utrudniającego spływ prądów fenowych (Kwiatkowski 1985).

Tab. 4. Sezonowy przebieg sum opadów atmosferycznych [mm] wg miesięcy w Karkonoskim Parku Narodowym i jego sąsiedztwie, dane z lat 1891-1930 (Klimakunde... 1939). Objaśnienia: H – wysokość [m n.p.m.], PZ – półrocze zimowe (I+II+III+X+XI+XII), PL – półrocze letnie (IV+V+VI+VII+VIII+IX), L/Z stosunek opadów półrocza letniego do zimowego

stanowisko	H	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok	PZ	PC	L/Z
Cieplice	345	39	29	43	53	81	82	97	82	61	50	42	40	699	243	456	1,88
Jagniątków	575	57	49	60	72	95	95	109	95	76	72	65	64	909	367	542	1,48
Karpacz	605	60	44	66	81	103	106	130	104	87	81	72	63	997	386	611	1,58
Szklarska Poręba	640	84	66	78	84	102	113	126	111	95	98	90	94	1141	510	631	1,24
Jakuszyce	871	136	97	102	101	104	130	158	136	112	118	111	136	1441	700	741	1,06
Karpacz-Wang	872	78	60	83	101	127	128	160	122	111	100	88	75	1233	484	749	1,55
Hala Szrenicka	1195	106	79	82	84	104	129	140	134	112	116	98	116	1300	597	703	1,18
Śnieżne Kotły	1490	161	117	109	100	125	147	170	146	123	114	98	102	1512	701	811	1,16

Mgła i osady mgielne

Geneza mgły

Najczęściej notowanym zjawiskiem meteorologicznym w Karkonoszach jest mgła. Ma ona postać zawiesiny mikroskopijnych (2–50 μm) kropelek wody (znacznie rzadziej kryształków lodu), które są unoszone bezpośrednio nad powierzchnią gruntu. Zgodnie z instrukcją dla stacji meteorologicznych, z mgłą mamy do czynienia,

jeśli wspomniane kropelki wody, bądź kryształki lodu, ograniczają widzialność poziomą poniżej 1 km (NIEDŹWIEDŹ 2003). W górach mgłą jest dość często chmura o znacznych rozmiarach horyzontalnych, której dolna podstawa styka się z powierzchnię topograficzną.

Frekwencja mgły w obszarach o urozmaiconej rzeźbie terenu jest zależna od wysokości nad poziomem morza, wysokości względnej, formy terenu (wklęsła, wypukła) oraz ekspozycji stoku względem kierunku adwekcji wilgotnego powietrza. Mgła radiacyjna jest konsekwencją nocnego wypromieniowania ciepła z podłoża i jest charakterystyczna dla wklęsłych form terenu. Mgła pojawiająca się na wypukłych formach terenu jest genetycznie związana z chmurą o zasięgu regionalnym lub wstępującym ruchem powietrza wymuszonym przez orografię. Analizowany w dalszej części rozdziału parametr „dzień z mgłą" należy rozumieć, jako dobę, w której co najmniej w jednym z 8 terminów synoptycznych (godzina 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 UTC (ang. Coordinated Universal Time = Uniwersalny Czas Koordynowany) odnotowano zjawisko mgły.

Średnioroczna częstość mgły w Karkonoszach

Rozkład przestrzenny średniej rocznej liczby dni z mgłą w Karkonoszach pokrywa się generalnie ze zmiennością zachmurzenia. Najwięcej dni z mgłą występuje w stacjach usytuowanych na grzbiecie Karkonoszy (Szrenica – 274 dni i Śnieżka – 296 dni; Tab. 5). Tak dużej frekwencji dni z mgłą w Karkonoszach sprzyja korzystna ekspozycja na adwekcję wilgotnego powietrza atlantyckiego, częstość i skala deformacji pola przepływu powietrza, średnia wysokość oraz brak konkurencyjnych pasm górskich w ich bezpośrednim sąsiedztwie.

Dzięki tym czynnikom spiętrzanie napływającej masy powietrznej jest bardziej intensywne i praktycznie niezależne od kierunku cyrkulacji atmosferycznej. Frekwencja mgły szybko maleje w miarę posuwania się w dół stoku Karkonoszy (Karpacz – 61 i Szklarska Poręba – 34 dni), by ponownie znacząco wzrosnąć na dnie kotlin i dolin (Jelenia Góra – 68 dni; Tab. 5). W przypadku pozycji stokowej dogodne warunki do tworzenia się mgły orograficznej występują jedynie przy napływie wilgotnego powietrza z kierunku, w którym jest on eksponowany. W przeciwnym razie efekt wymuszonego orografią spiętrzania powietrza jest słabszy lub też dane stanowisko znajduje się w strefie oddziaływania prądu zstępującego, w którym wilgotność powietrza jest daleka od stanu nasycenia parą wodną. Wzrost częstości mgły w dnach wklęsłych form terenu należy wiązać z antycyklonalnymi typami pogody. Panują wtedy dogodne warunki do tworzenia się zastoisk chłodu oraz inwersji temperatury.

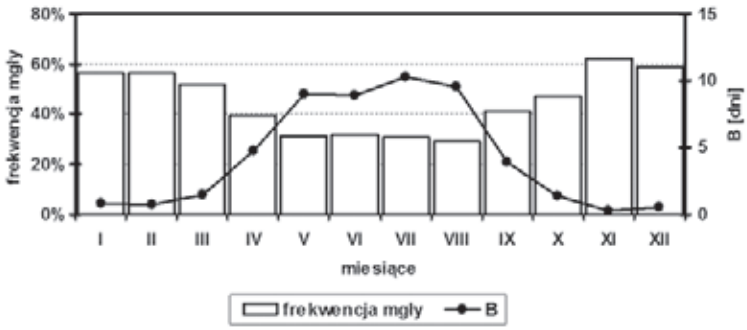
Tab. 5. Przebieg roczny frekwencji mgły w profilu wysokościowym dla wielolecia 1961-1965 [1] Roczniki Meteorologiczne IMGW; [2] Szrenica: wielolecie 1961-2010; Archiwum Karkonoskiej Stacji Meteorologicznej

Stacje	H[x]	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Jelenia Góra[1]	342	3	5	4	5	4	5	3	7	11	11	6	4	68
Cieplice[1]	345	5	5	3	4	4	1	1	1	6	6	5	4	43
Karpacz[1]	700	5	5	6	7	5	4	3	5	3	6	9	3	61
Szklarska Poręba[1]	705	1	4	4	4	2	2	0	2	1	3	6	4	34
Szrenica[2]	1362	27	24	25	20	23	18	19	22	19	23	28	26	274
Śnieżka[1]	1603	26	23	26	23	26	24	22	25	24	24	28	25	296

x) wys. n.p.m. [m]

Przebieg częstości mgły na Szrenicy w cyklu dobowym i rocznym

Ponad 50-letnia seria pomiarów meteorologicznych prowadzonych w Karkonoskiej Stacji Meteorologicznej na Szrenicy (1961–2012) umożliwia przeprowadzenie szczegółowej analizy rocznego i dobowego rytmu występowania mgły w Karkonoszach. Jej frekwencja w przebiegu rocznym jest wyraźnie powiązana z temperaturą powietrza oraz wysokością podstawy chmur piętra dolnego. W miesiącach V–VIII osiąga ona swoje roczne minimum (30%, Ryc. 25). Jednak styczniowe minimum temperatury nie pokrywa się dokładnie z maksymalną miesięczną częstością mgły. Przewaga listopada wynika z największej częstości układów niskiego ciśnienia oraz z faktu, że powietrze oceaniczne napływające nad kontynent późną jesienią jest bardziej zasobne w parę wodną niż w miesiącach zimowych.



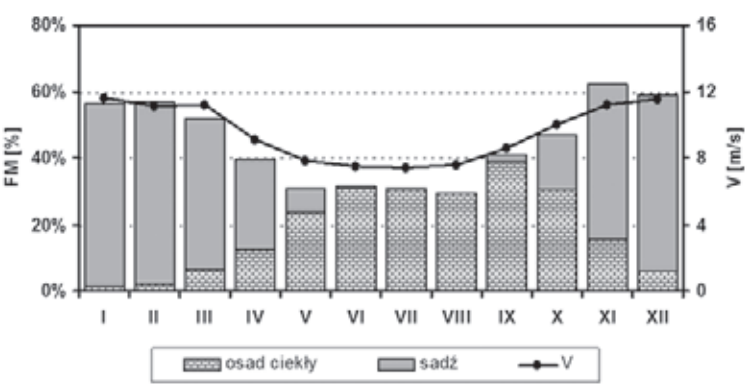
Ryc. 25. Częstość dni z mgłą oraz zachmurzeniem całkowitym (B) bez notowanej mgły na Szrenicy w wieloleciu 1961-1990

Największą frekwencję mgły w ujęciu dobowym, przekraczającą 50%, notowano pomiędzy godziną 4 i 6 UTC, a najmniejszą od 13 do 15 UTC (poniżej 40%). Taka zmienność jest pochodną dobowego przebiegu temperatury. Niższa temperatura w godzinach rannych oznacza większe prawdopodobieństwo kondensacji, przy danej zawartości pary wodnej. Odwrotne zależności obserwowane są w godzinach popołudniowych, kiedy temperatura powietrza osiąga swoje dobowe maksimum, a częstość mgły swoje minimum. Amplituda dobowa częstości mgły jest zatem większa w dniach z typem pogody antycyklonalnej, w których notuje się większą dobową amplitudę temperatury.

W dniach z typem pogody cyklonalnej mgła na Szrenicy pojawia się najczęściej przy cyrkulacji z sektora SW-W-NW, natomiast dla antycyklonalnej charakterystyczna jest przewaga kierunku NE. Najmniej predysponowane do dużej liczby dni z mgłą na Szrenicy są kierunki E, SE i S.

Osady z mgły jako dodatkowe źródło przychodu wody

Osadzanie się nieprzechłodzonych kropelek mgły na powierzchni ziemi i różnych przedmiotów (np. roślinach, skałach, budynkach) o dodatniej temperaturze nazywane jest osadem ciekłym. Z kolei sadź tworzy się w wyniku zamarzania przechłodzonych kropelek mgły na przedmiotach o temperaturze poniżej 0°C. Sadź, nazywana też szadzią, ma postać lodowego nalotu przypominającego najczęściej pióra, które narastają od dowietrznej strony na powierzchni obiektów wystających z podłoża (Ryc. 35). W zależności od temperatury powietrza, struktura sadzi jest mniej lub bardziej delikatna i dlatego wyróżnia się sadź lodową, twardą i miękką (LIEBERSBACH 1980). W skali roku częściej występuje sadź (57% wszystkich dni z mgłą) niż osad ciekły (43%). Wiąże się to w oczywisty sposób z wysokością n.p.m. i wynikającą z niej niską temperaturą powietrza. Druga przy-



Ryc. 26. Udział osadu ciekłego i sadzi (FM) oraz średnia prędkość wiatru (V) na Szrenicy w przebiegu rocznym w wieloleciu 1961-1990 (BŁAŚ 2001)

czyna to blisko dwukrotnie większa frekwencja mgły w miesiącach chłodnej części roku. Większy udział osadu ciekłego na Szrenicy jest typowy dla okresu od maja do października, a w przypadku sadzi od listopada do kwietnia (Ryc. 26).

Osad kropelek mgły to dodatkowe porcje wody dochodzące do powierzchni gruntu. Przychód wody z mgły może odbywać się poprzez ich sedymentację lub zderzenia inercyjne (bezwładnościowe). Znacznie bardziej wydajne są zderzenia inercyjne, polegające na pasywnym wychwytywaniu kropelek niesionych siłą wiatru. O wydajności przychodu wody decyduje pokrycie terenu (tj. typ receptora) oraz położenie stanowiska w konkretnej mikro-formie terenowej (wypukłość-wklęsłość). Stąd też wydajność osadu w sezonie wegetacyjnym (V–X) w strefie wysokościowej 1100–1400 m n.p.m. w Karkonoszach zmienia się w bardzo szerokim zakresie, tj. od kilkudziesięciu do ponad 1200 mm (Woźniak 1991, Sobik 1999). Do najbardziej wydajnych należy zaliczyć drzewa z uwagi na ich wysokość i znaczne rozwinięcie powierzchni recepcyjnej. Ogromne znaczenie ma także pozycja stanowiska w obrębie drzewostanu, ponieważ wzajemne osłanianie się roślin powoduje zmniejszenie prędkości wiatru oraz wodności mgły. Największej sumy osadu w Karkonoszach można oczekiwać w strefie górnej granicy lasu (1200–1350 m n.p.m.), mniejszej dla kosodrzewiny (1350–1500 m n.p.m.) i najmniejszej na powierzchniach trawiastych i pozbawionych roślinności rumowiskach skalnych (Sobik 1999; Błaś 2001).

Należy nadmienić, że osady z mgły prowadzą nie tylko do zwiększenia ilości wody docierającej z atmosfery do powierzchni gruntu, lecz co ważniejsze, przyczyniają się do istotnego wzrostu mokrej depozycji zanieczyszczeń. Efektem jest dodatkowe osłabienie drzewostanów, tym łatwiej poddających się negatywnemu oddziaływaniu czynników biotycznych.

Pokrywa śnieżna

Charakterystyczna dla Karkonoszy jest obfita i długotrwała pokrywa śnieżna, stanowiąca także jedną z atrakcji przyciągającą w góry rzesze turystów. Karkonoska szata śnieżna była przedmiotem wielu publikacji dotyczących różnych jej aspektów (m. in. Schinze 1932; Kosiba 1949; Kwiatkowski & Lucerski 1979; Kwiatkowski 1985; Głowicki 1977 i 2005; Piasecki 1995; Potocki 2004; Sobik i in. 2009).

Pokrywa śnieżna zależy głównie od dwóch czynników: wysokości opadów w postaci stałej i temperatury powietrza decydującej o trwaniu bądź topieniu śniegu, dodatkowo zaznacza się wpływ intensywności promieniowania słonecznego w zależności od wystawy stoków, przewiewania śniegu przez wiatr, lokalnej rzeźby terenu i szaty roślinnej (Ryc. 27 i 28). Najważniejsze wskaźniki charakteryzujące pokrywę śnieżną to sezonowa liczba dni z pokrywą, wysokość (grubość) warstwy śniegu i zapas wody w śniegu.

W rejonie Karkonoszy polskich sezonowa pokrywa śnieżna zalega od 70 dni w dnie Kotliny Jeleniogórskiej, 60–65 dni w dolnych partiach Pogórza Karkonoskiego, 80–90 dni na wysokości 600 m n.p.m. (w rejonie Szklarskiej Poręby ok. 100 dni), po czym systematycznie rośnie z wysokością do około 130–140 dni na wysokości 900 m n.p.m. (tylko na zachód od Szrenicy po Jakuszyce ok. 150–160 dni), 160–170 dni na wysokości 1100 m n.p.m., a przy górnej granicy lasu na wysokości 1200–1250 m n.p.m. rośnie do 180–200 dni. Powyżej tej wysokości, na wierzchowinie Karkonoszy, pokrywa śnieżna zalega krócej – od 160 do 180 dni w roku. Maksymalna trwałość pokrywy charakterystyczna dla strefy ekotonowej na górnej granicy lasu wynika z przewiewania wielkich ilości śniegu z wierzchowiny w dół stoku, gdzie śnieg jest zatrzymywany przez pierwsze drzewa. Jeszcze dłużej śnieg może zalegać tylko we wklęsłych formach kotłów polodowcowych i nisz niwalnych, gdzie na przedłużenie trwania śniegu – obok nawiewania przez wiatr – wpływa także osłona płatów śnieżnych przez strome stoki i ściany skalne przed dopływem promieniowania słonecznego. Współcześnie ostatnie płaty śnieżne z reguły zanikają w lipcu.

W czasie przeciętnej zimy najgrubsza pokrywa śnieżna najwcześniej, bo na początku lutego, występuje od dna Kotliny Jeleniogórskiej po Pogórze Karkonoskie i jej grubość średnio wynosi 15–20 cm, na wysokości 600 m n.p.m. przesuwa się na drugą połowę lutego i wynosi 20–25 cm, na wysokości 900 m n.p.m. występuje na przełomie lutego/marca (55 cm, a na zachód od Szrenicy 80 cm), na wysokości 1100 m n.p.m. opóźnia się do połowy marca (ok. 130 cm), w strefie 1200–1300 m n.p.m. wynosi około 170–180 cm i też występuje w połowie marca. Na wierzchowinie wysokość pokrywy szybko maleje, najwyższa jest także w połowie marca i na wysokości 1400–1500 m n.p.m. przeciętnie wynosi 50–110 cm, zależąc głównie od



Ryc. 27. Lokalne zróżnicowanie gatunku śniegu: szreń solarna o charakterze tzw. firnspiegel oraz pakiety nawianego śniegu w szczytowych partiach Studniční Hory (18.03.2010, fot. T. Nasiółkowski)

ekspozycji na działanie wiatru. Największa wysokość pokrywy występuje lokalnie w kotłach i niszach niwalnych, gdzie może osiągać ponad 5 metrów.

Zróżnicowanie przestrzenne pokrywy śnieżnej w całych Karkonoszach jest wypadkową wpływu wysokości bezwzględnej i orograficznej deformacji pola przepływu mas powietrznych kształtującej opady i temperaturę. Wskutek tej deformacji powstaje duży kontrast w zaśnieżeniu zlewni Łaby (makro-ekspozycja SW i W) w stosunku do obszaru zlewni Odry (makro-ekspozycja NE i N), z dłuższym czasem zalegania pokrywy śnieżnej i większą jej grubością w zlewni Łaby. Zważywszy na przewagę cyrkulacji atmosferycznej w miesiącach zimowych z zachodu i południa, deformacja ta skutkuje nasileniem ruchów wstępujących powietrza w południowo-



Ryc. 28. Nawisy śnieżne na górnej krawędzi Wielkiego Śnieżnego Kotla (14.03.2012, fot. T. Nasiółkowski)

-zachodniej części obszaru, a zstępujących w części północno-wschodniej. W rezultacie, podczas trwania zimy, w tych samych piętrach wysokościowych (głównie w dolnych i środkowych partiach stoków) po północno-wschodniej stronie gór występują mniejsze sumy opadów atmosferycznych oraz wyższa temperatura powietrza w stosunku do strony południowo-zachodniej. Warunki zaśnieżenia charakterystyczne dla dolnej i środkowej części stoków Karkonoszy w zlewni Łaby (przedział wysokości 400–800 m n.p.m.), po północnej stronie gór w zlewni Odry występują ok. 250–300 m wyżej. W granicach polskich Karkonoszy dobrze udokumentowana jest duża dodatnia anomalia zalegania śniegu w rejonie Przełęczy Szklarskiej i Jakuszyc, stopniowo słabnąca w górnym odcinku doliny Kamiennej po ujście Szklarki – ponadto jak wynika z przeprowadzonych rekonesansów terenowych, stosunkowo obfita pokrywa śnieżna występuje w obrębie Kozackiej Doliny. Uzasadnieniem dla ich istnienia jest opisane wcześniej zróżnicowanie lokalnej cyrkulacji atmosferycznej rzutujące na stosunki opadowe i termiczne.

Bardzo groźnym zjawiskiem związanym z zaleganiem śniegu są lawiny śnieżne. W polskich Karkonoszach występują one przede wszystkim w obrębie kotłów polodowcowych i nisz niwalnych. Największe zagrożenie lawinowe powstaje nie tyle podczas dużych opadów śniegu, ale raczej pod wpływem przewiewania śniegu (Ryc. 29) z wierzchowiny na strome zawietrzne stoki. Przewiany śnieg składa się z bardzo drobnych kryształów lodu, ma bardzo dużą gęstość i odkłada się w wielkich ilościach. Przykładowo, w dniach 4–5 lutego 2005 roku w żlebach Kotła Małego Stawu huraganowy wiatr nawiał z obszaru Równi pod Śnieżką na już istniejącą grubą warstwę śniegu nową warstwę o grubości około 1,5 m i gęstości przekraczającej 400 kg/m^3. Jedna ze schodzących tego dnia lawin spowodowała śmierć 2 osób poruszających się w Żlebie Slalomowym. Podobną przyczynę miała także najbardziej tragiczna katastrofa lawinowa w polskich górach, która nastąpiła 20 marca 1968 roku w Białym Jarze, powodując śmierć 19 turystów.



Ryc. 29. Dowód usunięcia warstwy śniegu przez silny wiatr: dawne zagłębienia po krokach stanowią teraz formy wypukłe (Równia pod Śnieżką, 10.02.2005, fot. W. Gorączko)

Ekstremalne zdarzenia pogodowe

Podstawowe cechy zdarzeń ekstremalnych to: małe prawdopodobieństwo wystąpienia, skrajna wartość określonego elementu meteorologicznego oraz negatywne, czasami katastrofalne skutki w środowisku przyrodniczym, czy też w wymiarze ekonomicznym. Pomimo tego, że są to zjawiska rzadkie, należy traktować je jako naturalny element systemu klimatycznego. Z wielu rodzajów meteorologicznych zdarzeń ekstremalnych, analizie zostaną poddane jedynie te, które wywołują najbardziej dotkliwe skutki w Karkonoszach w kontekście

przyrodniczym oraz materialnym, tj. rozlewne i nawalne opady atmosferyczne, huraganowy wiatr, wydajne oblodzenie oraz lawiny śnieżne.

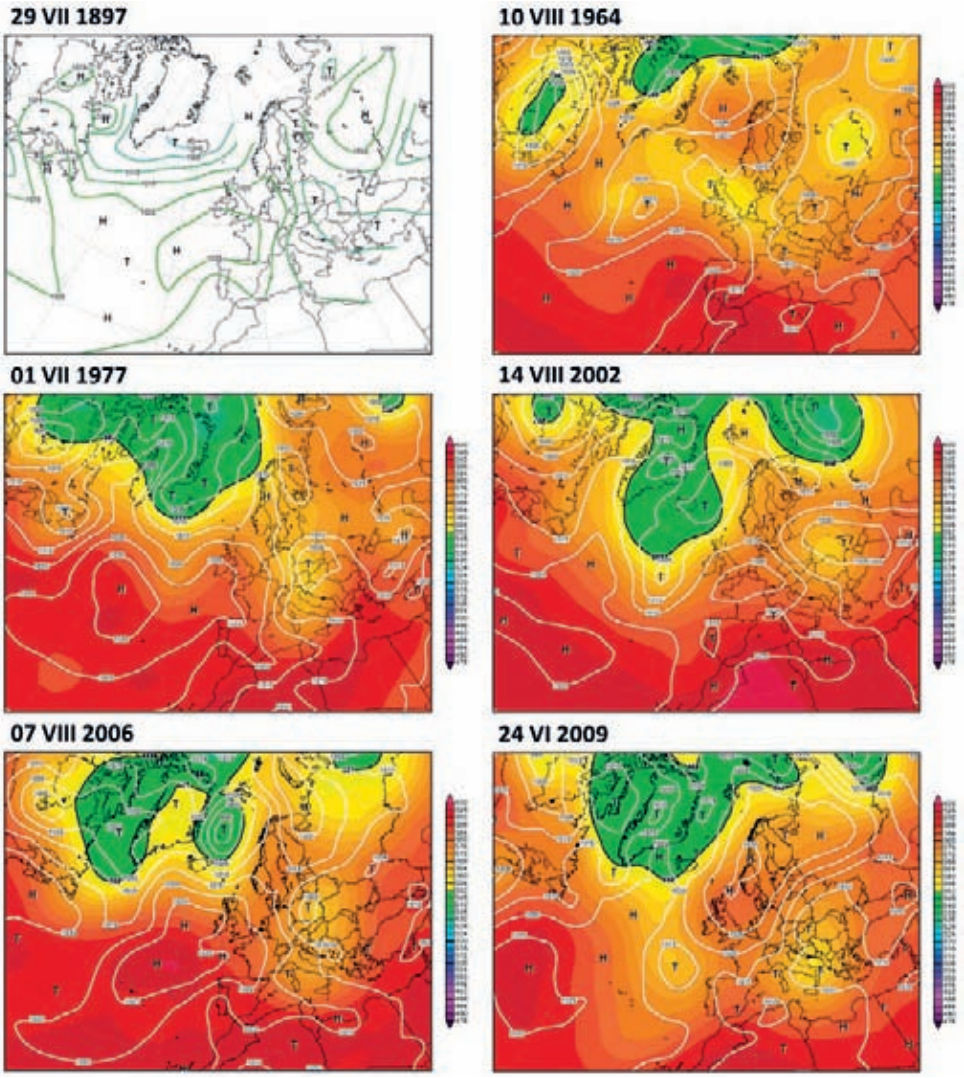
Opady ekstremalne pojawiające się w Karkonoszach mogą mieć charakter rozlewny lub nawalny. Oba typy różnią się przede wszystkim genezą, zasięgiem przestrzennym oraz czasem trwania i intensywnością. Opady rozlewne są notowane na znacznym obszarze, nie osiągają szczególnie dużej intensywności, ale ze względu na ciągły charakter opadu wprowadzają duże ilości wody na obszar objętych nimi zlewni. Opady nawalne mają niewielki zasięg przestrzenny, są krótkotrwałe, ale wyróżniają się przede wszystkim rekordowym natężeniem. Opady rozlewne wywołane są przez makroskalową konwergencję mas powietrznych w układach cyklonalnych, natomiast opady nawalne są związane z silnymi ruchami wstępującymi powietrza w obrębie dużych komórek konwekcyjnych (Sobik & Błaś 2010). Tabela 6 jest zestawieniem udokumentowanych ekstremalnych sum opadu atmosferycznego, które wystąpiły na terenie Karkonoszy lub w ich bezpośrednim otoczeniu.

Tab. 6. Wybrane przypadki ekstremalnych opadów atmosferycznych w Karkonoszach oraz w ich bezpośrednim otoczeniu

Data; miejsce; wysokość m n.p.m., (zlewnia)	opad [mm]	Uwagi (źródło danych)
1897-07-29; Śnieżka; 1603 (Bóbr)	239,3/d	Sudety; [Die Hochwasser Katastrophe… 1897]
1897-07-29; Schr. Ks. Henryka; 1415 (Bóbr)	225/d	Sudety; [Die Hochwasser Katastrophe… 1897]
1897-07-29; Karpacz-Wang; 872 (Bóbr)	220/d	Sudety; (tego samego dnia Karpacz 91 mm, Miłków 117 mm, Kowary 187 mm); [Die Hochwasser Katastrophe… 1897]
1904-11-10; Orle; 825 (Izera/Łaba)	132,1/d	Sudety, Góry Izerskie; [Wussow 1920]
1909-07-02; Schronisko Śnieżne Kotły; 1490 (Bóbr)	219,7/d	Sudety; (tego samego dnia Śnieżka 192 mm, Karpacz Wang 130 mm [Wussow 1920]
1964-08-10; Bierutowice; 860 (Bóbr)	185,0/d	Sudety; prawie cała doba; [Sienkiewicz 1968]
1964-08-10; Kowary; 470 (Bóbr)	162,8/d	Sudety; prawie cała doba; [Sienkiewicz 1968]
1964-08-10; Świeradów; 550 (Kwisa/Bóbr)	151,0/d	Sudety; prawie cała doba; [Sienkiewicz 1968]
1968-05-29; Komarno; 500 (Bóbr)	190,6/d	500 ; Sudety, Góry Kaczawskie [Sienkiewicz 1968]; opad trwający 16 godzin ale w ciągu 1,5 godziny spadło 181,5 mm
1977-07-31 ÷ 1977-08-02; Jakuszce; 860 (Bóbr)	254,0	Sudety; opad 3-dniowy [Głowicki 1978 za Sobik & Błaś 2010]
1977-07-31; Szrenica; 1332 (Bóbr)	159,0/d	Sudety; [Głowicki 1978]
1977-08-01; Przełęcz Okraj (Bóbr)	190,6/d	Sudety/Karkonosze; [Głowicki 1978]
1978-08-08; Jakuszce; 872 (Bóbr)	171,2/d	Sudety/Karkonosze/Góry Izerskie; [Otop 2004]
2002-08-13; Jakuszce; 872 (Kamienna/Bóbr)	165,0/d	Sudety, [Dubicki i Malinowska-Małek 2005];
2006-08-07; Świeradów; 550 (Kwisa/Bóbr)	163,4/d	Sudety, [materiały pomiarowe IMGW]

Synoptyczne i orograficzne uwarunkowania ekstremalnych opadów atmosferycznych

Opady wywołane przez konwergencję. Każdemu układowi niskiego ciśnienia towarzyszy wymuszony ruch wstępujący (wślizg lub wypychanie ku górze) dużych objętości względnie cieplejszego powietrza po powierzchniach frontalnych. Dalszą konsekwencją tych procesów jest kondensacja zawartej w nim pary wodnej oraz powstawanie opadu atmosferycznego. Intensywność tych procesów nasila się wraz ze wzrostem zawartości pary wodnej oraz intensywnością wznoszenia powietrza, tzw. konwergencją. W zdecydowanej większości przypadków z notowanymi opadami ekstremalnymi, konfiguracja pola ciśnienia oraz kierunek napływu powietrza były bardzo zbliżone (29.07.1897, 10.081964, 31.07.1977, 07.08.2006, 28.06.2009). Karkonosze w takich sytuacjach znajdują się pod wpływem niżu usytuowanego na wschód lub południowy wschód (Ryc. 30). Po wschodniej stronie cyklonu ma miejsce adwekcja ciepłych i wilgotnych mas powietrza z południa (najczęściej zwrotnikowego). Po stronie zachodniej, z północy, napływa chłodne powietrze polarno-morskie. Pojawiająca się w takich sytuacjach, duża termiczna asymetria jest m.in. główną siłą napędową konwergencji (Ryc. 31). Jeśli dojdzie do spowolnienia ruchu strefy frontalnej, w której intensyfikuje się konwergencja, to sumy opadu

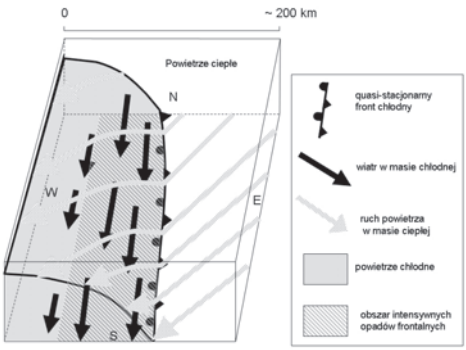


Ryc. 30. Mapy dolne sytuacji barycznej (izolinie) oraz mapy topografii barycznej 500 hPa (barwne tło) nad Europą w dniach z opadem rozlewnym spowodowanym przez makroskalową konwergencję (źródło: Karten Archiv, www.wetterzentrale.de)

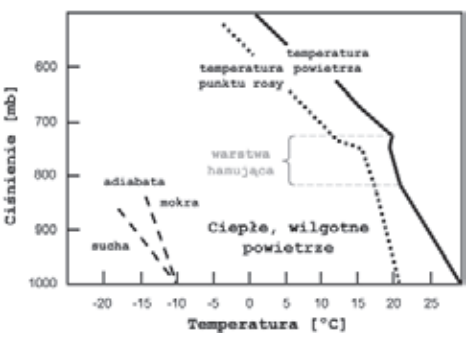
atmosferycznego mogą także poza górami osiągać wartości rekordowe (przekraczające nawet 50–100 mm w ciągu doby). Nad Karkonoszami dochodzi dodatkowo do intensywnego spiętrzania płynącego dołem chłodnego powietrza polarno-morskiego oraz dodatkowej kondensacji wody zwiększającej w istotny sposób wodność chmur dolnego piętra. Krople opadu, generowane z chmur frontalnych, w czasie opadania przez chmurę orograficzną zwiększają swoją objętość pod wpływem wymywania wewnątrzchmurowego, tj. zderzania się ich z kropelkami chmury. Mechanizm ten znany jest w literaturze pod nazwą „seeder-feeder" (FOWLER i in. 1988; DORE & CHOULARTON 1992). Powoduje on w Karkonoszach znaczące, często nawet więcej niż dwukrotne zwiększenie intensywności występującego opadu. Przy notowanych opadach rozlewnych największą intensywność opadu stwierdzono przy nasilającym się wietrze w strefie grzbietu Karkonoszy. Bardziej dynamiczny przepływ powietrza to większa objętość powietrza, które w danej jednostce czasu piętrzy się i nasyca parą wodną. W dalszej konsekwencji podtrzymywana jest duża intensywność wymywania dolnej chmury przez opad pochodzący z chmury frontalnej.

Opady wywołane przez konwekcję. W przypadku opadów nawalnych wywołanych przez konwekcję nie ma widocznej pozytywnej zależności sumy opadu od wysokości. Stąd też większość udokumentowanych zdarzeń z ekstremalnymi opadami nawalnymi wystąpiła poza Karkonoszami. Wydarzenie o podobnym charakterze w bezpośrednim sąsiedztwie Karkonoszy wystąpiło 29.05.1968 w Komarnie w Górach Kaczawskich. Prawdopodobieństwo wystąpienia opadu nawalnego wzrasta przy dużej zawartości pary wodnej w obrębie warstwy granicznej w ciepłej i wilgotnej masie powietrznej. Drugim kluczowym czynnikiem jest specyficzna pionowa stratyfikacja termiczna. Dużej chwiejności masy powietrznej w dolnej i środkowej troposferze towarzyszy wyraźna warstwa hamująca, której równowaga jest stała. Czasami ma ona postać inwersji swobodnej (Ryc. 32). Ze względu na obecność warstwy hamującej nie dochodzi do rozwoju spontanicznej konwekcji i tworzenia się licznych komórek burzowych.

Do przebicia warstwy hamującej dochodzi jedynie tam, gdzie prądy konwekcyjne są najsilniejsze. W takiej sytuacji brak jest w bezpośrednim sąsiedztwie innych komórek, które mogłyby konkurować o dostęp do zapasu ciepłego i wilgotnego powietrza. Chmury burzowe Cumulonimbus rozbudowują się zatem bardzo dynamicznie, sięgając aż po tropopauzę. Mogą osiągać znaczne rozmiary horyzontalne i objętości nawet setek tysięcy kilometrów sześciennych, tworząc tzw. mezoskalowe systemy konwekcyjne.



Ryc. 31. Mechanizm powstawania opadów intensywnych związanych z makroskalową konwergencją (Sobik & Błaś 2010)



Ryc. 32. Profil pionowy temperatury powietrza oraz temperatury punktu rosy w dniach z obserwowanymi opadami nawalnymi

Synoptyczne i orograficzne uwarunkowania ekstremalnych zdarzeń wiatrowych

Maksymalne prędkości wiatru w Karkonoszach notowane są najczęściej w chłodnej połowie roku, w czasie przemieszczania się z zachodu na wschód głębokich układów niskiego ciśnienia (znad Atlantyku, przez Morze Północne, w kierunku Morza Bałtyckiego). Wraz ze spadkiem ciśnienia w centrum układu wzrasta prędkość wiatru. Cyklony czerpią energię z różnicy temperatury kontaktujących się ze sobą mas powietrznych. W kilku przypadkach udowodniono, że rekordowe prędkości wiatru mierzone przy powierzchni ziemi mogą także wynikać z obecności w dolnej troposferze prądu strumieniowego. Poza uwarunkowaniami synoptycznymi bardzo ważną rolę w kształtowaniu pola prędkości wiatru odgrywa orografia. Istotne znaczenie mają zwartość pasma górskiego, jego rozmiar, wysokość względna i bezwzględna oraz przebieg osi grzbietu w stosunku do kierunku ogólnej cyrkulacji atmosferycznej. W przypadku Karkonoszy kluczową rolę odgrywa długość i wysokość zwartego grzbietu oraz przebieg jego osi (WNW-ESE), która jest niemal prostopadła do przeważającego SW kierunku cyrkulacji. W efekcie dochodzi do znacznego wzrostu prędkości przepływu powietrza w stosunku do występującej na tej samej wysokości w swobodnej atmosferze. Nie można także zapominać o roli szorstkości podłoża, która w partiach grzbietowych Karkonoszy, tj. powyżej górnej granicy lasu, jest bardzo ograniczona, a w sezonie zimowym zredukowana do minimum z uwagi na zalegającą pokrywę śnieżną. Stąd też niezbyt aktywne niże, ze stosunkowo niewielkim poziomym gradientem ciśnienia, mogą spowodować wystąpienie w Karkonoszach porywów wiatru przekraczających 40 $m \cdot s^{-1}$. Dzieje się tak, jeśli cyklon z centrum nad zachodnią częścią Europy jest skutecznie blokowany przez rozległy wyż usytuowany po wschodniej stronie konty-

nentu, a izobary mają przebieg SW-NE. W takich sytuacjach wiatr (fen) w Karkonoszach osiąga ekstremalną prędkość ze względu na nakładające się dwa efekty, które wzmacniają przepływ powietrza: poziomy gradient ciśnienia oraz dodatkowo efekt deformacji przepływu powietrza ponad grzbietem górskim. Ilustrują to przykłady z 13 lipca 1961, 5/6 maja 1968, 11 lutego 1978, 19 grudnia 1989 oraz 6 stycznia 1994 roku, kiedy średnia dziesięciominutowa prędkość wiatru na Szrenicy w Karkonoszach przekraczała 40 m/s, a na Śnieżce osiągała nawet 50–60 m/s (ŻURAŃSKI & JAŚPIŃSKA 1996; DRUKMAN i in. 1997). Należy nadmienić, że ekstremalne prędkości wiatru notowane są przy fenie cyklonalnym i równowadze stałej w dolnej troposferze, która w istotny sposób ogranicza pionowy zasięg deformacji przepływu powietrza nad Sudetami i prowadzi do dużego zagęszczenia linii prądu. Odpowiednio w warunkach cyrkulacji cyklonalnej i równowagi chwiejnej dynamika fenu jest znacznie słabsza, ponieważ rośnie miąższość warstwy, w której odbywa się przepływ powietrza na stronę zawietrzną. Poza grzbietem, wiatr fenowy może mieć niszczycielską siłę także na północnych i północno-wschodnich stokach gór powyżej 800 m n.p.m. Potwierdza to przykład z listopada 1966 roku, kiedy wystąpiły w Karkonoszach masowe wiatrowały i wiatrołomy (KWIATKOWSKI 1969, 1976).

Wydajne oblodzenie

Innym zagadnieniem jest obciążenie mechaniczne ze strony sadzi, która stopniowo odkłada się na wszelkich obiektach wystających z podłoża (drzewach, kosodrzewinie, skałach), w tym także powierzchniach budynków oraz innych konstrukcji (np. maszty, słupki wyznaczające przebieg szlaku). W warunkach wydajnej i długo utrzymującej się sadzi wzrastające obciążenie masą lodu prowadzi do obłamywania wierzchołków lub nawet całych drzew, a w ekstremalnych sytuacjach można mówić o realnym zagrożeniu dla stabilności konstrukcji budynków. Najbardziej spektakularnym przykładem było naruszenie konstrukcji, złamanie i osunięcie się górnej platformy Wysokogórskiego Obserwatorium Meteorologicznego IMGW na Śnieżce w marcu 2009 roku. Jako jedną z przyczyn wskazywano oblodzenie spowodowane wyjątkowo wydajną sadzią (Ryc. 33). Obciążenie może wzrastać nie tylko przy wydajnej sadzi, ale także z powodu marznącego deszczu i mżawki oraz w czasie opadu mokrego śniegu, który przykleja się i następnie przymarza do wszelkich powierzchni. Łącznie osad sadzi i mokrego śniegu nazywany jest okiścią.



Ryc. 33. Przełamana i osunięta górna platforma Wysokogórskiego Obserwatorium Meteorologicznego IMGW na Śnieżce (źródło: www.polska.newsweek.pl)

W Karkonoskiej Stacji Meteorologicznej Uniwersytetu Wrocławskiego na Szrenicy od 1961 roku prowadzone są obserwacje wydajności sadzi. Średnia roczna wydajność, mierzona na tzw. siatce Grunowa (GRUNOW 1955) na szczycie Szrenicy, osiąga 83484 g, co w przeliczeniu na jednostkę powierzchni oznacza 4 174 kg/m².W przebiegu rocznym maksymalna wydajność przypada na grudzień i wynosi przeciętnie 757 g na każdy dzień z sadzią, czyli 37,8 kg/m² lub 37,8 mm w jednostce opadu. Kolejne miejsca w tej klasyfikacji zajmują styczeń, luty i marzec. W przeliczeniu na godzinę, oblodzenie jest najbardziej wydajne w listopadzie i grudniu, wynosząc przeciętnie 40,8 oraz 40,4 g. W ponad 50-letniej historii pomiarów sadzi na Szrenicy ekstremalną wagę sadzi (>1500kg/m²) zmierzono w lutym 1973 oraz w grudniu 1965 i 1974 roku. Wspomniany wcześniej marzec 2009 roku jest w kolejności 10. miesiącem z najbardziej wydajną sadzią w historii pomiarów na Szrenicy. Wyróżnia go aż 67% udział oblodzenia z dość nietypowego sektora cyrkulacji atmosferycznej (NW-N-NE). W ujęciu dobowym, ekstremalnym oblodzeniem (>4000 g) charakteryzowały się następujące dni: 23.01.1975, 6.02.1973, 07.02.1973, 22.12.1988 oraz 14.04.1995. Zagrożenie ze strony sadzi zależy także od częstości okresów odwilżowych, w których sadź się nadtapia i odrywa od powierzchni, na których się gromadziła. Poza wzrostem temperatury powyżej zera, sprzyja temu także pogoda solarna. Nawet przy ujemnej temperaturze powietrza, dopływające promieniowanie słoneczne może doprowadzić do wzrostu temperatury powierzchni recepcyjnej powyżej 0°C i redukcji obciążenia oblodzeniem (dotyczy to głównie ścian i dachów budynków).

Osobliwości klimatu Karkonoszy

Cechą klimatu górskiego jest jego duże zróżnicowanie przestrzenne wynikające z urozmaiconej rzeźby terenu. Karkonosze wyróżnia przede wszystkim wyrazistość krawędzi morfologicznych, duża zwartość całego bloku górskiego, prostopadłe usytuowanie osi grzbietu względem przeważającego kierunku wiatru oraz położenie w pobliżu zachodniej orograficznej granicy wysokiej części Sudetów. Główną konsekwencją takiej specyfiki rzeźby terenu jest znaczna deformacja pola przepływu powietrza, która z kolei przekłada się na szczególnie dużą prędkość wiatru, bardzo częste występowanie mgły oraz wyjątkową intensywność osadów mgielnych i oblodzenia atmosferycznego. Wspomniane cechy klimatu wyróżniają Karkonosze na tle pozostałych pasm górskich Europy.

Śnieżka – najbardziej wietrzne miejsce w Europie

W obszarach górskich przepływ powietrza pozostaje pod silnym wpływem rzeźby terenu. Wynika to z deformacji pola przepływu, do jakiej dochodzi na barierze górskiej lub z kanalizowania ruchu powietrza w obniżeniach terenowych, przełęczach. Wyraźny efekt deformacji przepływu powietrza to wpływ zwartego i wysoko wyniesionego grzbietu Karkonoszy o przebiegu WNW-ESE, który usytuowany jest niemal prostopadle do przeważającego kierunku cyrkulacji (SW). Poza samą orografią duże znaczenie ma także mała szorstkość podłoża

Tab. 7. Stacje synoptyczne z największymi średnimi rocznymi prędkościami wiatru w Europie (1994–2000; NCDC 2000)

	Kraj	Stacja	φ	λ	H	V
1	Wlk. Brytania	Cairngorm	57°07′ N	3°38′ W	1245	15,2
2	Polska	Śnieżka	50°44′ N	15°44′ E	1602	12,5
3	Wlk. Brytania	North Rona	59°07′ N	5°49′ W	98	10,9
4	Wlk. Brytania	Great Dunfell	54°41′ N	2°27′ W	847	10,9
5	Wlk. Brytania	Aonach	56°49′ N	4°58′W	1130	10,4
6	Islandia	Vestmannaeyjar	63°24′ N	20°17′ W	124	9,6
7	Polska	Szrenica	50°48′ N	15°31′ E	1364	9,5
8	Rumunia	Ceahlau Toaca	56°56′ N	25°55′ E	1898	9,3
9	Francja	Aigoual	44°07′ N	3°35′ E	1565	9,2
10	Hiszpania	Tarifa	36°00′ N	5°36′ W	37	9,2
11	Wlk.Brytania	Sule Skerry	44°07′ N	3°35′ E	16	9,0
12	Dania	Roesnaes	55°45′ N	10°52′ E	11	8,8
13	Francja	Cape Bear	42°31′ N	3°08′ E	86	8,8
14	Wlk. Brytania	Foula Island	60°09′ N	2°04′ W	22	8,6
15	Francja	Pertusato	41°22′ N	9°11′ E	110	8,5
16	Norwegia	Fugloykalven	70°19′ N	20°09′ E	37	8,4
17	Bułgaria	Botev	42°40′ N	24°50′ E	2389	8,3
18	Bułgaria	Cherni	42°35′ N	23°16′ E	2292	8,3
19	Wlk. Brytania	Cape Wrath	58°38′ N	5°00′ W	112	8,2
20	Rumunia	Omu	45°27′ N	25°27′ E	2509	8,2
21	Rumunia	Tarcu	45°17′ N	22°32′ E	2180	8,2
22	Wlk. Brytania	Orsay	55°40′ N	6°30′ W	23	8,1
23	Wlk. Brytania	Butt of Lewis	58°31′ N	6°16′ W	23	8,1
24	Szwajcaria	Jungfrau	46°33′ N	7°59′ E	3576	8,1
25	Dania	Christianso	55°19′ N	15°11′ E	15	8,1

Objaśnienia: φ, λ – szerokość i długość geograficzna; H – wys. n.p.m [m]; V – prędkość wiatru [m·s-1]

w partiach grzbietowych wyniesionych powyżej górnej granicy lasu. Przekłada się to na znacznie większą prędkość wiatru notowaną w grzbietowych partiach Karkonoszy, niż występująca na tej samej wysokości w swobodnej atmosferze.

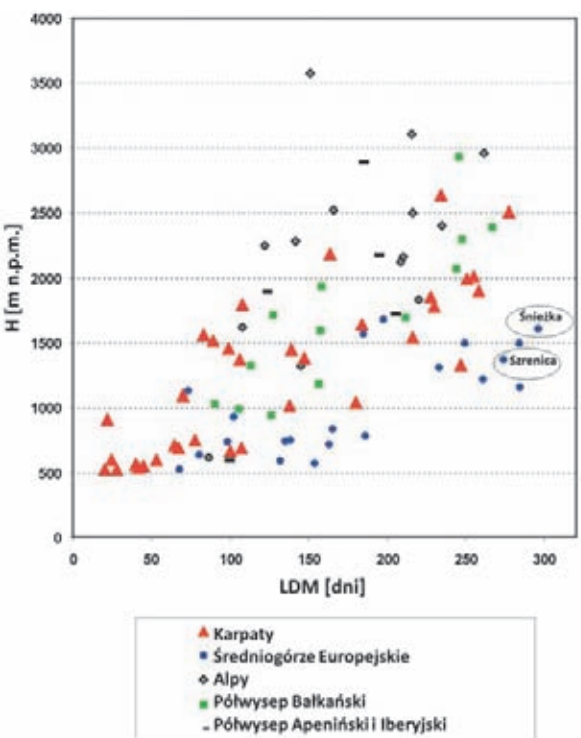
Ekstremalne prędkości wiatru notowane są przy fenie cyklonalnym i równowadze stałej w dolnej troposferze, która w istotny sposób ogranicza pionowy zasięg deformacji przepływu powietrza nad Sudetami i prowadzi do zagęszczenia linii prądu. Przeciętna prędkość fenu na Szrenicy to 21 m/s, jeśli jednak pokrywa się on z silnym wiatrem kształtowanym przez ogólną cyrkulację, to maksymalna prędkość wiatru notowana na grzbiecie Karkonoszy może osiągać 50–60 m/s.

Średnia roczna prędkość wiatru na Śnieżce i Szrenicy wynosi odpowiednio 12,5 i 9,5 m/s (Tab. 7). Analizując warunki wiatrowe w pozostałych górskich stacjach Europy i wykluczając jedną stację położoną w Szkocji (Cairngorm, gdzie dużej prędkości wiatru sprzyja bezpośrednie sąsiedztwo oceanu), Karkonosze należy zaliczyć do najbardziej wietrznych gór w kontynentalnej części Europy. Mniejsze prędkości wiatru w Alpach (Sonnblick, Säntis, Zugspitze: od 5 do 7 m/s) czy Karpatach (Omu, Tarcu, Ceahlau Toaca – ok. 8–9 m/s) należy tłumaczyć tym, że ich wysokie, ale izolowane i „piramidalne" szczyty wywołują znacznie mniejszą deformację przepływu powietrza. W przypadku długiego, zwartego grzbietu górskiego Karkonoszy efekt opływania ma niewielkie znaczenie, przez co wzrasta dynamika przepływu ponad barierą górską.

Rekordowa częstość mgły

O dużej częstości mgły w Karkonoszach decyduje przewaga cyrkulacji z sektora zachodniego, a w konsekwencji częsta adwekcja wilgotnych mas powietrza atlantyckiego.

Rekordową, średnią roczną liczbą dni z mgłą wśród wszystkich górskich stacji synoptycznych w kontynentalnej części Europy charakteryzuje się właśnie Śnieżka (296 dni w roku), a piąte miejsce w kolejności zajmuje Szrenica (274 dni; Ryc. 34). Karkonosze przewyższają pod tym względem stacje alpejskie i karpackie. O mniejszej liczbie dni z mgłą w Alpach czy Karpatach decyduje to, że przy ich wysokości często wystają ponad warstwę chmur piętra dolnego. Rekordowo dużej liczbie dni z mgłą sprzyja brak istotnych barier w postaci innych masywów górskich osłaniajacych Karkonosze od napływu powietrza polarno-morskiego.



Ryc. 34. Roczna liczba dni z mgłą (LDM) w obszarach górskich Europy w odniesieniu do wysokości nad poziomem morza (1994-2000; Błaś & Sobik 2004)

Wydajne osady atmosferyczne – osad ciekły i sadź

Duża częstość mgieł, którym towarzyszy silny wiatr, przekłada się na dużą wydajność osadu ciekłego i sadzi (Ryc. 35). Przychód wody z mgły zmierzony w Karkonoszach i Górach Izerskich osiąga wartości od 500 do ponad 2000 mm rocznie (Tab. 8; Błaś 2001). To oznacza, że lokalnie większe znaczenie w przychodzie wody może mieć osad z mgły niż sam opad atmosferyczny. Podane wartości należą do najwyższych notowanych na świecie. Sprzyjają temu częstość występowania mgły

(>250 dni w roku) oraz wyjątkowo wysoka średnia prędkość wiatru. Ważną rolę w depozycji osadów mgielnych odgrywają także świerki, które ze względu na gęste gałęzie z całorocznym igliwiem są bardzo skutecznymi receptorami osadu mgielnego.



Ryc. 35. Wieża anemometryczna Karkonoskiej Stacji Meteorologicznej na szczycie Szrenicy, bez oraz z sadzią (1362 m n.p.m., fot. M. Błaś)

Fala orograficzna (moazagotl), wał fenowy

Wymuszony orografią przepływ powietrza atmosferycznego ponad grzbietem Karkonoszy prowadzi do pojawienia się fenu oraz tzw. fali orograficznej. Efektem jest często obserwowany wał fenowy oraz chmury o bardzo specyficznym, soczewkowatym kształcie, tzw. *lenticularis*. Zjawisko fali orograficznej przebiega dynamicznie przy adwekcji skierowanej prostopadle do osi głównego grzbietu Karkonoszy, tj. najczęściej z sektora SSW-WSW oraz rzadziej NNE-ENE.

Zostało ono po raz pierwszy opisane w literaturze światowej na podstawie obserwacji prowadzonych właśnie na terenie Karkonoszy. Autorem pionierskich prac w tym zakresie był Joachim Kuttner (Kuttner 1939). Doświadczenia wyniesione z Karkonoszy zainspirowały go do prowadzenia badań fali orograficznej m.in. w Alpach i Górach Skalistych. W odkryciu zjawiska i opisaniu natury fali orograficznej (tzw. fali stojącej) pomogły doświadczenia wyniesione z lotów szybowcowych, wykonywanych w oparciu o lotnisko w Jeżowie Sudeckim. Obserwacje prowadzone przez Kuttnera wskazują, że zjawisko fali orograficznej ma zasięg do 250 km po zawietrznej stronie Karkonoszy. Najczęściej obserwowano 6 fal stojących, w obrębie których zachmurzenie osiągało miąższość od 1 do 4 km. W identyfikacji fal stojących pomagają chmury gatunku *lenticularis* o charakterystycznym soczewkowatym kształcie, które występują w grzbietach fali (Ryc. 36). Wznoszenie się powietrza w tej strefie prowadzi do jego ochłodzenia i przesycenia parą wodną, czego końcowym rezultatem

Tab. 8. Miejsca z największą wydajnością osadów mgielnych na świecie

Kraj	Region geograficzny	H	Pokrycie terenu	Roczny przychód wody z mgły	Przychód wody z mgły w odniesieniu do sumy opadu	Autor
Polska	Góry Izerskie Stóg Izerski	1100	świerk	2250-1014 mm	(123-56%)	Błaś 2001
Anglia	Great Dun Fell	847	świerk	880-240 mm	(44-12%)	Fowler i in. 1990
Polska	Karkonosze NW stok Szrenicy	1050	świerk	567-300 mm	(29-15%)	Błaś 2001
Niemcy	Waldstein	800	las iglasty	564 -163 mm	(50-20%)	Wrzesiński & Klemm 2000
RPA	Natal	1800	brak informacji	400 mm	(133%)	Le Houerou 1998
Anglia	Dunslair Heits	602	świerk	390 mm	(30%)	Crossley i in., 1998
Kolumbia	Andy - Cali-Pichinde	1500	roślinność krzaczasta	351 mm	(15%)	Jimenez 1998
Australia	Queensland SE	1100	tropikalny las górski	343 mm	(35 %)	Yates D. i in. 1998
Kenia	Mt. Kulal	1450	brak informacji	336 mm	(24%)	Le Houerou 1998
Kanada	Nowa Fundlandia Cape Race	80	las iglasty	305 mm	(16%)	Beauchamp 1998
RPA	zlewnia rzeki Olifants	350	roślinność krzaczasta	300-100 mm	(300-100%)	Le Houerou 1998



Ryc. 36. Stratocumulus lenticularis tworzący się nad Grzbietem Kamienickim Gór Izerskich, widoczny ze szczytu Szrenicy (26.10.2007, fot. M. Godek)



Ryc. 37. Fala orograficzna po zawietrznej stronie Karkonoszy, sfotografowana w czasie lotu szybowcem. Widoczne zachmurzenie w kolejnych grzbietach fali orograficznej (źródło: archiwum Aeroklubu Jeleniogórskiego)



Ryc. 38. Wał fenowy nad Grzbietem Wschodnim Karkonoszy – fotografia wykonana z Kowar (fot. A. Gałek)

jest występowanie izolowanych pakietów chmur (Ryc. 37). W zależności od wilgotności powietrza i pionowej stratyfikacji termicznej, chmury *lenticularis* mogą pojawiać się w różnych piętrach zachmurzenia, a czasami w kilku sekwencjach ponad sobą. Pierwotna nazwa tych chmur brzmi „moazagotl" i ma związek z rolnikiem z Cieplic (niem. Warmbrunn), Gottliebem Mötzem często wpatrującym się w chmurę, która stoi w miejscu oraz zasłania tarczę słoneczną, przez co siano na polu nie chce schnąć. Gospodarz wykorzystał pojawianie się tej chmury do przewidywania pogody na następny dzień. Okoliczni mieszkańcy mówili o prognostycznej chmurze Mötza „moazagotl" (Rosol 2009).

Innym zjawiskiem, także powiązanym z fenem, jest obserwowany ponad grzbietem Karkonoszy tzw. wał fenowy. O ile po stronie dowietrznej grzbietu Karkonoszy w powietrzu wznoszącym się dochodzi do powstawania grubych chmur, o tyle po stronie zawietrznej chmury szybko zanikają wskutek parowania kropelek w powietrzu zstępującym, które sprężając się podlega intensywnemu ogrzewaniu. Wał fenowy występuje w najbardziej widowiskowej postaci w chłodnej połowie roku w pogodzie wyżowej, tj. przy wyraźnej inwersji termicznej i występowaniu zachmurzenia podinwersyjnego (Ryc. 38). Przy dokonującej się przebudowie pola barycznego (ustępujący wyż) oraz wzroście poziomego gradientu barycznego, chłodne powietrze zalegające pod warstwą inwersyjną wraz z morzem mgieł przelewa się przez grzbiet Karkonoszy. Wyjątkowość i widowiskowość wału fenowego pojawiającego się w takich sytuacjach polega na tym, że na ogół nie występuje zachmurzenie w piętrze dolnym i średnim, przez co można go obserwować nawet z dużej odległości. Po drugie, bardzo ostro zarysowuje się granica pomiędzy chłodniejszą masą powietrzną z mgłą i cieplejszą bardzo suchą. Wreszcie, po trzecie, miąższość wału fenowego jest niewielka i w zależności od dynamiki przepływu może wynosić od nawet kilku do 100–200 metrów.

Morze mgieł

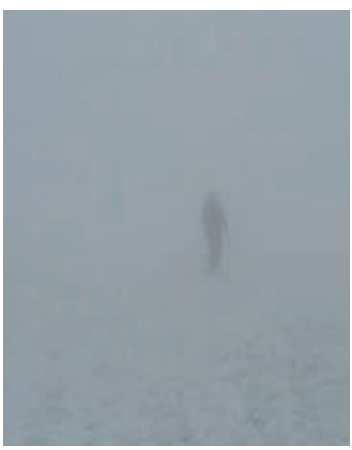
Morze mgieł (chmur) możemy obserwować najczęściej w układach wysokiego ciśnienia, w chłodnej części roku, dla których charakterystyczna jest inwersja temperatury (jej wzrost z wysokością). Może ona rozpoczynać się od poziomu gruntu lub też może być zawieszona w swobodnej atmosferze. Górną granicę tej warstwy wyznacza zasięg mezoskalowego osiadania powietrza w obrębie wyżu barycznego. Poniżej inwersji na ogół panuje równowaga stała do obojętnej. W ciepłej części roku, podczas dziennej części doby, jest to równowaga chwiejna. W analizowanych sytuacjach dochodzi więc do rozwarstwienia dolnej troposfery na dwie masy

powietrzne o zupełnie różnych parametrach fizyko-chemicznych takich jak: temperatura, wilgotność, koncentracja zanieczyszczeń, przejrzystość, kierunek i prędkość wiatru. Osiadające powietrze pochodzące z wyższych warstw troposfery jest względnie bardzo ciepłe, suche, a stężenie zanieczyszczeń osiąga swoje minima. To przekłada się na wyjątkowo dobrą widzialność poziomą (nawet > 100 km), którą ogranicza tylko krzywizna Ziemi (Ryc. 10 i 20). W drugiej warstwie, znajdującej się pod inwersją, powietrze jest chłodniejsze, co w połączeniu z dużą wilgotnością względną i małą prędkością wiatru prowadzi do częstego tworzenia się mgieł i zachmurzenia tzw. podinwersyjnego. Granica między tymi warstwami przebiega na ogół w strefie od kilkuset do 1200 m n.p.m. O ile w dolnych partiach gór warunki pogodowe są bardzo niekorzystne, ze względu na wzrost koncentracji zanieczyszczeń i wilgotności względnej oraz obecność mgły, o tyle w wyższych partiach gór panują doskonałe warunki do uprawiania turystyki i sportów zimowych.

Należy jeszcze nadmienić, że zjawisko morza mgieł znacznie częściej jest obserwowane po południowej stronie Karkonoszy. Tą prawidłowość należy tłumaczyć występowaniem rozległej niecki w centralnej części Masywu Czeskiego, tj. kotliny, którą od północy zamykają są Karkonosze. W obrębie tego rozległego obniżenia panują znacznie korzystniejsze warunki do pojawiania się inwersji oraz rozwoju zachmurzenia podinwersyjnego niż po północnej stronie Karkonoszy. Jednocześnie miąższość warstwy inwersyjnej jest tu większa, przez co pułap morza mgieł jest notowany przeciętnie 200 m wyżej niż po północnej stronie.

White-out

Zjawisko *white-out*, które w polskiej wersji językowej funkcjonuje jako „biała ciemność", dotyczy warunków pogodowych, w których przy zalegającej pokrywie śnieżnej notowana jest mgła o dużej gęstości (wodności) ograniczająca widzialność oraz opad śniegu lub zamieć śnieżna (Ryc. 39). W warunkach tych dochodzi do silnego rozpraszania światła poprzez wielokrotne odbicie padających promieni słonecznych. W konsekwencji światło dociera do oczu obserwatora ze wszystkich kierunków. Duża ilość rozproszonego światła oraz brak widocznych (innych niż białe) punktów odniesienia w otoczeniu powodują, że horyzont zlewa się podłożem, utrudnia orientację i poruszanie się. W takich okolicznościach u człowieka dochodzi do zaburzeń w pracy błędnika, mamy poczucie zawieszenia w przestrzeni, co może prowadzić nawet do zawrotów głowy oraz problemów z utrzymaniem równowagi. Zjawisko to jest typowe dla strefy powyżej górnej granicy lasu i niestety było w Karkonoszach przyczyną wielu górskich dramatów.



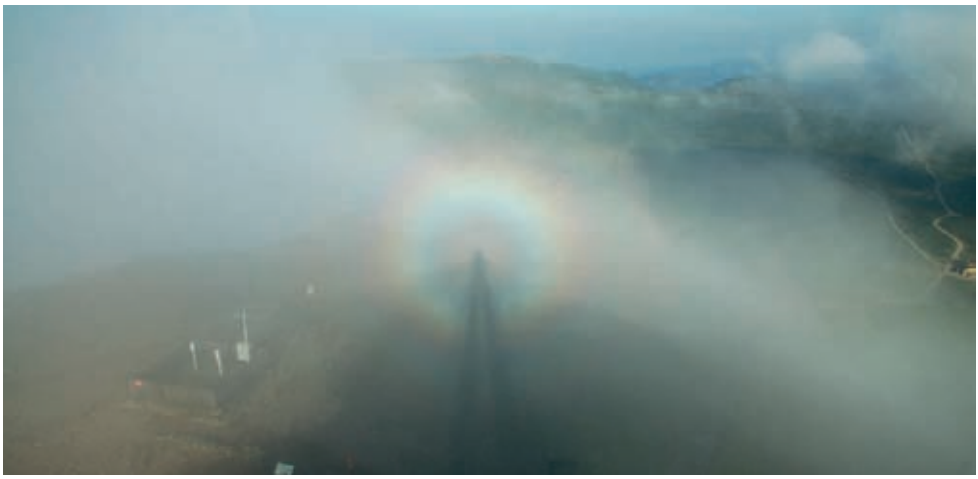
Ryc. 39. Zjawisko white-out (biała ciemność) w czasie wędrówki po grzbiecie Karkonoszy (fot. M. Błaś)

Widmo Brockenu i gloria

Do osobliwych zjawisk meteorologicznych, obserwowanych w Karkonoszach należy również zaliczyć widmo Brockenu i glorię. Są to zjawiska optyczne obserwowane przy niskim położeniu Słońca nad horyzontem. Na chmurach zalegających niżej pojawia się powiększony cień obserwatora (widmo Brockenu), niekiedy otoczony jest obwódką o barwach tęczy zwaną glorią. Rekordowa frekwencja mgły notowanej na stacji Śnieżka i Szrenica może świadczyć o tym, że wspomniane zjawiska optyczne są notowane tutaj znacznie częściej niż w innych pasmach górskich Europy. Widmo Brockenu i glorię można obserwować będąc m.in. w stosunkowo cienkiej warstwie mgły (Ryc. 40).

Cień Ziemi

Planeta Ziemia, tak jak każda przeszkoda usytuowana na drodze światła, tworzy strefę cienia po przeciwnej stronie względem Słońca. W warunkach bezchmurnego nieba, przez około 30 minut przed wschodem i po zachodzie słońca, można obserwować zjawisko cienia Ziemi w postaci pociemnionego pasa atmosfery bezpośrednio nad linią horyzontu oraz atmosfery intensywnie rozświetlonej promieniami słonecznymi tuż nad nim (Ryc. 41).

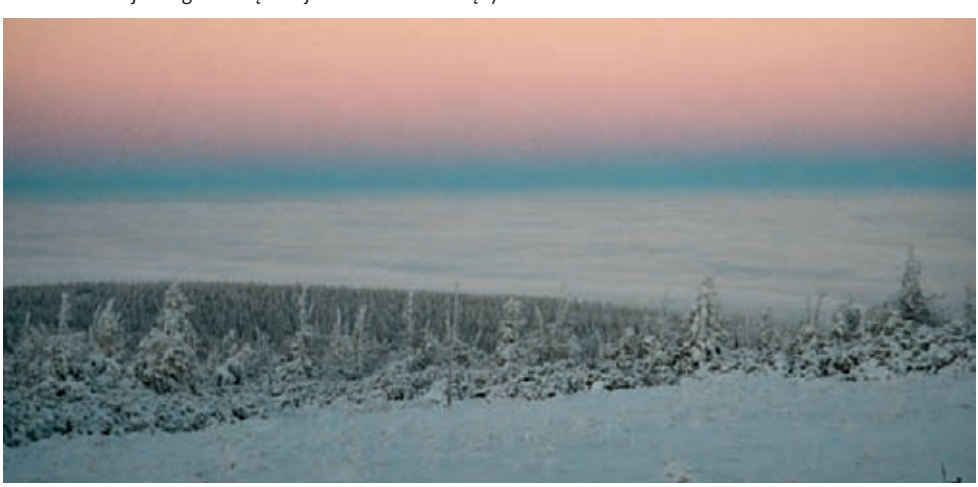


Ryc. 40. Widmo Brockenu oraz gloria – w czasie mgły na szczycie Śnieżki. Promieniowanie słoneczne prześwietla warstwę mgły, a obserwator może widzieć swój cień na zawieszonych w powietrzu kropelkach mgły/chmury, które spełniają rolę ekranu. Promieniowanie niejako obrysowuje naszą sylwetkę, a linie cienia zbiegają się w punkcie przeciwsłonecznym, tłumacząc efekt perspektywy oraz trójkątny kształt cienia naszej postaci. Nazwa zjawiska pochodzi bezpośrednio od nazwy szczytu Brocken w górach Harz, gdzie było ono obserwowane. Temu zjawisku dość często towarzyszy gloria w postaci barwnych pierścieni tzw. dyfrakcyjnych wokół cienia głowy obserwatora widma Brockenu (fot. T. Nasiółkowski)

Zarówno cień Ziemi, jak i rozświetlona część atmosfery są widoczne dzięki odbiciu światła od aerozoli, czyli od unoszących się w powietrzu bardzo drobnych cząstek pyłu. Zjawisko może wystąpić z większą intensywnością tam, gdzie stężenie aerozoli jest podwyższone, np. z powodu antropogenicznych zanieczyszczeń lub pyłu wulkanicznego.

Pył diamentowy

Pył diamentowy jest formą opadu atmosferycznego o niewielkim natężeniu w postaci bardzo drobnych kryształków lodu. Zdarza się, że jedynym sygnałem świadczącym o jego obecności jest delikatne migotanie w promieniach słońca lub księżyca. Występuje najczęściej w czasie mroźnej i bezchmurnej pogody. Pył diamentowy dość często przyczynia się do wystąpienia zjawiska halo, zwykle w postaci kręgu świetlnego w stosunkowo dużej odległości kątowej od słońca lub księżyca.



Ryc. 41. Cień Ziemi widoczny ze Szrenicy tuż przed wschodem słońca w NW sektorze kierunkowym (fot. M. Błaś)

Błyski typu „red sprite" (chochliki)

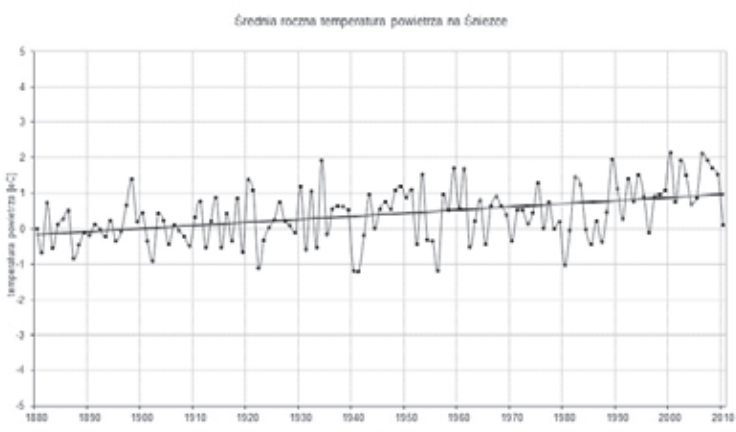
Dość wyjątkowym zjawiskiem pogodowym, które w Karkonoszach udało się po raz pierwszy zarejestrować w Polsce, dokładnie 20/21 lipca 2007 roku w czasie obserwacji prowadzonych w Wysokogórskim Obserwatorium Meteorologicznym IMGW-PiB na Śnieżce, są nietypowe rozbłyski światła, które nazywane są „red sprite" – w polskiej wersji językowej funkcjonują pod nazwą „chochliki" (IWAŃSKI i in. 2009). Są one bardzo krótkie i aby je udokumentować, trzeba dysponować aparaturą umożliwiającą wykonywanie nawet 10 000 zdjęć na sekundę. Zjawisko to pojawia się w czasie wysokiej aktywności burzowej, kiedy neutralnie naładowane chmury generują wyładowania chmura-ziemia oraz międzychmurowe. „Red sprite" to jedno z wielu zjawisk świetlnych. Obserwowane są także: elfy (ang.: Elves), niebieskie fontanny (ang.: Blue Jets), skrzaty (ang.: Pixies), gnomy (ang.: Gnomes) oraz inne, które nie mają jeszcze swoich polskich odpowiedników (np. Blue starters, Sprite halos, www.sky-fire.tv). Przypuszcza się, że mają one wszystkie wpływ na zmianę składu chemicznego atmosfery, a co za tym idzie, znaczne ograniczenie wpływu promieniowania kosmicznego na Ziemię. Mogą być także powodem zakłóceń w pracy satelitów oraz innych urządzeń telekomunikacyjnych.

Klimat Karkonoszy a globalne ocieplenie

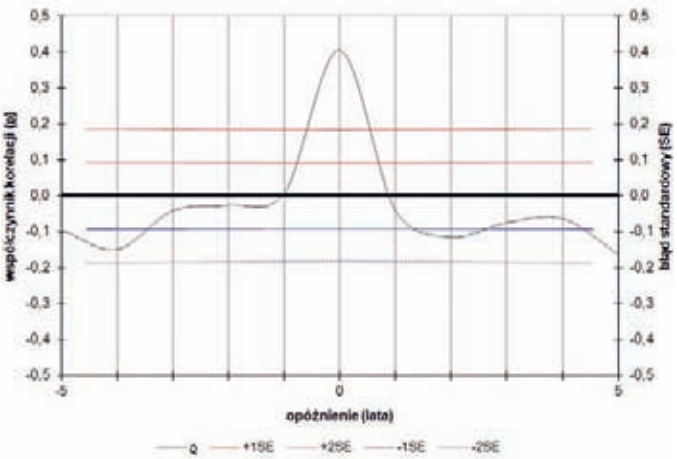
Pod koniec XIX wieku, po kilkusetletnim, szczególnie chłodnym okresie, sprzyjającym na wierzchowinie Karkonoszy procesom mrozowym i rozwojowi tundry arkto-alpejskiej, nastąpiła powolna zmiana warunków klimatycznych. Wyniki pomiarów meteorologicznych prowadzonych na Śnieżce nieprzerwanie od 1880 roku dobrze dokumentują proces ocieplenia jaki jest obserwowany w skali globalnej (Ryc. 42). Warto zaznaczyć, że obserwatoriów meteorologicznych o tak długiej serii, o niezmienionym otoczeniu, oddalonych od antropogenicznych źródeł ciepła jest niewiele na świecie. Analiza danych z okresu 1901–2000 wskazuje na ocieplenie klimatu wyrażone wzrostem średniej rocznej temperatury powietrza +0,8°C/100 lat. O wzrostowej tendencji zadecydował głównie silny wzrost dobowych minimów temperatury (+1,4°C/100 lat) i wyraźny trend spadkowy dobowych amplitud (-0,6°C/100 lat), co świadczy o wzroście cech oceanizmu i częstości atlantyckich mas powietrza (GŁOWICKI 1998, 2003, 2005).

Obszar Karkonoszy znajduje się pod silnym i bezpośrednim wpływem strefowej cyrkulacji mas powietrza znad Oceanu Atlantyckiego, co dobrze ilustruje zależność warunków termicznych na Śnieżce od wskaźnika NAO (North Atlantic Oscillation index). Wskaźnik ten wyraża różnice ciśnienia atmosferycznego pomiędzy wyżem azorskim a niżem islandzkim. Ta bezpośrednia zależność widoczna jest na poziomie średniej rocznej temperatury powietrza (Ryc. 43). Dużo słabsze korelacje obserwuje się dla obszaru Karpat i Alp (MIGAŁA 2005).

Cechą klimatu Karkonoszy jest duża międzysezonowa zmienność, zależna przede wszystkim od cyrkulacji atmosferycznej kształtowanej nad północnym Atlantykiem. Wzajemne relacje pomiędzy wyżem azorskim a ni-



Ryc. 42. Średnia roczna temperatura powietrza na Śnieżce w latach 1881–2010

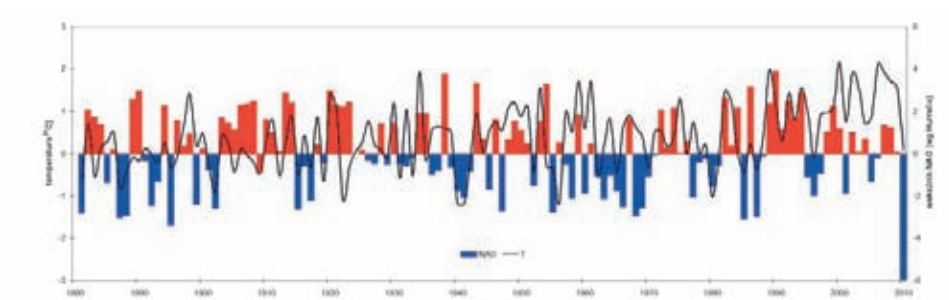


Ryc. 43. Zależność średniej rocznej temperatury powietrza na Śnieżce (1602m n.p.m.) od wskaźnika cyrkulacji atmosferycznej NAO jako funkcja korelacji wzajemnej dla lat 1881–2010

żem islandzkim powodują, że w skali wielolecia obserwowane są 2–3 letnie oraz 7–8 letnie cykle zmian warunków termicznych (Ryc. 44).

W latach 1881–2010 aż 33,8% wartości średnich rocznych, 47,7% przypadków średniej miesięcznej temperatury stycznia oraz 64,6% przypadków dla lipca, notowanych na Śnieżce mieściło się w granicach normy klimatycznej okresu 1961–1990. Proporcje te można uznać za charakterystyczne dla całego obszaru Karkonoszy.

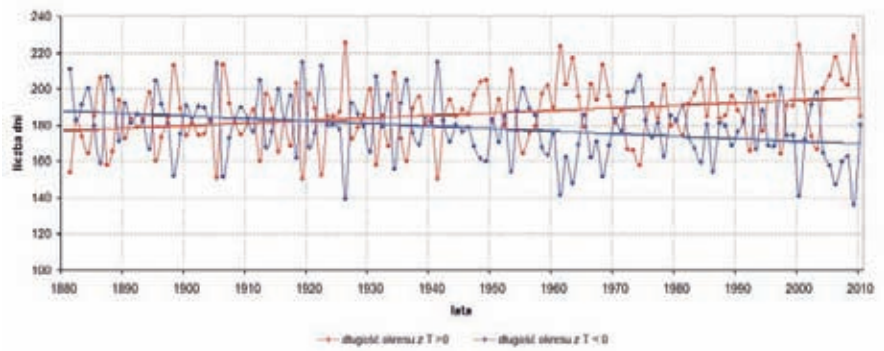
Gwałtowny wzrost temperatury zaznaczył się pod koniec XX wieku. Konsekwencją postępującego ocieplenia są krótsze zimy z tendencją spadkową wynoszącą – 14 dni/100 lat, wcześniejsze roztopy wiosenne i wydłużony sezon wegetacyjny (Ryc. 45). Wzrost temperatury jaki nastąpił od końca XIX wieku oznacza, że granice klimatyczne pięter roślinnych utrwalonych ponad 100 lat temu podniosły się o 160–180 m wyżej, zachęcając do ekspansji pionierskich roślin z niższych pięter. Obserwowane tendencje mogą być nie tylko wynikiem oddziaływania wzmożonej ilości antropogenicznych gazów szklarniowych lecz także skutkiem zmian cyrkulacji atmosferycznej.



Ryc. 44. Średnia roczna temperatura powietrza na Śnieżce (T) i wskaźnik cyrkulacji północnoatlantyckiej (NAO) w latach 1881–2010

Podsumowanie

Podstawową cechą klimatu Karkonoszy jest piętrowość rozkładu głównych zmiennych, oznaczająca ich wyraźną zależność od wysokości n.p.m. Odstępstwa od tej zasady w obszarze Karkonoszy polegają przede wszystkim na różnicach pomiędzy północną (polską) i południową (czeską) stroną gór. Daleko mniejsze są kontrasty między zachodnią i wschodnią częścią Karkonoszy.



Ryc. 45. Liczba dni z średnią dobową temperaturą powietrza t <0°C oraz t >0°C w latach 1881-2010 na Śnieżce

Relacja pomiędzy podobnymi strefami wysokościowymi na makro-stoku północnym w stosunku do południowego zależy przede wszystkim od kierunku przeważającej cyrkulacji atmosferycznej, co określa która część gór znajduje się po stronie dowietrznej w strumieniu powietrza spiętrzającego się nad górami, a która po stronie zawietrznej ze strumieniem powietrza opadającego. Każdy z tych makro-stoków w danych warunkach synoptycznych może stawać się stokiem dowietrznym, a w innych zawietrznym, jednak w wieloletniej perspektywie zaznaczają się wyraźne prawidłowości. W zimnej połowie roku czeska strona Karkonoszy znacznie częściej znajduje się po dowietrznej, czego skutkiem są wyraźnie większe opady oraz grubsza i bardziej trwała pokrywa śnieżna niż po stronie polskiej, w której – z uwagi na częste feny - dodatkowo zaznaczają się silne ocieplenia prowadzące do redukcji lub nawet okresowego zaniku zimowej pokrywy śnieżnej. W ciepłej porze roku podział na stronę dowietrzną i zawietrzną jest mniej wyraźny, jednak polskie Karkonosze stają się nieco częściej stroną dowietrzną. Skutkiem tego w polskich Karkonoszach notuje się większe niż w Czechach zachmurzenie i nieco większe opady atmosferyczne a ponadto niższą temperaturę powietrza.

Nie znajduje uzasadnienia podział polskich Karkonoszy na dwa subregiony klimatyczne: karkonosko-izerski i wschodnio-karkonoski z linią graniczną w okolicach Przełęczy Karkonoskiej. Argumentem dla takiego wydzielenia był określony przez JENIKA (1961) zasięg oddziaływania tzw. systemu anemo-orograficznego Mumlawy, w ramach którego przeważające zachodnie i południowo-zachodnie prądy powietrzne kanalizowane są pod wpływem rzeźby terenu i obejmują w sposób powtarzalny określone obszary (KWIATKOWSKI & HOŁDYS 1985). Jednakże podział taki w odniesieniu do polskich Karkonoszy nie jest adekwatny do panujących w rzeczywistości warunków. Trudno znaleźć uzasadnienie dla dominującego wpływu systemu anemo-orograficznego Mumlawy na północnych stokach zachodnich Karkonoszy, sięgającego nawet wschodnich Karkonoszy po okolice Borowic. Jego zasięg został wyznaczony jedynie w sposób koncepcyjny i nie poparto go dowodami pomiarowymi. Nie przedstawiono także działania procesów atmosferycznych, które miałyby być odpowiedzialne za odrębność klimatyczną obszaru objętego przez ten system.

Wewnętrzne zróżnicowanie klimatu po polskiej stronie gór wynika głównie z położenia danego miejsca względem pola orograficznej deformacji przepływu powietrza i dlatego zaznacza się głównie w średnim i dolnym piętrze gór. Przede wszystkim nie należy łączyć warunków klimatycznych w zachodnich Karkonoszach z klimatem wnętrza Gór Izerskich. W Górach Izerskich na południe od Grzbietu Wysokiego, w przeciwieństwie do strefy o podobnej wysokości w Karkonoszach, w ogóle nie zaznacza się wpływ fenu, występują liczne i silne zastoiska zimnego powietrza, występują bardzo duże opady zimowe, a trwała pokrywa śnieżna zalega długo. W samych Karkonoszach poniżej wysokich odcinków Grzbietu Granicznego, zarówno w zachodniej (makro-stok pomiędzy Szrenicą a Śląskimi Kamieniami) jak i wschodniej części gór (pomiędzy Małym Szyszakiem a Kowarskim Grzbietem) warunki klimatyczne są zbliżone i zależą od wysokości n.p.m. Stoki te pozostają pod szczególnie częstym wpływem fenu z wszystkimi jego konsekwencjami. Częstość i intensywność procesów fenowych słabnie po zawietrznej stronie głębokich przełęczy, dlatego procesy te są znacznie słabsze w części zlewni górnej Kamiennej (w rejonie Jakuszyc) i nieco słabsze w rejonie Szklarskiej Poręby. W okolicach ujścia Szklarki do Kamiennej ten wpływ zanika. Podobna anomalia w mniejszym stopniu występuje w obrębie Kozackiej Doliny poniżej Przełęczy Karkonoskiej.

Literatura

BARRY R.G. 2008: Mountain weather and climate, third edition, Cambridge University Press: ss. 506.

BAUMGART W. 1940: Goethe und Schlesien. Schlesienbändchen, Schlesien Verlag, Breslau: 14.

BIEL E. 1934: Probleme der schlesischen Klimatologie. Veroff. d. Schl. Ges. f. Erdk.

BŁAŚ M. & SOBIK M. 2002: Znaczenie lasu w kształtowaniu przychodu wody z mgły w Sudetach. Czasopismo Techniczne, Inżynieria Środowiska 4–Ś: 129–140.

BŁAŚ M. & SOBIK M. 2004: Distribution of fog frequency in the Carpathian Mountains. Geogr.Pol. 77, 1: 36–52.

BŁAŚ M. 2001: Rola mgły w przychodzie wody i mokrej depozycji zanieczyszczeń w Sudetach. Praca doktorska, Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego Uniwersytetu Wrocławskiego: ss. 192.

BUGAJ T. 1988: Klęski żywiołowe (w XVIII i XIX w.) W: Kowary. Szkice z dziejów miasta, Pr. Kark. Tow. Nauk 39: 111–122.

CHMAL H. 2010: Johann Wolfgang Goethe (1749–1832) przyrodnik. Czasopismo Geograficzne 81(3): 173–185.

CZERWIŃSKI J., DUBICKI A., GŁOWICKI B., KRZACZKOWSKI P. & KONDAL K. 1995: Wysokogórskie obserwatorium meteorologiczne na Śnieżce., Biblioteka monitoringu środowiska, Wrocław.

DANKO O. 1979: Klimat lokalny północnego stoku Szrenicy. Praca magisterska, Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego Uniwersytetu Wrocławskiego: ss. 32.

DORE A.J. & CHOULARTON T.W. 1992: A three-dimensional model of airflow and orographic rainfall enhancement. Quart. J. Roy. Meteorol. Soc., 118: 1041–1056.

DRUKMAN I., MIGAŁA K. & SOBIK M. 1997: Selected Characteristics of wind speed structure in the West Karkonosze Mts.W: MIGAŁA K. & PEREYMA J. (red.), Climatological Aspects of environment protection in mountain areas. Acta Universitatis Wratislaviensis, Prace Instytutu Geograficznego, s. C, Meteorologia i Klimatologia No 1950, t. 4: 67–73.

DUBICKI A. & MALINOWSKA-MAŁEK J. 2005: Opady nawalne i ich skutki w dorzeczu środkowej Odry na przełomie XX i XXI wieku. W: BOGDANOWICZ E., KOSSOWSKA-CEZAK U. & SZKUTNICKI J. (red.), Ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne, PTGeof., IMGW, Warszawa: 103–121.

FOWLER D., CAPE J.N., LEITH I.D., CHOULARTON T.W., GAY M.J., JONES A., 1988: The influence of altitude on rainfall composition. Atmos. Envir., 22: 1355–1362.

FOWLER D., MORSE A.P., GALLAGHER M.W. & CHOULARTON T.W., 1990: Measurements of cloud water deposition on vegetation using a lysimeter and a flux gradient technique. Tellus 42B (3): 285–293.

GALLE J.G. 1857: Grundzüge der Sclesischen Klimatologie., Comission bei Josef Marx & Kamp, Breslau: 128.

GŁOWICKI B. 1977: Struktura przestrzenna pokrywy śnieżnej w górnej części Potoku Szrenickiego. Mat. Bad. IMGW, Ser. Meteorol.: 77–95.

GŁOWICKI B. 1978: Intensywność opadów w Sudetach w okresie powodzi w sierpniu 1977 roku. W: JAHN A. (red.), Powódź w 1977 roku i jej skutki na Dolnym Śląsku, Sesja Naukowa 3 marca 1978 r., PAN, Oddz. we Wrocławiu, Kom. Nauk o Ziemi, Wrocław: 41–48.

GŁOWICKI B. 2005: Klimat Karkonoszy. W: MIERZEJEWSKI M. (red.), Karkonosze. Przyroda nieożywiona i człowiek, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego: 381–397.

GRABOW H. 1897: Die Hochwasser-Katastrophe im Riesengebirge am 29. bis 30. Juli 1897: ss. 51.

GRUNOW J. 1955: Der Niederschlag im Bergwald. Forstwissenschaftliches Centralblatt: 74: 21–36.

HELLMANN G. 1883: Repertorium der deutschen Meteorologie., Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig.

HELLMANN G. 1921: Klimaatlas von Deutschland.

HESS M. 1966: Znaczenie średniej temperatury roku dla poznania warunków klimatycznych, na przykładzie Karpat Zachodnich. Prz. Geogr 38, 1: 17–40.

IWAŃSKI R., ODZIMEK A., CLAUSEN L.B.N., KANAWADE V., CNOSSEN I. & EDBERG N.J.T. 2009: Meteorological study of the first observation of red sprites from Poland. Acta Geophysica 57, 3: 760–777.

JENIK J. 1961: Alpinská vegetace Krkonoš, Kralického Sněžníku a Hrubého Jeseníku. Teorie anemoorografickych systemu & ČSAV, Praha.

JIMENEZ H. 1998: Fog as a water source for foggy forest at the Colombian andean watersheds. W: SCHEMENAUER R.S. & BRIDGMAN H., (red.), 1st Int. Conf. on Fog and Fog Collection, July 19–24, 1998, Vancouver, Canada: 97–100.

KLIMAKUNDE DES DEUTSCHEN REICHES. TABELLEN 1939: Verlag von Dietrich Reimer, Berlin.

KOSIBA A. 1948: Klimat ziem śląskich. Zagad. Gospod. Śląska, Wyd. Inst. Śl., Katowice – Wrocław, Ser. 2 (9): 1–127.

KOSIBA A. 1949: Częstotliwość szaty śnieżnej na ziemiach śląskich. Pr. Wr. Tow. Nauk, ser. B: 21.

KUTTNER J. 1939: Moazagotl und Fohnwalle. Beitr. Phys. Frei Atmos 25: 79–114.

KWIATKOWSKI J. & HOŁDYS T. 1985: Klimat. W: JAHN A. (red.), Karkonosze Polskie, Ossolineum: 87–116.

KWIATKOWSKI J. 1969: Próba klimatologicznej interpretacji przyczyn wiatrołomów na północnych stokach Karkonoszy w dniach 4 i 5 listopada 1966 r. Opera Corcontica 6: 25–33.

KWIATKOWSKI J. 1972: Feny w Kotlinie Jeleniogórskiej. Acta Univ. Wratisl 173: 3–46.

KWIATKOWSKI J. 1975: Zasięg fenów sudeckich i ich wpływ na mezoklimat regionów południowo-zachodniej i środkowej Polski. Prz. Geofiz 20 (28), 1: 15–30.

KWIATKOWSKI J. 1976: Rola fenów karkonoskich w gospodarce leśnej Kotliny Jeleniogórskiej. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 162: 527–540.

KWIATKOWSKI J. 1979: Zjawiska fenowe w Sudetach i na przedpolu Sudetów. Probl. Zagosp. Ziem Górskich 20: 243–280.

KWIATKOWSKI J. 1982: Skutečne srážky v Krknošich. Opady rzeczywiste w Karkonoszach. Opera Corcontica 19: 45–64.

KWIATKOWSKI J. 1985: Szata śnieżna, szadź i lawiny. W: JAHN A. (red.), Karkonosze Polskie, Ossolineum: 117–144.

KWIATKOWSKI J. & LUCERSKI P. 1979: Warunki śniegowe i narciarskie na północnych stokach Karkonoszy. Opera Corcontica 16: 51–71.

LE HOUEROU H.N. 1998: Fog-dependent vegetation and ecosystems in the dry lands of Africa. W: SCHEMENAUER R.S. & BRIDGMAN H., (red.), 1st Int. Conf. on Fog and Fog Collection, July 19–24, 1998, Vancouver, Canada: 175–178.

LIEBERSBACH J. 1980: Intensity of atmospheric deposition on Mount Szrenica in the Karkonosze range. Acta Univ. Wratisl 357: ss. 87.

MARGAS CZ. & SZYMCZAK H. 1969: Klęski żywiołowe w polskich Karkonoszach i regionie jeleniogórskim (1253–1968). Wierchy 38: 55–115.

METELKA M., MRKVICA Z. & HALÁSOVÁ 2007: Podnebí. W: FLO-

USEK J., HARTMANOVÁ O., ŠTURSA J. & POTOCKI J. (red.), Krkonoše – příroda, historie, život, Baset, Praha: 147–154.

MIGAŁA K. 2005: Piętra klimatyczne w górach Europy a problem zmian globalnych, Acta Univ. Wratisl, 2718, Studia Geograficzne 78, Wyd. Uni.Wroc.: ss.. 140.

MIGAŁA K., PEREYMA J., SOBIK M. & SZCZEPANKIEWICZ-SZMYRKA A. 1995: Współczesne warunki klimatyczne i zróżnicowanie topoklimatyczne Karkonoszy. W: FISZER Z. (red.), Problemy ekologiczne wysokogórskiej części Karkonoszy, Oficyna Wyd. Instytutu Ekologii PAN: 51–78.

NCDC 2000: National Climatic Data Centre. Global Daily Summary. http://www.ncdc.noaa.gov/.

NIEDŹWIEDŹ T. 2003: Słownik meteorologiczny. Polskie Towarzystwo Geofizyczne, IMGW, Warszawa 2003.

OTOP I. 2004: Maksymalne dobowe opady atmosferyczne w Karkonoszach w drugiej połowie XX wieku. Opera Corcontica 41: 25–29.

PIASECKI J. 1995: Pokrywa śnieżna na Szrenicy w latach 1960–1990 i klasyfikacja śnieżności zim. Acta Univ. Wratisl., Prace Inst. Geogr., Ser. C, Meteorologia i Klimatologia 1705: 23–57.

POTOCKI J. 2004: Wadliwy projekt infrastruktury narciarskiej przyczyną konfliktu w parku narodowym – przykład Szrenicy (Defective project of ski infrastructure as a reason of spatial conflict in national park on example of Szrenica). W: ŠTURSA J., MAZURSKI K. R., PAŁUCKI A. & POTOCKA J. (red.), Geoekologické problémy Krkonoš. Sborn. Mez. Věd. Konf., Listopad 2003, Szklarska Poręba 41: 497–503.

REGELL P. 1905: Das Riesen- und Isergebirge. Land und Leute. Monographien zur Erdkunde 20, Velhagen u. Klasing, Bielefeld, Leipzig.

ROCZNIKI METEOROLOGICZNE IMGW, 1961 – 1965: Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa.

ROSOL CH. 2009: Rotoren und Leewallen. Figuren der (In-) Stabilitat um 1937: ilinx 1, edoc-Server der Humboldt-Universität zu Berlin, http://edoc.hu-berlin.de/browsing/ilinx/.

SCHMUCK A. 1969: Klimat Sudetów. Probl. Zagospod. Ziem Górskich 5 (18): 93–153.

SCHINZE G. 1932: 40-jährige Mittel der Schneedecke auf Schneekoppe und ihre Beeinflussung durch Auftreten von arktischen und subarktischen Luftmassen. Ztschr. f. Angew. Meteor. 49.

SIENKIEWICZ R. 1968: Przyczyny i skutki wystąpienia opadu nawalnego w Komarnie w dniu 29 maja 1968 r. Gazeta Obserwatora PIHM: ss. 11.

SOBIK M. & BŁAŚ M. 2010: Wyjątkowe zdarzenia meteorologiczne. W: MIGOŃ P. (red.), Wyjątkowe zdarzenia przyrodnicze na Dolnym Śląsku i ich skutki, Rozpr. Nauk. Inst. Geogr. Uni. Wroc 14: 35–80.

SOBIK M. 1999: Meteorologiczne uwarunkowania zakwaszenia hydrometeorów w Karkonoszach. Praca doktorska, Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego Uniwersytetu Wrocławskiego: ss. 121.

SOBIK M. 2005: Klimat. W: FABISZEWSKI J. (red.), Przyroda Dolnego Śląska, PAN, Oddz. We Wrocławiu: 39–57.

SOBIK M., URBAN G., BŁAŚ M., KRYZA M. & TOMCZYŃSKI 2009: Uwarunkowania pokrywy śnieżnej w Sudetach Zachodnich w sezonach zimowych 2001/2002–2005/2006. Wiad. Met. Hydrol. Gosp. Wod. III (LIII) z. 2–3: 31–47.

SZCZEPANIAK L. 1979: Profile termiczne na północnym stoku masywu Szrenicy w wybranych sytuacjach pogodowych. Praca magisterska, Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego Uniwersytetu Wrocławskiego: ss. 103.

WĄSIK G. 1977: Warunki klimatyczne północnego stoku Szrenicy. Praca magisterska, Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego Uniwersytetu Wrocławskiego: ss. 59.

WOŹNIAK Z. 1991: Osady z mgły w Sudetach (znaczenie osadów i sposób pomiaru przychodu wody z mgły), Prace Kark. Tow. Nauk. 53: 24–34.

WRZESIŃSKI T. & KLEMM O. 2000: Summertime fog chemistry at a mountainous site in central Europe. Atmos. Envir 34: 1487–1496.

WUSSOW G. 1920: Häufigkeit und Verbreitung grosser Tagesmengen des Niederschlages in Norddeutschland. Veröffentlichungen des Preussischen Meteorologischen Institut, Abhandlungen, Behrend & Co., Bd. VII. Nr. 1.

YATES D.J., HUTLEY L.B., DOLEY D. & BOONSANER A. 1998: The ecological and physiological significance of occult precipitation in an Australian rainforest. W: SCHEMENAUER R.S. & BRIDGMAN H. (red.), 1st Int. Conf. On Fog and Fog Collection, Vancouver, Canada: 81–84.

ŻURAŃSKI J.A. & JAŚPIŃSKA B. 1996: Directional analysis of extreme wind speeds in Poland. Journal of Wind Engineering 65: 13–20.

Dane adresowe autorów:

Mieczysław Sobik
mieczyslaw.sobik@uwr.edu.pl

Marek Błaś
marek.blas@uwr.edu.pl

Krzysztof Migała
krzysztof.migala@uwr.edu.pl

Michał Godek
michal.godek@uwr.edu.pl

Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego
Uniwersytet Wrocławski
pl. Uniwersytecki 1, 50-137 Wrocław

Tomasz Nasiółkowski
Wysokogórskie Obserwatorium Meteorologiczne na Śnieżce
Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej
ul. Śnieżki 20, 58-540 Karpacz
nasiolkowski@gmail.com

Sobik M., Błaś M., Migała K.,Godek M. & Nasiółkowski T. 2019: Klimat. W: Knapik R., Migoń P. & Raj A. (red.), Przyroda Karkonoskiego Parku Narodowego. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra: 147–186.

Jan Matuła, Dorota Richter

Sinice i glony

Wprowadzenie – charakterystyka sinic i glonów

Sinice na podstawie budowy komórki, właściwości genetycznych, specyficznych własnych barwników zaliczane są do organizmów samożywnych, bezjądrowych o nazwie Cyanobacteria (ze względu na bliskie pokrewieństwo z bakteriami). Polska nazwa sinice pochodzi od ich niebieskozielonego zabarwienia (siny kolor), choć wiele gatunków posiada żółte, ciemnoniebieskie, czerwone i czarne barwy ochronne zabezpieczające je przed chłodem i promieniowaniem ultrafioletowym, szczególnie dokuczliwym wysoko w górach i regionach polarnych. Wśród sinic spotykamy formy jednokomórkowe, kolonijne złożone z mniej lub bardziej uporządkowanych komórek we wspólnej galarecie lub w postaci pojedynczych nici. Na skałach, glebie oraz na dnie zbiorników wodnych, sinice często tworzą łatwo zauważalne, kolorowe galaretowate lub skórzaste grube maty (krasty).

Glony jako eukariotyczne plechowate rośliny o prostej budowie nie są zróżnicowane na korzeń, łodygę i liście. Nazwa glony rozumiana jest jako jednostka złożona z różnych grup organizmów wykazujących jedynie duże podobieństwo morfologiczno-ekologiczne. Nie jest to jednostka taksonomiczna, ponieważ obejmuje szereg typów, które przedstawiają niezależne i niespokrewnione linie rozwojowe. Wśród glonów mamy mikroskopijnej wielkości formy jednokomórkowe, makroskopowe galaretowate wielokomórkowe kolonie oraz formy nitkowate nierozgałęzione swobodnie unoszone w wodzie, lub krzaczkowate przyczepione do podłoża. Dzięki intensywnym barwom i wydzielanym zapachom sinice i glony, są zauważane w terenie nie tylko przez specjalistów, ale także przez turystów. Rozmaitość barw i kształtów plech zwłaszcza na skałach, gołoborzach, korze drzew zachwyca artystów malarzy i poetów, którzy uwieczniają je w swojej twórczości.

Historia poznania flory sinic i glonów w Karkonoszach

Do poznania flory sinic i glonów Karkonoszy przyczynili się jako pierwsi tacy badacze jak: Rabenhorst, Hilse i Kühn (Kirchner 1878) oraz Hieronymus (1887) i Müller (1898). Kolejne informacje o tych organizmach znajdujemy w publikacjach Zachariasa i jego współpracowników (Zacharias 1896, 1897, 1898; Zacharias & Lemmermann 1896; Schröder 1898). Większość tych danych zebrano dorywczo w wybranych tylko typach siedlisk podczas różnych naukowych ekskursji w Karkonosze. Do najlepiej poznanych w tamtych czasach zaliczają się większe jeziorka polodowcowe Duży i Mały Staw oraz stawy w Śnieżnych Kotłach Zacharias & Lemmermann (1896). Również torfowiska pod Śnieżką przykuwały uwagę takich badaczy jak: Lemmermann (1896) Rudolph i in. (1928) oraz Beck-Managetta (1929). Uzyskana wiedza dotyczyła w większości gatunków nowych dla nauki i rzadkich lub co najwyżej wybranych grup taksonomicznych glonów zebranych wyrywkowo z najciekawszych siedlisk, głównie na torfowisku Upa. Podsumowując, uzyskana w drugiej połowie XIX wieku wiedza o niektórych grupach glonów i sinic jest fragmentaryczna zaś w odniesieniu do innych zupełnie jej brak. W czasie pierwszej połowy dwudziestego wieku aktywność algologów zwłaszcza po północnej stronie Karkonoszy całkowicie ustała. Ponowne zainteresowanie glonami ujawniło się w czasach powojennych i pierwsze publikacje na ich temat ukazały się w latach 1972–2007. Florę sinic i glonów Wielkiego Stawu badał Skrężyna (1972). Zbiorowiska okrzemek potoków sudeckich i możliwość ich wykorzystania jako wskaźników czystości i trofii wód badała Picińska-Fałtynowicz (2007). Natomiast ekosystemy torfowiskowe zarówno po polskiej jak i czeskiej stronie dość intensywnie badane były przez Kalinę (1969, 1970), Matułę (1980a,b, 1992, 1994, 1995, 2005) oraz Matułę i in. (2005, 2006). Powyższe publikacje miały głównie charakter florystyczno-taksonomiczny. Ekologii sinic i glonów torfowiskowych po obu stronach granicy poświęcone są obszerne opracowania Matuły (1995) i Novákovej (2002).

Stan poznania karkonoskich sinic i glonów zawarty w przedstawionej literaturze jest wciąż dalece niepełny. Stosunkowo najlepiej zbadane zostały siedliska torfowisk i stawów polodowcowych.

Znaczenie sinic i glonów

Sinice i glony stanowią ważny pierwszy poziom w obiegu materii organicznej. Ma to szczególne znaczenie w skrajnie nieprzyjaznym jałowym w składniki pokarmowe środowisku. Glony, a zwłaszcza sinice jako najdoskonalsze autotrofy, oprócz związków węgla wiążą z atmosfery wolny azot, dzięki czemu produkują cukry, tłuszcze oraz substancje organiczne bogate w białko i aminokwasy, z których powstaje próchnica. Przystosowują w ten sposób siedliska do przejęcia w toku sukcesji najpierw bakteriom i mchom, a w dalszej kolejności roślinom wyższym. Stanowią też pokarm dla organizmów wodnych. Negatywny wpływ sinic i glonów zaznacza się poprzez nadmierne wzbogacanie środowisk w eutrofizujące związki azotu oraz toksyny szkodliwe, a nawet śmiertelne dla drobnych zwierząt wodnych (stawonogów, mięczaków) oraz ryb, ptactwa, bydła i człowieka. W stawach i jeziorach często obserwuje się zjawisko nadmiernego rozwoju tych organizmów określane jako „zakwit wód" objawiające się w zależności od rozwijających się gatunków odpowiednim zabarwieniem toni wodnej i wydzielanym zapachem. Masowy rozwój glonów i sinic w toni wodnej ogranicza dostęp światła dla innych roślin wodnych, a wyprodukowana materia organiczna w czasie rozkładu pogarsza warunki tlenowe.

Przegląd gatunków sinic i glonów

Obecnie oszacowanie całkowitej liczby występujących taksonów sinic i glonów w Karkonoszach jest bardzo trudne z wielu powodów. Organizmy te często pojawiają się i zanikają na długi okres. Wysoka specjalizacja ekologiczna skutkuje tym, że opisane w przeszłości gatunki charakterystyczne dla danych ekosystemów wskutek zaszłych zmian w środowisku, mogą już nie istnieć, a pojawiają się inne. Słabo albo prawie nierozpoznane są glony żyjące w licznych ciekach, większych potokach, młakach i wywierzyskach oraz glony areofityczne w siedliskach naskalnych i nadrzewnych. W ostatnim czasie masowo rozwijają się glony typowe dla siedlisk eutroficznych, głównie wokół schronisk oraz szlaków turystycznych. Glony te należy traktować jako nowe i obce taksony w środowisku Karkonoszy. Obecnie można jedynie dość dokładnie określić liczbę sinic i glonów dla ekosystemów torfowiskowych i jeziorek w kotłach polodowcowych. Ogółem na torfowiskach znaleziono 222 taksony sinic i glonów, w tym na subalpejskich 133, a w górnoreglowych 140. W jeziorkach polodowcowych potwierdzono występowanie około 60 pewnych gatunków.

Gatunki rzadkie, alpejskie i subarktyczne

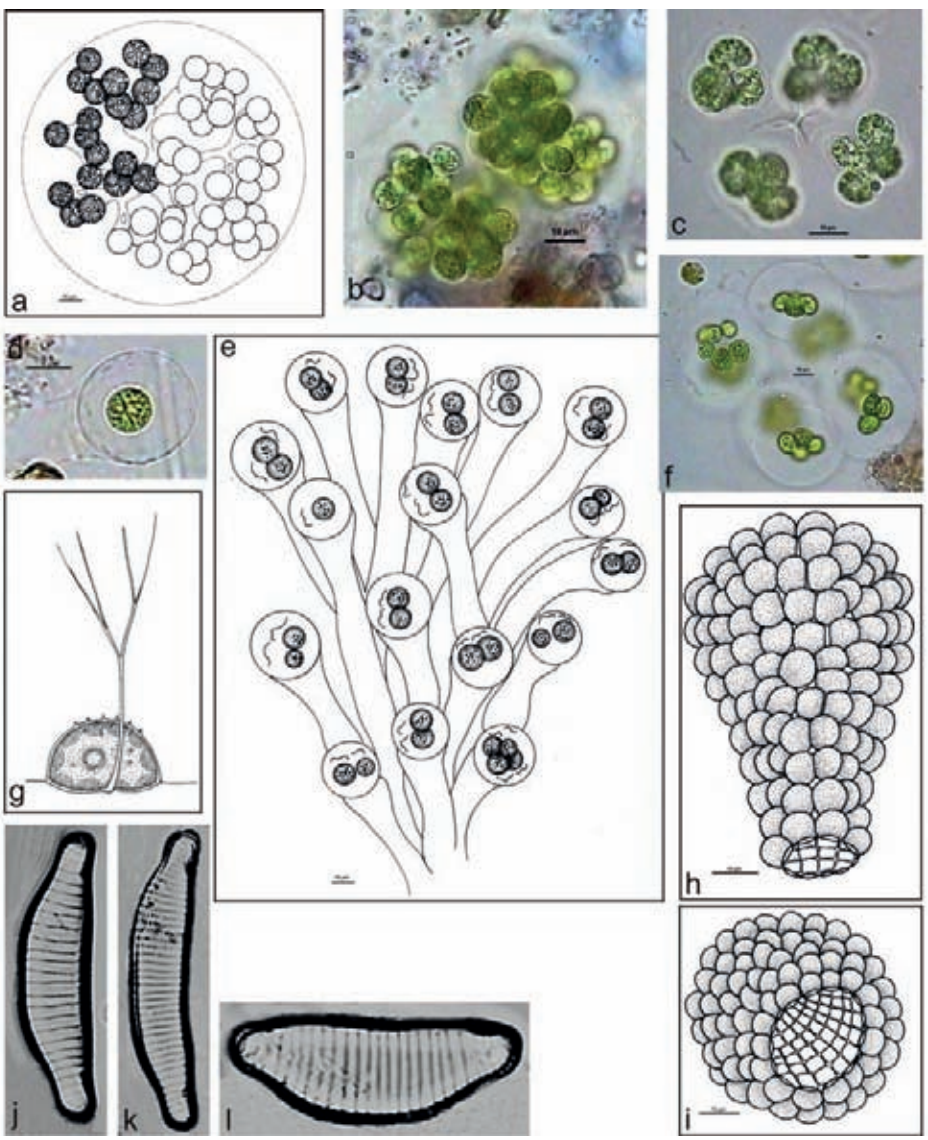
O wyjątkowości i odrębności flory sinic i glonów Karkonoszy świadczy obecność wielu gatunków rzadkich mających tylko tu stanowiska w Polsce, a także obecność gatunków wybitnie wysokogórskich alpejskich, północnych subarktycznych i arktycznych. Do rzadkich taksonów w Europie i jak dotąd nie odnalezionych nigdzie indziej w Polsce zaliczyć należy: złotowiciowce *Lepochromulina calyx*, *Stephanoporus sphagnicola*, *Lagynion ampullaceum*, *L. scherffelii*, *Gloeobotrys sphagnophilus*, *Merismoglea ellipsoidea*, *Coenochloris sphagnicola*, *Phacomyxa sphagnicola*, *Hormotila ramosissima* (Ryc. 1d–f) i *Dicranochaete bohemica*. Na uwagę zasługuje również krasnorost *Batrachospermum vagum* rosnący na martwych gałęziach i korzeniach kosodrzewiny wymytych z torfu na dnie największego na torfowisku Upa stawku torfowego (Matuła 1981). Gatunek ten w ciągu 40 lat obserwacji rozwija się jedynie w postaci młodocianego stadium typu *Chantransia*.

Elementy alpejsko-arktyczne to: złotowiciowce *Mallomonas corcontica*, *Corcontochrysis noctivaga*, *Gloeochrysis montana*, okrzemki *Eunotia lapponica*, *E. sudetica* (Ryc. 1j–l), *Cymbella hebridica*, *Pinnularia lata*, desmidie *Cosmarium caelatum*, *Staurastrum capitulum* i *S. bohlinianum*, wystepujące w wierzchowinowych torfowiskach, stawkach i potokach Karkonoszy.

Nowe dla nauki taksony opisane z Karkonoszy

Z Karkonoszy opisano wiele nowych różnej rangi taksonów, większość z nich okazała się synonimami wcześniej odkrytych i opisanych pod inną nazwą glonów lub dzięki późniejszym odkryciom uznanych za przedstawicieli innych organizmów (patrz *Ducellieria corcontica* opisana przez MATUŁĘ w 1980b z torfowiska Upa okazała się formą rozwojową grzyba wodnego). Współcześnie flora glonów nadal wyróżnia się kilkoma rzadkimi gatunkami odnajdywanymi również gdzie indziej w świecie, których pierwsze stanowiska klasyczne (*locus classicus*) znajdują się w Karkonoszach. Do nich niewątpliwie należą:

– opisany z torfowisk Karkonoszy przez HIERONYMUSA w 1887 *Dicranochaete reniformis* (Chlorophyceae) (Ryc. 1g), będący kokalną zielenicą, żyjącą na innych roślinach w zagłębieniach, płytkich jeziorkach torfowych lub górskich wodach Europy i innych kontynentów;



Ryc. 1. Gatunki nowe i rzadkie: a–c Botryosphaerella sudetica, d–f Hormotila ramosissima, g Dicranochaete reniformis, h–i Chrysosphaera sieminskae j–l Eunotia sudetica (ryc. i fot. a–i J. Matuła, D. Richter, fot. j–l J. Picińska-Fałtynowicz)

– *Botryosphaerella sudetica* (Chlorophyceae) (Ryc. 1a–c) opisana po raz pierwszy w 1896 przez LEMMERMANNA na torfowisku Upa pod nazwą *Botryococcus sudeticus*. Obecnie również odnaleziona na tym torfowisku i torfowiskach w górach Izerskich oraz w Tatrach w Dolinie Pięciu Stawów. Występuje w płytkich ombrotroficznych i oligominerotroficznych kwaśnych wodach torfowiskowych i dystroficznych płytkich stawkach Europy;
– *Eunotia sudetica* (Bacillariophyceae), (Ryc. 1j–l) opisana ze stawków w Śnieżnych Kotłach przez MÜLLERA w 1898 r.; odnajdywana również w potokach górskich;
– *Gloeochrysis montana* (KALINA 1969) (Chrysophyceae), będący złotowiciowcem tworzącym na kamieniach brązowe śluzowate kolonie w górskich potokach;
– *Mallomonas corcontica* (Chrysophyceae) znaleziona na torfowisku Upa przez KALINĘ w 1969 roku i opisana jako *Mallomonas leboimei var. corcontica*; po szczegółowych badaniach takson ten podniesiono do rangi gatunku. Notowany w Europie i na północy Ameryki. Gatunek alpejsko-subarktyczny;
– *Corcontochrysis noctivaga* (Chrysophyceae) będący złotowiciowcem, wyizolowanym w 1970 przez KALINĘ z prób glonów zebranych na torfowisku Upa. Jest to jeden z lepiej rozpoznanych gatunków pod względem biologii rozmnażania. Uznawany za endemit Karkonoszy;
– *Chrysosphaera sieminskae* (Chrysophyceae) (Ryc. 1h–i) odkryty na oligominerotroficznych torfowiskach w okolicy Słonecznika i pod Pielgrzymami na wysokości 1200–1300 m n.p.m (MATUŁA 1994) oraz na torfowisku Zieleniec u podnóża Gór Orlickich (750 m n.p.m). Złotowiciowiec ten tworzy jednowarstwowy płaszcz zwartych komórek na pancerzykach zlepionych z kryształków piasku ameb z rodzajów *Euglypha*, *Centropyxis* i *Difflugia*, żyjących na detrytusie płytkich zagłębień i gołych powierzchni torfowych. Kształt i wielkość kolonii złotowiciowca wymodelowny jest na kształt gospodarza.

Sinice i glony w różnych typach siedlisk Karkonoszy

Sinice i glony posiadają dużą zdolność do rozwoju w różnych warunkach środowiska. Zajmują, często masowo, ekstremalne siedliska naskalne, na korze drzew i na ubogich glebach. Rozwijają się na śniegu i lodzie. Obficie występują w potokach, rzekach, toni wodnej jako plankton, w bentosie na dnie stawków i jeziorek oraz na torfowiskach. W Karkonoszach występują w całym zakresie wysokości po szczyt Śnieżki.

Od dawna zauważanymi glonami bo wzmiankowanymi już w XVIII wieku były glony areofityczne żyjące poza środowiskiem wodnym na skałach, blokach skalnych i pniach drzew. W Karkonoszach siedliska skalne



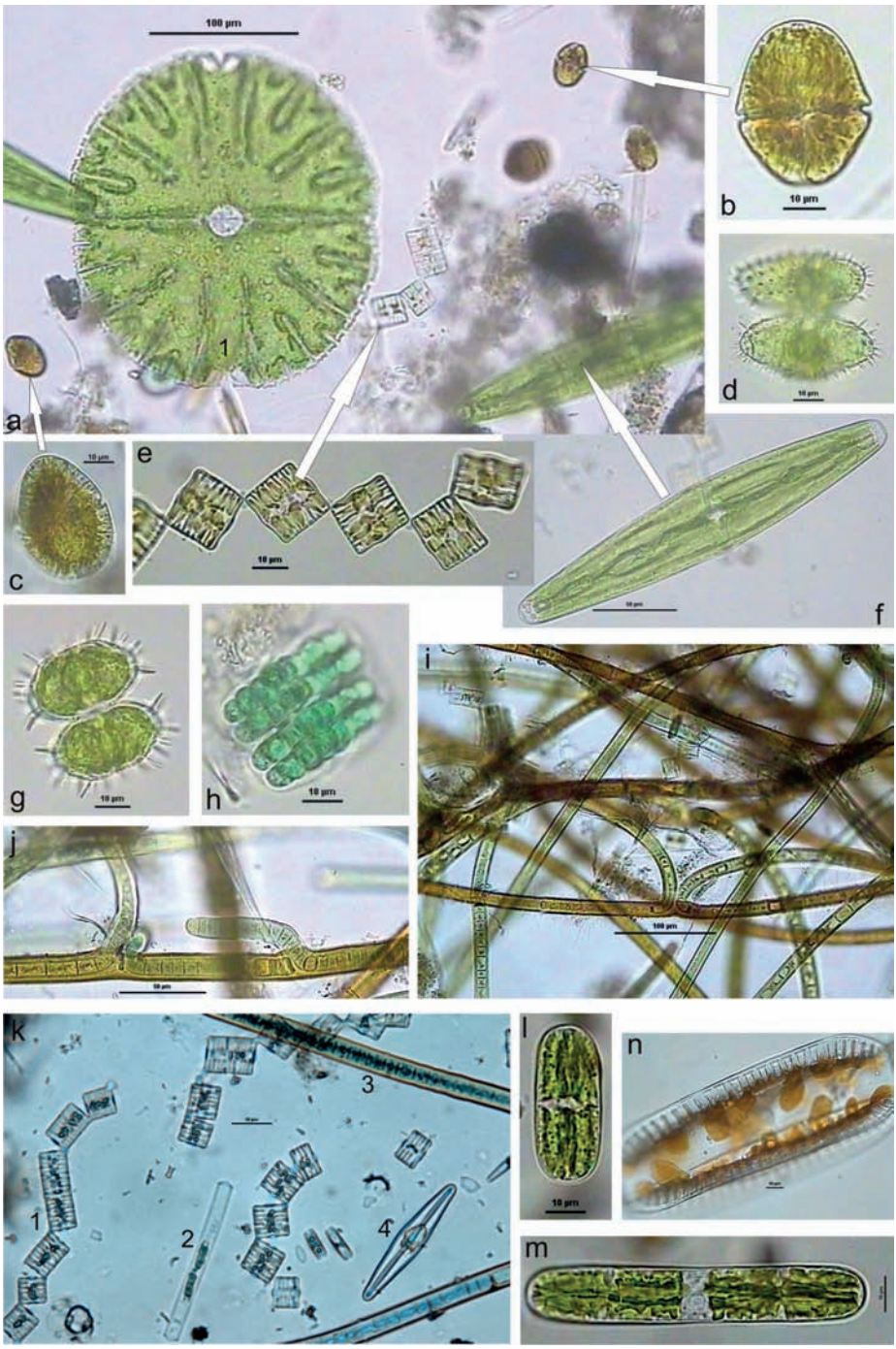
Ryc. 2. Gatunek epilityczny Trentepohlia jolithus: a–c plecha na kamieniach, d–e widok spod mikroskopu (fot. a, c–e D. Richter, J. Matuła; fot. b L. Żołnierz)

zajmują znaczne powierzchnie, zwłaszcza w subalpejskim i alpejskim piętrze. Wielką atrakcją turystyczną w XVIII wieku były na zboczach Śnieżki tzw. „fiołkowe kamienie", bloki skalne pokryte skórzastym, poduszeczkowatym lub proszkowatym rdzawo-brązowym lub krwisto-czerwonym nalotem zielenicy *Trentepohlia jolithus* (Ryc. 2). Barwy te nadają karotenoidy maskujące u tego glonu zielony barwnik chlorofil. Glon ten oprócz barwy ma jeszcze jedną właściwość. Lekko ogrzany przez potarcie dłonią lub przez uderzenia kamieniami, wydziela z siebie zapach podobny do fiołków. Natomiast zieloną barwę kamienie oraz pnie drzew zawdzięczają często takim zielenicom jak: pierwotek *Pleurococcus vulgaris*, jednokomórkowa chlorella zwyczajna *Chlorella vulgaris* oraz nitkowata zielenica *Klebsormidium flaccidum*. Strome wilgotne ściany skalne oraz bloki skalne w wodach płynących porośnięte mchami, porostami stanowią interesujące biotopy, w których mogą się rozwijać bogate zbiorowiska glonów. Takie siedliska spotkać można, w zacienionych szczelinach i zagłębieniach skalnych, na ścianach Śnieżnych Kotłów i Kotłów Małego i Wielkiego Stawu. W poduchach mchów, które stanowią dla glonów osłonę, a także zapewniają odpowiednio długo wilgoć rozwijają się sinice *Chroococcus turgidus* (Ryc. 7j), gatunki z rodzaju Gloeocapsa z barwnymii galaretowatymi pochwami, zielenice z rodzaju *Coccomyxa*, desmidie *Mesotaenium chlamydosporium*, *Cylindrocystis brebissonii*, *Actinotaenium cucurbita* (Ryc. 7d), gatunki z rodzaju *Cosmarium* oraz okrzemki.

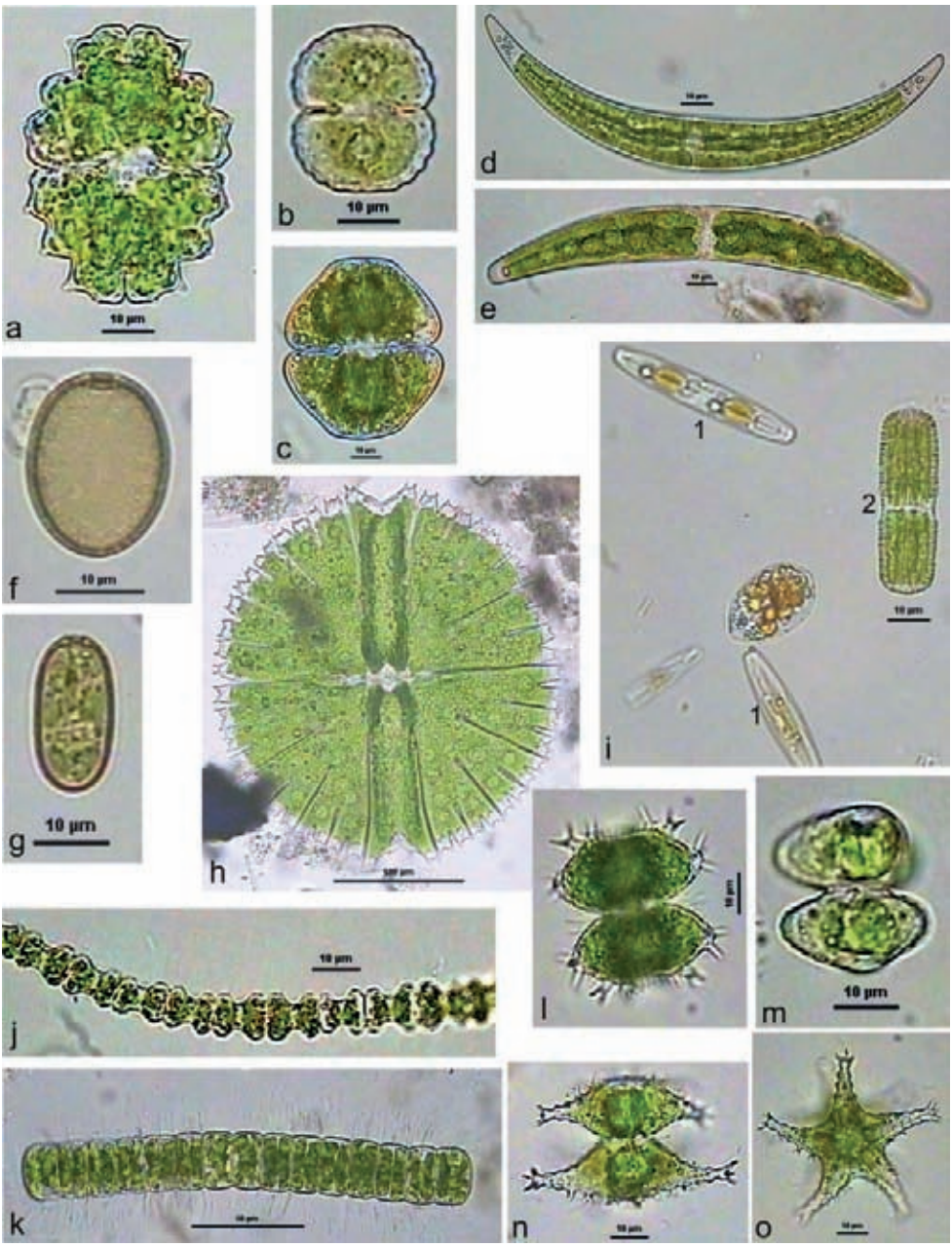
Torfowiska subalpejskie zasilane głównie wodami opadowymi, dzięki urozmaiconej rzeźbie powierzchni posiadają różnorodne mikrosiedliska dla rozwoju sinic i glonów. W ekstremalnie ubogich w składniki pokarmowe dolinkach i dołkach oraz płytkich powierzchniach erozyjnych, tzw. kolkach, wypełnionych wodą wśród torfowców i turzycy bagiennej *Carex limosa* oraz wełnianeczki darniowej *Baeothryon cespitosum* występują stosunkowo ubogie zbiorowiska glonów. Dominują tu desmidie *Mesotaenium macrococcum*, *Cylindrocystis brebissonii*, *Netrium digitus* var. *digitus*, *Penium silwae-nigrae*, *Euastrum binale* var. *gutwinski*, *Actinotaenium cucurbita*, *Staurastrum margaritaceum*, *S. subavicula*, sinice *Chroococcus turgidus*, *Ch. minutus*, okrzemki *Frustulia rhomboides* var. *saxonica*, *Pinnularia viridis* var. *sudetica* heterokont *Myxochloris sphagnicola*, kokalne zielenice *Merismoglea ellipsoidea*, *Coenochloris sphagnicola*, *Phacomyxa sphagnicola*, *Hormotila ramosissima*, *Oocystis solitaria*, zielenice nitkowate *Microspora pachyderma* oraz *Ulothrix* sp. Na dnie płytkich i gołych powierzchni torfowych masowo rozwija się nitkowata sprzężnica *Zygogonium ericetorum*, która po wyschnięciu wody tworzy czerwono-brunatny tzw. papier meteorytowy pokrywający torf. W stawkach i głębszych rynno-stawkach porośniętych na dnie przez mchy wodne i torfowce oraz turzycę dzióbkowatą *Carex rostrata* rozwijają się bogatsze od poprzednich siedlisk zbiorowiska glonów. Wyróżniają je desmidie *Cylindrocystis brebissonii*, *Netrium digitus*, *Penium polymorphum*, *Closterium idiosporum* var. *punctatum*, *Cosmarium pygmaeum*, *C. subtumidum*, *Xanthidium antilopaeum*, *Staurastrum muricatum*, *S. subavicula*, *S. simonyi*, *Spondylosium pulchellum*, *Bambusina brebissionii*, sprzężnica *Mougeotia* sp. oraz zielenice nitkowate *Microspora pachyderma*, *Ulothrix* sp., *Binuclearia tectorum*, *Oedogonium itizigsonhii*, *Microthamnion strictissimum*. W planktonie letnim znaczny udział mają zielenice kokalne *Botryococcus braunii i Scenedesmus costatus* oraz złotowiciowce *Dinobryon pediforme*, *D. serturalia* i *Synura sphagnicola*. Często pojawia się tobołek *Peridinium umbonatum*, a także eugleniny *Euglena adhaerens*, *E. mutabilis*, *Trachelomonas volvocina* oraz sinice *Merismopedia glauca*, *Chroococcus minutus* i *Ch. turgidus* (Ryc. 7). Również licznie reprezentowane są okrzemki.

Wysoki odczyn wód, korzystne zawartości Ca, Mg i K oraz azotu mineralnego w tym azotanów na torfowiskach wiszących Karkonoszy sprzyja rozwojowi specyficznej dość bogatej flory sinic i glonów (Ryc. 4). Najwięcej i najciekawsze rodzaje oraz taksony występują w bezpośrednim zasięgu charakterystycznych dla tych torfowisk licznych cieków i źródlisk. Znaleziono tu 140 taksonów glonów. Szczególnie wzrasta tu, w porównaniu do torfowisk subalpejskich, liczba gatunków desmidii (69 taksonów), z których większość (48) to taksony charakterystyczne dla tych torfowisk. Desmidie reprezentują tu licznie gatunki z rodzaju *Closterium* (15 taksonów), a także rodzaje *Euastrum*, *Actinotaenium*, *Cosmarium* (10) i *Staurastrum* (6) oraz spotykane tylko na tych torfowiskach *Hyalotheca dissilens*, *Teilingia granulata* i zielenica *Palmodyction varium*. Charakterystyczne okrzemki to: *Anomoeoneis serians*, *Surirella lineari* i *S. ovata*. Ponadto na tych torfowiskach występują gatunki odkryte tu jako nowe dla nauki oraz gatunki rzadkie (patrz rozdziały powyżej).

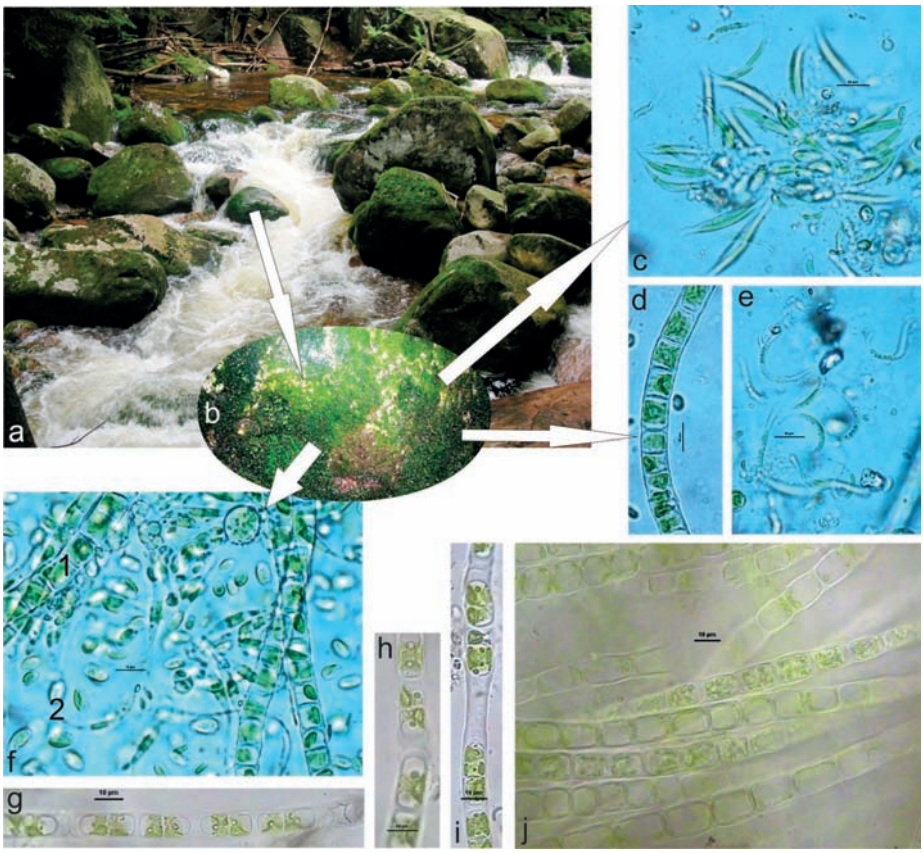
Pierwsze dane o florze sinic i glonów Małego i Wielkiego Stawu pochodzą z lat 1878–1896. Pomimo, że wiedza o tych organizmach uzyskiwana była często na podstawie dorywczych i jednorazowych badań, glony jezior polodowcowych w tamtych czasach należały do najlepiej poznanych. W 1895 roku w Małym i Wielkim Stawie stwierdzono odpowiednio 85 i 68 gatunków sinic i glonów (Zacharias & Lemmermann 1896). W obydwu jeziorach dominowały okrzemki (34–48 taksonów) i zielenice (28–29). Pozostałe grupy: sinice, eugleniny,



Ryc. 3. Charakterystyczne gatunki występujące w Wielkim i Małym Stawie: a1 Micrasterias thomasiana var. thomasiana, b Gymnodinium uberrimum, c Gymnodinium sp., d Cosmoastrum brebissonii, e Tabellaria flocculosa, f Closterium closterioides, g Staurastrum teliferum, h Eucapsis alpina, i–j Scytonema sp., k: 1 Tabellaria flocculosa, 2 Mougeotia sp., 3 Scytonema sp., 4 Frustulia rhomboides, l Cylindrocystis brebissonii, m Penium spirostriolatum, n Surirella sp. (fot. J. Matuła, D. Richter)

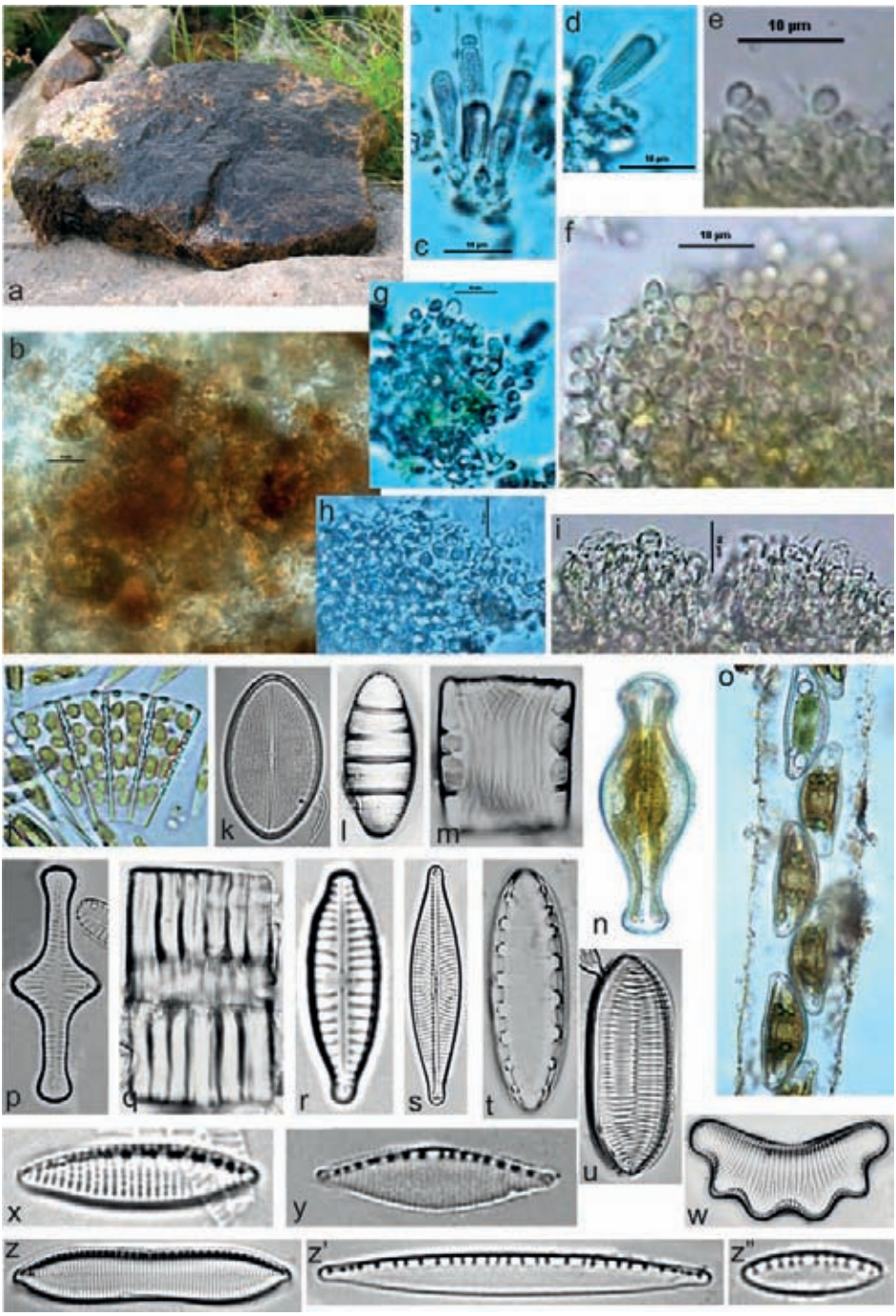


Ryc. 4. Gatunki torfowisk stokowych: a Euastrum bidentatum var. bidentatum, b Cosmarium cf. subcrenatum, c Cosmarium cf. ralfsii, d Closterium parvulum, e Closterium striolatum, f Trachelomonas intermedia, g Trachelomonas abrupta, h Micrasterias rotata, i: 1 okrzemki (Bacillariophyceae), 2 Penium cylindrus var. cylindrus, j Teilingia granulata, k Hyalotheca dissiliens, l Staurastrum subavicula, m Staurastrum punctulatum var. punctulatum, n–o Staurastrum sp. (fot. D. Richter, J. Matuła)



Ryc. 5. Gatunki bentosowe potoku Szklarka: a widok na potok Szklarka, b nalot na kamieniach, c Ankistrodesmus falcatus, d Ulothrix sp., e Monoraphidium cf. arcuatum, f: 1 Ulothrix sp., 2 Cocomyxa sp., g–i Binuclearia tectorum, j Microspora pachyderma (fot. J. Matuła, D. Richter)

tobołki i różnowiciowce reprezentowane były przez pojedyncze lub kilka taksonów (Ryc. 3). W próbach zebranych w 1972 w Wielkim Stawie zidentyfikowano 64 gatunki. Podobnie jak we wcześniejszych badaniach dominantami były okrzemki (21) i zielenice (24 taksony), jednak ich ogólna liczba nieco zmniejszyła się, natomiast znacznie wzrósł udział sinic – z 4 do 15 gatunków. Większa liczba odkrytych taksonów sinic może wynikać z postępu wiedzy o tych organizmach, ale także ze zmiany zawartości składników mineralnych prowadzącej do eutrofizacji wód. Współcześnie o zaszłych zmianach w środowisku świadczy fakt, że nie odnaleziono 55 taksonów, natomiast stwierdzono obecność 51 nowych nie podawanych w pierwszych publikacjach. Do dziś zachowało się około 14 gatunków wspólnych. We florze Małego i Wielkiego Stawu dominuje plankton okrzemkowo-zielenicowy z udziałem pojedynczych gatunków złotowiciowców, tobołków i sinic powodujących zakwity wód. W planktonie wiosennym i jesiennym dominują okrzemki z rodzajów *Melosira*, *Tabellaria*, *Eunotia* i *Pinnularia*. Nadają one wodom barwę złocisto-zieloną. Niektóre gatunki, takie jak *Surirella robusta*, *S. biseriata*, *Eunotia sudetica* i *Pinnularia borealis*, w zauważalnych ilościach występowały tylko wczesną wiosną. Część gatunków występowała przez cały okres wegetacyjny. W obrębie zielenic wyróżniają się zarówno liczbą gatunków, jak i ilościowym występowaniem osobników, przedstawiciele sprzężnic z rodzaju *Mesotaenium*, *Cylindrocystis Closterium*, *Staurastrum* i rzadziej spotykany w Karkonoszach *Micrasterias* oraz nitkowate sprzężnice *Mougeotia*. Z zielenic właściwych rozwijają się nitkowate *Ulothrix*, *Tribonema* i *Microspora*. Sinice najliczniej rozwijają się w okresie wiosenno-letnim, z czego najliczniej występują: *Chroococcus minutus*, *Synechococcus nidulans*, *Microcystis aeruginosa*, *Eucapsis alpina* oraz rodzaje *Oscillatoria*, *Lyngbya*, *Anabaena* i *Scytonema*. Złocistą barwę nadają wodzie *Gymnodinium uberrimum*, *G. fuscum* i *Peridinium umbonatum* oraz *Dinobryon*



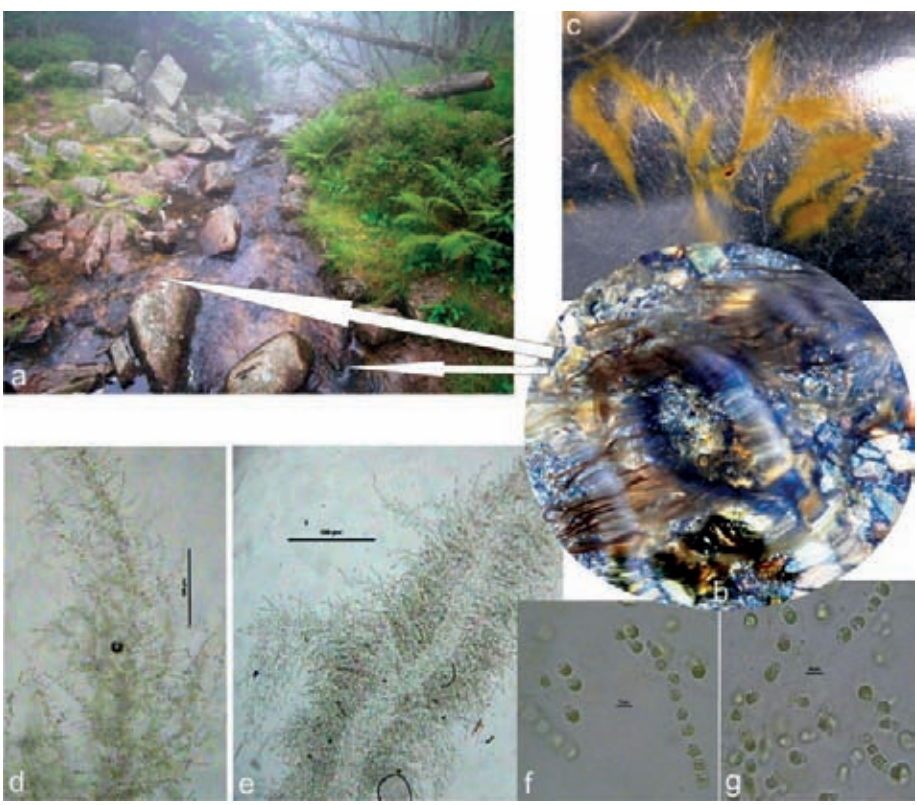
Ryc. 6. Gatunki epilityczne i bentosowe występujące w czystych wierzchowinowych potokach Karkonoszy: a kamień z potoku porośnięty skorupiastymi glonami, b–d Chamaesiphon incrustans, e–f Chamaesiphon cf. fuscus, g–i Chamaesiphon sp., j Meridion circulare, k Cocconeis placentula var. placentula, l–m Diatoma mesodon, n Didymosphenia geminata, o Encyonema prostratum, p–q Tabellaria ventricosa, r Gomphonema parvulum, s Navicula gregaria, t Surirella roba, u Nitzschia levidensis var. victoriae, w Eunotia tetraodon, x Nitzschia amphibia, y Nitzschia fonticola z Nitzschia hungarica, z' Nitzschia recta, z" Nitzschia inconspicua (fot. a–i D. Richter, J. Matuła, j–z" J. Picińska-Fałtynowicz)



Ryc. 7. Gatunki subalpejskie torfowisk ombrotroficznych: a Bambussina brebissoni, b Netrium digitus var. digitus, c Netrium oblongum, d Actinotaenium cucurbita, e Cocomyxa confluens, f kokalne zielenice (Chlorophyceae) oraz Frustulia rhomboides, g Staurastrum aciculiferum, h Spondylosium pulchellum, i Mesotaenium chlamydosporum, j Chroococcus turgidus, k Staurastrum furcatum var. furcatum, l Euglena sp., m–n Euglena mutabilis, o Staurastrum margaritaceum, p Microthamnion cf. strictissimum, r Oocystis solitaria, s Mougeotia sp. (fot. J. Matuła, D. Richter)

pediforme i D. serrturalia. Te ostanie powodują, że woda w czasie ich zakwitu ma nieprzyjemny rybi zapach.

Bogata sieć cieków i potoków w krajobrazie Karkonoszy warunkuje dużą różnorodność mikrosiedlisk dla rozwoju wielu gatunków sinic i glonów. Inne właściwości ekologiczne mają siedliska w górnych źródliskowych odcinkach, gdzie płyną rwące, zimne i czyste wody, inne w niższych odcinkach z łagodniejszym przepływem i odpowiednio nagrzanymi wodami. Na dnie koryta często tuż obok siebie występuje wiele zróżnicowanych mikrosiedlisk. Inne warunki do rozwoju mają glony na zanurzonych lub spryskiwanych wodą blokach skalnych, a inne na piaszczystym lub kamienistym dnie potoków. Duże znaczenie ma też – jak w każdych wodnych ekosystemach – czystość wód. Na podstawie zbadanych wartości indeksów troficznych większość cieków i potoków Karkonoszy posiada skrajnie małą i małą żyzność wód. Indeksy saprobowości kwalifikują je jako wody organicznie niezanieczyszczone. W płytkich ciekach szczytowych partii Karkonoszy oraz przyźródłowych odcinkach Łomnicy, Łomniczki i Szklarki, na kamienich i blokach skalnych widoczne są śliskie i różnobarwne skórzaste powłoki (tzw. krasty). Tworzą je sinice z rodzaju *Chamaesiphon* (barwy szarofioletowej *Ch. incrustans*, rdzawobrunatne i czarne *Ch.* cf. *fuscus* i *Ch. britannicus*). Złocistobrązowe naloty na kamieniach świadczą o obecności okrzemek *Meridion circulare*, *Eunotia exigua*, *E. minor*, *Diatoma mesodon*, *Achnantidium minutissimum*, *Pinnularia subcapitata*, *Cocconeis placentula var. placentula*, *Fragilaria rumpens*. W wodach o pH poniżej 7 występuje *Eunotia sudetica*, *E. muscicola*, *Fragilaria virescens*, *Tabelleria ventricosa* i *Frustulia saxonica*. Na kamieniach i większych blokach spotykamy epilityczne, płożące się zielenice *Aphanochaete repens* oraz gatunki *Coleochaete*. Zielenice kokalne to: *Chlorella*, *Cocomyxa*, *Ankistrodesmus*, *Monoraphidium* i *Dicranochaete bohemica*. Często w tych warunkach rozwijają sie przyczepione do podłoża nitkowate zielenice *Binuclearia tectorum*, *Microspora pachyderma*, *Ulothrix* sp. oraz gałęzatki (*Cladophora*) i nitkowaty różnowiciowiec woszeria (*Vaucheria*) (Ryc. 5–6). W niektórych potokach spotkać można galeretowate złocisto-brunatne krzaczkowate lub włosowate darenki złotowiciowca *Hydrurus foetidus* (Ryc. 8) o polskiej nazwie wodolubka. *Hydrurus foetidus* występuje na kamieniach w zimnych, bystro



Ryc. 8. Gatunek Hydrurus foetidus: a–b plechy na kamieniach w potoku Łomnica, c–e plecha, f–g gałązki z widocznymi komórkami wegetatywnymi (fot. D. Richter, J. Matuła)

płynących i dobrze natlenionych wodach górskich. Po dotknięciu wydziela cuchnący zapach. W Karkonoszach występują między innymi w Łomnicy w okolicy Domku Myśliwskiego.

W ciekach znacznie wzbogaconych w organiczne związki fosforu i azotu, wokół schronisk i uczęszczanych szlaków turystycznych opisane powyżej zbiorowiska sinic i glonów ulegają całkowitej przebudowie. Zastępują je bakterie *Sphaerotilus natans*, okrzemki *Nitzschia*, *Navicula* i *Gomphonema parvulum*, *Encyonema prostratum* (Ryc. 6) oraz zielenice *Characium*, *Zygnema* i *Pseudodendoclonium* (Lukavský i in. 2007; Picińska-Fałtynowicz 2007).

Podziękowania

Autorzy dziękują Michałowi Matule za pomoc w pracach terenowych.

Literatura

Beck-Managetta G. 1929: Algenfunde im Riesengebirge. Lotos 77: 92–100.

Hieronymus G. 1887: Über einige Algen des Riesengebirges. Jahresber. Schles. Ges. Vaterl. Kult. 65: 293–297.

Kalina T. 1969: Gloeochrysis montana n. sp. und Poterioochromonas stipitata Scherffel (Chrysophyceae) aus Krkonoše (Riesengebirge). Österr. Bot. Z. 117: 139–145.

Kalina T. 1970: Corcontochrysis noctivaga gen et sp. n. (Chrysophyceae). Preslia 42: 297–302.

Kirchner O. 1878: Algen. Kryptogamen-flora von Schlesien, herausgegeben von F. Cohn. Breslau. J.U. Kern's Verlag. 2: 1–284.

Lemmermann E. 1896: Zur Algenflora des Riesengebirges., Forschb.Biol.Stat.Plön 4: 88–133.

Lukavský J., Moravcová A. & Nedbalová L. 2007: Vliv člověka na fitobentos toků. W: Flousek J., Hartmanová O., Štursa J. & Potocki J. (red.), Krkonoše. Příroda, historie, život. Baset: 184–186.

Matuła J. 1980 a: Algae new or rare to the Polish flora, found in peat bogs of the Sudeten Mts. Fragm. Flor. Geobot. 26(1): 121–136.

Matuła J. 1980 b: *Ducellieria chodatii* (Ducel.) Teil. and *D. corcontica* Mat. nova sp. (Xantophyceae) found in a peat bog in the Karkonosze Mts. Fragm. Flor. Geobot. 19(4): 475–479.

Matuła J. 1981: Nowe stanowiska *Batrachospermum vagum* (Roth.) Ag. Zesz. Naukowe AR Wrocław, Rolnictwo 38 (134): 175–182.

Matuła J. 1992: *Dicranochaete* species (Chlorophyceae, Gloeodendrales) in peat bogs of Lower Silesia (South – western Poland). Algol. Stud. Archiv für Hydrobiol. 65: 63–72.

Matuła J. 1994: *Chrysosphaera sieminskae* species nova, a new *Chrysosphaera* species from Poland. Acta Soc. Bot. Pol. 63(1): 97–99.

Matuła J. 1995: Warunki troficzne glonów torfowiskowych na obszarze Dolnego Śląska. Zeszyty Naukowe AR we Wrocławiu, Seria Rozprawy 135: 1–132.

Matuła J. 2005: *Dicranochaete quadriseta* (Korš). Nov. & Pop. from an oligominerotrophic peat bog in Lower Silesia (South-Western Poland). Acta Soc. Bot. Pol. 74(1): 23–24.

Matuła J., Richter D. & Pietryka M. 2005: Fykoflora subalpejskich i stokowych Karkonoszy. Annales Silesiae 34: 5–20.

Matuła J., Pietryka M. & Richter D. 2006: Taxonomical studies on *Hormotila ramosissima* Korš. (Chlorophyceae). Acta Soc. Bot. Pol. 75(2): 149–156.

Müller O. 1898: Bacillariales aus den Hochseen des Riesengebirges. – Forschb. Biol. Stat. Plön, 6: 48–82.

Nováková S. 2002: Algal flora of subalpine peat bog pools in the Krkonoše Mts. Preslia 74: 45–56.

Picińska-Fałtynowicz J. 2007: Epilithic diatoms as indicators of water quality and ecological status of streams of Sudety Mountains (South-Western Poland). Large Rivers vol. 17. 3–4. Arch. Hydrobiol. Suppl. 161/3–4: 287–305.

Rudolph K., Firbas F. & Sigmond H. 1928: Das Koppenplanmoor im Riesengebirge. Lotos Prag, 76173–224.

Schröder B. 1898: Neue Beiträge zur Kenntnis der Algen des Riesengebirges, "Forschb. Biol. Stat. Plön" 6: 9–47.

Skrężyna J. 1972: Flora glonów Wielkiego Stawu w Karkonoszach. Praca magisterska, Uniwersytet Wrocławski.

Zacharias O. 1896: Ergebnisse einer biologischen Excursion an die Hochseen des Riesengebirges. – Forschb. Biol. Stat. Plön 4: 65–87.

Zacharias O. & Lemmermann 1896: Ergebnisse einer biologischen Excursion an die Hochseen und Moorgewässer des Riesengebirges. Berlin.

Zacharias O. 1897: Verzeichnis der im Grossen und Kleinen Koppenteich vorkommenden Diatomeen. Wanderer im Riesengebirge 7.

Zacharias O. 1898: Summarischer Bericht über die Ergebnisse meiner Riesengebirgs excursion von 1896. Forschb. Biol. Stat. Plön 6: 1–8.

Dane adresowe autorów:

Jan Matuła
jan.matula@upwr.edu.pl

Dorota Richter
dorota.richter@upwr.edu.pl

Katedra Botaniki i Ekologii Roślin
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
pl. Grunwaldzki 24a, 50-363 Wrocław

Matuła J. & Richter D. 2019: Sinice i glony. W: Knapik R., Migoń P. & Raj A. (red.), Przyroda Karkonoskiego Parku Narodowego. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra: 187–198.

Ewa Fudali, Bronisław Wojtuń

Mchy i wątrobowce

Wstęp

Mchy i wątrobowce to drobne rośliny nie wytwarzające kwiatów, w starszych systemach taksonomicznych ujmowane wspólnie jako gromada mszaków. Od innych roślin odróżniają się brakiem korzeni i prostą budową anatomiczną oraz osobliwą przemianą pokoleń z dominacją gametofitu (pokolenia płciowego). Zasiedlają nie tylko glebę i skały, ale też rozmaite inne podłoża (butwiejące drewno, korę żywych drzew, torf, odchody zwierząt kopytnych, a nawet beton i asfalt). Niezbędne do życia składniki mineralne i wodę czerpią wprost z opadów atmosferycznych lub z powierzchni zajmowanego podłoża. Odznaczają się specyficzną gospodarką wodną (poikilohydryczność), która czyni większość z nich odpornymi na wysychanie i niską temperaturę.

Wątrobowce charakteryzują się grzbietobrzusznym spłaszczeniem ciała, które przybiera postać taśm, rozetek lub ulistnionych łodyżek, i wyłącznie płożącym sposobem wzrostu. Mchy zbudowane są zawsze z wielostronnie ulistnionych łodyżek, często rozgałęzionych, rosnących prosto do góry lub płożących się. Najczęściej występują w formie zbitych darni lub mat tworzących mozaikowate ugrupowania złożone z populacji różnych gatunków.

Mchy i wątrobowce wykazują zróżnicowane wymagania ekologiczne, co ogranicza występowanie części gatunków do określonych stref klimatyczno-roślinnych. Tereny górskie ze względu na zwiększoną w stosunku do obszarów niżowych częstość i wielkość opadów oraz dużą różnorodność dostępnych siedlisk sprzyjają bioróżnorodności mszaków.

Historia badań briologicznych w Karkonoszach

Karkonosze uważane są za jedne z najlepiej briologicznie poznanych w przeszłości pasm górskich Europy, do czego przyczyniły się badania wielu niemieckich botaników (m.in. C. Ludwiga, J.C. Starkego, C. Funka i L. Flotowa) utrwalone w opracowaniach takich briologów jak: Nees von Esebeck (1833/38), Milde (1869) i Limpricht (1876, 1890/95). Dziewiętnastowieczne badania flory mszaków Karkonoszy miały swoje niebagatelne znaczenie dla europejskiej briologii. Stąd pochodzą okazy opisanych po raz pierwszy nowych dla nauki gatunków, m.in.: wątrobowców z rodzaju czubek[1] *Lophozia wenzeli* i *L. longiflora* oraz srebrzyka robakowatego *Gymnomitrion coralloides* (Koła & Wilczyńska 1980). W pierwszej połowie XX wieku botanicy nadal zbierali mszaki w Karkonoszach, ale wyniki tych poszukiwań rozproszone są w różnych notatkach i opracowaniach. Część okazów i notowań została zacytowana przez Limprichta (1930).

Powojenna eksploracja brioflorystyczna Lisowskiego (1959, 1961) oraz Szweykowskiego (1955) skupiona była na sprawdzeniu historycznych stanowisk rzadkich taksonów. W 1986 ukazało się monograficzne opracowanie W. Koły (1986) dotyczące struktury i ekologii naskalnych zbiorowisk mszaków.

Pod koniec lat 90-tych XX w. nastąpił wyraźny wzrost zainteresowania badaniami nad bioróżnorodnością mchów Karkonoszy, co przyniosło nowe dane. Wojtuń (2006) podał 6 nienotowanych dotąd gatunków torfowców: *Sp. jensenii*, *S. rubiginosum*, S. b*revifolium*, *S. viride*, *S. platyphyllum*, *S. balticum*. Fudali (2012, 2013 i literatura tam cytowana) zebrała 9 nowych dla polskiej części Karkonoszy gatunków mchów: naleźlinę śnieżną *Andreaea nivalis*, próchniczka męskiego *Aulacomnium androgynum*, wiewiórecznika osinowego *Sciuro-hypnum populeum*, kędzierzawca wąsatego *Dicranoweisia cirrata*, prostoząbka taurydzkiego *Orthodicranum tauricum* (Dunajski & Fudali 2006), dwustronka szerokolistnego *Plagiothecium platyphyllum* i soczystego *P. suc-*

[1] Nazewnictwo gatunków mchów przyjęto za Ochyrą i in. [2003], wątrobowców za Szweykowskim [2006], polskie nazwy taksonów przytoczono w tekście tylko przy pierwszym przywołaniu gatunku.

culentum, krągłolista olbrzymiego *Rhizomnium magnifolium* oraz pędzliczka norweskiego *Syntrichia norvegica* (FUDALI 2007). Wykaz mchów Karkonoszy wzbogaciły też wyniki rewizji niektórych historycznych materiałów zielnikowych. BLOM (1996) zidentyfikował trzy gatunki z rodzaju rozłupek *Schistidium flexipile*, *S. lancifolium, S. papillosum*; BEDNAREK-OCHYRA (1998) – skalnika alpejskiego *Buclandiella macounii subsp. alpinum*; KUČERA & FUDALI (2004) – opończyka wąskootworowego *Microstoma encalypta*; WOJTUŃ (2006) – torfowca środkowego *Sphagnum centrale*; FUDALI (2012) – rozłupka alpejskiego *Schistidium agassizii.*

Pomimo znacznej intensyfikacji badań po roku 2000 mszaki Karkonoszy nie doczekały się jeszcze współczesnej krytycznej flory mchów ani też flory wątrobowców. WILCZYŃSKA (1998) zestawiła notowania historyczne podane do roku 1965, niestety nie zrewidowała materiałów zielnikowych zdeponowanych w WRSL, a wykonane przez nią zestawienie tych zbiorów także okazało się niepełne (FUDALI 2013).

Ogólna charakterystyka brioflory

Bogactwo gatunkowe, częstość występowania

KOŁA i WILCZYŃSKA (1980) oszacowali liczbę znanych do 1980 r. z Karkonoszy mszaków na 452 gatunki, w tym 132 wątrobowce i 320 mchów. Uwzględniając późniejsze doniesienia liczba ta wyniosłaby 474: odpowiednio 132 i 342. Stanowi to ok. 52% hepatikoflory Polski oraz 49% muskoflory.

Większość gatunków występuje bardzo rzadko i jest ograniczona do specyficznych siedlisk a w warstwie mszystej wszystkich pięter roślinnych dominuje niewielka liczba gatunków o szerokich skalach ekologicznych, co powoduje wrażenie monotonii florystycznej (FUDALI 2011). Szczególnym bogactwem gatunków odznaczają się kotły polodowcowe oraz szczyt i zbocza Śnieżki, a także otoczenie wodospadów.

Różnorodność ekologiczna

Mchy i wątrobowce Karkonoszy wykazują wyraźną specjalizację siedliskową – udział stenobiontów kształtuje się na poziomie 50–60% (FUDALI 2012). Wyraźnie zaznaczają się preferencje substratowe, wymagania wilgotnościowe oraz świetlne. Wyodrębniającą się grupę tworzą gatunki zasiedlające wyłącznie żyłę bazaltową w Małym Śnieżnym Kotle preferujące podłoże skalne o odczynie zasadowym lub bliskim obojętnego, np. kędzierzawka pospolita *Tortella tortuosa*, bruzdowiec fałdowany *Ptychodium plicatum*, rokiet gładki *Hypnum callichroum* i krzywolistny *H. lindbergii*, złocieniec gwiazdkowaty *Campyliadelphus stellatus* i fałdziec pomarszczony *Rhytidium rugosum*.

Pod względem bogactwa gatunków najliczniejsza jest grupa wyspecjalizowanych epilitów (mchy naskalne), wśród których najczęściej spotykamy skalnika sudeckiego *Buclandiella sudetica*, tępolistkę rózgowatą *Codriophorus fascicularis* i różnozęba wieloowocowego *Cynodontium polycarpon* oraz mchów zasiedlających warstwę humusu i próchnicy, m.in. zwiesiniec długodzióbkowy *Dicranodontium denudatum,* dwustronek zgiętolistny *Plagiothecium curvifolium*, wiewiórecznik sudecki *Sciuro-hypnum starkei* i merzyk groblowy *Mnium hornum*. Najmniej liczne grupy to: koprofity (gatunki rozwijające się na butwiejących odchodach jeleni oraz innej rozkładającej się materii organicznej – np. podsadnik kulisty *Splachnum sphaericum*, długoszyj piłkowaty *Tayloria serrata*, czterozębiec wąski *Tetraplodon angustatus* (Ryc. 1), obligatoryjne epifity (porastające wyłącznie korę żywych drzew – np. *Dicranoweisia cirrata*, *Orthodicranum tauricum*, łukowiec śląski *Herzogiella seligeri*, korowiec wielozarodniowy *Pylaisia plyantha*) oraz mchy wodne, żyjące stale pod powierzchnią wody, np. zdrojek pospolity *Fontinalis antipyretica* i łuseczkowaty *F. squamosa*, skapanka gajowa *Scapania undulata* oraz warnstorfia bezpierścieniowa *Warnstorfia exannulata*.



Ryc. 1. Czterozębiec wąski Tetraplodon angustatus, bardzo rzadko spotykany mech rozwijający się na butwiejących szczątkach zwierząt (fot. M. Podlaska)

W brioflorze Karkonoszy trwałym elementem stały się już mchy synantropijne, związane przede wszyst-

kim z cementem wykorzystywanym do wzmacniania szlaków turystycznych, przepustów wody oraz zabudowy. FUDALI (2007) na wierzchowinie karkonoskiej odnotowała obecność 20 wybitnie hemerofilnych gatunków typowych dla terenów zabudowanych (m.in. prątnika srebrzystego *Bryum argenteum*, zęboroga czerwonawego *Ceratodon purpureus,* brodka murowego *Tortula muralis*, zgliszczyna gruszkowatego *Leptobryum pyriforme* i skrętka wilgociomierczego *Funaria hygrometrica*).

