

Arktoalpínská tundra Krkonoš

V základním biogeografickém členění Země zaujímá biom tundry přibližně 2,3 % rozlohy všech terestrických biotů a má výrazné cirkumpolární rozšíření na území Severní Ameriky i Eurasie včetně Grónska a Islandu, na jižní poloce se vyskytuje pouze roztroušeně v antarktické oblasti (na jižním konci Patagonie). Jižním směrem přechází plynule do biomu severské tajgy, která pokrývá téměř 6 % rozlohy pevniny v severních zeměpisných šířkách obou zmíněných kontinentů. Specialisté na severskou biogeografii spojují tundru s bezlesým územím (slovo tundra má své kořeny v laponském slově tunturi, což znamená holý kopec), kde je celoroční průměr vzdušné teploty pod bodem mrazu (v nejteplejších měsících roku kolísají průměrné teploty mezi 0 °C a 10 °C) a kde se velkoplošně udržuje trvale zmrzlá půda (permafrost); blíže např. seriál v Živě (2007, 1–3). To jsou tři základní kritéria charakterizující tundrovou krajinu. Výskyt severské tundry ve středoevropských pohořích může v jejich kontextu vypadat poněkud nevěrohodně (průměrná roční teplota v ČR nikde neklesá pod bod mrazu a permafrost se u nás recentně nevyskytuje), avšak přesto je skutečností. Dokládají to výsledky dlouhodobého mezioborového výzkumu hercynských pohoří a v posledních desetiletích poznatky ze srovnávacích badatelských aktivit ve Vysokých Sudetech (Krkonoše, Králický Sněžník a Hrubý Jeseník) i severněji položených skotských a skandinávských pohoří.

Výjimečná biogeografická poloha Krkonoš

Pro lepší pochopení existence tundry v Krkonoších je třeba si uvědomit jejich prominentní polohu na rozhraní horských masivů střední, západní a severní Evropy. Krkonoše ze všech vyšších hercynských středohoří – středoevropské vysočiny (Vysoké Sudety, Harz, Schwarzwald), Vogézy a Francouzské středohoří (Centrální masiv) – svými hřebeny nejvýrazněji převyšují alpínskou hranici lesa, která tady kolísá kolem 1 300 m n. m. Zasahují tak

do spodního (subalpínského) a svrchního alpínského vegetačního stupně se všemi průvodními rysy vysokohorské přírody. Zároveň jsou nejseverněji položeným horským valem (masivem) ve střední Evropě, který od podobných pohoří ve Skandinávii, na Britských ostrovech nebo v jihozápadní Evropě dělí vzdálenosti stovek kilometrů (obr. 2). Krkonoše však fungují také jako významný spojovací článek s přírodou severoněmeckých a polských nížin, rozkládajících se mezi Krkonošemi a sever-

skou tundrou. Bariéru o šířce 15 až 20 rovnoběžek však migrující rostliny a živočišné několikrát překonali. Pleistocenní ochlazení vedlo k opakovanému rozšíření skandinávského ledového štítu jižním směrem a při jeho okrajích pronikala do střední Evropy severská tundra. Hřbety Krkonoš ledový štít sice nepřekonal, avšak obrovské masy ledu způsobily výrazné ochlazení podnebí této části střední Evropy. Periglaciální klima ovlivnilo jak vývoj reliéfu hor (viz také článek na str. 160–163 tohoto čísla), tak utváření zdejší přírody. Z Alp naopak sestupovala alpínská tundra a horské trávníky, neboť alpské ledovce byly v té době mohutnější a zasahovaly blíže k české kotlině. Nikdy nezaledněné hřebeny Krkonoš jako nejvyšší polohy hercynských středohoří s kontinentálně laděným klimatem (Francouzské středohoří je sice nepatrně vyšší, avšak s mnohem oceáničtější klimatem než v Krkonoších) v té době vyčnívaly jako výrazná hornatina mezi severským ledovcovým štítem a zaledněným komplexem Alp.

