KRKONOŠSKÁ TUNDRA

SPRÁVA KRKONOŠSKÉHO NÁRODNÍHO PARKU

www.krnap.cz

CZ PL Cíl 3 / Cel 3 2007_2013

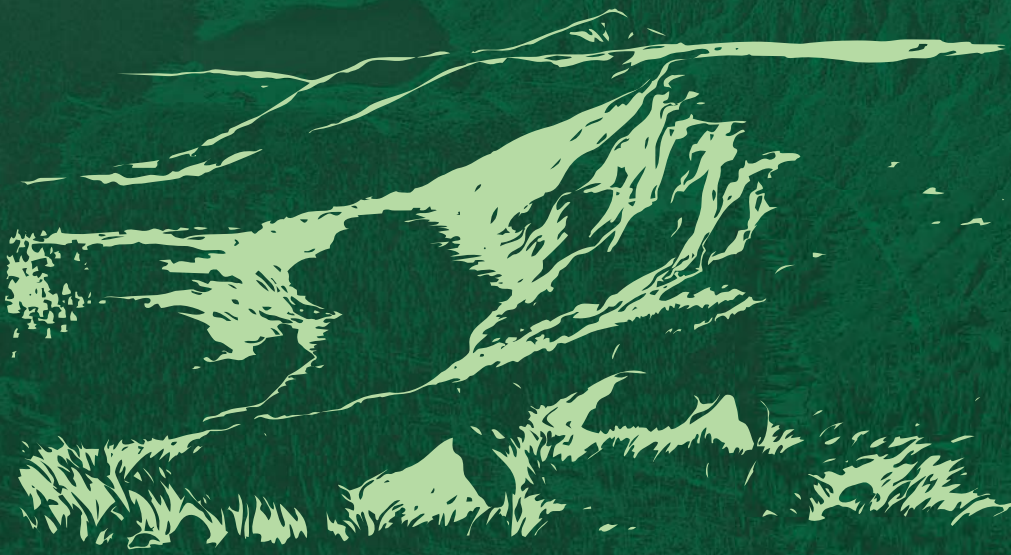
EVROPSKÁ UNIE / UNIA EUROPEJSKA
EVROPSKÝ FOND PRO REGIONÁLNÍ ROZVOJ / EUROPEJSKI FUNDUSZ ROZWOJU REGIONALNEGO
PŘEKRAČUJEME HRANICE / PRZEKRACZAMY GRANICE

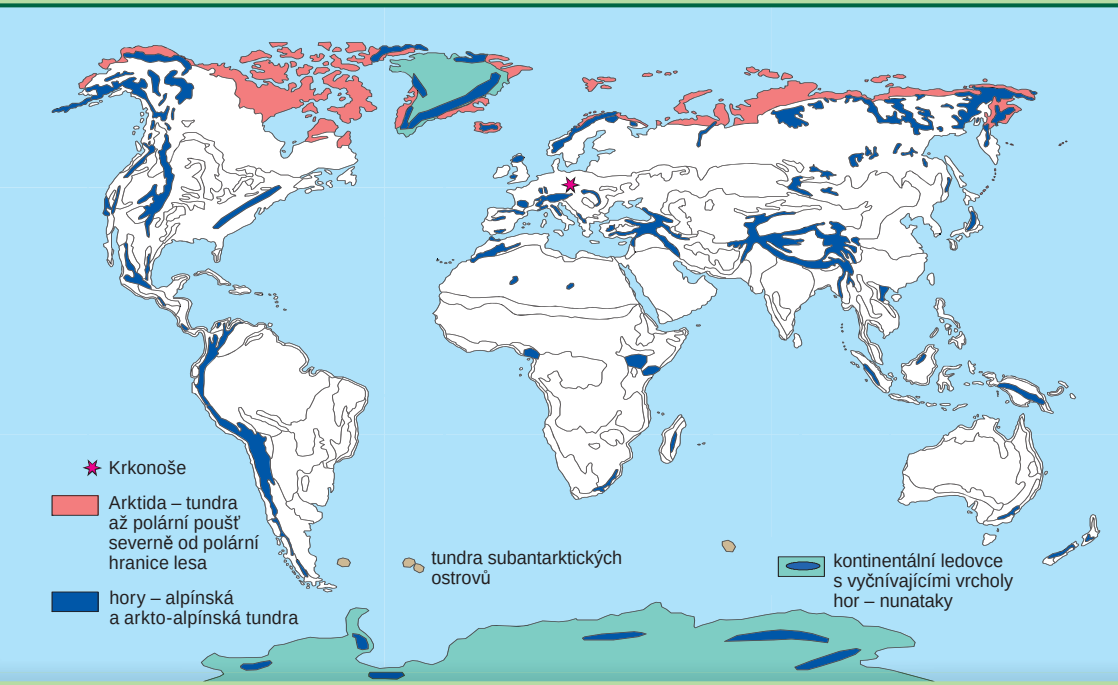
ARKTO-ALPÍNSKÁ TUNDRA
KRKONOŠE

Země chladu a věčně zmrzlé půdy, země dlouhých zim a překotného léta, země holých a kamenitých hřbetů bičovaných větry, země skalnatých údolí a průhledných jezer vytvořených ledovci, země beze stromů a úrodných polí. Taková je severská krajina hrdiny Andersenovy pohádky – malého Káje, který musel opustit svůj domov plný hájů, sadů a růží. Stejnou změnu zažijeme i uprostřed Evropy, když vystoupíme z úrodné roviny a lesnatých pahorků na krkonošské hřebeny a ocitneme se v neobvyklém prostředí krajiny, odborně nazývané tundra.

(Lenka Soukupová, 1997)

Věnováno památce našich přátel – Lence Soukupové **a** Josefu Sekyrovi**, kteří se svou vědeckou prací významně zasloužili o poznání fascinujícího světa krkonošské tundry.**





Rozšíření biomu tundra na zeměkouli

Představení na úvod

Pro označení různých typů krajiny pokrývajících velké oblasti Země se – s ohledem na všudypřítomné živé organismy – používá termín **biom**. V prostorovém uspořádání povrchu naší domovské planety vědci rozlišují suchozemské, sladkovodní a mořské biomy.

Mezi suchozemské biomy patří i tundra, která pokrývá přibližně 2,3 % rozlohy souší. Přírodní podmínky v tundře – především chladné klima – jsou krajně nepříznivé pro růst stromovitých dřevin. Tundra je proto trvale bezlesou krajinou. Ostatně, název tundra má své kořeny v laponském slově tunturi, což znamená holý kopec.

V zeměpisném měřítku je tundra rozšířena v polárních oblastech, kde je specifikována jako **polární tundra**. Na severní polokouli (**arktická tundra**) se rozprostírá převážně na území Severní Ameriky, severu Eurasie včetně Grónska, Islandu a dalších arktických ostrovů.

Na jižní polokouli polární **tundra** pokrývá malé nezaledněné plochy **ostrovů Subantarktidy** (např. Falklandy, Jižní Georgie, Jižní Sandwichovy ostrovy, Kerguelény). Nezaledněné okrajové části Antarktidy (tvoří pouhá 2 % jejího povrchu) jsou popisovány jako polární oázy.

Obdobou polární tundry je příroda na hřebenech vysokých pohoří obou polokoulí. Většinou je označována jako **alpínská tundra** (pokrývá alpínský až nivální vegetační výškový stupeň).

Tam, kde se oba typy tunder prolínají, hovoříme o **arkto-alpínské tundře**. K té patří i biom na nejvyšších hřebenech a vrcholech Krkonoš – „krkonošská tundra“.

Záludné názvosloví

Při celkové rozloze biomu tundry (na všech kontinentech dohromady téměř 10 milionů km^2) a geopolitické rozmanitosti příslušného území se nelze divit, že při čtení odborných i populárně naučných publikací se setkáme s řadou hodně odlišných termínů, které však popisují stejné nebo obdobné typy tundrové krajiny.

Krkonošská tundra je velmi podobná tundře ve Skandinávii. Utvářely a utvářejí je podobné přírodní podmínky

Z hlediska arktické tundry se dá zjednodušeně hovořit o americkém klasifikačním přístupu, zabývajícím se členěním tundry na území Severní Ameriky a Grónska, o ruském pojetí, které řeší členění arktických ekosystémů v ruské části Eurasie, nebo o severském přístupu týkajícím se Skandinávie. V početné literatuře tak narazíme na různě nazvané zóny či oblasti, které zohledňují charakter tundry podle měnící se zeměpisné šířky (na gradientu sever–jih) a vzdálenosti od oceánů (na gradientu oceanita–kontinentalita).

Nově je Arktida až Subarktida členěna do 6 podoblastí (A až F) rozlišených podle vztahu mezi klimatem, typem mrazem formovaných půd a tomu odpovídající vegetací.

U alpínské tundry se používá členění podle nadmořské výšky a vzhledu rostlinstva, ovlivněného stanovištními podmínkami (klima, sklon a orientace svahů). Tomu odpovídají různé výškové zóny neboli tzv. vegetační výškové stupně.

Na jižní polokouli má rozložení tundrového biomu rovněž svá specifika. Ta se týkají

například vysokohorských oblastí And se zažitými názvy pro tamní tundru (puna nebo páramos) či tropických velehor rovníkové Afriky s tzv. afroalpínskou tundrou. Pestrost názvů tundrového biomu v různých částech světa dokládá přiložená tabulka.

Srovnání názvů tundrového biomu

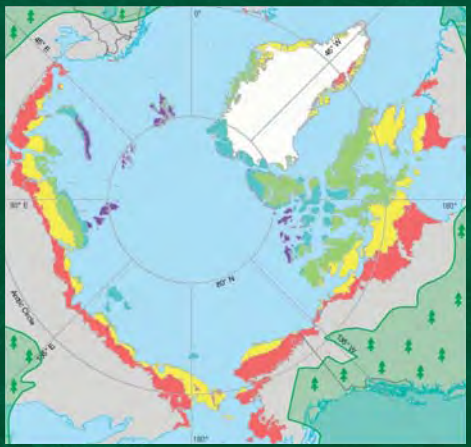
Alpínské oblasti	Arktida					Antarktida
		Amerika	Rusko		Skandinávie	
Nagy et Grabherr (2009)	*Walker et al. (2003, 2005)*	*Bliss (1997)*	*Alexandrova (1980)*	*Matvejeva (1998)*	*Elvebakk et al. (1999)*	*Kanda, Komárková (1972)*
nivální	A	polární poušť	polární poušť	polární poušť	polární poušť	jižní Antarktida (kontinent)
horní alpínský	B	vysoká Arktida	arktická tundra severní	arktická tundra	arktická tundra severní	Subantarktida severní maritimní podoblast
	C		arktická tundra střední	typická tundra	arktická tundra střední	
			arktická tundra jižní		arktická tundra jižní	
dolní alpínský	D	nízká Arktida	subarktická tundra severní	typická tundra	arktická tundra keřovitá	
	E		subarktická tundra střední			
			subarktická tundra jižní	jižní tundra		
subalpínský	F	Subarktická lesotundra	Subarktická lesotundra	Subarktická lesotundra	Subarktická lesotundra	

Charakter vegetace a mrazem formovaných půd

Cirkumpolární arktická vegetační mapa včetně Subarktidy

Upraveno dle Walkera et al. (2003, 2005), Pidwirny (2011)