Udział mszaków w zbiorowiskach roślinnych

Mszaki występują we wszystkich zbiorowiskach roślinnych Karkonoszy, wykazując zróżnicowanie co do bogactwa i składu gatunkowego oraz procentowego udziału w pokrywie roślinnej. Największe znaczenie odgrywają w zbiorowiskach piętra subalpejskiego. Warstwa mszysta zbiorowisk tej strefy, tworzących mozaikę przeplatających się płatów zespołu zarośli kosodrzewiny, fitocenoz traworośli i muraw subalpejskich, oraz skupień borówki czarnej i wrzosowisk wykazuje duże podobieństwo florystyczne. Dominują w niej rokietnik pospolity *Pleurozium schreberi* (Ryc. 2), widłoząb miotłowy *Dicranum scoparium* (Ryc. 3), gajnik śląski *Hylocomium splendens* (Ryc. 4), złotowłos alpejski *Polytrichastrum alpinum*, fałdownik wyłysiały *Rhytidiadelphus subpinnatus,* torfowiec ostrolistny *Sphagnum capillifolium*, wiewióreczniki: odgięty *Sciuro-hypnum reflexum* i sudecki *S. starkei*. Na tym tle wyróżniają się płaty ziołorośli miłosnej górskiej oraz zarośli paprociowych rozwijające się w lejkach ściekowych lub u podstawy ścian skalnych w obrębie kotłów, które skupiają właściwą sobie florę mchów, np. borześlady: mierzoprątnik *Pohlia ludwigii* i białawy *P. wahlenbergii*, wiewiórecznika piórkowatego *Sciuro-hypnum plumosum*, płaskomerzyka średniego *Plagiomnium medium*, dwustronka wklęsłolistnego *Plagiothecium cavifolium*, *łukowca prążkowanego Herzogiella striatella*, różyczkoprątnika pospolitego *Rodobryum roseum* i fałdownika szeleszczącego *Rhytidiadelphus triquetrus*.

W piętrze subalpejskim, na siedliskach trudno dostępnych dla roślin naczyniowych, tworzą się samodzielne zespoły mszyste, najczęściej z dodatkowym udziałem porostów i glonów. Na odkrytej glebie osuwisk ziemnych rozwijają się inicjalne fitocenozy zdominowane przez skąpowłoska hercyńskiego *Oligotrichum hercynicum* (Ryc. 5) i płonniczka stoikowego *Pogonatum urnigerum*. KOŁA (1986) opisał z Karkonoszy 10 naskalnych zespołów oraz 3 zbiorowiska z dominującym udziałem mszaków, w tym wysokogórskie zespoły: *Gymnomitrio-Grimmietum* na nagich gołoborzach szczytowych partii masywu, *Anthelio-*



Ryc. 2. Mech borowy rokietnik pospolity Pleurozium schreberi, rozpowszechniony zarówno w lasach regla górnego jak i we wszystkich zbiorowiskach piętra subalpejskiego Karkonoszy, szczególnie w agregacjach borówki czarnej (fot. M. Podlaska)



Ryc. 3. Widłoząb miotłowy Dicranum scoparium, wszędobylski mech o zmiennym pokroju, występujący na wielu podłożach (humus na głazach, butwiejące igliwie, spróchniałe drewno) we wszystkich piętrach roślinności (fot. M. Podlaska)



Ryc. 4. Mech borowy gajnik śląski Hylocomium splendens, obecnie rzadki składnik runa świerczyny sudeckiej i agregacji borówki czarnej w piętrze subalpejskim, uważany za wrażliwy na zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego (fot. M. Podlaska)



Ryc. 5. Pionierski mech typowy dla wysokogórskich siedlisk inicjalnych skąpowłosek hercyński Oligotrichum hercynicum na odsłonięciu zwietrzeliny granitowej w Kotle Wielkiego Stawu (fot. L. Żołnierz)



Ryc. 6. Kserofilny płonnik jałowcowaty Polytrichum juniperinum występujący na naświetlonych zwałowiskach skalnych i gołoborzach (fot. M. Podlaska)



Ryc. 7. Charakterystyczny dla źródlisk bagniak spiralny Philonotis seriata (fot. L. Żołnierz)



Ryc. 8. Wątrobowiec skapanka gajowa Scapania undulata (na pierwszym planie) i mech płonnik pospolity Polytrichum commune na ociekających wodą skałach w Kotle Wielkiego Stawu (fot. L. Żołnierz)



Ryc. 9. Najczęściej spotykane mchy na głazach spryskiwanych wodą: tępolistki: językowata Codriophorus acicularis i wodna C. aquaticus oraz krótkosz strumieniowy Brachythecium rivulare; Kocioł Małego Stawu (fot. E. Fudali)



Ryc. 10. Subarktyczno-subalpejski mech warnstorfia sznurecznik Warnstorfia sarmentosa na mokrych skałach w Kotle Wielkiego Stawu (fot. L. Żołnierz)

-*Marsupelletum sphacelatae* na wilgotnych i świetlistych skałach granitowych i *Diplophylletum taxifolii* rozwijający się w szczelinach skał granitowych, a także rozprzestrzeniony we wszystkich piętrach zespół *Rhacomitrio-Polytrichetum juniperinii* (Ryc. 6) zajmujący naświetlone zwałowiska skalne i gołoborza.

Z Karkonoszy podano też występowanie wyleżyskowego zespołu *Polytrichetum sexangularis* rozwijającego się wyłącznie na kilku wysoko położonych półkach skalnych na południowej ścianie Małego Śnieżnego Kotła (Kołа & Wilczyńska 1980).

Mchy i wątrobowce odgrywają znaczącą rolę w strukturze fitocenoz źródliskowych i torfowiskowych. Charakterystycznym elementem zespołów źródliskowych ujętych w klasę *Montio-Cardaminetea* są takie mszaki, jak: bagniak spiralny *Philonotis seriata* (Ryc. 7), krokiewka bagienna *Diobelonella palustris*, *Pohlia wahlenbergii var. glacialis*, krótkosz strumieniowy *Brachythecium rivulare*, krągłolist macierzankowy *Rhizomnium punctatum*, *R. magnifolium*, *Scapania undulata* (Ryc. 8), pleszanka pospolita *Pellia epiphylla* i wargowiec licznozarodniowy *Chiloscyphus polyanthus*. Wyłącznie na skałach i głazach okresowo spryskiwanych lub zalewanych wodą potoków rosną hydro-amphibionty: tępolistki: językowata *Codriophorus acicularis* i wodna *C. aquaticus*, *Brachythecium rivulare* (Ryc. 9), warnstorfia sznurecznik *Warnstorfia sarmentosa* (Ryc. 10), moczarniki: błotny *Hygrohypnum luridum*, jasnobrązowy *H. ochraceum* oraz arktyczny *H. smithii* odnotowany wyłącznie w obrębie Kotła Małego Stawu (Fudali 2010).

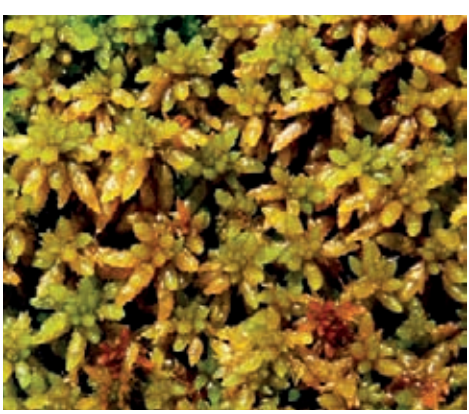
W rozpowszechnionych na obszarze regla górnego i piętra subalpejskiego torfowiskach stokowych i subalpejsko-subarktycznych podstawowym składnikiem roślinności są mchy torfowce (*Sphagnum*). Jest to najliczniejszy rodzaj wśród mchów Karkonoszy, liczący aż 30 gatunków. Na soligenicznych torfowiskach stokowych regla górnego warstwę mszystą szuwarów z *Carex rostrata* i *Eriophorum angustifolium* buduje najczęściej torfowiec kończysty *Sphagnum fallax*, któremu rzadziej towarzyszą płonnik pospolity *Polytrichum commune*, słomiaczek złotawy *Straminergon stramineum* oraz torfowce: pogięty *S. flexuosum*, okazały *S. riparium* i wąskolistny *S. angustifolium*. W obrębie młak, rozwijających się w zasięgu wypływów kwaśnych wód podziemnych, szczególnie częstych w reglu górnym, obficie występuje *Sphagnum riparium* (Ryc. 11). Natomiast w młakach zasilanych wodami podziemnymi o odczynie zbliżonym do obojętnego, spotykanych głównie w piętrze subalpejskim, typowymi składnikami są takie torfowce jak: nastroszony *S. squarrosum*, obły *S. teres*, jednoboczny *S. subsecundum*, ząbkowany *S. denticulatum* i zanurzony *S. inundatum*. Dla torfowisk piętra subalpejskiego o ombrotroficznym typie gospodarki wodnej, charakterystyczne są gatunki o borealnym i borealno-górskim typie zasięgu. Suche siedliska, jak kępy, grzędy i wały torfowe, porośnięte lub nie przez kosodrzewinę, zdominowane są przez płonnika cienkiego *Polytrichum strictum* oraz torfowca Russowa *Sphagnum russowii*, którym sporadycznie towarzyszą torfowce *S. balticum*, magellański *S. magellanicum*,



Ryc. 11. Torfowiec okazały Sphagnum riparium, charakterystyczny składnik wielu młak i torfowisk stokowych (fot. B. Wojtuń)



Ryc. 12. Torfowiec Lindberga Sphagnum lindbergii, relikt glacjalny spotykany pospolicie na subalpejskich torfowiskach wysokich (fot. B. Wojtuń)



Ryc. 13. Torfowiec brodawkowany Sphagnum papillosum, częsty mech na wielu torfowiskach (fot. B. Wojtuń)



Ryc. 14. Płaszczeniec marszczony Buckiella undulata, charakterystyczny składnik runa lasów górnoreglowych (fot. L. Żołnierz)



Ryc. 15. Wątrobowiec czubek pięciołatowy Lophozia (=Barbilophozia) lycopodioides zasiedlający butwiejące igliwie w lasach regla górnego (fot. M. Podlaska)

S. capillifolium, brunatny *S. fuscum* oraz wątrobowiec *Mylia anomala*. Przeciwstawne pod względem wilgotności siedliska takie jak szerokie rynny wypełnione wodą i ich obrzeża oraz wilgotne dolinki preferują torfowce: *Dusena S. majus,* spiczastolistny *S. cuspidatum* oraz Lindberga *S. lindbergii* (Ryc. 12), a także warnstorfia pływająca *Warnstorfia fluitans* i *Straminergon stramineum*. Umiarkowanie wilgotne siedliska, które na omawianych torfowiskach zdominowane są przez wełnianeczkę darniową, wyróżnia obecność takich torfowców, jak: szorstki *S. compactum*, cieniutki *S. tenellum* oraz rzadziej brodawkowaty *S. papillosum* (Ryc. 13).

Spośród zbiorowisk leśnych dobrze rozwiniętą warstwą mszaków wyróżniają się bory świerkowe w obszarze regli. Oprócz gatunków typowo borowych, rozpowszechnionych także na niżu (np. *Pleurozium schreberi*, *Dicranum scoparium*, rokiet cyprysowaty *Hypnum cupressiforme*, *Plagiothecium curvifolium*, rzęsiak pospolity *Ptilidium ciliare*) występuje w nich zestaw gatunków górskich: mchy – płaszczeniec marszczony *Buckiella undulata* (Ryc. 14), fałdownik rzemienny *Rhytidiadelphus loreus*, leśniak cienisty *Hylocomiastrum umbratum* i torfowiec Girgensohna *Sphagnum girgensohnii* oraz wątrobowce z rodzaju czubek: pięciołatowy *Lophozia* (=*Barbilophozia*) *lycopodioides* (Ryc. 15) i Flörkeja *L. floerkei* utrzymujące się wyłącznie w górnoreglowej świerczynie sudeckiej. W obszarze lasów reglowych rozwijają się też samodzielne zespoły mszyste: *Diplophyllo-Scapanietum nemorosae* porastający pionowe ocienione skałki i *Dicrano-Polytrichetum* zasiedlający płaskie powierzchnie skalne i głazy pokryte grubą warstwą próchnicy (Kοła 1986). Badania Staniaszek-Kik (2010) pokazały, że murszejące drewno i wykrociska w lasach Karkonoszy to miejsce występowania wielu rzadkich gatunków wątrobowców, przy czym większość z 39 taksonów stwierdzonych przez nią wystąpiła na pojedynczych stanowiskach.

Dynamika flory mszaków w XX wieku

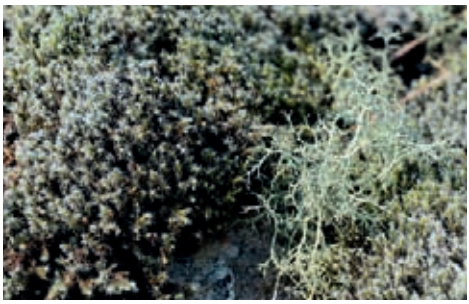
Zmiany środowiskowe jakie zachodziły w Karkonoszach w drugiej połowie XX wieku, znajdują swoje odbicie zarówno w brioflorze lasów górnoreglowych jak i piętra subalpejskiego. Wielkoobszarowe wymieranie świerczyny sudeckiej spowodowało m.in. znaczący spadek liczby stanowisk wielkolistnych wątrobowców: biczycy trójwrębnej *Bazzania trilobata* i przyziemki Millera *Calypogeia muelleriana* oraz mchów: *Hylocomium splendens*, *Hylocomiastrum umbratum*, *Rhytidiadelphus triquetrus*, tujowca tamaryszkowatego *Thuidium tamariscinum* i piórosza pierzastego *Ptilium crista-castrensis*. W ocenie Fudali (2008), blisko 30% brioflory podawanej w latach 1960-ych z lasów górnoreglowych Karkonoszy nie występowało w nich na początku XXI wieku. Tylko *Hylocomium splendens* i *Thuidium tamariscinum* uważane są za wrażliwe na zanieczyszczenie powietrza, co pozwoliłoby wiązać ich ustępowanie z bezpośrednim wpływem depozycji zanieczyszczeń.

Wymieranie drzewostanów przyczyniło się jednocześnie do wyraźnej ekspansji niektórych gatunków epiksylicznych oraz zasiedlających ściółkę. Spektakularny wzrost liczby stanowisk wykazały wątrobowce: głowiak dwukończysty *Cephalozia bicuspidata* i *Lophozia lycopodioides* oraz mchy: *Dicranodontium denudatum*, *Plagiothecium curvifolium* i *Sphagnum girgensohnii*.

W zbiorowiskach muraw subalpejskich Fabiszewski i Wojtuń (2001) odnotowali spadek liczby gatunków mszaków oraz ich procentowego udziału w płatach w odniesieniu do danych z lat 1960-ych, co interpreto-



Ryc. 16. Acydofilny epifit prostoząbek górski Orthodicranum montanum notowany obecnie znacznie częściej niż w przeszłości (fot. M. Podlaska)



Ryc. 17. Kserofilny mech skalniczek wełnisty Racomitrium lanuginosum występujący na nasłonecznionych głazach (Czarny Grzbiet, fot. L. Żołnierz)

wali jako efekt wysokiej depozycji zanieczyszczeń w latach 1980-ych. Szweykowski (informacja ustna) stwierdził w 2002 r. ustąpienie *Gymnomitrion corallioides* na historycznym stanowisku na skałce Słonecznik.

Fudali (2011, 2012, 2013) porównała historyczne i współczesne notowania mchów z sześciu kotłów polodowcowych położonych po polskiej stronie i przedstawiła listę 64 gatunków, które prawdopodobnie ustąpiły z ich obszaru. Uderzającą zmianą we florze mchów okazał się niemal całkowity zanik gatunków nadrzewnych notowanych w XIX wieku. Epifity uważane są za najwrażliwszą na zanieczyszczenia powietrza grupę mchów, można więc przyjąć, że ich zanik był reakcją na wysoką depozycję zanieczyszczeń w latach 1970–1980. Jednocześnie w okresie 1867–2008 wzrosła liczba stanowisk nadrzewnego mchu prostoząbka górskiego *Orthodicranum montanum* (Ryc. 16), preferującego kwaśny odczyn kory, co wydaje się potwierdzać rolę acydifikacji środowiska w Karkonoszach w przemianach brioflory. Według szacunków Fudali w ciągu XX wieku ustąpiło 71% gatunków bazofilnych i subneutrofilnych notowanych w XIX wieku oraz 47% gatunków o szerszej amplitudzie ekologicznej, preferujących siedliska od umiarkowanie kwaśnych do bliskich neutralnego. Ten spadek bioróżnorodności dotyczy głównie muskoflory żyły bazaltowej w Małym Śnieżnym Kotle. W grupie gatunków, które przetrwały i wykazują szersze rozprzestrzenienie niż w przeszłości 73% to mchy acydofilne a 27% – eurybionty.

Fudali (2011) stwierdziła, że wiele gatunków nie związanych z terenami górskimi, które w XIX w. notowane były w Karkonoszach poniżej 1000 m n.p.m., np.: *Mnium hornum*, krótkosz pospolity *Brachythecium rutabulum*, prątnik nabrzmiały *Bryum pseudotriquetrum*, płaskomerzyk pokrewny *Plagiomnium affine*, złotowłos strojny *Polytrichastrum formosum*, szydłosz włoskowy *Cirriphyllum piliferum*, *Herzogiella seligeri* i *Thuidium tamariscinum* obecnie występują wyżej, przynajmniej na wys. 1110 m n.p.m. W ostatnim dziesięcioleciu odnotowano też po raz pierwszy inne gatunki rozpowszechnione na terenach niżowych: *Aulacomnium androgynum, Dicranoweisia cirrata i Orthodicranum tauricum* (nie potwierdzony w latach późniejszych). Takie „wspinanie" się roślin w wyższe położenia górskie może być sygnałem reakcji na ocieplenie. Jednakże pojedyncze ich notowania wskazują na inicjalny etap takich przemian.

Brioflora Karkonoszy uległa też synantropizacji, przy czym w wyższych położeniach górskich proces ten wydaje się być ograniczony do miejsc zastosowania cementu. Po raz pierwszy mchy ruderalne odnotowano w Karkonoszach w latach 1863 i 1865, na ścianach kaplicy na Śnieżce (Fudali 2007).

Wyjątkowość na tle innych obszarów

Trzon brioflory Karkonoszy tworzą gatunki reprezentujące element borealno-górski, ale blisko 20% udział mają mszaki związane w Europie z rejonami północnymi (arktycznymi i subarktycznymi) oraz wysokimi górami. W Karkonoszach występują one w niższych położeniach, co nadaje ich brioflorze wyjątkowy charakter. Reprezentują kilka elementów geograficznych, wśród których szczególną uwagę zwracają: grupa gatunków arktyczno-alpejskich reprezentowana przez: ściślika ciemnożółtego *Arctoa fulvella*, *Andreaea nivalis*, borześlad tępolistny *Pohlia obtusifolia* i *P. ludwigii*, grupa gatunków subarktycznych reprezentowana przez *Sphagnum jensenii* a także grupa gatunków subarktyczno-subalpejskich z: widłozębem długim *Dicranum elongatum*, *Pla-*

giomnium medium, Sphagnum lindbergii i prątnikiem krótkolistnym *Bryum muehlenbeckii*. Z wyjątkiem ostatniego wszystkie zostały współcześnie odnalezione, w większości na pojedynczych stanowiskach.

Natomiast wielu gatunków wskazywanych w przeszłości jako osobliwości brioflorystyczne Karkonoszy (Kołа & Wilczyńska 1980), takich jak: długoszyj zaostrzony *Taylora acuminata*, prątnik arktyczny *Bryum arcticum*, różnozęby: zwodnisty *Cynodontium fallax* i smukły *C. gracilescens*, moczara sierpowata *Dichelyma falcatum*, moczarnik miękki *Hygrohypnum molle*, drągstewniczek skalny *Lescurea saxicola*, czterozębek Browna *Tetradontium brownianum* nie udało się odszukać w ostatnim dziesięcioleciu.

Literatura

Bednarek-Ochyra H. 1995: Rodzaj *Racomitrium* (Musci, Grimmiaceae) w Polsce: taksonomia, ekologia i fitogeografia. Fragm. Flor.Geob. Polonica 2: 3–307.

Blom H. H. 1996: A revision of the *Schistidium apocarpum* complex in Norway and Sweden. Bryophytorum Bibliotheca 49. J. Cramer, Berlin-Stuttgart.

Dunajski A. & Fudali E. 2007: Materiały do brioflory lasów Karkonoskiego Parku Narodowego. Przyr. Sudetów 10: 13–24.

Fabiszewski J. & Wojtuń B. 2001: Contemporary floristic changes in the Karkonosze Mts. Acta Soc. Bot. Pol. 70 (3): 237–245.

Fudali E. 2007: Human traces in the bryophyte flora of the summit region of Karkonosze Mts (polish side). Acta Soc. Bot.Pol. 76(4): 345–349.

Fudali E. 2008: Ecological assessment of the changes in species composition of mountain spruce forest's bryophyte layer in the Karkonosze Mts after huge dieback in 1970-1980. Rocz. AR Pozn. 387 Botanica-Steciana 12: 9–13.

Fudali E. 2010: Mosses of the Kocioł Mały Staw glacial cirque (Karkosze Mts) and their supposed response to tourism impact in the 20th century. Acta Bot. Siles. 5: 111–130.

Fudali E. 2011. Bryo-chorological analysis of the changes in the moss flora of Karkonosze glacial cirques during XX century. Botanica- Steciana 15: 105–121.

Fudali E. 2012: Ecological assessment of the changes in the moss flora of the glacial cirques in the Polish Karkonosze Mts during XX century. Botanica-Steciana 16: 81–92.

Fudali E. 2013: Moss species diversity in the glacial cirques of the polish Karkonosze Mts and its changes during XX century. Biodiv. Res. Cons. 29: 11–25.

Kołа W. 1986: Fitosocjologiczne i ekologiczne badania zbiorowisk naskalnych mszaków w Karkonoszach. Acta Univ. Wratisl. 748, Prace Bot. 32: 3–102.

Kołа W. & Wilczyńska W. 1980: Mszaki. W: J. Jahn (red.) Karkonosze. Ossolineum, Wrocław: 257–272.

Kučera J. & Fudali E. 2004: *Encalypta microstoma* Bals.-Criv. & De Not. In: New national and regional bryophyte records, 8. Ed. T. L. Blockeel. J. Bryology 25: 217–218.

Limpricht K. G. 1876: Laubmoose. In: Kryptogamen-Flora von Schlesien. Ed. F. Cohn. J. U. Kern's Verlag, Breslau.

Limpricht K. G. 1890: Die Laubmoose Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz. In: Dr L. Rabenhort's Kryptogamen-Flora von Deutschland, Oesterreich und der Schweiz, 2 Aufl. 4(1): Bryinae (Stegocarpae [Acrocarpae, Pleurocarpae excl. Hynpnaceae]). E. Kummer, Leipzig: ss. 8–853.

Limpricht K. G. 1895: Die Laubmoose Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz. In: Dr L. Rabenhort's Kryptogamen-Flora von Deutschland, Oesterreich und der Schweiz, 2 Aufl. 4(2): Sphagnaceae, Andreaceae, Archidiaceae, Bryinae (Cleistocarpae, Stegocarpae [Acrocarpae]. E. Kummer, Leipzig: ss. 836.

Limpricht W. 1930: Die Pflanzenwelt der Schneegruben im Riesengebirge. Englers Bot. Jahr. 63: 1–74.

Lisowski S. 1956: Zielnik mchów Polski. Fasc. XI, nr 301–325. Mchy Karkonoszy. Wyd. PAN, Poznań.

Lisowski S. 1961: Zielnik mchów Polski. Fasc. LX, nr 1526–1550. Mchy Karkonoszy. Wyd. PAN, Poznań.

Milde J. 1869: Bryologia Silesiaca. Laubmoss-flora von Nord u. Mittel-Deutschland. A. Felix, Leipzig.

Nees von Esenbeck Ch. G. 1833/38: Naturgeschichte der europäischen Lebermoose. 1–4. Berlin-Breslau.

Ochyra R., Żarnowiec J. & Bednarek-Ochyra H. 2003. Census catalogue of Polish mosses. Polish Academy of Sciences, Institute of Botany, Kraków, 9–372.

Staniaszek-Kik M. 2010: Flora wątrobowców na murszejącym drewnie i wykrociskach w zbiorowiskach leśnych Karkonoszy (Sudety Zachodnie). Acta Bot. Siles. 5: 131–156.

Szweykowski J. 1955: Hepaticotheca Polonica. Fasc. IV, PAN, Poznań.

Szweykowski J. 2006. An annotated checklist of Polish Liverworts and Hornworts. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Krakow; 1–114.

Wilczyńska W. 1996. Flora mchów Karkonoszy. Cz. I (dane historyczne do 1965 r.). Acta Univ. Wratisl. 1886, Pr. Bot. 70: 111–139.

Wojtuń B. 2006: Peat mosses (*Sphagnaceae*) in mires of the Sudetes Mountains (SW Poland): a floristic and ecological study. Wyd. Akademii Rolniczej we Wrocławiu: ss. 3–225.

Dane adresowe autorów:

Ewa Fudali
Katedra Botaniki i Ekologii Roślin
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
pl. Grunwaldzki 24a, 50-363 Wrocław
ewa.fudali@upwr.edu.pl

Bronisław Wojtuń
Katedra Ekologii, Biogeochemii i Ochrony Środowiska
Uniwersytet Wrocławski
ul. Kanonia 6/8, 50-328 Wrocław
bronislaw.wojtun@uwr.edu.pl

Fudali E. & Wojtuń B. 2019: Mchy i wątrobowce. W: Knapik R., Migoń P. & Raj A. (red.), Przyroda Karkonoskiego Parku Narodowego. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra: 199–206.

Ewa Szczęśniak, Ludwik Żołnierz

Paprotniki

Wstęp

Paprotniki to tradycyjna nazwa grupy roślin, w przeszłości przedstawiana w randze gromady, do której zaliczano widłaki, skrzypy i paprocie. W świetle aktualnej wiedzy nie jest to ujęcie poprawne, nazwa pozostaje zwyczajowym (nie taksonomicznym lub systematycznym) określeniem kilku odrębnych linii ewolucyjnych roślin zarodnikowych o zbliżonym przebiegu dwupostaciowego cyklu rozwojowego. We florze Polski i Karkonoszy występują przedstawiciele widakowych, psylotowych, skrzypów i paproci cienkozarodniowych. Są one bylinami, poza widłakami w większości o niezimotrwałych liściach. Rozmnażają się za pomocą lekkich, łatwo rozsiewanych przez wiatr lub wodę zarodników. Po wykiełkowaniu z zarodnika wyrasta mały i przeważnie krótkożyjący (z wyjątkiem widłaków) haploidalny gametofit – pokolenie płciowe – nazywany także przedrośleм. Może być on płaski i zielony (samożywny) jak u paproci lub bulwkowaty i bezchlorofilowy (zależny od symbiotycznych grzybów) jak u widłaków. Na przedroślu wykształcane są komórki jajowe oraz plemniki i zachodzi proces płciowy. Do przeniesienia męskich komórek w procesie zapłodnienia konieczna jest woda, stąd rośliny te są uzależnione od jej obecności w postaci deszczu, rosy itp. lub występują w środowisku wodnym. Po zapłodnieniu z zygoty rozwija się diploidalny sporofit – pokolenie bezpłciowe. Sporofit dominuje w cyklu rozwojowym, jest wieloletnią (w przypadku niektórych gatunków żyjącą 100 lat i dłużej), samożywną rośliną, która po osiągnięciu dojrzałości wytwarza na liściach zarodnie, produkujące haploidalne zarodniki. Na potrzeby tego rozdziału pozostaniemy przy tradycyjnym rozumieniu pojęcia paprotniki.

Paprotniki miały okres świetności w dziejach życia na Ziemi w paleozoiku, przeszło 300 milionów lat temu, później zostały zastąpione przez silniejsze konkurencyjnie rośliny nasienne i zepchnięte do specyficznych nisz ekologicznych, w których trwają do dzisiejszych czasów. Jedyną grupą, która jest stosunkowo liczna, są paprocie cienkozarodniowe. Na obszarze Karkonoszy paprotniki są reprezentowane przez około 50 taksonów, z czego po polskiej stronie występuje około 40, stanowią zatem mniej niż 5% ogółu flory roślin naczyniowych. Ich znaczenie dla odrębności flory karkonoskiej i funkcjonowania górskich ekosystemów jest jednak większe niż można by sądzić na podstawie liczby gatunków. Paprotniki spotyka się w składzie niemal wszystkich zbiorowisk roślinnych od pogórza po piętro alpejskie. Ich przedstawiciele występują zarówno we wczesnych fazach rozwoju roślinności, rosnąc w szczelinach skalnych i na nieustabilizowanych jeszcze piargach, jak i w klimaksowych zbiorowiskach leśnych i subalpejskich. Około jednej czwartej flory karkonoskich paprotników to rzadkie gatunki górskie. Niektóre tworzą własne zbiorowiska, w których dominują ilościowo i decydują o ich fizjonomii (Ryc. 1).

Karkonoskie paprotniki zostały w wysokim stopniu poznane już w połowie XIX w., na co wskazują dane zawarte w Florze Śląska Wimmera (1857), a pierwsze wzmianki pochodzą z końca XVI w. – m.in. występowanie zmienki górskiej *Cryptogramma crispa* podane zostało wówczas przez Schwenckfeldta (1600). W XIX w. na terenie Karkonoszy pracował m.in. światowej sławy wrocławski pteridolog Julius Milde, któremu Fiek (1881) przypisuje odkrycie w roku 1866 stanowiska poryblinu jeziornego *Isoëtes lacustris* w Wielkim Stawie. Milde obserwacje z Karkonoszy, swoje i innych badaczy, zawarł w dziele (1865) podsumowującym jego studia pteridologiczne obszaru Niemiec i Szwajcarii. Flora Śląska Fieka (1881) przedstawia zasoby karkonoskich paprotników na poziomie szczegółowości bliskim wiedzy, jaką mamy współcześnie i stała się w tym zakresie podstawą późniejszego opracowania Schubego (1903). Podsumowaniem wiedzy o florze naczyniowej Karkonoszy, a zatem i o paprotnikach, jest Květena Krkonoš – dzieło życia Josefa Šourka (1969). Ostatnie lata przynoszą informacje o nowych taksonach, lecz są to przede wszystkim drobne gatunki należące do problematycznych



Ryc. 1. Wietlica alpejska Athyrium distentifolium w runie podzespołu paprociowego świerczyny górnoreglowej Calamagrostio villosae-Piceetum filicetosum (fot. L. Żołnierz)

i zmiennych rodzajów, m.in. nerecznica *Dryopteris* (tu *D. dilatata* s.s., *D. expansa* i liczna grupa mieszańców międzygatunkowych) oraz paprotka *Polypodium*, (stwierdzony m.in. w Jagniątkowie mieszaniec *P. x mantoniae*).

W Karkonoszach paprotniki zasiedlają siedliska o podwyższonej wilgotności: otoczenie wysięków, miejsca spływów, zacienione doliny i szczeliny skalne oraz strefy o zwiększonej obecności mgły: piętra subalpejskie i alpejskie. Gatunkami tolerującymi suszę są występujące jedynie w niższych położeniach: zanokcice murowa i północna (*Asplenium ruta-muraria* i *A. septentrionale*). W większości są to gatunki preferujące lub tolerujące kwaśne podłoże (Ryc. 2). Skupienia gatunków wymagających podłoża o wyższym pH pierwotnie występowały jedynie na wychodni bazaltu w Małym Śnieżnym Kotle (widliczka ostrozębna *Selaginella selaginoides*, podejźrzon księżycowy *Botrychium lunaria*, paprotnica krucha *Cystopteris fragilis*, zanokcica zielona *Asplenium viride*), z czasem jednak doszło do powstania wtórnych antropogenicznych stanowisk, związanych z budynkami i ich otoczeniem, gdzie zachodziło wypłukiwanie wapiennego lepiszcza (podejźrzon księżycowy, zanokcica zielona) (Ryc. 3–4).

Analiza struktury fitogeograficznej karkonoskiej flory paprotników (Štursa & Żołnierz 2007) wskazuje na wyraźną przewagę szeroko rozumianych gatunków borealnych. Stanowią one ok. 40% ogólnej liczby gatunków. 27% przypada na gatunki eurazjatyckie, 16% na arktyczno-alpijskie, 14% na subatlantyckie i 3% na środkowoeuropejskie. Ta struktura w ogólnych zarysach jest zgodna z charakterystykami fitogeograficznymi dotyczącymi mszaków i roślin kwiatowych (por. rozdziały poprzedni i kolejny).

Jeżeli listę paprotników karkonoskich uporządkować wzdłuż gradientu wysokości w oparciu o zakresy występowania stanowisk poszczególnych gatunków (Štursa & Żołnierz 2007), to stanie się widoczne, że ich grupy stopniowo zastępują się. Flora paprotników niższych położeń – pięter pogórza i dolnego regla – nie różni się istotnie od flory niżu dolnośląskiego. To *continuum* ulega zaburzeniu w piętrze górnego regla i wyżej – tu pojawiają się już gatunki górskie, nienotowane na niżu (Tab. 1). Typowymi wikariantami wysokościowymi są niżowa wietlica samicza *Athyrium filix-femina* i wietlica alpejska *A. distentifolium*, występująca od regla górnego wzwyż.

W klasyfikacji zagrożenia gatunków roślin karkonoskich (Štursa i in. 2009) paprotnikom z polskiej części pasma przypisane zostały następujące kategorie: 1) gatunki wymarłe (EX) – podejźrzon rutolistny *Botrychium multifidum*; 2) prawdopodobnie wymarłe (?EX) – podejźrzon marunowy *Botrychium matricariifolium*, widlicz spłaszczony *Diphasiastrum complanatum*, widlicz cyprysowy *D. tristachyum*; 3) krytycznie zagrożone (CR) – rozrzutka alpejska *Woodsia alpina*, zmienka górska *Cryptogramma crispa*, poryblin jeziorny *Isoëtes lacustris*,



Ryc. 2. Podrzeń żebrowiec Blechnum spicant (fot. L. Żołnierz)



Ryc. 3. Paprotnica krucha Cystopteris fragilis (fot. E. Szczęśniak)



Ryc. 4. Zanokcica zielona Asplenium viride na antropogenicznym stanowisku w Kotle Łomniczki (fot. L. Żołnierz)

Tab. 1. Rozmieszczenie gatunków paprotników w poszczególnych piętrach roślinnych Karkonoszy. Natężeniem cieniowania wskazano względne różnice w częstości występowania gatunków w poszczególnych zakresach wysokości (wg ŠTURSA & ŽOLNIERZ *2007, zmienione)*

*Piętra roślinne: PO – pogórze, RD – regiel dolny, RG – regiel górny, SA – subalpejskie, A – alpejskie; * – gatunek występuje na siedliskach antropogenicznych, ? – obecność gatunku niepotwierdzona w ostatnich latach*

Gatunek	PO	RD	RG	SA	A
Wroniec widlasty *Huperzia selago*			+	+	+
Widlicz alpejski *Diphasiastrum alpinum*			+	+	+
Wietlica alpejska *Athyrium distentifolium*			+	+	+
Nerecznica szerokolistna *Dryopteris dilatata*	+	+	+	+	+
Podejźrzon księżycowy *Botrychium lunaria*	+	+	+	+	+
Skrzyp polny *Equisetum arvense*	+	+	+*	+*	+*
Rozrzutka alpejski *Woodsia alpina*				+	
Poryblin jeziorny *Isoetës lacustris*				+	
Widliczka ostrozębna *Selaginella selaginoides*				+	
Widlicz Zeillera *Diphasiastrum zeilleri*				+	
Widlicz Isslera *Diphasiastrum isslerii*				+	
Zmienka górska *Cryptogramma crispa*			+	+	
Widłak jałowcowaty *Lycopodium annotinum*		+	+	+	
Paprotnica krucha *Cystopteris fragilis*	+	+	+	+	
Paprotka zwyczajna *Polypodium vugare*	+	+	+	+	
Podrzeń żebrowiec *Blechnum spicant*	+	+	+	+	
Nerecznica samcza *Dryopteris filix-mas*	+	+	+	+	
Skrzyp leśny *Equisetum sylvaticum*	+	+	+	+	
Zanokcica zielona *Asplenium viride*	+*			+	
Zachyłka oszczepowata *Phegopteris connectilis*	+	+	+		
Zachyłka trójkątna *Gymnocarpium dryopteris*	+	+	+		
Orlica pospolita *Pteridium aquilinum*	+	+	+		
Wietlica samicza *Athyrium filix-femina*	+	+	+		
Nerecznica górska *Dryopteris expansa*	+	+	+		
Nerecznica krótkoostna *Dryopteris carthusiana*	+	+	+		
Zaproć górska *Oreotropis limbosperma*	+	+	+		
Skrzyp błotny *Equisetum palustre*	+	+	+		
Skrzyp bagienny *Equisetum fluviatile*	+	+	+		
Widłak goździsty *Lycopodium clavatum*	+	+	+		
Paprotnik kolczysty *Polystichum aculeatum*	+	+			
Zanokcica skalna *Asplenium trichomanes*	+	+			
Zanokcica murowa *Asplenium ruta-muraria*	+	+			
Zanokcica północna *Asplenium septentrionale*	+	+			
Skrzyp łąkowy *Equisetum pratense*	+				
Nasięźrzał pospolity *Ophioglossum vulgatum*	+?				

widliczka ostrozębna *Selaginella selaginoides*, widlicz (widłak) Isslera *Diphasiastrum issleri*, widlicz (widłak) Zeillera *D. zeilleri*, zanokcica zielona *Asplenium viride*, nasięźrzał pospolity *Ophioglossum vulgatum*, zachylnik błotny *Thelypteris palustris*; 4) zagrożone (EN) – podejźrzon księżycowy *Botrychium lunaria*, widlicz (widłak) alpejski *Diphasiastrum alpinum*. Ponadto sześć gatunków zakwalifikowano do niższych kategorii zagrożenia od narażonych (VU) do niskiego ryzyka (LR). Generalnie w różnej skali zagrożonych jest około połowy gatunków paprotników odnotowanych w Karkonoszach i na ich pogórzu. Ryzyko, jakim obarczone są gatunki z kategorii krytyczne zagrożonych wynika z niewielkiej liczby – czy wręcz pojedynczych – stanowisk i w większości niewielkich liczebności populacji. Odznaczają się one skrajnie wąską pulą genową, co oznacza niskie zdolności adaptacyjne do zmieniających się warunków środowiskowych. Z uwagi na izolację stanowisk tych gatunków, położonych daleko poza głównymi zasięgami, brak możliwości przepływu genów z populacji zewnętrznych. O losie takiego gatunku jak rozrzutka alpejska, której jedyna populacja obejmuje ledwie kilkanaście blisko siebie rosnących osobników, może zadecydować zdarzenie losowe w rodzaju obrywu fragmentu skały. Krytycznie małe populacje innych gatunków również mogą łatwo ulec eliminacji na skutek osuwisk pokryw stokowych i piargów, pojawów roślinożerców, patogenów itp. Istotnie na stan populacji paprotników wpływa także człowiek, oddziałując bezpośrednio np. poprzez pozyskiwanie materiału zienikowego (gatunki rzadkie) lub pośrednio, np. zanieczyszczając środowisko. Paprotniki mocno ucierpiały w wyniku klęski zamierania lasów. Radykalna zmiana warunków siedliskowych, przede wszystkim świetlnych, doprowadziły do eliminacji licznych gatunków na powierzchniach wylesionych, gdzie nie sprostały konkurencji ze strony traw. Do wyjątków należy wietlica alpejska, która na wilgotnych siedliskach zniszczonych borów w niektórych miejscach wydatnie poszerzyła zasięg swoich płatów. Można zakładać, że paprotniki z uwagi na swoje wysokie wymagania co do wilgotności siedlisk będą należały do roślin mocno reagujących na ocieplanie się klimatu. Obecnie prowadzone są prace zabezpieczające najrzadsze taksony w środowisku naturalnym oraz w hodowli.

Przegląd wybranych gatunków paprotników

W przedstawionym tu przeglądzie paprotników zawarte zostały wybrane najciekawsze gatunki, w tym te, którym przypisuje się szczególnie istotne znaczenie dla specyfiki flory karkonoskiej, tj. zmienka górska *Cryptogramma crispa*, rozrzutka alpejska *Woodsia alpina* i poryblin jeziorny *Isoëtes lacustris*.

Widlicz alpejski *Diphasiastrum alpinum* to długo żyjący, niski przedstawiciel widłakowych, osiągający wysokość 4–10 cm. Wałeczkowate pędy niosą łuskowate, zimozielone liście fotosyntezujące, ułożone naprzeciw-



Ryc. 5. Widlicz alpejski Diphasiastrum alpinum (fot. L. Żołnierz)



Ryc. 6. Widlicz Isslera Diphasiastrum isslerii (fot. E. Szczęśniak)

legle w 4. równoległych rzędach, liście zarodnionośne tworzą szczytowe, siedzące kłosy, zarodniki są jednakowe, bardzo drobne i bardzo liczne. Roślina wytwarza pędy płożące, kolonizujące teren i osiągające długość do kilkudziesięciu cm oraz pędy wzniesione. Starsze osobniki mają charakterystyczny pokrój z gęstą darnią wzniesionych pędów w centralnej części i rozchodzącymi się od niej promieniście pędami płożącymi (Ryc. 5). Całość ma niebieskawozielony kolor. Widlicz alpejski jest gatunkiem cyrkumborealnym, arktyczno-alpijskim. W Polsce notowany tylko w górach, przede wszystkim w wyższych pasmach. W polskich Sudetach znany wyłącznie z Karkonoszy, gdzie pojawia się w piętrze subalpejskim w murawach, borówczyskach i polanach w zaroślach kosodrzewiny. Jest gatunkiem pionierskim, słabym konkurencyjnie i wypieranym przez rozrastające się rośliny nasienne, dlatego najczęściej występuje na siedliskach, gdzie okrywa roślinna jest niszczona przez czynniki naturalne (np. w kotłach polodowcowych) lub przez człowieka (np. pas graniczny). Jest objęty ścisłą ochroną, a większość polskiej populacji znajduje się na terenach parków narodowych: Karkonoskiego, Babiogórskiego, Gorczańskiego, Pienińskiego, Tatrzańskiego i Bieszczadzkiego.

Niezwykle rzadkie są dwa kolejne gatunki z rodzaju *Diphasiastrum* (Krukowski 2001), będące utrwalonymi mieszańcami: widlicz Zeillera *D. zeilleri* (*D. complanatum* × *D. tristachyum*) i widlicz Isslera *D. issleri* (*D. alpinum* × *D. complanatum*), różniące się od widlicza alpejskiego spłaszczonymi i bardziej zielonymi pędami (Ryc. 6), ponadto widlicz Zeillera ma kłosy wyniesione na wyraźnych szypułkach. Widlicz Isslera jest uznawany w skali kraju za krytycznie zagrożony wymarciem (CR), dane dotyczące widlicza Zeillera są niewystarczajace i ma kategorię DD (Kaźmierczakowa i in. 2016)

Interesujące jest, że gatunki rodzicielskie mieszańców: *D. complanatum* i *D. tristachyum* obecnie po polskiej stronie Karkonoszy już nie występują, choć nadal notowane są po stronie czeskiej.



Ryc. 7. Wroniec widlasty Huperzia selago (fot. E. Szczęśniak)

Wroniec widlasty *Huperzia selago* to przedstawiciel widłaków niewytwarzający pędów płożących. Rośliny tworzą kępki, do 20 cm wysokości, młode mają regularny pokrój z widocznymi kolejnymi rocznymi widlastymi rozgałęzieniami, starsze stają się nieregularne (Ryc. 7). Zielone liście są ułożone spiralnie na pędzie, odstające i nastroszone. Zarodnie produkujące jednakowe i bardzo liczne zarodniki znajdują się na liściach asymilacyjnych w górnej części pędu i co roku zakładane są na kolejnym, coraz wyższym jego odcinku – nie są wytwarzane kłosy. Wroniec rozmnaża się wegetatywne nie poprzez rozrost pędów płożących i ich fragmentację, jak pozostałe widłakowe, a poprzez wytwarzanie rozmnóżek w szczytowych partiach pędów, rozrzucanych potem na odległość kilku-kilkunastu centymetrów od rośliny macierzystej. Gatunek cyrkumborealny o szerokim zasięgu, w Europie notowany poza jej południową i zachodnią częścią, w Polsce występuje w górach od regla dolnego po piętro alpejskie, na niżu notowany przede wszystkim w buczynach, grądach i borach. W Karkonoszach jest gatunkiem częstym, szczególnie w piętrze subalpejskim i alpejskim, w tym ostatnim jest istotnym składnikiem muraw wysokogórskich. W skali kraju uznany za niezagrożony (NT; KAŹMIERCZAKOWA i in. 2016). Od 2014 r. jest objęty ochroną częściową.

Poryblin jeziorny *Isoëtes lacustris* to podwodna, wieloletnia, zimozielona roślina tworząca kępki złożone z ciemnozielonych, szydlastych liści wyrastających ukośnie ku górze z krótkiej, bulwiastego kształtu łodygi (Ryc. 8). Osiąga 10–20 cm wysokości. Poryblin jest widłakiem różnozarodnikowym, u nasady zewnętrznych liści w kępce występują zarodnie z dużymi żółtawymi zarodnikami żeńskimi (makrosporami) dochodzącymi do 0,5 mm średnicy, zaś u nasady liści środkowych zarodnie wytwarzające liczne i drobne zarodniki męskie (mikrospory). Jest to gatunek charakterystyczny dla jezior o wodach przejrzystych, dobrze natlenionych, ubogich w składniki biogenne i wapń (oligotroficznych). Poryblin jeziorny jest gatunkiem borealno-górskim. W Europie zwarty zasięg gatunku obejmuje Skandynawię i północną część Wysp Brytyjskich, a rozproszone stanowiska występują w centralnej części kontynentu oraz w Alpach i Pirenejach. W Polsce jest reliktem glacjalnym, rośnie na ponad 100 stanowiskach na Pojezierzu Pomorskim oraz trzech na Pojezierzu Mazurskim, stanowisko karkonoskie jest jedynym na południu kraju. Wyłącznym miejscem występowania gatunku w Karkonoszach jest Wielki Staw. W jego płytszych miejscach, gdzie do dna dociera światło słoneczne, bogata populacja poryblinu tworzy podwodne łąki. W Polskiej czerwonej księdze roślin (KAŹMIERCZAKOWA i in. 2014) z kategorią VU – gatunek narażony. Jest objęty ścisłą ochroną gatunkową.

Podejźrzon księżycowy *Botrychium lunaria* to gatunek zaliczany obecnie do psylotowych. Roślina wieloletnia, o pionowym podziemnym kłączu, wytwarzająca w sezonie jeden bardzo specyficznie zbudowany liść:



Ryc. 8. Poryblin jeziorny Isoetes lacustris (fot. L. Żołnierz)



Ryc. 9. Podejźrzon księżycowy Botrychium lunaria (fot. E. Szczęśniak)



Ryc. 10. Zmienka górska Cryptogramma crispa (fot. L. Żołnierz)



Ryc. 11. Rozrzutka alpejska Woodsia alpina (fot. L. Żołnierz)

powyżej ogonka dzieli się na dwie części, różniące się wyglądem i funkcją. Część fotosyntezująca ma zieloną blaszkę liściową, owalną w zarysie i podzieloną pierzasto na odcinki, część zarodnionośna nie ma blaszki liściowej, wytwarza duże, okrągłe zarodnie umieszczone na 3–4. pierzasto rozgałęzionej osi (Ryc. 9). Roślina osiąga przeważnie wysokość kilku-kilkunastu cm, maksymalnie do 30. Jest gatunkiem o zasięgu cyrkumpolarnym, notowanym w niemal całej Europie od niżu po piętro alpejskie i występującym w całej Polsce (jest najczęstszym z podjeźrzonów). Obserwowany głównie w murawach, suchych zbiorowiskach trawiastych i okrajkach, preferuje siedliska nasłonecznione i słabo kwaśne do zasadowych. W Karkonoszach występuje naturalnie w murawach wysokogórskich na wychodni bazaltu w Małym Śnieżnym Kotle, a obecnie jest notowany także na siedliskach antropogenicznych w pobliżu budowli lub ich pozostałości, gdzie nastąpiło wzbogacenie podłoża węglanem wapnia, m.in. koło schroniska na Śnieżce, Śląskiego Domu, na terenie Spalonej Strażnicy, ruin schroniska Księcia Henryka, na miejscach po dawnych zabudowaniach na Polanie Bronka Czecha i w Kotle Łomniczki (Szczęśniak i in. 2012). Pomimo objęcia ścisłą ochroną gatunkową zanika i na czerwonej liście (Kaźmierczakowa i in. 2016) ma kategorię VU – narażony na wyginięcie.

Zmienka górska *Cryptogramma crispa* to paproć o silnie rozwiniętym, rozgałęziającym się kłączu penetrującym szczeliny między blokami skalnymi i kamieniami w piargu. Wytwarza pierzaste skórzaste liście (15–30 cm długości) dwojakiego rodzaju – wegetatywne (trofofile) na zewnątrz i nieco dłuższe zarodnionośne (sporofile) z podwiniętymi brzegami listków w środkowej części kępy (Ryc. 10). Odporna na chłód, występuje w szerokim zakresie dostępności światła – od stanowisk w półcieniu po miejsca w pełni odsłonięte, dobrze znosi długotrwałą pokrywę śniegową. Przed występującym w dużych ilościach w wyższych położeniach górskich szkodliwym dla organizmów promieniowaniem ultrafioletowym broni się dzięki indukowanej pod wpływem tych promieni syntezie barwników – flawonoidów, które działają jak filtr UV (Veit i in. 1996). Gatunek arktyczno-alpijski. W Europie występuje przede wszystkim na obszarach górskich od Pirenejów, przez Masyw Centralny, Alpy, Góry Skandynawskie, po północny Ural i Kaukaz, a tylko sporadycznie na niżu. W Polsce zmienka górska rośnie tylko w Karkonoszach i na jednym stanowisku w pobliskich Górach Izerskich. W polskiej części Karkonoszy występuje łącznie ok. 800 osobników na 12 stanowiskach, z czego stanowisko w Wielkim Śnieżnym Kotle skupia ok. 90% zasobów gatunku (Żołnierz npbl.). W Polskiej czerwonej księdze roślin (Kaźmierczakowa i in. 2016) ujęta w kategorii CR – gatunek krytycznie zagrożony. Jest gatunkiem charakterystycznym dla niestabilnych piargów, gdzie tworzy własny zespół (*Cryptogrammetum crispae* Jenny-Lips 1930), rzadziej występuje w szczelinach skalnych.

Rozrzutka alpejska *Woodsia alpina* to drobna paproć o podwójnie pierzastych liściach wyrastających po kilka z krótkiego kłącza i osiągających od ok. 3 do ok. 15 cm długości (Ryc. 11). Boczne odcinki blaszki liściowej są zaokrąglone, gęsto rozmieszczone zarodnie otoczone są zawijką obrzeżoną delikatnymi włoskami, co daje efekt owłosienia spodu liści. Ogonek liściowy jest zaopatrzony w kolankowate zgrubienie pękające jesienią, co powoduje odpadanie liścia. Gatunek arktyczno-alpijski. W Europie najczęściej jest spotykany w Górach



Ryc. 12. Wietlica alpejska Athyrium distentifolium (fot. L. Żołnierz)

Skandynawskich, a poza nimi na Islandii, w Pirenejach i Alpach, rośnie na rozproszonych stanowiskach na Wyspach Brytyjskich, w Finlandii, północnej Rosji oraz w Karpatach i Sudetach, gdzie wymarła już na jedynym czeskim stanowisku w Jesionikach. W Polsce gatunek występuje wyłącznie w Karkonoszach, stanowiska podawane z Tatr należą do *W. pulchella* (Kruk i in. 2015). W czerwonej liście roślin naczyniowych ma kategorię CR (Kaźmierczakowa i in. 2016). Jedyna, krytycznie zagrożona wymarciem karkonoska populacja rozrzutki alpejskiej zasiedla szczeliny skalne żyły bazaltowej w Małym Śnieżnym Kotle i liczy zaledwie kilkanaście osobników. Gatunek na swoim stanowisku bywa mylony z występującą tam również paprotnicą kruchą *Cystopteris fragilis*. Populacja była bardzo mało liczebna już w momencie jej odnalezienia na początku XIX w. przez wrocławskiego nauczyciela Emila Schummela (Fiek 1881), tak więc jej przetrwanie do naszych czasów należy uznać za szczęśliwy traf. W pracowni Kultur Tkankowych Ogrodu Botanicznego we Wrocławiu udało się opracować metodę namnażania gatunku *in vitro*, co pozwoliło zabezpieczyć osobniki z populacji karkonoskiej *ex situ* (Kromer i in. 2008).

Wietlica alpejska *Athyrium distentifolium* to do niedawna najczęściej spotykana i tworząca zbiorowiska o dużej powierzchni paproć w wyższych położeniach Karkonoszy. Okazała bylina, której lejkowato ustawione liście dochodzą do 1,5 m wysokości (Ryc. 12). Od pozostałych dużych kępowych paproci występujących na podobnych siedliskach różni się przecinkowatym kształtem skupień zarodni i brakiem struktury je osłaniającej (zawijki). Kolejny gatunek arktyczno-alpijski, występujący w Polsce wyłącznie w górach. Wyróżnia podzespół świerczyny górnoreglowej *Calamagrostio villosae-Piceetum filicetosum* występujący na wilgotnych siedliskach z sączącą się wodą. Powyżej granicy lasu gatunek tworzy liczne płaty własnego zespołu ziołoroślowego *Athyrietum distentifolii*, a spotkać go można też często w składzie innych ziołorośli, a także w zaroślach kosodrzewiny i jarzębiny. W ostatnich latach obserwuje się zjawisko zamierania ziołorośli wietlicy alpejskiej, którego przyczyny pozostają dotąd niewyjaśnione. Zanikły m.in. rozległe niegdyś płaty tego zespołu w rejonie Szrenicy.

Literatura

Fiek E. 1881: Flora von Schlesien preussischen und österreichischen Antheils. J. U. Kern's Verlag. Breslau: ss. 571.

Kaźmierczakowa R., Zarzycki K., Mirek Z. (red.) 2014: Polska Czerwona Księga Roślin. Paprotniki i rośliny kwiatowe. wyd. III. Instytut Przyrody Polskiej Akademii Nauk, Kraków: ss. 895.

Kromer K., Raj A. & Żołnierz L. 2008: Propagation *in vitro* and *ex situ* cultivation of *Woodsia alpina* (Bolton) S.F. Gray. W: Szczęśniak E. & Gola E. (red.), Club mosses, horsetails and ferns in Poland – resources and protection. Institute of Plant Biology University of Wrocław, Wrocław: 15–28.

Kruk J., Sliwinska E., Grabowska-Joachimiak A., Kromer K., Szymańska R. 2015. Woodsia pulchella in the Western Carpathians: A Relict Species at the Northern Limit of Its Distribution. - Ann. Bot. Fenn. 52(3-4): 193-201.

Krukowski M. 2001: Rozmieszczenie widłakowych (*Lycophytina*) w piętrze subalpejskim Karkonoskiego Parku Narodowego. W: Šturs a J., Mazurski K. R. & Pałucki A. (red.), Geoekologické problémy Krkonoš, Sborn. Mez. Věd. Konf., září 2000, Svoboda nad Úpou, Opera Corcontica, Vrchlabí, 37: 378–384.

Milde J. 1865: Die höheren Sporenpflanzen Deutschland's und der Schweiz. Verlag von Arthur Felix, Leipzig: ss. 152.

Schube T. 1903: Die Verbreitung der Gefäßpflanzen in Schlesien preußischen und österreichischen Anteils. Nieschkowsky, Breslau: ss. 361.

Schwenckfeldt C. 1600: Stirpium et Fossilium Silesiae Catalogus. In quo praeter etymon, natales, tempus; Natura et vires cum variis experimentis assignatur... Cum indice remediorum. T. 1. Lipsiae: ss. 221.

Szczęśniak E., Matusiak A. & Malicki M. 2012. *Botrychium lunaria* (L.) Sw. Ophioglossaceae) na terenie Karkonoskiego Parku Narodowego: rozmieszczenie, zmienność morfologiczna i udział w zbiorowiskach roślinnych. Acta Bot. Sil. 9 (w druku).

Šourek J. 1969: Květena Krkonoš. Academia Praha: ss. 451.

Šturs a J., Kwiatkowski P., Harčarik J., Zahradníková J. & Krahulec F. 2009: Černý a červený seznam cévnatých rostlin Krkonoš. Opera Corcontica 46: 67–104.

Šturs a J. & Żołnierz L. 2007: Kapradorosty. W: Flousek J., Hartmanová O., Šturs a J. & Potocki J. (red.), Krkonoše. Příroda, historie, život. Baset, Praha: 205–210.

Veit M., Biler W., Mühlbauer T., Brummert W. & Winter K. 1996: Diurnal changes in flavonoids. J Plant Physiol 148: 478–482.

Wimmer F. 1857: Flora von Schlesien preussischen und österreichischen Antheils. Ferdinand Hirt's Verlag, Breslau: ss. 695.

Kaźmierczakowa R., Bloch-Orłowska J., Celka Z., Cwener A., Dajdok Z., Michalska-Hejduk D., Pawlikowski P., Szczęśniak E., Ziarnek K. 2016: Polska czerwona lista paprotników i roślin kwiatowych. Polish red list of pteridophytes and flowering plants. Instytut Ochrony Przyrody Polskiej Akademii Nauk, Kraków: ss. 44.

Dane adresowe autorów:

Ewa Szczęśniak
Katedra Bioróżnorodności i Ochrony Szaty Roślinnej
Uniwersytet Wrocławski
ul. Kanonia 6/8, 50-328 Wrocław
ewa.szczesniak@uwr.edu.pl

Ludwik Żołnierz
Katedra Botaniki i Ekologii Roślin
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
pl. Grunwaldzki 24a, 50-363 Wrocław
ludwik.zolnierz@upwr.edu.pl

Szczęśniak E. & Żołnierz L. 2019: Paprotniki. W: Knapik R., Migoń P. & Raj A. (red.), Przyroda Karkonoskiego Parku Narodowego. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra: 207–216.

Paweł Kwiatkowski, Ludwik Żołnierz

Rośliny kwiatowe

Stan poznania flory roślin kwiatowych

Badania botaniczne w Karkonoszach mają wyjątkowo długą, blisko pięćsetletnią tradycję. Pierwsze informacje o karkonoskich ziołach leczniczych datują się na rok 1563 (P. A. Matthioli). Z polskiej obecnie części Karkonoszy dane o gatunkach roślin naczyniowych pochodzą z początku XVII wieku (Caspar Schwenckfelt). Ten znany śląski uczony odnalazł w Karkonoszach wiele osobliwości (Hendrych 2001; Dunajski i in. 2011), między innymi rozchodnika alpejskiego *Sedum alpestre*[1] (Ryc. 1) czy rzeżuchę rezedolistną *Cardamine resedifolia* (Ryc. 2). Jednocześnie były to pierwsze informacje o florze kwiatowej Sudetów.



Ryc. 1. Rozchodnik alpejski Sedum alpestre na szczycie Śnieżki (fot. P. Kwiatkowski)

W późniejszym okresie liczne szczegółowe dane o rzadkich i interesujących roślinach kwiatowych znajdują się w wielu ogólnych opracowaniach badaczy czeskich i niemieckich dotyczących flory Prowincji Śląskiej, na przykład: H. G. von Mattuschki, A. J. Krockera, T. Haenkego, I. F. Tauscha, M. Elsnera, F. Wimmera. Regularne badania florystyczne prowadzone zwłaszcza na przełomie XIX/XX wieku przynoszą kolejne informacje. Opublikowane w formie dziesiątków doniesień na łamach cyklicznych wydawnictw (zwłaszcza „Jahresberichte der Schlesischen Gesellschaft für Vaterländische Kultur" oraz „Österreichische Botanische Zeitschrift") w znaczącym stopniu uzupełniają wiedzę. Niezależnie od braku całościowego opracowania flory roślin kwiatowych Karkonoszy, stan ich poznania do końca XIX wieku był stosunkowo dobry. Podsumowaniem tego okresu są

[1] nazwy polskie i łacińskie roślin podano generalnie za „Krytyczną listą roślin naczyniowych Polski" (Mirek i in. 2002), w niektórych wypadkach za „Klíč ke květeně České republiky" (Kubát i in. 2002).



Ryc. 2. Rzeżucha rezedolistna Cardamine resedifolia na bazalcie w Małym Śnieżnym Kotle (fot. L. Żołnierz)

monografie *Flory Śląska* E. Fieka (1881) oraz T. Schubego (1903) i przede wszystkim *Flora Karkonoszy i Gór Izerskich* W. Winklera (1881). W okresie do 1945 roku ukazują się ponadto prace taksonomiczne, fitosocjologiczne i fitogeograficzne (m.in. G. Schneidera, F. Paxa, F. Schustlera, A. Zlatnika, W. Limprichta, K. H. Zahna, K. Huecka) mające istotny wkład w dalsze poznanie flory kwiatowej.

W okresie powojennym do 2000 roku powstają kolejne opracowania z rozmaitych działów botaniki, zawierające między innymi dane o występowaniu roślin kwiatowych czy statusie taksonomicznym poszczególnych gatunków. Do ważniejszych należą choćby prace S. Tołpy, W. Matuszkiewicza, S. Macki, J. Mądalskiego, J. Jenika, A. Boratyńskiego, S. Fröhnera, J. Fabiszewskiego. Jednak na plan pierwszy wysuwa się fundamentalne dzieło Josefa Šourka (1969) podsumowujące stan wiedzy o rozmieszczeniu wszystkich gatunków flory naczyniowej na całym obszarze Karkonoszy oraz statusie tutejszych endemitów i reliktów glacjalnych (pozostałości okresu zlodowaceń).

Współcześnie na przestrzeni ostatnich kilkunastu lat obserwuje się wzmożenie badań florystycznych. Ich efektem jest odkrycie szeregu nowych roślin kwiatowych we florze Karkonoszy, na przykład dziewięciornika błotnego *Parnassia palustris* (Żołnierz & Wojtuń 2004), jeżogłówki pokrewnej *Sparganium angustifolium* (Bociąg i in. 2007) czy lilijki alpejskiej *Lloydia serotina* (Krukowski i in. 2013). Potwierdzono również gatunki do niedawna uważane za całkowicie wymarłe, jastrzębca łabskiego *Hieracium albinum* (Szeląg 2011) i przetacznika stokrotkowego *Veronica bellidioides* (Szczęśniak i in. 2011), oraz odnaleziono nowe stanowiska kilku unikatowych gatunków, maliny moroszki *Rubus chamaemorus* (Wojtuń & Matuła 2000); rzeżuchy rezedolistnej *Cardamine resedifolia* (Krukowski i in. 2008); świetlika maleńkiego *Euphrasia minima* (Ryc. 3) (Posz 2010).



Ryc. 3. Świetlik maleńki Euphrasia minima na stanowisku w Kotle Wielkiego Stawu (fot. P. Kwiatkowski)

Przystosowania roślin do życia w górach

Podstawowym czynnikiem kształtującym główne parametry górskiego klimatu, a w konsekwencji warunki życia roślin jest wysokość hipsometryczna. Każde sto metrów jej przyrostu powoduje spadek średnich temperatur o 0,5–0,7°C. Oznacza to zarazem skrócenie o ok. tydzień okresu wegetacyjnego (Ellenberg 1996). Typową właściwością klimatu wysokogórskiego jest wybitna niestabilność pogody, w tym warunków termicznych. Mogą się one radykalnie zmieniać nawet kilka razy w ciągu tego samego dnia. Nie są niczym wyjątkowym nagłe i silne spadki temperatury połączone z opadami śniegu nawet latem. Cienka warstwa atmosfery na dużych wysokościach sprawia, że możliwa jest szybka utrata ciepła w wyniku jego wypromieniowywania z powierzchni gruntu. Dzieje się tak zwłaszcza w bezchmurne noce, a oddziaływanie niskich temperatur na rośliny jest dla nich szczególnie dotkliwe wiosną i jesienią, kiedy nie są osłonięte pokrywą śniegową. Owa cienka warstwa atmosfery sprawia, że promieniowanie słoneczne w wysokich górach jest intensywniejsze w porównaniu z niżem i ma inną charakterystykę widma, m.in. odznaczającą się wysokim udziałem szkodliwego dla organizmów zakresu ultrafioletu.

W wyższych partiach gór zwiększa się w porównaniu z niżem częstość i ilość opadów, a obok deszczu i śniegu, istotne znaczenie dla wilgotności siedlisk mogą mieć przychody wody z mgły. Wraz z wysokością wzmaga się również częstość występowania silnych, niekiedy wręcz huraganowych wiatrów. Silny wiatr, zwłaszcza działając na rośliny w połączeniu z niesionym z nim śniegiem i kryształkami lodu, może je uszkadzać mechanicznie, a nawet wyrywać z korzeniami. Jego podmuchy schładzają również pędy roślin. Wiatr nie tylko osusza glebę, zwłaszcza przy niepełnym zwarciu roślinności, ale wzmaga też parowanie wody z wnętrza roślin – transpirację. W miejscach odsłoniętych spod pokrywy śniegu i wystawionych na działanie wiatru przy zamarzniętej glebie może dochodzić do suszy fizjologicznej. Rośliny tracą wówczas wodę w wyniku transpiracji, a jednocześnie nie są w stanie pobierać jej z gleby.

W wysokich położeniach górskich pokrywa śnieżna osiąga dużą miąższość i – zwłaszcza w sprzyjających temu warunkach orograficznych – długo się utrzymuje. Jej zaleganie określa długość okresu wegetacyjnego. Zarazem warstwa śniegu o odpowiedniej miąższości zapobiega wysychaniu i przemarzaniu gleby i chroni rośliny przed działaniem mrozu. Nawet przy temperaturach powietrza osiągających -20 do -33°C pokrywa śnieżna o miąższości 35–50 cm zapobiega przemarzaniu gleby (Ellenberg 1996; Körner 2003). Długo zalegająca pokrywa wilgotnego, ciężkiego śniegu może jednak uszkadzać i osłabiać rośliny, a nawet prowadzić do zamierania niektórych gatunków.

Właściwości klimatu w wysokich górach są lokalnie silnie modyfikowane pod wpływem wystawy i nachylenia stoków, a także cech ukształtowania powierzchni i mogą się bardzo silnie zmieniać nawet na niewielkiej powierzchni. Zagadnienie to będzie przedstawione w następnym rozdziale w nawiązaniu do czynników decydujących o zróżnicowaniu i rozmieszczeniu wysokogórskich zbiorowisk roślinnych.

Surowy klimat i inne specyficzne cechy siedlisk wysokogórskich to czynniki, które w toku procesów ewolucyjnych wymusiły na roślinach wykształcenie przystosowań pozwalających im przetrwać w tak trudnych warunkach. Przystosowania te dotyczą form wzrostu, cech budowy anatomicznej i morfologii roślin, modyfikacji ich procesów fizjologicznych i realizowanych strategii rozwojowych (przeglądy problematyki m.in. w: Pawłowska 1962; Fabiszewski 1985; Ellenberg 1996; Piękoś-Mirkowa & Mirek 1996; Körner 2003).

Im wyżej w górach, tym mamy do czynienia z niższą roślinnością. Już w strefie granicy lasu świerki są niższe od tych rosnących poniżej w zwartych drzewostanach. Coraz niższa staje się kosodrzewina w miarę wzrostu wysokości, a potem zastępowana jest przez jeszcze niższą roślinność muraw subalpejskich i alpejskich. Ta coraz niższa roślinność odzwierciedla wpływ coraz ostrzejszych warunków klimatycznych. Niskie rośliny są mniej podatne na działanie wiatru, mogą ogrzewać się ciepłem kumulowanym przez grunt, zaś zimą chronione są przed mrozem przez pokrywę śnieżną.

Ostry klimat spowodował u gatunków wysokogórskich wykształcenie specyficznych form wzrostu na tle roślin występujących na niżu, a zbliżonych do spotykanych u gatunków subarktycznych poddanych podobnym wpływom klimatycznym. W Karkonoszach nie występują typowe dla najwyższych partii Alp i Tatr rośliny poduszkowe (jak np. lepnica bezłodygowa *Silene acaulis*), które wykształcają zwarte skupienia w postaci wypukłych „poduch" złożonych z gęsto zebranych krótkich pędów zakończonych kwiatami. Do pewnego stopnia nawiązuje do nich występująca w polskich Karkonoszach na zaledwie jednym stanowisku skalnica naprzeciwlistna *Saxifraga oppositifolia*, zaliczana jednak do form darniowych obok skalnic darniowej *S. moschata* (Ryc. 4) i mchowatej *S. bryoides*. W gęstych i niskich darniach tych roślin utrzymuje się nagrzane od gruntu i wilgotniejsze powietrze. Skumulowane przez grunt ciepło pochodzące z jego insolacji wykorzystują również rośliny różyczkowe, których reprezentantem w Karkonoszach jest m.in. pierwiosnka maleńka *Primula minima* (Ryc. 5). Podobną strategię radzenia sobie ze stresem termicznym przyjęły krzewinki szpalerowe, których jedynym przedstawicielem w Karkonoszach jest występująca w polskiej części masywu na zaledwie trzech stanowiskach wierzba zielna *Salix herbacea* (Ryc. 6).



Ryc. 4. Skalnica darniowa bazaltowa Saxifraga moschata subsp. basaltica – endemit Karkonoszy znany wyłącznie z Małego Śnieżnego Kotła (fot. P. Kwiatkowski)

Mrozoodporność roślin wysokogórskich związana jest m.in. z gromadzeniem przez nie w tkankach



Ryc. 5. Pierwiosnka maleńka Primula minima (fot. P. Kwiatkowski)



Ryc. 6. Wierzba zielna Salix herbacea na stanowisku w Śnieżnych Kotłach (fot. P. Kwiatkowski)

cukrów rozpuszczalnych bez przekształcania ich w skrobię. Do roślin, których pędy nadziemne zdolne są tolerować nawet temperatury niższe niż -80°C należą m.in.: skalnica naprzeciwlistna *Saxifraga oppositifolia*, borówka brusznica *Vaccinium vitis-idaea* i wrzos zwyczajny *Calluna vulgaris* (KÖRNER 2003, za różnymi autorami). Co ciekawe, skalnica naprzeciwlistna, a także spośród karkonoskich gatunków takie, jak pierwiosnka maleńka *Primula minima* i malina moroszka *Rubus chamaemorus,* nie tylko wytrzymują silne mrozy, ale są również odporne na bardzo wysokie temperatury zdarzające się w nasłonecznionych miejscach latem (KÖRNER 2003*)*.

Niski, u niektórych gatunków płożący, sposób wzrostu nie tylko chroni przed utratą ciepła, ale zwiększa też odporność na działanie wiatru i wpływa na gospodarkę wodną roślin. Przed utratą wody chronią rośliny różne przystosowania ograniczające transpirację, przede wszystkim związane z tkankami okrywającymi pędu. U wielu roślin górskich spotyka się silnie rozwinięte pokłady wosku na powierzchni zielonych części pędów. Stosunkowo licznie reprezentowane są też gatunki, u których skórka liści wykształca kutner – gęstą pokrywę często rozgałęzionych i splątanych ze sobą włosków. Kutner nie tylko ogranicza transpirację, ale też zapewnia skuteczną, przynajmniej do pewnego stopnia, izolację termiczną. Inną strategię zapobiegania niedoborowi wody rozwinęły rośliny, które gromadzą ją w specjalnie przystosowanych tkankach pędów. Tak radzą sobie rośliny z rodziny gruboszowatych *Crassulaceae*, reprezentowane w piętrze subalpejskim Karkonoszy przez różeńca górskiego *Rhodiola rosea* (Ryc. 7) i rozchodniki *Sedum* sp. div.

Krótki i chłodny w porównaniu z niżem okres wegetacyjny powoduje, że rośliny napotykają trudności z asymilacją dwutlenku węgla, a w konsekwencji z wytworzeniem odpowiednio dużej biomasy i ze zgromadzeniem wystarczającej ilości substancji zapasowych w organach spichrzowych. Krótki okres wegetacyjny sprawia też, że rośliny mogą nie zdążyć z odbyciem pełnego cyklu rozwojowego zakończonego wysianiem zdolnych do kiełkowania nasion. Podstawowym sposobem rozmnażania roślin na stanowiskach wysokogórskich jest rozmnażanie wegetatywne. Odbywa się ono z użyciem zmodyfikowanych pędów – rozłogów, kłączy, bulw i różnego pochodzenia rozmnóżek. U wielu gatunków do rozmnażania płciowego może dochodzić tylko w latach o sprzyjających warunkach pogodowych. Dlatego w wysokich położeniach górskich spotykamy niemal wyłącznie wieloletnie gatunki roślin, dla których wydanie nasion – aczkolwiek pożądane – nie jest warunkiem koniecznym do przetrwania zimy. Do nielicznych stale zadomowionych w karkonoskim piętrze subalpejskim terofitów – roślin jednorocznych zimujących pod postacią nasion, należą gatunki z rodzaju świetlik *Euphrasia*.



Ryc. 7. Różeniec górski Rhodiola rosea związany z naskalnymi siedliskami Małego Śnieżnego Kotła (fot. P. Kwiatkowski)

Niektóre gatunki są zdolne do przyspieszenia swojego cyklu rozwojowego rozpoczynając go jesz-

cze pod pokrywą śnieżną. Już wówczas są uruchamiane substancje zapasowe, zaczynają się rozwijać pąki i – jeżeli dociera światło – rozpoczyna się fotosynteza. Szybki wzrost i rozwój pozwala roślinom na wczesne wejście w fazę kwitnienia, zwiększając tym samym szanse wydania licznych i w pełni wartościowych nasion. Samo kwitnienie jest kolejną krytyczną fazą w cyklu rozwojowym roślin wysokogórskich. W niesprzyjających warunkach pogodowych rośliny zmuszone są konkurować ze sobą o zapylające ich kwiaty owady. To jest powodem, dla którego wiele gatunków wysokogórskich rozwija bardzo liczne, duże i jaskrawo wybarwione kwiaty.

U roślin wysokogórskich spotyka się również zjawiska bardzo rzadkie lub w ogóle nie spotykane u tych samych gatunków rosnących na nizinach. Należą do nich różne rodzaje apomiksji, a więc wytwarzanie nasion nie poprzedzone procesem płciowym w kwiecie. Niezwykle interesujące jest także zjawisko żyworodności spotykane u niektórych gatunków wysokogórskich. W kwiatach tych roślin nasiona szybko dojrzewają, kiełkują i wytwarzają siewki, które następnie ukorzeniają się i rozwijają, skoro tylko pęd kwiatowy rośliny macierzystej ulegnie przygięciu do powierzchni gleby. W najwyższych partiach Karkonoszy spotyka się żyworodną formę kostrzewy niskiej *Festuca airoides* var. *vivipara*. Trawa ta jest *de facto* gatunkiem pseudożyworodnym – w swych kłoskach wytwarza wegetatywne rozmnóżki zamiast kwiatów (Piękoś-Mirkowa & Mirek 1996). Problemy z zapyleniem kwiatów nie dotyczą gatunków wiatropylnych, licznie występujących w zbiorowiskach wysokogórskich. Większość z nich, w tym trawy i turzyce, bardzo sprawnie rozmnaża się również w sposób wegetatywny.

Charakterystyka flory

Bogactwo gatunkowe i struktura taksonomiczna flory

Karkonosze są średniowysokim pasmem górskim odznaczającym się znacznym bogactwem flory roślin kwiatowych. Jest ono wynikiem zróżnicowania siedlisk, na które składają się zmienne warunki klimatyczne na gradiencie wysokościowym limitujące powstanie charakterystycznych pięter roślinnych z dominującymi swoistymi formacjami roślinnymi, bogata rzeźba i sieć hydrologiczna oraz rozmaitość podłoża geologicznego i gleb w skali lokalnej (np. odsłonięcie bazaltu w Małym Śnieżnym Kotle). Istotne są również naturalne przemiany roślinności, jakie panowały w przeszłości, zwłaszcza w okresie zmian klimatycznych i geomorfologicznych w epoce czwartorzędowych zlodowaceń. Współcześnie ważnym czynnikiem formującym florę jest różnoraka działalność człowieka.

Bogactwo gatunkowe wyrażone bezwzględną liczbą taksonów roślin kwiatowych (gatunków, podgatunków, odmian) stanowi podstawę wszystkich miar bioróżnorodności i jest jedną z ważniejszych cech każdej flory. Pełna lista roślin naczyniowych stwierdzonych dotychczas na obszarze Karkonoskiego Parku Narodowego i jego otuliny obejmuje ponad 1000 gatunków (Kwiatkowski 2008, zmienione) wraz z ich niższymi jednostkami taksonomicznymi i mieszańcami. W liczbie tej znajdują się zarówno trwałe składniki flory, w tym przeważające gatunki rodzime i mniej liczne zadomowione antropofity, jak i rośliny nietrwałe – przejściowo zawlekane oraz dziczejące z nasadzeń czy upraw. W dalszej części rozdziału *Rośliny kwiatowe* zaprezentowane dane odnoszą się do flory rodzimej.

Wśród roślin kwiatowych przeważają okrytozalążkowe, w tym przede wszystkim dwuliścienne (85 %). Różnorodność gatunkową kwiatowych odzwierciedla struktura taksonomiczna, na którą składa sie blisko 80 rodzin i około 350 rodzajów. Podobnie jak w innych florach regionalnych łańcuchów górskich naszego kraju do rodzin najbogatszych w gatunki należą złożone *Asteraceae* i w mniejszym stopniu trawy *Poaceae* oraz turzycowate *Cyperaceae*. Z kolei zróżnicowanie gatunkowe rodzajów jest w Karkonoszach odmienne niż w pozostałych górach. Bezwzględnie dominuje tu rodzaj jastrzębiec *Hieracium*, złożony z ponad 70 gatunków. Jest to liczba rekordowa w skali Polski. Inne liczne w gatunki rodzaje to turzyca *Carex* (około 50 gatunków) i przywrotnik *Alchemilla* (blisko 20 gatunków). Dendroflora jest dość bogata i liczy ogółem 120 gatunków drzew, krzewów i krzewinek.

W niższych położeniach wybitną przewagę co do liczby gatunków mają rośliny niżowe i niżowo-górskie. Ponad górną granicą lasu zdecydowanie przeważają rośliny wysokogórskie. Ze wznoszeniem się nad poziom morza zmniejsza się również ogólna liczba gatunków roślin kwiatowych. Jednak lokalne różnice w bogactwie florystycznym dotyczą miejsc o specyficznym, mozaikowym układzie siedlisk. Miejscami takimi są miedzy innymi kotły polodowcowe, gdzie znacząco wzrasta liczba gatunków roślin kwiatowych zróżnicowanych pod względem geograficznym, wysokościowym i ekologicznym.

Pionowe zasięgi roślin – gatunki górskie

Jedną z najważniejszych grup roślin kwiatowych Karkonoszy stanowią gatunki górskie. Ich wyraźnie ograniczone występowanie w przedziale wysokości decyduje o podziale na grupy wysokościowe gatunków górskich, zwane także elementami pionowymi. Rośliny te w tradycyjnym ujęciu (PAX 1927; PAWŁOWSKA 1977; KWIATKOWSKI & KRAHULEC 2011 i cytowana literatura) dzieli się na gatunki przywiązane do poszczególnych pięter klimatyczno-roślinnych, a więc podgórskie, reglowe, subalpejskie, alpejskie i ogólnogórskie. Te ostatnie rosną powyżej i poniżej górnej granicy lasu, bez wyraźnego centrum rozmieszczenia w którymkolwiek piętrze. Gatunki górskie mają punkt ciężkości rozmieszczenia w górach, niemniej część z nich może w szczególnych warunkach rosnąć nawet na wyżynach. Z kolei znane są liczne przypadki wkraczania roślin z niskich w wyższe położenia górskie (MIREK 1989), stąd wydziela się czasami gatunki niżowe, niżowo-górskie i górskie z licznymi pośrednimi kategoriami.

Wśród gatunków górskich flory kwiatowej Karkonoszy w wyższych położeniach przeważają rośliny siedlisk oligotermicznych i wilgotnych, związane z ekosystemami źródliskowymi, ziołoroślami i różnego typu torfowiskami, oraz gatunki suchszych środowisk, na których panują traworośla lub ubogie murawy bliźniczkowe. Centrum ich zagęszczenia przypada zarówno na płaski teren usytuowany powyżej górnej granicy lasu jak i strome zbocza skalistych wzniesień i kotłów polodowcowych. Przeważnie są to więc gatunki wysokogórskie (subalpejskie lub alpejskie). Część z nich rośnie wyłącznie w Karkonoszach, niektóre obecne są także w pozostałych wysokich pasmach Sudetów – w Masywie Śnieżnika i czeskich Jesionikach. Do częściej spotykanych należą ciemiężyca zielona *Veratrum lobelianum* (Ryc. 8), czosnek syberyjski *Allium sibiricum* (Ryc. 9), kostrzewa niska *Festuca airoides*, goryczka trojeściowa *Gentiana asclepiadea*, jaskier platanolistny *Ranunculus platanifolius*, kosmatka sudecka *Luzula sudetica*, krwawnik sudecki *Achillea sudetica* (Ryc. 10), miłosna górska *Adenostyles alliariae*, pięciornik złoty *Potentilla aurea*, tojad sudecki *Aconitum plicatum* subsp. *plicatum* (Ryc. 11), turzyca tęga *Carex bigelowii* subsp. *rigida* i tymotka alpejska *Phleum commutatum* (Ryc. 12).



Ryc. 8. Ciemiężyca zielona Veratrum lobelianum – składnik ziołorośli Białego Jaru (fot. P. Kwiatkowski)



Ryc. 9. Czosnek syberyjski Allium sibiricum (fot. P. Kwiatkowski)



Ryc. 10. Krwawnik sudecki Achillea sudetica – składnik traworośli masywu Szrenicy (fot. P. Kwiatkowski)



Ryc. 11. Tojad sudecki Aconitum plicatum subsp. plicatum w subalpejskich ziołoroślach Kopy (fot. P. Kwiatkowski)



Ryc. 12. Tymotka alpejska Phleum commutatum występująca w wysokogórskich murawach Wielkiego Szyszaka (fot. P. Kwiatkowski)

Z kolei na niżej położonych stanowiskach gatunki górskie rosną w borach świerkowych, lasach liściastych oraz na suchych i wilgotnych łąkach, gdzie zajmują w różnym stopniu nachylone stoki i wąwozy a także doliny lokalnych potoków i strumieni. Biorąc pod uwagę ich zasięg pionowy są to głównie rośliny reglowe lub rzadziej ogólnogórskie. Do pospolitych należą: kokoryczka okółkowa *Polygonatum verticillatum*, kosmatka olbrzymia *Luzula sylvatica*, ostrożeń dwubarwny *Cirsium helenioides* (Ryc. 13), podbiałek alpejski *Homogyne alpina* (Ryc. 14), pszeniec leśny *Melampyrum sylvaticum*, przenęt purpurowy *Prenanthes purpurea*, świerząbek orzęsiony *Chaerophyllum hirsutum*, tojeść gajowa *Lysimachia nemorum* i trzcinnik owłosiony *Calamagrostis villosa*.



Ryc. 13. Ostrożeń dwubarwny Cirsium helenioides w kompleksie wilgotnych łąk w Sowiej Dolinie (fot. P. Kwiatkowski)



Ryc. 14. Podbiałek alpejski Homogyne alpina – pospolity składnik borów świerkowych regla górnego Karkonoszy (fot. P. Kwiatkowski)

Z uwagi na budowę geologiczną polskiej części Karkonoszy zdecydowana większość gatunków górskich występuje na siedliskach kwaśnych, jakimi są ubogie w związki mineralne podłoża krystaliczne. Jedynie w Małym Śnieżnym Kotle (bazalt) oraz w Kotle Małego Stawu (granit porfirowy) obecne są mezotroficzne siedliska o znaczącym udziale związków zasadowych w podłożu. Zwłaszcza ostoja flory wysokogórskiej wykształcona na żyle bazaltowej Małego Śnieżnego Kotła skupia unikalne rośliny kwiatowe. Ten swoisty „ogródek skalny" jest najbogatszym i najcenniejszym florystycznie miejscem Karkonoskiego Parku Narodowego. Podłoże o bardzo korzystnych dla roślin właściwościach, izolacja oraz wysokość powodują, że rośnie tam szereg gatunków górskich na jedynych stanowiskach nie tylko w skali Karkonoszy ale i całych Sudetów. Przykładami są rośliny endemiczne biedrzeniec skalny *Pimpinella saxifraga* subsp. *rupestris*, skalnica bazaltowa *Saxifraga moschata* subsp. *basaltica*, oraz gatunki o statusie reliktów glacjalnych: goryczka szwedzka *Gentianella campestris* subsp. *suecica*, kostrzewa pstra *Festuca versicolor* subsp. *versicolor*, skalnica mchowata *S. bryoides* (Ryc. 15), skalnica śnieżna *S. nivalis*, a także relikt borealny – turzyca luźnokwiatowa *Carex vaginata*.

Łącznie we florze roślin kwiatowych Karkonoszy występuje około 200 gatunków górskich, w tym ponad połowę tworzy element wysokogórski, w większości nieobecny w pozostałych częściach Sudetów (Kwiatkowski & Karahulec 2011). Pasmo to stanowi więc wyraźne centrum różnorodności gatunkowej flory górskiej w skali regionu. Rozmieszczenie gatunków górskich w Karkonoszach nie jest wszakże jednakowe. Wpływ na



Ryc. 15. Skalnica mchowata Saxifraga bryoides – związana tylko z podłożem bazaltowym Małego Śnieżnego Kotła (fot. P. Kwiatkowski)

to ma znaczna rozpiętość wysokości bezwzględnej tego pasma (550–1603 m n.p.m.), wykształcenie pięter klimatyczno-roślinnych zwłaszcza subalpejskiego i fragmentarycznie alpejskiego, w wysokim stopniu naturalna pokrywa roślinna, oraz zróżnicowana rzeźba terenu i lokalnie budowy geologicznej. Wyraźna korelacja pomiędzy ilościowym oraz jakościowym składem flory górskiej a wyniesieniem nad poziom morza w Karkonoszach jest analogiczna jak w przypadku pozostałych najwyższych łańcuchów górskich Polski (Tatry, Babia Góra). Ogólnie więc liczba gatunków górskich zwiększa się wraz ze wzrostem wysokości bezwzględnej. Z drugiej strony istnieją jednak wyraźniejsze obszary o specyficznym układzie mikrosiedlisk skupiające znaczną liczbę tych roślin. Na pierwszy plan wysuwają się zwłaszcza kotły polodowcowe, nisze niwalne oraz niektóre skaliste wzniesienia – np. pokryte rumowiskami skalnymi najwyższe szczyty. Jako część układu orograficznego wraz z lokalnymi wiatrami, pokrywą śnieżną i lawinami współtworzą charakterystyczne systemy anemo-orograficzne (Jenik 1961). Stąd do najbogatszych ostoi flory górskiej należą Śnieżne Kotły oraz Śnieżka wraz z przylegającym Kotłem Łomniczki. Inną prawidłowością jest tendencja do skupiania gatunków górskich wzdłuż niektórych dolin potoków. Interesujące jest przy tym zjawisko migracji roślin wysokogórskich w niskie położenia. Ilustracją tego zjawiska jest choćby ogólny obraz rozmieszczenia jaskra platanolistnego *Ranunculus platanifolius*, modrzyka górskiego *Cicerbita alpina* (Ryc. 16) czy szaroty norweskiej *Gnaphalium norvegicum*. Stanowiska tych roślin znajdują się nierzadko poniżej 1000 m n.p.m. Wreszcie wśród gatunków górskich Karkonoszy spotykamy się ze zjawiskiem wikaryzmu wysokościowego (zastępczości wysokościowej). Polega ono na wykluczaniu się („zastępowaniu") zasięgów wysokościowych dwóch spokrewnionych gatunków lub taksonów wewnątrzgatunkowych (podgatunków lub odmian), z których jeden rośnie w niższych położeniach górskich a drugi zasiedla obszary wyżej położone. Często przy tym istnieje wąski pas wysokości, w którym zachodzą na siebie oba zasięgi. Tę swoistą dysjunkcję (przerwę) zasięgu pionowego tworzą niektóre pary gatunków, zwłaszcza trawy (Kwiatkowski 2011): kostrzewa owcza *Festuca ovinal* kostrzewa niska *Festuca airoides*; mietlica pospolita *Agrostis capillaris*/mietlica skalna *Agrostis rupestris*; tomka wonna *Anthoxanthum odoratum*/tomka alpejska *Anthoxanthum alpinum*), a także jarząb pospolity *Sorbus aucuparia* subsp. *aucuparia*/jarząb górski *Sorbus aucuparia* subsp. *glabrata*; nawłoć pospolita *Solidago virgaurea*/nawłoć alpejska *Solidago alpestris*; szczaw zwyczajny *Rumex acetosa*/szczaw górski *Rumex alpestris*.

Elementy geograficzne flory Karkonoszy

Podobieństwo zasięgów geograficznych poszczególnych komponentów flory naczyniowej określają między innymi typy zasięgowe. Ich klasyfikacja opiera się na powiązaniu trzech przestrzennych parametrów (MEUSEL i in. 1965): układu strefowego związanego z szerokością geograficzną i strefami klimatycznymi Ziemi na poszczególnych kontynentach (równoleżnikowe strefy florystyczne); układu piętrowego wskazującego na pionowe rozmieszczenie roślin (położenie wysokościowe, od nizin po piętro alpejskie) oraz układu strefowego uwzględniającego stopień oceanizmu lub kontynentalizmu klimatu. Ten stan dobrze opisuje hierarchiczny system elementów geograficznych flory (PAWŁOWSKA 1977; ZAJĄC & ZAJĄC 2009), który łączy grupy gatunków o podobnym typie rozmieszczenia w stosunku do jednostek podziału geobotanicznego Ziemi.

Zasadniczą część rodzimej flory roślin kwiatowych Karkonoskiego Parku Narodowego (ponad 600 gatunków) stanowią gatunki szeroko rozprzestrzenione w strefie klimatu zimnego i umiarkowanego półkuli północnej ujmowane w geografii roślin jako element holarktyczny. W jego obrębie wyróżniono wiele mniejszych grup, jak podelementy, grupy zasięgowe, typy zasięgowe itd. Do najważniejszych nadających swoiste rysy florze kwiatowej Karkonoszy należą cztery grupy ujmowane w randze podelementów, tj. cyrkumborealnego, eurosyberyjskiego, arktyczno-alpijskiego oraz europejsko-umiarkowanego.

Podelement cyrkumborealny (wokółbiegunowy) grupuje gatunki o zasięgach obejmujących północną część Europy, Azji i Ameryki Północnej. Jego przedstawicielami są zwłaszcza rośliny związane z wilgotnymi siedliskami piętra subalpejskiego Karkonoszy, gdzie wykształciły się rozległe powierzchnie torfowisk i źródlisk. Z uwagi na charakter całkowitego zasięgu geograficznego są to przeważnie relikty (np. malina moroszka *Rubus chamaemorus*, niebielistka trwała *Swertia perennis* (Ryc. 17), wełnianeczka alpejska *Baeothryon alpinum* (Ryc. 18), wełnianeczka darniowa *B. caespitosum* (Ryc. 19), żurawina drobnolistkowa *Oxycoccus microcarpus*). W Polsce gatunki te występują głównie w północnej części kraju na nizinach, natomiast w Karkonoszach rosną powyżej górnej granicy lasu. Podobnym typem rozmieszczenia charakteryzuje się jeżogłówka pokrewna *Sparganium angustifolium*, relikt glacjalny, którego niedawno odkryte (BOCIĄG i in. 2007) izolowane stanowisko w Małym Stawie jest jednym z bardziej na południe wysuniętych w Europie Środkowej.



Ryc. 16. Modrzyk górski Cicerbita alpina – pospolity element subalpejskich ziołorośli Karkonoszy (fot. P. Kwiatkowski)



Ryc. 17. Niebielistka trwała Swertia perennis (fot. P. Kwiatkowski)



Ryc. 18. Wełnianeczka alpejska Baeothryon alpinum (fot. P. Kwiatkowski)



Ryc. 19. Wełnianeczka darniowa Baeothryon caespitosum (fot. P. Kwiatkowski)

Podelement eurosyberyjski ma główny obszar rozmieszczenia w Europie i północnej części Azji. Należą do niego głównie pospolite (ubikwistyczne) rośliny niżowe i niżowo-górskie, niekiedy wkraczające na znaczną wysokość bezwzględną. Wśród nich powyżej 1500 m n.p.m. występuje jeszcze borówka czarna *Vaccinium myrtillus* czy wrzos zwyczajny *Calluna vulgaris*. Ogólnie gatunki eurosyberyjskie są składnikami rozmaitych ekosystemów, jednak nieco częściej spotkać je można na łąkach (bodziszek łąkowy *Geranium pratense*, ostrożeń błotny *Cirsium palustre*, wyczyniec łąkowy *Alopecurus pratensis*) oraz w lasach liściastych (groszek wiosenny *Lathyrus vernus*, perłówka zwisła *Melica nutans*, zawilec gajowy *Anemone nemorosa*). Najbardziej osobliwym gatunkiem eurosyberyjskim jest wierzba lapońska *Salix lapponum* (Ryc. 20), której stanowiska w Karkonoszach są znacznie oddalone od zwartego europejskiego zasięgu.



Ryc. 20. Wierzba lapońska Salix lapponum (fot. P. Kwiatkowski)

Wyróżniającym rysem odrębności florystycznej Karkonoszy wśród pozostałych pasm Sudetów jest wyjątkowe bogactwo gatunków arktyczno-alpijskich. Podelement ten skupia dysjunktywne w Europie gatunki wysokogórskie typu reliktów glacjalnych o wybitnie ograniczonym zasięgu geograficznym do wysokich pasm górskich i obszaru subarktycznego półkuli północnej. Wiele z nich nieznanych jest z Sudetów poza Karkonoszami, jak kosmatka kłosowa *Luzula spicata*, mietlica skalna *Agrostis rupestris*, skalnica naprzeciwlistna *Saxifraga oppositifolia*, szarota drobna *Gnaphalium supinum* czy turzyca patagońska *Carex magellanica* (Ryc. 21). Warto tu podkreślić, że w Polsce jedynie Tatry skupiają większą liczbę gatunków arktyczno-alpijskich; wyższy od Karkonoszy o ponad 100 metrów masyw Babiej Góry ma takich roślin mniej. Gatunki arktyczno-alpijskie mają rozproszone lub izolowane stanowiska w Karkonoszach. Przyczyną ich rzadkiego występowania jest fragmentaryczny udział odpowiednich siedlisk. Do najrzadszych gatunków tej grupy należy gęsiówka alpejska *Arabis alpina*, liljka alpejska *Lloydia serotina* czy turzyca luźnokwiatowa *Carex vaginata*, których stanowiska znajdują się wyłącznie w Śnieżnych Kotłach. Z kolei niektóre są szerzej rozpowszechnione (ciemiężyca zielona *Veratrum lobelianum*, ostrożeń dwubarwny *Cirsium helenioides*, szarota norweska *Gnaphalium norvegicum*) i spotkać je można w niższych położeniach Karkonoszy (i Sudetów), nawet poniżej 1000 m n.p.m.

W obrębie całego elementu holarktycznego najliczniejsze są gatunki podelementu europejsko-umiarkowanego, mające centrum występowania w Europie Środkowej. Stanowią one główny zrąb całej flory kwiatowej Karkonoszy i różnicują się na dwie odrębne grupy wysokościowe: gatunki niżowe oraz rośliny wybitnie górskie, występujące często na najwyższych szczytach. Grupę niżową tworzą rośliny niższych położeń, spotykane na



Ryc. 21. Turzyca patagońska Carex magellanica (fot. P. Kwiatkowski)

pogórzu czy w obrębie pięter leśnych (chaber austriacki *Centaurea phrygia*, gajowiec żółty *Galeobdolon luteum*, kozibród łąkowy *Tragopogon pratensis*). Niektóre z nich niekiedy znacznie przekraczają górną granicę lasu (bliźniczka psia trawka *Nardus stricta*). Wśród gatunków grupy niżowej pewną odmianę stanowią taksony o subatlantyckim typie zasięgu geograficznego w Europie, rozwijające się w warunkach klimatu oceanicznego. Rośliny te posiadają w Karkonoszach zróżnicowaną liczbę stanowisk. Przykładowo do rzadszych gatunków zachodnich należy gnidosz rozesłany *Pedicularis sylvatica* – rosnący na wilgotnych łąkach i torfowiskach. Częściej występuje śledziennica naprzeciwlistna *Chrysosplenium oppositifolium*, a pospolicie przytulia hercyńska *Galium saxatile*.

Z kolei grupa górska podelementu europejskiego-umiarkowanego składa się z roślin, których główny ośrodek występowania przypada na masywy górskie Europy od Pirenejów, poprzez Alpy, Sudety, Karpaty po góry Półwyspu Bałkańskiego. Łącznie w Karkonoszach rośnie 150 takich gatunków. Najszerszy zasięg w Europie mają gatunki alpejsko-środkowoeuropejskie, których centrum rozmieszczenia przypada na masywy systemu alpejskiego (Pireneje, Alpy, Karpaty, góry Półwyspu Bałkańskiego). We florze Karkonoszy są to zarówno gatunki niższych położeń, np. lepiężnik biały *Petasites albus*, świerząbek orzęsiony *Chaerophyllum hirsutum*, żywiec dziewięciolistny *Dentaria enneaphyllos*, jak i rośliny wysokogórskie: kostrzewa niska *Festuca airoides*, kuklik górski *Geum montanum*, krwawnik sudecki *Achillea sudetica*, sasanka alpejska *Pulsatilla alba* (Ryc. 22), świetlik maleńki *Euphrasia minima* czy zawilec narcyzowy *Anemone narcissifolia* (Ryc. 23). Pozostałe europejskie gatunki górskie mają ograniczone występowanie do niektórych masywów. I tak alpejsko-północnoeuropejski zasięg reprezentują niektóre składniki ziołorośli, takie jak czeremcha skalna *Padus petraea* (Ryc. 24), jaskier platanolistny *Ranunculus platanifolius*, modrzyk górski *Cicerbita alpina*. Jeszcze mniejszy obszar występowania w Europie mają gatunki alpejsko-karpackie, jak brzoza karpacka *Betula pubescens* subsp. *carpatica* (Ryc. 25), alpejsko-sudeckie (tojad sudecki *Aconitum plicatum* subsp. *plicatum*), wschodnioalpejsko-karpacko-bałkańskie (pierwiosnka maleńka *Primula minima*), karpacko-bałkańskie, jak wierzba śląska *Salix silesiaca* (Ryc. 26), karpacko-sudeckie (jastrzębiec zielonokoszyczkowy *Hieracium chlorocephalum*), karpackie (rzeżucha Opiza *Cardamine amara* subsp. *opizii*) i sudeckie (jastrzębiec Uechtriza *Hieracium uechtrizianum*). Ostatnią grupę stanowią gatunki karkonoskie obejmujące rośliny endemiczne; szerzej opisane poniżej.

Pozostałe rośliny (około 300 gatunków) należą do różnych elementów łącznikowych. Ich zasięgi geograficzne są bardzo szerokie i obejmują co najmniej dwie większe jednostki geograficzno-roślinne w randze państwa,



Ryc. 22. Sasanka alpejska Pulsatilla alba (fot. P. Kwiatkowski)



Ryc. 23. Zawilec narcyzowy Anemone narcissifolia związany z wychodniami skał bazaltowych Małego Śnieżnego Kotła (fot. P. Kwiatkowski)



Ryc. 24. Czeremcha skalna Padus petraea tworząca subalpejskie zarośla w Kotle Małego Stawu (fot. P. Kwiatkowski)



Ryc. 25. Brzoza karpacka Betula pubescens subsp. carpatica (fot. P. Kwiatkowski)



Ryc. 26. Wierzba śląska Salix silesiaca (fot. P. Kwiatkowski)

podpaństwa lub obszaru roślinnego. Z reguły przeważają gatunki europejskie strefy umiarkowanej których zasięg ma przedłużenie ku południowi lub wschodowi. Do najciekawszych przedstawicieli elementów florystycznych łącznikowych należy irga zwyczajna *Cotoneaster integerrimus* – gatunek europejsko-śródziemnomorski. Ten wybitnie ciepłolubny krzew, znany przede wszystkim z wyżyn Polski południowej, rośnie w Karkonoszach tylko w Małym Śnieżnym Kotle na znacznej wysokości.

Elementy kierunkowe flory

Na podstawie obrazu rozmieszczenia wszystkich roślin kwiatowych w Karkonoskim Parku Narodowym można wytypować dwie grupy gatunków, przechodnie i graniczne. Pierwsze z nich odnoszą się do roślin, które nie posiadają w Polsce naturalnych granic (barier biogeograficznych) ograniczających ich rozprzestrzenianie. Należy do nich większość roślin szeroko rozpowszechnionych w niższych położeniach, na pogórzu czy w reglu dolnym. Z drzew między innymi wymienić można jesiona wyniosłego *Fraxinus excelsior* czy lipę drobnolistną *Tilia cordata*, z krzewów bez czarny *Sambucus nigra*, zaś z roślin zielnych kopytnika pospolitego *Asarum europaeum* i rzeżuchę łąkową *Cardamine pratensis*.

Bardziej interesujące są gatunki graniczne, które w Karkonoszach osiągają kresy swoich zasięgów geograficznych w stosunku do całego masywu Sudetów, Polski, a niekiedy również Europy. Ich obecność wynika przede wszystkim z usytuowania górotworu w stosunku do pozostałych pasm Europy. Znaczenie mają również siedliska i związane z nimi charakterystyczne zbiorowiska nieleśne oraz istnienie w przeszłości różnorodnych szlaków migracji ułatwiających przemieszczanie roślin. Biorąc pod uwagę ogólne rozmieszczenie w Europie (Hulten & Fries 1986; Meusel i in. 1965) w Karkonoszach wyróżniają się rośliny, które osiągają tu absolutny kres swego zasięgu geograficznego. Należą one do określonych elementów kierunkowych flory. Do gatunków osiągających bezwzględny północny kres zasięgu w Europie należą wyłącznie przedstawiciele subalpejskiej i alpejskiej flory przywiązane lokalnie do różnych biotopów, m. in. kosodrzewina *Pinus mugo*, kuklik górski *Geum montanum*, pierwiosnka maleńka *Primula minima*, pięciornik złoty *Potentilla aurea*, porzeczka skalna *Ribes petraeum*, przywrotnik rozcięty *Alchemilla fissa*, rozchodnik alpejski *Sedum alpestre*, rzeżucha rezedolistna *Cardamine resedifolia*, skalnica mchowata *Saxifraga bryoides*, zawilec narcyzowy *Anemone narcissifolia*. Niejednokrotnie stanowiska tych roślin znajdują się w znacznym oddaleniu od swych głównych ośrodków występowania położonych w Alpach

czy Karpatach. Za tak liczny udział gatunków z granicą północną w miejscowej florze odpowiadają czynniki klimatyczne i fizjograficzne. Karkonosze są najbardziej na północ wysuniętym w Europie łańcuchem górskim o równoleżnikowym przebiegu, który wyrasta ponad górną granicą lasu.

Z kolei skrajne południowe położenie w Europie posiada skalnica śnieżna *Saxifraga nivalis* (Ryc. 27), której wybitnie izolowane stanowisko (refugium) w Karkonoszach w obrębie żyły bazaltowej Małego Śnieżnego Kotła jest oddalone od centrum zasięgu w Skandynawii o ponad 1000 kilometrów. Podobny charakter ma malina moroszka *Rubus chamaemorus* występująca na subalpejskich torfowiskach, której europejski południowo-zachodni kres zasięgu przypada na Karkonosze. Oba relikty glacjalne przywędrowały z obszaru subarktycznego Europy i przetrwały tutaj niekorzystne okresy zlodowaceń, kiedy panował chłodny i surowy klimat (Fabiszewski 1985). Współcześnie rośliny te występują przede wszystkim na północy kontynentu, a pozostałe środkowoeuropejskie izolowane stanowiska mają z reguły charakter refugiów (ostoi).



Ryc. 27. Skalnica śnieżna Saxifraga nivalis w Małym Śnieżnym Kotle (fot. L. Żołnierz)

Swoiste rysy flory Karkonoszy – endemity i osobliwości

Karkonosze stanowią najcenniejszą botanicznie część Sudetów. Ich wartość wynika przede wszystkim ze stosunkowo dobrze zachowanej flory roślin kwiatowych i wykształconych rozmaitych zbiorowisk roślinnych, zwłaszcza powyżej górnej granicy lasu. Obszar ten charakteryzuje udział licznej grupy roślin specyficznych. Wyjątkowość flory podkreślają w pierwszym rzędzie gatunki endemiczne, ukazujące wybitną odrębność bioróżnorodności nie tylko od sąsiednich regionów i innych masywów górskich Sudetów, ale także w szerszej ogólnopolskiej skali.

Flora roślin kwiatowych Karkonoszy powstała stosunkowo niedawno i w większości przypadków jest wynikiem ponownego zasiedlenia tego terytorium po ustąpieniu ostatniego zlodowacenia. Powstałe wskutek procesów specjacji gatunki endemiczne są więc młode, określane mianem neoendemitów. Ich całkowita liczba jest stosunkowo duża i obejmuje ponad 30 taksonów (Krahulec 2006; Mirek & Piękoś-Mirkowa 2009). Karkonosze są głównym ośrodkiem endemizmu w obrębie Sudetów. Poza kilkoma większość stanowią „drobne" gatunki apomiktycznego i bardzo zmiennego rodzaju jastrzębiec *Hieracium* (Szeląg 2003; Chrtek 2004). Znamienną cechą wielu tutejszych endemitów jest ich przywiązanie do jednego lub co najwyżej kilku stanowisk. Są one przede wszystkim komponentami naskalnych muraw, np. biedrzeniec skalny *Pimpinella saxifraga* subsp. *rupestris* (Ryc. 28), przytulia sudecka *Galium sudeticum* (Ryc. 29), skalnica bazaltowa *Saxifraga moschata* subsp. *basaltica*, źródlisk i zatorfień, jak np. gnidosz sudecki *Pedicularis sudetica* subsp. *sudetica* (Ryc. 30), pierwiosnka karkonoska *Primula elatior* subsp. *corcontica*, przywrotnik karkonoski *Alchemilla corcontica* oraz traworośli i wysokogórskich muraw – dzwonek karkonoski *Campanula bohemica* (Ryc. 31), jastrzębiec białawy *Hieracium pseudalbinum* i jastrzębiec zębatolistny *H. glandulosodentatum*. Najczęściej ich stanowiska spotkać można w rejonie bogato urzeźbionych kotłów polodowcowych. Najszerzej rozpowszechnionym endemitem jest dzwonek karkonoski *Campanula bohemica*, który z różnym natężeniem występuje w piętrze subalpejskim.

Biorąc pod uwagę charakter zasięgu geograficznego gatunki endemiczne flory tego obszaru dzielą się na swoiste endemity karkonoskie oraz rośliny mające związki z innymi górami. Są to następujące grupy:

1) Endemity karkonoskie (? – takson krytyczny, wymaga szczegółowych badań): biedrzeniec skalny *Pimpinella saxifraga* subsp. *rupestris*, dzwonek karkonoski *Campanula bohemica*, gnidosz sudecki *Pedicularis*



Ryc. 28. Endemiczny biedrzeniec skalny Pimpinella saxifraga subsp. rupestris w Małym Śnieżnym Kotle (fot. L. Żołnierz)



Ryc. 29. Przytulia sudecka Galium sudeticum na bazalcie w Małym Śnieżnym Kotle (fot. L. Żołnierz)

sudetica subsp. *sudetica*, jarząb sudecki *Sorbus sudetica*, jastrzębiec ciemnogłówkowy *H. melanocephalum*, jastrzębiec ciemnoszyjkowy *H. nigrostylum*, jastrzębiec czarniawy *H. nigrescens*, jastrzębiec Czelakowskiego *H. saxifragum* subsp. *čelakovskyanum*, jastrzębiec Fieka *H. fiekii* (?), jastrzębiec Fritzego *H. fritzei*, jastrzębiec karkonoski *H. corconticum*, jastrzębiec łabski *H. albinum*, jastrzębiec Marii Bormüller *H. mariae-bornmuelleriae* (?), jastrzębiec miękkolistny *H. decipiens*, jastrzębiec nibyłabski *H.pseudalbinum*, jastrzębiec ostrolistny *H. apiculatum*, jastrzębiec Purkiniego *H. purkynei*, jastrzębiec Rohleny *H. rohlenae*, jastrzębiec rurkokwiatowy *H. tubulosum*, jastrzębiec ryfejski *H. riphaeum*, jastrzębiec Schneidera *H. schneiderianum*, jastrzębiec szorstkolistny *H. asperulum*, jastrzębiec zębatolistny *H. glandulosodentatum*, mniszek karkonoski *Taraxacum alpestre*, pierwiosnek karkonoski *Primula elatior* subsp. *corcontica*, przywrotnik karkonoski *Alchemilla corcontica*, skalnica bazaltowa *Saxifraga moschata* subsp. *basaltica*, turzyca blada karkonoska *Carex pallensens* var. *corcontica* (?).

2) Endemity sudeckie: dzwonek sudecki *Campanula rotundifolia* subsp. *sudetica*, jastrzębiec Englera *Hieracium engleri*, jastrzębiec Schustlera *H. schustleri*, jastrzębiec sudecki *H. sudeticum*, jastrzębiec Uechtriza *H. uechtritzianum*, jastrzębiec zielonokoszyczkowy *H. chlorocephalum*.
3) Endemity hercyńskie (endemity Masywu Czeskiego): przytulia sudecka *Galium sudeticum*.

Poza gatunkami endemicznymi do specyficznych elementów flory Karkonoszy można zaliczyć szereg nieendemicznych roślin kwiatowych mających tu jedyne lub większość swych stanowisk w skali kraju. Przeważnie są to rośliny wysokogórskie bądź tzw. borealno-górskie o charakterystycznych przystosowaniach ekologicznych i ograniczonym zasięgu geograficznym. W Karkonoszach optimum występowania przypada zwłaszcza na czeremchę skalną *Padus petraea*, która w części kotłów polodowcowych tworzy charakterystyczną formację typu subalpejskich liściastych zarośli (*Pado-Sorbetum*) oraz wierzbę lapońską *Salix lapponum*, relikt glacjalny budujący własne zbiorowisko roślinne (*Salicetum lapponum*) związane z wilgotnymi siedliskami wyższych położeń. Oba gatunki tworzą tu populacje złożone z setek osobników przechodzących pełen cykl rozwojowy. Odrębność flory roślin kwiatowych podkreślają również gatunki znane w Polsce tylko z tej części Sudetów, jak goryczuszka szwedzka *Gentianella campestris* subsp. *suecica*, przetacznik drobny *Veronica pumila*, przetacznik stokrotkowy *V. bellidioides*, przywrotnik niedźwiedzi *Alchemilla ursina*, przywrotnik rozcięty *A. fissa*, rzeżucha rezedolistna *Cardamine resedifolia*, skalnica śnieżna *Saxifraga nivalis*, świetlik maleńki *Euphrasia minima*,



Ryc. 30. Gnidosz sudecki Pedicularis sudetica subsp. sudetica – endemit Karkonoszy na stanowisku w Kotle Małego Stawu (fot. P. Kwiatkowski)



Ryc. 31. Dzwonek karkonoski Campanula bohemica – częsty element ekosystemów nieleśnych piętra subalpejskiego Karkonoszy (fot. P. Kwiatkowski)

turzyca patagońska *Carex magellanica* oraz bardzo liczne gatunki rodzaju jastrzębiec *Hieracium*. Ich rozmieszczenie w Karkonoszach jest bardzo nierównomierne i wybitnie skorelowane z występowaniem odpowiedniego podłoża skalnego lub mokrych i wilgotnych siedlisk.

Karkonosze na tle podziału geobotanicznego

Zasięgi wszystkich gatunków roślin kwiatowych nie są jednakowe. Prawidłowości w rozmieszczeniu ich stanowisk, manifestujące się lokalnymi typami zasięgu geograficznego, obejmują jedynie część gatunków. Ich zagęszczenie istotnie wpływa na kształt wyodrębnionych jednostek fitogeograficznych stosowanych w regionalizacji geobotanicznej. W podziale geobotanicznym Polski, będącej hierarchiczną klasyfikacją przestrzeni geograficznej z uwagi na różnice szaty roślinnej, Karkonosze jako wybitna jednostka geomorfologiczna stanowią odrębny podokręg (Pawłowski 1977). Należy on do okręgu Sudetów Zachodnich, w ramach działu Sudetów, który jest włączany do podprowincji Hercyńsko-Sudeckiej i prowincji górskiej środkowoeuropejskiej. Wydzielenie Karkonoszy jako osobnej naturalnej jednostki fitogeograficznej w stosunku do pozostałych części Sudetów opiera się na wybranych kryteriach florystyczno-fitosocjologicznych, takich jak piętrowy układ roślinności, zasięgi poszczególnych gatunków drzew, udział roślin endemicznych, reliktowych i wysokogórskich oraz obecność specyficznych zespołów roślinnych o ograniczonych zasięgach geograficznych i odpowiednim zakresie wysokości.

Rozmieszczenie charakterystycznych grup roślin kwiatowych zróżnicowanych pod względem geograficznym, wysokościowym i ekologicznym przejawia się ich przywiązaniem do czterech odrębnych części Karkonoszy, które mają rangę odcinków geobotanicznych. Są to Karkonosze Zachodnie; Karkonosze Wschodnie; Grzbiet Lasocki (w całości poza obszarem Karkonoskiego Parku Narodowego) oraz Pogórze Karkonoskie, na obszarze którego znajdują się enklawy parku, rejon Wodospadu Szklarki i masywu Chojnika. Każdy z nich posiada własne cechy co do składu flory roślin kwiatowych i wykształconych zbiorowisk roślinnych.

Karkonosze Zachodnie stanowią część głównego grzbietu (Śląski Grzbiet) od przełęczy Szklarskiej po przełęcz Karkonoską. Znajduje się tu izolowana i bogata florystycznie kolonia unikatowych gatunków tworzących charakterystyczną wysokogórską murawę z klasy *Elyno-Seslerietea* (*Saxifrago oppositifoliae-Festucetum versicoloris*) rozwiniętą na podłożu bazaltowym. Jest to najcenniejsze florystycznie miejsce w Karkonoszach. Ponadto wykształciły się tu fragmenty wyleżysk śnieżnych, na których rośnie wierzba zielna *Salix herbacea* oraz szarota drobna *Gnaphalium supinum*. Roślinami kwiatowymi ograniczonymi wyłącznie do tej części Karkonoszy bądź mającymi optimum występowania są między innymi: arnika górska *Arnica montana*, biedrzeniec skalny *Pimpinella saxifraga* subsp. *rupestris*, fiołek żółty sudecki *Viola lutea* subsp. *sudetica*, gęsiówka alpejska *Arabis alpina*, kostrzewa pstra *Festuca versicolor* subsp. *versicolor*, lepiężnik wyłysiały *Petasites kablikianus*, macierzanka halna *Thymus alpestris* (Ryc. 32), malina moroszka *Rubus chamaemorus*, przytulia sudecka *Galium sudeticum*, przywrotnik karkonoski *Alchemilla corcontica*, skalnice (bazaltowa *Saxifraga moschata* subsp. *basaltica*, mchowata *S. bryoides*, naprzeciwlistna *S. oppositifolia*, śnieżna *S. nivalis*) czy świetlik maleńki *Euphrasia minima*.



Ryc. 32. Macierzanka halna Thymus alpestris porastająca bazaltowe skałki w Małym Śnieżnym Kotle (fot. P. Kwiatkowski)

Karkonosze Wschodnie, rozciągające się od przełęczy Karkonoskiej po przełęcz Kowarską, są najwyższą częścią pasma i jedyną w której obecne są wysokogórskie stawy. Obszar ten wyróżnia najlepiej w skali Karkonoszy rozwinięte piętro alpejskie z typowymi murawami wysokogórskimi z udziałem situ skuciny *Juncus trifidus* oraz wyjątkowa powierzchnia niezwykle zróżnicowanych florystycznie subalpejskich torfowisk. To także główny ośrodek występowania zarośli czeremchy skalnej (*Pado-Sorbetum*) oraz wierzby lapońskiej (*Salicetum lapponum*). Ta część Karkonoszy to główny ośrodek występowania wielu gatunków wysokogórskich i borealno-górskich. Należą do nich

bartsia alpejska *Bartsia alpina* (Ryc. 33), brzoza karpacka *Betula pubescens* subsp. *carpatica*, czosnek syberyjski *Allium sibiricum*, gnidosz sudecki *Pedicularis sudetica* subsp. *sudetica*, jeżogłówka pokrewna *Sparganium angustifolium*, kuklik górski *Geum montanum*, mniszek karkonoski *Taraxacum alpestre*, przetacznik stokrotkowy *Veronica bellidioides*, wełnianeczka alpejska *Baeothryon alpinum*, wierzbownica drobnolistna *Epilobium anagallidifolium*.



Ryc. 33. Bartsia alpejska Bartsia alpina (fot. P. Kwiatkowski)

Odrębną jednostką fitogeograficzną jest w znacznym stopniu odkształcone wskutek wielowiekowej działalności człowieka Pogórze Karkonoskie, usytuowane na północ od głównego grzbietu Karkonoszy. Naturalne fragmenty szaty roślinnej znajdują się zwłaszcza w masywie Chojnika oraz w otoczeniu Wodospadu Szklarki. Rozwinęły się tam różne typy lasów liściastych, naskalne bory sosnowe, ciepłolubne murawy i łąki, które wyróżnia bogactwo gatunków górskich typowych dla niższych położeń (element reglowy). Ponadto masyw Chojnika jest jedyną enklawą parku narodowego, gdzie istnieją suche i nasłonecznione siedliska, na których występuje roślinność ciepłolubna. Wyłącznie w tej części Karkonoszy znajdują się stanowiska lub przypada tu główny ośrodek występowania szeregu gatunków roślin kwiatowych. Rośnie tu między innymi: brzoza ojcowska *Betula oycoviensis* (stanowisko na Chojniku jest jedynym współcześnie istniejącym w Sudetach), dziewięćsił bezłodygowy *Carlina acaulis*, dzwonek brzoskwiniolistny *Campanula persicifolia*, goździk kropkowany *Dianthus deltoides*, oman szlachtawa *Inula conyza*, przytulia leśna *Galium sylvaticum*, rojnik pospolity *Jovibarba sobolifera*, rzeżucha leśna *Cardamine flexuosa*, turzyca wiosenna *Carex caryophyllea*.

Zagrożone rośliny kwiatowe Karkonoszy

Wpływ człowieka na florę jest różnoraki. Z jednej strony wskutek działalności antropogenicznej niektóre rośliny kwiatowe rozprzestrzeniają się i powiększają swój pierwotny zasięg (gatunki hemerofilne), z drugiej zmniejszają go lub giną (gatunki hemerofobowe). Zmiany jakie zaistniały we florze roślin kwiatowych Karkonoszy obejmują obie grupy. Pierwsza jest szerzej omówiona w rozdziale dotyczącym roślinności synantropijnej.

Ocena dynamiki antropogenicznych zmian we florze w aspekcie czasowym opiera się na rejestracji większości gatunków roślin kwiatowych. Z uwagi na brak wcześniejszych danych co do niektórych składników flory przyjęto, że rośliny kwiatowe współcześnie pospolite w Karkonoszach oraz od dawna zawleczone występowały wcześniej, niezależnie od braku jakiejkolwiek o nich informacji w źródłach historycznych. Bilans zmian liczebności stanowisk takich roślin nie jest więc możliwy do dokładnego oszacowania. Na ogólne tempo zmian zasobów florystycznych największy wpływ mają gatunki notowane dawniej a współcześnie nie potwierdzone oraz o wyraźnie zmniejszającej się liczbie ich stanowisk w Karkonoszach. Dotyczy to głównie roślin rzadszych, dla których rejestrowano w przeszłości dokładne stanowiska. W wysokim stopniu niekorzystne przemiany we florze oddają gatunki zaliczone (ŠTURSA i in. 2009) do trzech kategorii: EX – wymarłe lub zaginione w regionie, których stanowisk współcześnie nie udało się potwierdzić (16 gatunków – pełen ich wykaz podano niżej); CR – krytycznie zagrożone (80) i EN – wymierające (silnie zagrożone – 59). Obejmują one łącznie około 16% całej flory kwiatowej. Wymienione w tekście rozdziału gatunki krytycznie zagrożone (CR) i wymierające (EN) mają zaznaczoną kategorię zagrożenia dla polskiej części Karkonoszy w indeksie gatunków.

Gatunki wymarłe i zaginione (EX) roślin kwiatowych na obszarze Karkonoskiego Parku Narodowego (za ŠTURSA i in. 2009, zmienione): bagno zwyczajne *Ledum palustre*, goździk okazały *Dianthus speciosus*, jarząb sudecki *Sorbus sudetica*, jastrzębiec szary *Hieracium canescens*, jastrzębiec szorstki *H. asperulum*, jastrzębiec zaostrzony *H. apiculatum*, kruszczyk błotny *Epipactis palustris*, krwawnik wyprostowany *Achillea stricta*, naradka tępolistna *Androsace obtusifolia*, rozchodnik owłosiony *Sedum villosum*, storzan bezlistny *Epipogium aphyllum*, tajęża jednostronna *Goodyera repens*, turzyca nitkowata *Carex lasiocarpa*, turzyca pchla *C. pulicaris*, wierzba czarniawa *Salix myrsinifolia*, zimoziół północny *Linnaea borealis*.



Ryc. 34. Rzeżucha Opiza Cardamine amara subsp. opizii na stanowisku w Wielkim Śnieżnym Kotle (fot. L. Żołnierz)

Analiza grupy roślin wymarłych, krytycznie zagrożonych i wymierających na terenie Karkonoskiego Parku Narodowego (jak również w całym regionie karkonoskim) prowadzi do następujących ogólniejszych wniosków. Pod względem preferencji siedliskowo-ekologicznych należą tu przede wszystkim gatunki wąsko wyspecjalizowane (stenotopowe), które gwałtownie reagują zmniejszaniem swego areału (liczby stanowisk) w skutek różnorodnych antropogenicznych oddziaływań. Są to zwłaszcza rośliny wysokogórskie związane z formacjami traworośli, borówczysk, wrzosowisk oraz z różnego typu murawami. W ich obrębie notowano szereg unikatowych gatunków endemicznych (np. jarząba sudeckiego *Sorbus sudetica*, znanego z historycznego stanowiska w Kotle Małego Stawu), nie występujących w innych rejonach Polski gatunków górskich (przetacznika drobnego *Veronica pumila* czy skalnicy śnieżnej *Saxifraga nivalis*, znanych z pojedynczych wystąpień) i przede wszystkim przedstawicieli rodzaju jastrzębiec *Hieracium*. Kolejną grupę tworzą rośliny siedlisk wilgotnych, rozwiniętych w szerokim przedziale wysokości, od pogórza po piętro subalpejskie. Wśród nich znajdują się cenne gatunki reliktowe (np. malina moroszka *Rubus chamaemorus*, wełnianeczka alpejska *Baeothryon alpinum*, wierzba lapońska *Salix lapponum*), związane z torfowiskami, źródliskami, wyleżyskami śnieżnymi i fragmentami podmokłych łąk. Pozostałe grupy złożone z kilku gatunków są składnikami ekosystemów leśnych (np. tajęża jednostronna *Goodyera repens*), zbiorowisk szczelin skalnych (jastrzębiec siny *Hieracium bifidum*) bądź suchych łąk (przytulia szorstkoowockowa *Galium pumilum*).

Zasięg przestrzenny zjawiska wymierania gatunków roślin kwiatowych jest wybitnie zróżnicowany (Kaźmierczakowa i in. 2014). Istnieją rejony Karkonoszy, w których stopień współczesnego przekształcenia flory jest większy lub są one potencjalnie bardziej narażone na takie zmiany. Dotyczy do niższych położeń, zwłaszcza pogórza i regli, gdzie proces przebudowy ekosystemów leśnych trwa od kilkuset lat lub nastąpiły drastyczne zmiany w obrębie półnaturalnych zbiorowisk nieleśnych. Stąd szereg występujących tam gatunków ma wiele stanowisk historycznych, obecnie w niewielkim stopniu lub w ogóle nie potwierdzonych, jak bagno zwyczajne *Ledum palustre* czy storzan bezlistny *Epipogium aphyllum*. Lokalnie także powyżej górnej granicy lasu istnieje szereg miejsc, z których dawniej notowano rzadkie rośliny kwiatowe, a obecnie należą one do grupy wymarłych czy krytycznie zagrożonych i wymierających. Notowano je w przeszłości z kotłów polodowcowych oraz z niektórych wzniesień i ich stoków. Do całkowicie wymarłych należy miedzy innymi goździk okazały *Dianthus speciosus* (jedyne stanowisko w Wielkim Śnieżnym Kotle); jastrzębiec szorstki *Hieracium asperulum* (jedynie w Kotle Łomniczki) czy naradka tępolistna *Androsace obtusifolia* (występująca do niedawna tylko w Małym Śnieżnym Kotle).

Przyczyną ubożenia flory kwiatowej Karkonoskiego Parku Narodowego są różne, często nakładające się na siebie czynniki. Najważniejszą grupę zagrożeń stanowią zmiany warunków środowiska abiotycznego spowodowane gospodarką człowieka w zakresie stosunków wodnych czy chemicznych właściwości gleb (zagadnienie szerzej przedstawione jest w kolejnym rozdziale). Warto w tym miejscu jednak zauważyć, że obok niekorzystnych zmian we florze roślin kwiatowych w ostatnich latach stwierdzono występowanie niektórych silnie zagrożonych gatunków na nowych stanowiskach. Pojawianie się ich w Karkonoszach jest pozytywną cechą geobotaniczną tego obszaru. Świadczy to nie tylko o dynamice i potencjalnych możliwościach kolonizacyjnych tych roślin, ale przede wszystkim o aktualnym funkcjonowaniu w miarę dobrze zachowanego układu mikrosiedlisk, zwłaszcza powyżej górnej granicy lasu.

Literatura

Bociąg K., Banaś K., Gos K. & Merdalski M. 2007: Habitat conditions and underwater vegetation in Wielki and Mały Staw in the Giant Mountains. Warunki środowiskowe oraz roślinność podwodna Wielkiego i Małego Stawu w Karkonoszach,. Opera Corcontica 44: 271–280.

Chrtek J. jun. 2004: *Hieracium* L. – jestřábník. W: B. Slavik & J. Štěpánková (red.), Květena České republiky. 7. Academia, Praha: 540–701.

Dunajski A., Potocka J. & Szczęśniak E. 2011: Zarys historii badań botanicznych w Karkonoszach ze szczególnym uwzględnieniem Karkonoskiego Parku Narodowego. W: R. Knapik, L. Przewoźnik & A. Raj (red.), 50 lat badań naukowych w Karkonoskim Parku Narodowym. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra: 183–215.

Ellenberg H. 1996: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 5. Auflage. Ulmer, Stuttgart: ss. 1095.

Fabiszewski J. 1985: Szata roślinna. W: A. Jahn (red.), Karkonosze polskie. PAN Wrocław, Karkonoskie Towarzystwo Naukowe Jelenia Góra, Ossolineum Wrocław: 191–235.

FIEK E. 1881: Flora von Schlesien preussischen und österreichischen Antheils. J. U. Kern's Verlag, Breslau: ss. 735.

HENDRYCH R. 2001: Květena – Krkonoš zvláště – před čtyřmi staletími. Preslia 73: 29–57.

HULTÉN E. & FRIES M. 1986: Atlas of North European vascular plants. North of the tropic of cancer. 1–3. Koeltz Scientific Books, Köenigstein: ss. 1172.

JENIK J. 1961: Alpinská vegetace Krkonoš, Králického Sněžníku a Hrubého Jeseníku. Teorie anemoorografických systémů. Naklad. ČSAV, Praha: ss. 409.

KAŹMIERCZAKOWA R., ZARZYCKI K., MIREK Z. (red.) 2014: Polska Czerwona Księga Roślin. Paprotniki i rośliny kwiatowe. wyd. III. Instytut Przyrody Polskiej Akademii Nauk, Kraków: ss. 895.

KÖRNER C. 2003: Alpine Plant Life – Functional Plant Ecology of High Mountain Ecosystems. 2 ed. Springer, Heidelberg: ss. 349.

KRAHULEC F. 2006: Species of vascular plants endemic to the Krkonoše Mts (Western Sudetes). Preslia 78: 503–516.

KRUKOWSKI M., MALICKI M. & SZCZĘŚNIAK E. 2008: Aktualny stan populacji *Cardamine resedifolia* (Brassicaceae) w Karkonoszach (Sudety Zachodnie, SW Polska). Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica 15: 232–238.

KUBÁT K., HROUDA L., CHRTEK jun. J., KAPLAN Z., KIRSCHNER J. & ŠTĚPÁNEK J. (2002): Klíč ke květeně České republiky. – Academia, Praha.

KWIATKOWSKI P. 2008: Rośliny naczyniowe Karkonoszy i Pogórza Karkonoskiego. Przyroda Sudetów 11: 3–42.

KWIATKOWSKI P. 2011: Mountain grass species in the Sudetes – selected issues. w: L. FREY (red). Advances in grass biosystematics. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków: 57–75.

KWIATKOWSKI P. & KRAHULEC F. 2011: The distribution of high mountain species of vascular plants within the mountains of the Sudetic System. W: ZEMANEK B. (red.), Geobotanist and Taxonomist. Institute of Botany, Jagiellonian University, Cracow: 69–89.

MEUSEL H., JÄGER E. & WEINERT E. (red). 1965: Vergleichende Chorologie der Zentraleuropäischen Flora. Karten. G. Fischer, Jena: ss. 258.

MIREK Z. 1989: Zasięgi wysokościowe roślin naczyniowych w Karpatach i ich klasyfikacja. Wiadomości Botaniczne 33/2: 57–64.

MIREK Z. & PIĘKOŚ-MIRKOWA H. 2009: Fitogeograficzne aspekty endemizmu w Polsce. Wiadomości Botaniczne 53 (3/4): 7–30.

MIREK Z., PIĘKOŚ-MIRKOWA H., ZAJĄC A. & ZAJĄC M. 2002: Flowering Plants and Pteridophytes of Poland a checklist. W: Z. MIREK (red), Biodiversity of Poland 1. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków: 3–442.

PAWŁOWSKA S. 1962: *Świat roślinny Tatr.* W: SZAFER W. (red.) *Tatrzański Park Narodowy.* Polska Akademia Nauk. Zakład Ochrony Przyrody, Kraków: 187–239.

PAWŁOWSKA S. 1977: Charakterystyka statystyczna i elementy flory polskiej. W: W.

PAWŁOWSKI B. 1977: Szata roślinna gór polskich. W: W. SZAFER & K. ZARZYCKI (red), Szata roślinna Polski. Tom 2. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa: 189–252.

PAX F. 1927: Die subalpine Flora der Sudeten. Englers Botanische Jahresberichte 61: 285–320.

PIĘKOŚ-MIRKOWA H., MIREK Z. 1996: Zbiorowiska roślinne. W: MIREK Z. (Red.) Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego. Tatrzański Park Narodowy, Zakopane – Kraków: 237–274.

POSZ E. 2010: Materiały do rozmieszczenia gatunków rodzaju *Euphrasia* L. (Scrophulariaceae) w Karkonoszach. Cz. I. Przyroda Sudetów 13: 27–30.

SCHUBE T. 1903: Die Verbreitung der Gefässpflanzen in Schlesien preussischen und österreichischen Anteils. R. Nischkowsky, Breslau: ss. 362.

SZAFER & K. ZARZYCKI (red), Szata roślinna Polski. Tom 1. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa: 129–206.

SZCZĘŚNIAK E., KRUKOWSKI M. & MALICKI M. 2011: Pojawy i stopień zagrożenia *Veronica bellidioides* (Scrophulariaceae) w Polsce. Fragmenta Floristica Geobotanica Polonica 18: 3–9.

SZELĄG Z. 2003: Górskie gatunki rodzaju *Hieracium* w Sudetach. Przemiany i zagrożenie. W: Z. KĄCKI (red.), Zagrożone gatunki flory naczyniowej Dolnego Śląska. Instytut Biologii Roślin, Uniwersytet Wrocławski, Wrocław: 197–215.

SZELĄG Z. 2011: *Hieracium albinum* (Asteraceae) rediscovered. Polish Botanical Journal 56: 77–91.

ŠOUREK J. 1969: Květena Krkonoš. Český a polský národní park. Československá Akademie Věd, Praha: ss. 451.

ŠTURSA J., KWIATKOWSKI P., HARČARIK J., ZAHRADNÍKOVÁ J. & KRAHULEC F. 2009: Černý a červený seznam cévnatých rostlin Krkonoš. Opera Corcontica 46: 67–104.

WINKLER W. 1881: Flora von Riesen- und Isergebirge. Verlag und Druck von E. Gruhn, Warmbrunn: ss. 265.

WOJTUŃ B. & MATUŁA J. 2000: Nowe stanowisko *Rubus chamaemorus* (*Rosaceae*) w polskiej części Karkonoszy. Fragmenta Floristica Geobotanica Polonica 7: 364–365.

ZAJĄC M. & ZAJĄC A. 2009: Elementy geograficzne rodzimej flory Polski. Nakładem Pracowni Chorologii Komputerowej Instytutu Botaniki Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków: ss. 94.

ŻOŁNIERZ L. & WOJTUŃ B. 2004: Dziewięciornik błotny *Parnassia palustris* L. i jeżogłówka pojedyncza *Sparganium emersum* Rehmann – nowe gatunki w wysokogórskiej florze polskiej części Karkonoszy. Opera Corcontica 41: 132–134.

Dane adresowe autorów:

Paweł Kwiatkowski
Katedra Botaniki i Ochrony Przyrody
Uniwersytet Śląski
ul. Jagiellońska 28, 40-032 Katowice
pawel.kwiatkowski@us.edu.pl

Ludwik Żołnierz
Katedra Botaniki i Ekologii Roślin
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
pl. Grunwaldzki 24a, 50-363 Wrocław
ludwik.zolnierz@upwr.edu.pl

Kwiatkowski P. & Żołnierz L. 2019: Rośliny kwiatowe. W: Knapik R., Migoń P. & Raj A. (red.), Przyroda Karkonoskiego Parku Narodowego. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra: 217–240.

Ludwik Żołnierz, Bronisław Wojtuń

Roślinność subalpejska i alpejska

Wstęp

Części masywu Karkonoszy wznoszące się powyżej granicy lasu odznaczają się największą różnorodnością gatunków i zbiorowisk roślinnych, a także ich swoistym wysokogórskim charakterem. Zbiorowisk tych nie spotkamy na niżu. Swoje odpowiedniki mają one w piętrach subalpejskim oraz alpejskim wyższych pasm zachodniokarpackich i w Alpach, a w samych Sudetach do pewnego stopnia w Jesionikach i w Masywie Śnieżnika na wschodnim krańcu pasma.

Historia poznawania i opisu subalpejskich i alpejskich zbiorowisk roślinnych Karkonoszy sięga czasów przedwojennych. Powstały wówczas obszerne opracowania Zlatnika (1928) i Huecka (1939). Rüster (1922) opisał subalpejskie torfowiska całego pasma, a Rudolph i in. (1928) szczegółowo badali torfowisko u źródeł Upy na Równi pod Śnieżką. Już w pierwszych powojennych latach badania Stanisława Tołpy (1949) pozwoliły uzupełnić dorobek badaczy niemieckich w odniesieniu do torfowisk karkonoskich i przedstawić pierwsze syntetyczne opracowanie ich rozmieszczenia, typów, genezy i charakterystyki głównych zbiorowisk roślinnych. Innym pionierem powojennych badań zbiorowisk roślinnych był Stefan Macko (1952). W kolejnych latach intensywne badania po stronie czeskiej prowadził Jan Jenik (1961), który w niezwykle oryginalny sposób połączył kwestie rozmieszczenia i zróżnicowania zbiorowisk roślinnych z uwarunkowaniami anemo-orograficznymi wysokich partii masywu.

Fundamentalny wkład w dzieło poznania zbiorowisk roślinnych Karkonoskiego Parku Narodowego wnieśli Władysław i Aniela Matuszkiewiczowie. Ich badania prowadzone w Karkonoszach w latach 1954–1967 zaowocowały setkami zdjęć fitosocjologicznych i dały podstawy do opracowania pierwszej „Mapy zbiorowisk roślinnych Karkonoskiego Parku Narodowego" (Matuszkiewicz & Matuszkiewicz 1974). Mapie tej towarzyszyła szeroka i wnikliwa analiza struktury, ekologii i dynamiki karkonoskich zbiorowisk roślinnych jako elementu krajobrazu fizycznogeograficznego. Po czeskiej stronie Karkonoszy wysokogórskie zbiorowiska roślinne opisywali m.in.: Hadač & Váňa (1971), Burešová (1976), Hadač & Štursa (1983), Wagnerová (1994), a w ostatnim okresie Kočí (2003, 2010a,b), Kočí & Chytrý (2010) oraz Krahulec i in. (2010).

Ważnym wątkiem intensywnych prac po obu stronach granicy były badania zbiorowisk roślinnych i ekologii subalpejskich torfowisk. Kontynuowali je w kolejnych dekadach Hadač i Váňa (1967), Fabiszewski (1981), Matuła i in. (1997, 1998), Wojtuń i in. (1998), Potocka i Vaněk (2004) oraz Wojtuń i Żołnierz (2007).

Podsumowanie stanu wiedzy na temat roślinności Karkonoskiego Parku Narodowego dla lat osiemdziesiątych przedstawili Fabiszewski (1985), który dokonał syntetycznego opisu szaty roślinnej kolejnych pięter i Tołpa (1985), który przedstawił obszerną charakterystykę torfowisk.

W pracach prowadzonych na terenie KPN w latach dziewięćdziesiątych (Fabiszewski i in. 1993; Wojtuń i in. 1994, 1995a,b 1997 1998; Sobierajski i in. 1995; Fabiszewski & Wojtuń 2001) dążono do poznania zakresu i kierunków przemian wysokogórskich zbiorowisk roślinnych Karkonoszy w porównaniu z danymi historycznymi oraz określenia ekologicznych przyczyn tych zjawisk. W kolejnych latach badania zbiorowisk roślinnych kontynuował Kwiatkowski (2004a,b 2007). Wojtuń i Żołnierz (2002) w ramach Planu ochrony Karkonoskiego Parku Narodowego opracowali mapę roślinności rzeczywistej ekosystemów nieleśnych w wersji numerycznej.

Czynniki określające charakter i rozmieszczenie wysokogórskich zbiorowisk roślinnych

W wysokich położeniach czynniki siedliskowe, przede wszystkim klimatyczne, które wymuszają wytworzenie rozmaitych przystosowań u wysokogórskich gatunków roślin (por. poprzedni rozdział) określają również właściwości ich zbiorowisk. Odzwierciedleniem zaostrzających się z wysokością warunków klimatycznych jest coraz niższa roślinność. Krzewy kosodrzewiny w strefie granicy lasu przekraczają dwa metry wysokości, zaś jej płaty rozproszone wśród muraw piętra alpejskiego już tylko nieznacznie przewyższają roślinność zielną. Murawy te z kolei zastępują wyższą roślinność traworośli i ziołorośli subalpejskich. Taka niska, przywierająca do gruntu roślinność jest mniej podatna na działanie wiatru, zaś zimą chroni ją przed mrozem pokrywa śniegu. To, czy śnieg zalega pokrywą o dużej miąższości przez długi czas, czy jest łatwo wywiewany i odsłania roślinność, zależy w głównej mierze od rzeźby terenu i wpływa na rodzaj rozwijających się w określonym miejscu zbiorowisk. Silnie nachylone stoki i żleby sprzyjają często schodzącym lawinom. W takich miejscach nie mogą się utrzymać zarośla kosodrzewiny ani charakterystycznych dla Karkonoszy zespołów liściastych krzewów i niskich drzew. Zróżnicowane ukształtowanie powierzchni określa też możliwości i tempo procesu tworzenia gleb. Decyduje również o ich wilgotności, wpływa na żyzność i w konsekwencji określa możliwości rozwoju takich, a nie innych zbiorowisk. Gleby w warunkach wysokogórskich odznaczają się słabym stopniem rozwoju, a w rezultacie silną szkieletowością, małą miąższością i niską zasobnością w składniki pokarmowe. W miejscach o stosunkowo bardziej zaawansowanym procesie glebotwórczym mogą się rozwinąć zbiorowiska skupiające gatunki o wyższych wymaganiach siedliskowych, np. odznaczające się wysoką produktywnością ziołorośla. Rośliny zasiedlają też miejsca pozbawione gleb – wypełnione zwietrzeliną szczeliny skał, piargi i półki skalne.

Różnorodność zbiorowisk roślinnych jest odbiciem zróżnicowania siedlisk. Obszary w znacznym stopniu jednorodne pod względem ukształtowania powierzchni i gleb na zrównaniach wierzchowinowych Karkonoszy pokryte są stosunkowo mało zróżnicowaną roślinnością występującą w rozległych płatach zarośli kosodrzewiny, traworośli i muraw. W miejscach o silnym zróżnicowaniu form geomorfologicznych, a w konsekwencji zasobnych w siedliska o odmiennych właściwościach, widoczna jest mozaika rozmaitych zbiorowisk roślinnych. Takimi obiektami szczególnie zróżnicowanymi pod względem biocenotycznym, a w rezultacie odznaczającymi się również wysokim bogactwem gatunkowym, są charakterystyczne dla rzeźby piętra subalpejskiego Karkonoszy kotły polodowcowe i nisze niwalne. Nawet na bardzo niewielkiej powierzchni – np. po nasłonecznionej i zacienionej stronie skały, w sąsiedztwie cieku i w nieznacznym od niego oddaleniu, w miejscu wyeksponowanym na działanie wiatru i osłoniętym – mogą występować silnie różniące się warunki cieplne i wilgotnościowe, a także odmienna zasobność gleb w składniki pokarmowe. W żlebach i ocienionych zagłębieniach pod ścianami skalnymi kotłów nawet w pełni lata mogą zalegać jeszcze płaty śniegu, które w takich miejscach i ich otoczeniu opóźniają rozwój roślinności. Ten sam gatunek tam, gdzie dopiero został odsłonięty spod śniegu może być w fazie fenologicznej wzrostu wegetatywnego, podczas gdy kilka metrów dalej już kwitnie lub nawet owocuje (Ryc. 1).

Zasadnicze właściwości biotopów subalpejskich i alpejskich ekosystemów karkonoskich kształtowały się w warunkach powtarzających się okresowo zlodowaceń, jakie w plejstocenie nawiedzały północną półkulę. Także współcześnie widoczne jest znaczne podobieństwo klimatu wysokich partii Karkonoszy do panującego w obszarach subarktycznych z jednej i wysokogórskich – alpejskich, z drugiej strony. Stało się to przesłanką do opracowanej przez badaczy czeskich (Soukupová i in. 1995) koncepcji karkonoskiej tundry arktyczno-alpejskiej. W obrębie dwóch najwyższych pięter Karkonoszy wyróżnione zostały trzy strefy tundry. Strefa krio-eoliczna, określana również mianem tundry porostowej (Flousek & Šťursa 2007) rozwinęła się w szczytowych partiach Karkonoszy na wypukłych formach rzeźby, z pokrytymi porostami epilitycznymi rumowiskami skalnymi i rozwijającymi się na nich izolowanymi płatami muraw alpejskich (Ryc. 2). Zarówno dawniej, jak i do pewnego stopnia współcześnie, decydującą rolę w kształtowaniu siedlisk odgrywają tu zjawiska kriogeniczne, związane z przemarzaniem gruntu i deflacyjne, polegające na wywiewaniu przez wiatr porywy śniegowej. Strefa tundry trawiastej występuje w piętrze subalpejskim, gdzie obejmuje płaskie lub słabo nachylone obszary zrównań wierzchowinowych (Ryc. 3). W porównaniu ze strefą krio-eoliczną w tundrze trawiastej wieją słabsze wiatry, wyższe są natomiast opady, które zimą tworzą grubą i ciągłą pokrywę śnieżną. Obszary tundry trawiastej pokryte są w większości kosodrzewiną i murawami bliźniczkowymi. Specyficzna dla wierzchowiny Karkonoszy rzeźba ułatwiała stagnację wód i w warunkach chłodnego klimatu obfitującego w opady, który



Ryc. 1. Kocioł Małego Stawu, koniec maja – rzeźba terenu wpływa na czas topnienia śniegu i określa długość okresu wegetacyjnego (fot. L. Żołnierz)



Ryc. 2. Strefa krio-eoliczna tundry arktyczno-alpejskiej na Czarnym Grzbiecie (fot. L. Żołnierz)



Ryc. 3. Strefa tundry trawiastej na zrównaniu wierzchowinowym Karkonoszy Wschodnich (fot. A. Raj)



Ryc. 4. Strefa niwalno-glaciogeniczna (tundry ziołoroślowej) – mozaika zbiorowisk w Kotle Wielkiego Stawu (fot. L. Żołnierz)

panował przed 5–10 tysięcy lat, przyczyniała się do inicjacji procesów torfotwórczych. Tłumaczy to wyróżniające Karkonosze na tle innych pasm górskich bogactwo występowania torfowisk subalpejskich. Charakterystyka tych torfowisk zostanie szerzej przedstawiona w dalszej części rozdziału. Trzecia strefa – niwalno-glaciogeniczna (tundry ziołoroślowej) obejmuje kotły polodowcowe i nisze niwalne z wspomnianym wyżej bogactwem siedlisk i związanych z nimi zbiorowisk roślinnych (Ryc. 4).

Z obszarem karkonoskiej tundry arktyczno-alpejskiej związane są wszystkie gatunki reliktów glacjalnych, o których była mowa w poprzednim rozdziale. Mimo rozmaitych podobieństw pamiętać należy o istotnych różnicach dotyczących czynników ekologicznych działających w tundrze subarktycznej i tej wysokogórskiej. Do głównych zaliczyć można brak współcześnie wiecznej zmarzliny w glebach górskich i zupełnie inne rytmy dobowe dotyczące termiki i usłonecznienia.

Górna granica lasu

Dobrze zachowana, niezaburzona działalnością człowieka górna granica lasu ma charakter ekotonu, tj. strefy przejściowej, w której rozluźniające się z rosnącą wysokością drzewostany boru górnoreglowego przenikają się z zaroślami kosodrzewiny, którym mogą towarzyszyć płaty ziołorośli i traworośli (Ryc. 5). Ekoton granicy lasu ma zmienną szerokość i przebiega w pewnym zakresie wysokości. Położenie górnej granicy lasu określone jest klimatycznie. W Karkonoszach i innych pasmach środkowoeuropejskich wyznaczają ją izotermy najcieplejszego miesiąca, zawierające się w przedziale 9,5–10,5°C, co odpowiada warunkom panującym w rejonie północnej granicy lasu oddzielającej tajgę od tundry (Migała 2005). Zientarski (1993) określił długość granicy lasu w polskiej części Karkonoszy na ok. 39 km, a średnią wysokość jej przebiegu na ok. 1230 m n.p.m., z najwyższym punktem (1390 m n.p.m.) na stoku Małego Szyszaka i najniższym (1036 m n.p.m.) na Hali pod Łabskim Szczytem. Na wielu odcinkach położenie granicy lasu jest silnie modyfikowane zarówno przez czynniki naturalne, jak i działalność człowieka. Obniża się ona w obrębie wklęsłych form rzeźby terenu, gdzie tworzą się zastoiska chłodnego powietrza, a podnosi na wypukłych partiach stoków. Widać to wyraźnie w obrębie kotłów polodowcowych i nisz niwalnych oraz w ich sąsiedztwie. Granica lasu ulega również obniżeniu w sposób naturalny w miejscach silnie wystawionych na działanie wiatru i tam, gdzie zalegają pozbawione gleby rumowiska skalne. W niektórych miejscach naturalna granica lasu uległa obniżeniu w wyniku



Ryc. 5. Górna granica lasu na stokach Łabskiego Szczytu (fot. L. Żołnierz)

schodzących lawin, w innych na skutek osuwisk pokryw stokowych. Wreszcie na wielu odcinkach przebieg granicy lasu został znacznie obniżony w wyniku celowych działań człowieka. Było to związane przede wszystkim z gospodarką pasterską. Pozyskiwanie na jej potrzeby gruntów doprowadziło do powstania rozległych polan w zakresie wysokościowym górnego regla i obniżenia granicy lasu – taka jest geneza Hali Szrenickiej, Hali pod Łabskim Szczytem i Hali Złotówka. Wg ZIENTARSKIEGO (1993) główną współczesną przyczyną obniżania się i wydłużania granicy lasu było zamieranie górnoreglowych świerczyn w wyniku klęski ekologicznej lat osiemdziesiątych. Zatem i w tym wypadku można mówić o wpływach antropogenicznych, tym razem niezamierzonych, związanych z opadem zanieczyszczeń przemysłowych.

Powyżej granicy lasu świerki stają się coraz niższe, rosną rozproszone w kosodrzewinie pojedynczo lub w niewielkich skupieniach (Ryc. 6). Odznaczają się specyficznym pokrojem. Ich korony są asymetryczne – zamierają od strony nawietrznej, a rozwijają żywe pędy po zawietrznej. Jest to rezultat uszkodzeń powodowanych przez silny wiatr, szczególne w okresie zimowym, kiedy niesione z nim kryształki lodu mechanicznie uszkadzają powierzchnię igieł, co prowadzi później do usychania gałęzi. Takie formy świerków są nazywane sztandarowymi, a ich zniekształcone korony wskazują kierunek dominujących w danym miejscu wiatrów. Skupienia świerków powyżej granicy lasu często tworzą tzw. biogrupy. Wyrasta z nich kilka pionowych pędów – pni asymetrycznie, sztandarowo ugałęzionych, natomiast gęste gałęzie wytwarzane są w ich dolnych częściach osłoniętych zimą śniegiem (Ryc. 7). Najniższe gałęzie przywierając do powierzchni gleby mogą się ukorzeniać, co powoduje rozrost biogrupy i jest przystosowaniem gatunku do skrajnie trudnych warunków życia. Nawet stosunkowo rozległa biogrupa może być w całości rezultatem wegetatywnego rozmnożenia jednego osobnika, co oznacza, że pod względem genetycznym jest wówczas skupieniem klonów. Zupełnie osobliwe formy świerków spotka się u górnej granicy występowania gatunku, która sięga Czarnego Grzbietu i podszczytowych partii Śnieżki. Te świerki już w niczym nie przypominają drzew. Płożą się ściśle przywierając do powierzchni rumowiska skalnego, rozmnażają się wyłącznie wegetatywnie, w sprzyjających latach regenerując, zagęszczając i choćby nieznacznie poszerzając swoje płaty (Ryc. 8).



Ryc. 6. Świerki powyżej górnej granicy lasu (fot. L. Żołnierz)



Ryc. 7. Biogrupa świerka (fot. L. Żołnierz)



Ryc. 8. Płożąca forma świerka na stoku Śnieżki – ok. 1540 m n.p.m. (fot. L. Żołnierz)

Przegląd subalpejskich i alpejskich zbiorowisk roślinnych

Specyfika szaty roślinnej Karkonoszy, obok flory, zaznacza się również na poziomie zbiorowisk roślinnych. Według KWIATKOWSKIEGO (2007) wyraża się to przede wszystkim obecnością karkonoskich zespołów endemicznych i subendemicznych, tj. obecnych również w innych spośród najwyższych pasm Sudetów (Jesionki, Masyw Śnieżnika), jednak z centrum występowania w Karkonoszach. Istotne w tym kontekście jest też znaczenie specyficznych zespołów górskich o szerszych zasięgach geograficznych, dla których Karkonosze są jedynym lub głównym miejscem występowania w Sudetach, np. zespół wyleżyskowy *Salicetum herbaceae* i ziołorośle paprociowe *Athyrietum distentifolii*.

W poniższym przeglądzie zbiorowisk roślinnych uwagę koncentrujemy na tych, które mają największy udział powierzchniowy i decydują o cechach krajobrazu pięter subalpejskiego i alpejskiego. Krócej przedstawiona będzie część poświęcona zespołom występującym rzadziej i pokrywającym niekiedy wręcz znikome powierzchnie, ale istotnym dla specyfiki szaty roślinnej, zajmującym szczególne siedliska i ważnym w świetle problematyki ochrony różnorodności biologicznej Karkonoszy. Nazewnictwo syntaksonów przyjęto za MATUSZKIEWICZEM (2008).

*Sudeckie zarośla kosodrzewiny Pinetum mugo sudeticum W. Mat. 1960. Priorytetowe siedlisko Natura 2000 (*4070-2)*

Zarośla kosodrzewiny są najsilniej rozprzestrzenionym zbiorowiskiem roślinnym piętra subalpejskiego, stąd jest ono również nazywane właśnie piętrem kosodrzewiny (Ryc. 9). W granicach Karkonoskiego Parku Narodowego zespół zajmuje powierzchnię ok. 820 ha, zatem ponad połowę powierzchni powyżej górnej granicy lasu. O fizjonomii zbiorowiska decyduje absolutnie dominujący gatunek, jakim jest kosodrzewina *Pinus mugo*. Jest to krzew o silnych, sprężystych gałęziach rosnących łukowato ku górze. Gałęzie przylegając do powierzchni gleby łatwo ukorzeniają się, co umożliwia sprawne rozmnażanie wegetatywne. W istocie zarośla kosodrzewiny są mozaiką polikormonów – rozrastających się przez dziesięciolecia w wyniku rozmnażania wegetatywnego modułów rośliny macierzystej, które z czasem oddzielają się od siebie, ale pozostają tym samym osobnikiem w sensie genetycznym. W niższych położeniach krzewy kosodrzewiny dorastają do 2,5 m, u kresu zasięgu wysokościowego na stokach Śnieżki – 1550 m n.p.m. (BORATYŃSKI 1991) – płożą się po powierzchni nieco tylko przewyższając



Ryc. 9. Zarośla kosodrzewiny w Śnieżnych Kotłach (fot. L. Żołnierz)

zielne gatunki muraw alpejskich. Kosodrzewina doskonale toleruje surowe warunki wysokogórskiego klimatu, zdolna jest m.in. wytrzymać ponad pół roku pod grubą pokrywą śnieżną. Bardzo dobrze znosi chłód i silny wiatr. Jej zarośla porastają ubogie w składniki pokarmowe i silnie kwaśne rankery i gleby bielicowe z grubą warstwą odkładającej się próchnicy nakładowej. Zarośla kosodrzewiny pełnią ważną rolę w funkcjonowaniu wysokogórskich ekosystemów – stabilizują pokrywy stokowe, zapobiegają erozji, utrzymują wodę, a także chronią położone niżej lasy przed lawinami. Kosodrzewina jest europejskim gatunkiem górskim o zasięgu obejmującym w swej południowej części: Pireneje, Alpy i Góry Dynarskie; w północnej: Karpaty, Sudety, Rudawy Czeskie i Szumawę.

Pewne urozmaicenie w fizjonomii zbiorowiska wprowadzają towarzyszące kosodrzewinie gatunki charakterystyczne zespołu – jarząb górski *Sorbus aucuparia* subsp. *glabrata* i wierzba śląska *Salix silesiaca*, a także rozproszone, zmienne morfologicznie niskie świerki i ich biogrupy. Wyróżnia się dwa podzespoły: najbardziej rozpowszechniony typowy *Pinetum mugo sudeticum typicum*, ubogi florystycznie i pozbawiony gatunków wyróżniających, oraz na wilgotniejszych i żyźniejszych siedliskach, ziołoroślowy *Pinetum mugo sudeticum rumicetosum*. Podzespół ziołoroślowy wyróżniają wysokie byliny charakterystyczne dla wysokogórskich ziołorośli: wietlica alpejska *Athyrium distentifolium*, szczaw górski *Rumex alpestris*, ciemiężyca zielona *Veratrum lobelianum*, a także malina właściwa *Rubus idaeus*. W zaroślach kosodrzewiny występują z dużą częstością i licznie: borówki – czarna *Vaccinium myrtillus* i brusznica *V. vitis-idaea*, wrzos *Calluna vulgaris*, podbiałek alpejski *Homogyne alpina*, siódmaczek leśny *Trientalis europaea*, goryczka trojeściowa *Gentiana asclepiadea* oraz trawy – trzcinnik owłosiony *Calamagrostis villosa*, śmiałek pogięty *Deschampsia flexuosa* i bliźniczka psia trawka *Nardus stricta*. Ogólnie runo zarośli kosodrzewiny nawiązuje do odpowiednich pod względem siedliskowym podzespołów świerczyn górnoreglowych. Także warstwa mszysta, przeważnie dobrze wykształcona, ma charakter borowy i wchodzą w jej skład m.in. takie gatunki jak: *Dicranum scoparium*, *Pleurozium schreberi* i *Hylocomium splendens*.

Zarośla czeremchy skalnej i jarzębiny górskiej Pado-Sorbetum (Hueck 1939) W. Mat. 1965

Zbiorowisko liściastych krzewów i niskich drzew z bujnym ziołoroślowym runem. Występuje w dolnych partiach kotłów polodowcowych. Fizjonomia zarośli nawiązuje nieco do zbiorowisk krzewiastej tundry. Jesienią barwne liście drzew i krzewów, a także zebrane w gęste podbaldachy owoce jarzębiny nadają niezwykły koloryt i dodatkowy walor krajobrazowi piętra subalpejskiego (Ryc. 10).



Ryc. 10. Zarośla czeremchy skalnej i jarzębiny górskiej w Kotle Łomniczki (fot. B. Wojtuń)

Płaty zespołu zdominowane są przez górski podgatunek jarzębiny *Sorbus aucuparia* subsp. *glabrata*, której okazy sięgają wysokości ok. trzech metrów. Towarzyszą jej: czeremcha skalna *Padus petraea*, brzoza karpacka *Betula pubescens* subsp. *carpatica* (Ryc. 11), porzeczka skalna *Ribes petraeum* i wiciokrzew czarny *Lonicera nigra*. Bogate i bujne runo silnie nawiązuje do subalpejskich ziołorośli miłosny górskiej *Adenostyles alliariae*, obok której występują tu m.in.: modrzyk górski *Cicerbita alpina*, tojad sudecki *Aconitum plicatum* subsp. *plicatum*, świerząbek orzęsiony *Chaerophyllum hirsutum*, starzec hercyński *Senecio hercynicus*, ciemiężyca zielona *Veratrum lobelianum*, a także tworzące również własne ziołorośla wietlica alpejska *Athyrium distentifolium* i trzcinnik owłosiony *Calamagrostis villosa*.



Ryc. 11. Brzoza karpacka Betula pubescens subsp. carpatica (fot. L. Żołnierz)

Zarośla jarzębiny rozwinęły się na rumoszach z płytkimi glebami o słabo kwaśnym lub nawet obojętnym odczynie, co różni je od siedlisk kosodrzewiny. Stosunkowo wysoka żyzność i utrzymująca się stale wilgotność gleb wynikają ze stałego przepływu wód. Najlepiej wykształcone płaty zespołu *Pado-Sorbetum* występują w Wschodnich Karkonoszach, przede wszystkim w Kotłach Łomniczki, Małego i Wielkiego Stawu.

