

KRKONOŠE 2026

sborník příspěvků z meteorologické konference



Český
hydrometeorologický
ústav



KRKONOŠE 2026

meteorologická konference

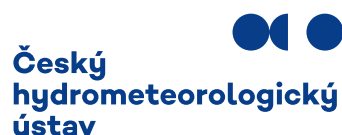
Sborník příspěvků z konference pořádané
Českým hydrometeorologickým ústavem,
Českou meteorologickou společností
a Správou Krkonošského národního parku

**ve dnech 19. až 21. května 2026
na Erlebachově boudě v Krkonoších**

Na konferenci byly prezentovány příspěvky zabývající se převážně problematikou meteorologie, klimatologie, hydrologie a kvality ovzduší ve vyšších a horských polohách Česka a střední Evropy nebo také příspěvky, které mají vztah ke Krkonošům, počasí a podnebí

Pavel Lipina a Jan Procházka, editoři sborníku

Praha 2026



Fotografie na obálce sborníku:

Pohled na Sněžku přes Pec pod Sněžkou dne 11. srpna 2018. Foto: Jiří Jiroušek, www.nebeske.cz.

Poděkování:

Poděkování patří všem přednášejícím, kteří včas dodali své příspěvky v textové formě pro publikaci v tomto sborníku a umožnili tak jeho vydání v termínu konference.

Majitelům, vedení a personálu Erlebachovy boudy za poskytnutí prostor pro konání této konference.

Tiskovému a informačnímu oddělení ČHMÚ za vydání sborníku příspěvků z konference, za jazykovou korekturu příspěvků, grafické provedení a připomínky k textům.

Všem, kteří se podíleli na přípravě a zdárném průběhu konference.

Meteorologickým pozorovatelům a všem nadšencům, kteří se zabývají meteorologií a klimatologií nejen v Krkonoších, jakož i všem pozorovatelům na horských stanicích za jejich nelehkou práci.

Obsah

Úvod.....	7
I. Krkonoše – historie, současnost a budoucnost	9
1. David Krause: Krkonoše	10
2. David Krause: Dávné ledovce, aneb jak se klima podepsalo v dnešní podobě Krkonoš.....	13
3. Stanislav Březina, Jan Materna: Proměny krkonošské tundry (Krkonošská arкто-alpnská tundra – minulost, současnost a budoucnost)	17
4. Jiří Louda: Přehled vývoje osídlení Krkonoš s přihlédnutím k dějinám Erlebachovy boudy	21
5. Pavel Kocián: Historické zajímavosti k Jestřábím boudám a výzkumu vlnového proudění v Krkonoších	24
6. Jiří Jiroušek: Letecké pohledy na Krkonoše	26
II. Krkonošský národní park – klima a příroda	31
1. Libor Elleder, Jolana Šírová: Která byla největší – povodně v Krkonoších a Jizerských horách v souvislostech posledních 600 let.....	32
2. Miloslav Müller, Kateřina Skripniková, Rudolf Brázdil, Kateřina Chromá: Záhada vlivu počasí na havárii letadla 23. února 1945 na svahu Obřího hřebene v Krkonoších	35
3. Pavel Jůza: Průběh počasí na hřebenech Krkonoš v pondělí 24. 3. 1913	39
4. Jan Materna, Libor Kukačka: Měření mikroklimatických podmínek pro vývoj klíštěte obecného podél výškového transektu: Jak vysoko se klíšťatům ještě daří?.....	43
5. Hana Skálová, František Krahulec, Stanislav Březina, Věra Hadincová, Sylvie Pecháčková, Tomáš Herben: Změny krkonošských luk jako reakce na změny klimatu.....	48
III. Meteorologická a jiná měření v Krkonoších a v dalších pohořích	51
1. Michaela Vítková, Jan Čuda, Anna Lučanová, Vojtěch Vítek, Petr Pyšek: Rychleji až na vrchol: silnice a turistické stezky jako mikroklimatické zkratky pro šíření nepůvodních druhů rostlin.....	52
2. Veronika Vosáhllová: Měření sněhové pokrývky v Krkonoších a Orlických horách	56
3. Šimon Bercha, Jan Jiráček: Pravidelné měření sněhové pokrývky v Krkonoších a jeho využití pro výpočet zásob vody ve sněhu.....	59
4. Jan Čuřík, František Veselovský: Odběr horizontálních srážek – mlh a námrazy v pohořích Česka	63
5. Martin Holub a Tomáš Fryč: Predikce výšky sněhové pokrývky v horských lokalitách.....	65
6. Pavel Sedlák, Petr Pešice, Zuzana Talířová Chládková, Naděžda Zíková: Příprava dlouhodobého monitoringu procesů uvnitř nízké oblačnosti na Milešovce	69
7. Michael Matějka, Jan Řehoř, Rudolf Brázdil, Petr Štěpánek, Pavel Zahradníček: Jaký je mechanismus a projevy fénových situací v závětrí Moravskoslezských Beskyd?	72
8. Antonín Vojvodík, Josef Jindra, Jan Procházka: 40 let měření teploty vzduchu na meteorologické stanici Kvilda-Perla	76
9. Marie Novotná, Kamil Láska, Klára Čížková, Martin Staněk, Ladislav Metelka: Analýza slunečního UV záření na stanici Luční bouda v Krkonoších v letech 2020–2025	81
10. Lucie Marková, Vojtěch Kohout: Srovnání jasu noční oblohy mezi horskou a městskou stanicí	85
11. Tomáš Fryč: Vývoj množství sněhové pokrývky v Krkonoších při jarních expedičních měření	89
12. Rastislav Mačura: Vybrané historické údaje z archívu SHMÚ so špecifikom regiónu Vysokých Tatier a vysokohorských meteorologických stanic.....	93

IV. Klimatologické charakteristiky a změna klimatu ve vyšších a horských polohách	99
1. Libor Kukačka, Josef Harčarik: Mikroklimatická měření v arкто-alpínské tundře Krkonoš	100
2. Adam Valík, Radim Tolasz: Porovnání předpokládaného vývoje klimatu v Krkonoších a na Šumavě do roku 2100 podle modelu Aladin-CLIMATE/CZ.....	104
3. Jan Hrubý, Lenka Došková, Martin Hynčica, Martin Novák: Porovnání chování teploty vzduchu a UTCI v oblasti Jizerských hor a Krkonoš dodat soubory	108
4. Radek Křenek, Marek Brosch, Milan Čermák: Srovnání vybraných naměřených hodnot v letech 2015–2025 a dlouhodobých průměrů	111
5. Lucie Kašičková: Změny teploty vzduchu a srážek v Krkonoších	115
6. Grzegorz Urban, Ondřej Fatka, Michał Kowalewski, Stanislava Kliegrová, Henryk Marszałek, Dáša Richterová, Michał Rysiukiewicz, Jana Solánská, Ilona Zusková: Trendy podzemních vod v kontextu klimatických změn v západních Sudetech	119
7. Kateřina Skripniková, Miloslav Müller: Specifika srážek na Milešovce v porovnání s německým Hohenpeißenbergem	123
8. Martin Erlebach, Veronika Květoňová, Milan Viktořík, Pavel Klapka: Laviny jako ukazatel klimatické změny v Krkonoších?	127
V. Problematika předpovědi počasí, hydrologie a kvality ovzduší na horách.....	133
1. Blanka Krejčí, Vladimíra Volná: Horské lázně a kvalita ovzduší: problém přízemního ozonu	134
2. Petr Ferbar, Luděk Rederer, Jakub Medek: Vodní nádrž Labská jako hydrologické centrum středních Krkonoš	138
3. Kvak Róbert, Zacharov Petr: Evolúcia superciel pod vplyvom orografie	142
4. Gregor Starinský, Jan Rybář, Tomáš Čamaj, Peter Onderčo, Andrej Smetánka: Digitální kalibrační certifikát jako nástroj moderní metrologie v meteorologii	146
VI. Posterová sekce	
1. Pavel Lipina, Veronika Šustková, Jan Procházka, Miloslav Müller: Mimořádně chladný únor 1956 v Česku	152
2. David Buček, Olga Halásová, Alena Kamínková, Veronika Květoňová, Pavel Lipina, Dominik Novotný, Jan Petrásek, Pavel Rušar, Irena Smolová, Jan Unucka, Roman Volný, Jarmila Šustková, Veronika Šustková: Povodně na Jeseníku.....	156
3. Vladimíra Volná: Vývoj znečištění ovzduší v horských lokalitách Česka.....	159
4. Michaela Vítková, Josef Kutlvašr, Lenka Moravcová, Jan Pergl, Irena Perglová, Jiří Sádlo, Hana Skálová, zahraniční týmy & Petr Pyšek: Celosvětová síť monitorující rostlinné invaze do vysokohorských a polárních oblastí	163
5. Pavel Kukla, Hana Kourková: Odvození základních hydrologických údajů pro referenční období 1991–2020 nejen pro horská povodí	166
6. Gražyna Knozová: Směry větru v oblasti Dražanské vrchoviny	170
7. Vojtěch Bližňák, Anežka Doležalová: Horské prostředí jako faktor vývoje horní hranice konvektivní oblačnosti.....	174
8. Alena Kamínková, Jarmila Šustková, Pavel Lipina: Rekonstrukce časových řad výšky sněhové pokrývky v oblasti Jeseníků a Králického Sněžníku.....	178
9. Petr Zacharov, Róbert Kvak: Rozložení CAPE v horách a nížinách	182
10. Jan Rybář, Jozef Leja: Kalibrace jako základ důvěryhodných meteorologických dat.....	185
11. Peter Onderčo, Jan Rybář, Jozef Leja, Tomáš Čamaj, Stanislav Ďuriš: Vliv zimních meteorologických podmínek na teplotní režim a funkčnost tramvajových výhybek	188
12. Tomáš Čamaj, Jan Rybář, Peter Onderčo, Gregor Starinský: Teplotní stupnice v meteorologii: historie, standardizace a současná praxe.....	192