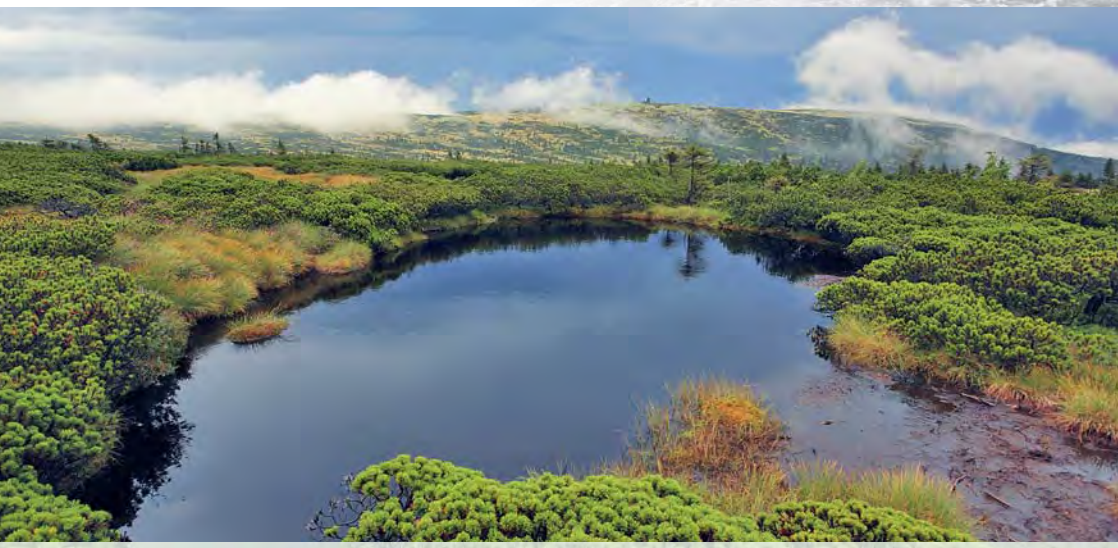
Tundra Krkonoš má subarktické klima (Pidwirny 2011), charakter vegetace a reliéfových půdních forem odpovídá bioklimatickým podoblastem D/E až F.



Podoblast	Průměrná teplota vzduchu v červenci	Pokryvnost cévnatých rostlin	Typ cévnatých rostlin
A	1–3 °C	< 5 %	přitisklé polštáře
B	4–5 °C	5–25 %	poléhavé nízké keříky
C	6–7 °C	25–50 %	částečně vzpřímené nízké keříky
D	8–9 °C	50–80 %	vzpřímené nízké keříky
E	10–12 °C	80–100 %	nízké keře
F	10–12 °C	100 %	vyšší keře, lesotundra

Rozdílný svět polární a alpínské tundry

V čem se tundrové oblasti vzdálené od sebe až tisíce kilometrů podobají a v čem se naopak liší? V podnebí, v květeně a zvířeně či v rytmu dne a noci? Život v tundře je po všech stránkách dokonalým svědectvím složitých adaptací k přežití v extrémních životních podmínkách.



Severské rašeliniště na hřebenech západních Krkonoš

Zatímco za polárními kruhy trvá zimní polární noc až několik měsíců a letní slunce několik měsíců vůbec nezapadá, v horách nižší zeměpisné šířky se tma a světlo v různé délce střídají každodenně. Roční versus denní rytmus života – to je zásadní rozdíl mezi polární a alpínskou tundrou.

Vegetační období je v tundře obecně krátké a limituje ho zejména rychlost odtávání sněhové pokrývky. V polárních oblastech na rozdíl od většiny alpínských tunder však mohou rostliny po celé týdny téměř nepřetržitě asimilovat a růst, celodenní slunce navíc snižuje nebezpečí nočních mrazů.

V polární tundře jsou mnohem častější podmáčené a zrašelinělé půdy a tomu odpovídající společenstva rostlin a živočichů. Je to způsobeno přítomností permafrostu – dlouhodobě zmrzlé půdy, která během polárního léta roztává jen do hloubky několika decimetrů a znemožňuje hlubší vsakování vody z tajícího sněhu a ledu. V alpínské tundře vysokých pohoří se naopak vyskytuje tzv. alpínský permafrost – zmrzlé skalní podloží a zvětralinový plášť, jehož tání ovlivňuje různé druhy svahových sesuvů.

Z hlediska živých organismů oba typy tunder spojuje vikarizace – jev, kdy se příbuzní živočichové či rostliny v různých zeměpisných oblastech nahrazují.

Například soba polárních krajů nahrazuje ve středoevropských horách jelen, bělokura tetřívek, břízu trpasličí borovice kleč.

Některé rozdíly mezi polární a alpínskou tundrou

Polární tundra	Alpínská tundra
• vysoké zeměpisné šířky	• převážně nižší zeměpisné šířky
• polární zima, polární léto	• denní rytmus dne a noci
• permafrost	• alpínský permafrost
• palsy, pinga	• svahové sesuvy, mury
• sob polární, bělokur horský, polární liška	• jelen lesní, tetřívek obecný, liška obecná
• bříza Czerepanova, bříza trpasličí	• bříza karpatská, borovice kleč

Tetřívek v Krkonoších a bělokur horský ve Skandinávii jsou příbuzní živočichové tundry obou oblastí

Arkto-alpínská tundra v norském národním parku Rondane

Tundrové prostředí různých míst severní polokoule: Alpy, Špicberky, Národní park Denali na Aljašce a Národní park Jotunheimen v Norsku

Tundrové prostředí různých míst jižní polokoule: NP Mt. Kenya v Africe, Novozélandské Alpy, Ohňová země v Jižní Americe, pohoří Huascarán v Peruánských Andách

Geologická minulost tundry

Rozložení světových biomů nebylo vždy takové, jaké ho známe dnes. Ani Krkonoše se nerozkládaly stále na stejném místě Země. Jejich základ dokonce vznikal na jižní polokouli a červené půdy v podhůří Krkonoš dokládají přesun této části Českého masívu přes rovník a subtropy. Naše planeta prodělala během své téměř 5 miliard let trvající historie obrovské změny projevující se pohyby zemských desek, posuny kontinentů, horotvornou činností a změnami klimatu. Z hlediska geologického času patří biom tundry k nejmladším.

Setkání protikladů – těsné sousedství červených permských půd na úpatí Krkonoš vzniklých v horkém klimatu prvohor a podstatně mladší čtvrtohorní chladné tundrové krajiny původem z dob ledových na hřebenech

Fosilie dřevin dokládají, že ještě na počátku mladších třetihor před ca 60–40 miliony let v celosvětově teplém klimatu neexistovaly klimaticky výrazně odlišné zeměpisné pásy a subtropická a tropická flóra se vyskytovala i vysoko na severu. Následné kolize zemských desek a horotvorné procesy vedly k vyvrásnění mnoha velehorských systémů – Himálaje, Alp, Kordillér, And. Jejich flóra a fauna se postupně přizpůsobovala tehdejším podmínkám a ve vrcholových polohách vznikal nový biom – alpínská tundra.

Ochlazení na sklonku třetihor – před ca 2,6 miliony let – odstartovalo v geologické historii Země zatím poslední velkou éru dob ledových, označovanou jako pleistocén. Živá příroda se adaptovala na extrémní podmínky v podobě polární tundry. V průběhu pleistocénu se však střídala chladná období – **glaciály** s teplejšími meziledovými dobami – **interglaciály**. V poslední době meziledové (holocénu), která trvá již přibližně 10 tisíc let a v níž výkyvům klimatu čelí oba typy tundry – polární i alpínské, dnes žijeme.

Orientační chronologická a stratigrafická tabulka holocénu (před 10 500 lety do současnosti) a pleistocénu (před 2,6 milionů až 10 500 lety)

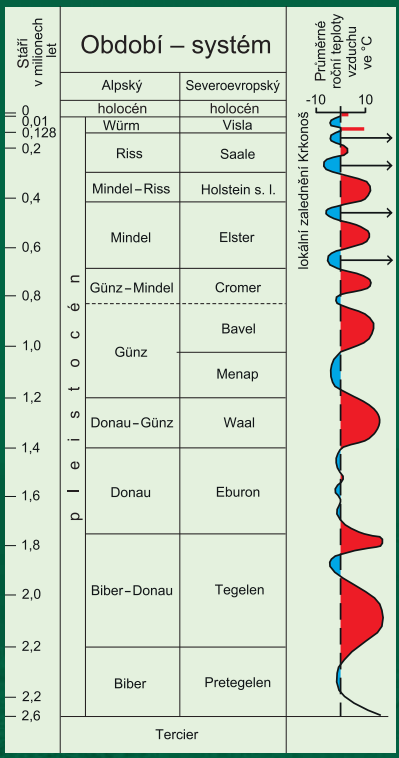
Upraveno dle Czudka (1997, tab. 1, 2, 5), Sekyry et Sekyry (2002), Traczyka (2010), Nývlta (2007), Nývlta et al. (2011)

Odborníci dokládají v průběhu pleistocénu nejméně 18 dob ledových, jejichž časový rozsah a názvy se liší podle území, kterých se týkají – viz tabulka. Z hlediska vlivu na utváření české krajiny, květeny, zvířeny i osídlení jsou nejlépe doložena období pleistocénu, kdy skandinávský ledovec opakovaně pronikal daleko na jih (před ca 700 000 až 250 000 lety) a nejlépe je známa poslední fáze zaledňování, tzv. würm (před ca 115 000 až 10 500 lety, který však měl rovněž teplé interglaciály.

Zalednění skandinávským ledovcem:

- A 160 000 BP, zalednění sev. Čech (Nývlt 2007)
- B 367 000–347 000 BP, 297 000–251 000 BP, zalednění sev. Moravy (Macoun et Králík 1995)
- C 430 000 BP, zalednění sev. Čech, (Nývlt et al. 2011) • 542 000–502 000 BP, 472 000–440 000 BP, zalednění sev. Moravy (Macoun et Králík 1995)
- D 620 000–635 000 BP, zalednění sev. Čech, (Nývlt et al. 2011) • 688 000–592 000 BP zalednění sev. Moravy (Macoun et Králík 1995)

(BP = před současností)



Změny v průběhu holocénu (době poledové) v Krkonoších (dle Jankovské 2004)

Období, klima	Úpatí	Hřebenová část	Horská údolí a střední polohy
Mladší subatlantikum před 800 lety až dodnes včetně Malé doby ledové	postupné osídlení člověkem: těžba hornin, dřeva - odlesnění, budní hospodářství, změna vegetace a fauny včetně změn v tundře		
Starší subatlantikum před 2 800–800 lety vlhko, chladno i teplejší výkyvy	poslední období přirozených vegetačních stupňů před zásahem člověka listnaté a smíšené lesy podhorské louky = submontánní stupeň	2x sestup tundry níže (před 2800–2237 lety)	tundra = střední alpínský stupeň spodní alpínský stupeň jehličnaté lesy a horské louky = montánní stupeň
Subboreál před 4 500–2 800 lety klimatický přechod k chladnějšímu klimatu	kleč, tundra, max. rozsah rašelinišť, horské louky - druhově bohatší než dnes les jedlo-bukový => habr	horské louky	les – smrk max. rozšíření, horní hranice lesa výše než dnes => jedle, smrko-buko-jedlový les, ústup borovice lesní
Atlantikum před 7 500–4 500 lety tepleji o 2 až 3 °C, srážky o 60–70 % vyšší než dnes	rašeliniště, zmenšení rozsahu tundry, více kleče les – smíšené doubravy max. rozšíření dub, jilm, javor, jasan, lípa	roztátí permafrostu a trvalých sněhových polí	les – převaha smrku, na mokřadech olše, líska až na horní hranici lesa => buk
Boreál před 8 500–7 500 lety tepleji o 2°C než dnes	různé typy tundry, kleč les – borovice lesní bříza pýřitá, líska => dub, javor, jasan, lípa	prameniště tání permafrostu roztátí ledovců, potoky	lesotundra až les bříza pýřitá, borovice lesní => líska, jilm
Preboreál před 10 500–8 500 lety chladněji o 5°C než dnes	polární tundra stepotundra bříza pýřitá, jilm => borovice lesní	permafrost zbytek ledovců trvalá firnová pole	keřová tundra až lesotundra bříza pýřitá, bříza trpasličí vrby, kleč