Zespół uznany za endemiczny dla Karkonoszy. Podobne zbiorowiska spotyka się również w innych pasmach górskich Europy. W zachodnich Karpatach występuje zespół *Athyrio-Sorbetum* (MATUSZKIEWICZ i in. 2012). Obydwa zespoły wyraźnie się jednak odróżniają od siebie brakiem charakterystycznych gatunków karpackich w wypadku *Pado-Sorbetum* i sudeckich w runie *Athyrio-Sorbetum*.

Zarośla wierzby lapońskiej Salicetum lapponum (Zlatnik 1928) W. Mat. 1965. Siedlisko Natura 2000 (4080-1)

Zarośla reliktowej wierzby lapońskiej *Salix lapponum to endemiczny* zespół Karkonoszy. Zbiorowisko występuje niemal wyłącznie we wschodniej części Karkonoszy tworząc zazwyczaj niewielkie izolowane płaty. Jasnoszara barwa liści sprawia, że zarośla wierzby lapońskiej są wyraźnie widoczne na tle mozaiki zbiorowisk subalpejskich i odciskają swoje piętno na krajobrazie kotłów polodowcowych i ich otoczenia (Ryc. 12).

Warstwę krzewów buduje zdecydowanie dominująca wierzba lapońska *Salix lapponum*, zależnie od warunków siedliskowych osiągająca wysokość od niespełna metra do trzech metrów. Niekiedy towarzyszą jej wierzba śląska *Salix silesiaca* i jarząb górski *Sorbus aucuparia* subsp. *glabrata*. W runie obok traw – trzcinnika owłosionego *Calamagrostis villosa* i śmiałka darniowego *Deschampsia caespitosa* – widoczny jest duży udział gatunków ziołoroślowych, wymienionych wyżej w opisie zespołu *Pado-Sorbetum*. Wśród gatunków towarzyszących z dużą stałością obecne są rdest wężownik *Polygonum bistorta* i pępawa błotna *Crepis paludosa*. Zaznacza się też dobrze rozwinięta warstwa mszysta z dużym udziałem torfowców.

Płaty zespołu występują na siedliskach usytuowanych w większości wyżej od zarośli jarzębiny i czeremchy *Pado-Sorbetum*, często w górnych partiach kotłów polodowcowych, a także poza ich krawędziami. Występują w miejscach o charakterze źródlisk, a także tam, gdzie dochodzi do utrudnionego odpływu wody, co może prowadzić do zatorfienia.



Ryc. 12. Zarośla wierzby lapońskiej (fot. P. Kwiatkowski)

Ziołorośle miłosny górskiej Adenostyletum alliariae Pawł., Sokoł. et Wall. 1928. Siedlisko Natura 2000 (6430-1)

Zespół wysokich bylin dwuliściennych. Zalicza się do najbogatszych w gatunki zbiorowisk karkonoskich. W pełni kwitnienia płaty ziołorośli miłosny należą do najatrakcyjniejszych widokowo składników krajobrazu kotłów polodowcowych (Ryc. 13).



Ryc. 13. Ziołorośle miłosny górskiej w Kotle Wielkiego Stawu (fot. L. Żołnierz)

Gatunkami charakterystycznymi zespołu są dominujące ilościowo miłosna górska *Adenostyles alliariae* i modrzyk górski *Cicerbita alpina* (Ryc. 14), a także mniej licznie występująca wierzbownica okółkowa *Epilobium alpestre*. Ponadto z dużą stałością i często licznie są obecne: tojad sudecki *Aconitum plicatum* subsp. *plicatum*, kozłek bzowy *Valeriana sambucifolia*, świerząbek orzęsiony *Chaerophyllum hirsutum*, starzec hercyński *Senecio hercynicus*, ciemiężyca zielona *Veratrum lobelianum*, jaskier platanolistny *Ranunculus platanifolius*, rutewka orlikolistna *Thalictrum aquilegiifolium*, szczaw górski *Rumex alpestris*, śmiałek darniowy *Deschampsia caespitosa* i inne.

Płaty ziołorośli miłosny występują głównie w kotłach polodowcowych i tam osiągają największe powierzchnie. Rozwijają się w żlebach, wzdłuż rynien potoków, w lejach spływowych, w otoczeniu źródlisk. Ich siedliska zasilane są wodami przepływowymi. Zimą przykryte są grubą pokrywą śnieżną. Próchniczno-mineralne gleby mają odczyn zbliżony do obojętnego lub słabo kwaśny. Siedliskowo i florystycznie ziołorośla miłosny nawiązują do zarośli czeremchy skalnej i jarzębiny górskiej *Pado-Sorbetum*, jednak z reguły zajmują wyższe położenia.

Do najokazalszych należą: płat ziołorośli schodzący do dna Małego Śnieżnego Kotła spod żyły bazaltowej oraz te w Kotle Wielkiego Stawu poniżej ruin schroniska Księcia Henryka. Ziołorośla miłosny górskiej odgrywają niebagatelną rolę biocenotyczną. Dzięki wysokiej biomasie są zasobnym źródłem pokarmu tak dla zwierzyny płowej, jak i drobnych roślinożerców, a ich obfite kwitnienie daje utrzymanie licznym populacjom owadów.

Ziołorośle paprociowe wietlicy alpejskiej Athyrietum distentifolii Hadač 1955 em. W.Mat 1960. Siedlisko Natura 2000 (6430-1)

Bujne ziołorośle, które w wyższej warstwie ziół jest absolutnie zdominowane przez jeden gatunek – paproć wietlicę alpejską *Athyrium distentifolium* (Ryc. 15). Paproć ta jest bardzo częstym i w wielu wypadkach obficie występującym składnikiem różnych zbiorowisk subalpejskich, a zwłaszcza zarośli kosodrzewiny i krzewów liściastych, jednak optimum ekologiczne znajduje na siedliskach własnego zespołu.



Ryc. 14. Płat ziołorośla z modrzykiem górskim w Małym Śnieżnym Kotle. Na pierwszym planie m.in. jaskier platanolistny, miłosna górska i ciemiężyca zielona (fot. L. Żołnierz)

Zbiorowisko tak silnie zdominowane przez jeden gatunek jest stosunkowo ubogie. W niższych warstwach ziołorośla, pomiędzy kępami wietlicy, jako subdominanty występują szczaw górski *Rumex alpestris* i szczawik zajęczy *Oxalis acetosella*. Towarzyszą im, jednak z bardzo małym udziałem ilościowym, m.in.: trzcinnik owłosiony *Calamagrostis villosa*, ciemiężyca zielona *Veratrum lobelianum*, starzec hercyński *Senecio hercynicus* i rdest wężownik *Polygonum bistorta*. Stosunkowo bogata w gatunki warstwa mszysta nie osiąga jednak większego zwarcia.

Siedliska zespołu związane są z rynnami potoków, żlebami, obrzeżami wyleżysk śnieżnych, sąsiedztwem źródlisk, lejami spływowymi itp. Zimą pozostają pod grubą pokrywą śniegową. Gleby kwaśne z poziomem próchniczno-akumulacyjnym o dużej miąższości, są stale wilgotne dzięki sączącej się wodzie.

Zbiorowisko ma charakter klimaksowy w miejscach, gdzie właściwości rzeźby terenu nie sprzyjają rozwojowi zarośli kosodrzewiny. Jest znacznie rozpowszechnione, zwłaszcza w kotłach i niszach polodowcowych. Występuje również poza kotłami, głównie w otoczeniu górnych odcinków strumieni. Częsty składnik kompleksów przestrzennych z płatami borówczysk czernicowych i traworośli trzcinnikowych. Może być zbiorowiskiem zastępczym po paprociowym podzespole świerczyny górnoreglowej, w miejscach, gdzie doszło do obniżenia naturalnej granicy lasu.



Ryc. 15. Ziołorośle paprociowe wietlicy alpejskiej (fot. L. Żołnierz)

Traworośle trzcinnika owłosionego Crepido-Calamagrostietum villosae (Zlatn. 1925) Jenik 1961 Siedlisko Natura 2000 (6430-1)

Traworośle subalpejskie zdominowane przez trzcinnika owłosionego *Calamagrostis villosa* (Ryc. 16). Zespół ograniczony w swoim występowaniu do najwyższych pasm sudeckich – Karkonoszy, Śnieżnika i Jesioników (Kočı 2010a). Płaty traworośli trzcinnika owłosionego wyraźnie wyodrębniają się fizjonomicznie, jednak są słabo określone pod względem fitosocjologicznym z uwagi na brak dobrych gatunków charakterystycznych poza gatunkiem panującym. Do gatunków ze stosunkowo wysoką częstością współwystępujących z trzcinnikiem, należą m.in.: śmiałek pogięty *Deschampsia flexuosa*, kosmatka gajowa *Luzula luzuloides*, rdest wężownik *Polygonum bistorta*, borówka czarna *Vaccinium myrtillus*, śmiałek darniowy *Deschampsia caespitosa* i podbiałek alpejski *Homogyne alpina*. Zbiorowisko nawiązuje do znanego z Tatr i Babiej Góry zespołu *Calamagrostietum villosae (tatricum)*, jest jednak od niego uboższe pod względem florystycznym (Matuszkiewicz 2008).

Zespół zasiedla przeważnie zawietrzne stoki kotłów polodowcowych z obfitą i długo utrzymującą się pokrywą śnieżną. Średnio żyzne siedliska są dzięki temu obficie nawodnione wiosną i utrzymują umiarkowaną wilgotność latem. Płaty zespołu spotyka się na silnie nachylonych stokach, na których częste lawiny nie pozwalają na rozwój zarośli kosodrzewiny.

Zbiorowisko występuje w piętrze subalpejskim, wykraczając jednak znacznie poza jego zakres wysokościowy. Z jednej strony na wylesionych powierzchniach świerczyn górnoreglowych staje się ich zbiorowiskiem zastępczym, z drugiej jego płat można spotkać na wysokości ok. 1500 m n.p.m. na północno-zachodnim stoku Śnieżki. Traworośle trzcinnika owłosionego często występuje w niewielkich, rozproszonych płatach tworzących kompleksy z innymi zbiorowiskami subalpejskimi.



Ryc. 16. Traworośle trzcinnika owłosionego (fot. L. Żołnierz)

Traworośle trzcinnika leśnego Bupleuro-Calamagrostietum arundinaceae (Zlatn. 1928) Jenik 1961 Siedlisko Natura 2000 (6430-1)

Rzadkie zbiorowisko, uznawane za najbogatsze florystycznie w piętrze subalpejskim, będące naturalną łąką górską zdominowaną przez trzcinniki – owłosionego *Calamagrostis villosa* i leśnego *C. arundinacea* (Ryc. 17). Towarzyszą im liczne wysokie i obficie kwitnące byliny nadające zbiorowisku wybitny walor krajobrazowy. Należą do nich m.in.: lilia złotogłów *Lilium martagon*, naparstnica zwyczajna *Digitalis grandiflora*, bodziszek leśny *Geranium sylvaticum*, zerwa kłosowa *Phyteuma spicatum*, zawilec narcyzowy *Anemone narcissifolia*, ciemiężyca zielona *Veratrum lobelianum*, starzec hercyński *Senecio hercynicus*, leniec alpejski *Thesium alpinum* i żebrowiec górski *Pleurospermum austriacum*. Zwraca uwagę znaczący udział leśnych gatunków zielnych związanych z reglem dolnym i pogórzem, należą do nich m.in: wawrzynek wilczełyko *Daphne mezereum*, konwalia majowa *Convallaria majalis* i przenęt purpurowy *Prenanthes purpurea*.

Siedliska zespołu rozwinęły się na osłoniętych od wiatru, silnie nachylonych i wypukłych zboczach o wystawie wschodniej. Zimą znajdują się pod bardzo obfitą pokrywą śnieżną, która jednak wiosną szybko topnieje. Latem stanowiska te są ciepłe i umiarkowanie suche. Gleby stosunkowo żyzne, słabo kwaśne lub obojętne. Silne nachylenie stoków powoduje schodzenie licznych lawin, co uniemożliwia w takich miejscach rozwój zarośli kosodrzewiny. Najlepiej rozwinięte płaty tego zespołu występują na ustabilizowanym stożku usypiskowym pod żyłą bazaltową w Małym Śnieżnym Kotle. Ich gleby rozwijające się na rumoszu bazaltowym są szczególnie żyzne, o głębokim poziomie próchnicznym i korzystnych warunkach wilgotności za sprawą wód spływających ze żlebów powyżej. Ciemna barwa podłoża i wystawa sprawiają, że stanowisko jest ciepłe. Korzystnymi właściwościami termicznymi siedlisk zespołu tłumaczy się wspomniany wyżej duży udział gatunków charakterystycznych dla lasów pogórza i niżu.



Ryc. 17. Traworośle trzcinnika leśnego (fot. M. Malicki)

Borówczysko czernicowe – zbiorowisko z Vaccinium myrtillus Siedlisko Natura 2000 (4060-1)

Zbiorowisko krzewinkowe z dominacją borówki czarnej *Vaccinium myrtillus* (Ryc. 18). Występuje w całym zakresie wysokościowym piętra subalpejskiego, największe powierzchnie zajmuje na stokach i w nieckach kotłów polodowcowych i nisz niwalnych. Zimą płaty borówczysk przykryte są grubą warstwą śniegu. Borówczyska czernicowe występują też w kompleksach z innymi zbiorowiskami subalpejskimi – najczęściej z traworoślami trzcinnika owłosionego, ziołoroślami paprociowymi wietlicy alpejskiej, kosodrzewiną i murawami bliźniczkowymi. Gatunkiem stale towarzyszącym i często współdominującym jest trzcinnik owłosiony *Calamagrostis villosa*. Ponadto z wysoką stałością występują: śmiałek pogięty *Deschampsia flexuosa*, borówka brusznica *Vaccinium vitis-idaea*, podbiałek alpejski *Homogyne alpina*, kosmatka gajowa *Luzula luzuloides*, bliźniczka psia trawka *Nardus stricta*, siódmaczek leśny *Trientalis europaea*, goryczka trojeściowa *Gentiana asclepiadea*. W warstwie mszysto-porostowej występują mchy: *Dicranum fuscescens*, *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum commune*, wątrobowiec *Lophozia lycopodioides*, a wśród porostów często płucnica islandzka *Cetraria islandica*.



Ryc. 18. Zbiorowisko borówki czarnej (fot. L. Żołnierz)

Wysokogórskie borówczysko bażynowe Empetro-Vaccinietum Br.-Bl. 1926. Siedlisko Natura 2000 (4060-1)

Niskie, stosunkowo ubogie w gatunki zbiorowisko krzewinkowe. Zrąb roślinności decydujący o fizjonomii płatów zbiorowiska tworzą: wrzos zwyczajny *Calluna vulgaris*, borówka czarna *Vaccinium myrtillus*, borówka brusznica *V. vitis-idaea*, borówka bagienna *V. uliginosum*, bażyna czarna *Empetrum nigrum* s. l. Krzewinkom z niewielkim udziałem mogą towarzyszyć trawy – śmiałek pogięty *Deschampsia flexuosa* i trzcinnik owłosiony *Calamagrostis villosa*. W warstwie mszysto-porostowej występują płucnica islandzka *Cetraria islandica* oraz mchy *Pleurozium schreberi* i *Dicranum scoparium* (Ryc. 19–20).

Zbiorowisko występuje w większości w postaci małych płatów na wyeksponowanych miejscach – upłazy na krawędziach kotłów, grzbiety żeber skalnych, także miejsca po zniszczonych zaroślach kosodrzewiny. Miejsca te łączy działanie wiatru polegające na zwiewaniu skąpej pokrywy śnieżnej i osuszaniu gleby.

W większości płatów zbiorowiska obserwuje się zanik części gatunków charakterystycznych, przede wszystkim bażyny oraz wzrost udziału traw. Najlepiej zachowane płaty zespołu występują w rejonie kotłów Małego i Wielkiego Stawu. Część z nich zajmuje bardzo małe powierzchnie nie przekraczające kilkunastu metrów kwadratowych. W Polsce poza Karkonoszami borówczyska bażynowe znane są z Tatr, Babiej Góry i Pilska.



Ryc. 19. Borówczysko bażynowe w Kotle Wielkiego Stawu (fot. L. Żołnierz)



Ryc. 20. Bażyna czarna, wrzos zwyczajny, borówki: czarna i brusznica – w jesiennych barwach (fot. L. Żołnierz)

Murawy bliźniczkowe „psiary" Carici (rigidae)-Nardetum (Zlatn. 1928) Jenik 1961 Siedlisko Natura 2000 (6150-3)

Zbiorowisko ubogich florystycznie niskich muraw z panującą bliźniczką psią trawką osiągającą jednolite, niemal pełne pokrycie. Zajmuje duże powierzchnie w wierzchowinowej części Karkonoszy, po polskiej stronie w przedziale wysokości 1300–1440 m n.p.m (Ryc. 21).



Ryc. 21. Murawy bliźniczkowe na Równi pod Śnieżką (fot. L. Żołnierz)

Do gatunków charakterystycznych obok dominującej bliźniczki psiej trawki *Nardus stricta* należą kosmatka sudecka *Luzula sudetica*, widlicz (widłak) alpejski *Diphasiastrum alpinum* i turzyca tęga *Carex bigelowii* subsp. *rigida*. Ponadto występują: niekiedy obficie rosnący śmiałek pogięty *Deschampsia flexuosa*, wrzos zwyczajny *Calluna vulgaris*, przytulia hercyńska *Galium saxatile*, podbiałek alpejski *Homogyne alpina*, tomka wonna *Anthoxanthum odoratum* s. l., borówka czarna *Vaccinium myrtillus*, borówka brusznica *V. vitis-idaea*, płonnik cienki *Polytrichum strictum* i płucnica islandzka *Cetraria islandica* (Ryc. 22).



Ryc. 22. Ruń murawy bliźniczkowej (fot. L. Żołnierz)

Bliźniczyska rozwijają się na zrównaniach wierzchowinowych, unikają natomiast stoków nachylonych. Zasiedlają kwaśne rankery bardzo ubogie w składniki pokarmowe. Nawet przez około pół roku mogą się znajdować pod grubą i ciągłą pokrywą śnieżną. Są typowym zbiorowiskiem roślinnym strefy tundry trawiastej. W wielu miejscach, np. na Równi pod Śnieżką ich zwarta ruń maskuje tundrowe formy reliefu – grunty strukturalne. Te nieosłonięte przez roślinność lepiej są widoczne w piętrze alpejskim (por. niżej). Murawy bliźniczkowe w znacznej mierze mają charakter zbiorowisk antropogenicznych. Ich zasięg został wydatnie powiększony kosztem zarośli kosodrzewiny usuwanych w celu pozyskania powierzchni do wypasu zwierząt. Obecnie zbiorowisko to ma charakter trwały. Mimo zaniechania już przed przeszło stu laty wypasu zwierząt w rejonie Równi pod Śnieżką, nie obserwuje się wkraczania kosodrzewiny w obręb muraw. Obok występowania w postaci rozległych jednolitych płatów, murawy bliźniczkowe tworzą rozmaite kompleksowe układy z innymi zbiorowiskami roślinnymi – przede wszystkim z zaroślami kosodrzewiny, ale również z borówczyskami czernicowymi, traworoślami subalpejskimi, płatami wrzosowisk i innymi.

Murawy alpejskie Carici (rigidae)-Festucetum airoidis (Jenik 1961) W.Mat. 1965. Siedlisko Natura 2000 (6150-3)

Niskie murawy występujące w zakresie piętra alpejskiego powyżej 1450 m n.p.m. i częściowo subalpejskiego w rejonach silnej aktywności deflacyjnej wiatru. W obu położeniach wykształciły się odmienne pod względem florystyczno-ekologicznym postacie zbiorowiska. Zespół nie ma własnych gatunków charakterystycznych, ale zastępują je gatunki charakterystyczne wyższych jednostek systematycznych z uwagi na to, że jest on w regionie jedynym przedstawicielem rzędu *Caricetalia curvulae*. Należą do nich: kostrzewa niska *Festuca airoides*, sit skucina *Juncus trifidus*, wroniec widlasty *Huperzia selago*, jastrzębiec alpejski *Hieracium alpinum* agg., porost *Cladonia uncialis* i mech *Racomitrium lanuginosum*. Regionalnym gatunkiem wyróżniającym w stosunku do innych pasm górskich Środkowej Europy jest gatunek arktyczno-alpejski – turzyca tęga *Carex bigelowii* subsp. *rigida*. Charakterystyczna dla muraw alpejskich jest bogata flora porostów o arktycznej proweniencji z takimi gatunkami, jak: *Alectoria ochroleuca*, *Flavocetraria nivalis*, *F. cucullata* i *Thamnolia vermicularis*.

Wyróżnione zostały dwie formy wysokościowe zespołu (Matuszkiewicz & Matuszkiewicz 1974). Bogatsza, alpejska forma typowa zajmuje izolowane płaty, rozproszone na powierzchni rumowiska skalnego na wschodnich stokach w podszczytowych partiach Śnieżki i w przylegającym do nich fragmencie Czarnego Grzbietu (Ryc. 23). Wyróżnia ją obecność situ skuciny *Juncus trifidus* i wymienionych wyżej porostów. Forma subalpejska, uboższa w gatunki, jest trwałym zbiorowiskiem na zachodnich stokach Śnieżki, w szczy-



Ryc. 23. Murawy alpejskie z sitem skuciną na Czarnym Grzbiecie (fot. L. Żołnierz)



Ryc. 24. Subalpejskie wrzosowiska nad Śnieżnymi Kotłami (fot. L. Żołnierz)

towych partiach Smorgoni oraz w rejonie Wielkiego Szyszaka i zrównania ponad Śnieżnymi Kotłami. Obok muraw kostrzewy niskiej spotyka się tu alpejskie wrzosowiska ze związku *Loiseleurio procumbentis-Vaccinion* (Kočí & Chytrý 2010). Tworzą zwarte, zazwyczaj nieprzekraczające kilkunastu centymetrów wysokości płaty zdominowane przez wrzos zwyczajny *Calluna vulgaris* z udziałem borówek *Vaccinium myrtillus* i *V. vitis-idaea*, traw i porostów naziemnych (Ryc. 24).

Obszar występowania muraw alpejskich zalicza się do strefy krio-eolicznej karkonoskiej tundry arktyczno-alpejskiej, właściwej dla wyeksponowanych miejsc, na których silny wiatr zwiewa pokrywę śnieżną. Nazwa strefy związana jest z erozją mrozowo-wietrzną. Jest ona odpowiedzialna m.in. za powstawanie gruntów strukturalnych w wyniku sortowania materiału skalnego na skutek cyklicznego zamarzania i rozmarzania wierzchnich warstw rumowisk. Takie zazwyczaj koliste, a niekiedy też pasiaste formy rozwinięte na rumowiskach Czarnego Grzbietu, Smorgoni i Wielkiego Szyszaka są z czasem opanowywane przez płaty muraw, które je stabilizują i mogą częściowo maskować ich relief. W rezultacie wywiewania pokrywy śnieżnej przetrwać tam mogą tylko zbiorowiska odporne na mróz, suszę i mechaniczne oddziaływanie wiatru. Eliminuje to możliwość wkraczania zarośli kosodrzewiny i muraw bliźniczkowych. Niestety w wielu miejscach – m.in. na Czarnym Grzbiecie, na zachodnim stoku Śnieżki i wzdłuż krawędzi Śnieżnych Kotłów – murawy alpejskie uległy degradacji na skutek wydeptywania pod wpływem natężonego ruchu turystycznego. Stosunkowo niedawno bezmyślnej dewastacji uległy również grunty strukturalne na Czarnym Grzbiecie.

Roślinność skał i piargów. Siedliska Natura 2000 (8110-3, 8220)

Karkonoskie naskalne zbiorowiska roślin naczyniowych pozostają wciąż nie w pełni opisane i sklasyfikowane. Od dawna znane są stanowiska zespołu *Cryptogrammetum crispae* Jenny-Lips 1930 paproci zmienki górskiej *Cryptogramma crispa*, która w Polsce występuje tylko w Karkonoszach i na pojedynczym stanowisku w Górach Izerskich. Zbiorowisko to rozwinęło się w Śnieżnych Kotłach, Kotle Łomniczki i na Kopie (Ryc. 25). Jest tam elementem pionierskiego stadium sukcesji na nieustabilizowanych jeszcze piargach. Najlepiej rozwinięte płaty tego zbiorowiska występują na kilku piargach w Wielkim Śnieżnym Kotle.



Ryc. 25. Piarg z zespołem zmienki górskiej (fot. L. Żołnierz)

Najbogatsza i obfitująca w osobliwości florystyczne jest roślinność naskalna żyły bazaltowej w Małym Śnieżnym Kotle. Tworzy ją mozaika rozmaitych zespołów naskalnych reprezentujących klasę *Asplenietea rupestria* (Ryc. 26). Wśród wyróżnionych przez KWIATKOWSKIEGO (2007) można wymienić zespół paprotnicy kruchej *Cystopteridetum fragilis* Oberd. 1938, zespoły paprociowe rozrzutki i zanokcicy północnej *Sileno rupestris-Asplenietum septentrionalis* Malcuit 1929 ex Oberd. 1934 oraz paprotki zwyczajnej *Asplenio-Polypodietum* Firbas 1924, a zapewne można się liczyć z obecnością nieopisanych jeszcze jednostek roślinności naskalnej.



Ryc. 26. Roślinność naskalna żyły bazaltowej w Małym Śnieżnym Kotle (fot. L. Żołnierz)

Zbiorowiska źródlisk i wyleżysk śnieżnych Siedlisko Natura 2000 (6150-3)

Zbiorowiska źródlisk i wyleżysk śnieżnych występują w rozproszeniu na terenie piętra subalpejskiego, a ich płaty z reguły zajmują niewielkie powierzchnie.

Do najciekawszych zbiorowisk źródliskowych z klasy *Montio-Cardaminetea* należy zespół czosnku syberyjskiego *Allietum sibirici* Šmarda 1950 (HADAČ & VÁŇA 1971). Obok *Allium sibiricum* z wysoką stałością występują zapewne charakterystyczne dla zespołu: pierwiosnka maleńka *Primula minima*, wierzbownica zwieszona *Epilobium nutans* i mech *Blindia acuta*. Towarzyszą im m.in.: niebielistka trwała *Swertia perennis*, bartsja alpejska *Bartsia alpina*, wełnianeczka alpejska *Baeothryon*, *alpinum*, ciemiężyca zielona *Veratrum lobelianum*, świerząbek orzęsiony *Chaerophyllum hirsutum*, śmiałek darniowy *Deschampsia caespitosa* i trzęślica modra *Molinia caerulea*. Niekiedy pojawia się gnidosz sudecki *Pedicularis sudetica subsp. sudetica*. Licznie reprezentowane są mszaki: *Scapania uliginosa*, *Bryum schleicheri*, *Dicranella palustris*, *Calliergon sarmentosum* czy *Mniobryum wahlenbergii*. Zbiorowisko występuje w kontakcie z wysiękami i młakami na stromych zboczach kotłów polodowcowych. Płytkie gleby mają odczyn zbliżony do obojętnego (Ryc. 27).



Ryc. 27. Zespół czosnku syberyjskiego (fot. B. Wojtuń)

Innym interesującym zbiorowiskiem źródliskowym występującym w kotłach polodowcowych jest endemiczny zespół niebielistki trwałej *Swertietum perennis* Zlatnik 1928. Charakterystyczna kombinację gatunków obok niebielistki *Swertia perennis* tworzą w nim śmiałek darniowy *Deschampsia caespitosa* i wątrobowiec *Scapania uliginosa*. Ponadto z dużą częstością występują: pępawa błotna *Crepis paludosa*, pięciornik kurze ziele *Potentilla erecta*, fiołek błotny *Viola palustris*, rdest wężownik *Polygonum bistorta* i torfowiec obły *Sphagnum teres*.

Na stromych stokach rozwija się *Crepido paludosae-Philonotidetum seriatae* – zespół pępawy błotnej *Crepis paludosa* i mchu *Philonotis seriata* (Ryc. 28). Do charakterystycznych gatunków zalicza się przywrotnika rozciętego Alchemilla fissa, wierzbownice – drobnolistną Epilobium anagallidifolium i mokrzycową E. alsinifolium, a także Philonotis seriata oraz kilka innych gatunków z silnie rozwiniętej warstwy mszystej (HADAČ & VÁŇA 1971).

Wśród zbiorowisk wyleżyskowych wymieniany jest zespół *Polytrichetum sexangularis* Br-Bl 1926. Jest to pionierskie zbiorowisko mszaków z dominacją *Polytrichum sexangulare* i udziałem *Pohlia obtusifolia*, *P. ludwigii*,



Ryc. 28. Zespół Crepido paludosae-Philonotidetum seriatae (fot. L. Żołnierz)

Kiaeria falcata i in. Zespół występuje w wyleżyskach śnieżnych pod ścianami skalnymi kotłów polodowcowych. Znany jest ze Śnieżnych Kotłów oraz Kotła Małego Stawu.

Obecność wierzby zielnej *Salix herbacea* mogłaby przemawiać za występowaniem drugiego zespołu wyleżyskowego *Salicetum herbaceae* Rübel 1911, jednak zaledwie jedno z trzech stanowisk tego gatunku w polskiej części Karkonoszy ma cechy wyleżyska.

*Torfowiska piętra subalpejskiego Siedliska Natura 2000 (*7110-2, 7140-2, 7150-1)*

Na zrównaniach wierzchowinowych w obrębie głównego grzbietu Karkonoszy rozwinęły się torfowiska górskie nazwane subalpejsko-subarktycznymi (JENÍK & SOUKUPOVÁ 1992, POTOCKA & VANĚK 2004). Zajmują powierzchnię około 70 ha, z czego na torfowiska wysokie przypada 40 ha, a największe z nich wykształciły się na Równi pod Śnieżką (Ryc. 29). Pozostałe to soligeniczne torfowiska stokowe. Dzięki niepowtarzalnemu splotowi warunków charakterystycznych jedynie dla piętra subalpejskiego Karkonoszy (ukształtowanie terenu, warunki klimatyczne, wysokość bezwzględna, budowa geologiczna), ekosystemy te przejawiają wyraźną specyfikę w stosunku do torfowisk innych pasm górskich Europy, jak również torfowisk położonych na niżu. Specyfika torfowisk piętra subalpejskiego Karkonoszy przejawia się w tym, że łączą one w sobie cechy głównie torfowisk pokrywowych (kołdrowych) klimatu oceanicznego znanych z obszaru Wysp Brytyjskich oraz torfowisk typu appa, znanych z dalekiej północy. Najlepiej jest to widoczne w strukturze ich powierzchni (wydłużone obniżenia rozmieszczone naprzemiennie z suchymi grzędami, ułożonymi prostopadle do nachylenia stoku, jak na torfowiskach appa), jak też w tym, że dopasowują się one do rzeźby terenu, na którym są położone, czym nawiązują do torfowisk kołdrowych. (Ryc. 30a, b).

Pod względem klimatu najwyższe partie Karkonoszy mają szczególnie korzystne warunki dla rozwoju torfowisk. Dotyczy to zwłaszcza ilości i częstości opadów. Przeciętny opad roczny w wysokich partiach tych gór sięga wartość 1500 mm, przy czym zaznacza się wyraźna przewaga opadów w postaci śniegu. Ponadto, powstawaniu torfowisk sprzyja też wpływ chłodnego i wilgotnego klimatu wierzchowiny Karkonoszy, który jest porównywalny do warunków klimatycznych północnej Skandynawii. Przeciętna roczna temperatura wynosi tu około 0°C, a zwarta pokrywa śniegu zalega od początku listopada do kwietnia.

Kolejnym czynnikiem sprzyjającym tworzeniu się torfowisk w Karkonoszach jest rzeźba, a dokładnie takie lokalne ukształtowanie terenu, które umożliwia utrzymanie stałej wilgotności. Zrównania wierzchowinowe i ich



Ryc. 29. Subalpejskie torfowisko wysokie na Równi pod Śnieżką (fot. A. Raj)

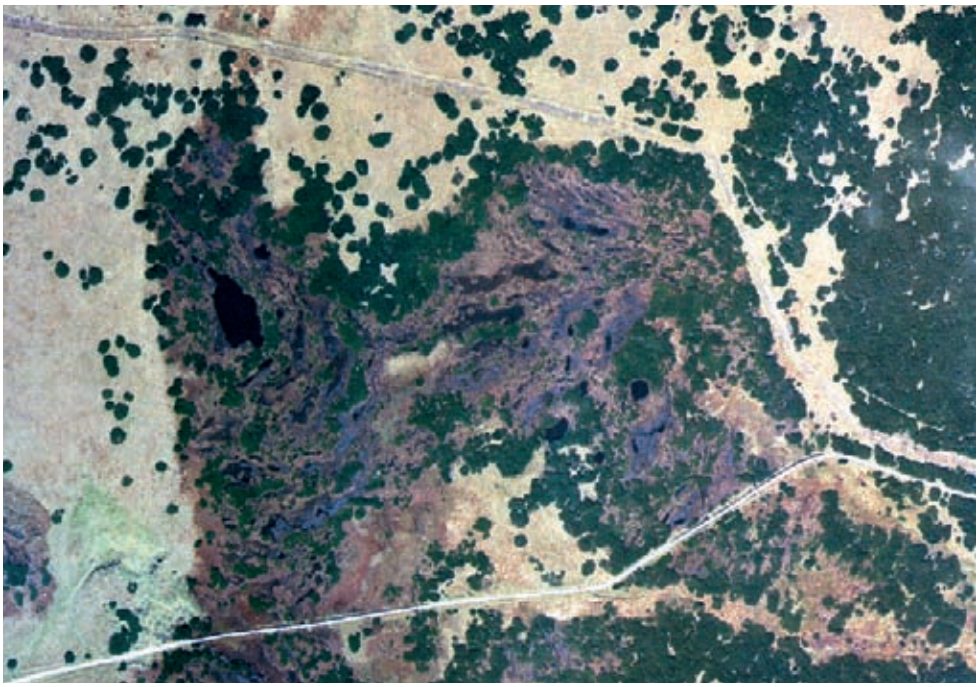
stoki z lokalnymi zagłębieniami i zrównaniami stokowymi oraz obniżenia pomiędzy szczytami są odpowiednimi miejscami do gromadzenia się wód opadowych, wód pochodzących z wypływów wgłębnych oraz wód spływów powierzchniowych i śródpokrywowych. Doprowadziło to w początkach holocenu do stałego utrzymywania się nadmiaru wody i w konsekwencji zainicjowania procesów torfotwórczych.

Właściwości torfowisk Karkonoszy kształtuje też rodzaj podłoża geologicznego, którym w partiach wierzchowinowych jest głównie granit karkonosko-izerski. Wody wypływające bądź przepływające przez skały krystaliczne oraz gleby powstające z takich utworów są niezwykle ubogie w składniki pokarmowe oraz mają bardzo niski odczyn (pH = 3,5–4,5). Dlatego też ekosystemy torfowiskowe Karkonoszy wyróżniają się specyficzną gospodarką mineralną, charakteryzującą się wyjątkowym ubóstwem składników pokarmowych dla roślin.

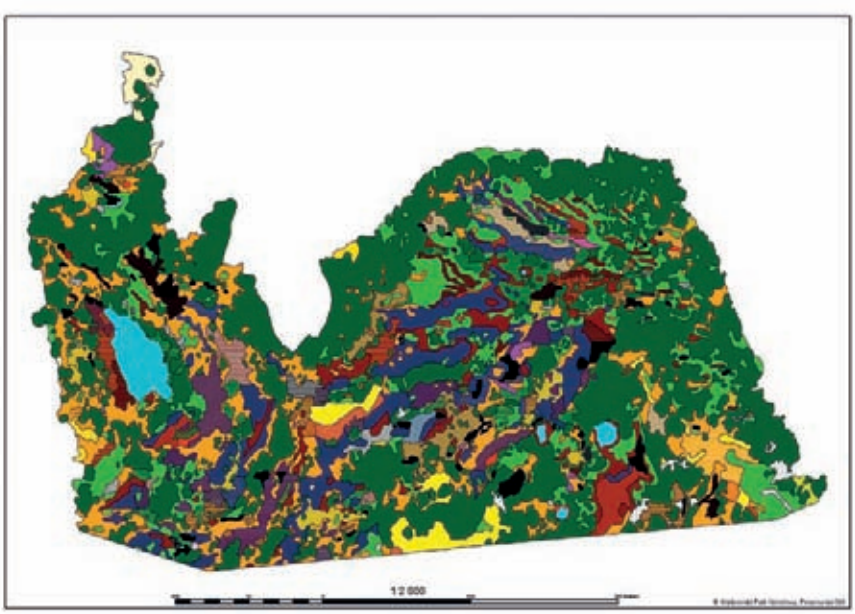
Obok lokalnego ukształtowania terenu, w górach prawdopodobnie najważniejszym warunkiem dla zainicjowania procesów torfotwórczych są wypływy wód podziemnych w postaci wysięków, wycieków, młak, źródeł i źródlisk. W Karkonoszach wody te wydostają się na powierzchnię z licznych szczelin i spękań w wierzchnich warstwach masywu granitowego. Charakterystyczne przy tym jest, że torfowisk tych nie spotykamy na terenie całej wierzchowiny, lecz tylko w niektórych jej miejscach, pomimo podobnych opadów i budowy geologicznej. Proces torfotwórczy wymaga stałej obecności nadmiaru wody, której nie mogą dostarczyć nawet wysokie opady, zwłaszcza w terenie wykazującym silne deniwelacje (Tołpa 1949, 1985).

Szata roślinna torfowisk piętra subalpejskiego zależy przede wszystkim od typu gospodarki wodnej. Pod tym względem ekosystemy te można podzielić na dwa typy: torfowiska wysokie i torfowiska przejściowe.

Torfowiska wysokie zasilane są głównie wodami opadowymi, o lekko kwaśnym odczynie i niewielkiej zawartości składników mineralnych. Takie torfowiska określane są jako ombrotroficzne (zasilane przez opady) i oligotroficzne (skąpożywne), ubogie w składniki mineralne. Torfowiska wysokie na wierzchowinie Karkonoszy nie są jednak typowo ombrotroficzne. Dodatkowo są one zasilane, chociaż w niewielkim stopniu, wodami wysiękowymi ze szczelin skalnych w postaci wypływów wód podtorfowych, wodami spływu śródpokrywowe-



Ryc. 30a. Torfowisko u źródeł Upy na Równi pod Śnieżką – ortofotomapa (Pracownia GIS KPN)



Ryc. 30b. Torfowisko u źródeł Upy na Równi pod Śnieżką – mapa roślinności rzeczywistej.
Kolorami oznaczono dominujące zbiorowiska roślinne. Różne szrafy oznaczają kompleksy zbiorowisk.
Żółty – murawy bliźniczkowe, ciemnozielony – zarośla kosodrzewiny na torfie, jasnozielone – zespół wełnianki pochwowatej i torfowca Russowa, złotożółty – zespół bażyny obupłciowej i wełnianeczki darniowej, granatowy – zespół turzycy dzióbkowatej i warnstorfii pływającej, czerwony – mszar dolinkowy torfowca Dusena i turzycy bagiennej, brązowy – mszar dolinkowy torfowca Lindberga i turzycy bagiennej, czarny – nagi torf, jasnoniebieski – wody

go, przesączającymi się pod powierzchnią gruntu oraz wodami spływu powierzchniowego, gromadzącymi się w zaklęśnięciach terenu. Roślinność torfowisk wysokich zdominowana jest przez mchy torfowce, z dużym udziałem występują na nich wąskolistne byliny z rodziny turzycowatych (niektóre turzyce, wełnianka pochwowata i wełnianeczka darniowa), krzewinki z rodziny wrzosowatych (wrzos zwyczajny *Calluna vulgaris*, borówka czarna *Vaccinium myrtillus*, modrzewnica zwyczajna *Andromeda polifolia* i żurawina błotna *Oxycoccus palustris*) oraz bażyna obupłciowa *Empetrum hermaphroditum*. Duże powierzchnie porasta kosodrzewina *Pinus mugo*, często występująca w specyficznej formie „stołowej" – niskich i zwartych zarośli (Ryc. 31). Gatunki te tworzą silnie zróżnicowany kompleks obejmujący zawiłą mozaikę płatów wielu różnych zespołów roślinnych



Ryc. 31. Zarośla kosodrzewiny „stołowej" na torfie Pino mugo-Sphagnetum (fot. L. Przewoźnik)

(Ryc. 32–34). Miąższość pokładu torfu torfowisk wysokich nie jest duża i rzadko przekracza 1,5 m, chociaż w niektórych miejscach stwierdzono nawet 3,5 m.

Torfowiska przejściowe, obok wód opadowych, w znacznym stopniu zasilane są też mineralnymi wodami gruntowymi, wodami z wypływów podziemnych w postaci źródeł, wysięków, źródlisk i uformowanymi z nich strugami, rozlewającymi się na boki, oraz wodami powierzchniowymi, o stałym przepływie spowodowanym spadkiem terenu na stokach. Wody warunkujące rozwój torfowisk przejściowych są mezotroficzne (średnio żyzne), tzn. zawierają średnie ilości składników pokarmowych, a przy tym są mniej kwaśne (pH = 4,0–6,0) w porównaniu z torfowiskami wysokimi. Przy stałym przepływie, nawet ubogich w składniki mineralne wód, i tak więcej jest dostarczanych związków mineralnych potrzebnych roślinom, niż w przypadku jałowej wody opadowej. Ich powierzchnia jest słabo urozmaicona; nie spotyka się tu jeziorek torfowych oraz podłużnych obniżeń, lecz rozległe „dywany" mchów torfowców, z których wyrastają pędy turzyc i wełnianek. Torfowiska przejściowe charakteryzuje roślinność złożona najczęściej z: turzycy pospolitej *Carex nigra*, turzycy gwiazdkowatej *C. echinata*, turzycy dzióbkowatej *C. rostrata*, wełnianki wąskolistnej *Eriophorum angustifolium*, situ cienkiego *Juncus filiformis*, fiołka błotnego *Viola palustris*, rosiczki okrągłolistnej *Drosera rotundifolia*, a spośród mchów z torfowca kończystego *Sphagnum fallax* i płonnika pospolitego *Polytrichum commune*. Do najczęściej



Ryc. 32. Zespół wełnianki pochwowatej i torfowca Russowa (fot. B. Wojtuń)



Ryc. 33. Zespół bażyny obupłciowej i wełnianeczki darniowej (fot. B. Wojtuń)



Ryc. 34. Mszar dolinkowy torfowca Lindberga i turzycy bagiennej (fot. B. Wojtuń)

spotykanych na torfowiskach stokowych należą zespoły: wełnianki wąskolistnej i torfowca kończystego *Sphagno recurvi-Eriophoretum angustifolii*, alpejski zespół turzycy pospolitej *Caricetum fuscae subalpinum*, situ cienkiego i torfowca kończystego *Junco filiformis-Sphagnetum recurvi*, turzycy dzióbkowatej i torfowca kończystego *Carici rostratae-Sphagnetum apiculati* oraz warnstorfii sznurecznika i wełnianki wąskolistnej *Calliergo sarmentosi-Eriophoretum angustifolii* (Ryc. 35–39). Miąższość warstwy torfu na tych torfowiskach nie przekracza 1 m, a przeważnie wynosi około 50 cm. Torfowiska przejściowe zaliczają się do siedlisk Natura 2000 (7140).



Ryc. 35. Zespół turzycy dziobkowatej i warnsdorfii pływającej Carici rostratae-Drepanocladetum fluitans (fot. L. Przewoźnik)



Ryc. 36. Zespół wełnianki wąskolistnej i torfowca kończystego (fot. B. Wojtuń)



Ryc. 37. Zespół situ cienkiego i torfowca kończystego (fot. B. Wojtuń)



Ryc. 38. Zespół turzycy dzióbkowatej i torfowca kończystego (fot. B. Wojtuń)



Ryc. 39. Zespół warnstorfii sznurecznika i wełnianki wąskolistnej (fot. B. Wojtuń)

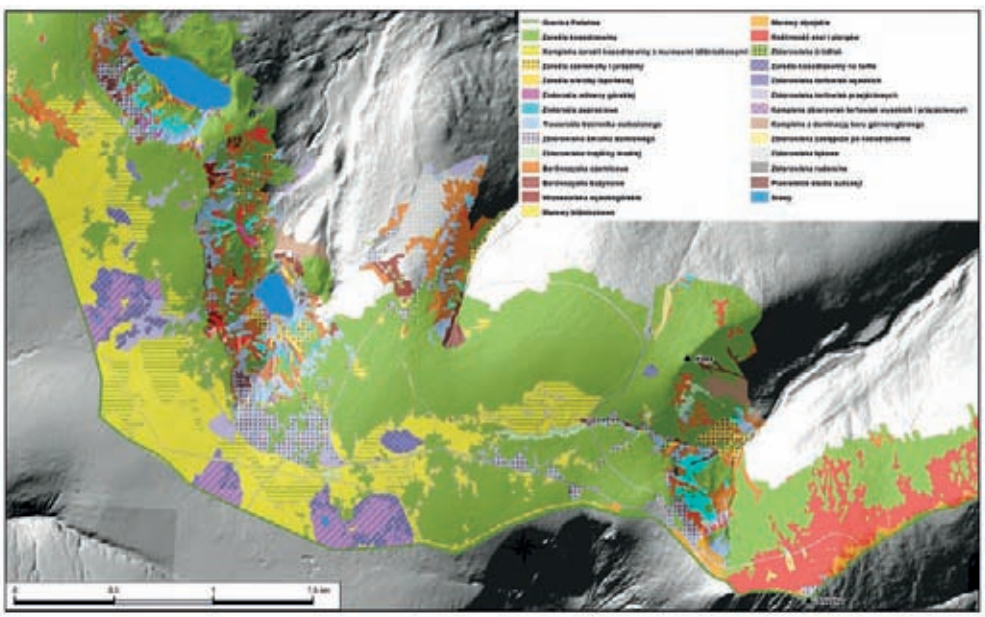
Najbardziej charakterystyczną cechą karkonoskich torfowisk subalpejskich jest bogato rozwinięta rzeźba powierzchni. Na wielu takich torfowiskach sama ich powierzchnia nie jest płaska, lecz wykazuje jednostronny lub dwustronny upad. Nachylenie powierzchni wywołuje zjawiska erozyjne, a te z kolei bardzo urozmaiconą rzeźbę (mikrorelief) i zróżnicowanie warunków wilgotnościowych oraz roślinności. Tak bogata rzeźba powierzchni torfowisk subalpejskich ma związek z występowaniem kompleksu erozyjnego, który jest charakterystycznym elementem dla torfowisk górskich. Wywołany jest on działalnością wód podtorfowych, wód spływających po powierzchni torfowiska, silnym wiatrem oraz oddziaływaniem mrozu i lodu. Elementami urozmaiconej rzeźby są okrągłe lub wydłużone jeziorka torfowe, głębokie do kilku metrów, wydłużone, silnie wilgotne obniżenia, zwane rynnami erozyjnymi, małe wilgotne obniżenia i dolinki, płaty nagiego torfu, płaskie i rozległe powierzchnie o średnim uwilgotnieniu oraz suche wyniesienia w postaci kęp, wałów lub grzęd torfowych, często porośnięte gęstymi skupieniami kosodrzewiny. Grzędy torfowe z kosodrzewiną oraz rynny erozyjne często ułożone są naprzemiennie oraz prostopadle do nachylenia powierzchni torfowiska. Wymienione formy rzeźby powierzchni torfowisk subalpejskich spowodowały w następstwie powstanie wielu odrębnych siedlisk, różniących się przede wszystkim wilgotnością, w obrębie których wykształcił się silnie zróżnicowany kompleks roślinności tworzący zawiłą mozaikę (Tołpa 1985; Šturs & Flousek 2007). Suche wyniesienia porośnięte są przez zarośla kosodrzewiny na torfie i zespół wełnianki pochwowatej i torfowca Russowa. Ten ostatni wyróżniają kępy wełnianki pochwowatej *Eriophorum vaginatum*, czerwonawe główki torfowca Russowa *Sphagnum russowii* oraz zielone łodyżki mchu płonnika cienkiego *Polytrichum strictum*. Umiarkowanie wilgotne siedliska porasta zespół bażyny obupłciowej i wełnianeczki darniowej, w którym dominują kępki wełnianeczki darniowej *Baeothryon caespitosum*, a w warstwie mszystej torfowiec szorstki *Sphagnum compactum* oraz wątrobowiec *Gymnocolea inflata*. Najwilgotniejsze siedliska porastają mszar dolinkowy torfowca Lindberga i turzycy bagiennej *Sphagno lindbergii-Caricetum limosae* oraz zespół turzycy dzióbkowatej i warnstorfii pływającej *Carici rostratae-Drepanocladetum fluitantis*. Ten pierwszy najczęściej występuje na obrzeżach rynien erozyjnych a jego fitocenozy budują turzyca bagienna *Carex limosa* oraz zwarte darnie torfowca Lindberga *Sphagnum lindbergii* i torfowca Dusena *S. majus*. Natomiast rynny erozyjne ze stagnującą wodą o głębokości do około 25 cm preferuje drugi z wymienionych zespołów, który łatwo rozpoznać po stosunkowo rzadko występującej turzycy dzióbkowatej *Carex rostrata* oraz warstwie mszystej tworzonej przez *Warnstorfia fluitans* i *S. majus*, osiągające pokrycie do 90%. Torfowiska wysokie zaliczają się do priorytetowych siedlisk Natura 2000 (7110). Zbiorowiska roślinne torfowisk karkonoskich zostały ostatnio szerzej opisane przez Żołnierza i in. (2012).

Kwaśnie i beztlenowe warunki torfowisk oligotroficznych sprawiają, że materia organiczna rozkłada się bardzo słabo, co prowadzi do jej odkładania w postaci torfu. Daje to możliwość określenia wieku torfu, a w konsekwencji bezwzględnego wieku całego torfowiska. Najstarsze osady torfowe na wierzchowinie Karkonoszy tworzyły się w okresie 5–10 tysięcy lat temu. Większość torfowisk w piętrze subalpejskim jest wyraźnie młodsza i powstała w okresie optimum klimatycznego holocenu. Na przykład, torfowisko na Równi pod Śnieżką u źródeł Upy, powstałe w okresie subborealnym, liczy ok. 4500 lat. Torfowiska stokowe uważa się za najmłodsze utwory torfowe w Karkonoszach (Matuła i in. 1997).

Zdecydowana większość torfowisk na wierzchowinie Karkonoszy powstała w procesie zabagnienia (paludyfikacji) terenu; są to zatem torfowiska paludyfikacyjne. Proces ten inicjuje się w wyniku stałego uwilgotnienia powierzchni gruntu mineralnego w obrębie naturalnych obniżeń, co prowadzi do osiedlania się roślinności torfotwórczej. Tylko nieliczne, jak na przykład torfowisko w dolinie Łomnicy przy Domku Myśliwskim, powstało poprzez terrestrializację, czyli lądowacenie zbiornika wodnego, polegające na akumulacji i sedymentacji osadów mineralnych i organicznych (gytii i torfu), które wypełniając misę zbiornika powodują jej wypłycanie i zarastanie przez roślinność. W związku z tym, że ten proces najczęściej dotyczy jezior, takie torfowiska nazywamy pojeziornymi.

Torfowiska górskie są bardzo różnorodną grupą, zwłaszcza pod względem typów orograficzno-morfologicznych kształtowanych przez warunki hydro-geomorfologiczne określonego łańcucha górskiego. Z wielu różnych typów podawanych w literaturze (Heathwaite & Göttlich 1985; Obidowicz 1985), w wierzchowinowych partiach Karkonoszy można wyróżnić torfowiska: pojeziorne, stokowe ombrotroficzne, stokowe soligeniczne, ombro-soligeniczne, górskich siodeł oraz formy mieszane. Wszystkie torfowiska przejściowe piętra subalpejskiego należą do torfowisk stokowych soligenicznych, co oznacza, że występują na nachylonych stokach, stąd często nazywane są też wiszącymi, i rozwijają się głównie pod wpływem przepływających wód gruntowych, powierzchniowych oraz wód z wypływów podziemnych. Torfowiska ombro-soligeniczne występują również

na stoku i mają przewagę roślinności ombrofilnej z niewielkim udziałem gatunków torfowisk przejściowych. Wydaje się, że do tego typu można zaklasyfikować torfowisko „Upa" na Równi pod Śnieżką. Niektóre torfowiska subalpejskie wysokie lub z przewagą takiego typu, np. pod Smogornią, wykształciły się w obniżeniach pomiędzy wzniesieniami i dlatego można je zaklasyfikować jako torfowiska siodeł górskich. Torfowisko na stokach Kopy ma w całości roślinność wysokotorfowiskową, dlatego też może zostać zaklasyfikowane jako stokowe ombrotroficzne. Natomiast niewielkie torfowisko wysokie przy Spalonej Strażnicy o prawie płaskiej powierzchni wykształciło się na małym zrównaniu stokowym. Inne torfowisko wysokie zlokalizowane pod Kamiennikiem, tylko częściowo wykształcone jest w siodle, zaś znaczna jego część „schodzi" po stoku, tworząc formę mieszaną pomiędzy torfowiskami siodeł górskich i stokowymi. (Ryc. 40).



Ryc. 40. Fragment mapy nieleśnych zbiorowisk roślinnych we wschodniej części Karkonoskiego Parku Narodowego nałożony na numeryczny model terenu. Na podstawie Mapy roślinności rzeczywistej ekosystemów nieleśnych Karkonoskiego Parku Narodowego (Wojtuń & Żołnierz 2002 – uproszczone)

Współczesne przemiany subalpejskich i alpejskich zbiorowisk roślinnych

W latach dziewięćdziesiątych ubiegłego stulecia przeprowadzono retrospektywne badania wybranych subalpejskich i alpejskich zbiorowisk roślinnych Karkonoskiego Parku Narodowego (Wojtuń i in. 1994, 1995, 1997) odnosząc ich wyniki do szczegółowych opisów z przełomu lat pięćdziesiątych i sześćdziesiątych (Matuszkiewicz & Matuszkiewicz 1969, 1974). Celem tych badań była ocena zakresu zmian w kompozycji gatunkowej zbiorowisk i określenie ich przyczyn. Prowadzono je w okresie, kiedy doszło już wprawdzie do obniżenia ładunku zanieczyszczeń atmosferycznych dochodzącego do ekosystemów karkonoskich, jednak badania bioindykacyjne wciąż wykazywały podwyższone poziomy niektórych pierwiastków w różnych komponentach wysokogórskich fitocenoz (Żołnierz i in. 1994). Do badań wybrano: murawy bliźniczyskowe *Carici (rigidae)-Nardetum*, traworośla trzcinnika owłosionego *Crepido-Calamagrostietum villosae*, subalpejskie i alpejskie postacie muraw halnych *Carici (rigidae)-Festucetum airoidis* oraz borówczyska bażynowe *Empetro-Vaccinietum*. Badania polegały na ponownym wykonaniu zdjęć fitosocjologicznych w tych samych rejonach, w których wykonywane były w latach pięćdziesiątych. W celu zwiększenia ich precyzji wykonano więcej zdjęć fitosocjologicznych – średnio 3 razy więcej, od 1,5 raza w wypadku małych i jasno zdefiniowanych płatów borówczysk bażynowych do 4,5 raza w rozległych płatach muraw bliźniczkowych.

Przejawy degradacji fitocenoz karkonoskich

Charakterystyka fitocenoz, na podstawie stwierdzonej liczby gatunków, współczynnika różnorodności gatunkowej Shannona-Wienera (H'), częstości i pokrycia gatunków oraz udziałów gatunków reprezentujących różne formy wzrostu wykazała dwa główne symptomy degradacji. Są nimi zmiany składu gatunkowego zbiorowisk oraz zmiany proporcji pomiędzy formami wzrostowymi roślin.

Zmiany składu gatunkowego zbiorowisk dotyczą większości omawianych fitocenoz wysokogórskich Karkonoszy (Tab. 1). Liczba gatunków w zdjęciu w ciągu ostatnich 35 lat spadła we wszystkich badanych zbiorowiskach średnio o 30%. Największe zmiany stwierdzono w fitocenozach muraw bliźniczkowych, natomiast najmniejsze dla subalpejskiej formy muraw halnych. Podobnie jak liczba gatunków w zdjęciu, w ciągu ostatnich 35 lat obniżyły się o ok. 20% również wartości indeksu Shannona-Wienera (H').

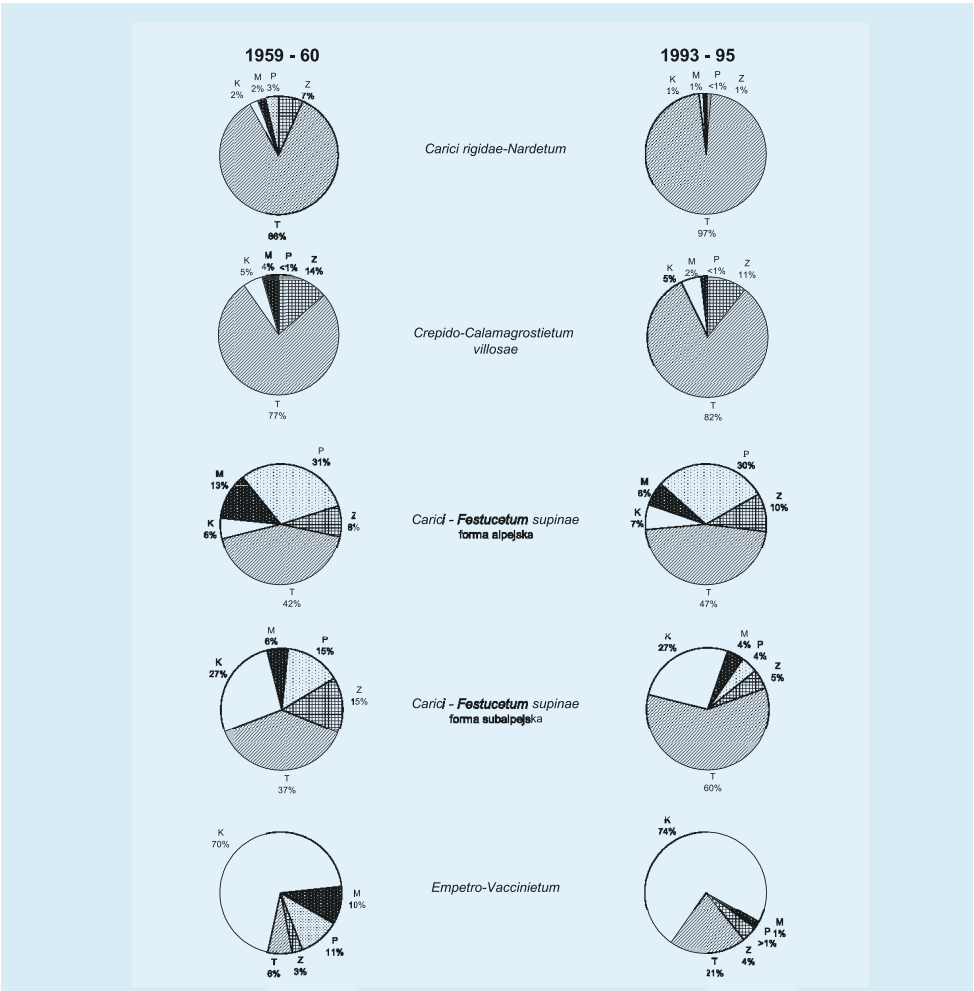
Tabela 1. Liczba zdjęć fitosocjologicznych i gatunków oraz indeks różnorodności gatunkowej Shannona-Wienera H' w zdjęciach dla pięciu zbiorowisk roślinnych piętra subalpejskiego i alpejskiego Karkonoszy w 1959 i 1993 r. (za: WOJTUŃ i in. 1995). Podano wartości średnie i w nawiasach odchylenie standardowe.
*n.s. – statystycznie nieistotny; * P < 0.05*

	Liczba zdjęć		Liczba gatunków		H'	
Zbiorowisko roślinne	1959	1993	1959	1993	1959	1993
Carici (rigidae)-Nardetum	22	94	15.9 (3.0)	7.2 (2.8)*	2.41 (0.25)	1.53 (0.30)*
Carici (rigidae)-Festucetum airoidis – forma subalpejska	13	58	14.0 (3.0)	12.4 (1.5) n.s	2.41 (0.21)	2.06 (0.14)*
Carici (rigidae)-Festucetum airoidis – forma alpejska	8	19	16.8 (1.3)	11.7 (1.8)*	2.61 (0.08)	2.17 (0.13)*
Crepido-Calamagrostietum villosae	16	36	21.8 (6.4)	13.7 (3.6)*	2.75 (0.34)	2.27 (0.33)*
Empetro-Vaccinietum	20	30	17.5 (2.8)	13.1 (2.8)*	1.11 (0.07)	0.88 (0.04)*

Bardzo duże zmiany odnotowano też w przypadku częstości gatunków, przy czym dla większości z nich stwierdzono wyraźną tendencję spadkową. Największe, bo aż około 70% obniżenie częstości występowania zaobserwowano dla: podbiałka alpejskiego *Homogyne alpina*, nawłoci pospolitej *Solidago virgaurea*, sasanki alpejskiej *Pulsatilla alba*, borówki brusznicy *Vaccinium vitis-idaea*, mchu *Racomitrium lanuginosum* oraz porostów *Thamnolia vermicularis* i *Cladonia uncialis*. Z około dwukrotnie mniejszą frekwencją występują w badanych zbiorowiskach: jastrzębiec alpejski *Hieracium alpinum*, borówka czarna *Vaccinium myrtillus*, borówka bagienna *V. uliginosum*, starzec hercyński *Senecio hercynicus*, jaskier platanolistny *Ranunculus platanifolius*, wroniec widlasty *Huperzia selago*, mchy z rodzaju *Polytrichum* i *Pleurozium schreberi* oraz porost *Cetraria islandica*. Podczas gdy spadek frekwencji większości gatunków miał miejsce w jednym bądź dwóch zbiorowiskach, to w przypadku kilku z nich obserwowano wyraźne spadki w trzech lub czterech z badanych zbiorowisk. Do takich roślin należą *Pulsatilla alba*, *Solidago virgaurea*, *Vaccinium vitis-idaea* oraz mchy z rodzaju *Polytrichum*. Największe zmiany we frekwencji gatunków stwierdzono w zbiorowiskach muraw bliźniczkowych i traworośli trzcinnikowych, gdzie statystycznie istotne obniżenie tego parametru odnotowano, odpowiednio dla 18 i 13 gatunków.

W ciągu 35 lat w większości badanych zbiorowisk zmieniły się również znacznie wzajemne relacje ilościowe pomiędzy formami wzrostu. W murawach bliźniczkowych wzrostowi udziału roślin o pokroju trawiastym (tzw. graminoidów – traw, turzyc, sitów, kosmatek itp.) towarzyszył prawie całkowity zanik innych form wzrostu (Ryc. 41). W fitocenozach *Empetro-Vaccinietum* i subalpejskich murawach halnych odnotowano odpowiednio: ponad trzykrotny i bez mała dwukrotny wzrost udziału form trawiastych, a także trzykrotne zmniejszenie udziału ziół szerokolistnych i porostów w murawach.

Ilościowa analiza porównawcza składu florystycznego ujawniła kilka niekorzystnych zjawisk, które składają się na proces przebudowy florystycznej i zmiany struktury zbiorowisk.



Ryc. 41. Udział wyróżnionych form wzrostu roślin w badanych zbiorowiskach w latach 1959–60 i 1993–95 (Wojtuń i in. 1997). P – porosty, M – mszaki, T – trawiaste (graminoidy), Z – zioła szerokolistne, K – krzewinki

Ekspansja roślin trawiastych zaznaczyła się z różnym nasileniem we wszystkich badanych fitocenozach. Najbardziej ekspansywna jest trawa śmiałek pogięty *Deschampsia flexuosa*. Mniejszą ekspansywność, ograniczoną do wybranych zbiorowisk, wykazuje też tomka wonna *Anthoxanthum odoratum* s.l., a także turzyca tęga *Carex bigelowii* subsp. *rigida*. Ten ostatni gatunek rozprzestrzenił się najbardziej w murawach bliźniczkowych.

Jednym z najostrzej zarysowujących się niekorzystnych zjawisk jest eliminacja naziemnych mszaków i porostów. W omawianych fitocenozach zanikły lub drastycznie zmniejszły udział ilościowy charakterystyczne i pospolite kiedyś mchy, np.: *Dicranum scoparium*, *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*, gatunki z rodzaju *Polytrichum* oraz porosty, np. *Cetraria islandica*, *Cladonia uncialis* i *Thamnolia vermicularis*. Doprowadziło to do niemal całkowitej destrukcji warstwy mszaków i porostów we wszystkich badanych zbiorowiskach, z wyjątkiem alpejskiej formy muraw halnych. Zjawisko to szczególnie ostro zaznaczyło się w fitocenozach *Carici (rigidae)-Nardetum* i *Empetro-Vaccinietum*, gdzie w czasie 35 lat pokrycie warstwy mszaków zmniejszyło się, odpowiednio 19- i 14-krotnie.

Ustępowanie krzewinek miało miejsce we wszystkich z badanych zbiorowisk z wyjątkiem traworośli trzcinnika owłosionego. Odnotowano wyraźny spadek częstości występowania borówek, *Vaccinium uliginosum*, *V vitis-idaea* i *V. myrtillus* oraz bażyny obupłciowej *Empetrum hermaphroditum*.

Jednocześnie z opisanymi wyżej procesami, w badanych fitocenozach obserwuje się całkowity zanik wielu gatunków roślin naczyniowych. Jak wynika z treści Tabeli 2, 20 gatunków notowanych w latach 1959–60 przynajmniej z 10% frekwencją, wielu taksonów nie odnaleziono w 1993 r., a inne spotykano jedynie sporadycznie. Są wśród nich nie tylko rzadkie gatunki wysokogórskie charakterystyczne dla niektórych zbiorowisk, jak np.: sasanka alpejska *Pulsatilla alba*, widlicz (widłak) alpejski *Diphasiastrum alpinum*, wroniec widlasty *Huperzia selago*, bażyna obupłciowa *Empetrum hermaphroditum*, kosmatka sudecka *Luzula sudetica*, lecz również rośliny jeszcze do niedawna stosunkowo częste w Karkonoszach, np.: jaskier platanolistny *Ranunculus platanifolius*, kuklik górski *Geum montanum* i dziurawiec czteroboczny *Hypericum maculatum* czy wręcz pospolite, jak na przykład borówka brusznica *Vaccinium vitis-idaea* i nawłoć pospolita *Solidago virgaurea*. Ponadto, wielu gatunków, które w latach 1959-60 spotykano rzadko, współcześnie nie odnaleziono, mimo wykonania znacznie większej liczby zdjęć fitosocjologicznych. Do gatunków tych należą, np.: pięciornik złoty *Potentilla aurea*, arnika górska *Arnica montana*, gołek białawy *Leucorchis albida*, pierwiosnka maleńka *Primula minima*, pępawa wielkokwiatowa *Crepis conyzifolia*, zerwa kłosowa *Phyteuma spicatum*, turzyca czarniawa *Carex atrata*, widlicz (widłak) alpejski *Diphasiastrum alpinum* i porost *Thamnolia vermicularis*.

W ciągu badanego okresu czasu największe przekształcenia wystąpiły w fitocenozach muraw bliźniczkowych, gdzie wszystkie wcześniej wymienione zjawiska wystąpiły z nasileniem maksymalnym. Uzyskane wyniki wskazują, że najmniejszym przemianom uległy fitocenozy formy alpejskiej muraw halnych. Biorąc pod uwagę wszystkie badane zbiorowiska największe zmiany ilościowego udziału gatunków, wystąpiły w fitocenozach *Carici (rigidae)-Nardetum*, a najmniejsze w traworoślach. Zamierania borówek *Vaccinium uliginosum* i *V. vitis-idaea* nie stwierdzono w fitocenozach *Crepido-Calamagrostietum villosae* i *Empetro-Vaccinietum*, natomiast największe nasilenie tego zjawiska wystąpiło w murawach *Carici (rigidae)-Nardetum*, gdzie oprócz dużego spadku frekwencji tych roślin, zaobserwowano również istotny spadek pokrycia *Vaccinium vitis-idaea*.

Tab. 2. Gatunki roślin naczyniowych oraz porostów występujące w 1959 r. w płatach badanych zbiorowisk Karkonoszy z frekwencją przynajmniej 10%, a nie odnalezione (*) lub spotykane sporadycznie w latach dziewięćdziesiątych (Wojtuń i in. 1995)

Zbiorowisko	Gatunek
Carici (rigidae)-Nardetum	*Diphasiastrum alpinum* *Huperzia selago* *Luzula sudetica* *Melampyrum sylvaticum** *Pulsatilla alba**
Carici (rigidae)-Festucetum airoidis – postać subalpejska	*Flavocetraria nivalis* *Cladonia uncialis* *Diphasiastrum alpinum** *Primula minima* *Pulsatilla alba* *Solidago virgaurea*
Carici (rigidae)-Festucetum airoidis – postać alpejska	*Pulsatilla alba* *Solidago virgaurea* *Vaccinium vitis-idaea*
Crepido-Calamagrostietum villosae	*Aconitum plicatum subsp. plicatum** *Adenostyles alliarie* *Cicerbita alpina** *Geum montanum** *Hieracium alpinum** *Huperzia selago* *Hypericum maculatum** *Leontodon hispidus** *Potentilla aurea** *Pulsatilla alba* *Ranunculus platanifolius* *Viola biflora*
Empetro-Vaccinietum	*Empetrum hermaphroditum* *Pulsatilla alba* *Solidago virgaurea* *Huperzia selago*

W przypadku niektórych roślin stwierdzono znaczące zmiany w pokryciu, odmienne w różnych zbiorowiskach. Trawa śmiałek pogięty *Deschampsia flexuosa*, w większości badanych zbiorowisk znacząco zwiększa swoje pokrycie, podczas gdy w murawach alpejskich *Carici (rigidae)-Festucetum airoidis* nie obserwowano tego zjawiska. Bardzo wyraźne zmiany stwierdzono dla mchów, zwłaszcza z rodzajów *Polytrichum* i *Dicranum*, których pokrycie spadło niemal we wszystkich zbiorowiskach, natomiast pokrycie porostu *Cetraria islandica* drastycznie obniżyło się tylko w jednym, tzn. w formie alpejskiej muraw halnych.

Przyczyny degradacji wysokogórskich zbiorowisk nieleśnych Karkonoszy

Równolegle ze analizą przemian kompozycji gatunkowej zbiorowisk prowadzono badania właściwości ich siedlisk. Stwierdzono (Wojtuń i in. 1997), że w glebach płatów zbiorowisk poddanych silnym zaburzeniom składu gatunkowego obserwuje się wysokie zawartości azotu, a przede wszystkim jego formy azotanowej. Wynikało to z wysokiego opadu związków azotu na terenie Karkonoszy, a także z silnego tempa mineralizacji i nitryfikacji w glebach. Najwyższą intensywność tych procesów stwierdzono w siedliskach muraw bliźniczkowych, które – jak wspomniano wyżej – uległy najsilniejszym przekształceniom na tle innych zbiorowisk, a najsłabiej w stosunkowo mało zmienionych borówczyskach bażynowych. Wysoka dostępność azotu w glebach powodowała zwiększenie siły konkurencyjnej gatunków dobrze wykorzystujących ten pierwiastek. Tak tłumaczy się ekspansję pewnych gatunków, ogólny wzrost udziału traw i silną eliminację zacienianych mszaków i porostów.

Zagrożenia stabilności wysokogórskich zbiorowisk roślinnych Karkonoszy

Obserwowane przekształcenia zbiorowisk roślinnych najwyższych pięter karkonoskich są przejawem procesu dokumentowanego w badaniach retrospektywnych na terenie różnych europejskich masywów górskich. Badania porównujące współczesne rozmieszczenie gatunków wysokogórskich z danymi historycznymi z różnych okresów XX stulecia prowadzone są m.in. w Alpach. Ich wyniki wskazują na powodowane ocieplaniem się klimatu przesunięcia pionowych zasięgów licznych gatunków ku górze, przy czym widoczna jest specyfika gatunkowa zdolności do migracji i jej tempa (m.in. Parolo & Rossi 2008: Frei i in. 2010). Łatwo przemieszczają się gatunki o lekkich diasporach, są jednak i takie, które pozostają w miejscach, gdzie dotąd występowały. Gatunki niezdolne do takiej „ucieczki" ku górze w przyszłości narażone będą na wymarcie. Jurasinski & Kreyling 2007 stwierdzili w Alpach Berneńskich wzrost bogactwa gatunkowego najwyżej położonych zbiorowisk roślinnych (wzrost różnorodności alfa), zarazem jednak wnikające do nich gatunki sprawiają, że zbiorowiska te upodobniają się do siebie (obniżenie różnorodności beta).

Formułowane prognozy zmian klimatycznych w ciągu naszego stulecia, przy założeniu wzrostu o 3°C średnich temperatur, przewidują zanik klimatu alpejskiego w europejskich masywach górskich poza Alpami i Górami Skandynawskimi. Oznacza to eliminację lub dramatyczne skurczenie się zasięgu pięter subalpejskich w górach Europy w wyniku przesunięcia ku górze granicy lasu (Nagy & Grabherr 2009). Engler i in. (2011) w zależności od przyjętego scenariusza przemian klimatu przewidują w ostatnich trzech dekadach XXI w. utratę powyżej 80% powierzchni siedlisk dla ok. 30–50% gatunków roślin z pięter subalpejskiego i alpejskiego różnych pasm górskich Europy. Problemem, z którym mieliśmy do czynienia w Karkonoszach w poprzednich okresach było powodowane głównie czynnikami antropogenicznymi obniżanie się granicy lasu. W ostatnich latach pojawiają się jednak przesłanki procesu odwrotnego – Treml (2004) w czeskich Karkonoszach wskazał również takie miejsca, gdzie granica lasu podniosła się w ostatnim czterdziestoleciu.

Drugim czynnikiem uznawanym za główne zagrożenie stabilności postaci górskich zbiorowisk roślinnych, oprócz zmian klimatu, jest użyźnianie siedlisk w wyniku dopływu związków azotu. Niektóre górskie regiony półkuli północnej przyjmują obecnie wielokrotność wielkości dopływu azotu w porównaniu z epoką przedprzemysłową (Körner 2003). Od dawna, z licznych publikacji, znany jest niekorzystny wpływ nadmiaru azotu na różnorodność zbiorowisk roślinnych, zwłaszcza w warunkach siedlisk oligotroficznych, a więc takich jak te, które dominują w polskiej części Karkonoszy. Zagrożenia dla roślinności górskiej związane z użyźnianiem siedlisk

zachodzącym w warunkach interakcji ze zmieniającym się klimatem są jednak trudne do przewidzenia i dlatego brak dotąd jednoznacznych modeli przemian (Nagy & Grabherr 2009). Można zakładać, że wzrastające temperatury, wydłużony okres wegetacyjny i zwiększony dopływ azotu, działając pojedynczo lub razem, będą zmniejszały znaczenie istniejących współcześnie ograniczających czynników ekologicznych dla roślin wysokogórskich. Zmiany zachmurzenia, obfitości pokrywy śnieżnej i opadów oraz inne czynniki będące następstwem ocieplania się klimatu mogą osłabiać lub wzmacniać przyszłe trendy zmian wysokogórskiej szaty roślinnej (Körner 2003).

Wszystkie wspomniane wyżej zjawiska i procesy, zarówno już obserwowane, jak i spodziewane w przyszłości, dotyczą również Karkonoszy jako stosunkowo wysokiego pasma z wykształconymi piętrami subalpejskim i alpejskim. Górną granicę dla większości gatunków, które mogłyby migrować z niższych położeń, w tym dla większości gatunków subalpejskich wyznacza czynnik edaficzny – niedostępne są dla nich bezglebowe partie szczytowe pokryte rumowiskami skalnymi. Pod koniec tego stulecia zbiorowiska roślinne najwyższych partii Karkonoszy mogą mieć zupełnie inną postać od znanej nam współcześnie. Pozostawiamy otwarte pytanie, czy będą one tak różnorodne i bogate w gatunki, i tak piękne jak dziś?

Literatura

Boratyński A. 1991: Chorologiczna analiza flory drzew i krzewów Sudetów Zachodnich. Instytut Dendrologii, Kórnik: ss. 319.

Burešová Z. 1976: Alpínská vegetace Krkonoš: struktura a ekologie porostů na Luční (1547 m) a Studničné hoře (1555 m). Opera Corcontica 13: 67–94.

Engler R. et al. 2011: 21st century climate change threatens mountain flora unequally across Europe. Global Change Biology 17: 2330–2341.

Fabiszewski J. 1981: Roślinność torfowisk na Równi pod Śnieżką na tle niektórych czynników związanych z zaleganiem wody gruntowej. Zesz. Nauk. AR Wrocław 36 (131): 129–142.

Fabiszewski J. 1985: Szata roślinna. W: Jahn A. (red.), Karkonosze polskie. PAN Wrocław, Karkonoskie Towarzystwo Naukowe Jelenia Góra, Ossolineum Wrocław: 191–235.

Fabiszewski J., Matuła J., Sobierajski Z., Wojtuń B. & Żołnierz L. 1993: Charakterystyka fitosocjologiczna zbiorowisk roślinnych na wybranych powierzchniach do stacjonarnych badań ekologicznych w Karkonoszach. W: Fisher Z. (red.), Karkonoskie Badania Ekologiczne, Oficyna Wyd. IE PAN, Dziekanów Leśny: 71–76.

Fabiszewski J. & Wojtuń B. 2001: Contemporary floristic changes in the Karkonosze Mts. Acta Soc. Bot. Pol. 70 (3): 237–245.

Flousek J. & Šturs a J. 2007: Lisejnikova tundra. W: Flousek J., Hartmanová O., Šturs a J. & Potocki J. (red.), Krkonoše. Příroda, historie, život. Nakl. Miloš Uhlíř – Baset, Praha: 347–352.

Frei E., J., Bodin J. & Walther G.-R. 2010: Plant species' range shifts in mountainous areas – all uphill from here. Bot. Helv. 120: 117–128.

Hadač E. & Šturs a J. 1983: Syntaxonomický přehled rostlinných společenstev Krkonoš. (I. Přirozená nelesní společenstva). Opera Corcontica 20: 79–98.

Hadač E. & Váňa J. 1967: Plant communities of mires in the western part of the Krkonoše Mountains, Czechoslovakia. Folia Geobotanica et Phytotaxonomica 2: 213–254

Hadač E. & Váňa J. 1971: Plant communities of springs in the Krkonoše Mountains. Opera Corcontica 7–8: 99–114.

Heathwaite A.L. & Göttlich K. (red.) 1985: Mires: process, exploitation and conservation. Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore, John Wiley & Sons: ss. 506.

Hueck K. 1939: Botanische Wanderungen im Riesengebirge. Pflanzensoziologie 3: 1–116.

Jenik J. 1961: Alpinská vegetace Krkonoš, Králického Sněžníku a Hrubého Jeseníku. Teorie anemo-orografických systémů. NČAV Praha: ss. 409.

Jeník J. & Soukupová L. 1992: Microtopography of subalpine mires in the Krkonoše Mountains, the Sudetes. Preslia 64: 313–326.

Jurasinski G. & Kreyling J. 2007: Upward shift of alpine plants increases floristic similarity of mountain summits. J Veg Sci 18: 711–718.

Kočí M. 2003: Komentovaný přehled společenstev vysokobylinných niv (Mulgedio-Aconitetea) v Krkonoších. Opera Corcontica 40: 223–237.

Kočí M. 2010a: Acidofilní alpínské trávníky. W: Chytrý M. (red.), Vegetace České republiky 1. Travinná a keříčková vegetace. Academia, Praha: 76–83.

Kočí M. 2010b: Subalpínská vysokobylinná a křovinná vegetace. W: Chytrý M. (red.), Vegetace České republiky 1. Travinná a keříčková vegetace. Academia, Praha: 91–131.

Kočí M. & Chytrý M. 2010: Alpínská vřesoviště. W: Chytrý M. (red.), Vegetace České republiky 1. Travinná a keříčková vegetace. Academia, Praha: 65–75.

Körner C. 2003: Alpine Plant Life – Functional Plant Ecology of High Mountain Ecosystems. 2 ed. Springer, Heidelberg: ss. 349.

Krahulec F., Chytrý M. & Härtel H. 2010: Smilkové trávníky a vřesoviště Nardus grasslands and heathlands. . W: Chytrý M. (red.), Vegetace České republiky 1. Travinná a keříčková vegetace. Academia, Praha: 281–319.

Kwiatkowski P. 2004a: Vegetation of the Czarny Kocioł Jagniątkowski Cirque. Opera Corcontica 41: 213–222.

Kwiatkowski P. 2004b: *Arnico-Callunetum* Schubert 1960 in the Western Sudetes. Opera Corcontica 41: 236–242.

Kwiatkowski P. 2007: Stan poznania i przegląd systematyczny zbiorowisk roślinnych polskich Karkonoszy. Przyroda Sudetów 10: 29–50.

Macko S. 1952: Zespoły roślinne w Karkonoszach. Cz. I. Karkonosze Wschodnie. Acta Soc. Bot. Pol. 21: 591–683.

Matuła J., Wojtuń B., Tomaszewska K. & Żołnierz L. 1997: Torfowiska polskiej części Karkonoszy i Gór Izerskich. Annales Silesiae 27: 123–140.

Matuła J., Wojtuń B., Tomaszewska K. & Żołnierz L. 1998: Charakterystyka ekologiczna niektórych zbiorowisk roślinnych torfowisk Sudetów. W: Sarosiek J. & Šturs a J. (red.), Geoekologiczne Problemy Karkonoszy T. 1, Wyd. „Acarus", Poznań: 277–287.

Matuszkiewicz W. & Matuszkiewicz A. 1969: Mapa zbiorowisk roślinnych Karkonoskiego Parku Narodowego, maszynopis, depon. KPN, Jelenia Góra.

MATUSZKIEWICZ W. & MATUSZKIEWICZ A. 1974: Mapa zbiorowisk roślinnych Karkonoskiego Parku Narodowego. Ochrona Przyrody 40: 45–109.

MATUSZKIEWICZ W. 2008: Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. Vademecum Geobotanicum 3. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa: ss. 537.

MATUSZKIEWICZ W., SIKORSKI P., SZWED W. & WIERZBA M. 2012: Lasy i zarośla. Zbiorowiska roślinne Polski. Ilustrowany przewodnik. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa: ss. 518.

MIGAŁA K. 2005: Piętra klimatyczne w górach Europy a problem zmian globalnych. Studia Geograficzne 78: 1–149.

NAGY L. & GRABHERR G. 2009: The biology of alpine habitats. Oxford University Press: ss. 376.

OBIDOWICZ A. 1985: Torfowiska górskie w Europie. Kosmos 187: 299–310.

PAROLO G. & ROSSI G. 2008: Upward migration of vascular plants following a climate warming trend in the Alps. Basic and Applied Ecology 9: 100–107.

POTOCKA J. & VANĚK J. 2004: Torfowiska Karkonoszy. Karkonoski Park Narodowy: ss. 32.

RUDOLPH K., FIRBAS F. & SIGMOND H. 1928: Das Koppenplanmoor in Riesengebirge (Ein Beispiel für den subalpinen Moortypus in Böhemen). Lotos 76: 173–222.

RÜSTER P. 1922: Die subalpinen Moore des Riesengebirgskammes. Friedrich Wilhelms-Universität zu Breslau, Buchdruckerei Hugo Reisse, Schweidnitz: ss. 56.

SOBIERAJSKI Z., FABISZEWSKI J., MATUŁA J., WOJTUŃ B. & ŻOŁNIERZ L. 1995: Przekształcenia wysokogórskich traworośli Karkonoskiego Parku Narodowego. W: SAROSIEK J. (red.), Geoekologiczne Problemy Karkonoszy, Wyd. „Acarus", Poznań: 205–208.

SOUKOPOVÁ L., KOCIÁNOVÁ M., JENÍK J. & SEKYRA J. (red.) 1995: Arctic-alpine tundra in the Krkonoše, The Sudetes. Opera Corcontica 32: 5–88.

ŠTURSA J. & FLOUSEK J. 2007: Subalpínská rašeliniště. W: FLOUSEK J., HARTMANOVÁ O., ŠTURSA J. & POTOCKI J. (red.), Krkonoše. Příroda, hiistorie, život. Nakl. Miloš Uhlíř – Baset, Praha:. 337–346.

TOŁPA S. 1949: Torfowiska Karkonoszy i Gór Izerskich. Rocz. Nauk Roln. 52: 1–73.

TOŁPA S. 1985: Torfowiska. W: JAHN A. (red.), Karkonosze polskie. PAN Wrocław, Karkonoskie Towarzystwo Naukowe Jelenia Góra, Ossolineum Wrocław: 291–316.

TREML V. 2004: Recentní dynamika alpinské hranice lesa v Krkonoších. W: ŠTURSA J., MAZURSKI K. R., PAŁUCKI A. & POTOCKA J. (red.), Geoekologické problémy Krkonoš. Sborn. Mez. Věd. Konf., Listopad 2003, Szklarska Poręba. Opera Corcontica, 41: 367–375.

WAGNEROVÁ Z. 1994: Rostlinná společenstva Kotelních jam v Krkonoších. Opera Corcontica 31: 23–35.

WOJTUŃ B. & ŻOŁNIERZ L. 2002: Plan ochrony ekosystemów nieleśnych – inwentaryzacja zbiorowisk. Maszynopis, 67 pp. + 3 mapy (wersje analogowe i numeryczne). W: Plan Ochrony Karkonoskiego Parku Narodowego. Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej Oddział w Brzegu. Maszynopis, depon. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra.

WOJTUŃ B. & ŻOŁNIERZ L. 2007: Uwagi do dwóch torfowisk subalpejskich w Karkonoszach. Opera Corcontica 44: 299–302.

WOJTUŃ B., FABISZEWSKI J., SOBIERAJSKI Z., MATUŁA J. & ŻOŁNIERZ L. 1994: Zmiany jakościowe i ilościowe flory muraw bliźniczkowych (*Carici-Nardetum*) w Karkonoszach na przestrzeni ostatnich 40 lat. W: FISHER Z. (red.), Karkonoskie Badania Ekologiczne, Oficyna Wyd. IE PAN, Dziekanów Leśny: 163–180.

WOJTUŃ B., FABISZEWSKI J., SOBIERAJSKI Z., MATUŁA J. & ŻOŁNIERZ L. 1995a: Współczesne przemiany wysokogórskich fitocenoz Karkonoszy. W: FISHER Z. (red.), Karkonoskie Badania Ekologiczne, Oficyna Wyd. IE PAN, Dziekanów Leśny: 213–245.

WOJTUŃ B., FABISZEWSKI J., SOBIERAJSKI Z., MATUŁA J., ŻOŁNIERZ L. & MAKAREWICZ W. 1995b: Antropogeniczne przekształcenia wysokogórskiej szaty roślinnej KPN. W: SAROSIEK J. (red.), Geoekologiczne Problemy Karkonoszy, Wyd. „Acarus", Poznań: 177–182.

WOJTUŃ B., MAKAREWICZ W., MATUŁA J., ŻOŁNIERZ L. & KOSATKA K. 1998: Współczesne przekształcenia florystyczne borówczysk bażynowych w Karkonoskim PN. W: SAROSIEK J. & ŠTURSA J. (red.), Geoekologiczne Problemy Karkonoszy T. 1, Wyd. „Acarus", Poznań: 271–275.

WOJTUŃ B., MATUŁA J. & ŻOŁNIERZ L. 1998: Przewodnictwo elektrolityczne i pH wód torfowisk Sudetów. W: SAROSIEK J. & ŠTURSA J. (red.), Geoekologiczne Problemy Karkonoszy T. 1, Wyd. „Acarus", Poznań: 301–306.

WOJTUŃ B., ŻOŁNIERZ L. & MATUŁA J. 1997: Procesy ekologiczne decydujące o przemianach wysokogórskich zbiorowisk roślinnych Karkonoszy. Ann. Silesiae XXVII: 97–121.

ZIENTARSKI J. 1993: Zmiana przebiegu górnej granicy lasu w Karkonoskim Parku Narodowym. Materiały z sesji naukowej w Karpaczu 11–13.10.1991. Wrocław, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego: 329–333.

ZLATNIK A. 1928: Aperçu de la végétation des Krkonoše (Riesengebirge). Preslia 7: 94–142.

ŻOŁNIERZ L., FABISZEWSKI J., MATUŁA J., SOBIERAJSKI Z & WOJTUŃ B. 1995: Obraz skażeń fitocenoz karkonoskich na podstawie badań składu mineralnego wybranych gatunków roślin. W: FISHER Z. (red.), Karkonoskie Badania Ekologiczne, Oficyna Wyd. IE PAN, Dziekanów Leśny: 167–185.

ŻOŁNIERZ L., WOJTUŃ B. & PRZEWOŹNIK L. 2012: Ekosystemy nieleśne Karkonoskiego Parku Narodowego. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra: ss. 100.

Dane adresowe autorów:

Ludwik Żołnierz
Katedra Botaniki i Ekologii Roślin
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
pl. Grunwaldzki 24a, 50-363 Wrocław
ludwik.zolnierz@upwr.edu.pl

Bronisław Wojtuń
Katedra Ekologii, Biogeochemii i Ochrony Środowiska
Uniwersytet Wrocławski
ul. Kanonia 6/8, 50-328 Wrocław
bronislaw.wojtun@uwr.edu.pl

Żołnierz L. & Wojtuń B. 2019: Roślinność subalpejska i alpejska. W: Knapik R., Migoń P. & Raj A. (red.), Przyroda Karkonoskiego Parku Narodowego. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra: 241–278.

Władysław Danielewicz, Andrzej Raj, Jacek Zientarski

Ekosystemy leśne

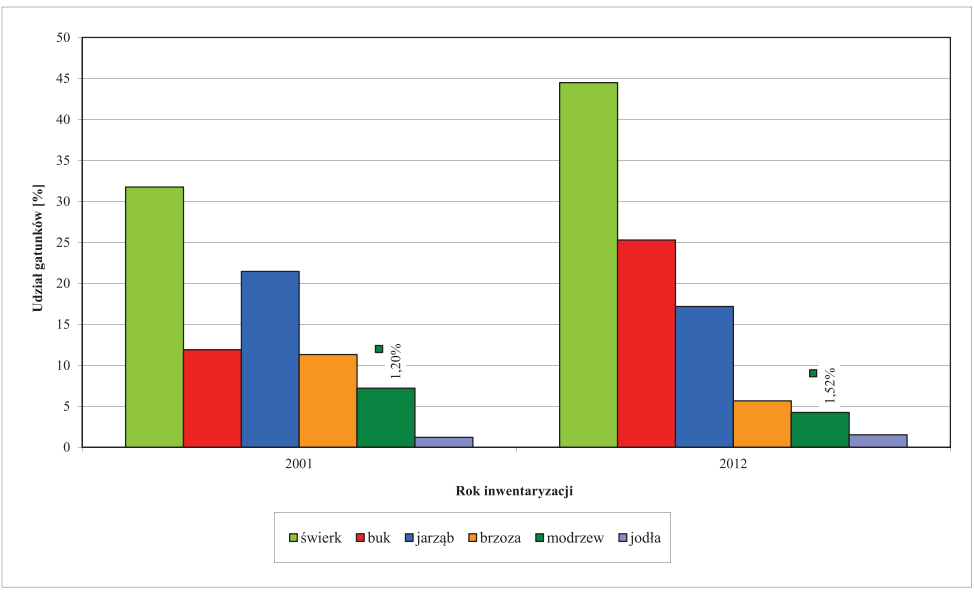
Wstęp

Historia lasów w Karkonoszach w okresie polodowcowym obejmuje okres kilku tysięcy lat, w którym na ich skład gatunkowy, strukturę i rozmieszczenie wpływały głównie czynniki naturalne, związane z przemianami warunków klimatycznych pociągającymi za sobą zmiany innych komponentów środowiska przyrodniczego. Różnicowanie się ekosystemów leśnych było uzależnione od kierunków i tempa migracji poszczególnych gatunków drzew, ich zdolności do zajmowania górskich siedlisk oraz siły konkurencyjnej, decydującej o udziale i roli w drzewostanach. Do ostatecznego wykształcenia się pięter roślinnych doszło w okresie subborealnym, około 3000–2000 lat temu, kiedy buk wraz z jodłą opanował niższą strefę leśną wypierając świerka w wyższe partie gór. Ówczesne lasy były zbliżone do autogenicznych zbiorowisk współczesnych. W okresie subatlantyckim zaznaczyła się, początkowo niewielka, a z czasem wzrastająca, ludzka presja na środowisko leśne.

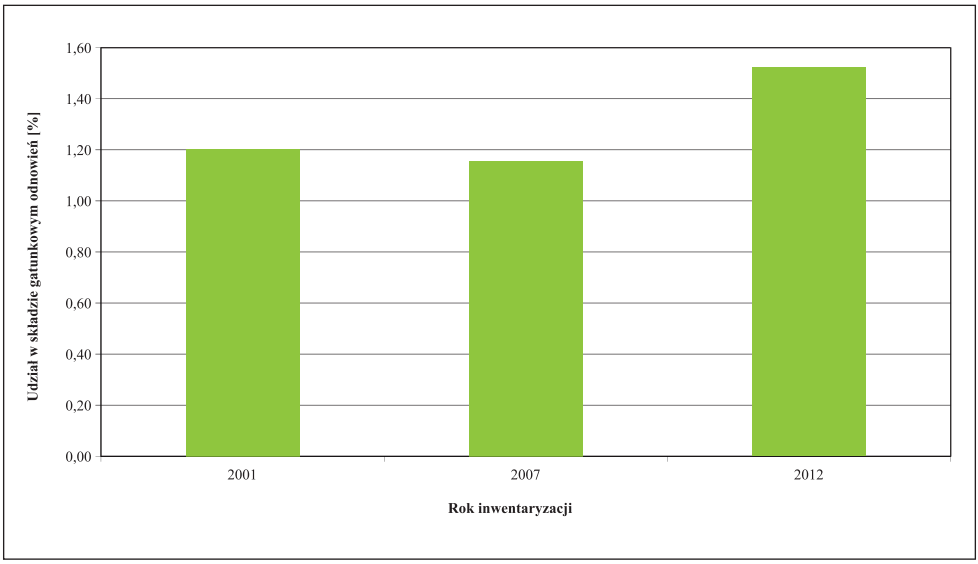
Obecny stan lasów w Karkonoszach jest wynikiem wielowiekowej obecności człowieka w regionie i jego aktywności gospodarczej. Intensywne wylesienia były notowane na tych terenach już od XIV wieku. Głównym przeznaczeniem lasów karkonoskich było wtedy dostarczanie drewna do wyrobu węgla drzewnego i popiołu, niezbędnego w produkcji szkła, a także do bielenia płótna. Na wylesione tereny wkraczała od dołu uprawa roli, a od góry wypas owiec i krów. Pasterstwo górskie utrzymało się w Karkonoszach jeszcze w pierwszej połowie XX wieku, konkurując z lasem o teren, nawet w strefie górnej granicy lasu. Wylesienia i niedostatek drewna były przyczyną powstania w Sudetach gospodarstwa leśnego, przywracającego lasom utracony teren i regulującego rozmiar pozyskania drewna na podstawie racjonalnych przesłanek. Początkowo odnowienia wykonywano siewem nasion świerka pospolitego, który zarówno w przeszłości, jak i obecnie daje duże doraźne dochody właścicielom lasu, większe niż w przypadku innych gatunków drzew. Następnie w całych Sudetach wprowadzono zrębowy sposób zagospodarowania lasu ze zrębami zupełnymi, odnawianymi przez sadzenie świerka. System ten przetrwał w Sudetach aż do 1914 roku. Konsekwencje tego dla składu gatunkowego lasów karkonoskich trwają do dzisiaj. W wyniku prowadzonej gospodarski leśnej, zarówno bogate, mieszane lasy piętra pogórza, jak i lasy bukowe regla dolnego prawie w całości zostały zastąpione monokulturami świerkowymi, powstałymi z nasion obcego pochodzenia. Tak drastycznie zniekształcone ekosystemy leśne, o znacznie zmniejszonym bogactwie gatunkowym i uproszczone pod względem występujących wcześniej zależności ekologicznych doprowadziły do zakłócenia ich stabilności, a w konsekwencji do regresji lasów na dużych obszarach. Najbardziej dostrzegalnym przejawem skutków omawianych przemian było klęskowe zamieranie drzewostanów świerkowych w całych Sudetach w latach 80. i 90. ubiegłego stulecia. Proces ten został uruchomiony jako następstwo opadu przemysłowych zanieczyszczeń atmosfery, a następnie spotęgowany przez oddziaływania biotyczne – przede wszystkim gradacyjny rozwój szkodliwych owadów. Główną rolę odegrała wskaźnica modrzewianeczka *Zeiraphera grisenana* oraz korniki, a szczególnie kornik drukarz *Ips typographus*. Na terenie całych Sudetów klęska zamierania drzewostanów objęła swym zasięgiem lasy o powierzchni około 15 tys. ha, w tym około 1 tys. ha w Karkonoskim Parku Narodowym (Raj 1992). Pozostała część drzewostanów została w dużej mierze uszkodzona, czego wyraźne ślady widoczne są do dzisiejszego dnia.

Wraz z ustąpieniem zagrożenia środowiska przyrodniczego, związanego z zanieczyszczeniem atmosfery przez przemysł, leśnicy, naukowcy i praktycy zajmujący się ochroną przyrody przystąpili do realizacji licznych programów rewitalizacji lasu, które zostały ukierunkowane na zwiększenie ich różnorodności biologicznej. Do najważniejszych działań w tym zakresie należy rekonstrukcja zaburzonych ekosystemów

leśnych przez zakładanie drzewostanów o składach gatunkowych, jakie są charakterystyczne dla zbiorowisk naturalnych. Towarzyszy temu bardzo cenna inicjatywa restytucji i reintrodukcji rzadkich gatunków drzew, krzewów i roślin zielnych, a także rzadkich i zagrożonych gatunków zwierząt. Zabiegi te mają również na celu zwiększenie odporności młodych drzewostanów na różnego rodzaju zagrożenia (BARZDAJN & RAJ 2002). Wykonane w ostatnich latach inwentaryzacje wskazują jednoznacznie, że skład gatunkowy młodego pokolenia lasu w skali całego Karkonoskiego Parku Narodowego ulega stałej renaturalizacji, a zbiorowiska leśne – regeneracji i stabilizacji (RAJ & Zientarski 2004). Zakres tych zmian jest zróżnicowany zarówno w ujęciu przestrzennym, jak i ilościowym oraz jakościowym. Dowodzi to, że prowadzone na terenie Parku prace z zakresu odnowienia zniszczonych drzewostanów, przebudowy składu gatunkowego, restytucji zagrożonych gatunków drzew i krzewów, jak i inicjowanie i popieranie odnowienia naturalnego przynoszą pozytywne rezultaty, przejawiające się przede wszystkim przybliżaniem składu gatunkowego przyszłych drzewostanów do wzorców, jakie stanowią układy naturalne. Jedynie udział świerka na siedlisku boru mieszanego górskiego jest jeszcze zbyt duży, a brakuje tam jodły, buka i jaworu (Ryc. 1). Zadowalający jest ilościowy stan buka na siedlisku lasu mieszanego górskiego (około 40%), chociaż brakuje go jeszcze w niektórych kompleksach leśnych w okolicach Karpacza i Szklarskiej Poręby. Wzrósł udział jodły pospolitej w reglu dolnym i wynosi obecnie średnio 1,52% (Ryc. 2) składu gatunkowego młodych drzewostanów. Interesujący jest fakt pojawienia się tego gatunku na siedlisku boru mieszanego górskiego od roku 2007, gdzie w warstwie niskiego podrostu wynosi już 3,2%. Udział brzozy, jarzębiny, jaworu i innych gatunków domieszkowych w młodym pokoleniu lasu również znacznie wzrósł w stosunku do składu gatunkowego drzewostanów starszych. Na siedlisku lasu mieszanego górskiego wyraźnemu zmniejszeniu uległ natomiast udział świerka z ponad 80% w starych drzewostanach do 24% w młodych. Wzrost udziału właściwych gatunków drzew dla poszczególnych siedlisk oraz poprawa struktury pionowej i wiekowej drzewostanów powoduje równocześnie zwiększenie liczebności innych gatunków roślin i zwierząt charakterystycznych dla danego typu ekosystemu. Ważnym wyróżnikiem lasów Karkonoskiego Parku Narodowego jest przeciętny wiek drzewostanów, który wynosi obecnie ponad 90 lat przy średniej wieku drzewostanów w otulinie Parku 63 lata. Zagadnienie ochrony ekosystemów leśnych zostało szerzej przedstawione w rozdziale „Ochrona przyrody".



Ryc. 1. Udział wybranych gatunków drzew w odnowieniach w drzewostanach regla dolnego na powierzchniach monitoringu lasu na terenie Karkonoskiego Parku Narodowego w inwentaryzacji 2001 i 2012 roku



Ryc. 2. Średni udział jodły pospolitej w odnowieniach w drzewostanach regla dolnego na powierzchniach monitoringu lasu KPN (dane obejmują udział w nalotach i podrostach niskich oraz wysokich łącznie)

Lasy Karkonoszy były przedmiotem licznych badań naukowych. W okresie powojennym pierwsze szczegółowe studia geobotaniczne przeprowadzili Władysław i Aniela MATUSZKIEWICZOWIE (1967, 1975). Oprócz analizy bogatego zbioru zdjęć fitosocjologicznych wykonali mapę roślinności rzeczywistej oraz mapę potencjalnej roślinności naturalnej Karkonoskiego Parku Narodowego, porównanie których ukazało przestrzenną skalę zniekształcenia zbiorowisk leśnych w reglu dolnym, zdominowanym przez antropogeniczne świerczyny na siedliskach lasów bukowych. Znaczny rozwój badań obejmujących problematykę stanu lasów karkonoskich nastąpił w okresie wzmożonego zamierania drzewostanów w latach 80. i 90. ubiegłego stulecia. O procesach przemian ekosystemów leśnych na obszarze klęski ekologicznej, dynamice rozpadu i regeneracji drzewostanów świerkowych oraz występujących w związku z tym zagrożeniach przyrody na terenie Parku pisali: BORATYŃSKI i in. (1987, 1988), RAJ (1992, 1995), DANIELEWICZ i ZIENTARSKI (1993, 1995a, 1995b). BARZDAJN i in. (1993) oraz BARZDAJN (1993) przedstawili zmienność morfologiczną świerka pospolitego *Picea abies* w Karkonoszach w zależności od wzniesienia nad poziomem morza oraz przebieg wzrostu świerka w naturalnych i sztucznych drzewostanach. Opracowania z zakresu dynamiki górnoreglowych borów świerkowych na stałych powierzchniach badawczych z rozpadającym się drzewostanem przedstawili DANIELEWICZ & ZIENTARSKI (1993, 1995a,b). Problemem środowiskowego przystosowania świerka w Karkonoszach oraz lokalną zmiennością jego ras zajmował się MODRZYŃSKI (1983, 1984). Rozmieszczeniem gatunków drzew i krzewów interesowali się: BORATYŃSKI (1984, 1987, 1991, 1994), BORATYŃSKI i DANIELEWICZ (1989) oraz BORATYŃSKI i FILIPIAK (1997). ŚWIERKOSZ (1994a,b, 1995) opracował szczegółowo zbiorowiska roślinne Góry Chojnik – eksklawy Karkonoskiego Parku Narodowego. Zagadnienia związane z planowaniem ochrony przyrody w ekosystemach leśnych zostały opracowane przez BORATYŃSKIEGO i DANIELEWICZA (1992) oraz DANIELEWICZA i in. (1996). Najnowszą charakterystykę drzewostanów i odnowień w Karkonoskim Parku Narodowym przedstawili RAJ i ZIENTARSKI (2004).

Informacje ogólne

Ekosystemy leśne (z wyłączeniem dróg, linii podziału powierzchniowego, szkółek leśnych, urządzeń turystycznych oraz budynków) obejmują 4308,77 ha (Ryc. 3), co stanowi 72,40% ogólnej powierzchni Parku, która obecnie wynosi 5951,42 ha. Istotnymi przyrodniczymi uwarunkowaniami dla ochrony ekosystemów



Ryc. 3. Panorama lasów Karkonoskiego Parku Narodowego (fot. A. Raj)

leśnych są: niski i średni stan zachowania różnorodności biologicznej na poziomie ekosystemowym, uzasadniający potrzebę zastosowania zabiegów ochronnych w formie ingerencji w przebieg procesów naturalnych, w szczególności w leśnych zbiorowiskach zastępczych; niska zgodność roślinności rzeczywistej z potencjalną dla siedlisk leśnych, w tym składów gatunkowych drzewostanów [zgodne z siedliskiem – 2664,26 ha (61,83%); częściowo zgodne z siedliskiem – 1393,08 ha (32,33%); niezgodne z siedliskiem – 251,40 ha (5,84%)] oraz niski stan zagrożenia pożarowego. Wymienione uwarunkowania wynikają z długotrwałej gospodarki leśnej prowadzonej w Karkonoszach oraz ze zróżnicowania stanu środowiska przyrodniczego w tych górach. Potencjalne zbiorowiska roślinne w ekosystemach leśnych Karkonoskiego Parku Narodowego i odpowiadające im typy siedliskowe lasu przedstawia (Tab. 1).

Przegląd zbiorowisk leśnych

Dotychczas głównym źródłem wiedzy na temat różnorodności zbiorowisk leśnych Karkonoskiego Parku Narodowego są klasyczne prace W. i A. Matuszkiewiczów (1967, 1975). Mimo upływu wielu lat od ich opublikowania nie straciły na aktualności w zakresie zasadniczego ujęcia fitosocjologicznego wyróżnionych jednostek w randze zespołu. Materiały zgromadzone przez cytowanych autorów zostały wykorzystane w późniejszych, krajowych opracowaniach o charakterze syntetycznym (Matuszkiewicz 1977, 1988, 2007; Matuszkiewicz & Matuszkiewicz 1994), w których pozycja syntaksonomiczna zbiorowisk karkonoskich nie uległa istotnym zmianom. W tym rozdziale przyjęto zasadę, że do czasu ponownego zbadania roślinności leśnej Karkonoskiego Parku Narodowego, co zapewne nastąpi w najbliższym czasie, należy zachować dotychczasowy podział i charakterystykę zespołów, zwłaszcza że podobną przesłanką kierowano się przy sporządzaniu aktualnych dokumentów planistycznych w zakresie ochrony przyrody Parku.

Tab. 1. Potencjalne zbiorowiska roślinne w ekosystemach leśnych Parku i odpowiadające im typy siedliskowe lasu

Lp.	Zespół roślinny według klasyfikacji Matuszkiewicza	Typ siedliskowy lasu	Powierzchnia [ha]	Udział [%]
1	Górnoreglowa świerczyna sudecka, podzespół typowy (*Calamagrostio villosae-Piceetum typicum*)	Bór wysokogórski, wariant świeży (BWGśw)	1604,1	37,23
2	Górnoreglowa świerczyna sudecka, podzespół paprociowy (*Calamagrostio villosae-Piceetum filicetosum*)	Bór wysokogórski, wariant wilgotny (BWGw)	401,77	9,32
3	Górnoreglowa świerczyna sudecka, podzespół torfowcowy (*Calamagrostio villosae-Piceetum sphagnetosum*)	Bór wysokogórski, wariant bagienny (BWGb)	392,91	9,12
4	Dolnoreglowy bór świerkowo-jodłowy, postać typowa (*Abieti-Piceetum*)	Bór mieszany górski, wariant świeży (BMGśw)	280,32	6,51
5	Dolnoreglowy bór świerkowo-jodłowy, postać podmokła (*Abieti-Piceetum*)	Bór mieszany górski, wariant wilgotny (BMGw)	21,23	0,49
6	Subaltalntycki bór sosnowy, odmiana podgórska (*Leucobro-Pinetum*)	Bór górski, wariant świeży (BGśw)	8,03	0,19
7	Uboga buczyna górska, podzespół ubogi (*Luzulo luzuloidi-Fagetum cladonietosum*)	Bór mieszany górski, wariant świeży (BMGśw)	54,44	1,26
8	Uboga buczyna górska, podzespół typowy (*Luzulo luzuloidi-Fagetum typicum*)	Las mieszany górski, wariant świeży (LMGśw)	1349,68	31,12
9	Uboga buczyna górska, podzespół wilgotny (*Luzulo luzuloidi-Fagetum dryopteridetosum*)	Las mieszany górski, wariant wilgotny (LMGw)	157,6	3,66
10	Żyzna buczyna sudecka (*Dentario enneaphyllidis-Fagetum*)	Las górski, wariant świeży (LGśw)	20,99	0,49
11	Podgórska dąbrowa acydofilna (*Luzulo luzuloidi-Quercetum*)	Las mieszany górski, wariant świeży (LMGśw)	9,16	0,21
12	Grąd środkowoeuropejski (*Galio sylvatici-Carpinetum*)	Las górski, wariant świeży (LGśw)	14,26	0,33
13	Nadrzeczna olszyna górska (*Alnetum incanae*)	Las łęgowy górski, wariant wilgotny (LłG)	3,23	0,07
Razem			4308,74	1552,72

Piętro pogórza

Naturalna roślinność leśna w piętrze pogórza karkonoskiego została bardzo silnie przekształcona w wyniku długotrwałej i silnej presji człowieka na środowisko przyrodnicze. Przeważające tu siedliska żyznych lasów liściastych w większości zostały wylesione i zamienione na tereny osadnicze oraz użytki rolne. Pozostałości zbiorowisk autogenicznych utrzymały się jedynie w miejscach trudno dostępnych albo mało przydatnych dla celów gospodarczych. Po przejęciu terenów od Lasów Państwowych, w skład piętra pogórza wchodzą lasy Wzgórza Chojnik, Góry Żar oraz częściowo Kopistej i Szerzawy. Stan zbiorowisk leśnych jest tu zróżnicowany, oprócz fitocenoz o charakterze naturalnym, występują ubogie florystycznie płaty z drzewostanami sztucznymi, zdominowanymi przez gatunki obce ekologicznie. (Ryc. 4)



Ryc. 4. Fragment drzewostanu zdominowanego przez świerka w piętrze pogórza (fot. A. Raj)

Środkowoeuropejski las grądowy *Galio sylvatici-Carpinetum betuli* Oberd. 1957. Siedlisko Natura 2000 (9170-1)

Lasy grądowe (dębowo-grabowe) były niegdyś dominującym elementem krajobrazu roślinnego piętra pogórza. Obecnie należą one do zbiorowisk silnie przekształconych, nawet na terenie Parku. Większą część powierzchni w niższych partiach wzgórza Chojnik, gdzie przeważają siedliska grądowe, zajmują dziś tzw. leśne zbiorowiska zastępcze, w których drzewostanie głównym gatunkiem jest świerk pospolity. W stosunkowo najlepiej wykształconych fragmentach grądu warstwa drzew składa się z lipy drobnolistnej, dębu bezszypułkowego, buka i brzozy brodawkowatej. Ważnym komponentem podszytu jest leszczyna – gatunek lokalnie wyróżniający las grądowy od pozostałych zbiorowisk lasów liściastych. Innymi roślinami diagnostycznymi dla grądu są rzadkie na omawianym terenie – gwiazdnica wielkokwiatowa *Stellaria holostea* i pszeniec gajowy *Melampyrum nemorosum*. Częstszymi składnikami runa są natomiast gatunki charakterystyczne dla całej grupy żyznych lasów liściastych, takie jak: wiechlina gajowa *Poa nemoralis*, szczyr trwały *Mercurialis perennis*, fiołek leśny *Viola reichenbachiana*, podagrycznik pospolity *Aegopodium podagraria* oraz gajowiec żółty *Galeobdolon luteum* (Świerkosz 1994a) (Ryc. 5). Las grądowy w Karkonoszach występuje w formie podgórskiej, którą od nizinnych postaci tego zespołu wyróżniają następujące górskie gatunki roślin: starzec jajowaty *Senecio fuchsii*, kokoryczka okółkowa *Polygonatum verticillatum* i przenęt purpurowy *Prenanthes purpurea*. Siedliska tego zespołu na terenie Parku zajmują powierzchnię 14,26 ha, jednak tylko na niewielkim areale (3,68 ha) występują płaty, które mają charakter naturalny i zbliżony do naturalnego. Zgodnie z klasyfikacją stosowaną w typologii lasu zespołowi grądu środkowoeuropejskiego odpowiada typ siedliskowy lasu górskiego (LGśw) w wariancie świeżym.

Podgórska dąbrowa acydofilna *Luzulo luzuloidis-Quercetum petraeae* Hilitzer 1932

Podgórskie dąbrowy acydofilne zajmowały niegdyś znaczne obszary Pogórza Sudetów, w tym również zbocza lub obszary wierzchowinowe pogórza karkonoskiego zbudowanego z kwaśnych skał bezwęglanowych. W Sudetach lasy te zachowały się głównie na Pogórzu Izerskim, Pogórzu Kaczawskim, Pogórzu Wałbrzyskim, w Górach Sowich i Górach Bardzkich (Reczyńska 2013). Z reguły mają one charakter zbiorowisk ciepłolubnych i występują na zboczach o wystawie południowej, południowo-zachodniej i zachodniej. Dość luźny i zazwyczaj jednowarstwowy drzewostan tworzy dąb bezszypułkowy z udziałem brzozy brodawkowatej, niekiedy z do-

mieszką buka, sosny, świerka lub dębu szypułkowego. W warstwie krzewów występuje podrost gatunków z drzewostanu oraz jarzębina, leszczyna i kruszyna. Warstwa runa składa się z gatunków typowych dla grupy ubogich lasów dębowych oraz charakterystycznych dla zbiorowisk borowych, takich jak: borówka czarna *Vaccinium myrtillus*, kosmatka gajowa *Luzula luzuloides*, trzcinnik leśny *Calamagrostis arundinacea*, śmiałek pogięty *Deschampsia flexuosa*, pszeniec zwyczajny *Melampyrum pratense*, nawłoć pospolita *Solidago virgaurea* oraz przedstawiciele rodzaju jastrzębiec. Na terenie Karkonoskiego Parku Narodowego zespół ten zidentyfikowano tylko w obrębie eksklawy Chojnik na powierzchni 9,16 ha. Płaty acydofilnej dąbrowy na zboczach Chojnika charakteryzują się znacznym stopniem degeneracji, z zaznaczającą się jednak tendencją do spontanicznej renaturyzacji. W klasyfikacji typologicznej zespołowi temu przypisano typ siedliskowy lasu mieszanego górskiego w wariancie świeżym (LMGśw).



Ryc. 5. Fragment zniekształconego lasu grądowego na Chojniku (fot. A. Raj)

Subatlantycki bór sosnowy, odmiana podgórska *Leucobryo-Pinetum* (W.Mat. 1962) W.Mat. & J.Mat. 1973

Bory sosnowe w Karkonoszach występują przy swej górnej granicy zasięgu pionowego rozmieszczenia w południowo-zachodniej Polsce. Jako trwałe zbiorowiska naturalne utrzymują się jedynie w specyficznych warunkach siedliskowych (łatwo przepuszczalne, skaliste i bezwęglanowe podłoże oraz względna suchość klimatu lokalnego). Na terenie Karkonoskiego Parku Narodowego fragmenty reliktowego naskalnego boru sosnowego występują w eksklawach „Chojnik" i „Wodospad Szklarki". Łączna powierzchnia tego zbiorowiska na terenie Parku wynosi 8,03 ha. (Ryc. 6) Drzewostan omawianego boru jest mało zwarty i składa się z sosny oraz domieszki świerka, buka, jarzębiny i brzozy brodawkowatej. W szczytowych rejonach Chojnika w warstwie krzewów występuje brzoza karpacka, gatunek lokalnie charakterystyczny dla zespołu *Betulo carpaticae-Pinetum* Mykiška 1970, zasiedlającego tam strome półki i połogie grzbiety skał na zboczach południowych (Świerkosz 1994a). Runo tworzą przede wszystkim krzewinki często występujące także wielu w innych zbiorowiskach borowych – borówka czarna *Vaccinium myrtillus* i borówka brusznica *V. vitis-idaea* oraz wrzos pospolity *Calluna vulgaris*. Stałym komponentem warstwy zielnej jest śmiałek pogięty *Deschampsia flexuosa*, a w warstwie przyziemnej dość znaczny udział mają niektóre porosty, np. chrobotek cienki *Cladonia macilenta* i chrobotek gwiazdkowaty *C. uncialis*, a także mchy, takie jak: rokiet cyprysowy *Hypnum cupressiforme*, zęboróg purpurowy *Ceratodon purpureus*, płonnik jałowcowaty *Polytrichum juniperinum* i widłozęb miotłowy *Dicranum scoparium*. Zgodnie z obowiązującą klasyfikacją typologiczną zespołowi subatlantyckiego boru sosnowego w odmianie podgórskiej odpowiada typ siedliskowy boru górskiego w wariancie świeżym (BGśw).



Ryc. 6. Fragment subatlantyckiego boru sosnowego w odmianie podgórskiej na Chojniku (fot. A. Raj)

Nadrzeczna olszyna górska *Alnetum incanae* Lüdi 1921. Siedlisko priorytetowe Natura 2000 (91E0-6)

Zbiorowisko lasu łęgowego z olszą szarą i runem jest charakterystycznym elementem roślinności dolin rzek i potoków górskich na żwirowiskach i innych utworach wodnego pochodzenia. Występuje ono powszechnie w Karpatach, a w Sudetach należy do rzadkich elementów roślinności leśnej. Jest tu wykształcone tylko fragmentarycznie, ponieważ większość wodnych została uregulowana i ma sztucznie umocnione brzegi. W Karkonoskim Parku Narodowym niewielkie i zubożałe płaty olszyny górskiej zachowały się jedynie w dolinie Kamiennej poniżej Wodospadu Szklarki oraz w najniższej części doliny potoku spływającego ze wschodnich zboczy Chojnika (3,23 ha). Gatunkami, które pozwalają na identyfikację tego zbiorowiska są: olsza szara *Alnus incana* – główny składnik drzewostanu oraz rutewka orlikolistna *Thalictrum aquilegiifolium*, świerząbek orzęsiony *Chaerophyllum hirsutum*, turzyca rzadkokłosa *Carex remota*, lepiężnik biały *Petasites albus*, rzeżucha gorzka w podgatunku Opiza *Cardamine amara* subsp. *opizii*. Zgodnie z obowiązującą klasyfikacją typologiczną zespołowi nadrzecznej olszyny górskiej, odpowiada typ siedliskowy lasu łęgowego górskiego (LłG).

Zboczowy las klonowo-lipowy *Aceri-Tilietum* Faber 1936

Lasy klonowo-lipowe występują zwykle na stromych stokach wzgórz oraz zboczach dolin nawadnianych przez powierzchniowy spływ wód opadowych i roztopowych, a także przez wody wysiękowe. W Karkonoskim Parku Narodowym zbiorowisko to zostało stwierdzone na dnie doliny potoku spływającego z Piekielnej Doliny w kierunku Sobieszowa, przy zachodniej granicy eksklawy „Chojnik" Świerkosz (1994a). W drzewostanie panującym gatunkiem jest tam klon pospolity. Domieszkę stanowią: lipa drobnolistna, jawor, buk i jesion. W ubogim runie przeważają rośliny nitrofilne, a udział kosmatki gajowej *Luzula luzuloides* wskazuje na przynależność omawianej fitocenozy do podzespołu *A.-T. luzuletosum* występującego w Sudetach na stromych, kamienistych stokach o ubogiej glebie z próchnicą typu mor (Świerkosz 1994a).

Zarośla tarniny i głogów *Pruno-Crataegetum* Hueck. 1931

Zarośla z tarniną i głogami należą do półnaturalnych zbiorowisk roślinnych i są częstym elementem roślinności na nizinnych siedliskach żyznych lasów liściastych w krajobrazie rolniczym i rolniczo-leśnym. W Karkonoskim Parku Narodowym kępy takich zarośli występują w szczytowej części wzgórza Chojnik (Świerkosz 1994b). Warstwę krzewów buduje w nich tarnina z domieszką jaworu i róży dzikiej; brak natomiast głogów. Najliczniejszą grupę roślin zielnych stanowią gatunki nieleśne, występujące zazwyczaj w zbiorowiskach tzw. okrajków w strefie antropogenicznej granicy lasu.

Piętro regla dolnego

Lasy w reglu dolnym mają charakter zbiorowisk górskich, a przewodnim typem roślinności naturalnej w tym piętrze są buczyny. W postaci mało zmienionej zachowały się jedynie w kilku miejscach na stosunkowo niewielkiej powierzchni. Na znacznym obszarze ich pierwotnego występowania prowadzona była niegdyś schematyczna gospodarka leśna protegująca w uprawie gatunki iglaste, głównie świerk, a w mniejszym stopniu także modrzew. W następstwie tego dziś regiel dolny zdominowany jest przez monokultury świerkowe oraz inne zbiorowiska, które powstały pod wpływem działalności człowieka.

W zależności od żyzności zajmowanych siedlisk dolnoreglowe lasy bukowe różnią się swym składem florystycznym, w związku z czym wyróżniane są dwa zespoły buczyn.

Uboga buczyna górska *Luzulo luzuloidis-Fagetum* (Du Rietz 1923) Markgr. 1932 emend. Meusel 1937. Siedlisko Natura 2000 (9110-2)

Ubogie lasy bukowe są częstym elementem roślinności niższych pięter górskich w środkowej Europie. Występują one na glebach o odczynie kwaśnym, wytworzonych na podłożu skał bezwęglanowych. Zespół *Luzulo luzuloidis-Fagetum* jest potencjalnie najważniejszym zbiorowiskiem regla dolnego w Karkonoskim Parku Narodowym, uwarunkowanym przez klimat. Drzewostan tego lasu składa się niemal wyłącznie z buka oraz domieszki świerka, a niekiedy także jodły. W warstwie krzewów oprócz podrostu tych drzew spotykane są: jarzębina, jawor i brzoza brodawkowata. Ubogie runo ma zwykle fizjonomię trawiastą, krzewinkową albo mszystą. Jego stałymi komponentami są między innymi: trzcinnik leśny *Calamagrostis arundinacea* borówka czarna *Vaccinium myrtillus* oraz widłoząb miotłowy *Dicranum scoparium*. Gatunkiem charakterystycznym jest kosmatka gajowa *Luzula luzuloides*, a do gatunków wyróżniających omawiany zespół od innych zbiorowisk lasów liściastych należą: śmiałek pogięty *Deschampsia flexuosa*, płonnik (złotowłos) strojny *Polytrichastrum formosum*, widłoząb miotłowy *Dicranum scoparium*, merzyk groblowy *Mnium hornum*, turzyca pigułkowata *Carex pilulifera* i widłozą bek jednoboczny *Dicranella heteromalla*. Potencjalny areał tego zespołu na terenie Parku wynosi 1552,72 ha z czego tylko na powierzchni 200 ha ma on charakter naturalny lub zbliżony do naturalnego. Pod względem lokalnosiedliskowym zespół *Luzulo luzuloidis-Fagetum* jest zróżnicowany na trzy jednostki w randze podzespołu:

1. *Luzulo luzuloidis-Fagetum cladonietosum* – podzespół suchy, który występuje na skalistych szczytach i grzbietach o płytkiej glebie, w miejscach wystawionych na działanie wiatrów, o suchym mikroklimacie (Ryc. 7). Postać tę wyróżnia występowanie chrobotków oraz obfity udział borówki czarnej. Zespołowi temu przypisano typ siedliskowy boru mieszanego górskiego w wariancie świeżym (BMGśw).



Ryc. 7. Uboga buczyna górska – podzespół suchy (fot. A. Raj)

2. *Luzulo luzuloidis-Fagetum typicum* – podzespół typowy, bez gatunków wyróżniających, zasiedlający gleby świeże (Ryc. 8). Jest on utożsamiany z typem siedliskowym lasu mieszanego górskiego w wariancie świeżym (LMGśw).
3. *Luzulo luzuloidis-Fagetum dryopteridetosum* – podzespół najbardziej żyzny, rozwijający się w wilgotnych zagłębieniach terenowych, na stokach o ekspozycji północnej (Ryc. 9).Wyróżnia się częstym i obfitym udziałem cienistki (zachyłki) trójkątnej *Gymnocarpium dryopteris*, nerecznicy krótkoostnej *Dryopteris carthusiana* i wietlicy samiczej *Athyrium filix-femina*. Jego odpowiednikiem jest typ siedliskowy lasu mieszanego górskiego w wariancie wilgotnym (LMGw).

Najlepiej wykształcone płaty acydofilnego lasu bukowego na obszarze Karkonoskiego Parku Narodowego zachowały się na niewielkich powierzchniach w eksklawach „Chojnik" i „Wodospad Szklarki" oraz w rejonie Jagniątkowa. Obszar siedliskowy omawianego zespołu zdominowany został przez leśne zbiorowiska zastępcze, głównie z monokulturami świerka i modrzewia. W miejscach wylesionych wykształcają się zbiorowiska porębowe. Rezultatem naturalnej sukcesji wtórnej są między innymi spontaniczne młodniki brzozowe.



Ryc. 8. Uboga buczyna górska – podzespół typowy (fot. A. Raj)



Ryc. 9. Uboga buczyna górska – podzespół wilgotny (fot. A. Raj)

Żyzna buczyna sudecka *Dentario enneaphyllidis-Fagetum* Oberd. 1953. Siedlisko Natura 2000 (9130-3)

Zasięg żyznego sudeckiego lasu bukowego obejmuje wschodnie rejony Średniogórzy Środkowoeuropejskich oraz przyległe do nich tereny wyżynne. Na obszarze Sudetów jest to zbiorowisko lokalnie dość częste, np. w Górach Sowich, Wałbrzyskich, Kamiennych oraz w Masywie Śnieżnika Kłodzkiego. W Karkonoskim Parku Narodowym, podobnie jak i w całych Karkonoszach należy do zespołów rzadkich, albowiem jego obszar siedliskowy jest ograniczony do miejsc, w których ubogie z natury gleby wykształcone na podłożu kwaśnym wzbogacone są w związki zasadowe w następstwie procesów deluwialno-koluwialnych, którym towarzyszy stały przepływ wód glebowych. Drzewostan omawianego lasu wypełnia prawie w całości buk z jednostkową domieszką jaworu. W dobrze rozwiniętym runie występują głównie byliny, typowe dla lasów liściastych występujących na siedliskach żyznych. Do gatunków diagnostycznych należą: przytulia wonna *Galium odoratum*, żywiec cebulkowy *Dentaria bulbifera* i żywiec dziewięciolistny *D. enneaphyllos* oraz kostrzewa leśna *Festuca altissima*. Udział czerńca gronkowego *Actaea spicata*, gajowca żółtego *Galeobdolon luteum*, niecierpka pospolitego *Impatiens noli-tangere* oraz przetacznika górskiego *Veronica montana* odróżnia omawiany zespół od buczyny acydofilnej *Luzulo luzuloidis-Fagetum*. Stosunkowo najlepiej wykształcone fitocenozy *Dentario enneaphyllidis-Fagetum* zachowały się na północnych stokach Chojnika oraz w dolinie Szklarki. Zgodnie z obowiązującą klasyfikacją typologiczną zespołowi żyznej buczyny sudeckiej, odpowiada typ siedliskowy lasu górskiego (LGśw) w wariancie świeżym.

Dolnoreglowy bór jodłowo-świerkowy *Abieti-Piceetum* W.Mat. 1967. Siedlisko Natura 2000 (9410-3)

Do zespołu tego zalicza się fitocenozy z drzewostanem świerkowym i domieszką jodły oraz z nieznacznym udziałem buka i jaworu, które ze względu na swój zdecydowanie borowy charakter mają więcej cech wspólnych ze zbiorowiskami acydofilnych świerczyn górnoreglowych niż z typowymi dla regla dolnego lasami bukowymi. Odrębność *Abieti-Piceetum* w stosunku do świerczyn górnoreglowych wyraża się poprzez występowanie w borze mieszanym grupy gatunków dolnoreglowych, np. jodły, buka i wietlicy samiczej *Athyrium filix-femina*, przy braku w tym zbiorowisku roślin subalpejskich. Od lasów bukowych omawiany zespół wyróżnia się stałym udziałem płaszczeńca falistego *Plagiothecium undulatum*, fałdownika rzemienistego *Rhytidiadelphus loreus*, pszeńca leśnego *Melampyrum sylvaticum*, podbiałka alpejskiego *Homogyne alpina*, biczycy trójwrębnej *Bazzania trilobata*, nerecznicy szerokolistnej *Dryopteris dilatata* i wrońca widlastego *Huperzia selago*. Fitocenozy *Abieti-Piceetum* w Karkonoskim Parku Narodowym występują w trzech sytuacjach topograficznych: w pasie przejściowym między reglem dolnym a górnym; w niższych położeniach na płaskich terasach stoków przy wystawie północnej, zwłaszcza w miejscach o dużej szkieletowości gleby; w podmokłych i czasami zabagnionych zagłębieniach z chłodnym klimatem lokalnym. Łączna powierzchnia siedlisk tego zespołu na terenie Parku jest szacowana na ok. 301,55 ha. Niestety do dnia dzisiejszego nie zachował się ani jeden płat tego zbiorowiska z typowym składem gatunkowym oraz swoistą strukturą drzewostanu. Część płatów boru jodłowo-świerkowego zawdzięcza swą genezę gospodarce leśnej. Powstały one w wyniku uprawy bądź protekcji odnowienia świerka na siedliskach kwaśnych buczyn. Zmiany degradacyjne siedliska spowodowały w takich wypadkach utrwalenie się dość stabilnych układów ekologicznych o charakterze antropogenicznym. Znaczną powierzchnię w obrębie obszaru siedliskowego *Abieti-Piceetum* zajmują sztuczne, lite drzewostany świerkowe, zwykle młodszych klas wieku, pod którymi runo jest bardzo słabo wykształcone, a tylko w miejscach prześwietlonych w większej obfitości występują w nim rośliny zielne, lecz zwykle o małej wartości diagnostycznej. Pod względem zmienności lokalnosiedliskowej omawiany zespół zróżnicowany jest na dwie postaci: suchszą, najbardziej rozpowszechnioną, której odpowiada typ siedliskowy boru mieszanego górskiego w wariacie świeżym (BMGśw) oraz postać wilgotną, (Bór mieszany górski w wariancie wilgotnym – BMGw) występującą w podmokłych zagłębieniach terenowych. Prowadzony od lat 90. ubiegłego wieku program restytucji jodły pospolitej stwarza możliwość odtworzenia tego zespołu w przyszłości.

Świerczyny antropogeniczne

Sztuczne drzewostany świerkowe w Karkonoskim Parku Narodowym zajmują przeważającą część obszaru siedliskowego ubogiej buczyny górskiej, podobnie jak na terenach sąsiednich, np. w Górach Izerskich, gdzie zostały ostatnio dokładnie przebadane (Malicki & Pielech 2013). Protegowanie świerka w lasach dolnoreglowych przyczyniło się do powszechnego przeobrażenia składu florystycznego i struktury zbiorowisk roślinnych. Pod wpływem zmiany gatunku drzewa dominującego w warstwie drzew ustąpiły przede wszystkim gatunki właściwe lasom liściastym, a w ich miejsce rozprzestrzeniły się rośliny wywodzące się ze zbiorowisk borowych, albo pochodzące ze zbiorowisk nieleśnych. Jedną z najczęściej częściej spotykanych postaci świerczyny an-

tropogenicznej w Parku jest zbiorowisko kultury świerkowej, w której runie panują trawy np. śmiałek pogięty *Deschampsia flexuosa* czy trzcinnik owłosiony *Calamagrostis villosa*. W miejscach rozrzedzonego drzewostanu i zwiększonego dostępu światła do dolnych warstw lasu rozwijają się płaty z udziałem tzw. gatunków porębowych, między innymi z maliną właściwą *Rubus idaeus*, bzem koralowym *Sambucus racemosa*, wierzbówką kiprzycą *Chamaenerion angustifolium* i naparstnicą purpurową *Digitalis purpurea*. Tam, gdzie zwarcie koron świerków jest bardzo duże runo jest zwykle słabo wykształcone i ubogie w gatunki. Silne ocienienie znoszą jedynie niektóre gatunki mszaków oraz paproci (Ryc. 10).



Ryc. 10. Rozpadające się monokultury świerkowe w reglu dolnym (fot. A. Raj)

Zarośla bzu koralowego *Sambucetum racemosae* (Noirf. 1949) Oberd. 1973

Jednym ze zbiorowisk zaroślowym rozwijającym się najczęściej na porębach oraz w dużych lukach i na obrzeżach lasów w reglu dolnym jest zespół bzu koralowego. W warstwie krzewów obok wymienionego gatunku panującego występują między innymi jarzębina, jawor, brzoza brodawkowata i buk. Wśród roślin zielnych dominują: malina właściwa *Rubus idaeus*, wierzbówka kiprzyca *Chamaenerion angustifolium* i starzec Fuchsa *Senecio fuchsii*. Zbiorowisko to występuje na siedliskach lasów bukowych, zwykle zajmowanych przez sztuczne drzewostany świerkowe. Nie ma ono charakteru trwałego, gdyż stanowi fazę sukcesyjną poprzedzającą stadium leśne.

Zarośla wierzby iwy *Epilobio-Salicetum capreae* Oberd. 1957

Zarośla z wierzbą iwą spotykane są w reglu dolnym na terenach dawniej odlesionych i pozostawionych naturalnej sukcesji, albo w innych odsłoniętych miejscach, gdzie zdarta została wierzchnia część gleby, np. wzdłuż szlaków turystycznych i zrywkowych. Jest to zbiorowisko występujące zwykle na siedliskach świeżych i wilgotnych. Poza wierzbą iwą i jej mieszańcami z wierzbą śląską warstwę krzewów tworzy często brzoza brodawkowata i bez koralowy. W runie stałymi składnikami są: malina właściwa *Rubus idaeus*, starzec Fuchsa *Sencio fuchsii* i wierzbówka kiprzyca *Chamaenerion angustifolium*.

Piętro regla górnego

W strefie tej jedynym zespołem leśnym uwarunkowanym przez warunki klimatyczne jest górnoreglowa świerczyna sudecka *Calamagrostio villosae-Piceetum*.

Górnoreglowa świerczyna sudecka *Calamagrostio villosae-Piceetum* (R.Tx. 1937) Hartm. ex Schülter. 1966. Siedlisko Natura 2000 (9410-1)

Zespół sudeckiego górnoreglowego boru świerkowego reprezentuje w Karkonoszach typ zbiorowiska świerczyny wysokogórskiej charakterystycznej dla najwyższej strefy leśnej masywów powstałych wskutek fałdowań hercyńskich. Poza Sudetami zespół ten, występuje w Alpach, Lesie Turyńskim, w Górach Kruszcowych a także w zachodniej części Karpat. Świerczyna górnoreglowa w Karkonoskim Parku Narodowym zajmuje wszystkie rodzaje siedlisk leśnych na podłożu krystalicznych skał bezwęglanowych powyżej 1000 m n.p.m. Fitocenozy tego zespołu charakteryzują się bardzo swoistą fizjonomią, ściśle uzależnioną od wzniesienia nad poziom morza. Warstwa drzew zbudowana jest prawie wyłącznie ze świerka. Nieznaczną na ogół domieszkę stanowi jarzębina. Zwarcie drzewostanu maleje ze wzniesieniem n.p.m. od około 80% do około 30%. Zgodnie z tą samą regułą zmniejsza się wysokość drzew oraz zmianom ulega ich pokrój. Przy granicy między reglem dolnym i górnym świerk wytwarza proste i gonne strzały z wysoko osadzonymi koronami. W wyższych położeniach, zwłaszcza w pobliżu górnej granicy lasu, drzewa ulegają deformacjom, występują często w biogrupach, wytwarzając zbieżyste pnie z nisko osadzoną koroną i długo utrzymującymi się martwymi gałęziami. Najbogatsze w gatunki jest runo, którego skład florystyczny wyraża odrębność siedliskową fitocenoz poszczególnych podzespołów. Warstwa zielna omawianego zespołu, wypełniająca od 30–40% do 80–90% powierzchni płatów ma najczęściej charakter krzewinkowy z dominacją borówki czarnej *Vaccinium myrtillus* i borówki brusznicy *V. vitis-idaea* lub trawiasty, z łanowym występowaniem trzcinnika owłosionego *Calamagrostis villosa*, albo ziołoroślowy z przewagą wietlicy alpejskiej *Athyrium distentifolium*. Stałymi komponentami runa są między innymi: śmiałek pogięty *Deschampsia flexuosa*, nerecznica szerokolistna *Dryopteris dilatata*, podbiałek alpejski *Homogyne alpina*, szczawik zajęczy *Oxalis acetosella*, konwalijka dwulistna *Majanthemum bifolium* oraz widłoząb miotłowy *Dicranum scoparium*, płonnik (złotowłos) strojny *Polytrichastrum formosum*, rokietnik pospolity *Pleurozium schreberi*, płaszczeniec falisty *Plagiothecium undulatum* i torfowiec Girgensohna *Sphagnum girgensohnii*. W stosunku do analogicznego boru górnoreglowego w Karpatach, na obszarze Sudetów zespół ten wyróżnia się przede wszystkim znacznie częstszym udziałem siódmaczka leśnego *Trientalis europaea* i pszeńca leśnego *Melampyrum sylvaticum* oraz występowaniem przytulii hercyńskiej *Galium saxatile*, a także brakiem kosmatki żółtawej *Luzula luzulina* i o wiele rzadszym występowaniem kosmatki olbrzymiej *L. sylvatica*. Wyrazem zmienności lokalnosiedliskowej jest zróżnicowanie zespołu świerczyny górnoreglowej na trzy następujące podzespoły:

1. *Calamagrostio-Piceetum typicum* – podzespół typowy (bór wysokogórski w wariancie świeżym BWGśw), najbardziej sucha, a fizjonomicznie i florystycznie najbardziej typowa postać zespołu, występująca najczęściej na wypukłych stokach o wysokim stopniu szkieletowości gleby w warunkach szybkiego odpływu wody opadowej (Ryc. 11).



Ryc. 11. Górnorelowa świerczyna sudecka – podzespół typowy (fot. A. Raj)

2. *Calamagrostio-Piceetum filicetosum* – podzespół paprociowy (bór wysokogórski w wariancie wilgotnym BWGw), zasiedlający wilgotne zbocza ze stałym wysiękiem wody bieżącej, który wyróżniają wietlica alpejska *Athyrium distentifolium*, liczydło górskie *Streptopus amplexifolius* i ciemiężyca zielona *Veratrum lobelianum* (Ryc. 12).



Ryc. 12. Górnorelowa świerczyna sudecka – podzespół paprociowy (fot. A. Raj)

3. *Calamagrostio-Piceetum sphagnetosum* – podzespół bagienny (bór wysokogórski w wariancie bagiennym BWGb), występujący w miejscach płaskich o utrudnionym odpływie wody, tam gdzie zachodzi proces trofotwórczy. Postać tę wyróżnia obfity udział torfowców oraz innych gatunków typowych dla torfowisk wysokich, np. modrzewnicy zwyczajnej *Andromeda polifolia*, żurawiny błotnej *Oxycoccus palustris* i borówki bagiennej *Vaccinium uliginosum* (Ryc. 13).



Ryc. 13. Górnorelowa świerczyna sudecka – podzespół bagienny (fot. A. Raj)

Obecnie obszar siedliskowy świerczyny górnoreglowej, najważniejszego zespołu leśnego w Karkonoskim Parku Narodowym, w dużej części zajęty jest przez fitocenozy o różnym zaawansowaniu procesów degeneracji i regeneracji (Ryc. 14). Łączna powierzchnia górnoreglowej świerczyny sudeckiej na terenie Parku wynosi 2398,78 ha, z czego pomimo wieloletnich negatywnych oddziaływań antropogenicznych aż na obszarze 934,63 ha zachowały właściwą dla tego zespołu strukturę i skład gatunkowy.



Ryc. 14. Górnorelowa świerczyna sudecka – podzespół paprociowy w fazie regeneracji (fot. A. Raj)

Główne drzewa lasotwórcze i ważniejsze krzewy ekosystemów leśnych Karkonoszy

Na obszarze Karkonoskiego Parku Narodowego stwierdzono dotychczas 78 taksonów (gatunków i podgatunków) drzew, krzewów oraz krzewinek, które na tym terenie występują w stanie naturalnym (Boratyński 1984, 1991; Świerkosz 1994a,b). Wśród nich 4 należą do roślin nagozalążkowych, a 74 do okrytozalążkowych. Liczba taksonów drzew wynosi 26, krzewów 41, a krzewinek 11. Najliczniejszą grupę 40 gatunków stanowią drzewa i krzewy rosnące przede wszystkim w lasach liściastych pogórza, lecz ze względu na niewielką powierzchnię, jaką zajmują fragmenty tego piętra w Parku, zaliczane są głównie do roślin rzadkich. Mniej liczną grupą, obejmującą 17 taksonów, tworzą gatunki, których centrum rozmieszczenia znajduje się w piętrze subalpejskim. W reglu dolnym występuje 14 taksonów. W zdominowanym przez świerka reglu górnym spotkać można stosunkowo niewiele innych roślin drzewiastych, takich jak borówki: czarną i brusznicę, jarzębinę, wierzby: iwę i śląska, czy malinę oraz kilka gatunków jeżyn.

Rola poszczególnych gatunków drzew w strukturze i funkcjonowaniu zbiorowisk leśnych jest zróżnicowana. Ze względu na specyficzne położenie Karkonoskiego Parku Narodowego najpospolitszym gatunkiem lasotwórczym na jego terenie jest świerk. Znacznie rzadsze są: buk zwyczajny, jodła pospolita, sosna zwyczajna i jawor, a dęby: szypułkowy i bezszypułkowy czy olsze: szara i czarna oraz jesion należą do gatunków, które wprawdzie wchodzą w skład zbiorowisk piętra pogórza, to jednak spełniają w nich jedynie funkcję tzw. gatunków domieszkowych.

Świerk pospolity *Picea abies* (L.) Karst. jest gatunkiem występującym naturalnie w dwóch ośrodkach zasięgowych: południowym, obejmującym góry środkowej i południowo-wschodniej Europy oraz północnym (nor-

dycko-bałtyckim), do którego należą obszary nizin nadbałtyckich, Niżu Wschodnioeuropejskiego i Skandynawii. Przez Polskę przebiega północno-zachodnia granica jego zasięgu. Optimum występowania osiąga w górach (fragment zasięgu południowego) oraz w północno-wschodniej części kraju (fragment zasięgu północnego). Na obszarach górskich rośnie od przedgórza po piętro subalpejskie, jednak najważniejszą rolę lasotwórczą spełnia w reglu górnym (DANIELEWICZ & PAWLACZYK 1998). Na obecne rozmieszczenie świerka wielki wpływ wywarła działalność człowieka. Dzięki wielu zaletom uprawowym stał się on jednym z najpopularniejszych gatunków drzew w leśnictwie środkowoeuropejskim. Podobnie jak w innych pasmach górskich Sudetów, także w Karkonoszach znaczną część powierzchni pierwotnych lasów liściastych pokrywają obecnie monokultury świerka. W Karkonoskim Parku Narodowym świerk występuje pospolicie zarówno w reglu dolnym, gdzie w większości został wprowadzony na siedliska lasów bukowych oraz w reglu górnym, w którym tworzy drzewostany naturalnych świerczyn wysokogórskich aż po górną granicę lasu, tj. do wysokości 1390 m n.p.m. (Ryc. 15). Powyżej strefy leśnej reprezentowany jest przez osobniki skarlałe, tzw. krzywulce, jakie spotkać można w zaroślach kosodrzewiny. Najwyżej położone stanowisko świerka w Parku znajduje się obecnie na wysokości niemal 1600 m n.p.m. tuż pod szczytem Śnieżki.



Ryc. 15. Biogrupa świerka w strefie górnej granicy lasu (fot. A. Raj)

Buk zwyczajny *Fagus sylvatica* L. jest drzewem klimatu umiarkowanego o charakterze oceanicznym. Jego zasięg geograficzny obejmuje niemal całą zachodnią i środkową Europę. W południowej części zasięgu buk jest drzewem górskim, w środkowej wyżynnym, a w północnej nizinnym. Na terenie Polski osiąga północno-wschodnią granicę rozmieszczenia i występuje w dwóch głównych ośrodkach: pomorskim oraz górsko-wyżynnym. Sudety stanowią obszar o największym zagęszczeniu miejsc występowania buka w południowo-zachodniej części kraju. Przeważająca liczba stanowisk w Sudetach Zachodnich znajduje się w pasie wysokościowym od 500 do 900 m n.p.m., gdzie zachowało się relatywnie najwięcej fragmentów buczyn i innych lasów z dużym udziałem tego gatunku. Najwyżej położone płaty lasu bukowego w Karkonoszach zobaczyć można koło schroniska „Nad Łomniczką" (wschodnie zbocza Małej Kopy), na wysokości 1020–1040 m n.p.m. Pojedyncze buki występują w tym rejonie jeszcze wyżej, na wysokości 1200 m n.p.m., gdzie stanowią domieszkę w drzewostanie górnoreglowego boru świerkowego (BORATYŃSKI 1991). Dobrze wykształcone drzewostany bukowe zachowały się w Karkonoszach jedynie w niewielu miejscach i zajmują mniej niż 10% powierzchni ich siedlisk. Udział ten jednak znacznie wzrósł w ostatnich

latach w młodych odnowieniach pochodzących zarówno z odnowień sztucznych, jak i naturalnych w wyniku prowadzonej zarówno w Parku jak i okolicznych nadleśnictwach przebudowy drzewostanów. Na siedlisku lasu mieszanego górskiego jest zadowalający (około 40%), chociaż brakuje go jeszcze w niektórych kompleksach leśnych w okolicy Karpacza i Szklarskiej Poręby (Ryc. 15–17).



Ryc. 16. Dorodne pnie buków (fot. A. Raj)

Jodła pospolita *Abies alba* Mill. obejmuje swym zasięgiem góry zachodniej, środkowej i południowej Europy, od Pirenejów na zachodzie, po Starą Planinę w Bułgarii i Karpaty Południowe w Rumunii, na wschodzie. W Polsce jest gatunkiem zarówno górskim jak i nizinnym. Osiąga u nas północną granicę zasięgu, która przebiega wzdłuż północnego krańca Niziny Śląskiej i północnej krawędzi Pasa Wyżyn Środkowych, a następnie przecina Nizinę Mazowiecko-Podlaską. Obszarem o największym zagęszczeniu stanowisk jodły w naszym kraju są Karpaty, gdzie obok buka jest ona często najważniejszym drzewem lasów dolnoreglowych. W Sudetach Zachodnich zachowały się jedynie nieliczne i rozproszone fragmenty zbiorowisk z jodłą, która rzadko tworzy w nich zwarte drzewostany i najczęściej reprezentowana jest tylko przez pojedyncze drzewa lub grupy drzew, zwykle o mocno osłabionej żywotności. Stosunkowo największa liczba stanowisk jodły w Karkonoszach znajduje się dolnej i środkowej strefie regla dolnego na wysokości 500–900 m n.p.m., a jej najwyższe stanowisko położone jest na wschodnim grzbiecie Małej Kopy na wysokości 1050 m n.p.m. (Boratyński & Filipiak 1997). Jodła pospolita należy obecnie do najrzadszych gatunków drzew lasotwórczych w Karkonoszach (Boratyński & Filipiak 1997). Jej pierwotny udział w tutejszych lasach został mocno ograniczony już w średniowieczu w następstwie masowych wylesień towarzyszących początkowo rozwojowi osadnictwa, a potem także przemysłu (Barzdajn 2000). Odnawianie jodły, z natury znacznie trudniejsze niż świerka i wymagające specjalnego postępowania gospodarczego, nie było później stosowane. Jak już wspomniano, na szeroką skalę zakładano monokultury świerkowe, które zdominowały krajobraz regla dolnego. Recesję jodły w Karkonoszach pogłębiały przemysłowe zanieczyszczenia powietrza i gleby, przegęszczenie zwierzyny płowej niszczącej odnowienia naturalne oraz liczne choroby grzybowe i uszkodzenia przez owady. Ze względu na krytyczny spadek liczebności jodły, zarówno na terenie Parku, jak również na obszarze całych Sudetów Zachodnich, w 1998 r. w KPN rozpoczęto program restytucji tego gatunku. Program ten obejmuje m.in.:

gromadzenie rodzimego materiału do rozmnażania w postaci nasion i pędów do szczepień, tworzenie archiwum genetycznego *ex situ*, hodowanie sadzonek i zakładanie upraw z udziałem jodły pospolitej; zbiór nasion oraz opracowanie technologii ich przechowywania i przysposobienia do wysiewu, inwentaryzację porostów epifitycznych występujących na jodle pospolitej oraz określenie rodzajów i stanu zdrowotnego mikoryz występujących na jodłach z odnowienia naturalnego i sztucznego (Ryc. 18).

Sosna zwyczajna *Pinus sylvestris* L. ma szeroki zasięg eurosyberyjski, największy ze wszystkich gatunków sosen, rozciągający się od gór Sierra Nevada na zachodzie, po środkowy bieg Leny, Morze Ochockie i Amur na wschodzie. W Polsce sosna zwyczajna występuje pospolicie na całym niżu; w górach jest znacznie rzadsza, a bardzo rzadka w rejonach położonych powyżej piętra pogórza. Naturalne stanowiska sosny zwyczajnej w Karkonoskim Parku Narodowym znajdują się tylko w eksklawach: „Chojnik" i „Wodospad Szklarki", gdzie mają najprawdopodobniej charakter reliktowy i pochodzą z okresu panowania klimatu bardziej kontynentalnego i suchszego niż obecnie. Zajmują tam specyficzne siedliska płytkich i łatwo przepuszczalnych gleb, których podłożem są granitowe bloki skalne (Ryc. 19).

Klon jawor *Acer pseudoplatanus* L. jest gatunkiem występującym naturalnie w zachodniej, środkowej i południowej Europie oraz na Kaukazie, głównie w niższych i średnio wysokich partiach obszarów górskich, a w północnej części zasięgu także na nizinach. W Polsce jest rozpowszechniony na całym obszarze,



Ryc. 17. Charakterystyczne pnie buków w Karkonoszach (fot. A. Raj)



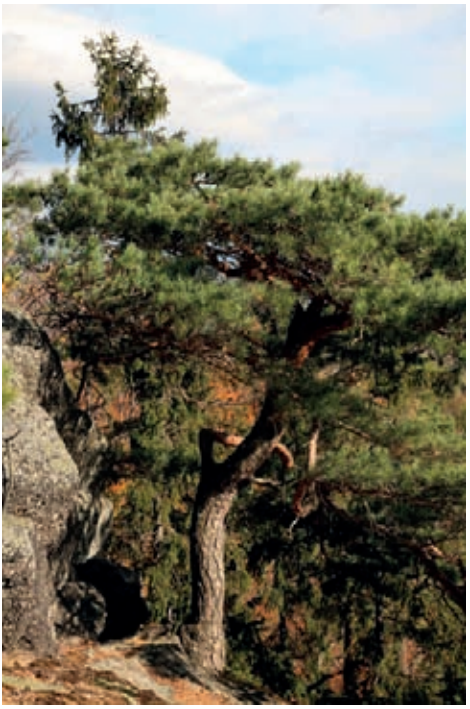
Ryc. 18. Obficie obradzająca jodła pospolita (fot. A. Raj)

z wyjątkiem północno-wschodnich krańców kraju, ale najwięcej jego stanowisk znajduje się w rejonach południowych, zwłaszcza w Karpatach i Sudetach. Na terenie Karkonoskiego Parku Narodowego jawor należy do gatunków domieszkowych w lasach bukowych regla dolnego i spotykany jest stosunkowo najczęściej nad potokami, wzdłuż których wkracza w regiel górny, a nawet do piętra subalpejskiego. Najwyższe stanowisko tego gatunku znajduje się w Kotle Łomniczki na wysokości 1235 m n.p.m. (BORATYŃSKI 1991) (Ryc. 20).

Wiąz górski *Ulmus glabra* Huds. występuje w Europie Środkowej i Północnej oraz w Azji Mniejszej. W Polsce rośnie w lasach liściastych, często wspólnie z bukiem, klonem pospolitym, lipą drobnolistną oraz jesionem. Gatunek ten jest mocno zagrożony chorobą grzybową przenoszoną przez chrząszcza – ogłodka wiązowca *Scolytus scolytus*. Na terenie Karkonoskiego Parku Narodowego występuje pojedynczo w dolnych partiach wzgórza Chojnik, na obrzeżach lasów liściastych w okolicach Jagniątkowa oraz wzdłuż rzeki Kamiennej. Ze względu na jego małą liczebność na terenie Parku oraz utrzymujące się zagrożenie zamierania dorosłych drzew, wiąz górski objęty jest w Parku programem restytucji już od wielu lat.

Jarząb pospolity *Sorbus aucuparia* L. występuje na obszarze prawie całej Europy, z wyjątkiem regionów najbardziej południowych, oraz na oderwanych, wyspowych stanowiskach na Krymie, Kaukazie i w północnej Anatolii. W Polsce jest gatunkiem pospolitym na niżu oraz w górach. Również w Karkonoszach należy do drzew najbardziej rozpowszechnionych, od pogórza po piętro subalpejskie. W niższych położeniach reprezentowany jest przez podgatunek typowy (*S. a.* subsp. *aucuparia*), natomiast w strefie górnej granicy lasu i ponad nią – przez podgatunek o nagich pąkach, liściach i kwiatostanach – *S. a.* subsp. *glabrata* (Wimm. et Grab.) Cajander. Rola oraz udział jarzębu pospolitego w naturalnych zbiorowiskach roślinnych powiększa się ze wzrostem wzniesienia stanowisk nad poziom morza, od gatunku domieszkowego w lasach reglowych do gatunku współtworzącego warstwę krzewów w zaroślach drzew i krzewów liściastych piętra subalpejskiego. Obecnie jarzębina jest jednym z najważniejszych roślin inicjujących sukcesję lub regenerację lasu na siedliskach górnoreglowego boru świerkowego (Ryc. 21).

Brzoza karpacka *Betula pubescens* Ehrh. subsp. *carpatica* (Willd.) Asch. et Graebn. (*Betula carpatica* Waldst. et Kit.) została opisana w randze gatunku przez Waldsteina i Kitaibela w 1805 roku na podsta-



Ryc. 19. Naskalny ekotyp sosny pospolitej (fot. A. Raj)



Ryc. 20. Stary jawor w Czarnym Kotle (fot. A. Raj)



Ryc. 21. Górski podgatunek jarzębu pospolitego (fot. A. Raj)

wie okazów zebranych w Tatrach. Pozycja systematyczna tej brzozy nie została jednoznacznie wyjaśniona. Obecnie jest ona traktowana najczęściej jako podgatunek brzozy omszonej, spokrewnionym z innym podgatunkiem, występującym w Skandynawii – *Betula pubescens* subsp. *tortuosa* (Ledeb.) Nyman. Ogólny zasięg brzozy karpackiej jest dość trudny do ustalenia, albowiem w wielu opracowaniach na temat rozmieszczenia roślin nie uwzględniano jej odrębności taksonomicznej. Można jednak przyjąć, że występuje ona w górach na terenie środkowej Europy. W Polsce znana jest z Tatr i Sudetów. Jej populacje mają charakter reliktowy i wywodzą się z późnoglacjalnych zgrupowań brzóz z udziałem wymienionego podgatunku północnoeuropejskiego (DANIELEWICZ 1993). Na obszarze Sudetów stanowiska brzozy karpackiej znajdują się w Górach Izerskich, Górach Stołowych, Górach Bystrzyckich oraz w Rudawach Janowickich i w Karkonoszach, gdzie występuje najliczniej i jest ważnym składnikiem subalpejskich zarośli drzew i krzewów liściastych. W ostatnich latach gatunek ten wykorzystywany był również do odnowień górnoreglowych borów świerkowych, szczególnie w strefie górnej granicy lasu. Większość stanowisk karkonoskich położona jest na wysokości



Ryc. 22. Brzoza karpacka w Kotle Łomniczki (fot. A. Raj)

1100–1300 m n.p.m., a najwyższe z nich – w kotle Łomniczki na wysokości 1370 m n.p.m. (Boratyński & Danielewicz 1989) (Ryc. 22).

Brzoza brodawkowata *Betula pendula* Roth. w ostatnich dziesięcioleciach stała się jednym z pospolitszych gatunków w Karkonoszach. Wcześniej jego gromadne występowanie ograniczone było do piętra pogórza i niektórych rejonów regla dolnego, gdzie roślinność leśna uległa przekształceniu wskutek działania czynników antropogenicznych (wylesienia lub celowe zakładanie upraw brzozowych) albo naturalnych (np. huragany czy gradacje owadów). Ekspansja tego pionierskiego drzewa na tereny wyżej położone nastąpiła dopiero po masowym rozpadzie drzewostanów świerkowych, do którego doszło w połowie lat 80. XX wieku. Obecnie brzoza brodawkowata jest jednym z ważniejszych gatunków uczestniczących w procesie odbudowy uszkodzonych zbiorowisk leśnych nie tylko na obszarze Karkonoskiego Parku Narodowego, ale także w innych rejonach Sudetów Zachodnich (Ryc. 23).



Ryc. 23. Brzoza brodawkowata (fot. A. Raj)

Wierzba śląska *Salix silesiaca* Willd. ma stosunkowo niewielki zasięg geograficzny, ograniczony do pasm górskich środkowej i południowo-wschodniej Europy (Sudety, Karpaty, góry Hercegowiny, Bośni i zachodniej Bułgarii). W Polsce występuje tylko w Karpatach i Sudetach oraz na nielicznych stanowiskach na niżu w południowej części kraju. Na terenie Karkonoskiego Parku Narodowego jest gatunkiem pospolitym w piętrze subalpejskim, a rzadszym w niższych piętrach roślinnych, gdzie rośnie najczęściej w dolinach potoków. Maksimum wysokościowe osiąga na północnych zboczach Śnieżki – 1465 m n.p.m. (Boratyński 1991). Wierzba śląska jest gatunkiem o dużej zmienności morfologicznej oraz tworzącym mieszańce z gatunkami blisko spokrewnionymi. W najbardziej typowej postaci występuje najczęściej na stanowiskach położonych najwyżej. Podobnie jak brzoza karpacka, gatunek ten wykorzystywano był do odnowień górnoreglowych borów świerkowych, szczególnie w strefie górnej granicy lasu.

Podsumowanie

Pomimo, iż ekosystemy leśne Karkonoskiego Parku Narodowym zajmują jedynie około 26% ogólnej powierzchni lasów występujących po polskiej stronie Karkonoszy (pozostała część lasów karkonoskich administrowana jest przez nadleśnictwa: Szklarska Poręba, Śnieżka w Kowarach i Kamienna Góra) ich wartość przyrodnicza i naukowa jest olbrzymia. Wynika to przede wszystkim z faktu, iż lasy te od 60 lat podlegają jednolitym zasadom ochrony konserwatorskiej w ramach najwyższej formy ochrony przyrody, jaką jest park narodowy. Niezależnie od zmieniających się zagrożeń środowiska przyrodniczego czy modyfikowanych co jakiś czas przepisów prawnych,

główne cele i zasady ochrony lasów w Parku pozostają niezmienne, dzięki czemu na dość dużych obszarach występują dziś ekosystemy leśne o charakterze naturalnym lub zbliżonym do naturalnego. Lasy te w znacznej części wykształciły się spontanicznie i charakteryzują się swoistą różnorodnością biologiczną, typową dla lasów górskich. Specyficznym elementem szaty leśnej na obszarze Karkonoskiego Parku Narodowego, unikatowym w skali całego regionu sudeckiego, jest w pełni rozwinięta strefa górnej granicy lasu, o wręcz modelowym rozmieszczeniu przestrzennym i strukturze oraz bogactwie i układzie formacji roślinnych. Ten wybitnie wyodrębniający się pod względem fizjonomii fragment krajobrazu jest jednym z najcenniejszych komponentów karkonoskiej przyrody i stanowi interesujący obiekt w badaniach naukowych (ZIENTARSKI 1993; RAJ i in. 2006). Na uwagę zasługuje fakt, że drzewostany na terenie Parku mają zróżnicowaną strukturę wiekową, a przy tym wysoki wiek przeciętny, przekraczający 90 lat i są obecnie w bardzo dobrym stanie sanitarnym. Charakteryzują się dużą dynamiką odnowienia naturalnego (RAJ i in. 2008), a w miejscach, gdzie prowadzona jest czynna ochrona ekosystemów leśnych, także pomyślnym rozwojem młodego pokolenia drzew pochodzącego z odnowienia sztucznego (CEGIEŁKA i in. 2008). Regularnie zwiększa się też przyrost zasobności drzewostanów (ZIENTARSKI i in. 2008). Wyniki badań, między innymi na temat ugrupowań bezkręgowców, wskazują na systematycznie postępującą stabilizację środowiska leśnego (GWIAZDOWICZ i in. 2008; MAZUR i in. 2008) (Ryc. 24).



