

KRKONOŠSKÁ **TUNDRA**





člověk a příroda

Krkonošská tundra

Vydala Správa Krkonošského národního parku v roce 2016

Text: Jan Štursa

Foto: Miloš Anděra, Kamila Antošová, Radek Drahný, Petr Horák, Simona Macháčková, Pavel Musil,
Martin Podlas, Ondřej Prosický, Richard Slavík, Jan Šmíd, Jan Štursa, Jan Vaněk

© 2016, Správa Krkonošského národního parku, Dobrovského 3, 543 01 Vrchlabí

Vytištěno na papíře původem z lesů s certifikátem FSC, kde se hospodaří sociálně a ekologicky šetrným způsobem podle stanovených standardů.

ISBN: 978-80-7535-039-8

ŠTURSA, Jan. *Krkonošská tundra*. Vrchlabí: Správa KRNP, 2016. ISBN 978-80-7535-039-8.

NEPRODEJNÉ.



KRKONOŠSKÁ TUNDRA

JAN ŠTURSA



Obsah

Krkonošská tundra

Jak se kdysi měnila příroda uprostřed Evropy	6
Podoby krkonošské arkto-alpínské tundry	10
Rozmanitý vzhled tundrové krajiny Krkonoš	12
Svědci časů dávných i nedávných	46
Tundra v pohybu	70
Čtvero ročních období krkonošské tundry	96
Domovina tundry na severu Evropy	134
Budoucnost tundry	186
Tundra in the Krkonoše Mountains	190
Photo captions	196

01

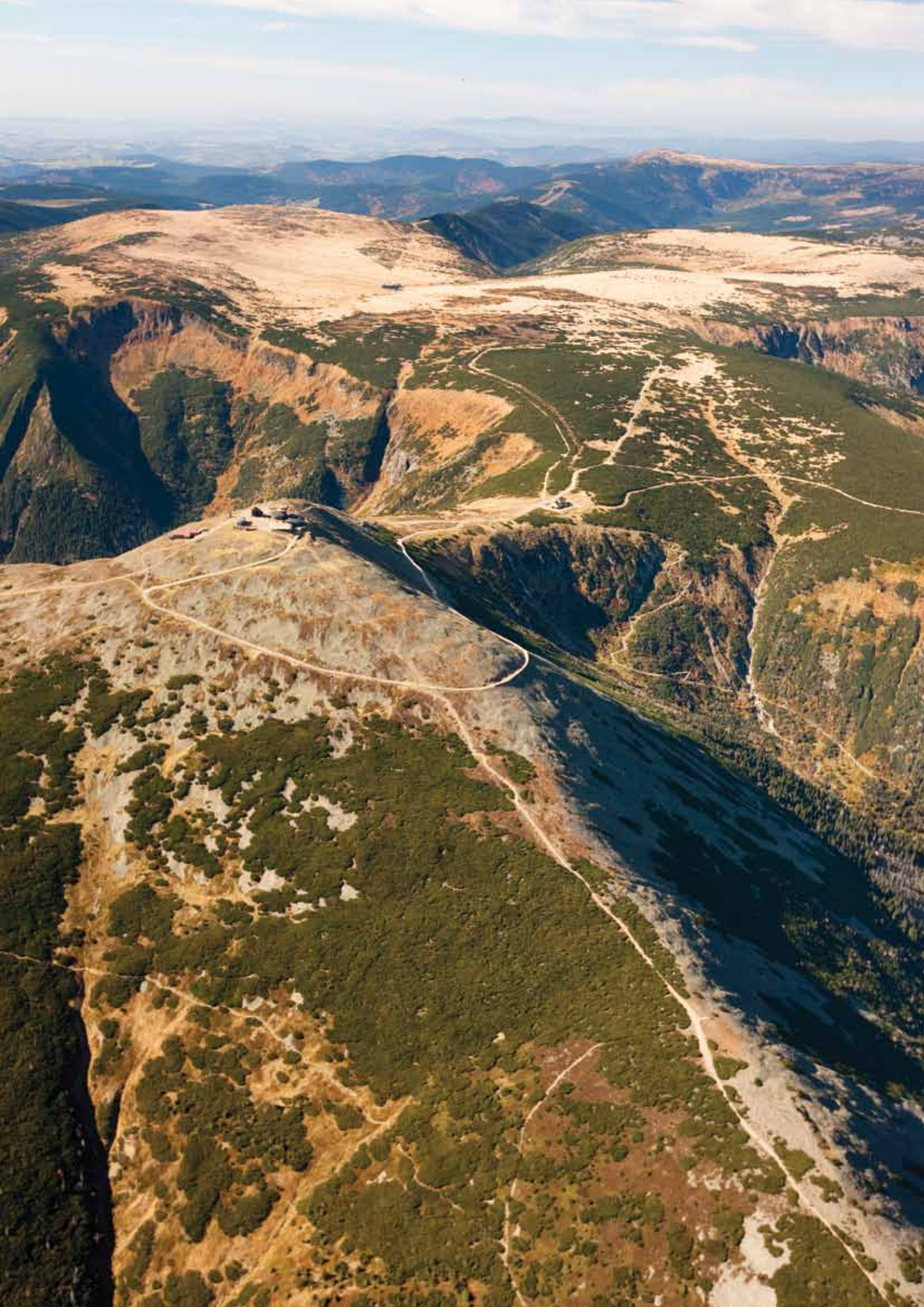
Jak se kdysi měnila příroda uprostřed Evropy

Před mnoha tisíci let vypadala severní polokoule naší planety zcela jinak, než je tomu dnes. Panoval tady velký chlad a povrch evropského kontinentu pokrýval mohutný pevninský ledovec, který v dobách nejstudenějších zasahoval dokonce až k severnímu úpatí Krkonoš. Při okrajích ledem pokryté krajiny ustupovala ze severu Evropy živá příroda tundry a její vyslanci hledali vhodné místo k přežití drsných dob ledových. Podařilo se jim to i na hřebenech nejvyšších českých hor, kde se s nimi lze setkat dodnes.

Třesuté mrazy a narůstající rozsah ledovců postupně vytlačovaly vše živé, co se během období třetihor stačilo vyvinout a obsadit nejrůznější prostory nad zemí, pod zemí i pod hladinou vod. Nebylo to v dějinách naší planety poprvé, protože už před mnoha stovkami milionů let se celá Země pokryla ledem. V té době to byla bílá, nikoli modrá planeta. Pak ale přišla exploze života a příroda prvohor či druhohor se stačila rozvinout do nebývalé rozmanitosti. Éra trilobitů, osídlení souše, svět dinosaurů, pravěkých močálů s kapradinami, přesličkami a plavuněmi a posléze tropické a vlhké klima první poloviny třetihor, kdy i vysoko na severu rostla subtropická a tropická flóra. Doklady o tehdejším vzhledu živé přírody Krkonoš žádné nemáme a pravděpodobný vzhled nám prozrazují jen rozmanité zkameněliny z Podkrkonoší.

Naproti tomu povrch českých nejvyšších hor už četná svědectví o dávných geologických událostech poskytuje. Rozložení krkonošských hornin, odlišný vzhled jižních a severních svahů hor, náhorní planiny třetihorního stáří, ledovcové kary, morény, jezera, mrazem formovaný povrch nejvyšších hřebenů s výraznými siluetami torů – to vše je svědectvím rušné historie, kterou Krkonoše v průběhu dávného vývoje naší planety zažily. Jejím výsledkem jsou desítky druhů hornin, stovky tvarů podob reliéfu a tisíce organismů z říše hub, rostlin a živočichů.

Lidská historie představuje jen zlomek sekundy v časomíře krkonošských proměn, avšak stále hlubší poznání o vývoji horské přírody nám umožňuje rozeznávat nejrůznější podobnosti a souvislosti, které existují mezi krkonošským ostrovem severské tundry uprostřed Evropy a její hlavní domovinou vysoko na severu našeho kontinentu. Jsou náplní i této obrazové knihy.





Velká a Malá Sněžná jáma v západních Krkonoších prozrazují modelační činnost dávných ledovců



Periglaciální sutě na svazích Vysokého Kola vznikly působením mrazivých teplot na povrch Krkonoš



Tvary Sněžných jam a Černé jámy v západních Krkonoších vyniknou nejlépe v zimních měsících



Podobně tomu je i na české straně hor, kde ve svazích Kotle vyhloubil ledovec dvojici hlubokých Kotelních jam

Podoby krkonošské arkto- alpínské tundry

Představa existence severské tundry uprostřed Evropy vyvolávala po dlouhá léta 19. a 20. století vzrušené diskuse mezi vědci a plnila stránky vědeckých pojednání. Doklady o čtvrtohorním zalednění, o mnoha podobenstvích reliéfu, o přítomnosti severských organismů na hřebenech Krkonoš a k tomu stále častější cesty na sever Eurasie vedly odborníky k přesvědčení, že dávný vývoj Krkonoš mnohem více souvisel se severem Evropy než s vysokohořím Alp či Karpat. Teprve na sklonku 20. století však byla krkonošská arkto-alpínská tundra definována a popsána. Představuje unikátní a nenahraditelný fenomén středoevropských Krkonoš. Je to svět nesmírně rozmanitý, kde se na různých místech uplatňuje mráz a vítr, jinde sněhové nebo zemní laviny a na jiných místech dokonce i tvořivá síla našich dávných předků, prvních kolonistů Krkonoš.



Rozmanitý vzhled tundrové krajiny Krkonos

Přírodovědci museli od sebe odlišit hodně rozmanité části tundrového prostředí Krkonoš, a to podle převládajících přírodních sil, které ho utvářelo. Definovali proto tři zóny, kde se uplatňují různé přírodní síly a procesy, v jejichž područí se přírodní prostředí Krkonoš utvářelo. V rozmezí nadmořských výšek 1 603 až 1 000 metrů n. m. tak byla vyčleněna zóna kryo-eolická, jejíž vzhled utvářejí vítr, mráz a led (její populárnější název je lišejníková tundra), pod ní se rozkládá zóna kryo-vegetační (travnatá tundra), kde mrazem formovaný reliéf překrývá vegetační kryt v podobě alpínských trávníků, křovinatých porostů a severských rašelinišť. V závětrí ledovcových karů a přilehlých svahů se pak rozkládá zóna niveo-glacigenní (květnatá tundra), kde byly a jsou hlavními přírodními silami dávné ledovce a dnes pak sněhové či zemní laviny.

Tři naprosto odlišná prostředí pevně propojuje fenomén tundrové krajiny – přírodní procesy a vítr, mráz, sníh, led, ledovce, voda, orientace reliéfu. Jedna část bez další nemůže existovat.

To vše geniálně propojil v **teorii anemo-orografických systémů** (1961) prof. Jan Jeník, později jeden z hlavních aktérů definování fenoménu krkonošské arko-alpínské tundry.

Zóna kryo-eolická pokrývá v Krkonoších pouze několik nejvyšších vrcholů a přilehlých svahů. Je to především vrchol Sněžky, vrcholky Luční a Studniční hory, Smogorní a Vysokého kola a některá místa na vrcholu Kotle. Je to říše mrazuvzdorných lišejníků, mechorostů a travin. Silné větry odtud odvíjejí sníh a nechráněná půda v zimě hluboce promrzá. Různé mrazové zvětrávání, pohyby a třídění půdy daly vzniknout vzácným a tvarově nápadným jevům z neživé přírody, jakými jsou kryoplanační terasy, polygonální a brázděné mrazové půdy, kamenná moře nebo soliflukční valy.

Hloubka ledovcových jezírek na dně Velké Sněžné jámy
v průběhu roku silně kolísá





Jako ostrov vyčnívají z moře inverzní oblačnosti svahy Kotle a Kotelních jam

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. Je to **zóna kryo-vegetační**, kde je již méně větrno, sněhová pokrývka dosahuje v průměru kolem 180 cm a vytrvává i přes půl roku. Vyšší teploty, dostatek srážek a hlubší podzolové půdy tady umožnily bujný rozvoj travinné a rašeliništní vegetace, která překryla mrazem tvarovaný reliéf polygonálních a brázděných půd. Pozoruhodné jsou horské růžencové toky, putující kamenné bloky,

rašelinné kopečky pounikos nebo rašelinné kupy, tvarem a odtrháváním celých bloků rašeliny připomínající severské palsy. **Zóna níveo-glaciéenní** se rozkládá v hlubokých amfiteátrech ledovcových karů po obou stranách pohoří. Představuje nesmírně pestrý a bohatý svět rostlin a živočichů na svazích Labských jam, Kotelních jam, Sněžných jam, Úpské jámy a řady dalších míst, kde po dlouhá tisíciletí působí mrazové zvětrávání skalních stěn, na hranách karů se v zimě tvoří mohutné sněhové převěje a svahy obrušují laviny. V minulosti je vyplňovaly ledovce.



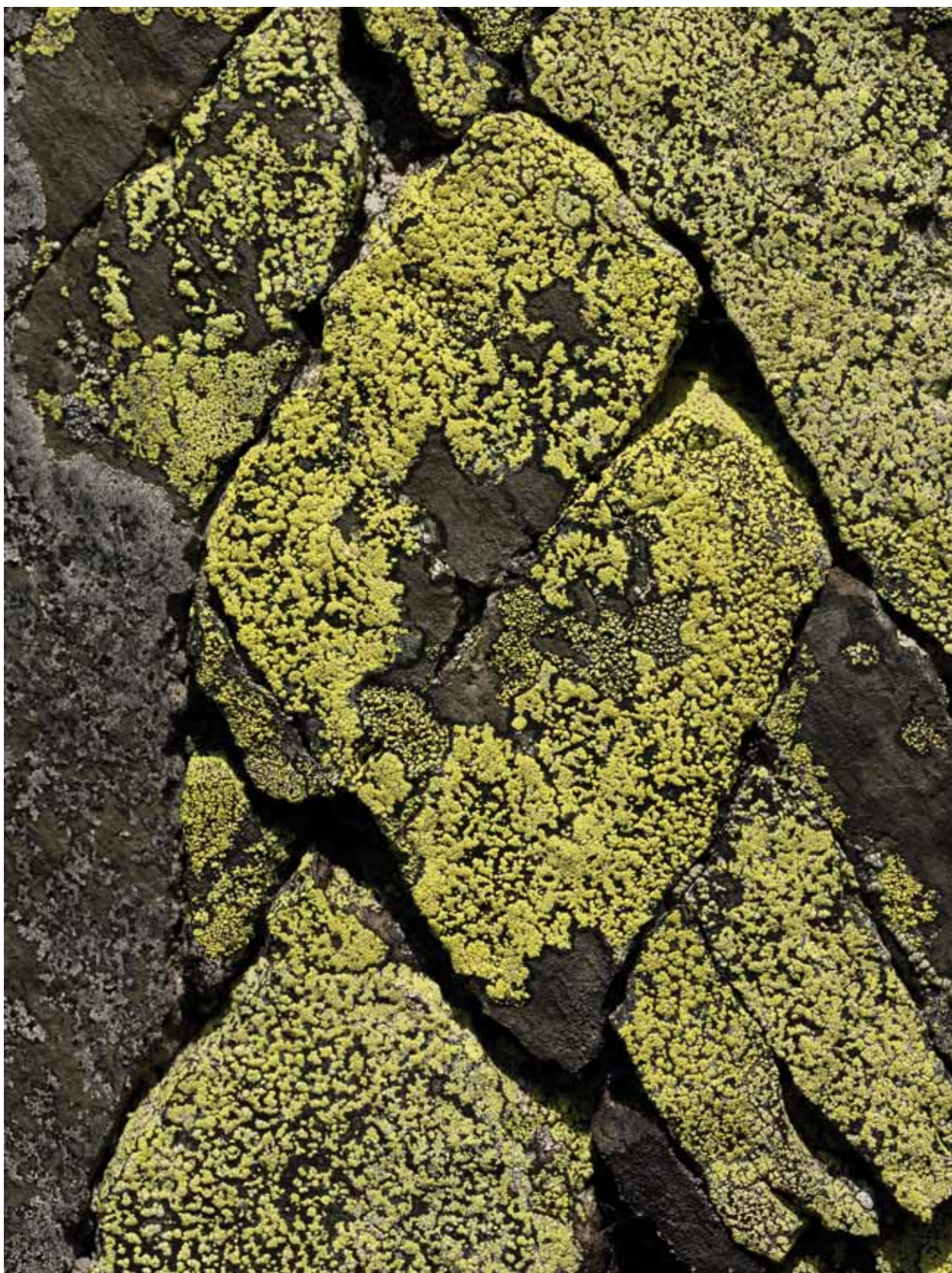
Rozlehlá kamenná moře na vrcholu druhé nejvyšší hory Krkonoš – Luční hory (1 555 m n. m.)



Žulová balvanová moře a balvanové proudy na svazích Malého Šišáku a v závěru Čertovy strouhy



Lišejník šálečka roztroušená (*Porpidia crustulata*)



Lišejník mapovník alpský (*Rhizocarpon alpicola*)



Severní svahy Luční hory kdysi pokrýval náhorní (fjeldový) ledovec. Tehdejší časy připomínají rozlehlé sutě



Žulové balvanové proudy na svazích Vysokého Kola jsou produktem mrazového zvětrávání



Některé druhy dutohlávek (rod *Cladonia*) vytvářejí na okraji pohárků nápadně zbarvené plodnice



Šídlovec kůstkovitý roste vzácně na holém povrchu půdy v lišejníkové tundře nejvyšších vrcholů Krkonoš



Vrcholy Sněžky, Studniční a Luční hory jsou izolovanými ostrovy lišejníkové zóny krkonošské arko-alpínské tundry



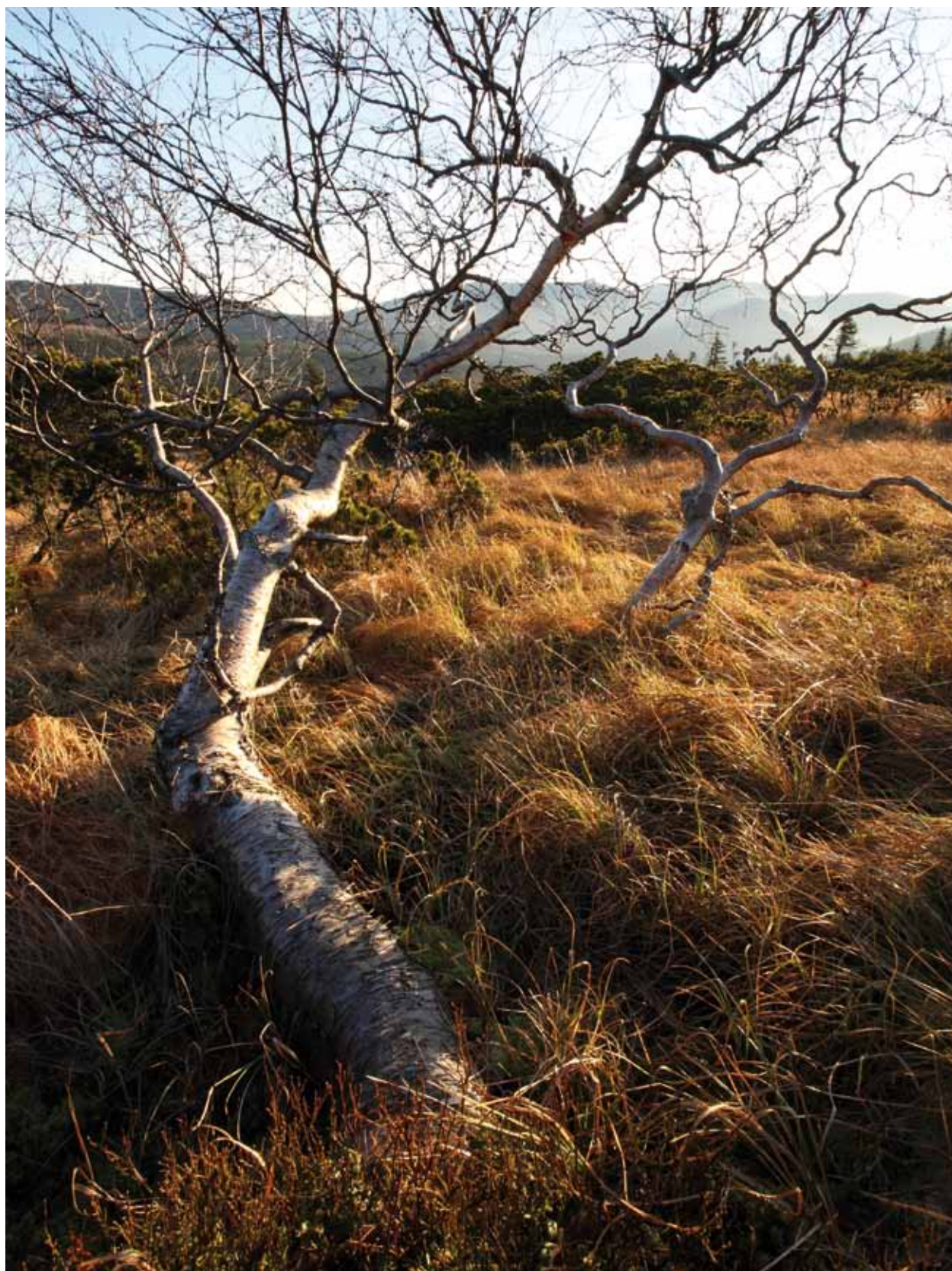
Kryoplanační terasy obkružují jako prstence svahy Luční hory. Patří k nejdokonalejším v této části Evropy