13. Jan Procházka, Ivo Rolčík, Pavel Lipina: Klima na vrcholcích Šumavy v porovnání s obdobnými polohami Krkonoš, Beskyd a Jeseníků	195
14. Jan Procházka, Veronika Šustková, Miroslav Tesař, Angelika Kölbl: Srážkové a sněhové poměry v pramenných oblastech Šumavy.....	200
15. René Tydlitát: Vojenská meteorologická stanice Polom	205
16. Adrián Hokina, Jan Rybář, Stanislav Ďuriš, Peter Onderčo: Evidenční listy měřidel a jejich role v efektivním managementu měření.....	209
17. Naděžda Zíková, Pavel Sedlák, David Brus, Vladimír Ždímal: In situ měření aktivace aerosolu a spekter oblačných kapek na stanici Milešovka	212
18. Klára Sedláková, Anna Valerianová: Vývoj maximálních rychlostí větru v Krkonoších v průběhu 21. století	214
19. Svetlana Varšová, Veronika Lukášová, Milan Onderka, Dušan Bilčík, Pavol Nejedlík, Ján Krempaský: Zmeny klimatickej hranice rastu drevín vo výškovom profile alpínskeho ekotonu Vysokých Tatier (1775–2024).....	217
20. Klára Čížková, Radim Tolasz, David Tichopád, Veronika Šustková, Miroslav Řepka, Pavel Lipina: Validace předpovědí tuhých srážek z modelu ALADIN v horských oblastech.....	222
21. Pavel Lipina, Veronika Šustková, Tomáš Honajzer, Josef Ondráček, Jan Bednařík: Obnovená profesionální (synoptická) meteorologická stanice na Pradědu	225

Úvod

Vážené dámy a pánové, příznivci meteorologie, klimatologie a dalších spřízněných oborů. Máte před sebou v pořadí již pátý sborník ze série aktuálních „horských“ konferencí pořádaných na českých horách.

Uběhlo již devět let od doby, kdy jsme se potkali na první takové akci a měli před sebou podobný sborník příspěvků. Myšlenka pořádání těchto konferencí se zrodila z již déle diskutovaného zájmu o setkávání odborníků a výměnu zkušeností v problematice provozní meteorologie zejména v horských oblastech. Podoba obdobných akcí má kořeny v tehdejších Československu, kdy se již v roce 1965 konala první československá horská meteorologická konference v Tatranské Lomnici. Na stejném místě se konala v roce 1980 i druhá, a třetí taková byla v roce 2001 ve Staré Lesné. V podstatě k obnovení tradice těchto konferencí došlo v roce 2017, kdy se v termínu 14. a 15. května podařilo zorganizovat konferenci na Lysé hoře v Beskydech pod názvem Lysá hora – 120 let meteorologických měření a pozorování. Na ni navázala konference, kterou jsme uspořádali ve dnech 14. až 16. května 2019 na šumavské Kvildě pod názvem Šumava 2019. Po vynucené roční covidové pauze se ve dnech 17. až 19. května 2022 konala třetí horská konference pod názvem Jizerka 2022. Doposud poslední horská konference se konala v Jeseníkách v prostorách hotelu Franz malé a malebné horské osady Rejvíz v termínu 14. až 16. května 2024. Oproti původnímu, spíše provozně-meteorologickému záměru se díky nečekanému zájmu už od roku 2017 jednalo o konference se širším zaměřením na meteorologii, klimatologii a kvalitu ovzduší ve středních, vyšších a horských polohách Česka a střední Evropy.

Konference v Beskydech se věnovala také výročí 120 let pozorování na Lysé hoře a v neposlední řadě vzpomínce náhlého úmrtí našeho kamaráda, dlouholetého tamního pozorovatele, Vladimíra Ondrucha. Tuto akci pořádal Český hydrometeorologický ústav ve spolupráci s Českou meteorologickou společností a neformálním sdružením Lysá hora. Dvoudenní konference měla velký ohlas, zaznělo tam 48 příspěvků pro 105 účastníků. Konferenci na šumavské Kvildě pořádal Český hydrometeorologický ústav ve spolupráci s Českou meteorologickou společností, neformálním spolkem SUMAVA.EU, Správou NP Šumava a Obcí Kvilda. Během třídní akce zaznělo 44 příspěvků pro 105 účastníků, součástí byly terénní exkurze na zajímavá místa. Konferenci Jizerka 2022 pořádal Český hydrometeorologický ústav ve spolupráci s Českou meteorologickou společností, na akci provázené odbornými prezentacemi přednášejících a exkurzemi bylo přihlášeno 107 účastníků a 49 příspěvků. Tradičně třídní konferenci na Rejvízi v Jeseníkách pořádal Český hydrometeorologický ústav ve spolupráci s Českou meteorologickou společností a Vlastivědným muzeem Jesenicka. Na konferenci bylo přihlášeno 85 účastníků, autoři přihlásili 35 příspěvků, z toho 32 bylo na Rejvízi prezentováno. Bylo rovněž vystaveno a prezentováno 10 posterů.

Výběr místa konání konference v Krkonoších se zrodil již na předcházející akci a nebyl náhodný. Krkonoše jsou nejznámějším a nejvyšším českým pohořím s bohatou meteorologickou a také hydrologickou tradicí, s velkým množstvím hydrometeorologických extrémů. Erlebachova bouda, kde probíhá tato konference, leží pod hlavním hřebenem ve střední části Krkonoš, ve výšce 1 150 m n. m., správně náleží ke katastru Špindlerova Mlýna.

Potěšil nás zájem o účast i na letošní konferenci, kdy bylo k 31. březnu 2026 přihlášeno celkem 120 účastníků, 41 příspěvků a 22 posterů. Pro organizátory jsou to opět radostná čísla, ale zároveň velký závazek k tomu, aby vše proběhlo hladce a co nejlépe. Hlavním cílem pořádání konference je setkávání kolegů a zájemců o příslušné obory, vzájemná výměna nových poznatků a výsledků výzkumu, navázání pracovních či osobních kontaktů včetně diskuse nad odbornými tématy, v neposlední řadě poznání meteorologicky a hydrologicky zajímavých lokalit Krkonoš. Jsme rádi, že konference má i mezinárodní ohlas, účastní se také přednášející z Polska a Slovenska, a že konferenci pořádáme s významným přispěním Správy Krkonošského národního parku.

V pozvánce na konferenci jsme zájemce vyzývali také k zaslání příspěvku do sborníku. Tímto všem, kteří tak učinili, patří náš dík. Na oplátku Vám můžeme přímo na konferenci poskytnout tento sborník, který je k dispozici jak v tištěné, tak digitální podobě. Naleznete v něm celkem 57 zajímavých příspěvků. Věříme, že konference bude důstojným připomenutím dlouhé historie nejen meteorologických měření a pozorování na horách včetně zpracovávání klimatologických charakteristik. K tomu by měl přispět i tento sborník a informace v něm obsažené, proto necht' poslouží ku prospěchu mnoha čtenářů.

Editoři sborníku
Pavel Lipina a Jan Procházka

I. Krkonoše – historie, současnost a budoucnost

Krkonoše – stručné představení území

David Krause (ed.)

Správa Krkonošského národního parku, oddělení monitoringu a podkladů k péči, Dobrovského 3, 543 01 Vrchlabí

Klíčová slova: KRNAP, ochrana přírody, horská krajina, tundra, horské louky, Natura 2000

1. Úvod

Krkonoše představují mimořádné území v rámci střední Evropy jak svou polohou, tak přírodní rozmanitostí a koncentrací cenných fenoménů na relativně malé ploše. Krkonošský národní park (KRNAP) byl vyhlášen roku 1963, nově potvrzen v roce 1991 a jeho současná ochrana je zakotvena i v novelizovaném zákoně o ochraně přírody a krajiny účinném od 1. června 2017. Národní park spolu s ochranným pásmem zaujímá celkem 54 969,79 ha, z toho samotný KRNAP 36 352,21 ha a ochranné pásmo 18 617,58 ha. Území zasahuje do Královéhradeckého i Libereckého kraje a zahrnuje řadu horských obcí i jejich katastrálních území.

Význam Krkonoš však nespočívá jen ve správním vymezení nebo v dlouhé tradici ochrany. Jde o nejvyšší pohoří Sudet, které přesahuje přirozenou alpínskou hranici lesa a nese řadu znaků vysokohorské přírody. Na české straně se zde koncentrují geomorfologické, hydrologické i biologické fenomény, které nemají v jiných pohořích České republiky obdobu. Krkonoše jsou zároveň kontaktním prostorem severských a alpínských prvků a útočištěm řady endemických taxonů, glaciálních reliktnů i zvláště chráněných druhů.

2. Přírodní hodnota a předměty ochrany

Předmětem ochrany KRNAP jsou přírodní ekosystémy vázané na přírodovědecky nejhodnotnější část horského celku Krkonoš, stejně jako evropsky významné druhy a typy stanovišť, pro něž je na území národního parku vymezena evropsky významná lokalita. Mezi klíčové fenomény patří především krkonošská arкто-alpínská tundra, horní hranice lesa a nava-



Obr. 1 Pohled na Sněžku přes Pec pod Sněžkou dne 11. srpna 2018. Foto: Jiří Jiroušek.



Obr. 2 Pohled na Vysokou pláň dne 20. ledna 2019. Foto: Jiří Jiroušek.

zující lesní komplexy, mokřady a pramenné systémy, horské vodní toky, listnaté a smíšené lesy montánního a submontánního stupně a květnaté horské louky. Tyto ekosystémy doplňují významné geomorfologické tvary glaciálního a periglaciálního původu i řada druhů, pro které jsou Krkonoše zásadním útočištěm v národním nebo nadnárodním měřítku.

Mimořádná hodnota území je patrná i z jeho vazeb na další ochranné režimy. Krkonoše se překrývají s evropsky významnou lokalitou Krkonoše o rozloze 54 980 ha a s ptačí oblastí Krkonoše o rozloze 40 939 ha. Na české straně zároveň celé území KRNAP a jeho ochranného pásma tvoří součást přeshraniční biosférické rezervace UNESCO Krkonoše/Karkonosze. Hřebenová rašeliniště jsou navíc chráněna jako ramsarský mokřad mezinárodního významu. Ochranný význam území dále posiluje překryv s dalšími zvláště chráněnými územími a s chráněnou oblastí přirozené akumulace vod Krkonoše.