Legenda: => nástup

Výrazné nunataky v okolí ledovce Monte Rosa v Alpách

Severní a jižní polokoule během čtvrtohorního zalednění

Pleistocenní zalednění nepostihlo celou zeměkouli. Na severní polokouli se opakovaně vytvořily rozsáhlé pevninské ledovce, jejichž délka přesahovala 2 000 km a mocnost ledu až 3 km. V Severní Americe v době maxima ledovcové štíty dosáhly po dnešní New York, Chicago, Seattle, v Evropě zhruba mezi 700 000 až 160 000 lety pronikal skandinávský ledovec svým jižním okrajem až na území severní Moravy a Čech. Při posledním šíření pevninských ledovců před ca 115 000 až 10 500 lety se pod ledem opět ocitla severní Evropa, Britské ostrovy, směrem na východ Kyjev, Moskva. Ledovce Barentsova a Karského moře pokrývaly i sever střední Sibiře.

Rozsáhlé zalednění tehdy postihlo Alpy, Pyreneje, Karpaty. Z ledového příkrovu Alp vyčnívaly jako nunataky jen nejvyšší vrcholy, na sever se ledovec rozšířil až po dnešní Salzburg, Mnichov, Ženevu. Lokální zalednění postihlo i nižší evropské středohory: Krkonoše, méně Hrubý Jeseník, Šumavu, v JZ Evropě Vogézy, Schwarzwald a Centrální masiv.

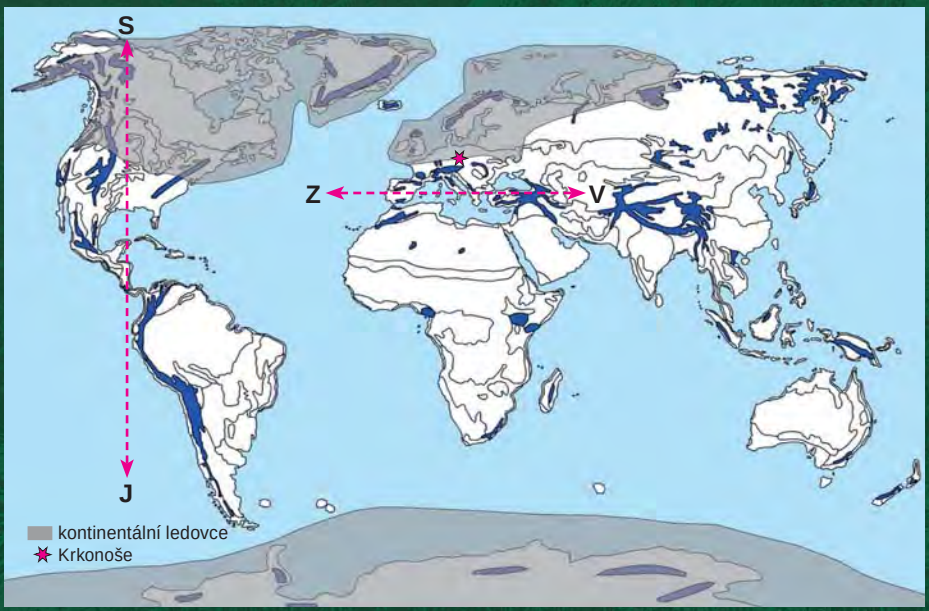
Na jižní polokouli se zvětšil rozsah zamrzlých moří kolem Antarktidy (v té době byla již 14 milionů let pokryta kontinentálním ledovcem). Horské zalednění postihlo nejvyšší hory Afriky, Patagonii, Novozélandské Alpy a subantarktické ostrovy.

Hladina moří a oceánů poklesla až o 120 metrů, zvětšil se rozsah pouští a vzniklo několik „suchozemských mostů“, které umožnily migraci živočichů, rostlin a na konci pleistocénu i šíření lidské populace. Beringia spojovala Aljašku s Čukotkou, vznikl Sundský šelf v JV Asii a Sahulský šelf mezi Austrálií a Novou Guineou. V Evropě byla souš spojena jižní Skandinávie s Dánskem a Britskými ostrovy.

Zalednění Evropy

Rozložení světových hor

Polární pouště a tundra na severní polokouli ustupovaly opakovaně před čely kontinentálních ledovců na jih, což bylo pro pohyb organismů jednodušší v Severní Americe díky severojižní orientaci pohoří, na rozdíl od střední Evropy, kde významné hornatiny jsou protaženy spíše rovnoběžkově od západu k východu. Ze zaledněných horských oblastí sestoupila alpínská tundra do nižších poloh.



Medvědí jeskyně pod Kraví horou u Svobody nad Úpou, kde byl potvrzen výskyt medvěda jeskynního

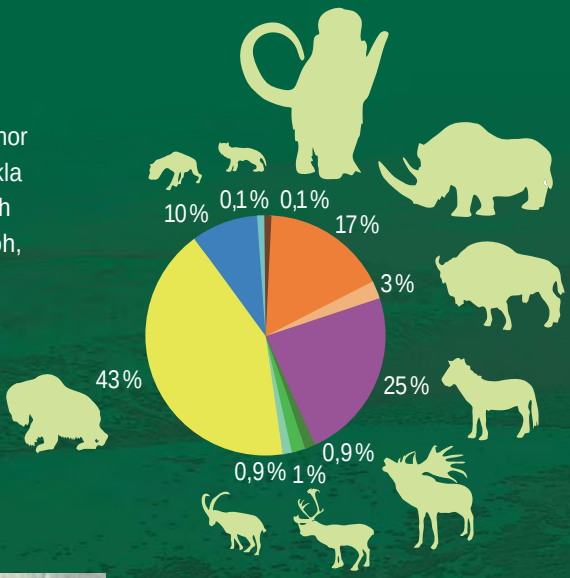
Jak tehdy vypadala střední Evropa

Česká kotlina a okolní středohory představovaly ve střední Evropě úzké území mezi čelem skandinávského ledovce a zaledněnými Alpami. Proto se zde v chladných dobách postupně prolínal biom polární a alpínské tundry. V horských oblastech a v blízkosti ledovců pravděpodobně existovala i polární poušť a nižší polohy pokrývala zvláštní mozaika tundry, chladné stepi, lesotundry a tajgy. Částečnou podobu takové krajiny lze dnes vidět v horách Skandinávie, v severní Kanadě, v severozápadní nebo jižní Sibiři – v oblasti Altaje. Vedle běžných zástupců fauny polárních krajin, jako jsou sob, polární liška, polární zajíc či lumíci, tady žila i megafauna – mamuti, srstnatí nosorožci, veledaňci, jeskynní medvědi, jeskynní lvi a jeskynní hyeny.

V nejchladnějším období poslední doby ledové, před přibližně 20 tisíci lety, se v českých krajinách předpokládá průměrná roční teplota cca o 15 °C nižší než dnes – na hřebenech Krkonoš konkrétně kolem −8 až −10 °C (dnes je to kolem +1,6 °C).

Výrazné, leč kolísavé oteplení v následujícím holocénu způsobilo velké změny prostředí. Ledovce ustoupily severním směrem a do vysokých horských poloh, opět se zvedla hladina moří, změnilo se rostlinstvo, z velké části vymřela

megafauna. Biom polární tundry ze střední Evropy zmizel, alpínská tundra v nižších polohách (včetně hor typu Šumava či Krušné hory) zanikla vlivem šířícího se lesa, ve vysokých horách ustupovala do vyšších poloh, kam nedosáhl les – do alpínského stupně. K tomu postupně došlo i v Krkonoších.



Složení megafauny
(dle Diedricha et Žáka, 2006)

Kruhový diagram se zastoupením pleistocenní fauny v potravě hyeny jeskynní ve Svatoprokopské jeskyni ve středních Čechách.

43 %	medvěd jeskynní
25 %	kůň Převalského
17 %	nosorožec srstnatý
10 %	hyena skvrnitá jeskynní
3 %	bizon pravěký
1 %	jelen evropský
0,9 %	veledaněk
0,9 %	kozorožec horský
0,1 %	lev jeskynní
0,1 %	mamut srstnatý

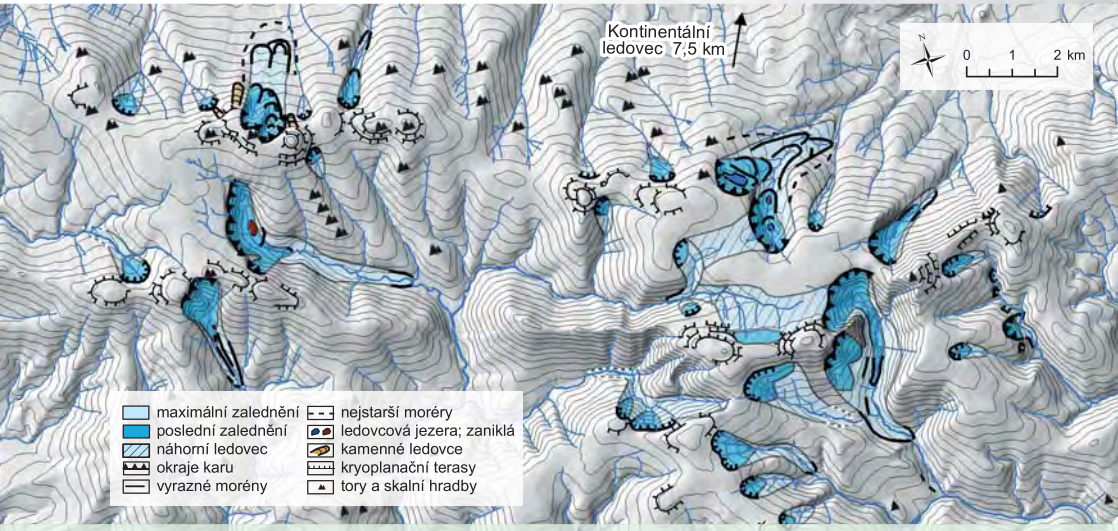
Model kostry medvěda jeskynního ze Sloupsko-šošůvských jeskyní

Medvěd jeskynní

Několik kostí medvěda jeskynního bylo na území Krkonoš nalezeno v jeskyni u Svobody nad Úpou. Největším nalezištěm zbytků megafauny ve Vysokých Sudetách je však Medvědí jeskyně na polské straně Králického Sněžníku.