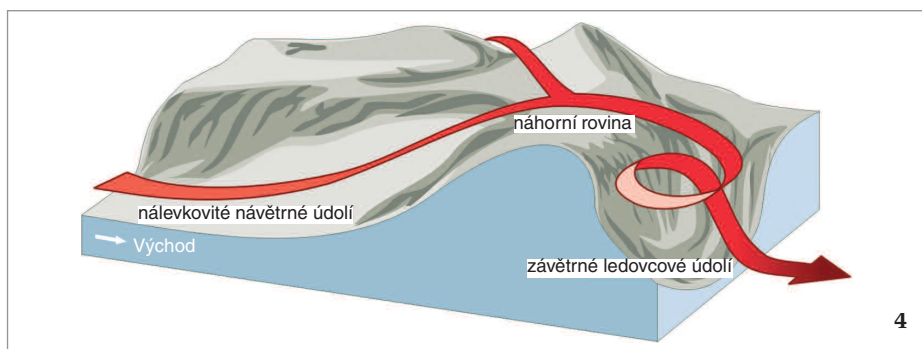
Při pozdějším oteplení v holocénu, kdy se nížiny, pahorkatiny a svahy většiny evropských středohoří opět pokryly lesy, vznikl z nejvyšších poloh Krkonoš výrazný ostrov bezlesé horské krajiny uprostřed střední Evropy, kde se stabilizovala početná populace reliktních severských a alpínských druhů (blíže článek na str. 175–179). Dlouhodobá izolovanost nejvyšších hřebenů Krkonoš od okolních vysokých pohoří tady v době poledové vedla současně k specifickým mikroevolučním procesům a dalším projevům fenoménu ostrovní biogeografie a ke vzniku nových endemických druhů a poddruhů rostlin a živočichů.

Průniky chladnomilných organismů v poledníkovém směru, ale i charakteristické reliéfové procesy odehrávající se v periglaciálním klimatu nezaledněných hřebenů Krkonoš a v menším rozsahu i dalších dvou hornatin Vysokých Sudet (Hrubý Jeseník a Králický Sněžník) tady umožnily vznik zcela unikátního prostředí, jehož snadná dostupnost a přehlednost přitahovaly pozornost biologů a fyzických geografů z okolních středoevropských výzkumných institucí a univerzit. Rysy periglaciálního tundrového prostředí a místní zalednění Krkonoš poprvé popsal již v r. 1894 geograf Joseph Partsch, následně švédský přírodovědec Bertel Högbom (1914), palynologové Karl Rudolph a Franz Firbas použili při charakterizaci Krkonoš termín subarktická rašeliniště (1927). Josef Kunský (1968) psal o hřebenech Krkonoš jako o „zarůstající tundře zbylé tu z ledových dob“ a Josef Sekyra (1960), Alfred Jahn (1954) či Jan Jeník (1961) se podrobněji zabývali periglaciálními jevy na hřebenech Krkonoš a dalších pohoří Vysokých Sudet.

Výsledkem kauzální analýzy všech ekologických a historických procesů a vztahů, které formují přírodní rozmanitost Krkonoš, byl v r. 1961 popis teorie anemo-orografických systémů (obr. 4; viz článek na str. 160) Janem Jeníkem právě z Krkonoš, později

1 Arktoalpínská tundra východních Krkonoš patří k nejvýznamnějším centřům biodiverzity Krkonošského národního parku. Foto K. Antoňová





aplikované i v dalších pohořích Evropy a Severní Ameriky (Jeník 1961, 2008).