Ryc. 24. Sosna rosnąca w towarzystwie buka (fot. A. Raj)

Na kondycję karkonoskich lasów istotny wpływ wywierały nierzadko czynniki destrukcyjne, naturalne i abiotyczne, takie jak huragany czy susze, a także antropogeniczne, np. zanieczyszczenia powietrza i gleby, które zwykle pociągały za sobą zakłócenia fizjologiczne drzew, gradacje szkodliwych owadów i choroby grzybowe, a w konsekwencji – przerzedzanie i zamieranie drzewostanów. W sytuacjach klęskowych podejmowano dawniej różne decyzje o sposobach ratowania i ochrony lasu. Od kilku dziesięcioleci znaczna część ekosystemów z rozpadającym się drzewostanem jest wyłączona z bezpośredniej ingerencji służb Parku i pozostawiona wraz z martwym drewnem do naturalnego rozwoju. Wyniki prowadzonego od wielu lat monitoringu przyrodniczego potwierdziły słuszność takiej formy ochrony na terenie parku narodowego, która wbrew wcześniejszym obawom dość szybko dała pozytywne rezultaty, polegające na stopniowej, samoistnej odbudowie i różnicowaniu się struktury lasów, przywracaniu właściwych im wewnętrznych powiązań, zależności i funkcji oraz odtwarzaniu górskiej różnorodności biologicznej (RAJ & DOBROWOLSKI 2013) (Ryc. 25).



Ryc. 25. Odnowienia górnoreglowej świerczyny sudeckiej pod osłoną martwych drzew (fot. A. Raj)

Literatura

Barzdajn W. 1993: Przebieg wzrostu świerka (*Picea abies* (L) Karst.) w naturalnych i sztucznych drzewostanach Karkonoszy. Geoekologiczne Problemy Karkonoszy. Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego. Wrocław: 349–354.

Barzdajn W., Urbański K. & Wesoły W. 1993: Zmienność morfologiczna świerka pospolitego (*Picea abies* (L) Karst.) w Karkonoszach w zależności od wzniesienia nad poziom morza. Geoekologiczne Problemy Karkonoszy. Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego. Wrocław: 343–348.

Boratyński A. 1984: Drzewa i krzewy Karkonoskiego Parku Narodowego. Prace Karkonoskiego Tow. Nauk., Kom. Nauk Przyr. Badania w KPN, 1: 97–106.

Boratyński A. 1987: Chronione i godne ochrony drzewa i krzewy polskiej części Sudetów, Pogórza i Przedgórza Sudeckiego. 3. *Salix lapponum* L. Arbor. Kórn. 32: 3–18.

Boratyński A. 1991: Chorologiczna analiza flory drzew i krzewów Sudetów Zachodnich. Instytut Dendrologii PAN Kórnik. Maszynopis, depon. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra.

Boratyński A. 1994: Chronione i godne ochrony drzewa i krzewy polskiej części Sudetów, Pogórza i Przedgórza Sudeckiego.7. *Pinus mugo* Turra i *Pinus uliginosa* Neumann. Arbor. Kórn. 39: 63–85.

Boratyński A. & Danielewicz W. 1989: Chronione i godne ochrony drzewa i krzewy polskiej części Sudetów, Pogórza i Przedgórza Sudeckiego. 5. *Betula pubescens* Ehrh. subsp. *carpatica* (Waldst. et Kit.) Asch. et Graebner. Arbor. Kórn. 34: 71–88.

Boratyński A. & Danielewicz W. 1991: Czeremcha skalna i porzeczka skalna w Karkonoskim Parku Narodowym. Prace Karkonoskiego Tow. Nauk., Kom. Nauk Przyr. Badania w KPN, 2: 35–45.

Boratyński A. & Danielewicz W. 1992: Flora i roślinność Karkonoszy ze szczególnym uwzględnieniem stanu zachowania zbiorowisk leśnych. W: Korzeń J. (red.), Założenia do planu i plan ochrony oraz zagospodarowania przestrzennego Karkonoskiego Parku Narodowego z otuliną. Jeleniogórskie Biuro Planowania i Projektowania, Jelenia Góra. Maszynopis, depon. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra.

Boratyński A. & Filipiak M. 1997: Jodła pospolita (*Abies alba* Mill.) w Sudetach. Rozmieszczenie, warunki występowania, stan zachowania drzewostanów. Arbor. Kórn. 42: 149–183.

Boratyński A., Konca B. & Zientarski J. 1987: Sudeckie bory górnoreglowe *Plagiothecio-Piceetum hercynicum* – warunki występowania, struktura, zagrożenie przez zanieczyszczenia środowiska. Arbor. Kórn. 32: 163–205.

Boratyński A., Konca B. & Zientarski J. 1988: Górnoreglowe świerczyny sudeckie – *Plagiothecio-Piceetum hercynicum*, najbardziej zagrożony zespół leśny Polski. Chrońmy Przyr. Ojcz. 43,1: 23–38.

Cegiełka E., Zientarski J. & Raj A. 2008: Dynamika zmian lasu objętego przebudową na powierzchni monitoringowej w reglu dolnym Karkonoskiego Parku Narodowego. W: Mazur A., Raj A. & Knapik R. (red.), Monitoring ekosystemów leśnych w Karkonoskim Parku Narodowym. Karkonoski Park Narodowy. Jelenia Góra: 196–210.

Danielewicz W. 1991: Charakterystyka populacji brzozy karpackiej w Karkonoskim Parku Narodowym. Prace Kark. Tow. Nauk.., Kom. Nauk Przyr., Badania w KPN, 2: 46–57.

Danielewicz W. 1993: Morfologiczna zmienność liści, owoców i łusek owocowych brzozy karpackiej (*Betula carpatica* Waldst. et Kit.) w Polsce. Rocz. Dendr. 412: 33–52.

Danielewicz W., Krauz M., Raj A. & Zientarski J. 1996: Operat ochrony ekosystemów leśnych. W: Korzeń J: (red.), Plan ochrony Karkonoskiego Parku Narodowego. Jeleniogórskie Biuro Planowania i Projektowania, Jelenia Góra. Maszynopis, Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra.

Danielewicz W. & Pawlaczyk P. 1998: Rola świerka w strukturze i funkcjonowaniu fitocenoz. W: Boratyński A. & Bugała W. (red.), Biologia świerka pospolitego. Bogucki Wyd. Nauk. Poznań: 359–426.

Danielewicz W., Raj. A. & Zientarski J. 2002: Ekosystemy leśne Karkonoskiego Parku Narodowego. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra: ss. 96.

Danielewicz W. & Zientarski J. 1993: Tendencje dynamiczne górnoreglowych borów świerkowych w Karkonoskim Parku Narodowym. Geoekologiczne problemy Karkonoszy. Wyd. Uniw. Wrocł., Wrocław: 323–328.

Danielewicz W. & Zientarski J. 1995a: Charakterystyka wybranych cech górnoreglowego boru świerkowego z zamierającym drzewostanem w świetle badań na stałych powierzchniach w Karkonoskim Parku Narodowym. Geoekologiczne problemy Karkonoszy. Wyd. „Acarus", Poznań: 101–106.

Danielewicz W. & Zientarski J. 1995b: Factors of vegetation dynamics in the areas of spruce forest of the upper mountain zone with declining stands of tres in the karkonosze National Park. W: Breymeyer A. (red.), Euro-Mab IV. Mountain zonality facing global change. IGiPZ PAN, Warszawa: 77–86.

Fabiszewski J. 1985: Szata roślinna. W: Jahn A. (red.), Karkonosze polskie. Ossolineum, Wrocław: 191–236.

Gwiazdowicz D.J. 2008: Monitoring roztoczy z rzędu *Gamasida* w Karkonoskim Parku Narodowym. W: Mazur A., Raj A. & Knapik R. (red.), Monitoring ekosystemów leśnych w Karkonoskim Parku Narodowym. Karkonoski Park Narodowy. Jelenia Góra: 171–183.

Malicki M. & Pielech R. 2013: Opracowanie fitosocjologiczne leśnych zbiorowisk roślinnych dla Leśnego Kompleksu Promocyjnego „Sudety Zachodnie". Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej, Oddział w Brzegu. Brzeg.

Matuszkiewicz A. & Matuszkiewicz W. 1967: Zespoły roślinne Karkonoskiego Parku Narodowego. Cz. 1. Zespoły leśne. Prace Wrocł. Tow. Nauk., Ser. B 135: 1–100.

Matuszkiewicz A. & Matuszkiewicz W. 1975: Mapa zbiorowisk roślinnych Karkonoskiego Parku Narodowego. Ochr. Przyr. 40: 45–112.

Matuszkiewicz J.M. 1977: Przegląd fitosocjologiczny zbiorowisk leśnych Polski. Cz. 4. Bory świerkowe i jodłowe. Phytocoenosis 6 (3): 149–227.

Matuszkiewicz J.M. 1988: Przegląd fitosocjologiczny zbiorowisk leśnych Polski. Bory mieszane i acidofilne dąbrowy. Fragmenta Floristica et Geobotanica 33: 107–190.

Matuszkiewicz J. M. 2007: Zespoły leśne Polski. Wyd. Nauk. PWN. Warszawa.

Matuszkiewicz W. & Matuszkiewicz J.M. 1994: Przegląd fitosocjologiczny zbiorowisk leśnych Polski. Phytocoenosis 8 (N.S.), Seminarium Geobotanicum 3: 1–79.

Mazur A., Skoczek A., Tkocz D. & Urban M. 2008: Chrząszcze kusakowate (*Coleoptera, Staphylinidae)* w monitoringu ekosystemów leśnych Karkonoskiego Parku Narodowego. W: Mazur A., Raj A. & Knapik R. (red.), Monitoring ekosystemów leśnych w Karkonoskim Parku Narodowym. Karkonoski Park Narodowy. Jelenia Góra: 128–159.

Modrzyński J. 1984: Problem ras świerka (*Picea abies* (L) Karst.) w Karkonoszach. Prace Karkonoskiego Towarzystwa Naukowego. Jelenia Góra. 41. str. 107–118.

Modrzyński J. 1993: Środowiskowe przystosowanie świerka w Karkonoszach. Geoekologiczne Problemy Karkonoszy. Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego. Wrocław: 335–342.

Raj A. 1992: Obumieranie lasów w Karkonoskim Parku Narodowym. Parki Narodowe. 3: 5–6.

Raj A. 1995: Niektóre problemy ochrony ekosystemów leśnych Karkonoskiego Parku Narodowego na przestrzeni ostatnich kilkunastu lat. Geoekologiczne Problemy Karkonoszy. KPN-ACARUS. II: 95–100.

Raj A. & Zientarski J. 2004: Charakterystyka drzewostanów i odnowień w Karkonoskim Parku Narodowym, Geoekologiczne Problemy Karkonoszy, Opera Corcontica, tom 2.: 249–366.

Raj A., Łabędzki A. & Mazur A. 2006: Characteristics of forest stands on the uppermost forest boundary zone of the Karkonoski National Park. Insect outbreaks in managed and unmanaged forests. Ed. Kolk A. Forest Research Institute. Warsaw: 47–58.

Raj A. & Dobrowolski M. 2013: Analiza odnowień lasu na stałych powierzchniach monitoringowych w Karkonoskim Parku Narodowym. Karkonoski Park Narodowy. Jelenia Góra. Maszynopis.

Raj J., Zientarski J. & Raj A. 2008: Analiza regeneracji lasu na powierzchniach monitoringowych w reglu górnym w Karkonoskim Parku Narodowym. W: Mazur A., Raj A. & Knapik R. (red.), Monitoring ekosystemów leśnych w Karkonoskim Parku Narodowym. Karkonoski Park Narodowy. Jelenia Góra: 232–248.

Reczyńska K. 2013: Zróżnicowanie, rozmieszczenie i stan zachowania dąbrów acydofilnych i ciepłolubnych (Cl. *Quercetea robori-petraeae*, O. *Quercetalia pubescenti-petraeae*) na terenie Sudetów, ich Pogórza i Przedgórza. Maszynopis pracy doktorskiej. Muzeum Przyrodnicze Uniwersytetu Wrocławskiego. Wrocław.

Świerkosz K. 1994a: Zbiorowiska roślinne Góry Chojnik – eksklawy Karkonoskiego Parku Narodowego. Cz. 1. Zbiorowiska leśne. Parki Nar. Rez. Przyr. 13,2: 17–36.

Świerkosz K. 1994b: Zbiorowiska roślinne Góry Chojnik – eksklawy Karkonoskiego Parku Narodowego. Cz. 2. Zbiorowiska nieleśne. Parki Nar. Rez. Przyr. 13,2: 37–53.

Świerkosz K. 1995: Ochrona zbiorowisk roślinnych pogórza i niższych partii regla dolnego w Karkonoskim Parku Narodowym. Chrońmy Przyr. Ojcz. 51,6: 16–25.

Zientarski J. 1993: Zmiana przebiegu górnej granicy lasu w Karkonoskim Parku Narodowym. Materiały z sesji naukowej w Karpaczu 11–13.10.1991. Wrocław, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego: 329–333.

Zientarski J., Raj A., Podlaszewski A. & Pietras M. 2008: Wiek i przyrost drzewostanów w strefie górnej granicy lasu w Karkonoskim Parku Narodowym. W: Mazur A., Raj A. & Knapik R. (red.), Monitoring ekosystemów leśnych w Karkonoskim Parku Narodowym. Karkonoski Park Narodowy. Jelenia Góra: 260–279.

Dane adresowe autorów:

Władysław Danielewicz
Katedra Botaniki Leśnej
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Wojska Polskiego 71 d
60-625 Poznań
danw@up.poznan.pl

Andrzej Raj
Karkonoski Park Narodowy
ul. Chałubińskiego 23
58-570 Jelenia Góra
andraj@kpnmab.pl

Jacek Zientarski
Katedra Siedliskoznawstwa i Ekologii Lasu
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Wojska Polskiego 71E
60-625 Poznań
jazient@up.poznan.pl

Danielewicz W., Raj A. & Zientarski J. 2019: Ekosystemy leśne. W: Knapik R., Migoń P. & Raj A. (red.), Przyroda Karkonoskiego Parku Narodowego. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra: 279–302.

Zygmunt Kącki, Krystyna Pender

Łąki

Wstęp

Na nieleśną szatę roślinną Karkonoskiego Parku Narodowego składają się liczne formacje roślinne zarówno naturalne, jak i antropogeniczne, których zróżnicowanie oraz rozmieszczenie jest determinowane przez warunki siedliskowe, charakterystyczne dla poszczególnych pięter roślinnych. W przeważającej części naturalny charakter ma szata roślinna pięter alpejskiego i subalpejskiego, w których znajdują się ekosystemy o wyjątkowym znaczeniu biogeograficznym oraz podkreślające niepowtarzalność tego pasma górskiego. Odmienny charakter roślinności mają tereny położone w piętrze pogórza, w reglu dolnym oraz częściowo w reglu górnym i w strefie przejściowej pomiędzy reglem górnym a piętrem subalpejskim. W ich krajobrazie dominuje roślinność powstała pod bezpośrednim lub pośrednim wpływem człowieka. W położeniach tych jednym z efektów trwającego od stuleci osadnictwa, którego szczególny rozkwit następuje w XVIII i XIX wieku, jest występowanie półnaturalnych zbiorowisk trawiastych w postaci łąk i pastwisk, z których pozyskiwano paszę dla zwierząt gospodarskich. Na terenie KPN są one reliktami dawnych, kośno-pastwiskowych kultur rolnych oraz stanowią istotną ostoję różnorodności gatunkowej w reglach, zdominowanych przez ubogie w gatunki monokultury świerkowe. Flora łąk karkonoskich jest dość bogata i urozmaicona. Obejmuje co najmniej 296 gatunków roślin naczyniowych (Kącki & Pender 2008). Jest to niemal 1/3 wszystkich gatunków stwierdzonych dotychczas na terenie parku (Fabiszewski 2004).

Istnienie łąk i pastwisk zależy od koszenia lub wypasu (Ryc. 1). Niegdyś, na obecnym terenie parku narodowego znajdowały się liczne gospodarstwa rolne, położone nawet w wyższych partiach Karkonoszy. W wyniku



Ryc. 1. Pastwiska u podnóża Karkonoszy (fot. Z. Kącki)

powojennych zmian terytorialnych i społecznych, a także z powodu objęcia ochroną obszarów, które weszły w skład Parku, doszło do zmian w szacie roślinnej związanych z zarzuceniem gospodarki rolnej, odłogowaniem pól, a na użytkach zielonych zaprzestaniem zbioru siana. W efekcie łąki i pastwiska ulegały przekształceniu w toku sukcesji, a część z nich zanikła. W celu powstrzymania tego procesu oraz z potrzeby zachowania cennych ekosystemów na większości łąk jest prowadzona czynna ochrona roślinności nieleśnej polan reglowych.

Zróżnicowanie fitosocjologiczne roślinności nieleśnej położeń reglowych

W skład szaty roślinnej łąk Karkonoskiego Parku Narodowego i jego otuliny wchodzą zbiorowiska reprezentujące wiele typów fitocenoz. Tworzą one niepowtarzalne układy mozaikowe złożone z płatów należących do klas: *Molinio-Arrhenatheretea*, *Calluno-Ulicetea*, *Scheuchzerio-Caricetea fuscae*, *Phragmitetea* i *Mulgedio-Aconitetea*, a także *Juncetea trifidi* (Tab. 1). Są to typy roślinności o różnej genezie i zasięgach wysokościowych. Łączy je jednak historyczny lub obecny sposób użytkowania polegający na wypasie lub koszeniu.

Tab. 1. Wykaz zbiorowisk łąkowych i pastwiskowych oraz innych typów roślinności wchodzących w skład mozaiki terenów nieleśnych polskiej części Karkonoszy (Kącki & Pender 2008)

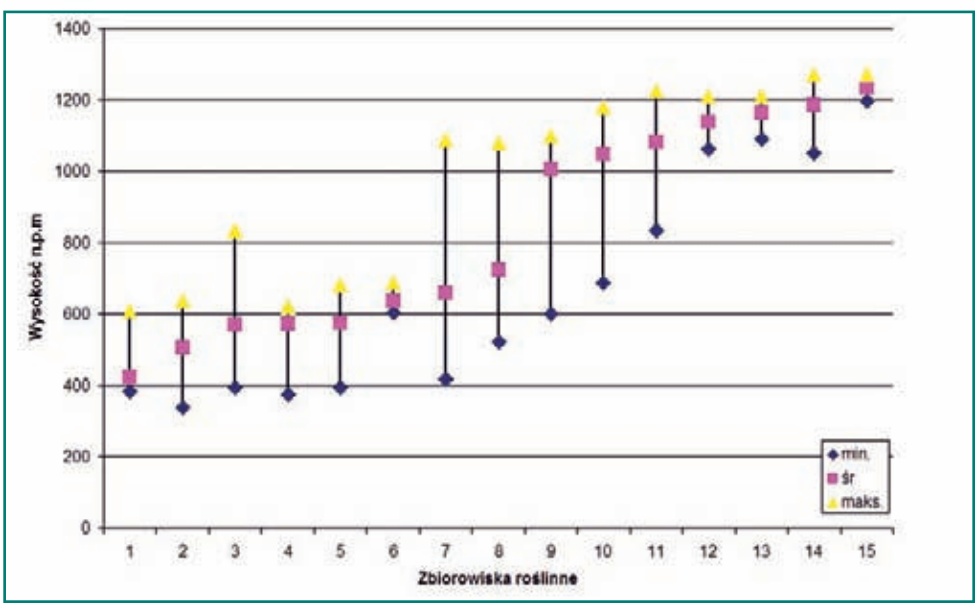
Syntaksony
Molinio-Arrhenatheretea R.Tx. 1937
Junco filiformis-Polygonetum bistortae Balátová-Tuláčková 1981
Scirpetum sylvatici Ralski 1931
Juncetum acutiflori Br.-Bl. 1915
Loto uliginosi -Holcetum lanati Pass. (1964) 1977
Angelico-Cirsietum oleracei R.Tx. 1937 em. Oberd. 1967
Lysimachio vulgaris-Filipenduletum Balátová-Tuláčková 1978
Chaerophyllo hirsuti-Filipenduletum Niemann, Heinrich et Hilbig 1973
Arrhentheretum elatioris Br.-Bl. ex Scherr. 1925
Geranio-Trisetetum Knapp 1951 – zubożała postać
Zbiorowisko Agrostis capillaris-Festuca rubra
Zbiorowisko z Trifolium repens
Nardo-Callunetea Prsg 1949
Solidagini-Nardetum Krahulec 1997
Sileno vulgaris-Nardetum Krahulec 1990
Polygono-Deschampsietum flexuosae Blažková in Krahulec 1990
Scheuchzerio-Caricetea (Nordh. 1937) R.Tx. 1937
Carici rostratae-Sphagnetum recurvi Osvald 1923
Junco filiformis-Sphagnetum recurvi Osvald 1923
Caricetum nigrae Br.-Bl. 1915
Carici canescentis-Agrostietum R.Tx. 1937
Phragmitetea R.Tx. et Prsg 1942
Caricetum rostratae Rübel 1912
Caricetum vesicariae Br.-Bl. et Denis 1926
Betulo-Adenostyletea Br.-Bl. 1948
Poo-Deschampsietum Pawł. et. Wal. 1949
Athyrietum distentifolii Hadač 1955 em. W. Mat. 1960
Adenostyletum alliariae Pawł., Sokoł. et W. Mat. 1928
Artemisietea vulgaris Lohm., Prsg et R.Tx. in R.Tx. 1950
Urtico-Aegopodietum (R.Tx. 1963 n.n.) em. Dierschke 1974
Chaerophylletum aromatici Gutte 1963
Zbiorowisko z Chaerophyllum hirsutum
Rumicetum alpini Berger 1922
Imperatorietum ostruthii Gutte 1972
Myrrhido-Urticetum dioicae Horvat 1962
Zbiorowisko z Urtica dioica
Juncetea trifidi Hadač in Klika et Hadač 1944
Carici rigidae-Festucetum airoidis (Jenik 1961) Mat. 1965

Niemal w każdym z wydzieleń nieleśnych występuje kilka typów roślinności łąkowej. Najpospolitsze są mezofilne zbiorowiska łąk świeżych. Inne, głównie środowisk zmiennowilgotnych z rzędu *Molinietalia*, mają znacznie mniejszy udział w pokryciu terenu i częściej pojawiają się w otulinie parku. Interesującą grupę stanowią zbiorowiska jałowych łąk, traworośla, ziołorośla i młaki niskoturzycowe. Są one stałym i istotnym komponentem większości hal oraz niektórych polan reglowych. Niewielkie znaczenie w pokryciu terenu mają natomiast turzycowiska i ziołorośla połąkowe oraz roślinność synantropijna.

Roślinność nieleśna polskiej części Karkonoszy została dość dobrze poznana, ale większość danych odnosi się do zbiorowisk roślinnych wyższych pięter górskich (m.in. MATUSZKIEWICZ & MATUSZKIEWICZ 1974; KWIATKOWSKI 1997, KWIATKOWSKI 2004). Roślinność półnaturalną położeń reglowych rozpoznano stosunkowo niedawno (KĄCKI & PENDER 2008). Syntetyczne opracowanie zbiorowisk trawiastych Karkonoszy wykonano po czeskiej stronie tych gór (KRAHULEC i in. 1996), jednak niewielka część zmienności trawiastych zbiorowisk roślinnych tworząca szatę czeskiej strony Karkonoszy realizuje się po stronie polskiej.

Charakterystyka głównych typów zbiorowisk łąkowych

Spośród licznych typów roślinności trawiastej do najważniejszych należą łąki z klasy *Molinio-Arrhenatheretea*. Są to zbiorowiska bogate w gatunkii silnie zróżnicowane. Siedliska wilgotne i mokre zajmują fitocenozy łąk bagiennych ze związku *Calthion*. Rozwijają się w niższych partiach KPN i w jego otulinie, w przedziale wysokości od 370 do 620 m n.p.m (Ryc. 2). Roślinność żyznych siedlisk bagiennych jest silnie zróżnicowana. Wilgotne łąki kośne z kłosówką wełnistą *Holcus lanatus* i komonicą błotną *Lotus uliginosus* reprezentują zespół *Loto-Holcetum lanati*. Zbiorowiska te wyróżniają się znacznym bogactwem florystycznym i silnie zróżnicowanym składem gatunkowym. W podmokłych obniżeniach terenu, w dolinach potoków, otoczeniu wysięków na terenie parku i w otulinie, często pojawiają się fitocenozy zespołu *Scirpetum sylvatici*. Innym, interesującym



Ryc. 2. Spektrum wysokościowe występowania poszczególnych zbiorowisk roślinnych polan i hal Karkonoskiego Parku Narodowego. 1 – Łąki rajgrasowe z Arrhenatherion; 2 – Łąki bagienne z Calthion; 3 – Nitrofilne okrajki z Aegopodion; 4 – Ziołorośla z Filipendulion; 5 – Ubogie łąki konietlicowe zbiorowisko Agrostis capillaris-Festuca rubra; 6 – Młaki niskoturzycowe Caricion fuscae; 7 – Dolnoreglowe murawy bliźniczkowe Sileno vulgaris-Nardetum; 8 – Górskie łąki konietlicowe Geranio-Trisetetum; 9 – Ubogie, górnoreglowe murawy bliźniczkowe Polygono-Deschampsietum, 10 – Ziołorośla szczawiu alpejskiego z Rumicion alpini, 11 – Ziołorośla wysokich bylin z Adenostylion, 12 – Górskie torfowiska mszyste i mszysto-turzycowe, 13 – Wysokogórskie murawy bliźniczkowe Solidagini-Nardetum, 14 – Traworośłowe łąki i traworośla regla górnego i hal Poo-Deschampsietum; 15 – Murawki subalpejskie z Juncetea trifidi

typem roślinności bagiennej są łąki *Junco filiformis-Polygonetum bistortae* wykształcone w dolinie cieku w Jagniątkowie, tuż przy granicy KPN. W grupie łąk bagiennych znajdują się także bardzo rzadkie na terenie parku zespoły *Juncetum acutiflori* i *Angelico-Cirsietum oleracei* stwierdzone w dolinie potoku u podnóża góry Chojnik. W skład roślinności bagiennej wchodzą także ziołorośla połąkowe z dominacją wiązówki błotnej *Filipendula ulmaria*, jak: *Lysimachio vulgaris-Filipenduletum* lub *Chaerophyllo hirsuti-Filipenduletum*, które zajmują dawne siedliska podgórskiego łęgu w dolinie cieku w oddziale 118 oraz na przyległym obszarze w otulinie.

Niewątpliwie przewodnią rolę w krajobrazie Karkonoszy odgrywają łąki świeże, w szczególności dwa wikarianty wysokościowe – łąki rajgrasowe i konietlicowe. Łąki rajgrasowe *Arrhenatheretum elatioris* występują na średnio żyznych siedliskach grądowych, charakterystycznych dla piętra pogórza. Ich płaty odnaleźć można w najniższych położeniach, przede wszystkim na łąkach w otoczeniu Chojnika. Łąki rajgrasowe na terenie KPN i jego otuliny mają niewielki udział w pokryciu terenu, także ich kombinacja gatunkowa jest wyraźnie zubożała. Przyczyn tego zjawiska można szukać w zaniechaniu systematycznego koszenia, a przede wszystkim nawożenia. Płaty *Arrhenatheretum elatioris* na terenie KPN nie przekraczają wysokości 650 m n.p.m. (Ryc. 2). Mimo rzadkości występowania różnicują się na wariant żyzny z *Agrostis gigantea* oraz wariant ubogi z udziałem gatunków siedlisk oligotroficznych z klasy *Calluno-Ulicetea*.

Łąki konietlicowe ze związku *Polygono-Trisetion* (Ryc. 3) rozwijają się na większości polan w reglu dolnym, na siedliskach kwaśnych buczyn. Łąki te ze względu na niski poziom trofizmu i kwasowości podłoża mają



Ryc. 3. Pokrój roślinności Geranio-Trisetetum z udziałem ostrożenia dwubarwnego Cirsium helenioides (fot. Z. Kącki)

w Karkonoszach zubożałą kompozycję gatunkową w stosunku do pokrewnych zbiorowisk rozwijających na siedliskach żyznych buczyn w innych częściach Sudetów. Łąki konietlicowe Karkonoszy reprezentują przekształcone zbiorowiska bogatego w gatunki i szeroko rozpowszechnionego po stronie czeskiej zespołu *Geranio-Trisetetum* (KRAHULEC i in. 1996). Słabe wykształcenie fitocenoz oraz brak wielu gatunków diagnostycznych we florze tych łąk są zapewne efektem innej formy gospodarki w polskiej części Karkonoszy, a właściwe jej braku po powojennej zmianie ludności. Fitocenozy *Geranio-Trisetetum* mają dość szerokie spektrum występowania. Stwierdzane są w zakresie wysokości od 520 do 1080 m n.p.m., z przeciętym wyniesieniem około 720 m n.p.m. W płatach zespołu *Geranio-Trisetetum* istotny udział mają gatunki górskie, jak: rzeżusznik Hallera *Cardaminopsis halleri*, ostrożeń dwubarwny *Cirsium helenioides* (Ryc. 3), pępawa czarcikęsolistna *Crepis succisifolia*, wszewłoga górska *Meum athamanticum*, wiechlina Chaixa *Poa chaixii*, bodziszek leśny *Geranium sylvaticum*, bniec czerwony *Melandrium rubrum*, chaber perukowy *Centaurea pseudophrygia*. Łąki te są zróżnicowane na wariant typowy i ziołoroślowy z *Cirsium helenioides*. Wariant typowy charakteryzuje się wysoką stałością *Cardaminopsis halleri* i stałą obecnością innych gatunków specyficznych dla *Polygono-Trisetion*. Wariant ten dodatkowo różnicuje się na dwie postacie: ubogą z gatunkami z klasy *Calluno-Ulicetea* oraz żyzną z przywrotnikiem karbowanym *Alchemilla subcrenata*, wiechliną zwyczajną *Poa trivialis* i podagrycznikiem pospolitym *Aegopodium podagraria*. Fitocenozy drugiego wariantu wyróżnia udział ostrożenia dwubarwnego *Cirsium helenioides*, którego obecność nadaje płatom wygląd wielobarwnych łąk ziołoroślowych.

Bardzo specyficznym dla Karkonoszy i pozostałych pasm sudeckich typem łąk świeżych jest zbiorowisko *Agrostis capillaris-Festuca rubra* (Ryc. 4), które zgodnie z pierwszym opracowaniem roślinności Karkonoskiego Parku Narodowego zostało zaliczone do związku *Polygono-Triestion* (MATUSZKIEWICZ W. & MATUSZKIEWICZ A. 1974). Są to łąki ubogie w gatunki, zdominowane przez trawy oraz zasiedlające silnie kwaśne podłoża. Występują w niższych położeniach reglowych, w których prawdopodobnie podejmowano także próby uprawy roli. Zbiorowisko *Agrostis capillaris-Festuca rubra* ma słabo zdefiniowaną odrębność syntaksonomiczną. Stanowi jednak obok *Geranio-Trisetetum* jeden z zasadniczych typów roślinności polan reglowych położonych na wysokości od 390 do 680 m n.p.m. Fizjonomię tego zbiorowiska kształtują trawy, z których największe znaczenie mają kostrzewa czerwona *Festuca rubra*, mietlica pospolita *Agrostis capillaris* oraz kłosówka miękka *Holcus mollis*. Kompozycję gatunkową tych łąk tworzą rośliny siedlisk mezotroficznych z rzędu *Arrhenatheretalia* i oligotroficznych z klasy *Calluno-Ulicetea*.



Ryc. 4. Pokrój płatów zbiorowiska Agrostis capillaris-Festuca rubra (fot. Z. Kącki)

Zbiorowisko *Agrostis capillaris-Festuca rubra* jest prawdopodobnie degeneracyjną postacią kulturowych, ekstensywnie użytkowanych górskich łąk konietlicowych. Mogło także kształtować się na siedliskach porolnych. Końcowym efektem zmian degeneracyjnych łąk konietlicowych są płaty z dominacją kłosówki miękkiej *Holcus mollis* i przytulii hercyńskiej *Galium saxatile*. Ubożenie łąk świeżych, tak rajgrasowych i konietlicowych jest potęgowane brakiem koszenia i nawożenia oraz odkładaniem się wojłoku.

Zbiorowisko *Agrostis capillaris-Festuca rubra* często sąsiaduje lub tworzy układy mozaikowe z murawami bliźniczkowymi z klasy *Calluno-Ulicetea*. Są to zbiorowiska użytków zielonych, rozwijające się na glebach silnie wyługowanych. W szacie roślinnej polan karkonoskich i hal wyższych pięter górskich mają one istotną rolę biocenotyczną. Ich udział w pokryciu powierzchni wzrasta wraz z wyniesieniem terenu nad poziom morza. Najwyżej rozwijają się płaty *Solidagini-Nardetum*, będące typowymi zbiorowiskami piętra subalpejskiego w Karkonoszach i Jesionnikach (Krahulec i in. 1996). Są to ważne siedliska dla licznych, zielnych taksonów wysokogórskich, przede wszystkim dzwonka karkonoskiego *Campanula bohemica* ssp. *bohemica*. Zbiorowiska te są znacznie uboższe florystycznie od opisywanych z czeskich Karkonoszy (Krahulec i in. 1996). Rozwijają się m.in. na Hali Szrenickiej i Hali pod Łabskim Szczytem. Innym typem zbiorowisk z klasy *Calluno-Ulicetea* jest asocjacja *Polygono-Deschampsietum flexuosae*, która stanowi prawdopodobne fazę degeneracyjną zbiorowisk łąkowych powstającą w wyniku długoletniego braku użytkowania zbiorowisk ze związku *Polygono-Trisetion* lub zbiorowisk z rzędu *Nardetalia* (Krahulec i in. 1996). Skład florystyczny *Polygono-Deschampsietum flexuosae* jest dość ubogi, jednak fitocenozy te odgrywają ważną rolę w szacie roślinnej parku zajmując pośrednie miejsca pomiędzy roślinnością wysokogórską a reglową. Z kolei w położeniach dolnoreglowych pośród zbiorowisk łąkowych i na niewielkich powierzchniach stwierdza się fitocenozy zespołu *Sileno-Nardetum* (Ryc. 5). Został on niedawno opisany z polskiej części Karkonoszy (Kącki & Pender 2008). W zakresie jego zmienności prawdopodobnie lokują się także płaty z udziałem arniki górskiej *Arnica montana*, które nawiązują do innego zespołu *Arnico-Nardetum* stwierdzonego w Czarnym Kotle Jagniątkowskim (Kwiatkowski 2004). Fitocenozy *Sileno-Nardetum* występują na polanach dolnoreglowych oraz na Polanie Bronka Czecha.



Ryc. 5. Bogate w gatunki fitocenozy Sileno-Nardetum (fot. Z. Kącki)

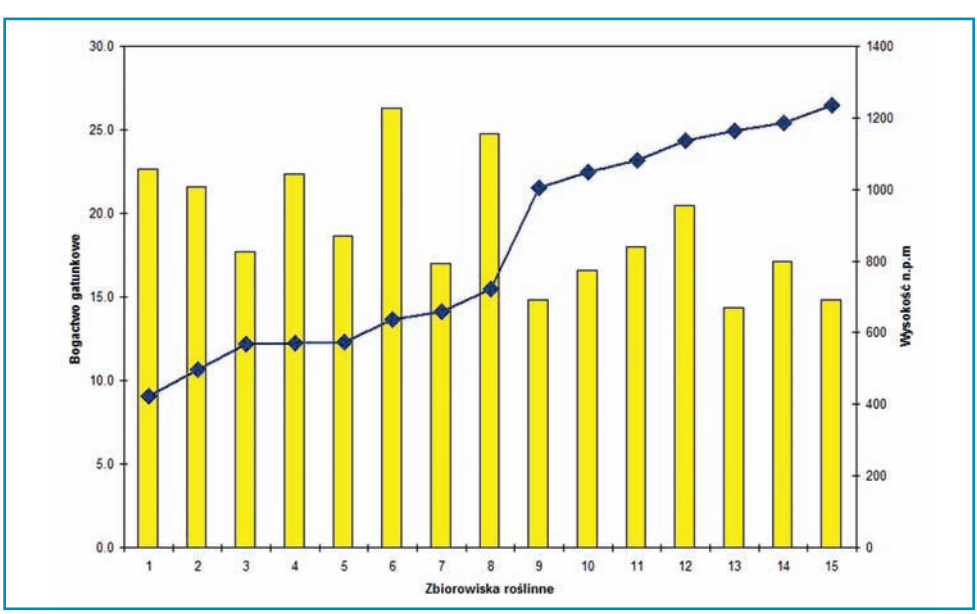
Niezwykle interesującą jednostką roślinności mezofilnej jest traworoślowy zespół *Poo chaixi-Deschampsietum cespitosae* z klasy *Mulgedio-Aconitetea* (KĄCKI & PENDER 2008). Fitocenozy tego zespołu w Karkonoszach optimum rozwoju osiągają w strefie górnej granicy lasu (Ryc. 2). Mają pośredni charakter łąkowo-traworoślowy. Na specyficzną kombinację gatunkową omawianych zbiorowisk składają się trzy grupy syntaksonomicze gatunków z klas: *Mulgedio-Aconitetea*, *Calluno-Ulicetea* i *Molinio-Arrhenatheretea*. Szczególnie ważne jest to, że żadna z tych klas nie ma wyraźniej dominacji. Zespół ten wykazuje powiązania florystyczne z *Melandrio-Phleetum alpini* ze związku *Polygono-Trisetion*, wyróżnianego po stronie czeskiej (KRAHULEC i in. 1996).

Roślinność młak niskoturzycowych z klasy *Scheuchzerio-Caricetea fuscae* należy do częstych elementów szaty roślinnej charakteryzowanych łąk karkonoskich. Wśród nich najważniejsze miejsce mają jednak płaty zespołu *Carici-Agrostietum caninae* obecne m.in. na polanie w oddziale 114 oraz na polanie w oddziale 108. Niejednokrotnie towarzyszą im niewielkie płaty turzycowisk z klasy *Phragmitetea* lub różnego typu okrajki począwszy od ziołorośli ze związku *Filipendulion* i charakterystycznych zbiorowisk dla granicy rolno-leśnej ze związku *Aegopodion*, po wysokogórskie zbiorowiska ze związku *Rumicion alpini*. Obecność tych zbiorowisk jest niejednokrotnie odzwierciedleniem zmian w szacie roślinnej polan spowodowanej brakiem koszenia. Stanowią one jeden z etapów sukcesji, szczególnie na siedliskach wilgotnych.

Niezwykle rzadko i tylko w wyższych położeniach, pośród płatów muraw bliźniczkowych lub łąk konietlicowych, spotkać mnożna zbiorowiska wysokich bylin należące do związku *Adenostylion alliariae*. Natomiast na hali Złotówka w kompleksie z traworoślami znajdują się płaty *Carici rigidae-Festucetum*. Wchodzą one w skład naturalnej, nieleśnej roślinności wysokogórskiej i rzadko pojawiają się w antropogenicznie ukształtowanych płatach roślinności nieleśnej.

Bogactwo gatunkowe, zróżnicowanie florystyczne i zagrożenia łąk

Roślinność nieleśna łąkowa ma niezwykle istotne znaczenie w zachowaniu różnorodności biologicznej większości obszarów Europy, co znajduje odzwierciedlenie m.in. w najwyższym bogactwie gatunkowym zbiorowisk łąk świeżych ze związku *Polygono-Trisetion* i młak niskoturzycowych z klasy *Scheuchzerio-Caricetea fuscae*



Ryc. 6. Bogactwo gatunkowe nieleśnych zbiorowisk polan i hal w zależności od położenia nad poziomem morza. Oznaczenia zbiorowisk roślinnych jak na Ryc. 2.

występujących na terenie KPN i w jego otulinie (Ryc. 6). Najwyższa różnorodność zbiorowisk roślinnych przypada także na tereny niżej położone, reglowe stanowiące centrum kształtowania się roślinności półnaturalnej. Wiele z jej typów jest objętych ochroną w ramach europejskiej sieci Natura 2000 jako siedliska przyrodnicze. Należą do nich przede wszystkim łąki konietlicowe (kod 6520) i łąki rajgrasowe (kod 6510). Wśród siedlisk przyrodniczych szczególne miejsce mają siedliska priorytetowe, które reprezentują bogate w gatunki murawy bliźniczkowe (kod 6230).

Opisywane zbiorowiska roślinne są ostoją dla wielu gatunków roślin naczyniowych, chronionych i rzadkich w Polsce lub regionie dolnośląskim (KĄCKI & PENDER 2008). Dotychczas stwierdzono występowanie 13 dziko rosnących gatunków objętych ochroną ścisłą i 3 pozostających pod ochroną częściową (KĄCKI & PENDER 2008). Do największych osobliwości łąk karkonoskich niewątpliwie należą: podejźrzon księżycowy *Botrychium lunaria*, dzwonek karkonoski *Campanula bohemica*, tojad sudecki *Aconitum plicatum*, arnika górska *Arnica montana*, zdrojek błyszczący *Montia fontana subsp. amporitana*, oraz storczykowate jak: kukułka szerokolistna *Dactylorhiza majalis*, kukułka plamista *D. maculata* i kukułka Fuchsa *D. fuchsii*. Natomiast objęty ochroną szafran wiosenny *Crocus vernus* występujący na polanie w oddziale 108 pochodzi z nasadzeń.

Najpoważniejszym zagrożeniem roślinności polan reglowych Karkonoszy jest zaniechanie koszenia, nawożenia i zbioru siana. Poważny problem stanowi także brak wypasu. Jest on szczególnie ważny z powodu silnej izolacji polan w kompleksach leśnych, przez co migracja gatunków jest ograniczona lub niemożliwa. Obecnie na zmiany sukcesyjne w sposób szczególny narażone są zbiorowiska siedlisk wilgotnych. Z powodu trudnych warunków gospodarowania i zbioru siana łąki te nie są koszone i ulegają sukcesji. W poczet zagrożeń wpisuje się także ekspansja gatunków obcych lub turzycy drżączkowatej *Carex brizoides*, tworzącej zwarte, niemal jednogatunkowe łany, przede wszystkim na łąkach w reglu dolnym.

Literatura

FABISZEWSKI J. 2004: Szata roślinna Karkonoszy. W: FABISZEWSKI J. (red.), Wartości botaniczne wybranych pasm Sudetów. Prace Wroc. Tow. Nauk. S.B, 213: 7–22.

KĄCKI Z. & PENDER K. 2008: Ochrona różnorodności ekosystemów łąkowych KPN – metodyka monitoringu i zabiegi ochronne. W: MAZUR A., RAJ A. & KNAPIK R. (red.), Monitoring ekosystemów leśnych w Karkonoskim Parku Narodowym. Jelenia Góra: 300–334.

KRAHULEC F., BLAŽKOVÁ D., BALÁTOVÁ-TULÁČKOVÁ E., ŠTURSA J., PECHÁČKOVÁ S. & FABŠIČOVÁ M. 1996: Louky Krkonoš. Rostlinná společenstva a jejich dynamika. Opera Corcontica 33: 3–250.

KWIATKOWSKI P. 1997: Udział *Carex bigelowii* Torrey ex Scheinitz ssp. *rigida* Schultze-Motel w zbiorowiskach roślinnych Sudetów. Acta Univ. Wrat., Prace Bot. 73: 63–82.

KWIATKOWSKI P. 2004: Vegatation of the Czarny Kocioł Jagniątkowski cirque. W: ŠTURSA J., MAZURSKI K.R., PAŁUCKI A. & POTOCKA J. (red.), Geoekologické problémy Krkonoš. Sborn. Mez. Věd. konf., Listopad 2003, Szklarska Poręba. Opera Corcontica, 41: 213–222.

MATUSZKIEWICZ W. & MATUSZKIEWICZ A. 1974: Mapa zbiorowisk roślinnych Karkonoskiego Parku Narodowego. Ochr. Przyr. 40: 45–109.

Dane adresowe autorów:

Zygmunt Kącki
zygmunt.kacki@uwr.edu.pl

Krystyna Pender

Ogród Botaniczny
Uniwersytet Wrocławski
ul. Sienkiewicza 23
50-335 Wrocław

Kącki Z. & Pender K. 2019: Łąki. W: Knapik R., Migoń P. & Raj A. (red.), Przyroda Karkonoskiego Parku Narodowego. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra: 303–310.

Zygmunt Dajdok, Ewa Szczęśniak

Rośliny synantropijne

Wstęp

Określenie „*synantropijny*" w potocznym znaczeniu jest stosowane w odniesieniu do roślin, zwierząt i grzybów, które towarzyszą człowiekowi (z jęz. greckiego *syn* – „z", „razem" i *anthropos* – „człowiek") lub inaczej mówiąc są zdolne do zaadaptowania się do siedlisk zmienionych przez człowieka. Z ekologicznego punktu widzenia proces synantropizacji jest bardziej złożony – obejmuje kierunkowe przemiany zachodzące w przyrodzie pod wpływem działalności człowieka. Jego przejawem w świecie roślin jest zastępowanie elementów specyficznych dla flory określonego regionu przez gatunki kosmopolityczne, a także taksonów wąsko wyspecjalizowanych przez rośliny o szerokiej skali ekologicznej oraz gatunków rodzimych przez obce (Faliński 1966, 1972, Kornaś 1981, Sudnik-Wójcikowska 2011). Proces ten prowadzi do tzw. trywializacji flory danego regionu, czyli utraty jej cech odrębnych i wyjątkowych, co z punktu widzenia ochrony bioróżnorodności jest zjawiskiem zdecydowanie niekorzystnym.

Rośliny synantropijne są klasyfikowane według różnych kryteriów. Do podstawowych należy ich pochodzenie – pod tym względem rozróżnia się gatunki rodzime (*apofity*), pojawiające się na siedliskach antropogenicznych oraz obce (*antropofity*), pochodzące spoza danego regionu. W przypadku gatunków obcych istotny jest czas ich przybycia na określony teren: gatunki przybyłe przed XV w. to *archeofity*¸ zaś po XV w. to *kenofity* nazywane też *neofitami* (Tokarska et al. 2011, 2012). Roślinami, które w ostatnich latach wzbudzają szczególne zainteresowanie są *gatunki inwazyjne*, wywodzące się najczęściej spośród *kenofitów*, oraz *gatunki ekspansywne* wyróżniane wśród *apofitów*. Ich rozprzestrzenianie wywołuje negatywne skutki dla bioróżnorodności miejscowych ekosystemów (Tokarska-Guzik 2005, Dajdok & Śliwiński 2007, Dajdok & Pawlaczyk 2009, Tokarska-Guzik et al. 2011, 2012).

Karkonosze to obszar o zaznaczającym się od dawna intensywnym „dostosowywaniu" natury do potrzeb człowieka – karczowanie lasów i zamiana zajmowanych przez nie powierzchni w pola uprawne i pastwiska, rozwój górnictwa i hutnictwa, wprowadzanie monokultur świerka, postępująca zabudowa oraz osuszanie mokradeł i kanalizowanie rzek i strumieni, a także budowa sieci dróg to najważniejsze przejawy antropopresji na tym terenie. W ostatnim czasie obserwuje się też postępujące zmiany środowiska glebowego w efekcie antropogenicznego transportu azotu (Fabiszewski & Wojtuń 2001). Efektem tych przemian jest m.in. synantropizacja szaty roślinnej tego regionu.

Pierwsze badania poświęcone roślinom synantropijnym wpisywały się w ogólny nurt badań florystycznych prowadzonych na terenie Karkonoszy (Dunajski i in. 2011). Ich wyodrębnienie nastąpiło wraz z opublikowaniem wyników prac badawczych przez K. Rostańskiego (1977), lecz dotychczas nie przeprowadzono kompleksowych badań procesu synantropizacji flory i roślinności dla całego pasma. Podejmowane prace albo obejmowały większy obszar, włączając także Karkonosze, np. gatunki inwazyjne we florze Sudetów (Fabiszewski & Kwiatkowski 2001), rozmieszczenie zbiorowisk ze związku *Rumicion alpini* Klika in Klika et Hadač 1944 w Sudetach (Kwiatkowski 2003), albo miały postać ogólnej syntezy, np. omówienie flory Karkonoszy (Fabiszewski 1985, 2004) lub roślin naczyniowych oraz zbiorowisk roślinnych Karkonoszy i ich pogórza (Kwiatkowski 2007, 2008), ewentualnie dotyczyły wybranych gatunków, zagadnień lub obiektów, jak np.: rzeżucha jaskółcza *Cardamine chelidonia* (Pender & Kusiak 2003), szczaw alpejski *Rumex alpinus* (Anioł-Kwiatkowska & Malicki 2005), wybranych kenofitów (Fabiszewski & Brej 2005, 2007, 2008), usuwania gatunków synantropijnych (Szczęśniak & Malicki 2007), występowania roślin inwazyjnych (Czarnecka i in. 2011, Misztal & Dajdok 2015).

Udział gatunków oraz zbiorowisk synantropijnych w szacie roślinnej zależy od stopnia przekształcenia roślinności naturalnej oraz możliwości transportu nasion lub części wegetatywnych (tzw. propagul). W przeszłości intensywna działalność człowieka w Karkonoszach koncentrowała się na terenie pogórza i regla



Ryc. 1. A - płaty zbiorowiska szczawiu alpejskiego Rumex alpinus w rejonie schroniska pod Łabskim Szczytem; B – gorysz miarz Peucedanum ostruthium (Fot. Z. Dajdok)



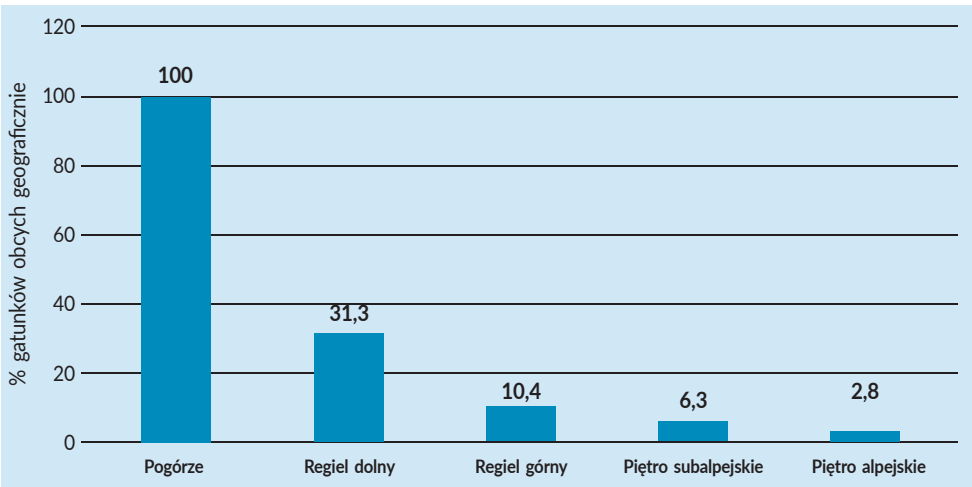
Ryc. 2. Przykładowe siedliska roślin synantropijnych: A - miejsca wydeptywane przy Wodospadzie Szklarki, z udziałem m.in. babki większej Plantago major (Fot. Z. Dajdok); B - pobocze szlaku turystycznego na Śnieżce, z udziałem roślin niżowych, m.in. koniczyny białej Trifolium repens (Fot. E. Szczęśniak)

dolnego. Wraz z upowszechnieniem się turystyki przejawy antropopresji zaczęły być widoczne także w najwyższych piętrach. Współcześnie Karkonosze należą do najbardziej zatłoczonych rejonów górskich w Polsce - szacuje się, że rocznie odwiedza je ponad 3 miliony turystów (FABISZEWSKI 2004). Do zwiększenia ruchu turystycznego wydatnie przyczyniły się wyciągi krzesełkowe wwożące turystów w najwyższe położenia. Człowiek, obok wody i wiatru, jest jednym z ważniejszych czynników przenoszenia diaspor roślin, dlatego też należy mieć na uwadze znaczenie masowej turystyki w przemianach miejscowej szaty roślinnej.

Efekty tego oddziaływania najłatwiej dostrzec na poboczach szlaków turystycznych (Ryc. 2B) oraz w otoczeniu schronisk i w rejonie największych atrakcji turystycznych, jak Wodospady Kamieńczyka i Szklarki (Ryc. 2A), gdzie dodatkowymi czynnikami ułatwiającymi wnikanie gatunków synantropijnych są wydeptywanie i wzbogacanie podłoża w składniki odżywcze. Według K. Rostańskiego (1977) w latach 70. XX w. na terenie Karkonoszy występowało 106 gatunków roślin synantropijnych, z których 19 notowano jeszcze na wysokości 1400 - 1500 m n.p.m., a 14 sięgało aż po szczyt Śnieżki. Nowsze badania flory Śnieżki wykazały, że tylko na Drodze Jubileuszowej w latach 2002-2005 występowało 137 gatunków roślin naczyniowych, z czego naturalnymi drogami transportu mogło tam dotrzeć zaledwie 44. Pozostałe to gatunki rodzime zawlekane z niższych położeń i gatunki obce geograficznie, w tym archeofity: tasznik pospolity *Capsella bursa-pastoris*, dymnica pospolita *Fumaria officinalis*, fiołek polny *Viola arvensis* oraz

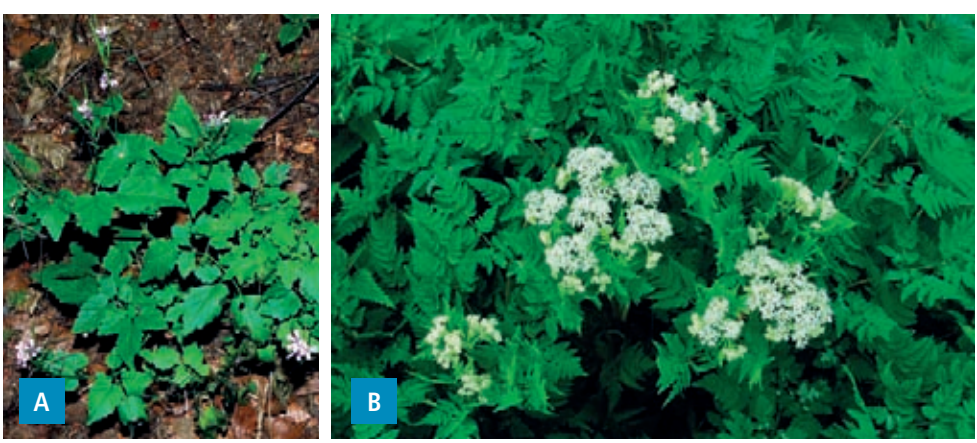
kenofit rumianek bezpromieniowy *Chamomilla suaveolens*. Należy jednak zaznaczyć, że większość pojawów antropofitów na zboczach Śnieżki ma charakter efemeryczny (Szczęśniak & Malicki 2007).

Współcześnie liczba roślin synantropijnych w Karkonoszach zwiększa się, a koncentracja ich stanowisk ma miejsce w piętrze pogórza, na najbardziej zaludnionych obszarach. W niższych położeniach największe znaczenie mają gatunki obce geograficznie, których rola w wyższych partiach wyraźnie maleje (Ryc. 3), przy wzroście znaczenia ekspansywnych roślin rodzimych.



Ryc. 3. Procent gatunków obcych geograficznie znanych z Karkonoszy, odnotowanych w poszczególnych piętrach roślinnych

Liczbę gatunków obcych w Karkonoskim Parku Narodowym i w jego otulinie szacujemy na ok. 150, większość (ok. 60%) stanowią gatunki zawleczone przypadkowo lub wprowadzone celowo na ten teren po XV w. Część z nich to gatunki pojawiające się efemerycznie lub utrzymujące się tylko w miejscu zawleczenia (lub wprowadzenia).



Ryc. 4. Kenofity niższych położeń Karkonoszy: A – rzeżucha jaskółcza Cardamine chelidonia w Karpaczu (Fot. E. Szczęśniak); B – marchewnik anyżowy Myrrhis odorata (Fot. Z. Dajdok)

Interesującym gatunkiem z tej grupy jest np. rzeżucha jaskółcza *Cardamine chelidonia* (Ryc. 4A), zawleczona z Europy południowej prawdopodobnie przez robotników z Włoch, zaobserwowana w Karpaczu w dolinie Łomniczki już w 1933 r., gdzie utrzymuje się do dziś w zbiorowiskach ruderalnych i leśnych (Pender & Kusiak 2003; Szczęśniak, Dajdok & Kącki npbl.). Oprócz gatunków zawlekanych nieświadomie

na terenie Karkonoszy obecne są także rośliny wprowadzone przez człowieka celowo, ze względu na ich wartości lecznicze, gospodarcze lub ozdobne. Większość z nich po zaprzestaniu uprawy zanika, ustępując lepiej przystosowanym gatunkom rodzimym. Nieliczne są w stanie przetrwać, a część z nich rozprzestrzenia się i staje się skutecznymi konkurentami dla roślin rodzimych. Do najstarszych spośród nich należy marchewnik anyżowy *Myrrhis odorata* (Ryc. 4B), wspominany już przez MATTUSCHKĘ (1776-1777). Ze względu na przyjemny aromat niegdyś wykorzystywany był jako roślina przyprawowa, obecnie należy do całkowicie zadomowionych elementów ziołorośli i zbiorowisk okrajkowych.



Ryc. 5. Przykłady gatunków „uciekających" z ogrodu przydomowego: A – tojeść kropkowana Lysimachia punctata i smotrawa okazała Telekia speciosa; B – kielisznik nadobny Calystegia pulchra (Fot. Z. Dajdok)

Rośliną użytkową był również szczaw alpejski *Rumex alpinus*, do niedawna zaliczany do apofitów (FABISZEWSKI 1985, 2004, FABISZEWSKI & KWIATKOWSKI 2001), obecnie klasyfikowany jako zadomowiony antropofit (KWIATKOWSKI 2003, ANIOŁ-KWIATKOWSKA & MALICKI 2005), wprowadzony w czasie osadnictwa alpejskiego. Dawniej roślina ta była wykorzystywana w celach spożywczych i leczniczych. Do naszych czasów przetrwała na siedliskach wzbogaconych w składniki pokarmowe, m.in. w otoczeniu schronisk (Ryc. 1A) oraz w miejscach koszarowania owiec. Niektórym płatom szczawiu alpejskiego towarzyszy gorysz miarz *Peucedanum ostruthium* (Ryc. 1B) – gatunek również niegdyś rozpowszechniony w uprawie, a dziś występujący spontanicznie także w niższych położeniach. Gorysz, podobnie jak marchewnik anyżowy, większość stanowisk w Polsce ma na terenie Sudetów, gdzie wyróżnia się odrębne zespoły roślinne budowane przez oba gatunki (KWIATKOWSKI 2003, 2007).

Niebagatelną rolę w zadomawianiu się roślin ozdobnych poza uprawą odegrały ogrody przy willach (Ryc. 5A) i ośrodkach wypoczynkowych usytuowanych u podnóża Karkonoszy i Gór Izerskich. Jedne z pierwszych na Dolnym Śląsku stanowisk kroplika żółtego *Mimulus guttatus* (Ryc. 6A) odnotowanych poza uprawą, pochodzą m.in. z rejonu Kowar, Szklarskiej Poręby i Karpacza (FIEK 1881, PIĘKOŚ 1972, TOKARSKA-GUZIK & DAJDOK 2009), rudbekii nagiej *Rudbeckia laciniata* z rejonu Świeradowa i Lubania, niecierpka gruczołowatego *Impatiens glandulifera* (Ryc. 8C) m.in. z rejonu Lwówka Śląskiego, a rdestowca sachalińskiego (Ryc. 7B) ze Szklarskiej Poręby (FIEK 1881, SCHUBE 1903, TOKARSKA-GUZIK, 2005). W zbiorowiskach leśnych Karkonoszy i innych pasm Sudetów rozprzestrzeniła się naparstnica purpurowa *Digitalis purpurea* (Ryc. 8A), gatunek ozdobny i leczniczy, rodzimy dla południowo-zachodnich rejonów Europy. Do 2004 r. był w Polsce objęty ochroną gatunkową, obecnie wskazuje się na jego przynależność do grupy antropofitów (TOKARSKA-GUZIK 2005, TOKARSKA-GUZIK i in. 2012).

Od dawna zadomowione poza uprawą są również tojeść kropkowana *Lysimachia punctata* oraz smotrawa okazała *Telekia speciosa* (Ryc. 5A) – obie wprowadzone jako rośliny ozdobne, dziś stanowią komponent ziołorośli nadpotokowych. Z roślin wprowadzonych jako ozdobne lub miododajne, rozprzestrzeniających się obecnie na nieużytkach należy wymienić nawłocie *Solidago* – kanadyjską *S. canadensis* i późną *S. gigantea*, a także łubin trwały *Lupnus polyphyllus* (Ryc. 8B). Zadomowionymi „uciekinierami" z uprawy są wrotycz



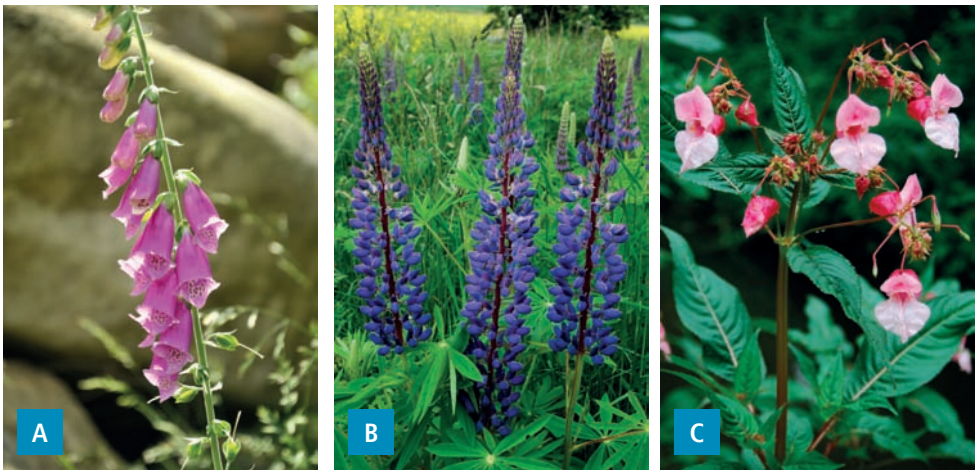
Ryc. 6. Gatunki obcego pochodzenia rozprzestrzeniające się w Karkonoszach wzdłuż rzek: A – kroplik żółty Mimulus guttatus, B - rdestowiec pośredni Reynoutria xbohemica na brzegach Kamiennej w rejonie Szklarskiej Poręby (Fot. Z. Dajdok)

maruna *Tanacetum parthenium*, spotykany m.in. na murach i w otoczeniu zamku Chojnik (Świerkosz 1994; Dajdok, Szczęśniak & Kącki npbl.), wrotycz wielkolistny *Tanacetum macrophyllum*, występujący m.in. na Księżej Górze w Karpaczu, modrzyk kaukaski *Cicerbita macrophylla*, notowany m.in. w okolicach Kowar, a także przetrwały w obrębie żywopłotów, w ziołoroślach nad strumieniami i w zbiorowiskach okrajkowych kielisznik nadobny *Calystegia pulchra* (Ryc. 5B), rozpowszechniony w wielu miejscowościach na obrzeżach Karkonoszy (Szczęśniak, Dajdok & Kącki mat. npbl.).

Rozprzestrzenianie się różnych roślin synantropijnych może mieć negatywne skutki ekologiczne, ekonomiczne, czy społeczne. Do najgroźniejszych dla naszych ekosystemów, a jednocześnie przynoszących wymierne straty ekonomiczne należą pochodzące ze wschodniej Azji rdestowce *Reynoutria* spp. W Karkonoszach ich dość często spotykanym przedstawicielem, zwłaszcza nad ciekami, jest ww. rdestowiec sachaliński *R. sachalinensis* (Ryc. 7B). Nad wodami, a także na siedliskach ruderalnych występuje też rdestowiec ostrokończysty *R. japonica*. W ostatnim czasie m.in. w Zachełmiu i w Szklarskiej Porębie stwierdzono też występowanie na tym terenie taksonu mieszańcowego pomiędzy wymienionymi gatunkami – rdestowca pośredniego *R. xbohemica* (Ryc. 6B).



Ryc. 7. A – Barszcz Sosnowskiego w rejonie Miłkowa, rozprzestrzeniający się m.in. wzdłuż Łomnicy; B – rdestowiec sachaliński Reynoutria sachalinensis w korycie Łomnicy powyżej zapory w Karpaczu (Fot. Z. Dajdok)



Ryc. 8. A – naparstnica purpurowa Digitalis purpurea; B – łubin trwały Lupinus polyphyllus; C – niecierpek gruczołowaty Impatiens glandulifera (Fot. Z. Dajdok)

Bardzo liczna jest karkonoska populacja kroplika żółtego *Mimulus guttatus* (Ryc. 6A), współcześnie notowanego w większości rzek i strumieni, w rowach przydrożnych, ale także w zbiorowiskach szuwarowych i źródliskowych. Wśród skutków jego rozprzestrzeniania wymienia się konkurowanie z gatunkami źródlisk, w tym z zaliczanym do zagrożonych w Polsce gatunków zdrojkiem błyszczącym *Montia fontana* (Tokarska-Guzik & Dajdok 2010; Kaźmierczakowa i in. 2016).

Biorąc pod uwagę skutki społeczne rozprzestrzeniania się roślin inwazyjnych u podnóża Karkonoszy należy stwierdzić, że niewątpliwie najgroźniejszą spośród nich jest pochodzący z Kaukazu barszcz Sosnowskiego *Heracleum sosnovskyi* (Ryc. 7A). Jest on niebezpieczny dla ludzi – w określonych warunkach może powodować dotkliwe i trudno gojące się poparzenia (Dajdok & Śliwiński 2009; Tokarska-Guzik i in. 2012). Podobnie jak rdestowce, gatunek ten stanowi poważne zagrożenie dla bogactwa gatunkowego miejscowych ekosystemów. Jego duże i powiększające się skupienia znane są obecnie m.in. z okolic Miłkowa. Wzdłuż brzegów Łomnicy gatunek ten rozprzestrzenia się także w Karpaczu (Czarniecka i in. 2011; Misztal & Dajdok 2015), a także na obrzeżach Parku Narodowego w rejonie Świątyni Wang, w Kowarach oraz na przydrożach i obrzeżach lasu pomiędzy Piechowicami a Sobieszowem. Także z nasadzeń w dawnych parkach podworskich część gatunków rozprzestrzenia się na tereny przyległe (Malicki 2015). Do gatunków tych należy winobluszcz zaroślowy *Parthenocissus inserta*, porastający m.in. brzegi Kamiennej w rejonie Szklarskiej Poręby, czy też dąb czerwony *Quercus rubra*, znany m.in. z lasów w rejonie Chojnika.

Warto podkreślić, że proces uciekania roślin z hodowli i zawlekania nowych gatunków roślin trwa nadal. Takim zadomawiającymi się współcześnie gatunkami są m.in. odnalezione w 2012 r. przytulia turyńska *Galium taurinum* – gatunek nowy dla flory Polski, odnotowany w Michałowicach (Malicki i in. 2012), stulisz sztywny *Sisymbrium strictissimum* stwierdzony w Szklarskiej Porębie Górnej, dotychczas w polskich Karkonoszach nie notowany (Szczęśniak i in. 2013), a znany ze strony czeskiej (Šourek 1969) i anafalis perłowy *Anaphalis margaritacea* odnaleziony w 2012 r. na Przełęczy Okraj (Szczęśniak, Kącki & Dajdok mat. npbl.), a uznany wcześniej za wymarły w Karkonoszach (Kwiatkowski 2008). Pojawiają się też nowe apofity, np. w Jakuszycach odnotowano mannicę odstającą *Puccinella distans* – halofit rozprzestrzeniający się na poboczach dróg intensywnie solonych zimą.

W odniesieniu do poszczególnych pięter roślinnych Karkonoszy rozmieszczenie i częstość występowania gatunków synantropijnych przedstawia się następująco:

– **piętro pogórza**: roślinność synantropijna rozwinięta – na polach uprawnych zbiorowiska chwastów z udziałem *archeofitów*, na terenach zabudowanych roślinność ruderalna z udziałem zarówno *apofitów*, jak też *antropofitów*; gatunki obce geograficznie występują tu najliczniej, często tworzą własne zbiorowiska i zasiedlają duże powierzchnie. Pojawiają się praktycznie we wszystkich siedliskach, także w zachowanych zbiorowiskach leśnych. W dolinach cieków obecne są m.in. niecierpek gruczołowaty *Impatiens*

glandulifera, kroplik żółty *Mimulus guttatus*, rdestowce – sachaliński *Reynoutria sachalinensis*, ostrokończysty *R. japonica* i pośredni *R. xbohemica*. Na nieużytkowane łąki wkraczają nawłocie – kanadyjska *Solidago canadensis* i późna *S. gigantea* oraz łubin trwały *Lupinus polyphyllus*. W lasach wiele wprowadzonych obcych gatunków drzew – m.in. rozprzestrzeniający się obecnie dąb czerwony *Quercus rubra* i klon jesionolistny *Acer negundo*, w runie niecierpek drobnokwiatowy *Impatiens parviflora*, na obrzeżach i polanach naparstnica purpurowa *Digitalis purpurea*. Na obszarach zabudowanych licznie zdziczałe i dziczejące gatunki uprawiane, m.in. kielisznik nadobny *Calystegia pulchra*, tojeść bukietowa *Lysimacha punctata*, marchewnik anyżowy *Myrrhis odorata*.

- **piętro regla dolnego**: podobnie jak piętro pogórza, choć w mniejszej ilości i na mniejszych powierzchniach, brak wielkopowierzchniowych płatów nawłoci, mniejszy udział gatunków związanych z polami, w tym archeofitów; kenofity skupiają się głównie w sąsiedztwie cieków, zabudowań i dróg;
- **piętro regla górnego**: gatunki synantropijne występują zdecydowanie rzadziej, brak gatunków ciepłolubnych, nielicznie zdziczałe rośliny ozdobne, notowane głównie na obrzeżach lasów i w lukach (drogi leśne, polany, poręby, wiatrołomy) oraz wzdłuż szlaków turystycznych i przy zabudowaniach, praktycznie nie wnikają w zachowane płaty zbiorowisk naturalnych. Na obrzeżach lasów i polanach obecna jest naparstnica purpurowa *Digitalis purpurea*, w dolinach potoków i źródliskach kroplik żółty *Mimulus guttatus*, na poboczach dróg leśnych i ścieżkach wnika inwazyjny sit chudy *Juncus tenuis*, przy polanach pasterskich i schroniskach występują skupienia szczawiu alpejskiego *Rumex alpinus*, rzadko występuje gorysz miarz *Peucedanum ostrutrhium*; na siedliskach wydeptywanych zawlekane są gatunki niżowe, zarówno *apofity*, *archeofity*, jak też *kenofity*.
- **piętro subalpejskie (kosodrzewiny)**: gatunki synantropijne notowane głównie na wydepczyskach – w tym odporne na wydeptywanie gatunki niżowe, rzadziej *archeofity* i *kenofity*, przy schroniskach i wiatach większe skupienia roślin zawlekanych przypadkowo, m.in. pokrzywy zwyczajnej *Urtica dioica*;
- **piętro alpejskie**: w sąsiedztwie szlaków i schronisk występują przeważnie nielicznie podobne gatunki jak w piętrze subalpejskim, obce siedliskowo i geograficznie rośliny synantropijne najczęściej są mniejsze i w gorszej kondycji, a ich pojawy są często efemeryczne. Wyjątkiem są skupienia gatunków niżowych wykształcone przy Drodze Jubileuszowej na Śnieżce, których diaspory zostały zawleczone z niżu razem z ziemią użytą do wzmocnienia konstrukcji. Obecnie rośliny niżowych łąk rosną wyłącznie na tym wzbogaconym, obcym dla piętra alpejskiego substracie, nie przenikając do muraw wysokogórskich. Poza sąsiedztwem szlaków i schronisk gatunków synantropijnych brak.

Biorąc pod uwagę skutki pojawów najgroźniejszych gatunków obcych potrzebą chwili są działania zmierzające do zmniejszenia możliwości ich rozprzestrzeniania na terenie Parku lub wnikania na tern KPN z obszarów sąsiadujących z nim. Działania te podjęto już w odniesieniu do takich gatunków jak szczaw alpejski, kroplik żółty, niecierpek gruczołowaty, łubin trwały, barszcz Sosnowskiego, czy też rdestowiec sachaliński (Przewoźnik 2015). Oprócz kontynuacji tych działań istotna jest również edukacja ekologiczna w celu ograniczenia wprowadzania do uprawy w tym rejonie roślin o znanych lub potencjalnych właściwościach inwazyjnych.

Literatura

Anioł-Kwiatkowska J. & Malicki M., 2005: Rumex alpinus L. in Karkonosze (the Sudeten Mountains) apophyte or anthropophyte? Proceedings of the 8th International Conference on Ecology and Management of Alien Plant Invasions 5-12. 09. 2005, Katowice, Poland.

Czarniecka M., Dajdok Z. & Śliwiński M. 2011: Występowanie obcych roślin inwazyjnych w rejonie Karpacza (Karkonosze). Przyroda Sudetów 14: 55-68.

Dajdok Z. & Pawlaczyk P. (red.) 2009. Inwazyjne gatunki roślin ekosystemów mokradłowych Polski. Wyd. Klubu Przyrodników, Świebodzin: ss. 167.

Dajdok Z. & Śliwiński M. 2009. Rośliny Inwazyjne Dolnego Śląska. Polski Klub Ekologiczny – Okręg Dolnośląski, Wrocław: ss. 64.

Dunajski A., Potocka J. & Szczęśniak E. 2011. Zarys historii badań botanicznych w Karkonoszach ze szczególnym uwzględnieniem Karkonoskiego Parku Narodowego. W: Knapik R., Przewoźnik L. & Raj A. (red.), 50 lat badań naukowych w Karkonoskim Parku Narodowym. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra. 183-216.

Fabiszewski J. 1985: Szata roślinna, W: A. Jahn (red.) Karkonosze polskie. Polska Akademia Nauk oddz. we Wrocławiu, Karkonoskie Tow. Naukowe w Jeleniej Górze. Zakł. Narodowy im. Ossolińskich, Wyd. Pol. Akademii Nauk.

Fabiszewski J. 2004: Szata roślinna Karkonoszy, W: Fabiszewski J. (red.) Wartości botaniczne wybranych pasm Sudetów. Prace Wroc. Tow. Naukowego, Ser. B, No 213: 7-22.

Fabiszewski J. & Brej T. 2005. Agresywni przedstawiciele kenofitów w Karkonoszach. Ann. Silesiae 34: 115-121.

Fabiszewski J. & Brej T. 2007. Agresywni przedstawiciele kenofitów w Karkonoszach. Cz. II. Inwazje na tle odmiennych siedlisk. Ann. Silesiae 35: 97-104.

Fabiszewski J. & Brej T. 2008. Ecological significance of some kenophytes in Lower Silesian national parks. Acta Soc. Bot. Pol. 77(2): 167-174.

Fabiszewski J. & Kwiatkowski P. 2001: Gatunki inwazyjne we florze roślin naczyniowych Sudetów. Annales Silesiae 31: 123-127.

Fabiszewski J. & Wojtuń B. 2001: Contemporary floristic changes in the Karkonosze Mts. Acta Soc. Bot. Poloniae 70(3): 237-245.

Faliński J. B. 1966. Antropogeniczna roślinność Puszczy Białowieskiej jako wynik synantropizacji naturalnego kompleksu leśnego. – Rozpr. Uniw. Warsz., 13: 1-256.

Faliński J. B. 1972. Synantropizacja szaty roślinnej - próba określenia istoty procesu i głównych kierunków badań. Phytocoenosis 1(3): 157-170.

Fiek E. 1881. Flora von Schlesien, Breslau J. U. Kern's Verl. ss. 571.

Kaźmierczakowa R., Bloch-Orłowska J., Celka Z., Cwener A., Dajdok Z., Michalska-Hejduk D., Pawlikowski P., Szczęśniak E., Ziarnek K. 2016. Polska czerwona lista paprotników i roślin kwiatowych. Ss. 44. Instytut Ochrony Przyrody Polskiej Akademii Nauk, Kraków.

Kornaś J. 1981. Oddziaływanie człowieka na florę: mechanizmy i konsekwencje. Wiad. Bot. 25(3): 165-182.

Kwiatkowski P. 2003. The distribution of synanthropic plant communities from the alliance Rumicion alpini Klika in Klika et Hadač 1944 in the Sudetes Mountains, W: Zając A., Zając M. & Zemanek B. (red.) Phytogeograpical problems of synanthropic plants. Institute of Botany, Jagiellonian University, Cracow: 255-258.

Kwiatkowski P. 2007. Stan poznania i przegląd systematyczny zbiorowisk roślinnych polskich Karkonoszy. Przyroda Sudetów 10: 29-50.

Kwiatkowski P. 2008. Rośliny naczyniowe Karkonoszy i Pogórza Karkonoskiego. Przyroda Sudetów 11: 3-42.

Malicki M. 2015. Cenne założenia parkowe w krajobrazie Sudetów Zachodnich. Karkonosze. Czasopismo Sudetów Zachodnich 3(281): 19-22.

Malicki M., Pielech R., Szczęśniak E.. 2012. Przytulia turyńska Galium taurinum (L.) Scop. (Rubiaceae) - nowy antropofit we florze Polski. Acta Bot. Silesiaca 8: 189-196.

Mattuschka H. G. 1776-1777: Flora Silesiaca, oder Verzeichniss der in Schlesien wildwachsenden Pflanzen. T 1, 2. Breslau und Leipzig, W. G. Korn.

Misztal J., Dajdok Z. 2015. Występowanie neofitów wzdłuż wybranych potoków Karkonoszy. Przyroda Sudetów 18: 109-136.

Pender K. & Kusiak T. 2003: Cardamine chelidonia L. w Karkonoszach. Przyroda Sudetów Zachodnich 6: 13-20.

Piękoś H. 1972. Rodzaj Mimulus L. w Polsce. - The Genus Mimulus L. in Poland. Fragm. Flor. Geobot. 18(3-4): 343-351.

Przewoźnik L. 2015. Działania podejmowane w Karkonoskim Parku Narodowym w celu zwalczania lub ograniczania rozprzestrzeniania się gatunków obcych, W: Krzysztofiak L. & Krzysztofiak A. (red.) Zwalczanie inwazyjnych gatunków roślin obcego pochodzenia – dobre i złe doświadczenia, s: 39-45. Stowarzyszenie Człowiek i Przyroda, Krzywe.

Rostański K. 1977. Flora i roślinność synantropijna w Karkonoskim Parku Narodowym. Prace Karkonoskiego Towarzystwa Naukowego w Jeleniej Górze nr 9. Komisja Nauk Ścisłych i Technicznych.

Schube T. 1903. Die Verbreitung der Gefässpflanzen in Schlesien preussischen und österreichen Anteils. iv + 361 pp. R. Nieschowsky, Breslau.

Sudnik–Wójcikowska B. 2011. Flora Polski. Rośliny synantropijne. Multco Oficyna Wydawnicza, Warszawa.

Szczęśniak E. & Malicki M. 2007. Skuteczność usuwania roślin synantropijnych z otoczenia Drogi Jubileuszowej w latach 2002-2005. – Opera Corcontica 44 (2): 371–378.

Szczęśniak E., Dajdok Z., Kącki Z. 2013. Stulisz sztywny Sisymbrium strictissimum L. (Brassicaceae) - nowy dla flory Karkonoszy i Dolnego Śląska antropofit, Przyroda Sudetów 16: 3-6.

Šourek J. 1969: Květena Krkonoš. Academia Praha: ss. 452.

Świerkosz K. 1994. Zbiorowiska roślinne Góry Chojnik – eksklawy Karkonoskiego parku narodowego. Część II. Zbiorowiska nieleśne. Parki Narodowe i Rezerwaty Przyrody 13(2): 17-36.

Tokarska-Guzik B. 2005. The Establishment and Spread of Alien Plant Species (Kenophytes) in the Flora of Poland. Prace Nauk. Uniwersytetu. Śląskiego, Katowice 2372: 1–192.

Tokarska-Guzik B. & Dajdok Z. 2009. Kroplik żółty Mimulus guttatus DC. W: Dajdok Z. & Pawlaczyk P. (red.), Inwazyjne gatunki roślin ekosystemów mokradłowych Polski. Wyd. Klubu Przyrodników, Świebodzin: 58-60.

Tokarska-Guzik, B. & Dajdok, Z. 2010. NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet – Mimulus guttatus. – From: Online Database of the North European and Baltic Network on Invasive Alien Species – NOBANIS www.nobanis.org

Tokarska-Guzik B., Dajdok Z. Urbisz Al., Zając M. & Danielewicz W. 2011. Identyfikacja i kategoryzacja roślin obcego pochodzenia jako podstawa działań praktycznych. Acta Botanica Silesiaca 6: 23-53.

Tokarska-Guzik B., Dajdok Z., Zając A., Zając M., Urbisz A., Danielewicz W. & Hołdyński C. 2012. Rośliny obce w Polsce ze szczególnym uwzględnieniem roślin inwazyjnych. GDOŚ, Warszawa: *ss. 197.*

Dane adresowe autorów:

Zygmunt Dajdok
zygmunt.dajdok@uwr.edu.pl

Ewa Szczęśniak
ewa.szczesniak@uwr.edu.pl

Zakład Botaniki, Instytut Biologii Środowiskowej Uniwersytetu Wrocławskiego
ul. Kanonia 6/8, 50-328 Wrocław

Dajdok Z. & Szczęśniak E. 2019: Rośliny synantropijne. W: Knapik R., Migoń P. & Raj A. (red.), Przyroda Karkonoskiego Parku Narodowego. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra: 311–318.

Maria Kossowska

Porosty

Wstęp

Porosty, współcześnie nazywane grzybami zlichenizowanymi, to ogromna i bardzo różnorodna grupa grzybów – głównie workowców, ale też podstawczaków i tzw. grzybów niedoskonałych – odżywiających się poprzez wchodzenie w związek symbiotyczny z partnerem fotosyntezującym, nazywanym ogólnie glonem. Proces ten nazywamy lichenizacją, a jego konsekwencją jest plecha, czyli ciało porostu, o niejednokrotnie skomplikowanej budowie zewnętrznej i wewnętrznej. W zależności od gatunku budującego je grzyba, plechy porostowe mogą mieć rozmaite kształty: od zwartej skorupki, ściśle przyrośniętej do podłoża, poprzez formy łuseczkowate i listkowate, aż po mocno rozczłonkowane, rozgałęzione taśmy i nitki porostów krzaczkowatych i zaskakujące swym wyglądem i zmiennością chrobotki.

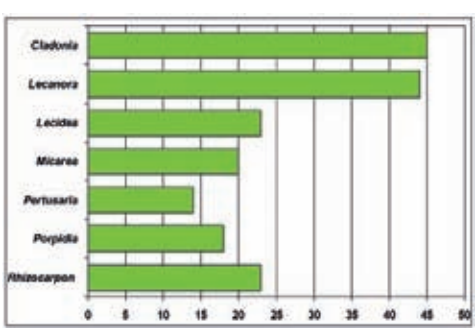
Dzięki swojej specyficznej biologii porosty są organizmami wszędobylskimi. Brak ich jedynie w żyznych i wilgotnych zbiorowiskach nieleśnych (łąki), w toni wodnej i w miejscach o wyjątkowo silnym skażeniu powietrza. Ze względu na typ zajmowanego podłoża, porosty tradycyjnie dzieli się na: naskalne (epilityczne), naziemne (epigeiczne) i nadrzewne (epifityczne). Wąskie i wyspecjalizowane grupy tworzą także gatunki porastające martwe drewno (epiksyliczne) oraz darenki mszaków (epibriofityczne).

Szczególnie obfitą i różnorodną wegetacją porostową wyróżniają się obszary górskie, co spowodowane jest dużo większą niż na niżu różnorodnością potencjalnych podłoży i siedlisk oraz ich mozaikowym układem w terenie. Ponadto, coraz surowsze wraz ze wzrostem wysokości n.p.m. warunki klimatyczne stanowią czynnik ograniczający występowanie wielu gatunków roślin naczyniowych. Ich miejsce zajmują wtedy organizmy słabsze konkurencyjnie, ale bardziej odporne i mniej wymagające, w tym zwłaszcza mszaki i porosty.

Badania porostów w Karkonoszach zaczęły się wcześnie jak na tak niepozorne organizmy, bo już w połowie XVIII wieku (por. Kossowska 2011). Działało tu wielu wybitnych badaczy niemieckich, czeskich i polskich, m. in. J. Flotow, G. Körber, B. Stein, E. Eitner, V. Kuták, J. Suza, Z. Tobolewski i J. Fabiszewski. Dzięki ich pracy, a także intensywnym studiom współczesnym, **lichenobiota**[1] Karkonoszy jest jedną z lepiej poznanych na ziemiach polskich.

1. Ogólna charakterystyka lichenobioty

Na obszarze Karkonoszy (po obu stronach granicy) stwierdzono do tej pory ok. 760 gatunków porostów (Kossowska 2006, 2014 z uzupełnieniami). Czyni to lichenobiotę tego pasma jedną z najbogatszych w Europie Środkowej. To bogactwo gatunków Karkonosze zawdzięczają splotowi wielu czynników środowiskowych, spośród których na czoło wysuwają się: urozmaicona budowa geologiczna, pozwalająca na współbytowanie porostów o różnych wymaganiach siedli-



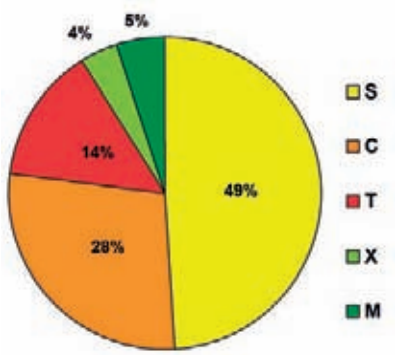
Ryc. 1. Liczba gatunków w najbogatszych rodzajach lichenobioty Karkonoszy

[1] definicje terminów wydrukowanych grubszą czcionką zostały zamieszczone w słowniczku na końcu rozdziału

skowych, oraz wyniesienie masywu powyżej górnej granicy lasu, dzięki czemu mogą występować tu gatunki wysokogórskie i typowe dla obszarów chłodnych.

Lichenobiotę Karkonoszy budują porosty należące do 240 rodzajów, z których dwa najliczniejsze: chrobotek *Cladonia* i misecznica *Lecanora* łącznie zawierają prawie 100 gatunków (Ryc.1). Z kolei aż 126 rodzajów reprezentowanych jest przez jeden tylko gatunek.

Porosty w Karkonoszach zajmują wszystkie możliwe siedliska. Wśród dotychczas stwierdzonych gatunków zdecydowanie dominują porosty naskalne (Ryc. 2), które stanowią około 49% całości lichenobioty. Znacznie mniej liczne są grupy porostów nadrzewnych (28%) i naziemnych (14%). Najmniejszy udział mają porosty rosnące wyłącznie na darenkach mchów (5%) i martwym drewnie (4%). Porosty mają mniejszy lub większy udział w niemal wszystkich zbiorowiskach roślinnych Karkonoszy, a na odsłoniętych powierzchniach skalnych tworzą własne zespoły, niekiedy z udziałem epilitycznych mszaków.

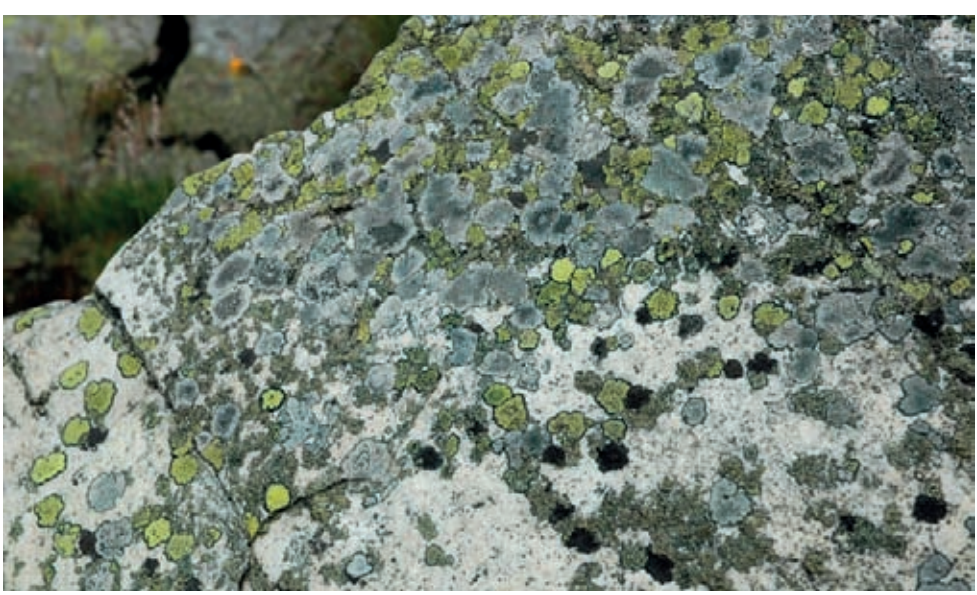


Ryc. 2. Udział grup siedliskowych w lichenobiocie Karkonoszy S – naskalne; C – nadrzewne; T – naziemne; X – epiksyliczne; M –epibriofityczne

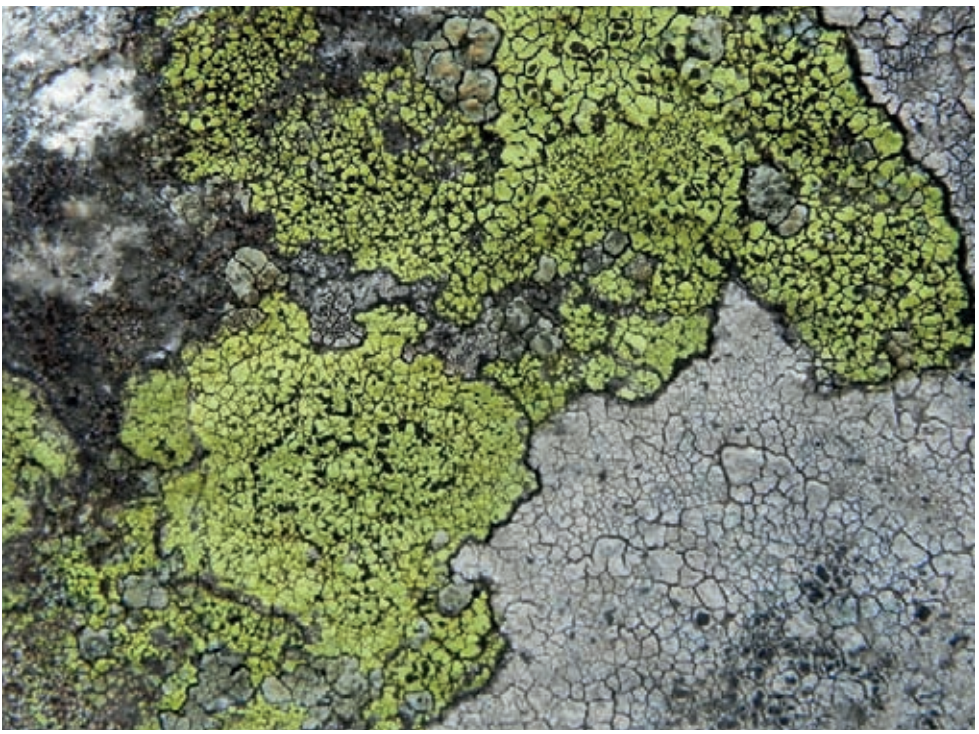
2. Grupy siedliskowe porostów

2.1. Porosty naskalne

Porosty naskalne tworzą w Karkonoszach najliczniejszą grupę siedliskową. Do tej pory stwierdzono tu występowanie ok. 370 gatunków zasiedlających powierzchnie skalne. Dominacja w budowie geologicznej pasma mniej lub bardziej kwaśnych skał krzemianowych sprawia, że większość lichenobioty stanowią gatunki acydofilne. Wśród nich przeważają porosty skorupiaste, tworzące barwne mozaiki na powierzchni mniejszych i więk-



Ryc. 3. Mozaika porostów skorupiastych na powierzchni skały (fot. M. Kossowska)



Ryc. 4. Żółtozielone plechy wzorca geograficznego Rhizocarpon geographicum (fot. M. Kossowska)

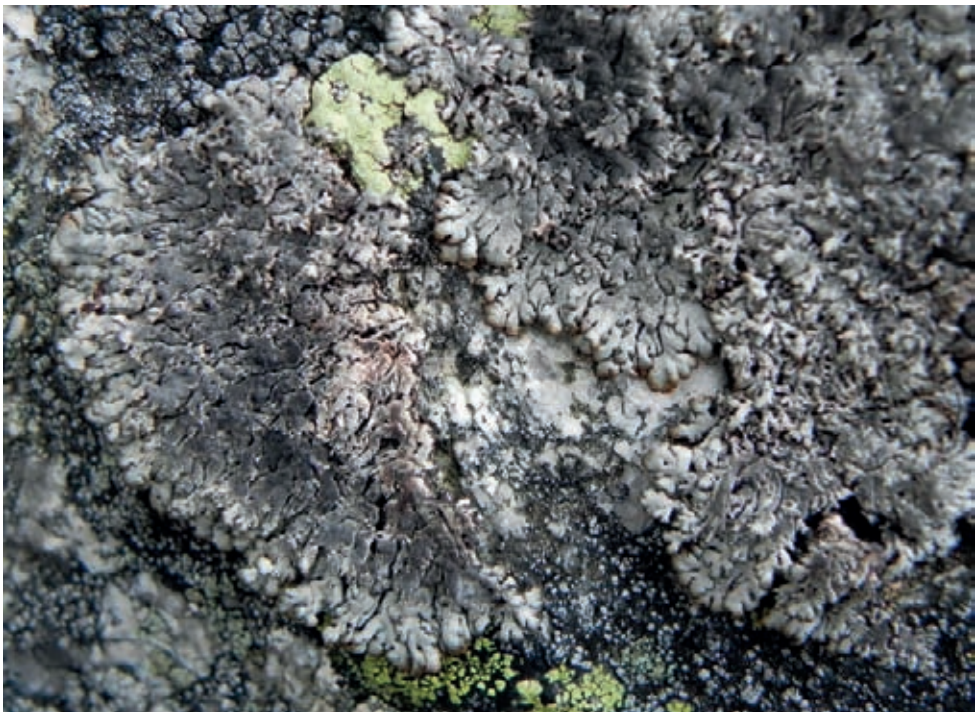
szych kamieni, skałek i ścian skalnych (Ryc. 3). Najliczniej reprezentowane rodzaje to: misecznica *Lecanora* (23 gatunki) krążniczka *Lecidea* (19 gat.), kamusznik *Porpidia* (18 gat.) i wzorzec *Rhizocarpon* (23 gat.). Porosty o plesze listkowatej to głównie kruszownice *Umbilicaria* spp. (13 gat.) oraz gatunki zaliczane dawniej do szeroko rozumianego rodzaju tarczownica *Parmelia*, a obecnie rozdzielone na rodzaje *Arctoparmelia*, *Melanelia*, *Melanelixia*, *Montanelia*, *Parmelia* s.str. i *Xanthoparmelia* (łącznie 13 gat.). Najmniej licznie reprezentowane są na skałach porosty o plesze krzaczkowatej. W miarę często spotyka się zaledwie dwa gatunki: chróścik obnażony *Stereocaulon vesuvianum* i cienik kędzierzawy *Pseudephebe pubescens*[2].

Trzon lichenobioty naskalnej Karkonoszy stanowi kilka pospolitych gatunków o szerokiej skali wymagań siedliskowych. Są to przede wszystkim misecznice: zwyczajna *Lecanora polytropa* i skupiona *L. intricata*, wzorce: geograficzny *Rhizocarpon geographicum* (Ryc.4), ciemny *Rh. reductum* i wieloowocnikowy *Rh. polycarpum*, krążniczka brunatnoczarna *Lecidea fuscoatra*, wielosporek brunatny *Acarospora fuscata* i tarczownica skalna *Parmelia saxatilis*. Powyżej górnej granicy lasu dochodzą do nich gatunki górskie, np. ustupka halna *Brodoa intestiniformis* (Ryc. 5), ciemnik Kocha *Fuscidea kochiana*, krążniczka mleczna *Lecidea lactea*, wzorzec alpejski *Rhizocarpon alpicola* (Ryc. 6) i kruszownica zwyczajna *Umbilicaria cylindrica*.

Udział porostów naskalnych w biocenozie nie jest równomierny, ale wzrasta wraz z wysokością nad poziom morza. Związane jest to głównie z obecnością i dostępnością odpowiednich siedlisk, a także z ich ekspozycją i nasłonecznieniem, gdyż większość porostów naskalnych to organizmy światłolubne. W lasach regla dolnego, gdzie potencjalnym siedliskiem są dla nich przede wszystkim kamienie i większe głazy pozostające pod okapem drzew, występują jedynie nieliczne gatunki cieniolubne, głównie skorupiaste i proszkowate. Pionowe, lekko przewieszone ściany skalne w niższych położeniach górskich często bywają pokryte siarkowożółtym nalotem – plechami złociszka zielonawego *Chrysotrix chlorina*.

Dla strefy reglowej jednak charakterystyczne są też mniejsze lub większe ostańce granitowe – pojedyncze skałki lub całe kompleksy skalne. Ponieważ z reguły są one eksponowane na otwartej przestrzeni bezleśnej,

[2] Łacińskie i polskie nazwy gatunkowe podano wg Fałtynowicza i Kossowskiej (2016).



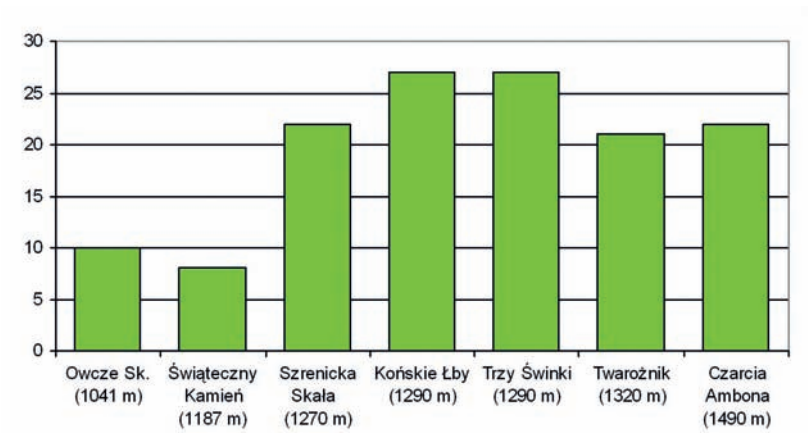
Ryc. 5. Ustupka halna Brodoa intestiniformis (fot. M. Kossowska)



Ryc. 6. Wzorce: alpejski Rhizocarpon alpicola i geograficzny Rh. geographicum (z lewej) (fot. M. Kossowska)

lub też wystają ponad korony otaczających je drzew, liczba zasiedlających je porostów jest znacznie większa. Występują tu skorupiaste, listkowate i nieliczne krzaczkowate gatunki acydofilne, a w szczytowych częściach skał, liczniej odwiedzanych przez ptaki, dodatkowo także azotolubne. Przykładem grupy skalnej o szczególnie bogatej wegetacji porostowej są Pielgrzymy, na których stwierdzono do tej pory występowanie 35 różnych gatunków porostów.

Powyżej górnej granicy lasu mniejsze i większe ostańce skalne stają się coraz liczniejsze, zwiększa się również liczba głazów i luźnych kamieni, rozproszonych wśród zarośli kosodrzewiny. Pojawia się także nowe siedlisko dla porostów epilitycznych, jakim są skaliste ściany kotłów polodowcowych. Wszystko to sprawia, że udział porostów naskalnych w biocenozie gwałtownie wzrasta (Ryc. 7). Na eksponowanych powierzchniach skalnych wykształciły się tu charakterystyczne zbiorowiska porostowe i porostowo-mszyste. Poziome i nieznacznie nachylone powierzchnie głazów długo pozostających pod przykryciem śniegu pokrywają zbiorowiska **chinofilne**, w których dominują formy skorupiaste, natomiast na powierzchniach skalnych odsłoniętych w czasie zimy (np. na pionowych i mocno nachylonych ścianach kotłów polodowcowych) rozwijają się zbiorowiska **chinofobowe** z większym udziałem porostów listkowatych (FABISZEWSKI 1985).



Ryc. 7. Liczba gatunków porostów stwierdzonych współcześnie na wybranych skałkach granitowych w zachodniej części Karkonoszy

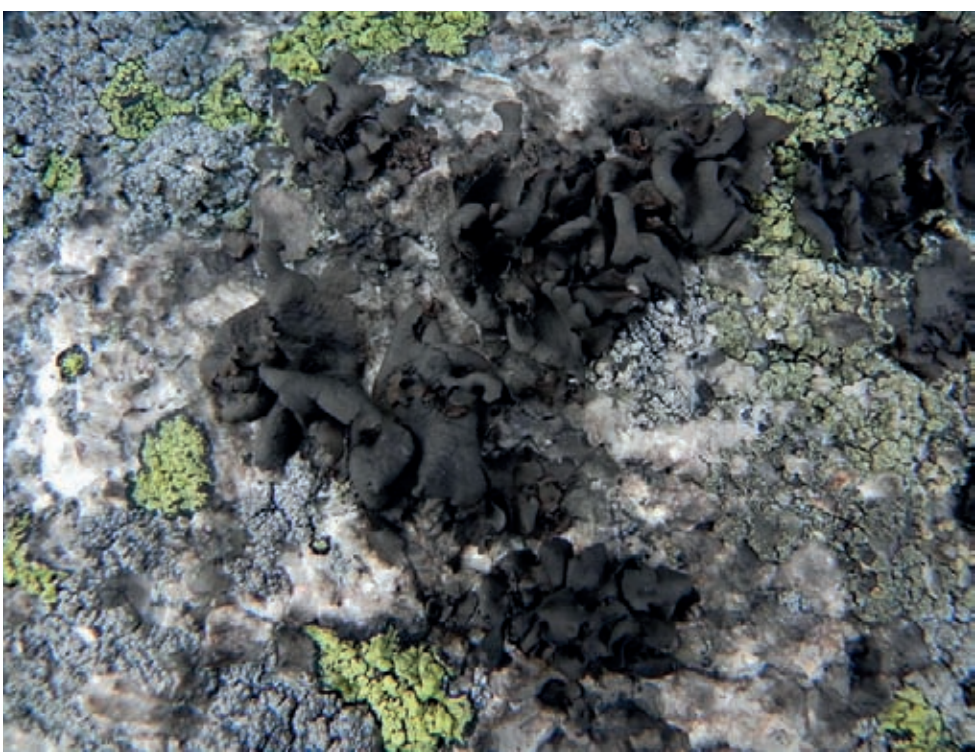
Największy udział porosty naskalne mają w piętrze halnym. Rozwinęło się ono w Karkonoszach fragmentarycznie i ograniczone jest do partii wierzchołkowych dwóch najwyższych szczytów: Śnieżki i Wielkiego Szyszaka, grani Czarnego Grzbietu i górnej krawędzi Śnieżnych Kotłów. Bloki i drobne kamienie w tym piętrze pokryte są bardzo bogatą wegetacją porostową. Ważną grupę stanowią tu rzadkie porosty o arktyczno-alpejskim typie zasięgowym, które w warunkach klimatu umiarkowanego spotykane są wyłącznie w najwyższych partiach gór: adelka Pilata *Adelolecia pilati*, bellemerea alpejska *Bellemerea alpina* i szarobrunatnawa *B. cinereorufescens*, ustupka halna *Brodoa intestiniformis*, karfinka morelowa *Calvimetela armeniaca*, rożynka posępna *Cornicularia normoerica*, cytrynik żółty *Pleopsidium chlorophanum*, bruniec nadbrzeżny *Rinodina milvina*, widlina krucha *Sphaerophorus fragilis* i in. (por. rozdział 3.2). W piętrze halnym zdecydowanie dominują porosty skorupiaste, których zwarte plechy są odporniejsze na przemarzanie, wysychanie i uszkodzenia mechaniczne, związane z działalnością częstych tu huraganowych wiatrów. Z porostów listkowatych duży udział mają jedynie kruszownice: zwyczajna *Umbilicaria cylindrica* (Ryc. 8), strojna *U. deusta*, północna *U. hyperborea*, wielolistkowa *U. polyphylla* (Ryc. 9), pomarszczona *U. proboscoidea* i i postrzępiona *U. torrefacta*.

2.2. Porosty nadrzewne

Porosty nadrzewne to grupa siedliskowa, która w przeciągu ostatnich 200 lat uległa największej przemianie. Niegdyś była to grupa bogata i różnorodna; nierzadki składnik lichenobioty stanowiły porosty wytwarzające okazałe, listkowate lub krzaczkowate plechy, w tym mąkla rozłożysta *Evernia divaricata*, jaskrota wilcza *Letha-*



Ryc. 8. Listkowata kruszownica zwyczajna Umbilicaria cylindrica (fot. M. Kossowska)



Ryc. 9. Brunatne plechy kruszownicy wielolistkowej Umbilicaria polyphylla (fot. M. Kossowska)

ria vulpina, tarczyna przygraniczna *Lobarina srobiculata*, tarczynka dziurkowana *Menegazzia terebrata* oraz pawężniczki: gładka i odwrócona *Nephroma bellum* i *N. resupinatum*, uważane obecnie za tzw. relikty puszczańskie (Cieśliński i in. 1996). Nie były to taksony charakterystyczne wyłącznie dla Karkonoszy, ale gatunki o szerokich zasięgach, przywiązane do rozległych, nie przekształconych przez człowieka kompleksów leśnych. Te wielkoplechowe porosty nadrzewne okazały się jednak bardzo wrażliwe na zanieczyszczenia powietrza, jakie pojawiły się wraz z rozwojem przemysłu i urbanizacją, dlatego już w drugiej połowie XIX wieku znane były w Karkonoszach z rozproszonych stanowisk, których liczba stale się zmniejszała.

Drastyczne zubożenie lichenobioty nadrzewnej Karkonoszy, przyniosły lata 70. i 80. XX wieku. Zanieczyszczenie powietrza gazami (SO_2, NO_x i in.) pochodzącymi ze źródeł lokalnych i z tzw. dalekiej emisji, doprowadziło do całkowitego wyginięcia lub zdecydowanego zmniejszenia liczby stanowisk większości porostów należących do tej grupy siedliskowej, w tym zwłaszcza gatunków o plechach listkowatych i krzaczkowatych. Na większości obszaru na drzewach notowano tylko kilka najbardziej odpornych gatunków skorupiastych: misecznicę proszkowatą *Lecanora conizaeoides*, paznokietnika ostrygowego *Hypocenomyce scalaris* (Ryc. 10), krużynki: maczugowatą i ziarenkowatą *Micarea botryoides* i *M. prasina* s.l. oraz różne proszkowate gatunki z rodzaju liszajec *Lepraria*. W miejscach najbardziej skażonych nawet ich plechy wykazywały oznaki zagrzybienia i zamierania. Podobne procesy zachodziły w całej środkowej Europie, ale w Karkonoszach „wielkie wymieranie" porostów nadrzewnych było szczególnie dobrze widoczne – połączone było bowiem z masowym zamieraniem drzewostanów świerkowych, mającym charakter klęski ekologicznej. Porosty więc nie tylko zamierały pod wpływem zawartego w kwaśnych deszczach kwasu siarkowego, ale także bezpośrednio traciły swoje podłoża.

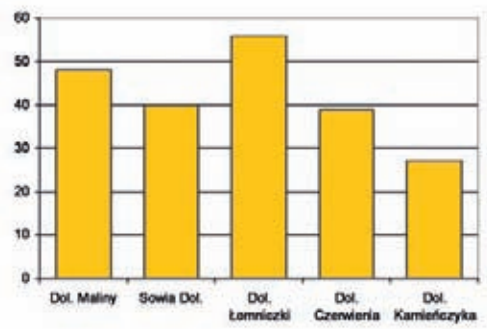
Taksony bardziej wrażliwe miały szansę przetrwać tylko w nielicznych enklawach o szczególnie korzystnym dla porostów splocie warunków siedliskowych. Takimi miejscami stały się m.in. doliny niektórych górskich potoków (Ryc. 11), gdyż większa niż gdzie indziej wilgotność powietrza sprzyjała tam wegetacji porostowej. Najbogatszą w porosty ostoją porostów jest wąska i głęboko wcięta Dolina Łomniczki; jej nietypowy w Karkonoszach, północno-wschodni przebieg powoduje, że dno doliny osłonięte jest od zanieczyszczeń powietrza



Ryc. 10. Paznokietnik ostrygowy Hypocenomyce scalaris, jeden z najpospolitszych porostów nadrzewnych w Karkonoszach (fot. M. Kossowska)

napływających z pobliskiego Karpacza. Dzięki temu w Dolinie Łomniczki znaleziono współcześnie 56 gatunków porostów nadrzewnych, w tym kilka rzadkich, np. otwornicę szkarłatną *Pertusaria coccodes*, misecznicę wytworną *Lecanora intumescens* i brodaczkę zwyczajną *Usnea dasopoga* (Dimos-Zych & Czarnota 2007).

W późniejszych dekadach nakłady na ochronę środowiska, a także – paradoksalnie – recesja gospodarcza doprowadziły do poprawy czystości powietrza atmosferycznego. W efekcie, już w 2000 roku w niektórych częściach pasma obserwowano masowe pojawianie się młodocianych plech nieco bardziej wrażliwych porostów listkowatych (głównie pustułki pęcherzykowatej *Hypogymnia physodes* i płaskotki rozlanej *Parmeliopsis ambigua*).



Ryc. 11. Liczba gatunków porostów nadrzewnych stwierdzonych w dolinach karkonoskich potoków (Wawrecka & Kossowska 2006, Dimos-Zych & Czarnota 2007, Napierała 2008, Baryś 2012, Kobylnik 2012)

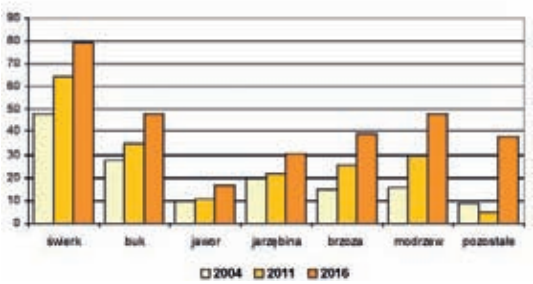
Obecnie porosty nadrzewne już bardzo wyraźnie „powracają" w Karkonosze. Liczba stanowisk poszczególnych gatunków stale wzrasta, pojawiają się także dawno niewidziane, wrażliwe porosty listkowate i krzaczkowate. Jednym z symptomów tego procesu są np. coraz częstsze znaleziska brodaczek *Usnea* spp. (Ryc. 12), zarówno na obszarze Karkonoskiego Parku Narodowego, jak i w obrębie podgórskich miejscowości.

Stan lichenobioty epifitycznej poddany jest w Karkonoszach cyklicznym obserwacjom, mającym za zadanie uchwycenie kierunku i dynamiki zachodzących zmian, tak w aspekcie jakościowym, jak i ilościowym. Monitoring prowadzony jest na stałych powierzchniach (tzw. powierzchniach monitoringowych KPN), rozmieszczonych równomiernie w zbiorowiskach leśnych parku i oddalonych od siebie o 300 m w linii wschód-zachód oraz 200 m w linii północ-południe. Na każdej powierzchni wyznaczono 1 – 3 drzewa monitoringowe, na



Ryc. 12. Brodaczka Usnea sp. na gałęzi modrzewia (fot. M. Kossowska)

których w każdej edycji dokonywany jest spis występujących gatunków porostów oraz ocena ich ilościowości i żywotności. Do tej pory odbyły się trzy edycje monitoringu: w roku 2004 (Kossowska i in. 2007, Kossowska & Fałtynowicz 2008), 2011 (niepubl.) i 2016 (Kossowska i in. 2018). Dokonane obserwacje potwierdzają opisywaną wyżej stopniową poprawę stanu bioty porostów nadrzewnych, wyrażająca się m. in. wzrostem liczby gatunków stwierdzonych na poszczególnych **forofitach** (ryc. 13).



Ryc. 13. Liczba gatunków stwierdzonych na poszczególnych forofitach w latach 2004 i 2011

Porosty nadrzewne z oczywistych względów występują głównie w niższych piętrach klimatyczno-roślinnych Karkonoszy: pogórza, regla dolnego i górnego. Jednak reprezentowane są one także powyżej górnej granicy lasu, np. na pędach kosodrzewiny, jarzębinach i pojedynczych świerkach w piętrze subalpejskim i alpejskim.

Kosodrzewina w Karkonoszach jest zaskakująco uboga w porosty. Na większości obszaru jej pędy pozostają nagie lub porośnięte są jedynie przez najpospolitszą misecznicę proszkowatą *Lecanora conizaeoides*. Inne gatunki (np. płaskotka rozlana *Parmeliopsis ambigua*, pustułka pęchrzykowata *Hypogymnia physodes*, szarek pogięty *Trapeliopsis flexuosa*) notowane są zupełnie wyjątkowo. Zjawisko to nie zostało jeszcze wyjaśnione i wymaga szczegółowych badań; na pewno nie jest związane z naturalnymi właściwościami fizyko-chemicznymi kory kosodrzewiny, gdyż w Karpatach żywi ona bardzo bogatą lichenobiotę.

Bardzo ciekawym zjawiskiem jest natomiast występowanie obfitej wegetacji porostowej na martwych lub zamierających świerkach powyżej górnej granicy lasu. Zazwyczaj porośnięte są one przez kilka – kilkanaście gatunków, które jednak wykształcają duże, rozczłonkowane plechy, tworzące wokół pni i na grubszych gałęziach zwartą mufkę. Gatunkiem dominującym jest tu mąklik otrębiasty *Pseudevernia furfuracea* (Ryc. 14); licznie występują plechy pustułki pęcherzykowatej *Hypogymnia physodes*, płucnika modrego *Platismatia glauca* i złotlinki jaskrawej *Vulpicida pinastri* (Ryc. 15). Pojawiają się też dość rzadkie w Karkonoszach brodaczki *Usnea* spp., włostki *Bryoria* spp., grzybik krwawy *Mycoblastus sanguinarius* itp. Drzewa te wyraźnie kontrastują pod tym względem z rosnącymi w sąsiedztwie żywymi świerkami, a także z pędami kosodrzewiny.

Zjawisko to nie jest charakterystyczne wyłącznie dla Karkonoszy, ale obserwowane także w innych pasmach górskich Europy Środkowej (np. w Alpach, Szwarcwaldzie, górach Harz i in.); bywa też w różny sposób tłuma-



Ryc. 14. Mąklik otrębiasty Pseudevernia furfuracea na zamierających pędach płożącego się świerka na zboczu Śnieżki (piętro halne) (fot. M. Kossowska)

czone. Najprawdopodobniej działa tu wiele czynników: lepszy dostęp do światła, większa pojemność wodna próchniejącego podłoża, dzięki której porosty niemal cały czas są w stanie hydratacji, a także mniejsza ilość substancji toksycznych, spływających po pniach na drzewach pozbawionych igieł (HAUCK & RUNGE 1999).

2.3. Porosty epiksyliczne

Martwe drewno, w postaci leżących kłód, pniaków pozostałych po ściętych lub zwalonych drzewach, zamierających, pozbawionych już kory drzew lub ich części itp., a także rozmaitych drewnianych konstrukcji, to podłoże bardzo obficie występujące w Karkonoszach. Ponieważ jest łatwo dostępne, a proces rozkładu drewna powoduje zwiększenie pojemności wodnej i uwalnianie odżywczych związków mineralnych, zasiedlane jest przez rozmaite organizmy, w tym zwłaszcza mszaki i porosty (por. STANIASZEK-KIK & SZCZEPAŃSKA 2012).

Grupa porostów epiksylicznych jest najmniej specyficzną grupą siedliskową porostów w Karkonoszach. Gatunków wyspecjalizowanych i występujących wyłącznie na tego typu podłożu (tzw. epiksyle **obligatoryjne**) jest bardzo mało; stanowią łącznie ok. 4% całości lichenobioty. Należą do nich np.: błończyk wątły *Absconditella lignicola*, trzonecznice brunatnawa i naga *Chaenotheca brunneola* i *Ch. xyloxena*, misecznica przechodnia *Lecanora transcendens* i kresecznica równoległa *Xylographa paralella*.

Martwe drewno, zwłaszcza to pochodzenia naturalnego (pniaki, kłody, stojące martwe drzewa), zasiedlane jest jednak również przez liczne porosty należące do innych grup siedliskowych, a charakteryzujące się większą tolerancją odnośnie typu podłoża (epiksyle **fakultatywne**). Leżące kłody i stojące martwe drzewa zasiedlane są głównie przez epifity; część z nich po-



Ryc. 15. Złotlinka jaskrawa Vulpicida pinastri, dość częsta na pniach żywych i martwych świerków w piętrze kosodrzewiny (fot. M. Kossowska)



Ryc. 16. Typowo nadrzewna pustułka pęcherzykowata Hypogymnia physodes, rosnąca na martwym drewnie (fot. M. Kossowska)

rastała pnie żywych jeszcze drzew i pozostała po ich obumarciu, część pojawiła się dopiero na martwym i pozbawionym kory drewnie, przechodząc z żywych drzew rosnących w pobliżu. Epifitami szczególnie często zasiedlającymi ten typ podłoża są: pustułka pęcherzykowata *Hypogymnia physodes* (Ryc. 16), misecznica proszkowata *Lecanora conizaeoides*, krużynka ziarenkowata *Micarea prasina* s.l. i mąklik otrębiasty *Pseudevernia furfuracea*. Na pniakach z kolei liczną grupę stanowią porosty typowo naziemne oraz ubikwistyczne, w tym zwłaszcza wykształcające charakterystyczne, krzaczkowate plechy chrobotki. Do najczęstszych na tym podłożu należą: chrobotek palczasty *Cladonia digitata* (Ryc. 17), rdzawy *C. ochrochlora* i wcinany *C. polydactyla*. Epifity na pniakach są reprezentowane w mniejszym stopniu, jednak w początkowych stadiach rozkładu drewna spotyka się na nich niektóre porosty rosnące zazwyczaj w dolnej partii pni żywych drzew, np. cielistek dyskretny *Coenogonium pineti*, paznokietnik ostrygowy *Hypocenomyce scalaris*, krużynki: maczugowata i ziarenkowata *Micarea botryoides* i *M. prasina* s.l. oraz ziarniak malutki *Placynthiella dasaea*.

Ponadto, zarówno na pniakach, jak i na rozkładających się, omszonych kłodach pospolicie występuje w Karkonoszach bardzo ciekawy porost, którego grzybowy partner symbiozy nie należy do workowców *Ascomycota*, ale do podstawczaków *Basidiomycota*. Jest to pępówka baldaszkowa *Lichenomphalia umbellifera*. Gatunek ten wykształca bardzo niepozorną plechę w postaci szklistozielonych, kulistych ziarenek. W odróżnieniu od porostów workowcowych, jego owocniki są nietrwałe i pojawiają się sezonowo. W stanie płonnym plecha jest dość trudna do zauważenia i z tego powodu gatunek może być przeoczany.

2.4. Porosty naziemne i epibriofityczne

Grupy porostów naziemnych i epibriofitycznych zazwyczaj trudne są do oddzielenia, gdyż część gatunków zasiedlających darenki żywych mchów występuje także na humusowej glebie i szczątkach roślinnych w różnym stadium rozkładu. Spośród porostów występujących w Karkonoszach za wyłącznie epibriofityczne uznać można jedynie osiem gatunków. Są to: kropnica plamista *Bacidia coniangioides*, jaskrawiec okapowy *Caloplaca cerina* var. *muscorum*, krużyk garbaty *Catillaria contristans*, bladek zgrubiały *Helocarpon crassipes*, misecznica



Ryc. 17. Chorobotek palczasty Cladonia digitata (fot. M. Kossowska)

turniowa *Lecanora leptacina*, massalongia mocna *Massalongia carnosa*, przewiertnica sudecka *Porina sudetica* i pierwoplesznik nikły *Protothelenella sphinctrinoidella*. W związku z tym obie grupy siedliskowe zostały tu omówione łącznie.

Tak szeroko rozumiane porosty naziemne reprezentowane są w Karkonoszach przez około 140 gatunków. Podobnie jak w przypadku porostów naskalnych, grupa ta korzystne warunki do rozwoju znajduje zwłaszcza powyżej górnej granicy lasu, gdzie surowe warunki klimatyczne w dużym stopniu ograniczają konkurencję ze strony roślin naczyniowych. Szczególnie bogate w porosty naziemne są charakterystyczne dla piętra halnego murawy *Carici-Festucetum airoidis*, rozwijające się na kopule szczytowej Śnieżki, Czarnym Grzbiecie i Wielkim Szyszaku. Ta swoista tundra górska jest siedliskiem występowania m.in. kilkunastu gatunków arktyczno-alpejskich, będących w Karkonoszach reliktami epoki lodowej (por. rozdz. 3.2). Wśród nich najbardziej zwracają uwagę porosty o dużych, krzaczkowatych lub nitkowatych plechach, takie jak żyłecznik halny *Alectoria ochroleuca* (Ryc. 18), oskrzelki halna i rynienkowata *Flavocetraria nivalis* i *F. cucullata*, gowardia czerniejąca *Gowardia nigricans* oraz szydlina różowa *Thamnolia vermicularis* (Ryc. 19).

Specyfika budowy geologicznej Karkonoszy sprawia, że większość spotykanych w wyższych położeniach porostów naziemnych to gatunki siedlisk bezwapiennych. Nieco inaczej wygląda to w kotłach polodowcowych, w których zgodnie z teorią systemów anemo-orograficznych Jenika (1997) podłoże jest bogatsze w związki mineralne, w tym także w związki wapnia. Dodatkowo, w ścianach niektórych kotłów odsłaniają się wychodnie skał zasadowych (np. bazalt w Małym Śnieżnym Kotle, por. rozdział 3.3). W związku z tym na ziemi i zwietrzelinie skalnej spotkać tam można także porosty wapienio- i zasadolubne. Są to np.: nameszka krwistoczarna *Bryobilimbia hypnorum*, otwornica skupiona *Pertusaria glomerata*, obierek rudawy *Placidium rufescens*, pszeblaszek czajniczkowy *Scytinium imbricatum*, dołczanka dwuzarodnikowa *Solorina bispora* i in.

W przeciwieństwie do wyższych położeń górskich, w strefie regli powierzchnia gruntu jest dostępna dla porostów tylko w specyficznych, odsłoniętych miejscach pozbawionych roślinności, np. na skarpach i poboczach dróg leśnych. Na takich zaburzonych siedliskach pojawiają się głównie chrobotki *Cladonia* spp., nierzadko tylko w postaci łuseczkowatej plechy pierwotnej, oraz nieliczne gatunki skorupiaste, w tym zwłaszcza grzybinka brunatna *Baeomyces rufus*, szarki: gruzełkowaty *Trapeliopsis granulosa* i zwodniczy *T. pseudogranulosa* oraz proszkowate plechy porostów z rodzaju liszajec – *Lepraria*.



Ryc. 18. Arktyczno-alpejski porost naziemny – żyłecznik halny Alectoria ochroleuca (fot. M. Kossowska)



Ryc. 19. Arktyczno-alpejska szydlina różowa Thamnolia vermicularis, dość często występująca w piętrze halnym Karkonoszy (fot. M. Kossowska)

3. Osobliwości lichenobioty Karkonoszy

3.1. Endemity

Długa historia badań lichenologicznych w Karkonoszach i „szczęście" tego pasma do wybitnych badaczy, jacy działali tu w XIX i na początku XX wieku, zaowocowały odnalezieniem wielu nowych gatunków, stąd właśnie po raz pierwszy opisanych dla nauki (Tab. 1). Większość z nich to gatunki szerzej rozprzestrzenione w Europie i na świecie, niektóre jednak (np. dzbanusznik karkonoski *A. pelobotryoides*, sapotka śląska *Fritzea lamprophora* i amylka buławkowata *Lecidella bullata*) znane są wyłącznie z Karkonoszy, a nawet z jednego tylko stanowiska, czyli *locus classicus*.

Do niedawna liczba gatunków wymienianych jako endemity Karkonoszy była większa (por. FABISZEWSKI 1985). Okazało się jednak, że niektóre z nich zostały opisane błędnie i stanowią jedynie formę gatunku znanego i szerzej rozprzestrzenionego, jak w przypadku uważanej długie lata z endemit karkonoski grzybinki okazałej *Baeomyces speciosus*. Przeprowadzone przez CHRISTIANSENA i ALSTRUPA (1990) szczegółowe badania

Tab. 1. Gatunki porostów opisane z Karkonoszy

Gatunek	Źródło danych
Aspicilia microlepis	Körber 1865
Aspicilia pelobotryoides	Eitner 1911
Bacidia coniangioides	Eitner 1911
Baeomyces speciosus	Stein 1879
Fritzea lamprophora	Körber 1865
Gyalecta biformis	Körber 1865
Gyalecta russula	Körber 1865
Ionaspis chrysophana	Körber 1855
Koeberiella wimmeriana	Körber 1855
Lecanora tephraea	Stein 1879
Lecidea nodulosa	Körber 1865
Lecidea sudetica	Körber 1855
Miriquidica complanata	Körber 1865
Porina grandis	Körber 1865
Porina sudetica	Körber 1855
Porpidia superba	Körber 1855
Protoblastenia siebenhaariana	Körber 1855
Protothelenella corrosa	Körber 1855
Rhizocarpon subgeminatum	Eitner 1911
Sporodictyon cruentum	Körber 1855
Tetramelas chloroleucus	Körber 1865
Varicellaria rhodocarpa	Körber 1855
Verrucaria basaltica	Servít 1954
Verrucaria latebrosa	Körber 1855
Xylographa minutula	Körber 1865

wykazały, że znaleziony w XIX wieku przez Körbera okaz to nienormalnie wykształcona plecha pospolitej grzybinki brunatnej *Baeomyces rufus*. Podobnie, wymieniany jako endemit w pierwszym wydaniu tej książki (Kossowska 2013) dzbanusznik najmniejszy *Aspicilia microlepis* zdaje się być szczególną formą częstego na tym samym stanowisku dziwlika rozpłaszczonego *Miriquidica complanata* (Hertel & Rambold 1987). Inne, wcześniej podawane endemity przestały nimi być, gdyż znaleziono nowe stanowiska tych porostów w innych częściach świata (np. koerberiella Wimmera *Koerberiella wimmeriana*; Rambold i in. 1990), albo też dotychczas wyróżniane „drobne" gatunki włączono do szerzej rozumianego taksonu (np. brodawnica bazaltowa *Verrucaria basaltica*, włączona do *V. latebrosa*; Krzewicka 2012).

Obecnie za pewne endemity Karkonoszy uważa się sapotkę śląską *Fritzea lamprophora* i amylkę buławkowatą *Lecidella bullata*, obie znane ze stanowiska na żyle bazaltowej w Małym Śnieżnym Kotle. Niestety, przeprowadzone ostatnio szczegółowe badania lichenologiczne na tym stanowisku (Kossowska i in. 2016) nie potwierdziły ich występowania współcześnie. Natomiast status trzeciego z gatunków, dzbanusznika karkonoskiego *Aspicilia pelobotryoides* pozostaje nierokreślony, gdyż nie zachowały się okazy zielnikowe zebrane przez Eitnera, nie znaleziono też współcześnie plech odpowiadających opisowi.

3.2. Gatunki arktyczno-alpejskie

Cechą szczególną lichenobioty Karkonoszy jest bardzo duży, jak na pasmo górskie średniej wysokości, udział gatunków arktyczno-alpejskich. Są to taksony o dysjunktywnym typie zasięgu, mające dwa centra występo-

Tab. 2. Porosty arktyczno-alpejskie piętra subalpejskiego i alpejskiego na podstawie klasyfikacji Wirtha i in. *(2013)*

Porosty naziemne i epibriofityczne	Porosty naskalne
Alectoria ochroleuca	*Adelolecia pilati*
Blastenia ammiospila	*Bellemerea alpina*
Caloplaca nivalis	*Bellemerea cinereorufescens*
Catolechia wahlenbergii	*Brodoa fuscoatra*
Flavocetraria cucullata	*Brodoa intestiniformis*
Flavocetraria nivalis	*Calvitimela armeniaca*
Fuscopannaria praetermissa	*Carbonea vorticosa*
Gowardia nigricans	*Catolechia wahlenbergii*
Lecidoma demissum	*Cornicularia normoerica*
Lobaria linita	*Frutidella caesioatra*
Ochrolechia upsaliensis	*Fuscidea mollis*
Peltigera venosa	*Gyalidea russula*
Pertusaria glomerata	*Lecidea praenubila*
Psoroma hypnorum	*Melanelia stygia*
Scytinium imbricatum	*Miriquidica garovaglioi*
Solorina bispora	*Pleopsidium chlorophanum*
Solorina crocea	*Porpidia superba*
Solorina spongiosa	*Rinodina milvina*
Stereocaulon alpinum	*Sphaerophorus fragilis*
Thamnolia vermicularis	*Sporodictyon cruentum*
	Tremolecia atrata

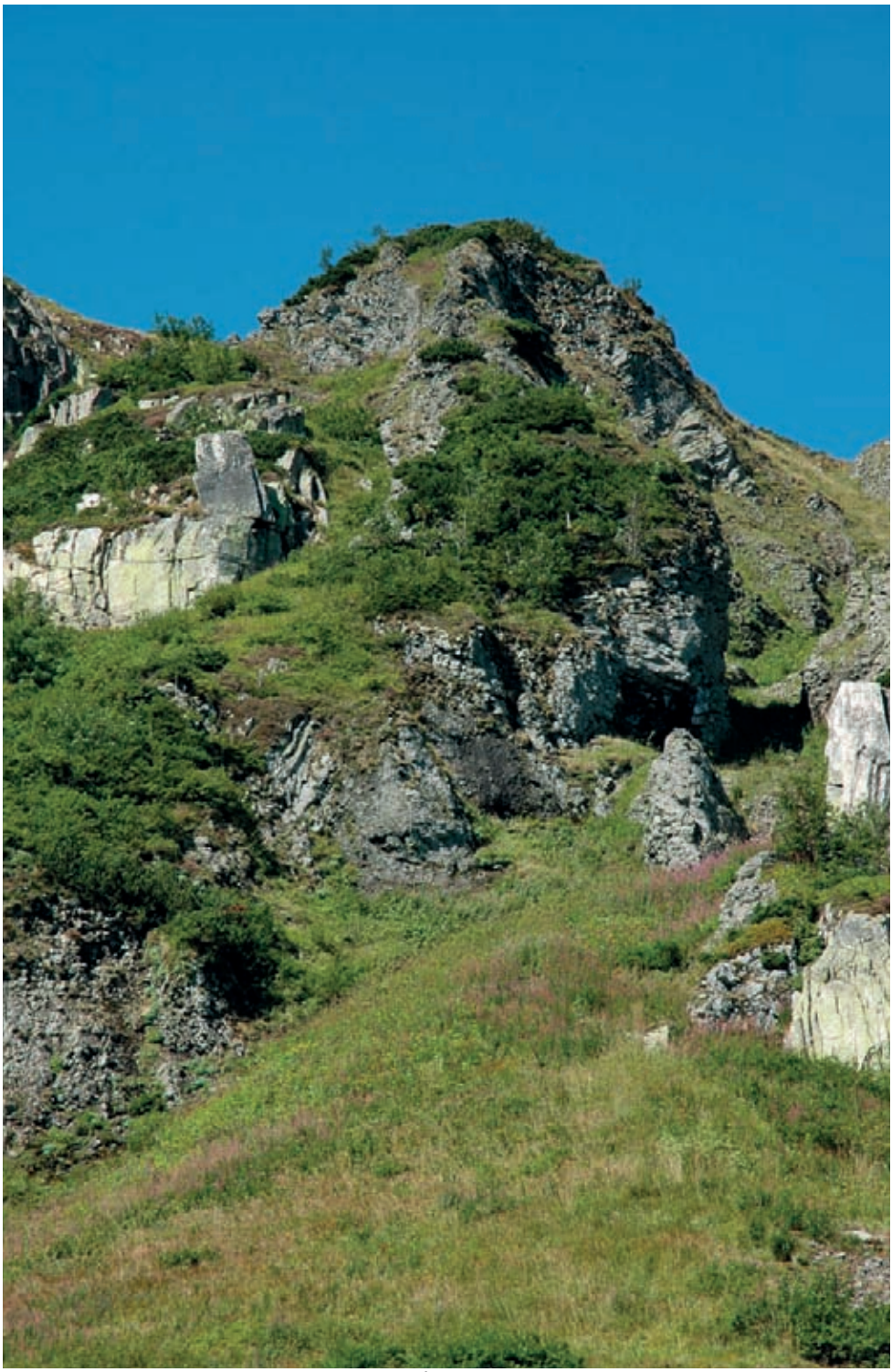
wania: Daleką Północ oraz najwyższe partie gór klimatu umiarkowanego. W Polsce ich stanowiska koncentrują się w Tatrach i Karkonoszach, zdecydowanie mniej jest ich na Babiej Górze.

W Karkonoszach gatunki arktyczno-alpejskie mają charakter reliktów glacjalnych i występują głównie na skałach i glebie powyżej górnej granicy lasu (Tab. 2), gdzie surowe warunki klimatyczne sprzyjają ich rozwojowi. Ich stanowiska koncentrują się zwłaszcza w najwyższych partiach masywu: na Śnieżce, Czarnym Grzbiecie i Wielkim Szyszaku.

3.3. Ostoje bioróżnorodności

Obecność stref metamorfizmu kontaktowego (np. hornfelsy) oraz innych, mniejszych lub większych wkładek skał bogatszych w substancje mineralne (np. bazalty) sprawia, że jednostajna, acydofilna lichenobiota naskalna i naziemna w niektórych miejscach wzbogacona jest w gatunki o większych wymaganiach siedliskowych. Miejsca takie nazywane są ostojami bioróżnorodności. W polskich Karkonoszach szczególnie wyróżnia się pod tym względem wychodnia trzeciorzędowych bazaltów, zwana powszechnie żyłą bazaltową, odsłaniająca się w zachodniej ścianie Małego Śnieżnego Kotła, oraz zbudowana z hornfelsów kopuła szczytowa Śnieżki. Po czeskiej stronie pasma znajduje się też najrozleglejsza ostoja bioróżnorodności, jaką jest Obři dul wraz z zamykającym go kotłem Upskiej jamy.

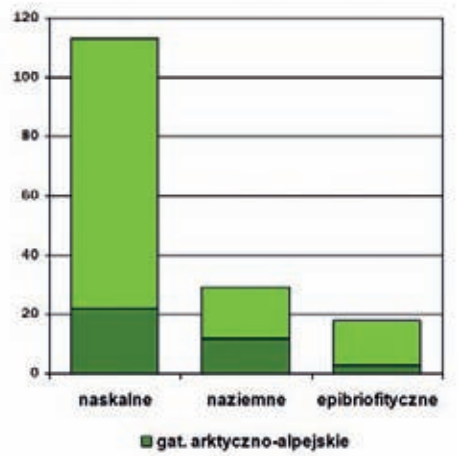
Ostoja bioróżnorodności na żyle bazaltowej w Małym Śnieżnym Kotle (Ryc. 20) to jedno z najcenniejszych przyrodniczo miejsc w Karkonoszach, ostoja wielu rzadkich gatunków roślin, ze skalnicami: śnieżną *Saxifraga nivalis*, bazaltową *S. moschata* subsp. *basaltica* i naprzeciwlistną *S. oppositifolium* oraz paprocią rozrzutką skalną *Woodsia alpina* na czele. Jest to też najbogatsze stanowisko porostów – do tej pory odnaleziono ich tu 205 (Kossowska i in. 2016), co stanowi ¼ wszystkich gatunków stwierdzonych do tej pory w Karkonoszach. Wśród nich są endemity Karkonoszy: sapotka śląska *Fritzea lamprophora* i amylka buławkowata *Lecidella bullata*. Kilka innych, np. brunatka drobna *Buellia spuria*, wgłębniczki: karkonoski *Gyalecta biformis* i czerwonawy



Ryc. 20. Ostoja bioróżnorodności – żyła bazaltowa w Małym Śnieżnym Kotle (fot. M. Kossowska)

G. russula, otwornice: nieczysta *Pertusaria chiodectonoides* var. *inquinata* i powleczona *P. lactescens* oraz wzorce: śnieżny *Rhizocarpon anaperum* i pośledniejszy *Rh. postumum*, ma lub miało tu swoje jedyne stanowisko w Polsce.

Zasadniczą cechą lichenobioty żyły bazaltowej jest obecność grupy gatunków neutro- i bazyfilnych, zarówno wśród porostów rosnących bezpośrednio na skałach, jak i naziemnych, związanych z warstwą zwietrzeliny na półkach skalnych i inicjalną glebą u podnóża żlebu bazaltowego. Są to np.: skórnica czerwonawa *Dermatocarpon miniatum*, obierek rudawy *Placidium rufescens*, kulistka Siebenhaara *Protoblastenia siebenhaariana*, łuszczak zwodniczy *Psora decipiens*, pszeblaszek czajniczkowy *Scytinium imbricatum*, dołczanka torbiasta *Solorina saccata* i in.



Ryc. 21. Liczebność grup siedliskowych porostów na Śnieżce i udział gatunków arktyczno-alpejskich

Drugą ostoją bioróżnorodności po polskiej stronie pasma, w której zanotowano szczególnie dużo gatunków porostów naskalnych i naziemnych o różnych wymaganiach siedliskowych, jest kopuła szczytowa Śnieżki. Zbudowana jest z odpornych na wietrzenie skał metamorfizmu kontaktowego – hornfelsów, które stanowią znacznie bogatsze podłoże dla porostów niż kwaśne granity. Szczególnie istotna dla rozwoju lichenobioty wydaje się zwłaszcza większa zawartość w tych skałach związków żelaza.

Na zboczach i wierzchołku Śnieżki stwierdzono do tej pory występowanie ok. 160 taksonów porostów. Tak duża liczba gatunków to wynik splotu szczególnych warunków klimatycznych (tundra arktyczno-alpejska) i siedliskowych (rumosz skalny), ograniczających udział roślin naczyniowych, za to preferujących porosty i mszaki. Z oczywistych względów zdecydowanie dominują tu porosty naskalne (Ryc. 21). Większość z nich to acydofilne gatunki skał krzemianowych, ale zaznacza się też wyraźny udział porostów o większych wymaganiach odnośnie składu chemicznego podłoża, w tym zwłaszcza fakultatywnych metalofili (preferujących obecność związków metali w podłożu). Są to np.: adelka Pilata *Adelolecia pilati*, bellemerea alpejska *Bellemerea alpina*, cytrynik żółty *Pleopsidium chlorophanum*, wzorzec Hochsterrera *Rhizocarpon hochstetteri*, chróścik drobny *Stereocaulon nanodes* oraz szczególnie obficie porastające powierzchnie skalne misecznica soraliowa *Lecanora soralifera* i rudziec czarny *Tremolecia atrata*.

4. Synantropizacja lichenobioty

Zajmowanie przez porosty podłoży i siedlisk wytworzonych przez człowieka, czyli synantropizacja, obserwowana była w Karkonoszach od początku badań lichenologicznych. Pierwsze wzmianki na ten temat pochodzą już z połowy XIX wieku; są to np. informacje o występowaniu weraczka drobnego *Xanthomendoza fulva* na deskach w pobliżu Strzechy Akademickiej (Flotow 1850), czy też wapieniolubnego łuskotka popielatego *Catapyrenium cinereum* na ziemi u podstawy kaplicy św. Wawrzyńca na szczycie Śnieżki (Körber 1855). Jednak w odróżnieniu od flory roślin naczyniowych, biota porostów w Karkonoszach nie jest narażona na inwazje gatunków obcego pochodzenia, które wypierałyby z ich siedlisk gatunki rodzime. Jedyne z całą pewnością obce gatunki występują sztucznych podłożach węglanowych, jakimi są np. beton, tynk i zaprawa murarska. Materiały te zostały użyte m. in. do budowy schronisk górskich i infrastruktury z nimi związanej (drogi dojazdowe, murki, betonowe studzienki itp.; Ryc. 22). Cechuje je zawartość mniejszych lub większych ilości węglanu wapnia, niezbędnego przy ich produkcji. Wprowadzone w ten sposób do środowiska sztuczne „skały" zostały stopniowo zasiedlone przez porosty wapieniolubne, które z uwagi na brak odpowiednich podłoży naturalnie po polskiej stronie Karkonoszy nie występowały.

Badania lichenologiczne prowadzone wokół ośmiu schronisk górskich na głównym grzbiecie Karkonoszy (Pietrzykowska & Kossowska 2010) potwierdziły występowanie na sztucznych podłożach wapiennych 28



Ryc. 22. Betonowe konstrukcje są siedliskiem dla porostów wapieniolubnych (fot. M. Kossowska)

gatunków porostów, z których 22 to porosty mniej lub bardziej kalcyfilne (Tab.3). Wszystkie kalcyfile obligatoryjne i znaczna część fakultatywnych nie występują w Karkonoszach na naturalnych wychodniach skalnych, można więc uznać je za gatunki synantropijne obcego pochodzenia.

Trzon lichenobioty związanej ze sztucznymi podłożami wapiennymi w Karkonoszach stanowią gatunki bardzo szeroko rozpowszechnione w całym kraju, zarówno na skałach naturalnych, jak i antropogenicznych: liszajecznik złocisty *Candelariella aurella*, nocotniki: białawy *Myriolecis albescens* i pospolity *M. dispersa*, setniczka zwyczajna *Sarcogyne regularis* oraz żółtecja drobniutka *Xanthocarpia crenulatella*. Na większości stanowisk towarzyszą im taksony wapieniolubne: wielosporek siwy *Acarospora glaucocarpa*, wielosporek łuseczkowaty *A. moenium*, namurnik cytrynowy *Flavoplaca citrina* i nocotnik nibyblady *Myriolecis semipallida*, oraz ubikwistyczny, nieprzywiązany do żadnego typu podłoża skalnego rozetnik murowy *Protoparmeliopsis muralis*.

Warto raz jeszcze podkreślić, że – w odróżnieniu od roślin synantropijnych – te swoiste „porosty synantropijne" obcego pochodzenia nie stanowią zagrożenia dla rodzimej lichenobioty, gdyż ograniczają je w ekspansji własne wymagania siedliskowe. Ponieważ wymagają obecności w podłożu mniejszych lub większych ilości węglanu wapnia, nieobecnego w skałach budujących polską część pasma, pozostaną ograniczone w swym występowaniu do „wysp węglanowych", jakimi są schroniska górskie i ich najbliższe otoczenie.

Tab. 3. Porosty występujące na antropogenicznych podłożach wapiennych (Pietrzykowska & Kossowska 2010)

Kalcyfile obligatoryjne	Kalcyfile fakultatywne	Pozostałe
Acarospora moenium	*Acarospora glaucocarpa*	*Candelariella vitellina*
Calogaya decipiens	*Athallia holocarpa*	*Lecanora intricata*
Lecania sylvestris	*Caeruleum heppii*	*Lecanora polytropa*
Myriolecis semipallida	*Candelariella aurella*	*Physcia dubia*
Rinodina castanomelodes	*Eiglera flavida*	*Protoparmeliopsis muralis*
Thelidium minimum	*Flavoplaca citrina*	*Trapelia coarctata*
Xanthocarpia crenulatella	*Lecidella stigmatea*	
	Myriolecis albescens	
	Myriolecis dispersa	
	Phaeophyscia nigricans	
	Physcia caesia	
	Rusavskia elegans	
	Sarcogyne regularis	
	Verrucaria muralis	

Słowniczek

biota porostów, lichenobiota – ogół gatunków porostów występujących na określonym obszarze.

forofit – gatunek drzewa jako podłoże dla porostów epifitycznych.

gatunki fakultatywne – gatunki preferujące określony typ podłoża (np. metalofile fakultatywne), ale spotykane także na innych substratach.

gatunki obligatoryjne – gatunki występujące wyłącznie na określonym typie podłoża (np. metalofile obligatoryjne, rosnące wyłącznie na podłożach z dużą zawartością związków metali).

zbiorowiska chinofilne – zbiorowiska preferujące miejsca, w których długo zalega pokrywa śnieżna.

zbiorowiska chinofobowe – zbiorowiska unikające długotrwałej pokrywy śnieżnej.

Literatura

Baryś P. 2012: *Porosty epifityczne, epiksyliczne i epigeiczne Doliny Maliny (Karkonosze Wschodnie). Praca magisterska, Katedra Bioróżnorodności i Ochrony Szaty Roślinnej Uniwersytetu Wrocławskiego: ss. 56.*

Cieśliński S. Czyżewska K., Faliński J., Klama H., Mułenko W. & Żarnowiec J. 1996: Relikty lasu puszczańskiego. Zjawiska reliktowe. Phytocoenosis 8 (N.S.), Seminarium Geobotanicum 4: 47-64.

Dimos-Zych M.& Czarnota P. 2007: Porosty Doliny Łomniczki i Kotła Łomniczki we wschodniej części Karkonoszy. W: Šturs a J. Knapik R. (red.), Geoecological problems of the Giant Mountains. Proceedings of the International Conference, Svoboda nad Upou. Opera Corcontica 44(1): 289-304.

Eitner E. 1911: Dritten Nachtrag zur Schlesischen Flechtenflora. Jahresb. Schles. Ges. vaterl. Cultur 88(1): 20-60.

Fabiszewski J. 1985: Porosty. W: Jahn A. (red.), Karkonosze polskie. Wyd. Ossolineum, Wrocław: 247-256.

Fałtynowicz W. & Kossowska M. 2016: The lichens of Poland. A fourth checklist. Acta Botanica Silesiaca Monographiae 8: 3-122.

Flotow J. 1850: Lichenes Florae Silesiae. I. Jahresb. Schles. Ges. vaterl. Kultur 27: 98-135.

Hauck M. & Runge M. 1999: Occurence of pollution-sensitive epiphytic lichens in woodlands affected by forest decline: a new hypothesis. Flora 194: 159-168.

Hertel H. & Rambold G. 1987: *Miriquidica* genus novum Lecanoraceraum (Ascomycetes lichenisati). Mitt. Bot. Staatssaml. München 23: 377-392.

Jenik J. 1997: Anemo-orographic systems in the Hercynian Mts. and their effects on biodiversity. Acta Univ. Wrat., Prace Inst. Geogr. ser. C, Meteorologia i Klimatologia 4: 9-21.

Kobylnik K 2012: *Porosty epifityczne, epiksyliczne i epigeiczne Doliny Czerwieni w Karkonoszach. Praca magisterska, Katedra Bioróżnorodności i Ochrony Szaty Roślinnej Uniwersytetu Wrocławskiego: ss. 51.*

Körber G. 1855: Systema lichenum Germaniae. Die Flechten Deutschlands (insbesondere Schlesiens). Verl. Trevendt & Granier, Breslau: ss. 458.

Körber G. 1865: Parerga lichenologica. Ergänzungen zum Systema lichenum Germaniae. Verl. E. Trewendt, Breslau: ss. 501.

Kossowska M. 2006: Checklist of lichens and allied fungi of the Polish Karkonosze Mts. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków: ss. 131.

Kossowska M. 2013: Porosty. W: Knapik R. & Raj A. (red.). Przyroda Karkonoskiego Parku Narodowego. Wyd. 1. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra: 319-338.

Kossowska M. 2014: Aneks do listy porostów i grzybów naporostowych polskiej części Karkonoszy I. Opera Corcontica 51: 173-179.

Kossowska M., Fałtynowicz W. & Szczepańska K. 2016: Current distribution and ecology of lichens in a biodiversity hotspot in the Mały Śnieżny Kocioł glacial cirque, Sudetes, Poland – Herzogia 29(1): 120-135.

Kossowska M. & Fałtynowicz W. 2008: Monitoring stanu atmosfery w Karkonoskim Parku Narodowym z wykorzystaniem porostów nadrzewnych jako biowskaźników. W: *Mazur A., Raj A. & Knapik R. (red), Monitoring ekosystemów leśnych w Karkonoskim Parku Narodowym. Jelenia Góra: 280-289.*

Kossowska M., Fałtynowicz W., Dimos-Zych M., Fałtynowicz H., Patejuk K., Piegdoń A., Buksakowska M., Jarema P. 2018. Porosty epifityczne na stałych powierzchniach kołowych w ekosystemach leśnych Karkonoskiego Parku Narodowego (SW Polska). Parki nar. Rez. Przyr. 37(3): 33-47.

Kossowska M., Szczepańska K., Fałtynowicz W., Jando K., Kowalewska A. & Dimos M. 2007: Różnorodność gatunkowa porostów epifitycznych na stałych powierzchniach monitoringowych w Karkonoskim Parku Narodowym. Parki nar. Rez. Przyr. 26(1): 3-16.

Krzewicka B. 2012: A revision of Verrucaria s.l. (Verrucariaceae) in Poland. Pol. Bot. Stud. 27: 3-143.

Napierała M. 2008: Porosty epifityczne, epiksyliczne i epigeiczne Doliny Kamieńczyka. Praca magisterska, Instytut Botaniki Uniwersytetu Wrocławskiego: ss. 48.

Pietrzykowska K.& Kossowska M. 2010: Porosty antropogenicznych podłoży skalnych wokół schronisk górskich w polskiej części Karkonoszy. Fragm. Flor. Geobot. Polonica 17(1): 141-147.

Rambold G., Hertel H. & Triebel D. 1990: *Koerberiella wimmeriana* (Lecanorales, Porpidiaceae) and its lichenicolous fungi. Lichenologist 22: 225-240.

Servít M. 1954: Československé lišejníky čeledi Verrucariaceae. Českoslov. Akad. Věd, Praha: ss. 249.

Staniaszek-Kik M. & Szczepańska K. 2012: Biota porostów epiksylicznych w polskiej części Karkonoszy (Sudety Zachodnie). Fragm. Flor. Geobot. Pol. 19(1): 137-151.

Stein B. 1879: Flechten. W: Cohn's Kryptogamenflora von Schlesien. Jahresb. Schles. Ges. vaterl. Cultur 2(2): 1-400.

Wawrecka K. & Kossowska M. 2006: Porosty epifityczne, epigeiczne i epiksyliczne Sowiej Doliny we wschodniej części Karkonoszy. Przyroda Sudetów 9: 71-80.

Wirth V., Hauck M. & Schultz M. 2013: Die Flechten Deutschlands. Verl. Eugen Ulmer, Stuttgart: ss. 1244.

Dane adresowe autora:

Maria Kossowska
maria.kossowska@uwr.edu.pl
Zakład Botaniki
Instytut Biologii Środowiskowej
Uniwersytet Wrocławski
ul. Kanonia 6/8
50-328 Wrocław

Kossowska M. 2019: Porosty. W: Knapik R., Migoń P. & Raj A. (red.), Przyroda Karkonoskiego Parku Narodowego. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra: 319–338.

Czesław Narkiewicz, Wojciech Pusz, Włodzimierz Kita, Eugeniusz Panek

Grzyby i śluzowce

Wstęp

Grzyby jako organizmy należą do odrębnego królestwa Fungi. W trakcie rozwoju organizmów eukariotycznych grzyby wykształciły wiele swoistych cech, które występują tylko w tej grupie (cudzożywność, brak chlorofilu, budowa ściany komórkowej). Zasiedlają one wszystkie środowiska, gdzie występuje materia organiczna i dostateczna wilgotność. Zwykle umykają naszej uwadze, żyją w postaci mikroskopijnych, niezauważalnych gołym okiem strzępek, w glebie, drewnie i innych podłożach. Część z nich wytwarza widoczne gołym okiem owocniki. Te gatunki znane są z widzenia wszystkim, to one nazywane są powszechnie grzybami, w mykologii nazywane są grzybami wielkoowocnikowymi lub makroskopijnymi. Z kolei grzyby mikroskopijne to zwykle pasożyty roślin, gatunki umykające naszej uwadze, porażające liście, pędy, owoce wielu gatunków.

W rozdziale uwzględniono również śluzowce. Stanowią one nieliczną gatunkowo klasę cudzożywnych organizmów eukariotycznych. Dawniej łączono je z grzybami, obecnie zaliczane są, razem z kilkoma innymi grupami, do pierwotniaków (Protozoa).

Grzyby wielkoowocnikowe

Grzyby wielkoowocnikowe, inaczej makroskopijne (*macromycetes*), nie są naturalną jednostką taksonomiczną lecz sztucznie wydzieloną grupą grzybów, którą wyróżnia się ze względów metodycznych. Przy ich poszukiwaniu, zbiorze owocników i oznaczaniu stosuje się podobne techniki badawcze. Należą tu gatunki różnych grup systematycznych, których wspólną cechą jest wytwarzanie widocznych „gołym okiem" owocników, których wielkość waha się od kilku milimetrów do kilkudziesięciu centymetrów. Grzyby makroskopijne to przede wszystkim podstawczaki Basidiomycetes, w znacznie mniejszym stopniu woreczniaki Ascomycetes i przedstawiciele innych klas grzybów. W niniejszym rozdziale polskie i łacińskie nazewnictwo grzybów przyjęto wg opracowania Wojewody (2003) i Chmiel (2006).

Historia badań

Badania nad grzybami wielkoowocnikowymi (*macromycetes*) Karkonoszy mają stosunkowo niedługą historię. Co prawda pierwsze wzmianki o karkonoskich grzybach pojawiają się w drugiej połowie XIX wieku w pracy Weberbauera (1871-1875), ale dopiero opracowanie Schroetera (1989, 1908), najwybitniejszego śląskiego mykologa, było przełomem w badaniach nad grzybami polskich Karkonoszy. W swojej pracy opublikował on stanowiska ponad 300 gatunków grzybów z obszaru Karkonoszy, w tym około 120 gatunków grzybów wielkoowocnikowych. W późniejszych latach znaczącym opracowaniem była praca Schulza (1913). Podał on stanowiska około 215 gatunków grzybów, przede wszystkim grzybów agarikoidalnych, z obszaru Karkonoszy, głównie okolic Przesieki, Borowic i Karpacza.

Druga połowa XX stulecia nie przyniosła całościowych opracowań mykologicznych z obszaru polskich Karkonoszy. Domański (1963) opublikował stanowiska 156 taksonów grzybów, głównie grzybów aphyllophoroidalnych, z góry Chojnik oraz z okolic Podgórzyna, Borowic, Cieplic i Sosnówki. Nespiak (1971) przeprowadził szczegółowe badania w górnoreglowych borach świerkowych, gdzie stwierdził występowanie 88 gatunków *macromycetes*. Ten sam autor podjął się pierwszej i jedynej jak dotychczas próby syntezy wiedzy o grzybach

Karkonoszy (Nespiak 1985), podając ogólną charakterystykę grzybów na podstawie dotychczasowego stanu wiedzy, uwzględniając oprócz grzybów makroskopijnych także niektóre gatunki mikroskopijne. W latach 1988-1989 Lisiewska (1992) przeprowadziła badania nad występowaniem *macromycetes* w sąsiedztwie paśników w Karkonoskim Parku Narodowym, notując 76 taksonów grzybów, głównie agarikoidalnych. Gminder (1994) podał kilka stanowisk woreczniaków *Ascomycetes* z obszaru Karkonoszy.

W wieku XXI pojawiło się niewiele prac dotyczących *macromycetes* Karkonoskiego Parku Narodowego. Narkiewicz (2001) opublikował stanowiska 53 gatunków z góry Chojnik. Grzyby Karkonoszy (30 gatunków) uwzględniono w pracy Gierczyka i in. 2018). Ponadto w kilku pracach podano pojedyncze stanowiska rzadkich gatunków stwierdzonych na terenie Karkonoskiego Parku Narodowego i polskich Karkonoszy (Narkiewicz 2001b, Kujawa 2005, Knapik 2008, Kujawa & Gierczyk 2012, Halama i in. 2017, Halama i in. 2018).

Łącznie z obszaru polskich Karkonoszy opublikowano dotychczas około 460 taksonów (gatunków, podgatunków, odmian i form) grzybów wielkoowocnikowych, z czego około 250 taksonów z obszaru Karkonoskiego Parku Narodowego.

Grzyby w zbiorowiskach roślinnych polskich Karkonoszy

Grzyby wielkoowocnikowe zasiedlają niemal wszystkie ekosystemy leśne i nieleśne Karkonoskiego Parku Narodowego wraz z otuliną. Ich owocniki spotkamy nie tylko w lasach, ale także na łąkach, torfowiskach, zaroślach kosodrzewiny, murawach bliźniczkowych i siedliskach synantropijnych.

Największym bogactwem gatunkowym odznaczają się zbiorowiska dolnoreglowych lasów liściastych, wśród których największe powierzchnie zajmują kwaśne buczyny górskie. Znaczne ich fragmenty zachowały się na stokach góry Chojnik, w dolinie Szklarki, dolinie Kamiennej oraz w okolicach Jagniątkowa i Michałowic.

Wśród gatunków mykoryzowych związanych z bukiem bardzo często spotkamy owocniki: gołąbka buczynowego *Rusula mairei*, gołąbka żółciowego *Russula fellea*, mleczaja śluzowatego *Lactarius blennius*, muchomora czerwonawego *Amanita rubescens*, borowika szlachetnego *Boletus edulis*, borowika usiatkowanego *Boletus reticulatus*, borowika ceglastoporego *Boletus luridiformis* (Ryc.1), zasłonaka pachnącego *Cortinarius torvus*, zasłonaka glinkowatego *Cortinarius bolaris*. Pod bukami można także spotkać gatunki wpisane na „Czerwoną listę grzybów wielkoowocnikowych w Polsce". Ich przykładami są: pieprznik pomarańczowy *Cantharellus friesii*,



Ryc.1. Borowik ceglastopory Boletus luridiformis (Fot. Cz. Narkiewicz)



Ryc. 2. Borowik żółtopory Boletus calopus (Fot. Cz. Narkiewicz)

którego owocniki są bardzo podobne do pieprznika jadalnego (kurki) *Catharellus cibarius*, ale odznaczają się mniejszymi rozmiarami owocników i jaskrawą, pomarańczową barwą; borowik żółtopory *Boletus calopus* (Ryc.2), który wyróżnia się wśród innych karkonoskich borowików charakterystyczną czerwoną siateczką na powierzchni trzonów oraz tworzący śnieżnobiałe owocniki muchomor jadowity *Amanita virosa*. Wymienione gatunki, choć zagrożone w Polsce, mają w karkonoskich kwaśnych buczynach dość liczne stanowiska.