Krkonoše v předpolí ledovců

Krkonoše mají ve středoevropské krajině v blízkosti 50° severní šířky výjimečnou polohu. Jsou zde jediným pohořím, jehož hřebeny výrazně přesahují alpínskou hranici lesa. Ční nad severoněmeckými a polskými nížinami jako výrazný horský val, který po tisíciletí stojí v cestě vlhkým JZ a studeným SZ větrům od Atlantiku. Studené a vlhké klima tak z těchto nízkých středohor vytváří významné území, které je dokladem velkých událostí ve vývoji středoevropské přírody.



Lokální zalednění Krkonoš v pleistocénu (dle Sekyra J. et Sekyra Z., 2002)

V průběhu pleistocenního zalednění až do blízkosti severního úpatí Krkonoš opakovaně zasahoval pevninský skandinávský ledovec. Jeho blízkost vedla v řadě krkonošských údolí ke vzniku lokálně omezených ledovců. Největší stékaly Obřím a Labským dolem. Na nezaledněné části Krkonoš se v tehdejším velmi chladném (periglaciálním) klimatu šířila polární tundra.

Také současně se zvětšující rozsah zalednění Alp měl za následek sestup alpínské tundry z alpských svahů do nižších poloh a směrem na sever až do České kotliny, v níž docházelo k opakovanému ústupu lesů a prolínání chladnomilných organismů polární a alpínské tundry.

Tundrové bezlesí se v podobě reliktu arkto-alpínské tundry udrželo na hřebenech Krkonoš i během oteplení v holocénu – na rozdíl od nižších horských poloh a podhůří,

kde postupně převládly zapojené lesní porosty. Biodiverzita současné krkonošské tundry je proto výsledkem křižování různých migračních proudů rostlin a živočichů a nemá v evropských středohorách obdobu.

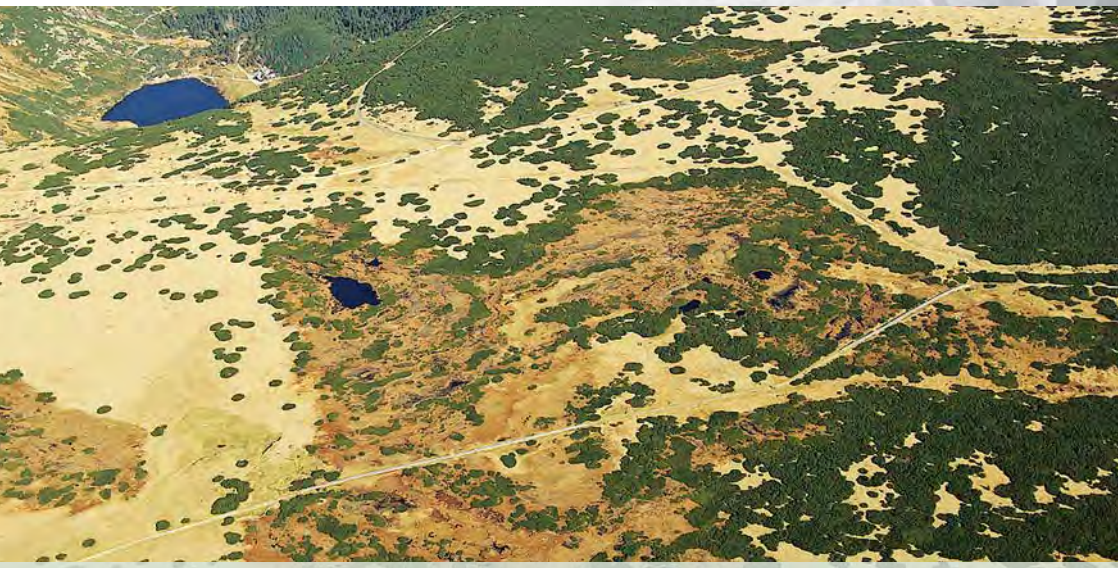
► Trávnička přímořská (*Armeria maritima*)

Rekonstrukce možné podoby ledovce v Obřím dole (dle návrhu V. Pilouse)

Na základě tvarů terénu a určení jejich stáří dokážou odborníci moderními vědeckými metodami rekonstruovat pravděpodobný vzhled a vývoj krajiny před tisíci až miliony let. Datování stáří rašelinišť, analýza pylových zrn konzervovaných v organických vrstvách a nálezy fosilních zbytků živočichů (např. hmyzu, schránek měkkýšů, kostí obratlovců) umožní popsat vývoj vegetace i složení tehdejší zvířeny a jejich změny. Máme tak doloženo, že na počátku holocénu v Krkonoších rostly např. jirnice modrá, trávnička přímořská nebo bříza trpasličí – rostliny, které dnes v tomto pohoří již nerostou, ale jsou běžné na severu Evropy.

Zrod představy krkonošské tundry

Krkonoše patří mezi nejprobádanější pohoří Evropy, ne-li světa. Od 16. století tady působily početné generace vědců z Čech i okolních evropských zemí. Nacházely zde odpovědi na rozmanité problémy vývoje horské krajiny a přírody evropského kontinentu.



Úpské rašeliniště ve východních Krkonoších bylo v uplynulých dvou staletích předmětem zájmu krkonošských badatelů. Tady vznikala vize krkonošské arkto-alpínské tundry (vlevo nahoře ledovcové jezero Mały Staw)

Tundrové prostředí a místní zalednění Krkonoš poprvé popsal již v roce 1894 německý geograf J. Partch, následně pak švédský geolog B. Högbom, čeští přírodovědci J. Podpěra nebo E. Hadač hledali vysvětlení podobnosti krajiny Krkonoš a severní Evropy. Palynologové K. Rudolph a F. Firbas použili ve svých pracích z Krkonoš termín „subarktická rašeliniště“, geolog J. Kunský psal o hřebenech Krkonoš jako o „zarůstající tundře zbylé tu z ledových dob“, geomorfologové J. Sekyra, M. Prosová, A. Jahn či geobotanik J. Jeník popisovali periglaciální jevy na hřebenech nejen Krkonoš, ale i Hrubého Jeseníku či Králického Sněžníku. Vědci si postupně uvědomovali, jak jsou Krkonoše a celé Vysoké Sudety unikátním prostředím uprostřed Evropy. Jak se vývoj těchto geologicky starých pohoří mnohem více podobá vývoji krajiny na severu Evropy než vývoji „mladších“ Alp, Pyrenejí či Karpat.

Desetiletí výzkumu všech fenoménů krkonošské přírody a jejich porovnání s dalšími horstvy Evropy vedly koncem 20. století k popisu a definování

arkto-alpínské tundry Krkonoš a její odlišnosti od tundrového prostředí Skandinávie a Alp. Termín **arkto-alpínská tundra** nejlépe vystihuje, co se v prostoru střední Evropy odehrávalo během chladných období pleistocénu a na začátku holocénu a co i nadále existuje jako živé muzeum těchto událostí.

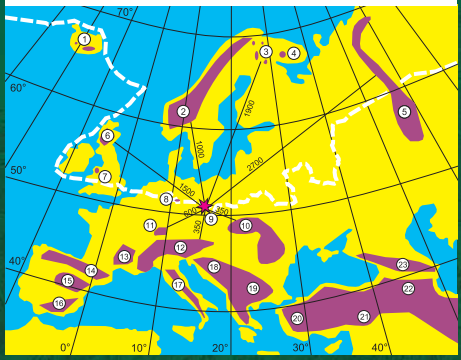
Původní zákres zalednění Sněžných jam od geografa Partsche a jejich reálná podoba

Vzdálenost Krkonoš (v km) od nejbližších horských systémů přesahujících svou výškou alpínskou hranici lesa (upraveno dle Jeníka 1994)

Arkto-alpínská tundra: (1) Island, (2) Skandy, (3) horské oblasti Finska, (4) Chibiny, (5) Ural, (6) Skotská vysočina, (7) Snowdonia, (8) Harz, (9) Krkonoše

Alpínská tundra: (10) Karpaty, (11) Vogézy, Schwarzwald, (12) Alpy, (13) Centrální masiv, (14) Kantaberská pohoří, (15) Iberský masiv, (16) Sierra Nevada, (17) Apeniny, (18) Dinaridy, (19) Balkanidy, (20) pohoří Anatolie, (21) Taurus, (22) Malý Kavkaz, (23) Kavkaz

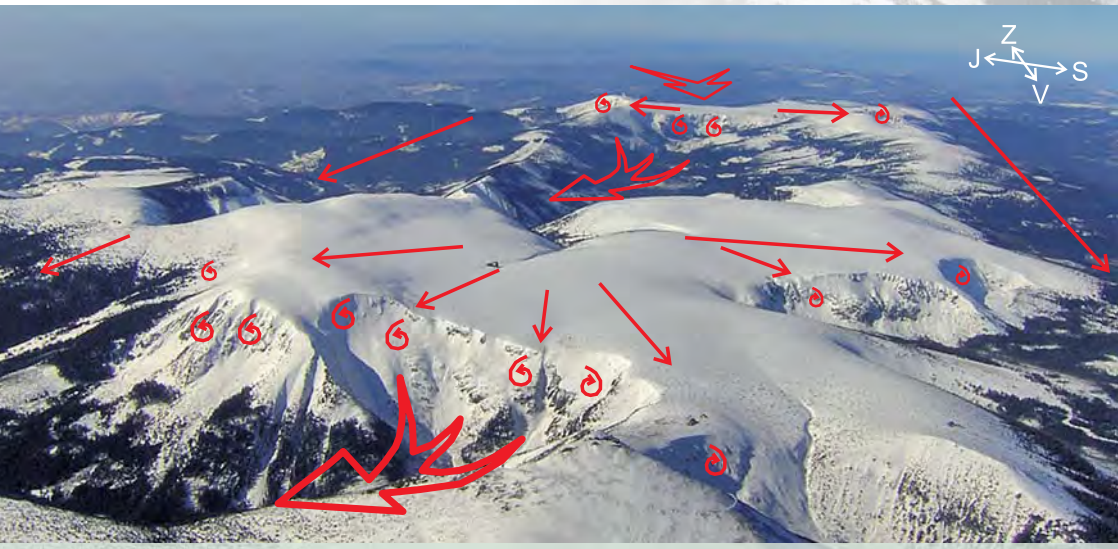
- - - bílá čára: maximální zalednění ovlivňující nejjižnější rozsah arktické tundry v minulosti



Dvojice ledovcových karů Sněžných jam na severních svazích západních Krkonoš

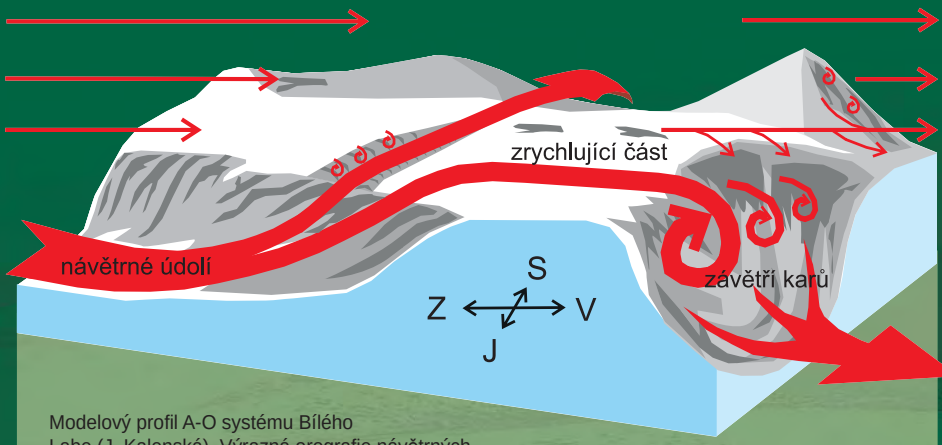
Co víme o krkonošské arkto-alpínské tundře

V celé střední Evropě je to unikátní prostředí, které na české a polské straně pokrývá dohromady pouhých 47 km^2 nad alpínskou hranicí lesa (7,4 % z rozlohy Krkonoš). Zahrnuje ledovcové kary, alpínské trávníky a rašeliniště na náhorních plošinách (etchplénech) i mrazem a větrem formované nejvyšší vrcholy.