Krkonoše jsou právem řazeny mezi pohoří s nejvyšší biodiverzitou ze všech horských masivů nejen České republiky, ale i celé soustavy hercynských hor. Desetiletý podrobný výzkum všech fenoménů přírody Vysokých Sudet a intenzivní mezioborový srovnávací výzkum ekologických struktur a procesů, vedly koncem 20. stol. k popisu, rozřídění a formulování fenoménu arkoalpínské tundry Krkonoš, resp. celých Vysokých Sudet (fenomén tundry se v menším rozsahu vyskytuje i ve vrcholových partiích Hrubého Jeseníku a Králického Sněžníku), a její odlišnosti od tundrového prostředí ve skandinávských pohořích nebo Alpách (Soukupová a kol. 1995). Publikováním této souborné práce a návazných mezioborových studií pojem tundra definitivně vstoupil do krkonošské literatury. S ohledem k různým klasifikačním přístupům a školám, které se biotem polární a alpské tundry zabývají (blíže Wielgolaski 1998), se tým českých autorů citované studie shodl na použití termínu arkoalpínská tundra (v původním popisu z r. 1995 arkoalpínská). Nejlépe vystihuje biogeografické vztahy a procesy, které se v prostoru střední Evropy odehrávaly v periglaciálních podmínkách během chladných období pleistocénu a počátku holocénu a jsou nadále udržovány současným chladným a vlhkým podnebím nejvyšších poloh Krkonoš.

Co víme o arkoalpínské tundře v Krkonoších?

Krkonoše jsou vzhledem ke své komorní rozloze velmi přehledné v uspořádání reliéfu (obr. 10), horninového podloží a topoklimatu (podnebí ovlivněné v daném mís-

tě zejména reliéfem); podrobně v článku na str. 160–163). Na relativně malé ploše 47 km² zde najdeme bohatý soubor kryogenních tvarů a mozaiku vysokohorských a severských ekosystémů.

Pro snadnější popis tak různorodého prostředí použili výše jmenovaní autoři – Lenka Soukupová a kol. (Opera Corcontica 1995, 32: 5–88) – detailnější členění krkonošské arkoalpínské tundry a charakterizovali zónu kryo-eolickou (lišejníková tundra nejvyšších vrcholů a hřbetů, viz obr. 3 a 6), kryo-vegetační (travnatá tundra třetíhorských vrcholových ploch s vyrovnaným terénem – etchplénů) a niveo-glacienní (květnatá tundra na závětrných svazích ledovcových karů a karoidů, tedy nedokonale vyvinutých karů, viz obr. 9). Pro členění a volbu terminologie byly rozhodující mechanismy a procesy, které se podílely a podílejí na struktuře geobiodiverzity jednotlivých zón (větrná deflace – odnos sypek zvětralin a kryoprocesy, orografie, mezo- a mikroklimatické podmínky, rozsah zvětrávání, podíl srážek, proces rašelinění – paludifikace, rozdílná struktura a úloha vegetačního krytu, ledovcová a sněžná eroze, disturbance lavinami, svahové pohyby zvětralin atd.).

Z botanického hlediska představuje arkoalpínská tundra Krkonoš (resp. Vysokých Sudet) významné centrum biodiverzity v rámci okolních evropských pohoří střední nadmořské výšky. Hostí zde bezmála 500 z přibližně 800 původních (autochtonních) druhů a poddruhů horské flóry, její výjimečnost spočívá rovněž v relativně vysokém počtu místních endemitů. Je význačným refugiem pro relikty, jako jsou ostružiník moruška (*Rubus chamaemorus*), všivec krkonošský (*Pedicularis sudetica*), lomikámen sněžný (*Saxifraga*

2 Hraniční poloha Krkonoš a jejich vzdálenost v kilometrech od nejbližších pohoří mimo Českou republiku, přesahujících svou výškou alpínskou hranici lesa (na našem území se k nim řadí Králický Sněžník a Hrubý Jeseník, viz Novák a kol. 2010). 1 – polární kruh, 2 – skandinávská pohoří, 3 – Skotská vysočina, 4 – Krkonoše, 5 – Vogézy a Schwarzwald, 6 – Alpy, 7 – Karpaty, 8 – Centrální masiv, 9 – Pyreneje, 10 – Apeniny, 11 – Dinaridy, 12 – Balkán, 13 – Kavkaz, 14 – Malý Kavkaz, 15 – Taurus, 16 – Anatolie, 17 – Ibérie, 18 – Sierra Nevada, 19 – Ural. Upraveno podle J. Jeníka (1994)