Kryoplanační terasy na Luční hoře z výšky



„Hercynská poušť“ smilkových trávníků v kryo-vegetační zóně krkonošské tundry poblíž Luční boudy



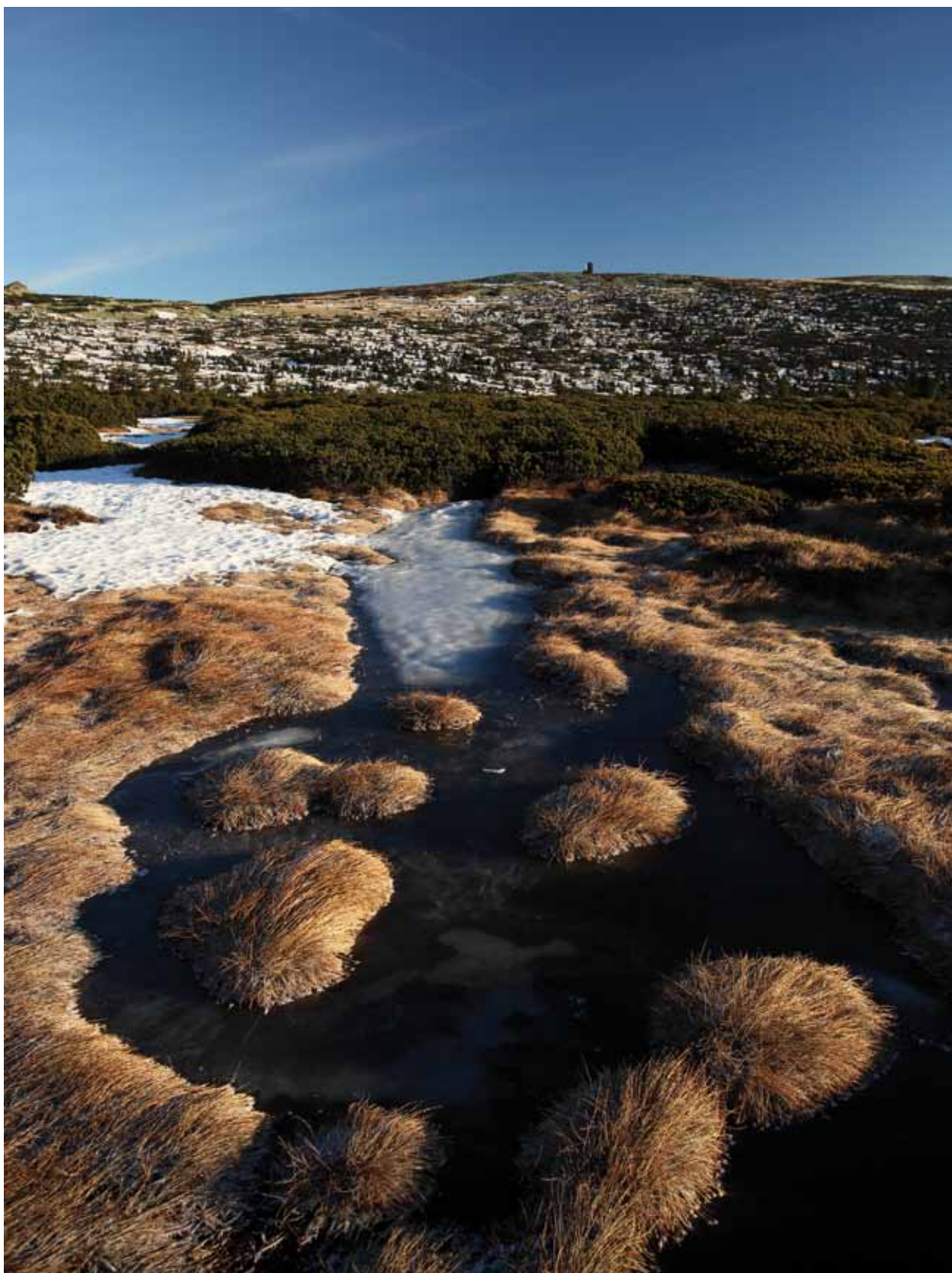
Bříza karpatská (*Betula carpatica*) je houževnatou dřevinou, která odolává i zátěži vysoké sněhové pokrývky



Podzim zbarví tundru kvetoucími keříčky vřesu



Pančavské rašeliniště na hřebenech západních Krkonoš patří mezi unikáty evropských středohor



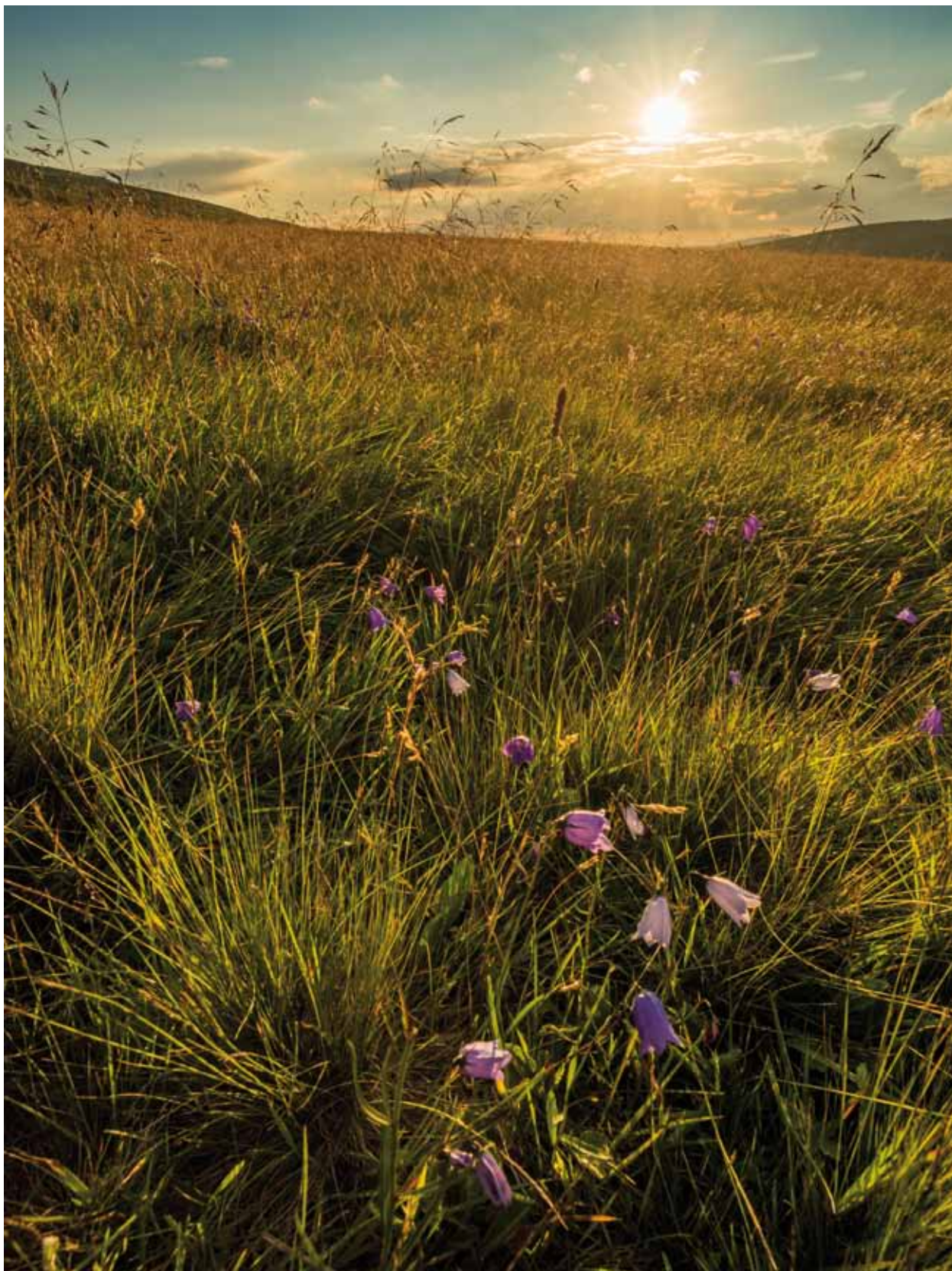
Svět rašeliníků, ostríc a keřčků je domovinou mnoha členů z rodiny glaciálních relikтів krkonošských rašelinišť



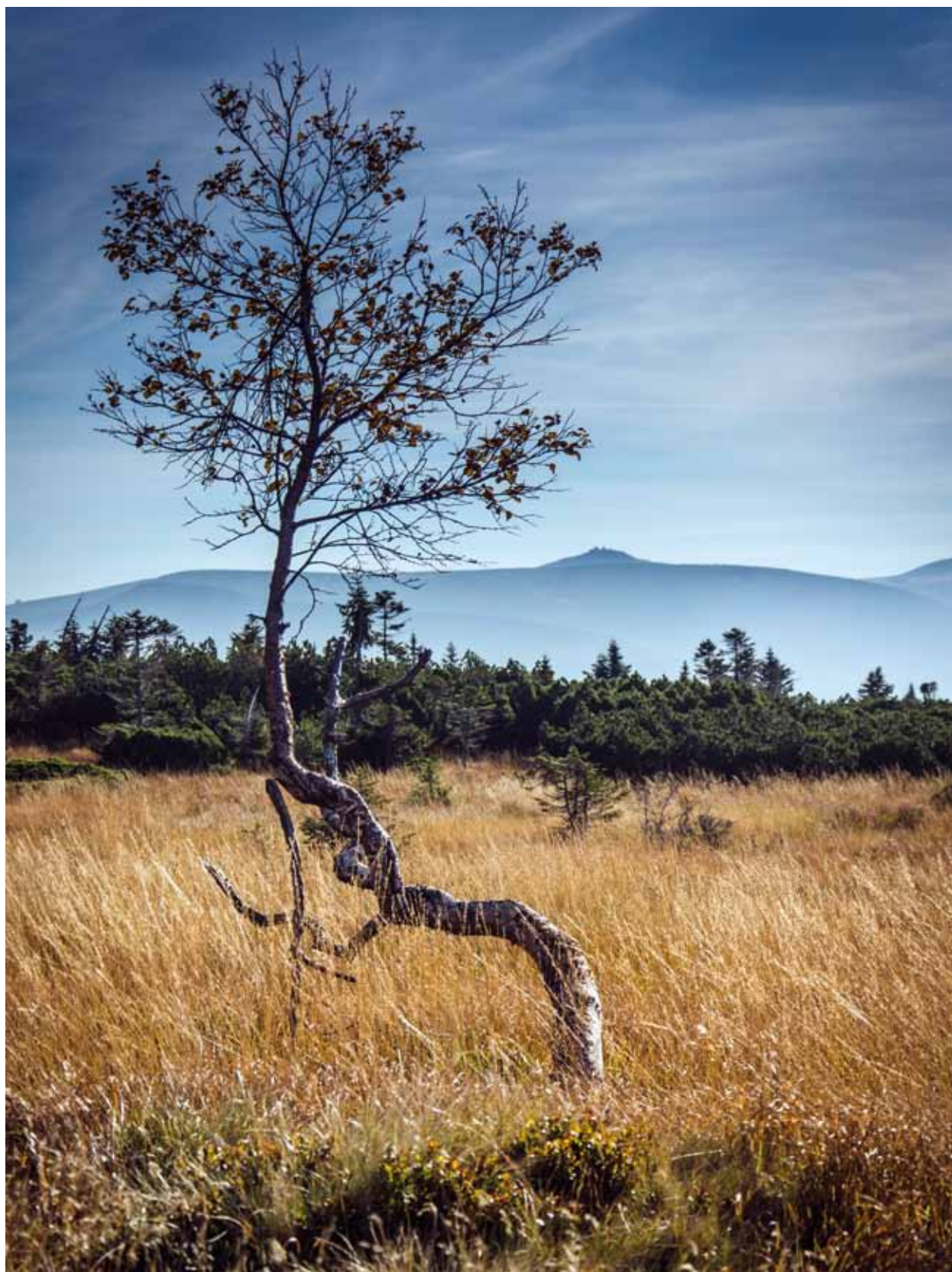
Před příchodem dlouhé zimy se borůvky a brusinky naposledy zbarví do červeno-žlutých odstínů



Podobně se chovají alpské trávníky, které na se chvíli rozzáří barvami podzimního plenéru krkonošské tundry



Ve smilkových trávnicích vyniká jedna z kultovních rostlin Krkonoš – zvonek český (*Campanula bohemica*)



Bříza karpatská (*Betula carpatica*) prorůstá nízkými trávniky Pančavského rašeliniště



Studniční jámy, Sněžka a Růžová hora tvoří výraznou dominantu východních Krkonoš



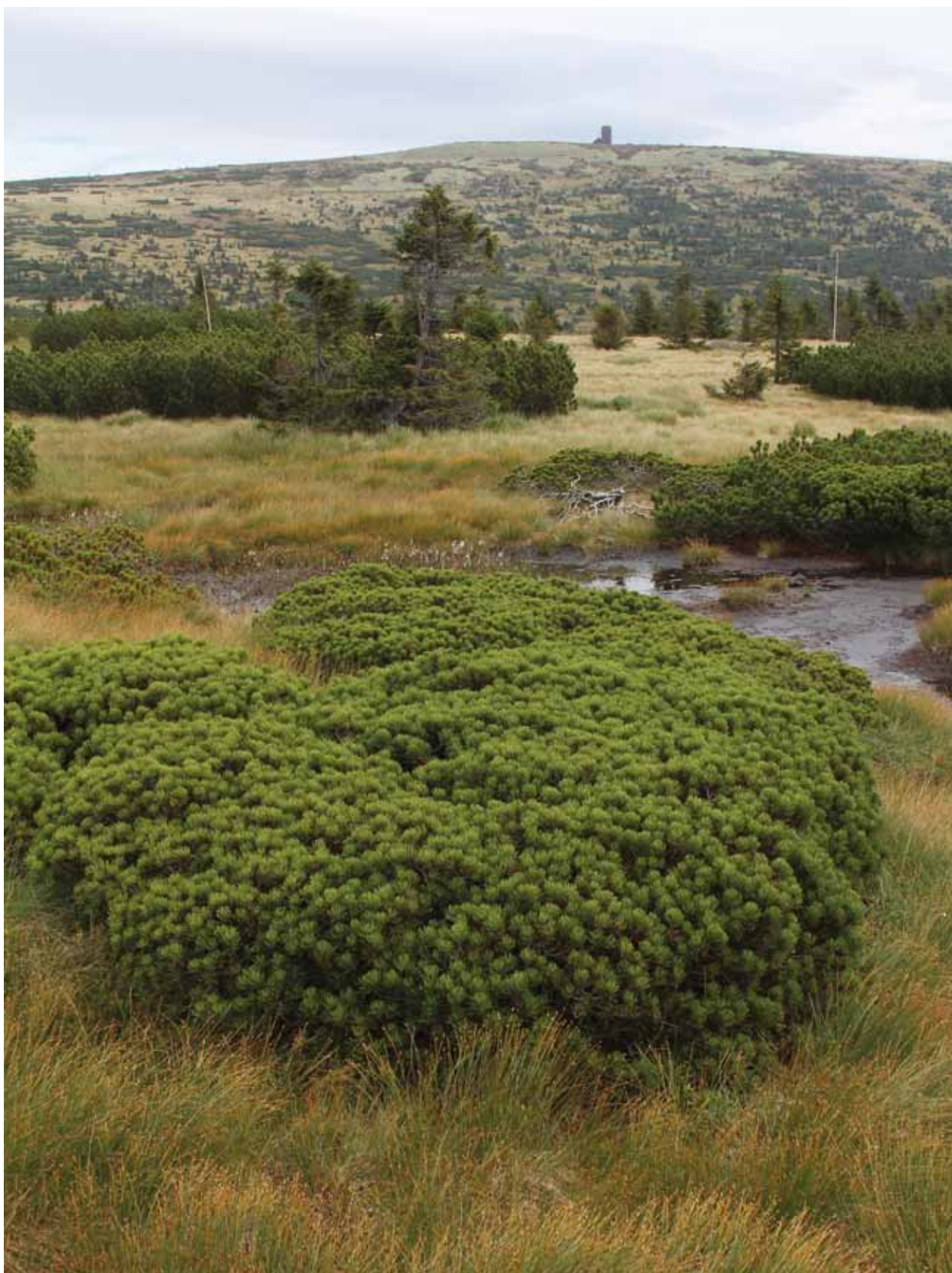
Atmosféra Úpského rašeliniště již prozrazuje blížící se čas dlouhých zimních měsíců



Z bahnitého povrchu rašelinných jezírek ční buly suchopýrů a suchopýrků (rody *Eriophorum* a *Trichophorum*)



Také smilka tuhá (*Nardus stricta*) dokáže nápadně tvarovat travnatou tundru v okolí pramene Labe



Stolová forma borovice kleče (*Pinus mugo*)



Podzimní jinovatka na hladině jezírka uprostřed Úpského rašeliniště



V čase podzimních inverzí je zbarvení travin a keřů v krkonošské tundře nejvýraznější



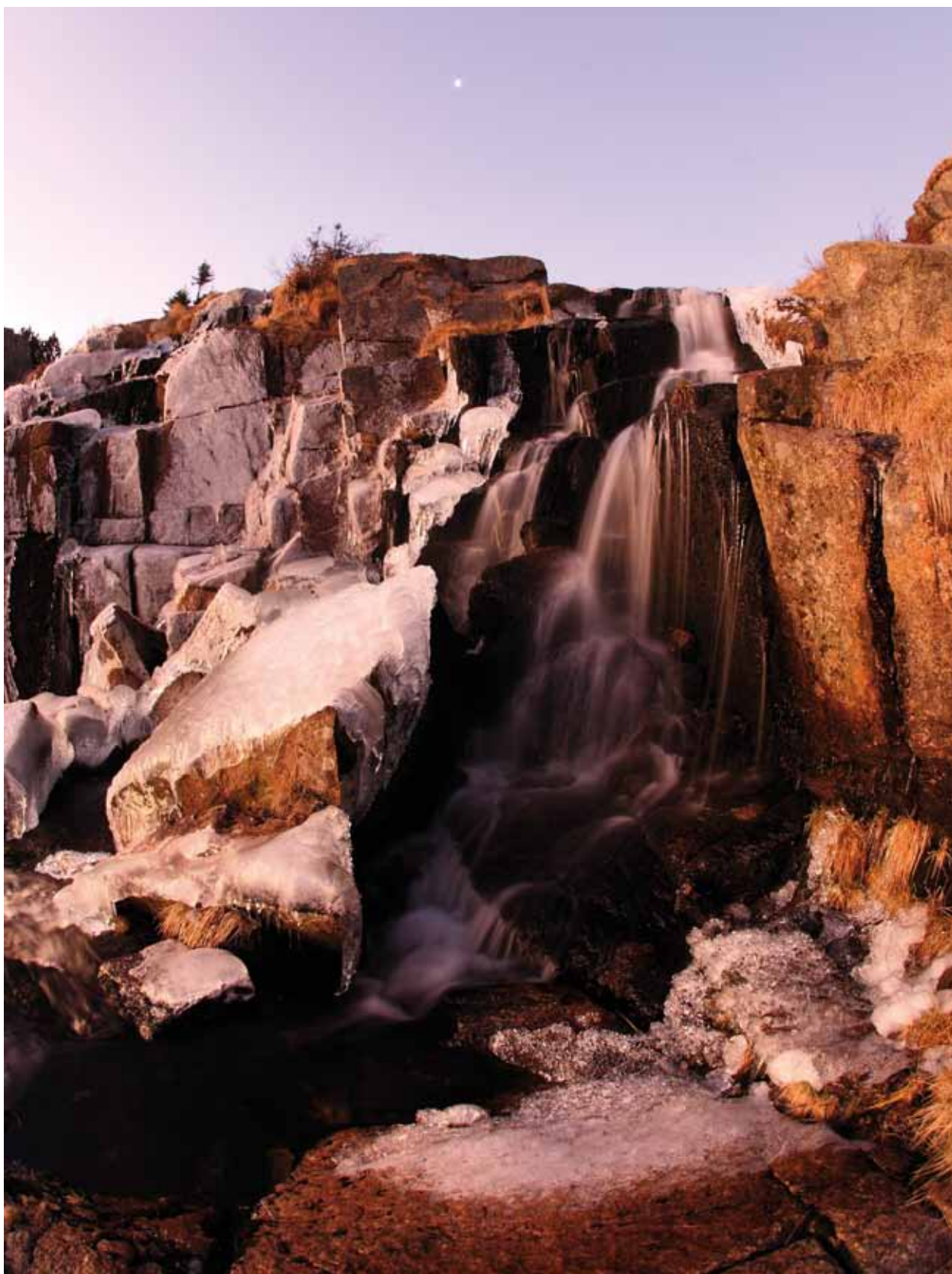
Kýchavice Lobelova (*Veratrum lobelianum*) patří mezi jedovaté krásky krkonošské tundry