Bogato reprezentowane są w płatach kwaśnych buczyn gatunki saprofityczne rozkładające martwą materię organiczną. Występują one na ściółce, opadłych liściach, bukwiach, gałązkach, a także na pniach i kłodach buka. Tylko w okolicach góry Chojnik, Zachełmia i Przesieki na drewnie buka Domański (1963) stwierdził występowanie 26 gatunków grzybów polyporoidalnych i corticioidalnych. Do najczęściej spotykanych grzybów potocznie zwanymi hubami, które rozkładają martwe kłody bukowe należą: hubiak pospolity *Fomes fomentarius*, lakownica spłaszczona *Ganoderma applanatum*, wrośniak garbaty *Trametes gibbosa*, wrośniak różnobarwny *Trametes versicolor*, gmatwica chropowata *Daedalopsis confragosa*, jamóweczka żółtawa i *Antrodiella hoehnalii*, Często powalone pnie drzew zasiedlają także: skórnik szorstki *Stereum hirsutum*, drewnowiec szkarłatny *Hypoxylon fragiforme*, boczniak łyżkowaty *Pluteus pulmonarius* i monetka kleista *Oudemansiella mucida*. Są to gatunki, które zasiedlają kłody bukowe w początkowych fazach rozkładu drewna. Niektóre z nich, to gatunki grzybów pasożytniczych, które infekują zdrowe drzewa, a później, dopiero po ich obumarciu, rozwijają się jako grzyby saprofityczne. W późniejszych etapach rozkładu bukowego drewna pojawiają się owocniki wielu gatunków grzybów agarikoidanych jak np.: drobnołuszczak czarnożyłkowy *Pluteus umbrosus*, drobnołuszczak kosmaty *Pluteus hispidulus*, gnojanka usiatkowana *Bolbitius reticulatus*, ciemnoboczniak bukowy *Ramicola centunculus*, płomienniczak żółtobrązowy *Flammulaster muricatus*, ciżmówka płaska *Crepidotus applanatus* oraz łuskwiak *Pholiota limonella*. Na bardzo silnie zmurszałym drewnie buka owocniki wytwarzają m. in.: koralówka sztywna *Ramaria stricta* oraz mądziak psi *Mutinus caninus*.

Wiele gatunków rozkładających drewno buka w Karkonoszach wytwarza bardzo oryginalne i efektowne owocniki. Stanowią one prawdziwą ozdobę lasów bukowych. Najbardziej oryginalne owocniki tworzą: soplówka bukowa *Hericium coralloides* (Ryc. 4) oraz strzępiatek kolczasty *Creolophus cirrhatus*, których okazałe owocniki wyrastające na bukowych kłodach przypominają koralowce. U postawy martwych pni buków owocniki



Ryc. 3. Koralownik Ramariopsis subarctica (Fot. P. Pech)



Ryc. 4. Soplówka bukowa Hericium coralloides (Fot. Cz. Narkiewicz)

wytwarza także wachlarzowiec olbrzymi *Meripilus giganteus*, jeden z największych grzybów świata, którego skupienia dachówkowatych kapeluszy przekraczają nawet jeden metr średnicy.

Nieco odmienną mykobiotą odznaczają się fragmenty żyznej buczyny sudeckiej, której niewielkie fragmenty zachowały się na górze Chojnik, w dolinach Szklarki, Sopotu i Wrzosówki. Większa zasobność podłoża glebowego i lepsze warunki wilgotnościowe sprzyjają rozwojowi wielu gatunkom występującym na żyznym próchnicznym podłożu. Tylko w płatach żyznej buczyny stwierdzono występowanie czernidłaka pstrego *Coprinus picaceus*, gwiazdosza potrójnego *Geastrum triplex*, purchawki jeżowatej *Lycoperdon echinatum* (Ryc.6),



Ryc. 5. Czyreń brązowożółty Phellinus viticola (Fot. Cz. Narkiewicz)



Ryc. 6. Purchawka jeżowata Lycoperdon echinatum (Fot. Cz. Narkiewicz)

kruchaweczki brudnobiałej *Psathyrella cotonea* oraz buławki pałeczkowatej *Clavariadelphus pistillaris* (Ryc.7).

Niewiele gatunków charakterystycznych stwierdzono dotychczas w lasach grądowych i nadrzecznych olszynach, które na terenie Karkonoskiego Parku Narodowego zajmują niewielkie powierzchnie. Tylko we fragmentach grądu środkowoeuropejskiego na górze Chojnik pod lipami drobnolistnymi obserwowane były owocniki gołąbka fiołkowonogiego *Russula violeipes* i muchomora zielonawego (sromotnikowego) *Amanita phalloides*. W niewielkich fragmentach łęgów olchowych w dolinie Kamiennej i powyżej Jagniątkowa na pniach olchy szarej owocniki wytwarza błyskoporek promienisty *Inonotus radiatus*; na opadłych gałęziach olchy nierzadkim gatunkiem jest fałdówka kędzierzawa *Plicatura crispa*, natomiast bardzo silnie zmurszałe drewno olchowe zasiedla żyłkoblaszka wklęsłokapeluszowa *Delicatula integrella*. Na dnie lasu wśród torfowców *Sphagnum* spp. owocniki wytwarzają niektóre gatunki mięsich *Naucoria* spp. oraz zasłonaków *Cortinarius* spp, wśród nich rzadki w Polsce zasłonak bagienny *Cortinarius uliginosus*.



Ryc. 7. Buławka pałeczkowata Clavariadelphus pistillaris (Fot. Cz. Narkiewicz)

Dolnoreglowe lasy to najczęściej lite monokultury świerkowe. W tego typu lasach biota grzybów wielkoowocnikowych zdominowana jest przez gatunki związane ze świerkiem, wchodzące z nim w związki mykoryzowe, rozkładające iglastą ściółkę i martwe drewno. Domański (1963) w swoich badaniach odlazł na niewielkim obszarze Karkonoszy aż 47 gatunków związanych z drewnem świerka. Najczęściej na martwych pniach i kłodach świerkowych pojawiają się owocniki niszczycy anyżkowej *Gloeophyllum odoratum*, niszczycy płotowej *Gloeophyllum sepiarium*, drobnoporka modrego *Oligoporus caesius*, drobnoporka gorzkiego *Oligoporus stypticus*, gąbkowca północnego *Climacocystis borealis* oraz bardzo groźnego pasożyta świerków korzeniowca wieloletniego *Heterobasidion annosum*. Wśród grzybów kapeluszowych (agarikoidalnych) na pniach świerkowych pospolicie owocnikują *Xeromphalina campanella*, opieńka ciemna *Armillaria ostoyae*, grzybówka zielonoostrzowa *Mycena viridimarginata* oraz rycerzyk ozdobny *Tricholomopsis decora* i bokówka biała *Pleurocybella porrigens* (Ryc.10) - gatunki o charakterze górskim, które rzadko pojawiają się na terenach niżowych.

Spośród grzybów mykoryzowych pod świerkami często występują: mleczaj rudy *Lactarius rufus*, mleczaj płowy *Lactarius helvus*, mleczaj kamforowy *Lctarius camphoratus*, mleczaj przydymiony *Lactarius lignyotus*, mleczaj świerkowy *Lactarius deterrimus*, gołąbek brudnożółty *Russula ochroleuca*, muchomor twardawy *Amanita spissa*, wodnicha oliwkowobiała *Hygrophorus olivaceoalbus* oraz muchomor królewski *Amanita regalis* (Ryc.11).



Ryc. 8. Galaretnica Acocoryne turficola (Fot. M. Halama)



Ryc. 9. Dzwonkówka Entoloma fuscotomentosum (Fot. J. Soboń)



Ryc. 10. Bokówka biała Pleurocybella porrigens (Fot. Cz. Narkiewicz)



Ryc. 11. Muchomor królewski Amanita regalis (Fot. Cz. Narkiewicz)

Na ściółce i resztkach murszejącego drewna do pospolitych gatunków należą: pięknoróg największy *Calocera viscosa* oraz szczetkostopek szpilkowy *Setulipes androsaceus*, którego drobne owocniki można łatwo dostrzec dopiero po intensywnych opadach deszczu. Wówczas dno lasów świerkowych usłane jest setkami owocników tego gatunku.

W dolnoreglowych lasach świerkowych domieszkę w drzewostanie mogą stanowić inne gatunki drzew, które w dużej mierze urozmaicają różnorodność gatunkową grzybów. Pod modrzewiami owocnikują: maślak żółty *Sullus luteus*, maślak szary *Sullus viscidus*, mleczaj modrzewiowy *Lactarius poronnisis* i borowiczak dęty *Boletinus cavipes*; pod brzozami: zasłonak osłonięty *Corinarius armillatus*, gołąbek płowiejący *Russula decolorans*, gołąbek żółty *Rusula claroflava*, gołąbek zielonawy *Russula aeruginascens*. Bardzo rzadkie są w karkonoskich lasach gatunki związane z jodłą. Dotychczas stwierdzono tylko dwa gatunki rozkładające wyłącznie drewno jodły: jodłownicę górską *Bondarzewia montana* (Narkiewicz 2001) i soplówkę jodłową *Hiericium flagellum* (Knapik 2008). Obydwa gatunki znaleziono tylko na pojedynczych stanowiskach w rejonie Wodospadu Szklarki.

Górnoreglowe bory świerkowe odznaczają się już stosunkowo ubogą biotą grzybów. Nespiak (1971) podczas trzyletnich szczegółowych badań stwierdził w płatach górnoreglowych borów zaledwie 88 gatunków. Do najczęściej występujących grzybów mykoryzowych należą: mleczaj rudy *Lactarius rufus*, gołąbek kunowy *Russsula mustelina*, gołąbek wymiotny *Russula emetica*, wodnicha oliwkowobiała *Hygrophorus olivaceoalbus* i goździeńczyk grzebieniasty *Clavulina coralloides*. W miejscach podmokłych, wśród mchów spotkać można szereg gatunków torfowiskowych: kępkowca torfowiskowego *Lyophyllum palustre*, hełmówkę mszarową *Galerina hypnorum*, hełmówkę błotną *Galerina paludosa*, hełmówkę torfowcową *Galerina sphagnorum* oraz łysiczkę torfowiskową *Psilocybe elongata*. Na wilgotnej ściółce i butwiejących resztkach roślin efektowne owocniki w postaci pomarańczowych buławek wytwarza mitróweczka błotna *Mitrula paludosa*. Obumarłe świerki najczęściej rozkładane są przez pniarka obrzeżonego *Fomitopsis piniola* (Ryc.12) i czyrenia brązowożółtego *Phellinus viticola* (Ryc.5).

W piętrze kosodrzewiny występuje szereg gatunków mykoryzowych, które rozpowszechnione są także na terenach niżowych w borach sosnowych. W zaroślach kosodrzewiny często spotkamy owocniki maślaka zwyczajnego *Suillus luteus*, maślaka pstrego *Suillus variegatus*, mleczaja rudawego *Lactarius rufus*, mleczaja płowego *Lactarius helvus* i mleczaja rydza *Lactarius deliciosus*. Na wilgotnych opadłych gałązkach kosodrzewiny



Ryc. 12. Pniarek obrzeżony Fomitopsis pinicola (Fot. Cz. Narkiewicz)



Ryc. 13. Włosóweczka nadrzewna Vibressea truncorum (Fot. Cz. Narkiewicz)

w miejscach zabagnionych rośnie bardzo rzadka Polsce włosóweczka nadrzewna *Vibressea truncorum* (Ryc.13), której stanowiska znane są z okolic Kotła Małego i Wielkiego Stawu.

Na wysokogórskich torfowiskach stwierdzono dotychczas niewiele gatunków. Najczęściej występują tu: kępkowiec torfowiskowy *Lyophyllum palustre* i hełmówka błotna *Galerina paludosa*.

Grzyby rzadkie i ich zagrożenie

Z polskiej części Karkonoszy znanych jest szereg gatunków rzadkich i zagrożonych wyginięciem w Polsce. Niektóre z nich mają tu jedyne stanowiska w kraju. Należy do nich *Fimaria cerevina* stwierdzona przez Lisiewską (1992) w okolicach Szklarskiej Poręby oraz znalezione przez Schroetera (1908): *Lachnum juncisedum* w okolicach Strzechy Akademickiej, *Mollisia subglacialis* w Kotle Wielkiego Stawu oraz *Rodvayella cirinula* w Śnieżnym Kotle. Są to drobne workowce, które w badaniach mykologicznych mogły być przeoczane. Spośród grzybów agarikoidalnych jedyne stanowiska w Karkonoszach mają: lejkówka *Clitocybe obolus* i korzenianka okazała *Phaeocollybia lugubris* odnalezione przez Schulza (1913), które obecnie mają status gatunków wymarłych na obszarze Polski. W ostatnich latach stwierdzono bardzo rzadkie, nienotowane w Polsce, grzyby z piętra alpejskiego: koralownika *Ramariopsis subarctica* (Ryc.3) (Halama i in. 2017) oraz dzwonkówkę *Entoloma fuscotomentosum* (Ryc.9) i języczka *Arrhenia parvivelutina* (Gierczyk i in. 2018)

Wiele gatunków, poza Karkonoszami, występuje tylko na pojedynczych stanowiskach w innych regionach kraju, głównie w Parkach Narodowych. Takim przykładem jest kłaczkoblaszek boczniakowaty *Cheimonophyllum candidissimum* znaleziony przez Domańskiego (1963) na martwych gałęziach świerka w okolicy Podgórzyna. Poza tym stanowiskiem gatunek znany jest tylko z Białowieskiego Parku Narodowego. Bardzo interesującym gatunkiem jest borowiczka niebieszczejąca *Chamonixia caespitosa*, gatunek reprezentujący grzyby podziemne, występujący w górskich borach świerkowych. Do niedawna Karkonosze były jedynym znanym w Polsce miejscem występowania tego gatunku i uznawanym za wymarły (Wojewoda 2003). Dopiero w ostatnich latach grzyb ten został odnaleziony na kilku stanowiskach w innych regionach kraju. Stożkówka migdałowatozarodnikowa *Conocybe vestita* stwierdzona przez Nespiaka (1971) na Łabskim Szczycie ma poza tym tylko jedno stanowisko w Puszczy Augustowskiej, mleczaj łuseczkowaty *Lactarius spinulosus*, poza górą Chojnik, znalezio-

ny był tylko w Ojcowskim Parku Narodowym, zasłonak brudnośluzowaty *Cortinarius stemmatus* poza stanowiskiem na Szrenicy znany jest tylko z Białowieskiego Parku Narodowego. Na uwagę zasługuje torfowiskowy gatunek galaretnicy *Ascocoryne turficola* (Ryc.8) stwierdzony w wyższych położeniach Karkonoszy (HALAMA i in. 2018), znany dotychczas tylko północnej części Polski. Do bardzo rzadkich gatunków w Polsce, które mają stanowiska w polskich Karkonoszach należą również: czernidłak delikatny *Coprinus miser*, zasłonak czarnogłąbkowy *Cortinarius atrocoeruleus*, zasłonak żółtawy *Cortinarius ochroleucus*, hełmówka brązowotrzonowa *Galerina badipes*, wilgotnica lejkowata *Hygrocybe lepida*, wilgotnica karminowa *Hygrocybe punicea*, wilgotnica kosmkowata *Hygrocybe turunda*, strzępiak jeżowaty *Inocybe hystrix*, strzępiak bzowy *Inocybe sambucina*, twardzioszek trzcinowy *Marasmius limosus*, korzenianka marcepanowa *Phaeocollybia christinae*. Większość rzadkich gatunków wymaga aktualnych potwierdzeń w terenie; ich stanowiska podawane były bowiem w połowie, a nawet na początku XX wieku.

Brak szczegółowych badań w polskich Karkonoszach nie pozwala na ocenę stanu zagrożenia poszczególnych gatunków grzybów i ocenić straty, jakie mogła ponieść mykobiota tego terenu w ostatnich latach, głównie w wyniku emisji zanieczyszczeń, które spowodowały na znacznych obszarach degradację karkonoskich drzewostanów. Wiadomo, że grzyby są jedną z najbardziej wrażliwych grup organizmów na oddziaływanie niekorzystnych czynników, o czym świadczą bardzo długie listy gatunków wymarłych i zagrożonych wyginięciem w wielu krajach; w Polsce taka lista liczy 963 gatunki. Ocenę stopnia zagrożenia grzybów utrudnia także ich biologia; wytwarzają one owocniki nieregularnie, dlatego ustalenie listy gatunków wymarłych wymaga wieloletnich obserwacji.

Grzyby obcego pochodzenia

W ostatnich latach, pod koniec XX i na początku XXI wieku, Karkonosze zasiedliły gatunki obcego pochodzenia, a niektóre z nich wykazują już wyraźną ekspansję. Najbardziej znanym gatunkiem jest okratek australijski *Clathrus archeri*, którego ojczyzną jest Australia i Nowa Zelandia. Pierwsze stanowiska tego gatunku były obserwowane w okolicach Michałowic na początku XXI wieku. Obecnie znane są już lokalizacje z okolic



Ryc. 14. Mądziak malinowy Mutinus ravenellii (Fot. Cz. Narkiewicz)

Karpacza, Kowar, Jagniątkowa, Sobieszowa i Szklarskiej Poręby. Znacznie rzadszym gatunkiem jest pochodzący z Ameryki Północnej mądziak malinowy *Mutinus ravenellii* (Ryc.14). Dotychczas stwierdzony został na jednym stanowisku w przydomowych zaroślach w Podgórzynie. Do gatunków obcego pochodzenia należą także: łysiczka trocinowa *Psilocybe rugosoannulata* oraz rzadki maślak wejmutkowy *Suillus placidus*, który występuje pod pięcioigielnymi sosnami; w Karkonoszach pod sosną wejmutką między Szklarską Porębą a Piechowicami.

Grzyby mikroskopowe w Karkonoszach

Mówiąc o tzw. grzybach mikroskopowych mamy na myśli grzyby oraz organizmy grzybopodobne, których organy zarodnikowania nie są widoczne gołym okiem lub są niewielkich rozmiarów uniemożliwiających ich oznaczenie i obserwację bez odpowiednich narzędzi optycznych i zaplecza laboratoryjnego. Zarówno grzyby jak i organizmy grzybopodobne uważane są za jedną z najczęstszych przyczyn chorób roślin zarówno w przypadku roślin uprawnych (Czaplińska & Grabińska-Kossowska 1985; Pląskowska i in. 2011), ozdobnych (Saniewska 2000), jak i roślin dziko rosnących (Kita i in. 2002, 2011). Po infekcji tkanek rośliny-gospodarza przez patogena pojawiają się w roślinie zaburzenia fizjologiczne różnego typu. Jednym z najbardziej istotnych procesów, na który wpływa porażenie przez grzyby, jest obniżenie wydajności fotosyntezy (Kryczyński & Weber 2010). Ma to szczególne znaczenie w przypadku patogenów wywołujących na roślinach plamistości (Ryc.15). Znacznie zmniejszona zostaje wówczas powierzchnia asymilacyjna blaszki liściowej (Pusz & Pląskowska 2010). Porażenie rośliny przez grzyby wpływa także na dystrybucję asymilatów, zmiany aktywności oddechowej rośliny, a także powoduje zaburzenia gospodarki wodnej (Kryczyński & Weber 2010). W Karkonoszach, z uwagi na specyficzny mikroklimat i obfite, częste opady występuje dużo ciekawych gatunków grzybów. Bogate zbiorowiska grzybów występują zwłaszcza w niżej położonych kompleksach leśnych. Oprócz grzybów patogenicznych dla roślin możemy tu znaleźć również organizmy saprotroficzne, które zasiedlają zamierające i martwe organy roślinne i glebę.



Ryc. 15. Objawy żółtej plamistości igieł kosodrzewiny (Fot. W. Kita)

Badania fitopatologiczne prowadzone w Karkonoszach

Grzyby mikroskopowe w Karkonoszach są jedną z najmniej poznanych grup organizmów. Pierwszą próbę kompleksowego poznania składu gatunkowego grzybów Karkonoszy podjął w końcu XIX wieku, SCHROETER (1889, 1908), który w swojej monografii wymieniał blisko 325 gatunków grzybów, z których większość stanowiły bądź to gatunki związane z podłożem lub typowe patogeny roślin, jak np. przedstawiciele *Erysiphales*, *Uredinales*, *Ustilaginalles* czy też szerzej *Pyrenomycetes*, *Discomycetes* i *Heliotiales*. W swojej monografii Schroeter wymienia np. dosyć rzadkie na terenie Polski rdze *Coleosporium sonchi* oraz *Uromyces cacaliae* na *Adenostyles alliariae*. Wymienia także kolejny gatunek rdzy *Puccinia conglomerata* na *Homogyne alpina*. Na wierzbie lapońskiej stwierdził także występowanie rdzy *Melampsora mixta*. Grzyby rdzawnikowe (Ryc.16) podczas pełnego cyklu rozwojowego tworzą pięć rodzajów zarodników, z których widoczne są zwykle trzy - ecjospory, jako tzw. ogniki, jaskrawo pomarańczowe skupienia na liściach, urediniospory, w masie rdzawo pomarańczowe, lekko pylące skupienia zarodników na zielonych częściach roślin oraz teliospory zwykle ciemno zabarwione, występujące w formie miedzy innymi kłaczków, żelowatych wyrostków o długości nawet kilku centymetrów itp.. Takie zarodniki występują na *Juniperus* spp. porażonym przez *Gymnosporangium confusum* (Ryc.18), a żywicielem pośrednim jest pospolity w Karkonoszach *Sorbus aucuparia*. Gatunek ten został stwierdzony przez autorów na *Sorbus aucuparia* tylko w rejonie schroniska „Samotnia".

Również w tym regionie stwierdzono występowanie *Melampsora epitea* na *Salix* spp., a nad potokami regla dolnego *Puccinia poarum* na *Tussilago farfara*. Grzyby rdzawnikowe są pasożytami bezwzględnymi, które rozwijają się tylko na żywych roślinach, więc w ich badaniach konieczna jest ścisła współpraca mykologów i botaników. Takiej samej współpracy wymagają badania mączniaków prawdziwych, również pasożytów bezwzględnych występujących na wielu roślinach w Karkonoszach. W bardzo obszernym opracowaniu SCHROETERA (1908), które jak dotąd najszerzej opisuje grzyby występujące w Karkonoszach zostało opisanych 26 gatunków mączniaków prawdziwych z 6 rodzajów. Mączniaki prawdziwe, jako pasożyty obligatoryjne związane są zwykle z poszczególnymi gatunkami roślin, występując tylko tam, gdzie występują rośliny gospodarze. Na pospolicie występujących roślinach spotykamy je najczęściej. *Phylactinia guttata* i *P. fraxini* są polifagami występując na jesionie, buku, grabie, olszy, brzozie i leszczynie. *Sawadea bicornis* i *S. tulasnei* spotykamy na klonie jaworze pierwszy i na klonie zwyczajnym drugi. Na wszystkich gatunkach wierzby może wystąpić *Sawadea adunca*, a na dębie bardzo często spotykany *Erysiphe alphitoides* i *E. hypophylla*. *Erysiphales* tworzą na zielonych czę-



Ryc. 16. Objawy rdzy na róży alpejskiej (Fot. W.Pusz)



Ryc. 17. Objawy mączniaka prawdziwego na skalnicy śnieżnej (Fot. W. Pusz)



Ryc. 18. Ecja grzyba z rodzaju Gymnosporangium na liściu jarząba pospolitego (Fot. W. Kita)

ściach roślin białe mączyste naloty składające się z grzybni, trzonków konidialnych i łańcuszkowato ułożonych zarodników konidialnych. Zarodniki mogą być przenoszone z wiatrem na znaczne odległości.

Grzyby związane z danym gatunkiem rośliny, włączając w to zarówno gatunki patogeniczne, endofityczne, jak i saprotroficzne są nieodłącznym elementem ekosystemu. Badania zbiorowisk grzybów na roślinach mogą wskazywać np. na reliktowy charakter danego gatunku rośliny. (Chlebicki 1997) badał status reliktu turzycy patagońskiej *Carex magellanica* oraz situ skucina *Juncus trifidus* poprzez poznanie składu grzybów zasiedlających te rośliny i porównanie ich z populacjami z innych regionów Polski i Europy. W trakcie badań autor stwierdził występowanie na turzycy patagońskiej 6 gatunków grzybów, wśród których odnotował gatunki o charakterze alpejskim: *Arthrinium puccinioides* oraz *Phaeosphaeria alpina* oraz gatunki o charakterze wybitnie arktyczno-alpejskim, jak np. *Coronellaria caricinella*. Obecność tych gatunków świadczy dobitnie o reliktowym charakterze karkonoskiej populacji turzycy patagońskiej. Ten sam autor stwierdził występowanie 8 gatunków grzybów na drugim z badanych gatunków – sicie skucina - analiza zbiorowisk grzybów z nim związanych wskazuje na pochodzenie europejskie tego gatunku. Skład gatunkowy grzybów zebranych z polskich populacji *Juncus trifidus* jest odmienny. Wśród stwierdzonych grzybów można wyróżnić gatunki arktyczno-alpejskie jak: *Brunnipila calycioides* oraz *Hysteropezizella diminuens*.

Spośród innych roślin rosnących w Karkonoszach, na których określano skład gatunkowy zbiorowisk grzybów z nimi związanych wyróżnić można moroszkę *Rubus chamaemorus*, brzozę karpacką *Betula pubescens* ssp. *carpatica*, gnidosza sudeckiego *Pedicularis sudetica* ssp. *sudetica*, skalnicę śnieżną *Saxifraga nivalis* i wierzbę lapońską *Salix lapponum*. Prowadzono także badania dotyczące grzybów porażających igły kosodrzewiny *Pinus mugo* rosnącej w piętrze subalpejskim Karkonoszy.

Skład gatunkowy grzybów związanych z maliną moroszką potwierdza jej reliktowy charakter. Na liściach moroszki w Karkonoszach stwierdzono występowanie 5 gatunków grzybów, z czego trzy mają charakter borealno-arktyczny: *Diplocarpon impressum*, *Gnomonia chamaemori* i *Mycosphaerella punctiformis*. Dzięki zbadaniu zbiorowisk grzybów zostało także potwierdzono reliktowe stanowisko brzozy karpackiej w Karkonoszach. Stwierdzono występowanie 7 gatunków grzybów, z czego jeden nowy dla Polski: *Pseudodiplodia ligniaria* (Chlebicki 1998). Badania zbiorowisk grzybów związanych z roślinami w Karkonoszach często napotykają na trudności związane z niemożnością ich wykonania w terenie z powodu małej liczebności roślin – gospodarzy. Tak się stało w przypadku gnidosza sudeckiego, gdzie Chlebicki (1999) wykorzystał jedynie materiał zielnikowy. Jednak pozwoliło mu to na znalezienie *Anthostomella chionostoma*, gatunku związanego z karkonoską populacją gnidosza sudeckiego. Ograniczanie występowania lub zanikanie gatunków grzybów związanych z rośliną-gospodarzem świadczyć może o powolnym zanikaniu ich stanowisk (Chlebicki1998, 1999; Szczęśniak i in. 2009). Dotyczy to zwłaszcza gatunków grzybów o charakterze arktyczno-alpejskim (Chlebicki 1999). W przypadku niektórych roślin gospodarzy stwierdza się z kolei zasiedlanie ich organów przez grzyby polifagiczne występujące na licznych roślinach żywicielskich. Takim przykładem jest wierzba lapońska, na której w Karkonoszach stwierdzono występowanie 6 gatunków grzybów (Chlebicki 1999). Jednak porównując skład gatunkowy grzybów związanych z wierzbą lapońską podany przez Schroetera (1908) z obecnie zastanym oraz z wynikami prac innych badaczy wyraźnie zaznacza się spadek liczebności gatunków grzybów. Może mieć to związek z zanieczyszczeniem środowiska, jakie miało miejsce w Sudetach w drugiej połowie XX wieku. Nie znaleziono np. gatunków z rodzaju *Rhytisma* (Chlebicki 1999), które zasiedlają liście drzew i krzewów, a są szczególnie wrażliwe na stężenie SO_2 w powietrzu (Bevan & Greenhalgh 1976).

W latach 2007 – 2009 badano zdrowotność jarząbu pospolitego, który jest w siedliskach leśnych jednym z najważniejszych żywicieli *Gymnosporangium* spp. W wyniku obserwacji liczne porażenia *S. aucuparia* przez *G. confusum* stwierdzono tylko w rejonie wschodnich i północnych zboczy Kotła Małego Stawu co prawdopodobnie było spowodowane częstością występowania wiatrów w tej części Karkonoszy, które umożliwiały dostanie się zarodników grzybów z rodzaju *Gymnosporangium* z rejonów podgórskich (Kita i in. 2011). Kolejne lata badań fitopatologicznych przynosiły ciekawe odkrycia. W ciągu czterech lat badań (2011-2014) stwierdzono występowanie czterech chorób kosodrzewiny rosnącej w piętrze subalpejskim, a mianowicie: brązowa plamistość igieł (powodowana przez *Mycosphaerella dearnessii*), rdza pęcherzykowata igieł sosny (*Coleosporium tussilaginilis*), osutka sosny (*Lophodermium pinastri*), a także żółta plamistość igieł (Pusz i in. 2013, Pusz i Kita 2014a, Pusz i Kita 2014b, Pusz i Kita 2015, Pusz i in. 2016).. To właśnie ta ostatnia choroba występuje w największym nasileniu na igłach kosówki, prowadząc do żółknięcia igieł, które następnie osypują się, pozostawiając na szczycie, zdrowe, jednoroczne igły w postaci charakterystycznego „pędzelka". Grzybem powodującym tę chorobę jest

nowy dla nauki gatunek nazwany na cześć Karkonoszy - *Lophodermium corconticum* (KOUKOL i in. 2015). W latach 2014-2015 w piętrze subalpejskim Karkonoszy prowadzono szeroko zakrojony monitoring fitopatologiczny. Comiesięcznymi obserwacjami objęto ponad 60 gatunków roślin w tym te występujące pospolicie, ale także gatunki endemiczne jak np. *Campanula bohemica* czy też relikty glacjalne, tj. *Allium sibiricum*, *Arabis alpina*, *Geum montanum* oraz gatunki rodzaju *Saxifraga*: *S. nivalis*, *S. moschata*. Podczas badań stwierdzono nowe dla Polski gatunki grzybów pasożytniczych jak np. *Podospheaera alpina*, sprawcę mączniaka prawdziwego na skalnicy śnieżnej (Ryc.17). Wykazano, że w porównaniu do podobnych badań prowadzonych w latach 90-tych XX wieku zmienił sią skład gatunkowy grzybów zasiedlających np. *Rubus chamaemorus* czy *Salix herbacea* (PUSZ i in. 2016, PUSZ 2016, PUSZ i URBANIAK 2017). Fitopatolodzy badali także rolę grzybów patogenicznych w procesie zamierania wietlicy alpejskiej (*Athyrium distentifolium*). Okazało się, że patogeny roślin są jednym z elementów złożonego procesu zamierania tej rośliny w Karkonoszach, a prawdopodobną przyczyną jest zmiana stosunków wodnych powyżej górnej granicy lasu (PUSZ i wsp. 2018).

Śluzowce

W cyklu rozwojowym śluzowców wyróżniają się dwa stadia troficzne: pełzaki, które są bezwiciowe lub posiadają dwie wici oraz śluźnie, które są wielojądrowymi, ruchliwymi komórczakami. Pełzaki rozmnażają się przez podział, są jednojądrowe, a ich jądra haploidalne. Odżywiają się głównie bakteriami. Zlanie się dwóch pełzaków zapoczątkowuje stadium śluźni. Diploidalne jądro zygoty dzieli się mitotycznie. Tak samo, synchronicznie, dzielą się wszystkie jądra potomne natomiast nie dzieli się cytoplazma. Powstałe w ten sposób śluźnie mogą osiągać spore rozmiary, mieć jaskrawe zabarwienie i zawierać wiele tysięcy diploidalnych jąder. Poza bakteriami, śluźnie odżywiają się także drożdżami, zarodnikami i strzępkami innych grzybów, glonami i drobnymi resztkami materii organicznej (STEPHENSON 2011). Zamieszkują ściółkę, wnętrza butwiejących kłód i pniaków, generalnie miejsca, w których gromadzi się dużo materii organicznej i utrzymuje wilgoć. W odpowiednim stadium fizjologicznym śluźnie przemieszczają się na powierzchnię podłoża i tworzą pojedyncze, duże lub liczne, drobne zarodnie. W ich wnętrzu jądra przechodzą po-



Ryc. 19. Lycogala epidendrum – grupa zrosłozarodni (Fot. M. Romański)



Ryc. 20. Fuligo septica – zrosłozarodnia (Fot. M. Romański)

działy redukcyjne i stają się zarodnikami, które rozprzestrzenia wiatr, woda i niektóre owady. Z kiełkujących zarodników rozwijają się pełzaki. Okazało się, że stosunkowo często podział redukcyjny zarodników nie zachodzi i z diploidalnych pełzaków, bez ich zlewania się, powstają śluźnie (Clark & Haskins 2010). W niesprzyjających warunkach (susza, niska temperatura) te dwa stadia rozwojowe łatwo przechodzą w stan spoczynku i tworzą przetrwalniki: pełzaki – mikrocysty, śluźnie – skleroty, które długo zachowują zdolność do ponowienia rozwoju. Ma to decydujące znaczenie dla przeżywania śluzowców w różnych środowiskach.

Pierwsze informacje o śluzowcach znalezionych w Karkonoszach pochodzą z pracy Schröter (1889), który podaje 9 gatunków: *Cribraria macrocarpa*, *Diderma ochraceum*, *Leocarpus fragilis*, *Lycogala epidendrum*, *Metatrichia floriformis*, *Physarum album*, *Stemonitis fusca*, *Trichia contorta* i *Trichia varia*. Nieliczne gatunki zebrane do połowy XX w. znajdują się także w Herbarium Uniwersytetu Wrocławskiego (Stojanowska 1984). W miarę systematyczne badania śluzowców Karkonoszy podjęła w roku 1977 Wanda Stojanowska i opublikwała ich wyniki w kilku pracach (Stojanowska, 1983, 1984, 2004; Stojanowska & Panek 2004). Obecnie z terenu KPN znanych jest 109 taksonów (105 gatunków i 4 odmiany) śluzowców. Z analizy ich rozmieszczenia wynika, że różnorodność bioty śluzowców maleje wraz ze wzrostem wysokości nad poziom morza. Najwięcej taksonów (81) znaleziono w piętrach pogórza i regla dolnego. Ma to związek z występującym tu bukiem (*Fagus sylvatica*),



Ryc. 21. Ceratiomyxa fruticulosa – kosmki, na których powstają zarodniki (Fot. M. Romański)



Ryc. 22. Trichia varia – grupa zarodni (Fot. M. Romański)



Ryc. 23. Tubulifera arachnoidea – skupienia młodych zarodni (Fot. M. Romański)

na którego drewnie znaleziono 40 taksonów oraz z przenikaniem wielu kosmopolitycznych, pospolitych gatunków niżowych. W piętrze górnoreglowym stwierdzono 37 taksonów śluzowców, wśród których sporo jest także śluzowców występujących niżej. W piętrze kosodrzewiny znaleziono jedynie 5 gatunków. Przy górnej granicy lasu, w piętrze kosodrzewiny i wyżej, zwykle wczesną wiosną, znaleźć można przedstawicieli specyficznej dla gór grupy śluzowców niwalnych, zwanych także pośnieżnymi. Obecnie z KPN znanych jest 11 taksonów: *Diderma alpium*, *D. niveum*, *D. niveum* var. *ferrugineum*, *L. carestianum*, *L. maculatum*, *L. sauteri*, *Lepidoderma carestianum*, *L. aggregatum*, *Physarum albescens*, *P. alpinum* i *Trichia alpin*. Śluzowce te rozwijają się w pobliżu (do 1 m) brzegów długo zalegających i wolno topniejących płatów śnieżnych. Można je znaleźć na odsłanianych resztkach traw, pędach *Vaccinium myrtillus* i na butwiejących liściach paproci. Spore zasługi dla poznania pośnieżnych śluzowców KPN ma Maria Drozdowicz, która w 1993 roku penetrowała główny grzbiet m. Karpaczem a Szklarską Porębą (wg Stojanowska 2004). Poza Karkonoszami śluzowce pośnieżne znane są także z innych obszarów górskich Polski (Drozdowicz 1997, 2000, 2003; Komorowska & Drozdowicz 1996; Ronikier i in. 2008). Używane często w literaturze określenie „śluzowce alpejskie" zamiast śluzowce pośnieżne jest, jak się okazało niesłuszne, ponieważ organizmy te częściej i liczniej występują w piętrze regla górnego i przy górnej granicy lasu niż we właściwym piętrze alpejskim (Ronikier & Ronikier 2009).



Ryc. 24. Stemonitis fusca – grupa walcowatych zarodni na trzonkach (Fot. M. Romański)

Do najpospolitszych na terenie KPN gatunków śluzowców należą: *Lycogala epidendrum* (Ryc. 19), *Fuligo septica* (Ryc. 20), *Ceratiomyxa fruticulosa* (Ryc. 21), *Trichia varia* (Ryc. 22), *Tubulifera arachnoidea* (Ryc. 23) i *Stemonitis fusca* (Ryc. 24). Mają one na terenie Parku co najmniej 15 stanowisk. Występują tu także gatunki rzadkie, w tym 2 z czerwonej listy (Drozdowicz i in. 2006): *Craterium brunneum* i *Cribraria rubiginosa*.

Stopień poznania śluzowców występujących w KPN jest niezadowalający. Badania prowadzone były wyłącznie przy szlakach turystycznych lub w ich bezpośrednim sąsiedztwie. Ogromne połacie Parku pozostają swoistymi „białymi plamami". Należy się spodziewać, że w miarę zagęszczania punktów obserwacyjnych biota *Myxomycetes* ulegnie wzbogaceniu.

Podstawowe informacje i klucz do oznaczania większości śluzowców Polski znajdzie Czytelnik w monografii Krzemieniewskiej (1960). Klucz do większości śluzowców świata stanowi trzytomowe dzieło Neuberta i in. (1993, 1995, 2000). Istnieje też ilustrowany klucz do najpospolitszych gatunków polskich (Panek & Romański 2010).

Literatura

Beevan R.J. & Greenhalgh G.N. 1976: *Rhytisma acerinum* as a biological indicator of pollution. Environ. Pollut. 10: 271–285.

Chlebicki A. 1997: Grzyby mikroskopijne występujące na Carex magellanica Lam. Ssp. irrigua i Juncus trifidus L. w Karkonoszach. Geoekologiczne Problemy Karkonoszy. Materiały z sesji naukowej w Przesiece 15–18. 10. 1997 r.: 313– 315.

Chlebicki A. 1998: Grzyby związane z moroszką (*Rubus chamaemorus*) i brzozą karpacką (*Betula pubescens* ssp. *carpatica*) zebrane w Karkonoszach. Przyroda Sudetów Zachodnich 1: 13–16.

Chlebicki A. 1999: Grzyby zebrane na gnidoszu sudeckim (*Pedicularis sudetica* ssp. *sudetica*), skalnicy śnieżnej (*Saxifraga nivalis*) i wierzbie lapońskiej (*Salix lapponum*) w Karkonoszach. Przyroda Sudetów Zachodnich 2: 15–20.

Chmiel M. A. 2006: Checklist of Polish larger Ascomycetes. Biodiversity of Poland. Vol. 8.

Clark J. & Haskins E. F. 2010: Reproductive systems in the myxomycetes: a review. Mycosphere 1(4): 337–353.

Czaplińska S. & Grabińska-Kossowska A. 1985: Wpływ terminu i gęstości siewu na zdrowotność dwóch odmian rzepaku ozimego. Biul IHAR 156: 131–138.

Domański S. 1963: De fungis in Sudetis Occidentalibus anno 1961 collectis. Monogr. Bot., 15: 325–354.

Domański S. 1966: Próba fitopatologicznej oceny świerków ospałowanych przez zwierzynę w Karkonoszach. Folia Forest. Pol., Ser. A, 12: 157–174.

Drozdowicz A. 1997: Studies on Myxomycetes in the Pieniny National Park. I. New species for the PNP. Acta Mycologica 32 (2): 287–291.

Drozdowicz A. 2000: Śluzowce (Myxomycetes). Flora i Fauna Pienin – Monografie Pienińskie 1: 31–34.

Drozdowicz A. 2003: Materiały do chorologii śluzowców Myxomycetes w Bieszczadach. Roczniki Bieszczadzkie 11: 121–129.

Drozdowicz A., Ronikier A. & Stojanowska W. 2006: Red list of rare Myxomycetes in Poland – Czerwona lista śluzowców rzadkich w Polsce. W: Mirek Z., Zarzycki K., Wojewoda W. & Szeląg Z. (red.), Red list of plants and fungi in Poland – Czerwona lista roślin i grzybów Polski. Kraków: 91–99.

Gierczyk B., Soboń R., Pachlewski T., Ślusarczyk T. 2018. Contribution to the knowledge of mycobiota of the Western Sudety Mountains and Western Sudety Foothils (SW Poland) Part 1. Acta Mycol. 53(2): 1106 https://doi.org./10.5586/am.1106.

Gminder A. 1993: Materiały do znajomości flory Ascomycetes Śląska i Tatr. Acta Mycol. Vol. 28(1): 49–52.

Halama M., Pech P., Shiryaev A. 2017. Contribution to the knowledge of *Ramariopsis subarctica* (Clavariaceae, Basidiomycota). Pol. Bot. Journal 62(1): 123-133.

Halama M., Pech P., Dunaj K. 2018. Nowe dane o występowaniu *Ascocoryne turficola* (Ascomycota, Helotiales) w Sudetach. Przyroda Sudetów 21 :53-62.

Kirk M. P., Cannon P. F., David J. C. & Stalpers J.A. 2001: Dictionary of the Fungi. 9th ed. Wallingford: CAB International: ss. 655.

Kita W., Mączka W., Mironowicz A. & Pusz W. 2002: *Nigrospora oryzae* (Berk et Br) Petch – nowe potencjalne zagrożenie sosny zwyczajnej. Sylwan 10: 91–98.

Kita W., Pusz W. & Dancewicz A. 2011: Badania grzybów z rodzaju *Gymnosporangium* występujących na *Sorbus aucuparia* L. w Karkonoskim Parku Narodowym. Prog. in Plant Prot. 51 (1): 264–268.

Knapik R. 2008: Soplówka jodłowa w polskich Karkonoszach. Sudety 12: 44.

Komorowska H. & Drozdowicz A. 1996: Śluzowce. W: Mirek Z. (red.) Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego. Tatrzański Park Narodowy, Kraków – Zakopane: 405–412.

Kryczyński S. & Weber Z. 2010: Podstawy fitopatologii. Tom 1. PWRiL Warszawa: ss. 640.

Krzemieniewska H. 1960: Śluzowce Polski na tle flory śluzowców europejskich. PWN Warszawa: ss. 315.

Kujawa A. & Gierczyk B. 2011: Rejestr gatunków grzybów chronionych i zagrożonych w Polsce. Cz. IV. Wykaz gatunków przyjętych do rejestru w roku 2008. Przegląd Przyrodniczy 22(1): 17–83.

Kujawa A. 2005: „Rejestr gatunków grzybów chronionych i zagrożonych" – nowa forma gromadzenia danych mikologicznych pochodzących od amatorów. Przegląd Przyrodniczy 16 (3–4): 17–52.

Lisiewska M. 1992: Wpływ obecności paśników na pojaw synantropijnych macromycetes w Karkonoskim Parku Narodowym. Badania Fizjogr. nad Pol. Zach. Tom XLI, Ser.B: 149–171.

Narkiewicz Cz. 2001a: Grzyby wielkoowocnikowe góry Chojnik (Karkonoski Park Narodowy) – gatunki rzadkie i zagrożone. Przyroda Sudetów Zachodnich 4: 63–76.

Narkiewicz Cz. 2001b: Nowe stanowisko jodłownicy górskiej *Bondarzewia mesenterica* (Schaeff.) Kreisel w Polskiej części Sudetów. Przyroda Sudetów Zachodnich 4: 65–76.

Narkiewicz Cz. 2002: Materiały do poznania maczużników w Sudetach Zachodnich. Przyroda Sudetów Zachodnich 5: 101–104.

Nespiak A. 1971: Grzyby wyższe regla górnego w Karkonoszach. Acta Mycol., (7)1: 87–96.

Nespiak A. 1985. Grzyby. W: Jahn A. (red.), Karkonosze Polskie. Ossolineum. Wrocław – Warszawa – Kraków – Gdańsk – Łódź: 237–246.

Neubert H., Nowotny W. & Baumann K. 1993: Die Myxomyceten Deutschlands und des angrenzenden Alpenraumes unter besonderer Berücksichtigung Österreichs. Band 1. Karlheinz Baumann Verlag Gomaringen: ss. 343.

Neubert H., Nowotny W., Baumann K. & Marx H. 1995: Die Myxomyceten Deutschlands und des angrenzenden Alpenraumes unter besonderer Berücksichtigung Österreichs. Band 2. Karlheinz Baumann Verlag Gomaringen: ss. 368.

Neubert H., Nowotny W., Baumann K. & Marx H. 2000: Die Myxomyceten Deutschlands und des angrenzenden Alpenraumes unter besonderer Berücksichtigung Österreichs. Band 3. Karlheinz Baumann Verlag Gomaringen: ss. 391.

Panek E. & Romański M. 2010: Śluzowce północno-wschodniej Polski – przewodnik terenowy. Stowarzyszenie „Człowiek i Przyroda" Suwałki: ss. 56.

Piątek M. 2004: Miscellaneous novelties on powdery mildew fungi from Poland. Polish Botanical Journal 49(2): 151–159.

Pląskowska E. & Pusz W. 2010: Wpływ nawożenia organicznego i mineralnego na zdrowotność liści pszenicy jarej. Prog. in Plant Prot. 50 (2): 955–958.

Pląskowska E., Pusz W. & Ogórek R. 2011: Porażenie bulw ziemniaka odmian sałatkowych i przeznaczonych do pieczenia sprzedawanych w supermarketach przez *Helminthosporium solani* Durieu & Mont. Prog. in Plant Prot. 51 (1): 291–297.

Pusz W. & Kita W. 2013: Aeromikologiczne badania występowania zarodników grzybów patogenicznych dla roślin w piętrze subalpejskim Karkonoskiego Parku Narodowego. Post. Ochr. Roślin 53 (1): 142–145.

Pusz W. & Pląskowska E. 2010: *Stagonospora tainanensis* – New patogen of Giant Miscanthus (*Miscanthus x giganteus* Greef et Deu) in Poland. Phytopathologia 57: 39–43.

Pusz W. 2016. Plants' healthiness assessment as part of the environmental monitoring of protected mountainous area in the example of Karkonosze (Giant) Mts. (SW Poland). Environmental Monitoring and Assessment 188 (10): 1 – 15.

Pusz W., Kita W. 2014a: Ocena zdrowotności igieł kosodrzewiny (Pinus mugo Turra) w Karkonoskim Parku Narodowym. Opera Corcontica 51: 41 – 48.

Pusz W., Kita W. 2014b: Występowanie brązowej plamistości igieł (*Mycosphaerella dearnessi*) na kosodrzewinie (*Pinus mugo*) w Karkonoszach. Progress in Plant Protection, 54 (2): 251 – 254.

Pusz W., Kita W. 2015: Występowanie rdzy pęcherzykowatej sosny (*Coleosporium tussilaginis*) na kosodrzewinie *(Pinus mugo*) w wybranych rejonach Karkonoskiego Parku Narodowego. Progress in Plant Protection, 55 (4). DOI: 10.14199/ppp-2015-075.

Pusz W., Kita W., Dancewicz A., Weber R. 2013: Airborne fungal spores of subalpine zone of the Karkonosze and Izerskie Mountains (Poland). Journal of Mountain Sciences 10 (6): 940 – 952. DOI: 10.1007/s11629-013-2704-7.

Pusz W., Kita W., Kaczmarek A., Nowosad K., Koukol O. 2013: The mountain pine's needles diseases (*Pinus mugo*) on subalpine zone of Karkonosze Mts.. Sylwan, 157 (10): 761 – 769.

Pusz W., Kroczek M., Kaczmarek A. 2016: Zasiedlenie przez grzyby mikroskopowe nasion rzadkich i zagrożonych gatunków roślin uprawianych w hodowli zachowawczej w Żywym Banku Genów w Jagniątkowie. Progress in Plant Protection, 56 (1): 34 – 41.

Pusz W., Urbaniak J. 2017: Foliar diseases of willows (*Salix* spp.) in selected locations of the Karkonosze Mts. (the Giant Mts.). European Journal of Plant Pathology 148: 45 – 51 DOI 10.1007/s10658-016-1067-7.

Pusz W., Urbaniak J., Dunajski A. 2018. Grzyby zasiedlające zamierające rośliny wietlicy alpejskiej (*Athyrium distentifolium* Tausch ex Opiz) w Karkonoszach. Progress in Plant Protection 58 (3): 224-228.

Pusz W., Weber R., Dancewicz A., Kita W. 2016. Study of the effect of weather conditions on the incidence of Lophodermium yellow needle blight in the dwarf mountain pine in the Karkonosze and Izerskie Mountains (Poland). Journal of Mountain Science, 13 (4): 725 – 733.

Ronikier A. & Ronikier M. 2009: How 'alpine' are nivicolous myxomycetes? A worldwide assessment of altitudinal distribution. Mycologia 101 (1): 1–16.

Ronikier A., Ronikier M. & Drozdowicz M. 2008: Diversity of nivicolous myxomycetes in the Gorce Mountains – a low-elevation massif of the western Carpathians. Mycotaxon 103: 337–352.

Saniewska A. 2000: Wpływ preparatu Atonik SL na hamowanie wzrostu i rozwoju niektórych gatunków grzybów chorobotwórczych dla roślin ozdobnych. Zesz. Nauk Inst. Sadown. i Kwiac. 7: 145–153.

Schroeter J. 1889: Die Pilze Schlesiens. W: Cohn F. Kryptogamen-Flora von Schlesien. Dritter Band. Erste Helfte. Pilze. J. U. Kern's Verlag. Breslau: ss. 814.

Schroeter J. 1908: Pilze. W: Cohn F. Krypt. – Fl. Schlesiens 3 (2), Die Pilze Schlesiens II. Breslau: ss. 597.

Schulz R. 1913: Studien über Pilze des Riesengebirges. I. Verh. Bot.-zool.Ver. Prov. Brandenburg. 54: 32–122.

Stephenson S. L. 2011: From morphological to molecular: studies of myxomycetes since the publication of the Martin and Alexopoulos (1969) monograph. Fungal Diversity 50:21–34.

Stojanowska W. 1983: Myxomycetes Sudetów. I. Acta Mycologica XIX (2): 207–243.

Stojanowska W. 1984: Śluzowce (Myxomycetes) polskich Karkonoszy. Prace Karkonoskiego Towarzystwa Naukowego 41. Badania naukowe w Karkonoskim Parku narodowym: 71–90.

Stojanowska W. 2004: Rozmieszczenie śluzowców (Myxomycetes) w Karkonoszach. Przyroda Sudetów 7: 93–108.

Stojanowska W. & Panek E. 2004: Śluzowce (Myxomycetes) Sudetów i Pogórza Sudeckiego. II. IV Ogólnopolskie sympozjum mikologiczne – Grzyby w środowisku naturalnym. Metody badań terenowych. Streszczenia. Sandomierz: 36–37.

Szczęśniak E., Malicki M. & Kuś D. 2009: *Saxifraga nivalis* L. in the Karkonosze Mountains current status and trials of population recovery. Acta Botanica Silesiaca 4: 107–116.

Weberbauer O. 1871–1875: Pilze Nord-Deutschlands mit besonderer Berücksichtigung Schlesiens. Breslau.

Wojewoda W. 2003: Checklist of Polish larger Basidiomycetes. Biodiversity of Poland. Vol. 7.

Dane adresowe autorów:

Czesław Narkiewicz
Muzeum Przyrodnicze w Jeleniej Górze
Cieplicka 11a, 58-560 Jelenia Góra
czesław.narkiewicz1@gmail.com

Zakład Fitopatologii i Mykologii, Katedra Ochrony Roślin
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
pl. Grunwaldzki 24a, 50-363 Wrocław

Wojciech Pusz
wojciech.pusz@upwr.edu.pl

Włodzimierz Kita
wlodzimierz.kita@upwr.edu.pl

Eugeniusz Panek
Zakład Botaniki, Instytut Bioróżnorodności
Uniwersytet Wrocławski
ul. Kanonia 6/8, 50-328 Wrocław
paneke@biol.uni.wroc.pl

Narkiewicz C., Pusz W., Kita W. & Panek E. 2019: Grzyby i śluzowce. W: Knapik R., Migoń P. & Raj A. (red.), Przyroda Karkonoskiego Parku Narodowego. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra: 339–358.

Jerzy Błoszyk, Artur Chrzanowski, Marek Dobrowolski, Antonín Kůrka, Elżbieta Kuźnik-Kowalska, Andrzej Mazur, Piotr Olszewski, Krzysztof Pawlikowski, Tadeusz Pawlikowski, Małgorzata Proćków, Dariusz Skarżyński, Paweł Szymkowiak

Bezkręgowce

Wstęp

Bezkręgowce to olbrzymia grupa zwierząt, obejmująca na Ziemi przeszło milion gatunków, sztucznie wyróżniona dla podkreślenia jej podstawowej cechy – braku szkieletu wewnętrznego zbudowanego z kręgosłupa i czaszki. Bezkręgowce odznaczają się niezwykle bogatą gamą różnorakich przystosowań do życia we wszystkich środowiskach kuli ziemskiej. Nieoceniona jest też funkcja ekologiczna tych organizmów, z których duża część zamieszkuje środowisko lądowe i wody słodkie, a z takimi mamy do czynienia w Karkonoszach.

W niniejszym opisie bezkręgowców Karkonoszy położono nacisk na przedstawienie grup zwierząt najważniejszych dla funkcjonowania ekosystemów. Przy wyborze kierowano się też ilością i datą powstania publikacji naukowych, opisujących poszczególne typy, gromady czy rzędy. Ważne było, aby wybrane publikacje przynajmniej częściowo odnosiły się do terenów leżących w granicach Polski. Ten ostatni warunek ma o tyle znaczenie, że zaobserwowano bardzo duże zróżnicowanie składów gatunkowych podobnych biotopów po polskiej i po czeskiej stronie gór.

W wielu przypadkach współczesna wiedza o niższych typach zwierząt karkonoskich jest znikoma. Brak jest opracowań dotyczących płazińców, a w tym wirków *Turbellaria* i przywr monogenetycznych *Monogenoidea*, będących zewnętrznymi pasożytami ryb, płazów i gadów żyjących w wodach. Nie opracowano też brzuchorzęsków *Gastrotricha*. Opracowania doczekały się wrotki *Rotifera* (Ejsmont-Karabin 2008). Badania te doprowadziły do odkrycia 5 gatunków nowych w faunie Polski, a także dwóch nowych gatunków dla nauki – *Otostephanos jolantae i Rotaria inoculata*. Z gromad należących do typu pierścienic *Annelida*, dwie doczekały się opracowania. Pierwsza to skąposzczety *Oligochaeta* i jedna rodzina z tej grupy – dżdżownice *Lumbricidae*, które zostały zbadane tylko po czeskiej stronie masywu (Pižl 1998, 2000). Druga – pijawki *Hirudinea* – była badana przez Wundera (1929), który ograniczył jednak badania do rejonu Małego i Wielkiego Stawu, skąd podał jeden gatunek: *Erpobdella monostriata*. Nowsze badania prowadził Kufel (1970). W większości nie obejmowały one jednak terenu Parku i dotyczyły środkowych i przyujściowych odcinków ważniejszych potoków karkonoskich na obszarze Pogórza i w dolinie Kamiennej (m.in.: Szklarka, Wrzosówka, Choiniec, Łomnica, Jedlica). Stwierdzono tam występowanie 12 gatunków pijawek (z 22 gatunków krajowych), a w tym rzadkich, jak *Dina lineata*, oraz częstszych: *Erpobdella octoculata*, *Helobdella stagnalis*, *Glossiphonia complanata*, które przebywały w potokach oraz *Hemiclepis marginata* i *Glossiphonia heterolicta* zamieszkujących wody stojące.

Stawonogi *Arthropoda* stanowią bogaty w gromady i gatunki typ zwierząt. Wśród nich gromada owadów doczekała się dość szczegółowego zbadania w Karkonoszach. Brakuje jednak współczesnych opracowań rzędu prostoskrzydłych *Orthoptera*, pluskwiaków różnoskrzydłych *Heteroptera* i równoskrzydłych *Homoptera*, części błonkówek, np. gąsieniczników *Ichneumonidae*, pilarzowatych *Tenthredinidae*, bleskotek *Chalcidoidea* oraz innych.

Wśród badań innych stawonogów wyróżniają się opracowania należących do pajęczaków *Arachnida* pająków *Araneae* i roztoczy *Acarina*. Pająki badano zarówno po polskiej jak i po czeskiej stronie. Z kolei kosarze *Opiliones* Karkonoszy badane były ostatnio tylko przez naszych południowych sąsiadów (Klimeš 1999), a z polskiej części masywu dysponujemy stosunkowo starymi danymi Rafalskiego (1960) i Staręgi (1975). W Karkonoszach odnaleziono też 25 gatunków krocionogów *Diplopoda* (Bielak-Oleksy & Jaśkiewicz 1977).

Mało uwagi poświęcono karkonoskim skorupiakom *Crustacea*. Spośród nich badano faunę widłonogów *Copepoda* (Tabacki 1970) i równonogów *Isopoda* (Dominiak 1970). Spomiędzy 13 karkonoskich gatunków tej drugiej grupy na uwagę zasługują *Porcellium collicolum*, *Hyloniscus riparius*, *Trachelipus ratzeburgi*.

Typ mięczaków *Mollusca* reprezentują na lądach i w wodach śródlądowych ślimaki *Gastropoda* i małże *Bivalvia*. Pierwsze są dość dobrze poznane w Karkonoszach. O drugich wiadomo mniej, a jedna z prac powojennych dotyczy badań nad rozmieszczeniem skójki perłorodnej *Margaritifera margaritifera* (Krasowska 1978), poszukiwanej w wodach Karkonoszy z uwagi na rzadkość tego gatunku, wytępionego w całej Europie dzięki swej zdolności do wytwarzania pereł, ale też i z powodu wrażliwości na zanieczyszczenie środowiska.

W opracowaniach przyrodniczych Karkonoszy często można spotkać się z opisem bardzo charakterystycznych cechy masywu, decydujących o specyficznej strukturze zespołów roślin i zgrupowań zwierząt. Jedną z najważniejszych jest duża rozpiętość wysokości – maksymalna różnica wysokości na obszarze Karkonoszy i Pogórza po polskiej stronie masywu wynosi około 1100 m. Taki skok wysokości oznacza, że w całym masywie pojawia się wyraźna piętrowość klimatu. Za tym idą piętrowy układ stref roślinnych i szybko zmieniający się wraz z wysokością skład gatunkowy fauny.

Szczególne cechy klimatu wysokogórskiego Karkonoszy spowodowały, że góry te stały się miejscem bytowania organizmów stanowiących element borealny, spotykany m. in. w północnej Skandynawii. Dotarły one tutaj z północnych rubieży Europy w okresie zlodowaceń i nie zostały wyparte w okresie postglacjalnym z środowisk typu karkonoskiej wysokogórskiej tundry arktyczno-alpejskiej. W faunie bezkręgowej możemy spotkać wiele takich reliktów glacjalnych.

Północne stoki gór są strome, ale przy tym stosunkowo krótkie. W wyniku tego tutejsze potoki i strumienie mają duże spadki podłużne i toczą wody dobrze natlenione lecz szybko płynące, w których dobrze czują się gatunki reofilne. Mniej jest miejsc o przepływie spokojnym, z małymi rozlewiskami ze stojącą wodą, umożliwiających osiedlanie się gatunków lemnofilnych. Te ostatnie mają dostępne zbiorniki wodne w postaci stawów polodowcowych w strefie subalpejskiej lub sztuczne stawy hodowlane, doły po wyrobiskach i zbiorniki przeciwpożarowe już u podnóża masywu lub na wysokości regla dolnego.

Dodatkowym ważnym czynnikiem kształtującym warunki życia bezkręgowców jest silne zakwaszenie wód powierzchniowych, po części wynikłe z kwasowości granitowego podłoża, a po części będące efektem antropogenicznych wpływów w postaci tzw. kwaśnych deszczów. Dodatkowo zakwaszenie potęguje przepływ wód przez torfowiska wysokogórskie.

Zjawisko kwaśnych deszczów, obecnie mniej istotne, całkiem niedawno doprowadziło do wielkiej klęski zamierania lasów Karkonoszy, a wraz z tym do znaczących zmian w składzie fauny. Towarzyszące kwaśnym deszczom niskie wartości pH wód powierzchniowych sprzyjały ustępowaniu z terenu Karkonoszy wielu gatunków zwierząt wodnych. Nie wiadomo, czy lub w jakim zakresie, trwa obecnie rekolonizacja cieków karkonoskich przez gatunki od lat nieobecne. Konieczne jest rozpoczęcie szczegółowych badań w tym kierunku.

Klęska zamierania lasów, mająca miejsce w latach 70. i 80. również zmieniła w znaczący sposób warunki środowiska przyrodniczego. Można przyjąć, że składy gatunkowe zwierząt różnych biotopów leśnych również uległy przekształceniu w wyniku działania zmian siedliskowych. Stopień odkształcenia zoocenoz wywołanego klęską zamierania lasów nie był badany zbyt dokładnie na terenie Karkonoszy. Z tego powodu istnieje obecnie konieczność podjęcia szerokiej inwentaryzacji wielu grup zwierząt bezkręgowych w celu opisania aktualnego stanu świata bezkręgowców północnego skłonu Karkonoszy.

Surowe warunki klimatu strefy subalpejskiej i alpejskiej powodują wiele interesujących przystosowań morfologicznych i behawioralnych zwierząt bytujących na dużych wysokościach. Omówienie niektórych z nich znajdziemy w niniejszym rozdziale.

Ostatnim zagadnieniem, które należy tu zasygnalizować, jest fakt akumulacji w lasach karkonoskich dużych ilości martwego drewna różnych gatunków drzew, a przede wszystkim świerka. Zagadnienie funkcjonowania tego szczególnego środowiska życia różnych organizmów na terenie masywu nie zostało jak dotąd opracowane całościowo.

Mięczaki

Pierwsze dane na temat malakofauny Karkonoszy, najwyższego pasma górskiego Sudetów, pochodzą z XIX wieku. W większości były to badania fragmentaryczne, zawierające wzmianki o gatunkach tam żyjących (Scholtz 1852; Reinhard 1874; Merkel 1894). Dokładnemu opracowaniu wyłącznie polskiej części Karkonoszy została poświęcona tylko jedna praca (Wiktor & Wiktor 1968). Natomiast czeskiej części poświęcono

kilka publikacji, w tym jedna ukazała się niedawno (Brabenec 1967a,b, 1969, 1978; Juřičková & Ložek 2008). Zmiany składu malakofauny w pierwszej połowie XX w. były stosunkowo niewielkie, niemniej w ostatnim dziesięcioleciu poprzedniego wieku, a więc w okresie szczegółowych badań (Wiktor & Wiktor 1968) Karkonosze uległy znacznemu wylesieniu. To przyczyniło się do zniszczenia wielu siedlisk i spowodowało zubożenie malakofauny. Oprócz zniszczeń lasów niesłychanie ważną przyczyną jest chemiczne zanieczyszczenie podłoża, przeobrażenia w składzie szaty roślinnej, a w konsekwencji także zmiany w warunkach mikroklimatycznych (Wiktor & Flasar 2005). Jednocześnie głębokie zmiany w niszczonej faunie rodzimej sprzyjają rozprzestrzenianiu się gatunków synantropijnych (Ryc. 1). Towarzyszy temu proces wycofywania się bardziej wyspecjalizowanych ślimaków, a nawet wymieranie całych populacji. Proces ten trudno ocenić obiektywnie, gdyż nie prowadzono w Karkonoszach badań ilościowych, niemniej jednak pobieżne obserwacje ostatnich lat pozwalają stwierdzić ewidentny spadek liczebności obserwowanych ślimaków (Wiktor & Flasar 2005).



Ryc. 1. Ślinik wielki Arion rufus (Linnaeus, 1758). (fot. M. Proćków)

Brak endemitów w Karkonoszach jest cechą, która rzuca się w oczy również w odniesieniu do mięczaków. Jest to efekt losów tego obszaru w czasie epoki lodowej. Lądolód północny docierał w sąsiedztwo tych gór podczas glacjałów, a na ich szczytach tworzyły się lokalne lodowce górskie. Mięczaki, żyjące na tym obszarze przed zlodowaceniem, nie były w stanie przetrwać takich warunków i miejscowa, przedlodowcowa malakofauna opuściła to pasmo; również częściowo, odcięta górami od możliwych refugiów, wymarła. Ponowne kolonizowanie Karkonoszy odbywało się prawdopodobnie kilkakrotnie, podczas interglacjałów oraz po ostatecznym wycofaniu się lądolodu północnego i zaniku lodowców górskich (Wiktor & Flasar 2005). Ogromną przeszkodą podczas tych wędrówek było równoleżnikowe (NW-SE) ułożenie pasma Sudetów oraz ich wysokość nad poziomem morza. Łatwiejsze było kolonizowanie cieplejszych stoków południowych i mogło się to odbywać dzięki prostej migracji w miarę ocieplania się klimatu. Stoki północne (leżące po polskiej stronie), z natury mniej nagrzewane, podlegały dodatkowo ochładzaniu przez sąsiedztwo cofającego się lodowca. Ponadto, w Karkonoszach niewiele jest wychodni skał wapiennych, stwarzających szczególnie dogodne podłoże dla ślimaków, z którym niektóre gatunki są wręcz związane. Tak więc o ubóstwie ślimaków (67 gatunków) tego terenu decydują także warunki ekologiczne, a zróżnicowanie biotopów jest tu stosunkowo małe. W porównaniu z analogiczną fauną Śnieżnika (Wiktor 1964) malakofauna Karkonoszy jest mniej liczna i to o 39 gatunków (Wiktor & Wiktor 1968). Również porównanie liczby gatunków polskiej i czeskiej części Karkono-

szy przemawia na niekorzyść tej pierwszej; lista wszystkich gatunków mięczaków stwierdzonych w Czechach wynosi 90 (JUŘIČKOVÁ & LOŽEK 2008). Należy jednak pamiętać, że czeska część jest obszarowo większa i ekologicznie bardziej zróżnicowana.

Faunę mięczaków pasma Karkonoszy cechuje nie tylko duże ubóstwo gatunkowe, ale również małe zróżnicowanie zoogeograficzne. Dominują tu gatunki szeroko rozmieszczone (50%) oraz eurytopowe (25%). Faunę górską reprezentują głównie ślimaki pochodzenia alpejskiego (7%), wśród których wymienić należy przeźrotkę uszkowatą *Eucobresia diaphana*, przeźrotkę Kotuli *Semilimax kotulai*, szklarkę przeźroczystą *Vitrea diaphana*, ślimaka maskowca *Isognomostoma isognomostomos* (Ryc. 2) i ślimaka obrzeżonego *Helicodonta obvoluta* oraz ślimaki pochodzenia borealno-górskiego (6%), do których zalicza się poczwarówkę alpejską *Vertigo alpestris*, poczwarówkę prążkowaną *V. substriata* (Ryc. 3), świdrzyka nadrzewnego *Clausilia cruciata* i krążałka obłego *Discus ruderatus* (Ryc. 4) (WIKTOR & WIKTOR 1968). W Karkonoszach występuje również nadzwyczaj rzadki ślimak pochodzenia śródziemnomorsko-zachodnioeuropejskiego świdrzyk łamliwy *Balea perversa*, który wpisany jest do Polskiej Czerwonej Księgi Zwierząt jako gatunek krytycznie zagrożony wymarciem (WIKTOR 2004).

Największe bogactwo gatunków występuje na wysokości około 600 m n.p.m., gdzie spotyka się największe zróżnicowanie biotopów (WIKTOR & WIKTOR 1968). Na obszarach leśnych spotyka się ślimaka obrzeżonego *Helicodonta obvoluta*, który jest wymieniony w Polskiej Czerwonej Księdze Zwierząt (Ryc. 5). W rejonie Śnieżnych Kotłów natomiast spotkać można najbardziej interesującą malakofaunę, m. in. poczwarówkę alpejską *Vertigo alpestris*. Tutaj żył również najbardziej charakterystyczny gatunek dla całych Karkonoszy (MERKEL 1894), pseudorelikt glacjalny, poczwarówka północna *Vertigo arctica*, dziś już nie znajdowany. Inne cenne siedliska, które należałoby chronić, to zbiorowiska lasów mieszanych, ziołorośli na dnie dolin i w sąsiedztwie źródeł (WIKTOR & FLASAR 2005). Bogatą w gatunki enklawą są mury i skałki u podnóży Karkonoszy, m. in. zamek Chojnik, gdzie licznie występują świdrzyki, w tym wspomniana *Balea perversa* oraz znajdujący się na „Czerwonej liście zwierząt ginących i zagrożonych w Polsce" ślimak ostrokrawędzisty *Helicigona lapicida* (WIKTOR & WIKTOR 1968).

Fauna mięczaków wodnych jest reprezentowana jedynie przez dwa gatunki, tj. ślimaka przytulika strumieniowego *Ancylus fluviatilis* i małża groszkówkę pospolitą *Pisidium casertanum*. Koniecznie należy dą-



Ryc. 2. Ślimak maskowiec Isognomostoma isognomostomos (Schröter, 1784). (fot. M. Proćków)



Ryc. 3. Poczwarówka prążkowana Vertigo substriata (Jeffreys, 1833). (fot. M. Proćków)



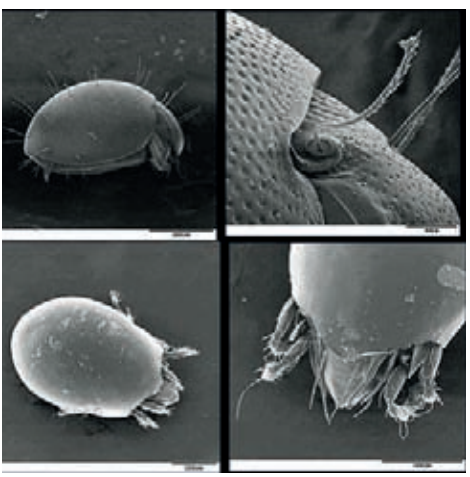
Ryc. 4. Krążałek obły Discus ruderatus (W. Hartmann, 1821). (fot. M. Proćków)

żyć do odtworzenia się większej różnorodności mikrosiedlisk zniszczonych sztucznym zalesianiem, a później wylesieniem ogromnych części tych gór. Miejsca zasiedlone prze ciepłolubne gatunki, np. w obrębie ruin zamków i innych starych budowli są równie cenne. Natomiast w sąsiedztwie osiedli i schronisk górskich pojawia się niepokojąco duża liczba gatunków synantropijnych, zwłaszcza obcego pochodzenia i z tego względu lokalizacja jakichkolwiek nowych budowli i dróg na terenie Karkonoskiego Parku Narodowego jest zdecydowanie niewskazana (WIKTOR & WIKTOR 1968; WIKTOR 1985).



Ryc. 5. Ślimak obrzeżony Helicodonta obvoluta (O.F. Müller, 1774). (fot. M. Procków)

Roztocze



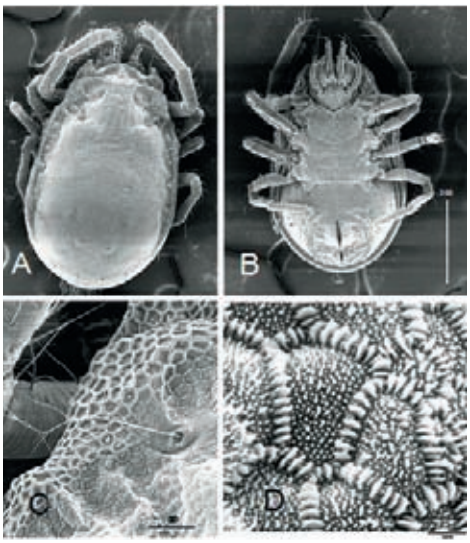
Ryc. 6. W glebie na terenie Karkonoskiego Parku Narodowego bardzo licznie spotyka się przedstawicieli rzędu mechowców. Brak oczu rekompensują im specjalne szczecinki czuciowe, umożliwiające sprawne poruszanie się w przestworach gleby (fot. J. Błoszyk)

Roztocze, z uwagi na ich niewielkie rozmiary, należą do mniej znanych grup stawonogów, jakkolwiek Polską akarofaunę uważa się za najlepiej poznaną w Europie. Z Karkonoszy znanych jest 288 gatunków tych pajęczaków, co stanowi około 9% ogółu gatunków odnotowanych dotąd w Polsce. Reprezentują one 5 rzędów, z których niewątpliwie najlepiej znane są każdemu turyście przemierzającemu karkonoskie szlaki – kleszcze (*Ixodida*). Pozostałe znane są jedynie specjalistom. Najliczniej reprezentowane są rzędy *Mesostigmata* (116 znanych gatunków), *Prostigmata* (93 gatunki) i mechowce *Oribatida* (67 gatunków) (Ryc. 6). W skład pierwszego wchodzą przede wszystkim gatunki drapieżne, a także bardzo zróżnicowane morfologicznie i odmienne w swojej biologii *Uropodina*. Równie zróżnicowane pod względem budowy i biologii są *Prostigmata*, wśród których spotykamy zarówno drapieżniki, formy roślinożerne, grzybożerne jak i saprofagiczne, odżywiające się martwą materią organiczną. Typowymi saprofagami są również mechowce, spełniające niezwykle ważną rolę w procesie powstawania próchnicy w glebie. Warto zauważyć, że roztocze te mogą występować w bardzo dużych zagęszczeniach, sięgających w niektórych przypadkach setek tysięcy na 1 metrze kwadratowym. Kleszcze i *Astigmata* reprezentowane są przez niewielką liczbę gatunków, których łącznie na obszarze Karkonoszy odnotowano dotąd tylko 12. Pełen wykaz gatunków roztoczy wykazywanych dotąd z tego obszaru można znaleźć w pracy GABRYŚ i in. (2008).

Pionierem badań akarologicznych na tym terenie był niemiecki hydrozoolog ZACHARIAS (1884), który odnotował obecność dwóch gatunków wodopójek *Hydrachnidia* w Małym Stawie. Kolejne dwa gatunki z tej grupy wymienia w swojej pracy z 1921 roku PAX.

Do końca lat 60. ubiegłego wieku akarofauna Karkonoszy pozostawała nieomal nieznana, jeśli nie liczyć dwóch gatunków mechowców podawanych przez RAFALSKIEGO (1966). Gwałtowny przyrost informacji na temat roztoczy obserwujemy począwszy od lat 70. Sporo interesujących informacji na temat roztoczy będących pasożytami zewnętrznymi ssaków przyniosły badania HAITLINGERA publikowane na przestrzeni lat 1982–2007. A pierwszym podsumowaniem stanu zbadania określonego taksonu z terenu Karkonoskiego Parku Narodowego była praca BŁOSZYKA (1991) dotycząca *Uropodina*.

Większość karkonoskich roztoczy to pospolite, szeroko rozmieszczone gatunki. Można wśród nich znaleźć także grupy będące dobrymi wskaźnikami zmian zachodzących w środowisku. Są to *Labidostommatina* i *Uro-*

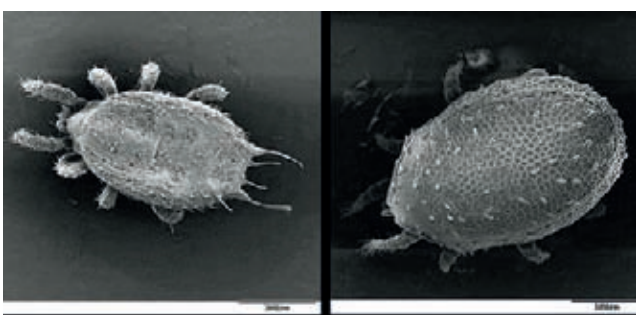


Ryc. 7. Labidostomma denticulata – samica, pomarańczowo ubarwiony, pięknie urzeźbiony, rzadki na terenie Karkonoszy gatunek roztocza: a – strona grzbietowa, b – strona brzuszna, c – włosek czuciowy, d – rzeźba grzbietu w dużym powiększeniu



Ryc. 8. Pospolite na terenie Karkonoskiego Parku Narodowego gatunki roztoczy: a – Trachytes aegrota, b – Oodinychus ovalis; ten ostatni gatunek, podobnie jak wiele innych zasiedlających nietrwałe mikrośrodowiska (np. martwe drewno) przenoszony jest foretycznie przez owady (c)

podina. Pierwsza reprezentowana jest przez dwa gatunki: *Labidostomma luteum* i *L. denticulata* (Ryc. 7) preferujące naturalne, w niewielkim stopniu przekształcone przez człowieka środowiska. Roztocze te wycofują się z miejsc zdegradowanych i poddanych silnej antropopresji. W trakcie realizacji projektu badawczego „Bank Fauny Bezkręgowców" przez zespół poznańskich akarologów z UAM, podczas którego w latach 1992–1996 inwentaryzowano wybrane grupy roztoczy, odnotowano na terenie Karkonoszy brak dwóch występujących tam wcześniej przedstawicieli *Uropodina*: *Trachytes minima* i *T. montana*. Świadczy to o niekorzystnych zmianach zachodzących w środowisku glebowym, które uniemożliwiają występowanie bardziej wrażliwych gatunków. *T. montana* jest ponadto jedynym wysokogórskim przedstawicielem tej grupy roztoczy i w Karkonoszach znany był jedynie z muraw naskalnych w okolicy Śnieżnych Kotłów. Interesujące jest również to, że ta izolowana populacja wspomnianego gatunku składała się wyłącznie z partenogenetycznie rozmnażających się samic. Innym interesującym z zoogeograficznego punktu widzenia, występującym na terenie KPN przedstawicielem *Uropodina* jest *Neodiscopoma splendida*. Ten pięknie urzeźbiony gatunek, o długich włosowatych szczecinach, tworzy w Polsce dwie odizolowane od siebie populacje. Jedną, bardziej liczną zasiedlającą wszystkie pasma górskie i drugą w lasach liściastych w północno-wschodniej części kraju. Najpospolitszym przedstawicielem *Uropodina* na obszarze parku, podobnie jak i w całej Polsce, jest *Trachytes aegrota* (Ryc. 8). Natomiast nasz największy krajowy przedstawiciel tego rodzaju – *T. irenae* – został stwierdzony tylko w buczynie obok Wodospadu Szklarki.



Ryc. 9. Wiele gatunków roztoczy związanych jest z martwym, rozkładającym się drewnem: a – Sejus togatus (Mesostigmata: Sejina), b – Janetiella pulchella (Mesostigmata: Uropodina)

Rozmieszczenie poszczególnych gatunków roztoczy na terenie Karkonoskiego Parku Narodowego nie jest równomierne. Wyraźnie częściej spotyka się je we wschodniej części parku oraz w enklawach położonych

poza jego zwartym terytorium (Wodospad Szklarki, Góra Chojnik). Szczególnie uboga pod tym względem jest środkowa część parku na wysokości Michałowic i Jagniątkowa.

Do największych zagrożeń dla egzystencji roztoczy, jak również innych przedstawicieli fauny glebowej na terenie Karkonoskiego Parku Narodowego należą zmiany zachodzące w środowisku powodowane opadem kwaśnych deszczy oraz wydeptywanie przez turystów terenów poza szlakami turystycznymi. Bardzo istotnym czynnikiem jest także skład gatunkowy i stan zachowania zbiorowisk leśnych na terenie parku. Najbogatsze zgrupowania fauny glebowej, której przeważającą część tworzą roztocze, występują w lasach liściastych regla dolnego. Na rozkładającym się drewnie w lasach pojawia się wiele charakterystycznych gatunków (Ryc. 9). Zachowanie tych lasów, szczególnie buczyn jest warunkiem utrzymania wysokiej bioróżnorodności wśród bezkręgowców zasiedlających ściółkę i glebę.

Pająki

150 lat badań fauny pająków Karkonoszy zaowocowało odkryciem kilkuset gatunków tych interesujących zwierząt. Pierwsze dane pochodzą z pracy Zimmermanna (1871), następnie badaniem arachnofauny zajmowali się Koch (1875), Fickert (1874, 1875, 1876) i Lebert (1875). Później publikują prace kolejni badacze: Zacharias (1890) i Nosek (1895). Na początku XX wieku Dahl (1902, 1903, 1908) wymienił łącznie 87 gatunków pająków karkonoskich. Później swe prace publikowali: Bösenberg (1901, 1903), Schenkel (1929, 1930, 1939), Dahl (1926, 1931, 1935, 1937), Dahl & Dahl (1927), Wiehle (1931, 1937, 1956, 1960), Hesse (1935) oraz Reimoser (1937).

Po wojnie polską stronę masywu badali: Pilawski (1962, 1963, 1965, 1970), Prószyński (1971), Prószyński & Staręga (1971), Staręga (1983), Czajka (1962, 1963, 1976), Woźny i in. (1988, 1984), Łuczak & Woźny (1999), Szymkowiak & Górski (2004a,b).

Po czeskiej stronie badania składu gatunkowego pająków wysokogórskich łąk i torfowisk prowadzili Buchar (1967, 1983), Antuš (1982), Růžička (1988), Růžička & Zacharda (1994), Růžička & Vaněk (1997) oraz Staręga & Nakaziuk (1987), Kůrka (1995, 1999) oraz Kůrka & Vaněk (2001, 2006, 2008, 2009), Ponadto Szymkowiak (2004) wykazał nowy dla fauny Polski gatunek pająka, *Maro sublestus*, podawany wcześniej z Czech (Kůrka & Vaněk 2001). Spis prac uzupełniają jeszcze materiały niepublikowane (Woźny 1972–1999; Kogut 1990; Kůrka & Vaněk 1996–2004 oraz Szymkowiak 2002–2004).

Na obszarze Karkonoszy dotychczas stwierdzono obecność 443 gatunków pająków. Po polskiej stronie gór opisano 316 (39% z całkowitej liczby 818 gatunków żyjących na terenie Polski) (Kupryjanowicz J. 2008), a po czeskiej 377 gatunków. 111 gatunków pająków występuje wyłącznie po czeskiej, a 70 wyłącznie po polskiej stronie Karkonoszy. 246 gatunków jest wspólnych dla obu części pasma. Pająki polskiej strony Karkonoszy reprezentują 23 rodziny, z których najliczniejsze to osnuwikowate *Linyphiidae* ze 130 gatunkami i pogońcowate *Lycosidae*, którą reprezentuje w Karkonoszach polskich 26 gatunków. Dziewięć rodzin ma mniej niż 5 przedstawicieli w faunie masywu po jego polskiej stronie.

Przez Karkonosze przebiega granica zasięgu występowania niektórych gatunków pająków. Dla wielu pająków masyw ten jest samotną wyspą, oddaloną od głównego areału występowania czasem o tysiące kilometrów. Pod względem faunistycznym, biogeograficznym i ekologicznym, najbardziej interesujące są zgrupowania pająków w najwyższych partiach Karkonoszy, gdzie występują gatunki należące do najcenniejszych elementów arachnofauny. Wzbogacają one listę reliktowych organizmów, które w okresie zlodowacenia ustępowały przed nasuwającym się lodowcem na niżej położone tereny dzisiejszych Czech. W końcu epoki lodowcowej wraz z odsuwaniem się lodowca zmieniał się skład roślinności i zwierząt, aż do osiągnięcia dzisiejszego stanu. Zimnolubne pająki, które przetrwały do dzisiaj w izolowanych populacjach w miejscach odległych o setki kilometrów od ich obecnego ciągłego zasięgu, są niemymi świadkami dawnych dramatycznych zmian klimatycznych w Europie Środkowej.

Najcenniejsze pająki występują na najwyższych, bezustannie smaganych wiatrami terenach. Wzrost roślin ogranicza tam śnieg, szron i lód oraz silny wiatr. Trwała pokrywa śnieżna zalega w piętrze subalpejskim 175 dni w roku, a opad atmosferyczny w postaci szadzi trwa 7–9 miesięcy w roku. W takich warunkach nie mogą przeżyć żadne pająki sieciowe. Pająki tej strefy występują na powierzchni gleby lub tuż nad nią między mchami, porostami i pod kamieniami, gdzie wiatr nie może im przeszkadzać.

W takich warunkach atmosferycznych przeżywają gatunki odporne na działanie ekstremalnych czynników klimatycznych. Po polskiej stronie Karkonoszy w piętrze subalpejskim występują 142 gatunki pająków, z czego 39 jest związanych wyłącznie z tym piętrem. Po czeskiej stronie gór, na wysokości powyżej 1250 m n.p.m. zostały znalezione 184 gatunki, a spośród nich 40 żyje wyłącznie w najwyższych położeniach. Połowa z nich należy do gatunków cennych pod względem ekologicznym lub zoogeograficznym, jak i z uwagi na zagrożenie wyginięciem.

Cechą fauny Karkonoszy jest występowanie wielu gatunków górskich. W polskiej części wykazano 53 takie gatunki. Pająki te znajdują na terenie Karkonoszy wiele siedlisk niedostępnych w innych częściach kraju, np. wysokogórskie torfowiska, będące ostoją gatunków borealno-górskich.

W Karkonoszach żyje jeden gatunek uważany za krytycznie zagrożony – *Stemonyphantes conspersus* (Buchar & Růžička 2002). Na terenie całego masywu do pozostałych kategorii gatunków zagrożonych zaliczono 63 taksony. W polskiej części występuje 13 gatunków silnie zagrożonych (EN wg IUCN) pająków. Wśród zagrożonych po stronie czeskiej jest pięć gatunków. Dwa pająki są zagrożone zarówno w Czechach jak i w Polsce, a 21 innych należy do grupy zagrożonych wyłącznie w Polsce (Staręga i in. 2002).

W kotłach polodowcowych tworzą się arachnocenozy złożone aż ze 156 gatunków rzadkich ale też i z gatunków klimaksowych, a więc takich, które zajmują biocenozy znajdujące się w końcowym stadium rozwoju



Ryc. 10. Pająk Pardosa saltuaria z rodziny pogońcowatych (Lycosidae) zamieszkuje łąki, zbiorowiska porostowe, kotły polodowcowe i torfowiska w strefie subalpejskiej (fot. J. Vaněk)

roślinności i gleb, o zrównoważonym tempie produkcji i dekompozycji materii organicznej. W karach lodowcowych dominują, żyjące i w niższych położeniach, *Alopecosa taeniata*, *Coelotes terrestris*, a czasem i *Diplocephalus latifrons*, oraz zimnolubny *Pardosa saltuaria*, występujący poza Karkonoszami w Tatrach i Beskidach (Ryc. 10). W kotłach licznie występują też *Bolyphantes alticeps*, *Heliophanus dampfi*, czy *Oedothorax retusus*. Niektóre gatunki o szerokiej walencji ekologicznej, takie jak *Erigone atra* mogły zasiedlić najwyższe partie Karkonoszy dostając się tam z prądami powietrznymi. Tu też w większej ilości występuje *Acantholycosa norvegica* (Ryc. 11), przebywający zazwyczaj na powierzchni gołego piargu, gdzie w słoneczne dni samice wygrzewają na kamieniach kokony z jajami. W kotłach lodowcowych znalazły się pająki należące do gatunków umiarkowanie zagrożonych, z których można wymienić: *Araneus nordmanni*, *Asthenargus helveticus*, czy *Diplocephalus helleri*.



Ryc. 11. Acantholycosa norvegica sudetica to gatunek borealno-górski. Zaliczany jest do gatunków zagrożonych w kraju (fot. J. Vaněk)

W zaroślach kosodrzewiny występuje 77 gatunków pająków, wśród nich dwa – *Pardosa saltuaria* i *Centromerus arcanus* – są dominantami. Wiele gatunków tego biotopu, np. *Araniella alpica*, *Clubiona alpicola*, *Cybaeus angustiarum*, *Diplocephalus cristatus*, *Erigone atra*, *Mughiphantes mughi*, *Tenuiphantes tenebricola*, są liczne w całych Karkonoszach. Charakterystyczny jest tu też górski, zimnolubny gatunek, *Coelotes atropos*. W kosodrzewinie rzadkie są pająki epigeiczne, czyli pędzące swój żywot na powierzchni gleby: *Oreonetides vaginatus*, *Robertus scoticus* i *R. truncorum* oraz *Bolyphantes luteolus*.

W murawach wysokogórskich, wśród 111 gatunków pająków dominuje kilka zimnolubnych: *Centromerus pabulator*, *Oreoneta tatrica* (oba spotykane również w kosodrzewinie) i *Pardosa saltuaria*. Wśród dominantów są też bardziej mezotermofilne *Centromerus arcanus* i *Dicymbium tibiale* i kilka wręcz eurytermicznych gatunków pająków, pospolitych i na nizinach, np. *Coelotes terrestris*, *Erigone atra*, *Meioneta rurestris*, *Micrargus herbigradus*, *Ozyptila trux* czy *Robertus lividus*. Do pająków rzadkich w tym środowisku należą między innymi: *Agnyphantes expunctus*, *Maro lepidus*, *M. sublestus* i *Sintula cornigera*.

Tundra porostowa zajmuje znaczne powierzchnie na terenie Karkonoszy. Jest to doskonałe miejsce życia dla wielu gatunków pająków, udostępniające dobre kryjówki przed ich potencjalnymi wrogami (płazy, gady, ptaki). Zanotowano tu występowanie 107 gatunków pająków. W ekstremalnych warunkach tundry porostowej żyje specyficzny zespół zimnolubnych pająków, z których część jest uważana za relikty lodowcowe o zasięgu wyspowym w Europie Środkowej. Przede wszystkim jest to *Gnaphosa lapponum*, pająk nie znaleziony na terenie Polski, a w Czechach pojawiający się w tundrze kamienistej. Kolejne dwa relikty glacjalne to *Mecynargus morulus* i *Maro lehtineni*, schwytany jak dotąd jako pojedynczy egzemplarz. Wszystkie trzy są gatunkami psychrofilnymi czyli zimnolubnymi. W tundrze porostowej nie brak pająka *Oreonetides vaginatus* oraz znanego już z innych siedlisk *Pardosa saltuaria*. Dominantami są też eurytermiczne pająki z rodziny pogońcowatych, żyjące od nizin po góry, wśród nich *Alopecosa cuneata*. Nieprzyjazne środowisko rumowisk skalnych zajmuje znaczne powierzchnie, a dla

wielu gatunków pająków stanowi doskonałe miejsce życia oferujące dobre kryjówki przed potencjalnymi wrogami. Na terenie Karkonoszy wykazano w tym siedlisku aż 58 gatunków pająków. Najliczniejszym z nich jest *Coelotes terrestris*. Są tu też *Callobius claustrarius*, *Cryphoeca silvicola* i *Cybaeus angustiarum*.

Torfowiska strefy subalpejskiej są jednym z najcenniejszych biotopów karkonoskich. W środowisku tym znaleziono 87 gatunków pająków, z których 26 należy do rzadkich lub bardzo rzadkich w faunach obu krajów. Czternaście z nich jest zaliczanych do fauny zagrożonej. W arachnofaunie epigeicznej tego biotopu dominują cztery gatunki pogońców: *Pardosa saltuaria*, *Arctosa alpigena lamperti*, *Alopecosa taeniata*, *Pirata piraticus*. Często występują tu *Centromerus arcanus*, *Araeoncus crassiceps*, *Drepanotylus uncatus* i *Walckenaeria nudipalpis*. Obecne są też gatunki eurytopowe, występujące z równą częstością od nizin do subalpejskiej strefy Karkonoszy, między innymi: *Centromerita bicolor*, *Erigone atra* czy *Microlinyphia pusilla*.

Zespoły pająków torfowisk leśnych różnią się wyraźnie od arachnocenoz subalpejskich. Mniejsze jest tu bogactwo gatunkowe pająków – stwierdzono 70 gatunków. Wśród pająków epigeicznych dominuje pięć gatunków pogońców. Są to eurytermiczne: *Alopecosa taeniata*, *Pardosa riparia*, *Trochosa spinipalpis* i tyrfobiont (czyli gatunek zamieszkujący tylko torfowiska) i zarazem relikt glacjalny – *Pardosa sphagnicola*. Pojedynczo występują *Arctosa alpigena lamperti* i *Pardosa saltuaria*, typowe dla torfowisk subalpejskich. Dominantem jest też szeroko rozprzestrzeniony w kraju eurytopowy norosz ziemny (*Coelotes terrestris*). Na krzewach żyje *Mughiphantes mughi*, gdzie prawdopodobnie dominuje liczebnie. Rzadko lub sporadycznie pojawiają się gatunki identyczne dla torfowisk różnych pięter wysokościowych: *Bolyphantes luteolus*, *Centromerus pabulator*, *Drepanotylus uncatus* i *Metopobactrus prominulus*. Czasami na torfowiskach leśnych występują pająki preferujące stadia klimaksowe siedliska: *Heliophanus dampfi*, *Pardosa sordidata* (Ryc. 12) i *Semljicola faustus*.



Ryc. 12. Pająk Pardosa sordidata jest niezwykle rzadkim gatunkiem zamieszkującym lasy regla górnego i dolnego (fot. A Kůrka)

Lasy świerkowe regla górnego posiadają bogaty skład gatunkowy arachnofauny – stwierdzono w nich 196 gatunków pająków, wśród nich 30 o szczególnym znaczeniu ekologicznym lub zoogeograficznym. Oprócz nich żyje tu szereg gatunków eurytopowych. Znamienna jest liczna obecność pająka *Alopecosa pinetorum* (prawdopodobny relikt glacjalny) (Ryc. 13). Żyje jedynie w lasach na torfowiskach. Dominantem zgrupowań epigeicznych w podmokłych lasach świerkowych masywu jest eurybiont *Pirata piraticus*, mieszkaniec mokradeł od niżu po góry. Pod odstającą korą odziomków świerków lub na niej żyje *Coelotes terrestris*., a dominantem na pniach tych drzew jest znany z wyższych położeń mieszkaniec krzewów *Mughiphantes mughi*.

Znacznie rzadsze w lasach reglowych są pająki typowo górskie, zimnolubne, klimaksowe, jak *Bolyphantes luteolus*, *Meioneta milleri*, *Oreoneta tatrica* czy gatunki z rodzju *Robertus*. W reglach można spotkać jeszcze zagrożonego osnuwika *Agnyphantes expunctus*. Są tu także gatunki narażone na wyginięcie jak *Entelecara flavipes*, *Mansuphantes arciger* oraz jedenaście innych bardzo rzadkich i rzadkich w Polsce (m.in. *Araneus nordmanni*, *Clubiona kulczynskii* i *Mioxena blanda*).

Arachnofauna lasów liściastych i mieszanych regla dolnego była dotychczas badana głównie w buczynach. Wśród 75 gatunków pająków tej strefy roślinnej dwa należą do zimnolubnych gatunków preferujących stadia klimaksowe lasów – *Coelotes atropos* (w niektórych buczynach obecny masowo) i *Mughiphantes mughi* będący dominantem w warstwie krzewów. Pozostałe dominujące gatunki to głównie pająki leśne, eurytermiczne, tolerancyjne na warunki różnych wysokości. Wśród pająków naziemnych trzeba wymienić: *Callobius claustrarius*, *Coelotes terrestris*, *Cybaeus angustiarum*, *Harpactea lepida*, *Tenuiphantes mengei*, *T. tenebricola* i *Micronета viaria*. Wśród opadłych liści bukowych częstym jest maleńki *Saloca diceros*, a w runie *Bolyphantes alticeps* i *Linyphia triangularis* Najrzadsze są pająki zimnolubne, między innymi *Centromerus pabulator*.



Ryc. 13. Alopecosa pinetorum (samica) z rodziny pogończowatych żyje w podmokłych świerczynach regla górnego. Jest gatunkiem narażonym na wyginięcie (fot. J. Vaněk)

Na podmokłych łąkach i mokradłach górskich wykazano 72 gatunki pająków, w tym 16 gatunków rzadkich i bardzo rzadkich w Polsce. Dominują tu, podobnie jak na łąkach suchych, gatunki wybitnie eurytopowe, tworzące duże liczebnie populacje. Przeważają trzy gatunki pogońców: *Piratula hygrophila* preferujący mokradła, *Pardosa pullata* i *P. riparia* będące gatunkami euryhigrycznymi (tolerujące szeroką gamę warunków wilgotnościowych siedlisk). Towarzyszy im *Neottiura bimaculata*, częsty mieszkaniec bylin łąkowych.



Ryc. 14. Mughiphantes mughi to przedstawiciel rodziny osnuwikowatych (Linyphiidae), zamieszkujący zarośla kosówki, leśne mokradła i torfowiska regli i strefy subalpejskiej oraz lasy regla dolnego i pogórza. Jest często dominantem warstwy krzewów (fot. J. Vaněk)

Pająki preferujące łąki w stadiach klimaksowych, są raczej rzadkie. Wymienić tu można zimnolubne: *Meioneta milleri*, *Oreoneta tatrica*, *Clubiona alpicola* i *Heliophanus dampfi*. Na samotnych świerkach żyje wymieniany wielokrotnie *Mughiphantes mughi* (Ryc. 14). Innymi rzadkimi gatunkami, sporadycznie spotykanymi w tych siedliskach są m.in.: *Porrhomma oblitum*, *Maro lepidus*, *Diplocephalus permixtus* i *Walckenaeria unicornis*.

Suche łąki górskie to środowisko o wiele bogatsze w gatunki niż łąki podmokłe czy mokradła górskie. Odnaleziono tu bowiem 125 gatunków, a w tym 26 gatunków bardzo rzadkich i rzadkich. Dużą liczebnością i stałością występowania odznaczają się tu cztery gatunki eurytopowe i eurytermiczne, będące mieszkańcami terenów nizinnych aż po górskie: *Pardosa pullata*, *P. riparia*, *Pelecopsis radicicola* i *Tenuiphantes mengei*. Gatunki stenotopowe są tu spotykane sporadycznie. Należą do nich np.: *Clubiona alpicola*, *Meioneta milleri*, *Robertus scoticus*, *R. truncorum* i norosz *Coelotes atropos* (Ryc. 15). Rzadki jest tu zimnolubny *Centromerus pabulator* i leśny *Saloca diceros*. Na suchych łąkach górskich znajdowano też takie rzadkości jak *Diplocephalus permixtus i Iberina montana*.

Arachnofauna wyżynnych lasów liściastych i mieszanych, spotykanych na Pogórzu Karkonoskim, swym składem gatunkowym przypomina zgrupowania pająków bytujące w strefie nizinnych lasów liściastych. Dominują tu typowe pająki leśne i eurytermiczne. Są gatunki epigeiczne, jak *Coelotes terrestris*, *Harpactea lepida*, *Microneta viaria* i *Tenuiphantes tenebricola* oraz mieszkańcy ziołorośli leśnych: *Linyphia triangularis* i *Helophora insignis*. W warstwie krzewów kryją się *Linyphia hortensis* oraz pospolity cofnik *Diaea dorasta*, czający się na ofiary wśród kwiatów różnych roślin, a potrafiący upodobnić się do ich barwy. Na Wzgórzu Chojnik żyje stosunkowo dużo gatunków pająków, z których najliczniejsze to: *Amaurobius fenestralis*, *Araneus diadematus*, *A. marmoreus*, *Araniella alpica*, *A. cucurbitina*, *Callobius claustrarius*, *Coelotes terrestris*, *Metellina mengei*, *Neon*



Ryc. 15. Przedstawiciel rodziny sidliszowatych Coelotes atropos to nieliczny, lecz stały mieszkaniec zarośli kosodrzewiny. Reprezentuje faunę zimnolubną (fot. J. Vaněk)

reticulatus i *Tetragnatha extensa*. Powyższe gatunki występują bardzo często w lasach, parkach, ogrodach i zaroślach, w rejonach niżowych całej Polski.

W lasach strefy pogórza obecność niektórych zimnolubnych gatunków górskich jest następstwem ich dominującej obecności w wyższych partiach gór. Do takich gatunków należą powszechne w wielu środowiskach Karkonoszy *Oreoneta tatrica* i *Mughiphantes mughi* oraz pająk ściółkowy *Saloca diceros*.

Na skrajach lasów liściastych, często na granicy z torfowiskami pojawiają się: *Drepanotylus uncatus*, *Mastigusa macrophthalma* – spotykany w gniazdach mrówek i *Improphantes nitidus* żyjący również wysoko w kotłach lodowcowych. Spośród gatunków rzadkich w tej strefie sporadycznie pojawiają się cztery gatunki osnuwików: *Lepthyphantes nodifer*, *Poeciloneta variegata*, *Porrhomma campbelli* i *P. oblitum*.

Na podmokłych łąkach i mokradłach Karkonoszy poniżej strefy subalpejskiej wykazano do tej pory 77 gatunków pająków. Są wśród nich m.in. *Pardosa amenata* i *P. pullata*. Wśród dominantów opisywanego siedliska jest jeszcze osnuwik *Linyphia triangularis*, licznie obecny na bylinach i krzewach.

Arachnofauna suchych łąk podgórskich liczy sobie 88 gatunków i znacząco różni się od zgrupowań spotykanych w wyższych partiach gór. Częstsze są tu gatunki ciepłolubne, ale dominantami są pająki eurytopowe, o dużej tolerancji na antropogeniczne zmiany środowiska: *Alopecosa pulverulenta*, *Pardosa amentata*, *Trochosa terricola*, *Aculepeira ceropegia* i *Linyphia triangularis*. Do nielicznych pająków należą: *Centromerus pabulator*, gatunki niższych położeń górskich (np. *Porrhomma oblitum*) i ciepłolubne *Asianellus festivus*, *Arctosa lutetiana*, *Heriaeus oblongus*.

Skoczogonki

Skoczogonki to interesująca, choć mało znana grupa stawonogów spokrewnionych z owadami. Preferencje ekologiczne ok. 8000 znanych obecnie gatunków (niemal 500 wykazano z Polski) są bardzo zróżnicowane, jednak większość żyje w siedliskach wilgotnych. W glebie i ściółce są obok roztoczy dominantami, wpływając w istotny sposób na obieg materii i energii w ekosystemach lądowych. Nie posiadają skrzydeł, za to mogą skakać za pomocą specjalnych przydatków umiejscowionych na brzusznej stronie odwłoka. Wykorzystują je

kiedy są zaniepokojone, co ma miejsce np. podczas podlewania roślin doniczkowych. Jest to przeważnie jedyny nasz wizualny kontakt z tymi małymi (przeciętnie 1–2 mm) zwierzętami.

Fauna skoczogonków Karkonoszy stała się przedmiotem zainteresowania badaczy na przełomie XIX i XX wieku. W roku 1891, UZEL opisał ze strefy subalpejskiej dwa skoczogonki *Orchesella alticola* i *Isotomurus palliceps*, a BÖRNER w 1903 *Uzelia dahli*. W tym samym czasie w Karkonoszach działał także von Brunn, którego kolekcję wzmiankują w 1896 roku Schäffer, a w 1931 Denis. W latach 30-tych ubiegłego wieku, w oparciu o zbiory innego badacza, Dahl'a, oraz własne badania faunistyczne Schubert wykazał z Karkonoszy 26 gatunków skoczogonków (DUNGER 1970). Znaczny przyrost wiedzy na temat fauny *Collembola* tych gór był wynikiem badań DUNGERA (1970) i SKARŻYŃSKIEGO (2001, 2004). Oprócz wzbogacenia listy faunistycznej opisali oni z Karkonoszy 3 gatunki nowe dla wiedzy: *Folsomia tesaři*, *Hymenaphorura parva* i *H. improvisa*.

Obecny stan poznania *Collembola* masywu jest dobry, a samą faunę (164 gat, Skarżyński i Piwnik 2017) można uważać za bogatą w skali Sudetów, uboższą jednak w zestawieniu z faunami innych gór Europy Środkowej, np. Pienin (191 gat.) czy Niżnych Tatr (202 gat.). Przyczyny tych dysproporcji leżą w stosunkowo niewielkiej wysokości bezwzględnej Karkonoszy, surowym klimacie współczesnym i braku skał wapiennych tworzących bardziej przyjazne podłoża dla mieszkańców gleby niż dominujące tutaj granity czy gnejsy. Bardzo duży wpływ na obraz dzisiejszej fauny skoczogonków tego obszaru miała epoka lodowcowa. Skutkiem oddziaływania lądolodu skandynawskiego dwukrotnie opierającego się o północne krawędzie tych gór było prawdopodobnie całkowite wyparcie fauny przedplejstoceńskiej, a reemigracja gatunków odbywała się w krótszym czasie niż w sąsiednich Karpatach. Znaczne ocieplenie klimatu w okresie atlantyckim zdziesiątkowało zapewne gatunki zimnolubne zadomowione tutaj w plejstocenie, dopełniając tym samym katalog zmian faunistycznych.

Nie dziwi zatem fakt, że charakterystyczną cechą karkonoskiej fauny skoczogonków jest nieobecność reliktów trzeciorzędowych, gatunków południowych i „wapieniolubnych". Większość form to przedstawiciele fauny leśnej typowej dla Europy Środkowej. Obserwujemy tutaj charakterystyczne dla gór zjawisko ubożenia fauny wraz ze wzrostem wysokości, nie towarzyszy mu jednak znaczący wzrost jej specyficzności. W Karkonoszach dominują gatunki o szerokich zasięgach geograficznych, jednak liczną grupę stanowią także gatunki górskie, borealno-górskie i arktyczno-górskie, które nadają unikatowy charakter tutejszej faunie.

Szczególnie istotne w tym kontekście są gatunki, których generalny zasięg występowania ograniczony jest do gór i rozproszonych stanowisk na obszarach wyżynnych. Reprezentantami elementu górskiego w glebie i ściółce leśnej są białe, ślepe i pozbawione widełek skokowych *Deharvengiurus denisi*, *Hymenaphorura dentifera* i *H. parva*, niebieskawy i najeżony długimi szczecinami *Deutonura conjuncta* oraz charakterystyczny element sudeckiej i karpackiej fauny – *Tetrodontophora bielanensis*. Dzięki pokaźnym rozmiarom i ciemnoniebieskiemu ubarwieniu może być łatwo obserwowany w terenie, szczególnie po deszczach, kiedy masowo wylega na zbutwiałe pnie, kamienie i grzyby (Ryc. 16).

W kępkach mchów i porostów pokrywających skały i pnie drzew żyją czarno zabarwione, pospolite w górach „kulkowce" *Sminthurinus alpinus* i *S. gisini*. Natomiast rzadkim elementem fauny mszarnej jest opisany z Gór Kaczawskich, a znany tylko z kilku stanowisk w Sudetach *Hypogastrura brevifurca*. Interesująca jest zimnolubna fauna mchów, swoista dla strefy powyżej 1000 m n.p.m., jej charakterystyczne elementy to *Hypogastrura monticola*, *Orogastrura parva* i *Folsomia tesaři*.

W zbutwiałych pniach żyją *Deutonura albella* i *Thaumanura carolii*, dzięki płaskiemu ciału swobodnie penetrują wąskie szczeliny między włóknami drewna. Natomiast mozaikowo ubarwiony *Orchesella alticola* (Ryc. 17) często przebywa na powierzchni skał, szczególnie w wyższych partiach gór, dzięki czemu może być dość łatwo obserwowany. Rzadkim gatunkiem zasiedlającym młaki i torfowiska górskie jest *Tetracanthella brachyura*. Znany jest w Polsce wyłącznie z Karkonoszy oraz wilgotnej i zimnej szczeliny skalnej „Piekiełko" na Szczelińcu Wielkim w Górach Stołowych.

Niektóre gatunki górskie preferują brzegi rzek na odcinku płynącym przez pogórze i niżej położoną część regla dolnego. W napływkach, przestrzeniach między ziarnami piasku i żwiru oraz pod kamieniami, nie bacząc na okresowe zalewanie, świetnie egzystują *Schaefferia willemi*, *Deuteraphorura silesiaca*, *D. cebennaria*, *Orthonychiurus stachianus*, *Hymenaphorura nova* i *H. improvisa*.

Drugą grupę o unikatowym charakterze tworzą gatunki borealno-górskie, zasiedlające zwartym zasięgiem strefę lasów iglastych o charakterze tajgi i góry, a także rozproszone stanowiska w strefie przejściowej. *Micranurida granulata*, *Folsomia inoculata* i *Arrhopalites principalis* żyją w glebie i ściółce leśnej. Mchy i porosty naskalne oraz nadrzewne zasiedlają *Tetracanthella fjellbergi* i *Pseudanurophorus binoculatus*, ten ostatni prefe-



Ryc. 16. Tetrodontophora bielanensis to jeden z największych skoczogonków na świecie – osiąga 9 mm długości (fot. D. Skarżyński)

ruje zimniejsze partie gór powyżej 1000 m n.p.m. Podobne wymagania siedliskowe mają gatunki arktyczno-górskie *Folsomia sensibilis* i *Agrenia bidenticulata*. Jak nazwa wskazuje ich rozerwany zasięg występowania obejmuje Arktykę i góry stwarzające zbliżone warunki ekoklimatyczne.

Gatunkiem o rozsiedleniu circumpolarnym, tj. takim, którego zasięg obejmuje tereny wokół bieguna północnego oraz rozrzucone na europejskim niżu i w górach enklawy, jest *Oligaphorura groenlandica*. W Polsce znany jest tylko z Sudetów i wybrzeży wyspy Wolin.

Rys wyjątkowości nadają omawianej faunie gatunki, które na terenie Polski występują tylko w Karkonoszach (*Ceratophysella cavicola*, *Schaefferia willemi*, *Hymenaphorura improvisa*), w Sudetach Zachodnich (*Hymenaphorura parva*), lub Sudetach (*Hypogastrura brevifurca*, *Schaefferia emucronata*, *Deuteraphorura cebennaria*, *Tetracanthella brachyura*). Na szczególną uwagę w tym kontekście zasługuje jedyny prawdopodobny endemit sudecki – *Folsomia tesaři*.

Trudno ocenić wpływ setek lat silnej antropopresji na skład jakościowy i ilościowy fauny skoczogonków Karkonoszy, brak nam przecież niezbędnych historycznych danych porównawczych. Niewątpliwie utworzenie Karkonoskiego Parku Narodowego, przerywając proces destrukcji, umożliwiło renaturyzację tego obszaru i jego skuteczną ochronę. Jednak



Ryc. 17. Orchesella alticola jest gatunkiem skoczogonka dobrze znoszącym warunki wysokogórskie (fot. M. Furgoł)

z uwagi na specyficzny przebieg granic parku, lepiej chronione są zbiorowiska wysokogórskie, w mniejszym reglowe i podgórskie (w tym doliny rzek np. Kamiennej), choć tam właśnie żyje najwięcej ciekawych gatunków skoczogonków.

Chrząszcze

Chrząszcze są najbogatszą w gatunki grupą zwierząt na Ziemi. Dotychczas opisano około 750 tys. gatunków. Europę Środkową zamieszkuje około 8 000 gatunków, zaś w całej Europie jest ich 12 000.

Karkonosze stwarzają bardzo specyficzne warunki bytowe między innymi dla owadów. Spadek średnich temperatur dobowych i skrócenie okresu wegetacyjnego, to czynniki środowiskowe wymuszające na owadach różne procesy adaptacyjne obejmujące skrócenie okresu rozwoju larwalnego, zmniejszenie rozmiarów ciała, partenogenetyczny sposób rozmnażania oraz częstsze występowanie w ubarwieniu form ciemnych (melanistycznych). Do adaptacji morfologicznych spotykanych, zwłaszcza u chrząszczy wysokogórskich, można zaliczyć skrócenie skrzydeł lotnych lub utratę zdolności lotu. Zdarzają się też adaptacje ekologiczne, polegające na wyborze do życia środowiska podziemnego (szczeliny rumoszu skalnego, gniazda i korytarze ssaków, itp.).

Karkonosze są pasmem Sudetów, w którym współwystępują elementy środowiska przyrodniczego charakterystyczne dla wysokogórskich obszarów Europy środkowej, obszarów tundrowych i alpejskich (Fabiszewski & Jeník 1994; Jeník 2000). Są najwyższymi górami Czech, a również w dawnych Prusach było to najwyższe pasmo. Inspirowało to badania koleopterologiczne, rozpoczęte już w połowie XIX wieku. Publikacje Kiesenwettera i Märkela (1846, 1847), Pfeila (1866) i Zachariasa (1886, 1890) stanowią do dziś cenne zestawienia karkonoskich gatunków chrząszczy. Na przełomie wieku XIX i XX, dzięki licznym doniesieniom i publikcacjom śląskich entomologów: K. Letznera, J. Gerhardta, G. Polenza, R. Scholza i W. Kolbego chrząszcze Sudetów (w tym Karkonoszy) poznane były szczegółowo. W tym okresie pojawiły się trzy obszerne podsumowania wiedzy o występowaniu chrząszczy na Śląsku (Letzner 1871, 1886; Gerhardt 1910; Pax 1921). Po wojnie, po czeskiej stronie masywu opracowano biegaczowate (Martiš 1975), sprężykowate (Čermák 1974) i inne rodziny chrząszczy (Tichý 1967). Obszerne wiadomości o chrząszczach polskich Karkonoszy znajdujemy w monograficznym opracowaniu Borkowskiego (1985). Reasumując, można określić stan poznania chrząszczy Karkonoszy jako dobry, oparty w znacznej mierze na ogromnej liczbie publikacji i częściowo zachowanych kolekcjach entomologicznych z okresu przedwojennego, wymagający jednak uzupełnień i rewizji.

Biegaczowate (*Carabidae)* to rodzina obejmująca około 500 gatunków, głównie epigeicznych i sprawnie biegających chrząszczy. Badania nad biegaczowatymi masywu prowadzono w środowiskach leśnych (Leśniak 1984), a zestawienia danych o chrząszczach z tej rodziny obejmują ponad 100 gatunków (Łabędzki 1996; Łabędzki i in. 2003).

Pospolicie występującymi biegaczowatymi w wielu zróżnicowanych biotopach, są gatunki z rodzaju biegacz *Carabus* sp. W lasach Karkonoszy duże populacje tworzy *Carabus linnaei*. Towarzyszą mu: *C. sylvestris sylvestris*, biegacz zielonozłoty *C. auronitens* i biegacz fioletowy *C. violaceus* (Ryc. 18). Podgatunek *C. sylvestris transsylvanicus* jest gatunkiem karpackim, wykazanym również z Karkonoszy w 1939 roku i do dziś tu nie potwierdzonym. Oba podgatunki umieszczone są na Czerwonej liście zwierząt ginących i zagrożonych w Polsce (Pawłowski i in. 2002). Do biegaczy mniej narażonych na wyginięcie należy *Carabus intricatus* – zamieszkujący lasy liściaste. W Karkonoszach spotykany jest licznie w buczynach (Ryc. 19).

Do interesujących gatunków biegaczowatych można zaliczyć podgatunek *Leistus montanus corconticus* – endemit karkonoski. Ten rodzaj biegaczowatych ma ciekawy sposób łowienia ofiar, którymi są zwykle skoczogonki. Otóż dopada on przyszłą ofiarę i nakrywa głową unieruchamiając ją, a następnie zabija żuwaczkami i polewa enzymami trawiennymi (tzw. trawienie ekstraintestynalne).

Reliktem epoki lodowcowej jest *Amara erratica* (Noskiewicz i in. 1961). Z rodzaju *Pterostichus* charakterystycznymi dla Karkonoszy są górskie, alpejskie i borealno górskie gatunki: *P. negligens*, *P. diligens* i *P. unctulatus*. Na uwagę zasługuje także *Pterostichus sudeticus*, znany z Karkonoszy i Sudetów Zachodnich.

Od ponad 130 lat nie był notowany w Sudetach *P. rufitarsis* – morfologicznie zbliżony do *P. cordatus*, który jest rzadkim chrząszczem górskim zamieszkującym Sudety (Noskiewicz i in. 1961). *Harpalus melletii Heer* ma tylko dwa stanowiska w Polsce, w tym jedno w Karkonoszach.



Ryc. 18. Biegacz fioletowy występuje w różnych lasach Karkonoszy – iglastych i liściastych docierając prawie do górnej granicy lasu, jednak jego populacje nie są liczne (fot. A. Mazur)



Ryc. 19. Biegacz pomarszczony zamieszkuje lasy bukowe Karkonoszy, gdzie chrząszcze biegając w ściółce polują na mniejsze owady, ślimaki i dżdżownice (fot. A. Raj)

Chrząszcze wodne obejmują kilka rodzin, m. in. flisakowate (*Haliplidae*), pływakowate (*Dytiscidae*), krętakowate (*Gyrinidae*) i kałużnicowate (*Hydraenidae* i *Hydrophilidae*) oraz osuszkowate (*Elmidae*). Chrząszcze te przebywają w płytkich wodach w otoczeniu roślinności wodnej i pod kamieniami. Są głównie roślinożerne, czasem jednak odżywiają się obumarłymi ciałami innych stawonogów. Zamieszkują nie zanieczyszczone wody stojące i wolno płynące. Część gatunków spotykana jest wyłącznie w czystych wodach górskich. Lista chrząszczy wodnych obejmuje blisko 100 gatunków (GALEWSKI 1990; BIESIADKA 1993) i jest stale uzupełniana (Buczyński i in. 2017).

O specyfice karkonoskiej fauny decyduje obecność gatunków górskich, których liczba, jak i liczebność populacji wzrasta powyżej 1100 m n.p.m. Przyczyną tego zjawiska jest m.in. obecność na tych wysokościach torfowisk i jezior górskich. Jednak największym bogactwem gatunkowym charakteryzuje się fauna wód strefy pogórza i regla dolnego. Wynika to między innymi z dużego zróżnicowani typów zbiorników wodnych. Na wysokości 900–1100 m n.p.m. obserwuje się ostry spadek liczebności i bogactwa gatunkowego.

Pływakowate sprawnie pływają i są drapieżne. Największe z nich, jak pływak żółtobrzeżek *Dytiscus marginatus* i *D. latissimus* pożerają nawet małe rybki.

Krętakowate pod względem morfologicznym są zdumiewającą rodziną. Druga i trzecia para odnóży krętaków przekształcona jest w krótkie odnóża pływne, przednia para zaś jest mocno wydłużona i służy do chwytania zdobyczy. Chrząszcze sprawnie pływają na powierzchni wody, często kręcąc się wokół własnej osi. Zaniepokojone znikają pod powierzchnią wody. Osobliwością morfologiczną tych chrząszczy jest podział oczu na część dolną i górną, który umożliwia im odbiór bodźców wzrokowych znad i spod powierzchni wody.

Kałużnicowate są chrząszczami najsłabiej pływającymi i wykazującymi zróżnicowany związek ze środowiskami wodnymi i silnie wilgotnymi. Zaliczane są do tej rodziny gatunki bardzo duże, jak np. kałużnica czarnozielona *Hydrobus piceus*, uznawana za największego chrząszcza wodnego na świecie oraz szereg drobniejszych gatunków, żyjących w przybrzeżnej strefie płytkich zbiorników wodnych.

Najliczniej w wodach Karkonoszy obserwowany był *Oreodytes sanmarkii* – gatunek borealno-górski z rodziny *Dytiscidae* oraz *Limnius perrisi* z rodziny *Elmidae*.

Do krenobiontów, żyjących w wodach źródlanych, zimnych i słabo natlenionych, należą pływakowate: licznie spotykany *Agabus biguttatus* oraz *Hydroporus ferrugineus* znany w Polsce tylko z obszarów górskich.

Do osobliwości faunistycznych można zaliczyć: *Hydraena dentipes* – chrząszcz znany w Polsce jedynie z Sudetów (GALEWSKI 1990) i od ponad 70. lat nie obserwowany na tym terenie, a także *Helophorus nivalis* oraz *H. glacialis* – gatunki alpejski i borealno-górski, które bytują w kałużach powstających z topniejącego śniegu.

Gnilikowate *Histeridae* to rodzina, której przedstawiciele przebywają w miejscach z nagromadzonymi gnijącymi szczątkami organicznymi, jak np. odchody, padlina, gniazda i nory. Wysoko wyspecjalizowane gatunki zamieszkują jaskinie, mrowiska i środowisko podkorowe, gdzie prowadzą drapieżny tryb życia. Gnilikowate na obszarze Karkonoszy są jedną ze słabiej poznanych rodzin – wykazano stąd zaledwie kilka gatunków, przy czym duża część danych dotyczy Kotliny Jeleniogórskiej lub pochodzi z przełomu XIX i XX wieku.

Omarlicowate *Silphidae* są chrząszczami powszechnie znanymi. Są typowymi nekrofagami, ale część gatunków jest także roślinożerna, a niektóre są wręcz drapieżne (jak *Dendroxena quadrimaculata*).

Do pospolitych chrząszczy z tej rodziny należą grabarze, zwłaszcza *Nicrophorus vespilloides*, zamieszkujący środowiska leśne, gdzie przebywa na gnijących grzybach, odchodach, pod padliną i przy fermentującym soku przy pniach drzew. W podobnych środowiskach napotkać można także ścierwca – *Oiceoptoma thoracicum*, który nie unika także środowisk synantropijnych (Ryc. 20).

Bardzo interesującym gatunkiem borealno-górskim jest *Pteroloma forsstroeemii* (z rodziny *Agryrthidae*), który zamieszkuje pobrzeża i wilgotne miejsca w pobliżu stawów górskich i potoków. Chrząszcze te obserwowano w ostatnich latach na torfowiskach Równi pod Śnieżką.

Grzybinki *Leiodidae* stanowią grupę chrząszczy słabo poznaną pod względem faunistycznym i biologicznym. Większość spotykanych u nas gatunków prowadzi podziemny tryb życia, gdzie odżywia się grzybami i ślużowcami. W środowiskach leśnych grzybinki można spotkać pod korą martwych, obumarłych drzew, gdzie rozwijają się na pleśniach, a także na hubach. Informacje o występowaniu *Leiodidae* w Karkonoszach są bardzo skąpe.

W lasach bukowych spotyka się *Agathidium rotundatum* i *A. nigripenne*, a na owocnikach hub dość powszechnie występuje *Anisotoma humeralis*. Do rzadkich grzybinek należy *Hydnobius spinipes*. Osobniki znajdowano na trawach i roślinach zielnych rosnących na śródleśnych polanach.



Ryc. 20. Ścierwiec Oiceoptoma thoracicum z rodziny omarlicowatych przebywa w różnego rodzaju martwych szczątkach organicznych (fot. T. Klejdysz)

Leiodes lucens należy również do jednych z najrzadziej spotykanych chrząszczy z tej rodziny. W Polsce znany jest zaledwie z dwóch stanowisk w Karkonoszach i Górach Izerskich.

Rodzina *Ptiliidae* (piórkoskrzydłe) obejmuje jedne z najmniejszych chrząszczy. Zamieszkują one głównie miejsca z nagromadzonymi, gnijącymi i rozkładającymi się szczątkami organicznymi, jak np. pryzmy kompostowe, odchody innych zwierząt, mrowiska, napływki na brzegach rzek, dziuple i podziemne gniazda ssaków. Większość danych o chrząszczach z tej rodziny z Karkonoszy pochodzi sprzed blisko 100 lat.

Rodzina *Cholevidae (=Catopidae)* obejmuje dużą grupę chrząszczy będących nidikolami (zamieszkującymi nory zwierząt i jaskinie, niekiedy dziuple i próchniejące drewno). Gatunkiem zamieszkującym obszary wysokogórskie jest *Choleva nivalis*.

Kusakowate *Staphylinidae* – nasz kraj zamieszkuje ponad 1400, a Karkonosze przeszło 300 gatunków kusaków (Ryc. 21). Obecnie do *Staphylinidae* zaliczane są *Micropeplidae*, *Scaphidiidae* (Ryc. 22) i *Pselaphidae*. Badania kusakowatych Karkonoszy prowadzone są od ponad 20 lat, po stronie polskiej (Mazur 2010) i czeskiej (Boháč & Fuchs 1995; Bohač 2001). Opracowania wspólne i kompleksowe dla całych Karkonoszy są pojedyncze (Mazur i in. 2004) i dotyczą rodzaju *Eusphalerum*.

Zgrupowania chrząszczy kusakowatych poszczególnych pięter roślinnych w Karkonoszach wyróżniają się dużą swoistością. Środowiska leśne regla dolnego zdominowane są przez gatunki charakterystyczne dla kwaśnych siedlisk borowych. Są to *Othius subuliformis* oraz *Gesostiba circellaris*. W wyższych partiach gór zamiast *O. subuliformis* pojawiają się pokrewne, górskie wydłużaki: *O. angustus* i *O. lapidicola*. W lasach bukowych, na glebach żyźniejszych i bardziej wilgotnych, występują m. in. *Quedius fuliginosus* i *Q. limbatus*. Często można też spotkać jednego z większych krajowych kusaków – *Staphylinus erythropterus*.

Najnowsze badania (Mazur 2012) potwierdzają duże zróżnicowanie zgrupowań kusakowatych lasów regla górnego. Najliczniej występują tu wysokogórskie kusaki alpejskie: *Atheta tibialis* i *Quedius punctatellus*. Liczny jest borealno-górski *Atheta aeneipennis*. Zupełnie inne kusaki występują w miejscach zatorfionych i w źródliskach potoków. Są to owady stenotopowe, takie jak *Philonthus nigrita*, *Eucnecosum brachypterum* i *Myllaena kraatzi*.



Ryc. 21. Kozubek (Oxytelus sp.) gatunek z rodziny kusakowatych (Staphylinidae) zamieszkujący wilgotne miejsca z nagromadzonymi szczątkami organicznymi (fot. T. Klejdysz)



Ryc. 22. Chrząszcze z podrodziny Scaphidinae – Scaphidium quadrimaculatum przebywają na owocnikach grzybów i w płatach pleśni pod korą drzew i w ściółce (fot. T. Klejdysz)

Na jaskrach i pięciornikach spotyka się górskie chrząszcze z rodzaju *Eusphalerum* (Ryc. 23), jak np. częsty w Karkonoszach *E. alpinum*. Na kwitnących w kotłach polodowcowych jarzębinach, wierzbach i czeremchach spotyka się kusaki z rodzaju *Anthophagus*. W piętrach wysokogórskich typowe są kusaki z rodzaju *Quedius*: *Q. paradisianus* oraz *Q. punctatellus*, górskie chrząszcze z rodzaju *Lesteva* oraz *Tachinus elongatus*. Interesujący skład gatunkowy mają zgrupowania kusakowatych żyjące na grzybach kapeluszowych i hubach. Dominują tu drobne chrząszcze z rodzaju *Gyrophaena* sp., spotykane nawet w setkach osobników na pojedynczych owocnikach. Towarzyszą im maleńkie gatunki z rodzaju *Proteinus*, a czasami bardzo rzadkie kusaki określane mianem reliktów, jak np. *Phymatura brevicollis*.

Do rzadkości faunistycznych, zamieszkujących Karkonosze, można zaliczyć następujące kusaki: *Quedius alpestris*, *Atheta procera*, *A. allocera*, *A. setigera*, *Oxypoda skalitzkyi*, *O. lugubris*, *O. praecox* oraz *O. parvipennis* – chrząszcz znany w naszym kraju tylko z Karkonoszy.

Omomiłkowate (*Cantharidae*) spotykane są głównie na trawach i kwiatach roślin zielnych. Są drapieżne, choć notowano też przypadki ogryzania przez chrząszcze roślin drzewiastych. Drapieżne larwy odbywają rozwój w ziemi. Szczegółowych informacji o omomiłkach Karkonoszy dostarcza monografia faunistyczna Kuśki (1995). Do interesujących omomiłków karkonoskich należą: *Ancistronycha abdominalis*, *Cantharis tristis* – gatunek górski, notowany też w Tatrach. Inne omomiłki to: *Cantharis lateralis* – pospolity, w Karkonoszach notowany na Równi pod Śnieżką, *Cantharis rufa* – występujący do regla dolnego, nie odnaleziony w Karkonoszach po 1910 roku, *Absidia schoenherri* – gatunek borealno-górski, w Karkonoszach stwierdzony w reglu dolnym, górnym i piętrach wysokogórskich.



Ryc. 23. Eusphalerum anale – kusak o wyjątkowo długich, jak na przedstawiciela swej rodziny, pokrywach. Przebywa gromadnie na kwiatach roślin zielnych, choć jest rzadki w Karkonoszach (rys. A. Mazur)

Do łyszczynkowatych *Nitidulidae* należą m.in. dwa liczne rodzaje: *Meligethes* – słodyszek (Ryc. 24) oraz *Epuraea*. Słodyszki spotykane są na białych i żółtych kwiatach roślin, zaś większość chrząszczy z rodzaju *Epuraea* zamieszkuje mikrośrodowiska pod korą, gdzie polują na drobne bezkręgowce. Do rzadkości należą: *Epuraea silesiaca* i *Cybocephalus politus*, pożerający mszyce na drzewach liściastych.

Rodzina *Scirtidae* obejmuje chrząszcze żyjące w wodzie oraz w miejscach wysięków i rozprysku wody (np. w pobliżu wodospadów, potoków górskich). Z tej rodziny występuje w Karkonoszach *Elodes minuta*, *E. limbata* i przedstawiciele rodzaju *Cyphon*.

Zatęchlakowate *Cryptophagidae* obejmuje chrząszcze, będące głównie mycetofagami. Spotykane są w zmurszałym drewnie, na hubach i pod opadłym listowiem oraz jako owady synantropijne w produktach i odpadach pochodzenia roślinnego. W Karkonoszach stwierdzono występowanie 15 gatunków z tej rodziny. Tu należy wymienić najrzadsze chrząszcze z rodzaju *Cryptophagus*: *C. deubeli* – żyje na starych drzewach i w gniazdach trzmieli, *C. lycoperdi* – żyje na owocnikach tęgoskórów *Scleroderma* i w gniazdach mrówek i trzmieli, *C. lapponicus* – bytuje w gniazdach wiewiórek, srok i wron, a także pod odstającą korą.

Rodzina *Ciidae* grupuje drobne chrząszcze rozwijające się w hubach. Larwy drążą chodniki w miąższu owocników, przez co doprowadzają do ich murszenia. Najnowszej inwentaryzacji *Ciidae* na obszarze Karkonoszy dokonali Grzywa i Hucał (2001 oraz Mazur i in. 2016). Najczęściej spotykanym w lasach karkonoskich jest *Cis denatatus* rozwijający się w owocnikach hubiaka pospolitego *Fomes fomenatrius*.

Zalęszczycowate *Oedemeridae* przypominają wyglądem chrząszcze kózkowate (Ryc. 25). Larwy rozwijają się w wilgotnym martwym i próchniejącym drewnie. Tu można wymienić *Oedemera tristis* – gatunek ten był podawany z Karkonoszy na przełomie XIX i XX w.



Ryc. 24. Słodyszki z rodzaju Meligethes gromadnie przebywają na kwiatach roślin (fot. T. Klejdysz)



Ryc. 25. Chrząszcze z rodziny zalęszczycowatych nieco przypominają wyglądem kózki. Na zdjęciu samce Oedemara podagrariae wyróżniają się kolorowymi i silnie zgrubiałymi udami tylnych odnóży (fot. T. Klejdysz)

Z rodziny rozmiazgowatych *Pythidae* w Karkonoszach występuje *Pytho abieticola* – gatunek borealno-górski i *P. depressus*. Oba żyją pod korą drzew.

Aderidae to rodzina obejmująca zaledwie kilka gatunków, a trzy spośród nich znaleziono w Karkonoszach i okolicy. Są to: *Aderus populneus*, *Euglenes pygmeus*, żyjący w próchniejących dębach i *Anidorus nigrinus*.

W rodzinie majkowatych *Meloidae* z Karkonoszy opisano odmianę gatunku *Meloe violaceus* var. *montanus*. Jest najpospolitszym przedstawicielem rodzaju, a w górach dociera do wys. 1500 m n.p.m.

Sprężykowate *Elateridae* są chrząszczami zamieszkującymi różne środowiska: glebę, martwe drewno, dziuple, kryjówki pod korą drzew (Ryc. 26). W Karkonoszach odnotowano blisko 100 gatunków tych chrząszczy, co stanowi około 65% fauny krajowej. Inwentaryzacje BUCHHOLZA (1996) potwierdziły występowanie 40 sprężyków. Autor wiąże tę sytuację z odkształceniami lasów dolnoreglowych i zastąpienie naturalnych lasów liściastych i mieszanych monokulturami świerkowymi.



Ryc. 26. Sprężykowate wyróżnia mechanizm „podskakiwania", gdy chrząszcze są zaniepokojone lub spadły na stronę grzbietową. Na zdjęciu Diacanthous undulatus borealno-górski gatunek, którego drapieżne larwy żyją pod korą świerków i innych drzew (fot. T. Klejdysz)

Z grupy sprężyków saproksylicznych stwierdzono *Denticollis rubens* i *Diacanthous undulatus*. W wyższych partiach gór wykryto obecność borealno-górskiego sprężyka – *Orithales serraticornis*, górskiego *Sericus subaeneus* oraz kalcyfilnego *Idolus picipennis*. Do często spotykanych chrząszczy należy *Ctenicera cuprea*, gatunek dolin rzecznych, pobrzeży lasów i łąk górskich. W próchniejącym, wilgotnym drewnie świerkowym rozwijają się larwy *Ampedus aethiops*.

Bogatkowate *Buprestidae* są rodziną przepięknie ubarwionych, ciepłolubnych chrząszczy. Większość bogatków występuje u podnóża gór, gdzie przechodzą rozwój w różnych gatunkach drzew liściastych, a czasem iglastych. W wyższe partie gór docierają i pospolicie występują na żółtych kwiatach roślin zielnych kwietniczki np. *Anthaxia quadripunctata* i *A. helvetica helvetica* (Ryc. 27). Na uwagę zasługuje też *Buprestis haemorrhoidalis* oraz kwietniczek – *Anthaxia cichorri*.

Chrząszcze żukowate, klasyfikowane obecnie jako nadrodzina żukowców *Scarabaeoidea* zostały na obszarze Karkonoszy rozpoznane przez BUNALSKIEGO (1996, 2003). Stwierdził on występowanie 34 żukowców i 2 chrząszczy jelonkowatych *Lucanidae* (Ryc. 28). Najbogatsze w gatunki są środowiska regla dolnego, w wyższych położeniach występują zaledwie 4 gatunki koprofagiczne. W Karkonoszach spotkać można zaklińca *Platycerus caraboides* (Ryc. 29). Jego larwy żyją w martwym drewnie jarząbu. Drugim chrząszczem z tej rodziny spoty-



Ryc. 27. Bogatki z rodzaju kwietniczek (Anthaxia) (przebywają na kwiatach roślin, a ich larwy przechodzą rozwój pod korą pni i gałęzi drzew (fot. T. Klejdysz)



Ryc. 28. Chrząszcze z rodzaju Cetonia z nadrodziny żukowców można spotkać na nizinach i niżej położonych stanowiskach na przedgórzu Karkonoszy. Chrząszcze szybko latają, odwiedzając kwiaty i miejsca z fermentującym sokiem z drzew (fot. T. Klejdysz)



Ryc. 29. Zakliniec Platycerus caraboides jest jednym z dwóch gatunków jelonkowatych występujących w Karkonoszach (fot. A. Mazur)

kanym lokalnie w Karkonoszach jest kostrzeń *Sinodendron cylindricum*, który rozwija się w drewnie drzew liściastych porażonych przez białą zgniliznę drewna.

Kózkowate *Cerambycidae* to przepiękne chrząszcze, których krajowa fauna liczy ponad 200 gatunków, z których 1/3 stwierdzono w Karkonoszach. Kózkowate przechodzą rozwój pod korą i w drewnie drzew i krzewów. Informacje o kózkach Karkonoszy zawierają m.in. prace GUTOWSKIEGO (1989, 1995, 2005), KONCY (1993) i STARZYKA (2005).

Do kózek często spotykanych w Karkonoszach należą rębacze: *Rhagium inquisitor* i *R. bifasciatum* (Ryc. 30). Równie często spotykane są w lasach świerkowych ścigi: *Tetropium fuscum* i *T. castaneum*. Na kwiatach jarzębiny rosnących w kotłach polodowcowych, w strefie kosodrzewiny w lasach regla górnego żyje górski gatunek – *Evodinus clathratus*.

Do rzadkości w Karkonoszach należą żerdzianki *Monochamus* sp. Są to duże chrząszcze rozwijające się w drewnie iglastym, dla porównania pospolicie występujące w Karpatach i Beskidach.

Należy wymienić dwa gatunki kózek, które występowały w Sudetach, a obecnie wyginęły na skutek utraty przez lasy pierwotnego charakteru: gracz – *Tragosoma depsarium*, uznawany za relikt trzeciorzędowy i puszczański, stwierdzony w Jeleniej Górze przez HEYROVSKYEGO (1930), a obecnie całkowicie wymarły w Polsce i nadobnica alpejska – *Rosalia alpina*. Innym rzadkim gatunkiem stwierdzonym w Karkonoszach jest *Pachyta lamed*.

Z kózkami spokrewnione są stonkowate *Chrysomelidae*. W Polsce występuje około 500 gatunków. Stonki są owadami roślinożernymi (Ryc. 31). Stonkowate Karkonoszy badano na przełomie lat 80. i 90. ubiegłego wieku (RAJ 1996, 2001). Stwierdzono występowanie 189 gatunków, co stanowi około 40% fauny krajowej.

Najbogatszym w stonki środowiskiem masywu są łąki i pastwiska piętra pogórza. Podobnym bogactwem charakteryzują się zbiorowiska ruderalne i porębowe w strefie lasów dolnoreglowych oraz łąki w obrębie kwaśnej buczyny. W lasach górnoreglowych nieuszkodzone świerczyny zamieszkuje mniejsza liczba stonek niż pochodne zbiorowiska porębowe tego piętra. Spośród gatunków ubikwistycznych (wszędobylskich) licznie spotkać można *Oulema gallaeciana* oraz *O. melanopus*, *Chrysolina fastuosa* i *Gastrophysa viridula*. Na brzozach występuje *Lochmaea capreae*, na jarzębinach – *Gonioctena quinquepunctata*, *G. intermedia* i *G. interposita*, a na wierzbie lapońskiej i śląskiej – *G. pallida* (L.). Do charakterystycznych stonek Karkonoszy zalicza się m. in. *Oreina alpestris* – żyjąca w piętrze subalpejskim. Na brzozie omszonej i karpackiej w kotłach polodowcowych i w reglu górnym występuje *Chrysomela lapponica*. Bardzo liczna w całych Karkonoszach jest *Minota obesa*.



Ryc. 30. Rębacz Rhagium bifasciatum rozwija się w obumarłych świerkach i w lasach karkonoskich jest bardzo pospolity, docierając do górnej granicy lasu (fot. A. Mazur)



Ryc. 31. Oulema melanopus należy w Karkonoszach do jednych z najpospolitszych gatunków stonek (fot. T. Klejdysz)

Ryjkowcowate *Curculionidae* (Ryc. 32) to owady, których w polskiej części Karkonoszy doliczono się 96 gatunków (STACHOWIAK 1988). Kolejne badania tego autora przyniosły prawdopodobne stwierdzenie 120 gatunków ryjkowców. Dane te nie zostały do końca opracowane i opublikowane (STACHOWIAK 1993).

Najczęściej spotykanym ryjkowcem w lasach Karkonoszy jest *Polydrusus amoenus*. Liczne są też *Otiorhynchus fuscipes*, *O. niger* i *O. subdentatus* – typowe chrząszcze górskie, żerujące na młodych drzewach iglastych i liściastych.

Kornikowate *Scolytinae* (Ryc. 33) i wyrynnikowate *Platypodinae* (Ryc. 34) odżywiają się łykiem drzew i krzewów. Nieliczne żerują w tkankach roślin zielnych. Żery korników w postaci wygryzionych pod korą chodników, tworzą obraz charakterystyczny dla każdego z gatunków (Ryc. 35). W lasach Karkonoszy występuje około 45 korników. Należą tu: bardzo liczny kornik drukarz *Ips typographus*, kornik drukarczyk *I. amitinus* i rytownik pospolity *Pityogenes bidentatus*, czterooczak świerkowiec *Polygraphus poligraphus*, drzewożerki *Dryocoetes autographus* i *D. hectographus*, polesiak obramowany *Hylurgops palliatus* i polesiak górski *H. glabratus*, a także drwalnik paskowany *Trypodendron lineatum*. Tylko dwa korniki, wykazane z Karkonoszy przed wielu laty, żyją na jodle (*Pityokteines curvidens* i *Cryphalus piceae*).



Ryc. 32. Chrząszcze ryjkowcowate wyróżniają się głową wydłużoną w długi ryjek. Na zdjęciu Dorytomus longimanus, u którego samce „imponują" samicom swoimi długimi przednimi odnóżami (fot. T. Klejdysz)



Ryc. 33. Kornik drukarz – jeden z najważniejszych gatunków korników w gospodarce leśnej Polski i innych krajów Europy (fot. A. Mazur)



Ryc. 34. Wyrynnik dębowiec Platypus cylindrus blisko spokrewniony z kornikami i innymi ryjkowcami. Chrząszcze i larwy żyją w wygryzanych przez siebie chodnikach w drewnie dębów, na zdjęciu dorosły chrząszcz, „udający" martwego w odsłoniętym chodniku pod korą (fot. T. Klejdysz)



Ryc. 35. Odsłonięta kora świerkowa z widocznymi żerowiskami kornika drukarza i drukarczyka (fot. A. Mazur)

Dane o kornikach karkonoskich podają prace historyczne i współczesne (m.in. Głowacki 1983; Konca 1993; Wasylewicz 1993; Grodzki 1997; Tołoknow 1998; Mazur i in. 2008, 2018).

Niektóre korniki, jak np. kornik drukarz mogą mieć istotny wpływ na trwałość i strukturę drzewostanów. Z zaniedbaniami warunków sanitarnych drzewostanów karkonoskich należy wiązać gradację korników i innych owadów żyjących w łyku i drewnie, która miała miejsce w pierwszych latach powojennych (1946–1950). Kolejne gradacje tych owadów, związane z układem warunków pogodowych nakładających się na zaniedbania gospodarcze, wystąpiły w latach 1962–68 (w latach 1967 i 1968 z powodu zasiedlenia drewna przez korniki musiano usunąć 100 tys. m^3 drewna) oraz w latach 1970–71 (Michalski 1998). Skuteczną metodą ograniczania liczebności korników jest usuwanie drzew zasiedlonych – wycinano więc po polskiej stronie Karkonoszy około 20 tys. m^3 drewna świerkowego rocznie (Raj 1995).

Znaczenie ekologiczne korników świerka jest więc bardzo duże – należą one bowiem do grupy czynników naturalnych warunkujących trwałość, dynamikę i strukturę lasów świerkowych.

Podsumowując można stwierdzić, że chrząszcze w faunie Karkonoszy są istotnym elementem, determinującym różnorodność, swoistość i wyjątkowość środowiska przyrodniczego tych gór. Dużą część chrząszczy zamieszkujących Karkonosze stanowią gatunki pospolite. Zwykle około 1/3 fauny stanowią gatunki górskie, dalece przystosowane do skrajnych warunków środowiskowych, zamieszkujące góry i strefę borealną Europy. Reprezentują one alpejski typ rozmieszczenia, a gatunki karpackie nie docierają w Karkonosze. Prowadzone od ponad 150 lat obserwacje i badania faunistyczne na tym obszarze unaoczniają też zmiany, jakie dokonują się w faunie – części chrząszczy nie obserwuje się obecnie w górach. Musimy mieć też świadomość, że Karkonosze mimo dokonujących się niemal na naszych oczach przemian środowiskowych, są nadal miejscem bytowania chrząszczy bardzo rzadkich i unikatowych w skali kraju i Europy.

Motyle

Badania lepidopterologiczne na terenie Karkonoszy prowadzone są od ponad 150 lat. Rozpoczęto je pod koniec XIX wieku (Wocke 1872), a w okresie międzywojennym kontynuowali je Wolf (1927) i Marschner (1932–34). Po II Wojnie Światowej ukazało się kilkanaście publikacji dotyczących rodzin motyli zinwentaryzowanych na terenie Karkonoskiego Parku Narodowego. Badano motyle dzienne *Rhopalocera*, (Borowiak & Chrzanowski 2008) oraz wybrane rodziny motyli nocnych (Borowiak & Chrzanowski, 2006, 2007a,b; Borkowski 1969, 2000; Malkiewicz 2001a,b; Nowacki 1998). W międzyczasie publikowano szereg prac o charakterze doniesień (Borowiak & Chrzanowski 2003; Chrzanowski 2002, 2005; Chrzanowski & Demski 2000a,b c; Kubasik i in. 2002).

Przytoczenia godne są też podsumowania świata motyli (Borkowski 1985; Borkowski i in. 2005; Liška i in. 2007; Chrzanowski 2008).

Prezentowana charakterystyka opiera się na wynikach badań motyli *Macrolepidoptera* przeprowadzonych na terenie polskiej części Karkonoszy po 1945 r.

Przyroda najwyższego pasma Sudetów zdeterminowana jest specyficznymi warunkami topograficznymi i pogodowymi. Panujące w danym środowisku warunki klimatyczne mają bezpośredni wpływ na występowanie określonej szaty roślinnej, a ta z kolei formuje skład gatunkowy motyli. Podobnie jak w przypadku innych grup organizmów kształtowanie się fauny motyli w Karkonoszach było ściśle związane z czasem zlodowaceń i okresów interglacjalnych, które miały miejsce w Czwartorzędzie.



Ryc. 36. Górówka euriala zasiedla góry od Europy po Azję, a jej gąsienice żerują na trawach (fot. A Chrzanowski)

Wśród motyli bytujących w Karkonoszach najcenniejsze są relikty glacjalne, występujące na niewielkich areałach w najwyższych położeniach gór. Wśród nich można wymienić cztery gatunki z rodzaju górówka *Erebia* (Ryc. 36), a z motyli nocnych bardzo rzadko spotykane miernikowce: pomrok operak *Elophos operaria*, pomrok świetlak *E. dilucidaria* i halnik

czterowstęg *Psodos quadrifaria* oraz częściej obserwowane: halnik alpejski *Glacies alpinata* i peryzoma goryczanka *Perizoma obsoletata*. Inną grupę wartościowych motyli stanowią gatunki arktyczno-alpejskie. Pojawiły się one w Karkonoszach wraz z roślinnością tundrową. Obecnie występują na zwartych i rozległych terenach północy i na rozproszonych niewielkich areałach w górach. W Karkonoszach przedstawicielami tej grupy owadów są: przylepek brodacznik *Elophos vittaria* i paśnik oszczepiak *Rheumaptera hastata*.

Większą liczbę gatunków reprezentowanych w Karkonoszach tworzą relikty okresu borealnego tzw. borealno-górskie, kiedy rozprzestrzeniały się na te tereny motyle z obszarów tajgi. Obecnie zachowały się w lasach regla górnego i w reglu dolnym przekształconym przez człowieka w lite świerczyny. Do nich można zaliczyć rzadko spotykane w Karkonoszach miernikowce: paśnika zwinnika *Spargania luctuata*, perizomę lepniczankę *Perizoma affinitata*, paśnika rudawiaka *Hydriomena ruberata* i sówkę *Syngrapha interrogationis*, a także częściej notowane miernikowce: paśnika podkolaka *Entephria caesiata*, grotnika *Eupithecia veratraria*, niekrocza gniadka *Aplocera praeformata*, *Venusia cambrica* oraz motyle z rodziny sówkowatych, jak *Xestia speciosa* i *Apamea rubrirena*.

Poza prezentowanymi wyżej owadami, w Karkonoszach obserwuje się znaczną liczbę motyli synantropijnych. Ich pojawienie się można zawdzięczać człowiekowi. Niektóre z nich rozwijają się na częściach roślin, użytkowanych przez ludzi. Z rzadziej występujących są to np. kroczniki *Idaea inquinata* i *I. seriata*. Inne rozpowszechniły się wraz z rozwojem rolnictwa np. sówki z rodzajów *Agrotis i Xestia*. Jeszcze inne „przywędrowały" tu wraz z roślinami obcego pochodzenia wprowadzanymi przez człowieka w celach dekoracyjnych np. rozlotlik lilakowiak *Apeira syringaria*, paśnik ślazowiec *Larentia clavaria*, grotniczek *Rhinoprora rectangulata*.

Ponadto na terenie Karkonoszy można obserwować motyle, które prawdopodobnie są w ekspansji zwiększającej areał swojego występowania na terenie Polski np. *Eupithecia sinuosaria*, *Chloroclystis v-ata*, *Alcis bastelbergeri*, *Plusia putnami*.

Nad najwyższym pasmem górskim Sudetów przechodzi również trasa przelotów motyli migrujących z cieplejszych rejonów Europy i Afryki Pn. daleko na Północ. Z przedstawicieli tej części fauny odnotowano tu np. szlaczkonia południowca *Colias croceus*, zawisaka powojowca *Agrius convolvuli*, słonecznicę orężówkę *Helicoverpa armigera* czy nowy gatunek dla Polski *Rhodometra sacraria* (Borowiak & Chrzanowski 2003).

Ogółem w Karkonoszach, w granicach przyjętych w monografii, zinwentaryzowano 587 gatunków *Macrolepidoptera*, co stanowi około 48% wszystkich stwierdzonych w Polsce przedstawicieli motyli większych. Wśród nich są 4 gatunki objęte ochroną prawną i 4 wpisane do Polskiej Czerwonej Księgi Zwierząt.

Charakterystyka wybranych gatunków motyli Karkonoszy

Górówka epifron *Erebia epiphron* to motyl dzienny, reliktowy. Z Karkonoszy górówkę epifron opisano, jako podgatunek *Erebia epiphron silesiana*. Spotykana jest rzadziej od pozostałych górówek. Na teren tych gór w sztuczny sposób wprowadził ją entomolog Josef Soffner w latach 30-tych XX wieku (Soffner 1967). Imago latają w strefie regla górnego i subalpejskiej.

Przylepek nabuczak *Fagivorina arenaria* to motyl charakterystyczny dla lasów liściastych i mieszanych. Jego istnienie w Karkonoszach potwierdzono po ponad pół wieku. Owad ten występuje w pół naturalnych płatach roślinności regla dolnego, w starych drzewostanach mieszanych w okolicach Jagniątkowa. Współcześnie jest to jedyna poznana populacja tego motyla na terenie Polski (Chrzanowski 2002). Owad ten został wpisany do Polskiej Czerwonej Księgi Zwierząt z kategorią ochronną CR-krytycznie zagrożony (Ryc. 37).



Ryc. 37. Przylepek nabuczak Fagivorina arenaria krytycznie zagrożony wyginięciem miernikowiec, związany ze starymi drzewostanami bukowymi (fot. A Chrzanowski)

Paśnik włóczniak *Rheumaptera subhastata* to relikt polodowcowy, występujący w środowiskach północnych i wyspowo w górach Eurazji i Ameryki Północnej, na nizinach bardzo rzadko spotykany. W Karkonoszach obserwowany jest na torfowiskach i kwaśnych łąkach w reglu dolnym i górnym np. w okolicach Kotła Jagniątkowskiego.

Halnik czterowstęg *Psodos quadrifaria* to ćma charakterystyczna dla terenów górskich, aktywna w ciągu

dnia. Lata wysoko powyżej regla górnego na łąkach wysokogórskich i murawach naskalnych. Jest jedynym przedstawicielem karkonoskich motyli endemicznych, jako podgatunek *Psodos quadrifaria sudetica*, o dawniejszej nazwie rodzajowej *Torula*. Po polskiej stronie występuje na Równi pod Śnieżką (Ryc. 38).

Pomrok operak *Elophos operaria* to motyl wysokogórskich muraw naskalnych. Spotykany jest w dzień, aczkolwiek bardzo niechętnie lata. Być może z tego powodu został zaobserwowany tylko raz w Kotle Małego Stawu w 25 VI 1964 r.



Ryc. 38. Halnik czterowstęg Psodos quadrifaria jest mieszkańcem wysokich pasm górskich, gdzie bytuje na wysokościach od 1300 do 2100 m n.p.m. (fot. A Chrzanowski)

Fauna motyli w poszczególnych siedliskach

Na większości obszaru pogórza mamy do czynienia z silną antropopresją. Rzecz jasna jest to proces trwający od wielu setek lat, w wyniku którego większość naturalnych refugiów owadów została przekształcona w pola uprawne, a część wykorzystano pod infrastrukturę i osiedla ludzkie. Niemniej, poza dużą gamą motyli pospolitych, znanych głównie z nizin, na ukwieconych wilgotnych łąkach można spotkać motyle chronione w Polsce. Są to zagrożone wyginięciem dwa gatunki modraszków: *Maculinea teleius* i *M. nausithous* (Ryc. 39). W słoneczne dni można obserwować górską górówkę meduza *Erebia medusa* i rzadziej zalatującą w niższe partie gór górówkę boruta *E. ligea*. Przy skrajach lasów i na drogach śródleśnych dostrzeżemy pojedyncze rusałki wierzbowiec *Nymphalis polychloros*. Natkniemy się tu również na przestrojnika *Maniola jurtina*, osadniki *Lasiomata maera* i *L. megera* i siedzące przy kałużach modraszki wieszczki *Celastrina argiolus*.

Wysoko w koronach drzew czasem pojawia się duży, mieniący się niebieskimi barwami motyl chroniony mieniak tęczowiec *Apatura iris*.



Ryc. 39. Modraszek nausitous, którego larwy żerują na kwiatach krwiściąga lekarskiego (Sanguisorba officinalis L.), a następnie przenoszą się do gniazd mrówek (fot. R. Rąpała)

Na odsłoniętych zboczach regla dolnego i pogórza bytują gatunki kserotermiczne, np. *Idaea serpentata*, *Scotopteryx moeniata*, *Cidaria fulvata*, *Epirrhoe galiata*, a także niewykazywany wcześniej z tych gór *Idaea ochrata* (CHRZANOWSKI 2005).

Na suchych łąkach dolnoreglowych podziwiać można wiele interesujących, nieczęsto spotykanych motyli dziennych np. duże dostojki: malinowiec (*Argynnis paphia*) i aglaja (*A. aglaja*) oraz rusałkę żałobnika (*Nymphalis antiopa*).

W półnaturalnych płatach roślinności zbiorowisk leśnych regla dolnego obserwuje się wiele gatunków motyli nocnych. W lasach z przewagą buka i dębu widuje się wiosną latające w dzień samce pawicy zyski (*Aglia tau*), której populacja w Karkonoszach jest liczna i stabilna.

Z godnych wymienienia miernikowcowatych trafiają się tu latalec jesieniak *Ennomos quercinaria*, skrzytek księżyczak *Selenia lunularia*, *Comibaena bajularia*, *Crocallis elinguaria*, *Epirrita autumnata*, a z sówek: *Agrochola circellaris*, *Cryphia algae*, *Trisateles emortualis*, *Herminia grisealis*. Na śródleśnych wilgotnych łąkach w dzień można zaobserwować okazy *Pseudopanthera macularia*.

Lasy liściaste i mieszane są refugium barczatki dębówki *Lasiocampa quercus*. Spotyka się też barczatkę miesięcznicę *Cosmotriche lunigera*, której gąsienice zjadają igły, czasami doprowadzając do gołożerów (Ryc. 40).

W okolicach Jagniątkowa na pniach buków i w zaroślach wypoczywają motyle przylepka nabuczaka *Fagivorina arenaria*, a z innych interesujących motyli spotkać można garbatki: opusznicę piórówkę *Ptilophora plumigera* i wiechetkę czubatkę *Ptilodon cucullina*.

W niżej położonych borach mieszanych z sosną pospolitą występują typowe owady uważane za szkodliwe jak: poproch cetyniak, barczatka sosnówka, strzygonia choinówka i brudnica mniszka, jednak ich populacje nie są tak liczne jak na Niżu.

W borach mieszanych bukowo-jodłowo-świerkowych spotyka się motyle górskie charakterystyczne dla regla dolnego takie jak: *Syngrapha ain*, *Hypena obesalis*, *Phlogophora scita*, *Rhyacia lucipeta*, *Trichosea ludifica*, *Pungeleria capreolaria*. Na porostach i martwych rozkładających się drzewach żyją sówki: *Parascotia fuliginaria* i *Laspeyria flexula*. Czasami w szyszkach świerków można spotkać gąsienice rzadkiego grotnika *Eupithecia abietaria*.

Niestety, wynikiem wprowadzenia na większości terenów leśnych monokultur świerkowych obcego pochodzenia stało się widoczne zubożenie ilościowe i jakościowe charakterystycznych dla naturalnych ekosystemów gatunków motyli występujących w reglu dolnym.

W reglu górnym, szczególnie w strefie górnej granicy lasu i w miejscach gdzie schodzą lawiny (stoki jarów i kotłów), rosną karłowate drzewa, krzewinki i roślinność zielna. Ogromne połacie tych terenów są porośnięte borówkami. W chłodnych warunkach tego biotopu dobrze radzą sobie motyle znane z nizin jako szkodniki drzew liściastych. Są to dwa gatunki piędzików: *Operophtera fagata* i *O. brumata*. Ich gąsienice w 2002 r. w wielu miejscach regla intensywnie żerowały bardzo mocno defoliując borówkę czernicę.

Te krzewinki są również roślinami żywicielskimi innych „motyli górskich" tj.: pomrok wstężniak *Elophos vittaria*, *Xanthorhoe in-cursata* paśnik nawrotnik, *Entephria caesiata* paśnik podkolak (Ryc. 41), *Xestia speciosa*,



Ryc. 40. Barczatka miesięcznica Cosmotriche lunigera (fot. A Chrzanowski)



Ryc. 41. Paśnik podkolak Entephria caesiata to górski gatunek żerujący na krzewach borówki czernicy (fot. A Chrzanowski)

Apamea rubrirena. Tego ostatniego spotka się też w piętrze subalpejskim. Na zatorfionych łąkach i torfowiskach wysokich regla, można spotkać paśnika włóczniaka *Rheumaptera subhastata*.

Na zacienionych stokach kotłów na kwiatach traworośli subalpejskich w dzień latają małe reliktowe grotniki lepniczaki *Eupithecia silenata*. Z górskich motyli dziennych w słoneczne dni pojawiają się czerwono-czarne górówki: *Erebia ligea* i *E. euryale*, a w okolicach Karpacza i stawów pod Śnieżką mniejszych rozmiarów *E. epiphron*. Spotyka się tu także kolorową niedźwiedziówkę babkówkę *Parasemia plantaginis*.

Na jarzębinie w reglu górnym żyją gąsienice delikatnego i szarego motyla *Venusia cambrica*. Z rzadka pojawią się, bytujący na wierzbach, paśnik rudawiak *Hydriomena ruberata* i związany z wierzbówką paśnik zwinnik *Spargania luctuata*.

Zbiorowiska leśne regla górnego mają charakter naturalny. Trwałym zbiorowiskiem rosnącym tu jest górnoreglowa świerczyna sudecka. W niej spotyka się małą, wcześniej wymienianą ciemną barczatkę miesięcznicę *Cosmotriche lobulina*, oraz rzadko spotykaną sówkę *Syngrapha interrogationis*.

W piętrze subalpejskim najlepiej rozwiniętą i zwartą formacją roślinną jest kosodrzewina. Na pozostałej części dominują traworośla, czasami rozległe torfowiska (Równia pod Śnieżką), a na stokach szczytów murawy naskalne. Przez większość część roku zalega tu śnieg, skutecznie opóźniając i skracając sezon wegetacyjny. Średnia temperatura niższa jest o kilka stopni i często wieją zimne wiatry. Ten element gór nazywany jest „karkonoską tundrą". Niewiele gatunków owadów może skutecznie oprzeć się panującym tu warunkom pogodowym. Dlatego w tej strefie, jak i na stokach alpejskich Śnieżki można spotkać niewiele typowych dla tego piętra gatunków motyli. W większości żyjące tu motyle nocne zmieniły swój tryb życia, a mianowicie pojawiają się w dzień. Częściej można je zauważyć w czasie słonecznej pogody, gdy spłoszone zrywają się do lotu, niechętnie odlatując kilka metrów, by nieco dalej skryć się w terenie. Z motyli dziennych najczęściej spotkamy górówkę *E. epiphron*, natomiast na murawach skalnych szare miernikowce: *Elophos operaria* i *E. dilucidaria*.

W okolicach torfowisk występują: ciemny halnik alpejski *Glacies alpinata* i halnik czterowstęg *Psodos quadrifaria*. Na obszarze subalpejskich traworośli, gdzie rośnie ciemiężyca, zauważyć można grotnika *Eupithecia veratraria*, a do światła w nocy można zwabić sówkę *Dasypolia templi*.

Świat motyli w poszczególnych piętrach roślinnych Karkonoszy obfituje w gatunki i wzajemnie się przeplata. Przyroda jest układem dynamicznym, podlegającym określonym procesom. Na różnorodność gatunkową motyli Karkonoszy ma wpływ kilka czynników. Jednym z nich jest, co rzuca się w oczy w tutejszych górach, sztuczne wprowadzenie przed wielu laty monokultur świerkowych w reglu dolnym. W konsekwencji tego gatunki motyli związane ze świerkiem, charakterystyczne dla wyższych położeń, obserwować można w reglu dolnym. Obserwuje się też naturalną dla owadów charakterystyczną tolerancję klimatyczną, która sprawia, że w latach cieplejszych gatunki motyli z niższych położeń mogą przeżywać w strefach sroższego klimatu.