3. Přírodní poměry území

Přírodovědecká hodnota Krkonoš vychází z výjimečné kombinace polohy uprostřed Evropy, nadmořské výšky a charakteristické geomorfologie. V reliéfu jsou dobře patrné tvary vzniklé působením ledovců a mrazu, stejně jako dynamické projevy horského prostředí. Území je zároveň pramennou oblastí významných toků, mezi nimiž vynikají Labe, Úpa, Mumlava a Jizerka. Pro nejvyšší partii je typická také lavinová činnost. Na relativně omezeném prostoru se zde střídají čtyři vegetační stupně – submontánní, montánní, subalpínský a alpínský – což vytváří podmínky pro mimořádnou biodiverzitu.

Zvláštní postavení mají v Krkonoších bezlesé ekosystémy. V alpínských a subalpínských polohách jde o přirozené vysokohorské bezlesí s tundrovými a rašelinnými fenomény, v nižších částech pak o druhově bohaté horské louky, které vznikly dlouhodobým soužitím člověka s horskou krajinou. Právě květnaté horské louky představují pozoruhodný příklad spojení přírodních podmínek a téměř půltisícileté soustavné lidské činnosti. Ochranné pásmo má v tomto ohledu nezastupitelnou roli: určují je především lesní ekosystémy a horské louky, které zároveň tlumí nepříznivé vlivy z okolí a zajišťují ekologickou návaznost vlastního národního parku na širší krajinu.

4. Ochrana území a jeho současné výzvy

Dlouhodobým cílem ochrany národního parku je zachování nebo postupná obnova přirozených ekosystémů, včetně nerušeného průběhu přírodních dějů na převažující části území, a současně zachování či zlepšování stavu těch ekosystémů, jejichž existence je podmíněna trvalou činností člověka. Tím se ochrana Krkonoš neomezuje pouze na bezzásahový

přístup, ale zahrnuje i aktivní péči tam, kde je nezbytná pro udržení biologické rozmanitosti, typicky právě na horských loukách nebo v dalších člověkem podmíněných biotopech. Vedle toho zůstává důležitým cílem zachování či zlepšení stavu evropsky významných stanovišť a druhů v rámci soustavy Natura 2000.

Tomu odpovídá i poslání národního parku. KRNAP má nejen chránit přírodu, ale zároveň umožňovat vzdělávání, výzkum, trvale udržitelný rozvoj a k přírodě šetrné turistické využití, a to pouze způsoby slučitelnými s cíli ochrany. Základní logika péče se promítá i do zonace území: zóna přírodní má umožnit nerušený průběh přírodních procesů, zóna přírodě blízká směřuje k obnově přirozeného stavu, zóna soustředěné péče o přírodu je určena pro ekosystémy závislé na cíleném managementu a zóna kulturní krajiny připouští jen takové zásahy, které neohrožují předmět ochrany národního parku.

Současně je zřejmé, že Krkonoše čelí dlouhodobým tlakům. V posledních desetiletích byly zásadně ovlivněny dvěma faktory: imisně-ekologickou zátěží a intenzivním cestovním ruchem. Zatímco průmyslové imise již výrazně ustoupily, a především lesní ekosystémy postupně regenerují, tlak turismu a rekreačního využívání území nadále roste. S tím souvisejí i požadavky na další zábory ploch pro sportovní a rekreační infrastrukturu. Ochrana Krkonoš se tak odehrává v prostoru, kde je nezbytné trvale vyvažovat ochranu unikátních přírodních hodnot s reálným společenským zájmem o využívání horské krajiny.

5. Závěr

Krkonoše jsou územím mimořádné přírodní hodnoty, v němž se na malém prostoru propojují vysokohorské geomorfologické tvary, prameniště významných toků, tundrové a subalpínské fenomény, cenné lesní komplexy i druhově bohaté horské louky. Význam KRNAP nespočívá pouze v ochraně jednotlivých lokalit nebo druhů, ale v péči o celek mimořádně citlivého horského systému, jehož stabilita je podmíněna jak zachováním přírodních procesů, tak promyšleným managementem tam, kde je příroda dlouhodobě spoluutvářena člověkem. Právě tato kombinace činí z Krkonoš nejen nejvýznamnější horské chráněné území v České republice, ale také krajinu, která vyžaduje trvalou a odborně podloženou péči.

Literatura:

FLOUSEK, J. (ed.), 2023. Zásady péče o Krkonošský národní park a jeho ochranné pásmo (2023–2038). Vrchlabí: Správa KRNAP.

Dávné ledovce, aneb jak se klima podepsalo v dnešní podobě Krkonoš

David Krause

Správa Krkonošského národního parku, oddělení monitoringu a podkladů k péči, Dobrovského 3, 543 01 Vrchlabí

Klíčová slova: ledovce, kary, údolí, eroze

1. Úvod

Príspevek předkládá stručnou syntézu poznatků o pleistocenním zalednění Krkonoš a o jeho významu pro současnou podobu reliéfu, vodního režimu a přírodní diverzity pohoří. Relativně malé horské ledovce v kvartéru zásadně ovlivnily vývoj nejvyšších partií Krkonoš.

Výzkum krkonošského zalednění má dlouhou tradici, sahající od průkopnických prací Josepha Partsche a Alfreda Rathsburga po současné analýzy založené na digitálních modelech reliéfu, radiokarbonovém a luminiscenčním datování či měření kosmogenních radionuklidů. Přes výrazný metodický pokrok zůstává problematika starších zalednění a celkového časového úhrnu ledovcové činnosti v Krkonoších stále předmětem odborné diskuse.

Tab. 1 Přehled hlavních poznatků a interpretačních limitů současného výzkumu krkonošských ledovců.

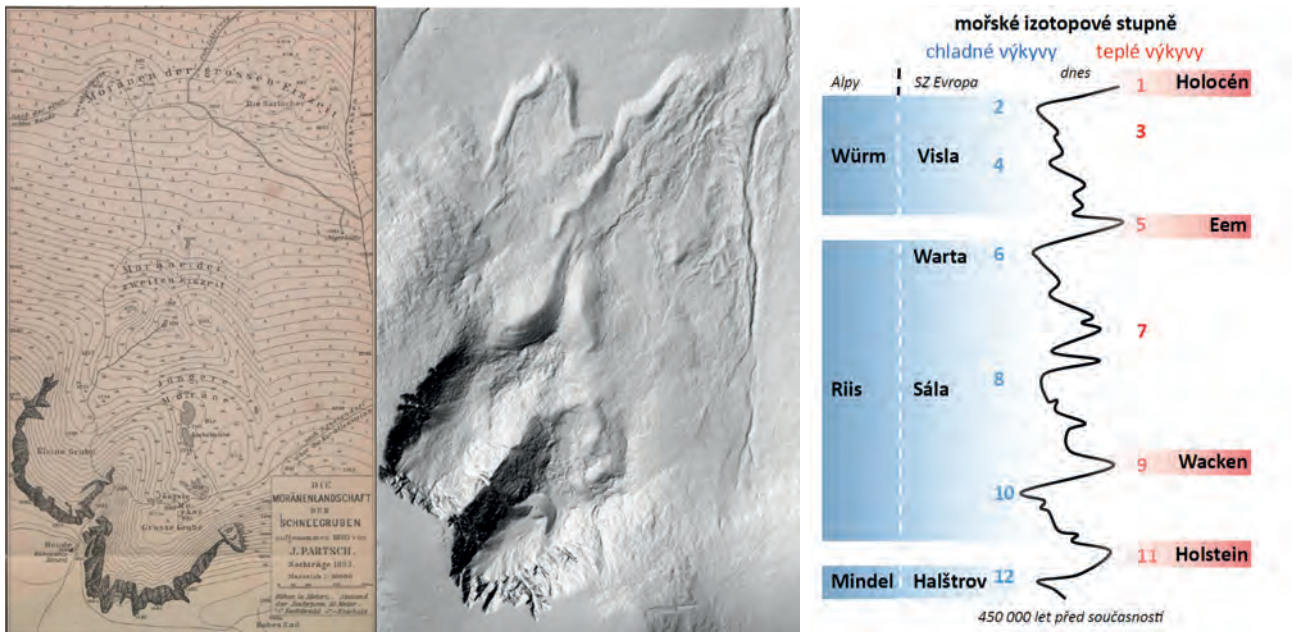
Téma	Doložené poznatky	Otevřené otázky
Klimatické předpoklady	Kvartérní oscilace klimatu byly řízeny astronomickými cykly a zesilovány zpětnými vazbami klimatického systému; v nejchladnějších fázích bylo v Krkonoších přibližně o 10 °C chladněji než dnes.	Míra vzájemného působení teploty, srážek a cirkulace atmosféry v jednotlivých fázích glaciálu není pro Krkonoše kvantifikována se stejnou přesností jako ve velkých zaledněných oblastech.
Prostorové rozšíření	Nejlépe doložené jsou izolované karové a údolní ledovce v závětrných, převážně východně orientovaných polohách; rozhodující roli sehrál reliéf a redistribuce sněhu větrem.	Není prokázáno, zda se v některých starších fázích mohly na nejvyšších částech pohoří vytvářet rozsáhlejší ledovcové čapky nebo ledovce s chladnou bází.
Chronologie	Jistě doložen je poslední glaciál; hlavní zalednění spadá do intervalu přibližně 27–19 tis. let před současností a malý ledovec je potvrzen i pro Mladší Dryas ve Velké Sněžné jámě.	Rozsah a stáří starších zalednění zůstávají nejasné, protože dosavadní indikace postrádají jednoznačné geochronologické ověření.
Dědictví zalednění	Ledovce přetvořily kary, trogy, morény, ledovcová jezírka a navazující lavinové dráhy; tím podmínily řadu dnešních geomorfologických a ekologických fenoménů Krkonoš.	Stále chybí úplné vyhodnocení časového úhrnu ledovcové eroze a přesnější srovnání účinku jednotlivých fází zalednění v rámci celého pohoří.