Vychází sluníčko, které bude celý den ohřívat závětrí Pančavské jámy. Tam se rozkládá zóna květnaté tundry



Wielki Staw na polské straně Krkonoš patří k výrazným svědectvím činnosti dávných ledovců



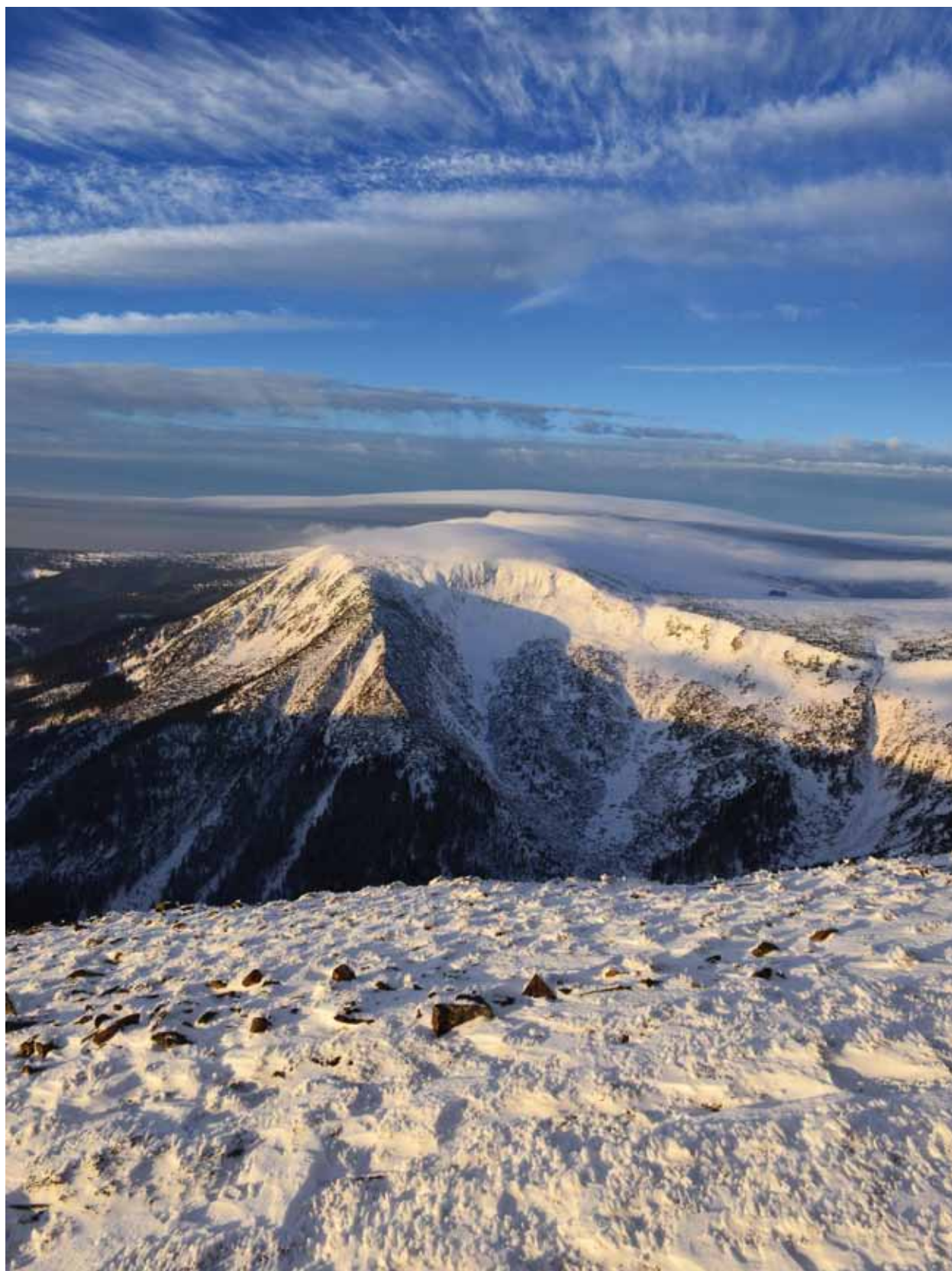
Zvětralé žulové stěny v okolí Pančavského vodopádu



Meandry Labe na dně Pančavské jámy, kde se v dávných časech třpytilo mohutné ledovcové jezero



Kvádrovitý rozpad žuly na horní hraně Pančavské jámy, patří k nejpozoruhodnějším místům krkonošské květnaté tundry



Závětrí Studniční hory s monumentálními prostory Úpské jámy, roklí kolem Čertova hřebínku a Studničních jam



Ve Velké Sněžné jámě kdysi pramenil alpínský ledovec a navršil tady četné ledovcové morény



Jedna z nich přehradila i odtok vody, a tak vznikla malá ledovcová jezírka. Dnes je sytí jen voda z tajících sněhových polí



Žulové skály v Pančavské jámě poblíž Ambrožovy vyhlídky



Příkré skalní srázy Pancavské jámy svědčí o vlivu mrazu, větru, srážek a větrů na vzhled krkonošských karů



Balvanité sutě na laviništích Pančavské jámy jsou domovem pestrého společenství dřevin a bylin



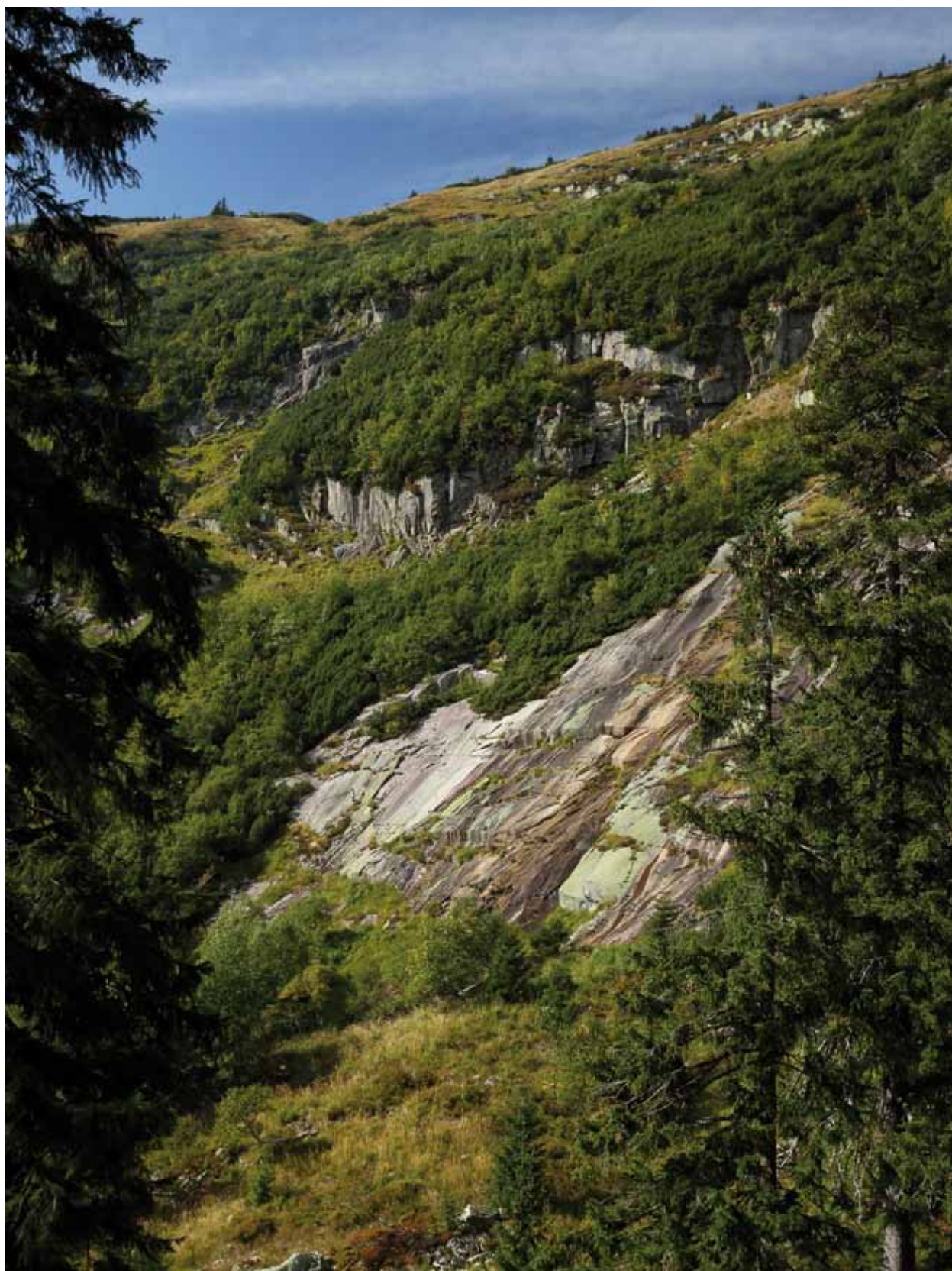
Staré sutě v Úpské jámě zarůstají a nové vznikají. Tak probíhá život na svazích Krakonošovy zahrádky



Na lavinových svazích se stále něco děje. Staré zaniká pod nadvládou lavin a nové se usídluje



V závěru Labských jam vytvořilo Labe skalnatou Labskou rokli, kterou vody rodičího se veletoku každoročně prohlubují



Skalní žulové plotny ve spodní části Navorské jámy hostí vzácnou vlhkomilnou květenu



Předzvěst zimy je znát i na trsech metlice trsnaté (*Deschampsia cespitosa*), která má v oblibě sněhová výležiště

Svědci časů dávných i nedávných

Krkonoše jsou výjimečně bohatým pohořím na výskyt glaciálních reliktních – stále žijících svědků z dob ledových –, avšak současně překvapují i vysokým počtem krkonošských endemitů, které žijí především na území arkto-alpínské tundry. Vyvíjely se tam svéráznými biologickými procesy po skončení dob ledových, kdy hřebeny Krkonoš představovaly ostrovy horské přírody, obklopené ze všech stran mořem hustých lesů. Kromě Krkonoš se s nimi nesetkáme nikde na světě. K jejich biologickému zrodu došlo v podstatně kratší historické etapě, než tomu bylo při putování glaciálních reliktních na hřebeny hor Krkonoš. Krkonošská arkto-alpínská tundra představuje zcela unikátní prostředí, domov nejvýznamnějších zástupců krkonošské flóry a fauny.

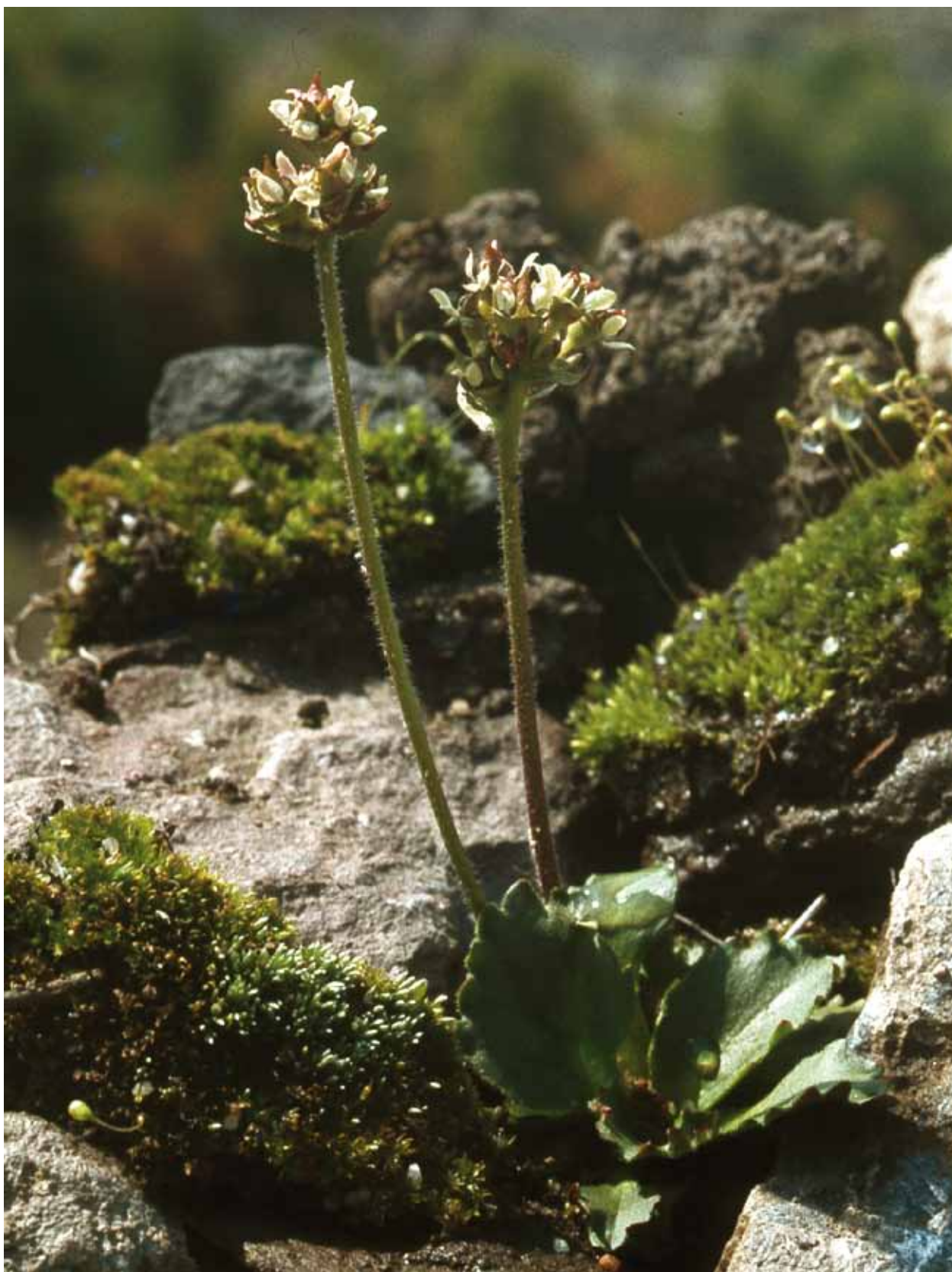
Příběh objevení ostružiníku morušky na hřebenových rašeliništích Krkonoš je neméně vzrušující jako líčení historie nálezů a popisu všivce sudetského. Také nález glaciálního reliktní lomikamenu sněžného v Malé Sněžné jámě vyvolal v přírodovědeckých kruzích velkou senzaci. Četné příběhy jsou spojeny s objevením, zmizením a pozdějším opětovným návratem kulíka hnědého do krkonošské tundry, s nálezem slavíka modráčka tundrového či s popisem mnoha reliktních druhů bezobratlých nebo obratlovců.

V současné době se z krkonošské arkto-alpínské tundry uvádí výskyt více než dvou desítek glaciálních reliktních rostlin a živočichů a okolo tří desítek druhů endemických organismů, se kterými se jinde na světě nesetkáte.





Drobný ostružiník moruška (*Rubus chamaemorus*) připutoval do Krkonoš v předpolí mohutného skandinávského ledovce



Pouze Malá Sněžná jáma hostí severský lomikámen sněžný. Objevil ho tady už v 19. století hrabě Karl Sternberg



Pestře zbarvená souplodí ostružiníku morušky jsou v Krkonoších poměrně vzácná



Jeho drobné kožovité lístky jsou skryty v zástínu nízkých keřů borovice kleče



Ostřice Bigelowova je také reprezentantem severských druhů rostlin, které kdysi dávno doputovaly až do Krkonoš



Šedé keřky vrby laponské (*Salix lapponum*) připomínají severskou tundru skandinávských hor



Úpské rašeliniště hostí rašelíník Lindbergův. V Krkonoších dosahuje nejnižnější hranice evropského rozšíření



Kyhanka sivolistá (*Andromeda polifolia*) se během kvetení v červnu a červenci nedá přehlédnout



Severské šídlo horské (*Aeshna caerulea*) – poletující barevný klenot nad hladinou jezírek Úpského rašeliniště



Lalokonosec (*Otiorhynchus arcticus*) je glaciální relikv, který obývá lišejníkovou tundru nejvyšších vrcholů



Výskyt severského kulíka hnědého (*Charadrius morinellus*) v krkonošské tundře doprovází celá řada příběhů



V roce 1978 bylo v Krkonoších doloženo hnízdění ornitologického hitu – slavíka modráčka tundrového



Kamenná moře na hřebenech Krkonoš jsou domovem severského slíd'áka ostnonohého (*Acantholycosa norvegica*)



Z glaciálního reliktu hraboše mokřadního se stal v době nedávné vážný škůdce výsadby dřevin na imisních holinách



Severská rašeliniště na hřebenech Krkonoš hostí slíďáka bažinného (*Pirata piraticus*)



Krkonoše jsou nejsevernějším evropským hnízdištěm pěvušky podhorní (*Prunella collaris*)



Krkonošská tundra je domovem i vzácného tetřívka obecného (*Tetrao tetrix*)



Lavinové svahy krkonošských karů jsou domovem endemického jeřábu sudetského (*Sorbus sudetica*)



K několika dalším endemitům Krkonoš patří i drobná jepice krkonošská (*Rhithrogena corcontica*)



Pouze na svazích Kotelních jam roste endemický chrastavec rolní krkonošský (*Knautia arvensis* subsp. *longifolia*)



Jestřábník černavý (*Hieracium nigrescens*) ve Velké Sněžné jámě



Rozrazil chudobkovitý (*Veronica bellidioides*) najdeme pouze na Sněžce



Malá Sněžná jáma hostí i endemický bedrník skalní čedičový (*Pimpinella saxifraga* subsp. *basaltica*)



Vzácnou ozdobou krkonošské tundry je alpský bílý (*Pulsatilla alpina* subsp. *austriaca*)



Lomikámen vstřícnolistý (*Saxifraga oppositifolia*) roste často na skalách



Růžová květenství jeřábu sudetského připomínají jednoho z dávných rodičů této endemické rostliny – jeřáb mišpulku



Přibližně 130 keřů endemického jeřábu sudetského představuje celosvětové dědictví této památné dřeviny Krkonoš



Morušková kleč je magickým pojmem krkonošské tundry – spojuje dávné vyslance dvou vzdálených světů – morušky a kleče



Vrcholky krkonošské tundry zkrášlují v letních měsících desítky druhů vysokohorských jestřábníků



Nejčastějším mezi vysokohorskými jestřábníky Krkonoš je jestřábník alpský (*Hieracium alpinum*)



Zvonek krkonošský nebo zvonek český – takové byly vědecké disputace nad názvem věhlasného endemitu Krkonoš

Tundra v pohybu

Chladné prostředí krkonošské tundry se jen zdánlivě jeví jako něco, co na hřebenech hor vzniklo před mnoha tisíci let a dodnes přežívá již beze změn. V dávných dobách, kdy severní polokouli pokrývaly nekonečné ledové pláně, byly nezaledněné vrcholky Krkonoš pod krutým diktátem ledu, mrazu, sněhu, větru a vody a měnily se podstatně rychleji, než je tomu dnes.

Avšak současná tundra není jen mrtvým svědectvím rušných událostí z dávné minulosti. Její podoba se mění, byť mnohem nenápadněji, pomaleji, v posledních staletích bohužel i za přispění člověka. Hlavní přírodní živly, které na povrch hor působí, to jsou však stále stejní a neúnavní herci z jeviště horské krajiny – voda ve všech svých skupenstvích, vítr, slunce a chlad. Pod jejich taktovkou tundra neustále mění svou tvář.

Přírodovědci dnes umějí sestavit poměrně přesný obraz dávné tundrové krajiny Krkonoš. Rozpoznají místa, kudy kdysi stékaly místní ledovce a navršily nepřehlédnutelné morény. Popisují okolnosti, za kterých vnikala především na polské straně hor ledovcová jezera. Nápadné skalní výchozy na hřebenech, **tory**, nejsou pozoruhodné již jen svými názvy a často až mystickými příběhy v místní literatuře. Geomorfologové přesně rozšířovali několik etap jejich vzniku v období druhohor až čtvrtohor.

Hodně toho dnes víme o dvousetleté historii sněhových a zemních lavin, patřících k nejrazantnějším silám, které dnes formují neživý i živý povrch krkonošské tundry. Voda dotváří vzhled povrchu hor, jak dokládají stovky fascinujících vodopádů nebo hluboké obří hrnce a kotle v korytech krkonošských řek, divočí koryta některých horských vodotečí či pozoruhodný fenomén horských růžencových toků v zóně travnaté tundry. Jehličky půdního ledu jsou schopny přetvořit kamenitý povrch lišejníkové tundry do bizarních tvarů a bez problémů odstartují pohyb tunových balvanů, pomalu se ploužících po náhorních planinách v okolí Luční či Labské boudy.

Také vítr ovlivňuje neživý i živý povrch tundry. Nepřetržitě odnáší půdu a sníh z vrcholů hor do závětří ledovcových karů, vytváří bizarní tvary sněhové pokrývky a formuje vzhled mnoha rostlinných druhů. V jeho režii vznikají svérázné vlajkové formy korun smrků na hranici lesa nebo smrková kleč.