Hlavní směry větrného proudění v Krkonoších po tisíciletí ovlivňují anemo-orografické poměry v údolích Mumlavy, Labe, Bílého Labe a Úpy

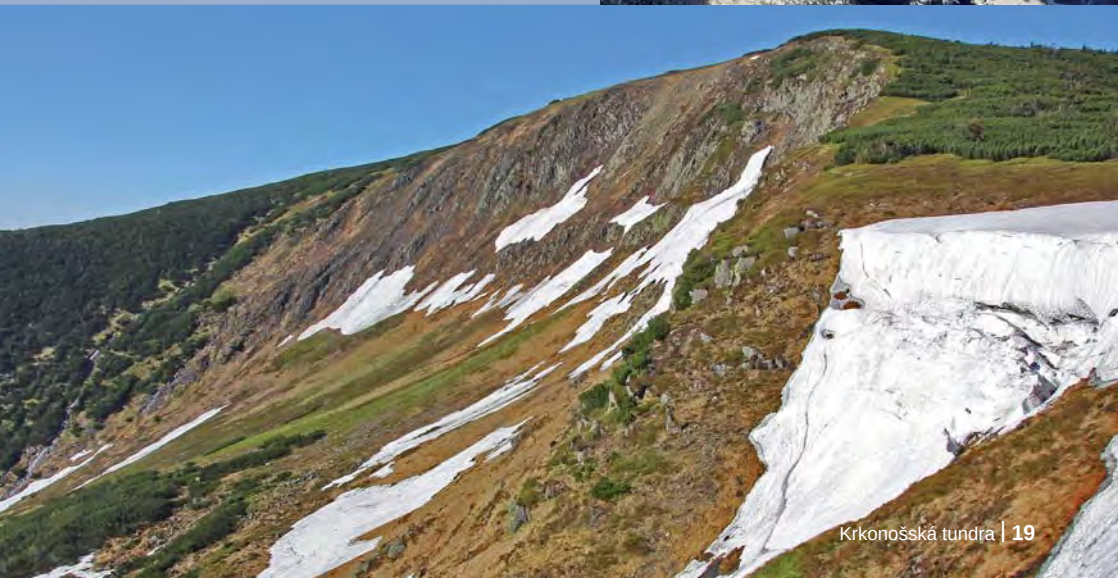
Krkonoše jsou velmi přehledné v uspořádání reliéfu, horninového podloží i klimatických podmínek. Tundrová oblast je vyvinuta odděleně v jejich západní a východní části. Obě mají shodný geologicko-geomorfologický základ: dva souběžné hřbety – Český a Pohraniční – protažené ve směru Z–V, oddělené říčním údolím a propojené prastarým reliéfem náhorních plošin (v západních Krkonoších v okolí Labské boudy, ve východních v okolí Luční boudy). Na ně navazují uzávěry závětrných údolí v minulosti vyplněných ledovci. Toto uspořádání koresponduje s převládajícím JZ až Z větrným prouděním a srážkami a to v důsledku atmosférické cirkulace mezi 30° a 60° severní šířky. Výsledkem je specifické rozložení sněhu, činnost sněhových lavin, drsné klima a tomu odpovídající rozmanitost společenstev rostlin a živočichů. Celý tento propojený komplex – reliéf, větrné proudění (návětrné údolí, zrychlující hřebenová část, závětří)



Modelový profil A-O systému Bílého Labe (J. Kalenská). Výrazná orografie návětrných a závětrných svahů východních Vysokých Krkonoš v prostoru mezi Kozími hřbety a Sněžkou.

a biodiverzita – se nazývá anemo-orografický systém a v Krkonoších je vyvinut snad nejvýrazněji z celé Evropy. Tundra je vázaná převážně na hřebeny a závětří A-O systémů.

Zbytky jarních sněhových polí na závětrných svazích Úpské jámy



Kryoplanační terasy a mrazem tříděné půdy na svazích Luční hory

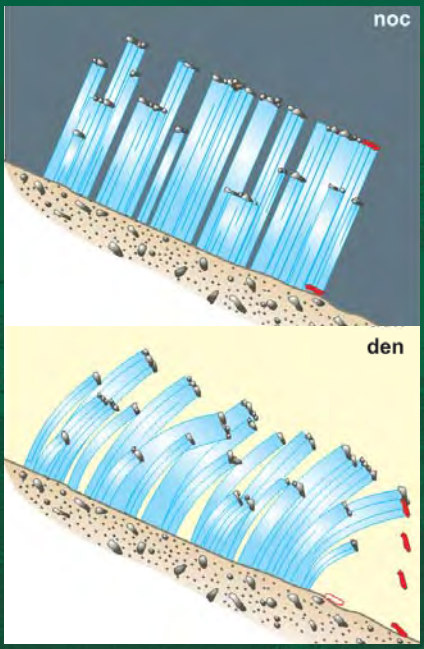
Zóna lišejníkové tundry – kryo-eolická

Nejvyšší vrcholy Krkonoš s mělkými kamenitými půdami – Sněžku, Obří hřeben, Luční a Studniční horu, Malý Šišák, Smogorniu a Vysoké Kolo – pokrývá kryo-eolická zóna. Je vystavena dlouhodobému vlivu mrazu (kryo-) a větru (eo-). V dobách ledových při existenci permafrostu, intenzivním mrazovém zvětrávání, následném třídění zvětralin, střídání hlubokého zamrzání a rozmrzání půdy a půdotoku (geli- a soliflukce) tak byly vrcholy a jejich svahy stupňovitě přemodelovány do kryoplanačních teras, vznikla rozlehlá kamenná moře, různé typy mrazových (kryogenních) a soliflukčních půdních forem – polygonů, pruhů a brázd, soliflukčních valů. I v současnosti je to klimaticky nejdrsnější oblast Krkonoš (průměrná roční teplota se pohybuje jen kolem +1 °C). Sněhová pokrývka je v důsledku silných větrů nízká a přetrvává pouze několik měsíců v roce. Paradoxem jsou sněhová pole podmíněná zavátím kryoplanačních teras. Mrazové procesy – i když s mnohem menší intenzitou – dodnes udržují kryoreliéf, který je ve středohorách střední Evropy výjimečný a jehož obdobu nalezneme pouze v polární tundře a studených velehorských pouštích světa.

Mrazem a větrem narušovanou vegetaci tvoří společenstva rostlin nesnášejících vyšší a déletrvající sněhovou pokrývku. Patří mezi ně vzácné severské a alpínské lišejníky a mechorosty. Z fauny tady našli domov členovci, obzvláště hmyz (motýli, dvoukřídlí, střevlíci), z nichž mnohé druhy patří ke glaciálním reliktům.

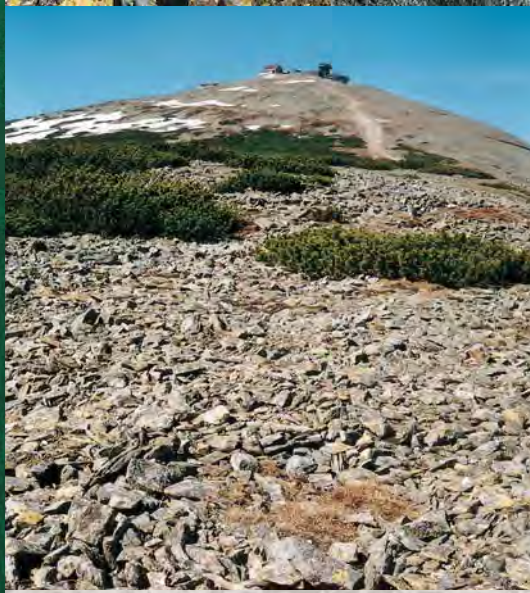
Jehlovitý půdní led

Příčný profil jehlovitým ledem znázorňující mechanizmus posunu úlomků horniny při jeho vzniku a zániku v cyklu den–noc (dle J. Sekyry, 1960)



Co roste a žije v lišejníkové tundře

- prvosenka nejmenší (*Primula minima*)
- jestřábník alpský (*Hieracium alpinum*)
- plavuník alpínský (*Diphasiastrum alpinum*)
- šídlovec kůstkovitý (*Thamnolia vermicularis*)
- kulík hnědý (*Charadrius morinellus*)
- huňatec žlutopásný krkonošský (*Psodos quadrifarius*)
- střevlíček rezavý (*Nebria rufescens*)
- slíďák ostnonohý (*Acantholycosa norvegica*)



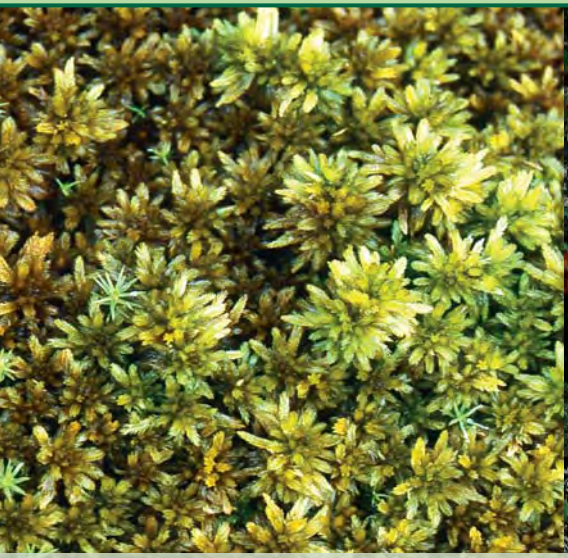
Mrazem tříděné sutě na Obřím hřebenu

Úpské rašeliniště ve východních Krkonoších je zařazeno na seznamu Ramsarské konvence o ochraně světově významných mokřadů

Zóna travnaté tundry – kryo-vegetační

Jen o necelých 200 metrů níže od vrcholů se v okolí Luční a Labské boudy rozkládají dvě rozlehlé pláně pokryté mozaikou alpínských trávníků s převahou smilky tuhé, kleče a severských strukturovaných rašelinišť. Jsou to místa méně větrná, mírně svažitá, s vysokým množstvím sněhových a dešťových srážek (ca 1 200 mm/rok). Sněhová pokrývka dosahuje v průměru kolem 180 cm, vytrvává přes půl roku, běžná jsou jarní a letní sněhová pole. Průměrná roční teplota se pohybuje kolem +1,6 °C. Zvětralinový plášť a podzolové půdy jsou tady hlubší. To vše v minulosti umožnilo bujný rozvoj travinné a rašeliništní vegetace, která překryla mrazem tvarovaný reliéf polygonálních a brázděných půd. Další tvary vznikly soliflukcí, pozoruhodné jsou horské růžencové toky, putující kamenné bloky, rašelinné kopečky pounikos nebo rašelinné kupy, tvarem a odtrháváním celých bloků rašeliny připomínající severské palsy. Je to krajina podobná polárním a subpolárním oblastem severu Evropy, ale i Patagonie či Nového Zélandu. Její současný ráz však podstatně ovlivnilo budní hospodaření a posléze i výsadby nových porostů kleče.