Souhrn uvedený v tabulce ukazuje, že dnešní interpretace krkonošského zalednění stojí na poměrně pevných závěrech o klimatických předpokladech, prostorovém rozmístění a morfologickém účinku ledovců, avšak současně naráží na limity při rekonstrukci starších fází glaciální historie.

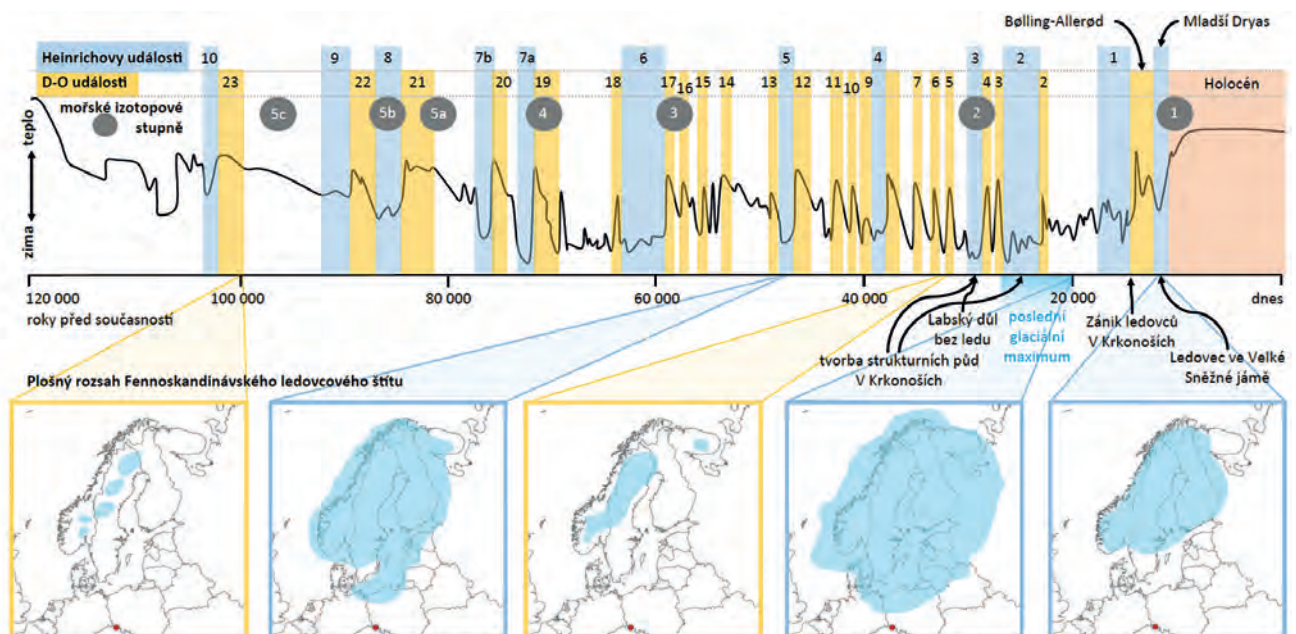
2. Klimatické předpoklady kvartérního zalednění

V kvartéru byly změny klimatu řízeny především souběhem astronomických a zemských procesů. Základní rámec představují Milankovičovy cykly, tedy změny excentricity zemské dráhy, sklonu zemské osy a precese, které ovlivňují množství dopadajícího slunečního záření. Jejich účinek byl dále modifikován cirkulací atmosféry a oceánu, změnami koncentrací skleníkových plynů a dalšími zpětnými vazbami klimatického systému. Poslední glaciál proto nepředstavoval stabilní chladné období, nýbrž dynamickou posloupnost ochlazení a oteplení, na niž malé horské ledovce reagovaly velmi citlivě.

Krkonoše ležely mezi Fennoskandinávským ledovcovým štítem na severu a zaledněnými Alpami na jihu, tedy v prostoru s výrazně kontinentálním, na srážky poměrně chudým klimatem. V nejchladnějších fázích poslední doby ledové byly



Obr. 1–2 Historická mapa Sněžných jam porovnaná s digitálním modelem reliéfu a schéma mořských izotopových stupňů.



Obr. 3 Klimatická dynamika posledního glaciálu včetně vybraných časových řezů rozsahu Fennoskandinávského ledovcového štítu.

teploty přibližně o 10 °C nižší než dnes. Vznik ledovců proto nezávisel pouze na poklesu teploty, ale také na schopnosti reliéfu zachytit a kumulovat sníh. Klíčovou roli zde sehrály anemo-orografické systémy: západní proudění přesouvalo sníh z vrcholových zarovnaných povrchů do závětrných, převážně východně orientovaných údolních uzávěrů.

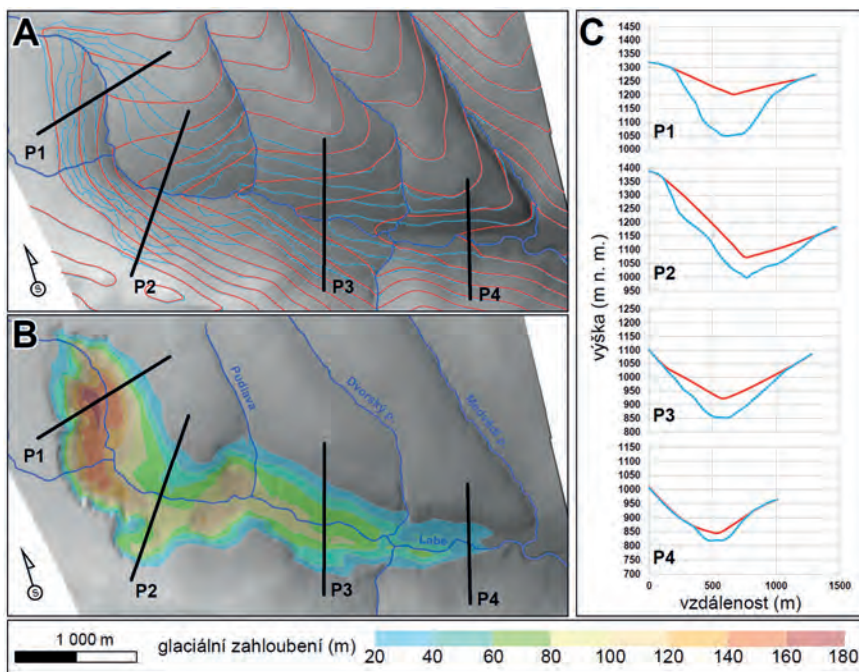
3. Prostorové rozšíření a chronologie krkonošských ledovců

Současný stav poznání nepodporuje představu plošného zalednění nejvyšších částí pohoří. Nejlépe doložené jsou izolované karové a údolní ledovce, které vznikaly tam, kde se kombinovaly příznivé mikroklimatické podmínky, dostatek navátého sněhu a geomorfologicky vhodný tvar terénu. Proto jsou ledovcové kary a trogy soustředěny především do závětrných poloh, zatímco západně orientovaná údolí nenesou přesvědčivé známky glaciální modelace. Výrazným příkladem je kontrast mezi ledovcem přemodelovaným Labským dolem a západně orientovaným údolím Mumlavy.



Chronologicky je nejspolehlivěji doloženo zalednění v posledním glaciálu. V období posledního glaciálního maxima, zhruba před 27–19 tisíci lety, hostily Krkonoše několik karových a údolních ledovců. Největšího rozsahu zřejmě dosáhly před více než 21 tisíci lety a následně ustupovaly. Současně víme, že Labský důl byl ještě před 30 tisíci lety bez ledu, což dobře ilustruje proměnlivost tehdejších podmínek. Do Mladšího Dryasu je kladen malý ledovec ve Velké Sněžné jámě, dosud jediný spolehlivě potvrzený takto mladý ledovec ve střední Evropě severně od Alp a západně od Karpat.

O starších zaledněních existují pouze nepřímé indicie. Sedimenty z Pece pod Sněžkou či výrazně zahloubené kary naznačují, že starší glaciály mohly mít v Krkonoších větší význam než poslední zalednění, avšak bez jednoznačného datování nelze tuto hypotézu potvrdit. Nevyřešená zůstává také otázka, zda se v některých obdobích mohly na nejvyšších částech pohoří vytvářet rozsáhlejší ledovcové čapky nebo zda naopak blízkost Fennoskandinávského štítu vedla k tak nízkým srážkám, že byl rozsah zalednění omezen.



Obr. 4–5 Rekonstrukce rozsahu krkonošských ledovců ve vrcholné fázi posledního glaciálu a grafické vyjádření glaciálního přehlobení Labského dolu.

předledovcového údolí se zde nacházelo přibližně o 160 m výše než dnes. Glaciální eroze zde přesunula přibližně 0,2 km³ materiálu. Tak jako v Labském dole, i ve zbytku pohoří jsou čitelným výsledkem glaciální modelace hluboké kary, trogy, skalní stěny a morénové valy, které určují vizuální identitu nejčernějších částí pohoří.