3 Reliéf vrcholových částí Luční hory s výrazným uspořádáním kryoplanáčnických teras. Foto J. Vaněk

4 Podélný profil anemo-orografického systému. Orig. J. Synek podle J. Jeníka (1994), upraveno

5 Spory mezi přírodovědnou a lesnickou obcí v podání kreslíře Pavla Matušky

6 Mrazem třídně polygonální půdy na vrcholu Luční hory. Foto J. Štursa
7 „Plovoucí“ žulové bloky na Labské a Pančavské louce patří mezi unikátní doklady mrazové modelace mikroreliefu krkonošské tundry. Hustě vysázené keře kleče však představují nebezpečí pozvolného zániku takové součásti geodiverzity Krkonoš. Foto J. Vaněk

nivalis) nebo rašeliník Lindbergův (*Sphagnum lindbergii*). Vzhledem k dlouhodobé izolovanosti nejvyšších poloh Vysokých Sudet se zde vytvořily specifické niky pro vznik neoendemických druhů (viz článek na str. 175 tohoto čísla, také Živa 2012, 4: 168–174 a např. Kaplan 2012). S výjimkou mnoha endemických druhů a poddruhů rodu jestřábník (*Hieracium*) a zvonku českého (*Campanula bohémica*), které rostou převážně na květnatých horských loukách středních poloh Krkonoš, se naprostá většina krkonošských neoendemitů vyskytuje v různých zónách arkoalpínské tundry, především na azonálních stanovištích ledovcových karů. Do této kolekce neoendemitů patří jeřáb sudetský (*Sorbus sudetica*; blíže viz Živa 2006, 6: 251–255), kuřička krkonošská (*Minuartia corcontica*), chrastavec rolní krkonošský (*Knautia arvensis* subsp. *pseudolongifolia*), ostrice krkonošská (*Carex derelicta*), prvosienka



5



6



7

vyšší krkonošská (*Primula elatior* subsp. *corcontica*), bedrník obecný skalní (*Pimpinella saxifraga* subsp. *rupestris*) nebo lomikámen pižmový čedičový (*S. moschata* subsp. *basaltica*).

V arkoalpínské tundře Krkonoš se vyskytují malé rozptýlené populace druhů, které jsou zařazeny v Červeném seznamu ohrožených cévnatých rostlin České republiky. V ledovcových karech Úpské jámy a Kotelních jam mezi ně patří např. řeřišnice rýtolistá (*Cardamine resedifolia*), ostřice skalní (*C. rupestris*), jinořadec kadeřavý (*Cryptogramma crispa*), vrba dvoubarevá (*Salix bicolor*), v. bylinná (*S. herbacea*) a v. laponská (*S. lapponum*); dále v masivu Sněžky a Studniční hory bika klasnatá pravá (*Luzula spicata* subsp. *spicata*), lipnice plihá (*Poa laxa*) nebo koniklec jarní alpský (*Pulsatilla vernalis* var. *alpestris*).

Z pohledu současného třídění horské vegetace se tady na 47 km² nacházejí vegetační jednotky z přibližně 20 tříd fytoocenologického systému – nejvyšších syntaxonomických jednotek. Od acidofilních alpských trávníků (*Juncetea trifidi*) v kryo-eolické zóně, přes pozoruhodně bohatá společenstva vysokobylinných niv a křovin s břízou karpatskou (*Betula carpatica*) řazená do třídy *Mulgedio-Aconitetea* v niveo-glacigenní zóně (kary) až po chudá společenstva sněhových polí (*Salicetea herbaceae*) v nivačních depresích (najdeme je na svazích Studniční a Luční hory,

v Sněžných jámách a Labské rokli). Pozoruhodný je výskyt smilkových luk ze severského svazu *Nardo-Caricion rigidae*, který z biogeografického hlediska představuje spojovací článek mezi pohořími střední nadmořské výšky, alpskými, karpatskými a severskými horskými trávníky s dominantní smilkou tuhou (*Nardus stricta*). Seversky laděná vrchoviště obou náhorních plošin kolem Labské a Luční boudy hostí endemické vrchovištní společenstvo kleče s podrostem ostružiníku morušky – *Chamaemoro-Pinetum mughii*. V Krkonoších se nalázá nejjihnější místo výskytu ostružiníku morušky a naopak nejsevernější hranice evropského rozšíření borovice kleče (*Pinus mugo*), která je v severněji položených pohořích nahrazena buď jalovcem obecným (*Juniperus communis* s. l.) nebo zástupci vrb a bříz.