Inne zagadnienie, decydujące o bogactwie fauny motyli, to naturalne migracje i loty dyspersyjne owadów. W efekcie naturalnych migracji pojawiają się, w niektórych latach bardzo licznie, osobniki motyli dziennych i nocnych np. w strefie subalpejskiej: rusałka admirał *Vanessa atalanta*, rusałka osetnik *V. cardui*, fruczak gołąbek *Macroglossum stellatarum*, zawisak powojowiec *Agrius convolvuli*, które przelatują przez ten region z Europy Południowej i Afryki Północnej, kierując się dalej na północ. Loty dyspersyjne dotyczą też gatunków, których miejsca rozrodu zlokalizowane są w niższych położeniach gór i najczęściej są wymuszane przez prądy powietrza. Jest to tzw. migracja pionowa. Jej skutkiem jest obserwowanie w okolicach Szrenicy takich gatunków jak np.: mokosz cierniowiak *Opisthograptis luteolata*, żerującego na zwiędłych liściach jeżyn i pokrzyw *Herminia tarsicrinalis* czy też *Protodeltote pygarga*.



Ryc. 42. Rusałka pawik Inachis io jest pospolitym gatunkiem w Polsce, którego gąsienice najchętniej żerują na pokrzywach (fot. R. Rąpała)

Na terenie Karkonoszy można obserwować motyle, które, mając na uwadze wyżej przytoczone tezy, spotyka się we wszystkich piętrach górskich. Są to

gatunki pospolite w faunie Polski np.: rusałka pawik *Inachis io* (Ryc.42), bielinek rzepnik *Pieris rapae*, witalnik sosnowiak *Macaria liturata*, błyszczka jarzynówka *Autographa gamma*, a także rolnica panewka *Xestia c-nigrum* i rolnica *X. ditrapezium*.

Owady siedlisk wodnych

Duże zróżnicowanie warunków klimatycznych i żyzności wód, silne oddziaływanie lasów poprzez zakwaszanie wód powierzchniowych oraz zasilanie ich opadem martwej materii organicznej – liści, igieł, gałązek, wpływa w istotny sposób na charakter fauny bezkręgowej wód Karkonoszy. Do niedawna miały też znaczący wpływ intensywne skażenia przemysłowe wód. Jednakże badania faunistyczne prowadzone już po ustaniu silnych zanieczyszczeń mogą napawać optymizmem. Przykładowo fauna chruścików Karkonoszy jest obecnie reprezentowana przez przeszło 22% znanych krajowych gatunków. Również opracowania czeskie podkreślają, że bogactwo gatunkowe jętek i widelnic czeskiej części masywu niewiele odbiega od stanu innych pasm górskich Republiki Czeskiej, w których skażenia nie przybrały tak dużych wartości, jak w Karkonoszach.

Niektóre rzędy owadów związanych z wodami przebadano w KPN słabo lub wcale. Istnieją doniesienia o gatunkach, autorstwa badaczy niemieckich, jednak bez wskazania lokalizacji stanowisk, a po 1945 roku nie dokonano weryfikacji wielu z tych informacji. Dużo danych pochodzi z terenu KRNAP i można przypuszczać, że gatunki występujące u południowych sąsiadów mogą pojawiać się i w KPN. Uwaga ta dotyczyć może gatunków bytujących zwłaszcza w strefie subalpejskiej, gdzie nie ma naturalnych barier migracji w strefie przygranicznej.

Widelnice *Plecoptera* to rząd owadów ściśle związany z dobrze natlenionymi, czystymi wodami, a więc przede wszystkim z wodami górskich potoków i stawów polodowcowych. Ze względu na wrażliwość na zanieczyszczenie wód, widelnice są jednym z bioindykatorów skażeń. Ta grupa owadów jest na terenie polskich Karkonoszy niedostatecznie poznana. Zestawienie widelnic czeskich Karkonoszy przedstawił WINKLER (1977). W badaniach wykrył 27 gatunków z 10 rodzajów. W tej grupie szczególnie interesujące są gatunki strefy wysokogórskiej, takie jak *Capnia vidua* spotykana również w Tatrach Wysokich, *Leuctra nigra* żyjąca do wysokości 1300 m n.p.m., *Isoperla sudetica* – środkowoeuropejski gatunek rozpowszechniony od Rumunii po Niemcy. Nad karkonoskimi stawami polodowcowymi występuje zaś *Diura bicaudata*. Z wysokogórskimi potokami związane są między innymi *Protonemura auberti*, *P. brevistyla* i *Leuctra inermis*.

Pierwsze informacje o jętkach *Ephemeroptera* podał ZACHARIAS (1884). Wymienił jeden gatunek, prawdopodobnie *Ameletus inopinatus*, żyjący w stawach polodowcowych Karkonoszy, a będący jętką związaną m. in. ze środowiskiem górskiej tundry Skandynawii. Po polskiej stronie gór badania prowadził SCHOENEMUND (1930), który podał cztery jętki nowe dla masywu, a w tym dwie z polskiej strony gór: *Baetis alpinus* i *Ecdyonurus forcipula*. Dopiero VAVRA (1988) podjął się zbadania jętek karkonoskich, opisując 27 gatunków z 6 rodzin. W tej liczbie 4 gatunki odnaleziono w otulinie KRNAP, resztę zaś w wyższych położeniach górskich. Prace te kontynuował SOLDAN (2000), który podał charakterystykę geograficzną jętek karkonoskich oraz opisał przyczyny braku na terenie masywu wielu gatunków borealno-górskich. Na podstawie prac czeskich badaczy można wnioskować, że podobnie prezentuje się fauna jętek po polskiej stronie Karkonoszy. Ciekawostką było potwierdzenie przez badaczy obecności jętki *Rhithrogena corcontica* – endemitu karkonoskiego. Za interesujący można uznać też fakt, że w wodach Małego Stawu żyje *Siphlonurus lacustris*. Podobnie jak chruściki, czy widelnice, jętki są wrażliwe na stan czystości wód i tym można tłumaczyć niską liczebność gatunków w rejonach najbardziej dotkniętych zjawiskiem 'kwaśnych deszczów' w latach 70. i 80. ubiegłego wieku.

Rząd chruścików *Trichoptera*, obejmujący na terenie kraju około 250 gatunków, nie był częstym obiektem badań na terenie Sudetów, a na obszarze polskiej części Karkonoszy dane pochodzą tylko z pracy CZACHOROWSKIEGO (1991) (Ryc. 43). Wcześniej chruściki omawiał WINKLER (1977), lecz praca ta dotyczyła głównie obszarów KRNAP. Łącznie zlewnie Jedlicy, Łomnicy, Wrzosówki i Kamiennej zamieszkuje 56 gatunków chruścików. Wśród nich stwierdzono chruściki związane na terenie Karkonoszy tylko ze źródłami, wodospadami i potokami, takie jak *Rhyacophila fasciata*, *Lithax niger*, *Apatania muliebris*, *Drusus discolor*, *Allogamus uncatus*, czy typowy krenofil, czyli zwierzę preferujące jako miejsce rozwoju źródła potoków – *Chaetopteryx villosa*. W stawach polodowcowych znaleziono zarówno gatunki dość powszechne w różnych typach wód Karkonoszy, jak *Plectrocnemia conspersa* – chruścik najliczniej reprezentowany w faunie masywu, jak i te, które preferują wody źródlisk i wodospadów, jak *Potamophylax latipennis* i *Limnephilus bipunctatus*. Łącznie stawy



Ryc. 43. Larwy chruścików Trichoptera mieszkają w rurkowatych domkach, które budują z różnych materiałów: drobinek piasku, kamyczków, kawałków roślin (fot. R. Rąpała)

wysokogórskie zasiedla 12 gatunków. W torfowiskach żyje *Oligotricha striata*, *Limnephilus griseus* i *L. sparsus*.

Widoczne jest zróżnicowanie gatunkowe chruścików związane ze wzrostem wysokości, na przykład w źródłach położonych powyżej 800 m n.p.m. żyją tylko cztery gatunki, podczas gdy w źródłach bijących na wysokości poniżej 800 m n.p.m. stwierdzono ich 13. Ogólnie w najniższych położeniach obserwowano 35 gatunków (400 m n.p.m.), ale już na wysokości 500 m n.p.m. bogactwo gatunkowe malało znacząco – zarejestrowano larwy 21 gatunków, a powyżej 1200 m n.p.m. występuje zaledwie 10.



Ryc. 44. Kopulująca para żagnic północnych Aeshna coerulea na torfowisku Równi pod Śnieżką. Jest to jedyne stanowisko tej ważki w Polsce (fot. M. Wolny)

Rząd ważek *Odonata* w Polsce obejmuje 73 gatunki, jednakże w Karkonoszach ich bogactwo jest znacznie mniejsze. Przyczyną jest brak biotopów, ale też ostre warunki klimatyczne. W pracy ŁABĘDZKIEGO (1996) wymienionych jest 18 gatunków tych pięknych owadów. Jednakże większość z nich żyje w stawach u podnóża masywu Karkonoszy. Na uwagę zasługują jedynie szklarnik górski *Cordulegaster bidentatus*, żagnica północna *Aeshna coerulea* – tyrfobiont należący do fauny borealno górskiej (Ryc. 44), żagnica arktyczna *A. subarctica* i miedziopierś górska *Somatochlora alpestris* – gatunek zasiedlający różne pasma górskie w Polsce, mający tendencję do ustępowania z zajmowanych terenów w skutek zarastania małych zbiorników wodnych (Ryc. 45). Pierwszy z gatunków związany jest ze źródliskami potoków, pozostałe żyją nad wodami torfowisk subalpejskich Równi pod Śnieżką. W tym biotopie powszechna jest też ważka czteroplama *Libellula quadri-*



Ryc. 45. Miedziopierś górska Somatochlora alpestris należy do najrzadszych gatunków polskich ważek (fot. J. Liberski)

maculata – gatunek bardzo częsty na niżu. Nad torfowiskami w okolicach Równi pod Śnieżką mogą też pojawiać się żagnica sina *Aeshna cyanea*, żagnica torfowa *A. juncea*, pałątka pospolita *Lestes sponsa*, szablak czarny *Sympetrum danae* i zalotka torfowcowa *Leucorrihinia dubia* (MISZTA i in. 2012). Wydaje się, że stabilność populacji ważek w strefie subalpejskiej nie jest zagrożona, o ile nie nastąpi drastyczna zmiana stosunków wodnych na rozległych połaciach torfowisk.

W 2016 r. zakończono 3-letni cykl badań owadów wodnych Karkonoskiego Parku Narodowego. Objęły one chrząszcze wodne (Buczyński i in. 2017), jętki (Kłonowska-Olejnik i in. 2017a) widelnice (Kłonowska-Olejnik i in. 2017b) i chruściki (Majecki i Łabędzki 2018).



Ryc. 46. Larwy pospolitej na górskich torfowiskach oraz w górnoreglowych świerczynach koziółki (Tipula subnodicornis, Tipulidae) mają rzadką wśród owadów zdolność żerowania na mchach z rodzaju Sphagnum (fot. J. Ševčík)

Muchówki

Badania rzędu muchówek rozpoczęto w Karkonoszach jeszcze w początkach XX wieku. Znana jest kolekcja muchówek z rodziny bzygowatych stworzona w tym czasie przez Schrödera, a przechowywana obecnie w Instytucie Zoologii PAN w Warszawie. Jednakże więcej wiadomości o faunie muchówek karkonoskich przyniosły lata powojenne. Między innymi Bańkowska (1961, 1964) podała 40 gatunków bzygowatych *Syrphidae* z polskiej strony masywu. Wymieniła takie gatunki, jak pobzyg cebularz *Merodon equestris* pospolity szkodnik cebulek różnych kwiatów, gnojkę *Eristalis arbustorum*, trzmielówkę *Volucella zonaria* – również gatunki pospolite oraz *Eristalis nemorum*, której larwy żyją w wodzie. Według badań Moucha & van der Goot (1971) bzygowate w czeskiej części masywu reprezentuje 150 gatunków. Zatem można uznać, że informacje Bańkowskiej wymagają uzupełnienia.

Muchówki z rodziny kłośnicowatych *Scatophagidae* badał w Karkonoszach Šifner (1967). Podał m.in. gatunki bytujące także w strefie subalpejskiej: *Norellisoma nervosum*, *N. lituratum*, nearktyczna *Megaphthalmoides unilineatus*, borealna *Microprosopa pallicauda*, *Delina carbonaria* na kwiatach ciemiężycy zielonej.



Ryc. 47. Przedstawicielka ciekawej rodziny muchówek – wujkowatych Empididae – Empis borealis. Pospolita w wielu krajach Europy, w Karkonoszach zamieszkuje torfowiska strefy subalpejskiej oraz wilgotne lasy (fot. J. Ševčík)

Doskočil (1973) opracował muchówki Pančickiej łąki, gdzie odłowił między innymi takie gatunki, jak: *Paroxyna archyrophori* i *Tephritis crepidis* z rodziny nasionnicowatych *Tephritidae*, kilka gatunków z rodzaju *Leptocera* (*Sphaeroceridae*), a także *Discocerina glaucella* z rodziny wodarkowatych *Ephydridae*. Do tej ostatniej rodziny należą też mezofilna *Scatella sibilans*, kserofilne *Hyadina guttata*, *H. nitida*, *Limnelia quadrata* oraz higrofilne *Nostima picta* i *Scatella palludum*. Ogółem autor wymienił 74 gatunki z 13 rodzin muchówek.

Rodzinę połyśnicowatych *Psilidae* badał Martinek (1972). Wymienił m.in.: *Psila audouini* żyjącą na stokach Smogorni w kosodrzewinie, borealny gatunek *P. lefebvrei* czy arktyczno-subarktyczny relikt glacjalny *P. humeralis*. Innym gatunkiem reliktowym jest *Suillia nudipes* z rodziny *Helomyzidae* (Martinek 1969). Obecność gatunków wymienionych w tej pracy, spotkanych w pobliżu granicy z Polską, wymaga potwierdzenia po północnej stronie masywu.

Dirlbek & Dirlbek (1971) prowadzili badania nasionnicowatych ustalając, że z gatunków górskich w czeskich Karkonoszach występują m.in.: *Paroxyna loewiana*, *P. doronici*, *Tephritis arnicaes*. Łącznie z tej rodziny autorzy doliczyli się 31 gatunków z 14 rodzajów. Maca (1975) zbadał rodzinę wywilżnowatych *Drosophilidae* znajdując jedynie 6 gatunków tych muchówek. Pięć z nich to gatunki synantropijne i pospolite, jeden – *Drosophila nigrosparsa* – należy do fauny borealnej.

Bąkowate *Tabanidae* badali Ježek i in. (2012) stwierdzając istnienie 24 gatunków z tej rodziny. Z tej liczby trzeba wymienić górski, rzadki reliktowy gatunek *Glaucops hirsutus*, pozostałe zaś w większości są gatunkami eurosyberyjskimi lub palearktycznymi, o szerokich zasięgach.



Ryc. 48. Dixa puberula to przedstawicielka rodziny Dixidae, do złudzenia przypominająca komara. Jej larwy żyją tylko i wyłącznie w strumieniach górskich i podgórskich (fot. J. Ševčík)

Dużą ilość danych o muchówkach karkonoskich dostarczyły prace Ševčíka i in. (2009) (rodziny *Anisopodidae*, *Mycetobiidae*, *Dixidae*), Kubíka (2009) (rodzina *Chloropidae*), Bartáka & Vanka (2009) (rodzina *Sepsidae*), Bartáka i in. (2009) (rodziny *Lauxaniidae* i *Pallopteridae*), Černego i in. (2009) (rodzina *Agromyzidae*) oraz Heřmana i in. (2009) (rodzina *Tephritidae*). Wśród gatunków muchówek stwierdzonych w powyższej dużej serii systematycznych badań trzeba wyróżnić *Dixa dilatata* i *D. puberula* (*Dixidae*) (Ryc. 48), których larwy rozwijają się w czystych wysokogórskich potokach, górskie gatunki *Gaurax strobilum*, *Chlorops speciosus*, *Oscinella nigerrima*, *Pseudopachychaeta ruficeps* z rodziny *Chloropidae* czy też rozwijającą się w odchodach zwierząt, zimnolubną *Themira superba*.



Ryc. 49. Thaumalea bezzii – obecność larw tego gatunku muchówek z rodziny Thaumaleidae w potokach świadczy o wyjątkowej czystości ich wód (fot. J. Ševčík)



Ryc. 50. Mycomya sp. z rodziny grzybiarkowatych Mycetophilidae. Ten rodzaj muchówek związany jest z górskimi lasami. Larwy tych drobnych owadów odżywiają się strzępkami grzybni różnych grzybów, a żyją w związku z tym w grzybach, pod korą martwych drzew, w próchnowiskach oraz w zbutwiałych liściach (fot. J. Ševčík)

Rodzinę ćmiankowatych *Psychodidae* badał Jeżek i in. (2010). Ta interesująca grupa owadów związana jest ze środowiskiem ziemno-wodnym, często larwy niektórych gatunków wykorzystują do rozwoju błoto, zanieczyszczoną wodę potokową, a nawet gnój. W Karkonoszach czeskich spośród 23 gatunków tej rodziny szczególnie cenne są *Saraiella parva* i *S. rotunda*, z których pierwszy preferuje okolice małych i większych wodospadów i kaskad wodnych, a drugi związany jest z torfowiskami.

Ševčík (2012) prowadził badania nad rodziną *Thaumaleidae* (Ryc. 49), których larwy żyją w chłodnych wodach potoków i źródlisk. Z ośmiu gatunków z tej grupy, odnalezionych w czeskich Karkonoszach, trzeba wymienić górskie, rzadkie: *Androprosopa nigra*, nowy dla Czech *Thaumalea austriaca*, *T. miki*, znany z Tatr i karpackiego masywu Bucegi *T. tatrica* oraz opisany już w Polsce *T. vaillanti*.

Pomijając badania Bańkowskiej, wszelkie inne powojenne obserwacje muchówek były prowadzone u czeskich sąsiadów. Podobnie jak w przypadku pająków czy innych grup systematycznych, można przyjąć, że skład fauny muchówek bytujących w strefie subalpejskiej gór po polskiej i czeskiej stronie jest podobny. Dotyczy to m.in. takich siedlisk, jak torfowiska, zarośla kosodrzewiny, rumowiska skalne. Trzeba jednak pamiętać, że na przeżywalność gatunków w konkretnych warunkach wpływać może wystawa stoków i związane z nią różnice w insolacji, długości zalegania śniegu czy nawet wielkości opadów. Uwagi te dotyczą też w pewnej mierze pasa reglowego. W związku z tym uzupełniające badania terenu polskich Karkonoszy są jak najbardziej wskazane. Pamiętać też trzeba, że lista rodzin muchówek nie zbadanych po obu stronach gór jest nadal dość znaczna.

Błonkówki

Badania entomologiczne nad błonkówkami w Karkonoszach sięgają początku XX wieku (Dittrich 1903, 1911, 1921; Hedwig 1927). Dalsze dane z Karkonoszy opublikowali dla trzmielowatych (*Bombus*) Marschner (1927), Pawlikowski (1992) oraz Smetana & Miles (1993). Roślinniarki z rodziny pilarzowatych (*Tenthredinidae*) opracowali Beneš (1968) i Soszka-Kubala (1998). Obserwacje nad strukturą zespołów os społecznych (*Vespinae*) prowadził Pawlikowski (1993). Mrówki z rodziny *Formicidae* Sudetów z uwzględnieniem Karkonoszy opracowali Banert & Pisarski (1972) oraz Pętal (1994), a mrowiska mrówek z grupy *Formica rufa* na obszarze Karkonoskiego Parku Narodowego zinwentaryzowali Wiśniewski & Moskaluk (1975). Wybranym szkod-



Ryc. 51. Obrostka Dasypoda altercator Harris, 1780 z nadrodziny pszczołowatych (Apoidea) (fot. J. Dąbrowski)



Ryc. 52. Osa saksońska Dolichovespula saxonica Fabricius, 1793 to synantropijny i nieagresywny gatunek palearktyczny z rodziny osowatych (Vespidae) (fot. J. Dąbrowski)

nikiem leśnym spośród rośliniarek – borecznikiem rudym *Neodiprion sertifer* w Karkonoszach zajmowali się KUDLER & VEBER (1965), LOKVENC (1966), MARTINEK (1968) i ŠATNY (1966).

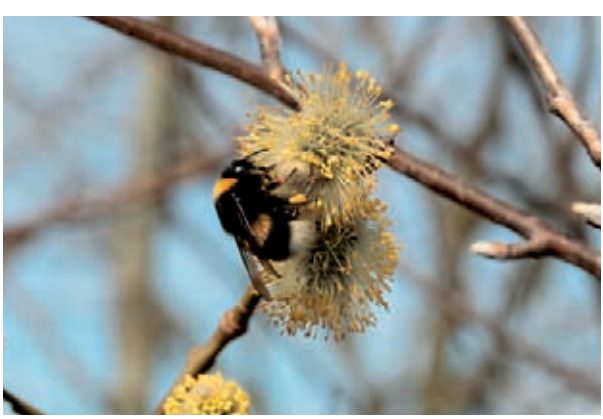
Bogactwo i dynamika ilościowa błonkówek Karkonoszy zależą od zróżnicowania oraz organizacji piętrowej roślinności i kształtowania w jej obrębie warunków klimatycznych. Dla dynamiki rośliniarek najważniejsze znaczenie mają gatunki drzewiaste i krzewiaste. W stanach osłabienia rozwoju gatunków drzewiastych, następują masowe pojawy wybranych gatunków np. boreczników (*Cimbex*) lub osnujowatych (*Lydidae*), a z ksylofagów – trzpiennikowatych (*Syricidae*).

Zróżnicowanie roślinności zielnej wpływa na bogactwo gatunkowe ogółu owadów fitofagicznych, w tym ogółu rośliniarek oraz wyspecjalizowanych melitofagicznych grup pszczołowatych (*Apoidea*) (Ryc. 51), osowatych (Ryc. 52) i innych żądłówek. Pojaw licznych gatunków fitofagicznych motyli i muchówek stymuluje rozwój pasożytniczych błonkówek – owadziarek (*Terebrantes*), a także drapieżnych – osowatych (*Vespoidea*) i mrówkowatych (*Formicoidea*).

Siedliska kserotermiczne obszarów murawowych, wyniesień skałkowych i powierzchni osadniczych są licznie zajmowane przez pasożytnicze i drapieżne żądłówki, takie jak złotolitkowate (*Chrysididae*), żronkowate (*Mutillidae*), smukwowate (*Scolidae*), niektóre mrówkowate (*Formicoidea*) oraz niespołeczne pszczołowate (*Colletidae*, *Andrenidae*, większość *Halictidae*, *Megachilidae*, *Anthophoridae*) i osowate (*Eumenidae*).

Wśród błonkówek najbardziej wyjątkowymi dla Karkonoszy stały się trzmielowate (Ryc. 53) i osy społeczne. W badaniach ich zasobów w piętrach roślinności wykazano ścisłe powiązanie zróżnicowania struktury zespołów z degradacją pięter leśnych w wyniku niewłaściwej gospodarki leśnej w przeszłości oraz zakwaszenia opadów atmosferycznych (PAWLIKOWSKI 1992, 1993).

W Karkonoszach korzystny rozwój gniazd tych owadów społecznych sprzężony jest z mikro- i makroklimatem oraz organizacją przestrzenną pięter roślinności. W sytuacji nie zaburzonej organizacji roślinności gór-



Ryc. 53. Trzmiel gajowy Bombus lucorum (Linnaeus, 1761) jest pospolitym przedstawicielem podrodziny trzmielowatych (Apidae: Bombini) (fot. J. Dąbrowski)

skiej (w tym głównie lasów), każde z wyższych pięter roślinności posiada coraz to mniej korzystne warunki dla rozwoju rodzin. Faktycznie naturalna organizacja regli została zaburzona przez wyręby. Powstałe w wyniku tych działań środowiska porębowe przyczyniły się do ogólnego polepszenia warunków siedliskowych dla błonkówek społecznych. Przeorganizowane środowiska reglowe, zamiast ograniczania przenikania rodzin w wyższe partie gór, stały się korzystnymi refugiami rozwojowymi dla tych błonkówek. Stwierdzono, iż w wyniku utworzonego systemu poręb w reglach, podwyższyła się górna granica refugialnych środowisk dla trzmieli i os społecznych z pogranicza pogórza i regla dolnego, aż do pogranicza regla górnego i kosówki.

Literatura:

ANTUŠ M. 1982: Příspěvek k poznání arachnofauny Krkonoš. Opera Corcontica 19: 207–214. BÖSENBERG W. 1901–1903: Die Spinnen Deutschlands. Zoologica, Stuttgart 14, 1901: 1–192, 1902: 193–384, 1903: 385–465.

BANERT P. & PISARSKI B. 1972: Mrówki (*Formicidae*) Sudetów. Fragmenta Faunistica 18: 345–359.

BAŃKOWSKA R. 1961: Materiały do znajomości *Syrphidae* (*Diptera*) Karkonoszy i Gór Izerskich. – Přir. Čas. Slez., 22: 279–282.

BAŃKOWSKA R. 1964: *Syrphidae* (*Diptera*) Sudetów. Fragmenta Faunista 11: 287–318.

BARTÁK M., MERZ B. & VANĚK J. 2009: Stínomilkovití (*Diptera*, *Lauxaniidae*) a *Pallopteridae* (*Diptera*) vysokých poloh Krkonoš. Opera Corcontica 46: 179–184.

BARTÁK M. & VANĚK J. 2009: Kmitalkovití (*Diptera*, *Sepsidae*) vysokých poloh Krkonoš. Opera Corcontica 46: 173–178.

BENEŠ K. 1968: Prispevek k poznani halek pilatek Krkonos (*Hymenoptera: Tenthredinidae*). Opera Corcontica 5: 247–251.

BIELAK-OLEKSY T. & JAŚKIEWICZ W. 1977: Krocionogi (*Diplopoda*) Sudetów. Fragmenta Faunistica 23/4: 33–49.

BIESIADKA E. 1993: Środowiskowe rozmieszczenie chrząszczy (*Coleoptera*) wodnych w Karkonoszach. Geoekologiczne Problemy Karkonoszy. Materiały z sesji naukowej w Karpaczu 11–13 X 1991: 263–273.

BOHÁČ J. & FUCHS R. 1995: The effect of air pollution and forest decline on epigeic staphylinid communities in the Giant Mountains. Acta Zool. Fenn. 196: 311–313

BOHÁČ J. 2001: Epigeic beetles (*Insceta: Coleoptera*) in mountain spruce forest under long-term synergistic chronic effects in the Giant Mountains (Central Europe). Ekologia 20, 1: 57–69.

BORKOWSKI A. 1969: Studia nad *Stigmellidae* (*Lepidoptera*). Cz. I. Przyczynek do znajomości rozmieszczenia, biologii i ekologii *Stigmellidae* w Sudetach polskich. Pol. Pismo ent. 39: 95–122.

BORKOWSKI A. 1985: Owady. W: JAHN A. (red.), Karkonosze Polskie. Ossolineum. Wrocław: 395–426.

BORKOWSKI A. 1998: Obserwacje nad motylami dziennymi (*Lepidoptera*: *Papilionidea*, *Hesperioidea*) w Sudetach Zachodnich z uwagami do przyczyn stopniowego zanikania niektórych gatunków. Przyroda Sudetów Zachodnich 1: 27–44.

BORKOWSKI A. 2000: Motyle miniujące Sudetów Zachodnich. Część I. Pasynkowate (*Lep., Nepticulidae*). Przyroda Sudetów Zachodnich 3: 85–100.

BORKOWSKI A., KANIA J. & MALKIEWICZ A. 2005: Owady uskrzydlone (*Insecta: Pterygota*) Karkonoszy – historia badań i aktualny stan wiedzy. Przyroda Sudetów Zachodnich 7: 127–152.

BOROWIAK M. & CHRZANOWSKI A. 2003: *Rhodometra sacraria* Linnaeus, 1767 (*Lepidoptera*, *Geometridae*), a new species of moth the fauna of Poland. Polskie Pismo Entomologiczne 72: 99–103.

BOROWIAK M. & CHRZANOWSKI A. 2006: Miernikowcowate (*Lepidoptera: Geometridae*) Karkonoskiego Parku Narodowego i okolic w latach 1999–2003. Przyroda Sudetów 9: 131–142.

BOROWIAK M. & CHRZANOWSKI A. 2007a: Inwentaryzacja i analiza faunistyczno-ekologiczna zgrupowania sówkowatych (*Lepidoptera*, *Noctuidae*) polskiej części Karkonoszy. Nauka Przyr. Technol. 1 (1), #6 www.npt.arpoznan.net.

BOROWIAK M. & CHRZANOWSKI A. 2007b: Wybrane rodziny motyli większych (*Lepidoptera: Lasiocampidae*, *Endromidae*, *Saturniidae*, *Sphingidae*, *Notodontidae*, *Lymantriidae*, *Arctiidae i Drepanidae*) w polskiej części Karkonoszy – wyniki badań przeprowadzonych w latach 1999–2003. Przyroda Sudetów 10: 101–108.

BOROWIAK M. & CHRZANOWSKI A. 2008: Motyle dzienne (*Lepidoptera: Papilionidea, Hesperioidea*) polskiej części Karkonoszy w latach 1999–2003. Jelenia Góra. Przyroda Sudetów 11: 87–94.

BÖRNER C. 1903: Über neue Altweltliche Collembolen, nebst Bemerkungen zur Systematik der Isotominen und Entomobryinen. Sitzungsberichte der Gesellschaft Naturforschender Freunde zu Berlin 1903: 129–182.

BRABENEC J. 1967a: Výzkum měkkýšů Krkonošského národního parku. I. část: Historie a zhodnocení dosavadního výzkumu měkkýšů Krkonoš. Opera corcontica 4: 101–110.

BRABENEC J. 1967b: Výzkum měkkýšů Krkonošského národního parku. II. část: *Cochlodina corcontica* sp. n. – nový plž z čeledi Clausiliidae. Opera corcontica 4: 111-127.

BRABENEC J. 1969: Výzkum měkkýšů Krkonošského národního parku. III. část: Měkkýší faun Rýchor. Opera corcontica 6: 77–83.

BRABENEC J. 1978: K poznání měkkýšů východních Čech. Vč. Sb. Přír. Práce a studie, oddíl Ochrana přírody a krajiny, KSSP-POP Východočeského kraje, Východočeské muzeum, Pardubice 10: 87–108.

BUCHAR J. 1983: Výsledky faunistického výzkumu Krkonoš 1. (Příspěvek k zoologickému inventarizačnímu průzkumu). Opera Corcontica 20: 99–114.

BUCHAR J. 1967: Pavoučí fauna Pančavské louky a blízkého okolí. Opera Corcontica 4: 79–93.

BUCHAR J.& RŮŽIČKA V. 2002: Catalogue of spiders of the Czech Republic. Peres Publ., Praha: 349 pp.

BUCZYŃSKI P., KŁONOWSKA-OLEJNIK M., ŁABĘDZKI A., MAJECKI J. 2017. Materiały do poznania chrząszczy wodnych (Coleoptera) potoków i torfowisk Karkonoskiego Parku Narodowego. Przegląd Przyrodniczy XXVIII, 1: 85-90.

BUCHHOLZ L. & KUBISZ D. 2005: *Ctenicera heyeri* (Saxesen, 1838) Zaciosek Heyera. W: GŁOWACIŃSKI Z. & NOWACKI J. (red.), Polska Czerwona Księga Zwierząt. Bezkręgowce: 124–125.

BUCHHOLZ L. 1996: Materiały do planu ochrony wybranych grup entomofauny Karkonoskiego Parku Narodowego oraz jego otuliny. *Coleoptera, Elateroidea*. Maszynopis, Jeleniogórskie Biuro Planowania i Projektowania, Jelenia Góra.

BUCZYŃSKI P., KŁONOWSKA-OLEJNIK M., ŁABĘDZKI A., MAJECKI J. 2017. Materiały do poznania chrząszczy wodnych (Coleoptera) potoków i torfowisk Karkonoskiego Parku Narodowego. Przegląd Przyrodniczy XXVIII, 1: 85-90.

BUNALSKI M. 1996: Materiały do planu ochrony wybranych grup entomofauny Karkonoskiego Parku Narodowego oraz jego otu-

liny. *Coleoptera*, *Scarabaeoidea i Lucanoidea*. Maszynopis, Jeleniogórskie Biuro Planowania i Projektowania, Jelenia Góra).

Bunalski M. 2003: Chrząszcze z nadrodziny żuków (*Coleoptera: Scarabaeoidea*) Karkonoszy. Rocz. nauk. Pol. Tow. Ochr. Przyr. „Salamndra", 7: 135–143.

Chrzanowski A. 2002: Nowe dane o występowaniu *Fagivorina arenaria* (Hufnagel, 1767) (*Lepidoptera: Geometridae*) w Polsce. Wiadomości Entomologiczne 21, 2: 126.

Chrzanowski A. 2005: Nowe i rzadko spotykane motyle (*Tortricidae*, *Geometridae* i *Noctuidae*) Karkonoskiego Parku Narodowego. Opera Corcontica 37: 281–287.

Chrzanowski A. 2008: Wyniki badań nad zgrupowaniami motyli dziennych i nocnych (*Rhopalocera* i *Heterocera*) Karkonoskiego Parku Narodowego wykonanych w latach 1999–2003 W: Mazur A., Raj A. & Knapik R. (red.), Monitoring ekosystemów leśnych w Karkonoskim Parku Narodowym. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra: 160–166.

Chrzanowski A. & Demski K. 2000a: Lepidoptera drzewostanów dolno i górnoreglowych Karkonoskiego Parku Narodowego – *Noctuidae*. Opera Corcontica 37: 217–220.

Chrzanowski A. & Demski K. 2000b: *Lepidoptera* drzewostanów dolno i górnoreglowych Karkonoskiego Parku Narodowego – *Tortricidae*. Opera Corcontica 37: 220–223.

Chrzanowski A. & Demski K. 2000c: *Lepidoptera* drzewostanów dolno i górnoreglowych Karkonoskiego Parku Narodowego – *Geometridae*. Opera Corcontica 37: 223–224.

Czachorowski S. 1991: Chruściki (*Trichoptera*) Karkonoszy: przyczynek do znajomości rozmieszczenia larw, Fragmenta Faunistica 9 (35): 151–166.

Czajka M. 1962: First observation on the occurence of the spiders *Lepthyphantes kochi* Kulcz. and *Amaurobius jugorum* L. Koch in Poland (*Araneae*). Polskie Pismo Entomologiczne 32: 251–252.

Czajka M. 1963: *Lepthyphantes kochi* Kulcz. (*Araneida*, *Linyphiidae*) w Polsce. Fragmenta Faunistica 10: 303-308.

Czajka M. 1976: Nowe stanowiska rzadkich gatunków pająków (*Aranei*) w Polsce. Opolskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk, Zeszyty Przyrod. 16: 119–130.

Čermák P. 1974: Zajimavé nálezy některých druhů brouku čeledi Elateridae v západni části Krkonoš. Opera Corcontica 11: 207–209.

Černý M., Barták M. & Vaněk J. 2009: Vrtalkovití (*Diptera*, *Agromyzidae*) vysokých poloh Krkonoš. Opera Corcontica 46: 185–197.

Dahl F. & Dahl M. 1927: Spinnentiere oder Arachnoidea 2. Lycosidae s. lat. (Wolfspinnenim weiteren Sinne). Tierwelt Deutschlands 5: ss. 80.

Dahl F. 1902: Über die Stufenfänge echter Spinnen am Riesengebrige. Sitz.-Ber. Ges. Naturf. Freu. Berlin: 185–203.

Dahl F. 1903: Berichtigungen zu seinem Vortrag über Stufenfange echter Spinnen am Riesengebrige. Sitz.-Ber. Ges. Naturf. Freu. Berlin: 183–184.

Dahl F. 1908: Die Lycosiden oder Wolfspinnen Deutschland und ihre Stellung im Haushalte der Natur. Nach Untersuchungen dargestellt. N. Acta Acad. Leop., Halle 88: 175-678.

Dahl M. 1926: Spinnentiere oder Arachnoidea 1. Springspinnen (*Salticidae*). Tierwelt Deutschlands 3: ss. 55.

Dahl M. 1931: Spinnentiere oder Arachnoidea 6. Agelenidae. Tierwelt Deutschlands 23: ss. 44.

Dahl M. 1935: Araneae und Opiliones. W: Dahl M., Hedicke H., Kästner A., Marcus E., Schulze P. & Vitzthum H. (red.), Zur Kenntnis der Spinnentiere Schlesiens (*Araneae*, *Opiliones*, *Pseudoscorpionida*, *Acarina*, *Tardigrada*). SB. Ges. Naturf. Fr., Berlin: 337–353.

Dahl M. 1937: Spinnentiere oder Arachnoidea 8. Hahniidae, Argyronetidae. Tierwelt Deutschlands 33: 100–114.

Dirlbek J. & Dirlbek K. 1971: Nálezy některých vrtulovitých (*Diptera, Trypetidae*) z oblasti Krkonoš. Opera Corcontica 7–8: 197–208.

Dittrich R. 1903: Verzeichnis der bisher in Schlesien aufgefundenen Hymenopteren. I. *Apidae*. Ztschr. f. Entomologie, N.F. 18: 22–54.

Dittrich R. 1911: Verzeichnis der bisherin Schlesien aufgefundenen Hymenopteren. III. Rapacia. Jahresh. D. Ver. F. Schles. Insektenkunde 4: 15–34.

Dittrich R. 1921: Verzeichnis der bisher Schlesien aufgefundenen Hymenopteren. IV. Diploptera (*Vespidae* ant.). Jahresh. D. Ver. F. Schles. Insektenkunde 13: 25–28.

Dominiak B. 1970: Badania nad równonogami (*Isopoda terrestia*) Polski. Fragmenta Faunistica 15/22: 401–472.

Doskočil J. 1973: Dvoukřidli (*Diptera*, *Acalyptrata*) Pančicke louky w ích. Opera Corcontica, 10: 211–224.

Dunger W. 1970: Zur Apterygotenfauna des Riesen- und Isergebirges. Opera Corcontica 9: 83–92

Ejsmont-Karabin J. 2008: Taksonomia i ekologia wrotków (Rotifera) z rzędu pijawczaków (Bdelloidea) na terenie Polski. Sprawozdanie z badań na terenie Karkonoskiego Parku Narodowego. Maszynopis, Karkonoski Park Narodowy..

Fabiszewski J. & Jeník J. 1994: Właściwości przyrodnicze i zagrożenia Karkonoskiego Parku Narodowego. Kosmos, 43: 101–115.

Fickert C. 1874: Verzeichniss des schlesischen Radspinnen (Orbitellae Latr.). Entomol. Miscellen, Breslau: 59–63.

Fickert C. 1875: Myriapoden und Araneiden vom Kamme des Riesengebriges. Ein Beitrag zur Faunistik der subalpinen Region Schlesiens. Zeitschr. Entom., Breslau 2: 1–48.

Fickert C. 1876: Verzeichnis der schlesischen Spinnen. Zeitschr. Entom., Breslau 5: 46–76.

Galewski K. 1990: Chrząszcze kałużnicowate. Pol. Tow. Hydrobiol., PWN, Warszawa: ss. 261.

Gerhardt J. 1910: Verzeichnis der Käfer Schlesiens preußischen und österreichischen Anteils, geordnet nach dem Catalogus coleopterum Europae vom Jahre 1906. Dritte, neubearbeitete Aufgabe, Berlin, XVI: ss. 431.

Głowacki A. 1983: Korniki świerka (*Coleoptera*, *Scolytidae*) w Karkonoskim Parku Narodowym i ich rola w gospodarce leśnej. Praca magisterska, Katedra Entomologii Leśnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu: ss. 32.

Grodzki W. 1997: Parazytoidy, drapieżce, komensale kambiofagów świerka w warunkach zmniejszonej różnorodności ekosystemów leśnych Sudetów. Pr. Inst. Bad. Leś., ser. A., 841: 194–213.

Grzywa A. & Hucał T. 2001: Grzybofilne chrząszcze (*Coleoptera*) Karkonoszy. Praca magisterska, Katedra Entomologii Leśnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu: ss. 61.

Gutowski J. M. 1988 (1989): Ocena stanu poznania kózkowatych (*Coleoptera: Cerambycidae*) parków narodowych i rezerwatów przyrody w Polsce. Ochrona Przyr., 46: 281–307.

Gutowski J. M. 1995: Kózkowate (*Coleoptera: Cerambycidae*) wschodniej części Polski. Pr. Inst. Bad. Leś., A, 811: 1–190.

Gutowski J. M. 2005: *Tragosoma depsarium* (Linnaeus, 1767). W: Głowaciński Z. & Nowacki J. (red.), Polska Czerwona Księga Zwierząt. Bezkręgowce: 142–143.

Haitlinger R. 1982: *Acarina* (*Myobiidae*, *Cheyletidae*, *Pygmephoridae*, *Trombiculidae*, *Dermanyssidae*) nowe lub rzadkie w faunie Polski. Wiadomości Parazytologiczne, 1982, 28, 3–4: 435–444.

Haitlinger R. 2007: Arthropods (*Siphonaptera*, *Anoplura*, *Acari*) of small mammals of Karkonosze Mts. (Sudetes). Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, Biologia i Hodowla Zwierząt, 2007, LV, 559: 23–41.

Hedwig 1927: Verzeichnis der bisher inSchlesien aufgefundenen Hymenopteren. V. *Ichneumonidae*. Zeitschr. f. Entom. 15: 2–16.

HEŘMAN P., BARTÁK M. & VANĚK J. 2009: Vrtulovití (*Diptera, Tephritidae*) vysokých poloh Krkonoš. Opera Corcontica 46: 199–204.

HESSE E. 1935: Beiträge zur Arachnidenfauna der Mark. Märk. Tierw. 1: 182–193.

HEYROVSKY L. 1930: Seznam bruk Republiky Československé. 1. *Cerambycidae* Tesaříci. Ent. Příručky, 15: ss. 61.

JENÍK J. 2000: Geografická a ekologická identita Krkonoš/Karkonoszy. Opera Corcontica 37: 12–19.

JEŽEK J., BARTÁK M. & VANĚK J. 2010: Koutulovití (*Diptera, Psychodidae*) vysokých poloh Krkonoš. Opera Corcontica 47: 265–274.

JEŽEK J., BARTÁK M., VANĚK J. & KUBÍK Š. 2012: Ovádovití (*Diptera, Tabanidae*) české části Krkonoš. Opera Corcontica 49: 173–180.

JUŘIČKOVÁ L. & LOŽEK V. 2008: Molluscs of the Krkonoše Mts. (Czech Republic). Malacologica Bohemoslovaca 7: 55–69.

KIESENWETTER H. & MÄRKEL F. 1846: Eine entomologische Exkursion im Riesengebirge im Juli 1846. Ent. Ztg., **7**: 333–352.

KIESENWETTER H. & MÄRKEL F. 1847: Eine entomologische Exkursion im Riesengebirge im Juli 1846 (Fortsetzung). Ent. Ztg., 8, 1: 73–87.

KLAPALEK F. 1905: Conspectus Plecopterorum Bohemiae. Čas. Čs. Spol. Entom., 2: 27–32.

KLIMEŠ L. (1999): Harvestman assemblages (*Arachnida: Opiliones*) in Krkonoše National Park. Klapalekiana, 35: 129–138.

KŁONOWSKA-OLEJNIK M., ŁABĘDZKI A., MAJECKI J. 2017a: Jętki (Ephemeroptera) wybranych siedlisk wodnych Karkonoskiego Parku Narodowego. Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Ratio Ind. Lignar., 15, 4: 257–267.

KŁONOWSKA-OLEJNIK M., ŁABĘDZKI A., MAJECKI J. 2017b: Widelnice (Plecoptera) wybranych siedlisk wodnych Karkonoskiego Parku Narodowego. Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Ratio Ind. Lignar. 16, 2:107-121.

KOGUT A. 1990: Pająki (*Aranei*) zasiedlające wyższe partie Karkonoszy. Praca magisterska, Uniwersytet Wrocławski: ss. 55.

KOCH L. 1875: Beschreibungen einiger von Herrn Dr. Zimmermann bei Niesky in der Ober-Lausitzund im Riesengebirge entdeckter neuer Spinnenarten. Abh. Naturf. Ges. Görlitz 15: 1–21.

KONCA B. 1993: Korniki i kózki (*Scolytidae* i *Cerambycidae*) Karkonoszy Polskich. Geoekologiczne Problemy Karkonoszy. Materiały z sesji naukowej w Karpaczu 11–13 X 1991: 285–293.

KRASOWSKA E. 1978: Skójka perłorodna *Margaritifera margaritifera* L. (*Mollusca, Bivalvia*) – gatunek chroniony. Przegląd Zologiczny t. 22, z. 1: 48–54.

KUBASIK W., LARSEN K., CHRZANOWSKI A. 2002: *Lobesia virulenta* Bae et Komai, 1991 (*Lepidoptera: Tortricidae*) in Poland. Pol. Pismo ent. 71: 19–22.

KUBÍK Š., BARTÁK M. & VANĚK J. 2009: Zelenuškovití (*Diptera, Chloropidae*) vysokých poloh Krkonoš. Opera Corcontica 46: 165–171.

KUDLER J. & VEBER J. 1965: Poznatku o oscilaci hustoty hrebenule rysave *Neodiprion sertifer* v Krkonoších v roce 1964 a vysledku introdukce virove nakazy. Opera Corcontica 2: 99–113.

KUFEL J. 1970: Fauna pijawek (*Hirudinea*) potoków Karkonoszy. Opolskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk; Zeszyty Przyrodnicze 10: 59–90.

KUPRYJANOWICZ J. 2008: PAJĄKI. W: BOGDANOWICZ W., CHUDZICKA E., PILIPIUK I.& SKIBINSKA E. (eds.), Fauna Polski. Charakterystyka i wykaz gatunków. Tom III. Volume III. Muzeum i Instytut Zoologii PAN, 603 pp.

KŮRKA A. 1995: Some rare and remarkable spider species (*Araneida*) from peatbogs of the Czech Republic. Čas. Nár. Muz., ř. přír. 164: 77–86.

KŮRKA A. 1999: Remarkable faunistic records of four spider species (*Araneae*) from Bohemia and Moravia. Čas. Nár. Muz., ř. přír. 168: 133–134.

KŮRKA A.& VANĚK J. 2001: Spiders (*Araneae*) of shaded and non-shaded sites in the tundra of the western Giant Mountains (Czech Republic). Opera Corcontica 38: 219–233.

KŮRKA A.& VANĚK J. 2006: Spiders (*Araneae*) of the peatbogs in the Krkonoše Mts (Giant Mts). Geoekologické problémy Krkonoš, Sborník abstraktů, referátů a posterů, Vrchlabí 3. – 5.10.2006: 45.

KŮRKA A.& VANĚK J. 2008: Pavouci (*Araneae*) krkonošských lesních rašelinišť. Spiders (*Araneae*) of forest peat bogs in the Giant Mts. Opera Corcontica 45: 125–149.

KŮRKA A.& VANĚK J. 2009: Fauna pavouků (*Araneae*) jižního svahu Sněžky (Krkonoše). Opera Corcontica 46: 149–158.

KŮRKA A.& VANĚK J. 2010: Nález dvou vzácných druhů pavouků (*Araneae*) *Cinetata gradata* (Simon, 1881) (*Linyphiidae*) a *Theridion boesenbergi* Strand, 1904 (*Theridiidae*) v podhůří Krkonoš. Opera Corcontica 47: 275–280.

KŮRKA A. & SZYMKOWIAK P. 2007: Pavouci. W: FLOUSEK J., HARTMANOVA O., ŠTURSA J. & POTOCKI J. (red.), Krkonoše – příroda, historie, život. Baset, Praha: 235–240.

KUŚKA A. 1995: Omomiłki (*Coleoptera, Cantharidae*): *Cantharinae* i *Silinae* Polski. Monografie Fauny Polski, 21: 1–201.

ŁABĘDZKI A. 1996: Materiały do planu ochrony wybranych grup entomofauny Karkonoskiego Parku Narodowego oraz jego otuliny. *Odonata* i *Coleoptera: Calosoma, Carabus (Carabidae)* i *Coccinellidae*. Maszynopis (depon w Jeleniogórskim Biurze Planowania i Projektowania, Jelenia Góra).

ŁABĘDZKI A., GWIAZDOWICZ D., MAZUR A. & SZYMKOWIAK P. 2003: Koncepcja monitoringu wpływu sztucznego dośnieżania tras narciarskich FIS, Lolobrygida i Śnieżynka w rejonie Szrenicy w Szklarskiej Porębie na środowisko przyrodnicze Karkonoskiego Parku Narodowego na podstawie wybranych grup bezkręgowców glebowych. Maszynopis, Jeleniogórskie Biuro Planowania i Projektowania, Jelenia Góra.

LEBERT H. 1875: Verzeichniss schlesischer Spinnen mit Aufzählung der schlesischen Myriapoden. Tübingen: ss. 63.

LEŚNIAK A. 1984: Biegaczowate (*Carabidae, Col.*) lasów Karkonoskiego Parku Narodowego. Pr. Karkon. Tow. Nauk., 41: 37–70.

LETZNER K. 1871: Verzeichnis der Käfer Schlesiens. Z. Ent., Breslau, 2, XXIV: 1–328.

LETZNER K. 1886: Fortsetzung des Verzeichnisses der Käfer Schlesiens. Z. Ent. N.F., 11: 69–148.

LIŠKA J., JAROŠ J., SPITZER K. & CHRZANOWSKI A. 2007: Motýli. W: FLOUSEK J., HARTMANOVÁ O., ŠTURSA J. & POTOCKI J. (red.), Krkonoše – příroda, historie, život. Baset, Praha: 245–250.

LOKVENC 1966: Premnozeni hrebenule rysave (*Neodiprion sertifer*) na kosodrevine v Krkonosich v letech 1880–1884. Opera Corcontica 3: 189–191.

ŁUCZAK J. & WOŹNY M. 1999: Effect of spruce forest decline on spider communities of Karkonosze Mts. Polish J. Ecol. 47: 429–447.

MÁCA J. 1975: K poznani octomilkovitych (*Diptera, Drosophilidae*) subalpinskeho a horniho montanniho pasma we Stredni Europie. Opera Corcontica 12:153–158.

MAJECKI J. ŁABĘDZKI A. 2018. Chruściki (Trichoptera) Karkonoskiego Parku Narodowego - badania 2014-2015. Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Ratio Ind. Lignar. 17(1) 2018: 35-46.

MALKIEWICZ A. 2001: Miernikowce (*Lepidoptera: Geometridae*) Karkonoszy Polskich. Przyroda Sudetów Zachodnich. 4: 111–120.

MALKIEWICZ A. 2001: Zagrożone populacje reliktowych miernikowców (*Lepidoptera: Geometridae*) w Karkonoskim Parku. Narodowym. Przyroda Sudetów Zachodnich. 3: 101–104.

MARSCHNER 1927: Uber die Hummeln des Riesengebirges. Soc. Ent. 42: 33-34.

MARTINEK 1968: Prispevek k poznani bionomie hrebenule rysave (*Neodiprion sertifer*) v oblasti Krušnych hor a Krkonoš. Opera Corcontica 5: 175–199.

MARTINEK V. 1969: Zajímavější druhy dvoukřídlého hmyzu z čeledi *Helomyzidae* (*Diptera-Acalyptrata*) v Krkonoších. Opera Corcontica 6: 51–75.

MARTINEK V. 1972: Příspěvek k poznání rozšíření některých druhů čeledi *Lauxanidae*, *Psilidae* a *Calobatidae* (*Diptera-Acalyptrata*) v Krkonoších. Opera Corcontica 9: 93–110.

MARTIŠ M. 1975: Střevlikoviti (*Col*., *Carabidae*) alpinské zóny Západnich Krkonoš. Opera Corcontica 12: 109–135.

MATERNA J., VANĚK J., KŮRKA A. & VONIČKA P. 2010: Epigeičtí pavouci (*Araneae*), sekáči (*Opiliones*) a střevlíci (*Coleoptera*, *Carabidae*) vybraných rostlinných společenstev rkonošské a skandinávské tundry. Opera Corcontica 47: 187–210.

MAZUR A. 2004: Występowanie *Phymatura brevicollis* (Kraatz, 1856) (*Coleoptera: Staphylinidae*) w Karkonoszach i na Przedgórzu Sudeckim. Przyroda Sudetów Zachodnich 6: 131–136.

MAZUR A. 2010: Chrząszcze kusakowate (Coleoptera: Staphylinidae) Karkonoszy – stan poznania i perspektywy badań. W: NOWACKI J., BUNALSKI M. & BUCHHOLZ L. (red.), Ochrona owadów w Polsce Entomofauna górska – stan aktualny oraz perspektywy jej ochrony w Polsce. Wiadomości Entom., 29 Supl.: 65–71.

MAZUR A. 2012: Waloryzacja górnoreglowych borów świerkowych w Sudetach metodą zooindykacyjną z zastosowaniem zgrupowań epigeicznych kusakowatych (*Coleoptera, Staphylinidae*). Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, Poznań: ss. 242.

MAZUR A., BOHÁČ J. & MATĚJÍČEK J. 2004: Occurrence of species of the genus *Eusphalerum* Kr. (*Col*., *Staphylinidae*, *Omaliinae*) in the Giant Mountains area. Opera Corcontica 41: 287–300.

MAZUR A., KLEJDYSZ T., DOBROWOLSKI M., KONWERSKI S., KRÓLIK R., ŁABĘDZKI A., MAZUR M.A., PRZEWOŹNY M. 2016: Chrząszcze saproksyliczne Karkonoszy. Część I - wykaz gatunków. Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Ratio Ind. Lignar. 15(4): 269-295.

MAZUR A., ŁABĘDZKI A. & RAJ A. 2008: Obserwacje nad występowaniem kornika drukarza *Ips typographus* (L.) i gatunków towarzyszących w ekosystemach leśnych Karkonoskiego Parku Narodowego w latach 2001–2003. W: MAZUR A., RAJ A. & KNAPIK R. (red.), Monitoring ekosystemów leśnych w Karkonoskim Parku Narodowym. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra: 91–127.

MAZUR A., WITKOWSKI R., GÓRAL J., ROGOWSKI G. 2018. Occurrence of Gnathotrichus materiarius (Fitch, 1858) (Coleoptera, Curculionidae, Sciolytinae) in South-Western Poland. Folia Forestalia Polonica, A-Forestry, 60(3): 154-160.

MERKEL E. 1894: Molluskenfauna von Schlesien. J.U. Kern's Verlag Breslau: ss. 295.

MICHALSKI J. 1998: Gradacje kornikowe w ostatnim 50-leciu w drzewostanach świerkowych Polski. W: BORATYŃSKI A. & BUGAŁA W. (red.), Biologia świerka pospolitego. Polska Akademia Nauk Instytut Dendrologii, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań: 468–508.

MISZTA A., CUBER P., LIBERSKI J., WOLNY M. & ZABŁOCKI P. 2012: Zbadanie stanu polskiej populacji *Somatochlora alpestris* i *Aeshna caerulea* na torfowiskach KPN. Maszynopis, sprawozdanie z wykorzystania licencji badawczej na terenie KPN, Karkonoski Park Narodowy.

MOUCHA J. & VAN DER GOOT V.S. 1971: Die Syrphiden-Fauna des Riesengebirges (*Insecta*, *Diptera*), Opera Corcontica 7–8: 141–156.

NOSEK A. 1895: Seznam českých a moravských pavouků. Věst. Král. Spol. Nauk, třída math.- přír.: 1–56.

NOSKIEWICZ J., SEMBRAT K. & SZARSKI K. 1961: Osobliwości faunistyczne Karkonoskiego Parku Narodowego. Ochr. Przyr., 27: 27–40.

NOWACKI J. 1998. Sówkowate (*Lepidoptera: Noctuidae*) Karkonoszy Polskich. Wiadomości Entom. 16: 177–188.

PAWLIKOWSKI T. 1992: Materiały do studiów nad strukturą zespołów żądłówek (*Hymenoptera: Aculeata*) Polski. 1. Trzmiele (*Apoidea: Bombus*) wschodnich Karkonoszy. Wiadomości Entom. 11(4): 207–212.

PAWLIKOWSKI T. 1993: Materiały do studiów nad strukturą zespołów żądłówek (*Hymenoptera: Aculeata*) Polski. 2. Osy społeczne (*Vespidae*) wschodnich Karkonoszy. Wiadomości Entom. 11(4): 207–212.

PAWŁOWSKI J., KUBISZ D. & MAZUR M. 2002: *Coleoptera* Chrząszcze. W: GŁOWACIŃSKI Z. (red.), Czerwona lista zwierząt ginących i zagrożonych w Polsce. PAN Instytut Ochrony Przyrody, Kraków: 88–112.

PAX F. 1921: Die Tierwelt Schlesiens. Jena, VIII: ss. 342.

PĘTAL 1994: Próba oceny zespołów mrówek w różnych siedliskach Karkonoszy. Karkonoskie Badania Ekologiczne, II Konferencja, Dziekanów Leśny, Nr 212.

PFEIL O. 1866: Zwei entomologische Riesengebirgs-Exkursionen. Berlin. Ent. Z., 9: 219–233.

PILAWSKI S. 1962: Wstępne badania pająków w Karkonoskim Parku Narodowym. Acta Univ. Vratislav. 3, Prace Zool. 1: 181–188.

PILAWSKI S. 1963: Pająki nowe dla fauny Dolnego Śląska. Przegl. Zool. 7: 43–52.

PILAWSKI S. 1965: O kilkunastu gatunkach pająków złowionych w Sudetach Śląskich nowych dla fauny Dolnego Śląska i Polski. Przegl. Zool. 9: 254–265.

PILAWSKI S. 1970: Przyczynek do ekologii niektórych gatunków pająków (*Aranei*) z Dolnego Śląska. Przegl. Zool. 14: 47–61.

PRÓSZYŃSKI J. & STAREGA W. 1971: Pająki – *Aranei*. Katalog Fauny Polski 33: ss. 382.

PRÓSZYŃSKI J. 1971: Revision of the spider genus *Sitticus* Simon, 1901 (*Aranei*, *Salticidae*) 2. *Sitticus saxicola* (C. L. Koch, 1848) and related forms. Annales Zool. 28: 183–204.

Rafalski J. 1960: Kosarze, *Opiliones*. Katalog Fauny Polski, 32(2): 1–29, 1 mapa.

RAJ A. 1995: Niektóre problemy ochrony ekosystemów leśnych Karkonoskiego Parku Narodowego na przestrzeni ostatnich kilku lat. Geoekologiczne Problemy Karkonoszy. Materiały z sesji naukowej w Borowicach 13–15 X 1994: 95–100.

RAJ A. 1996: Materiały do planu ochrony wybranych grup entomofauny Karkonoskiego Parku Narodowego oraz jego otuliny. *Coleoptera*, *Chrysomelidae*. Maszynopis, Jeleniogórskie Biuro Planowania i Projektowania, Jelenia Góra: ss. 33.

RAJ A. 2001: Stonkowate (*Col*., *Chrysomelidae*) Karkonoszy. Przyroda Sudetów Zachodnich 4: 81–98.

REIMOSER E. 1937: Spinnentiere oder Arachnoidea 8. Gnaphosidae, Anyphaenidae, Clubionidae. Tierwelt Deutschlands 33: 1–99.

REINHARD O. 1874: Über die Molluskenfauna der Sudeten. Archiv für Naturgeschichte 40: 179–259.

RŮŽIČKA V. & VANĚK J. 1997: Pavouci (*Araneae*) Úpské rašeliny a Studniční hory. Opera Corcontica 34: 179–187.

RŮŽIČKA V. & ZACHARDA M. 1994: Arthropods of stony debris in the Krkonoše Mountains, Czech Republic. Arctic and Alpine Research 26: 332–338.

RŮŽIČKA V. 1990: On the lithobionts *Lepthyphantes notabilis*, *Rugathodes bellicosus* and on *Rugathodes instabilis* (*Araneae*: *Linyphiidae*, *Theridiidae*). Acta Entomol. Bohemoslov. 86 [1989]: 432–441.

SCHENKEL E. 1929: Spinnen vom Riesengebrige gesammelt von E. Nielsen. Entom. Meddelelser 16: 335–338.

SCHENKEL E. 1930: Spinnen vom Petzer, Riesengebirge, und Mayrhof, Tyrol, gesammelt von E. Nielsen. Entomol. Meddelelser 17: 228–231.

SCHENKEL E. 1939: Spinnen aus dem Riesengebirge, gesammelt von Prof. Cl. Špaček in Trautenau. Festschrift zum 60. Geburt-

stage von Professor Dr. Embrik Strand, Vol. 5. Latvija, Riga: 456–459.

SCHOENEMUND E. 1930: Eintagsfliegen oder Ephemeroptera. Die Tierwelt Deutchlands 19, Jena: ss. 106.

SCHOLTZ H. 1852: Verzeichnis der bis jetzt in Schlesien aufgefundenen Land und Süsswassermollusken. Zeitschrift für Malakozoologie 9: 33–34.

SKARŻYŃSKI D. 2001: Springtails (*Collembola*) of the Karkonosze Mountains (Poland), Fragmenta Faunistica 44: 203–212.

SKARŻYŃSKI D. 2004: Fauna owadów bezskrzydłych (*Apterygota*) Karkonoszy. Przyroda Sudetów 7: 121–126.

Skarżyński D., Piwnik A. 2017: Zaktualizowany wykaz skoczogonków (Collembola) Karkonoszy. Przyroda Sudetów 20: 169–178.

SMETANA V. & MILES P. 1993: Nekolik poznamek k hnizdenicmelaku (*Hymenoptera*, *Bombidae*) v ptacich budkach na uzemi Krkonos. Opera Corcontica 30: 175–178.

SOFFNER J. 1967: Erebia epiphron silesiana im Riesengebirge (Lep., Satynidae). Entomol Z Frankfurt 77: 125-128.

SOLDÁN T. 2000: Biodiversity of Mayflies (*Ephemeroptera*) in the Krkonoše Mountains: a historical and present status overview. Opera Corcontica 37: 369–377.

SOSZKA-KUBALA M. 1998: Błonkówki minujące (*Hymenoptera: Tenthredinidae*) Jeleniej Góry i okolic. Praca magisterska, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu.

STACHOWIAK M. 2012: Biegacz urozmaicony *Carabus (Hygrocarabus) variolosus* Fabricius 1787. W: MAKOMASKA-JUCHIEWICZ M. & BARAN P. (red.), Monitoring gatunków zwierząt Przewodnik Metodyczny Część druga. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa: 310–327.

STACHOWIAK P. 1988: Ryjkowce *Attelabidae*, *Apionidae*, *Curculionidae* – *Coleoptera* Karkonoskiego Parku Narodowego. Parki nar. Rez. Przyr., 8, 2: 41–55.

STACHOWIAK P. 1993: Uwagi o stanie poznania ryjkowców (*Anthribidae*, *Nemonychidae*, *Attelabidae*, *Apionidae*, *Curculionidae* – *Coleoptera*) Karkonoszy. Geoekologiczne Problemy Karkonoszy. Materiały z sesji naukowej w Karpaczu 11–13 X 1991: 241–244.

STARĘGA W. & NAKAZIUK G. 1987: Pająki (*Aranei*) z okolic Międzyrzeca Podlaskiego oraz uzupełnienia i sprostowania wiadomości o pająkach Podlasia. Roczn. Międzyrz., Międzyrzec Podlaski 16–17: 232–245.

STARĘGA W. 1975: *Opiliones*, Kosarze (*Arachnoidea*). Fauna Polski, 5: 1–197.

STARĘGA W. 1983: Wykaz krytyczny pająków (*Aranei*) Polski. Fragmenta Faunistica 27: 149–268.

STARĘGA W., BŁASZAK C. & RAFALSKI J. 2002: *Arachnida* Pajęczaki. W: GŁOWACIŃSKI Z. (red.), Czerwona lista zwierząt ginących i zagrożonych w Polsce. Instytut Ochrony Przyrody PAN, Kraków: 133–140.

STARZYK J. R. 2005: *Rosalia alpina* (Linnaeus, 1758) Nadobnica alpejska. W. GŁOWACIŃSKI Z. & NOWACKI J. (red.), Polska Czerwona Księga Zwierząt. Bezkręgowce: 148–149.

SZYMKOWIAK P. & GÓRSKI G. 2004a: Spider communities in the contact zone between open areas and spruce forest in the Karkonosze National Park. Opera Corcontica 41: 309–315.

SZYMKOWIAK P. & GÓRSKI G. 2004b: Spiders (Araneae) of the trunk layer in the upper forest limit in the Karkonosze National Park. Opera Corcontica 41: 301–308.

SZYMKOWIAK P. 2004: *Maro sublestus* Falconer, 1915 (Araneae, Linyphiidae) – a spider new to the fauna of Poland. Fragmenta Faunistica 47: 139–142.

SZYMKOWIAK P. 2002–04: Badania nad pająkami (*Araneae*) Karkonoskiego Parku Narodowego przeprowadzone w oparciu o siatkę stałych powierzchni monitoringowych. Maszynopis, Karkonoski Park Narodowy.

ŠEVČÍK J., 2012: Kalužnatkovití (*Diptera: Thaumaleidae*) Krkonoš (Česká republika). Opera Corcontica, 49: 193–196.

ŠEVČÍK J., BARTÁK M. & VANĚK J. 2009: Dvoukřídlí (*Diptera*) čeledí *Anisopodidae* (stružilkovití), *Mycetobiidae* a *Dixidae* (komárcovití) vysokých poloh Krkonoš (Česká republika). Opera Corcontica 46: 159–163.

ŠATNY V. 1966: Zvyseny vyskyt hrebenula rysave (*Neodiprion sertifer*) v klecovych prostrach v Krkonosich. Opera Corcontica 4: 95–100.

ŠIFNER F. 1967: Contribution a la connaissance de la faune des dipteres des montagnes de Jizera et Karkonoše en Boheme Nord (*Diptera*, fam. *Scatophagidae*). Opera Corcontica 4: 95–100.

TICHÝ J. 1967: O výskytu některých pozoryhodných bruk (*Coleoptera*) v Krkonoších. Opera Corcontica 4: 190–191.

TOŁOKNOW P. 1998: Zgrupowania korników (*Scolytidae*, *Coleoptera*) drzewostanów świerkowych w Karkonoskim Parku Narodowym. Praca magisterska, Katedra Entomologii Leśnej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu: ss. 71.

UZEL J. 1891: Šupinušký zemé české. Thysanura Bohemiae. Sitzungsberichte der Königl. Böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften. Mathematisch-naturwissenschaftliche Classe, Jahrg. 1890, Bd II, Prag.

VAVRA V. 1988: Jepice (*Ephemeroptera*) Krkonoš. Opera Corcontica 25: 56–75.

WASYLEWICZ Z. 1993: Korniki (*Coleoptera*, *Scolytidae*) regla dolnego i górnego Karkonoskiego Parku Narodowego. Praca magisterska, Katedra Entomologii Leśnej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu: ss. 35.

WIEHLE H. 1931: Spinnentiere oder Arachnoidea. Araneidae. Tierwelt Deutschlands 23: 1–136.

WIEHLE H. 1937: Spinnentiere oder Arachnoidea 8. Theridiidae oder Haubennetzspinnen (Kugelspinnen). Tierwelt Deutschlands 33: 119–222.

WIEHLE H. 1956: Spinnentiere oder Arachnoidea (Araneae) 10. Linyphiidae – Baldachinspinnen. Tierwelt Deutschlands 44: 1–337.

WIEHLE H. 1960: Spinnentiere oder Arachnoidea (Araneae) 11. Micryphantidae – Zwergspinnen. Tierwelt Deutschlands 47: 1–620.

WIKTOR A. 1964: Mięczaki Ziemi Kłodzkiej i gór przyległych. Studium faunistyczno-zoogeograficzne. Prace Komisji Biologicznej PTPN 29: 1–132.

WIKTOR A. 1985: Bezkręgowce (z wyłączeniem owadów). W: JAHN A. (red.), Karkonosze polskie. Ossolineum, Wrocław: 377–394.

WIKTOR A. 2004: Świdrzyk łamliwy *Balea perversa* (Linnaeus, 1758). W: GŁOWACIŃSKI Z. & NOWACKI J. (red.), Polska Czerwona Księga Zwierząt. Bezkręgowce. Instytut Ochrony Przyrody PAN. Kraków: 333–335.

WIKTOR A. & FLASAR I. 2005: Ślimaki Karkonoszy (Mollusca: Gastropoda). Przyroda Sudetów 8: 67–76.

WIKTOR J. & WIKTOR A. 1968: Charakterystyka fauny mięczaków polskiej części Karkonoszy ze szczególnym uwzględnieniem Karkonoskiego Parku Narodowego. Ochrona Przyrody 33: 193–214.

WINKLER O. 1977: Pšispěvek k poznání potoční entomofauny v Krkonoších. Opera Concortica 14: 143–153.

WIŚNIEWSKI & MOSKALUK 1975: Mrówki z grupy *Formica rufa* (*Hymenoptera*, *Formicidae*) w Karkonoskim Parku Narodowym. Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk 40: 153–156.

WIŚNIEWSKI K. & WESOŁOWSKA W. 2017: Rare spider species (Araneae) from the Giant Mountains and the Izera Mountains – new records for the fauna of Poland. Fragmenta Faunistica, Warsaw 59(2): 115-120.

WOŹNY M. 1972–1999: Wykaz pająków Sudetów. Zbiór porównawczy pająków Karkonoszy, Gór Złotych, Gór Kaczawskich,

Masywu Śnieżnika. (http://www.pngs.pulsar.net.pl/data/kolekcja.doc).

Woźny M.1994: *Latithorax faustus* (O. P. – Cambridge) i *Diplocephalus protuberans* (O. P. – Cambridge) – dwa gatunki pająków (*Aranei*, *Linyphiidae*) nowe dla fauny Polski. Przegl. Zool. 38: 267–269.

Woźny M., Czajka M., Pilawski S. & Bednarz S. 1988: Pająki (*Aranei*) polskich Sudetów. Acta Univ. Wratislav., Prace Zool. 19: 53–130.

Wunder W. 1929: Über das Vorkommen von Hydren, Bryozoen und Hirudineen im Grossen und Kleinen Teich im Riesengebirgen. Zool. Anz. 80: 179–183.

Zacharias O. 1886: Ergebnisse einer zoologischen Exkursion in das Glatzer-, Iser- und Riesengebirge. Z. Wiss. Zool., 43: 256–276.

Zacharias O. 1890: Zur Kenntnis der niederen Tierwelt des Riesengebirgs nebst vergleichenden Ausblicken. Forsch. Dtsch. Landes. u. Volkskunde 4: 399–433.

Zacharias O. 1884: Über die Fauna des Grossen u. Kleinen Teiches im Riesengebirge. Der Wanderer im Riesengeb. 2 (35): 5–7.

Zimmermann H. 1871: Die Spinnen der Umgegend von Niesky. Verzeichnis 1. Ein Beitrag zur Kenntnis der Arachnidenfauna der Oberlausitz. Abh. Naturf. Ges. Görlitz 14: 69–137.

Dane adresowe autorów:

Jerzy Błoszyk
Zakład Zoologii Ogólnej Instytut Biologii Środowiska
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza
ul. Umultowska 89, 61-614 Poznań
bloszyk@amu.edu.pl

Artur Chrzanowski
Katedra Entomologii Leśnej
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Wojska Polskiego 71C, 60-625 Poznań
chartur@up.poznan.pl

Marek Dobrowolski
Karkonoski Park Narodowy
ul. Chałubińskiego 23, 58-570 Jelenia Góra
marek.dobrowolski@kpnmab.pl

Antonín Kůrka
Přírodovědecké muzeum – Národní muzeum
Václavské náměstí 68, 115 79 Praha 1
antonin.kurka@nm.cz

Elżbieta Kuźnik-Kowalska
Zakład Systematyki i Ekologii Bezkręgowców
Instytut Biologii, Uniwersytet Przyrodniczy
we Wrocławiu
ul. Kożuchowska 5b, 51-631 Wrocław
elzbieta.kowalskal@up.wroc.pl

Andrzej Mazur
Katedra Entomologii Leśnej
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Wojska Polskiego 71c, 60-625 Poznań
andrzejm@up.poznan.pl

Piotr Olszewski
Katedra Biologii i Biogeografii
Uniwersytet Mikołaja Kopernika
ul. Lwowska 1, 87-100 Toruń
thecla@wp.pl

Krzysztof Pawlikowski
Zakład Oceanografii Rybackiej i Ekologii Morza
Morski Instytut Rybacki w Gdyni
ul.Kołłątaja 1, 81-332 Gdynia
k.pawlikowski@mir.gdynia.pl

Tadeusz Pawlikowski
Katedra Biologii i Biogeografii
Uniwersytet Mikołaja Kopernika
ul. Lwowska 1, 87-100 Toruń
pawlik@biol.uni.torun.pl

Małgorzata Proćków
Muzeum Przyrodnicze Uniwersytetu Wrocławskiego
ul. Sienkiewicza 21, 50-335 Wrocław
mprockow@biol.uni.wroc.pl

Dariusz Skarżyński
Zakład Biologii, Ewolucji i Ochrony Bezkręgowców
Uniwersytet Wrocławski
ul. Przybyszewskiego 63-77, 51-148 Wrocław
hypogast@biol.uni.wroc.pl

Paweł Szymkowiak
Zakład Taksonomii i Ekologii Zwierząt
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza
ul. Umultowska 89, 61-614 Poznań
pawel.szymkowiak@amu.edu.pl

Błoszyk J., Chrzanowski A., Dobrowolski D., Kůrka A., Kuźnik-Kowalska E., Mazur M., Olszewski P., Pawlikowski K., Pawlikowski T., Proćków M., Skarżyński D. & Szymkowiak P. 2019: Bezkręgowce. W: Knapik R., Migoń P. & Raj A. (red.), Przyroda Karkonoskiego Parku Narodowego. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra: 359–404.

Andrzej Dyrcz, Bożena Gramsz, Robert Maślak, Andrzej Witkowski, Tomasz Zając, Karolina Dobrowolska-Martini, Jan Kotusz, Katarzyna Kozyra Jan Kusznierz, Ewa Leś, Marek Martini, Marcin Popiołek, Roman Rąpała

Kręgowce

Wstęp

Za stałe elementy fauny kręgowców występujących w Karkonoskim Parku Narodowym i jego otulinie można uznać gatunki, które się tutaj rozradzają. Takich gatunków jest około 208. Liczba ta jest przybliżona ponieważ nie dla wszystkich gatunków mamy dokładne dane czy występują one ściśle w granicach Parku i jego otuliny czy też poza nimi, ale tym nie mniej w polskich Karkonoszach. Dominują liczebnie ptaki (127 gatunków), następnie ssaki (58), płazy (12), gady (5), ryby (4 gatunki) i jeden gatunek minoga. Biorąc pod uwagę stosunkowo niewielki obszar jaki zajmuje Park i jego otulina, znaczący jest tutaj udział gatunków ujętych w Polskiej Czerwonej Księdze Zwierząt (GŁOWACIŃSKI 2001). Są to: minóg strumieniowy *Lampetra planeri*, traszka grzebieniasta *Triturus cristatus*, bielik *Haliaeetus albicilla*, sokół wędrowny *Falco peregrinus*, cietrzew *Tetrao tetrix*, głuszec *T. urogallus* (prawdopodobnie już wyginął), mornel *Charadrius morinellus* (być może sporadycznie się lęgnie), puchacz *Bubo bubo*, sóweczka *Glaucidium passerinum*, włochatka *Aegolius funereus*, płochacz halny *Prunella collaris*, podróżniczek *Luscinia svecica*, czeczotka *Carduelis flammea*, a także nietoperze: nocek Bechsteina *Myotis bechsteinii*, mroczek posrebrzany *Vespertilio murinus* i mroczek pozłocisty *Eptesicus nilssoni*. W ostatnich latach prawdopodobnie osiedlił się ryś *Lynx lynx*. Karkonosze są górami średniej wysokości i w porównaniu z Alpami, a nawet Tatrami, liczba występujących tutaj typowo górskich gatunków jest niewielka. Do takich gatunków występujących w Karkonoskim Parku Narodowym należą: siwerniak *Anthus spinoletta*, płochacz halny, drozd obrożny *Turdus torquatus* i ryjówka górska *Sorex alpinus*. Ponadto jako raczej górskie można wymienić pstrąga potokowego *Salmo trutta* m. *fario*, traszkę górską *Ichthyosaura alpestris*, pliszkę górską *Motacilla cinerea* i pluszcza *Cinclus cinclus*. Charakterystyczna dla Karkonoszy jest też obecność dwóch ptaków związanych głównie z tundrą dalekiej północy. Są to: północny podgatunek podróżniczka *Luscinia svecica svecica* i mornel. Obydwa występują na wierzchowinie masywu, z tym że mornel gniazduje tylko sporadycznie. Specyfika poszczególnych gromad kręgowców jest na tyle duża, że wymagają one omówienia w oddzielnych podrozdziałach.

Ryby

Historia badań

Pierwsze wzmianki o rybach Śląska, w tym Karkonoszy, można znaleźć w dziele Kaspara SCHWENCKFELDA – *„Theriotropheum Silesiae”* wydanym w Legnicy w r. 1603. W Liber Quintus – *„Pisces Silesiae”* autor ten wymienia kilka gatunków ryb, które występowały wówczas w Montes Gigantaeum lub ich najbliższym rejonie. Na uwagę zasługuje fakt, że w Małym Stawie *„...In lacu minore ad Gigantaeum montem gignitur...”* występuje *„...Truta lacustris nigricans...”*, a przedstawiony tam opis tego gatunku odpowiada golcowi alpejskiemu – *Salvelinus alpinus*. Przez wiele kolejnych dziesiątków lat góry te nie doczekały się pełnej listy swojej ichtiofauny.

W drugiej połowie XIX w. badania hydrobiologiczne na obszarze Karkonoszy prowadził ZACHARIAS (1885, 1889), który m.in. wspomina o występowaniu pstrąga potokowego *Salmo trutta* m. *fario* tak w potokach jak i obu Stawach. Na początku XX wieku stan ichtiofauny w górnym dorzeczu Bobru został odnotowany przez

ARNDTA (1923, 1925). Przypuszczalnie w tamtejszych wodach występowało wówczas ok. 10 gatunków ryb i minogów, m.in. minóg strumieniowy *Lampetra planeri*, pstrąg potokowy *S. trutta* m. *fario*, lipień *Thymallus thymallus*, strzebla potokowa *Phoxinus phoxinus*, kiełb *Gobio gobio*, śliz *Barbatula barbatula* i głowacz białopłetwy *Cottus gobio*. W tym okresie w kilku większych potokach Karkonoszy, a zwłaszcza w Łomnicy notowano migrujące na tarło trocie wędrowne *Salmo trutta* m. *trutta*. Na początku ubiegłego stulecia liczba gatunków na tym obszarze zaczęła się wyraźnie zmniejszać, co spowodowane było przez coraz intensywniej rozwijający się przemysł celulozowy i włókienniczy. Dlatego też ówczesne organizacje rybackie rozpoczęły (1892–1913) intensywnie zarybiać karkonoskie wody zarówno rodzimym gatunkiem pstrąga, jak i aklimatyzowanymi w Europie amerykańskimi gatunkami – pstrągiem źródlanym *Salvelinus fontinalis* i tęczowym *Oncorhynchus mykiss*. Ten ostatni wkrótce po zaprzestaniu zarybień prawdopodobnie wyginął.

Podsumowanie stanu znajomości rybostanów w polskiej części Karkonoszy, obejmujące okres powojenny, znaleźć można w opracowaniu WITKOWSKIEGO i JABŁOŃSKIEGO (1985). W latach 2004–2005 na terenie Karkonoskiego Parku Narodowego przeprowadzono kolejne hydrobiologiczne badania, które objęły większość potoków i dwa oligotroficzne jeziora (Mały i Wielki Staw), ze szczególnym uwzględnieniem biologii i parazytofauny pstrąga potokowego (VRBA i in. 2008; WITKOWSKI i in. 2008).

Wszystkie powojenne opracowania jak i wyniki własnych badań przeprowadzonych w okresie ostatnich 30 lat posłużyły do przygotowania tego rozdziału.

Ogólna charakterystyka ichtiofauny

Rybostan potoków i jezior (Stawów) KPN w porównaniu z ciekami i akwenami z podnóża Karkonoszy jest ubogi. Znaczna wysokość tego pasma górskiego powoduje, że potoki wykazują wysokogórski charakter, odznaczając się dużymi spadkami, niską temperaturą wody oraz długotrwałym zlodzeniem. Te czynniki w głównej mierze decydują o składzie gatunkowym ichtiofauny karkonoskich wód. Z występujących w górnym dorzeczu Bobru 23 gatunków ryb i minogów, w potokach objętych granicami Parku odnotowano obecnie (Tab. 1) zaledwie 1–5 gatunków. Jest to głównie pstrąg potokowy – *Salmo trutta* m. *fario*, a także strzebla potokowa *Ph. phoxinus*, śliz *B. barbatula* i głowacz białopłetwy *Cottus gobio*. Z porównania ichtiofauny Karkonoszy i innych pasm górskich Polski wynika, że brak jest tu (jak w całym dorzeczu Bobru) głowacza pręgopłetwego *Cottus*

Tab. 1. Ichtiofauna cieków i jezior KPN i jego otuliny
*(**Ex** – gatunek aktualnie nie osiąga górnego dorzecza Bobru)*

Gatunek	KPN potoki	KPN jeziora	Bóbr i jego dopływy w otulinie KPN
Minóg strumieniowy (*Lampetra planeri*)	+	-	+
Karp (*Cyprinus carpio*)	-	-	+
Karaś pospolity (*Carassius carassius*)	-	-	+
Karaś srebrzysty (*Carassius gibelio*)	-	-	+
Słonecznica (*Leucaspius delineatus*)	-	-	+
Lin (*Tinca tinca*)	-	-	+
Czebaczek amurski (*Pseudorasbora parva*)	-	-	+
Kiełb (*Gobio gobio*)	-	-	+
Płoć (*Rutilus rutilus*)	-	-	+
Świnka (*Chondrostoma nasus*)	-	-	+
Strzebla potokowa (*Phoxinus phoxinus*)	+	-	+
Jelec (*Leuciscus leuciscus*)	-	-	+

Jaź (*Leuciscus idus*)	-	-	+
Kleń (*Leuciscus cephalus*)	-	-	+
Śliz (*Barbatula barbatula*)	+	-	+
Szczupak (*Esox lucius*)	-	-	+
Lipień europejski (*Thymallus thymallus*)	-	-	+
Pstrąg źródlany (*Salvelinus fontinalis*)	?	-	+
Troć wędrowna (*Salmo trutta m. trutta*)	Ex	-	Ex
Pstrąg potokowy (*Salmo trutta m. fario*)	+	+	+
Pstrąg tęczowy (*Oncorhynchus mykiss*)	?	-	+
Ciernik (*Gasterosteus aculeatus*)	-	-	+
Głowacz białopłetwy (*Cottus gobio*)	+	-	+
Okoń (*Perca fluviatilis*)	-	-	+
Razem	5	1	23

poecilopus, którego występowanie ogranicza się do Karpat i wschodniej części Sudetów – głównie do przyźródłowych odcinków wysokogórskich, górskich i morenowych potoków oraz oligo- i mezotroficznych jezior (RADTKE i in. 2006).



Ryc. 1. Minóg strumieniowy Lampetra planeri (fot. J. Kusznierz)

Przegląd gatunków

Minóg strumieniowy *Lampetra planeri* (Ryc. 1) jest przedstawicielem smoczkoustych (bezszczękowce – Agnatha), w skład których wchodzą najprymitywniejsze kręgowce pozbawione szczęk. Zwierzę to ze względu na interesującą biologię zasługuje na większą uwagę. Dorosłe osobniki osiągają długość 16–18 cm, a po odbytym tarle wszystkie giną. Z jaj wylęgają się larwy, a dalszy ich rozwój (do przeobrażenia w dorosłą formę) trwa 4–5 lat. Przez ten okres larwy są zagrzebane w humusowo-piaszczystych nanosach i odżywiają się przefiltrowanym detrytusem. Odnotowany był w Karpnickim Potoku, Kamiennej i Podgórnej (BŁACHUTA i in. 1993, BUKOWY 2018).

Pstrąg potokowy *Salmo trutta* m. *fario* to autochtoniczny gatunek pstrąga, który zasiedla większość potoków Karkonoszy i ich otulinę, sięgając aż do przyźródłowych partii (BŁACHUTA i in. 1993, BUKOWY 2018). Górną granicę występowania tego gatunku w Karkonoszach stanowi Mały Staw (1183 m n.p.m) (Ryc. 2). W górnych partiach strumieni i potoków pstrąg najczęściej występuje bardzo licznie. Niegdyś równie liczny był i w dolnych partiach strumieni, jego brak spowodowany jest tym, że znaczne ładunki ścieków odprowadzane są z wielu miejscowości wczasowych. Ponadto w wielu miejscach potoki Karkonoszy przegrodzone zostały sztucznymi



Ryc. 2. Mały Staw (fot. R. Knapik)

progami, które praktycznie uniemożliwiają migracje ryb w górę cieków. Ostre warunki klimatyczne, niska temperatura wody, długie zaleganie pokrywy śniegowej (nawet przez 6 miesięcy), niewielkie rozmiary cieków i granitowe podłoże, powodują że biogeniczność cieków jest niewielka, co kolei wpływa na strukturę populacji i osiągane rozmiary. Osobniki powyżej 25 cm długości całkowitej w wodach KPN odnotowywane były rzadko, a trzon populacji tworzą pstrągi o długości 18–22 cm. Na szczególną uwagę zasługuje populacja pstrąga potokowego z Małego Stawu. W tym górskim, skrajnie oligotroficznym jeziorze gatunek ten rośnie przeciętnie, a jego kondycja jest niska, bowiem współczynnik kondycji rzadko przekracza wartość 1. Pokrój ciała pstrąga z Małego Stawu jest typowo głodowy – duża głowa, silnie bocznie spłaszczony tułów, długi i cienki trzon ogonowy (Ryc. 3). Badania nad odżywianiem się pstrągów potokowych w Małym Stawie wykazały, że autochtoniczna baza pokarmowa jest tam bardzo uboga. W populacji tej pod koniec wiosny trzon pokarmu stanowią małe ofiary, głównie larwy i dorosłe ochotkowate (Chironomidae). Najlepsze warunki pokarmowe w tym jeziorze ma pstrąg w okresie letnim, gdy odżywia się dużymi organizmami, głównie owadami pochodzącymi z lądu, których udział przekracza 95%. Natomiast populacja z Łomnicy tuż poniżej wypływu z tego jeziora, jakkolwiek osiąga mniejsze rozmiary to jej kondycja jest bardzo dobra. Helmintofauna pstrągów z Małego Stawu jest mało zróżnicowana. Odnotowano u nich tylko dwa gatunki pasożytów: *Crepidostomum farionis* (przywry – Digenea) i *Neoechinorhynchus rutili* (kolcogłowy –



Ryc. 3. Pstrągi potokowe Salmo trutta m. fario z Małego Stawu (fot. A. Witkowski)

Acanthocephala), których intensywność inwazji wahała się od 1 do 381 pasożytów w jednym osobniku żywicielskim.

Pstrąg źródlany *Salvelinus fontinalis* (Ryc. 4) jeszcze na początku lat 1950. utrzymywał się w karkonoskich potokach, choć był już nieliczny (WITKOWSKI & JABŁOŃSKI 1985). Pochodził on jeszcze z przedwojennych zarybień (ARNDT 1923; PAX 1925), jak i powojennych, prowadzonych przez polskie organizacje wędkarskie. Po zaprzestaniu zarybień gatunek ten w sposób naturalny ustąpił z tego obszaru. Po południowej stronie Karkonoszy czeskie organizacje wędkarskie długo podtrzymywały ten gatunek w wyniku stałych zarybień (LOHNISKY 1963, 1978). Wprowadzany był on do wielu potoków na obszarach przyległych do KPN, m.in. w Górach Izerskich (WITKOWSKI i in. 2006).



Ryc. 4. Pstrąg źródlany Salvelinus fontinalis (fot. A. Witkowski)



Ryc. 5. Lipień europejski Thymallus thymallus z dolnego biegu Łomnicy (fot. A. Witkowski)



Ryc. 6. Śliz Barbatula barbatula (fot. J. Kusznierz)

Golec alpejski *Salvelinus alpinus* jest gatunkiem omyłkowo uznanym za przedstawiciela ichtiofauny Karkonoszy. Pochodzące z początków siedemnastego wieku doniesienie SCHWENCKFELDA (1603) oraz późniejsza literatura niemiecka podawała, że gatunek ten występuje w Małym Stawie (WEIGEL 1806; KALUZA 1815). Informacje o występowaniu tam *S. alpinus* zostały uznane przez GLOGERA (1833) i PAXA (1925) za wątpliwe. Badania ichtiologiczne tego akwenu przeprowadzone w latach 2004–2005 definitywnie rozstrzygnęły ten problem. Prawdopodobnie gatunek ten nigdy nie występował w naszych Karkonoszach.

Pstrąg tęczowy *Oncorhynchus mykiss* był wielokrotnie wsiedlany do górnego dorzecza Bobru, a pierwsze próby podejmowano w latach 1892–1913 (ARNDT 1923; PAX 1925). Jednak nie zadomowił się tu na stałe, ponieważ nie utworzył samorozradzających się populacji. Obecnie pojedyncze osobniki spotykane są w dolnym biegu karkonoskich potoków. Są to uciekinierzy z coraz liczniejszych, przydomowych hodowli.

Lipień europejski *Thymallus thymallus* (Ryc. 5) stał się licznym gatunkiem w wodach Bobru na odcinku jeleniogórskim, ze względu na poprawę czystości wód oraz stałe zarybienia. Stąd też coraz częściej obserwowany jest w dolnym biegu karkonoskich potoków (m.in. Łomnicy) podczas wczesnowiosennej wędrówki tarłowej.

Strzebla potokowa *Phoxinus phoxinus* to niewielkich rozmiarów ryba karpiowata występująca z reguły w miejscach o spokojniejszej wodzie. Najczęściej grupuje się w stadka liczące kilkadziesiąt osobników. Odno-

towana była w dolnym biegu Złotnej, Świdniku, Karpnickim Potoku, Łomnicy, Kamiennej i Kamienicy (Błachuta i in. 1993, Bukowy 2018).

Śliz *Barbatula barbatula* (Ryc. 6) jest gatunkiem, którego występowanie ogranicza się do dolnego biegu karkonoskich potoków, często nawet zanieczyszczonych. Odnotowany został on w kilku potokach m.in. Karpnickim, Kamienicy i Kamiennej.

Głowacz białopłetwy *Cottus gobio* występuje niezbyt licznie w niektórych potokach Karkonoszy (m. in. Złotna, Świdnik), gdzie zasiedla środkowy i dolny bieg (Błachuta i in. 1993). Należy on do speleofilnej grupy rozrodczej, tzn. że ikrę składa we wnękach pod kamieniami zalegającymi na dnie potoku, której aż do momentu wylęgu strzeże samiec.

Na omawianym obszarze występują łącznie 2 gatunki ryb i minogów (głowacz białopłetwy, minóg strumieniowy) objęte w Polsce ochroną gatunkową jak również ochroną wspólnotową.

Płazy

Na terenie polskiej części Karkonoszy stwierdzono stanowiska 12 gatunków płazów spośród 18 występujących w Polsce. Część stanowią gatunki typowe dla obszarów górskich (salamandra plamista, traszka górska) lub wczesnowiosenne (żaba trawna, żaba moczarowa, ropucha szara, traszka zwyczajna). Na pogórzu przeważają natomiast bardziej ciepłolubne gatunki (traszka grzebieniasta, ropucha zielona, kumak nizinny, żaba wodna, żaba śmieszka i grzebiuszka ziemna). W polskich Karkonoszach maksymalne zasięgi pionowe trzech gatunków: traszki grzebieniastej, traszki zwyczajnej i kumaka nizinnego mają wyższe wartości niż notowane w Tatrach i po czeskiej stronie Karkonoszy (Baruš & Oliva 1992; Świerad 2003; Leś 2007). Za najistotniejsze zagrożenia dla populacji płazów na terenie KPN i jego otuliny należy uznać: (1) zanik naturalnych siedlisk wskutek zarastania oczek wodnych i ekspansji zabudowy, (2) wzmożony ruch kołowy, (3) degradacja środowiska naturalnego wskutek zanieczyszczeń wód z gospodarstw domowych, (4) nadmierny ruch turystyczny, rozbudowa bazy turystycznej, nieprzestrzeganie zakazów w obrębie terenu chronionego.

Salamandra plamista *Salamandra salamandra* występuje zarówno w Karpatach jak i Sudetach zasiedlając najczęściej lasy, szczególnie liściaste. Cały rok przebywa na lądzie, lubi tereny zacienione o dużej wilgotności powietrza i podłoża, najczęściej w piętrze pogórza. Wykazuje aktywność zmierzchową i nocną, w dzień można ją spotkać jedynie po ulewnych deszczach (Juszczyk 1987). W Karkonoszach nie przekracza z reguły wysokości 700 m n.p.m. Obecność salamandry stwierdzono w okolicach Kowar, Karpacza, Jagniątkowa, Michałowic, Piechowic i Szklarskiej Poręby (Leś i in. 2006). W roku 1976 salamandra została zlokalizowana w Kotle Łomniczki (1320 m n.p.m.), gdzie odnotowano jej najwyższy w Karkonoszach zasięg występowania (Witkowski & Jabłoński 1985) oraz na Przełęczy Okraj na wysokości 1046 m n.p.m. (Grabski 1990).

Traszka grzebieniasta *Triturus cristatus*, największa z krajowych gatunków traszek, w okresie godowym trwającym zwykle od kwietnia do czerwca, preferuje średnie lub większe zbiorniki wodne, zwykle silnie nasłonecznione. Jeśli ich brak, zadowala się rowami lub oczkami wodnymi, jednak jej liczebność jest w takich warunkach znacznie niższa (Pabijan 2010). Spośród 4 gatunków traszek występujących w Polsce, traszka grzebieniasta jest gatunkiem najsilniej związanym z terenami nizinnymi i pasmem pogórza, w górach występuje rzadko (Juszczyk 1987). W polskich Karkonoszach jej stanowisko stwierdzono w rejonie Michałowic i Borowic (Leś 2007). Gatunek ten jest włączony do Polskiej Czerwonej Księgi Zwierząt (kategoria NT – niższego ryzyka) (Głowaciński 2001).

Traszka zwyczajna *Lissotriton vulgaris* to jeden z najliczniej występujących w całej Polsce płazów. Wiosną można ją spotkać we różnorodnych zbiornikach wody stojącej: rowach, rozlewiskach, gliniankach, oczkach wodnych i stawach. W Karkonoszach stwierdzona m. in. w rejonie Michałowic, gdzie dzieli zbiornik wspólnie z traszką grzebieniastą. W Tatrach sięga wyżej, w okolicy Wielkiego Stawu jej obecność stwierdzono na wysokości 1225 m n.p.m. (Leś i in. 2006).

Traszka górska *Ichthyosaura alpestris* (Ryc. 7) nie jest gatunkiem wybrednym w wyborze zbiorników wodnych, w których odbywa gody. Wystarczą jej młaki, rowy, a nawet sztuczne oczka wodne. Podobnie jak pozostałe gatunki traszek jaja składa przyklejając je pojedynczo do roślin wodnych. Larwy po kilku tygodniach przeobrażają się i wychodzą na ląd. Spośród krajowych gatunków traszek, u traszki górskiej najczęściej obserwuje się zjawisko zimowania larw. Na terenie Sudetów takie przypadki odnotowano zarówno na dużych wysokościach



Ryc. 7. Traszka górska Ichthyosaura alpestris (fot. M. Martini)

jak i na pogórzu (Maślak 1999a). W Karkonoszach jest najliczniej występującą traszką. Zgodnie z nazwą jest to gatunek występujący głównie w górach. W polskich Karkonoszach dolna granica zwartego zasięgu przebiega na wysokości około 700 m n.p.m. (Witkowski & Jabłoński 1985), a górna sięga wysokości 1225 m n.p.m. (Wielki Staw), gdzie stwierdzono zimujące larwy tego gatunku (Mielewczyk 1964). W okolicach Michałowic (570 m n.p.m.) występuje z traszką zwyczajną i grzebieniastą (Leś 2007).

Kumak nizinny *Bombina bombina* jest ściśle związany ze zbiornikami wodnymi, które opuszcza tylko w przypadku ich wyschnięcia, w poszukiwaniu pokarmu lub jesienią, szukając lądowych kryjówek do zimowania. Preferuje zbiorniki małe i średniej wielkości, z czystą wodą i urozmaiconą roślinnością zanurzoną i wynurzoną, położone w miejscach dobrze nasłonecznionych (Mazgajska & Rybacki 2012). Jego stanowiska rzadko są zlokalizowane powyżej 300 m n.p.m. (Juszczyk 1987). Stwierdzony w rejonie Podgórzyna, w okolicach zbiornika „Sosnówka" (Maślak 1999b; Leś 2007).

Grzebiuszka ziemna *Pelobates fuscus* to gatunek o bardzo skrytym trybie życia. Dzień spędza zagrzebana w podłożu, aktywna jest w nocy lub w czasie deszczu. Pionowy zasięg jej występowania ogranicza się zwykle do 300 m n.p.m. (Juszczyk 1987). Na terenie KPN zlokalizowana została tylko w okolicy Podgórzyna, na wysokości 650 m n.p.m. (Leś i in. 2006).

Ropucha szara *Bufo bufo* (Ryc. 8) występuje w całym kraju. Przebywa na lądzie, w okresie godowym spędza w wodzie tylko kilka tygodni. Jest płazem wczesnowiosennym. Gdy tylko stopnieje śnieg, ropuchy wyruszają w kierunku zbiorników wodnych, pokonując niekiedy kilka kilometrów. W polskich Karkonoszach zwarty zasięg tego gatunku sięga do 900 m n.p.m. Najwyższe stwierdzone stanowiska to Śnieżne Kotły (1300 m n.p.m.) (Witkowski & Jabłoński 1985) oraz okolice Wielkiego Stawu (1320 m n.p.m.). W rejonie Małego Stawu (1183 m n.p.m.) stwierdzono obecność form melanistycznych (Leś i in. 2006).

Ropucha zielona *Bufo viridis* w okresie godowym wydaje charakterystyczny głos przypominający trel kanarka. W tym okresie preferuje ciepłe, płytkie zbiorniki wodne, często kałuże, rozlewiska, oczka wodne. Jest gatunkiem nizinnym, w górach występuje dużo rzadziej, a pionowy zasięg gatunku sięga 850 m n.p.m. (Świerad 2003). W polskich Karkonoszach ten gatunek był notowany w okolicach Michałowic i Borowic, na wysokości 700 m n.p.m. (Leś 2007).

Żaba wodna *Pelophylax esculentus* jest mieszańcem powstałym w wyniku krzyżówki żaby jeziorkowej z żabą śmieszką. Zamieszkuje głównie tereny nizinne, jest silnie związana ze zbiornikami wodnymi. W górach dochodzi do 800 m n.p.m. (Berger 2000). W polskich Karkonoszach spotykana rzadko w piętrze pogórza i regla dolnego. Jej stanowiska znajdują się w okolicach Jagniątkowa (600–700 m n.p.m.), w enklawie KPN – Chojnik, w Kowarach – Krzaczynie i w Podgórzynie (Leś i in. 2006).

Żaba śmieszka *Pelophylax ridibundus* to największy krajowy gatunek płaza. Podobnie jak pozostałe spośród żab zielonych, stale występuje w pobliżu wody. Głównym obszarem jej występowania są niziny. Na terenie



Ryc. 8. Ropucha szara Bufo bufo w górach gody rozpoczyna dopiero w końcu kwietnia lub w maju (fot. R. Maślak)

polskich Karkonoszy jej obecność stwierdzono w okolicach Szklarskiej Poręby, Przesieki, Borowic, Miłkowa i Sosnówki (LEŚ i in. 2006).

Żaba trawna *Rana temporaria* to płaz o lądowym trybie życia. Na krótki okres godowy wybiera stawy, oczka wodne, młaki, lub rowy. Jest wybitnie wczesnowiosenna, pierwsze osobniki w wodzie pojawiają się na nizinach niekiedy w końcu lutego, w górach odpowiednio później. Ma największy zasięg pionowy i poziomy wśród wszystkich płazów bezogonowych Palearktyki. W Polsce jest gatunkiem pospolitym i występuje na terenie całego kraju. W polskiej części masywu Karkonoszy WITKOWSKI i JABŁOŃSKI (1985) oraz MAŚLAK (1994) odnotowali jej występowanie na wysokości przekraczającej 1000 m n.p.m. Jest najbardziej rozpowszechnionym gatunkiem płaza na terenie KPN, wybiera zacienione i wilgotne lasy, podmokłe, trawiaste łąki, przydrożne rowy, okresowe kałuże. Jako jedyny gatunek płaza w tym rejonie obejmuje swoim zasięgiem pionowym i poziomym całe polskie Karkonosze – od Przełęczy Okraj do Przełęczy Szklarskiej oraz od piętra pogórza, po piętro alpejskie.

Żaba moczarowa *Rana arvalis* jest płazem pospolitym, aczkolwiek jak podaje JUSZCZYK (1987) występuje głównie na nizinach, a jej siedlisko stanowią najczęściej wilgotne grądy, tereny otwarte, dobrze naświetlone polanki oraz łąki torfowe porośnięte turzycami. Na terenie polskich Karkonoszy występuje w okolicach Przesieki i Borowic na wysokości 670 m n.p.m. oraz Podgórzyna – Sosnówki (LEŚ i in. 2006).

Gady

Głównym czynnikiem wpływającym na skład gatunkowy gadów w górach jest klimat. Najbardziej uprzywilejowane są gatunki żyworodne (padalec zwyczajny, jaszczurka żyworodna, żmija zygzakowata). Stosują one termoregulację behawioralną, ciężarne samice regulują tempo rozwoju zarodków przez ekspozycję ciała na słońce. Gatunki jajorodne, spośród których w KPN i otulinie wykryto jaszczurkę zwinkę i zaskrońca zwyczajnego, stwierdzono na niższych wysokościach. Łącznie na terenie KPN i otuliny występuje 5 spośród 8 krajowych gatunków gadów. Nie stwierdzono dotąd obecności gniewosza plamistego, występującego po czeskiej stronie Karkonoszy (MIKÁTOVÁ i in. 2001). Główne zagrożenia dla gadów wiążą się ze wzmożonym ruchem turystycznym i kołowym, a w przypadku węży i padalca zdarzające się przypadki bezpośredniego zabijania przez ludzi.

Padalec zwyczajny *Anguis fragilis* (Ryc. 9) to jedyna beznoga jaszczurka żyjąca w Polsce. Preferuje wilgotne lasy, śródleśne polany, łąki, brzegi ścieżek. Występuje na obszarze całego kraju. W Karkonoszach padalec jest



Ryc. 9. Padalec zwyczajny Anguis fragilis (fot. R. Maślak)

spotykany zwykle do wysokości 1000 m n.p.m. (Witkowski & Jabłoński 1985). Najwyższe stwierdzone stanowisko położone jest na zboczach Śmielca, na wysokości 1390 m n.p.m. (Leś i in. 2006). Padalec występuje na terenie całego KPN i otuliny w dogodnych środowiskach, licznie m.in. w Wąwozie Szklarki, w okolicach Góry Chojnik, Szklarskiej Poręby, Jagniątkowa, Przesieki i Michałowic.

Jaszczurka zwinka *Lacerta agilis* jest najpospolitszym gadem w Polsce. Występuje na nasłonecznionych brzegach lasów, na nasypach kolejowych i drogowych, łąkach, w środowiskach ruderalnych. Samce wiosną przybierają intensywne, zielone ubarwienie. W Europie Środkowej występuje głównie na nizinach. W Tatrach sięga do 1140 m n.p.m. (Świerad 2003). W polskich Karkonoszach zwinka została stwierdzona do 720 m n.p.m. (Leś i in. 2006).

Jaszczurka żyworodna *Zootoca vivipara* występuje w bardzo różnorodnych siedliskach. Na nizinach głównie na zabagnionych, podmokłych łąkach i torfowiskach, w górach także na nasłonecznionych zboczach wzniesień, gdzie jej środowiskiem życia są suche trawiaste łąki, zręby leśne, wrzosowiska, zagajniki i młodniki leśne. W Tatrach stwierdzona na Rysach na wysokości 2499 m n.p.m. (Świerad 2003). Jest gatunkiem licznym na całym obszarze Sudetów. W Karkonoszach sięga do wysokości 1407 m n.p.m. (Czarna Kopa), jednak najliczniej występuje do 1200 m n.p.m. (Witkowski & Jabłoński 1985).



Ryc. 10. Zaskroniec zwyczajny Natrix natrix (fot. R. Maślak)

Zaskroniec zwyczajny *Natrix natrix* (Ryc. 10) to wąż pospolity w całej Polsce z wyjątkiem wysokich gór. Ze względu na swoją specjalizację pokarmową: żywi się głównie płazami, występuje często na terenach podmokłych, wilgotnych, w pobliżu wód stojących, stawów i rowów. W Karkonoszach jest rzadki, występuje w okolicach Wodospadu Szklarki, Szklarskiej Poręby, Michałowic, Jagniątkowa i Karpacza. Najwyżej położone stanowisko, na wysokości 820 m n.p.m., jest w okolicach Jagniątkowa (Leś 2007).

Żmija zygzakowata *Vipera berus* jako gatunek eurytopowy występuje w bardzo różnorodnych środowiskach, zarówno na terenach podmokłych (łąki, torfowiska) jak i suchych (śródleśne nasłonecznione polany, zagajniki), często też na terenach ruderalnych. Jest jednym z gatunków sięgających w swym występowaniu aż do piętra subniwalnego. Zawdzięcza to przystosowaniom do bytowania w warunkach górskich – żyworodności oraz odporności na surowy klimat. W górach, ze względu na skrócony okres wegetacyjny, samice rodzą młode co 2 lata, co podyktowane jest niemożliwością pełnego rozwoju zarodków w krótszym czasie. Może być to jedna z przyczyn wahań liczebności typowej dla tego gatunku (Juszczyk 1987). W Tatrach występuje do wysokości 2000 m n.p.m. (Świerad 2003); w Karkonoszach, jak dotąd, stwierdzono ją tylko do wysokości ok. 1000 m n.p.m. (góra Turek w Karpaczu). Notowana w okolicach miejscowości Ścięgny i Kowary, bardzo liczna jest jej populacja w Michałowicach (Leś i in. 2006).

Ptaki

Karkonosze jako jedyne na Śląsku góry wznoszące się ponad górną granicę lasu (poza małym fragmentem Śnieżnika) i z unikatowymi dla regionu ścianami skalnymi kotłów i Śnieżki oraz tundrowymi torfowiskami na wierzchowinie, od dawna budziły zainteresowanie ornitologów. W XIX i XX w. do końca II Wojny Światowej opublikowano na temat ptaków Karkonoszy co najmniej kilkadziesiąt artykułów i notatek (większość ukazała się przed r. 1930) o charakterze naukowym i popularno-naukowym. W tej powodzi publikacji wyróżnia się kilka większych, dotyczących głównie obecnej polskiej strony. Są to cykle artykułów Schneidera (1892) i Friedricha (1908, 1909) w czasopiśmie „Wanderer Riesengebirge" oraz publikacje Mayhoffa (1923) i Martiniego (1926). Ten ostatni autor był kustoszem zbiorów Schaffgotschów i jego artykuł jest podsumowaniem 50-letnich obserwacji i gromadzenia zbiorów na całej ziemi jeleniogórskiej, niestety napisany w formie lakonicznego spisu z ubogim komentarzem. W okresie powojennym, ograniczając się do dzisiejszego terenu KPN, trzeba wspomnieć o artykułach Sokołowskiego (1948) i Noskiewicza i in. (1961), które były napisane na podstawie dawnej literatury. Systematyczne badania nad ptakami polskiej części Karkonoszy podjęto już po powstaniu tu parku narodowego, w latach 1960–1970, czego efektem była próba całościowego opracowania awifauny (Dyrcz 1973), które obejmowało też badania ilościowe na powierzchniach próbnych w czterech piętrach roślinności. W latach 1971–1973 prowadzono też szerzej zakrojone badania nad jesienną wędrówką ptaków w Karkonoszach (Dyrcz 1981). W późniejszym okresie intensywne badania awifaunistyczne w polskich Karkonoszach połączone z oceną liczebności na powierzchniach próbnych i transektach oraz oceną wieloletnich zmian liczebności niektórych gatunków, podjęła Bożena Gramsz (Gramsz 1993, 1995, 2003; Gramsz & Flousek 1998). Znacznym przedsięwzięciem był również udział Muzeum Przyrodniczego w Jeleniej Górze w osobie Bożeny Gramsz wraz z czeskim Karkonoskim Parkiem Narodowym we wspólnym, polsko-czeskim projekcie jakim był Atlas ptaków lęgowych Karkonoszy w latach 1991–1994, co uwieńczone zostało dwujęzycznym opracowaniem książkowym (Flousek & Gramsz 1999). Nowa edycja tego atlasu obejmująca lata badań 2012-2014 ukazała się drukiem w roku 2015 (Flousek, Gramsz & Telensky 2015). Najnowsza ocena liczebności i rozmieszczenia rzadkich gatunków ptaków w obszarze Natura 2000 Karkonosze pochodzi z roku 2015 i została podana w publikacji Gramsz i in. 2018. Poza tym należy wymienić publikacje dotyczące występowania i gniazdowania poszczególnych gatunków ptaków: podróżniczka (Gramsz 1986), bielika (Pałucki 1999), sóweczki (Pałucki 2000; Gramsz & Zając 2006), sokoła wędrownego (Gramsz 2006), mornela (Dobrowolska 2011) i nagórnika (Dobrowolska-Martini 2012).

Przegląd ważniejszych gatunków

Jarząbek *Bonasa bonasia* to trudny do wykrycia, niewielki kurak leśny, który jest w Karkonoszach bardzo nieliczny. Rzadkim ptakiem lęgowym był tutaj już w drugiej połowie XIX w. Na terenie KPN w czasie badań w latach 1960–1970 stwierdzono go tylko dwukrotnie w dwóch różnych miejscach (Dyrcz 1973). W okresie 1990–1994 był obserwowany na trzech stanowiskach w grzbietowych partiach gór, natomiast w latach 2004–2009 jego populację w Karkonoszach polskich oceniono na 1–3 par (Gramsz 2003; Gramsz & Rąpała 2010). Podobnie nieliczny jest w czeskich Karkonoszach (Miles 1986; Flousek & Gramsz 1999, Flousek i in. 2015). W kraju jest on jeszcze stosunkowo liczny w Karpatach i w północno-wschodniej Polsce (Tomiałojć & Stawarczyk 2003), gdzie zachowały się bardziej zbliżone do naturalnych lasy. Jego europejska populacja jest raczej

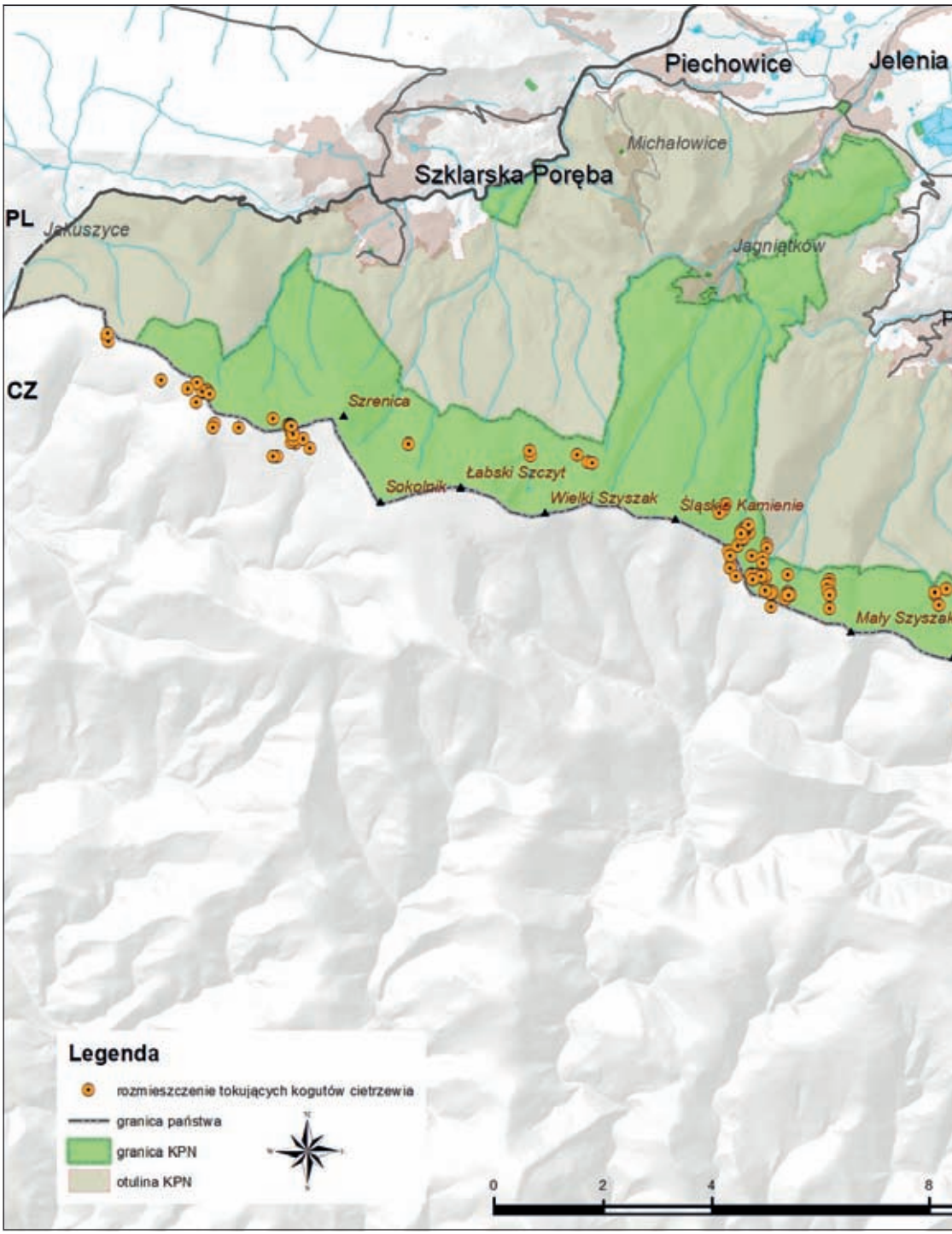
ustabilizowana. Najliczniej występuje w Rosji, Białorusi, Finlandii i Szwecji (BIRDLIFE INTERNATIONAL 2004). W zachodniej i środkowej części kontynentu zamieszkuje głównie góry. Preferuje lasy mieszane o rozbudowanej piętrowości i urozmaiconym składzie gatunkowym. Lokalnie osiedla się też w czysto liściastych drzewostanach. W przeciwieństwie do dwóch innych naszych kuraków leśnych (cietrzewia i głuszca), jarząbek jest monogamiczny. Jest ptakiem osiadłym.

O występowaniu cietrzewia *Tetrao tetrix* (Ryc. 11) na terenie obecnego Parku Narodowego jest wiele wzmianek w starszej literaturze, m. in. HOMEYER (1865) pisze o tokowisku poniżej Śnieżnych Kotłów, które istnieje do dziś. W latach 1960–1970 zanotowano obecność cietrzewia w KPN w dziewięciu miejscach, określając go jako dość licznego ptaka lęgowego (DYRCZ 1973). W okresie 1990–1994 w Karkonoszach polskich stwierdzono 30 tokujących kogutów i 20 kur na 20–25 tokowiskach, na wysokości od 900 m (Kocierz) do 1490 m n.p.m. (Smogornia), w tym w granicach KPN i jego bezpośrednim sąsiedztwie 24 koguty i 18 kur (GRAMSZ 2003). W latach 2006–2009 populację cietrzewia w Karkonoszach polskich oceniono na 36–44 kogutów (GRAMSZ & RĄPAŁA 2010). Podobną, choć nieco niższą liczebność uzyskano w wyniku koordynowanego przez Karkonoski Park Narodowy monitoringu cietrzewia – 34–42 koguty (Ryc. 12). W Karkonoszach najczęściej spotyka się cietrzewia przy górnej granicy lasu z niskimi świerkami i bogatym runem z obfitością borówek (DYRCZ 1973). Poza tym jego środowiskiem tutaj są kotły polodowcowe, łąkowe enklawy i poimisyjne halizny wśród borów świerkowych w wyższych częściach gór, subalpejskie łąki z rozproszonymi zaroślami kosodrzewiny oraz górnoreglowe i subalpejskie torfowiska. W latach 1989–1998 liczebność cietrzewia lekko wzrosła prawdopodobnie z powodu pojawienia się poimisyjnych halizn (FLOUSEK & GRAMSZ 1999). Cietrzew jest gatunkiem poligynicznym i osiadłym. Samce tokują wiosną na tradycyjnych tokowiskach odwiedzanych przez samice, gdzie dochodzi do kopulacji, a opieką nad potomstwem zajmują się wyłącznie samice. W Polsce cietrzew jest gatunkiem zanikającym, którego całą populację oceniono na około 2000 ptaków zamieszkujących głównie wschodnie części kraju, Kielecczyznę i góry. Główną przyczyną wymierania gatunku wydaje się być kurczenie odpowiednich środowisk zapewniających bazę pokarmową i miejsca lęgowe (KAMIENIARZ & SZYMKIEWICZ 2001). Cietrzew figuruje w Polskiej Czerwonej Księdze Zwierząt jako gatunek silnie zagrożony (EN) (GŁOWACIŃSKI 2001). Spadek liczebności cietrzewia zaznacza się także w skali Europy (BIRDLIFE INTERNATIONAL 2004).

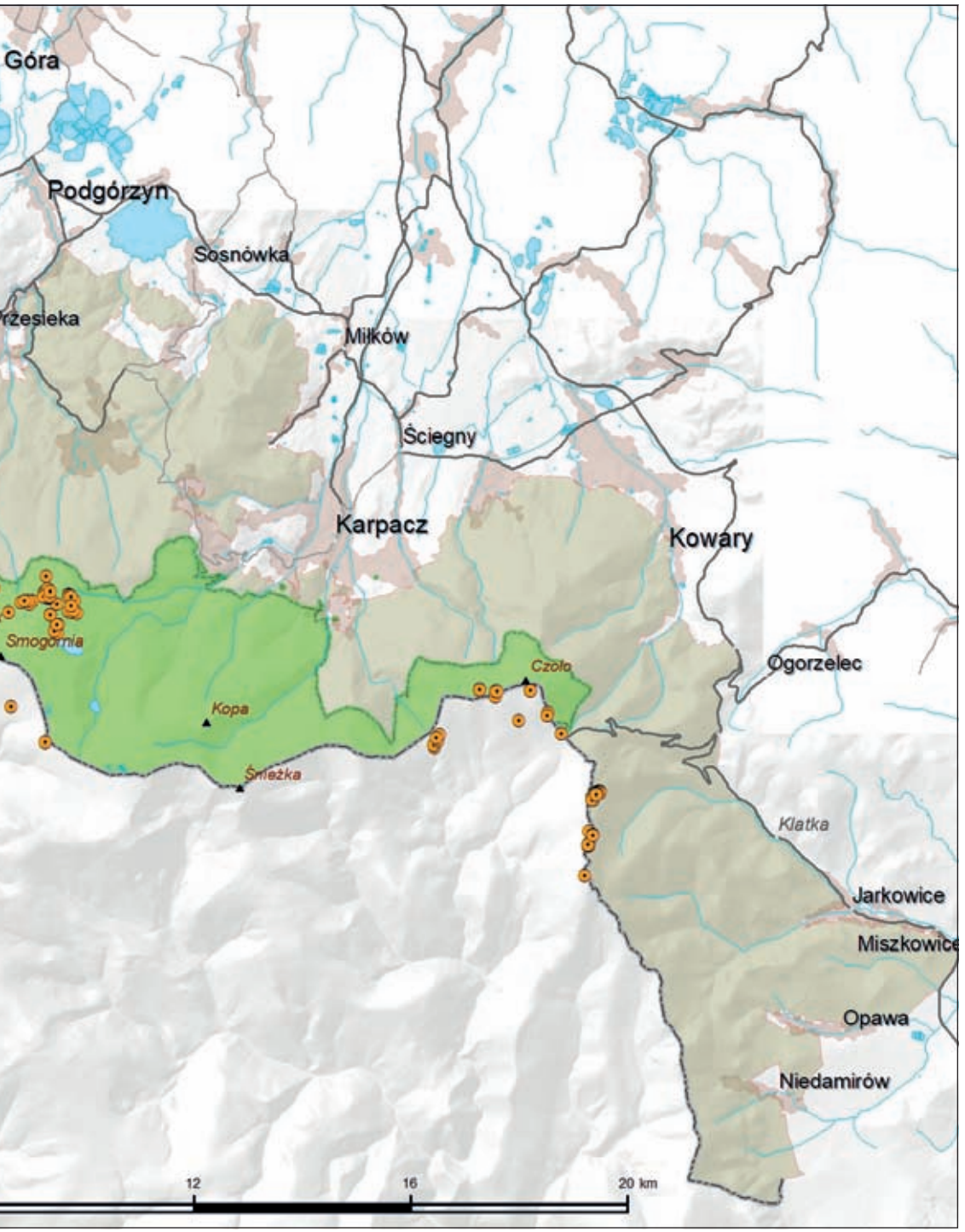
Głuszec *Tetrao urogallus* jest gatunkiem ginącym, a być może już wymarłym w Karkonoszach mimo prób jego reintrodukcji po czeskiej stronie. Z początkiem XIX w. był jeszcze stosunkowo liczny, ale spadek jego liczebności zaznaczył się już w drugiej połowie tamtego stulecia. Na przykład w dobrach Schaffgotschów



Ryc. 11. Cietrzew Tetrao tetrix w Karkonoszach; 11.05.2008 (fot. R. Rąpała)



Ryc. 12. Lokalizacja obserwacji tokujących kogutów cietrzewia wykonanych w 2011 roku na terenie Karkonoskiego Parku Narodowego i jego sąsiedztwie


Góra
Podgórzyn
Sosnówka
rzesieka
Miłków
Ścięgny
Karpacz
Kowary
Smogornia
Czoło
Ogorzelec
Kopa
Śnieżka
Klatka
Jarkowice
Miszkowice
Opawa
Niedamirów
12
16
20 km

(obecna polska część Karkonoszy i Gór Izerskich) w r. 1875 tokowało około 200 kogutów, a w r. 1923 tylko 45–50 (Pax 1925). W latach 1960–1970 spotykano głuszce w 8 miejscach na terenie KPN. Wszystkie spotkania były w starych borach świerkowych w reglu górnym, a zwłaszcza w prześwietlonych starodrzewiach z bujnym runem (Dyrcz 1973). Bory te po katastrofie ekologicznej kwaśnych deszczy wkrótce potem przestały istnieć. Ptak ten jest wyjątkowo wrażliwy na płoszenie i dodatkowym czynnikiem sprzyjającym jego wymieraniu mogła być rosnąca penetracja Parku przez ludzi. W latach 1990–1994 po polskiej stronie Karkonoszy obserwowano łącznie 7 tych ptaków, w tym dwa samce (Gramsz 2003). Obecnie gatunek uważa się za najprawdopodobniej wymarły na terenie Karkonoszy polskich. Głuszec jest, podobnie jak cietrzew, gatunkiem poligynicznym, ale samce tokują w znacznie większym rozproszeniu, często wybierając do toków otwarte fragmenty lasów. Głuszce trzymają się pojedynczo lub w niewielkich stadkach złożonych z samic i młodych samców. Na całym obszarze występowania głuszec preferuje bory szpilkowe, a tylko lokalnie zamieszkuje lasy liściaste. W zachodniej i środkowej Europie liczebność tego ptaka gwałtownie maleje, chociaż populacje skandynawskie, białoruska i rosyjska wydają się być stabilne, a nawet lekko wzrastają (BirdLife International 2004). Głuszec figuruje w Polskiej Czerwonej Księdze Zwierząt jako gatunek skrajnie zagrożony (CR). Jego występowanie w kraju jest ograniczone do izolowanych „wysp". Są to: Puszcza Białowieska, Puszcza Augustowska, Puszcza Solska wraz z Lasami Janowskimi, Karpaty Zachodnie i być może ciągle jeszcze Sudety i Bory Dolnośląskie (Głowaciński & Profus 2001). Liczebność w kraju oceniono na 470–750 osobników obu płci. Przyczyn wymierania tego ptaka w Polsce upatruje się w degradacji siedlisk (nadmierne wyręby i osuszanie lasów), niekontrolowanej eksploatacji łowieckiej do r. 1994, nadmiernej penetracji lasów przez ludzi, kłusownictwie i wzrastającej presji drapieżników (Głowaciński & Profus 2007).

Pierwszy lęg bielika *Haliaeetus albicilla* w Karkonoszach wykryto w marcu 1999 r. w rejonie Jagniątkowa (Pałucki 1999). Gniazdo było umieszczone na 150 letnim świerku, na skraju starodrzewu sąsiadującego z młodszym drzewostanem, na wysokości 720 m n.p.m. W połowie maja wykluło się jedno młode, które opuściło gniazdo w pierwszej połowie lipca. Młody ptak przebywał w pobliżu gniazda przez dalsze trzy miesiące i po raz ostatni widziano go wraz z rodzicami 17 października (Pałucki 1999). Ta para bielików wykorzystywała prawdopodobnie Stawy Podgórzyńskie u stóp Karkonoszy jako miejsce zdobywania pokarmu. Był to pierwszy przypadek w kraju gniazdowania bielika w górach. W azjatyckiej części zasięgu znane jest gniazdowanie tego ptaka w górach do wysokości około 2000 m n.p.m. w pobliżu górskich rzek i jezior (Mizera 1999). W Polsce gnieździ się w miejscach, gdzie większe lasy sąsiadują ze zbiornikami wodnymi (jeziora, stawy, wybrzeże Bałtyku, rzadziej rzeki). W rejonie Jagniątkowa i na Stawach Podgórzyńskich obserwowano bieliki już kilka lat wcześniej, a więc prawdopodobnie już wtedy tutaj się gnieździły (Flousek & Gramsz 1999). We wspomnianym wyżej gnieździe bieliki wyprowadziły pomyślnie lęg również w następnym roku (2000), po czym świerk z gniazdem złamał się, a próba lęgu w następnych latach na sąsiednim świerku nie powiodła się (Gramsz 2003). Ponownie bielik zagnieździł się z sukcesem (2 młode) w r. 2003 w okolicach Sobieszowa (595 m n.p.m.) (Gramsz 2003), a w sąsiedztwie Karkonoszy w Górach Izerskich w okolicach Antoniowa (Gramsz i in. 2004). Bielik ujęty jest w Polskiej Czerwonej Księdze Zwierząt jako gatunek mniejszej troski (LC).

Pierwsze, pewne stwierdzenie lęgu sokoła wędrownego *Falco peregrinus* w polskiej części Karkonoszy miało miejsce w r. 2006 w Śnieżnych Kotłach (Gramsz 2006). Sokoły wyprowadziły tu pomyślnie lęg (2 młode) na niedostępnej półce skalnej w pionowej ścianie Kotła, na wysokości 30–40 m od piargu. Obserwacje w porze lęgowej r. 2005 wskazują, że ptaki te mogły się lęgnąć w tym samym miejscu już rok wcześniej (Gramsz 2006). Poza tym w sierpniu 1995 r. na skałach Kotła Małego Stawu obserwowano dorosłego ptaka z dwoma młodymi (Flousek & Gramsz 1999). Nie można wykluczyć, że już wtedy tam się gnieździły. Najbliższe stanowiska lęgowe sokoła wędrownego znajdują się w czeskich Karkonoszach w odległości 2.5 i 3.5 km od Śnieżnych Kotłów i prawdopodobnie z tej populacji pochodziła para ptaków stwierdzona w r. 2006 w Śnieżnych Kotłach (Gramsz 2006). Po czeskiej stronie gór gatunek wykryto jako lęgowy w r. 1992, kiedy to stwierdzono 1 parę (Flousek & Gramsz 1999). Obecnie gniazduje tam 4–5 par (Vrána 2012).

Stanowisko z 2006 r. w Śnieżnych Kotłach funkcjonuje do dzisiaj. Ponadto w r. 2008 w Karkonoszach wschodnich po polskiej stronie gór stwierdzono lęg następnej pary sokołów, a w r. 2011 kolejne stanowisko pary prawdopodobnie lęgowej w innym miejscu na tym terenie. Obecnie populacja sokoła wędrownego po polskiej stronie Karkonoszy liczy więc 2–3 pary lęgowe (K. Dobrowolska-Martini, dane niepubl). Łącznie od 2006 do 2012 roku z gniazd po polskiej stronie Karkonoszy wyleciało 7 młodych (Gramsz 2006; Dobrowolska & Martini w Komisja Faunistyczna 2009, 2010, 2011, 2012; Dobrowolska, Martini & Lontkow-

SKI w Komisja Faunistyczna 2011). Od roku 2008 w Karkonoskim Parku Narodowym prowadzony jest stały monitoring populacji sokoła wędrownego. Zarówno po czeskiej jak i polskiej stronie gór bardzo często dochodzi do strat w lęgach tych ptaków, prawdopodobnie w dużej mierze spowodowanych przez człowieka.

Sokół wędrowny figuruje w Polskiej Czerwonej Księdze Zwierząt jako gatunek skrajnie zagrożony (CR). Aktualną populację tego ptaka w kraju ocenia się na 15–25 par. Większość lęgnie się w wielkich miastach na wysokich budynkach, kominach itp. i są to ptaki introdukowane z hodowli. Sokół ten jeszcze z początkiem XX w. był w kraju rozpowszechnionym gatunkiem. W latach 1960. rozpoczął się katastrofalny spadek liczebności. Główną przyczyną było skażenie środowiska, samych ptaków i ich jaj chlorowanymi węglowodorami, zwłaszcza insektycydami i polichlorkami bifenyli (PCB). Wzdłuż łańcuchów pokarmowych związki te kumulowały się w organizmach ptaków powodując poważne zakłócenia w procesie rozrodu (PIELOWSKI & BONCZAR 2001). Zdobyczą sokoła wędrownego są głównie średniej wielkości ptaki chwytane w locie na otwartej przestrzeni. Zagrożenie ze strony pestycydów w dużej mierze ustało począwszy od lat 1980. i od tego czasu w Europie, w tym również i w Polsce, datuje się początek powrotu tego sokoła na dawne lęgowiska. Przyczyniły się do tego też liczne reintrodukcje.

Sokół wędrowny nie buduje gniazda, a składa jaja wprost na półce skalnej w szczelinie, na budynkach i innych konstrukcjach (mosty, wieże, kominy fabryczne, latarnie morskie i inne), w kamieniołomach i na drzewach w gniazdach innych ptaków. Jest gatunkiem kosmopolitycznym, występującym w odpowiednich siedliskach na prawie całej Ziemi prócz Antarktydy, północnej Arktyki i niektórych wysp oceanicznych (RATCLIFFE 1993).

Większość geograficznego zasięgu mornela *Charadrius morinellus* (Ryc. 13) przypada na arktyczną tundrę. Siedliskiem są rozległe płaskie tereny z rumowiskami rozproszonych głazów; przede wszystkim w górach, rzadziej na nizinach. Do lęgów wybiera miejsca pokryte niską i skąpą roślinnością zielną obfitujące w mchy i nagie skały. Oprócz arktycznej tundry zamieszkuje też góry Azji i na izolowanych stanowiskach niektóre góry w Europie. Najbliższy bardziej zwarty zasięg tego gatunku obejmuje północną i zachodnią Skandynawię (DYRCZ 2001). Pierwsza wzmianka o występowaniu mornela w Karkonoszach pochodzi z r. 1825 (HEYDER 1960). Populacja mornela w Karkonoszach w XIX w. liczyła prawdopodobnie kilkadziesiąt par (PAX 1925). Występował tu na karkonoskiej tundrze w mozaice terenów kamienistych i łąk alpejskich. Być może gniazdował wtedy też po obecnej polskiej stronie Karkonoszy w rejonie Śnieżnych Kotłów i Wielkiego Szyszaka. Populacja karkonoska wyginęła w pierwszej połowie XX w., a główną tego przyczyną były prawdopodobnie polowania i kolekcjonowanie jaj (FLOUSEK & GRAMSZ 1999). Wszystkie późniejsze pewne stwierdzenia pojedynczych lęgów miały miejsce po czeskiej stronie na Łącznej Górze (Luční hora): w r. 1946 (MAŘAN 1946), w r. 1999 (P. SKŘIVAN za FLOUSEK & GRAMSZ 1999) i w r. 2002 (FLOUSEK 2002). W połowie maja 2009 r., po polskiej stronie Karkonoszy, w rejonie Śnieżnych Kotłów i Wielkiego Szyszaka, w siedlisku karkonoskiej tundry obserwowano niepokojącą się, odzywającą się głosem godowym samicę oraz samca mornela, co sugeruje lęg mimo dość wczesnej daty obserwacji (DOBROWOLSKA 2011). Poza tym w kraju stwierdzono lęg w Tatrach Zachodnich w r. 1988 (WOŹNIAK 1992). Mornel figuruje w Polskiej Czerwonej Księdze Zwierząt jako gatunek skrajnie zagrożony (CR). W skali Europy obserwuje się lekki spadek liczebności (BIRDLIFE INTERNATIONAL 2004).

U mornela, oprócz monogamii, występuje sukcesywna poliandria, tj. samica łączy się z kolejnymi samcami (dwoma lub trzema) pozostawiając im opiekę nad lęgiem. Samica jest bardziej kontrastowo ubarwiona od samca, znacznie od niego aktywniejsza w czasie toków i tokująca w sposób charakterystyczny dla samców spokrewnionych gatunków.

Siniak *Columba oenas* to bardzo nieliczny w skali kraju (TOMIAŁOJĆ & STAWARCZYK 2003) gatunek gołębia gnieżdżący się w dziuplach. Jest związany przede wszystkim z lasami bukowymi. W polskiej części Karkonoszy gniazduje do wysokości 900–1000 m n.p.m. w buczynach i borach świerkowych z domieszką starych buków. Jego liczebność tutaj w latach 1990–1994 wynosiła 50–58 par (GRAMSZ 2003). Wszystkie zajęte przez siniaka dziuple znajdowały się w bukach. Trend liczebności tego gatunku na terenie Karkonoszy polskich nie jest znany, ale na podstawie danych z czeskich Karkonoszy można przypuszczać, że i tutaj w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat nastąpił wzrost liczebności (FLOUSEK & GRAMSZ 1999).

W starszej literaturze ornitologicznej brak wzmianki o gnieżdżeniu się puchacza *Bubo bubo* w polskiej części Karkonoszy. Po raz pierwszy stwierdzono stanowiska tych ptaków w latach 1995 i 1996 na Chojniku i w rejonie Michałowic (GRAMSZ 2003). W r. 2002 w obu tych miejscach znaleziono lęgi z 1–2 młodymi. W r. 2003 potwierdzono lęg z okolic Michałowic w nieco innym miejscu niż w roku poprzednim (GRAMSZ



Ryc. 13. Samiec mornela Charadrius morinellus; Wielki Szyszak, 17.05.2009 r. (fot. K. Dobrowolska-Martini)

2003). Wszystkie miejsca gniazdowania znajdowały się na skałkach granitowych w lasach mieszanych na wysokości 500–600 m n.p.m., w pobliżu otwartych terenów (Gramsz 2003). W czeskich Karkonoszach występuje około 10 par lęgowych (Flousek & Gramsz 1999). Puchacz figuruje w Polskiej Czerwonej Księdze Zwierząt jako gatunek niższego ryzyka, ale bliski zagrożenia (NT), a jego liczebność w kraju ocenia się na 250–270 par (Profus 2001). Najliczniejszy jest w kompleksach leśnych północnej i wschodniej Polski oraz w górach. Na Śląsku gnieździ się 30–35 par. Jedynym miejscem na Śląsku, gdzie puchacz przetrwał okres intensywnego tępienia z końcem XIX i początkiem XX w. były Góry Stołowe (Dyrcz i in. 1991). W skali Europy jest też gatunkiem stosunkowo nielicznym, który przeszedł kolejny silny spadek liczebności jeszcze w latach 1970–1990 (BirdLife International 2004). Puchacz jest ptakiem osiadłym. Nie buduje gniazda.

Sóweczkę *Glaucidium passerinum* (Ryc. 14) wykryto w polskiej części Karkonoszy po raz pierwszy w r. 1995 koło Szklarskiej Poręby (Gramsz 2003). W latach 1999–2000 Pałucki (2000) w wyniku wstępnych kontroli w reglu dolnym polskich Karkonoszy zlokalizował 15–19 stanowisk sóweczki. Intensywne poszukiwania w latach 2000–2004 doprowadziły do wykrycia 36 stanowisk odzywających się głosem godowym samców lub par (populację oceniono na 36–40 par tj. 1.9–2.2 par/10 km^2) (Gramsz & Zając 2006). Większość z nich (67 %) znajdowała się w piętrze regla dolnego na wysokości 500–800 m n.p.m., a najwyżej położone zlokalizowano w Białym Jarze na wysokości 1200–1250 m n.p.m. W czeskich Karkonoszach w 2006 r. liczebność oceniono na ponad 30 par (Gramsz & Zając 2006). Wzrost liczebności sóweczek w Karkonoszach nastąpił najprawdopodobniej z końcem lat 1980. i na początku 1990. Przedtem gatunek ten był notowany na tym terenie jedynie sporadycznie. Początkowo, do końca lat 1990., wzrost był prawdopodobnie dość powolny, o czym świadczą obserwacje po czeskiej stronie gór, gdzie mimo intensywnych penetracji, w pierwszym dziesięcioleciu wykryto tylko pojedyncze stanowiska (Flousek & Gramsz 1999; Gramsz & Zając 2006).

W Karkonoszach sóweczka jest związana z borami świerkowymi, występując zwłaszcza w pobliżu młodników i otwartych terenów. W Polsce populację sóweczki ocenia się na 400–500 par rozmieszczonych głównie w Puszczy Białowieskiej, Karpatach i Sudetach (Stawarczyk i in. 2007). Gatunek ten figuruje w Polskiej Czerwonej Księdze Zwierząt (LC). Jest to ptak osiadły, co najwyżej koczujący zimą na niewielkie odległości. Gnieździ się w dziuplach, głównie po dzięciole dużym *Dendrocopos major*.

Jeśli chodzi o włochatkę *Aegolius funereus* (Ryc. 15), to w latach 1990–2001 w polskiej części Karkonoszy stwierdzono 18–20 stanowisk samców odzywających się głosem godowym, na wysokości od 500 m (Dolina Kamiennej) po górną granicę lasu (1300 m n.p.m. w Kotle Łomniczki) (Gramsz 2003). Najnowsza ocena pochodzi z lat 2007–2009 – 20–25 par (Gramsz & Rąpała 2010). Przedtem, w latach 1960. na tym terenie wykryto włochatkę w 8 miejscach (Dyrcz 1973). Poza tym brak wcześniejszych konkretnych danych o występowaniu tego gatunku w Karkonoszach. Badania po czeskiej stronie wykazały fluktuację liczebności wło-

chatki zsynchronizowaną z wahaniami liczebności nornika burego, który jest ważnym składnikiem diety tego gatunku, ale w dłuższej skali czasu populacja wydaje się być ustabilizowana (Flousek & Gramsz 1999). Włochatka objęta jest Polską Czerwoną Księgą Zwierząt (LC), a jej krajową populację oceniono na 1000–2000 par lęgowych (Sikora i in. 2001). Jest dziuplakiem korzystającym często z dziupli po dzięciole czarnym *Dryocopus martius*.

Liczebność dzięcioła zielonosiwego *Picus canus* w latach 1990–1994 oceniono na 12–15 par lęgowych (Gramsz 2003). Najnowsza ocena – 20–25 par – pochodzi z lat 2007–2009 (Gramsz & Rąpała 2010). Zamieszkuje lasy liściaste (głównie bukowe) i mieszane do wysokości 1000 m n.p.m. (Kozacka Dolina) (Gramsz 2003). W skali Polski jest gatunkiem bardzo nielicznym (Stajszczyk & Sikora 2007).



Ryc. 14. Sóweczka Glaucidium passerinium, lasy piętra pogórza (fot. K. Dobrowolska-Martini)

Siwerniak *Anthus spinoletta* (Ryc. 16) to jeden z nielicznych typowo górskich gatunków występujących w Karkonoskim Parku Narodowym. Zamieszkuje strefę łąk alpejskich w górach środkowej i zachodniej Europy i górach Azji. W polskiej części Karkonoszy w latach 1990–1994 stwierdzono tylko 35–40 stanowisk lęgowych, skupiających się głównie w rejonie Śnieżki i Wielkiego Szyszaka, na wysokości 1160–1600 m n.p.m. (Gramsz 2003). Z bardzo przybliżonych ocen liczebności z lat 1960. wynika, że był wtedy liczniejszy (Dyrcz 1973). W okresie szczegółowych badań ilościowych w całych Karkonoszach w latach 1983–1997 liczebność siwerniaka wahała się z roku na rok jednak przy stałym trendzie spadkowym. W ciągu tych 15 lat populacja lęgowa zmniejszyła się o 70%. Ale już wcześniej, przy porównaniu lat 1956 i 1984 zanotowano spadek o 50% (Flousek & Gramsz 1999). Przyczyny zanikania tego gatunku w Karkonoszach nie są jasne. W innych górach Polski (najliczniej występuje w Tatrach) populacja wydaje się ustabilizowana (Dyrcz i in. 2007), chociaż w skali Europy notuje się lekki spadek liczebności (BirdLife International 2004). W Karkonoszach siwerniak preferuje miejsca podmokłe (tereny źródliskowe) z głazami i skałkami wśród rozproszonych płatów kosodrzewiny. Znajdowano gniazda na trawiastych upłazach ścian Śnieżnych Kotłów (Dyrcz 1973). Siwerniak odbywa krótkodystansowe wędrówki i w okresie nie lęgowym spotyka się go na nizinach, zwłaszcza w pobliżu różnych zbiorników wodnych.



Ryc. 15. Włochatka Aegolius funereus; Góry Izerskie, 1.07.2010 r. (fot. M. Martini)

Pliszka górska *Motacilla cinerea* gnieździ się nad bystrymi potokami i rzekami nie tylko w górach, ale i na nizinach (w Polsce zwłaszcza



Ryc. 16. Siwerniak Anthus spinoletta; Śnieżka, 23 czerwca 2014 r. (fot. M. Martini)

na Pomorzu) (Sikora & Mielczarek 2007). W latach 1990–1994 w Karkonoszach polskich stwierdzono 230–235 par lęgowych tych ptaków, a biorąc pod uwagę szerszy zakres lat (1990–2003) populację oszacowano na 260–280 par (Gramsz 2003). Średnie zagęszczenie par w przeliczeniu na 1 km kontrolowanego potoku wynosiło 1.7 pary. W latach 1998–2002 w Karkonoszach stwierdzono 233–249 par a szacowana liczebność wynosiła 260–280 par (Czapulak i in. 2008). Gatunek gnieździ się od podnóża gór do 1400 m n.p.m. (źródła Łomniczki na Równi pod Śnieżką) (Gramsz 2003). Środkowoeuropejskie populacje pliszki górskiej wędrują jesienią do zachodniej Europy i północnej Afryki (nielicznie zimuje).

W Karkonoszach występuje podgatunek pluszcza *Cinclus cinclus aquaticus*. Można go uważać za gatunek górski, bo jest związany z szybko płynącymi, czystymi strumieniami i rzekami w górach. Tylko wyjątkowo gnieździ się na nizinach. W polskiej części Karkonoszy w latach 1990–1994 stwierdzono występowanie 35–40 par (przebadano 22 potoki), a w latach 1998–2001 – 50–55 par (19 potoków) (Czapulak i in. 2001, Gramsz 2003, Gramsz & Rąpała 2010). Wzrost liczebności miał miejsce głównie w zachodniej części gór w związku z poprawą jakości wód na tym terenie, wcześniej silnie zanieczyszczonych i o podwyższonej kwasowości (Gramsz 2003). Najwyższe stanowisko wykryto na Kaskadach Łomniczki (1350 m n.p.m.). Pluszcz jest w zasadzie ptakiem osiadłym, ale w czasie ostrych zim przenosi się na niziny, na nie zamarznięte wody. Jest w kraju gatunkiem bardzo rzadkim, a jego populację ocenia się na 1000–1500 par lęgowych (Sikora i in. 2007).

Płochacz halny *Prunella collaris* (Ryc. 17) to wysokogórski gatunek zamieszkujący piętro alpejskie gór Europy i Azji. W polskich Karkonoszach gnieździ się w Śnieżnych Kotłach, w Kotłach Małego i Wielkiego Stawu oraz na Śnieżce, na wysokości 1300–1600 m n.p.m. (Gramsz 2003). W latach 1990–1994 stwierdzono tu łącznie 8–10 „par", co jest nadal (2007–2009) aktualne (Gramsz & Rąpała 2010). Natomiast w r. 1962 w samych Śnieżnych Kotłach było 10 „par", a po bardzo ostrej zimie 1962/1963, tylko 4 „pary" (Dyrcz 1973). Homeyer (1865) podaje ze Śnieżnych Kotłów 5–8 par. W Śnieżnych Kotłach prowadzono badania nad biologią rozrodu tego gatunku (Dyrcz 1976). U płochacza halnego występują grupy rozrodcze (lęgi kooperatywne) złożone z kilku ptaków obu płci, zatem operowanie liczbą par jest tylko umowne. Populację krajową ocenia się na 375–385 „par", głównie zamieszkujących Tatry (Tomiałojć & Stawarczyk 2003). Ptak ten figuruje w Polskiej Czerwonej Księdze Zwierząt jako gatunek niższego ryzyka (NT).

Sensacją ornitologiczną było wykrycie gniazdowania północnego, tundrowego podgatunku podróżniczka *Luscinia svecica* (*L. s. svecica*) (Ryc. 18) na wierzchowinie Karkonoszy (po czeskiej stronie) w r. 1978 (Miles & Formánek 1989). Po polskiej stronie stwierdzono gniazdowanie w r. 1985 (Gramsz 1986), chociaż już w r. 1970 obserwowano tokującego samca w porze lęgowej na Równi pod Śnieżką (J. Okulewicz w Dyrcz 1973). W la-



Ryc. 17. Płochacz halny Prunella collaris; Śnieżne Kotły, 11.05.2008 (fot. M. Martini)

tach 1990–1994 w polskiej części Karkonoszy gniazdowało 5–6 par w zaroślach kosodrzewiny na subalpejskich torfowiskach wysokich: Úpa na Równi pod Śnieżką i pod Smogornią, na wysokości około 1400 m n.p.m. (GRAMSZ 2003). W latach 2004–2009 stwierdzono tu 6–11 par (GRAMSZ & RĄPAŁA 2010). Poza tym kilka par tego podgatunku gniazduje nieregularnie w polskich Tatrach. Podróżniczek figuruje w Polskiej Czerwonej Księdze Zwierząt jako gatunek niższego ryzyka, ale bliski zagrożenia (NT).

Jeśli chodzi o drozda obrożnego *Turdus torquatus* (Ryc. 19), to prawdopodobnie w polskiej części Karkonoszy występuje wyłącznie podgatunek *T. t. alpestris* zamieszkujący głównie góry Europy. W latach 1990–1997 w polskich Karkonoszach stwierdzono 35–40 par tych drozdów; wszystkie w obrębie Karkonoskiego Parku Narodowego (GRAMSZ 2003). Identyczny jest szacunek z lat 2004–2009 (GRAMSZ & RĄPAŁA 2010). Natomiast w latach 1960. oceniono jego populację na 12–15 par (DYRCZ 1973), co sugeruje wzrost liczebności w nowszych czasach. Wzrost liczebności zanotowano też w czeskich Karkonoszach. W KPN zasiedla głównie lasy regla górnego i piętro kosodrzewiny, a nawet rozproszone krzewy kosodrzewiny wśród subalpejskich łąk. Najliczniejszy jest w sąsiedztwie górnej granicy lasu. Gnieździ się w pasie od 900 m do 1500 m n.p.m. (wschodnie stoki Śnieżki) (FLOUSEK & GRAMSZ 1999; GRAMSZ 2003). Drozd obrożny jest znacznie liczniejszy w Karpatach niż w Sudetach, a krajową populację ocenia się na 1000–3000 par (DYRCZ & MIELCZAREK 2007).

W latach 1990–1994 w Karkonoszach polskich stwierdzono około 20 par muchołówki małej *Ficedula parva* (Ryc. 20), głównie w lasach bukowych i mieszanych (GRAMSZ 2003). W latach 2006–2009 populację oszacowano na 25–30 par (GRAMSZ & RĄPAŁA 2010). Najliczniejsze stanowiska tego gatunku znajdują się na Chojniku i Żarze (w 1990–1994 – 11 par). Gatunek występuje od podnóża gór do wysokości około 800 m n.p.m. (między dolinami Sopotu i Polskiego Potoku) (GRAMSZ 2003). Trend liczebności w Karkonoszach nie jest znany. Porównując jednak oceny z ostatnich lat z wcześniejszymi (DYRCZ 1973; MILES 1986) nie można wykluczyć wzrostu liczebności populacji w ostatnich kilkudziesięciu latach (FLOUSEK & GRAMSZ 1999).

Orzechówka *Nucifraga caryocatactes* to w Polsce bardzo nieliczny lub nieliczny gatunek lęgowy, występujący głównie w górach i w północno-wschodniej części kraju. W latach 1990–1994 populację orzechówki w polskich Karkonoszach oceniono na 35–38 par występujących na wysokości od 600 m do 1350 m n.p.m. w borach świerkowych, głównie w młodych i gęstych monokulturach (FLOUSEK & GRAMSZ 1999; GRAMSZ 2003). W latach 1960. populację oceniono na 37 par (DYRCZ 1973) co sugeruje jej stabilność. Gnieżdżący się w Karkonoszach podgatunek *Nucifraga caryocatactes caryocatactes* jest osiadły.

Czeczotka *Carduelis flammea* (Ryc. 21) to w Polsce skrajnie nieliczny gatunek lęgowy włączony do Polskiej Czerwonej Księgi Zwierząt (LC). Pierwsze pewne informacje dotyczące gniazdowania po czeskiej stronie Kar-

konoszy pochodzą z r. 1953, a po polskiej, z początku lat 1960. (Dyrcz 1973; Flousek & Gramsz 1999). Trzeba jednak wspomnieć, że są wzmianki w literaturze (Dyrcz i in. 1991 za Lübert 1854) sugerujące gniazdowanie w Karkonoszach już w XIX w. W latach 1990–1994 w polskiej części gór wykryto 20–25 par lęgowych lub prawdopodobnie lęgowych, a dodatkowo w 20 miejscach gniazdowanie ptaków było możliwe (Gramsz 2003). Natomiast w 2015 roku uzyskano znacznie większą liczebność gatunku na tym obszarze: 180-220 samców/par, co może być związane z ogólnopolskim wzrostem jego populacji w ostatnich latach (Gramsz i in. 2018). Najliczniej występuje czeczotka w piętrze subalpejskim (1200–1400 m n.p.m.), chociaż lęgi stwierdzono już od wysokości 350 m n.p.m., w sąsiedztwie KPN przy Stawach Podgórzyńskich (Zając 2003). Środowiskiem tego ptaka w Karkonoszach są zwarte zarośla kosodrzewiny z pojedynczymi świerkami występującymi powyżej górnej granicy lasu, pojedyncze jej krzewy na torfowiskach subarktycznych i subal-



Ryc. 18. Samiec podróżniczka Luscinia svecica svecica; Torfowisko na Równi pod Śnieżką, 25.05.2008 (fot. M. Martini i K. Dobrowolska-Martini)

pejskich łąkach, rzadziej bory świerkowe przy górnej granicy lasu oraz młode nasadzenia świerka na poimisyjnych haliznach (Flousek & Gramsz 1999). W Polsce czeczotka gnieździ się w Karpatach Zachodnich, Sudetach i na Wybrzeżu Słowińskim (Mikusek i in. 2007).

Rozmieszczenie pionowe awifauny

U ptaków jako organizmów stałocieplnych, łatwo się przemieszczających, mniej niż w innych grupach zwierząt zaznacza się w górach piętrowość występowania. Tym niemniej w okre-



Ryc. 19. Drozd obrożny Turdus torquatus; Równia pod Śnieżką, 20.05.2011 (fot. M. Martini)

sie lęgowym niektóre gatunki są ograniczone do 1–2 pięter roślinności, bądź nie występują powyżej lub poniżej określonej wysokości nad poziomem morza. I tak gatunki nizinne, takie jak np. pełzacz ogrodowy *Certhia brachydactyla* lub mazurek *Passer montanus* tylko wyjątkowo sięgają 700 m n.p.m., a przeważnie nie przekraczają poziomicy 600 m. Gatunki związane z górami, które w Karkonoszach mają dolną i górną granicę zasięgu to: pluszcz, drozd obrożny i orzechówka (ten ostatni gatunek gniazduje też w północno-wschodniej Polsce, a na Śląsku na nizinach tylko wyjątkowo), lub tylko dolną granicę zasięgu to: siwerniak i płochacz halny. I w końcu są gatunki o szerokim zasięgu pionowym występujące zarówno na nizinach jak i w górach. Wiele z nich to ptaki związane z zadrzewieniami i występujące do górnej granicy lasu. Są to na przykład: grzywacz *Columba palumbus*, dzięcioł czarny *Dryocopus martius*, strzyżyk *Troglodytes troglodytes*, rudzik *Erithacus rubecula*, śpiewak *Turdus philomelos*, mysikrólik *Regulus regulus*, sosnówka *Periparus ater*, zięba *Fringilla coelebs* i gil *Pyrrhula pyrrhula*. Obecnie z powodu wyniszczenia typowych dla regla dolnego lasów bukowych, różnica między reglem dolnym i górnym zatarła się, ale tym niemniej, powyżej regla dolnego raczej nie gnieżdżą się m. in.: puszczyk *Strix aluco*, sóweczka, siniak, dzięcioł zielonosiwy, świstunka *Phylloscopus*



Ryc. 20. Samiec muchołowki małej, Chojnik 19 maja 2010r. (fot. M. Martini)

sibilatrix, muchołówka mała, muchołówka żałobna *Ficedula hypoleuca* i kowalik *Sitta europaea*. Jako przykłady gatunków, które występują zarówno w borach świerkowych jak i w piętrze kosodrzewiny można wymienić: drozda obrożnego, pokrzywnicę *Prunella modularis*, piegżę *Sylvia curruca*, czeczotkę, kapturkę *Sylvia atricapilla* i piecuszka *Phylloscopus trochilus*. Dwa ostatnie gniazdują w piętrze kosodrzewiny tam, gdzie występują liściaste zarośla, np. jarzębiny. Najliczniejszym gatunkiem w strefie przejściowej między borami świerkowymi a kosodrzewiną przy górnej granicy lasu jest świergotek drzewny *Anthus trivialis*, gniazdujący także we wszystkich niżej położonych piętrach roślinności. Jest też grupa gatunków, które gnieżdżą się w dwóch oddzielonych od siebie piętrach roślinności. Wśród nich gatunki występujące głównie na pogórzu, a wyżej dopiero w strefie kosodrzewiny jak makolągwa *Carduelis cannabina* i dziwonia *Carpodacus erythrinus*. Na łąkach u podnóża Karkonoszy, ale też i na alpejskich łąkach gniazduje skowronek *Alauda arvensis*, świergotek łąkowy *Anthus pratensis* i pokląskwa *Saxicola rubetra*.

W czeskiej części Karkonoszy wykazano zmiany rozmieszczenia pionowego ptaków lęgowych w związku z obecnym ociepleniem klimatu. Pomiędzy latami 1996–1998 a 2006–2008 zasięg pionowy 40 gatunków ptaków rozszerzył się w górę, a w dół tylko 11 gatunków (Reif & Flousek 2012). Można przypuszczać, że podobny trend wystąpił też w polskiej części gór.



Ryc. 21. Czeczotka Carduelis flammea; Kamiennik, 17.05.2008 (fot. M. Martini)

Zmiany w faunie ptaków

Na terenie Karkonoskiego Parku Narodowego i otuliny w okresie jego istnienia zaszły istotne zmiany w roślinności, natężeniu ruchu turystycznego, a także zmiany klimatyczne. Zagłada co najmniej dwustuletnich borów świerkowych w reglu górnym i wzmożona penetracja przez ludzi przyczyniły się do wyginięcia głuszca. Jeden z dwóch typowo wysokogórskich gatunków Karkonoszy jakim jest siwerniak zmniejszył dramatycznie swoją liczebność i trend ten zdaje się utrzymywać. Przyczyny spadku liczebności nie są znane. Z drugiej strony w okresie istnienia Parku wykazano regularne gniazdowanie pięciu nowych i cennych z ochroniarskiego punktu widzenia, gatunków. Są to: bielik (1 para), sokół wędrowny (2–3 pary), puchacz (2 pary), sóweczka (36–40 par) i podróżniczek *Luscinia svecica svecica* (6–11 par). Wszystkie ujęte są w Polskiej Czerwonej Księdze Zwierząt. Liczebność pierwszych trzech gatunków wzrasta w kraju głównie z powodu czynnej ich ochrony. Przyczyny wzrostu liczebności sóweczki w kraju nie są jasne. W przypadku północnego podgatunku podróżniczka można raczej wykluczyć, że ptak ten gniazdował w Karkonoszach od dawna i był przeoczony, bo podobnie jak w Karkonoszach, również w Tatrach i w innych górach Europy Środkowej pojawił się stosunkowo niedawno (Głowaciński & Profus 1992; Snow & Perrins 1998). Populacja tego ptaka w Karkonoszach w latach 1990–2009 wykazała nieznaczny wzrost (Gramsz 2003; Gramsz & Rąpała 2010). Poza tym, nowym gatunkiem lęgowym dla całych polsko-czeskich Karkonoszy jest także pliszka cytrynowa *Motacilla citreola* (Ryc. 22), której lęg na subalpejskim torfowisku na Równi pod Śnieżką stwierdzono w r. 2010 (Martini & Dobrowolska w Komisja Faunistyczna 2011). Nowym gatunkiem lęgowym dla polskich Karkonoszy jest prawdopodobnie też wójcik *Phylloscopus trochiloides*, choć dotąd nie ma niezbitego dowodu na jego tutaj gniazdowanie. Jest to gatunek pochodzenia syberyjskiego, który w XX w. wykazał ekspansję w kierunku zachodnim pojawiając się na izolowanych stanowiskach lęgowych w Polsce. W latach 1991–1994 obecność trzech śpiewających samców tego gatunku stwierdzono w wyższych położeniach górskich (1200–1300 m n.p.m.) (Flousek & Gramsz 1999; Gramsz 2003). Zaś w r. 2012 wójciki obserwowano w Karkonoszach wiosną aż kilkanaście razy, w różnych, niekoniecznie optymalnych dla gatunku siedliskach, co sugeruje. że przynajmniej część tych ptaków była przelotna (Czechowski, Dubicka w Komisja Faunistyczna 2013; Dobrowolska-Martini w Komisja Faunistyczna 2013; Gramsz w Komisja Faunistyczna 2013; Martini w Komisja Faunistyczna 2013; Zwoliński, Dławichowska w Komisja Faunistyczna 2013). Czeczotka (ujęta w Polskiej Czerwonej Księdze Zwierząt) najprawdopodobniej gniazdowała w polskich Karkonoszach jeszcze przed po-

wstaniem Parku, ale jej wykrycie i wzrost liczebności miały miejsce dopiero w okresie ostatnich kilkudziesięciu lat. Wzrost liczebności zanotowano też w przypadku pluszcza. Przyczyną jest zmniejszenie kwasowości i spadek zanieczyszczeń potoków. Dostępne dane sugerują również, że w okresie istnienia Parku nastąpił wzrost liczebności drozda obrożnego.