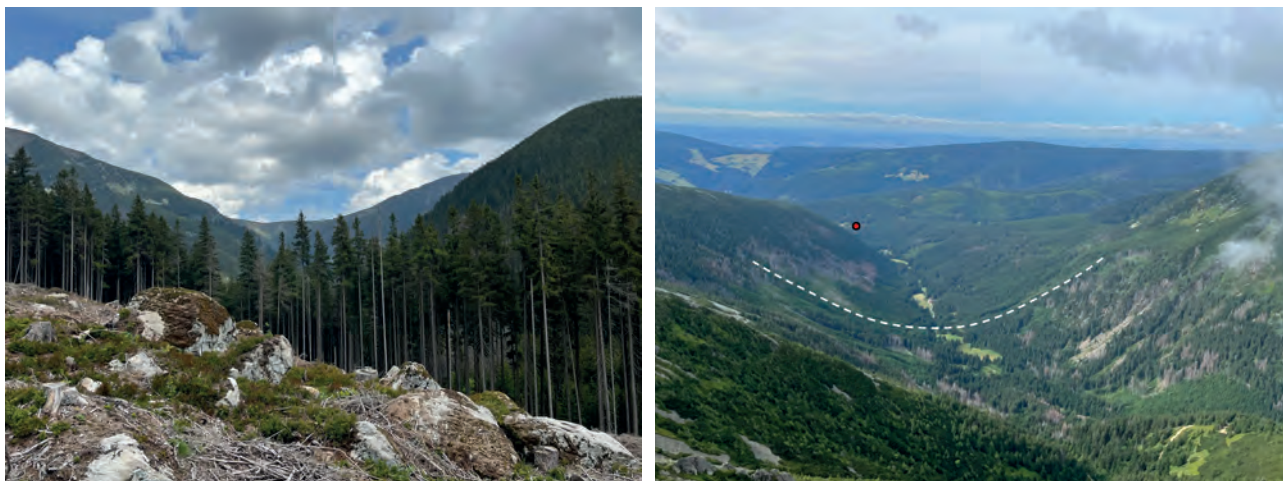
Význam ledovců však nekončí u reliéfu. Karové stěny a navazující lavinové dráhy udržují bezlesí, které plynule navazuje na přirozené alpské bezlesí vrcholových partií a vytváří podmínky pro mimořádně cenné botanické lokality. S glaciálním reliéfem souvisejí i vodopády v karech, morénová jezírka a ledovcová jezera, která představují nejen vzácná stanoviště, ale rovněž cenné přírodní archivy vývoje vegetace, klimatu a krajiny. Bez čtvrtohorní ledovcové činnosti by dnešní podoba Labského dolu, Obřího dolu, Kotelních jam i řady dalších lokalit byla zásadně odlišná.

5. Závěr

Krkonošské ledovce představují mimořádně významný, byť plošně omezený činitel formování současné horské krajiny. Připomínají, že klima není pouze abstraktní statistický údaj, ale síla schopná v geologicky relativně krátké době zásadně

4. Geomorfologický účinek a současná přírodní hodnota

Geomorfologický účinek krkonošských ledovců byl ve srovnání s Alpami či Skandinávií podstatně omezenější, nikoli však zanedbatelný. V Labském dole dosahovala mocnost ledu přes 200 m a dno



Obr. 6–7 Horninové bloky boční morény ledovce Obrřího dolu a pohled do Obrřího dolu s patrným příčným profilem ve tvaru U.

přetvářet reliéf, hydrologii i podmínky pro existenci živé přírody. Některé základní otázky glaciální historie Krkonoš zůstávají otevřené a nadále vyžadují kombinaci geomorfologického, sedimentologického a geochronologického výzkumu.

Literatura:

ENGEL, Z., NÝVLT, D., KŘÍŽEK, M., TREML, V., JANKOVSKÁ, V., LISÁ, L., 2010. Sedimentary evidence of landscape and climate history since the end of MIS 3 in the Krkonoše Mountains, Czech Republic. *Quaternary Science Reviews*, sv. **29**, s. 913–927. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2009.12.008>.

ENGEL, Z., TRACZYK, A., BRAUCHER, R., WORONKO, B., KŘÍŽEK, M., 2011. Use of ^{10}Be exposure ages and Schmidt hammer data for correlation of moraines in the Krkonoše Mountains, Poland/Czech Republic. *Zeitschrift für Geomorphologie*, sv. **55**, č. 2, s. 175–196. Dostupné z: <https://doi.org/10.1127/0372-8854/2011/0055-0036>.

ENGEL, Z., BRAUCHER, R., TRACZYK, A., LÉANNI, L., ASTERTEAM, 2014. ^{10}Be exposure age chronology of the last glaciation in the Krkonoše Mountains, Central Europe. *Geomorphology*, sv. **206**, s. 107–121. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.10.003.003>.

KRAUSE, D., FIŠER, J., KŘÍŽEK, M., 2022. Morphological differences of longitudinal profiles between glacial cirques and non-glacial valley heads, described by mathematical fitting. *Geomorphology*, sv. **404**, čl. 108183. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2022.108183>.

KRAUSE, D., 2024. Současná příroda Krkonoš je dílem dávných ledovců. *Živa*, č. **4**, s. 176–180.

KŘÍŽEK, M., VOČADLOVÁ, K., ENGEL, Z., 2012. Cirque overdeepening and their relationship to morphometry. *Geomorphology*, sv. **139–140**, s. 495–505. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.11.014>.

Proměny krkonošské tundry

Stanislav Březina¹, Jan Materna²

¹ Správa KRNP, Dobrovského 3, 543 01 Vrchlabí, sbrezina@knap.cz

² Správa KRNP, Dobrovského 3, 543 01 Vrchlabí, jmaterna@knap.cz

1. Úvod

Krkonošská tundra je jedním z nejcennějších přírodních bohatství českých hor. Na vrcholových pláních, v karech a na hřebenových rašeliništích přežívají rostliny a živočichové, kteří jsou přizpůsobeni chladu, větru, dlouhé zimě a chudým půdám (jejich přehled viz Vaněk, Materna & Flousek 2013). Právě proto jsou tyto biotopy mimořádně citlivé na změny klimatu i na lidské zásahy.

V posledních desetiletích se ukazuje, že se tundra nemění nápadně skokem, ale pomalu a vytrvale – a nejčastěji směrem k zarůstání. Nejviditelnější proměnou je ústup otevřeného bezlesí. Na místech, kde dříve převládaly nízké trávničky, lišejníková tundra nebo drobná mozaika chladnomilných bylin, dnes častěji přibývá borovice kleč, roztroušené smrky, borůvka, brusinka a vřes. Tundra se tak postupně „uzavírá“.

Za těmito změnami stojí více příčin najednou. Oteplování prodlužuje vegetační sezonu a zvyšuje šanci, že se ve vrcholových polohách udrží konkurenčně silnější druhy. Ustupují také některé procesy, které tundu dříve přirozeně otevíraly –

Co je hlavní zpráva?

- tundra se v posledních desetiletích postupně zapojuje a zarůstá
- otevřená stanoviště ubývají a s nimi i prostor pro chladnomilné specialisty
- dobře cílený management může část negativních vlivů zmírnit

například dlouho ležící sníh nebo silnější lavinová aktivita. Svoji roli hraje i to, že po druhé světové válce zanikla část tradičního hospodaření, které v minulosti udržovalo některé porosty rozvolněnější.

Na proměnách je dobře vidět, že klimatická změna se v krkonošské tundře neprojevuje jen vyšší teplotou.



Obr. 1 Harrachova louka: srovnání historického stavu s rokem 2022 názorně ukazuje, jak do dříve otevřeného prostoru pronikají dřeviny.

V praxi ji vnímáme hlavně jako zarůstání vegetace, která vytlačuje specializované chladnomilné rostlinné druhy. Tím se zmenšuje životní prostor organismů, kvůli nimž je tundra tak cenná a jedinečná i v evropském měřítku.

2. Zarůstání tundry je dnes nejvýraznější změna

Dlouhodobé srovnávání fotografií, leteckých snímků i terénních ploch ukazuje, že otevřených alpínských a subalpínských trávníků ubývá. Rozrůstá se zejména kleč. Ta je sice přirozenou součástí krkonošského bezlesí, ale když začne expandovat do větších ploch, omezuje prostor pro další tundrové druhy. Podobně se v některých částech hřebenů prosazují i smrky, které mohutní a postupně se zapojují.

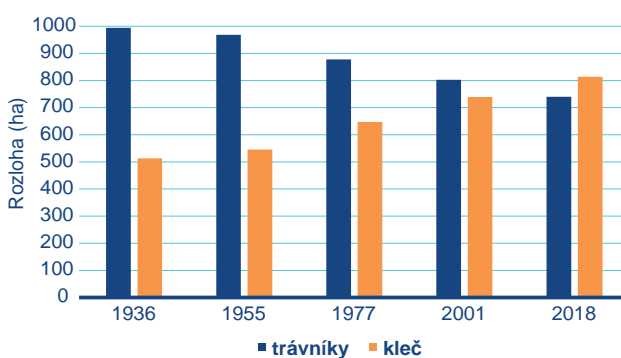
Proměna se netýká jen dřevin. Na vyfoukávaných hřebenech se více rozšiřují keříčky, hlavně borůvka a vřes. V místech, kde dříve převládaly nízké a druhově bohaté porosty, vzniká souvislejší, vyšší a jednotvárnější vegetace. To je problém zejména pro drobné druhy rostlin, které potřebují dostatek světla, narušený povrch a slabší konkurenci okolních porostů.

Vývoj rozlohy kleče a trávníků tento posun dobře ilustruje. Zatímco v minulosti převažovaly otevřené trávníky, v novějších datech se rozdíl mezi nimi a klečí zmenšuje, až se na některých místech obrací. Výsadby kleče z minulého století tento proces ještě urychlily. Tam, kde byly porosty založeny pravidelně a hustě, vznikla vegetace odlišná od přirozených klečových skupin a otevřené plochy začaly mizet rychleji.

Do stavu tundry navíc zasahují i cesty a vysoká návštěvnost. Nevhodný materiál použitý při opravách cest místy mění chemismus půdy, šíří se synantropní druhy a v okolí komunikací vznikají živinami obohacené pásy vegetace. Turistický tlak, sešlap a rozpad půd na některých lokalitách nepůsobí plošně stejně silně jako klimatická změna, ale v součtu mohou proměnu tundry dále urychlovat.

Co změnu urychluje?

- teplejší klima a delší vegetační sezona
- kratší a méně spolehlivá sněhová pokrývka
- staré husté výsadby kleče
- místní vlivy: cesty, živiny, sešlap a vysoká návštěvnost



Obr. 2 Vývoj rozlohy trávníků a borovice kleče ve východní části tundry ukazuje dlouhodobý úbytek otevřených ploch ve prospěch kleče.