Sněhová pokrývka zvýrazní modelaci povrchu krkonošské tundry
(Vysoké Kolo v západních Krkonoších)





Slezský hřbet tvoří přírodní hranici mezi českou a polskou stranou Krkonoš



Pás nízké oblačnosti nad Obřím dolem, který je nejvýraznějším ledovcovým údolím (trogem) Krkonoš



Karling Sněžky upoutá pozornost v každém ročním období



Silné větrné proudění modeluje sněhovou pokrývku na svazích Sněžky do nápadných čeřin



Solitérní smrky nad alpínskou hranicí lesa mají během zimy roztodivné tvary (v pozadí Szrenica, 1 362 m n. m.)



Sníh navodí úplně jiný vzhled horské louky, který ještě před časem zářila pestrými barvami podzimu



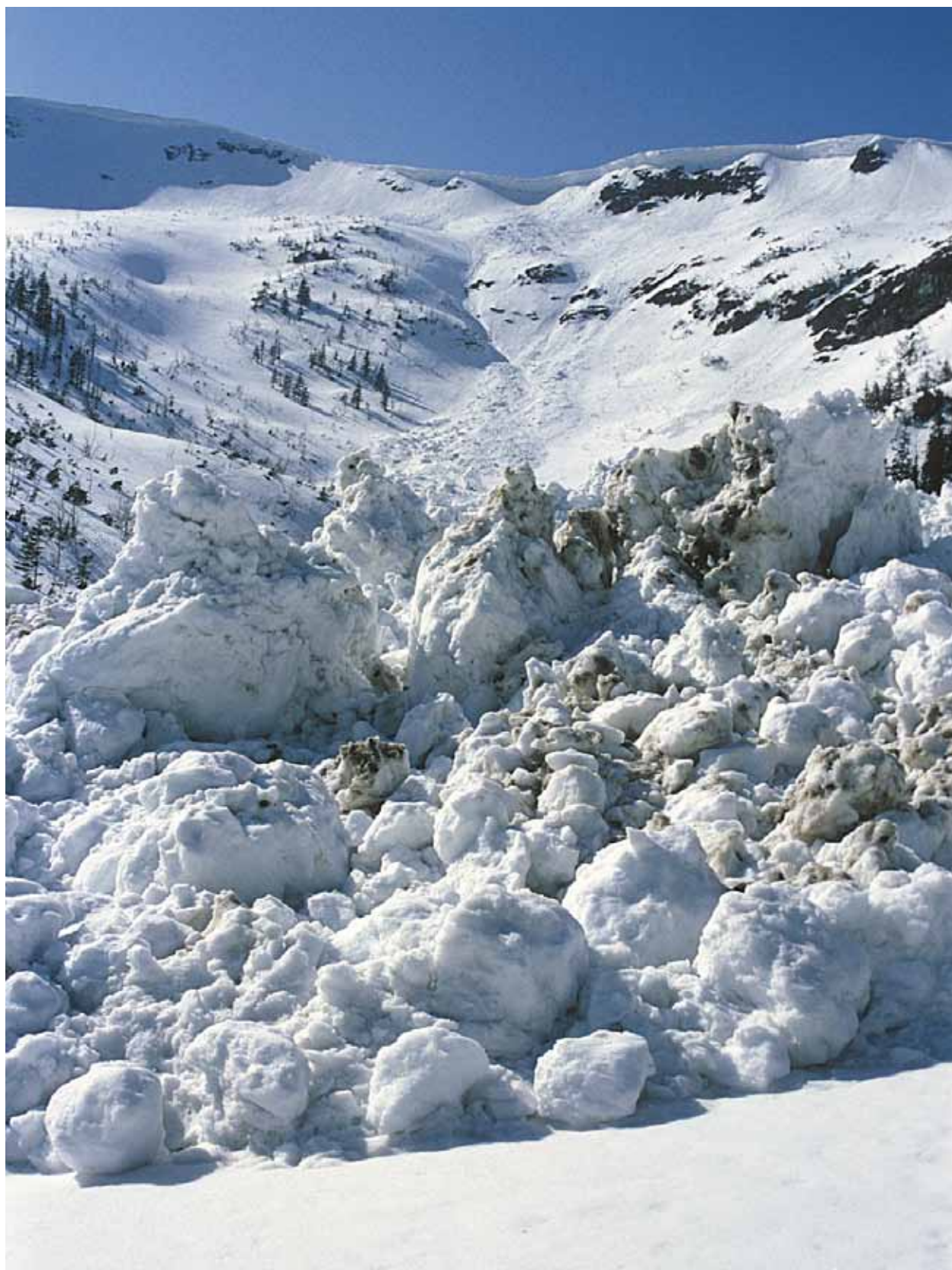
Během zimních měsíců vítr transportuje sníh z návětrných svahů do závětrí karů a modeluje mohutné převisy



Tavné jamky na povrchu sněhu prozrazují nástup teplejšího předjarního počasí



Studniční hora s Krakonošovou zahrádkou na svazích Úpské jámy bude ale ještě dlouho bílá



Na svazích Úpské jámy je panství mocných sněhových lavin, které brání, aby přírodní zahrádky zarostly horským lesem



Základová lavina během okamžiku přemístí i spoustu půdy a vegetace, a udržuje tak potřebnou přírodní dynamiku



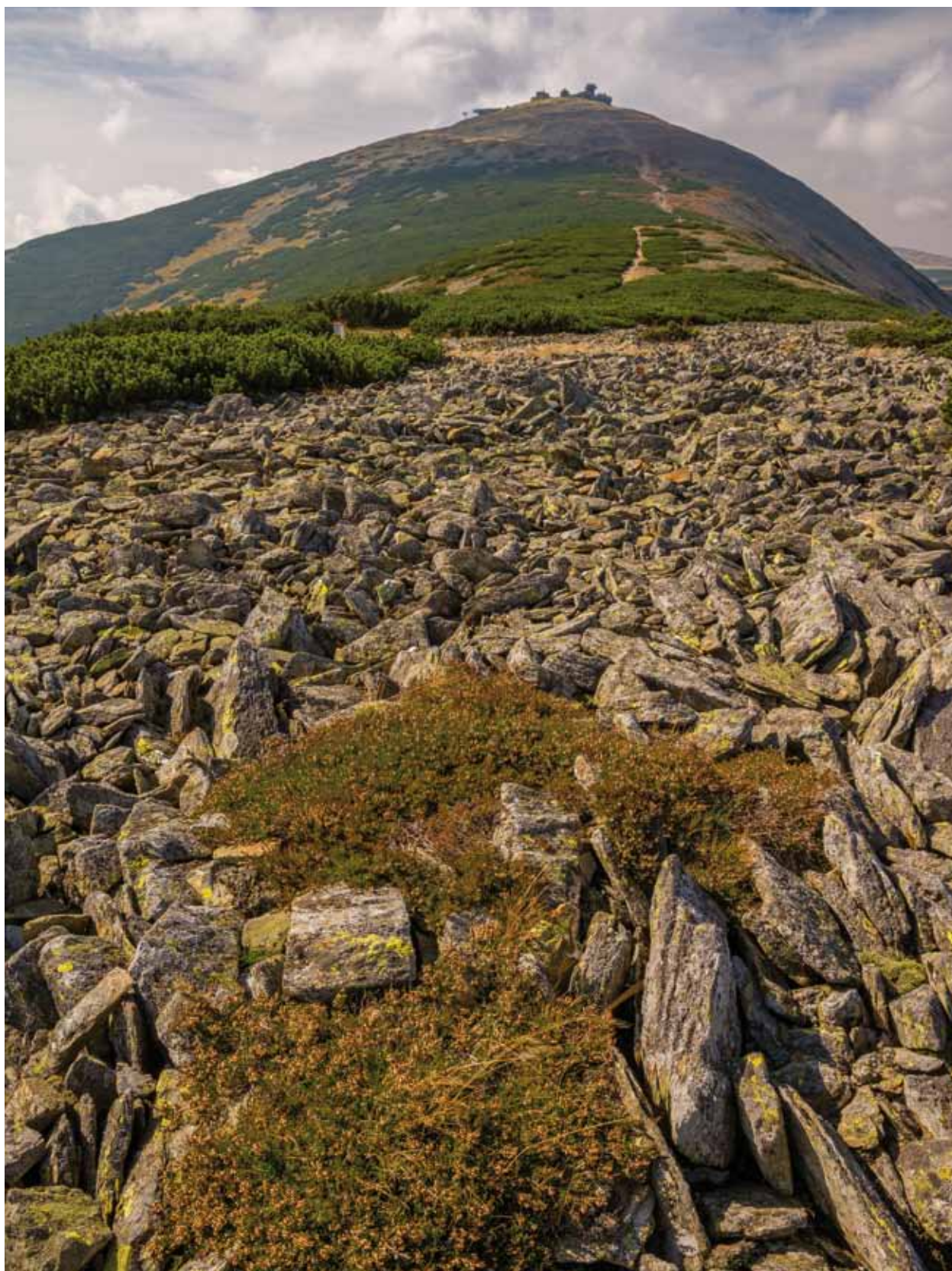
Na svazích Velké Sněžné jámy jsou zřetelné nejen stopy sněhových, ale zejména zemních lavin, tzv. mur



Sněhová lavina, která spadla v Modrém dole v r. 2015, si bez problémů poradila i se starými horskými smrky



Zátokovitá hranice lesa na svazích Labských jam zřetelně vyznačuje, kudy se po dlouhá tisíciletí sesouvají laviny



Mrazem tříděné půdy (kamenné polygony růžicové podoby) na Obřím hřebenu



Dívčí kameny prozrazují sílu mrazu a ledu, ale i zvláštní uspořádání žulového podloží



Tor Harrachových kamenů nad Velkou Kotelní jámou



Svahy lavinových drah jsou domovem zvláštní formace horských křovin, tzv. křivolesů



Bizarní tvary břízy karpatské prozrazují, jakým destrukčním silám sněhových lavin musí křivolesy vzdorovat



Vlajkové formy korun smrků na alpínské hranici lesa prozrazují převládající směry větrného proudění



Větrné korouhvičky vlajkových smrků jsou přesné jako střelka kompasu



Na svazích Studniční hory je vítr tak silný, že se smrky přežívají jen blízko povrchu půdy a vytváří tzv. smrkovou kleč



Vůle k přežití je u dřevin na svazích lavinových drah hodná obdivu



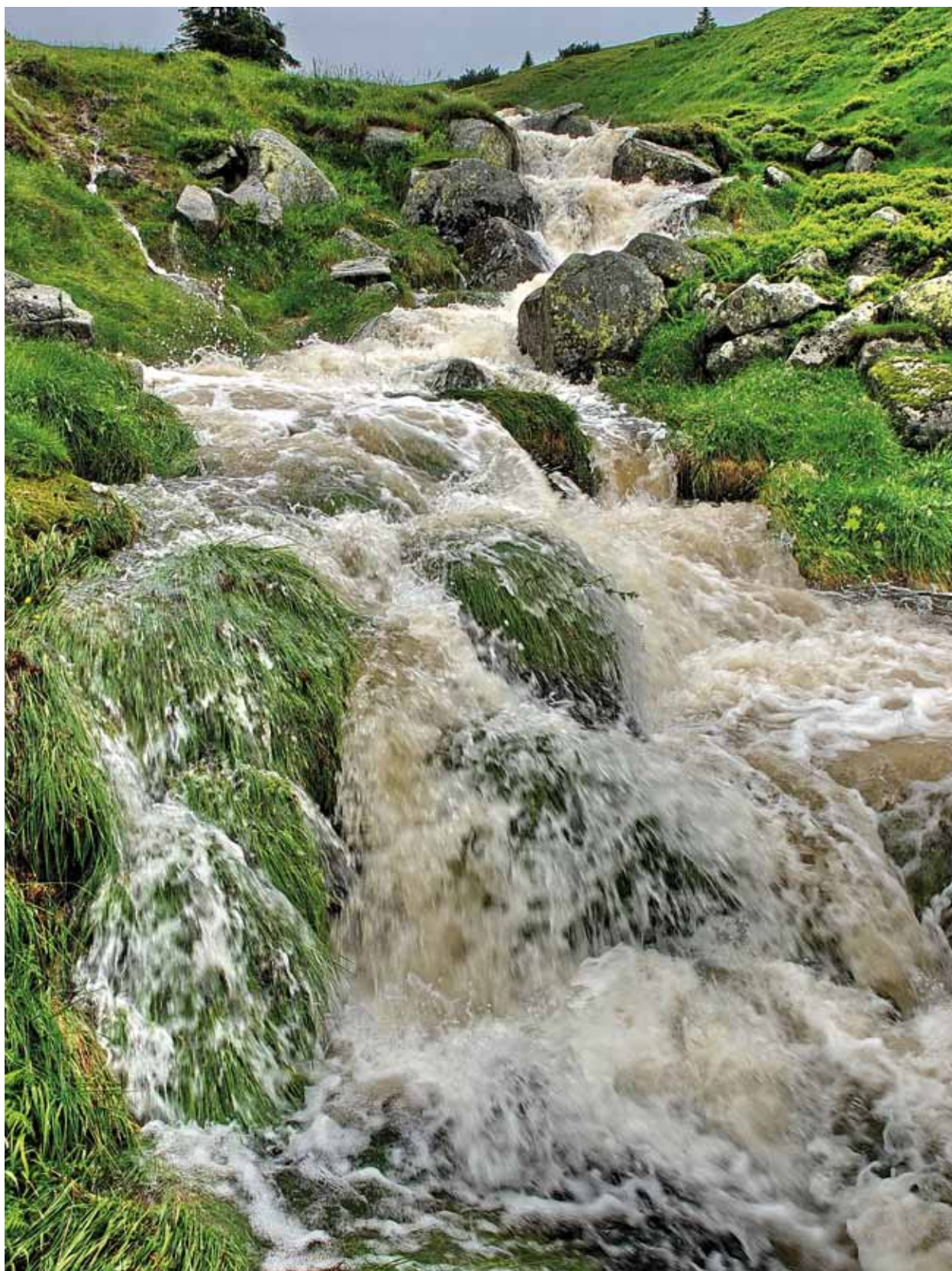
S nástupem nízkých teplot dochází i k barevné proměně Pančavského vodopádu



Voda je na svazích Krkonoš nejen mocnou erozní silou, ale i projevem nádherných proměn horské přírody



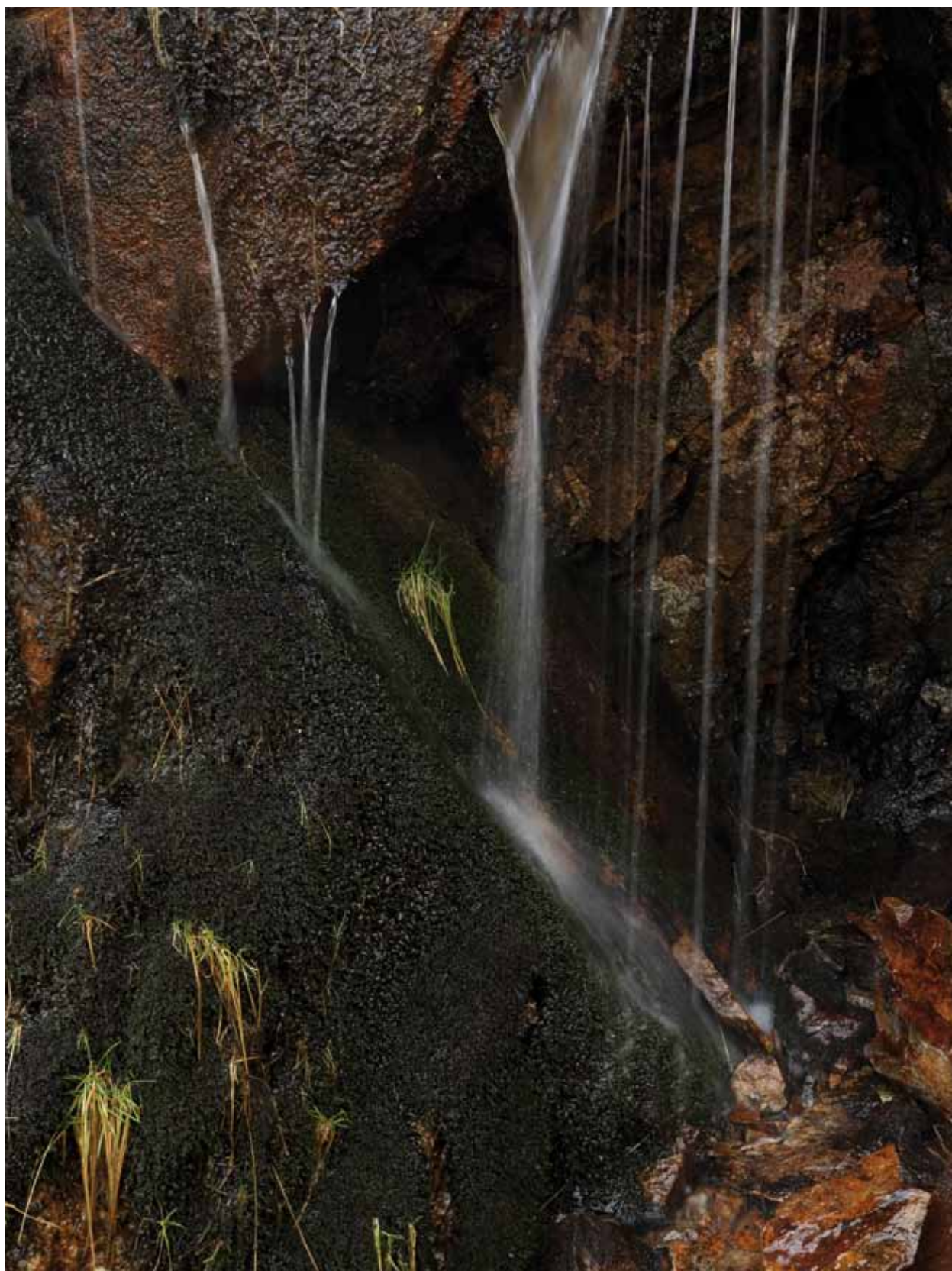
Postupná proměna tří skupenství vody je na hraně Pančavského vodopádu nepřehlédnutelná



Peřeje, kaskády a vodopády patří k oblíbeným fenoménům krkonošské přírody



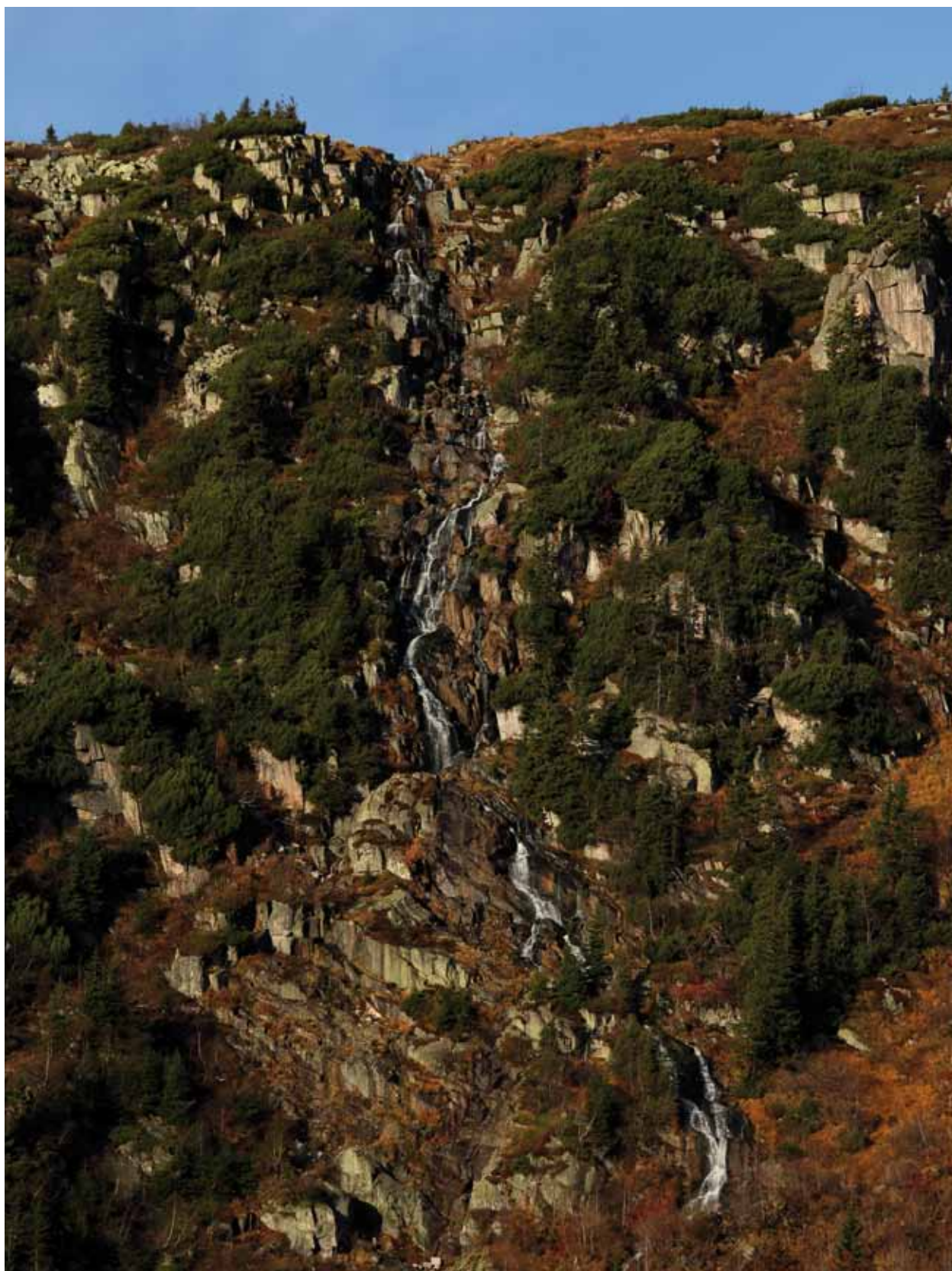
Bouřlivý vodní živel na horském svahu dokáže výrazně umocnit i podzimní atmosféra krkonošské tundry



Voda tekoucí po skalní stěně je i významným prostředím pro barevné porosty řas a mechorostů



Labský vodopád (výška 34,5 m) patří k nejznámějším vodopádům Krkonoš i celé republiky



Pančavský vodopád přepadá do závětrí ledovcového karu Pančavské jámy v podobě nejvyššího českého vodopádu (148 m)



Vodopády na svazích Labských jam jsou nejmohutnější při jarním tání a po letních přivalových deštích

Čtvero ročních období krkonošské tundry

Krkonoše jsou osamoceným horským ostrovem uprostřed nížin a pahorkatin a pulsují vlastním životem. Panuje v nich nadmíru dramatické prostředí, které se mění v rytmu ročních období i podle nejrozumnějších podob krajiny, o kterých rozhoduje voda, vítr, teplota či barometrický tlak. To jsou hlavní aktéři barevných proměn plenéru horské krajiny.