Wyjątkowość awifauny Karkonoszy

W całych polsko-czeskich Karkonoszach stwierdzono w sumie 181 gatunków ptaków, w tym 148 lęgowych lub prawdopodobnie lęgowych (Flousek & Gramsz 1999). W polskiej części gór liczba gatunków lęgowych wynosi 127. Występuje tu 20 gatunków z Załącznika I Dyrektywy Ptasiej i 10 z Polskiej Czerwonej Księgi Zwierząt. Karkonosze są jedną z dziesięciu najważniejszych w Polsce ostoi lęgowych cietrzewia, sóweczki oraz sokoła wędrownego. Odnotowana populacja cietrzewia stanowi 2% krajowej populacji, a sóweczki blisko 10%. Również liczebność włochatki i dzięcioła zielonosiwego przekracza 1% krajowej populacji. Masyw ten ma również znaczenie dla lęgowych populacji północnego podgatunku podróżniczka, czeczotki, płochacza halnego oraz drozda obrożnego (Gramsz & Rąpała 2010). Pięcioma najliczniejszymi gatunkami całej karkonoskiej awifauny są w kolejności: zięba, kapturka, rudzik, świergotek drzewny oraz pokrzywnica (Flousek & Gramsz 1999). Trzy pierwsze związane z lasami reglowymi, świergotek drzewny w największym zagęszczeniu występujący na granicy pięter roślinnych – regla górnego i kosodrzewiny, oraz pokrzywnica, najliczniej lęgowa w piętrze subalpejskim (Dyrcz 1973; Flousek & Gramsz 1999). Większość powierzchni Karkonoszy zajmują bory świerkowe, które można uważać za analogiczne do północnej tajgi. Wskazuje na to m. in. fakt, że trzy gatunki, których większość areału lęgowego przypada na tajgę są tutaj stosunkowo liczne, a mianowicie: włochatka, sóweczka i orzechówka.

Z zoogeograficznego punktu widzenia, wśród elementów faunistycznych wyróżnionych przez Voousa (1960) dwa: palearktyczno-górski (Palaeo-montane) i palearktyczno-podgórski (Palaeo-xeromontane) wyewoluowały w górach, chociaż nie zawsze są obecnie ograniczone do samych gór. Do pierwszej grupy należą w Karkonoszach (podobnie jak w Jesionikach) płochacz halny, drozd obrożny i pluszcz. W Alpach Szwajcarskich jest takich gatunków osiem. W Karkonoszach brak bardziej ciepłolubnych elementów palearktyczno-górskich jak np. pomurnik *Tichodroma muraria*, który gnieździ się w Tatrach i Pieninach oraz nagórnik *Monticola saxatilis*, który gniazdował w tych górach w przeszłości (Dyrcz 1973) i jest tam sporadycznie obserwowany (Dyrcz i in. 1991). Ostatnio, samiec tego gatunku był widziany w porze lęgowej w Śnieżnych Kotłach (Dobrowolska-Martini 2012). Brak gatunków ciepłolubnych wiąże się z faktem, że klimat Karkonoszy odznacza się dużą ilością dni mglistych, ze stosunkowo niskimi temperaturami w ciągu lata i surowymi warunkami w czasie zimy (Fabiszewski 1985). Natomiast elementem palearktyczno-podgórskim jest w Karkonoszach kopciuszek *Phoenicurus ochruros*.

Podsumowując, Karkonosze stanowią obszar niezwykle cenny pod względem awifaunistycznym, gdzie gnieździ się wiele gatunków rzadkich i zagrożonych w skali kraju a również Europy, zaś swoisty charakter awifau-



Ryc. 22. Pliszka cytrynowa Motacilla citreola; Równia pod Śnieżką, 12.05.2009 (fot. M. Martini)

nie nadaje obecność płaskiej wierzchowiny powyżej górnej granicy lasu z torfowiskami wysokimi oraz równoczesnym występowaniem skalistych kotłów. Występują tu obok siebie gatunki wysokogórskie jak płochacz halny i siwerniak oraz gatunki, których większość areału lęgowego przypada na strefę tajgi i tundry, jak podróżniczek, czeczotka i gniazdujący sporadycznie mornel.

Ssaki

Przegląd gatunków

Aktualnie fauna ssaków Karkonoskiego Parku Narodowego obejmuje 62 gatunki, z których większość stanowią drobni przedstawiciele tej grupy zwierząt: gryzonie, nietoperze i przedstawiciele dawnego rzędu owadożernych, obecnie zaklasyfikowane do dwóch odrębnych rzędów i trzech rodzin (jeżowate, ryjówkowate i kretowate). Karkonosze są miejscem występowania dwóch gatunków jeży: jeża zachodniego *Erinaceus europaeus* (Ryc. 23) i jeża wschodniego *E. roumanicus* (Flousek i in. 2007). Stanowiska jeża zachodniego stwierdzono na terenie całych Karkonoszy, przy czym większość stwierdzeń dotyczy sąsiedztwa zabudowań, mniejszych zadrzewień i skraju zwartych drzewostanów liściastych i mieszanych rejonu pogórza i regla dolnego (Dutkiewicz 1967). Górna granica jego zasięgu w Karkonoszach przebiega na wysokości 1000–1410 m n.p.m. (Anděra i in. 1974; Flousek i in. 2007). Jeż wschodni wykazywany był znacznie rzadziej. Prawdopodobnie występuje głównie we wschodniej części masywu, na co mogło by wskazywać stwierdzenie mieszańca jeża wschodniego i zachodniego w Bierutowicach, koło Karpacza (dziś Karpacz Górny) (Dutkiewicz 1967). Nie odnotowano jego obecności powyżej regla dolnego. Również większość stanowisk kreta *Talpa europaea* ogranicza się do otwartych terenów łąkowych i pastwisk, szczególnie w niższych położeniach górskich. Jednak mniej licznie notowany jest również w wyższych partiach Karkonoszy do 1440 m n.p.m., gdzie jego obecność wykazano np. w kotłach polodowcowych (Flousek i in. 2007). Ryjówkowate aktualnie występujące na terenie Karkonoskiego Parku Narodowego reprezentowane są przez 5 gatunków: ryjówkę aksamitną *Sorex araneus*, ryjówkę malutką *S. minutus*, ryjówkę górską *S. alpinus*, zębiełka karliczka *Crocidura suaveolens* i rzęsorka rzeczka *Neomys fodiens*. Dwa pierwsze gatunki są szeroko rozprzestrzenione na terenie całych Karkonoszy, wykazywane we wszystkich piętrach roślinnych. W partiach grzbietowych występują w znacznie niższych zagęszczeniach, niemniej stanowią istotny element tamtejszych ugrupowań drobnych ssaków (Chudoba i in. 1973; Flousek i in. 2007). Ryjówka górska jest rzeczywiście gatunkiem typowo górskim związanym głównie z wyższymi piętrami roślinnymi. Najwyższe jej zagęszczenia stwierdzono na wysokościach 800–1200 m n.p.m. Zasiedla wilgotne lasy iglaste o runie trawiastym, zielnym i borówkowym z licznymi wykrotami skalnymi i butwiejącymi pniami i korzeniami, często w sąsiedztwie górskich potoków. Powyżej regla górnego, w piętrze kosodrzewiny i w trawiastych siedliskach występuje mniej licznie. Najwyżej położone stanowiska ryjówki górskiej pochodzą ze stoków Śnieżki (Anděra i in. 2004). Najwyższe jej zagęszczenia (do 4 os./ha) stwierdzono w podmokłych lub nadwodnych biotopach z bujnym poszyciem (Flousek 1990a). Proporcje zagęszczenia ryjówki aksamitnej, ryjówki malutkiej i ryjówki górskiej w Karkonoszach wynoszą odpowiednio jak 5:3:1. Karkonoskie wody płynące i stojące są miejscem stałego występowania rzęsorka rzeczka. Większość stwierdzeń zarówno po czeskiej jak i polskiej stronie dotyczy strefy regla dolnego i górnego, jednak sporadycznie gatunek odławiano powyżej górnej granicy lasu, gdzie nawet w typowych dla siebie siedliskach występuje bardzo nielicznie. Po polskiej stronie był odławiany między innymi w dolinie Łomnicy powyżej Karpacza, w Śnieżnych Kotłach i w Kotle Małego Stawu (Haitlinger & Humiński 1964; Chudoba i in. 1973). Zębiełek karliczek spotykany sporadycznie na terenie Karkonoszy, odławiany był głównie w sąsiedztwie ludzkich siedzib. Jednak stwierdzenia tego gatunku obejmują również górne partie masywu, gdzie jego obecność najczęściej odnotowywano w kotłach polodowcowych (Haitlinger 1967). Miles (1971) odłowił nieliczne osobniki zębiełka karliczka na zboczach Śnieżki. Występowanie kolejnego gatunku – rzęsorka mniejszego *Neomys anomalus*, nie zostało potwierdzone po polskiej stronie od kilkudziesięciu lat. Jedyne stwierdzenie gatunku na tym obszarze pochodzi z Wilczej Poręby (Schaefer 1935). Po stronie czeskiej gatunek ten wykazany został na kilku stanowiskach (Anděra i in. 1974).

Fauna nietoperzy stwierdzonych dotychczas na obszarze polskich Karkonoszy liczy łącznie 19 gatunków, spośród których obecność kilku, m. in. podkowca małego *Rhinolophus hipposideros*, nocka łydkowłosego *Myotis dasycneme*, nocka Bechsteina *M. bechsteinii* (Ryc. 24) odnotowano głównie na zimowiskach w okolicy Kowar i Karpacza, poza granicami Karkonoskiego Parku Narodowego. Spośród wymienionych wyżej gatunków aktu-

alnie wykazywany jest jedynie nocek Bechsteina, którego zimowiska znajdują się w bezpośrednim sąsiedztwie KPN. Od kilku lat nie udało się jednak wykazać obecności podkowca małego i nocka łydkowłosego na zimowiskach zlokalizowanych na terenie polskich Karkonoszy (SZKUDLAREK i in. 2002). Również nocek orzęsiony *M. emarginatus* podawany przez SCHLOTTA (1942) ze sztolni w Sowiej Dolinie, nie został już później wykazany na tym obszarze. Również po czeskiej stronie (w najważniejszych karkonoskich zimowiskach nietoperzy) rejestrowany jest bardzo rzadko czy wręcz sporadycznie (BARTONIČKA i in. 2015). Do gatunków najliczniej zimujących z Karkonoszach należy nocek rudy *M. daubentonii*, gacek brunatny *Plecotus auritus* i nocek duży *M. myotis* (Ryc. 25). Stosunkowo licznie odnotowywane na zimowiskach są również: mopek *Barbastella barbastellus* (Ryc. 26), nocek Natterera *M. nattereri* oraz nocek wąsatek *M. mystacinus* i nocek Brandta *M. brandti* (GUBAŃSKA i in. 2002). Zimowanie nielicznych osobników mroczka pozłocistego *Eptesicus nilssoni* stwierdzono w sztolniach w okolicach Szklarskiej Poręby, Piechowic, Miłkowa i Kowar (SZKUDLAREK & PASZKIEWICZ 1999).



Ryc. 23. Jeż zachodni Erinaceus europaeus (fot. T. Zając)

Zdecydowanie słabiej rozpoznane są letnie stanowiska nietoperzy w Karkonoszach (kolonie rozrodcze i letnie schronienia dzienne). Nieliczne informacje dotyczące letnich schronień nocka dużego, gacka brunatnego, karlika malutkiego *Pipistrellus pipistrellus*, mroczka posrebrzanego *Vespertilio murinus* i mopka, pochodzą z miejscowości sąsiadujących z Parkiem, m.in. z Jagniątkowa, Borowic, Kowar czy Karpacza. Przeprowadzone w latach 2012-13 badania nietoperzy w Karkonoszach, oparte na rejestracji i analizie ich głosów, pozwoliły na nieco lepsze rozpoznanie statusu i stopnia ich rozpowszechnienia zarówno na terenie KPN jak i całego obszaru Karkonoszy (BARTONIČKA i in. 2015). Jednym z najliczniej występujących gatunków w Karkonoszach jest karlik malutki, którego stałą obecność stwierdzono na całym obszarze Karkonoszy, do wysokości 1000–1200 m n.p.m. Gatunek ten jest wyraźnym dominantem w większości tutejszych drzewostanów, za wyjątkiem żyznych buczyn (BARTONIČKA i in. 2015). Zdecydowanie rzadziej notowany jest karlik drobny *P. pygmaeus*, stwierdzany głównie na pogórzu i w paśmie regla dolnego m. in. w okolicach Podgórzyna, Sobieszowa (w tym także u podnóża Góry Chojnik), Jagniątkowa czy Michałowic. Nieco częściej rejestrowano natomiast obecność karlika większego *P. nathusii*, notowanego podobnie jak poprzedni gatunek, w lasach liściastych i nad śródpolnymi polanami, często w sąsiedztwie cieków i zbiorników wodnych czy też w pobliży ludzkich osiedli. Borowiec wielki *Nyctalus noctula* spotykany jest najliczniej w niższych położeniach górskich, nad terenami otwartymi jak i w drzewostanach liściastych regla dolnego. Mniej licznie rejestrowany w paśmie regla górnego (BARTONIČKA i in. 2015). Spokrewniony z nim borowiaczek *N. leisleri* do niedawna wykazywany był w Karkonoszch skrajnie rzadko. Jedyna bezpośrednia obserwacja gatunku z polskiej części, dotycząca pojedynczego osobnika, pochodzi z r. 1987 z Wilczej Poręby w Karpaczu (ok. 700 m n.p.m.) (KOKUREWICZ 1991).

W latach 2012-13 obecność borowiaczka rejestrowano na licznych stanowiskach w obrębie całych Karkonoszy, jednak notowany był wyraźnie mniej licznie niż borowiec wielki, a jego obecność bardzo wyraźnie skorelowana była z dostępnością żyznych buczyn sudeckich (BARTONIČKA i in. 2015). Karkonoski Park Narodowy wraz z otuliną to również rejon występowania 3 gatunków mroczków: mroczka późnego *Eptesicus serotinus*, mroczka pozłocistego *E. nilssoni* i mroczka posrebrzanego *Vespertilio murinus*. Zasięg mroczka późnego w zasadzie ogranicza się głównie do niższych partii Karkonoszy sięgających 700–800 m n.p.m., podczas gdy mroczek pozłocisty, jeden z najpowszechniej wykazywanych gatunków nietoperzy, licznie wykazywany jest również w drzewostanach iglastych i mieszanych regla górnego, dochodząc do górnej granicy lasu i piętra kosodrzewiny. Mroczek posrebrzany jest jednym z nielicznych gatunków regularnie rejestrowanych w piętrze subalpejskim, do wysokości 1200–1400 m n.p.m. (PAX 1925; ANDĚRA i in. 1974). Piętro kosodrzewiny i górskie torfowiska stanowią zresztą charakterystyczne siedlisko zarówno mroczka pozłocistego jak i posrebrzanego (BARTONIČKA i in. 2015). Latem i jesienią obecność tego gatunku notowano licznie w obrębie karkonoskich miejscowości sąsiadujących z Parkiem Narodowym, m. in. w Karpaczu, Szklar-

skiej Porębie, Borowicach, Michałowicach i Jagniątkowie (Szkudlarek & Paszkiewicz 1999, Bartonička i in. 2015). Gacek brunatny jest jednym z powszechniej wykazywanych karkonoskich nietoperzy, wykorzystującym szerokie spektrum siedlisk. Jego regularną obecność gatunku rejestrowano zarówno z niższych jak i w wyższych położeniach, w tym także w piętrze kosodrzewiny i na wierzchowinowych torfowiskach (Bartonička i in. 2015). Szczytowe partie Karkonoszy uznawane była także za potencjalny obszar występowania mopka (Pax 1925), jednak dane współczesne tego nie potwierdziły, a większość stwierdzeń tego gatunku odnotowano poniżej górnej granicy lasu, głównie w obrębie drzewostanów czy wśród śródleśnych polan (Anděra i in. 1974; Kokurewicz 1991; Bartonička i in. 2015). Spośród nocków najliczniej wykazywanymi gatunkami w okresie letnim są nietoperze również najliczniej stwierdzane na zimowiskach: nocek rudy, nocek duży, nocek wąsatek i nocek Brandta. Spotykane najpowszechniej w drzewostanach liściastych i mieszanych, w niższych położeniach górskich, a mniej licznie rejestrowane w górnoreglowych świerczynach. Dawne stwierdzenia nocka rudego powyżej górnej granicy lasu nad Małym Stawem (Gloger 1827 za Anděra i in. 1974) nie zostały obecnie potwierdzone. Dolnoreglowe drzewostany liściaste są również miejscem występowania dwóch innych gatunków nocków, stosunkowo nielicznie stwierdzanych na terenie Karkonoszy – nocka Natterera i nocka Bechsteina *M. bechsteinii*, przy czym w przypadku nocka Bechsteina zdecydowanie wyższą aktywność notowano w karkonoskich żyznych buczynach (Bartonička i in. 2015). Niemniej oba gatunki notowane były również w drzewostanach iglastych i mieszanych, jednak w przypadku nocka Bechsteina stwierdzenia wydają się być raczej sporadyczne (Flousek i in. 2007, Bartonička i in. 2015). Bardzo prawdopodobne wydaje się występowanie na terenie Karkonoszy nocka Alkatoe *M. alcathoe*, którego obecność potwierdzono na zimowisku w Szklarskiej Porębie w roku 2012 (Sachanowicz i in. 2012). Dane pochodzące z badań chiropterologicznych prowadzonych w latach 2013-14, oparte na rejestracji głosów nietoperzy, ograniczały możliwość potwierdzenia jego obecności na terenie Karkonoszy, ze względu na trudności w jednoznacznej identyfikacji do konkretnego gatunku poszczególnych przedstawicieli rodzaju *Myotis* (Bartonička i in. 2015). Niemniej wydzielona para gatunków nocek Alkatoe/nocek orzęsiony (charakteryzujących się bardzo podobnymi sygnałami echolokacyjnymi) należała do najrzadziej notowanych wówczas nietoperzy w Karkonoszach.

Materiały dotyczące fauny gryzoni polskich Karkonoszy wskazują, że dominują tu trzy gatunki: nornik bury *Microtus agrestis* (Ryc. 27), nornica ruda *Myodes glareolus* i mysz leśna *Apodemus flavicollis*. Mysz leśna i nornica ruda, gryzonie szeroko rozprzestrzenione na terenie całych Karkonoszy stanowią jednocześnie najliczniejszą grupę gryzoni dolnoreglowych i górnoreglowych w niezdegradowanych drzewostanach. Mniej licznie występują w kotłach polodowcowych i na torfowiskach w szczytowych partiach masywu. Wyraźny spadek ich liczebności zaobserwowano w zdegradowanych drzewostanach regla górnego (Adamczewska-Andrzejewska 1995, 1997).



Ryc. 24. Nocek bechsteina Myotis bechsteinii (fot. K. Kozyra)



Ryc. 25. Nocek duży Myotis myotis (fot. K. Kozyra)



Ryc. 26. Mopek Barbastella barbastellus (fot. K. Kozyra)

Nornik bury uznawany dawniej za gatunek typowy dla siedlisk grzbietów karkonoskich, w latach 1970–80 ubiegłego wieku znacznie rozszerzył swój zasięg, zasiedlając zniszczone w wyniku klęski ekologicznej drzewostany regla górnego, szczególnie siedliska wilgotne o rozwiniętym podszyciu borówkowym, gdzie stał się jednym z dominujących gatunków gryzoni (CHUDOBA i in. 1973; ADAMCZEWSKA-ANDRZEJEWSKA 1995, 1997; FLOUSEK i in. 2007). Powyżej górnej granicy lasu nornik bury zasiedla tereny porośnięte bujną roślinnością trawiasto-zielną, torfowiska i inne podmokle biotopy z borówką. Przyjmuje się, że górna granica jego zwartego zasięgu przebiega na wysokości 1200–1300 m n.p.m. Jednak obecność nornika burego odnotowywano również w najwyższych partiach Karkonoszy na stokach Śnieżki (ANDĚRA i in. 1974). Kolejnym gatunkiem zasiedlającym szczytowe partie Karkonoszy jest darniówka zwyczajna *Microtus subterraneus*, której obecność regularnie rejestrowano na wysokości 1000–1400 m n.p.m. Odławiana była zwykle na terenach trawiastej tundry, często o wysokiej wilgotności, oraz w sąsiedztwie kotłów polodowcowych. Po polskiej stronie wykazana m. in. ze Śnieżnych Kotłów, Hali Szrenickiej i w sąsiedztwie Małego Stawu (CHUDOBA i in. 1973). W strefie pogórza i górnoreglowych świerczynach gatunek ten odławiany był zdecydowanie rzadziej i występował w mniejszym zagęszczeniu. ANDĚRA i in. (1974) piszą o sporadycznych stwierdzenia darniówki na stokach Śnieżki. Nornik zwyczajny *Microtus arvalis*, gatunek związany z terenami otwartymi (łąkami, pastwiskami i polami uprawnymi), szeroko rozprzestrzeniony w niższych partiach masywu, tworzy mniej liczne, izolowane populacje w alpejskich i subalpejskich siedliskach łąkowych (FLOUSEK 1990B). W odróżnieniu od nornika burego zasiedla głównie suche biotopy, sięgając szczytowych partii Karkonoszy (UHLÍKOVA 2005). Mysz polna *Apodemus agrarius* (Ryc. 28) pospolicie występująca na przedgórzu i pogórzu Karkonoszy do wysokości 800 m n.p.m., na wierzchowinie masywu (do 1435 m n.p.m.) występuje skrajnie nielicznie, tworząc izolowane populacje rozmieszczone głownie wzdłuż dolin rzecznych (FLOUSEK 1990B; FLOUSEK i in. 2004). Po polskiej stronie nie odnotowano dotychczas jej obecności na terenie KPN, jednak wykazano jej obecność w bezpośrednim sąsiedztwie granic Parku m. in. na terenie Karpacza czy Jagniątkowa. Inny karkonoski przedstawiciel rodzaju – mysz zaroślowa *A. sylvaticus* (Ryc. 29), występuje na całym obszarze tych gór, jednak zdecydowanie mniej licznie aniżeli mysz leśna. Gatunek najliczniej odławiany na skrajach zwartych zadrzewień i łąkach w niższych położeniach górskich, podczas gdy jej rozmieszczenie w szczytowych partiach Karkonoszy ma prawdopodobnie jedynie charakter wyspowy (CHUDOBA i in. 1973). Nowym przedstawicielem fauny KPN jest najmniejszy krajowy przedstawiciel myszowatych - badylarka *Micromys minutus* (Ryc. 30), której obecności nie potwierdzono do niedawna po polskiej stronie Karkonoszy (HAITLINGER 1985), pomimo licznych stwierdzeń z regionie przedgórza, w tym sąsiedniej Kotliny Jeleniogórskiej (ZAJĄC 2003). W roku 2015 obecność gatunku odnotowano w górnych piętrach Karkonoszy na Hali Szrenickiej (1180-1200 m n.p.m.) i na Polanie (okolice dawnego schroniska B. Checha, ok. 1060 m m.p.m). Są to obecnie jedne z najwyższych stanowisk tego gatunku w Karkonoszch, wykazywanego dotychczas po czeskiej stronie z niższych partii masywu (400-600 m), przy maksymalnej wysokości 950 m (FLOUSEK i in. 2007). Potencjalnie nowym przedstawicielem karkonoskiej fauny jest karczownik mniejszy *Arvicola scherman*, wydzielony niedawno jako drugi, obok karczownika ziemnowodnego *A. amphibius* przedstawiciel karczowników w tej części Europy wykazywanych również z Polski. Podstawą uznania go za odrębny gatunek były różnice morfologiczne, biologia i behawior. CAIS (1974) wskazywał na obecność wzdłuż całego pasma Sudetów dawnego podgatunku ssp. *scherman*, jako wybitnie górskiego przedstawiciela dawnego monofiletycznego gatunku *A. terrestris*, charakteryzującego się mniejszymi rozmiarami i odmienną biologią, Jedyne dane współczesne o obecności karczownika mniejszego w Sudetach pochodzą z Gór Stołowych (ZAJĄC I KOZYRA 2015, MIKUSEK i in. 2018), jednak stosunkowo skąpe dane z Karkonoszy na temat miejsc stwierdzeń i morfometrii tutejszych karczowników, mogą wskazywać

na obecność karczownika mniejszego również na terenie KPN, bądź też sympatrycznego występowania tu obu krajowych przedstawicieli rodzaju *Arvicola*. Wcześniejsze założenia dotyczące obecności reliktowej populacji karczowników zasiedlającej szczytowe partie Karkonoszy (Flousek i in. 2007), mogą dotyczyć właśnie przedstawicieli zasiedlającego górskie regiony karczownika mniejszego. Po czeskiej stronie karczowniki odławiano również w wierzchowinowych partiach Karkonoszy na wysokości 1100–1400 m n.p.m., przy pojedynczych udokumentowanym stwierdzeniu karczownika na stokach Śnieżki (Hanzák 1959). Niemniej dostępne obecność gatunku odnotowano w różnych typach siedlisk nadwodnych i podmokłych w pasie 400-1550 m n.p.m. (Flousek i in. 2007). Występowanie dwóch innych gryzoni – myszy domowej *Mus musculus* i szczura wędrownego *Rattus norvegicus*, związane jest głównie z sąsiedztwem zabudowań, stąd większość stwierdzeń dotyczy miejscowości leżących poza terenem Karkonoskiego Parku Narodowego lub w jego bezpośrednim sąsiedztwie. Pojedyncze obserwacje myszy domowej z terenu parku dotyczą zabudowań (głównie schronisk) położonych na grzbiecie masywu. Po polskiej stronie jej obecność potwierdzono m. in. w schronisku na Szrenicy i na szczycie Ścieżki. Stwierdzono ją też w czeskich schroniskach (Anděra i in. 1974). Jedyne udokumentowane stwierdzenie szczura wędrownego z terenu Karkonoskiego Parku Narodowego pochodzi ze schroniska pod Łabskim Szczytem (Chudoba i in. 1973). Liczniej wykazywany jest on po czeskiej stronie, w tym również na wierzchowinie Karkonoszy, dochodząc do ok. 1400 m n.p.m. (Anděra i in. 1974; Flousek i in. 2007). Karkonoski Park Narodowy jest miejscem występowania jednego z czterech krajowych przedstawicieli popielicowatych – orzesznicy *Muscardinus avellanarius*. Aktualne dane z polskich Karkonoszy wskazują, że zasiedla ona zarówno drzewostany liściaste i mieszane w piętrze regla dolnego (500–900 m n.p.m.) jak i siedliska położone powyżej górnej granicy lasy w piętrze kosodrzewiny, m.in. w Kotle Wielkiego i Małego Stawu (Chudoba i in. 1973; Karwowska 2009). Jako górną granicę zasięgu orzesznicy przyjęto piętro subalpejskie w pasie 1400–1500 m n.p.m. Obecność innego gatunku – popielicy *Glis glis*, podawanej na początku ub. wieku w okolicach Wielkiego Stawu przez Paxa (1925), nie została później potwierdzona. W dolnych partiach licznie występuje wiewiórka *Sciurus vulgaris* (Ryc. 31), której liczebność wyraźnie spada w piętrze regla górnego. Jednak regularnie zasiedla także strefę kosodrzewiny (Haitlinger 1985, Flousek i in. 2007).

Bardzo nielicznie w Karkonoszach reprezentowane są duże ssaki drapieżne, które przed wiekami zostały wytępione, a obecnie możemy obserwować ich powolny powrót na tym obszarze. Dostępne materiały dotyczące historycznego zasięgu niedźwiedzia brunatnego w Karkonoszach i daty jego wytępienia nie do końca są ze sobą zgodne. Jakubiec i Buchalczyk (1987) podają, że po polskiej stronie Karkonoszy na niedźwiedzia brunatnego *Ursus arctos* polowano do roku 1756, a ostatnie tropy drapieżnika notowano w r. 1777, podczas gdy po czeskiej stronie masywu ostatnie osobniki zabito na początku XIX-tego wieku. Anděra i in. (1974) podają, że ostatni osobnik po czeskiej stronie został zabity w r. 1726, podczas gdy na obecnym obszarze Karkonoskiego Parku Narodowego niedźwiedzie były odławiane jeszcze w latach 1726–1736 (w okresie tym odłowiono 9 osobników). Wzmianki w dawnych raportach myśliwskich wskazują, że w roku 1726 odstrzelono na tym terenie 3 niedźwiedzie, w 1734 r. dwa osobniki, a w 1736 r. jednego osobnika (Rudzki 1970). Bartoš (2000) podaje, że ostatni niedźwiedź w Karkonoszach ustrzelony został po czeskiej stronie u południowych podnóży Śnieżki w roku 1802. Z kolei Pax (1925) przytacza rok 1804, jako datę wyginięcia niedźwiedzi w Karkonoszach. Po północnej stronie niedźwiedzie spotykane były najdłużej w rejonie Śnieżnych Kotłów, podczas gdy na południowych stokach masywu (po stronie czeskiej) ostatnie osobniki utrzymywały się najdłużej w trudno dostępnym rejonie źródłowym rzeki Łaby (Semidoli) i w naj-



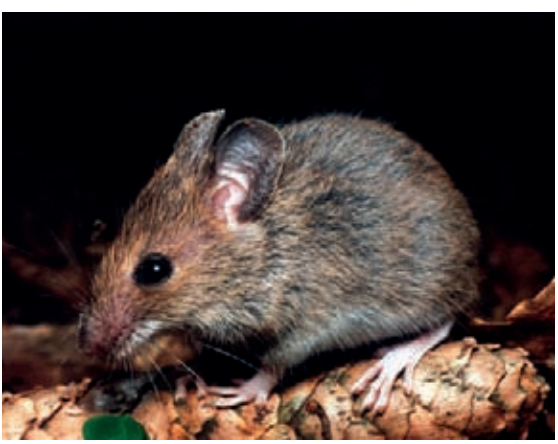
Ryc. 27. Nornik bury (fot. T. Zając)

większym karkonoskim kotle polodowcowym (Obří důl) u źródeł Upy (Rudzki 1970; Anděra i in. 1974; Bartoš 2000). Jedyne współczesne stwierdzenia niedźwiedzia brunatnego w Karkonoszach pochodzą z lat 1991–1993. W okresie tym obecność migrującego osobnika odnotowano w regionie Lasockiego Grzbietu (Jakubiec 1995; Jakubiec & Spišek 1998). Jednak od tamtej pory nie rejestrowano ponownie obecności tego drapieżnika zarówno po czeskiej jak i polskiej stronie Karkonoszy (Červený i in. 2004).

Podobny los spotkał 4 inne drapieżniki, wilka, rysia, żbika i wydrę, które w XVIII i XIX w. zniknęły z obszaru Karkonoszy. Ostatnie stwierdzenia wilka *Canis lupus* w granicach polskich Karkonoszy odnotowano w drugiej połowie XVIII w. Ostatni osobnik zastrzelony tu został w roku 1766 (Anděra i in. 1974). Po czeskiej stronie wg danych łowieckich ostatniego wilka zastrzelono w roku 1902, poza tym brak danych na temat jego liczebności w XIX wieku. Sporadyczne stwierdzenia wilka w Karkonoszach w kolejnych latach dotyczyły migrujących osobników. W latach 80-tych ubiegłego wieku zanotowano w Karkonoszach wzrost liczby spotkań z wilkiem, ale część tych obserwacji prawdopodobnie dotyczyła osobników zbiegłych z niewoli (Miles 1964; Anděra i in. 2004). Okazjonalne stwierdzenia tego gatunku po roku 2000 (w tym także po polskiej stronie) przypisywane były raczej osobnikom migrującym i sporadycznemu pojawianiu się wilków, aniżeli stałej jego obecności w Karkonoszach (Flousek i in. 2014). Niemniej liczba potwierdzonych i udokumentowanych stwierdzeń gatunku zarówno po czeskiej (dane KRNAP) jak i polskiej stronie (dane KPN), mogą wskazywać na obecność stałej populacji w Karkonoszach. Ryś *Lynx lynx*, według Kratochvila (1968) zniknął z terenu Karkonoszy w XVIII w. Ponownie widziano go w Karkonoszach dopiero po ponad 200 latach nieobecności. Po czeskiej stronie rysia odnotowano współcześnie po raz pierwszy w r. 2002 w dolinie rzeki Łaby (Pažout 2003). W kolejnych latach liczba obserwacji rysia po czeskiej stronie systematycznie wzrastała. Trzy lata później (lata



Ryc. 28. Mysz polna Apodemus agrarius (fot. T. Zając)



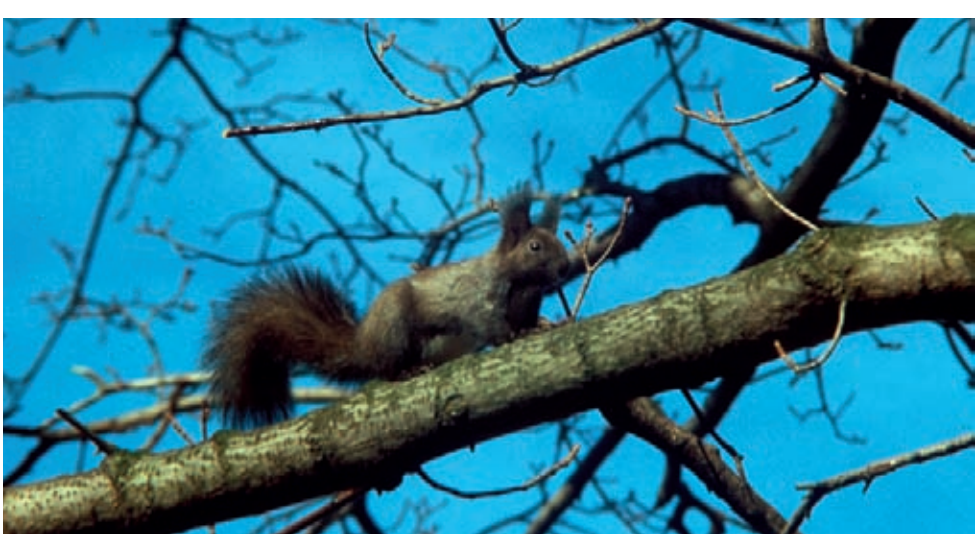
Ryc. 29. Mysz zaroślowa Apodemus sylvaticus (fot. T. Zając)



Ryc. 30. Badylarka (fot. K. Kozyra)

2005–2006) potwierdzono obecność gatunku we wschodniej części Karkonoszy (okolice Jelení Hoře i Rýchor, dolina Małej Upy). Kolejne stwierdzenia pochodziły zarówno z zachodniej części w sąsiedztwie Gór Izerskich jak i wschodniej części: m in. Kozie Grzbiety (Kozí hřbety), południowe stoki Śnieżki, okolice Trutnova i Górnego Marszowa (Horní Maršov). Kolejne lata przyniosły wyraźny wzrost liczby potwierdzonych obserwacji rysia w całych Karkonoszach (Flousek i in. 2014). Na pierwsze ślady obecności rysia po polskiej stronie natrafiono w r. 2006 w okolicach Jagniątkowa (Rąpała 2008). W następnych latach notowano dalsze, coraz częstsze, ślady obecności gatunku także po polskiej Karkonoszy, m.in. w okolicach Karpacza, Dolinie Łomniczki, na Kopie, w kotle Wielkiego Stawu, Jagniątkowie czy też w okolicach Jakuszyc (Żuczkowski & Żuczkowski 2012, Flousek i in. 2014). Rosnąca liczba stwierdzeń rysia po roku 2000 na terenie całych Karkonoszy, wskazuje, ze jest on obecnie ponownie stałym mieszkańcem tych gór (Flousek i in. 2014). Żbik *Felis silvestris*, to kolejny drapieżnik zasiedlający dawniej karkonoskie lasy, jednak brak dokładnych danych na temat jego ówczesnego rozmieszczenia i liczebności. Ostatni osobnik został odstrzelony w r. 1896 (Obenberger 1952). Również wydra *Lutra lutra* do niedawna znajdowała się na liście wymarłych gatunków w Karkonoszach. Jeszcze w latach 30-tych XX wieku była ona stałym mieszkańcem tutejszych rzek i potoków. Po czeskiej stronie ostatniego osobnika odnotowano w roku 1934 (Anděra i in. 1974). Dokładna data zniknięcia gatunku po polskiej stronie nie jest znana. Pierwsze wzmianki o zanikaniu wydry na tym terenie pochodzą z roku 1899. Wówczas (w latach 1885–86) zagęszczenie populacji wydry szacowano na najwyżej 1 os./100km2 (Pax 1925). Dane archiwalne z pierwszego dziesięciolecia XX wieku wskazują na dalsze pozyskanie drapieżnika w sąsiedztwie Karkonoskiego Parku Narodowego, m. in. nad rzeką Kamienną w rejonie Szklarskiej Poręby i nad licznymi dopływami Bobru (Zając 2008). Badania ankietowe z roku 1945 nie wykazywały już obecności wydry na terenie obecnego Karkonoskiego Parku Narodowego i w sąsiednich nadleśnictwach (Bieniek 1988). Po stronie czeskiej podobny wynik dały badania przeprowadzone w roku 1967. Pojedyncze stwierdzenia w latach 70-tych przypisywano raczej migrującym osobnikom (Anděra i in. 1974). Powrót wydry w Karkonosze miał miejsce w latach 90-tych ub. wieku, kiedy zaobserwowano wyraźny wzrost liczby stwierdzeń tego gatunku po czeskiej stronie. Pierwsze obserwacje wydry po polskiej stronie pochodzą z roku 1995, ze „Stawów Podgórzyńskich", natomiast jej obecność w karkonoskich rzekach i potokach potwierdzono dopiero na początku XXI wieku. Obecnie występuje nielicznie na niemal całym obszarze czeskich Karkonoszy (Poledník i in. 2012), natomiast po polskiej stronie jej obecność stwierdzono na kilku tylko stanowiskach, w większości poza granicami Karkonoskiego Parku Narodowego, nad rzekami Kamienna, Wrzosówka, Czerwień i potokami w rejonie Lasockiego Grzbietu (Zając 2008).

Drobne drapieżniki reprezentowane są przez 7 gatunków, stanowiących stały element teriofauny Karkonoskiego Parku Narodowego. Spośród nich jednym z najczęściej stwierdzanych jest lis *Vulpes vulpes*, występujący licznie na terenie całych Karkonoszy. Jeden z największych krajowych łasicowatych – borsuk *Meles meles*



Ryc. 30. Wiewiórka Sciurus vulgaris – czarna forma barwna (fot. T. Zając)

prawdopodobnie zasiedla Karkonosze bardzo nielicznie, a jego zasięg ogranicza się do drzewostanów liściastych i mieszanych w piętrze regla dolnego. Jedynie sporadycznie stwierdzany był powyżej 800 m n.p.m. (Flousek i in. 2007). Zasięg pionowy kuny leśnej *Martes martes* wyznacza górna granica lasu. Szeroko rozprzestrzeniona na tym terenie jest również kuna domowa *M. foina* zasiedlająca cały obszar Karkonoszy, od strefy pogórza, gdzie spotkać ją można często wśród zabudowań, aż po piętro subalpejskie i alpejskie, gdzie zamieszkuje tereny skaliste – kotły polodowcowe. Regularnie obserwowana jest również w sąsiedztwie górskich schronisk. Od wielu lat podawana jest ze szczytu Śnieżki (Haitlinger 1985). Szczytowe partie Karkonoszy są również miejscem występowania gronostaja *Mustela erminea* i łasicy *M. nivalis*, które poza tym są spotykane we wszystkich piętrach roślinnych Karkonoszy (Flousek i in. 2007). Zasięg mało licznego tchórza *M. putorius* ograniczony jest głównie do niższych partii masywu, gdzie odnotowywano jego obecność w sąsiedztwie górskich potoków bądź w pobliżu zabudowań. Tylko sporadycznie, po czeskiej stronie był stwierdzany w górnych partiach masywu (Anděra i in. 1974). Stosunkowo nowym elementem fauny karkonoskiej są 2 gatunki drapieżnych ssaków: jenot *Nyctereutes procyonoides* i norka amerykańska *Neovison vison*. Pierwsze stwierdzenia jenota z sąsiedztwa Karkonoszy pochodzą z lat 60-tych ub. wieku z czeskiej strony (Miles 1994). Obecnie prawdopodobnie nadal stosunkowo nielicznie spotykany jest głównie w niższych partiach Karkonoszy; stwierdzony po polskiej stronie m. in. w okolicy wzgórza Chojnik i Jagniątkowa. Sporadycznie obserwowano jenoty w górnych partiach Karkonoszy w rejonie Smogorni, na wysokości 1350 m n.p.m. (Miles 1994). W przypadku norki amerykańskiej brak szczegółowych danych na temat jej liczebności i rozmieszczenia w polskich Karkonoszach. Po czeskiej stronie wykazywana coraz częściej zarówno w dolinach Łaby, Małej Łaby, Upy i Jizerki jak i wzdłuż mniejszych potoków (Flousek i in. 2007). Monitoring gatunku prowadzony po czeskiej stronie w talach 2012-13 wykazał nierównomierne jej rozmieszczenie na terenie KRNAP, gdzie drapieżnik ten notowany był nad rzekami i strumieniami jedynie w zachodnich i wschodnich regionach Karkonoszy, głównie w niższych położeniach górskich (Poledník i in. 2016).

Ssaki kopytne reprezentowane są przez 3 rodzime gatunki – sarnę *Capreolus capreolus*, jelenia europejskiego *Cervus elaphus* (Ryc. 32) i dzika *Sus scrofa*, występujące na terenie całych Karkonoszy. Sporadycznie możemy tu spotkać muflona *Ovis ammon*, introdukowanego na tym obszarze w latach 20-tych ubiegłego wieku.

Pionowe rozmieszczenie ssaków

Większość gatunków ssaków zamieszkujących Karkonoski Park Narodowy występuje powszechnie również na przedgórzu Karkonoszy. Wyjątkiem są jedynie orzesznica i ryjówka górska, których obecność odnotowywano głównie w górach, zwykle powyżej 500 m n.p.m.

Piętro regla dolnego (500–1000 m n.p.m.), gdzie zachowały się fragmenty lasów liściastych i mieszanych, a także występują polany i łąki, charakteryzuje się zdecydowanie najwyższym zróżnicowaniem gatunkowym ssaków. Drzewostany świerkowe regla górnego (1000–1250 m n.p.m.), wydają się być zdecydowanie uboższe, a tworzone tutaj ugrupowania drobnych ssaków zdominowane są przez nornicę rudą przy mniejszym współudziale myszy leśnej. Wyjątkiem są obszary zdegradowane, gdzie wyraźnie dominuje nornik bury. Stosunkowo nielicznie odnotowuje się tutaj darniówkę zwyczajną, zasiedlającą głownie sąsiedztwo strumieni i podmokłe prześwietlone, fragmenty lasu. Również wiewiórka i orzesznica stwierdzane są tu mniej licznie aniżeli w pasie regla dolnego. Charakterystycznym gatunkiem piętra regla górnego jest ryjówka górska, która występuje tu licznie wraz z ryjówką aksamitną i malutką. Zdecydowanie nowym przedstawicielem drobnych ssaków regla górnego jest badylarka, której obecność potwierdzono w Karkonoszach w ostatnich latach powyżej 1000 m n.p.m. Ugrupowania nietoperzy utworzone są przez kilka gatunków, w tym przez mroczka pozłocistego, będącego, jednym z najliczniejszych gatunków mroczków w górnoreglowych świerczynach. Regiel górny to także miejsce żerowania karlika malutkiego, mopka, nocka wąsatka i nocka Brandta, jednak gatunki te zdecydowanie częściej stwierdzane były w dolnoreglowych drzewostanach mieszanych i liściastych. Dla kuny leśnej strefa regla górnego jest jednocześnie granicą zasięgu pionowego.

Ugrupowania drobnych ssaków piętra subalpejskiego (1250–1450 m n.p.m.) z zaroślami kosodrzewiny bądź pokrytego przez zbiorowiska ziołorośli i traworośli, utworzone jest przez ryjówkę aksamitna i malutką, nornika burego, nornicę rudą i mysz leśną. Jeszcze w połowie ubiegłego wieku znaczący udział w ugrupowaniu drobnych ssaków piętra subalpejskiego miała darniówka pospolita, obecnie stwierdzana głównie w obrębie kotłów polodowcowych. Specyficzne zbiorowiska roślinne kotłów polodowcowych z kosodrzewiną, borówczyskami i krzewami liściastymi są miejscem występowania orzesznicy. W piętrze tym występują też ssaki drapieżne: łasica, gronostaj i lis. Kuna domowa, jako gatunek związany pierwotnie z terenami górskimi i skalistymi, występuje powszechnie w całej strefie piętra



Ryc. 31. Chmara jelenia europejskiego Cervus elaphus (fot. A. Raj)

subalpejskiego. Spośród nietoperzy jednym z nielicznych tutejszych stałych bywalców jest mroczek posrebrzany czy mroczek pozłocisty. Regularnie odnotowywana jest również obecność jeleni.

Piętro alpejskie (1450–1602 m n.p.m.) ograniczone jest do niewielkich obszarów, na Śnieżce, na grani Czarnego Grzbietu, w najwyższych partiach Wielkiego Szyszaka oraz w Śnieżnych Kotłach. Występuje tu niewiele gatunków. Stałymi mieszkańcami jest nornik bury i nornik zwyczajny, które występują w izolowanych populacjach wraz z ryjówką aksamitną i malutką (UHLÍKOVA 2005; FLOUSEK i in. 2007). Szczytowe partie Karkonoszy to również miejsce stałego występowania gronostaja i kuny domowej. Oba gatunki spotykane są wzdłuż całego grzbietu Karkonoszy, zwłaszcza w sąsiedztwie schronisk położonych w górnych partiach Karkonoszy (m. in. na Śnieżce i Szrenicy).

Zmiany w faunie ssaków

Historyczne zapiski myśliwskie wskazują, że jeszcze w XVIII w. polowano w Karkonoszach na niedźwiedzie, wilki, rysie i żbiki. Niedźwiedź brunatny wyginął na tym obszarze na przełomie XVIII i XIX wieku. W tym samym okresie wytępiono pozostałe ssaki drapieżne: wilka, rysia i żbika. W przypadku tych wszystkich gatunków zanik spowodowany był nadmiernym pozyskaniem, degradacją siedlisk i zwiększoną antropopresją przyczyniającą się do spadku atrakcyjności siedlisk. W połowie XX wieku z terenu Karkonoszy zniknęła również wydra. Pomimo niskiego zagęszczenia populacji tego gatunku, jakie utrzymywało się na terenie Karkonoszy na początku XX wieku (1os./100km^2 wg PAXA 1925), był on nadal często obiektem polowań, jako „szkodnik powodujący straty w wodach pstrągowych" (ANDĚRA i in. 1974). Dane archiwalne z lat 1907–1911 podają że wydra była wciąż pozyskiwana na rzece Kamiennej w okolicach Szklarskiej Poręby, oraz licznych dopływach Bobru (ZAJĄC 2008). Nadmierne pozyskanie wraz z prowadzonymi w tym okresie regulacjami rzek i rosnącym zanieczyszczeniem wód powierzchniowych stały się prawdopodobnie główną przyczyną zaniku gatunku. Gatunek ten ponownie pojawił się w sąsiedztwie Karkonoszy dopiero pod koniec XX wieku, a obecnie obserwujemy powolną odbudowę jego lokalnej populacji. O ile współczesne stwierdzenia niedźwiedzia brunatnego w Karkonoszach dotyczyły głownie obecności pojedynczych migrujących osobników, w przypadku wilka, rysia, podobnie jak i wydry mamy najprawdopodobniej do czynienia z powolną rekolonizacją terenu Karkonoszy, o czym mogą świadczyć również coraz liczniejsze stwierdzenia tych gatunków zarówno po polskiej jak i czeskiej stronie.

Degradacja lasów górnoreglowych będąca wynikiem klęski ekologicznej, która nawiedziła Karkonosze w ubiegłym wieku, w istotnym stopniu wpłynęła na zgrupowania drobnych ssaków, szczególnie w wyższych partiach masywu: w piętrze górnoreglowych świerczyn i w strefie subalpejskiej. Intensywne wypadanie drzew w karkonoskich lasach w latach 70-tych ub. wieku stało się początkiem wyraźnych zmian w ekosystemie górnoreglowym.

Badania drobnych ssaków prowadzone tutaj w pierwszej połowie XX wieku wykazywały wyraźną dominację liczebną nornika burego jedynie w piętrze subalpejskim i alpejskim na wysokości 1200–1600 m n.p.m., szczególnie w regionie Śnieżki (HANZÁK 1959), podczas gdy regiony regla górnego zdominowane były przez dwa gatunki: nornicę rudą i mysz leśną, przy znaczącym współudziale darniówki zwyczajnej, zasiedlającej licznie również piętro subalpejskie (ADAMCZEWSKA-ANDRZEJEWSKA 1995). Wysoki udział nornicy, myszy leśnej, darniówki i nornika zwyczajnego w zgrupowaniach drobnych gryzoni, przewyższał wówczas zagęszczenie nornika burego (ANDĚRA i in. 1974). W latach 90-te XX wieku nastąpił wyraźny wzrost liczebności i zasięgu nornika burego, który stał się jednym z najczęściej odławianych gatunków drobnych ssaków w polskich Karkonoszach. Szczególnie miało to miejsce w zdegradowanych lasach typu *Piceeto-hercynicum* z dużym udziałem trzcinnika *Calamagrostis* spp. Tam nornik bury stanowił wówczas ponad 50% wszystkich odławianych gatunków. Gradacji nornika burego w zdegradowanych świerczynach górnoreglowych towarzyszyło wyraźne ustępowanie myszy leśnej i nornicy rudej z tych terenów (ADAMCZEWSKA-ANDRZEJEWSKA 1998). Także inne badania wykazały podobny trend: spadek liczebności poszczególnych gatunków (poza nornikiem burym) i zmniejszenie różnorodności gatunkowej drobnych ssaków w piętrze regla górnego i subalpejskim, w porównaniu z wcześniejszymi danymi ANDĚRY i in. (1974), HAITLINGERA (1985) i FLOUSKA (1990b). Odłowy prowadzone w piętrze subalpejskim i alpejskim w latach 1991–94 nie wykazały już obecności darniówki zwyczajnej, występującej tu tak licznie w ubiegłych dziesięcioleciach, a nornik zwyczajny odławiany był skrajnie nielicznie (ADAMCZEWSKA-ANDRZEJEWSKA 1993, 1995). Również odłowy prowadzone w roku 2015 m. in. w piętrze subalpejskim, wykazujące wyraźną dominację nornika burego, przy braku stwierdzeń pozostałych przedstawicieli rodzaju *Microtus*, potwierdzają utrzymywanie się zaistniałych w przeszłości zmian w ugrupowaniach drobnych ssaków. W niezdegradowanych partiach karkonoskiego regla górnego utrzymywał się wówczas wyższy wskaźnik różnorodności gatunkowej, przy jednoczesnym braku lub niskiej liczebności nornika burego czy też braku widocznej tak silnej jego dominacji w ugrupowaniu drobnych ssaków. Pojawianie się w wyższych partiach Karkonoszy nowych gatunków drobnych ssaków takich jak mysz polna czy badylarka, wydaje się być kolejną konsekwencją zmian wynikających z działalności człowieka. Dla obu tych gatunków, związanych z biotopami otwartymi czy półotwartymi z luźnymi drzewostanami liściastymi, zwarte drzewostany szczególnie iglaste stanowią poniekąd barierę, która ograniczała ich dyspersję w wyższe partie Karkonoszy. Dyspersja obu gatunków wzdłuż dolin rzecznych (wzdłuż których mysz przebiega ekspansja myszy polnej w czeskich Karkonoszach), czy też wzrost liczby nowych korytarzy umożliwiających swobodną migrację, w postaci otwartych siedlisk ruderalnych czy nartostrad, umożliwia im zasiedlanie dotychczas niedostępnych górskich rejonów, o czym świadczyć mogą aktualne miejsca ich stwierdzeń. Podobnie zresztą wykazano, że obecność wyspowych populacji nornika zwyczajnego na Równi pod Śnieżką, związana być może z obecnością nartostrad i wyciągów po czeskiej stronie, które najprawdopodobniej umożliwiły mu zasiedlenie górskich partii Karkonoszy (UHLÍKOVA 2005). Niekorzystne zmiany struktury drobnych ssaków wynikające z pojawienia się nowych gatunków ekspansywnych gatunków takich jak mysz polna, w przypadku, której rejestruje się wyraźne wypieranie niektórych rodzimych przedstawicieli i dominowanie preferowanych siedlisk, istnieje ryzyko dalszych zmian w karkonoskich ugrupowaniach drobnych ssakach w kolejnych latach.

Charakterystyka fauny ssaków na tle innych masywów górskich

Fauna ssaków Karkonoszy pozbawiona jest w zasadzie gatunków charakterystycznych dla piętra alpejskiego i subalpejskiego, takich jak darniówka tatrzańska *Microtus tatricus*, nornik śnieżny *Microtus nivalis*, świstak *Marmota marmota* czy kozica *Rupicapra rupicapra*. W zasadzie jedynym typowo górskim reprezentantem ssaków jest ryjówka górska, niewykazywana z regionów nizinnych bądź stwierdzana nielicznie w strefie pogórza poniżej 500–600 m n.p.m. Zgrupowania drobnych ssaków w poszczególnych piętrach roślinnych Karkonoszy, zbliżone są do tych stwierdzonych w innych masywach górskich naszego kraju. Dolnoreglowe drzewostany liściaste i mieszane Karkonoszy, podobnie jak w pozostałej części Sudetów (m. in. Masywie Śnieżnika, Górach Bialskich czy Górach Sowich), Tatrach czy Bieszczadach, charakteryzują się stosunkowo wysokim zróżnicowaniem gatunkowym przy dominacji liczebnej myszy leśnej i nornicy rudej. W świerczynach górnoreglowych Gór Sowich i Tatr w zgrupowaniach drobnych ssaków dominuje nornica ruda, przy znacznym udziale myszy leśnej, ryjówki aksamitnej i malutkiej (HAITLINGER 1973; JUCHIEWICZ i in. 1986). Ugrupowania gryzoni piętra subalpejskiego i alpejskiego w Karkonoszach, w skład których wchodzi ryjówka aksamitna, nornik bury, darniówka zwyczajna i nornik zwyczajny przy współudziale gatunków leśnych takich jak mysz leśna i nornica ruda, przypominają skład gatunkowy drobnych

ssaków wykazywany na bieszczadzkich połoninach, gdzie stwierdzono wyraźną dominację darniówki zwyczajnej przy współudziale nornika burego (Grodziński 1966). Obecny skład ugrupowań drobnych ssaków na wierzchowinie Karkonoszy z wysokim udziałem nornika burego przypomina ten skład w skandynawskiej strefie borealnej. Również w przypadku nietoperzy i ssaków drapieżnych występujących w piętrze subalpejskim i alpejskim Karkonoszy, mamy do czynienia z gatunkami, które są typowe dla terenów borealnych, jak gronostaj, łasica, mroczek posrebrzany i mroczek pozłocisty, który jako jedyny nietoperz zasiedla w Skandynawii rejon podbiegunowy.

Zagrożone gatunki ssaków

Na terenie całych Karkonoszy wykazano obecność 13 gatunków ssaków umieszczonych w Polskiej Czerwonej Księdze Zwierząt (Głowaciński 2001), spośród których jedynie 4 gatunki wciąż występują w Karkonoskim Parku Narodowym. Są to: nocek Bechsteina (kategoria NT – niższego ryzyka), mroczek posrebrzany (LC – mniejszej troski), mroczek pozłocisty (NT), i borowiaczek (VU – narażony na wyginięcie). Obszar ten został ponadto ponownie zasiedlony przez wilka i rysia - gatunki klasyfikowane jako bliskie zagrożenia (NT). Do niedawna na zimowiskach w sąsiedztwie parku stwierdzano obecność jeszcze dwóch rzadkich i uznanych za silnie zagrożone w skali kraju (kategoria EN) gatunków nietoperzy: podkowca małego i nocka łydkowłosego. Obecności obu gatunków na zimowiskach nie udało się potwierdzić w ostatnich latach, natomiast jedyne aktualne stwierdzenia nocka łydkowłosego w Karkonoszach oparte zostały jedynie podstawie zarejestrowanych głosów gatunku. Również obecność nocka orzęsionego, kolejnego przedstawiciela nietoperzy ujętego w Polskiej Czerwonej Księdze Zwierząt jako zagrożony (EN), nie została aktualnie jednoznacznie potwierdzona po polskiej stronie, natomiast po czeskiej stronie gatunek jest bardzo nielicznie odnotowywany na zimowiskach. Brak również aktualnych danych potwierdzających obecność rzęsorka mniejszego (LC) i popielicy (NT) w polskiej części Karkonoszy. Współczesne stwierdzenia niedźwiedzia brunatnego (NT), będącego niegdyś stałym elementem tutejszej teriofauny, dotyczą jedynie migrujących osobników, podczas gdy żbik (EN) wytępiony pod koniec XIX wieku, od tamtego czasu nie pojawił się zarówno w polskich jak i czeskich Karkonoszach.

Działania ochronne dotyczące ssaków polegają na ochronie bądź odtworzeniu pierwotnych siedlisk oraz naturalnych procesów zachodzących w tych siedliskach. Ssaki otwartych terenów piętra alpejskiego i subalpejskiego są chronione przez utrzymanie pierwotnego charakteru tych siedlisk. W przypadku leśnych środowisk Karkonoszy główne działania ochronne powinny skupiać się na odbudowie właściwych dla danego piętra drzewostanów, co z kolei pozwoli na odtworzenie związanych z nimi ugrupowań ssaków. Istotne jest też eliminowanie zagrożeń ze strony człowieka, w tym chronienie zimowisk i letnich schronień nietoperzy. Odbudowa populacji drapieżników takich jak ryś, wilk czy wydra, możliwa będzie jedynie w przypadku utrzymania odpowiedniej jakości siedlisk, również poprzez odbudowę ich bazy pokarmowej, gwarantujących utrzymanie stabilnej populacji gatunku.

Literatura:

Adamczewska-Andrzejewska K. 1993. Drobne ssaki w zdegradowanych borach okolic Jakuszyc w pogradacyjnej fazie cyklu liczebności. W: Fischer Z. (red.), Karkonoskie badania ekologiczne, I Konferencja Wojnowice, 3–4 grudnia 1992. Oficyna Wyd. Instytut Ekologii PAN, Warszawa: 157–165.

Adamczewska-Andrzejewska K. 1995: Zgrupowanie drobnych ssaków w różnych środowiskach Karkonoszy. W: Fischer Z. (red.), Problemy ekologiczne wysokogórskiej części Karkonoszy. Oficyna Wyd. Instytutu Ekologii PAN, Warszawa: 303–321.

Adamczewska-Andrzejewska K. 1997: Dynamika liczebności i struktura zgrupowania drobnych ssaków w zdegradowanych i niezdegradowanych środowiskach Karkonoszy. Geoekologiczne Problemy Karkonoszy, Materiały z sesji naukowej w Przesiece 15–18 X 1997, Tom 2: 45–52.

Anděra M., Hanák V. & Vorhalík V. 1974: Savci Krkonoš. Opera Corcontica 11: 131–184.

Arndt W. 1923: Bemerkungen űber Verbreitung niederer Wirbeltiere der deutschen Fauna. I. Aufsetzung und Einbűrgerung freunder Nutzfischarten in Bobersystem. Arch. f. Naturgesch., 89A, 12: 12–20.

Arndt W. 1925: Der Bober als Fischegewasser. Landeshut. Tagebl., 53: 20–22

Bartonička T, Řehák Z., Flousek J, Furmankiewicz J. 2015: Netopýři českých a polských Krkonoš / Nietoperze czeskich i polskich Karkonoszy. Správa KRNAP Vrchlabí,Dyrekcja KPN Jelenia Góra: 184 s.

Bartoš M. 2000: Prázdninová cesta roku 1889. Krkonoše 33, 8: 22–23.

Baruš V. & Oliva O. 1992: Fauna ČSFR. Obojživelníci – Amphibia. Akademia Praha: ss. 340.

Berger L. 2000: Płazy i gady Polski – klucz do oznaczania. PWN Warszawa – Poznań: ss. 146.

Bieniek M. 1988: Wydra *Lutra lutra* (L.) w polskich parkach narodowych. Ochrona Przyrody 46: 195–215.

BirdLife International 2004: Birds in Europe: population estimates, trends and conservation status. BirdLife Conservation Series No. 12. Cambridge UK: ss. 374.

Błachuta J., Witkowski A. & Kusznierz J. 1993: Ichtiofauna dorzecza Bobru. Acta Univ. Wratisl., Prace Zool., 26: 133-187.

BUKOWY E. 2018: Rekolonizacja górskiego potoku przez wydrę (*Lutra lutra*) na skutek zmian w strukturze zespołu ryb związanej z poprawą jakości wody. Praca magisterska. Muzeum Przyrodnicze, Uniwersytet Wrocławski: ss. 50.

CAIS L. 1974. Badania nad morfologią i rozmieszczeniem geograficznym karczownika *Arvicola terrestris* L. 1758 w Polsce. Pozn. Tow. Przyj. Nauk, Prace komisji Biologicznej, 37: 28 s.

ČERVENÝ J., BARTOŠOVÁ D., ANDĚRA M. & KOUBEK P. 2004: Současné rozšíření medvěda hnědého (*Ursus arctos*) v České republice. Lynx (Praha) 35: 19–26.

CHUDOBA S., HAITLINGER R. & HUMIŃSKI S. 1973: Drobne ssaki Sudetów Zachodnich. Przegląd Zoologiczny 17: 111–121.

CZAPULAK A., DZIUBA C., FURA M., GRAMSZ B., KWIATKOWSKI M., SAWICKA E., SZELĄG D. & WITAN K. 2008: Liczebność i rozmieszczenie pliszki górskiej *Motacilla cinerea* w polskiej części Sudetów. Not. Orn. 49: 141–152.

CZAPULAK A., FURA M., SZELĄG D., WITAN K. & GRAMSZ B. 2001: Liczebność i rozmieszczenie pluszcza *Cinclus cinclus* w polskiej części Sudetów. Not. Orn. 42: 159–175.

DOBROWOLSKA K. 2011: Obserwacje morneli *Charadrius morinellus* w Karkonoszach (Karkonoski Park Narodowy). Ptaki Śląska 18: 94–96.

DOBROWOLSKA-MARTINI K. 2012: Pierwsze współczesne stwierdzenie nagórnika Monticola saxatilis w polskiej części Karkonoszy. Ptaki Śląska 19: 135–137.

DUTKIEWICZ J. 1967: Obserwacje nad jeżami Ziemi Jeleniogórskiej. Rocznik Jelniogórski 5: 77–89.

DYRCZ A. 1973: Ptaki polskiej części Karkonoszy. Ochrona Przyrody 38: 213–284.

DYRCZ A. 1976: Materiały do biologii płochacza halnego (*Prunella collaris*). Not. Orn. 17: 79–92.

DYRCZ A. 1981: Jesienna wędrówka ptaków na przełęczy pod Szrenicą (Karkonosze). Acta. Zool. Cracov. 25: 33–68.

DYRCZ A. 2001: *Charadrius morinellus* (Linné 1758). Mornel. W: GŁOWACIŃSKI Z. (red.), Polska Czerwona Księga Zwierząt, Kręgowce. PWRiL, Warszawa: 194–196.

DYRCZ A., GRABIŃSKI W., STAWARCZYK T. & WITKOWSKI J. 1991: Ptaki Śląska. Monografia faunistyczna. Uniwersytet Wrocławski, Wrocław: ss. 526.

DYRCZ A. & MIELCZAREK P. 2007: Drozd obrożny *Turdus torquatus*. W: SIKORA A., ROHDE Z., GROMADZKI M., NEUBAUER G. & CHYLARECKI P. (red.), Atlas rozmieszczenia ptaków lęgowych Polski 1985–2004. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań: 370–371.

DYRCZ A., MIELCZAREK P. & PROFUS P. 2007: Siwerniak *Anthus spinoletta*. W: SIKORA A., ROHDE Z., GROMADZKI M., NEUBAUER G. & CHYLARECKI P. (red.), Atlas rozmieszczenia ptaków lęgowych Polski 1985–2004. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań: 332–333.

FABISZEWSKI J. 1985: Szata roślinna. W: JAHN A. (red.), Karkonosze polskie. Ossolineum, Wrocław: 191–236.

FLOUSEK J. 1990a: Sorex spp.: početnost a preference biotopů v Krkonoších. Zprávy ÚSEB 1990: 77–78.

FLOUSEK J. 1990b: Hraboš polní (Microtus arvalis) v subalpínském stupni Krkonoš. Opera Corcontica 27: 149–161.

FLOUSEK J. 2002: Návrat kuliků hnědych ? Krkonoše, Vrchlabi 35 (11): 41.

FLOUSEK J. & GRAMSZ B. 1999: Atlas ptaków lęgowych Karkonoszy (1991–1994). Správa Krkonošského národního parku. Vrchlabí: ss. 424.

FLOUSEK J., GRAMSZ B., SZKUDLAREK R. & ZAJĄC T. 2007: Obratlovci. W: FLOUSEK J., HARTMANOVÁ O., ŠTURSA J. & POTOCKI J. (red.), Krkonoše – příroda, historie, život: 269–283.

FLOUSEK J., GRAMSZ B., & TELENSKY T. 2015: Ptáci Krkonoš – atlas hnizdniho rozšířeni 2012–2014. Správa KRNAP Vrchlabi, Dyrekcja KPN Jelenia Góra: ss 480.

FLOUSEK J., VOHRALÍK V & FEJKLOVÁ P. 2004: Nové nálezy myšice temnopásé (*Apodemus agrarius*) v Krkonoších. Lynx (Praha) 35: 35–41.

FLOUSEK J., ZAJĄC T., KUTAL M., ŻUCZKOWSKI M., PAŁUCKI A., PUDIL M. & KAFKA P. 2014. Velké šelmy (Carnivora) v Krkonoších, Jizerských horách, Górach Stołowych a na Broumovsku (Česká republika, Polsko) – minulost a přítomnost. Opera Corcontica, 51: 37–59.

FRIEDRICH H. 1908: Die Vögel des Riesengebirges. Wanderer Riesengebirge 28: 118–119, 129–132.

FRIEDRICH H. 1909: Die Vögel des Riesengebirge. Wanderer Riesengebirge 29: 19–21, 35–37, 116–119, 130–132.

GLOGER C.L. 1833: Fische. W: Schlesiens Wirbelthier – Fauna. Säugthiere, Vögel, Amphibien und Fische. Verl. von Grafs, Barth und Comp.Breslau: 70–78.

GLUTZ VON BLOTZHEIM U. N. 1985: Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Band 10/II. AULA-Verlag, Wiesbaden: ss. 1184.

GŁOWACIŃSKI Z. (red.) 2001: Polska Czerwona Księga Zwierząt, Kręgowce. PWRiL, Warszawa: ss. 452.

GŁOWACIŃSKI Z. & PROFUS P. 1992: Structure and vertical distribution of the breeding bird communities in the Polish Tatra National Park. Ochrona Przyrody 50: 65–94.

GŁOWACIŃSKI Z. & PROFUS P. 2001: *Tetrao urogallus* Linné. Głuszec. W: GŁOWACIŃSKI Z. (red.), Polska Czerwona Księga Zwierząt, Kręgowce. PWRiL, Warszawa: 173–177.

GŁOWACIŃSKI Z. & PROFUS P. 2007: Głuszec *Tetrao urogallus*. W: SIKORA A., ROHDE Z., GROMADZKI M., NEUBAUER G. & CHYLARECKI P. (red.), Atlas rozmieszczenia ptaków lęgowych Polski 1985–2004. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań: 92–93.

GRABSKI M. 1990: Nowe stanowiska salamandry plamistej (*Salamandra salamandra*) w Sudetach. Przegląd Przyrodniczy tom I/4: 17–19.

GRAMSZ B. 1986: Północny podgatunek podróżniczka *(Luscinia svecica svecica)* lęgowy w polskich Karkonoszach. Not. Orn. 27: 100–101.

GRAMSZ B. 1993: Badania ilościowe ptaków w zdegradowanych lasach świerkowych Sudetów Zachodnich. Not. Orn. 34: 319–331.

GRAMSZ B. 1995: Zmiany awifauny pod wpływem degradacji lasów w Sudetach Zachodnich. W: Geoekologiczne problemy Karkonoszy. Materiały z sesji naukowej w Borowicach 13–15 X 1994: 145–148.

GRAMSZ B. 2003: Liczebność i rozmieszczenie rzadszych gatunków ptaków lęgowych w polskiej części Karkonoszy w latach 1990–2003. Przyroda Sudetów Zachodnich 6: 153–170.

GRAMSZ B. 2006: Pierwszy przypadek gniazdowania sokoła wędrownego *Falco peregrinus* w polskich Karkonoszach. Przyroda Sudetów 9: 155–156.

GRAMSZ B. & FLOUSEK J. 1998: Rozmieszczenie i liczebność ptaków lęgowych w Karkonoszach – Atlas ptaków Karkonoszy 1991–1994. W: Geoekologiczne problemy Karkonoszy. Materiały z sesji naukowej w Przesiece 15–18 X 1997, Tom 2: 21–32.

GRAMSZ B., JERMACZEK A., DOBROWOLSKA-MARTINI K., GRZESIAK K., CHAPIŃSKI P., KRZYŚKÓW T., MARTINI M. 2018. Liczebność i rozmieszczenie rzadkich gatunków ptaków lęgowych w obrębie Obszaru OSO Natura 2000 Karkonosze w 2015 roku na tle wcześniejszych badań awifauny w Karkonoszach. Przyroda Sudetów 21: 189-220.

GRAMSZ B., MURASZKO M., MURASZKO T. & JĘDROCHA A. 2004: Pierwsze stwierdzenie lęgów bielika *Haliaeetus albicilla* w Górach Izerskich (Sudety Zachodnie). Przyroda Sudetów 7: 169–172.

GRAMSZ B. & RĄPAŁA R. 2010: Karkonosze. W: WILK T., JUJKA M., KROGULEC J. & CHYLARECKI P. (red), Ostoje ptaków o znaczeniu międzynarodowym w Polsce. OTOP, Marki.

GRAMSZ B. & ZAJĄC T. 2006: Liczebność i rozmieszczenie sóweczki *Glaucidium passerinum* w Karkonoszach polskich w latach 2000–2004. Przyroda Sudetów 9: 145–150.

GRODZIŃSKI W., GÓRECKI A., JANAS K & MIGULA P. 1966: Effect of rodents on the Primary Productivity of Alpine Meadows in Bieszczady Mountains. Acta theriol. 11: 419–431.

GUBAŃSKA A., PASZKIEWICZ R. & SZKUDLAREK R. 2002: Zimowe spisy nietoperzy w południowo-zachodniej Polsce w latach 1993–1999. Nietoperze 3(1): 138–153.

HAITLINGER R. 1967: Wysokogórskie stanowisko *Crocidura suaveolens* (Pall.). Przegl. Zool. 2: 349–350.

HAITLINGER R. 1973: Drobne ssaki Gór Sowich (Sudety Środkowe). Przegląd Zoologiczny 17: 107–111.

HAITLINGER R. 1985: Ssaki. W: JAHN A. (red.), Karkonosze polskie. Zakład Narodowy im. Ossolińskich PAN, Wrocław: 343–362.

HAITLINGER R. & HUMIŃSKI S. 1964: *Sorex alpinus* Schinz, 1837 (*Mammalia*, *Soricidae*) w polsce. Acta Theriol. 9(8): 111–123.

HANZÁK J. 1959: Zur Ökologie der Kleinsäuger im Riesengebirge. Sbor. Nár. Muzea Praha, ser. B 15: 133–149.

HEYDER R. 1860: Die Südareale des Mornellregenpfeifers, *Eudromias morinellus* (L.), in Europa. Abh. Ber. Staatl. Mus. Tierk. Dresden 25: 47–70.

HOMEYER A.1865: Streiferein über die böhmisch-schlesischen Grenzgebirge. J. Ornith. 13: 355–367.

JAKUBIEC Z. 1995: Niedźwiedź wrócił w Sudety. Chrońmy Przyrodę Ojczystą. 51 (4): 91–93.

JAKUBIEC Z. & BUCHALCZYK T. 1987: The Brown Bear in Poland: its History and Present Numbers. Acta Theriol. 32 (17): 289–306.

JAKUBIEC Z. & SPIŠEK J. 1998: Pobyt niedźwiedzia w Sudetach w latach 1991–1998. Szczeliniec 2: 111–117.

JUCHIEWICZ M., ZEMANEK M., BIENIEK M & SIUTA E. 1986: Small Rodents in the Tatra Mountain Forests. Acta theriol. 31: 433–447.

JUSZCZYK W. 1987: Płazy i gady krajowe, tom 1. Warszawa PWN: ss. 239.

JUSZCZYK W. 1987: Płazy i gady krajowe, tom 3. Warszawa PWN: ss. 212.

KALUZA A. 1915: Fische. W: Systematische Beschreibung der schlesischen Amphibien und Fische. Gedruckt mit Kreuzer-Scholzachen Schriften, Breslau: 32–76.

KAMIENIARZ R. & SZYMKIEWICZ M. 2001: *Tetrao tetrix* Linné, 1758 Cietrzew W: GŁOWACIŃSKI Z. (red.), Polska Czerwona Księga Zwierząt, Kręgowce. PWRiL, Warszawa: 169–173.

KARWOWSKA B. 2009: Występowanie orzesznicy (Muscardinus avellanarius L., Gliridae w Karkonoskim Parku Narodowym na podstawie inwentaryzacji skrzynek dla ptaków, nietoperzy i popielicowanych. Praca magisterska, Wydział Leśny Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu: ss. 50

KOKUREWICZ T. 1991: Materiały do chiropterofauny polskich Karkonoszy. Badania Naukowe w Karkonoskim Parku Narodowym II. Prace Karkonoskiego Tow. Nauk., 53: 104–115.

KRATOCHVIL, J. 1968: Recent distribution of the lynx in Europe. Acta sc. nat. Brno 5/6: 1–74.

LEŚ E. 2007: Płazy i gady Karkonoskiego Parku Narodowego i otuliny. Praca magisterska, Instytut Zoologiczny Uniwersytetu Wrocławskiego: ss. 86.

KOMISJA FAUNISTYCZNA 2009: Rzadkie ptaki obserwowane w Polsce w roku 2008. Raport nr 25. Notatki Ornitologiczne 50: 111–142.

KOMISJA FAUNISTYCZNA 2010: Rzadkie ptaki obserwowane w Polsce w roku 2009. Raport nr 26. Ornis Polonica 51: 117–148.

KOMISJA FAUNISTYCZNA 2011: Rzadkie ptaki obserwowane w Polsce w roku 2010. Raport nr 27. Ornis Polonica 117–149.

KOMISJA FAUNISTYCZNA 2012: Rzadkie ptaki obserwowane w Polsce w roku 2011. Raport nr 28. Ornis Polonica 53: 105–140.

KOMISJA FAUNISTYCZNA 2013: Rzadkie ptaki obserwowane w Polsce w roku 2012. Raport nr 29. Ornis Polonica 54: 109–150.

LEŚ E., SKRĘTKOWICZ L. & TABAKA S. 2006: Herpetofauna Karkonoskiego Parku Narodowego i otuliny. W: ZAMACHOWSKI W. (red.), VIII Ogólnopolska Konferencja Herpetologiczna, Kraków, 26–27 września 2006. Wydawnictwo Naukowe Akademii Pedagogicznej, Kraków: 64–70.

LOHNISKÝ 1963. Das Wachstum des Bachsaibling (*Salvelinus fontinalis* Mitchill, 1895) in Bache Pancava (Riesengebirge) und in Schwarzen See (Böhmerwald). Ztschr. f. Fisch.,11 N.F. 1962–1963: 685–707.

LOHNISKÝ K.1978: Život ryb v Krkonošských vodach. Krkonoše, 10: 16–19.

MAŘAN J. 1946: Kulík hnědý, *Charadrius morinellus* L., v Krkonoších. Sylvia 8: 49–53.

MARTINI G. 1926: Die Vögel des Kreises Hirschberg in Schlesien. Ber. Ver. Schl. Orn. 12: 61–81.

MAŚLAK R. 1994: Inwentaryzacja stanowisk chronionych gatunków zwierząt na terenie gminy Szklarska Poręba. Maszynopis. Fulica, Wrocław.

MAŚLAK R. 1999a: Zimowanie larw traszki górskiej (*Triturus alpestris* Laurenti, 1768) na Pogórzu Izerskim". Przyroda Sudetów Zachodnich 2: 67 – 68.

MAŚLAK R. 1999b: Opracowanie faunistyczne – płazy i gady. W: Inwentaryzacja przyrodnicza województwa jeleniogórskiego. Gminy: Lwówek, Podgórzyn, Stara Kamienica, Wleń. Fulica, Wrocław. Maszynopis.

MAYHOFF H. 1923: Zur Brutzeit im Riesengebirge. Verh. orn. Geselsch. Bayern 15: 249–286.

MAZGAJSKA J. & RYBACKI M. 2012: Kumak nizinny *Bombina bombina*. W: MAKOMASKA-JUCHIEWICZ M. (red.), Monitoring gatunków zwierząt. Przewodnik metodyczny, cz. III. GIOŚ, Warszawa: 346–365.

MIELEWCZYK S. 1964: Zimowanie larw traszki górskiej *Triturus alpestris* w Karkonoszach. Przegląd Zoologiczny 8: 347–348.

MIKÁTOVÁ B., VLAŠÍN M. & ZAVADIL V. 2001: Atlas rozšíření plazů v České republice. AOPK, Brno – Praha: ss 257.

MIKUSEK R., FURMANKIEWICZ J., ZAJĄC T., KOZYRA K., JAKUBIEC J. 2018. Ssaki (Mammalia) Parku Narodowego Gór Stołowych. W: KABAŁA C. (red.), Góry Stołowe, przyroda i ludzie, PNGS, Kudowa Zdrój :269-292.

MIKUSEK R., MIELCZAREK P. & SIKORA A. 2007: Czeczotka *Carduelis flammea*.W: SIKORA A., ROHDE Z., GROMADZKI M., NEUBAUER G. & CHYLARECKI P. (red.), Atlas rozmieszczenia ptaków lęgowych Polski 1985–2004. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań: 500–501.

MILES P. 1971: Nové poznatky o rozšíření některých obratlovců (Vertebrata) v Krkonoších. Opera Corcontica 7–8: 179–196.

MILES P. 1986: Die Vögel des Krkonoše Gebirges. Acta Univ. Carol. Biol. 1985: 1–101.

MILES P. 1994: Nálezy některých vzácnějších druhů obratlovců v období let 1966–1994. Prunella 20: 25–31.

MILES P. & FORMANEK J. 1989: Slavík modráček tundrový (*Luscinia svecica svecia* L.) hnízdí v Krkonošském národním parku. Opera Corcontica 26:117–130.

MIZERA T. 1999: Bielik. Monografie przyrodnicze, nr 4. Wydawnictwo Lubuskiego Klubu Przyrodników, Świebodzin: ss. 195.

NOSKIEWICZ J., SEMBRAT K. & SZARSKI K. 1961: Osobliwości faunistyczne Karkonoskiego Parku Narodowego. Ochrona Przyrody 27: 27–40.

OBENBERGER J. 1952: Krkonoše a jejich zvířena. Přírod. nakl., Praha: ss. 290.

PABIJAN M. 2010: Traszka grzebieniasta *Triturus cristatus* (Laurenti, 1768). W: MAKOMASKA-JUCHNIEWICZ M. (red.), Monitoring gatunków zwierząt. Przewodnik metodyczny, cz.I. GIOŚ, Warszawa: 195–219.

PAŁUCKI A. 1999: Pierwsze stwierdzenie lęgowego bielika *Haliaeetus albicilla* w Karkonoszach. Przyroda Sudetów Zachodnich 2: 81–82.

PAŁUCKI A. 2000: Sóweczka *Glaucidium passerinum* w polskiej części Karkonoszy, wyniki wstępne. Opera Corcontica 36: 347–350.

PAX F. 1925: Wirbeltierfauna von Schlesien. Verlag von Gebrüder Borntraeger, Berlin: 557

PAŽOUT O. 2003: Rys ostrovid (*Lynx lynx*). W: Pozorování dalších obratlovců v oblasti Krkonoš v roce 2002. Prunella 28: 66–68.

PIELOWSKI Z. & BONCZAR Z. 2001: *Falco peregrinus* Tunstall, 1771. Sokół wędrowny. W: GŁOWACIŃSKI Z. (red.), Polska Czerwona Księga Zwierząt, Kręgowce. PWRiL, Warszawa: 164–167.

POLEDNÍK L., POLEDNÍKOVÁ K., BERAN V., ČAMLIK G., ZÁPOTOČNÝ Š. & KRANZ A. 2012: Rozšíření vydry říční (*Lutra lutra* L.) v České republice v roce 2011. Bullletin Vydra 15: 22–28.

POLEDNÍK L., POLEDNÍKOVÁ K., MUNNÉ S. & FLOUSEK J. 2016: Výskyt norka amerického (Neovison vison) v Krkonošském národním parku a jeho ochranném pásmu v letech 2012 a 2013. Opera Corcontica, 53: 233–239.

PROFUS P. 2001: *Bubo bubo* (Linné, 1758). Puchacz. W: GŁOWACIŃSKI Z. (red.), Polska Czerwona Księga Zwierząt, Kręgowce. PWRiL, Warszawa: 228–231.

RADTKE G., WITKOWSKI A., GROCHOWSKI A., DĘBOWSKI P. & KOTUSZ J. 2005: Odkrycie głowacza pręgopłetwego *Cottus poecilopus* Heckel (Cottidae) w polskich przymorskich rzekach. Przegl. Zool., 9: 147–154.

RATCLIFFE D. 1993: The Peregrine Falcon. T. & A. D. Poyser, London: ss. 454.

RĄPAŁA R. 2008: Zwierzęta w Karkonoskim Parku Narodowym. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra: ss. 48.

REIF J. & FLOUSEK J. 2012: The role of species' ecological traits in climatically driven altitudinal range shifts of central European birds. Oikos 121: 1053–1060.

RUDZKI F. 1970: Zwierzyna gruba w Karkonoskim Parku Narodowym. Rocznik Jeleniogórski 8: 122–142.

SACHANOWICZ K., MLECZEK T., GOTTFRIED T., IGNACZAK M., PIKSA K. & PISKORSKI M. 2012: Winter records of *Myotis alcathoe* in southern Poland and comments on identification of the species during hibernation. Acta zoologica cracoviensia 55: 97–101.

SCHAEFER H. 1935: Studien an Mitteleuropäischen Kleinsäugern mit besonderer Bericksichtigung der Rassenbildung. Arch. Naturg., NF, 4: 535–590.

SCHLOTT M. 1942: Zur Kenntnis heimischer Fledermäuse. Zool. Garten, N. F. 14: 35.

SCHNEIDER G. 1892: Die Vogelwelt des Riesengebirges in Beziehung auf die Höhenlagen ihres Vorkommens. Wanderer Riesengebirge 12: 6–9, 20–22, 25–28.

SCHWENCKFELD K. 1603: Pisces Silesiae. Liber Quintus – De piscibus in specie.412–456 ss. In: Theriotropheum Silesiae. Lignici.

SIKORA A., BŁASZCZYK K. & DOMASZEWICZ A. 2001: *Aegolius funereus* (Linné, 1758). Włochatka. W: GŁOWACIŃSKI Z. (red.), Polska Czerwona Księga Zwierząt, Kręgowce. PWRiL, Warszawa: 241–243.

SIKORA A., CZAPULAK A. & MIELCZAREK P. 2007: Pluszcz *Cinclus cinclus*. W: SIKORA A., ROHDE Z., GROMADZKI M., NEUBAUER G. & CHYLARECKI P. (red.), Atlas rozmieszczenia ptaków lęgowych Polski 1985–2004. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań: 342–343.

SIKORA A. & MIELCZAREK P. 2007: Pliszka górska *Motacilla cinerea*. W: SIKORA A., ROHDE Z., GROMADZKI M., NEUBAUER G. & CHYLARECKI P. (red.), Atlas rozmieszczenia ptaków lęgowych Polski 1985–2004. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań: 338–339.

SNOW D. W. & PERRINS C. M. 1998: The birds of the Western Palearctic. Concise edition. Oxford University Press, Oxford New York: ss. 1697.

SOKOŁOWSKI J. 1948: Ptaki charakterystyczne dla Sudetów. Bad. Fizjogr. Pol. Zach. 1: 190–204.

STAJSZCZYK M. & SIKORA A. 2007: Dzięcioł zielonosiwy *Picus canus*. W: SIKORA A., ROHDE Z., GROMADZKI M., NEUBAUER G. & CHYLARECKI P. (red.), Atlas rozmieszczenia ptaków lęgowych Polski 1985–2004. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań: 296–297.

STAWARCZYK T., MIKUSEK R. & DOMASZEWICZ A. 2007: Sóweczka *Glaucidium passerinum*. W: SIKORA A., ROHDE Z., GROMADZKI M., NEUBAUER G. & CHYLARECKI P. (red.), Atlas rozmieszczenia ptaków lęgowych Polski 1985–2004. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań: 268–269.

ŚWIERAD J. 2003: Płazy i gady Tatr, Podhala, Doliny Dunajca oraz ich ochrona. Wydawnictwo Naukowe Akademii Pedagogicznej, Tatrzański Park Narodowy, GWSH, Kraków – Zakopane – Katowice: ss. 156.

SZKUDLAREK R. & PASZKIEWICZ R. 1999: Zimowe stanowiska rzadkich gatunków nietoperzy w Sudetach Zachodnich. Przyroda Sudetów Zachodnich 2: 83–88.

SZKUDLAREK R., PASZKIEWICZ R. HEBDA G., GOTTFRIED T., CIEŚLAK M., MIKA A. & RUSZLEWICZ A. 2002: Atlas rozmieszczenia nietoperzy w południowo-zachodniej Polsce – stanowiska zimowe z lat 1982–2002. Nietoperze 3(2): 197–235.

TOMIAŁOJĆ L. & STAWARCZYK T. 2003: Awifauna Polski. Rozmieszczenie, liczebność i zmiany. PTTP „pro natura", Wrocław: ss. 870.

UHLÍKOVA J. 2005: The common vole, *Microtus arvalis* (Mammalia: Rodentia) in subalpine and alpine habitats of the Krkonoše Mts. (Czech Republic). Acta Soc. Zool. Bohem. 68: 281–286.

VOOUS K. H. 1960: Atlas of European birds. Nelson, Amsterdam: ss. 284.

VRÁNA J. 2008: Sokol stěhovavý (*Falco peregrinus*) na Broumovsku a v Krkonoších v r. 2008. Závěrečná zpráva. Maszynopis. (depon. Správa KRNAP, Vrchlabí).

VRÁNA J. 2012: Zpráva z monitoringu sokola stěhovavého (*Falco peregrinus*) v Krkonoších v roce 2012. Závěrečná zpráva. Maszynopis. (depon. Správa KRNAP, Vrchlabí): ss 11.

VRBA J., FOTT J., KOHOUT L., KOPACEK J., MACEK M. & NEDBALOVA L. 2008: Limnological survey of lakes Wielki Staw and Mały Staw in the Giant Mountains (Karkonosze). Opera Corcontica, 45: 45–58.

WEIGEL J.A. 1806: Faunae Silesiacae Prodromus. Berlin.

WITKOWSKI A. & JABŁOŃSKI A. 1985: Kręgowce niższe. W: JAHN A. (red.), Karkonosze polskie. Ossolineum, PAN: 363–377.

WITKOWSKI A., KOTUSZ J., KUSZNIERZ J., POPIOŁEK M. & BALDY K. 2006: Ichtiofauna polskich dopływów dorzecza Łaby (SW Polska). Rocz. Nauk. PZW, 19: 25–45.

WITKOWSKI A., POPIOŁEK M., BŁACHUTA J., KUSZNIERZ J. & KOTUSZ J. 2008: The brown trout *Salmo trutta* m. *fario* L. from lake Mały Staw (Giant Mts,. SW Poland) – biological and parasitological survey. Opera Corcontica, 45: 151–161.

WOŹNIAK I. 1992: Stwierdzenie lęgu mornela (*Charadrius morinellus*) w Tatrach. Not. Orn. 33: 168–169.

ZACHARIAS O.1885: Über die Fauna des Grossen und Kleinen Teiches im Riesengebirge. Wanderer Riesengebirge, 4/35: 5–7.

ZACHARIAS O. 1889: Zur Fauna des Teiches am Kahlen Berge. Wanderer im Riesengebirge, 9/6: 73.

ZAJĄC K. 2003: Gniazdowanie czeczotki *Carduelis flammea* (L., 1758) u podnóża Karkonoszy. Przyroda Sudetów Zachodnich 6: 151–152.

ZAJĄC T. 2003. Ssaki (*Mammalia*) Wzgórz Łomnickich (Kotlina Jeleniogórska). Przyroda Sudetów Zachodnich, 6: 197-210.

ZAJĄC T. 2008: Wydra (*Lutra lutra*) w Karkonoszach. Opera Corcontica 45: 163–177.

ZAJĄC T., KOZYRA K. 2015. Ssaki (Mammalia). W: ŻELAŹNIEWICZ A. (red.), Przyroda Dolnego Śląska. PWN, Wrocław: 352-364.

ŻUCZKOWSKI M. & ŻUCZKOWSKI M. 2012: Na tropie. Karkonosze. Góry Izerskie 3/2012.

Dane adresowe autorów:

Andrzej Dyrcz
Zakład Ekologii Behawioralnej
Uniwersytet Wrocławski
ul. Sienkiewicza 21,
50-335 Wrocław
dyrcz@biol.uni.wroc.pl

Bożena Gramsz
Muzeum Przyrodnicze
w Jeleniej Górze
ul. Cieplicka 11a,
58-560 Jelenia Góra
bozena.gramsz@muzeum-cieplice.pl

Robert Maślak
Katedra Biologii Ewolucyjnej
i Ekologii
Uniwersytet Wrocławski
ul. Sienkiewicza 21
50-335 Wrocław
maslak@biol.uni.wroc.pl

Andrzej Witkowski

Tomasz Zając
tomzajc@gmail.com

Karolina Dobrowolska-Martini
Karkonoski Park Narodowy
ul. Chałubińskiego 23
58-570 Jelenia Góra
karolina@kpnmab.pl

Jan Kotusz
Muzeum Przyrodnicze
Uniwersytet Wrocławski
ul. Sienkiewicza 21,
50-335 Wrocław
jan.kotusz@uwr.edu.pl

Katarzyna Kozyra
Apodemus
ul. 1 maja 7,
57-200 Wrocław
apodemus.biuro@gmail.com

Jan Kusznierz
Instytut Biologii Środowiskowej
Zakład Biologii Ewolucyjnej
i Ochrony Kręgowców
Uniwersytet Wrocławski
ul. Sienkiewicza 21,
50-335 Wrocław
jan.kusznierz@uwr.edu.pl

Ewa Leś
Tithe House 25 High Street
Gretton, Corby NN17 3DE
Northamptonshire,
United Kingdom
ewa.les@lacerta.org.pl

Marek Martini
mmartini@ornitoekspert.pl

Marcin Popiołek
Instytut Genetyki i Mikrobiologii,
Uniwersytet Wrocławski,
ul. S. Przybyszewskiego 63,
51-148 Wrocław
marcin.popiolek@uwr.edu.pl

Roman Rąpała
Karkonoski Park Narodowy
ul. Chałubińskiego 23
58-570 Jelenia Góra
karkonosz@kpnmab.pl

Dyrcz A., Gramsz B., Maślak R., Witkowski A., Zając T., Dobrowolska-Martini K., Kotusz J., Kozyra K., Kusznierz J., Leś E., Martini M., Popiołek M., Rąpała R. 2019: Kręgowce. W: Knapik R., Migoń P. & Raj A. (red.), Przyroda Karkonoskiego Parku Narodowego. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra: 405–442.

Andrzej Raj

Ochrona przyrody

Historia ochrony przyrody w Karkonoszach

Konieczność ochrony wyjątkowych walorów przyrodniczych Karkonoszy zaczęto dostrzegać już pod koniec XIX wieku, rejestrując jednocześnie znaczne zubożenie cennych gatunków roślin i zwierząt występujących niegdyś licznie w tych górach. Na początku XX wieku podjęto starania w kierunku tworzenia pierwszych form ochrony przyrody na terenie śląskiej części Karkonoszy. Pierwsze obszary chronione – Śnieżne Kotły i Czarny Kocioł Jagniątkowski – utworzono w dniu 29 stycznia 1923 roku. Zarządzeniem pruskiej rejencji w Legnicy z dnia 3 maja 1933 roku Karkonosze uznano za obszar ochrony roślin oraz utworzono pierwsze rezerwaty przyrody objęte ochroną państwową w Kotle Łomniczki, Kotłach Wielkiego i Małego Stawu, Śnieżnych Kotłach i w Czarnym Kotle (Ryc. 1). Większość karkonoskich granitowych skałek uznano wówczas za pomniki przyrody. Po przejęciu tych ziem przez administrację polską po roku 1945 rozpoczęto wyznaczanie na nowo rezerwatów przyrody w Karkonoszach. Pierwszy z nich o nazwie „Góra Chojnik" o powierzchni 24 ha utworzono w 1953 r. Pierwotna idea profesorów botaniki Uniwersytetu Poznańskiego – Adama Wodziczki oraz Zygmunta Czubińskiego wyznaczania kolejnych rezerwatów przyrody szybko przekształciła się w pomysł utworzenia parku narodowego, który swym zasięgiem miał objąć cały obszar Karkonoszy po polskiej stronie o powierzchni łącznej ponad 20 tys. ha. Pomysł ten został wsparty również przez profesorów powstającego Uniwersytetu Wrocławskiego, szczególnie przez Stefana Mackę, Stanisława Tołpę i Kazimierza Sembrata. Karkonosze uznane zostały już wtedy za obszar szczególnie predysponowany do utworzenia parku ze względu na specyficzne ukształtowanie terenu z rzeźbą polodowcową, występowanie dobrze wykształconych pięter roślinnych z górną granicą lasu, występowanie roślin alpejskich, licznych reliktów polodowcowych, gatunków endemicznych oraz rzadkich gatunków zwierząt. Dzięki staraniom wyżej wymienionych osób, 18 grudnia 1948 r. Państwowa Rada Ochrony Przyrody powzięła uchwałę o rozpoczęciu działań w celu utworzenia w Sudetach parku narodowego (Ryc. 2). Po stronie czeskiej już wcześniej zapadła decyzja o utworzeniu przygranicznego parku narodowego w Karkonoszach. Postulowano też o utworzenie bliźniaczej instytucji po stronie polskiej (ostatecznie czeski Krkonošský národní park powstał cztery lata później, tj. w 1963 r.). W oparciu o zarządzenie Ministra Leśnictwa w sprawie utworzenia parku narodowego w Sudetach Dyrekcja Lasów Państwowych Okręgu Wrocławskiego opracowała w roku 1956 pierwszy projekt zasięgu przyszłego parku narodowego. Projekt ten nie obejmował jeszcze północnego stoku Szrenicy wraz z wąwozem i wodospadem Kamieńczyka, wzgórza Chojnik (dawniej: Chojnasty) i wodospadu Szklarki. Tereny te uwzględniono w drugim opracowaniu projektu, w roku 1957, które powstało w wyniku prac zespołu kierowanego przez Tadeusza Kaempfa, późniejszego dyrektora Parku. Ostatecznie Karkonoski Park Narodowy powołano dopiero w 1959 r. Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 16.01.1959 r., o powierzchni nieco przekraczającej 5,5 tys. ha, czyli czterokrotnie mniejszej niż pierwotnie planowano. Szczegółowe granice Parku, podział terenu na obszary ochrony ścisłej i ochrony częściowej oraz ograniczenia obowiązujące na terenie Parku zostały określone w zarządzeniu Ministra Leśnictwa i Przemysłu Drzewnego z dnia 2.03.1959 r. (Raj & Dobrowolska 2009). Niestety, pomimo wielu postulatów naukowców pracujących wówczas nad utworzeniem parku narodowego w Karkonoszach, tylko najwyższe partie Karkonoszy oraz obszary leśne niżej położone w okolicach Karpacza, Jagniątkowa i Szklarskiej Poręby zostały włączone w granice Parku. Znaczna część lasów pozostała w administracji Lasów Państwowych. Granice nowo utworzonego parku narodowego nie zostały oparte o naturalne jednostki fizjograficzne, lecz o drogi, ścieżki i linie podziału powierzchniowego, utrudniając realizację skutecznej ochrony przyrody w obszarze całych Karkonoszy. Wokół Parku nie wyznaczono wówczas żadnej strefy ochronnej. Strefa taka, o powierzchni 11 200,00 ha, w postaci otuliny Parku została ustanowiona dopiero w 1996 r.



Ryc. 1. Niemiecka mapa turystyczna z 1940 roku. Kolorem pomarańczowym zaznaczono granice obszaru chronionego roślin, a czerwonym – rezerwaty w kotłach polodowcowych


Schmiedeberg
Schmiedeberg
Schatzlar



Ryc. 2. Projektowany obszar Sudeckiego Parku Narodowego

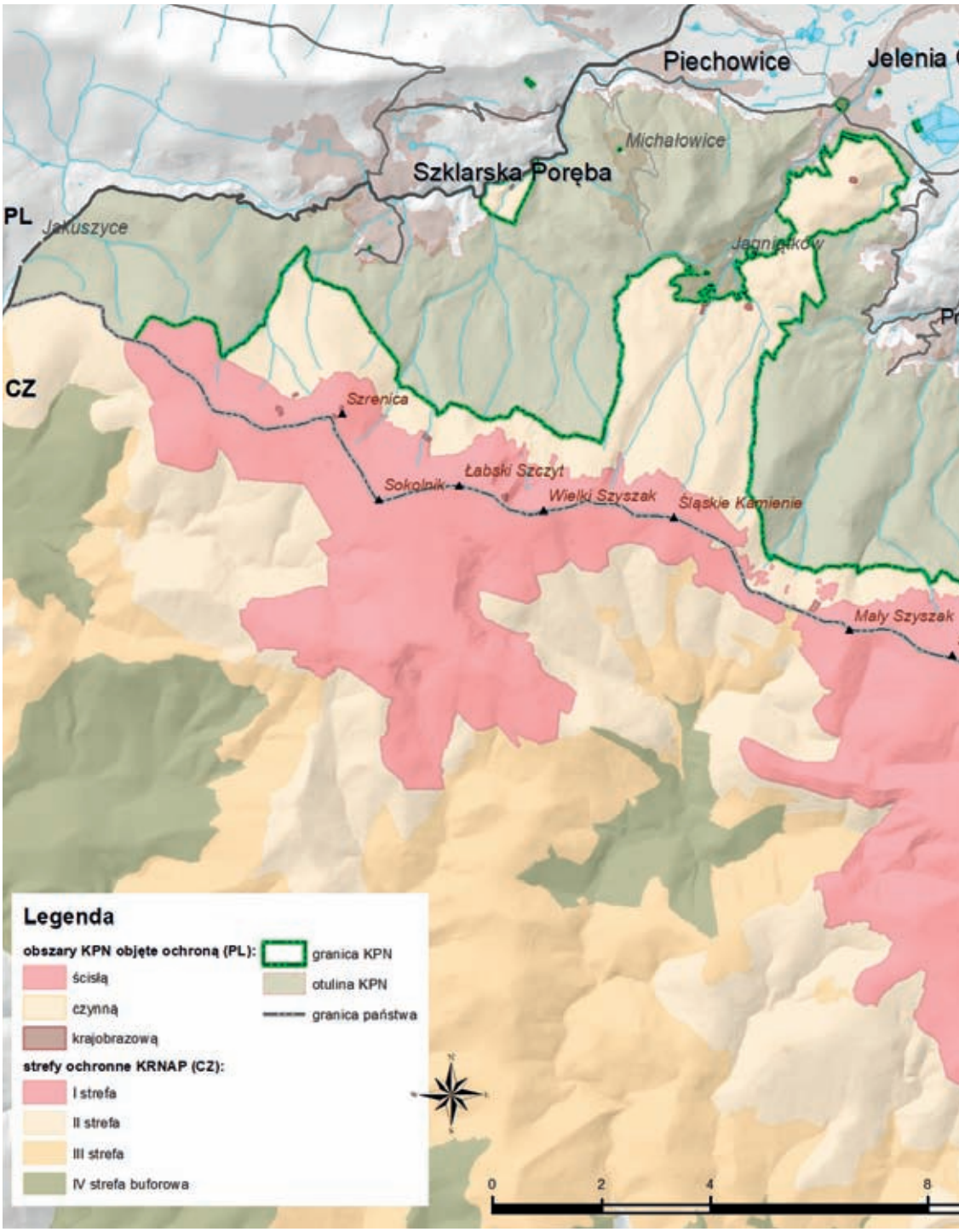

KARKONOSZE
PROJEKTOWANY OBSZAR
SUDECKIEGO PARKU NARODOWEGO
Podziałka 1:50 000
N-ctw Sobieszów
N-ctwo Śnieżka
N-ctwo Kowary
Kowary
Rezerwat Małego i Dużego Stawu
Rezerwat Śnieżka

Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 14.05.1996 r. w sprawie Karkonoskiego Parku Narodowego, obejmując wyłącznie grunty leśne administrowane przez nadleśnictwa Szklarska Poręba, Śnieżka w Kowarach oraz Kamienna Góra (Ryc. 3). Karkonoski Park Narodowy został utworzony w oparciu o przepisy funkcjonującej wówczas ustawy z dnia 7 kwietnia 1949 r. o ochronie przyrody. Zgodnie z przepisami ww. ustawy, podstawowym dokumentem operacyjnym dla parku narodowego był wówczas „Plan urządzania gospodarstwa rezerwatowego" sporządzany według zapisów „Instrukcji o urządzaniu lasów w parkach narodowych i rezerwatach przyrody" z 20 grudnia 1962 r. Pierwszy plan urządzania gospodarstwa rezerwatowego dla Karkonoskiego Parku Narodowego został opracowany w oparciu o ww. instrukcję w 1966 r. i obowiązywał przez 10 lat w okresie 1967–1976. Kolejne plany tego typu opracowane zostały na lata 1978–1987 oraz na lata 1990–1999. Zaletą tych planów była dobra inwentaryzacja geodezyjna wraz z wykonaniem map gospodarczych dla obszaru parku narodowego oraz dość dobrze sporządzona inwentaryzacja drzewostanów przeprowadzana zgodnie z obowiązującą w Lasach Państwowych instrukcją urządzania lasu. Najsłabszą stroną opisanych wyżej planów było pomijanie lub bardzo lakoniczne opracowanie pozostałych, poza drzewostanami, elementów środowiska przyrodniczego, jak geologia, geomorfologia, hydrologia, ekosystemy nieleśnie, flora i fauna. Zupełnie nowe podejście w planowaniu ochrony przyrody na terenie parku narodowego wprowadziła dopiero ustawa z dnia 16 października 1991 r. o ochronie przyrody. Wprowadzając instrument planu ochrony dla parku narodowego stworzono prawne i merytoryczne podstawy długookresowego planowania ochrony przyrody, opartego na szczegółowej inwentaryzacji przyrodniczej wszystkich składników przyrody, ich ocenie i waloryzacji, identyfikacji i ocenie zagrożeń wewnętrznych i zewnętrznych oraz określaniu strategicznych i szczegółowych celów i zasad ochrony. Plan ten, tworzony na okres 20 lat stał się najważniejszym dokumentem w strategii ochrony przyrody dla parku narodowego. Karkonoski Park Narodowy prace na rzecz przygotowania pierwszego projektu planu ochrony rozpoczął już w końcu 1991 r. Prace te zostały okresowo wstrzymane w latach 1993 i 1994, po czym wznowiono je w 1995 r. i kontynuowano do końca 1996 r. już jako opracowanie planu ochrony parku zgodnie z wymogami instrukcji sporządzania planów ochrony parków narodowych z 1993 r. i 1994 r., zatwierdzonych przez Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa. Opracowany w 1996 r. projekt planu ochrony dla Karkonoskiego Parku Narodowego i otuliny został pozytywnie zaopiniowany przez Radę Naukową w dniu 20 grudnia 1996 r., a następnie zatwierdzony zarządzeniem nr 132 Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 15 października 1997 r. na lata 1997–2017. Zatwierdzony Plan stał się bardzo ważnym dokumentem w planowaniu i realizacji zadań z zakresu ochrony przyrody, edukacji ekologicznej oraz udostępniania parku dla turystyki. Plan ten był również ważnym narzędziem w procesie uzgadniania projektów planów zagospodarowania przestrzennego dla gmin, na terenie których położony jest Park i jego otulina. Niestety zmiany ustawy o ochronie przyrody z 2001 r. doprowadziły do utraty w 2002 r. ważności planu ochrony Karkonoskiego Parku Narodowego. O tego czasu Park pracuje na podstawie planów rocznych w formie zarządzenia pod nazwą „zadania ochronne", zatwierdzanych przez Ministra Środowiska. Sporządzane przez Park projekty zadań ochronnych na poszczególne lata opracowywane są jednak w dalszym ciągu na podstawie strategicznych ustaleń zawartych w pierwszym planie ochrony z 1997 r. Aby nadać większą rangę zapisom dotyczącym celów i zasad ochrony przyrody w Karkonoskim Parku Narodowym, które nie utraciły swojej aktualności i podkreślić ich ważność w długiej perspektywie czasowej, dyrektor Karkonoskiego Parku Narodowego wprowadził zarządzenie Nr 8/2009 z dnia 16 kwietnia 2009 roku w sprawie strategii ochrony przyrody w Karkonoskim Parku Narodowym. Załącznikami do tego zarządzenia są operat generalny oraz 8 operatów szczegółowych, będących częściami składowymi pierwszego planu ochrony Karkonoskiego Parku Narodowego zatwierdzonego przez Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa na lata 1997–2017. Zapisy dotyczące celów i zasad ochrony poszczególnych komponentów środowiska przyrodniczego Parku z poszczególnych operatów szczegółowych zostały zaadoptowane do ustanowienia aktualnej strategii ochrony przyrody w Karkonoskim Parku Narodowym. Zgodnie z wymogami obowiązującej obecnie ustawy z dnia 16 kwietnia 2004 r. w sprawie ochrony przyrody, Karkonoski Park Narodowy opracował nowy projekt planu ochrony uwzględniający jednocześnie wymogi planu ochrony dla obszarów Natura 2000: PLB020007 Karkonosze oraz PLH020006 Karkonosze w granicach parku narodowego. Po jego ustanowieniu przez Ministra Środowiska będzie stanowił ważne narzędzie prawne i operacyjne w realizacji długofalowej strategii ochrony przyrody na terenie Karkonoskiego Parku Narodowego.

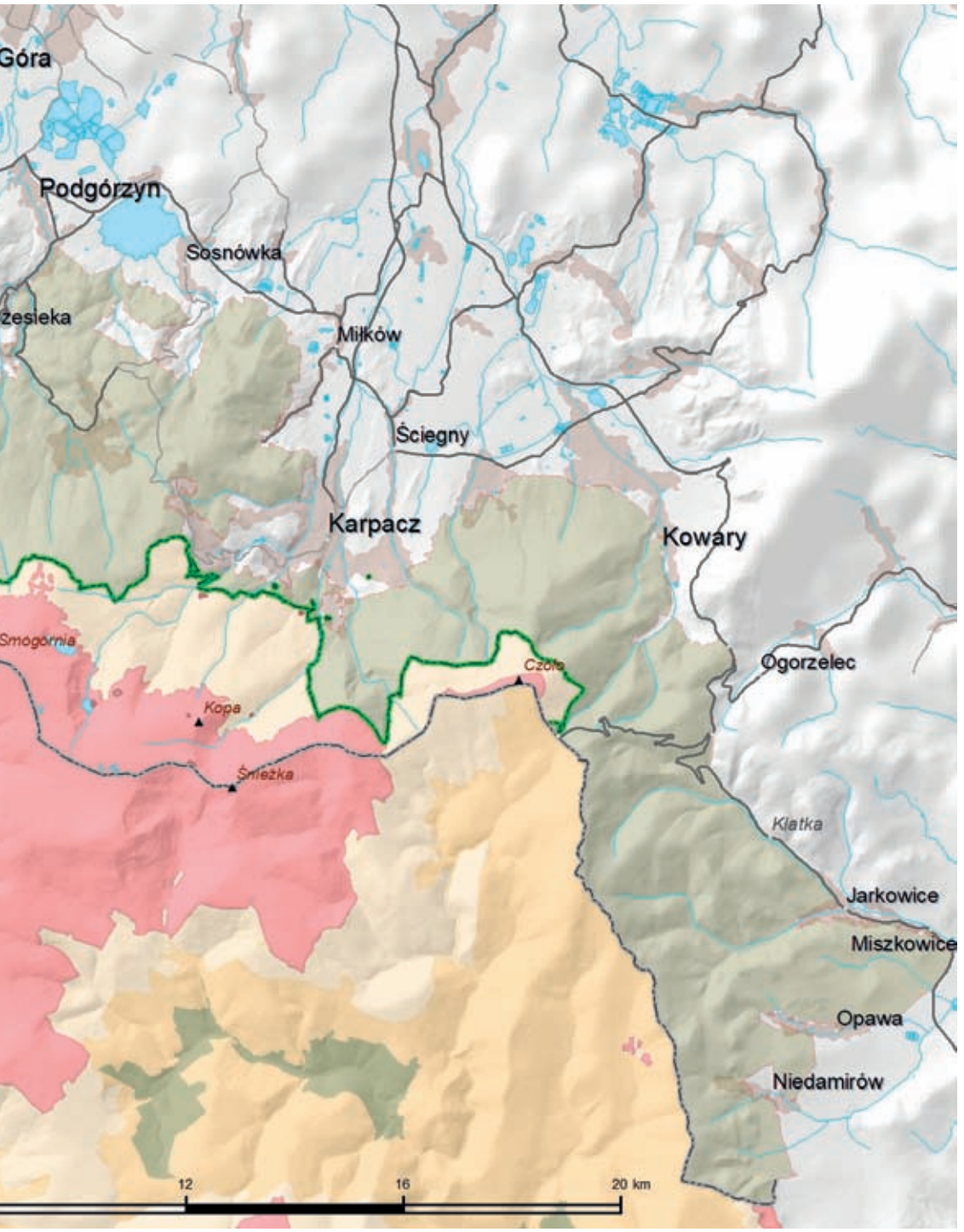
Granice oraz podział Parku na poszczególne kategorie ochrony

Pierwszego opisu granic oraz podziału terenu Karkonoskiego Parku Narodowego na obszary objęte ochroną ścisłą oraz częściową dokonano zarządzeniem Ministra Leśnictwa i Przemysłu Drzewnego z 2 marca 1959 r. Ochroną ścisłą zostały objęte tereny powyżej górnej granicy lasu (piętro subalpejskie i alpejskie w całości) oraz niewielkie obszary lasów leżące w strefie górnej granicy lasu. Pozostała część Parku, pokryta w większości lasami, objęta została ochroną częściową, dopuszczającą wykonywanie zabiegów ochronnych. Niewielkie tereny gruntów ornych oraz łąki i pastwiska leżące w strefie pogórza i regla dolnego zostały wówczas wyłączone z ww. stref, celem umożliwienia prowadzenia na nich gospodarki rolnej. Jak już wcześniej wspomniano wokół Parku nie wyznaczono wówczas otuliny, która to została ustanowiona dopiero w 1996 r. (Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 14 maja 1996 r. w sprawie Karkonoskiego Parku Narodowego). Ustanowiony w 1959 r. podział Parku na poszczególne kategorie ochrony w zasadzie przetrwał do dnia dzisiejszego jedynie z niewielkimi modyfikacjami. Obszar ochrony ścisłej pozostał niezmieniony. Pierwotny obszar ochrony częściowej również nie zmienił się znacząco, z tą tylko różnicą, że od 2004 r. zmieniono jej nazwę z ochrony częściowej na ochronę czynną, uznając, że pojęcie to jest bardziej odpowiednie dla realizacji celów ochrony w tym obszarze. Słabą stroną pojęcia ochrony częściowej było to, że mogło ono sugerować, iż teren objęty tą kategorią ochrony nie jest w pełni chroniony, lecz tylko częściowo i ma zatem niższy status ochronności. Do tej kategorii włączono również większość łąk i pastwisk leżących na terenie Parku, wskazując na konieczność ich czynnej ochrony poprzez wypas lub wykaszanie, aby nie dopuścić do ich zarastania. Nową kategorią ochrony, którą wprowadzono na terenie parku narodowego, jest ochrona krajobrazowa, jej celem jest zachowanie charakterystycznych cech krajobrazu Parku. Do kategorii tej zostały włączone grunty zabudowane, na których posadowione są obiekty Parku, schroniska turystyczne oraz inne obiekty kubaturowe znajdujące się w granicach Parku. W najnowszym projekcie planu ochrony przewidziano włączenie części lasów objętych dotychczas ochroną czynną (ok. 300 ha) do ochrony ścisłej. Są to obszary leśne leżące w obrębie Mumlawskiego Wierchu, Kotła Szrenickiego oraz Czarnej Kopy. Przesłankami przemawiającymi za ich włączeniem do ochrony ścisłej są naturalne pochodzenie, dobra dynamika regeneracji oraz brak wykonywania jakichkolwiek zabiegów na tych terenach w okresie od utworzenia Parku. Od samego początku podjęcia prac nad utworzeniem parku narodowego w Karkonoszach postulowano włączenie w jego granice całych Karkonoszy po stronie polskiej. Jak już wcześniej wspomniano, jeden z pierwszych projektów Parku zakładał powierzchnię około 20 tys. ha, obejmując tereny leśne od granic miejscowości niżej położonych, poprzez piętro subalpejskie i alpejskie do granicy państwa. Być może uzasadnieniem wyznaczenia takich granic był fakt utworzenia w Karkonoszach już w 1933 r. obszaru ochrony roślin na terenie niemal całych Karkonoszy po stronie Śląskiej oraz potrzeba ustanowienia jednolitych zasad ochrony dla całego obszaru. Bardzo ważne postulaty do włączenia obszarów obecnej otuliny w granice Karkonoskiego Parku Narodowego zostały zapisane w pierwszym planie ochrony Parku z 1997 r. (Korzeń i in. 1996). Przeprowadzona w ramach prac nad planem ochrony parku waloryzacja terenów otuliny wskazywała jednoznacznie na predyspozycje całej otuliny do objęcia ochroną w formie parku narodowego. Aby to jednak mogło się stać, zgodnie z obowiązującym obecnie prawem, niezbędna jest zgoda lokalnych samorządów. Ważnym faktem umożliwiającym realizację tego postulatu jest wprowadzenie stosownych zapisów do dokumentów planistycznych szczebla krajowego (Koncepcja Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030) i wojewódzkiego (Strategia Rozwoju Województwa Dolnośląskiego 2020 oraz Plan Zagospodarowania Województwa Dolnośląskiego). We wszystkich tych dokumentach przewiduje się poszerzenie Karkonoskiego Parku Narodowego o obszary obecnej otuliny. Pierwszym samorządem, który przychylnie ustosunkował się do projektu poszerzenia Karkonoskiego Parku Narodowego jest Rada Miasta Jeleniej Góry, która wyraziła zgodę na włączenie w granice Parku terenów leśnych leżących pomiędzy Jagniątkowem a Górą Chojnik o powierzchni 364,35 ha oraz działkę nr 168 o powierzchni 3,72 ha wykupioną przez Park od właściciela prywatnego. Nowe Rozporządzenie Rady Ministrów w sprawie granic Karkonoskiego Parku Narodowego zostało podpisane dnia 9 listopada 2015 r. z mocą obowiązującą od 1 stycznia 2016 r. Jest to pierwsze (historyczne) poszerzenie granic Parku od momentu jego utworzenia. Łączna powierzchnia parku wynosi obecnie 5951,42 ha, natomiast powierzchnia otuliny Parku – 13 093 ha. Niepodważalnymi argumentami przemawiającymi za potrzebą poszerzenia Karkonoskiego Parku Narodowego o obszary obecnej otuliny są:

1. Sztucznie wytyczone granice Parku, oparte nie o naturalne granice ekosystemów, lecz o wytyczone drogi lub linie podziału powierzchniowego, przecinające często siedliska gatunków roślin i zwierząt,



Ryc. 3. Karkonoski Park Narodowy z otuliną


Góra
Podgórzyn
Sosnówka
Miłków
Ścięgny
Karpacz
Kowary
Ogorzelec
Czoło
Kopa
Śnieżka
Klatka
Jarkowice
Miszkowice
Opawa
Niedamirów
12
16
20 km

2. Niewłączenie w granice Parku całych naturalnych siedlisk przyrodniczych, w tym siedlisk rzadkich gatunków roślin i zwierząt. Dla ochrony wielu gatunków ptaków i ssaków potrzeba znacznie większego areału (siedliska) niż te, które znajdują się w granicach Parku. Podział taki znacznie utrudnia ochronę ostoi gatunków migrujących lub gatunków, które wymagają znacznie większych terytoriów do swego występowania, niż teren Parku. Przykładem takich gatunków są: bielik, puchacz, sokół wędrowny, cietrzew, ryś, dzięcioł trójpalczasty i wiele innych.
3. Wytyczenie granic w sposób niekompatybilny z parkiem narodowym po stronie czeskiej, który wraz z otuliną obejmuje swoim zasięgiem cały teren Karkonoszy o powierzchni ponad 60 tys. ha. Z ogólnej powierzchni ponad 20 tys. ha Karkonoszy po stronie polskiej, Park zajmuje powierzchnię 5951,42 ha, co stanowi jedynie 29,8%. Zarówno na wschodzie jak i zachodzie Karkonoszy czeski Park graniczy bezpośrednio z Lasami Państwowymi po stronie polskiej (obszarem o znacznie mniejszym reżimie ochrony przyrody), na co nasi partnerzy ze strony czeskiej wielokrotnie zwracali nam uwagę.
4. Harmonijne zarządzanie zasobami przyrodniczymi całych Karkonoszy przez jeden podmiot, czyli dyrektora Parku. Obecnie oprócz dyrektora Parku, w obrębie Karkonoszy, w tym otuliny Parku, zasobami przyrodniczymi zarządzają nadleśniczowie trzech nadleśnictw, tj. Szklarska Poręba, Śnieżka w Kowarach oraz Kamienna Góra. Natomiast nadzór nad obszarami Natura 2000 w Karkonoszach poza granicami Parku sprawuje Dyrektor Regionalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska we Wrocławiu.

Organizacja Karkonoskiego Parku Narodowego

Od momentu utworzenia parku narodowego w Karkonoszach zmieniał się również charakter jego funkcjonowania. W pierwszych latach Park nastawiony był głównie na usuwanie skutków gradacji owadzich w lasach, jakie powstały w okresie wojennym i bezpośrednio po zakończeniu działań wojennych. Przez wiele lat Park pod względem organizacyjnym przypominał bardziej organizację nadleśnictwa, ukierunkowanego głównie na działania w obszarze lasów niż jednostkę zajmującą się kompleksową ochroną przyrody. Pod względem statusu prawnego Park był od samego początku państwową jednostką budżetową, przy której utworzono jednocześnie gospodarstwo pomocnicze. Utworzenie gospodarstwa pomocniczego pozwalało na zatrzymywanie przychodów własnych pochodzących głównie ze sprzedaży drewna pozyskiwanego w ramach cięć sanitarnych oraz w mniejszym stopniu z cięć pielęgnacyjnych. Dopiero wprowadzenie w życie nowej ustawy o ochronie przyrody w roku 1991 zmieniło wyraźnie charakter parku narodowego, uwypuklając rolę kompleksowej ochrony przyrody, konieczność opracowania planu ochrony przyrody, podnosząc rangę edukacji ekologicznej oraz określając zasady udostępniania parku do celów turystycznych. Nie zmieniła się jednak formuła prawna parku, dalej utrzymując status jednostki budżetowej i gospodarstwa pomocniczego. Ten dualizm w końcu lat 90. ubiegłego stulecia zaczął stwarzać poważne problemy w wypełnianiu zadań parku ze względu na konieczność wyraźnego, formalnego rozdziału, zarówno pod względem finansowym, organizacyjnym, jak i kadrowym gospodarstwa pomocniczego od jednostki budżetowej. Wymogi te wynikały z przepisów nowej ustawy o finansach publicznych z dnia 26 listopada 1998 r. Kolejna ustawa o ochronie przyrody z dnia 16 kwietnia 2004 r. dość wyraźnie zmieniła przepisy w zakresie zasad tworzenia planów ochrony dla parku narodowego oraz wprowadziła nowe regulacje związane z wdrożeniem w Polsce przepisów Unii Europejskiej wynikających z dwóch dyrektyw, tj. dyrektywy Rady 92/43/EWG z dnia 21 maja 1992 r. w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej fauny i flory oraz dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/147/WE z dnia 30 listopada 2009 r. w sprawie ochrony dzikiego ptactwa. Wprowadzenie do prawa polskiego nowej formy ochrony przyrody w postaci obszaru Natura 2000 spowodowało nałożenie na siebie w konsekwencji dwóch form ochrony przyrody na jednym obszarze, tj. parku narodowego oraz obszaru Natura 2000, podlegającym w niektórych przypadkach różnym regulacjom prawnym. Z końcem 2010 r. zostało zlikwidowane gospodarstwo pomocnicze przy Karkonoskim Parku Narodowym, co było wynikiem reformy finansów publicznych, a w szczególności ustawy z dnia 27 sierpnia 2009 r. – przepisy wprowadzające ustawę o finansach publicznych. Zatem w 2011 r. Karkonoski Park Narodowy funkcjonował wyłącznie jako jednostka budżetowa odprowadzając na rachunek dochodów budżetu państwa wszystkie pozyskiwane przez siebie środki finansowe, a wydatki pokrywane były w całości z dotacji budżetu państwa. Taki system finansowania Parku powodował bardzo poważne opóźnienia w przepływie środków finansowych na rachunek Parku, a tym samym utrudnienia w realizacji ustawowych zadań Parku. Zmiany na lepsze przyniosła dopiero ustawa z dnia 18 sierpnia 2011 r. – o zmianie ustawy o ochronie przyrody oraz niektórych innych ustaw,

w której zapisano zmianę formuły prawnej parku narodowego z państwowej jednostki budżetowej na państwową osobę prawną począwszy od 1 stycznia 2012 r. W ustawie tej uporządkowano również zapisy dotyczące podstawowych celów parku narodowego, którymi obecnie są:

1) prowadzenie działań ochronnych w ekosystemach parku narodowego,
2) udostępnianie obszaru parku narodowego na zasadach określonych w planie ochrony, a w przypadku jego braku w zadaniach ochronnych i w zarządzeniach dyrektora parku narodowego,
3) prowadzenie działań związanych z edukacją przyrodniczą.

Struktura i sposób finansowania Karkonoskiego Parku Narodowego zmieniały się w czasie wraz ze zmianą przepisów prawnych wydawanych w tym zakresie. Przychody uzyskiwane przez funkcjonujące przy Parku gospodarstwo pomocnicze w niektórych okresach, w szczególności w latach 70. 80. i 90. ubiegłego wieku, znacznie przekraczały wysokość dotacji budżetowej. Wynikało to głównie ze zwiększonej ilości sprzedawanego drewna, które pochodziło początkowo z usuwania skutków katastrofalnej wichury w 1966 r., a następnie z usuwania skutków klęski z lat 80. i 90. ubiegłego wieku. Nowa ustawa z dnia 16 października 1991 r. o ochronie przyrody wprowadziła możliwość pobierania opłat za wstęp do parku narodowego oraz za udostępnianie parku do celów turystycznych, rekreacyjnych i sportowych. Pobierane opłaty za wstęp i udostępnianie Parku zaczęły stanowić poważny wkład w inżynierię finansową Parku, umożliwiając pozyskiwanie środków finansowych z krajowych i zagranicznych funduszy pomocowych, zapewniając zabezpieczenie tzw. wkładu własnego. Ponadto, środki te przeznaczane są na utrzymanie i odtwarzanie infrastruktury turystycznej, utrzymanie bazy edukacyjnej Parku oraz na ochronę przyrody. Z początkiem lat 90-tych XX w., wraz z utworzeniem Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej oraz Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (do roku 1998 w Jeleniej Górze, a następnie we Wrocławiu), pojawiły się nowe możliwości pozyskiwania środków finansowych na ochronę przyrody, monitoring przyrodniczy, edukację ekologiczną oraz na minimalizowanie negatywnych skutków ruchu turystycznego. Karkonoski Park Narodowy od samego początku funkcjonowania ww. funduszy bardzo skutecznie pozyskiwał i nadal pozyskuje środki na realizację ustawowych zadań Parku. Bardzo duży wkład w dofinansowaniu Parku w latach 1997–2010 miała Fundacja Ekofundusz, współfinansując kilka ważnych projektów dla Parku z zakresu przebudowy drzewostanów, restytucji zagrożonych gatunków, w tym jodły pospolitej oraz z zakresu edukacji ekologicznej. Karkonoski Park Narodowy jest również poważnym beneficjentem środków pochodzących z pomocy zagranicznej, w szczególności z Unii Europejskiej. Pierwsze poważne przedsięwzięcia ze środków pochodzących z pomocy zagranicznej realizowane były na terenie Parku jeszcze przed wejściem Polski w struktury UE. Z chwilą włączenia naszego kraju w struktury Wspólnoty, co miało miejsce 1 maja 2004 r., Karkonoski Park Narodowy zaczął bardzo skutecznie opracowywać projekty i zdobywać środki na realizację zadań, które nie mogły być sfinansowane przez budżet państwa lub z przychodów własnych. Przeciętny poziom pozyskiwanych środków finansowych z budżetu Unii Europejskiej w latach 2009–2013 stanowił około 50% rocznego budżetu Parku. Od 1 stycznia 2012 r. Karkonoski Park Narodowy otrzymał osobowość prawną i możliwość zatrzymywania wszystkich przychodów uzyskiwanych we własnym zakresie. W związku z powyższym, obecne przychody Parku pochodzą z następujących źródeł: dotacji budżetu państwa, dotacji i pożyczek z Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej oraz z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej we Wrocławiu, dotacji pochodzącej z budżetu Unii Europejskiej, z opłat za wstęp i udostępnienie Parku, wpływów z tytułu dzierżawy, najmu lub użytkowania nieruchomości, wpływów ze sprzedaży produktów drzewnych, materiałów edukacyjnych, informacyjnych i naukowych, składników rzeczowych majątku ruchomego, a także z darowizn.

Cele i zasady ochrony przyrody w Karkonoskim Parku Narodowym

Pierwszym dokumentem, w którym w sposób kompleksowy zostały opisane cele i zasady ochrony przyrody w Karkonoskim Parku Narodowym, był plan ochrony zatwierdzony zarządzeniem nr 132 Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 15 października 1997 r. na lata 1997–2017 (Korzeń i in. 1996). W dokumencie tym zapisano, iż strategicznymi celami ochrony przyrody w Karkonoskim Parku Narodowym są:

1) ochrona naturalnych i zbliżonych do naturalnych ekosystemów Parku dla wzbogacenia różnorodności biologicznej i zachowania złożoności układów ekologicznych,
2) odtworzenie zniszczonych lub uszkodzonych fitocenoz i zoocenoz, głównie szaty leśnej dla rekonstrukcji naturalnych procesów ekologicznych,
3) ograniczenie zagrożeń antropogenicznych głównie poprzez minimalizację agresywnych wobec środowiska form turystycznego zagospodarowania Parku,
3) kontynuacja badań naukowych i rozwój monitoringu dla wzbogacenia wiedzy o zasobach przyrodniczych Parku oraz wypracowania skutecznych form ich ochrony.

Dla realizacji ww. celów przyjęto następujące zasady:
1) minimalizowanie ingerencji człowieka w naturalne układy ekologiczne,
2) podejmowanie kompleksowych działań dla odtworzenia uszkodzonych i zniszczonych ekosystemów poprzez maksymalizację działań kreatywnych, uwzględniających różne poziomy ekosystemów i ograniczanie prostych, jednostkowych zabiegów,
3) popieranie przyjaznych dla środowiska form udostępnienia Parku dla ruchu turystycznego,
4) kreowanie pozytywnego stosunku społeczeństwa, zwłaszcza lokalnego, do potrzeb ochrony zasobów przyrodniczo-kulturowych Parku.

Strategiczne cele i zasady ochrony przyrody sformułowane w najnowszym projekcie planu ochrony, opracowanym na lata 2014–2033 są zbieżne z tymi, które zostały zapisane w pierwszym planie ochrony z 1997 r. (Raj i in. 2013). Są to:
1) zachowanie unikatowych w skali Polski, Europy i Świata ekosystemów górskich z ich naturalną różnorodnością biologiczną, georóżnorodnością oraz zróżnicowaniem klimatycznym i hydrologicznym,
2) ochrona naturalnych i zbliżonych do naturalnych ekosystemów Parku dla zachowania naturalnej georóżnorodności, różnorodności biologicznej oraz złożoności układów ekologicznych,
3) odtworzenie zniszczonych lub uszkodzonych fitocenoz i zoocenoz dla rekonstrukcji naturalnych procesów ekologicznych oraz restytucja i reintrodukcja zagrożonych gatunków,
4) ograniczenie zagrożeń wewnętrznych i zewnętrznych,
5) prowadzenie badań naukowych, inwentaryzacji przyrodniczej i rozwój monitoringu dla wzbogacenia wiedzy o zasobach przyrodniczych Parku oraz wypracowania skutecznych form ich ochrony,
6) udostępnianie obszaru parku do celów naukowych, edukacyjnych, turystycznych, rekreacyjnych i sportowych na zasadach nie wpływających negatywnie na przyrodę Parku.

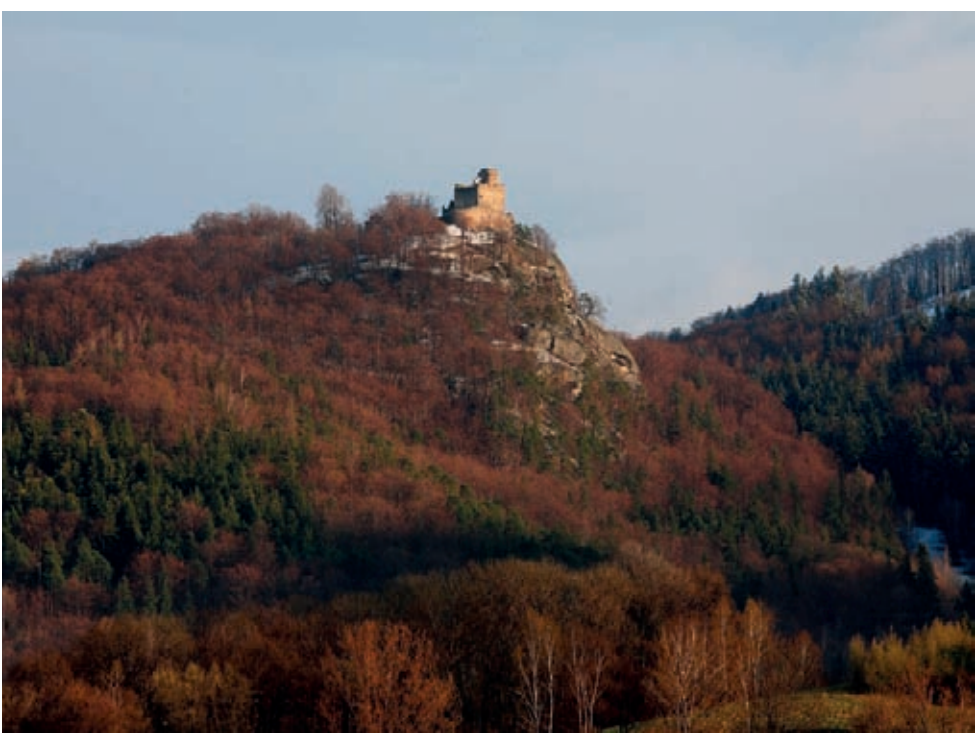
Na terenie Karkonoskiego Parku Narodowego występują ekosystemy leśne, nieleśne ekosystemy lądowe oraz ekosystemy wodne. Ekosystemy leśne Parku (z wyłączeniem dróg, linii podziału powierzchniowego, szkółek leśnych, urządzeń turystycznych oraz budynków) obejmują 4308,74 ha, co stanowi 72,40% powierzchni Parku.

Celem ochrony przyrody w ekosystemach leśnych (Ryc. 4) jest:
1) zapewnianie naturalnego rozwoju ekosystemów oraz utrzymanie naturalnej różnorodności biologicznej i procesów ekologicznych w zbiorowiskach o charakterze naturalnym,
2) wspomaganie naturalnych procesów regeneracyjnych na obszarach z dużym udziałem zbiorowisk autogenicznych,
3) ograniczanie niekorzystnych zjawisk na obszarach zdominowanych przez leśne zbiorowiska zastępcze z wyraźną tendencją do odbudowy składu gatunkowego i struktur właściwych dla fitocenoz autogenicznych,
4) przebudowa gatunkowa i przemiana strukturalna drzewostanów na obszarach zajętych przez leśne zbiorowiska zastępcze, o stale pogłębiającej się degradacji fitocenoz, bez wyraźnych tendencji regeneracyjnych,
5) odtwarzanie drzewostanów zniszczonych w wyniku oddziaływania kompleksu czynników szkodotwórczych,
6) utrzymanie właściwego stanu ochrony siedlisk przyrodniczych Natura 2000: Kwaśne buczyny 9110, Bory i lasy bagienne *91D0, Górskie bory świerkowe 9410,
7) odtworzenie właściwego stanu ochrony siedlisk przyrodniczych Natura 2000: Grąd środkowoeuropejski i subkontynentalny 9170, Łęgi wierzbowe, topolowe, olszowe i jesionowe *91E0.

Za bardzo istotne uwarunkowania przyrodnicze dla ochrony ekosystemów leśnych (Ryc. 5) uznano:



Ryc. 4. Ekosystemy leśne Karkonoszy w jesiennych barwach (fot. A. Raj)



Ryc. 5. Mozaika zbiorowisk leśnych na Górze Chojnik (fot. A. Raj)



Ryc. 6. Borówczyska oraz zarośla kosodrzewiny w Kotle Łomniczki (fot. A. Raj)

1) niski i średni stan zachowania różnorodności biologicznej na poziomie ekosystemowym, stanowiący potrzebę ingerencji w przebieg procesów naturalnych, w szczególności w leśnych zbiorowiskach zastępczych,
2) niska zgodność roślinności rzeczywistej z potencjalną dla siedlisk leśnych, w tym składów gatunkowych drzewostanów [zgodne z siedliskiem – 2664,26 ha (61,83%); częściowo zgodne z siedliskiem – 1393,08 ha (32,33%); niezgodne z siedliskiem – 251,40 ha (5,84%)],
3) niski stan zagrożenia pożarowego.

Lądowe ekosystemy nieleśne Parku, położone głównie powyżej górnej granicy lasu, zajmują powierzchnię 1554,34 ha, co stanowi 26,12% powierzchni parku. W ich obrębie występują liczne zespoły roślinne (Ryc. 6), opisane szczegółowo w rozdziale pt. „Roślinność subalpejska i alpejska".

Celem ochrony przyrody w nieleśnych ekosystemach lądowych jest:

1) zapewnienie swobodnego biegu procesów ekologicznych, dopóki to możliwe – bez bezpośredniej ingerencji człowieka,
2) zachowanie naturalnej różnorodności biologicznej,
3) zachowanie zbiorowisk łąkowych i zwiększanie ich różnorodności biologicznej,
4) likwidacja lub minimalizacja zagrożeń antropogenicznych,
5) inicjowanie lub wspomaganie procesów regeneracyjnych na obszarach zmienionych przez czynniki antropogeniczne,
6) zachowanie zespołów roślinnych wymagających czynnej ochrony, z uwzględnieniem potrzeb ochrony siedlisk przyrodniczych i gatunków,
7) utrzymanie właściwego stanu ochrony siedlisk przyrodniczych Natura 2000: jeziora lobeliowe 3110, wysokogórskie borówczyska bażynowe (*Empetro-Vaccinietum*) 4060, zarośla kosodrzewiny (*Pinetum mugo*) *4070, subalpejskie zarośla wierzby lapońskiej lub śląskiej (*Salicetum lapponum*, *Salicetum silesiacae*) 4080, bogate florystycznie górskie i niżowe murawy bliźniczkowe (*Nardion* – płaty bogate florystycznie) (*)6230 (*– tylko płaty bogate florystycznie), ziołorośla górskie i ziołorośla nadrzeczne 6430, torfowiska wysokie z roślinnością torfotwórczą (żywe) *7110, torfowiska przejściowe i trzęsawiska 7140, obniżenia na podłożu torfowym z roślinnością ze związku *Rhynchosporion* 7150, piargi i gołoborza krzemianowe 8110, ściany skalne i urwiska krzemianowe ze zbiorowiskami *Androsacetalia vandellii* 8220.

8) odtworzenie właściwego stanu ochrony siedlisk przyrodniczych Natura 2000: Wysokogórskie murawy acidofilne (*Juncion trifidi*) i bezwapienne wyleżyska śnieżne (*Salicion herbaceae*) 6150, niżowe i górskie świeże łąki użytkowane ekstensywnie (*Arrhenatherion elatioris*) 6510, górskie łąki konietlicowe użytkowane ekstensywnie (*Polygono-Trisetion*) 6520, pionierskie murawy na skałach krzemianowych (*Arabidopsidion thalianae)* 8230.

Za najistotniejsze uwarunkowania przyrodnicze dla ochrony nieleśnych ekosystemów lądowych uznano:

1) dobry stan zachowania różnorodności biologicznej na poziomie ekosystemowym,
2) niszczenie roślinności przez wydeptywanie,
3) erozja powodowana intensywnym ruchem turystycznym,
4) rozbudowa infrastruktury turystycznej,
5) sukcesja wtórna,
6) odwadnianie niektórych zbiorowisk roślinnych przez ujęcia wody pitnej,
7) wnikanie gatunków obcych, w tym gatunków inwazyjnych,
8) regresja i unifikacja niektórych fitocenoz.

Ekosystemy wodne Karkonoskiego Parku Narodowego obejmują 35,40 ha, co stanowi 0,59% powierzchni Parku. Składają się na nie: wody stojące – 10,94 ha, w tym: Mały Staw o powierzchni 2,77 ha (Ryc. 7), Wielki Staw (Ryc. 8) o powierzchni 7,23 ha, Śnieżne Stawki o powierzchni 0,76 ha i jeziorko torfowe na Równi pod Śnieżką o powierzchni 0,18 ha. Do powierzchni tej nie wliczono rzek i potoków tworzących bogatą sieć hydrograficzną na terenie Parku, które to zostały włączone do powierzchni lasów. Celem ochrony ekosystemów wodnych jest:



Ryc. 7. Kocioł Małego Stawu i schronisko PTTK Samotnia (fot. R. Knapik)

1) zapewnienie naturalnego funkcjonowania ekosystemów wodnych,
2) racjonalne gospodarowanie zasobami wodnymi,
3) eliminacja zanieczyszczeń oraz zagrożeń jakości wód,
4) utrzymanie przepływu nienaruszalnego w ciekach wodnych.

Na obszarze Karkonoskiego Parku Narodowego stwierdzono występowanie 261 gatunków grzybów wielkoowocnikowych (*Macromycetes*), w tym 13 gatunków chronionych (Ryc. 9 i 10), które szczegółowo zostały opisane w rozdziale pt. „Grzyby i śluzowce". Natomiast w rozdziale pt. „Porosty" opisano 636 gatunków porostów (*Lichenes*), w tym 53 gatunki chronione stwierdzone dotychczas na terenie Parku.



Ryc. 8. Kocioł Wielkiego Stawu (fot. A. Raj)



Ryc. 9. Soplówka jodłowa Hericium flagellum w rejonie Wodospadu Szklarki (fot. A. Raj)



Ryc. 10. Siedzuń sosnowy Sparassis crispa *(fot. R. Knapik)*

Roślin naczyniowych (*Pteridophyta i Spermatophyta*) na obszarze Karkonoskiego Parku Narodowego i jego otuliny stwierdzono dotychczas ok. 1106 taksonów, z czego 70 to gatunki chronione, w tym 3 gatunki z załącznika II dyrektywy Rady 92/43/EWG. Fabiszewski (1985a) oszacował liczbę gatunków roślin z terenu Karkonoskiego Parku Narodowego na około 900. W roku 2008 liczbę tę zweryfikował Kwiatkowski (2008), podając 1099 taksonów (1043 gatunki) roślin występujących na terenie polskich Karkonoszy i Pogórza Karkonoskiego, włączając w to 36 gatunków, które zostały uznane za wymarłe lub zaginione. W roku 2009 odnaleziono przetacznika drobnego *Veronica alpina* subsp. *pumila* w Wielkim Śnieżnym Kotle oraz przetacznika stokrótkowego *Veronica bellidioides* (Ryc. 11) na Śnieżce, w roku 2010 na torfowisku nad Wielkim Stawem został stwierdzony żłobik koralowy *Corallorhiza trifida* (Ryc. 12), a rok później na łąkach w okolicach Jagniątkowa podkolan zielonawy *Plantathera chlorantha* (Przewoźnik 2012). Aktualne bogactwo gatunkowe i strukturę taksonomiczną flory karkonoskiej przedstawiono w rozdziale „Rośliny kwiatowe".

Spośród zwierząt na obszarze Parku stwierdzono występowanie następujących grup systematycznych oraz gatunków:

1) bezkręgowce (*Invertebrata*) – nie mniej niż 1500 gatunków, z czego 21 gatunków chronionych (Ryc. 13 i 14),
2) ryby (*Pisces*) – 1 gatunek, w tym 1 gatunek chroniony (Ryc. 15),
3) płazy (*Amphibia*) – 6 gatunków, wszystkie chronione (Ryc. 16),
4) gady (*Reptilia*) – 5 gatunków, wszystkie chronione (Ryc. 17),
5) ptaki (*Aves*) – 194 gatunki w Karkonoszach, z czego 35 lęgowych i 11 migrujących gatunków z załącznika I do dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/147/WE z dnia 30 listopada 2009 r. w sprawie ochrony dzikiego ptactwa, (Ryc. 18-20),
6) ssaki (*Mammalia*) – 47 gatunków, w tym 25 gatunków chronionych, z czego 2 gatunki z załącznika II do Dyrektywy Rady 92/43/EWG. (Ryc. 21 i 22).

Szczegółowy opis gatunków zwierząt występujących na terenie Parku i otuliny zawierają rozdziały „Bezkręgowce" i „Kręgowce".



Ryc. 11. Przetacznik stokrótkowy Veronica bellidioides (fot. L. Przewoźnik)



Ryc. 12. Żłobik koralowy Corallorhiza trifida (fot. R. Knapik)



Ryc. 13. Biegacz zielonozłoty Carabus auronitens (fot. R. Rąpała)



Ryc. 14. Żagnica północna Aeshna caerulea (fot. R. Rąpała)



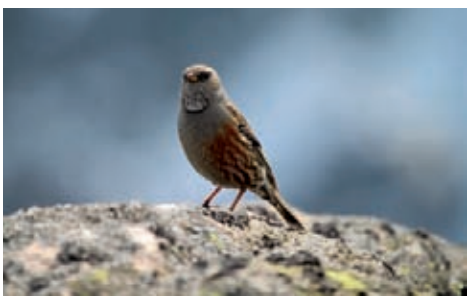
Ryc. 15. Pstrąg potokowy Salmo trutta (fot. R. Rąpała)



Ryc. 16. Żaba trawna Rana temporaria (fot. R. Rąpała)



Ryc. 17. Żmija zygzakowata Vipera berus (fot. R. Rąpała)



Ryc. 18. Płochacz halny Prunella collaris (fot. R. Rąpała)



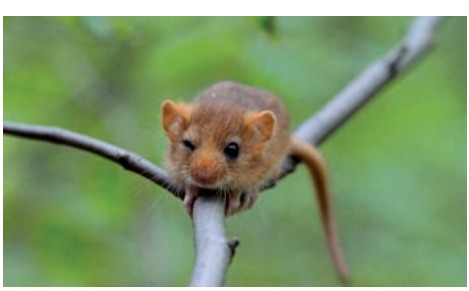
Ryc. 19. Włochatka Aegolius funereus (fot. R. Rąpała)



Ryc. 20. Krzyżodziób świerkowy Loxia curvirostra (fot. R. Rąpała)



Ryc. 21. Nocek duży Myotis myotis (fot. R. Rąpała)



Ryc. 22. Orzesznica Muscardinus avellanarius (fot. R. Rąpała)

Celem ochrony gatunków grzybów, roślin i zwierząt występujących na terenie Parku oraz ich siedlisk jest:
1) zachowanie siedlisk koniecznych dla ochrony różnorodności gatunkowej,
2) zachowanie zasobów genowych rzadkich i zagrożonych gatunków (*in situ* i *ex situ*),
3) wspomaganie procesów zwiększających liczebność populacji rzadkich i zagrożonych gatunków,
4) odtworzenie populacji gatunków, które ustąpiły z terenu Parku lub są na granicy wymarcia,
5) zabezpieczanie przed degradacją i zanikaniem zoocenoz i fitocenoz o charakterze naturalnym i zbliżonym do naturalnego wraz z ich siedliskami,
6) utrzymanie gatunków rzadkich i zagrożonych oraz unikatowych populacji lokalnych o dużej randze faunistycznej i florystycznej,
7) ochrona gatunków specjalnej troski i ich siedlisk, w tym również gatunków występujących w biotopach zastępczych,
8) ograniczanie niekorzystnych zjawisk spowodowanych przegęszczeniem populacji niektórych gatunków,
9) stwarzanie warunków środowiskowych sprzyjających utrzymaniu właściwego stanu ochrony gatunków rzadkich i zagrożonych gatunków dziko występujących roślin, grzybów i zwierząt na obszarze Parku, w szczególności gatunków chronionych w ramach obszarów Natura 2000.

Oprócz ochrony poszczególnych składników przyrody ożywionej nieożywionej, w strategii ochrony sformułowano również cele ochrony krajobrazów oraz cele ochrony wartości kulturowych na terenie Parku.

Celem ochrony krajobrazów jest:
1) zachowanie, przywracanie lub kształtowanie na nowo walorów widokowych i estetycznych Parku,
2) zachowanie naturalnych walorów widokowych i estetycznych strefy subalpejskiej i alpejskiej,
3) przywracanie cech naturalnych krajobrazom ekosystemów leśnych regla dolnego i górnego,
4) ograniczanie lub eliminowanie zaburzeń krajobrazów przez obiekty kubaturowe infrastruktury technicznej.

Celem ochrony wartości kulturowych jest:
1) zachowanie i upowszechnianie materialnych oraz niematerialnych zasobów kulturowych Parku,
2) utrzymanie w należytym stanie technicznym i rewitalizacja obiektów wpisanych do rejestru zabytków,
3) promowanie regionalnych form architektonicznych oraz tradycyjnych materiałów budowlanych i konstrukcji,
4) zachowanie w należytym stanie stanowisk archeologicznych.

Zagrożenia

Od początku istnienia Karkonoskiego Parku Narodowego identyfikowano główne zagrożenia dla karkonoskiej przyrody. Pierwotne zidentyfikowane zagrożenia zostały podzielone na grupy zgodnie z panującą w ówczesnym czasie w literaturze klasyfikacją. Był to przede wszystkim podział na dwie grupy czynników, mianowicie na zagrożenia pochodzenia biotycznego (masowo pojawiające się owady, grzyby patogeniczne, przegęszczenie populacji zwierzyny płowej) oraz pochodzenia abiotycznego (wysokie temperatury, mrozy i przymrozki, huraganowe wiatry, opady śniegu, katastrofalne opady deszczu oraz niektóre osady atmosferyczne). Dość wcześnie zaczęto zauważać również zagrożenia ze strony masowego ruchu turystycznego, który w latach 70. ubiegłego wieku osiągnął poziom około 3 mln. rocznie (Fabiszewski 1985b). Na przełomie lat 70. i 80. ubiegłego wieku pojawiły się pierwsze oznaki uszkodzeń lasów wywołane przemysłowymi zanieczyszczeniami atmosfery (Fabiszewski 1985b; Jurczyszak 1985), które dość szybko nabrały katastrofalnego tempa. Szczegółowej analizy i klasyfikacji zagrożeń dla środowiska przyrodniczego Parku dokonano w czasie opracowania pierwszego planu ochrony (Korzeń i in. 1996). Określono wówczas, że środowisku przyrodniczemu Parku zagraża szereg czynników, których synergiczne oddziaływanie doprowadziło do głębokich zniekształceń naturalnych układów ekologicznych i zmian poszczególnych jego elementów. Zapisano również, iż zasadniczy wpływ na stan przyrody Parku wywierają czynniki abiotyczne, biotyczne oraz antropogeniczne. Wśród czynników abiotycznych za najważniejsze uznano:
1) huraganowe wiatry – powodujące zmiany głównie w ekosystemach leśnych poprzez wyłamywanie i wywracanie drzewostanów,
2) opady atmosferyczne – prowadzące do zmian rzeźby terenu, erozji gleb, zwiększenia spływu wód,
3) zmiany klimatu – prowadzące w kierunku ocieplania oraz anomalie pogodowe i klimatyczne, powodujące „susze fizjologiczne".

Z czynników biotycznych, uznano, iż największe zagrożenie stwarzają następujące czynniki:

1) masowo pojawiające się owady, np. wskaźnica modrzewianeczka, kornik drukarz i korniki jemu towarzyszące, które to gatunki wykazują stałą tendencję do wzrostu populacji i tym samym zagrażają stabilności ekosystemów leśnych,
2) patogeniczne grzyby, które osłabiają świerkowe drzewostany i czynią je podatnymi na uszkodzenia przez wiatr oraz na atak owadów,
3) jeleniowate, których przegęszczone populacje zagrażają uprawom i młodnikom oraz utrudniają rekonstrukcję ekosystemów leśnych.

Wśród czynników zagrażających przyrodzie parku dużą rolę przypisano czynnikom pochodzenia antropogenicznego, a za najważniejsze z nich uznano:

1) skutki niewłaściwej gospodarki leśnej w przeszłości, co pozbawiło drzewostany naturalnego charakteru i uczyniło je podatnymi na szkody od czynników abiotycznych i biotycznych,
2) imisje przemysłowe – czynnik ten, obok presji turystycznej, uznano za największe zagrożenie dla środowiska przyrodniczego Parku;
3) turystykę, której dynamiczny rozwój uznano wówczas za czynnik najsilniej zagrażajacy przyrodzie Parku.

Oprócz generalnych zagrożeń dla przyrody Parku przedstawionych wyżej, określono również zagrożenia szczegółowe dla poszczególnych przedmiotów ochrony, co miało istotne znaczenie w procesie projektowania zadań ochronnych dla tych przedmiotów. Poniżej przedstawiono syntetyczny opis zidentyfikowanych wówczas zagrożeń.

Dla przyrody nieożywionej i gleb potencjalne zagrożenia wiązały się przede wszystkim z różnymi rodzajami działalności człowieka, tj. turystyką pieszą, uprawianiem narciarstwa zjazdowego, wspinaczką, budową obiektów kubaturowych i rozbudową miejscowości, a także pracami leśnymi oraz eksploatacją kopalin. W praktyce działania te doprowadzały do przyśpieszenia erozji liniowej części szlaków pieszych i dróg leśnych. Ostańce skalne Parku narażone były na przyspieszone wietrzenie chemiczne, wywołane kwaśnymi deszczami. Za podstawowe zagrożenie antropogeniczne dla walorów geomorfologicznych uznano uaktywnienie procesów erozyjnych, zwłaszcza przez niewłaściwe prowadzenie prac leśnych, zły stan dróg oraz dynamiczny rozwój turystyki (Ryc. 23). Zagrożenia i czynniki degradujące środowisko glebowe to: erozja gleb potęgowana prowadzoną zrywką drewna poza okresem zimowym, silne zakwaszenie gleb, występowanie w glebie podwyższonej zawartości mikroelementów wpływających toksycznie na środowisko glebowe i roślinność oraz występowanie w podwyższonych ilościach glinu wymiennego.



Ryc. 23. Intensywny ruch turystyczny u podnóża Śnieżki (fot. A. Raj)



Ryc. 24. Uszkodzenia drzewostanów z okresu klęski ekologicznej (fot. R. Rąpała)

Dla jakości powietrza i opadów atmosferycznych na terenie Parku i jego otuliny decydujące znaczenie wywierały wówczas zanieczyszczenia z dużych źródeł wysokiej emisji energetyki czeskiej, niemieckiej i polskiej. Natomiast zagrożenia dla zasobów wodnych oraz stanu ich czystości wiązały się przede wszystkim z brakiem optymalnych systemów oczyszczania ścieków w większości schronisk górskich i w innych zamieszkałych obiektach. W całym obszarze Parku i w jego otulinie nie funkcjonował sprawny system kontroli stanów i przepływów nienaruszalnych z punktu widzenia zarówno życia biologicznego ekosystemów wodnych, jak i ekosystemów roślinnych. Zwrócono również uwagę na nieskoordynowaną i przestarzałą gospodarkę zasobami wodnymi, szczególnie w odniesieniu do komunalnych ujęć wody pitnej i użytkowej. Za poważne zagrożenie dla wód uznano również zmiany składu chemicznego powodowane przez substancje chemiczne pochodzące z przemysłowych zanieczyszczeń powietrza (Ryc. 24).

Na zagrożenia lądowych ekosystemów nieleśnych składały się przede wszystkim zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego, wywołujące w dalszej kolejności zakwaszenie i eutrofizację wielu siedlisk, jak również skażenia gleb. Dużą uwagę zwrócono również na anomalie klimatyczne, np. ocieplanie się klimatu i spadek ilości opadów atmosferycznych. Źródła i przyczyny tych zagrożeń zlokalizowane były poza granicami Parku, jednak ich wpływ na przyrodę Parku był duży, zwłaszcza w stosunkowo długim okresie oddziaływania. Drugą grupę zagrożeń stanowiły specyficzne czynniki, związane bezpośrednio z udostępnianiem terenów Parku, a ich główne źródła i przyczyny zlokalizowane były w granicach Parku lub w jego bezpośrednim sąsiedztwie. Za najbardziej uciążliwe dla ekosystemów nieleśnych uznano: nadmierną presję turystyczną oraz brak odpowiednio przygotowanej i właściwie utrzymywanej infrastruktury turystycznej dostosowanej do natężenia ruchu turystycznego w Parku (Ryc. 25), użytkowanie części terenów przez narciarstwo zjazdowe, a zwłaszcza jego nadmierną ekspansję na tereny objęte ochroną ścisłą, skażenie atmosfery dymami, pyłami i gazami, eutrofizacja siedlisk i nadmierny rozwój zbiorowisk i roślin synantropijnych wokół schronisk i innych budynków, zmiany stosunków wodnych wielu siedlisk powodowane suszą, nadmiernym poborem wód do celów pitnych oraz drenaż terenu powodowany zrywką drewna.

Lasy Parku i otuliny narażone były na stałe niekorzystne oddziaływanie kompleksu czynników abiotycznych, biotycznych i antropogenicznych. Były wśród nich czynniki, ktorych negatywny wpływ można ograniczyć po-



Ryc. 25. Turystyka masowa na szlaku czerwonym na Śnieżkę (fot. R. Knapik)

przez zabiegi ochronne oraz czynniki, których negatywny wpływ jest niezależny od sposobu postępowania w lasach Parku i otuliny. Do pierwszej grupy można zaliczyć między innymi konsekwencje niewłaściwej gospodarki leśnej w przeszłości, polegające na uproszczeniu budowy i składu gatunkowego, zwłaszcza lasów dolnoreglowych, zagrożenie powodowane przez owady i grzyby patogeniczne, szkody powodowane przez ssaki roślinożerne, a także wywoływane przez masowy ruch turystyczny (Ryc. 26 i 27). W tej grupie mieszczą się także stale obecne w górach niekorzystne czynniki abiotyczne – wiatr, nadmierne opady itp. Drugą grupę czynników stanowiły przede wszystkim zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego, skażenie gleb, anomalie klimatyczne, w tym tendencje do ocieplania klimatu.

Zidentyfikowano również wiele czynników, które w sposób bezpośredni lub pośredni zagrażały karkonoskiej faunie. Za najważniejsze uznano zamieranie drzew w ekosystemach leśnych Karkonoszy oraz antropogeniczne przekształcenia w zbiorowiskach nieleśnych. Zjawiska te stały się przyczyną ustępowania wielu gatunków zwierząt z terenu Karkonoszy. Najbardziej jaskrawym przykładem degradacji zoocenoz było wypieranie gatunków stenotopowych poprzez silną ekspansję gatunków eurytopowych. Zjawiskom tym towarzyszyło przegęszczenie populacji niektórych zwierząt, szczególnie kambio- i ksylofagów, które masowo pojawiały się w osłabionych ekosystemach leśnych. Głównym gatunkiem z tej grupy był i nadal jest kornik drukarz. Wobec zupełnego braku w Karkonoszach większych drapieżników wyraźny wzrost liczebności populacji wykazywały także jeleniowate, które były powodem szkód w uprawach i młodnikach (Ryc. 28).

Najnowsze opracowanie zagrożeń dla przyrody zawiera aktualny projekt planu ochrony dla Karkonoskiego Parku Narodowego (Raj i in. 2013). Podział zagrożeń przyjęto zgodnie z obowiązującymi wytycznymi wynikającymi z ustawy z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody oraz rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 12 maja 2005 r. w sprawie sporządzania projektu planu ochrony dla parku narodowego, rezerwatu przyrody i parku krajobrazowego, dokonywania zmian w tym planie oraz ochrony zasobów, tworów i składników przyrody. W związku z faktem, iż teren Parku pokrywa się w swoich granicach z obszarami Natura 2000 PLB020007 Karkonosze i PLH020006 Karkonosze, Karkonosze, zagrożenia te należało również przypisać dla przedmiotów ochrony chronionych w ramach ww. obszarów Natura 2000 zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 30 marca 2010 r. w sprawie sporządzania projektu planu ochrony dla obszaru Natura 2000.



Ryc. 26. Trocinki – dowód na obecność korników (fot. R. Knapik)



Ryc. 27. Spałowany – czyli ogryziony z kory przez jeleniowate – świerk (fot. A. Raj)



Ryc. 28. Chmara byków jelenia europejskiego Cervus elaphus (fot. R. Rąpała)

Przyjęto zatem podział zagrożeń na wewnętrzne i zewnętrze, dzieląc je jednocześnie w ramach tych grup na istniejące i potencjalne. Do zagrożeń wewnętrznych istniejących zaliczono: erozję gleb, podatność drzewostanów Parku na uszkodzenia od czynników abiotycznych i biotycznych na skutek zniekształcenia struktury gatunkowej i przestrzennej drzewostanów, presję zwierzyny płowej na ekosystemy leśne, zanik rzadkich oraz zagrożonych gatunków zwierząt oraz ubytek ich naturalnych ostoi, zachwianie równowagi stanu populacji zwierząt, w tym przegęszczenie populacji gatunków, presję lisa i jenota oraz zdziczałych psów i kotów na naturalne gatunki zwierząt, wymieranie gatunków, zmniejszanie liczebności rzadkich i zagrożonych gatunków, zanikanie zbiorowisk roślinnych, lokalne i okresowe przekroczenia dopuszczalnych ilości osób mogących przebywać na danym odcinku szlaku turystycznego, rozbudowa infrastruktury obsługującej ruch turystyczny, okresowe wysychanie potoków na skutek poboru wód z terenu Parku oraz sukcesję wtórną w ekosystemach łąkowych i murawowych. Za poważne zagrożenie uznano również zbyt małą powierzchnię Parku i sztucznie wytyczone granice oraz niedostateczny zakres poznania zasobów, tworów i składników przyrody, zasobów kulturowych oraz procesów ekologicznych. Do najważniejszych zagrożeń wewnętrznych potencjalnych zaliczono: zanieczyszczenia powietrza, wód i gleb, naruszenie przepływów wód w potokach i ekosystemach Parku, presję rozbudowy infrastruktury technicznej obsługującej ruch turystyczny, rekreacyjny i sportowy oraz zmiana funkcji istniejących obiektów związanych z obsługą ruchu turystycznego (schroniska) na obiekty o charakterze gastronomiczno-hotelowym. Zagrożenia zewnętrzne istniejące, mające swoje źródła poza granicami Parku, to: nadmierny ruch turystyczny generowany w miejscowościach otaczających Park, tworzenie barier w migracji zwierząt pomiędzy Parkiem i otoczeniem poprzez budowę dróg, zabudowę mieszkaniową oraz infrastrukturalną, fragmentacja oraz uszkadzanie siedlisk przyrodniczych oraz siedlisk roślin i zwierząt w wyniku penetracji przez osoby przebywające lub mieszkające w bezpośrednim sąsiedztwie Parku, zaśmiecanie i hałas generowany w bezpośrednim otoczeniu Parku, niszczenie roślin i grzybów, nielegalna penetracja, synantropizacja roślinności oraz zmiana stosunków wodnych, melioracje i osuszanie terenów przyległych do Parku. Uwagę należy zwrócić również na potencjalne zagrożenia zewnętrzne, które co prawda jeszcze nie oddziałują radykalnie na przyrodę Parku, ale w świetle posiadanej wiedzy stanowią poważne zagrożenie. Są to przede wszystkim: możliwość przenikania gatunków obcych i niepożądanych, w tym inwazyjnych na teren Parku, utrata walorów krajobrazowych wokół Parku oraz generowane poza granicami Parku zanieczyszczenia powietrza, wód i gleb. W związku z bardzo sztucznymi granicami Parku, nie obejmującymi całych Karkonoszy, oraz brakiem strefy ochrony zwierzyny łownej zagrożeniem może być gospodarka łowicka prowadzona w otulinie Parku, prowadząca głównie do przegęszczenia populacji jeleniowatych.