3. Nejvíce ustupují specializované chladnomilné rostliny

Nejohroženější nejsou běžné a přizpůsobivé druhy, ale drobné rostliny vázané na extrémní podmínky vrcholových partií. Právě ty dávají krkonošské tundře její zvláštní tvář. Monitoring z posledních let ukazuje, že na některých vrcholech přibývají borůvka, brusinka nebo vřes, zatímco ubývají druhy typické pro chladné, větrné a málo zapojené trávníky. Jinými slovy: vítězí generalisté, zatímco specialisté ztrácejí prostor.

To se projevuje i u konkrétních vzácných rostlin. Ohrožené jsou například druhy vázané na vyfoukávané alpínské trávníky, okraje rašelinišť nebo drobná prameniště. Z odborných podkladů vyplývá, že mezi citlivé druhy patří třeba všivec krkonošský pravý nebo endemické druhy jestřábníků. Doplácejí na to, že porosty houstnou, přibývá stařina a na některých lokalitách se mění vodní režim.

Změny se neodehrávají jen na suchých hřebenech. Důležité jsou i vrcholové rašelinné a mokřadní biotopy. Pokud je méně stabilní sněhová pokrývka a přibývá suchých období, klesá hladina vody a některá rašeliniště začínají vysychat.



Obr. 3a, b, c Opakované snímkování trvalé plochy na Studniční hoře (2008, 2016, 2024) ukazuje postupný nástup keříčků a kleče.

Tím se mění i jejich vegetace. V některých případech přibývají běžnější typy vrchovištní vegetace, zatímco ubývají porosty s výraznou boreální vazbou, které jsou v české přírodě mimo Krkonoše prakticky nenahraditelné.

Pro laického pozorovatele může tundra na první pohled vypadat stále podobně. Podrobnější srovnání ale ukazují, že se ztrácí její jemná mozaika. A právě tato drobná mozaika stanovišť je podmínkou přežívání nejvzácnějších krkonošských rostlin.

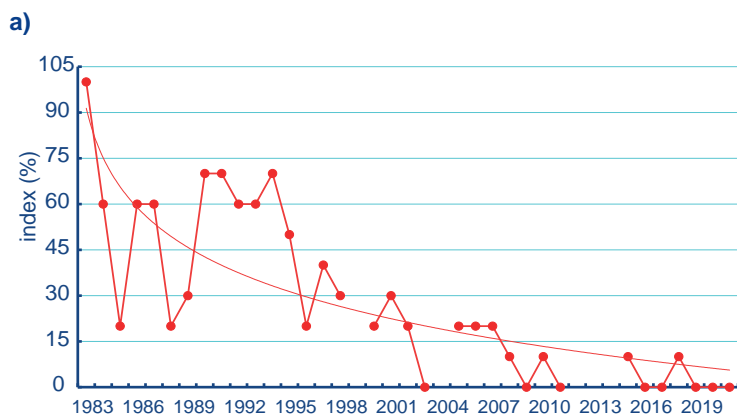
Typický posun ve složení vegetace

- přibývají konkurenčně silné druhy, například borůvka, brusinka a vřes
- ubývají specializované druhy otevřených alpínských trávníků
- celá tundra ztrácí jemnou mozaiku stanovišť, která je klíčem k její druhové pestrosti

4. Proměna tundry se odráží i v zastoupení živočichů

U živočichů nebývá změna tak snadno viditelná jako u vegetace, ale dlouhodobý monitoring ukazuje, že se dotýká i jich. Nejlépe je to doloženo u druhů vázaných na otevřenou, chladnou a vlhkou tundu. Výrazným příkladem je linduška horská, jejíž početnost v Krkonoších dlouhodobě klesá a která se zároveň posouvá do nejvyšších poloh. Podobně nepříznivě se vyvíjí i populace slavíka modráčka tundrového, závislého na podmáčených loukách a rašeliništích.

Proměny vrcholových mokřadů se mohou promítat také do bezobratlých. U sídla horského zatím některé lokality stále drží životaschopné populace, ale rizikem je vysychání mělkých tůní i rostoucí konkurence druhů, kterým dříve vyšší polohy tolik nevyhovovaly. U řady dalších skupin živočichů zatím nemáme tak dlouhé a srovnatelné časové řady jako u ptáků nebo rostlin, přesto vše nasvědčuje tomu, že úbytek otevřených a mokřých mikrostanovišť bude zasahovat i je.



Obr. 4a Dlouhodobé sledování lindušky horské ukazuje výrazný pokles početnosti jednoho z typických horských druhů krkonošské tundry (autor: J. Flousek), 4b linduška horská.

5. Negativní vlivy lze alespoň částečně kompenzovat

Na změnu světového klimatu nemůže Správa KRNAP sama odpovědět tak, aby ji zastavila. Může ale zmírňovat její místní důsledky. Právě zde mají smysl jednoduché managementové zásahy: odstraňování staré biomasy, seč a úklid porostů, vyhrabání stařiny, obnova narušeného vodního režimu nebo výměna nevhodného materiálu v tělesech cest. Tam, kde je to vhodné, mohou pomoci i malé zásahy do zapojené vegetace v okolí nejvzácnějších populací vzácných druhů.

Důležité je, že nejde o snahu „překopat“ celou tundu. Smyslem je na vybraných lokalitách udržet otevřenější strukturu porostů a dát šanci druhům, které samy nedokážou konkurovat borůvce, vřesu, kleči nebo smrku. Takový přístup je reálnější než plošná obnova historického hospodaření a zároveň lépe respektuje přirozené procesy v nejvzácnější zóně národního parku.

Hlavní sdělení je proto poměrně jasné: krkonošská tundra se mění, a to především zarůstáním. S tím ustupují chladnomilné rostliny i živočichové vázaní na otevřené a mokré biotopy. Přesto není situace beznadějná. Pokud budou ochranné zásahy dobře cílené, malé, dlouhodobě sledované a trpělivě opakované, mohou nejvzácnějším částem tundry výrazně pomoci.

Co může pomoci v praxi?

- odstranění nadbytečné biomasy a stařiny
- obnova vodního režimu rašelinišť a pramenišť
- výměna nevhodného materiálu v cestách a omezení místního poškozování

Přehled jedinečných druhů krkonošské tundry lze nalézt např. v publikaci: VANĚK, J., MATERNA, J. & FLOUSEK, J., 2013. Jedinečný výskyt reliktních a severských rostlin a živočichů v Krkonoších. *Živa*, č. 4, s. 175–179. ISSN 0044-4812.

Vytvořeno s využitím Chat GPT 5.4 na základě následujících podkladových materiálů:

Literatura:

BŘEZINA, S., HRÁZSKÝ, Z., KRAUSE, D., MATERNA, J., ČEJKOVÁ, A., JOSEFOVIČOVÁ, A., MIKSLOVÁ, K., HARČARIKOVÁ, L., HORÁKOVÁ, V., ZAVADIL, V., 2023. Alpínské bezlesí Krkonoš, české rodinné stříbro. *Ochrana přírody*, roč. **78**, č. 2, s. 2–9. ISSN 1210-258X.

MATERNA, J., BŘEZINA, S., HARČARIK, J., KUKAČKA, L., HRÁZSKÝ, Z., ČEJKOVÁ, A., ŠTASTNÁ, P., KRAUSE, D., JOSEFOVIČOVÁ, A., 2023. Nejistá budoucnost krkonošské tundry. *Ochrana přírody*, roč. **78**, č. 2, s. 10–15. ISSN 1210-258X.

BŘEZINA, S., MATERNA, J., 2025. Koncepční přístup k předmětům ochrany nad horní hranicí lesa. Prezentace pro Asociaci národních parků České republiky dne 19. 11. 2025. Dep. In: Archiv Správy KRNP, Vrchlabí.

Přehled vývoje osídlení Krkonoš s přihlédnutím k dějinám Erlebachovy boudy

Jiří Louda

Správa KRNAP, Krkonošské muzeum Vrchlabí, Husova 213, 543 01 Vrchlabí, jlouda@krap.cz

Klíčová slova: Krkonoše, hory, osídlení, hospodaření, boudy

Smyslem příspěvku je poskytnout stručnou chronologii a charakteristiku vzniku a vývoje osídlení našich nejvyšších hor. Není žádným překvapením, že zcela zásadní roli hrají pro mimořádnost Krkonoš v kontextu dějin českých zemí výrazně odlišné klimatické podmínky související s vyšší nadmořskou výškou. Obecně na české poměry extrémní přírodní podmínky ovlivnily vývoj osídlování krkonošské krajiny. Přesto lze konstatovat, že značná členitost terénu, zejména prudké svahy limitující jak dopravní průchodnost terénem, tak technické možnosti zemědělského obhospodařování půdy, nehrála tak podstatnou roli jako klima samotné. Zásadním způsobem limituje zejména rostlinnou výrobu, zatímco živočišná byla i za těchto extrémních podmínek schopna poskytovat relevantní užitek.

Zabydlení krajiny trvalým osídlením nazýváme kolonizací. Tento proces pochopitelně probíhal v českých zemích dlouhodobě, postupně a ne vždy přímočaře. V širším pojetí je zachycen v řadě publikací, přehledně například ve východočeském kontextu zde (Felcman, Musil et al. 2009). V užším rámci historie Krkonoš pak můžeme sledovat vývoj osídlení Krkonoš v jednotlivých kapitolách poslední souhrnné monografie Krkonoše (Flousek et al. 2007). Nejnovější souhrn informací lze také nalézt v tematickém čísle *Opery Corconticy* (2024) věnovaném krkonošským loukám. Sice máme doloženu lidskou přítomnost v Krkonoších již od předhistorických dob, avšak chybí nám relevantní archeologické doklady stálé sídlení



Obr. 1 Grafika C. Mattise z roku 1830 zobrazuje Obří sedlo pod Sněžkou se stohy sena a stafáží turistů s nosítky v popředí, symboly „starého“ a „nového“ zdroje obživy obyvatel Krkonoš. Sbírká umění Krkonošského muzea Vrchlabí, sign. U 81.

aktivity. Krkonoše tedy byly nepochybně místem příležitostných loveckých výprav či s velkou mírou jistoty prostorem hledání nerostných zdrojů. Také se nacházely poblíž komunikačních tras. Jedna z lokálních větví snad vedla i přes dnešní Slezské sedlo, byť nepoměrně významnější trasy Krkonoše obcházely po stranách Libavským sedlem či Novosvětským průsmykem. Počátek stálého osídlení tak můžeme hledat až ve středověké kolonizaci pohraničního hvozdu, kterou v Krkonoších sledujeme od druhé poloviny 13. století. Středověká kolonizace položila základ stálého osídlení, které můžeme vysledovat převážně jen v ochranném pásmu dnešního národního parku, tedy jedná se spíše o úpatí hor. Limitní se zdá hranice daná klimaticky – tedy stále osídlit bylo možné jen ty lokality, kde bylo možné smysluplně provozovat pěstování obilnin, tedy základního zdroje obživy obyvatelstva. Ne náhodou se tedy hranice středověké kolonizace doposud v terénu snadno identifikuje výskytem středověkých plužin.