Rašeliniště začala ve vyšších polohách Krkonoších vznikat před asi 7 000 až 5 000 lety. Mnohé zdejší rostliny jsou běžné na severu Evropy a do Krkonoš doputovaly kdysi dávno jako vyslanci polární tundry. Patří mezi ně ostružiník moruška, ostřice Bigelowova, všivec krkonošský nebo rašeliník Lindbergův. Krkonoše jsou nejjižnější výspou jejich rozšíření. Fauna hostí mnohé glaciální relikty, např. pavouky, vážky či hraboše mokřadního, jehož populace se cyklicky mění. Mimo zimní období sem vystupuje jelení zvěř.



Rašeliník Lindbergův, ostružiník moruška a modráček tundrový (dole) patří mezi elitní sestavu obyvatel krkonošských rašelinišť

Řez zarostlými polygonálními půdami na Luční pláni (Sekyra 1960)

Unikátní je endemické společenstvo borovice kleče a ostružiníku morušky, které nikde jinde na světě nenajdeme. Moruška má v Krkonoších své nejjižnější evropské útočiště, kleč naopak nejsevernější. Skvostem ptačí fauny je migrující severský slavík modráček.

Schustlerova zahrádka na svazích Pančavské jámy nese jméno významného krkonošského vědce Františka Schustlera, který zpracoval již v roce 1923 první návrh na zřízení Krkonošského národního parku

Zóna květnaté tundry

Rozkládá se v závětrné části A-O systémů. Hluboké amfiteátry ledovcových karů (v místním názvosloví „jámy“) jsou tou částí tundry, kterou v minulosti vyplňovaly ledovce a kde i po jejich odtátí po dlouhá tisíciletí nadále působí mrazové zvětrávání obnažených skalních stěn, na hranách se v zimě tvoří mohutné sněhové převěje a svahy obrušují laviny. Hlavními aktéry jsou sníh (niveo-) a led (glaci-), odtud název niveo-glacigenní zóna. Patří k ní i sněhové prohlubně, nivační deprese a svahy s letními sněhovými poli.

Především v karech se však propojují účinky pomístně příznivého mikroklimatu, dostatečné vlhkosti, ale i minerálního bohatství obnažených skalních stěn. Po celý holocén působící sněhové laviny zde podpořily vznik neobyčejně pestré mozaiky ekosystémů (např. prameniště, alpínské nivy, keřová společenstva křivolesů), kde v těsném sousedství horských a severských rostlin a živočichů žijí druhy podhůří a nížin, organismy chladnomilné vedle teplomilných, světlomilné vedle stínomilných. Je to prostředí krkonošských botanických zahrádek, které již dávno před příchodem badatelů dobře znali a pojmenovali naši předci (např. Krakonošova nebo Čertova zahrádka, později přibyla např. Schustlerova nebo Kotelská zahrádka). Druhově nejbohatší je Čedičová rokle v Malé Sněžné jámě na polské straně hor. Obdobou květnaté tundry krkonošských karů je jádro Velké a Malé kotliny v Hrubém Jeseníku. Jejich flóra a fauna patří mezi nejbohatší v evropských středohorách.

Labské jámy při pohledu z letadla. Na svazích krkonošských jam rostou lavinami bizarně tvarované křivolesy s břízou karpatskou a endemickým jeřábem sudetským

Na hranici dvou světů

Nadmořská výška v kombinaci s mnoha klimatickými silami se v horské krajině zřetelně projevuje zastoupením různých životních forem rostlin, podle nichž se rozlišují tzv. vegetační výškové stupně. V Krkonoších existují čtyři – podhorský, horský, spodní alpínský a svrchní alpínský stupeň. Mezi druhým a třetím stupněm se klikatí alpínská hranice lesa, dělící svět stromů od světa horských keřů, keříčků, bylin, travin, mechorostů a lišejníků.

Smrk a kleč – dvě hlavní dřeviny ekotonu alpínské hranice lesa. Nad hranicí lesa postupně převládne keřovitá kleč a smrk přežívá v jednotlivých smrkových rodinách

Alpínská hranice lesa (dále jen AHL) je různě široký pás zvaný ekoton, ve kterém se v závislosti na mnoha přírodních podmínkách mění životní strategie růstu dominantních rostlin. Stromy odtud mizí, protože k vývoji dřeva v kmenech a větvích je zde nedostatek tepla a příliš krátká vegetační doba. Nízké keře a keříky jsou pro takové prostředí lépe přizpůsobeny a postupně stromy nahrazují. V Krkonoších se to týká smrku ztepilého, který je hlavní dřevinou horských lesů. V přechodném pásu – ekotonu AHL, je silně poškozován mrazem, větrem, sněhem a ledem a nahrazují ho porosty borovice kleče, některých druhů bříz, vrb a jeřábů.

Tvary dřevin na AHL dokonale odpovídají tamním životním podmínkám. Drsnějšímu klimatu se stromy snaží přizpůsobit klonálním růstem – zakořeňováním větví

vytvářejí tzv. smrkové rodiny. Zakořeňování poléhavých větví je zcela obvyklé u kleče, která smrk na svazích postupně vystřídá.

Podle nápadně tvarovaných vlajkových forem korun dřevin lze rozpoznat převládající směr větrného proudění. Také laviny a plazivý sníh výrazně ovlivňují podobu dřevin na AHL. Opakované zlomy kmenů a větví vedou k vytváření bizarních lavinových forem dřevin.

ARKTO-ALPÍNSKÁ TUNDRA
KRKONOŠE

Vlajková forma smrku na alpínské hranici lesa (nahoře); parková hranice lesa na JV svazích Sněžky (dole)

Proměny alpínské a polární hranice lesa

Přirozená alpínská hranice lesa má na zeměkouli velmi rozmanité podoby, probíhá v různých nadmořských výškách podle velikosti, výšky hor a klimatu a její vzhled tvoří nejrůznější dřeviny. Spolu s polární hranicí lesa představují citlivé a dynamické prostředí, které reaguje i na probíhající globální klimatické změny. Jsou citlivým indikátorem budoucího vývoje tundrového biomu v různých částech světa.

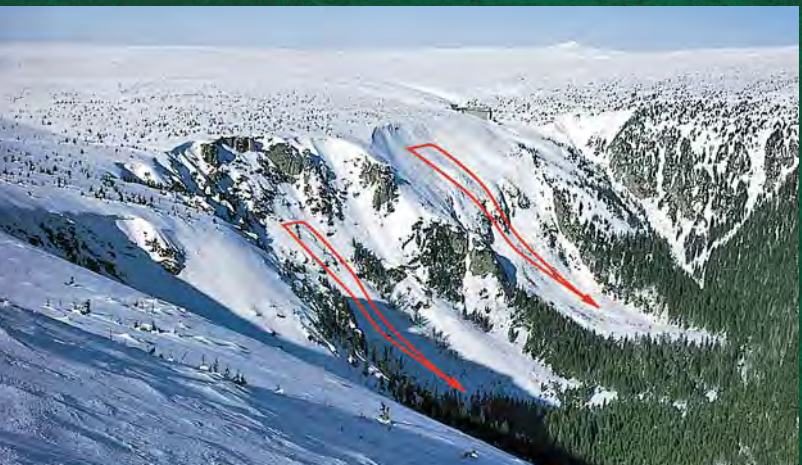
Pravidelné sesuvy sněhových lavin podmiňují v ledovcových karech vznik zátokovité hranice lesa. Obzvláště dobře patrná je ve spodní části svahů Labských jam (viz zimní situace na pravé straně dole)

Průběh AHL kolísá v rozmezí mnoha desítek metrů v závislosti na reliéfu, orientaci svahů, větrném proudění, vlivu sněhových a zemních lavin a souvisí i s dřívějším hospodařením horalů. Zatímco v Krkonoších probíhá v rozmezí 1 200 až 1350 m n.m., v Tatrách kolem 1 600 m n.m., v Alpách je to již přes 2 000 m n.m., v afrických velehorách přes 3 000 m n.m. a v Himálaji dokonce přes 4 000 m n.m. V nejsevernějších oblastech Eurasie a Severní Ameriky její průběh naopak klesá až téměř k mořské hladině

Alpínská hranice lesa s břízou Czerepanovou v pohoří Abisko v severním Švédsku plynule přechází v polární hranici lesa. Břízy jsou častými průvodci lavinových drah v různých pohořích světa

a tak plynule přechází v polární (arktickou) hranici lesa.

V Krkonoších je v ekotonu AHL smrk postupně vystřídán klečí, jeřábem a břízou karpatskou a rostou tu i mnohé teplotně náročnější dřeviny (líska, lípa), v Karpatech a Alpách se prolíná smrk a modřín s klečí, limbou, jalovci a v Alpách i s pěnišníky, ve skandinávských horách je to bříza Czerepanova a jalovce, na Sibiři břízy, modříny a smrky, v Himálaji je to bříza himálajská a různé druhy jalovců či pěnišníků. V tropických velehorách tvoří hranici lesa některé druhy vřesovců, ale i starčky, lobélie či klejovky, na jižní polokouli v Patagonii nebo na Novém Zélandu např. pabuky.



Vidět, poznat a pochopit

Hodnotu krkonošské arkto-alpínské tundry lze objektivně posoudit pouze na základě jejího srovnání s jinými krajinami, kde se tundrový biom rozkládá. Klíčové je proto mít možnost na vlastní oči spatřit, zkoumat a srovnávat různé podoby tundrové krajiny a její přírody.

Moderní monitoring přírodního prostředí krkonošské tundry v rámci celosvětového projektu ITEX (International Tundra Experiment). Výzkum pomocí „otevřených skleníčků" je zaměřený na simulaci vlivu oteplení na tundrové ekosystémy

V roce1939 využil český botanik Emil Hadač možnost pravidelné „výletní" plavby s Hamburskou plavební společností po trase Faerské ostrovy, Island, Jan Mayen, Špicberky, Medvědí ostrov, Nordkap, pobřeží Norska. Tam se přesvědčil, jak je důležité pro pochopení květeny a vzhledu našich hor poznat sever Evropy, odkud se při ochlazení klimatu šířil skandinávský ledovec.

Až v polovině 20. století geobotanikové z Univerzity Karlovy v Praze identifikovali klíčové vlastnosti Vysokých Sudet a v jejich rámci popsali mnohostranné přírodní spojitosti Krkonoš s alpskými a severskými krajinami. Jejich poznatky přispěly k pochopení unikátní hodnoty krkonošské tundry a podpořily proces zakládání prvních přírodních rezervací a v roce 1963 i KRNAP – prvního národního parku v českých zemích. V roce 1992 došlo k zařazení Krkonoš do světové sítě biosférických rezervací UNESCO a krátce poté vznikl spolu s polskou částí KPN jeden z prvních evropských přeshraničních národních parků.
S podporou EUROPARC Federation,

v rámci spolupráce české, švédské či ruské Akademie věd a pod hlavičkou mezinárodních projektů ITEX, ATANS odborníci Správy KRNAP a AV ČR realizovali srovnávací výzkumy ve Skotsku, Švédsku, Norsku, Belgii, Rakousku, Finsku, Francii, Německu, na Kolském poloostrově, v oblasti Polárního Uralu, Sibiře.