Przedstawiony powyżej opis aktualnie zidentyfikowanych zagrożeń dla przyrody Parku, pomimo odmiennego układu, w zdecydowanej części jest zbieżny z zagrożeniami, które zostały opisane w pierwszym planie ochrony z 1996 r. Zmieniło się znaczenie niektórych zagrożeń, jednak ich rodzaj i pochodzenie są niezmienne mimo upływających lat. Najwięcej na znaczeniu z pewnością straciło zagrożenie ze strony zanieczyszczeń przemysłowych, dzięki wprowadzeniu nowych regulacji prawnych w zakresie ochrony środowiska oraz modernizacji przemysłu energetycznego. Natomiast ciągle wzrasta zagrożenie ze strony rozwoju turystyki oraz zabudowy otoczenia Parku. Zjawiskom tym towarzyszy zarówno coraz większa rzesza turystów odwiedzających Park, jak i presja lokalnych samorządów na rozbudowę infrastruktury turystycznej oraz sportowej na terenie Parku. Nie bez znaczenia jest również zwiększone zapotrzebowanie na wodę pitną pozyskiwaną z ujęć wodnych zlokalizowanych na terenie Parku lub w jego otulinie. Spośród wymienionych wyżej zagrożeń w całym okresie istnienia Karkonoskiego Parku Narodowego największe szkody spowodowały następujące czynniki: silne wiatry o charakterze fenowym, powierzchniowe zamieranie lasów spowodowane zanieczyszczeniami atmosfery, dynamicznie rozwijający się ruch turystyczny oraz rozbudowa infrastruktury turystycznej i sportowej, a także – szczególnie w ostatnich latach – katastrofalne opady atmosferyczne. Największy huragan nawiedził obszar Karkonoskiego Parku Narodowego w listopadzie 1966 roku i poczynił wielohektarowe zniszczenia w drzewostanach Parku. W ramach usuwania skutków tego huraganu z terenu Parku pozyskano i wywieziono około 50 tys. m^3 drewna. W kolejnych latach teren Parku nawiedzany był przez cyklicznie pojawiające się huragany, z których na uwagę zasługują: huragan z 24 grudnia 1990 roku (10,5 tys. m^3 drewna) oraz huragan wiejący na przełomie lat 1994/1995 (14,5 tys. m^3 drewna). Głównym celem pozyskania i wywozu drewna powalonego przez wiatry było niedopuszczenie do nadmiernego rozwoju kornika drukarza i korników jemu towarzyszących oraz ochrona pozostałych drzewostanów przez zasiedleniem przez te owady (Raj & Dobrowolska 2009). Lata 70. i 80. ubiegłego wieku to okres największego nasilenia katastrofal-

nego zjawiska, określanego mianem klęski ekologicznej. Na dużych obszarach w Sudetach, a zwłaszcza w Górach Izerskich i Karkonoszach, doszło do masowego zamierania drzewostanów. Klęskę spowodowało kilka działających synergistycznie czynników. Do najważniejszych z nich należy zaliczyć: znaczne przekształcenie lasów przez gospodarkę leśną, zanieczyszczenia przemysłowe, panujące susze oraz gradacje owadów mające miejsce w Sudetach Zachodnich w latach 1977–1995. Proces ten określono mianem choroby spiralnej (IBL 1991). Najbardziej charakterystyczną cechą choroby spiralnej jest jedność miejsca i czasu oddziaływania trzech grup czynników szkodotwórczych, niezmiennie biorących udział w zamieraniu lasu: predyspozycyjnych (niezgodny z siedliskiem skład gatunkowy drzewostanów, pochodzenie i potencjał genetyczny, żyzność gleby, wiek drzewostanów, imisje przemysłowe), inicjujących (susza, przemarzanie, wiatr, defoliacja, imisje przemysłowe) i współuczestniczących (owady, grzyby, bakterie, imisje przemysłowe). Szczególną rolę w modelu choroby spiralnej odgrywają imisje przemysłowe, gdyż czynnik ten pojawia się zarówno jako predyspozycyjny, inicjujący, jak i współuczestniczący w procesie chorobowym. Znaczną powierzchnię drzewostanów Parku stanowiły wówczas antropogeniczne monokultury świerkowe, wyhodowane z nasion o innym niż rodzime drzewa ekotypie i zarazem odporności na surowe warunki klimatyczne Karkonoszy. Przez cały czas istnienia Parku z obszaru przemysłowego wydobycia węgla brunatnego i jego spalania w elektrowniach, w rejonie styku granic: polskiej, czeskiej i niemieckiej, napływały wraz z masami powietrza zanieczyszczenia przemysłowe, między innymi dwutlenek siarki. Tworzące się w związku z tym kwaśne deszcze uszkadzały aparat asymilacyjny drzew, zmieniały kwasowość gleby i zabijały mikroflorę, współżyjącą z drzewami. Masowe pojawienie się na przełomie lat 70. i 80. ubiegłego stulecia wskaźnicy modrzewianeczki – owada atakującego osłabione drzewa świerkowe – dodatkowo przyczyniło się do zamierania drzewostanów. Ostatecznym ogniwem w procesie zamierania było masowe pojawienie się kornika drukarza i korników jemu towarzyszących, które wykorzystując w owym czasie sprzyjające warunki pogodowe (wysoka temperatura i brak opadów) doprowadziły do śmierci osłabione drzewa. W latach 70. i 80. XX wieku w lasach Karkonoskiego Parku Narodowego całkowicie obumarły drzewostany na powierzchni niemal 600 ha, a 1460 ha, głównie górnoreglowych borów świerkowych zostało skrajnie zagrożonych (Raj 1992, 1995). Ważnym czynnikiem, który bardzo istotnie wpływa zarówno na środowisko przyrodnicze Karkonoszy, jak i na infrastrukturę turystyczną, zwłaszcza w ostatnich latach, są katastrofalne opady atmosferyczne. Największe opady w okresie istnienia Parku miały miejsce w lipcu 1997 roku. W ich wyniku uszkodzonych zostało wiele dróg wewnętrznych Parku, szlaków turystycznych, a także fragmenty młodych lasów. Zmieniające się obecnie warunki klimatyczne na naszej planecie powodują coraz częstsze przypadki powstawania krótkotrwałych, lecz intensywnych opadów atmosferycznych, których skutki odczuwalne są przede wszystkim w infrastrukturze turystycznej. Intensywne opady deszczu powtarzają się niemal każdego roku, natomiast najtragiczniejsze w skutkach miały miejsce w latach 2001, 2006, 2008 oraz 2009 (Raj & Dobrowolska 2009). (Ryc. 29). Silna presja ruchu turystycznego i rozbudowy infrastruktury turystycznej stanowiła duży problem od początku istnienia Parku i powodowała trudności w wyegzekwowaniu przepisów ochrony przyrody. W okresie po utworzeniu parku ruch turystyczny szacowano na 75–100 tys. osób rocznie. W latach 1978–1980 ruch turystyczny osiągnął 3–3,5 mln turystów rocznie, przy wyliczonej wówczas pojemności turystycznej parku, szacowanej na około 600 tys. osób w sezonie letnim i 150 tys. osób w sezonie zimowym. Obecnie ocenia się, że Park odwiedza około 2 mln turystów rocznie. W okresie pierwszych 25 lat istnienia parku większość istniejących na jego terenie szlaków została znacznie poszerzona przez wydeptanie. Z funkcjonujących obecnie w Karkonoskim Parku Narodowym 10 schronisk turystycznych – 7 znajduje się w strefie ochrony ścisłej lub bezpośrednio z nią graniczy. Obiekty te przez długie lata nie spełniały wymogów odnośnie gospodarki wodno-ściekowej i sanitarnej. Wieloletni dowóz do schronisk opału, materiałów budowlanych, towarów, nieprawidłowa gospodarka odpadami (m.in. żużlem i popiołem), a także umacnianie dróg i szlaków kruszywami o odczynie zasadowym spowodowały pojawienie się na terenie Parku ponad 200 gatunków roślin synantropijnych i nieodwracalne zmiany w naturalnej szacie roślinnej na dużych powierzchniach (Rostański 1977). Wieloletnie negocjacje z władzami samorządowymi oraz aktualne wymogi ochrony przyrody doprowadziły do konsensusu, iż nie będą tworzone nowe ośrodki turystyczne i sportowe na terenie Parku, a jedynie modernizowane już istniejące w zakresie nie wpływającym negatywnie na przyrodę Parku (Ryc. 30).



Ryc. 29. Szlak turystyczny zniszczony podczas intensywnych opadów (fot. A. Raj)



Ryc. 30. Zniszczenia wokół szlaku turystycznego spowodowane intensywnym ruchem turystycznym (fot. A. Raj)

Najważniejsze zadania zrealizowane na terenie Parku w zakresie ochrony przyrody

Klęska ekologiczna, mająca miejsce w Karkonoszach w latach 70. i 80. ubiegłego wieku, którą opisano wyżej, największe szkody spowodowała w drzewostanach regla górnego. Rozmiar szkód był tak rozległy, iż należało podjąć szereg działań, które w konsekwencji miały doprowadzić do regeneracji zniszczonych drzewostanów w drodze odnowienia naturalnego, a tam gdzie to nie jest możliwe poprzez odnowienia sztuczne. Ważnym zagadnieniem, które próbowano rozwiązać na samym początku było poznanie przyczyn powstawania uszkodzeń oraz próba określenia niezbędnych zadań ratowniczych. Bardzo przydatne w tym zakresie okazały się badania DANIELEWICZA i ZIENTARSKIEGO (1993, 1995a,b), którzy dokonali charakterystyki wybranych cech górnoreglowego boru świerkowego z zamierającym drzewostanem na stałych powierzchniach monitoringowych oraz określili tendencje dynamiczne górnoreglowych borów świerkowych w Karkonoskim Parku Narodowym. Wyniki tych prac były bardzo pomocne do określenia przyszłej strategii regeneracji zniszczonych drzewostanów. Okazało się bowiem, że mimo znacznych zniszczeń drzewostanu macierzystego można było oczekiwać na odnowienia naturalne, które dają największą gwarancję stabilności ekosystemu leśnego oraz zapewniają wysoką różnorodność biologiczną (Ryc. 31). Potwierdziły to późniejsze badania DANIELEWICZA i ZIENTARSKIEGO (2007) dotyczące tempa regeneracji fitocenozy wysokogórskiego boru świerkowego po klęsce ekologicznej. Ewentualne odnowienia sztuczne należało wykonywać wyłącznie w tych drzewostanach, gdzie 100% drzew uległo całkowitemu zamarciu, przy zachowaniu zasady, że nasiona do produkcji sadzonek pochodzić będą z drzewostanów naturalnych regla górnego. Zasady zagospodarowania lasu w Karkonoskim Parku Narodowym zostały szczegółowo opisane w pierwszym planie ochrony Parku (KORZEŃ i in. 1996), a bardziej generalnie w odniesieniu do polskiej części rezerwatu biosfery Karkonosze/Krkonoše przez CEITLA i in. (1998). Zagadnieniem ochrony różnorodności biologicznej w górnoreglowych borach świerkowych Karkonoszy zajmowali się miedzy innymi: KOSIŃSKI (1995), ŁONKIEWICZ (1995) oraz ZIENTARSKI i in. (1998). Ważnym zagadnieniem, nad którym pracowano od samego początku procesu regeneracji zniszczonych drzewostanów było wypracowanie zasad prowadzenia odnowień sztucznych na terenach wylesionych. Obowiązujące wówczas w Lasach Państwowych Zasady Hodowli Lasu przewidywały wysadzanie ilości 4,5 tys. szt. na 1 ha powierzchni w regularnej więźbie 1,5 × 1,5 m. W warunkach wysokogórskich Karkonoszy okazało się to niemożliwe, a nawet niewskazane. Obserwacje własne pracowników Parku oraz konsultacje naukowe dowiodły, że odnowienia sztuczne należy wykonywać wyłącznie w miejscach wypukłych form terenu, na wykrotach, starych karpach, w miejscach zamarłych drzew w formie biogrup po kilka do kilkunastu sadzonek. Ilość wysadzanych w ten sposób sadzonek na powierzchni 1 ha nie przekraczała 2,5 tys. szt. Zasadność tak zaprojektowanych odnowień została potwierdzona późniejszymi badaniami naukowymi wykonanymi przez CEITLA i in. (2007, 2008) (Ryc. 32). Zagadnieniem zdrowotności oraz stanu sanitarnego w drzewostanach regla górnego w warunkach klęski ekologicznej zajmowało się wielu praktyków oraz pracowników naukowych. Jednym z najważniejszych problemów, który należało rozwiązać na samym początku, był stopień ingerencji w zakresie usuwania drzew zasiedlanych przez owady oraz odpowiedź na pytanie, czy usuwać posusz czynny. Prace w tym zakresie polegały przede wszystkim na wydzieleniu trzech stref w obrębie regla górnego, gdzie zastosowano różne sposoby postępowania ochronnego. W drzewostanach, które uznano za naturalne oraz w tych, gdzie oceniono, że szanse naturalnego odnowienia są duże – podobnie jak w drzewostanach objętych ochroną ścisłą – zaniechano jakichkolwiek działań ochronnych koncentrując się jedynie na monitorowaniu zachodzących procesów. Drzewostany te uznano również za bardzo ważny rezerwuar bazy nasion, które były niezbędne do produkcji odpowiedniej jakości sadzonek. Drugą grupę drzewostanów stanowiły te, które co prawda były naturalnego pochodzenia, ale skala ich zniszczeń była tak olbrzymia, iż nie dawała możliwości pojawienia się odnowienia naturalnego. Trzecią grupę drzewostanów, stanowiły drzewostany sztucznego pochodzenia, które były uszkadzane zarówno przez zanieczyszczenia powietrza, jak też przez wiatry i owady. Generalną zasadą, jaką przyjęto dla obszaru regla górnego było pozostawianie w lesie wszystkich drzew martwych oraz leżaniny. Zabiegi ochronne, polegające na usuwaniu skutków działań wiatrów oraz owadów, prowadzono wyłącznie na obszarach trzeciej grupy drzewostanów. Obserwacje nad fenologią i frekwencją kornika drukarza i gatunków jemu towarzyszących w reglu górnym przeprowadzone przez MAZURA i in. (2003) potwierdziły, iż w trudnych warunkach klimatycznych regla górnego zagrożenie ze strony tych owadów jest znacznie mniejsze niż w reglu dolnym i nie wymaga wykonywania tak intensywnych zabiegów ochronnych, jak w reglu dolnym. Potwierdza to



Ryc. 31. Odnowienia naturalne w reglu górnym (fot. A. Raj)



Ryc. 32. Odnowienia sztuczne w reglu górnym (fot. A. Raj)

również analiza stanu zdrowotnego drzewostanów w strefie górnej granicy lasu wykonana przez RAJA i in. (2006). Proces odnowienia górnoreglowych borów świerkowych został całkowicie zakończony, co potwierdzają wyniki przeprowadzonego monitoringu ekosystemów leśnych na stałych powierzchniach kołowych w latach 2001, 2007 i 2012 (RAJ & DOBROWOLSKI 2013) oraz praca RAJA i in. (2008), przedstawiająca analizę regeneracji lasu na powierzchniach monitoringowych w reglu górnym. Obecnie w strefie regla górnego wprowadza się jedynie rzadkie gatunki drzew, krzewów i roślin zielnych w ramach restytucji gatunków rzadkich bądź zagrożonych. Zakres wykonanych prac odnowieniowych w reglu górnym Karkonoskiego Parku Narodowego zawiera opracowanie KUSIA (2008), który oprócz zakresu odnowień sztucznych podaje także wyniki zabiegu polegającego na odnowieniu drzewostanów w strefie górnej granicy lasu poprzez ukorzenianie żywych gałęzi bocznych, a także wyniki prac w zakresie ograniczania populacji szkodliwych owadów.

W reglu dolnym kontynuowany jest już od niemal 20 lat program przebudowy gatunkowej i strukturalnej monokultur świerkowych. Prace w zakresie przebudowy gatunkowej monokultur świerkowych prowadzone są z różnym nasileniem oraz w zróżnicowanej postaci w zależności od rodzaju i wieku drzewostanu macierzystego. W starszych drzewostanach świerkowych regla dolnego (V klasa wieku i wyżej) do zakładania odnowień wybierane są przede wszystkim naturalne luki i przerzedzenia drzewostanów spowodowane działaniem wiatrów oraz owadów. Na początku lat 90. ubiegłego wieku zakładano większe powierzchnie odnowień (około 1 ha) ogrodzone siatką, na których wysadzano około 6 tys. sadzonek buka na 1 ha w regularnej więźbie. W drzewostanach świerkowych młodszych klas wieku (III i IV) w miejscach, w których drzewostan charakteryzował się złym stanem sanitarnym wykonywano tzw. „cięcia na rzecz odnowienia" celem rozluźnienia więźby drzewostanu i uporządkowania powierzchni. Ilość sadzonek oraz sposób ich wysadzania był podobny jak w przypadku opisanym wyżej. Grodzenie siatką miało na celu ochronę przed uszkodzeniami sadzonek przez zwierzynę, szczególnie jelenia i sarnę, których populacje były mocno przegęszczone w Karkonoszach. Od samego początku procesu przebudowy drzewostanów duży nacisk postawiono na odnowienia naturalne. Przede wszystkim zidentyfikowano wszystkie te drzewostany świerkowe, w których występowała jakakolwiek domieszka buka. W drzewostanach tych zaprojektowano cięcia na rzecz odnowienia, rozluźniając znacznie więźbę świerka i inicjując odnowienie naturalne. Powierzchnie te również były grodzone przed zwierzyną. W kolejnych latach prace z zakresu przebudowy drzewostanów były prowadzone w podobny sposób, z tą tylko różnicą, że znacznie zmniejszono powierzchnię poszczególnych odnowień, maksymalnie do 0,25 ha. W końcu lat 90. ubiegłego wieku opracowano także nowy sposób odnowień, eliminujący drogie w kosztach, trudne w utrzymaniu oraz tworzące bariery migracyjne ogrodzenia z siatki. W tym celu wykorzystano przede wszystkim przedplony gatunków pionierskich, takich jak jarzębina, brzoza, a przede wszystkim modrzew. Sadzonki buka wysadzano pod osłoną gatunków pionierskich w biogrupach po kilka sztuk. Wzrost buka w towarzystwie ww. gatunków odbywał się bez zakłóceń, a ponadto były one chronione przed zgryzaniem przez zwierzynę. W drzewostanach, w których nie było przedplonu gatunków pionierskich zaplanowano wysadzanie buka w biogrupach w ilości 300–350 szt./ ha. W każdej biogrupie wysadzano od 20 do 25 sadzonek w więźbie 20 × 20 cm. Ten sposób również okazał się bardzo skuteczny i znacznie tańszy, gdyż nie wymagał drogich ogrodzeń, a uszkodzenia od zwierzyny były niewielkie. Skuteczność przebudowy drzewostanów świerkowych wyżej opisanymi metodami opisali CETEL i in. (2010a,b), natomiast zakres prac z zakresu przebudowy drzewostanów przedstawił KUŚ (2008). O ile w składzie gatunkowym drzewostanów regla dolnego jeszcze 20 lat temu świerk stanowił ponad 80%, to obecnie w młodym pokoleniu jego udział spadł do zaledwie 25%. Natomiast udział buka wzrósł z około 10% do ponad 40%. Dynamikę zmian lasów regla dolnego objętych przebudową opisali CEGIEŁKA i in. (2008). Przebudowa składu gatunkowego sztucznych monokultur świerkowych jest procesem obejmującym całe spektrum działań, które wpływają na unaturalnianie siedlisk wcześniej przekształconych w wyniku gospodarki leśnej (Ryc. 33 i 34). Wraz ze zmianą składu gatunkowego drzewostanów powracają do niego właściwe gatunki roślin i zwierząt związane swoim behawiorem z buczynami. Do najciekawszych gatunków, które już teraz pojawiły się w tych siedliskach należy zaliczyć popielicę i orzesznicę – chronione gatunki ssaków.

Jodła pospolita, która niegdyś występowała licznie w lasach karkonoskich, już w chwili utworzenia Parku była w stanie zaniku. Ze względu na krytyczny spadek liczebności tego gatunku zarówno na terenie Parku jak również na obszarze całych Sudetów Zachodnich w 1998 r., w Karkonoskim Parku Narodowym rozpoczęto program restytucji tego gatunku. Program ten obejmuje m.in.: gromadzenie rodzimego materiału do rozmnażania w postaci nasion i pędów do szczepień, tworzenie archiwum genetycznego jodły pospolitej *in situ*, hodowanie sadzonek i zakładanie upraw z udziałem jodły pospolitej, zbiór nasion oraz opracowanie techno-



Ryc. 33. Sztuczne odnowienia buka w reglu dolnym (fot. A. Raj)



Ryc. 34. Naturalne odnowienia buka w reglu dolnym (fot. A. Raj)



Ryc. 35. Grupowe nasadzenia jodły (fot. A. Raj)

logii ich przechowywania i przysposobienia do wysiewu, inwentaryzację porostów epifitycznych występujących na jodle pospolitej oraz określenie rodzajów i stanu zdrowotnego mikoryz występujących na jodłach z odnowienia naturalnego i sztucznego. Przed przystąpieniem do reintrodukcji udział tego gatunku w drzewostanach regla dolnego Parku nie przekraczał 0,001% w składzie gatunkowym. W latach 90. ubiegłego wieku zinwentaryzowano tylko 840 drzew. Obecnie udział tego gatunku na siedlisku ubogiej buczyny sudeckiej oraz borów jodłowo-świerkowych w reglu dolnym przekracza 3% (Ryc. 35). Obecna liczebność jodły pospolitej w lasach Parku wynosi około 0,5 mln szt. Założenia restytucji jodły pospolitej w Karkonoskim Parku Narodowym opracowali BARZDAJN & RAJ (2002a), a szczegółowy opis wykonanych prac oraz efekty restytucji tego gatunku zawiera praca zbiorowa pod red. BARZDAJNA i RAJA (2008) pt. „Jodła pospolita w Karkonoskim Parku Narodowym". Od wielu lat prowadzony jest również program restytucji innych rzadkich gatunków drzew, krzewów, jak np.: sosna pospolita – ekotyp naskalny, jawor, wiąz górski, czereśnia ptasia, wierzba lapońska, wierzba zielna, czeremcha skalna, jałowiec halny, malina moroszka. Strategię czynnej ochrony i restytucji gatunków drzewiastych w Karkonoskim Parku Narodowym opracowali i wdrożyli BARZDAJN & RAJ (2002b). We współpracy z wrocławskim Ogrodem Botanicznym podjęto działania mające na celu zachowanie puli genowej i restytucję ginących gatunków roślin zielnych: skalnicy śnieżnej, rzeżuchy rezedolistnej i rozrzutki alpejskiej. W tym celu utworzono w Jeleniej Górze – Jagniątkowie specjalny obiekt o nazwie Karkonoskim Banku Genów. Obecnie hodowane są tam między innymi: biedrzeniec mniejszy skalny *Pimpinella saxifraga* subsp. *rupestris*, czosnek siatkowaty *Allium victorialis*, czosnek syberyjski *Allium sibiricum*, rosiczka okrągłolistna *Drosera rotundifolia*, dzwonek karkonoski *Campanula bohemica*, gęsiówka alpejska *Arabis alpina*, gnidosz sudecki *Pedicularis sudetica*, goryczuszka szwedzka *Gentianella campestris subsp. suecica*, kuklik górski *Geum montanum*, malina moroszka *Rubus chamaemorus*, przetacznik alpejski *Veronica alpina*, przytulia sudecka *Galium sudeticum*, różeniec górski *Rhodiola rosea*, rzeżucha gorzka Opiza *Cardamine amara* subsp. *opizii*, rzeżucha rezedolistna *Cardamine resedifolia*, szarota drobna *Gnaphalium supinum*, skalnica darniowa bazaltowa *Saxifraga moschata* subsp. *basaltica*, skalnica mchowata *Saxifraga bryoides*, skalnica naprzeciwlistna *Saxifraga oppositifolia*, skalnica śnieżna *Saxifraga nivalis* (Ryc. 37), świetlik maleńki *Euphrasia minima*, turzyca patagońska *Carex magellanica*, wełnianeczka alpejska *Baeotryon alpinum*, żebrowiec górski *Pleurospermum austriacum*, rozrzutka alpejska *Woodsia alpina* (Ryc. 36), zmienka górska *Cryptogramma crispa*, bażyna obupłciowa *Empetrum hermaphroditum*, borówka bagienna *Vaccinium uliginosum*, modrzewnica zwyczajna *Andromeda polifolia*, wierzba zielna *Salix*



Ryc. 36. Rozrzutka alpejska Woodsia alpina hodowana w Karkonoskim Banku Genów (fot. R. Rąpała)



Ryc. 37. Skalnica śnieżna Saxifraga nivalis (fot. R. Rąpała)



Ryc. 38. Pozytywne efekty stosowania zabudowy przeciwerozyjnej na dawnych szlakach zrywkowych (fot. R. Błaszczyk)

herbaceae, żurawina błotna *Oxycoccus palustris*, żurawina drobnolistkowa *Oxycoccus micropcarpus*, czeremcha skalna *Padus petrea*, jałowiec pospolity halny *Juniperus communis* subsp. *alpina*, kalina koralowa *Viburnum opulus*, porzeczka skalna *Ribes petraeum*, wawrzynek wilczełyko *Daphne mezereum*, wierzba lapońska *Salix lapponum* , jodła pospolita *Abies alba*, buk zwyczajny *Fagus silvatica*, klon jawor *Acer psedoplatanus*, czereśnia ptasia *Prunus avium*, wiąz górski *Ulmus glabra*, wierzba śląska *Salix silesiaca*, jarząb pospolity *Sorbus aucuparia*, brzoza omszona karpacka *Betula pubescens* subsp. *carpatica* czy sosna zwyczajna *Pinus silvestris*. Celem hodowli roślin w Karkonoskim Banku Genów jest: odtworzenie i zachowanie różnorodności biologicznej gatunków flory Karkonoszy na poziomie gatunkowym, zachowanie zasobów genowych gatunków roślin stanowiących o odrębności geobotanicznej Karkonoszy, w szczególności endemitów oraz reliktów polodowcowych oraz utrzymanie rodzimych ekotypów roślin jako bazy dla renaturyzacji zniekształconych siedlisk. Efektem ekologicznym hodowanych gatunków flory jest: zabezpieczenie zasobów genowych najcenniejszych gatunków, zwiększenie liczebności gatunków rzadkich i zagrożonych oraz unikatowych populacji lokalnych, odbudowa populacji gatunków skrajnie zagrożonych oraz zwiększenie ich areału, przygotowanie materiału sadzeniowego dla odtworzenia różnorodności biologicznej zniekształconych siedlisk, zabezpieczanie przed degradacją i zanikaniem gatunków o dużej randze ekologicznej i prawnej (gatunki stanowiące przedmiot ochrony w ramach obszarów Natura 2000, gatunki prawnie chronione, endemity, relikty polodowcowe, gatunki o wysokiej randze regionalnej). Wyniki rozmnażania w warunkach *in vitro* i zachowanie zasobów genowych rzeżuchy rezedolistnej *Cardamine resedifolia* z Karkonoskiego Parku Narodowego opisała KROMER i in. (2007).

Kolejną ważną grupą zabiegów ochronnych wykonywanych w Karkonoskim Parku Narodowym jest poprawa warunków siedliskowych dla rzadkich i zagrożonych gatunków zwierząt. Przede wszystkim wykonywane są zabiegi, których celem jest kształtowanie właściwej struktury przestrzennej w młodnikach i młodych drzewostanach świerkowych dla cietrzewia. Na terenach, w których bytuje cietrzew, w powstałych w minionych latach młodnikach świerkowych, zarówno pochodzących z odnowienia naturalnego jak i sztucznego, wykonywane są cięcia rozluźniające więźbę oraz kształtujące właściwy skład gatunkowy. Oprócz usuwania gatunków



Ryc. 39. Przykładowa zabudowa przeciwerozyjna zniszczonego szlaku turystycznego (fot. A. Raj)

obcych dla tego siedliska, zabieg polega również na przerzedzaniu zwarcia celem wykształcenia właściwej dla tego gatunku struktury przestrzennej drzewostanu. Ważną rolę w ekosystemach leśnych odgrywa odpowiednia ilość drewna martwego oraz leżaniny. Pozostawianie martwego drewna w ekosystemie wpływa korzystnie na tworzenie mikrosiedlisk dla wielu grup organizmów (porosty, mszaki, bezkręgowce). Wiele gatunków owadów, często chronionych, jak np. kozioróg bukowiec i pachnica dębowa, bezwzględnie wymagają do swojego rozwoju próchniejącego drewna. Wiele drzew martwych stojących stanowi też bazę dla dziuplaków, w szczególności dzięciołów, które w próchniejącym drewnie mogą budować dziuple i pozyskiwać niezbędny pokarm. Dzięki temu procesowi powrócił w Karkonosze, po wielu latach nieobecności, dzięcioł trójpalczasty. Olbrzymie efekty dla środowiska przyrodniczego Parku przynosi także zabudowa przeciwerozyjna rynien erozyjnych na terenach leśnych w celu zatrzymania wody w ekosystemach. Wiele rynien erozyjnych powstało jeszcze w okresie klęski ekologicznej, która miała miejsce w Karkonoszach i Górach Izerskich w latach 70. i 80. ubiegłego stulecia. Wiele też rynien powstało w trakcie katastrofalnych opadów atmosferycznych, mających miejsce w ostatnich latach. W celu zatrzymania wody w ekosystemach oraz powstrzymania dalszego procesu erozji, Park wykonuje zabudowę różnymi technikami, wykorzystując w tym celu wyłącznie materiał rodzimy, jak kamień, drewno, leżanina, gałęzie drzew itp. (Ryc. 38). Zatrzymanie wody w środowisku leśnym oraz powstrzymanie erozji wpływa korzystnie na całą biocenozę. Rezultaty wykonanych w tym zakresie prac oraz efekty ekologiczne opisał PARZÓCH (2008). Ważną grupę zabiegów ochronnych na terenie Parku stanowią zadania mające na celu minimalizowanie skutków intensywnego ruchu turystycznego. Zadania te polegają przede wszystkim na właściwej zabudowie i zabezpieczaniu szlaków turystycznych (Ryc. 39). Olbrzymi zakres prac w tym zakresie został wykonany w ramach czterech etapów projektu współfinansowanego przez Unię Europejską pt. „Ochrona najcenniejszych ekosystemów Karkonoskiego Parku Narodowego".

Wiele zabiegów ochronnych wykonywanych jest również w ekosystemach nieleśnych, w szczególności na pastwiskach i łąkach pochodzenia antropogenicznego znajdujących się w strefie lasów i objętych ochroną czynną. W celu utrzymania wysokiego stanu różnorodności biologicznej na tych obszarach oraz utrzymania

właściwego stanu siedlisk przyrodniczych dopuszcza się tam wypas, koszenie ze zbiorem biomasy, usuwanie nalotów drzew i krzewów oraz nawożenie organiczne. W ostatnich latach przywrócono kulturowy wypas owiec na niektórych łąkach i pastwiskach, gdyż jest to najlepszy sposób ochrony tego typu środowisk. W związku z powyższym, głównym zabiegiem, jaki jest obecnie wykonywany to wykaszanie ze zbiorem biomasy. Zabieg jest niezbędny do utrzymania zbiorowisk łąkowych w określonym stadium sukcesji i tym samym do utrzymania we właściwym stanie następujących siedlisk przyrodniczych Natura 2000: niżowe i górskie świeże łąki użytkowane ekstensywnie (*Arrhenatherion elatioris*) – kod 6510 oraz górskie łąki konietlicowe użytkowane ekstensywnie (*Polygono-Trisetion*) – kod 6520. W przypadku pojawiających się nalotów drzew i krzewów są one systematycznie usuwane i służą temu samemu celowi co koszenie. Zaniechanie wypasu bydła na łąkach i pastwiskach górskich, na których występują chronione siedliska Natura 2000 wymaga także nawożenia organicznego w celu poprawy żyzności tych siedlisk, a tym samym utrzymania na nich właściwego spektrum gatunków roślin, w tym gatunków chronionych, jak np.: storczyki, arnika górska, krokus wiosenny i wiele innych (Żołnierz i in. 2000) (Ryc. 40). Od kilku lat podejmowane są próby poprawy warunków siedliskowych na wybranych halach górskich pochodzenia antropogenicznego, w szczególności na Hali Szrenickiej oraz na Hali pod Łabskim Szczytem. Zabiegi polegają na wykaszaniu szczawiu alpejskiego *Rumex alpinus* ze zbiorem biomasy oraz na usuwaniu owocostanów tego gatunku. Celem wykaszania jest zahamowanie nadmiernie rozrastającego się szczawiu na halach górskich w pobliżu schronisk turystycznych i tym samym wypieraniu ze stanowisk naturalnych gatunków ziołoroślowych, a w szczególności miłosny górskiej oraz modrzyka górskiego.

Dla zachowania zasobów genowych *ex situ* wielu gatunków rzadkich i chronionych występujących na terenie Parku utworzono kilka sztucznych mikrosiedlisk, w których te gatunki są przetrzymywane i rozmnażane.



Ryc. 40. Krokusowa Łąka w Jagniątkowie – efekt zabiegów ochronnych w postaci koszenia (fot. A. Raj)

Na terenie Karkonoskiego Banku Genów powstało sztuczne torfowisko o powierzchni 1,8 ara, gdzie hodowane są takie gatunki jak gnidosz sudecki *Pedicularis sudetica* czy turzyca patagońska *Carex magellanica* i wiele innych gatunków torfowiskowych. Dla gatunków kotłów polodowcowych, występujących na ścianach skalnych, utworzono z kolei alpinarium o powierzchni 2 arów. Odpowiednie dla siebie siedlisko znalazły tam m. in. szarota drobna *Gnaphalium supinum* oraz skalnice (m. in. skalnica śnieżna *Saxifraga nivalis* i skalnica bazaltowa *S. moschata* subsp. *basaltica*). Odpowiednie warunki dla wzrostu zagrożonych wyginięciem karkonoskich gatunków roślin stworzono także na terenie Ogrodu Ziół i Krzewów Karkonoskich w Karpaczu o powierzchni 0,3 ha, gdzie utrzymywanych jest ponad 100 gatunków roślin zielnych i krzewów charakterystycznych dla Karkonoszy. Na terenie Parku rozpoczęto również prace z zakresu reintrodukcji gatunków zwierząt, które ustąpiły z terenu Parku wiele lat temu. Planowanym gatunkiem do reintrodukcji był ryś, który został wytępiony w Karkonoszach ponad 200 lat temu. Szczęśliwie gatunek ten sam powrócił w Karkonosze, co jest z pewnością wynikiem poprawiającego się stanu środowiska przyrodniczego oraz ochrony znacznych obszarów Parku przed penetracją ludzi. Obecnie obserwuje się stałe bytowanie rysia zarówno w części zachodniej jak i wschodniej Parku, a duża populacja sarny i jelenia z pewnością gwarantuje dostępność odpowiedniej ilości karmy. Pierwszym gatunkiem, który zostaje przywracany w wyniku sztucznej hodowli na terenie Parku jest niepylak apollo. Motyl ten całkowicie wyginął w Karkonoszach w XIX wieku. Obecnie trwają prace mające na celu przywrócenie właściwego stanu siedlisk przyrodniczych dla tego gatunku poprzez hodowlę i wysadzenie w terenie rośliny żywicielskiej, tj. rozchodnika olbrzymiego. Roślina ta jest obecnie hodowana w Karkonoskim Banku Genów w Jeleniej Górze – Jagniątkowie w ilości 15000 szt. W Karkonoskim Banku Genów wybudowano również i wyposażono w niezbędne rośliny specjalny pawilon przystosowany do hodowli gąsienic niepylaka apollo. W ostatnich latach Park rozpoczął własną hodowlę motyli w Karkonoskim Banku Genów w Jagniątkowie. W roku 2018 wyhodowano ponad 500 motyli. (Ryc. 41).



Ryc. 41. Niepylak apollo Parnassius apollo (fot. R. Rąpała)

Działania podejmowane w celu niedopuszczenia do inwazji gatunków obcych

Na terenie Karkonoskiego Parku Narodowego presja gatunków inwazyjnych nie jest znaczna i występuje jedynie w kilku przypadkach na obrzeżach Parku oraz w jego otulinie. Znacznie więcej jest w Parku gatunków synantropijnych (ROSTAŃSKI 1977), których pojawienie wiąże się z wielowiekowym użytkowaniem terenu w celach pasterskich oraz turystycznych. Wiedza na temat występowania gatunków obcych na terenie Parku pochodzi zarówno ze stałych obserwacji prowadzonych przez Służby Parku, jak i z licznej literatury wydanej w tym zakresie. Synatropizacją roślinności wzdłuż szlaków turystycznych oraz wokół schronisk turystycznych na terenie Parku zajmowali się BROKA & JAROSIŃSKI (1990), KONOWALIK (2008), MALICKI & WIERZCHOLSKA (2009, 2010). Gatunkami inwazyjnymi na terenie parku zajmowali się FABISZEWSKI & KWIATKOWSKI (2001) oraz WYCZÓŁKOWSKA (2010). Z obcych grzybów na terenie Parku stwierdzono dotychczas okratka australijskiego *Clathrus archeri* (dwie łąki w oddz. 108). Jest to jedyny przypadek pojawienia się tego grzyba na terenie Parku i nie ma on negatywnych konsekwencji dla grzybów naturalnych. Stwierdzone zostały również synantropijne gatunki grzybów w rejonie paśników dla zwierząt, nie stanowią one jednak zagrożenia dla naturalnych i półnaturalnych ekosystemów Parku (LISIEWSKA 1992). Z roślin inwazyjnych na terenie Karkonoskiego Parku Narodowego odnotowano następujące gatunki: kroplik żółty *Mimulus guttatus*, rdestowiec sachaliński *Reynoutria sachalinensis* oraz niecierpek gruczołowaty *Impatiens glandulifera*. Podjęto również działania ochronne polegające na wykaszaniu i mechanicznym usuwaniu roślin, mające na celu eliminację tych gatunków z terenu Parku. Ponadto na obszarze otuliny Parku występuje również barszcz Sosnowskiego *Heracleum sosnowskyi* czy obce rodzaje nawłoci *Solidago* sp. Rośliny te są systematycznie obserwowane przez pracowników i obecnie nie notuje się bezpośredniego zagrożenia rozprzestrzenienia się ich na teren Parku. Za gatunki ekspansywne na terenie Karkonoskiego Parku Narodowego uznano szczaw alpejski *Rumex alpinum* oraz łubin trwały *Lupinus polyphyllus*. Pierwszy gatunek występuje głównie na halach przy schroniskach turystycznych oraz wzdłuż szlaków turystycznych. Łubin trwały stwierdzono dotychczas na łąkach w oddz. 114 Obwodu Ochronnego Przełęcz. Prowadzone działania ochronne polegają na usuwaniu owocostanów szczawiu alpejskiego na hali przy schronisku Pod Łabskim Szczytem oraz koszeniu szczawiu alpejskiego na Hali Szrenickiej, natomiast łubin trwały jest wykaszany lub ręcznie usuwany. Najczęściej spotykane gatunki synantropijne stwierdzone przy szlakach turystycznych na terenie Karkonoskiego Parku Narodowego to babka zwyczajna *Plantago major*, głowienka pospolita *Prunella vulgaris*, gwiazdnica trawiasta *Stellaria graminea*, jaskier rozłogowy *Ranunculus repens*, karmnik rozesłany *Sagina procumbens*, koniczyna biała *Trifolium repens*, kupkówka pospolita *Dactylis glomerata*, pokrzywa zwyczajna *Urtica dioica*, rogownica pospolita *Cerastium holosteoides* i wiechlina roczna *Poa annua*. Karkonoski Park Narodowy prowadzi stały monitoring roślin synantropijnych, ze szczególnym uwzględnieniem poboczy szlaków turystycznych oraz otoczenia schronisk turystycznych. W przypadkach zdiagnozowania zagrożenia ze strony gatunków synantropijnych dla naturalnych zbiorowisk roślinnych podejmowane są czynności ochronne polegające na fizycznym usuwaniu lub ograniczaniu liczebności tych gatunków. Ze świata zwierząt, gatunkiem obcym występującym na terenie parku jest muflon (Ryc. 42). Gatunek ten został sprowadzony w Karkonosze przez byłych właścicieli północnej części Karkonoszy Schaffgotschów już na początku XX wieku. Obecna populacja muflona w Parku wynosi około 30 osobników i nie zagraża naturalnej faunie. Znacznie większym zagrożeniem dla wielu populacji ptaków, szczególnie cietrzewia, jest jenot, który notowany jest



Ryc. 42. Muflon Ovis musimon (fot. R. Rąpała)

jak dotąd tylko w otulinie Parku. Gatunek jest objęty monitoringiem wspólnie z okolicznymi kołami łowieckimi oraz nadleśnictwami. W przypadku pojawienia się tego gatunku na terenie Parku zostanie wykonany odstrzał redukcyjny.

Badania naukowe i monitoring przyrodniczy

Badania naukowe na terenie Parku prowadzone są od początku jego funkcjonowania. Szczegółowa analiza wykonanych w okresie ostatnich 50 lat badań na terenie Parku została przedstawiona w opracowaniu pt. „50 lat badań naukowych w Karkonoskim Parku Narodowym" (KNAPIK i in. 2011). Pierwszy ramowy program badań naukowych dla obszaru Parku i jego otuliny został sformułowany w pierwszym planie ochrony (KORZEŃ i in. 1996). Program ten wskazywał, iż wobec znanych luk w wiedzy o aktualnym stanie środowiska przyrodniczego Parku oraz w obliczu występujących zagrożeń, badania naukowe powinny być prowadzone w następujących kierunkach:

1) inwentaryzacji stanu ilościowego i jakościowego zasobów przyrodniczych Parku,
2) monitorowania zmian ilościowych i jakościowych w ekosystemach naturalnych oraz przekształconych pod wpływem czynników antropogenicznych,
3) poznawania mechanizmów działania znanych zagrożeń (szczególnie antropogenicznych), odkrywania nowych oraz poszukiwania dróg ich eliminacji lub przeciwdziałania negatywnym skutkom,
4) opracowywania skutecznych sposobów ochrony zagrożonych komponentów środowiska przyrodniczego Parku.

Podkreślono wówczas bardzo mocno, że pierwszeństwo w badaniach powinny mieć następujące zagadnienia:

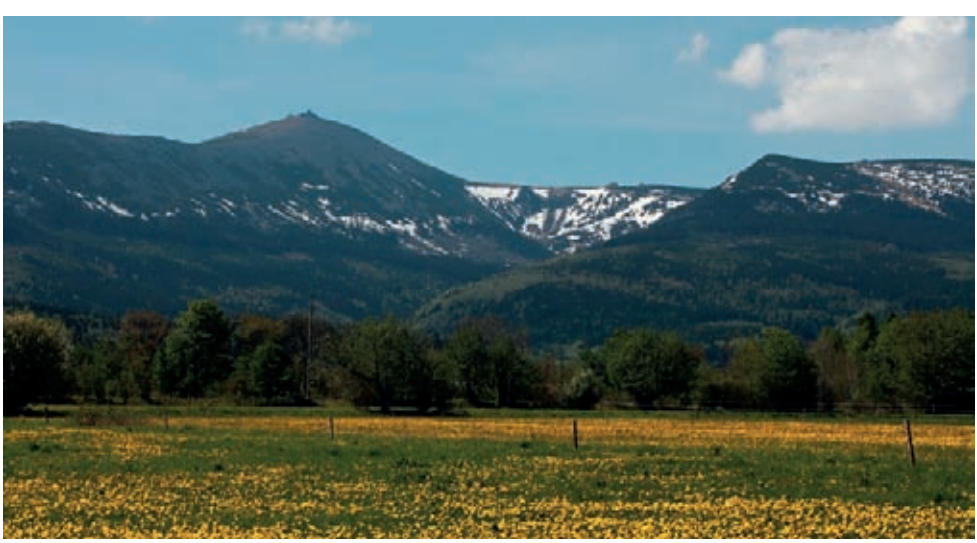
1) kierunki sukcesji pierwotnej w ekosystemach naturalnych oraz wtórnej na terenach zbiorowisk przekształconych i synantropijnych, w tym weryfikacja mapy roślinności rzeczywistej i potencjalnej terenu Parku i otuliny,
2) badania nad możliwością odtwarzania poszczególnych elementów lub całych ekosystemów, które uległy znacznym przekształceniom antropogenicznym, szczególnie ekosystemów leśnych,
3) rozmieszczenie i ekologia wybranych gatunków specjalnej troski, szczególnie gatunków endemicznych, reliktowych, chronionych, dla których nie posiadamy pełnej informacji o rozmieszczeniu, wielkości populacji oraz zagrożeniach (z owadów: kozioróg bukowiec i pachnica dębowa; chronione płazy i gady; z ptaków: głuszec, cietrzew i jarząbek, płochacz halny, pluszcz, puchacz, sówecz ka, włochatka, czeczotka; z ssaków: wszystkie chronione ze szczególnym uwzględnieniem nietoperzy oraz rzadkie i zagrożone gatunki roślin),
4) monitoring gatunków wykazujących tendencje do masowych pojawów, zagrażających stabilności ekosystemów leśnych i nieleśnych oraz opracowywanie metod przeciwdziałania,
5) monitoring zmian ilościowych i jakościowych w miejscach istniejących lub nowo tworzonych inwestycji turystycznych (Szrenica – Kocioł Szrenicki, Kopa, Śnieżka, kotły polodowcowe, Chojnik);
6) monitoring stanu atmosfery, wody i gleby ze szczególnym uwzględnieniem chemizmu opadów atmosferycznych, stanu jakości wód powierzchniowych i oceny zmian w bilansach wodnych oraz oceny zmian w natężeniu erozji i sedymentacji.

Analizując powyższy program badań naukowych z pozycji aktualnie posiadanej wiedzy o przyrodzie Karkonoszy, uwzględniając także obecną wiedzę o zagrożeniach oraz o przyjętych obecnie celach ochrony przyrody Parku należy stwierdzić, że program ten nie stracił nic ze swojej aktualności. Z satysfakcją możemy jedynie powiedzieć, że wiele z postulowanych już niemal 20 lat temu tematów badawczych zostało zrealizowanych, a wyniki tych badań służą do formułowania jeszcze lepszych zasad ochrony. Z wielkim zadowoleniem przyjmujemy fakt, że w wielu obszarach wdrożono długofalowy monitoring środowiska przyrodniczego. Najbardziej zaawansowany program monitoringu został wdrożony w ekosystemach leśnych. Oparty o stałą sieć powierzchni monitoringowych oraz o zestandaryzowane metody pomiaru, już niemal od 20 lat dostarcza bardzo ważnych informacji o kierunkach przemian w ekosystemach leśnych, o ich dynamice, a także o efektach realizowanych zabiegów ochronnych. Zasady monitoringu ekosystemów leśnych w Karkonoskim Parku Narodowym opisali DANIELEWICZ i in. (2002) oraz RAJ i ZIENTARSKI (2007, 2008). Znaczna część wyników uzyskanych w ramach realizowanego na terenie Parku monitoringu ekosystemów leśnych zawiera praca zbiorowa pt. „Monitoring ekosystemów leśnych w Karkonoskim Parku Narodowym" pod redakcją MAZURA i in. (2008). Od wielu lat prowadzony jest również monitoring rzadkich i zagrożonych gatunków roślin, a także gatunków o dużej randze fauni-

stycznej. Wielu autorów zajmuje się również monitorowaniem wybranych zbiorowisk roślinnych i siedlisk przyrodniczych, chronionych obecnie ramach obszarów Natura 2000. W związku z wymogami formalnymi wynikającymi z przepisów prawa krajowego oraz wspólnotowego Karkonoski Park Narodowy wdrożył zintegrowany monitoring zbiorowisk roślinnych oraz gatunków roślin (monitoring ogólny w sieci stałych powierzchni monitoringowych, monitoring szczegółowy małopowierzchniowych zbiorowisk roślinnych oraz monitoring gatunków roślin), który uwzględnia zarówno wytyczne dyrektywy Unii Europejskiej, tzw. dyrektywy siedliskowej, krajowej ustawy o ochronie przyrody oraz wytycznych Głównego Inspektora Ochrony Środowiska, odpowiedzialnego za realizację Państwowego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego (Malicki & Pielech 2012). Zgodnie z wytycznymi sformułowanymi już w pierwszym planie ochrony, Karkonoski Park Narodowy opracował i wdrożył monitoring hydrologiczny obejmujący obecnie trzy główne zlewnie Parku, tj. Łomnicy, Wrzosówki oraz Kamieńczyka (Marszałek & Rysiukiewicz 2012). Najnowszą inicjatywą w zakresie monitoringu przyrodniczego na terenie Parku jest utworzenie stacji bazowej Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego działającej w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska, koordynowanego przez Głównego Inspektora Ochrony Środowiska w Warszawie. Wszystkie pomiary obligatoryjne dla tego monitoringu, jak również pomiary fakultatywne, będą wykonywane w zlewni Wrzosówki.

Podsumowanie

Fakt utworzenia w 1959 r. w Karkonoszach parku narodowego niewątpliwie wpłynął korzystnie na ochronę unikatowych wartości przyrodniczych tego cennego obszaru. Trwałe i stosunkowo ściśle określone zasady prawnej ochrony przyrody dla Karkonoszy dały wymierne efekty w postaci zachowania tych elementów przyrodniczych, które w chwili tworzenia Parku były w dobrym stanie oraz odtworzenia zasobów przyrodniczych, które w przeszłości zostały dość mocno przekształcone lub całkowicie zniszczone. Obecny stan ekologiczny całych Karkonoszy, zarówno po stronie polskiej jak i czeskiej, daje trwałą gwarancję utrzymania dla następnych pokoleń niepowtarzalnych w skali kraju i Europy zasobów przyrodniczych, wyróżniających się swoją specyfiką na tle innych obszarów górskich Europy Środkowej (Ryc. 43). Ich dalsza ochrona wymaga jednak ciągłego wzmacniania i rozwijania zasad ochrony uwzględniających z jednej strony potrzeby przyrodnicze, z drugiej zaś historyczne uwarunkowania związane z wykorzystywaniem tych terenów przez lokalną społeczność oraz rozwijającą się turystykę. Jednym z najważniejszych wyzwań stojącym obecnie przed administracją Karkonoskiego Parku Narodowego jest uregulowanie granic Parku, opartych o naturalne jednostki przyrodnicze, podobnie jak to uczyniono po stronie czeskiej. Kolejnym zadaniem jest wypracowanie najbardziej zrównoważonych



Ryc. 43. Widok na Śnieżkę i Kocioł Łomniczki z okolicy Ściegien (fot. A. Raj)

zasad udostępniania Karkonoszy do celów turystycznych, godzących z jednej strony potrzeby ochrony przyrody, z drugiej zaś potrzeby rozwoju lokalnych społeczności. Realizacja tych zadań wymaga kontynuowania stałego dialogu pomiędzy administracją parku narodowego, pracownikami naukowymi wspomagającymi ochronę przyrody a pozostałymi „beneficjentami" dóbr przyrodniczych Karkonoszy.

Literatura

BARZDAJN W. & RAJ A. 2002a: Strategia czynnej ochrony i restytucji gatunków drzewiastych w Karkonoskim Parku Narodowym. Przyroda Sudetów Zachodnich, Jelenia Góra, 5: 203–212.

BARZDAJN W. & RAJ A. 2002b: Założenia restytucji jodły pospolitej (*Abies alba* Mill.) w Karkonoskim Parku Narodowym. Przyroda Sudetów Zachodnich, Jelenia Góra, 5: 197–202.

BARZDAJN W. & RAJ A. (red.) 2008: Jodła pospolita w Karkonoskim Parku Narodowym. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra: ss. 240.

BROKA J. & JAROSIŃSKI R. 1990: Synantropizacja szlaków turystycznych i otoczenia schronisk wschodniej części Karkonoskiego Parku Narodowego. Studencka Naukowa Akcja Ekologiczna ZSP „Karkonosze '89". Warszawa: 97–117.

CEGIEŁKA E., ZIENTARSKI J. & RAJ A. 2008: Dynamika zmian lasu objętego przebudową na powierzchni monitoringowej w reglu dolnym Karkonoskiego Parku Narodowego W: MAZUR A., RAJ A. & KNAPIK R. (red.), Monitoring ekosystemów leśnych w Karkonoskim Parku Narodowym. Karkonoski Park Narodowy. Jelenia Góra: 196–210.

CEITEL J., ZIENTARSKI J. & SZYMAŃSKI S. 1998: Zasady zagospodarowania lasu w polskiej części Rezerwatu Biosfery Karkonosze. Geoekologiczne Problemy Karkonoszy, KPN – ACARUS, Poznań: 139–146.

CEITEL J., ZIENTARSKI J. & RAJ A. 2007: Efekty sztucznego odnawiania świerka różnymi metodami w reglu górnym Karkonoskiego Parku Narodowego. Geoekologiczne Problemy Karkonoszy. Svoboda nad Úpou. Opera Corcontica 44: 397–406.

CEITEL J., ZIENTARSKI J. & RAJ A. 2008: Wpływ rozmieszczenia sadzonek świerka na przeżywalność i wzrost odnowień w górnym reglu Karkonoskiego Parku Narodowego W: MAZUR A., RAJ A. & KNAPIK R. (red.),. Monitoring ekosystemów leśnych w Karkonoskim Parku Narodowym. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra: 249–259.

CEITEL J., RAJ A. & ZIENTARSKI J. 2010a: Grupowe nasadzenia buka (*Fagus sylvatyca* L.) jako metoda przebudowy doloregowych drzewostanów świerkowych w Karkonoskim Parku Narodowym, Geoekologiczne Problemy Karkonoszy, Szklarska Poręba, Opera Corcontica: 203–208.

CEITEL J., RAJ A. & ZIENTARSKI J. 2010b: Wykorzystanie przedplonu modrzewiowego do przebudowy składu gatunkowego drzewostanów w Karkonoskim Parku Narodowym, Geoekologiczne Problemy Karkonoszy, Szklarska Poręba, Opera Corcontica: 209–214.

DAJDOK Z. & ŚLIWIŃSKI M. 2009: Rośliny inwazyjne Dolnego Śląska. Polski Klub Ekologiczny – Okręg Dolnośląski. Wrocław.

DANIELEWICZ W., RAJ. A. & ZIENTARSKI J. 2002: Ekosystemy leśne Karkonoskiego Parku Narodowego, Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra: ss. 96.

DANIELEWICZ W. & ZIENTARSKI J. 1993: Tendencje dynamiczne górnoreglowych borów świerkowych w Karkonoskim Parku Narodowym. Geoekologiczne problemy Karkonoszy. Wyd. Uniw. Wrocł., Wrocław: 323–328.

DANIELEWICZ W. & ZIENTARSKI J. 1995a: Charakterystyka wybranych cech górnoreglowego boru świerkowego z zamierającym drzewostanem w świetle badań na stałych powierzchniach w Karkonoskim Parku Narodowym. Geoekologiczne problemy Karkonoszy. Wyd. „Acarus", Poznań: 101–106.

DANIELEWICZ W. & ZIENTARSKI J. 1995b: Factors of vegetation dynamics in the areas of spruce forest of the upper mountain zone with declining stands of tres in the karkonosze National Park. W: BREYEMEYER A. (red.), Euro-Mab IV. Mountain zonality facing global change. IGiPZ PAN, Warszawa: 77–86.

DANIELEWICZ W. & ZIENTARSKI J. 2007: Regeneracja fitocenozy wysokogórskiego boru świerkowego w ciągu 15 lat badań po klęsce ekologicznej w Karkonoszach. Geoekologiczne Problemy Karkonoszy. Svoboda nad Úpou. Opera Corcontica 44: 475–484.

FABISZEWSKI J. 1985: Szata roślinna. W: A. JAHN (red.), Karkonosze polskie. PAN Wrocław, Karkonoskie Towarzystwo Naukowe Jelenia Góra, Ossolineum Wrocław: 191–235.

FABISZEWSKI J. 1985: Ochrona przyrody. W: A. JAHN (red.), Karkonosze polskie. PAN Wrocław, Karkonoskie Towarzystwo Naukowe Jelenia Góra, Ossolineum Wrocław: 535–544.

FABISZEWSKI J. & KWIATKOWSKI P. 2001: Gatunki inwazyjne we florze roślin naczyniowych Sudetów. Annales Silesiae, vol. XXXI: 123–127.

INSTYTUT BADAWCZY LEŚNICTWA (IBL). 1991: Stan lasów w Sudetach. Przyczyny, przebieg i konsekwencje zamierania lasów oraz zadania dla gospodarki leśnej. Dokumentacja IBL. Warszawa: ss. 44.

JURCZYSZAK C. 1985: Karkonoski Park Narodowy. W: A. JAHN (red.), Karkonosze polskie. PAN Wrocław, Karkonoskie Towarzystwo Naukowe Jelenia Góra, Ossolineum Wrocław: 523–534.

KNAPIK R., PRZEWOŹNIK L. & RAJ A. (red.) 2011: 50 lat badań naukowych w Karkonoskim Parku Narodowym. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra: ss. 350.

KONOWALIK K. 2008: Sprawozdanie z badań prowadzonych przez Studenckie Koło Naukowe Systematyków Roślin Uniwersytetu Wrocławskiego w sierpniu 2007 roku w okolicach schroniska pod Łabskim Szczytem. Wrocław. Maszynopis, Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra.

KORZEŃ J. 1996: Operat Generalny, Plan Ochrony Karkonoskiego Parku Narodowego, Jeleniogórskie Biuro Planowania i Projektowania. Jelenia Góra. Maszynopis, Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra.

KOSIŃSKI K. 1995: Elementy różnorodności biologicznej lasów. Studium przestrzenne ochrony zróżnicowania ekosystemów leśnych w rejonie Gór Izerskich i Karkonoszy. IBL Warszawa: 45–54.

KROMER K., ŻOŁNIERZ L., RAJ A., KWIATKOWSKI P., POTURAŁA D. & BĄKIEWCZ M. 2007: Rozmnażanie w warunkach In vitro i zachowanie zasobów genowych rzeżuchy rezedolistnej (Cardamine resedifolia) z Karkonoskiego Parku Narodowego. Geoekologiczne Problemy Karkonoszy. Svoboda nad Úpou. Opera Corcontica 44. Vrchlab: 317–326.

KWIATKOWSKI P. 2008: Rośliny naczyniowe Karkonoszy i Pogórza Karkonoskiego. Przyroda Sudetów 11: 3–42.

KUŚ D. 2008: Czynna ochrona ekosystemów leśnych Karkonoskiego Parku narodowego W: MAZUR A., RAJ A. & KNAPIK R. (red.), Monitoring ekosystemów leśnych w Karkonoskim Parku Narodowym. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra: 184–195.

LISIEWSKA M. 1992: Wpływ obecności paśników na pojaw synantropijnych *Macromycetes* w Karkonoskim Parku Narodowym. Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią, Tom XLI, Seria B.

ŁONKIEWICZ B. 1995: Studium przestrzenne ochrony zróżnicowa-

nia ekosystemów leśnych w rejonie Gór Izerskich i Karkonoszy – podsumowanie wyników. Maszynopis, IBL Warszawa: 211–223.

Malicki M. & Wierzcholska S. 2009. Monitoring efektów wykonywanych zabiegów ochronnych prowadzonych w ramach projektu: Ochrona najcenniejszych ekosystemów Karkonoskiego Parku Narodowego – modernizacja ścieżki nad reglami. Wrocław. Maszynopis, Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra.

Malicki M. & Wierzcholska S. 2010: Monitoring efektów wykonywanych zabiegów ochronnych prowadzonych w ramach projektu: Ochrona najcenniejszych ekosystemów Karkonoskiego Parku Narodowego – Etap II. Inwentaryzacja stanu początkowego w bezpośrednim sąsiedztwie szlaku czerwonego biegnącego przez Kocioł Łomniczki, fragment szlaku żółtego biegnącego na odcinku Pielgrzymy – Słonecznik, szlak czerwony biegnący nad Śnieżnymi Kotłami. Wrocław. Maszynopis, Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra.

Malicki M. & Pielech R. (red.) 2012: Badania ekosystemów nieleśnych Karkonoskiego Parku Narodowego. Jelenia Góra-Wrocław. Maszynopis, Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra.

Marszałek H. & Rysiukiewicz M. 2012: Koncepcja ochrony środowiska wodnego w obszarze Karkonoskiego Parku Narodowego, Monitoring Środowiska Przyrodniczego, 13: 11–20.

Mazur A., Łabędzki A. & Raj A. 2006: Observations of phenology and frequencing of the spruce bark beetle (*Ips typographus* L.) and its accompanying species in the uppermost subalpine spruce forest zone environment in the Karkonoski National Park. Insect outbreaks in managed and unmanaged forests. Ed. Kolk A., Forest Research Institute, Warsaw: 29–45.

Mazur A., Raj A. & Knapik R. (red.) 2008: Monitoring ekosystemów leśnych w Karkonoskim Parku Narodowym. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra: ss. 334.

Parzóch K. 2008: Morfodynamika koryt erozyjnych w piętrach leśnych i skuteczność zabiegów przeciwerozyjnych na obszarze Karkonoskiego parku Narodowego. W: Mazur A., Raj A. & Knapik R. (red.), Monitoring ekosystemów leśnych w Karkonoskim Parku Narodowym. Jelenia Góra: 56–71.

Przewoźnik L. 2012: Karkonoskie orchidee. Karkonosze i Góry Izerskie 4/2012 (274). Wrocław: 34–36

Raj A. 1992: Obumieranie lasów w Karkonoskim Parku Narodowym, Parki Narodowe, Warszawa, 3.

Raj A. 1995: Niektóre problemy ochrony ekosystemów leśnych Karkonoskiego Parku narodowego na przestrzeni ostatnich kilkunastu lat. Geoekologiczne Problemy Karkonoszy, KPN – ACARUS, Poznań: 95–100.

Raj A. & Dobrowolska K. 2008: 50 lat Karkonoskiego Parku Narodowego. Dolny Śląsk 13/2008: 195–202.

Raj A. & Dobrowolski M. 2013: Analiza odnowień lasu na stałych powierzchniach monitoringowych w Karkonoskim Parku Narodowym. Maszynopis, Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra.

Raj A., Konca B, Buchholz L., Bunalski M., Góral J., Łabędzki A., Mazur A., Michalski J., Nasiadka P., Nowacki J. & Zimny J. 1996: Operat Ochrony Fauny. W: Korzeń J. (red.), Plan Ochrony Karkonoskiego Parku Narodowego. Jeleniogórskie Biuro Planowania i Projektowania. Maszynopis, Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra.

Raj A., Łabędzki A. & Mazur A. 2006: Characteristics of forest stands on the uppermost forest boundary zone of the Karkonoski National Park. Insect outbreaks in managed and unmanaged forests. Ed. Kolk A., Forest Research Institute, Warsaw: 47–58.

Raj A., Tołoknow P., Kuś D., Makowski M., Knapik R., Przewoźnik L., Dobrowolski M., Rąpała R., Wieniwaska-Raj B., Jała Z., Wojnarowicz D. & Krakowski K. 2013: Projekt planu ochrony Karkonoskiego Parku Narodowego. Maszynopis, Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra.

Raj A. & Zientarski J. 2007: Monitoring ekosystemów leśnych w Karkonoskim Parku Narodowym. Geoekologiczne Problemy Karkonoszy. Opera Corcontica 44: 423–436.

Raj A. & Zientarski J. 2008: Monitoring ekosystemów leśnych w Karkonoskim Parku Narodowym. W: Mazur A., Raj A. & Knapik R. (red.), Monitoring ekosystemów leśnych w Karkonoskim Parku Narodowym. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra: 9–16.

Raj J., Zientarski J. & Raj A. 2008: Analiza regeneracji lasu na powierzchniach monitoringowych w reglu górnym w Karkonoskim Parku Narodowym W: Mazur A., Raj A. & Knapik R. (red.), Monitoring ekosystemów leśnych w Karkonoskim Parku Narodowym. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra: 232–248.

Rostański K. 1977: Flora i roślinność synantropijna w Karkonoskim Parku Narodowym. Prace Karkonoskiego Towarzystwa Naukowego Nr 9: 49–77.

Wyczółkowska M. 2010: Geoekologiczne uwarunkowania rozprzestrzeniania się gatunków inwazyjnych w Karkonoskim Parku Narodowym i przy jego granicach. Praca magisterska, Instytut Geografii Fizycznej Uniwersytetu Warszawskiego.

Zientarski J., Ceitel J. & Szymański S. 1998: Ochrona różnorodności biologicznej lasów Karkonoszy, Geoekologiczne Problemy Karkonoszy, KPN – ACARUS, Poznań: 147–154.

Zientarski J., Danielewicz W., Raj A. & Krauz M. 1996: Operat Ochrony Ekosystemów Leśnych. W: Korzeń J. (red.), Plan Ochrony Karkonoskiego Parku Narodowego. Jeleniogórskie Biuro Planowania i Projektowania. Maszynopis, Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra.

Żołnierz L., Fabiszewski J., Wojtuń B., Matuła J. & Sobierajski Z. 1994: Zmiany ilościowe i jakościowe roślinności na obszarach o różnym czasie wylesienia w reglu górnym. Karkonoskie Badania Ekologiczne. Oficyna Wydawnicza Instytutu Ekologii PAN. Dziekanów Leśny: 153–161.

Żolnierz L., Wojtuń B. & Raj A. 2000: Śródleśne łąki w dolnym reglu – ich wartość przyrodnicza i problemy ochrony, Geoekologiczne Problemy Karkonoszy, Opera Corcontica 37/2: 602–606.

Dane adresowe autorów:

Andrzej Raj
Karkonoski Park Narodowy
ul. Chałubińskiego 23
58-570 Jelenia Góra
andraj@kpnmab.pl

Raj A. 2019: Ochrona przyrody. W: Knapik R., Migoń P. & Raj A. (red.), Przyroda Karkonoskiego Parku Narodowego. Karkonoski Park Narodowy, Jelenia Góra: 443–484.

Indeks polskich nazw gatunków

Sinice i glony

chlorella zwyczajna 191
wodolubka 197, 198

Rośliny

anafalis perłowy 316
arnika górska 237, 275, 310
aster nowobelgijski 314
babka większa (zwyczajna) 312, 480
bagniak spiralny 202, 203
bagno zwyczajne 238, 239
barszcz Sosnowskiego 314, 316, 317, 480
bartsja alpejska 238, 262
bażyna czarna 256
bażyna obupłciowa 266, 275, 474
bez czarny 233
bez koralowy 290
biczyca trójwrębna 204, 289
biedrzeniec skalny 226, 234, 235, 237, 474
bliźniczka psia trawka 231, 249, 256
bniec czerwony 307
bodziszek leśny 255, 307
bodziszek łąkowy 230
borówka bagienna 256, 273 292
borówka brusznica 249, 256, 257, 258, 273, 275 285, 291, 293
borówka czarna 249, 254, 256, 257, 258, 266, 273 285, 287, 291, 293, 389
borześlad białawy 201
borześlad mierzoprątnik 201
borześlad tępolistny 206
brodek murowy 200
bruzdowiec fałdowany 200
brzoza brodawkowata 280, 284, 285, 287, 290, 299
brzoza karpacka 231, 232, 238, 250, 285, 297, 298, 299, 353, 383, 476
brzoza ojcowska 238
brzoza omszona 297, 383
buk zwyczajny 279, 280, 284, 285, 286, 287, 289, 290, 293, 294, 295, 297, 300, 355, 472, 473, 476
chaber austriacki 231
chaber perukowy 307
ciemiężyca zielona 224, 230, 249, 250, 252, 253, 255, 262, 292, 390, 394
cienistka (zachyłka) trójkątna 210, 288
czeremcha skalna 231, 232, 235, 238, 250, 377, 474, 476
czereśnia ptasia 474, 476
czerniec gronkowy 289
czosnek siatkowaty 474
czosnek syberyjski 224, 238, 262, 474
czteroząbek Browna 206
czterozębiec wąski 200
czubek Flörkeja 204
czubek pięciołatowy 204
dąb bezszypułkowy 284, 293
dąb czerwony 317
dąb szypułkowy 284, 293
długoszyj piłkowaty 200
długoszyj zaostrzony 206
drąstewniczek skalny 206
dwustronek soczysty 199
dwustronek szerokolistny 199
dwustronek wklęsłolistny 201
dwustronek zgiętolistny 200
dymnica pospolita 313
dziewięciornik błotny 218
dziewięćsił bezłodygowy 238
dziurawiec czteroboczny 275
dzwonek brzoskwiniolistny 238
dzwonek karkonoski 234, 236, 310, 474
dzwonek sudecki 235
fałdownik rzemienny 204, 289
fałdownik szeleszczący 201
fałdownik wyłysiały 201
fałdziec pomarszczony 200
fiołek błotny 262, 266
fiołek leśny 284
fiołek polny 313
fiołek żółty sudecki 237
gajnik śląski 201
gajowiec żółty 231, 284, 289
gęsiówka alpejska typowa 230, 237, 474
głowiak dwukończysty 204
głowienka pospolita 480
gnidosz rozesłany 231
gnidosz sudecki 234, 235, 236, 238, 353, 474, 479
gołek białawy 275
goryczuszka (goryczka) szwedzka 226, 237, 474
goryczka trojeściowa 224, 249, 256
gorysz miarz 312, 316, 317
goździk kropkowany 238
goździk okazały 238, 239
groszek wiosenny 230
gwiazdnica trawiasta 480
gwiazdnica wielkokwiatowa 284
irga zwyczajna 233
jałowiec pospolity halny 474, 476
jarząb pospolity (jarzębina) 280, 285, 287, 290, 291, 293, 297, 298, 327, 377, 381, 383, 390, 472, 476
jarząb górski 249, 250, 251, 297
jarząb sudecki 227, 235, 238
jaskier platanolistny 224, 227, 231, 252, 253, 273, 275
jaskier rozłogowy 480
jastrzębiec alpejski 259, 273, 275
jastrzębiec ciemnogłówkowy 235
jastrzębiec ciemnoszyjkowy 235
jastrzębiec czarniawy 235
jastrzębiec Czelakowskiego 235
jastrzębiec Englera 235
jastrzębiec Fieka 235
jastrzębiec Fritzego 235
jastrzębiec karkonoski 235
jastrzębiec łabski 218, 235
jastrzębiec Marii Bormüller 235
jastrzębiec miękkolistny 235
jastrzębiec nibyłabski 235
jastrzębiec Purkiniego 235
jastrzębiec Rohleny 235
jastrzębiec rurkokwiatowy 235
jastrzębiec ryfejski 235
jastrzębiec Schneidera 235
jastrzębiec Schustlera 235
jastrzębiec siny 239
jastrzębiec sudecki 235
jastrzębiec szary 238
jastrzębiec szorstki 238, 239
jastrzębiec Uechtriza 235
jastrzębiec zaostrzony 238
jastrzębiec zębatolistny 234, 235
jastrzębiec zielonokoszyczkowy 231, 235
jesion wyniosły 233, 286, 293, 297
jeżogłówka pokrewna 218, 228, 238
jodła pospolita 279, 280, 281, 287, 289, 293, 295, 296, 385, 453, 472, 474, 476
kędzierzawiec wąsaty 199
kędzierzawka pospolita 200
kielisznik nadobny 314, 316, 317
klon jawor (jawor) 280, 286, 287, 289, 290, 293, 296, 297, 351, 474, 476
klon jesionolistny 317
klon zwyczajny 351
kłosówka miękka 307, 308
kłosówka wełnista 305
kokoryczka okółkowa 226, 284
komonica błotna 305
koniczyna biała 312, 480
konwalia majowa 255
konwalijka dwulistna 291
kopytnik pospolity 233
korowiec wielozarodniowy 200
kosmatka gajowa 254, 256 285, 286, 287
kosmatka kłosowa 230
kosmatka olbrzymia 226, 291
kosmatka sudecka 224
kosmatka żółtawa 291
kosodrzewina 233, 242, 248, 249, 256, 259, 266, 271, 327, 328, 351, 366, 367, 390, 394,
kostrzewa czerwona 307
kostrzewa leśna 289
kostrzewa niska 223, 224, 227, 231, 259
kostrzewa niska, forma żyworodna 223
kostrzewa owcza 227
kostrzewa pstra 226, 237

kozibród łąkowy 231
kozłek bzowy 252
krągłolist macierzankowy 203
krągłolist olbrzymi 199
krokiewka bagienna 203
kroplik żółty 315, 316, 317, 480
krótkosz pospolity 205
krótkosz strumieniowy 202, 203
kruszczyk błotny 238
kruszyna pospolita 285
krwawnik sudecki 224, 225, 231
krwawnik wyprostowany 238
krwiściąg lekarski 388
kuklik górski 231, 233, 238, 275
kukułka Fuchsa 310
kukułka plamista 310
kukułka szerokolistna 310
kupkówka pospolita 480
leniec alpejski 255
lepiężnik biały 231, 286
lepiężnik wyłysiały 237
lepnica bezłodygowa 220
leszczyna pospolita 284, 285
leśniak cienisty 204
liczydło górskie 292
lilia złotogłów 255
lilijka alpejska 218
lipa drobnolistna 233, 284, 286, 297, 344
łubin trwały 314, 316, 317, 480
łukowiec śląski 200
macierzanka halna 237
malina moroszka 222, 228, 234, 237, 239, 353, 474
malina właściwa 249 290, 293
mannica odstająca 316
marchewnik anyżowy 314, 317
merzyk groblowy 200, 287
mietlica pospolita 227, 307
mietlica skalna 227, 230
miłosna górska 224, 250, 478
mniszek karkonoski 235, 238
moczara sierpowata 206
moczarnik arktyczny 203
moczarnik błotny 203
moczarnik jasnobrązowy 203
moczarnik miękki 206
modrzew europejski 472
modrzewnica zwyczajna 266, 292, 474
modrzyk górski 227, 228, 231, 250, 478
modrzyk kaukaski 315
naleźlina śnieżna 199
naparstnica purpurowa 290, 314, 316, 317
naparstnica zwyczajna 255
naradka tępolistna 238, ,239
nasięźrzał pospolity 208, 210
nawłoć alpejska 227
nawłoć kanadyjska 314, 317
nawłoć pospolita 227, 273, 275, 285
nawłoć późna 314, 317
nerecznica górska 210
nerecznica krótkoostna 210, 288
nerecznica samcza 210
nerecznica szerokolistna 210, 289, 291
niebielistka trwała 228
niecierpek drobnokwiatowy 317
niecierpek gruczołowaty 314, 316, 317, 480
niecierpek pospolity 289
olsza czarna 293
olsza szara 286, 293, 344
oman szlachtawa 238
opończyk wąskootworowy 200
orlica pospolita 210
ostrożeń błotny 230
ostrożeń dwubarwny 226, 230, 306, 307
paprotka Mantona 207
paprotka zwyczajna 210
paprotnica krucha 208, 209, 210, 215
paprotnik kolczysty 210
perłówka zwisła 230
pędzliczek norweski 199
pępawa błotna 251, 262
pępawa czarcikęsolistna 307
pępawa wielkokwiatowa 275
pierwiosnka karkonoska 234
pierwiosnka maleńka 220, 221, 231, 233, 262, 275
pięciornik kurze ziele 262
pięciornik złoty 224, 233, 275
piórosz pierzasty 204
pleszanka pospolita 203
płaskomerzyk pokrewny 205
płaskomerzyk średni 201
płaszczeniec marszczony 204, 289, 291
płonniczek słoikowy 203
płonnik (złotowłos) strojny 201, 205, 287, 291
płonnik cienki 203
płonnik cienki 258, 271
płonnik jałowcowaty 285
płonnik pospolity 266
podagrycznik pospolity 284, 307
podbiałek alpejski 226, 249, 254, 256, 258, 273 289, 291
podejźrzon księżycowy 208, 210, 213, 310
podejźrzon marunowy 208
podejźrzon rutolistny 208
podkolan zielonawy 259
podrzeń żebrowiec 209, 210
podsadnik kulisty 200
pokrzywa zwyczajna 317, 480
poryblin jeziorny 207, 208, 210, 211, 213
porzeczka skalna 233, 250, 476
prątnik arktyczny 206
prątnik krótkolistny 206
prątnik nabrzmiały 205
prątnik srebrzysty 200
prostoząbek górski 205
prostoząbek taurydzki 199
próchniczek męski 199
przenęt purpurowy 226, 255, 284
przetacznik drobny (alpejski) 237, 239, 459, 474
przetacznik górski 289
przetacznik stokrótkowy 218, 237, 238, 459, 460
przytulia hercyńska 231, 258, 291, 308
przytulia leśna 238
przytulia sudecka 234, 235, 237, 474
przytulia szorstkoowockowa 239
przytulia turyńska 316
przytulia wonna 289
przywrotnik karbowany 307
przywrotnik karkonoski 234, 235, 237
przywrotnik niedźwiedzi 237
przywrotnik rozcięty 234, 237, 262
przyziemka Millera 205
pszeniec gajowy 284
pszeniec leśny 226, 289, 291
pszeniec zwyczajny 285
rdest wężownik 251, 253, 254, 262
rdestowiec ostrokończysty 316, 317
rdestowiec pośredni 316, 317
rdestowiec sachaliński 314, 316, 317, 480
rogownica pospolita 480
rojnik pospolity 238
rokiet cyprysowy 204, 285
rokiet gładki 200
rokiet krzywolistny 200
rokietnik pospolity 201, 291
rosiczka okrągłolistna 266, 474
rozchodnik alpejski 217, 234
rozchodnik olbrzymi 479
rozchodnik owłosiony 238
rozłupek alpejski 200
rozrzutka alpejska 208, 210, 211, 214, 215, 334, 474, 475
róznoząb wieloowocowy 200
róznoząb smukły 206
róznoząb zwodnisty 206
rózyczkoprątnik pospolity 201
różeniec górski 222, 474
rudbekia naga 314, 316
rumianek bezpromieniowy 313
rutewka orlikolistna 252 286
rzeżucha jaskółcza 313, 315
rzeżucha gorzka 286
rzeżucha leśna 238
rzeżucha łąkowa 233
rzeżucha Opiza 231, 239
rzeżucha rezedolistna 217, 218, 234, 237, 474, 476
rzeżusznik Hallera 307
rzęsiak pospolity 204
sasanka alpejska 231, 232, 273, 275
siódmaczek leśny 249, 256, 291
sit chudy 317
sit cienki 266, 268
sit skucina 238, 259, 351, 353
skalnica bazaltowa 220, 226, 234, 235, 238, 334, 474, 479
skalnica mchowata 220, 226, 227, 234, 238, 474

skalnica naprzeciwlistna 220, 222, 230, 238, 334, 474
skalnica śnieżna 226, 234, 235, 237, 333, 353, 474, 475, 479
skalnik alpejski 200
skalnik sudecki 200
skapanka gajowa 200, 202
skąpowłosek hercyński 201, 202
skrętek wilgociomierczy 200
skrzyp bagienny 210
skrzyp błotny 210
skrzyp leśny 210
skrzyp łąkowy 210
skrzyp polny 210
słomiaczek złotawy 203
smotrawa okazała 314
sosna zwyczajna (pospolita) 284, 285, 293, 296, 297, 300, 389, 474
srebrzyk robakowaty 199
starzec Fuchsa 290, 284
starzec hercyński 250, 252, 253, 255, 273
storzan bezlistny 238
stulisz sztywny 316
szafran wiosenny 310
szarota drobna 230, 237, 474, 479
szarota norweska 227, 230
szczaw alpejski 311, 312, 314, 317, 478, 480
szczaw górski 227, 249, 252, 253
szczaw zwyczajny 227
szczawik zajęczy 253 291
szczyr trwały 284
szydłosz włoskowy 205
ściślik ciemnożółty 206
śledziennica naprzeciwlistna 231
śliwa tarnina 286
śmiałek darniowy 251, 252, 254, 262
śmiałek pogięty 249, 254, 256, 258, 274, 276 285, 287, 289, 291
świerk pospolity 246, 247, 249, 279, 280, 281, 284, 285, 287, 288, 289, 291, 293, 294, 295, 327, 328, 369, 370, 381, 384, 386, 466, 472
świerząbek orzęsiony 226, 231, 250, 252, 262, 286
świetlik maleńki 219, 231, 235, 237, 474
tajęża jednostronna 238
tasznik pospolity 312
tępolistka językowata 202, 203
tępolistka rózgowata 200
tępolistka wodna 202, 203
tojad sudecki 224, 225, 231, 250, 252, 310
tojeść bukietowa 315, 316, 317
tojeść gajowa 226
tojeść kropkowana 314
tomka alpejska 227
tomka wonna 227, 258, 274
torfowiec brodawkowaty 203, 204
torfowiec brunatny 204
torfowiec cieniutki 204
torfowiec Dusena 271
torfowiec Girgensohna 204, 291
torfowiec jednoboczny 203
torfowiec kończysty 203, 266
torfowiec Lindberga 203, 204, 271
torfowiec magellański 204
torfowiec nastroszony 203
torfowiec obły 203, 262
torfowiec okazały 203
torfowiec ostrolistny 201
torfowiec pogięty 203
torfowiec Russowa 203, 271
torfowiec szorstki 204, 271
torfowiec środkowy 200
torfowiec wąskolistny 203
torfowiec wklęsłolistny 201
torfowiec zanurzony 203
torfowiec ząbkowany 203
trzcinnik leśny 255 285, 287
trzcinnik owłosiony 226, 249, 250, 251, 253, 254, 255, 256, 275 289, 291
trzęślica modra 262
tujowiec tamaryszkowaty 204
turzyca bagienna 191
turzyca blada karkonoska 235
turzyca czarniawa 275
turzyca drżączkowata 310
turzyca dzióbkowata 191
turzyca gwiazdkowata 266
turzyca luźnokwiatowa 226, 230
turzyca nitkowata 238
turzyca patagońska 230, 231, 237, 474, 479
turzyca pchla 238
turzyca pigułkowata 287
turzyca pospolita 266
turzyca rzadkokłosa 286
turzyca tęga 224
turzyca wiosenna 238
tymotka alpejska 224, 225
wargowiec licznozarodniowy 203
warnstorfia bezpierścieniowa 200
warnstorfia pływająca 204, 271
warnstorfia sznurecznik 202, 203
wawrzynek wilczełyko 255, 476
wełnianeczka alpejska 228, 229, 238, 239, 262, 474
wełnianeczka darniowa 191, 228, 229, 266, 271
wełnianka pochwowata 266
wełnianki wąskolistna 266
wiąz górski 297, 474, 476
wiązówka błotna 306
wiciokrzew czarny 250
widlicz (widłak) alpejski 208, 210, 211, 212, 258, 275
widlicz (widłak) Isslera 208, 210, 212
widlicz cyprysowy 208
widlicz spłaszczony 208
widliczka ostrozębna 208, 210
widłak (widlicz) Zeillera 208, 210, 212
widłak goździsty 210
widłak jałowcowaty 210
widłoząb długi 206
widłoząb miotłowy 201, 285, 287, 291
widłozą bek jednoboczny 287
wiechlina Chaixa 307
wiechlina gajowa 284
wiechlina roczna 480
wiechlina zwyczajna 307
wierzba czarniawa 238
wierzba iwa 290, 293
wierzba lapońska 230, 235, 238, 239, 251, 383, 353, 474, 476
wierzba śląska 231, 233, 249, 251, 290, 293, 299, 383, 476
wierzba zielna 220, 221, 237, 263, 474
wierzbownica drobnolistna 238, 262
wierzbownica okółkowa 252
wierzbownica zwieszona 262
wierzbówka kiprzyca 290
wietlica alpejska 208, 210, 211, 215, 249, 250, 252, 291, 292
wietlica samicza 208, 210, 288, 289
wiewiórecznik odgięty 201
wiewiórecznik osinowy 199
wiewiórecznik piórkowaty 201
wiewiórecznik sudecki 200, 201
wroniec widlasty 210, 212, 259, 273, 275, 289
wrotycz maruna 314, 315
wrotycz wielkolistny 315
wrzos zwyczajny 222, 230, 249, 256, 258, 260, 266
wszewłoga górska 307
wyczyniec łąkowy 230
zachylnik błotny 208
zachyłka oszczepowata 210
zanokcica murowa 208, 210
zanokcica północna 208, 210
zanokcica skalna 210
zanokcica zielona 208, 209, 210
zaproć górska 210
zawilec gajowy 230
zawilec narcyzowy 231, 232, 234, 255
zdrojek błyszczący 310, 316
zdrojek łuseczkowaty 200
zdrojek pospolity 200
zerwa kłosowa 255, 275
zęboróg czerwonawy 200, 285
zgliszczyn gruszkowaty 200
zimoziół północny 238
złocieniec gwiazdkowaty 200
złotowłos alpejski 201
zmienka górska 207, 208, 210, 211, 214, 260, 474
zwiesiniec długodzióbkowy 200
żłobik koralowy 459, 560
żebrowiec górski 255, 474
żurawina błotna 266, 292, 474
żurawina drobnolistkowa 228, 474
żywiec cebulkowy 289
żywiec dziewięciolistny 231, 289

Porosty

adelka Pilata 323, 336
amylka buławkowata 331
bellemerea alpejska 323, 336
bellemerea szarobrunatnawa 323
bladek zgrubiały 330
błończyk wątły 328
brodaczka zwyczajna 326
brodawnica bazaltowa 332
brunatka drobna 334
bruniec nadbrzeżny 323
chrobotek cienki 285
chrobotek gwiazdkowaty 285
chrobotek palczasty 329
chrobotek rdzawy 329
chrobotek wcinany 329
chróścik drobny 336
chróścik obnażony 321
cielistek dyskretny 329
ciemnik Kocha 321
cienik kędzierzawy 321
cytrynik żółty 323, 336
dołczanka dwuzarodnikowa 331
dołczanka torbiasta 335
dwojaczek blady 329
dzbanusznik karkonoski 322
dzbanusznik najmniejszy 332
gowardia czerniejąca 330
granicznik tarczownicowaty 325
grzezica krwistoczarna 331
grzybik krwawy 328
grzybinka brunatna 331, 332
grzybinka okazała 332
igielniczka czerwonawa 334
jaskrawiec cytrynowy 336
jaskrawiec drobniutki 336
jaskrawiec okapowy 336
jaskrota wilcza 325
karfinka morelowa 323
koerberiella Wimmera 332
krążniczka brunatnoczarna 321
krążniczka mleczna 321
krążniczka pstrokata 321
kreseczniczka równoległa 329
kropnica plamista 330
kruszownica pomarszczona 323
kruszownica postrzępiona 323
kruszownica północna 323
kruszownica strojna 323
kruszownica wielolistkowa 323
kruszownica zwyczajna 321, 324, 323
krużyk garbaty 330
krużynka maczugowata 325, 329
krużynka ziarenkowata 325, 329
kulistka Siebenhaara 335
liszajecznik złocisty 336
łuskotek popielaty 336
łuszczak zwodniczy 335
massalongia mocna 330
mąkla rozłożysta 325
mąklik otrębiasty 327, 329
misecznica biaława 336
misecznica murowa 336
misecznica nibyblada 336
misecznica pospolita 336
misecznica proszkowata 329
misecznica przechodnia 329
misecznica skupiona 321
misecznica soraliowa 336
misecznica turniowa 330
misecznica wytworna 326
misecznica zwyczajna 321
nameszka krwistoczarna 330
namurnik cytrynowy 337
nocotnik białawy 337
nocotnik pospolity 337
obierek rudawy 331
oskrzelka halna 330
oskrzelka rynienkowata 330
otwornica biaława 334
otwornica nieczysta 334
otwornica powleczona 335
otwornica skupiona 331
otwornica szkarłatna 326
pakość dachówkowata 331
pawężniczka gładka 325
pawężniczka odwrócona 325
paznokietnik ostrygowy 329
pępówka baldaszkowa 329
pierwoplesznik nikły 330
płaskotka rozlana 327
płucnica islandzka 256, 258
płucnik modry 328
pszeblaszek czajniczkowy 330, 335
przewiertnica sudecka 330
pustułka pęchrzykowata 327, 328
rożynka posępna 323
rudziec czarny 336
sapotka śląska 334
setniczka zwyczajna 336
skórnica czerwonawa 335
szarek gruzełkowaty 331
szarek pogięty 327
szarek zwodniczy 331
szydlina różowa 330, 331
tarczownica skalna 321
tarczyna przygraniczna 325
tarczynka dziurkowana 325
trzonecznica brunatnawa 329
trzonecznica naga 329
ustupka halna 323
weraczek drobny 335
wgłębniczek czerwonawy 333
wgłębniczek karkonoski 334
widlina krucha 323
wielosporek brunatny 321
wielosporek łuseczkowaty 332
wielosporek siwy 336
wzorzec alpejski 321
wzorzec ciemny 321
wzorzec geograficzny 321
wzorzec Hochsterrera 336
wzorzec jaskrawy 334
wzorzec pośledniejszy 334
wzorzec śnieżny 335
wzorzec wieloowocnikowy 321
ziarniak malutki 329
złociszek zielonawy 321
złotlinka jaskrawa 328
złotorost drobny 336
żółtecja drobniutka 337
żyłecznik czerniejący 330
żyłecznik halny 330

Grzyby i śluzowce

błyskoporek promienisty 344
boczniak łyżkowaty 341
bokówka biała 344, 346
borowiczak dęty 347
borowiczka niebieszczejąca 348
borowik ceglastopory 340
borowik szlachetny 340
borowik usiatkowany 340
borowik żółtopory 340, 341
buławka pałeczkowata 343, 344
ciemnoboczniak bukowy 341
ciżmówka płaska 341
czernidłak delikatny 348
czernidłak pstry 343
drewnowiec szkarłatny 341
drobnołuszczak czarnożyłkowy 341
drobnołuszczak kosmaty 341
drobnoporek gorzki 344
drobnoporek modry 344
fałdówka kędzierzawa 344, 345
gąbkowiec północny 344
gmatwica chropowata 341
gnojanka usiatkowana 341
gołąbek brudnożółty 344
gołąbek buczynowy 340
gołąbek fiołkowonogi 344
gołąbek kunowy 347
gołąbek płowiejący 347
gołąbek wymiotny 347
gołąbek zielonawy 347
gołąbek żółciowy 340
gołąbek żółty 347
goździeńczyk grzebieniasty 347
grzybówka zielonoostrzowa 344, 345
gwiazdosz potrójny 343
hełmówka błotna 347
hełmówka brązowotrzonowa 348
hełmówka mszarowa 347
hełmówka torfowcowa 347
hubiak pospolity 341, 379
jamóweczka żółtawa 341
jodłownica górska 347
kępkowiec torfowiskowy 347
kłaczkoblaszek boczniakowaty 348
koralówka sztywna 341
korzenianka okazała 348

korzeniowiec wieloletni 344
kruchaweczka brudnobiała 343
lakownica spłaszczona 341
łysiczka torfowiskowa 347
łysiczka trocinowa 349
maślak pstry 347
maślak szary 347
maślak wejmutkowy 349
maślak zwyczajny 347
maślak żółty 347
mądziak malinowy 349
mądziak psi 341
mitróweczka błotna 347
mleczaj kamforowy 344
mleczaj łuseczkowaty 348
mleczaj modrzewiowy 347
mleczaj płowy 344, 347
mleczaj przydymiony 344
mleczaj rudy 344, 347
mleczaj rydz 347
mleczaj śluzowaty 340
mleczaj świerkowy 344
monetka kleista 341
muchomor czerwonawy 340
muchomor jadowity 340
muchomor królewski 344, 346
muchomor twardawy 344
muchomor zielonawy (sromotnikowy) 344
niszczyca anyżkowa 344
niszczyca płotowa 344
okratek australijski 349, 480
opieńka ciemna 344
pieprznik jadalny 340
pieprznik pomarańczowy 340
pięknoróg największy 344
płomienniczak żółtobrązowy 341
pniarek obrzeżony 347
purchawka jeżowata 343
rycerzyk ozdobny 344
siedzuń sosnowy 459
skórnik szorstki 341
soplówka bukowa 341, 342
soplówka jodłowa 347, 458
stożkówka migdałowatozarodnikowa 348
strzępiak bzowy 348
strzępiak jeżowaty 348
strzępiatek kolczasty 341
szczetkostopek szpilkowy 344
twardzioszek trzcinowy 348
wachlarzowiec olbrzymi 341
wilgotnica karminowa 348
wilgotnica kosmkowata 348
wilgotnica lejkowata 348
włosóweczka nadrzewna 347, 348
wodnicha oliwkowobiała 344, 347
wrośniak garbaty 341
wrośniak różnobarwny 341
zasłonak bagienny 344
zasłonak brudnośluzowaty 348
zasłonak czarnogołąbkowy 348
zasłonak glinkowaty 340
zasłonak osłonięty 347
zasłonak pachnący 340
zasłonak żółtawy 348
żyłkoblaszka wklęsłokapeluszowa 344

Zwierzęta

barczatka dębówka 383
barczatka miesięcznica 383
barczatka sosnówka 383
biegacz fioletowy 368
biegacz zielonozłoty 368, 460
bielik 405, 418, 427, 452
bielinek rzepnik 384
błyszczka jarzynówka 384
borecznik rudy 391
borowiaczek 431, 438
borowiec wielki 431
borsuk 435
brudnica mniszka 383
ciernik 407
cietrzew 405, 415, 417, 428, 452, 476, 481
cofnik 364
czebaczek amurski 406
czeczotka 405, 425, 426, 428, 481
czteroczak świerkowiec 379
darniówka tatrzańska 438
darniówka zwyczajna (pospolita) 432, 437, 438
dostojka aglaja 383
dostojka malinowiec 383
drozd obrożny 405, 424, 425, 426, 428,
drwalnik paskowany 379
drzewożerek 379
dzięcioł czarny 421, 426
dzięcioł trójpalczasty 452, 477
dzięcioł zielonosiwy 422, 426, 428
dzik 436
dziwonia 427
fruczak gołąbek 384
gacek brunatny 430
gil 426
głowacz białopłetwy 406, 407, 410
głuszec 405, 418, 481
gnojka 387
golec alpejski 405, 409
górówka boruta 382
górówka epifron 381
górówka euriala 380
górówka meduza 382
gracz 377
gronostaj 435, 437, 438
groszkówka pospolita 356
grotniczek 381
grotnik 381, 383
grotnik lepniaczek 384
grzebiuszka ziemna 410, 411
grzywacz 426
halnik alpejski 380
halnik alpejski 384
halnik czterowstęg 380, 382, 384
jarząbek 415, 481
jaszczurka zwinka 413
jaszczurka żyworodna 413
jaź 407
jelec 406
jeleń europejski 436, 437, 466, 472, 479
jenot 436, 467, 481
jeż wschodni 428, 429
jeż zachodni 428, 429
kapturka 426, 428
karaś pospolity 406
Karaś srebrzysty 406
karczownik ziemnowodny 433
karlik drobny 431
karlik malutki 430, 436
karlik większy 431
karp 406
kiełb 406
kleń 407
kopciuszek 428
kornik drukarczyk 379
kornik drukarz 279, 379, 462, 465, 468, 470
kostrzeń 375
kowalik 426
kozica 438
kozioróg bukowiec 477, 481
koziółka 388
kozubek 372
krążałek obły 356
kret 429
krocznik 381
krzyżodziób świerkowy 461
kumak nizinny 410, 411
kuna domowa 435, 437
kuna leśna 435, 437
kwietniczek 375, 376
latalec jesieniak 383
lin 406
lipień europejski 406, 407, 409
lis 435, 437, 467
łasica 435, 437, 438
makolągwa 427
mazurek 426
miedziopierś górska 386, 387
mieniak tęczowiec 382
minóg strumieniowy 405, 406, 407, 410
modraszek 382
modraszek wieszczek 382
mokosz cierniowiak 384
mopek 430, 431, 436
mornel 405, 419, 420, 428
mroczek posrebrzany 405, 430, 431, 437, 438
mroczek pozłocisty 405, 431, 436, 438
mroczek późny 431
muchłówka mała 425, 426
muchłówka żałobna 426

muflon 436, 480, 481
mysikrólik 426
mysz domowa 433
mysz leśna 432, 436, 437, 438
mysz polna 432
mysz zaroślowa 433
nadobnica alpejska 377
nagórnik 428
niedźwiedziówka babkówka 384
niedźwiedź brunatny 434, 437, 438
niekrocz gniadek 381
niepylak apollo 479
nocek Alcatoe 432
nocek Bechsteina 405
nocek Bechsteina 430, 431, 432, 438
nocek Brandta 430, 437
nocek duży 430, 461
nocek łydkowłosy 430, 438
nocek Natterera 430, 431
nocek orzęsiony 430, 438
nocek rudy 430
nocek wąsatek 430, 436
norka amerykańska 436
nornica ruda 432, 436, 437, 438
nornik bury 432, 436, 437, 438
nornik śnieżny 438
nornik zwyczajny 432, 437, 438
norosz ziemny 362
obrostka 391
ogłodek wiązowiec 297
okoń 407
opusznica piórówka 383
orzechówka 425, 428
orzesznica 433, 436, 437, 461, 472
osa saksońska 392
osadnik 382
pachnica dębowa 477, 481
padalec zwyczajny 413
pałątka pospolita 386
paśnik nawrotnik 383
paśnik oszczepiak 381
paśnik podkolak 383
paśnik podkolak 381
paśnik rudawiak 381
paśnik rudawiak 384
paśnik ślazowiec 381
paśnik włóczniak 381, 383
paśnik zwinnik 384
paśnik zwinnik 381
pawica zyska 383
pełzacz ogrodowy 426
perizoma affinitata 381
perizoma lepniczanka 381
peryzoma goryczanka 380
piecuszek 426
piegża 426
piędzik 383
pliszka cytrynowa 427
pliszka górska 405, 422
pluszcz 405, 423, 428, 481
płochacz halny 405, 423, 428, 461, 481
płoć 406
pobzyg cebularz 387
poczwarówka alpejska 356
poczwarówka alpejska 356
poczwarówka północna 356
poczwarówka prążkowana 356
podkowiec mały 430, 438
podróżniczek 405, 424, 427
pokląskwa 427
pokrzywnica 426, 428
polesiak górski 379
polesiak obramowany 379
pomrok operak 380, 382
pomrok świetlak 380
pomrok wstężniak 383
pomurnik 428
popielica 434, 438, 472
poproch cetyniak 383
przestrojnik 382
przeźrotka Kotuli 356
przeźrotka uszkowata 356
przylepek brodacznik 381
przylepek nabuczak 381, 383
przytulik strumieniowy 356
pstrąg potokowy 406, 407
pstrąg tęczowy 407, 409
pstrąg źródlany 407, 409
puchacz 405, 420, 427, 452, 481
puszczyk 426
rolnica panewka 384
ropucha szara 410, 411, 412
ropucha zielona 410, 411
rozlotlik lilakowiak 381
rudzik 426, 428
rusałka admirał 384
rusałka osetnik 384
rusałka pawik 384
rusałka wierzbowiec 382
rusałka żałobnik 383
ryjówka aksamitna 429, 436, 437, 438
ryjówka górska 405
ryjówka górska 429, 436
ryjówka malutka 429, 436, 437, 438
ryś 405, 435, 437, 438, 452, 479
rytownik pospolity 379
rzęsorek mniejszy 430, 438
rzęsorek rzeczek 429
salamandra plamista 410
sarna 436, 472, 479
siniak 420, 426
siwerniak 405, 422
skowronek 427
skójka perłorodna 354
skrzytek księżyczak 383
słonecznica 406
słonecznica orężówka 381
sokół wędrowny 405, 418, 427, 428, 452
sosnówka 426
sroka 379
sóweczka 405, 420, 421, 426, 427, 428, 481
strzebla potokowa 406, 409, 410
strzygonia choinówka 383
strzyżyk 426
szablak czarny 386
szczupak 407
szczur wędrowny 433
szklarka przeźroczysta 356
szklarnik górski 386
szlaczkoń południowiec 381
ślimak maskowiec 356
ślimak obrzeżony 356, 357
ślimak ostrokrawędzisty 356
ślinik wielki 355
śliz 407, 409, 410
śpiewak 426
świdrzyk łamliwy 356
świdrzyk nadrzewny 356
świergotek drzewny 427, 428
świergotek łąkowy 427
świnka 406
świstak 438
świstunka 426
tchórz 435
traszka górska 410, 411
traszka grzebieniasta 405, 410
traszka zwyczajna 410
troć wędrowna 407
trzmiel gajowy 392
trzmielówka 387
ważka czteroplama 386
wiechetka czubatka 383
wiewiórka 379, 434, 436
wilk 435, 437, 438
witalnik sosnowiak 384
włochatka 405, 421, 428, 461, 481
wójcik 427, 428
wrona 379
wskaźnica modrzewianeczka 279, 462, 468
wydłużak 371
wydra 435, 437, 438
wyrynnik dębowiec 379
zakliniec 375
zalotka torfowcowa 386
zaskroniec zwyczajny 414
zawisak powojowiec 384
zawisak powojowiec 381
zębiełek karliczek 429, 430
zięba 426, 428
żaba moczarowa 410, 412
żaba śmieszka 410, 412
żaba trawna 410
żaba wodna 410, 411
żagnica arktyczna 386
żagnica północna 386, 460
żagnica sina 386
żagnica torfowa 386
żbik 435, 437
żerdzianka 377
żmija zygzakowata 413, 414

Indeks łacińskich nazw gatunków

Sinice i glony

Achnantidium minutissimum 197
Actinotaenium cucurbita 191, 196
Ankistrodesmus falcatus 194
Anomoeoneis serians 191
Aphanochaete repens 197
Bambusina brebissionii 191
Batrachospermum vagum 188
Binuclearia tectorum 191, 194, 197
Botryococcus braunii 191
Botryosphaerella sudetica 189
Chamaesiphon britannicus 197
Chamaesiphon cf. *fuscus* 195, 197
Chamaesiphon incrustans 195, 197
Chamaesiphon sp. 195
Chlorella vulgaris 191
Chroococcus minutus 191, 194
Chroococcus turgidus 191, 196
Chrysosphaera sieminskae 189, 190
Closterium closterioides 192
Closterium idiosporum var. *punctatum* 191
Closterium parvulum 193
Closterium striolatum 193
Cocconeis placentula var. placentula 195, 197
Cocomyxa confluens 196
Cocomyxa sp. 194
Coenochloris sphagnicola 188, 191
Corcontochrysis noctivaga 188, 190
Cosmarium caelatum 188
Cosmarium cf. *ralfsii* 193
Cosmarium cf. *subcrenatum* 193
Cosmarium pygmaeum 191
Cosmarium subtumidum 191
Cosmoastrum brebissonii 192
Cylindrocystis brebissonii 191, 192
Cymbella hebridica 188
Diatoma mesodon 195, 197
Dicranochaete bohemica 188, 197
Dicranochaete reniformis 189
Didymosphenia geminata 195
Dinobryon pediforme 191
Dinobryon serrturalia 191
Encyonema prostratum 195, 198
Euastrum bidentatum var. *bidentatum* 193
Euastrum binale var. *gutwinski* 191
Eucapsis alpina 192, 194
Euglena adhaerens 191
Euglena mutabilis 191, 196
Eunotia exigua 197
Eunotia lapponica 188
Eunotia minor 197
Eunotia muscicola 197
Eunotia sudetica 188, 189, 190, 194, 197
Eunotia tetraodon 195
Fragilaria rumpens 197
Fragilaria virescens 197
Frustulia rhomboides 192, 196
Frustulia rhomboides var. *saxonica* 191
Frustulia saxonica 197
Gloeobotrys sphagnophilus 188
Gloeochrysis montana 188, 190
Gomphonema parvulum 195, 198
Gymnodinium fuscum 194
Gymnodinium sp. 192
Gymnodinium uberrimum 192, 194
Hormotila ramosissima 188, 189, 191
Hyalotheca dissilens 191
Hydrurus foetidus 197, 198
Klebsormidium flaccidum 191
Lagynion ampullaceum 188
Lagynion scherffelii 188
Lepochromulina calyx 188
Mallomonas corcontica 188, 190
Mallomonas leboimei var. *corcontica* 190
Meridion circulare 195, 197
Merismopedia glauca 191
Mesotaenium macrococcum 191
Micrasterias rotata 193
Micrasterias thomasiana var. *thomasiana* 192
Microcystis aeruginosa 194
Microspora pachyderma 191, 194, 197
Microthamnion strictissimum 191
Microthamnion cf. *strictissimum* 196
Monoraphidium cf. *arcuatum* 194
Mougeotia sp. 191, 192, 194, 196
Myxochloris sphagnicola 191
Navicula gregaria 195
Netrium digitus 191
Netrium digitus var. *digitus* 191, 196
Netrium oblongum 196
Nitzschia amphibia 195
Nitzschia fonticola 195
Nitzschia hungarica 195
Nitzschia inconspicua 195
Nitzschia levidensis var. *victoriae* 195
Nitzschia recta 195
Oedogonium itizigsonhii 191
Oocystis solitaria 191, 196
Palmodyction varium 191
Penium cylindrus var. *cylindrus* 193
Penium polymorphum 191
Penium silwae-nigrae 191
Penium spirostriolatum 192
Peridinium umbonatum 191, 194
Phacomyxa sphagnicola 188, 191
Pinnularia borealis 194
Pinnularia lata 188
Pinnularia subcapitata 197
Pinnularia viridis var. *sudetica* 191
Pleurococcus vulgaris 191
Scenedesmus costatus 191
Scytonema sp. 192, 194
Sphaerotilus natans 198
Spondylosium pulchellum 191, 196
Staurastrum aciculiferum 196
Staurastrum bohlinianum 188
Staurastrum capitulum 188
Staurastrum furcatum var. *furcatum* 196
Staurastrum margaritaceum 191, 196
Staurastrum muricatum 191
Staurastrum punctulatum var. *punctulatum* 193
Staurastrum simonyi 191
Staurastrum subavicula 191, 193
Staurastrum teliferum 192
Stephanoporus sphagnicola 188
Surirella biseriata 194
Surirella lineari 191
Surirella ovata 191
Surirella roba 195
Surirella robusta 194
Surirella sp. 192
Synechococcus nidulans 194
Synura sphagnicola 191
Tabellaria flocculosa 192
Tabellaria ventricosa 195, 197
Teilingia granulata 191, 193
Trachelomonas abrupta 193
Trachelomonas intermedia 193
Trachelomonas volvocina 191
Trentepohlia jolithus 190
Ulothrix sp. 191, 194, 197
Xanthidium antilopaeum 191
Zygogonium ericetorum 191

Rośliny

Abies alba 295, 476
Acer negundo 317
Acer pseudoplatanus 296, 476
Achillea stricta 238
Achillea sudetica 224, 225, 231
Aconitum plicatum subsp. *plicatum* 224, 225, 231, 250, 252, 275, 310
Actaea spicata 289
Adenostyles alliariae 224, 250, 275, 350
Adenostyles capillaris 227
Aegopodium podagraria 284, 307
Agrostis capillaris 227, 307
Agrostis gigantea 306
Agrostis rupestris 227, 230
Alchemilla corcontica 234, 235
Alchemilla fissa 234, 237, 262
Alchemilla subcrenata 307
Alchemilla ursina 237
Allium sibiricum 224, 238, 262, 474
Allium victorialis 474
Alnus incana 286
Alopecurus pratensis 230
Anaphalis margaritacea 316
Andreaea nivalis 199, 206
Andromeda polifolia 266, 292, 474
Androsace obtusifolia 238, 239
Anemone narcissifolia 231, 232, 234, 255

Anemone nemorosa 230
Anthoxanthum alpinum 227
Anthoxanthum odoratum 227, 258, 274
Arabis alpina subsp. *alpina* 230, 237, 474
Arctoa fulvella 206
Arnica montana 237, 275
Asarum europaeum 233
Asplenium ruta-muraria 208, 210
Asplenium septentrionale 208, 210
Asplenium trichomanes 210
Asplenium viride 208, 209, 210
Aster novi-belgii 314
Athyrium distentifolium 208, 210, 215, 249, 250, 252, 291, 292
Athyrium filix-femina 208, 210 288, 289
Aulacomnium androgynum 199, 205
Baeothryon alpinum 228, 229, 238, 239, 262, 474
Baeothryon cespitosum 191, 228, 229, 271
Barbilophozia lycopodioides 204
Bartsia alpina 238, 262
Bazzania trilobata 204, 289
Betula oycoviensis 238
Betula pendula 299
Betula pubescens subsp. *carpatica* 231, 232, 238, 250, 297, 353
Blechnum spicant 209, 210
Blindia acuta 262
Botrychium lunaria 208, 210, 213
Botrychium matricariifolium 208
Botrychium multifidum 208
Brachythecium rivulare 202, 203
Brachythecium rutabulum 205
Bryobilimbia hypnorum 330
Bryum arcticum 206
Bryum argenteum 200
Bryum muehlenbeckii 206
Bryum pseudotriquetrum 205
Bryum schleicheri 262
Buckiella undulata (=Plagiothecium undulatum) 204
Buclandiella macounii subsp. *alpinum* 200
Buclandiella sudetica 200
Calamagrostis arundinacea 255, 285, 287
Calamagrostis villosa 226, 249, 250, 251, 253, 254, 255, 256, 249, 289, 291
Calliergon sarmentosum 262
Calluna vulgaris 222, 230, 249, 256, 258, 260, 266
Calypogeia muelleriana 204
Calystegia pulchra 314, 316, 317
Campanula bohemica 234, 236, 474, 310
Campanula persicifolia 238
Campanula rotundifolia subsp. *sudetica* 235
Campyliadelphus stellatus 200
Capsella bursa-pastoris 313
Cardamine amara 286
Cardamine amara subsp. *opizii* 231, 239
Cardamine chelidonia 311, 313
Cardamine flexuosa 238
Cardamine pratensis 233
Cardamine resedifolia 217, 218, 233, 235, 440
Cardaminopsis halleri 307
Carex atrata 275
Carex bigelowii subsp. *rigida* 224, 258, 259, 274
Carex brizoides 310
Carex caryophyllea 238
Carex echinata 266
Carex lasiocarpa 238
Carex limosa 191, 271
Carex magellanica 230, 231, 237, 357, 474, 479
Carex nigra 266
Carex palescens var. *corcontica* 235
Carex pilulifera 287
Carex pulicaris 238
Carex remota 286
Carex rostrata 191, 203, 266, 271
Carex vaginata 226, 230
Carlina acaulis 238
Centaurea phrygia 231
Centaurea pseudophrygia 307
Cephalozia bicuspidata 204
Cerastium holosteoides 480
Ceratodon purpureus 200, 285
Chaerophyllum hirsutum 226, 231, 250, 252, 262, 286
Chamaenerion angustifolium 290
Chamomilla suaveolens 313
Chiloscyphus polyanthus 203
Chrysosplenium oppositifolium 231
Cicerbita alpina 227, 228, 231, 250, 275
Cicerbita macrophylla 315
Cirriphyllum piliferum 205
Cirsium helenioides 226, 230, 306, 307
Cirsium palustre 230
Codriophorus acicularis 202, 203
Codriophorus aquaticus 202, 203
Codriophorus fascicularis 200
Convallaria majalis 255
Corallorhiza trifida 459, 460
Cotoneaster integerrimus 233
Crepis conyzifolia 275
Crepis paludosa 251, 262
Crepis succisifolia 307
Crocus vernus 310
Cryptogramma crispa 207, 208, 210, 211, 214, 260, 474
Cynodontium fallax 206
Cynodontium gracilescens 206
Cynodontium polycarpon 200
Cystopteris fragilis 208, 209, 210, 215
Dactylis glomerata 480
Dactylorhiza fuchsii 310
Dactylorhiza maculata 310
Dactylorhiza majalis 310
Daphne mezereum 255, 476
Dentaria bulbifera 289
Dentaria enneaphyllos 231, 289
Deschampsia caespitosa 251, 252, 254, 262
Deschampsia flexuosa 249, 254, 256, 258, 274, 276, 285, 287, 289, 291
Dianthus deltoides 238
Dianthus speciosus 239
Dichelyma falcatum 206
Dicranella hetereomalla 287
Dicranella palustris 262
Dicranodontium denudatum 200, 204
Dicranoweisia cirrata 199, 200, 205
Dicranum elongatum 206
Dicranum fuscescens 256
Dicranum scoparium 201, 204, 249, 256, 274, 285, 287, 291
Digitalis grandiflora 255
Digitalis purpurea 290, 314, 316, 317
Diobelonella palustris 203
Diphasiastrum alpinum 208, 210, 211, 212, 258, 275
Diphasiastrum complanatum 208, 212
Diphasiastrum issleri 208, 210, 212
Diphasiastrum tristachyum 208
Diphasiastrum zeilleri 208, 210, 212
Drosera rotundifolia 266, 474
Dryopteris carthusiana 210, 288
Dryopteris dilatata 207, 210, 289, 291
Dryopteris expansa 207, 210
Dryopteris filix-mas 210
Empetrum hermaphroditum 266, 275, 474
Empetrum nigrum 256
Epilobium alpestre 252
Epilobium alsinifolium 262
Epilobium anagallidifolium 238, 262
Epilobium nutans 262
Epipcatis palustris 238
Epipogium aphyllum 238
Equisetum arvense 210
Equisetum fluviatile 210
Equisetum palustre 210
Equisetum pratense 210
Equisetum sylvaticum 210
Eriophorum angustifolium 203, 266
Eriophorum vaginatum 271
Euphrasia minima 218, 219, 231, 235, 237, 474
Fagus sylvatica 294, 355, 476
Festuca airoides 224, 227, 231, 259
Festuca airoides var. *vivipara* 223
Festuca altissima 289
Festuca ovina 227
Festuca rubra 307
Festuca versicolor subsp. *versicolor* 226, 237
Filipendula ulmaria 306
Fontinalis antipyretica 200
Fontinalis squamosa 200
Fraxinus excelsior 233
Fumaria officinalis 313
Funaria hygrometrica 200

Galeobdolon luteum 231, 284, 289
Galium odoratum 289
Galium pumilum 239
Galium saxatile 231, 258, 291, 308
Galium sudeticum 234, 235, 237, 474
Galium sylvaticum 238
Galium taurinum 316
Gentiana asclepiadea 224, 249, 256
Gentianella campestris subsp. *suecica* 226, 237, 474
Geranium pratense 230
Geranium sylvaticum 255, 307
Geum montanum 231, 233, 238, 275, 474
Gnaphalium norvegicum 227, 230
Gnaphalium supinum 230, 237, 474, 479
Goodyera repens 239
Gymnocarpium dryopteris 210, 288
Gymnocolea inflata 271
Gymnomitrion coralloides 199, 205
Heracleum sosnovskyii 314, 316, 480
Herzogiella seligeri 200, 205
Herzogiella striatella 201
Hieracium alpinum 259, 273, 275
Hieracium albinum 218, 235
Hieracium apiculatum 235, 238
Hieracium asperulum 235, 238
Hieracium bifidum 239
Hieracium canescens 238
Hieracium chlorocephalum 231, 235
Hieracium corconticum 235
Hieracium decipiens 235
Hieracium engleri 235
Hieracium fiekii 235
Hieracium fritzei 235
Hieracium glandulosodentatum 234, 235
Hieracium mariae-bornmuelleriae 235
Hieracium melanocephalum 235
Hieracium nigrescens 235
Hieracium nigrostylum 235
Hieracium pseudalbinum 234, 235
Hieracium purkynei 235
Hieracium riphaeum 235
Hieracium rohlenae 235
Hieracium saxifragum subsp. *čelakovskyanum* 235
Hieracium schneiderianum 235
Hieracium schustleri 235
Hieracium sudeticum 235
Hieracium tubulosum 235
Hieracium uechtritzianum 235
Holcus lanatus 305
Holcus mollis 307, 308
Homogyne alpina 226, 249, 254, 256, 258, 273, 289, 291, 350
Huperzia selago 210, 212, 259, 273, 275, 289
Hygrohypnum luridum 203
Hygrohypnum molle 206
Hygrohypnum ochraceum 203
Hygrohypnum smithii 203
Hylocomiastrum umbratum 204
Hylocomium splendens 201, 204, 249, 274
Hypericum maculatum 275
Hypnum calichroum 200
Hypnum cupressiforme 204, 285
Hypnum lindbergii 200
Impatiens glandulifera 314, 316, 317, 480
Impatiens noli-tangere 289
Impatiens parviflora 317
Inula conyza 238
Isoëtes lacustris 207, 208, 210, 211, 213
Jovibarba sobolifera 238
Juncus filiformis 266
Juncus tenuis 317
Juncus trifidus 238, 259, 351, 353
Juniperus communis subsp. *alpina* 476
Kiaeria falcata 263
Lathyrus vernus 230
Ledum palustre 238
Leontodon hispidus 275
Leptobryum pyriforme 200
Lescurea saxicola 206
Leucorchis albida 275
Lilium martagon 255
Linnaea borealis 238
Lloydia serotina 218, 230
Lonicera nigra 250
Lophozia floerkei 204
Lophozia longiflora 199
Lophozia lycopodioides 204, 256
Lophozia wenzeli 199
Lotus uliginosus 305
Lupinus polyphyllus 314, 317, 480
Luzula luzulina 291
Luzula luzuloides 254, 256, 285, 286, 287
Luzula spicata 230
Luzula sudetica 224, 258, 275
Luzula sylvatica 226, 291
Lycopodium annotinum 210
Lycopodium clavatum 210
Lysimachia nemorum 226
Lysimachia punctata 314
Majanthemum bifolium 291
Melampyrum nemorosum 284
Melampyrum pratense 285
Melampyrum sylvaticum 226, 275, 289, 291
Melandrium rubrum 307
Melica nutans 230
Mercurialis perennis 284
Meum athamanticum 307
Microstoma encalypta 200
Mimulus guttatus 315, 316, 317, 480
Mniobryum wahlenbergii 262
Mnium hornum 200, 205, 287
Molinia caerulea 262
Montia fontana 316
Montia fontana subsp. *amporitana* 310
Myrrhis odorata 313, 314, 317
Nardus stricta 231, 249, 256
Oligotrichum hercynicum 201, 205
Ophioglossum vulgatum 208, 210
Oreopteris limbosperma 210
Orthodicranum montanum 205
Orthodicranum tauricum 199, 200, 205
Oxalis acetosella 253, 291
Oxycoccus microcarpus 228, 474
Oxycoccus palustris 266, 292, 474
Padus petraea 231, 232, 235, 250, 476
Parnassia palustris 218
Pedicularis sudetica subsp. *sudetica* 234, 235, 236, 238, 262, 353, 474, 479
Pedicularis sylvatica 231
Pellia epiphylla 203
Petasites albus 231, 286
Petasites kablikianus 237
Peucedanum ostruthium 312, 316
Phegopteris connectilis 210
Philonotis seriata 202, 203, 262
Phleum commutatum 224, 225
Phyteuma spicatum 255, 275
Picea abies 281, 293
Pimpinella saxifraga subsp. *rupestris* 226, 234, 235, 237, 474
Pinus mugo 233, 248, 266, 351, 353
Pinus sylvestris 296, 476
Plagiomnium affine 205
Plagiomnium medium 201, 206
Plagiothecium cavifolium 201
Plagiothecium curvifolium 200, 204
Plagiothecium platyphyllum 199
Plagiothecium succulentum 199
Plagiothecium undulatum 289, 291
Plantago major 312, 480
Plantathera chlorantha 459
Plagiothecium undulatum (= Buckiella undulata) 255, 474
Pleurozium schreberi 201, 204, 249, 256, 273, 274, 291
Poa annua 480
Poa chaixii 307
Poa nemoralis 284
Poa trivialis 307
Pogonatum urnigerum 201
Pohlia ludwigii 201, 206, 262
Pohlia obtusifolia 206, 262
Pohlia wahlenbergii 201
Pohlia wahlenbergii var. glacialis 203
Polygonatum verticillatum 226, 284
Polygonum bistorta 251, 253, 254, 262
Polypodium vulgare 210
Polypodium x mantoniae 207
Polystichum aculeatum 210
Polytrichastrum alpinum 201
Polytrichastrum formosum 205, 287, 291
Polytrichum commune 256, 266
Polytrichum juniperinum 285
Polytrichum sexangulare 262
Polytrichum strictum 203, 258, 271
Potentilla aurea 224, 233, 275
Potentilla erecta 262

Prenanthes purpura 226, 255, 284
Primula elatior subsp. *corcontica* 234, 235
Primula minima 220, 221, 222, 231, 233, 262, 275
Prunella vulgaris 480
Prunus avium 476
Pteridium aquilinum 210
Ptilidium ciliare 204
Ptilium crista-castrensis 204
Ptychodium plicatum 200
Puccinella distans 316
Pulsatilla alba 231, 232, 273, 275
Pylaisia polyantha 200
Quercus rubra 317
Racomitrium lanuginosum 259, 273
Ranunculus platanifolius 224, 227, 231, 252, 273, 275
Ranunculus repens 480
Reynoutria japonica 317
Reynoutria sachalinensis 315, 317, 480
Reynoutria x *bohemica* 315, 317
Rhizomnium magnifolium 199, 203
Rhizomnium punctatum 203
Rhodiola rosea 222, 474
Rhytidiadelphus loreus 204, 289
Rhytidiadelphus subpinnatus 201
Rhytidiadelphus triquetrus 201, 204
Rhytidium rugosum 200
Ribes petraeum 233, 250, 476
Rodobryum roseum 201
Rubus chamaemorus 218, 222, 228, 234, 237, 239, 353, 474
Rubus idaeus 249, 290
Rudbeckia laciniata 314
Rumex acetosa 227
Rumex alpestris 227, 249, 252, 253
Rumex alpinus 311, 312, 314, 317, 478, 480
Sagina procumbens 480
Salix herbacea 220, 221, 237, 263, 474
Salix lapponum 230, 235, 239, 251, 353, 476
Salix myrsinifolia 238
Salix silesiaca 231, 233, 249, 251, 299, 476
Sambucus nigra 233
Sambucus racemosa 290
Sanguisorba officinalis 388
Saxifraga bryoides 227, 233
Saxifraga moschata subsp. *basaltica* 220, 226, 234, 235, 238, 334, 474, 479
Saxifraga nivalis 226, 234, 235, 237, 239, 333, 353, 474, 475, 479
Saxifraga oppositifolia 220, 222, 230, 238, 334, 474
Scapania uliginosa 262
Scapania undulata 200, 202, 203
Schistidium agassizii 200
Schistidium flexipile 199
Schistidium papillosum 199
Sciuro-hypnum plumosum 201
Sciuro-hypnum populeum 199
Sciuro-hypnum reflexum 201
Sciuro-hypnum starkei 200, 201
Sedum alpestre 217, 233
Sedum villosum 238
Selaginella selaginoides 208, 210
Senecio fuchsii 284, 290
Senecio hercynicus 250, 252, 253, 255, 273
Silene acaulis 220
Sisymbrium strictissimum 316
Solidago alpestris 227
Solidago canadensis 316, 317
Solidago gigantea 314, 316, 317
Solidago virgaurea 227, 273, 275, 285
Sorbus aucuparia 297, 250, 476
Sorbus aucuparia subsp. *aucuparia* 227, 297
Sorbus aucuparia subsp. *glabrata* 227, 249, 250, 251, 297
Sorbus sudetica 235, 238, 239
Sparganium angustifolium 218, 228, 238
Sphagnum angustifolium 203
Sphagnum balticum 199, 204
Sphagnum brevifolium 199
Sphagnum capillifolium 201, 204
Sphagnum centrale 200
Sphagnum compactum 204, 271
Sphagnum cuspidatum 204
Sphagnum denticulatum 203
Sphagnum fallax 203, 266
Sphagnum flexuosum 203
Sphagnum fuscum 204
Sphagnum girgensohnii 204, 291
Sphagnum inundatum 203
Sphagnum jensenii 199, 206
Sphagnum lindbergii 203, 204, 206, 271
Sphagnum magellanicum 204
Sphagnum majus 271
Sphagnum papillosum 203, 204
Sphagnum platyphyllum 199
Sphagnum riparium 203
Sphagnum rubiginosum 199
Sphagnum russowii 203, 271
Sphagnum squarrosum 203
Sphagnum subsecundum 203
Sphagnum tenellum 204
Sphagnum teres 203, 262
Sphagnum viride 199
Splachnum sphaericum 200
Stellaria graminea 480
Stellaria holostea 284
Straminergon stramineum 203, 204
Streptopus amplexifolius 292
Swertia perennis 228, 262
Syntrichia norvegica 199
Tanacetum macrophyllum 315
Tanacetum parthenium 315
Taraxacum alpestre 235, 238
Taylora acuminata 206
Taylora serrata 200
Telekia speciosa 314
Tetraplodon angustatus 200
Tetrodontium brownianum 206
Thalictrum aquilegiifolium 252, 286
Thelypteris palustris 208
Thesium alpinum 255
Thuidium tamariscinum 204, 205
Thymus alpestris 237
Tilia cordata 233
Tortella tortuosa 200
Tortula muralis 200
Tragopogon pratensis 231
Trientalis europaea 249, 256, 291
Trifolium repens 312, 480
Tussilago farfara 351
Ulmus glabra 297, 476
Urtica dioica 317, 480
Vaccinium myrtillus 249, 254, 256, 258, 260, 266, 273, 275, 285, 287, 291, 355
Vaccinium uliginosum 256, 273, 275, 276, 292, 474
Vaccinium vitis-idaea 222, 249, 256, 258, 260, 273, 275, 276, 285, 291
Valeriana sambucifolia 252
Veratrum lobelianum 224, 230, 249, 250, 252, 253, 255, 262, 292
Veronica alpina subsp. *pumila* 235, 239, 459, 474
Veronica bellidioides 218, 238, 459, 460
Veronica montana 289
Viburnum opulus 476
Viola arvensis 313
Viola biflora 275
Viola lutea subsp. *sudetica* 237
Viola palustris 262, 266
Viola reichenbachiana 284
Warnstorfia exannulata 200
Warnstorfia fluitans 204, 265, 268, 271
Warnstorfia sarmentosa 202, 204
Woodsia alpina 208, 210, 211, 214, 334, 474, 475

Porosty

Absconditella lignicola 328
Acarospora fuscata 321
Acarospora glaucocarpa 336, 337
Acarospora moenium 336, 337
Adelolecia pilati 323, 333, 336
Alectoria ochroleuca 259, 330, 333
Alectoria nigricans 330, 333
Aspicilia microlepis 332, 333, 334
Aspicilia pelobotryoides 332
Bacidia coniangioides 330, 332
Baeomyces rufus 331, 332
Baeomyces speciosus 332
Bellemerea alpina 323, 333, 336
Bellemerea cinereorufescens 323, 333
Belonia russula, 332, 333, 334
Brodoa fuscoatra 333

Brodoa intestiniformis 321, 322, 323, 333
Buellia chloroleuca 332
Buellia spuria 334
Caeruleum heppii 337
Calogaya decipiens 337
Caloplaca ammiospila 333
Caloplaca cerina var. *muscorum* 330
Caloplaca citrina 336, 337
Caloplaca crenulatella 336, 337
Caloplaca decipiens 337
Caloplaca holocarpa 337
Caloplaca nivalis 333
Calvimetela armeniaca 323, 333
Candelariella aurella 336, 337
Candelariella vitellina 337
Carbonea vorticosa 333
Catapyrenium cinereum 336
Catillaria contristans 330
Catolechia wahlenbergii 333
Cetraria islandica 256, 258, 273, 274, 276
Chaenotheca brunneola 329
Chaenotheca xyloxena 329
Chrysotrix chlorina 321
Cladonia digitata 329
Cladonia macilenta 285
Cladonia ochrochlora 329
Cladonia polydactyla 329
Cladonia uncialis 274, 285
Coenogonium pineti 329
Cornicularia normoerica 323, 333
Dermatocarpon miniatum 335
Dimerella pineti 329
Eiglera flavida 337
Evernia divaricata 325
Flavocetraria cucullata 259, 330, 333
Flavocetraria nivalis 259, 275, 330, 333
Flavoplaca citrina 337
Fritzea lamprophora 332, 334
Frutidella caesioatra 333
Fuscidea kochiana 321
Fuscidea mollis 333
Fuscopannaria praetermissa 333
Gyalecta biformis 332, 334
Gyalecta russula 332
Helocarpon crassipes 330
Hypocenomyce scalaris 325, 329
Hypogymnia physodes 326, 327, 328, 329
Ionaspis chrysophana 332
Koerberiella wimmeriana 332
Lecania sylvestris 337
Lecanora albescens 336, 337
Lecanora conizaeoides 325, 327, 329
Lecanora dispersa 336, 337
Lecanora intricata 321, 337
Lecanora intumescens 326
Lecanora leptacina 330
Lecanora muralis 336, 337
Lecanora polytropa 321, 337
Lecanora semipallida 336, 337
Lecanora soralifera 336
Lecanora tephraea 332
Lecanora transcendens 329
Lecidea fuscoatra 321
Lecidea lactea 321
Lecidea nodulosa 332
Lecidea praenubila 333
Lecidea sudetica 332
Lecidella bullata 331, 332, 333
Lecidella stigmatea 337
Lecidoma demissum 333
Leptogium imbricatum 331, 333, 335
Letharia vulpina 325
Lichenomphalia umbellifera 329
Lobaria linita 333
Lobarina srobiculata 325
Massalongia carnosa 330
Melanelia stygia 333
Menegazzia terebrata 325
Micarea botryoides 325, 329
Micarea prasina 325, 329
Miriquidica complanata 332
Miriquidica garovaglioi 333
Mycobilimbia hypnorum 331
Mycoblastus sanguinarius 328
Myriospora heppii 337
Nephroma bellum 325
Nephroma resupinatum 325
Ochrolechia upsaliensis 333
Parmelia saxatilis 321
Parmeliopsis ambigua 326, 327
Peltigera venosa 333
Pertusaria chiodectonoides var. *inquinata* 334
Pertusaria coccodes 326
Pertusaria glomerata 331, 333
Pertusaria lactescens 334
Phaeophyscia nigricans 337
Physcia caesia 337
Physcia dubia 337
Placidium rufescens 331, 335
Placynthiella dasaea 329
Platismatia glauca 328
Pleopsidium chlorophanum 323, 333, 326
Porina grandis 332
Porina sudetica 330, 332
Porpidia superba 332, 333
Protoblastenia siebenhaariana 332, 335
Protoparmeliopsis muralis 333
Protothelenella corrosa 332
Protothelenella sphinctrinoidella 330
Pseudephebe pubescens 321
Pseudevernia furfuracea 327, 329
Psora decipiens 335
Psoroma hypnorum 333
Rhizocarpon alpicola 321, 322
Rhizocarpon anaperum 335
Rhizocarpon geographicum 321, 322
Rhizocarpon hochstetteri 336
Rhizocarpon polycarpum 321
Rhizocarpon postumum 334
Rhizocarpon reductum 321
Rhizocarpon subgeminatum 332
Rhizocarpon sublucidum 334
Rinodina castanomelodes 337
Rinodina milvina 323, 333
Rusavskia elegans 337
Sarcogyne regularis 336
Scytinium imbricatum 330, 333, 335
Solorina bispora 331, 333
Solorina crocea 333
Solorina saccata 335
Solorina spongiosa 333
Sphaerophorus fragilis 323, 333
Sporodictyon cruentum 332, 333
Stereocaulon alpinum 333
Stereocaulon nanodes 336
Stereocaulon vesuvianum 321
Thamnolia vermicularis 259, 273, 274, 275, 330, 331, 333
Thelidium minimum 337
Trapelia coarctata 337
Trapeliopsis flexuosa 327
Trapeliopsis granulosa 331
Trapeliopsis pseudogranulosa 331
Tremolecia atrata 333, 336
Umbilicaria cylindrica 321, 323, 324
Umbilicaria deusta 323
Umbilicaria hyperborea 323
Umbilicaria polyphylla 323, 324
Umbilicaria proboscoidea 323
Umbilicaria torrefacta 323
Usnea dasopoga 326
Usnea filipendula 326
Varicellaria rhodocarpa 332
Verrucaria basaltica 332
Verrucaria latebrosa 332
Verrucaria muralis 337
Vulpicida pinastri 328
Xanthocarpia crenulatella 337
Xanthomendoza fulva 335
Xanthoria elegans 337
Xanthoria fulva 336
Xylographa minutula 332
Xylographa paralella 329

Grzyby i śluzowce

Alternaria alternata 353
Amanita phalloides 344
Amanita regalis 344, 346
Amanita rubescens 340
Amanita spissa 344
Amanita virosa 340
Anthostomella chionostoma 353
Antrodiella hoehnalii 341
Armillaria ostoyae 344
Arthrinium puccinioides 351
Bolbitius reticulatus 341
Boletinus cavipes 347
Boletus calopus 340, 341
Boletus edulis 340
Boletus luridiformis 340
Boletus reticulatus 340

Bondarzewia montana 347
Botrytis cinerea 353
Brunnipila calycioides 353
Calocera viscosa 344
Cantharellus cibarius 340
Cantharellus friesii 340
Ceratiomyxa fruticulosa 355, 356
Chamonixia caespitosa 348
Cheimonophyllum candidissimum 348
Cladosporium cladosporioides 353
Clathrus archeri 349, 480
Clavariadelphus pistillaris 343, 344
Clavulina coralloides 347
Climacocystis borealis 344
Clitocybe obolus 348
Coleosporium sonchi 350
Coleosporium tussilaginis 351, 352
Conocybe vestita 348
Coprinus miser 348
Coprinus picaceus 343
Corinarius armillatus 347
Coronellaria caricinella 353
Cortinarius atrocoeruleus 348
Cortinarius bolaris 340
Cortinarius ochroleucus 348
Cortinarius stemmatus 348
Cortinarius torvus 340
Cortinarius uliginosus 344
Craterium brunneum 356
Creolophus cirrhatus 341
Crepidotus applanatus 341
Cribraria macrocarpa 354
Cribraria rubiginosa 356
Daedalopsis confragosa 341
Delicatula integrella 344
Diderma alpium 355
Diderma niveum 355
Diderma niveum var. *ferrugineum* 355
Diderma ochraceum 354
Diplocarpon impressum 353
Ducellieria corcontica 188
Erysiphe alphitoides 351
Erysiphe hypophylla 351
Flammulaster muricatus 341
Fomes fomentarius 341, 379
Fomitopsis piniola 347
Fuligo septica 354, 356
Galerina badipes 348
Galerina hypnorum 347
Galerina paludosa 347
Galerina sphagnorum 347
Ganoderma applanatum 341
Geastrum triplex 343
Gloeophyllum odoratum 344
Gloeophyllum sepiarium 344
Gnomonia chamaemori 353
Gymnosporangium confusum 350
Hericium coralloides 341, 342
Hiericium flagellum 347, 458
Heterobasidion annosum 344
Hygrocybe lepida 348
Hygrocybe punicea 348
Hygrocybe turunda 348
Hygrophorus olivaceoalbus 344, 347
Hypoxylon fragiforme 341
Hysteropezizella diminuens 353
Inocybe hystrix 348
Inocybe sambucina 348
Inonotus radiatus 344
Lachnum juncisedum 348
Lactarius blennius 340
Lactarius camphoratus 344
Lactarius deliciosus 347
Lactarius deterrimus 344
Lactarius helvus 344, 347
Lactarius lignyotus 344
Lactarius poronnisis 347
Lactarius rufus 344, 347
Lactarius spinulosus 348
Lamproderma carestianum 355
Lamproderma maculatum 355
Lamproderma sauteri 355
Leocarpus fragilis 354
Lepidoderma aggregatum 355
Lepidoderma carestianum 355
Lycogala epidendrum 354, 356
Lycoperdon echinatum 343
Lyophyllum palustre 347
Marasmius limosus 348
Melampsora epitea 351
Melampsora mixta 350
Meripilus giganteus 341
Metatrichia floriformis 354
Mitrula paludosa 347
Mollisia subglacialis 348
Mutinus caninus 341
Mutinus ravenellii 349
Mycena viridimarginata 344, 345
Mycosphaerella punctiformis 353
Oligoporus caesius 344
Oligoporus stypticus 344
Oudemansiella mucida 341
Phaeocollybia christinae 348
Phaeocollybia lugubris 348
Phaeosphaeria alpine 351
Pholiota limonella 341, 342
Phylactinia fraxini 351
Phylactinia guttata 351
Physarum albescens 355
Physarum album 354
Physarum alpinum 355
Pleurocybella porrigens 344, 346
Plicatura crispa 344, 345
Pluteus hispidulus 341
Pluteus pulmonarius 341
Pluteus umbrosus 341
Psathyrella cotonea 343
Pseudodiplodia ligniaria 353
Psilocybe elongata 347
Psilocybe rugosoannulata 349
Puccinia conglomerate 350
Puccinia poarum 351, 352
Ramaria stricta 341
Ramicola centunculus 341
Rodvayella cirinula 348
Russsula mustelina 347
Russula aeruginascens 347
Russula claroflava 347
Russula decolorans 347
Russula emetica 347
Russula ochroleuca 344
Russula violeipes 344
Rusula fellea 340
Rusula mairei 340
Sawadea adunca 351
Sawadea bicornis 351
Sawadea tulasnei 351
Sclerotinia sclerotiorum 353
Setulipes androsaceus 344
Sparassis crispa 459
Stemonitis fusca 354
Stemonitis fusca 356
Stereum hirsutum 341
Suillus grevillei 347
Suillus luteus 347
Suillus placidus 349
Suillus variegatus 347
Suillus viscidus 347
Trametes gibbona 341
Trametes versicolor 341
Trichia alpina 355
Trichia contorta 354
Trichia varia 354, 355, 356
Tricholomopsis decora 344
Tubulifera arachnoidea 355, 356
Ulocladium botrytis 353
Uromyces cacaliae 350
Vibressea truncorum 347, 348
Xeromphalina campanella 344

Zwierzęta

Absidia schoenherri 379
Acantholycosa norvegica 366, 367
Aculepeira ceropegia 371
Aderus populneus 379
Aegolius funereus 405, 421, 461
Aeshna coerulea 392
Aeshna cyanea 392
Aeshna juncea 392
Aeshna subarctica 392
Agabus biguttatus 376
Agathidium nigripenne 376
Agathidium rotundatum 376
Aglia tau 389
Agnyphantes expunctus 367, 369
Agrenia bidenticulata 372
Agrius convolvuli 390
Agrius convolvuli 387
Agrochola circellaris 389
Alauda arvensis 427
Alcis bastelbergeri 387
Allogamus uncatus 391

Alopecosa cuneata 367
Alopecosa pinetorum 369
Alopecosa pulverulenta 371
Alopecosa taeniata 366, 368
Amara erratica 374
Amaurobius fenestralis 370
Ameletus inopinatus 391
Ampedus aethiops 381
Ancistronycha abdominalis 379
Ancylus fluviatilis 362
Androprosopa nigra 395
Anguis fragilis 413
Anidorus nigrinus 379
Anisotoma humeralis 376
Anthaxia cichorri 381
Anthaxia helvetica helvetica 381
Anthaxia quadripunctata 381
Anthus pratensis 427
Anthus spinoletta 405, 422
Anthus trivialis 427
Apamea rubrirena 387
Apamea rubrirena 389
Apatania muliebris 391
Apatura iris 388
Apeira syringaria 387
Aplocera praeformata 387
Apodemus agrarius 432
Apodemus flavicollis 432
Apodemus sylvaticus 433
Araeoncus crassiceps 368
Araneus diadematus 370
Araneus marmoreus 370
Araneus nordmanni 366, 369
Araniella alpica 366, 370
Araniella cucurbitina 370
Arctosa alpigena lamperti 368
Arctosa lutetiana 371
Argynnis aglaja 389
Argynnis paphia 389
Arion rufus 361
Arrhopalites principalis 372
Arvicola amphibius 433
Asianellus festivus 371
Asthenargus helveticus 366
Atheta aeneipennis 377
Atheta allocera 379
Atheta procera 379
Atheta setigera 379
Atheta tibialis 377
Autographa gamma 390
Baetis alpinus 391
Balea perversa 362
Barbastella barbastellus 430, 431
Barbatula barbatula 406, 407, 409, 410
Bolyphantes alticeps 366, 369
Bolyphantes luteolus 367, 368, 369
Bombina bombina 411
Bombus lucorum 398
Bonasa bonasia 415
Bubo bubo 405, 420
Bufo bufo 411, 412
Bufo viridis 411
Buprestis haemorrhoidalis 381
Callobius claustrarius 368, 369, 370
Canis lupus 435
Cantharis lateralis 379
Cantharis rufa 379
Cantharis tristis 379
Capnia vidua 391
Capreolus capreolus 436
Carabus auronitens 374
Carabus intricatus 374
Carabus linnaei 374
Carabus sylvestris sylvestris 374
Carabus sylvestris transsylvanicus 374
Carabus violaceus 374
Carassius carassius 406
Carassius gibelio 406
Carduelis cannabina 427
Carduelis flammea 405, 425, 426
Carpodacus erythrinus 427
Celastrina argiolus 388
Centromerita bicolor 368
Centromerus arcanus 366, 367, 368
Centromerus pabulator 367, 368, 369, 370, 371
Ceratophysella cavicola 373
Certhia brachydactyla 426
Cervus elaphus 436, 466
Chaetopteryx villosa 391
Charadrius morinellus 405, 419, 420
Chloroclystis v-ata 387
Chlorops speciosus 395
Choleva nivalis 376
Chondrostoma nasus 406
Chrysolina fastuosa 383
Chrysomela lapponica 383
Cidaria fulvata 389
Cinclus cinclus 405
Cinclus cinclus aquaticus 423
Cis denatatus 379
Clausilia cruciata 362
Clubiona kulczynskii 369
Clubiona alpicola 366, 370
Coelotes atropos 367, 369, 370, 371
Coelotes terrestris 366, 367, 368, 369, 370
Coelotes terrestris 368
Colias croceus 387
Columba oenas 420
Columba palumbus 426
Comibaena bajularia 389
Cordulegaster bidentatus 392
Cosmotriche lobulina 390
Cosmotriche lunigera 389
Cottus gobio 406, 407, 410
Cottus poecilopus 406
Crepidostomum farionis 408
Crocallis elinguaria 389
Crocidura suaveolens 429
Cryphalus piceae 385
Cryphia algae 389
Cryphoeca silvicola 368
Cryptophagus deubeli 379
Cryptophagus lapponicus 379
Cryptophagus lycoperdi 379
Ctenicera cuprea 381
Cybaeus angustiarum 367, 368, 369
Cybocephalus politus 379
Cyprinus carpio 406
Dasypoda altercator 397
Dasypolia templi 390
Deharvengiurus denisi 372
Delina carbonaria 394
Dendroxena quadrimaculata 376
Denticollis rubens 381
Deuteraphorura cebennaria 372
Deuteraphorura cebennaria 373
Deuteraphorura silesiaca 372
Deutonura albella 372
Deutonura conjuncta 372
Diacanthous undulatus 381
Diaea dorasta 370
Dicymbium tibiale 367
Dina lineata 359
Diplocephalus cristatus 367
Diplocephalus helleri 366
Diplocephalus latifrons 366
Diplocephalus permixtus 370
Discocerina glaucella 394
Discus ruderatus 362
Diura bicaudata 391
Dixa dilatata 395
Dixa puberula 395
Dolichovespula saxonica 398
Dorytomus longimanus 385
Drepanotylus uncatus 368, 371
Drosophila nigrosparsa 395
Drusus discolor 391
Dryocoetes autographus 385
Dryocoetes hectographus 385
Dryocopus martius 421, 426
Dytiscus latissimus 376
Dytiscus marginatus 376
Ecdyonurus forcipula 391
Elodes limbata 379
Elodes minuta 379
Elophos vittaria 389
Elophos dilucidaria 386, 390
Elophos operaria 386, 388, 390
Elophos vittaria 387
Empis borealis 394
Entelecara flavipes 369
Entephria caesiata 389
Entephria caesiata 387
Epirrhoe galiata 389
Epirrita autumnata 389
Eptesicus nilssoni 405, 431
Eptesicus serotinus 431
Epuraea silesiaca 379
Epuraea silesiaca 379
Erebia epiphron 387
Erebia epiphron 390

Erebia epiphron silesiana 387
Erebia euryale 390
Erebia ligea 388, 390
Erebia medusa 388
Erigone atra 366, 367, 368
Erinaceus europaeus 428, 429
Erinaceus roumanicus 428, 429
Eristalis arbustorum 393
Eristalis nemorum 393
Erithacus rubecula 426
Erpobdella monostriata 359
Erpobdella octoculata 359
Esox lucius 407
Eucnecosum brachypterum 377
Eucobresia diaphana 362
Euglenes pygmeus 379
Eupithecia abietaria 389
Eupithecia silenata 390
Eupithecia sinuosaria, 387
Eupithecia veratraria 387
Eupithecia veratraria 390
Eusphalerum alpinum 377
Eusphalerum anale 379
Evodinus clathratus 383
Fagivorina arenaria 387, 389
Falco peregrinus 405, 418
Felis silvestris 435
Ficedula hypoleuca 426
Ficedula parva 425
Folsomia inoculata 372
Folsomia sensibilis 372
Folsomia tesaři 372, 373
Formica rufa 397
Fringilla coelebs 426
Gasterosteus aculeatus 407
Gastrophysa viridula 383
Gaurax strobilum 395
Gesostiba circellaris 377
Glacies alpinata 386
Glacies alpinata 390
Glaucidium passerinum 405, 420, 421
Glaucops hirsutus 395
Glossiphonia heterolicta 359
Glossiphonia complanata 359
Gnaphosa lapponum 367
Gobio gobio 406
Gonioctena intermedia 383
Gonioctena interposita 383
Gonioctena pallida 383
Gonioctena quinquepunctata 383
Haliaeetus albicilla 405, 418
Harpactea lepida 369, 370
Harpalus melletii 374
Helicigona lapicida 362
Helicodonta obvoluta 362, 363
Helicoverpa armigera 387
Heliophanus dampfi 366, 368, 370
Helobdella stagnalis 359
Helophora insignis 370
Helophorus glacialis 376
Helophorus nivalis 376
Hemiclepis marginata 359
Heriaeus oblongus 371
Herminia tarsicrinalis 390
Herminia grisealis 389
Hyadina guttata 394
Hyadina nitida 394
Hydnobius spinipes 376
Hydraena dentipes 376
Hydriomena ruberata 387
Hydriomena ruberata 390
Hydrobus piceus 376
Hydroporus ferrugineus 376
Hyloniscus riparius 359
Hylurgops glabratus 385
Hylurgops palliatus 385
Hymenaphorura dentifera 372
Hymenaphorura improvisa 372
Hymenaphorura nova 372
Hymenaphorura parva 372
Hypena obesalis 389
Hypogastrura brevifurca 373
Hypogastrura brevifurca 372
Hypogastrura monticola 372
Iberina montana 370
Ichthyosaura alpestris 410, 411
Idaea serpentata 389
Idaea inquinata 387
Idaea ochrata 389
Idaea seriata 387
Idolus picipennis 381
Improphantes nitidus 371
Inachis io 390
Ips amitinus 385
Ips typographus 279, 385
Isognomostoma isognomostomos 362
Isoperla sudetica 391
Isotomurus palliceps 372
Janetiella pulchella 364
Labidostomma denticulata 363, 364
Labidostomma luteum 363
Lacerta agilis 413
Lampetra planeri 405, 406, 407
Larentia clavaria 387
Lasiocampa quercus 389
Lasiomata maera 388
Lasiomata megera 388
Laspeyria flexula 389
Leiodes lucens 376
Leistus montanus corconticus 374
Lepthyphantes nodifer 371
Lestes sponsa 392
Leucaspius delineatus 406
Leuciscus cephalus 407
Leuciscus idus 407
Leuciscus leuciscus 406
Leucorrihinia dubia 392
Leuctra inermis 391
Leuctra nigra 391
Libellula quadrimaculata 392
Limnelia quadrata 394
Limnephilus bipunctatus 391
Limnephilus griseus 391
Limnephilus sparsus 391
Limnius perrisi 376
Linyphia hortensis 370
Linyphia triangularis 369, 370, 371
Lissotriton vulgaris 410
Lithax niger 391
Lochmaea capreae 383
Loxia curvirostra 261
Luscinia svecica 405, 424
Luscinia svecica svecica 405, 424
Lutra lutra 435
Lynx lynx 405, 435
Macaria liturata 390
Macroglossum stellatarum 390
Maculinea nausithous 388
Maculinea teleius 388
Maniola jurtina 388
Mansuphantes arciger 369
Margaritifera margaritifera 360
Marmota marmota 438
Maro lepidus 367, 370
Maro lehtineni 367
Maro sublestus 365, 367
Martes foina 435
Martes martes 435
Mastigusa macrophthalma 371
Mecynargus morulus 367
Megaphthalmoides unilineatus 394
Meioneta milleri 369, 370
Meioneta rurestris 367
Meles meles 435
Meloe violaceus var. montanus 379
Merodon equestris 393
Metellina mengei 370
Metopobactrus prominulus 368
Micranurida granulata 372
Micrargus herbigradus 367
Microlinyphia pusilla 368
Microneta viaria 369, 370
Microprosopa pallicauda 394
Microtus agrestis 432
Microtus arvalis 432
Microtus nivalis 438
Microtus tatricus 438
Minota obesa 383
Mioxena blanda 369
Monochamus sp. 383
Monticola saxatilis 428
Motacilla cinerea 405, 422
Motacilla citreola 427
Mughiphantes mughi 367, 368, 369, 370, 371
Mus musculus 433
Muscardinus avellanarius 433, 461
Mustela erminea 435
Mustela nivalis 435
Mustela putorius 435
Mycomya sp. 396
Myllaena kraatzi 377
Myodes glareolus 432

Myotis alcathoe 432
Myotis bechsteinii 430, 431
Myotis bechsteinii 405
Myotis brandti 430
Myotis dasycneme 430
Myotis daubentonii 430
Myotis emarginatus 430
Myotis myotis 430, 461
Myotis mystacinus 430
Myotis nattererii 430, 431
Myoxus glis 434
Natrix natrix 414
Neodiprion sertifer 397
Neodiscopoma splendida 364
Neoechinorhynchus rutili 408
Neomys anomalus 430
Neomys fodiens 429
Neon reticulatus 370
Neottiura bimaculata 370
Neovison vison 436
Nicrophorus vespilloides 376
Norellisoma lituratum 394
Norellisoma nervosum 394
Nostima picta 394
Nucifraga caryocatactes 425
Nucifraga caryocatactes caryocatactes 425
Nyctalus leisleri 431
Nyctalus noctula 431
Nyctereutes procyonoides 436
Nymphalis antiopa 389
Nymphalis polychloros 388
Oedemara podagrariae 380
Oedemera tristis 379
Oedothorax retusus 366
Oiceoptoma thoracicum 376, 377
Oligaphorura groenlandica 373
Oligotricha striata 391
Oncorhynchus mykiss 406, 407, 409
Oodinychus ovalis 364
Operophtera brumata 389
Operophtera fagata 389
Opisthograptis luteolata 390
Orchesella alticola 372, 373
Orchesella alticola 372
Oreina alpestris 383
Oreodytes sanmarkii 376
Oreoneta tatrica 367, 369, 370, 371
Oreonetides vaginatus 367
Orithales serraticornis 381
Orogastrura parva 372
Orthonychiurus stachianus 372
Oscinella nigerrima 395
Othius angustus 377
Othius lapidicola 377
Othius subuliformis 377
Otiorhynchus fuscipes 385
Otiorhynchus niger 385
Otiorhynchus subdentatus 385
Otostephanos jolantae 359
Oulema gallaeciana 383
Oulema melanopus 383, 384
Ovis ammon (musimon) 436, 480
Oxypoda lugubris 379
Oxypoda parvipennis 379
Oxypoda praecox 379
Oxypoda skalitzkyi 379
Oxytelus sp. 378
Ozyptila trux 367
Pachyta lamed 383
Parascotia fuliginaria 389
Parasemia plantaginis. 390
Pardosa amentata 371
Pardosa pullata 370, 371
Pardosa riparia 368, 370
Pardosa saltuaria 366, 367, 368
Pardosa sordidata 368
Pardosa sphagnicola 368
Parnassius apollo 479
Paroxyna archyrophori 394
Paroxyna doronici 395
Paroxyna loewiana 395
Passer montanus 426
Pelecopsis radicicola 370
Pelobates fuscus 411
Pelophylax esculentus 411
Pelophylax ridibundus 412
Perca fluviatilis 407
Periparus ater 426
Perizoma obsoletata 386
Philonthus nigrita 377
Phlogophora scita 389
Phoenicurus ochruros 428
Phoxinus phoxinus 406, 409
Phylloscopus sibilatrix 426
Phylloscopus trochiloides 427
Phylloscopus trochilus 426
Phymatura brevicollis 377
Picus canus 422
Pieris rapae, 390
Pipistrellus nathusii 431
Pipistrellus pipistrellus 430
Pipistrellus pygmaeus 431
Pirata piraticus 368, 369
Piratula hygrophila 369
Pisidium casertanum 362
Pitymys subterraneus 432
Pityogenes bidentatus 385
Pityokteines curvidens 385
Platycerus caraboides 381, 383
Platypus cylindrus 385
Plecotus auritus 430
Plectrocnemia conspersa 391
Plusia putnami 387
Poeciloneta variegata 371
Polydrusus amoenus 385
Polygraphus poligraphus 385
Porcellium collicolum 359
Porrhomma campbelli 371
Porrhomma oblitum 370, 371
Potamophylax latipennis 391
Protodeltote pygarga 390
Protonemura auberti 391
Protonemura brevistyla 391
Prunella collaris 405, 423, 461
Prunella modularis 426
Pseudanurophorus binoculatus 372
Pseudopachychaeta ruficeps 395
Pseudopanthera macularia 389
Pseudorasbora parva 406
Psila audouini 394
Psila efebvrei 394
Psila humeralis 394
Psodos quadrifaria 386, 387, 388, 390
Pteroloma forsstroeemii 376
Pterostichus cordatus 374
Pterostichus diligens 374
Pterostichus negligens 374
Pterostichus rufitarsis 374
Pterostichus sudeticus 374
Pterostichus unctulatus 374
Ptilodon cucullina 389
Ptilophora plumigera 389
Pungeleria capreolaria 389
Pyrrhula pyrrhula 426
Pytho abieticola 379
Pytho depressus 379
Quedius alpestri 379
Quedius fuliginosus 377
Quedius limbatus 377
Quedius paradisianus 377
Quedius punctatellus 377
Quedius punctatellus 377
Rana arvalis 412
Rana temporaria 412
Rattus norvegicus 433
Regulus regulus 426
Rhagium bifasciatum 383, 384
Rhagium inquisitor 383
Rheumaptera hastata 387
Rheumaptera subhastata 387, 389
Rhinolophus hipposideros 430
Rhinoprora rectangulata. 387
Rhithrogena corcontica 391
Rhodometra sacraria 387
Rhyacia lucipeta 389
Rhyacophila fasciata 391
Robertus lividus 367
Robertus scoticus 367, 370
Robertus truncorum 367, 370
Rosalia alpina 383
Rotaria inoculata 359
Rupicapra rupicapra 438
Rutilus rutilus 406
Salamandra salamandra 410
Salmo trutta m. fario 406, 407, 408
Salmo trutta m. trutta 406, 407
Saloca diceros 369, 370, 371
Salvelinus alpinus 405, 409
Salvelinus fontinalis 406, 407, 409
Saraiella parva 395
Saraiella rotunda 395
Saxicola rubetra 427

Scaphidium quadrimaculatum 378
Scatella palludum 394
Scatella sibilans 394
Schaefferia emucronata 373
Schaefferia willemi 372
Schaefferia willemi 373
Sciurus vulgaris 434
Scotopteryx moeniata 389
Scotylus scotylus 297
Sejus togatus 364
Selenia lunularia 389
Semilimax kotulai 362
Semljicola faustus 368
Sericus subaeneus 381
Sinodendron cylindricum 381
Sintula cornigera 367
Siphlonurus lacustris 391
Sitta europaea 426
Sminthurinus alpinus 372
Sminthurinus gisini 372
Somatochlora alpestris 392, 393
Sorex alpinus 429
Sorex alpinus 405
Sorex araneus 429
Sorex minutus 429
Spargania luctuata 387
Spargania luctuata. 390
Staphylinus erythropterus 377
Stemonyphantes conspersus 366
Strix aluco 426
Suillia nudipes 394
Sus scrofa 436
Sylvia atricapilla 426
Sylvia curruca 426
Sympetrum danae 392
Syngrapha interrogationis 390
Syngrapha ain 389
Syngrapha interrogationis 387
Tachinus elongatus 377
Talpa europaea 429
Tenuiphantes mengei 369, 370
Tenuiphantes tenebricola 367, 369, 370
Tephritis arnicaes 395
Tephritis crepidis 394
Tetracanthella brachyura 372
Tetracanthella brachyura 373
Tetracanthella fjellbergi 372
Tetragnatha extensa 370
Tetrao tetrix 405, 415
Tetrao urogallus 405, 418
Tetrodontophora bielanensis 372, 373
Tetropium fuscum 383
Tetropium castaneum 383
Thaumalea austriaca 395
Thaumalea bezzii 396
Thaumalea miki 395
Thaumalea tatrica 395
Thaumalea vaillanti 395
Thaumanura carolii 372
Themira superba 395
Thymallus thymallus 405, 409
Tichodroma muraria 428
Tinca tinca 406
Tipula subnodicornis 394
Tr isateles emortualis 389
Trachelipus ratzeburgi 359
Trachytes aegrota 364
Trachytes irenae 364
Trachytes minima 364
Trachytes montana 364
Tragosoma depsarium 383
Trichosea ludifica 389
Triturus cristatus 405, 410
Trochosa spinipalpis 368
Trochosa terricola 371
Troglodytes troglodytes 426
Trypodendron lineatum 385
Turdus philomelos 426
Turdus torquatus 405, 424
Ursus arctos 434
Uzelia dahli 372
Vanessa atalanta 390
Vanessa cardui 390
Venusia cambrica 387
Venusia cambrica 390
Vertigo alpestris 362
Vertigo arctica 362
Vertigo substriata 362
Vespertilio murinus 405, 431
Vespertilio murinus 430
Vipera berus 414
Vitrea diaphana 362
Volucella zonaria 393
Vulpes vulpes 435
Walckenaeria nudipalpis 368
Walckenaeria unicornis 370
Xanthorhoe in-cursata 389
Xestia c-nigrum 390
Xestia ditrapezium 390
Xestia speciosa 387
Xestia speciosa 389
Zeiraphera grisenana 279
Zootoca vivipara 413