Hlubší pronikání lidského osídlení do nitra hor, respektive do vyšších nadmořských výšek, bylo podmíněno zejména technologickým pokrokem společnosti, jmenovitě rozvojem hornictví. S ním souvisí i zvýšený zájem o dřevo krkonošských lesů potřebné jak k těžbě samotné, tak zejména ke zpracování rud. Až když pokrok v hornických technologiích umožnil rozvoj tohoto oboru do takové míry, že mohl zajistit celoroční obživu horníků a hutníků, dochází k vzniku lidských sídel v nitru hor. Neuspořádaná struktura těchto původně hornických a dřevařských osad prozrazuje jejich živelný vznik, ergo absenci dlouhodobého cíleného záměru na budování lidských sídel v prostředí dobovou optikou k člověku nehostinném. Kvůli klimatické nepřívětivosti se toto osídlení vyznačovalo neobvyklou vlastností, totiž fatální závislostí na dovozu potravin, čímž se odlišovalo od běžné situace ve zbytku země. Výživa horského obyvatelstva byla zajišťována prostřednictvím mlýnů v horských údolích, jejichž počet dalece neodpovídal sporadickým pokusům o pěstování obilí, zejména žita, v horách. Tyto mlýny, z nichž jeden dal jméno pozdějšímu symbolu turismu v Krkonoších, totiž mlely právě importované obilí z podhůří.

S obtížnými klimatickými podmínkami si však lépe poradila živočišná výroba. Ta se v Krkonoších rozšířila zprvu samovolně, jako vedlejší zdroj obživy zejména dřevařů, kteří pro vlastní potřebu chovali na pasekách kozy a hovězí dobytek. Horské pastevectví bývá též kladeno do souvislosti s příchodem alpských dřevařů a horníků, kteří si měli dovednost chovu hovězího dobytka v náročném horském prostředí přinést ze své domoviny. Je to pravděpodobné, přihlédneme-li k některým aspektům budoucího budního hospodářství, včetně materiálového vybavení, jako jsou například saně rohačky a sněžnice. Na druhou stranu je však třeba konstatovat, že pastevectví je obecně typickým způsobem horského zemědělství nejen v Evropě a salašnictví, k němuž patří i krkonošské budní hospodářství, je jeho běžným nástrojem. Budní hospodářství, jehož počátky jsme schopni bezpečně sledovat do 17. století, se plně rozvinulo v 18. století a je dokladem mimořádné adaptace člověka na život a hospodaření v klimaticky nepříznivém prostředí, a to tak úspěšného, že po určité době bylo schopné produkce přebytků pro obchod. Jednalo se o máslo a zejména oblíbené budské sýry. Na počátku 18. století také byly konečně vyřešeny dlouholeté hraniční spory mezi majiteli jednotlivých panství, které také zásadně limitovaly možnost hospodářského využívání hřebenových partií Krkonoš. Konec 18. století tedy můžeme považovat za vrchol expanze člověka do klimaticky náročného horského prostředí, která znamenala mj. snížení horní hranice lesa na historické minimum. V důsledku přechodu budního hospodaření z rukou pozemkové vrchnosti (majitelů panství) do rukou samotných horalů, ať již odprodejem či jen pronájemem okolních luk, byla přeměněna řada dosavadních seníků a sezonních salašů ve stále osídlené horské boudy. To je i případ bud pod Slezským sedlem. Ačkoli samotná známější Špindlerovka pochází nejspíš až z roku 1824, první boudy v lokalitě pozdějších Špindlerových bud pod Slezským sedlem pocházejí z 80. let 18. století, mezi nimi i původní Erlebachova bouda tradičně datovaná do roku 1784 (Bartoš 2011).

Obtížné přírodní podmínky však přesto prokázaly svůj zásadní vliv a era prosperity budního hospodářství netrvala dlouho. Již kolem poloviny 19. století nešlo přehlédnout, že horské zemědělství není schopné konkurence na plošně se rozšiřujícím a uvolňujícím se trhu zemědělských produktů. Horské prostředí však zapůsobilo i zcela opačným způsobem a přispělo k přežití stálého lidského osídlení těchto exponovaných poloh. Novou hodnotou s vysokým ekonomickým potenciálem se totiž ukázaly estetické kvality horského prostředí, které dokázal ocenit romantismus a pod jeho vlivem se rodící turismus. Ten se ukázal natolik nosný, že dokázal poskytnout obživu početnému horskému obyvatelstvu, stabilizovat rozsah



Obr. 2 Erlebachova bouda kolem roku 1910 ještě v podobě, jakou získala již na sklonku 18. století. Zajímavým dokladem adaptace některých krkonošských bud v klimaticky náročných polohách v blízkosti hřebenů je zvalbení návětrného štítu střechy. Standardní krkonošský roubený dům má totiž sedlovou, nikoli valbovou, střechu. Sbirka fotografií Krkonošského muzea Vrchlabí, sign. F 3717.



Obr. 3 Erlebachova bouda po přestavbě v roce 1926 ukazuje jiný druh reflexe extrémních klimatických podmínek daného stanoviště. Běžně bývá vchod umístěn na podélné straně domu, zde je však netypicky situován do štítové stěny, a to přímo na návětrné straně. Tato pozice dle zkušenosti vlastníka zajistila, že vchod nebude zavalen sněhem sjíždějícím ze střechy ani zatarasen návějemi, které se naopak hromadily na závětrné straně. Pohlednice ze sbírek Krkonošského muzea Vrchlabí, sign. H 3744.

obdělávaných ploch v horách i motivovat další stavební rozvoj horských bud transformujících se na penziony i luxusní hotely (Bartoš 2023) a přeměnu horských osad v oblíbená letoviska – klimatické lázně (Holubec 2024).

Tento jev, rozvoj turistiky, prošel bouřlivým vývojem s řadou zvrátů podmíněných zejména politickými otřesy 20. století, avšak i přes mnohé peripetie pokračuje dodnes. To, co zprvu bránilo stálému osídlení Krkonoš, horské prostředí s nejdruhnějším klimatem v naší vlasti, dnes představuje hlavní motivaci dalšího působení člověka v tomto prostředí. Dokladem čehož je nejen silný ekonomický a investiční tlak na přírodu Krkonošského národního parku, ale v konkrétním příkladu i dramatický stavební rozvoj samotné Erlebachovy boudy, místa konání této konference.

Literatura:

BARTOŠ, M., 2011. Příběh Erlebachovy boudy. Vrchlabí: Správa Krkonošského národního parku. ISBN 978-80-86418-81-0.

BARTOŠ, M., 2023. Historie krkonošských bud. Vrchlabí: Správa Krkonošského národního parku. ISBN 978-80-7535-153-1.

HOLUBEC, S., 2024. Krkonoše tří národů: zrod a proměny moderní turistiky v letech 1860–1960. Praha: Historický ústav AV ČR. ISBN 978-80-7422-949-7.

FELCMAN, O., MUSIL, F. et al., 2009. Dějiny východních Čech: v pravěku a středověku (do roku 1526). Praha: Nakladatelství Lidové noviny. ISBN 978-80-7422-003-6.

FLOUSEK, J., ŠTURSA, J., HARTMANOVÁ, O., POTOCKI, J. (eds.), 2007. Krkonoše: příroda, historie, život. Praha: Baset. ISBN 978-80-7340-104-7.

Opera Corcontica, 2024. [online]. Správa KRNAP. roč. 61 [cit. 15. 03. 2026]. Dostupné z: https://opera.krnep.cz/apex/f?p=103:12:7232888869578::NO::P12_ROCNIK_ID:61.

Historické zajímavosti k Jestřábím boudám a výzkumu vlnového proudění v Krkonoších

Pavel Kocián

Správa Krkonošského národního parku, Krkonošské muzeum ve Vrchlabí, Husova 213, 543 01 Vrchlabí, pkocian@krnap.cz, kocian.bercik@gmail.com

Klíčová slova: Goldhöhe, Háza, Herdemerten, Hirth, Knoespel

1. Úvod

Krkonoše patří díky své orografii a klimatickým podmínkám k nejvýraznějším horským oblastem střední Evropy, kde se již od první třetiny 20. století soustředila pozornost meteorologů a plachtařů. Německá strana hor se ve 30. letech stala jedním z center výzkumu vlnového proudění, zatímco československé prostředí navázalo na tyto poznatky až po druhé světové válce. Méně známou epizodou je využívání Jestřábích bud na Zlatém návrší německými odborníky, kteří zde nacházeli vhodné podmínky pro výzkumnou a později výcvikovou základnu. Cílem příspěvku je zasadit tuto epizodu do širšího rámce vývoje horské meteorologie a výzkumu vlnového proudění v Krkonoších.

2. Metodika

Metodika spočívala v rekonstrukci historických událostí, komparaci německých a československých zdrojů, zasazení lokálních aktivit do kontextu vývoje horské meteorologie a syntéze vývoje výzkumu vlnového proudění na obou stranách Krkonoš. Zpracování vychází z kombinace archivních materiálů, dobových německých publikací, odborné literatury věnované horské meteorologii a polárním expedicím a z autorovy vlastní analýzy historických pramenů. Pro část věnovanou vlnovému proudění byly využity i dobové články plachtařů a meteorologů z období 30.–50. let 20. století.