Rytmus střídání ročních období ve střední Evropě určuje především teplota vzduchu. Podle ní se v krajině krkonošské tundry buď rozprostírá různotvaré království sněhu, sněhových vloček a jinovatky, nebo se začne povrch hor barvit v rytmu zeleně. Od prvních barevných výhonků tundrových rostlin, přes pestrobarevný letní plenér až po barevnou mozaiku listoví bylin, keřů, keříčků a stromů. Pestrost barev, vůní i zvuků je pro diváka, který vstoupí do království krkonošské tundry, nezapomenutelná a znovu a znovu ho láká k návštěvám tak jedinečného světa hor.

Naše pocity při návštěvě vrcholků Krkonoš se odvíjejí od zrakových požitků z přírodních barev rostlinstva, přes nejrozumnější zvuky větru, dopadajících dešťových kapek a zurčení vody v prameništích a potocích až po monumentální prostor, který se dokáže v horách vytvořit během zvláštních meteorologických situací během teplotních inverzí. Po celý rok se tak návštěvník stává divákem fascinujícího divadla barevných proměn krajiny v rytmu ročních období.

Na hřebenech hor málokdy panuje bezvětří. Vítr patří ke koloritu hor stejně jako oblačnost a oblaka nejrozumnějších tvarů a barev. Při teplotní inverzi stéká chladný vzduch z hřebenů hor do údolí, a tam při kondenzaci vodní páry vzniká mlha nebo nízká oblačnost. Tehdy dokážou paprsky vycházejícího nebo zapadajícího slunce pro poutníka na hřebenech hor vykouzlit v krajině věrnou napodobeninu bílého oceánu, nad jehož hladinu vyčnívají jen izolované ostrovy blízkých či vzdálených vrcholků hor.

Mlha, slunečné počasí, kvílení horského povětří, rachot horských vodopádů a padajících sněhových lavin či barevné proměny rostlinstva v jednotlivých ročních údobích – to jsou kulisy, které nás zaujmou pokaždé, když do krkonošské tundry s pokorou vstoupíme.

Firnová pole na svazích Kotelních jam
odtávají až do počátku léta





Harrachovy kameny a údolí Jizerky



Zelené rokly, křoviny a lesy – takový je letní vzhled Labských jam



Silueta Kotle a Harrachových kamenů vyniká v kterékoli roční době



Letní hra barev nad Modrým dolem



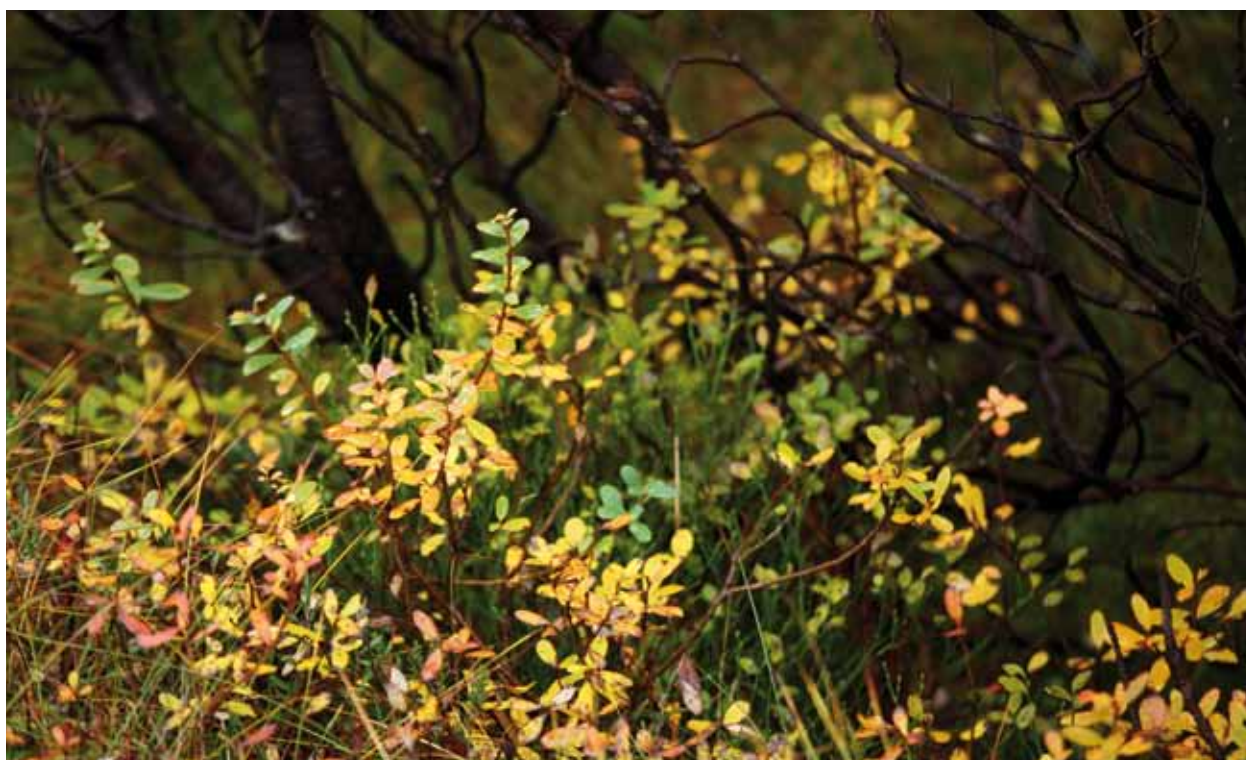
Lodyžky ploníků a plavuně pučivé jsou si podobné, byť patří do úplně odlišných rostlinných skupin



Kamenná strž na svazích Železné hory se v zimě přemění na hrozivou lavinovou dráhu



Violík a bouda U Sněžných jam



Nad zeleným chlorofylem pomalu převládají žlutá a červená barviva, která rozzáří krajinu před příchodem sněhu



Protiklad světel a stínů je během podzimního času obzvlášť výrazný



S příchodem prvních jehliček jinovatky si podzimní sluneční paprsky ještě snadno poradí



Nevšední divadlo na noční obloze nad Dívčími kameny



Ani v zimních měsících nechybí krkonošské tundře barevná krása



Zimní nálada panuje na hřebenech hor



Mráz a sluníčko vykouzlí rychle se měnící atmosféru zimního rána horských hřebenů



Sněžka ční z nízké oblačnosti v každém ročním období. Jen je třeba být v pravý čas na pravém místě



Modrá a bílá ve všech odstínech



Sněhová pokrývka milosrdně skryje pozůstatky po nedávné imisní kalamitě na hřebenech Krkonoš



Skulptury námrazy a sněhu na skalní hradbě Violíku



Modelace povrchu tundry ve východních Krkonoších nejlépe vynikne v zimních měsících



Silný vítr přesunuje po dlouhé zimní měsíce snůh z návětrí do závětrí



Západy slunce jsou na hřebenech Krkonoš vždy nevšedním zážitkem



Přírodní divadlo pohybující se inverzní oblačnosti v hlubinách Kotelních jam



Večerní nálada na větrném vrcholku Luční hory



Námraza, mlha a přízračná nálada, kterou vykouzlí na pomíjivý okamžik paprsky zapadajícího slunce



Během podzimních inverzí se česká kotlina zahalí do mlhy, ze které vystupují jen vrcholky Krkonoš



Podoba ostrovů v moři je téměř dokonalá



Svahy Sněžky v barvách podzimu



Se stoupající teplotou se bílé moře nad Labským dolem pomalu rozpouští



Vrcholy Černé hory a Světlé ve východních Krkonoších



Nad Sedmidolím končí noc a začíná den



Vysoké Kolo s boudou U Sněžných jam je vidět ze všech světových stran



Takový pohled se nabízí z vrcholu Sněžky při podzimních inverzích



A o kousek dál se podobné výhledy nabízejí směrem do Obřího dolu...



...nebo opačným směrem z Krkonoše. Inverzní oblačnost obvykle putuje z Čech do Polska sedlem u Špindlerovy boudy



Filigránská krása námrazy vynikne v okolí potůčků



...ale i na stéblech a listech vysokohorských travin v okolí Kapličky v Modrém sedle



Tyčové značení v té době nelze přehlédnout. Jen turistické značky nejsou k přečtení pod vrstvou námrazy



Ledové království keříčků...



...travin



... a bylin



Jeřabiny jsou i v zimě vítanou potravou některých druhů ptáků



Stébla travin slouží jako kondenzační plochy při tvorbě jíní



V okolí potůčků se však změnilo v ledové krápníky



Voda stékající po povrchu skal vytváří při mrazivém počasí křehké rampouchy



V puklinách skalnatého povrchu se však voda mění v ledové klíny, a ty si poradí s jakoukoli krkonošskou horninou



Sněhová námraza je ozdobou zimní horské přírody, ale někdy i hrozbou, protože dokáže rozlámat i silné stromy



Nízká oblačnost stéká Modrým sedlem do hlubin Modrého dolu



Během krátké chvíle se při změně tlaků dokáže inverzní oblačnost přesunout z jámy Lomničky do Obřího dolu



Vrchol Sněžky nabízí v jakémkoli ročním čase bezpočet výhledů a krajinných nálad



Vítr, slunce a oblaka vykouzlí nad horami neskutečné barevné scénérie



Východ slunce u jezírka na Úpském rašeliništi



Kužel Sněžky při přechodu frontální oblačnosti



Je večer nebo ráno?



...jen fotograf ví, kdy a kde se v onu chvíli s kamerou pohyboval



Ranní nálada v Obřím sedle...



...a od Harrachových kamenů



Z ostrých skalních hran Sněžných jam se nabízí pohledy do dvojice nejdokonalejších ledovcových karů Krkonoš



Oblačnost nad masivem Železné a Luční hory



Přírodní inscenace v Obřím sedle pod Sněžkou



Alpínské trávníky v okolí Luční boudy záhy zmizí v inverzní oblačnosti

Domovina tundry na severu Evropy

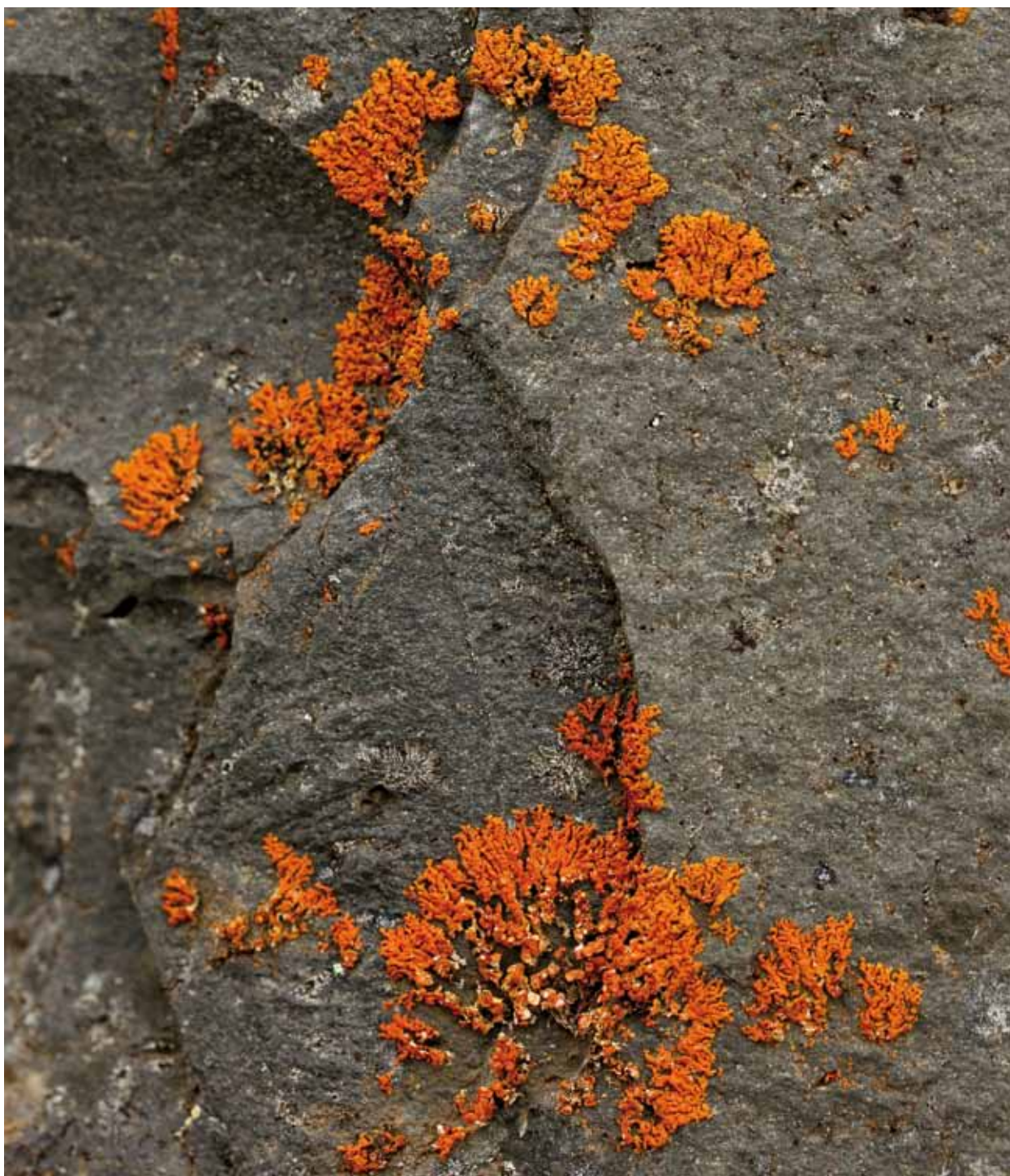
Drobný ostrůvek tundry na hřebenech Krkonoš je unikátním dokladem dávného propojení vzdálených světů severské a alpské přírody v dobách, kdy se opakovaně až k severnímu úpatí Krkonoš doplazil mocný severský kontinentální ledovec. Podél jeho jižního okraje až do střední Evropy putovala severská tundra a z Alp naopak sestupovala do nižších poloh a k české kotlině alpínská tundra. Na hřebenech Krkonoš se oba světy prolnuly a vzniklo unikátní prostředí krkonošské arko-alpínské tundry.

Pravá domovina severské tundry se však nachází především vysoko na území Severní Ameriky, v Grónsku, na severu Eurasie, zejména v Norsku, Švédsku, Finsku či na Islandu, na Sibiři, ale i na vrcholech Skotské vysočiny nebo Jižního Uralu. Čeští přírodovědci a ochranáři měli opakovaně možnost se při mnoha cestách na sever přesvědčit, že nejde o podobnost čistě náhodnou. Objevovali stále další svědectví o zvláštním podobenství těchto vzdálených přírodních světů.

Nejzachovalejší příroda severské tundry se nachází na území národních parků, kterých je jen v Norsku téměř 40, ve Finsku 39, dalších sedm se rozkládá na Špicberkách a Švédsko se pyšní 29 národními parky. Také v převážně vulkanické krajině Islandu se rozkládají tři národní parky, kde vedle sopek, lávy, gejzírů a vodopádů lze obdivovat i skromnou tundru.

Uspořádání tundry v její domovině má ovšem i svá specifika, především jiný rytmus střídání dne a noci. Zatímco za polárním kruhem trvá zimní polární noc až několik měsíců a letní slunce několik měsíců vůbec nezapadá, v horách nižší zeměpisné šířky se tma a světlo střídají každodenně. Roční versus denní rytmus života – to je zásadní rozdíl mezi tundrou na severu a tundrou v horách nižších zeměpisných šířek jako jsou Krkonoše. To se projevuje jak v podnebí, tak v květeně a zvěřeně a jejich druhovém složení.

V Krkonoších činí rozlohu tundrové krajiny pouze plocha necelých 50 km², na severu Evropy jsou to desítky tisíc km². Ledovce, jezera, morény, kryoplanační terasy, tory, mrazem tříděné půdy, palsy a lithalsy, podobné a mnohdy i stejné druhy rostlin a živočichů, takových dokladů tundry je na severu Evropy bezpočet. Ale možná právě proto, že v komorních Krkonoších je tundrových fenoménů



Terčník pohledný (*Xanthoria elegans*) patří mezi zdálky nápadné druhy skalních lišejníků

poskrovnu, podařilo se je přesně charakterizovat, popsat jejich rozlohu, jejich minulost a souvislosti s oním nekonečným světem tundry na severu kontinentu. K jejich ochraně byly v Krkonoších před více než 50 lety zřízeny dva národní parky, český a polský.

Posuďte sami, jaká podobenství s Krkonošemi nám vzdálená severská příroda nabízí, ale ještě lépe, rozjeďte se vysoko na sever, do pravé domoviny tundrové krajiny, a po návratu si budete komorní Krkonoše prohlížet pod zcela jiným zorným úhlem.



Sob polární patří k severní Evropě stejně, jako početná rodina lišejníků, z nichž mnohé jsou na jeho jídelníčku



Mezi lišejníky kamenitých půd a sutí patří pevnokmínek rozvětvený (*Stereocaulon dactylophyllum*)



Mezi lišejníky vynikají zejména ty, které tvoří na pohárcích pestře zbarvené plodničky, zde dutohlávka chudobokvětá



Lišejník pukléřka sněžná (*Flavocetraria nivalis*)



Lišejník šálečka trpká (*Fuscidea austera*)



Lišejníky mapovník zeměpisný (*Rhizocarpon geographicum*) a mísničkovitý (*Rhizocarpon lecanorinum*)



Lišejník dutohlávka hnědozelená (*Cladonia chlorophylla*)



Dutohlávka chudobkokvětá (*Cladonia bellidiflora*) a lesní (*Cladonia arbuscula*)



V lišejníkových zahrádkách na žulových balvanech nescházejí mapovníky, terčníky...