Na relativně malé ploše arkoalpínské tundry pokrývající jen 7,4 % z celkové rozlohy Krkonoš (32 km² na české a 15 km² na polské straně hor) se nachází výjimečně pestrá galerie fenoménů neživé i živé vysokohorské přírody.

Úvodní popis krkonošské arkoalpínské tundry ve sborníku Opera Corcontica neobyčejně zvýšil zájem o území a daly se očekávat i bouřlivé diskuze o oprávněnosti nazývat krajinu na hřebenech středoevropských hor arkoalpínskou tundrou. A stalo se tak, v posledních 12 ročnících tohoto časopisu bylo zveřejněno přes 230

prací na téma krkonošské tundry. Podařilo se rozpoznat a popsat nové procesy a fenomény, vznikly srovnávací studie Krkonoš v kontextu jiných evropských horstev, ale zároveň se vědci a ochránáři shodli na přístupech, které by mohly představovat záruku, že se i nadále budeme těšit z tohoto přírodního dědictví. Pro všechny zájemce jsou články snadno přístupné na internetové stránce sborníku Opera Corcontica (opera.krnapp.cz).

Stopy člověka na povrchu krkonošské tundry

Bezpočet generací starých horalů se nevyhýbalo kontaktu s nehostinným prostředím tundry, dokonce se v ní usídlili a hospodařili. První zmínky o proniknutí lidí do vrcholových částí Krkonoš souvisejí s existencí dvou zemských obchodních stezek (česká v západních Krkonoších, slezská ve východních). Např. založení Luční boudy v 17. stol. odstartovalo hospodaření v jejím okolí, pozvolné zásahy do porostů kleče, na řadě míst pak došlo k antropogennímu snižování alpské hranice lesa, ale i zakládání trvale bezlesých lučních enkláv v supramontánním vegetačním stupni. Úbytek některých stanovišť byl na druhé straně kompenzován vznikem jiných, mnohdy s výrazně vyšší druhovou diverzitou (např. květnaté horské louky). Situace se rychle změnila s nástupem intenzivního rozvoje turistiky a později rekreace. Území nad alpskou hranicí lesa v Krkonoších totiž nabízí množství prožitků, které v nižších polohách návštěvník hor nemá.

Jak přibývalo horských bud na hřebenech, stoupal počet turistů, cest, množství odpadků, intenzita hluku, zimní i letní aktivity, sešlap horských svahů, eroze půdy, rušení citlivých živočichů a poškozování populací vzácných rostlin.

I když Krkonoše získaly v r. 1963 statut národního parku, bylo zřejmé, že zákonné normy zdaleka nejsou dostačující zárukou, aby nedocházelo k překročení ekologické únosnosti krajiny národního parku. Záhy bylo nepochybné, že je třeba vnímat integritu složitého živého i neživého prostředí horské krajiny, propojeného jemným předivem vztahů a procesů, jejichž narušení může rychle vést ke zhroucení fungujícího systému. Šíření nežádoucích invazních nebo silně expanzivních rostlin-



ných druhů kolem nedostatečně udržovaných hřebenových cest na úkor původních tundrových biotopů je stejně katastrofální jako odumírání horských smrččin o několik set metrů níže v důsledku imisní kalamity v závěru minulého století. Špatné koncepční řešení dostupnosti takových poutních míst, jako jsou vrchol Sněžky, Pramen Labe, Sněžné jámy nebo Luční a Labská bouda, může vést v horizontu mnoha let k mizení ostrova tundry v Krkonoších. Přemnožení jelení a srnčí zvěře, ať z jakýchkoli důvodů, vede k výraznému tlaku na některé tundrové biotopy s výskytem unikátních organismů (severská vrchoviště a prameniště na hřebenech a v ledovcových karech). Nepochopení rozdílů v prostorové mozaice travin a dřevin na rozsáhlých pláních kolem Luční a Labské boudy a jejich plošné zalesnění v minulých desetiletích je dalším výrazným dokladem aktivity, která, ač dobře míněna, vede k nežádoucím změnám v biodiverzitě tundry, především mrazových forem mikroreliefu. Již dlouho probíhá spor mezi odborníky různých profesí při hledání optimálního řešení kauzy předělování klíčových výsadby (obr. 5–7) a vytvoření potřebné prostorové mozaiky keřové a travinné vegetace. Nemluvě o nežádoucích reakcích návštěvnické veřejnosti, pramenících většinou z nepochopení. Trpělivé objasňování některých chybných rozhodnutí z minulosti a formy řešení jejich následků musí správci národního parku zvládat s velkým nadhledem, trpělivostí a vyzbrojení nejnovějšími poznatky.