Dvacetileté úsilí tak výrazně posunulo význam krkonošské tundry na mezinárodní úroveň. Od r. 2008 jsou její alpínské vrcholy součástí projektu GLORIA monitorujícího po celém světě vliv změn klimatu na alpínskou vegetaci a v r. 2011 byly Krkonoše zařazeny jako nejjižnější lokalita arkto-alpínské tundry v Evropě do sítě stanic INTERACT, komplexně sledujících změny arktických a alpínských ekosystémů.

Lokality, na nichž přírodovědci Správy KRNAP spolu s univerzitními a akademickými pracovníky prováděli/provádějí srovnávací studie krkonošské (✱) severské (●) a alpínské (●) tundry. Plavba E. Hadače (–). Aktivity dalších českých odborníků včetně současné české polární stanice na Špicberkách (●).

Botanici podrobně sledují rozšíření zvonku českého i chování této významné endemické rostliny Krkonoš

Výzkum sněhové pokrývky na lavinovém svahu Pančavské jámy

Tundra v Krkonoších a dalších hercynských pohořích

Krkonoše patří do systému starých pohoří střední Evropy vzniklých v prvohorách při hercynském vrásnění (Vogézy, Schwarzwald, Harz, Šumava, Krušné hory, Sudety). Zachovala se tundra v některých z nich?

Dvojice ledovcových karů Kotelních jam v západních Krkonoších. Ledovcový kar na svazích hory Hohneck ve Vogézách (na pravé straně)

Krkonoše tvoří spolu s Hrubým Jeseníkem a Králický Sněžníkem Vysoké Sudety. Na Sněžníku existují tundrové trávníky, keříčková společenstva, periglaciální sutě, mrazem tříděné půdy a lavinami ovlivněná alpínská hranice lesa, ale jedná se pouze o jediný izolovaný vrchol. Hřeben Hrubého Jeseníku již představuje rozsáhlejší území s dobře vytvořenou arkto-alpínskou tundrou včetně glaciálních reliktů. Proto mluvíme nejen o krkonošské, ale o arkto-alpínské tundře Vysokých Sudet.

Šumava, Krušné a Jizerské hory jsou nižší, chybí jim alpínský stupeň a tundrový ráz si zčásti zachovala pouze rašeliniště. Na Šumavě dokládají zalednění lesem zarostlé karové stěny a osm ledovcových jezer.

Schwarzwald a Vogézy byly během pleistocénu také místně zaledněny, je však zřejmé, že se ráz krajiny (kary, jezera, lavinové dráhy, alpínské trávníky v nejvyšších polohách), flóra i fauna více

blíží alpínské než polární tundře. Patrně následkem oceánického klimatu a větší vzdálenosti od skandinávského ledovce mají málo vyvinutý kryoreliéf a nedochovaly se ani glaciální relikty.

Zato masív Brockenu (nejvyšší vrchol Harzu), v pleistocénu místně zaledněný a v dosahu skandinávského ledovce, má již rysy arkto-alpínské tundry. Najdeme zde severské smilkové trávníky a rašeliniště s arkto-alpínskými organismy, ale i mrazové sruby a periglaciální sutě.

Jeřáb sudetský je endemitem Krkonoš

Jeřáb Mougeotův je rodákem z pohoří Vogézy ve Francii

Svět severně od Krkonoš

Vydáme-li se do oblasti severního Skotska, Skandinávie, Kolského poloostrova nebo Uralu, tam všude se rozkládá severská tundra a lesotundra, jejíž obdobu známe z Krkonoš, neboť do nich kdysi dávno doputovala v předpolí narůstajících i ustupujících ledových mas.

Některá místa v norském Národním parku Jotunheimen jsou vzhledově téměř identická s Krkonošemi (hora Besshø v NP Jotunheimen v Norsku a Studniční hora s Úpskou jámou v Krkonoších na pravé straně)

Žulové pohoří Cairngorm se nachází uprostřed Skotské vysočiny, přibližně o 6 stupňů zeměpisné šířky severněji (ca 700 km) než Krkonoše. V mnoha směrech je jim podobné, tundra je arkto-alpínská. V utváření terénu je však znát i vliv kontinentálního zalednění a vlhkého oceánického klimatu.

Skandinávské oblasti, v nichž pracovali čeští odborníci, zejména Dovrefjell, Jotunheimen či Hardagervidda v Norsku, Abisko a Kevo na severu Švédska a Finska, Kola, Jamal a Polární Ural v Rusku, se ukázaly pro pochopení vývoje přírody středoevropských Vysokých Sudet naprosto zásadní. Tamní chladnější klima včetně lokálních ledovců a projevů existujícího permafrostu umožňuje poznání procesů probíhajících v krkonošské tundře od konce zalednění před ca 10 000 lety (poslední ledovce u nás roztály před ca 7 000 lety, permafrost z Krkonoš zmizel pravděpodobně teprve před ca 5 000 lety).

Současné poznatky umožňují srovnávat svět krkonošské arkto-alpínské tundry i s hodně vzdáleným pohořím White Mountains na východním pobřeží Severní Ameriky, kde během pleistocenního zalednění a v holocénu probíhal obdobný přírodní vývoj.

Svída švédská zpestřuje bylinné patro v křovinatých lesích skandinávských pohoří

Stíny minulosti

Krkonošská tundra se utvářela po tisíciletí v dobách ledových a poledových. Od 13. století však začala měnit svůj vzhled vlivem zásahů člověka. Hřebeny Krkonoš protnuly první zemské stezky, objevily se první boudy, nerostné bohatství podmínilo rozvoj hornictví, což urychlilo kolonizaci hor.

Během budního hospodaření horalé sklízeli seno i z alpínských luk na hřebenech hor

Budní hospodaření, povodně, kleč

V 17. století v důsledku 30leté války postoupilo osídlování vysoko do hor. V 18. st. je v Krkonoších nad 1100 m n.m. zmiňováno téměř 40 bud. V jejich okolí se páslo (kozy, krávy, koně), kosilo, hnojilo a odstraňovala kleč. Povodně a sesuvy půdy z konce 19. st. byly spojovány i se zmenšením rozlohy porostů kleče. Problém jejích následných výsadeb v 19. a 20. století se řeší dodnes.

Cech laborantů, herbáře, sběr bylin

Od pol. 16. do počátku 19. století používal cech laborantů na slezské straně Krkonoš horské byliny k výrobě léků. Botanička Josefína Kablíková z Vrchlabí rozeslala na různé instituce tisíce herbářových položek krkonošských rostlin sbíraných v přírodě. Z mnoha rostlin se staly oblíbené turistické suvenýry. Řada vzácných druhů krkonošské tundry tak byla nadměrným sběrem ohrožena.

Turismus, rekreace a zimní sporty

Změna orientace budního hospodářství na turistiku (intenzivně od pol. 18. st.) a zimní sporty (od konce 19. st.) vedla k rozšíření cestní sítě, zvětšování bud, problémům s ukládáním odpadků a čištěním odpadních vod. Zvýšení počtu návštěvníků v druhé polovině 20. století se projevilo v nárůstu množství aut i emisí a nekontrolované stavební činnosti. Obdobná vlna probíhá i v současnosti.

Předválečná opevnění, hraniční pruh

Obranná linie z let 1936–1939 vedla v tundrové oblasti Krkonoš k vybudování desítek železobetonových řopíků, zákopů, střeleckých průseků. Se vznikem československo-polské státní hranice byl v 50. letech 20. století vykácen široký hraniční pruh.

To vše se dodnes projevuje v prostorovém a druhovém složení květeny a zvířeny krkonošské tundry.

Rozrazil chudobkovitý roste na jediném místě v Čechách – pod vrcholem Sněžky. V minulosti i v současné době je silně ohrožen vysokou návštěvností Sněžky. Hraniční pruh na česko-polské hranici je dodnes patrný

Problémy současnosti

Představa bezproblémových osudů krkonošské tundry pod právní záštitou národních parků není na místě. Během padesátileté historie se nakupily otázky, jejichž řešení vyvolalo i různé střety ochranářů, lesníků, vědců, ale i veřejnosti.

Péče o horské cesty v Krkonoších prošly různými proměnami, než jsme se vrátili k osvědčenému způsobu, který používali naši předci – štětování

Cesty

Vážným omylem, bohužel s dlouholetými dopady zejména na české straně Krkonoš, byly opravy cest nevhodným bazickým kamenivem (vápenec, melafyr), což změnilo chemismus okolních kyselých půd tak, že do tundry začaly pronikat nepůvodní a plevelné druhy rostlin. Jen pomalu se daří vzniklou situaci řešit postupnou náhradou nevhodného materiálu místním kamenivem.

Znečištěné ovzduší

Imise z elektráren spalujících uhlí způsobily v 2. pol. 20. st. nejen dramatické odumírání horských smrčin, ale i poškození arkto-alpínské tundry: došlo ke zhoršení zdravotního stavu kleče (houbové choroby, přemnožení fytofágního hmyzu, snížení klíčivosti semen, předčasné odumírání jehličí) i snížení druhové pestrosti mykorrhizních hub, na něž je vázána řada tundrových druhů rostlin. I když se čistota ovzduší zlepšila, obnova narušeného chemismu půd je dlouhodobý proces.

Výsadby kleče

Dlouhá léta probíhal spor o rozsah obnovy klečových porostů nad alpínskou hranicí lesa a vliv již vysázené kleče na tundrové ekosystémy. Teprve mezioborové výzkumy poskytly podklady pro realizaci ekologicky šetrného prořeďování vysázených porostů kleče a lokální dosadby.

Prořeďování hustých výsadeb kleče sleduje záchranu unikátních mrazových forem reliéfu či vzácných druhů krkonošské flóry. Kyhanka sivolistá patří mezi mykorhizní rostliny, kterým neprospělo imisní znečištění Krkonoš v závěru minulého století, kdy se naopak dařilo hřebenuli ryšavé, jejíž housenice se živí jehličím kleče

Péče o krkonošskou tundru

Hřebenová oblast včetně ledovcových karů představuje nejatraktivnější část české i polské strany Krkonoš. Péči o ni zajišťují správy obou národních parků (KRNAP, KPN), ale její osud leží i v rukách všech, kteří jsou s přírodou a infrastrukturou Krkonoš spjati – majitelů a uživatelů bud, místních samospráv i podnikatelů.

Péče o unikátní arkto-alpínskou tundru Krkonoš využívá nejnovějších vědeckých poznatků (zleva: Nils Ake Andersson z Abiska, Christoffer Andrews z Cairngorm, Jan Štursa z Krkonoš a Donie Bret Harte z Toolik Research Station na Aljašce v diskusi nad růžencovými toky nedaleko Luční boudy)

Správci obou Krkonošských národních parků věnují v posledních desetiletích kromě obnovy imisemi poškozených lesů patřičnou pozornost i ochraně krkonošské arkto-alpínské tundry před nežádoucími civilizačními tlaky.

Podrobné řešení předkládá Plán péče o Krkonošský národní park a jeho obdoba na polské straně. Pracovníci obou parků se snaží pečovat stejným způsobem o jižní a severní svahy Krkonoš a využívají společný moderní informační systém pro včasnou výměnu potřebných znalostí. Dlouhodobá tradice pořádání česko-polských vědeckých konferencí *Geo-ekologické problémy Krkonoš* poskytuje tu nejlepší možnost, jak soudobé vědecké poznatky bezprostředně uplatňovat v péči o Krkonoše.