Dutohlávka sobí (*Cladonia rangiferina*) a pukléřka (*Vulpicida juniperinus*)



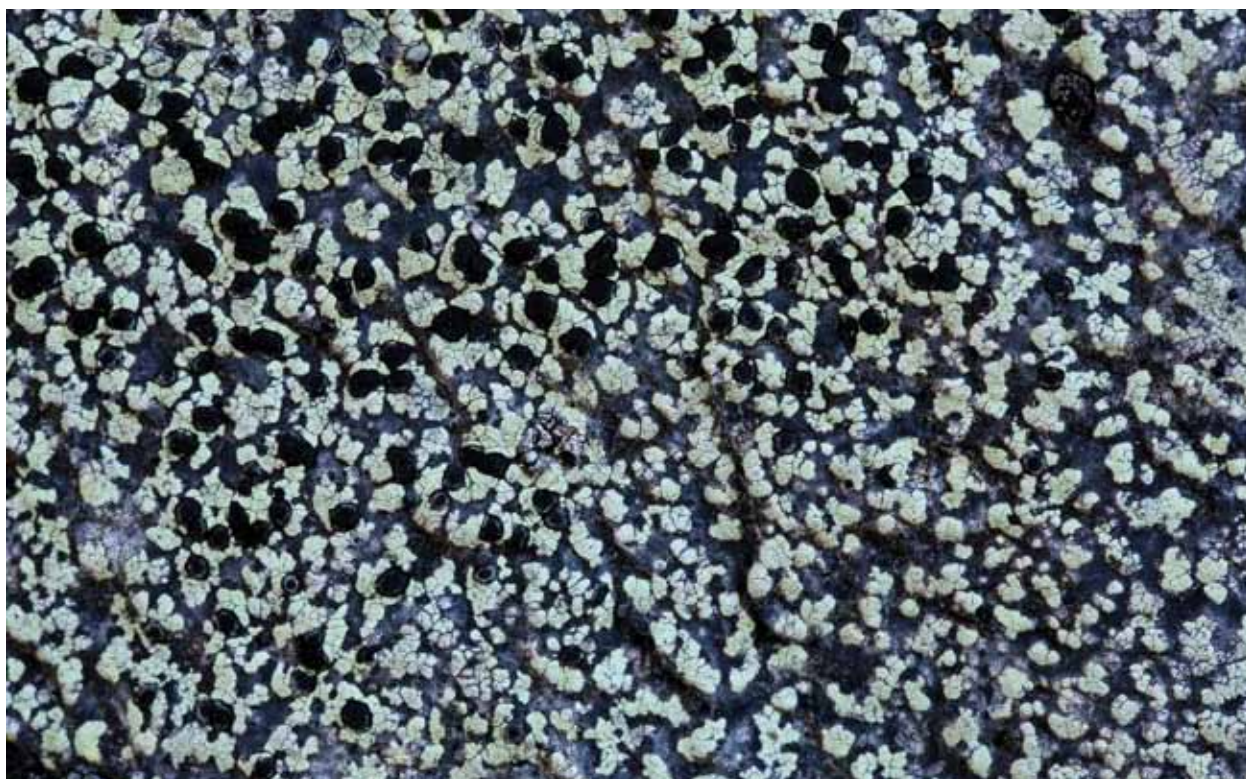
Terčník lesklý (*Xanthoria candelaria*)



Lišejník terčovka skalní (*Parmelia saxatilis*)



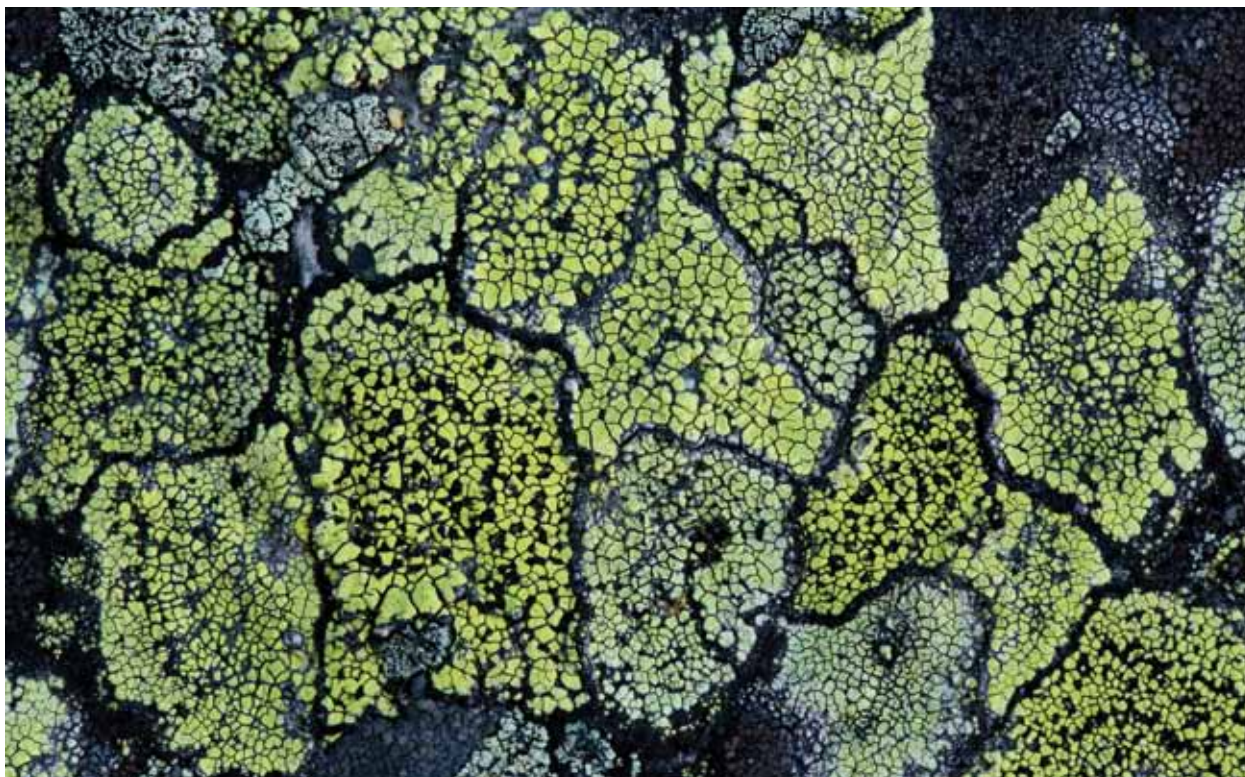
Lišejník krevnatec věterní (*Ophioparma ventosa*)



Mapovník zelenočerný (*Rhizocarpon viridiatrum*)



Terčovka bublinatá (*Hypogymnia physodes*)



Lišejník zeměpisný (*Rhizocarpon geographicum*)



Stélky lišejníku zeměpisného připomínají geografické mapy kontinentů



Krajina severské tundry



V podrostu březových lesů bývají časté dutohlávky (*Cladonia*) a keříčky brusinky (*Vaccinium vitis-idaea*)



Terčovka skalní (*Parmelia saxatilis*)



Pukléřka sněžná (*Flavocetraria nivalis*) a šicha oboupohlavná (*Empetrum hermaphroditum*)



Keřičky brusnicovitých a šichovitých rostlin patří mezi nejčastější podrost v severské tundře



Skalenka poléhavá (*Loiseleuria procumbens*) patří mezi vřesovcovité rostliny



Štěrbiny skal často obsazuje vrba bylinná (*Salix herbacea*)



V severské tundře rostou četné druhy vrb, z nichž mnohé mají výrazně šedivé listy



Mezi ně patří vrba vlnatá (*Salix lanata*)



Je nápadná hustými hrozny tobolek, která ukrývají semena s bílým chmýřem. Vítr je snadno šíří i do vzdálených míst



Vrba síťnatá (*Salix reticulata*) roste v severské tundře na minerálně bohatších půdách



Keře a keříčky nejrůznějších barev – takový je podzim ve Skandinávii



Křivolakost kmínků některých severských vrb hodně připomíná bizarní tvary dřevin na laviništích Krkonoš



Bobule brusinek jsou oblíbenými plody jak v daleké Skandinávii, tak v horách střední Evropy



Vysoký obsah vitamínu C z nich činí významný produkt skandinávské kuchyně



Podzim přišel do národního parku Jostedalbreen (Norsko)



Trávníčka přímořská (*Armeria maritima*)



Silenka bezlodyžná (*Silene acaulis*) a vrba síťnatá (*Salix reticulata*) prozrazují minerálně bohatší půdy



Šedě zbarvená vrba laponská (*Salix lapponum*) se ze Skandinávie rozšířila až na svahy Krkonoš



Vlčí bob nootecký (*Lupinus nootkatensis*) pochází ze Severní Ameriky a na evropský kontinent byl introdukován



Mateřídouška časná arktická (*Thymus praecox*. subsp. *arcticus*)



Lomikámen sněžný (*Saxifraga nivalis*) ve své domovině



Silenka přímořská (*Silene uniflora*)



Dryádka osmiplátečná (*Dryas octopetala*)



Lepnice alpská (*Bartsia alpina*)



Tučnice obecná (*Pinguicula vulgaris*) patří mezi masožravé rostliny



Běloprstka bělavá (*Leucorchis albida*) v severské podobě



Kohátka maličká (*Tofieldia pusilla*) patří mezi liliovité rostliny



Lomikámen nádherný (*Saxifraga cotyledon*) je ozdobou skalních stěn severské tundry



Pryskyřník ledovcový (*Ranunculus glacialis*) roste nejčastěji při okrajích firnových polí a sněhových výležišť



Zvonek okrouhlolistý (*Campanula rotundifolia*) vypadá na severu stejně jako v Krkonoších



Rozrazil keříčkatý (*Veronica fruticans*) na rozdíl od severní Evropy v Krkonoších neroste



Mateřidouška časná arktická těsně před rozkvětem



Listová růžice lomikamenu nádherného



Dryádka osmiplátečná (*Dryas octopetala*) tvoří husté kolonie a zpevňuje suťovité půdy



Čelo ledovce Nigardsbreen, národní park Jostedalsbreen (Norsko)



Výhled z Galdhøpiggen, nejvyšší hory Norska



Detail struktury ledovce



Briksdalbreen je jeden z nejznámějších a také nejnavštěvovanějších splazů ledovce Jostedalbreen



Detail ledovce Solheimajökull (Island)



Slepička bělokura rousného (*Lagopus lagopus*) je dobře maskovaná



Lyskonoh úzkozobý (*Phalaropus lobatus*)



Hnízdo husy krátkozobé (*Anser brachyrhynchus*)



Ostružiník moruška (*Rubus chamaemorus*)



Dříneček švédský (*Cornus suecica*)



Podzimní zbarvení listů ostružiníku morušky



Bobulovité plodenství dříněčku zpestřuje podrost severských křovin a lesů



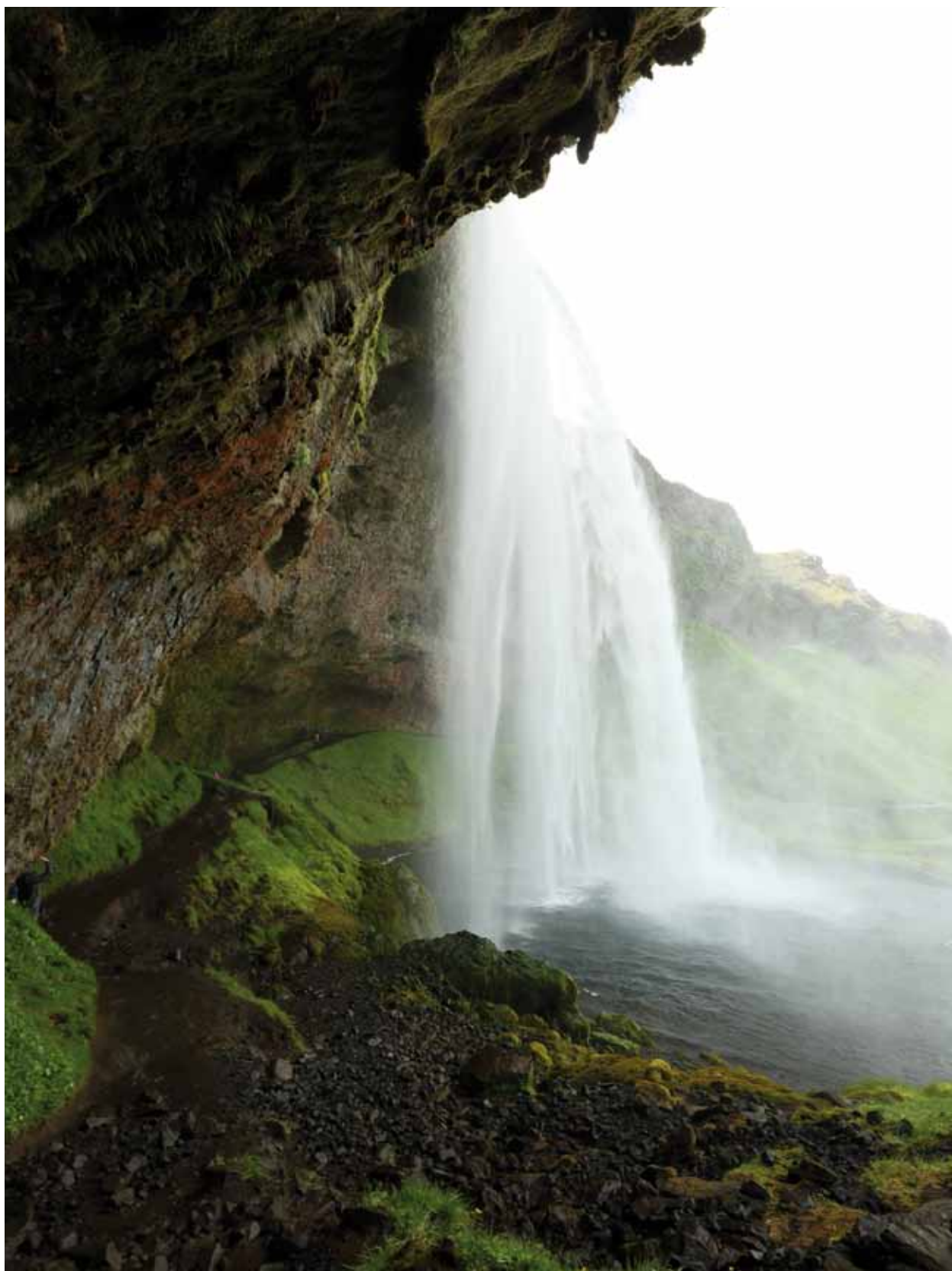
Gullfoss (Zlatý vodopád) patří mezi nejznámější vodopády Islandu



Vodopád Svartifoss (jinak zvaný také Černý vodopád) je součástí islandského národního parku Skaftafel



Do vod norského Geiranger fjordu padají desítky vodopádů



Island je velmocí vodopádů



Vodopád Seljalandsfoss nabízí možnost obejít jej za vodní tříští



Čedičové varhany vodopádu Hengífoss



Norská krajina je velmi drsná



Charakteristické jsou hluboké fjordy



Skalní útvar zvaný Trolltunga (Trolí jazyk) vyčnívá vodorovně z hory ve výšce asi 700 m nad jezerem Ringedalsvatnet



Jezero Ringedalsvatnet

Budoucnost tundry

Tundra prožívala v dávných geologických údobích mnohé změny, které se projeví v její rozloze, uspořádání a v rozmanitosti tundrových rostlin a živočichů. Některé z nich jsme byli schopni vysvětlit, některé jsou pro vědce záhadou dodnes.

Avšak teprve nedávné či současné stopy člověka v severské tundře jsou varovným signálem, co by se mohlo stát v brzké budoucnosti, kdybychom se je nesnažili omezit či dokonce vyloučit. To neplatí jen o malém ostrůvku krkonošské tundry uprostřed Evropy, ale obecně pro tundrové prostředí na celé severní polokouli, zaujímající miliony čtverečních kilometrů.

Tundra patří mezi nejohroženější části přírody naší planety, neboť ji ovlivňují probíhající celosvětové klimatické změny. Dlouhodobé oteplování, resp. výkyvy teplot se projevují v tání ledovců, tání trvale zmrzlé půdy, vymírání desítek chladnomilných organismů. Je zbytečné tomu napomáhat dalšími lidskými doteky, které křehké tundrové prostředí narušují – neuváženou stavební činností, špatně koncipovanou turistikou a sportovními aktivitami, nadměrným hlukem, dopravou či hromaděním odpadů. Budoucnost tundry je v našich rukou. Pomáhá nám v tom stále účinnější mezinárodní spolupráce v ochraně životního prostředí, status národních parků a biosférických rezervací, věda, dlouhodobé sledování stavu naší planety včetně toho malého ostrůvku v Krkonoších.

Představa bezproblémových osudů krkonošské tundry jen pod právní záštitou statutu národního parku přesto není na místě. Během padesátileté historie existence KRNP se nakupily otázky, jejichž řešení vyvolalo četné střety ochranářů, lesníků, vědců, ale i veřejnosti: Jak pečovat o horské cesty, jak řešit dávné křivdy na tváři krkonošské tundry v podobě předválečných opevňovacích aktivit, jak citlivě proředit před časem vysázené porosty kleče v místech, kde se rozmáhají na úkor tundrové vegetace a mrazových tundrových půd, kolik návštěvníků a jaké aktivity jsou na hřebenech hor ještě únosné, jak využívat horské boudy uprostřed tundrové krajiny...

Význam krkonošské arkto-alpínské tundry jako jednoho z nejjihněji položených reliktních severské přírody ve střední Evropě je pro dlouhodobé sledování a vnímání budoucích osudů celého tundrového biomu neocenitelný. Právem jsou Krkonoše začleněny do celosvětového projektu INTERACT, zabývajícího se ochranou tundrových krajín a sledováním dopadů globálních změn na citlivou severskou přírodu.





Odborníci ze Správy KRNAP mají výzkumné plochy na Labské louce



I na Sněžku dnes vede široká dlážděná cesta



Z vrcholu Sněžky je vidět hustá síť turistických cest



Sněžka ve vrcholné turistické sezóně přiláká až 10 000 lidí denně

Tundra in the Krkonoše Mountains

Chapter 1 How the Nature once Changed in the Middle of Europe

Many thousands of years ago the northern hemisphere of our planet looked very different to how it does today. Extreme cold ruled here and the surface of the European continent was covered by a massive continental ice sheet, which even reached as far as the northern slopes of Krkonoše in the coldest periods. The living nature of the tundra retreated from the north of Europe in front of the ice-covered landscape and its emissaries searched for suitable places where they could survive the harsh ice ages. They succeeded on the ridges of the highest Czech mountains, where they may be found to this day.

It must have been a dramatic period in the long-term history of the planet. Bitter frosts and the growing extent of glaciers gradually pushed out every life form which had developed and occupied all sorts of spaces above ground, underground and underwater during the Tertiary period. This was not for the first time in the history of our planet, as the whole Earth was covered with ice millions of years ago. At that time it was a white, not a blue, planet.

But an explosion of life took place and the nature of the Palaeozoic and Mesozoic developed into an unprecedented diversity. The era of trilobites, colonisation of dry land, the world of dinosaurs, prehistoric swamps with ferns, horse-tails and clubmosses and later the damp, tropical climate of the first half of the Tertiary, when subtropical and tropical flora even grew in the far north. We have no evidence of the living nature in Krkonoše at that time and only the variety of fossils from the Podkrkonoší Foothills can tell us what the nature actually looked like.

On the contrary, the surface of the highest Czech mountains has already provided abundant evidence of ancient geological events. The structure of the Krkonoše rocks, the different appearance of the southern and northern slopes of the mountains, the montane plateau of Tertiary age, glacial

cirques, moraines, lakes, the frost-riven surfaces of the highest ridges with distinctive silhouettes of tors – are all testimony to the eventful history that Krkonoše experienced during the ancient evolution of our planet. Its results are dozens of types of rocks, hundreds of shapes of relief forms and thousands of organisms from the kingdoms of fungi, plants and animals.

Human history represents only a fraction of a second on the timescale of the changes in Krkonoše, but our deeper understanding of the development of the mountain nature allows us to recognize a variety of similarities and connections that exist between the exclave of arctic tundra in Krkonoše in the middle of Europe and its main homeland in the far north of our continent. They are the subject of this illustrated book.

Chapter 2

Appearance of the Krkonoše Arctic-Alpine Tundra

The idea of the existence of arctic tundra in the middle of Europe provoked heated discussions between scientists throughout the long years of the 19th and 20th centuries and was the subject of many scientific papers. The evidence of Quaternary glaciation, the many similarities in relief, the presence of arctic organisms on the ridges of Krkonoše and the increasingly frequent trips to the north of Eurasia led experts to believe that the ancient evolution of Krkonoše was more associated with the north of Europe than with the higher mountain ranges of the Alps and Carpathians. However, it was not until the end of the 20th century that the phenomenon of Krkonoše arctic-alpine tundra was fully described. This represents a unique and irreplaceable phenomenon in the central European Krkonoše Mountains. However, it is an extremely diverse world, shaped in

some places by frost and wind, in others by snow and landslides, and in further places by the creative power of our ancestors, the early colonists of the Krkonoše Mountains.

Chapter 2.1.

Diverse Appearance of the Tundra Landscape in Krkonoše

Naturalists had to distinguish between the very different parts of the Krkonoše tundra, according to the prevailing natural forces that created them. Therefore, they defined 3 zones, created by different natural forces and processes, which ruled over the natural environment in Krkonoše. The first type lies at elevations of 1 603–1 000 m and is called the **cryo-eolian zone**, the appearance of which is shaped by wind, frost and ice (its popular name is lichen tundra), beneath it lies the **cryo-vegetative zone** (grassy tundra), where the frost-shaped relief is covered by vegetation cover in the form of alpine grasslands, dwarf pine scrub and arctic peatbogs. In the lee of glacial cirques and adjacent slopes then lies the **niveo-glaciated zone** (flowery tundra) where the main natural forces were ancient glaciers, while today they are ruled by avalanches and landslides.

It is an exceptionally diverse environment that combines wind, frost, snow, ice, glaciers, water, and relief orientation. Three parts, three completely different environments and yet they are connected by the phenomenon of tundra landscape, where all three components are tightly interconnected by natural processes and phenomena. One part cannot exist without another.

All of this was ingeniously linked together in the work of Prof. Jan Jeník called “A Theory of Anemo-orographic Systems” (1961). He was also one of the main actors in defining the phenomenon of the Krkonoše arctic-alpine tundra.