Proto je třeba věnovat maximální pozornost základnímu i aplikovanému výzkumu, stejně jako dlouhodobému monitorování všech procesů, které v krkonošské tundře v současné době probíhají. V obou krkonošských národních parcích – českém (KRNAP) i polském (Karkonoski Park Narodowy – KPN) – se již dlouho věnuje abiotickému i biotickému monitoringu velká pozornost. Na významných biotopech je založena hustá síť trvalých ploch, které zejména v období vysoké imisní zátěže (to se týkalo nejen horských lesů – viz článek na str. 157, ale prakticky všech lesních i nelesních ekosystémů, které jí byly vystaveny) poskytovaly nezbytná data pro management na území KRNAP a KPN. V současné době je nutné podrobně se zabývat dlouhodobým sledováním změn prostředí Krkonoš pod tlakem již zřetelně doložených klimatických procesů. Od r. 1997 se Správa KRNAP zapojila do mezinárodního projektu ITEX (International Tundra Experiment), jehož cílem je sledování, analýza a předpovědi změn tundrového biomu na severní polokouli (obr. 8).

Jeden z předpokladů existence tundrového prostředí představuje dlouhodobé bezlesí. V Krkonoších jsou to polohy nad alpskou hranicí lesa, která tvoří velmi dynamický ekoton (přechodové společenstvo). V něm probíhá složitý oboustranný tok energie a výměna informací mezi níže se rozkládajícím veskrze seversky laděným ekosystémem smrkového lesa a tundrovým bezlesím. V ekotonu alpské hranice lesa se projevují a budou projevovat

8 V mezinárodním projektu ITEX (International Tundra Experiment, blíže v textu) se k simulaci změn klimatických podmínek používají typizované miniaturní skleníky. Labská louka v západních Krkonoších. Foto J. Štursa

9 Schustlerova zahrádka v Pančavské jámě – *locus classicus* dlouholetého přírodovědného výzkumu Krkonoš. Foto J. Štursa

10 V zimních měsících jsou výrazněji čitelné doklady dávné ledovcové a mrazové modelace Krkonoš, jejímž výsledkem je, v součinnosti s dlouhodobým působením mechanismu anemo-orografických systémů, současná podoba zdejší arktalpínské tundry. Na snímku vrcholová část východních Krkonoš. Foto J. Kopáčová

mnohé změny, které by nám měly včas napovědět, k čemu ve vysokohorské přírodě dochází a jakým způsobem můžeme vhodně reagovat. Jak se budou chovat populace smrku ztepilého (*Picea abies*) a borovice kleče, dvou dominant alpské hranice lesa? Podle jejich růstové a prostorové dynamiky bude zřejmé, jaký životní prostor a perspektivu budou mít stanoviště ve výše položeném alpském bezlesí. Krkonoše byly nedávno zařazeny na seznam významných ploch projektu INTERACT (International Network for Terrestrial Research and Monitoring in the Arctic), který sdružuje vědecká pracoviště a polární stanice zabývající se studiem sledováním arktických a horských ekosystémů severní polokoule. Vedle mnoha dalších výzkumných projektů je účast v tomto programu pro vědeckou obec a správce české i polské strany hor velmi vítanou možností, jak přispět k zachování tundry v srdci Evropy.

Seznam citované literatury najdete na webové stránce Živy.