Neméně důležitá je však i spolupráce obou správ národních parků a představitelů obcí a měst po obou stranách Krkonoš při řešení aktivit, které ovlivňují hřebenovou část hor. Výsledkem dlouholetých

společných jednání českých a polských institucí je přijetí oficiálního dokumentu Vize Krkonoš, který představuje základní kodex pro soužití lidí a hor v celých Krkonoších.

INTERACT

(●) V projektu INTERACT je k r. 2015 zařazeno 73 stanic v Arktidě, Subarktidě a alpínských oblastech severní polokoule.

(✱) Krkonoše/Karkonosze – tundrová oblast české i polské části byly do projektu zařazeny již v prvním roce jeho činnosti – v r. 2010

Součástí projektu je také „Česká arktická výzkumná stanice Josefa Svobody“ na Špicberkách, na níž Jihočeská Univerzita České Budějovice zajišťuje výzkum a vysokoškolskou výuku polární ekologie.

Moderní technologie umožňuje hlubší poznání přírodních procesů, které probíhají v krkonošské tundře. Z měření průběhu odtávání sněhu na „mapě republiky“ v Modrém dole

Tundra a změny klimatu

Tundra patří mezi nejohroženější části přírody naší planety. Zaujímá velmi malou plochu a probíhající klimatické změny ovlivňují její rozsah a biodiverzitu. Ústup arktické tundry na sever však končí na březích oceánu, ústup alpínské tundry do vyšších nadmořských výšek je omezen výškou hor. Změny se týkají i tundry Krkonoš.

Monitoring klimatických změn probíhá již léta i na hřebenech Krkonoš

Od konce 20. století jsou ve světě evidovány klimatické změny. Modely předpovídají v příštích desetiletích oteplení až o 4 °C. Především na severní polokouli se projevuje táním permafrostu a s ním spojené zvětšování vodních ploch v tundře, uvolňováním CO_2 a metanu působících v atmosféře jako skleníkové plyny, zmenšováním ledovců. V horách se zvětšuje podíl stromů a keřů na alpínské hranici lesa, některé alpínské druhy ustupují do vyšších nadmořských výšek, druhy adaptované na arktické a alpínské podmínky jsou zcela či zčásti vytlačovány konkurenčně silnějšími.

Krkonošská tundra, s ohledem na polohu ve střední Evropě, prodělala podobnou změnu již v období klimatického optima holocénu. I proto v ní dnes převládají konkurenčně silné traviny nad bylinami a glaciální relikty přežívají jen na omezených stanovištích. Průměrná teplota

vzduchu v Krkonoších stoupla za posledních 20 let o 0,6 °C, zvýšil se podíl semenáčků dřevin v karech, došlo k posunu výskytu klíštěte obecného z obvyklých 750 do 800–1 100 m n.m., jsou doloženy i změny v chování některých ptačích druhů. To jsou hodně varovné signály.

Pro budoucnost krkonošské tundry je proto krajně důležité podrobné monitorování změn přírodních podmínek a chování zástupců flóry a fauny a následně včasné použití vhodných a reálných ochranářských opatření.

Mezi druhy, kterých se změny prostředí týkají, patří někteří zástupci ptačí fauny Krkonoš, například kos horský, z rostlin se to týká například kapradinky horské (vlevo) nebo glaciálního reliktu lomikamenu sněžného. Oba rostou v omezeném počtu na jediném místě hor – v Malé Sněžné jámě

Unikátní, jedinečná a nenahraditelná

Krkonošská arkto-alpínská tundra je ostrovem severské a vysokohorské přírody uprostřed Evropy. Přestože zaujímá jen necelých 8 % z rozlohy celého pohoří, tvoří nejcennější část Krkonoš. Dokládá to následující rekapitulace.

ARKTO-ALPÍNSKÁ TUNDRA
• KRKONOŠE •

- Krkonoše mají geograficky a klimaticky výjimečně příznivou polohu v mozaice rozsáhlých rovin, lesnatých pohoří a vysokých hor Evropy.
- Během pleistocenního zalednění severní polokoule se v tomto pohoří opakovaně prolínal svět polární a alpínské tundry.
- Při rozšiřování i ústupech zalednění se Krkonoše staly křižovatkou migrací různých rostlin a živočichů.
- Pozdější izolace hřebenů Krkonoš od ostatního horského světa vedla ke vzniku endemických organismů.
- Zevrubné pochopení a popsání všech biogeografických souvislostí umožnilo v roce 1995 definovat tundru Krkonoš jako unikátní relikt arkto-alpínské tundry ve střední Evropě.
- Jevy, které jsou v Krkonoších seskupeny na malé ploše a v malém rozpětí nadmořské výšky (alpínské vrcholy, strukturovaná rašeliniště, severské trávníky, ledovcové kary), nalezneme až ve značně vzdálených místech Evropy.
- Význam krkonošské tundry jako jednoho z nejjižněji položených ostrůvků/reliktů severské přírody ve střední Evropě je pro pochopení budoucích osudů tundrového biomu neocenitelný.
- Statut obou Krkonošských národních parků a bilaterální Biosférické rezervace Krkonoše/Karkonosze v rámci programu UNESCO tvoří právní základ a důstojný mezinárodní rámec pro účinnou ochranu tak výjimečného území.
- Plány péče o oba Krkonošské národní parky a především důsledná realizace všech jejich cílů jsou jedním z předpokladů, že se unikátní ostrov krkonošské arkto-alpínské tundry podaří zachovat i přes rychlé změny okolního světa.

Výkladový slovníček odborných termínů

- **alpínský** – vztahující se k prostředí nad alpínskou hranicí lesa
- **antarktický** – vztahující se k Antarktidě, resp. oblasti jižně od styku chladných antarktických vod Jižního oceánu z tajícího ledu a teplejší slanější vody Tichého, Atlantského a Indického oceánu na cca 40° j. š.
- **arkto-alpínský** – druh nebo společenstvo vyskytující se na severní polokouli jako pozůstatek bývalé tundry dob ledových, a to jak v horách nad alpínskou hranicí lesa, tak v Arktidě
- **biom** – soubor společenstev rostlin a živočichů rozšířených na geograficky a klimaticky vyhraněné větší části zemského povrchu, s podobným charakterem rostlinného krytu i typickými živočichy (např. tropický les, savana, tundra)
- **ekosystém** – základní funkční jednotka přírody, v níž jsou ve vzájemných vztazích propojena společenstva rostlin, živočichů a neživého prostředí, v kterém žijí (např. ekosystém louky, lesa, rašeliniště, rybníku)
- **ekoton** – hraniční zóna, ve které se prolínají dva nebo více ekosystémů/biomů
- **endemit** – organismus, který vznikl a přirozeně se vyskytuje pouze v určitém, geograficky ohraničeném prostoru
- **eo...lický** – spojený s působením větru
- **glaci...genní** – spojený s působením ledovce/ledu
- **glaciální relikt** – organismus přežívající z dob ledových
- **kryo...genní** – spojený s působením mrazu
- **ledovec pevninský** (kontinentální) – rozsáhlý až několik km mocný ledovec pokrývající jako štít velké území
- **lesotundra** – pás rozptýlených dřevin a tundrové vegetace mezi tajgou a polární tundrou
- **niveo...** – spojený s působením sněhu
- **palsa** – vyvýšená část rašelinišť nebo půdy podmíněná přítomností permafrostu v oblastech s jeho nesouvislým výskytem
- **periglaci...** – předpona pro jevy či tvary v předpolí kontinentálních nebo horských ledovců (např. klima, sutě, půdy)
- **permafrost** – půda, rašelina nebo skalní podloží, které má minimálně po 2 po sobě jdoucí roky teplotu 0 °C a nižší
- **pingo** – vyvýšený útvar podmíněný narůstáním ledového jádra pod povrchem terénu v místech souvislého permafrostu
- **půdní led** – vzniká zmrznutím vody v půdě, vyplňuje póry mezi částečkami půdy, někdy tvoří i tenké vrstvičky
- **soliflukce/půdotok** – proces, při němž rozmrzlá půda i na mírných svazích stéká po zamrzlém podloží
- **tajga** – severský les s převahou jehličnatých stromů (smrk, borovice, jedle, modřín); nejrozsáhlejší biom na Zemi (asi 12 mil. km^2)
- **tor/skalní hradba** – izolovaný skalní útvar tvořený horninou odolnější ke zvětrávání

ARKTO-ALPÍNSKÁ TUNDRA
KRKONOŠE

Doporučená literatura

Flousek J., Hartmanová O., Štursa J. & Potocki J. (eds) 2007: Krkonoše. Příroda, historie, Nakl. Miloš Uhlíř – Baset, Praha: 864 str.

Jankovská V. 2004: Krkonoše v době poledové – vegetace a krajina. In: Štursa J., Mazurski K. R., Palucki A. & Potocka J. (eds), Geoekologické problémy Krkonoš. Sborn. Mez. Věd. Konf., Listopad 2003, Szklarska Poręba, Opera Corcontica 41: 111–123.

Jeník J. l961: Alpinská vegetace Krkonoš, Králického Sněžníku a Hrubého Jeseníku: teorie anemo-orografických systémů. Nakl. ČSAV Praha, 412 str.

Jeník J. & Pavliš J. 2011: Terestrické biomy – Lesy a bezlesí Země. Mendelova Univerzita v Brně. 238 str.

Nagy L., Grabherr G., Körner Ch. &Thompson D. B. A. (eds) 2003: Alpine Biodiversity in Europe, Ecological Studies 167, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 480 str.

Sekyra J. 1960: Působení mrazu na půdu. Kryopedologie se zvláštním zřetelem k ČSR. Geotechnica 17: 1–164.

Soukupová L., Kociánová M., Jeník J. & Sekyra J. (eds) 1995: Arctic-alpine tundra in the Krkonoše, the Sudetes. Opera Corcontica 32: 5–88.

Wielgolaski F. E. (ed.) 1997: Polar and alpine tundra. Ecosystems of the world 3., Elsevier Science B.V., 920 str.

www.eu-interact.org., INTERACT_Catalogue2015_web.

KRKONOŠSKÝ NÁRODNÍ PARK
MaB

Krkonošská tundra

Vydala Správa Krkonošského národního parku v roce 2015.
Text: © Milena Kociánová, Jan Štursa, Jan Vaněk
Ilustrace: © Jana Kalenská, Renata Oppeltová
Grafická úprava: © 2123design s.r.o.
Fotografie: © Kamila Antošová, Balon Klub Chrudim, Radek Drahný, Jiří Havel, Jan Jeník, Jan Kavan, Tomáš Koblížek, Jana Kociánová, Milena Kociánová, Jitka Kopáčová, Pavel Musil, Zdeněk Patzelt, Richard Stehlík, Jan Štursa, Jan Vaněk, archiv Správy KRNAP, archiv Krkonošského muzea Správy KRNAP ve Vrchlabí

© 2015, Správa Krkonošského národního parku, Dobrovského 3, 543 01 Vrchlabí

Vytištěno na recyklovaném papíře.

ISBN 978-80-87706-95-4

112 SOS
150 HASIČI
155 LÉKAŘ
158 POLICIE

602 448 338 nebo 1210
(+48) 985 nebo 601 100 300
HORSKÁ SLUŽBA (CZ) / GOPR (PL)