The Cryo-eolian Zone in Krkonoše only covers several of the highest summits and adjacent slopes and is mainly found on the summits of Mt. Sněžka,

Mt. Studniční hora, Mt. Luční hora, Mt. Smogornia and Mt. Vysoké Kolo. Also, some places on top of Mt. Kotel bear the features of this lichen tundra. It is the realm of frost-resistant lichens, mosses and grasses. Strong winds blow the snow away and the exposed soil freezes deeply in winter. Various frost weathering, movements and grading of soils gave rise to the rare and peculiar shapes of the inanimate nature, such as cryoplanation terraces, polygonal and striated frost-sorted soils, boulder fields or solifluction mounds.

Less than 200 metres below the summits in the surroundings of the Labská bouda and Luční bouda Chalets extend two sprawling plains covered with a mosaic of alpine grasslands with predominant matgrass, dwarf pine scrub and structured subarctic peatbogs. This is the **cryo-vegetative zone**, where it is less windy and the snow cover here averages around 180 cm and endures for more than half of the year. Higher temperatures, sufficient precipitation and the deeper Podzolic soils here enabled the exuberant development of grassland and peatbog vegetation that cover the frost-shaped relief of polygonal soils and stone stripes, the remarkable mountain beaded streams, wandering blocks of stone, peat hillocks called pounikos or peat mounds, the shape of which and their formation by tearing off whole blocks of peat remind us of Nordic palsas. The **niveo-glacigenic zone** is located in the deep amphitheatres of the glacial cirques on both sides of the mountain range. They represent the extremely diverse and rich flora and fauna on the slopes of the Labské jámy, Kotelné jámy, Sněžné jámy, Úpské jámy Cirques and many other places, where frost weathering has shaped the rocky cliffs, massive snow overhangs accumulate on the rims in winter and the slopes have been abraded by avalanches for many millennia. In the past, they were filled by glaciers.

Chapter 2.2

Witnesses to Times Ancient and Recent

The Krkonoše Mountains are an exceptionally rich mountain range for the occurrence of living witnesses to the glacial periods (glacial relicts), but also surprise us by the high number of endemic species

which mainly live in the arctic-alpine tundra. Peculiar biological processes developed here at the end of the ice ages, when the mountain ridges represented islands of mountain nature, surrounded on all sides by the sea of dense forests. Outside of Krkonoše we cannot meet them anywhere else in the world. Their biological birth occurred in a much shorter historical period than when the glacial relicts wandered along the Krkonoše mountain ridges. The Krkonoše arctic-alpine tundra is a completely unique environment, the home of the most important members of the Krkonoše flora and fauna.

The story of the discovery of the cloudberry on the mountain ridge peatbogs in Krkonoše is no less exciting than telling the story of how the Sudetic lousewort was found. Also the finding of the glacial relict alpine saxifrage in the Malá Sněžná jáma Cirque caused a great sensation in scientific circles. Numerous stories are associated with the appearance, disappearance and later reappearance of the dotterel in the Krkonoše tundra, and with the finding of the bluethroat or describing many relict species of invertebrates and vertebrates. Currently, the arctic-alpine tundra supports the occurrence of more than two dozen glacial relicts of flora and fauna and about three dozen species of endemic organisms, which are not found anywhere else in the world.

Chapter 2.3

Tundra in Movement

The cold environment of the Krkonoše tundra only seems to be something which formed on the mountain ridges thousands of years ago and survives unchanged to this day. In ancient times, when the northern hemisphere was covered by endless ice sheets, the unglaciated Krkonoše summits were under the cruel dictates of ice, frost, snow, wind and water and changed much faster than they do today. However, the current tundra is not only a dead witness to the dramatic events of the distant past. Its form is changing, much more inconspicuously, more slowly and unfortunately in recent centuries, with the helping hand of mankind. The main natural forces, which affect the surface of the mountains, are still the same and tireless actors on the stage of the mountain landscape – water in all its forms, wind, sun and cold. Under their baton the tundra is continually changing its face.

Today, scientists can build a fairly accurate picture of the ancient tundra landscape of Krkonoše. They recognize the places where local glaciers once flowed and left behind unmistakable moraines. They describe the circumstances under which glacial lakes were created, mainly on the Polish side of the mountains. Striking rock outcrops called tors on the ridges are not only notable for their names and often mystical tales in the local literature. Geomorphologists accurately deciphered several stages of their formation in the Mesozoic to Quaternary Periods.

Today we know a lot about the two hundred year history of avalanches and landslides, belonging to the most powerful forces that currently shape the inanimate and animate surface of the Krkonoše tundra. Water completes the appearance of the surface of the mountains, as evidenced by hundreds of fascinating waterfalls, deep eversion bowls in the channels of the Krkonoše rivers, the wild channels of some mountain streams and the remarkable phenomenon of the beaded mountain streams in the grassy tundra zone.

Ice needles under the ground are able to transform the stony surface of the lichen tundra into bizarre shapes and seamlessly start the movement of boulders weighing tons, slowly ploughing over the plateaus near the Labská bouda and Luční bouda Chalets.

The wind also affects the inanimate and animate surface of the tundra. It continuously carries soil and snow away from the mountain tops to the lee-ward glacial cirques, creating bizarre shapes of snow, and forms the appearance of many plant species. The incessant wind causes the peculiar flag-shaped crowns of spruce trees at the upper limit of the forest or the spruce scrub.

Chapter 2.4

Four Seasons in the Krkonoše Tundra

The Krkonoše Mountains are an isolated mountain range in the middle of plains and hilly country, and pulsate with a life of their own. They are an exceedingly dramatic environment which change with the rhythm of the seasons and assume various forms,

decided on by water, wind, temperature and barometric pressure. These are the main actors in the colourful changes to the mountain landscape. The rhythm of the changing seasons in central Europe is mainly determined by air temperature. According to the temperature, the Krkonoše tundra landscape is either a kingdom of many shapes of snow, snowflakes and hoarfrost, or the mountain surfaces turn to colour in a green rhythm.

From the first shoots of colourful tundra plants, through the multi-coloured summer palate, up to a dazzling mosaic of foliage of herbs, shrubs, bushes and trees. The variety of colours, smells and sounds is unforgettable for the spectator who enters the kingdom of the Krkonoše tundra, and will entice him to visit such a unique mountain world again and again.

Our feelings when visiting the summits of Krkonoše are derived from the visual pleasures of the natural colours of vegetation, through various sounds of the wind, falling raindrops and the gurgle of water in springs and streams, up to the monumental space, which is created in the mountains when specific meteorological conditions create temperature inversions.

All year round the visitor joins the audience in the fascinating theatre of colourful changes to the landscape in the rhythm of the seasons.

The mountain ridges are rarely calm. The wind contributes to the atmosphere of the mountains, just like cloud cover and the clouds of various shapes and colours. During a temperature inversion cool air flows from the mountaintops into the valleys, where the condensation of water vapour creates fog or low cloud.

For a pilgrim wandering the landscape on the mountain ridge, the rays of the rising or setting sun can create a faithful imitation of a white ocean, with only the isolated "islands" of nearby or distant mountain summits breaking through its surface.

Fog, sunny weather, the howling mountain wind, the clatter of mountain waterfalls and falling avalanches or the colourful changes to the vegetation in each season – these are the scenes that will enchant us every time we enter the Krkonoše mountain tundra with humility.

Chapter 3

Homeland of Tundra in Northern Europe

This tiny island of tundra on the ridges of Krkonoše is unique evidence of the ancient connections between the remote worlds of arctic and alpine nature. This came at a time when the vast continental ice sheet repeatedly crawled south to the northern foot of Krkonoše. Arctic tundra travelled along its southern edge into Central Europe, whereas alpine tundra descended from the Alps to lower elevations, including the Bohemian Basin. These two worlds met and blended on the Krkonoše mountain ridges and created the unique environment of the Krkonoše arctic-alpine tundra.

The true homeland of the arctic tundra, however, is far to the north in North America, Greenland, northern Eurasia, particularly in Norway, Sweden, Finland or Iceland, in Siberia, even on the peaks of the Scottish Highlands and the Southern Urals. On their many trips to the north Czech scientists and conservationists have had repeated opportunities to convince themselves that the similarity is not purely coincidental. And they are still discovering more testimony to the special likenesses between these distant natural worlds.

The best preserved nature of arctic tundra is located on the territory of national parks, of which there are almost 40 just in Norway, 39 in Finland, another 7 are located on Spitsbergen and Sweden boasts 29 national parks. There are also 3 national parks in the predominantly volcanic landscape of Iceland, where in addition to volcanoes, lava, geysers and waterfalls, a modest tundra can also be admired.

The structure of the tundra in its homeland, though, also has its own specifics, especially the different rhythm of alternation of day and night. Above the Arctic

Circle the polar night lasts through the winter months and in the summer months the sun never sets, whilst in the mountains at lower latitudes the darkness and the light alternate on a daily basis. An annual versus a daily rhythm of life – it is the fundamental difference between the tundra in the far north and the tundra in the mountains at lower latitudes, such as in Krkonoše. This is reflected both in the climate and in the flora and fauna and their species composition.

In Krkonoše the tundra landscape only covers an area of less than 50 km², whereas in northern Europe there are tens of thousands of km². The glaciers, lakes, moraines, cryoplanation terraces, tors, frost-sorted soils, palsas and lithalsas, similar and often identical species of plants and animals, such documents of the tundra in northern Europe are countless. But perhaps it is because in the pocket-sized Krkonoše Mountains the tundra phenomena are much fewer, we have managed to precisely characterize them, describe their area, their history and their connections to that endless world of tundra in the north of the continent. A Czech and a Polish national park were established in Krkonoše to protect them more than 50 years ago.

You can judge for yourself what similarities there are between Krkonoše and the remote arctic nature, but better still, start by driving up north, to the true homeland of tundra landscapes and when you return you will view the pocket-sized Krkonoše Mountains from a completely different perspective.

Chapter 4

Future of the Tundra

In ancient geological times the tundra experienced many changes, which were reflected in its area, structure and the diversity of tundra plants and animals. We are able to explain some of them, while others are still a mystery for scientists.

However, the recent or current tracks of humans on the arctic tundra are a warning sign of what could happen in the near future, if we do not try to restrict or even eliminate them. This is true not only for the

small island of tundra in Krkonoše in the middle of Europe, but in general for the tundra environment in the entire northern hemisphere, occupying millions of square kilometres.

Tundra is among the most endangered parts of nature on our planet, because it is affected by the ongoing global climate changes. The long-term warming and greater temperature fluctuations are reflected in melting glaciers, thawing of permafrost, the extinction of dozens of cryophilic organisms. It is not necessary to assist with further human touches that disrupt the fragile tundra environment, such as ill-considered construction activities, ill-conceived tourism and sporting activities, excessive noise, transport or storage of waste. The tundra's future is in our hands. We are helped in this task by the increasingly effective international cooperation in environmental protection, the statuses of national parks and biosphere reserves, long-term monitoring of the condition of our planet, including this small island in Krkonoše.

But the idea of the problem-free fate of the Krkonoše tundra only under the legal auspices

of the national park statute is not realistic. Many problematic issues which have arisen during the fifty-year history of KRNAP have caused numerous clashes between conservationists, foresters, scientists, as well as the general public. How should we care for the mountain trails? How should we address the scars on the face of Krkonoše from pre-war fortification works? How should we sensitively thin out the previously planted dwarf pine scrub, which spreads at the expense of tundra vegetation and frost-sorted tundra soils? How many visitors and what activities are on the mountain ridges are still sustainable? How to use the mountain chalets amid the tundra landscape?

The significance of the Krkonoše Mountains arctic-alpine tundra as one of the southernmost relicts of arctic nature in central Europe for long-term monitoring and perception of the future destiny of the tundra biome is priceless. By rights the Krkonoše Mountains are integrated into the global INTERACT project, dealing with the protection of tundra landscapes and monitoring the impact of global changes on the sensitive arctic nature.

Photo captions

8	The Wielki Śnieżny Kocioł and Mały Śnieżny Kocioł (Velká Sněžná jáma and Malá Sněžná jáma) Cirques in western Krkonoše show the modelling effects of ancient glaciers
8	The periglacial talus on the slopes of Mt. Vysoké Kolo was formed by the effects of freezing temperatures on the surface of Krkonoše
9	The shapes of the Śnieżne Kotły (Sněžné jámy) Cirques and the Kocioł Jagniątkowski (Černá jáma) Cirque in western Krkonoše are seen most clearly in the winter months
9	This is similar on the Czech side of the mountains, where a glacier carved the pair of deep cirques called Kotelní jámy into the slopes of Mt. Kotel
10	The eastern part of the Krkonoše tundra is ruled over by the highest mountain in Krkonoše – Mt. Sněžka (1 603 m)
12	The depth of the glacial lake on the floor of the Wielki Śnieżny Kocioł (Velká Sněžná jáma) falls greatly during the year
14	The slopes of Mt. Kotel and the Kotelní jámy Cirques rise like an island above the sea of inversion cloud cover
15	Extensive boulder fields on the summit of the second highest mountain in Krkonoše – Mt. Luční hora (1 555 m)
15	Granite boulder fields and boulder flows on the slopes of Mt. Malý Šišák and at the head of the Čertova strouha ravine
16	The rough surface of the granite boulders play host to diverse communities of rock lichens
17	The yellow-green bark-like thalli of various species of map lichens (<i>Rhizocarpon</i> genus) really look like maps

18	The northern slopes of Mt. Luční hora were once covered by a montane (fjeld) glacier. We are reminded of those times by the extensive talus
18	The granite boulder flows on the slopes of Mt. Vysoké Kolo are the products of frost weathering
19	Certain species of cup lichens (<i>Cladonia</i> genus) produce distinctly coloured fruiting bodies on the edge of the cups
19	Whiteworm lichen (<i>Thamnolia vermicularis</i>) occasionally grows on the bare earth in the lichen tundra on the highest summits of Krkonoše
20	The summits of Mt. Sněžka, Mt. Studniční hora and Mt. Luční hora are isolated islands in the lichen zone of the Krkonoše arctic-alpine tundra
20	Cryoplanation terraces run like rings across the slopes of Mt. Luční hora. They are among the most perfectly formed in this part of Europe
21	Cryoplanation terraces of Mt. Luční hora from a high
22	The “Hercynian Desert” of matgrass grasslands in the cryo-vegetative zone of the Krkonoše tundra near the Luční bouda Chalet
23	The Carpathian birch (<i>Betula carpatica</i>) is a hardy woody plant, which can even tolerate the pressure from deep snow cover
24	Autumnal colours are brought to the tundra by the flowering heather shrubs
24	The Pančavské rašeliniště Peatbog on the ridge of western Krkonoše is a unique feature in the Central European Mountains
25	The world of sphagnum mosses, sedges and shrubs is the home of many members of the family of glacial relicts on the Krkonoše peatbogs

26	Before the arrival of the long winter the leaves on the blueberries and cranberries turn to shades of red and yellow
26	The alpine grasslands behave in a similar way and light up the views of the Krkonoše tundra with autumnal colours for a short while
27	One of the cult plants of Krkonoše – the Bohemian bellflower (<i>Campanula bohemica</i>) stands out in the matgrass grasslands
28	Carpathian birch (<i>Betula carpatica</i>) grows through the low grass growths on the Pančavské rašeliniště Peatbog
29	The Studniční jáma Cirque, Mt. Sněžka and Mt. Růžová hora stand dominantly over eastern Krkonoše
29	The atmosphere of the Úpské rašeliniště Peatbog already shows that the long winter months are nearing
30	Clumps of cottongrass and deergrass (<i>Eriophorum</i> and <i>Trichophorum</i> orders) protrude from the muddy surface of the peatbog pools
30	Matgrass (<i>Nardus stricta</i>) is also able to distinctly shape the grassy tundra around Pramen Labe (Spring of the Labe)
31	Table-shaped form of dwarf pine scrub
32	Autumn hoarfrost on the surface of the pool in the middle of the Úpské rašeliniště Peatbog
32	The colours of the grasses in the Krkonoše tundra are at their brightest during the autumn inversions
33	White false hellebore (<i>Veratrum lobelianum</i>) is a poisonous beauty of the Krkonoše tundra

34	The sun is rising, in order to warm the leeward slopes of the Pančavská jáma Cirque. There is the flower-rich tundra zone
34	The Wielki Staw lake on the Polish side of Krkonoše is an important witness to the effects of ancient glaciers
35	Weathered granite cliffs in the surroundings of the Pančavský vodopád Waterfall
36	Meanders of the Labe on the floor of the Pančavská jáma Cirque, which was long ago filled by the shining waters of a massive glacial lake
36	Block faulting of granite on the upper rim of the Pančavská jáma Cirque. This is one of the most remarkable places in the Krkonoše herb-rich tundra
37	The leeward side of Mt. Studniční hora with the monumental spaces of the Úpské jámy Cirques, ravines around the Čertův hřebínek ridge and Studniční jámy Cirques
38	The head of an alpine glacier, which once filled the Kocioł Wielkiego Stawu (Velká Sněžná jáma) Cirque, left behind numerous glacial moraines
38	One of these moraines dammed the outflow of water and a small glacial lake formed here. Today it is only supplied by water from melting snow beds on the slopes of the Kocioł Wielkiego Stawu (Velká Sněžná jáma) Cirque
39	Granite rocks in the Pančavská jáma Cirque near the Ambrožova vyhlídka Vantage Point
40	The steep, rocky slopes of the Pančavská jáma bear witness to the effects of frost, wind, precipitation and wind on the appearance of the Krkonoše cirques

41	The boulder talus on the avalanche runs in the Pančavská jáma Cirque are the home of diverse communities of woody plants and herbs
42	Old talus in the Úpská jáma Cirque becomes overgrown and new talus is created. This is the story of life on the slopes of Krakonošova zahrádka – “Krkonoš’s Back Garden”
42	Something is always happening on the avalanche slopes. The old is swept away by the domination of the avalanches and the new settles here
43	At the head of the Labské jámy Cirques the Labe has carved a distinctive ravine, which the timid headwaters of this great European river deepen every year
44	The granite desks in the lower parts of the Navorská jáma Cirque play host to rare hydrophilous flora
45	The omen of winter can be seen on the clumps of tufted hairgrass (<i>Deschampsia cespitosa</i>), which favours snowbed localities
46	The flowers of the Sudetic lousewort (<i>Pedicularis sudetica</i>), which belongs to the gallery of glacial relicts in Krkonoše
48	The tiny cloudberry (<i>Rubus chamaemorus</i>) migrated to Krkonoše in advance of the massive Scandinavian ice sheet
49	Only the Malý Śnieżny Kocioł (Malá Sněžná jáma) plays host to the alpine saxifrage (<i>Saxifraga nivalis</i>). It was discovered here in the 19 th century by Count Karl Sternberg
50	The colourful fruits of the cloudberry are a relatively rare sight in Krkonoše
50	Its tiny, leathery leaves are hidden in the shade of the low shrubs of dwarf pine

51	The Bigelow's sedge (<i>Carex bigelowii</i>) is also a representative of the arctic plants which migrated as far as Krkonoše in the distant past
52	The grey shrubs of the downy willow (<i>Salix lapponum</i>) remind us of the arctic tundra in the Scandinavian mountains
52	The Úpské rašeliniště Peatbog plays host to Lindberg's sphagnum (<i>Sphagnum lindbergii</i>). Krkonoše lies on the southernmost border of its European range
53	Bog rosemary (<i>Andromeda polifolia</i>) is unmissable during its flowering in June and July
54	The arctic hawker dragonfly (<i>Aeshna caerulea</i>) – a flying colourful jewel above the surface of the pools on the Úpské rašeliniště Peatbog
54	The field vole (<i>Microtus agrestis</i>) has lived on the ridges of Krkonoše since the Ice Ages
55	The occurrence of the Eurasian dotterel (<i>Charadrius morinellus</i>) in the Krkonoše tundra is accompanied by a whole range of stories
56	The confirmation that the red-spotted bluethroat (<i>Luscinia svecica</i> subsp. <i>svecica</i>) nests in Krkonoše was the ornithological hit of 1978
57	The boulder fields on the ridges of Krkonoše are the home of the arctic wolf spider (<i>Acantholycosa norvegica</i>)
57	Field Vole (<i>Microtus agrestis</i>)
58	The arctic peatbogs on the ridges of Krkonoše play host to the pirate wolf spider (<i>Pirata piraticus</i>)
58	Alpine Accentor (<i>Prunella collaris</i>)
59	The Krkonoše tundra is home of rare black grouse (<i>Tetrao tetrix</i>)

60	The avalanche runs in the Krkonoše cirques are the home of the Sudetic rowan (<i>Sorbus sudetica</i>)
60	The endemic species in Krkonoše also include the tiny mayfly <i>Rhithrogena corcontica</i> .
61	The endemic field scabious <i>Knautia arvensis</i> subsp. <i>longifolia</i> only grows on the slopes of the Kotelní jámy Cirques
62	Hawkweed (<i>Hieracium nigrescens</i>) at Wielki Śnieżny Kocioł (Velká Sněžná jáma)
62	The only home of the daisy-leaved speedwell (<i>Veronica bellidioides</i>) in Krkonoše is the summit of Mt. Sněžka
63	The Mały Śnieżny Kocioł (Malá Sněžná jáma) Cirque also plays host to the endemic sub-species of burnet-saxifrage <i>Pimpinella saxifraga</i> subsp. <i>basaltica</i>
64	The pink blossom of the Sudetic rowan remind us of one of the ancient parents of this endemic plant – false medlar
64	Approximately 130 shrubs of the endemic Sudetic rowan represent the entire world heritage of this memorable woody plant in Krkonoše
65	Dwarf pine scrub with cloudberry is a magical perception of the Krkonoše tundra – connecting ancient representatives of two distant worlds – the cloudberry and dwarf pine scrub
66	Scherfel Anemone (<i>Pulsatilla scherfelii</i>) is rare adornment of the Krkonoše Tundra
67	Purple Saxifrage (<i>Saxifraga oppositifolia</i>) often grows on the rocks
68	The summits of the Krkonoše tundra are decorated by dozens of species of high-mountain hawkweeds

68	The most abundant of the high-mountain hawkweeds in Krkonoše is the alpine hawkweed (<i>Hieracium alpinum</i>)
69	Krkonoše bellflower or Bohemian bellflower – this was the scientific dispute over the name of this famous endemic species in Krkonoše
70	The snow cover emphasizes the modelling of the surface of the Krkonoše tundra on Mt. Vysoké Kolo in western Krkonoše
72	The Slezský hřbet Ridge forms a natural border between the Czech and Polish sides of Krkonoše
72	Belt of low cloud above the Obří důl Valley, which is the most distinctive glacial valley (trog) in Krkonoše
73	The karling of Mt. Sněžka will catch our eye in every season of the year
74	Strong air flows model the snow cover on the slopes of Mt. Sněžka into bizarre shapes
74	The solitary spruces above the upper tree line take on bizarre shapes during the winter (the summit of Mt. Szrenica, 1 362 m, in the background)
75	The snow gives the mountain meadows a completely different appearance than a few months earlier, when they shone with the bright colours of autumn
76	During the winter months the wind transports the snow from the windward slopes to the leeward cirques and builds up massive overhangs
77	Melting pits on the surface of the snow indicate that the warmer pre-spring weather has arrived
77	However, Mt. Studniční hora with Krakonošova zahrádka (“Krkonoš’s Back Garden”) on the slopes of the Úpská jáma Cirque will stay white for much longer

78	The slopes of the Úpská jáma Cirque are the kingdom of mighty avalanches, which prevent the “natural gardens” from being overgrown by montane forest
79	Full-depth avalanches also transport much soil and vegetation during a few moments, which helps to maintain the necessary natural dynamics
80	On the slopes of the Wielki Śnieżny Kocioł (Velká Sněžná jáma) there are visible trails of avalanches, but especially of landslides (mura)
80	The avalanche which fell in the Modrý důl Valley in 2015, even felled the old mountain spruces
81	The bays along the upper tree line on the slopes of the Labské jámy Cirques clearly show us where avalanches have fallen over the last millennia
82	Frost-sorted soils (rosette-shaped stone polygons) on the Obří hřeben Ridge
83	The Dívčí kameny tors displays the strengths of frost and ice, as well as the unusual structure of the granite bedrock
83	Harrachovy kameny tors above the Velká Kotelní jáma Cirque
84	The slopes of the avalanche runs are the home of bizarre formations of montane shrub growths – the stunted “crooked forests”
84	The bizarre shapes of the Carpathian birches reveal the how they are able to resist the destructive strength of the avalanches
85	The flag-shaped form of the crowns of spruces along the upper tree line indicate the predominant direction from where the wind blows
86	The weather vanes of the flag-shaped spruces are as accurate as the needle on a compass

86	On the slopes of Mt. Studniční hora the wind is so strong that the spruces can only survive near the ground and form dwarf spruce scrub
87	The woody plants growing on the avalanche runs show a remarkable will to survive
88	With the arrival of low temperatures the coloured transformation of the Pančavský vodopád Waterfall begins
88	Water is not only a powerful erosive force on the slopes of Krkonoše, but is also an expression of the wonderful transformation of the montane nature
89	The gradual transformation between the three states of water on the lip of the Pančavský vodopád Waterfall is unmissable
90	Rapids, cascades and waterfalls are among the popular phenomena in the Krkonoše nature
91	The tumultuous element of water on the mountain slopes is able to enhance the autumnal atmosphere of the Krkonoše tundra
92	Water flowing down the cliff face is an important habitat for colourful growths of algae and mosses
93	The Labský vodopád Waterfall (34.5 metres high) is one of the most famous waterfalls in Krkonoše and in the whole country
94	The Pančavský vodopád Waterfall tumbles down the leeward wall of the glacial cirque called Pančavská jáma as the highest Czech waterfall (148 m)
95	The waterfalls on the slopes of the Labské jámy Cirques are at their most powerful during spring snowmelt or after torrential rain in summer
96	Firn beds on the slopes of the Kotelní jámy Cirques do not melt until early summer

98	Harrachovy kameny tors and valley of Jizerka river
98	Green gulleys, shrub growths and forests – this is the summertime face of the Labské jámy Cirques
99	The silhouette of Mt. Kotel and the Harrachovy kameny Tor stands out at any time of year
100	Summer plays with colours above the Modrý důl Valley
100	The stalks of Polytrichum mosses and interrupted club-moss appear similar, even though they belong to completely different plant groups
101	In the wintertime this rocky gorge on the slopes of Mt. Železná hora turns into a threatening avalanche run
102	The tor on Mt. Violík and the Wawel chalet
102	The shades of yellow and red, which gradually gain dominance over the green of chlorophyll, light up the landscape before the first snows arrive
103	The contrast between light and shade is especially distinctive during the autumn time
103	The autumnal rays of the sun are easily able to melt the first needles of hoarfrost
104	Remarkable theatre in the night sky above the Dívčí kameny tors
104	The Krkonoše tundra does not lose its colourful beauty even in the winter months
105	A winter mood rules on the border summit
106	Frost and sunlight impart their magic on the rapidly changing atmosphere of a winter morning on the mountain ridges

106	Mt. Sněžka stands above the low cloud in every season. You just have to be in the right place at the right time
107	All shades of blue and white
107	The snow cover mercifully hides the remnants of the recent air pollution calamity on the Krkonoše ridges
108	Ice and snow sculptures on the castle koppies on Mt. Violík
108	The modelling of the tundra surface in eastern Krkonoše is most visible in the winter months
109	During the long winter months the strong winds transport the snow from windward slopes to leeward ones
110	Sunset on the ridges of Krkonoše is always an unforgettable experience
110	The natural theatre of the moving inversion cloud cover in the depths of the Kotelní jámy Cirques
111	Icing, fog and the eerie mood which the rays of the setting sun create for a fleeting moment
112	During autumn inversions the Bohemian Basin is filled by fog, from which only the summits of Krkonoše emerge
112	The illusion of islands in the sea is almost perfect
113	The slopes of Mt. Sněžka in the colours of autumn
114	As the temperature rises the white sea above the Labský důl Valley slowly breaks up
114	The summits of Mt. Černá hora and Mt. Světlá in eastern Krkonoše
115	The night ends and the day begins above the Sedmidolý Valley
116	Mt. Vysoké Kolo with the Wawel chalet is visible from all directions

116	This can be the view from the summit of Mt. Sněžka during autumn inversions
117	And a little further on there are similar views to the Obří důl Valley
117	...or in the opposite direction from the Mt. Krkonoš. Inversion cloud cover usually moves from Bohemia to Poland across the saddle by the Špindlerova bouda Chalet
118	The intricate beauty of the ice encrustation is best seen in the surroundings of the streams
118	...as well as on the stems and leaves of the alpine grasses in the surroundings of the Kaplička (Chapel) in the Modré sedlo Saddle
119	At this time the pole markers are unmissable. However, the tourist signs cannot be read under the layers of icing
120	The frozen kingdom of shrubs...
120	...grasses
121	... and herbs
122	Rowan berries are a welcome source of food in wintertime for certain bird species
122	Grass stems serve as condensation surfaces during the formation of hoarfrost
123	Around the streams they turn into icy stalagmites
124	In frosty weather the water running down the surface of rocks forms fragile icicles
124	In fractures in the rock surface the water turns into ice wedges which can split any of the Krkonoše rock types
125	Snow encrustation decorates the winter mountain scenery, but can also be a threat, as it can break even the strongest of trees

126	Low cloud flows over the Modré sedlo Saddle into the depths of the Modrý důl Valley
126	When the atmospheric pressure changes the inversion cloud cover is able to move from the Kocioł Łomniczki (jáma Lomničky) Cirque to the Obří důl Valley in a moment
127	The summit of Mt. Sněžka offers countless views and landscape moods in any season
128	The wind, sun and clouds create an unbelievably colourful magic spell over the mountains
128	The rising sun by the pool on the Úpské rašeliniště Peatbog
129	The cone of Mt. Sněžka as a weather front arrives
130	Is it evening or morning?
130	...only the photographer knows when and where he was with his camera at that moment!
131	Morning mood in the Obří sedlo Saddle
131	...and from the Harrachovy kameny tors
132	The sharp, rocky rim of the Śnieżne Kotły (Sněžné jámy) Cirques offer views into the most perfectly formed pair of glacial cirques in Krkonoše
132	Cloud cover above the massif of Mt. Železná hora and Mt. Luční hora
133	Nature's theatre show in the Obří sedlo Saddle below Mt. Sněžka
133	The alpine grasslands in the surroundings of the Luční bouda Chalet soon disappear into the inversion cloud cover
135	Elegant starburst lichen (<i>Xanthoria elegans</i>)

136	The reindeer (<i>Rangifer tarandus</i>) belongs to northern Europe, just like the large family of lichens, of which many are on its daily menu
136	The lichens of stony soils and talus include a variety of snow lichens (<i>Stereocaulon dactylophyllum</i>)
137	The lichens which will catch our eye include those which form brightly-coloured fruiting bodies on their cups, such as daisy-flowered lichen (<i>Cladonia bellidiflora</i>)
138	Crinkled snow lichen (<i>Flavocetraria nivalis</i>)
138	The Fuscidea lichen <i>Fuscidea austera</i>
139	Yellow map lichen (<i>Rhizocarpon geographicum</i>) and crescent map lichen (<i>Rhizocarpon lecanorinum</i>)
140	Pixie cup lichen (<i>Cladonia chlorophaea</i>)
140	Daisy-flowered lichen (<i>Cladonia bellidiflora</i>) and reindeer lichen (<i>Cladonia arbuscula</i>)
141	The lichen gardens on granite boulders always contain map lichens and wall lichens ...
142	Grey reindeer lichen (<i>Cladonia rangiferina</i>) and the lichen <i>Vulpicida juniperinus</i>
142	Orange wall lichen (<i>Xanthoria candelaria</i>)
143	Shield lichen (<i>Parmelia saxatilis</i>)
143	Blood spot lichen (<i>Ophioparma ventosa</i>)
144	(green and black) Map lichen (<i>Rhizocarpon viridiatrum</i>)
144	Puffed shield lichen (<i>Hypogymnia physodes</i>)
145	Yellow map lichen (<i>Rhizocarpon geographicum</i>)

145	Yellow map lichen (<i>Rhizocarpon geographicum</i>)
146	Landscape of Arctic tundra
146	Cup lichens and shrubs of cowberry (<i>Vaccinium vitis-idaea</i>) are often found in the undergrowth of the birch forests
147	Salted shield lichen (<i>Parmelia saxatilis</i>)
147	Crinkled snow lichen (<i>Flavocetraria nivalis</i>) and mountain crowberry (<i>Empetrum hermaphroditum</i>)
148	Shrubs of the cranberry and crowberry family are among the most common undergrowth in the arctic-alpine tundra
148	Alpine azalea (<i>Loiseleuria procumbens</i>) belongs to the <i>Ericaceae</i> family
149	Fissures in the rocks are often colonised by dwarf willow (<i>Salix herbacea</i>)
150	Numerous species of willow, of which many have distinctive grey leaves, grow in the arctic-alpine tundra
150	They include the woolly willow (<i>Salix lanata</i>)
151	This willow has distinctive female catkins containing the seeds, which are covered with dense white fluff. This enables the wind to carry them to distant places
152	Net-leaved willow (<i>Salix reticulata</i>) grows in the arctic-alpine tundra on more mineral-rich soils
152	Bushes and shrubs of a multitude of colours – this is autumn in Scandinavia
153	The twisted shapes of the stems of certain arctic willows remind us of the bizarre shapes of the trees and shrubs on the avalanche runs in Krkonoše
154	Cranberries are a popular fruit in distant Scandinavia, and also in the mountains of central Europe

154	Their high vitamin C content makes them an important ingredient in Scandinavian cuisine
155	Autumn has arrived in Jostedalsgreen (Norway)
156	Sea pink (<i>Armeria maritima</i>)
156	Moss-campion (<i>Silene acaulis</i>) and net-leaved willow (<i>Salix reticulata</i>) reveal the presence of more mineral-rich soils
157	The greyish downy willow (<i>Salix lapponum</i>) spread from Scandinavia as far as the slopes of Krkonoše
158	The Nootka lupine (<i>Lupinus nootkatensis</i>) comes from North America and was introduced into the European continent
158	Mother of Thyme (<i>Thymus praecox</i> subsp. <i>arcticus</i>)
159	Alpine saxifrage (<i>Saxifraga nivalis</i>) in its home territory
160	Sea campion (<i>Silene uniflora</i>)
161	Mountain avens (<i>Dryas octopetala</i>)
162	Alpine bartsia (<i>Bartsia alpina</i>)
163	The common butterwort (<i>Pinguicula vulgaris</i>) is a carnivorous plant
164	The small-white orchid (<i>Leucorchis albida</i>) in its arctic form
165	The Scottish asphodel (<i>Tofieldia pusilla</i>) belongs to the lily family
166	The pyramidal saxifrage (<i>Saxifraga cotyledon</i>) decorates the rocky cliffs in the arctic-alpine tundra
167	The glacier crowfoot (<i>Ranunculus glacialis</i>) most often grows on the fringes of long-lasting firn beds and snowbeds

168	The harebell (<i>Campanula rotundifolia</i>) looks the same in the Arctic and in Krkonoše
169	The woodsystem speedwell (<i>Veronica fruticans</i>) grows in northern Europe but not in Krkonoše
170	Mother of thyme just before it blooms
170	The leaf rosettes of pyramidal saxifrage
171	Mountain avens (<i>Dryas octopetala</i>) forms dense colonies and compacts the talus soils
172	The foot of the Nigardsbreen Glacier, Jostedalbreen National Park (Norway)
172	View from Mt. Galdhøpiggen, the highest mountain in Norway
173	Detail of the structure of a glacier
174	Briksdalbreen is one of the best known and most visited fingers of the Jostedalbreen Glacier
175	Detail of the Solheimajökull Glacier (Island)
176	Female willow grouse (<i>Lagopus lagopus</i>) are well camouflaged
177	Ed-necked phalarope (<i>Phalaropus lobatus</i>)
177	Nest of pink-footed goose (<i>Anser brachyrhynchus</i>)
178	Cloudberry (<i>Rubus chamaemorus</i>)
178	Swedish cornel (<i>Cornus suecica</i>)
179	Autumn colours of the leaves of the cloudberry

179	The berries of the swedish cornel brighten up the undergrowth of the arctic shrub growths and forests
180	Gullfoss (Golden Waterfall) is among the best known waterfalls in Iceland
180	The Svartifoss Waterfall (also known as the Black Waterfall) is part of the Icelandic Skaftafel National Park
181	Dozens of waterfalls tumble into the waters of the Geiranger Fjord in Norway
182	Iceland is a superpower for its abundance of waterfalls
183	The Seljalandsfoss Waterfall offers the possibility to walk behind its curtain of water
183	Basalt organ pipes at the Hengifoss Waterfall
184	The Norwegian landscape is extremely rugged
184	Deep fjords are characteristic of the Norwegian coast
185	The rock formation called Trolltunga (Troll's Tongue) protrudes horizontally from the mountain around 700 metres above the Ringedalsvatnet Lake
185	Ringedalsvatnet Lake
187	Jubilejní cesta (Jubilee Trail) viewed from Mt. Sněžka
188	Experts from the KRNP Administration have research plots on the Labská louka Meadow
188	A wide paved trail now leads up to Mt. Sněžka
189	The dense network of tourist rails can be seen from the summit of Mt. Sněžka
190	In the peak tourist season Mt. Sněžka attracts up to 10,000 visitors per day

Doporučená literatura

FLOUSEK J., HARTMANOVÁ O., ŠTURSA J. & POTOCKI J. (eds) 2007: Krkonoše. Příroda, historie, život. – Nakl. Miloš Uhlíř – Baset, Praha: 864 stran.

HALDA J., KUČERA J. & KOVAL Š. 2016: Atlas krkonošských mechorostů, lišejníků a hub 1 – mechorosty a lišejníky. Správa KRNP, 440 stran.

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

JENÍK J. 1961: Alpínská vegetace Krkonoš, Králického Sněžníku a Hrubého Jeseníku: teorie anemo-orografických systémů. Nakl. ČSAV Praha, 409 stran.

KOCIÁNOVÁ M. & ŠTURSOVÁ H. 2002: Problematika dosud nepopsaných reliéfových forem vzniklých za spoluúčasti mrazu a vegetace. Opera Corcontica 39: 115–142.

KOCIÁNOVÁ M., ŠTURSOVÁ H. & ZAHRADNÍKOVÁ J. 2005: Klonální růst endemického jeřábu *Sorbus sudetica* v Krkonoších. Opera Corcontica 42: 99–105.

KOCIÁNOVÁ M., ŠTURSOVÁ H., VÁŇA J. & JANKOVSKÁ V. 2005: Kryogenní kopečky – pounus – ve Skandinávii a v Krkonoších. Opera Corcontica 42: 31–54.

MOSSBERG B., STENBERG L. & ERICSSON S. 1992: Den Nordiska Floran. W & W, 696 stran.

NYLÉN B. 1992: Nordens flora. Norstedts Forlag, 527 stran.

PILOUS V. 2001: Krkonoše skal a kamení. Správa KRNP, 32 stran.

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

SONESSON M., WIELGOLASKI F.E. & KALLIO P. 1975: Description of Fennoscandian Tundra Ecosystems. Fennoscandian Tundra Ecosystems, Ecological Studies, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 16: 3–28.

SOUKUPOVÁ L., JENÍK J. & ŠTURSA J. 1991: Skandinávské a krkonošské populace morušky *Rubus chamaemorus* L. Opera Corcontica 28: 73–103.

SOUKUPOVÁ L., KOCIÁNOVÁ M., JENÍK J. & SEKYRA J. (eds) 1995: Arctic-alpine tundra in the Krkonoše, the Sudetes. Opera Corcontica 32: 5–88.

ŠOUREK J. 1970: Květena Krkonoš, Academia, Praha, 452 stran.

ŠTURSA J. 2014: The development of opinions on the geo-biodiversity of the Giant Mountains' arctic alpine tundra and its conservation. Opera Corcontica 50/S: 55–74.

ŠTURSA J. 2012: Květena Krkonoš. Správa KRNP, 32 stran.

ŠTURSA J. 2012: Trampoty dvou starousedlíků. Lomikámen sněžný a kulík hnědý. Krkonoše – Jizerské hory 45, 7: 22–24.

ŠTURSA J. 2016: Krakonošův herbář. Správa KRNP, 280 stran.

ŠTURSA J. & DVOŘÁK J. 2009: Atlas krkonošských rostlin. Nakl. Karmášek, 329 stran.

ŠTURSA J., JENÍK J., DVOŘÁK I. J., HARČARIK J., JANKOVSKÁ V., SOUKUPOVÁ L. & VANĚK J. 2012: Horské růžencové toky v arkticko-alpínské tundře Krkonoš, Vysoké Sudety. Opera Corcontica 49: 145–172.

ŠTURSA J. & VANĚK J. 2016: Klenoty krkonošské tundry. Správa KRNP, 48 stran.

ŠTURSA J. & WILD J. 2014: Kleč a smilka – klíčové hráči vývoje alpínského bezlesí Krkonoš (Vysoké Sudety, Česká republika). Opera Corcontica 51: 5–36.

ŠTURSA J., JENÍK J. & KOCIÁNOVÁ M. 2010: Geo-ekologické srovnání tundry ve středoevropských Krkonoších a subarktickém pohoří Abisko (Švédsko). Opera Corcontica 47: 7–28.

ŠTURSA J., JENÍK J. & VÁŇA J. 2010: Alpínská hranice lesa v Krkonoších a v pohoří Abisko. Opera Corcontica 47: 129–164.

ŠTURSA J., KOCIÁNOVÁ M. & VANĚK J. 2015: Krkonošská tundra. Správa KRNP, 32 stran.

ŠTURSOVÁ H. & KOCIÁNOVÁ M. 2006: Poznámky k rozšíření, biologii a ekologii všivce *Pedicularis sudetica* subsp. *sudetica*. Opera Corcontica 43: 157–178.

VANĚK J., MATERNA J. & FLOUSEK J. 2013: Jedinečný výskyt reliktních a severských rostlin a živočichů v Krkonoších. Živa 4: 175–179.

WIELGOLASKI F. E. (ed.) 1975: Fennoscandian Tundra Ecosystems I. Plants and Microorganisms. Ecological Studies 16, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 366 stran.