3. Výsledky

3.1 Vznik výzkumné a výcvikové stanice na Jestřábích boudách

Jestřábí boudy na Zlatém návrší byly na přelomu 30. a 40. let využívány německými polárníky jako výzkumná stanice v rámci Hermann-Göring-stiftung a později jako meteorologická stanice a zároveň i výcvikové středisko pro přípravu meteorologů k nasazení v arktických oblastech pro potřeby německého válečného námořnictva. Klíčovou postavou při zřízení střediska byl Dr. Kurt Herdemerten, polárník a důlní inženýr, a Dr. Hans Robert Knoespel, polárník a ornitolog.

3.2 Výzkum vlnového proudění v Krkonoších

Počátky výzkumu sahají do roku 1933, kdy plachtaři Wolf Hirth a Hans Deutschmann na německé straně Krkonoš poprvé v historii prakticky prozkoumali fenomén „dlouhé vlny“. Tento objev zásadně ovlivnil vývoj plachtění a položil základ pro pozdější meteorologický výzkum. Krkonoše se následně staly jedním z prvních míst v Evropě, kde byla horská vlna prakticky využita k dosažení velkých výšek. Nejvýraznějším a dobře zdokumentovaným předválečným výkonem byl rekordní let Erwina Zillera, který 21. listopadu 1938 vystoupal ve vlně v blízkosti Sněžky do výšky 8 600 metrů. Polští letci Adam Brzuska a Władysław Parczewski zde v roce 1950 dosáhli výšky 9 850 metrů, tedy hodnoty odpovídající horní části tropopauzy ve středních šířkách. Wolf Hirth ve svém příspěvku v publikaci *Mit dem Segelflugzeug in die Stratosphäre – das Geheimnis der langen Welle* teoreticky předpokládal možnost vzniku stratosférické vlny do výšek kolem 20 km v ideálních podmínkách.

V ČSR se systematický výzkum rozvinul až po roce 1949, kdy na vrchlabském letišti a v Krkonoších působila skupina meteorologů pod vedením Ing. Karla Jensena. Později k výzkumu krkonošské vlny významně přispěl také RNDr. Ladislav Háza, který navázal na předválečné poznatky a rozšířil je o vlastní měření a pozorování. V 50. letech pak probíhaly společné československo-polské vlnové tábory, které přinesly první systematickou klasifikaci vlnových situací v Krkonoších. Podobná anemo-orografická konfigurace se vyskytuje také v severním Švédsku v oblasti Kiruna–Abisko, kde lidarové snímky z 90. let jasně potvrdily výskyt stratosférické vlny v podmínkách blízkosti polárního víru. Tato data vedla zkušebního pilota NASA Einara Enevoldsona k iniciaci projektu Perlan, zaměřeného na bezmotorové lety ve stratosférické vlně. Rekordní výšky dosáhl kluzák Airbus Perlan 2 v roce 2018 nad argentinskou Patagonií, kdy posádka Jim

Payne a Tim Gardner vystoupala do přibližně 23 km. Na podobnost anemo-orografických poměrů Krkonoš a masivu v oblasti švédského Abiska upozornily také česko-švédské srovnávací studie realizované v rámci projektu EU ATANS (2005–2008), přiděleného Výzkumné stanici Švédské královské akademie věd v Abisku, na nichž se podílely Správa KRNAP, Karkonoski Park Narodowy a Zachodniosudeckie Towarzystwo Przyrodnicze spolu s profesorem Janem Jeníkem.

4. Diskuze

Výzkumné aktivity na Jestřábích boudách představují specifickou kapitolu dějin horské meteorologie v Krkonoších. Zatímco se plachtaři a meteorologové na severní straně hor ve 30. letech soustředili na aerologii a výzkum vlnového proudění, Jestřábí boudy v 1. polovině 40. let sehrály především výcvikovou roli, spojenou s přípravou polárních meteorologů, ačkoliv úlohu meteorologické stanice do určité míry taktéž plnily. Tyto aktivity však byly úzce propojeny s vojenskými zájmy Třetí říše a s provozem arktických meteorologických stanic. Poválečný výzkum vlnového proudění na československé straně hor probíhal nezávisle na předchozí činnosti německých týmů. Přesto lze oba fenomény chápat jako důležitou součást širšího vývoje horské meteorologie, v níž Krkonoše hrály významnou roli díky své orografii a klimatickým podmínkám.

5. Závěr

Jestřábí boudy představují pozoruhodné místo, kde se v období druhé světové války soustředila příprava německých polárních meteorologů. Činnost Dr. Herdemertena a Dr. Knoespela zde vytvořila unikátní podmínky pro vznik výcvikového střediska pro arktické operace na Špicberkách. Výzkum vlnového proudění, který probíhal na obou stranách hor, představuje zcela samostatnou, avšak neméně významnou kapitolu. Oba příběhy společně dokládají, že Krkonoše byly v první polovině 20. století významným středoevropským centrem horské meteorologie a leteckého výzkumu.

Literatura:

BRÜTTING, G., HIRTH, W., IVANS, B., KLÖCKNER, E., 1951. Mit dem Segelflugzeug in die Stratosphäre. Coburg: Weltluftfahrt.

FLAJŠMAN, M., 2012. Historie meteorologické stanice Zlaté návrší v Krkonoších [online]. [cit. 27. 03. 2026]. Dostupné z: https://vojzsl.cz/archiv_clanku/zlate_navrsi_v_krkonosich.html.

GRAMSZ, R., POTOCKA, J., KOCIÁNOVÁ, M., 2010. Istotne cechy klimatu Karkonoszy w porównaniu z północną Skandynawią wzdłuż profilu Andøya – Kiruna. Essential climatic conditions in the Giant Mts compared with Northern Scandinavia along Andøya – Kiruna profile. *Opera Corcontica*, roč. 47, s. 29–54. Vrchlabí: Správa KRNAP. ISSN 0139-925X.

KOCIÁN, P., 2023. Historie letectví v Krkonoších v letech 1898–1955. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci, Fakulta přírodovědně-humanitní a pedagogická, Liberec.

PERLAN PROJECT, 2022. Perlan Project [online]. [cit. 27. 03. 2026]. Dostupné z: <https://perlanproject.org>.

SELINGER, F., 2001. Von „Nanok“ bis „Eismitte“: Meteorologische Unternehmungen in der Arktis 1940–1945. Hamburg: Convent. ISBN 10-39346-13-128.

ŠTURSA, J., JENÍK, J., KOCIÁNOVÁ, M., 2010. Geo-ekologické srovnání tundry ve středoevropských Krkonoších a subarktickém pohorí Abisko (Švédsko). Geo-ecological comparison of tundra in the Giant Mts (Central Europe) and Abisko Mts (subarctic Sweden). *Opera Corcontica*, roč. 47, s. 7–28. Vrchlabí: Správa KRNAP. ISSN 0139-925X.

Nebeske.cz nad Krkonošemi

Jiří Jiroušek

www.nebeske.cz, Kotenčice, jirka@nebeske.cz

Krkonoše. To jsou hory! Drsné, vysoké, inspirativní. Jsem si jistý, že české dobrodruhy pořádně přitahují. Nejsem výjimkou. Myslím si na ně od malička. Naše rodina byla a je na Krkonoše hodně zvědavá, navštěvuje je od čtyřicátých let minulého století. Babička a děda, máma s tátou. Já se přidal v sedmdesátých letech jako novorozenec. Nejdříve nošen, pak po svých. A nakonec i letecky. Dost možná mi kvůli nim narostla křídla. Patřím do party z Klínovek, odlehlé luční enklávy KRNAPu. Kluci z boudy Zvoničky mi byli vzorem na cestě vzhůru.

Létám na paraglidu, fotím z motorového padákového kluzáku. Pluji tak po nebi více než 30 let, z nich přibližně 20 let s fotoaparátom na krku. Systematicky fotím Česko. Ve sbírce mám cca 275 000 leteckých snímků naší země. Krkonošských je z nich zhruba 8 000. Ze všech ročních období. První je z roku 2009. Poslední? Doufám, že poslední ještě pár let počká.

Srdce mi silněji bije, když vymyslím nový fotolet přes Krkonoše. Nikdy neplánuji za cíl Sněžku, vrchol je případným šťastným bonusem. Komplikovaným bonbónkem. Z přírodních i legislativních důvodů. V KRNAPu jsou od roku 2019 přísnější předpisy pro lety, musíme být výše. A z polské strany je omezení mnohem razantnější. Hlavní slovo má však počasí. S výškou roste vítr, známá věc. Můj hadrác letí čtyřicítkou až padesátkou, každá turbulence ho rozhodí. Nevyztužené křídlo umí „klapnout“. Zmuchlat se. Hodně zvažuji a zkoumám meteorologické předpovědi, na jejichž základě se do nejvyšších a navíc do nejprominentnějších míst ČR vydávám. Startuji v předhůří. Občas k horám přiletím, ale po osahání a zjištění nepříznivých podmínek se vrátím do bezpečnějších nižších míst. Dvacetkrát se zadařilo a hory mě pustily dál. Rozlohou jsou pro mě tak akorát. Na výšku dominantní, na plochu spíše menší. Za tří až pětihodinový let je prolétám celé většinou od západu na východ. Měl jsem štěstí, že jsem je fotil i před nástupem přísnějších předpisů, takže mám v archivu i záběry z podstatně menší výšky.

Bílé, zelené, pestré, pobledlé. Pěšky, na lyžích, trošku na kole, letecky dost. Známe se. Ahoj Krkonoše.



Obr. 1 Pohled na Luční horu a Sněžku dne 22. října 2012. Foto: Jiří Jiroušek.



Obr. 2 Sněžka a hlavní krkonošský hřeben dne 10. října 2014. Foto: Jiří Jiroušek.



Obr. 3 Pohled na Obří důl a Sněžku dne 23. srpna 2017. Foto: Jiří Jiroušek.



Obr. 4 Pohled na Vysokou pláň a Sněžné jámy dne 20. ledna 2019. Foto: Jiří Jiroušek.



Obr. 5 Pohled na Labský důl a Labskou boudu dne 20. ledna 2019. Foto: Jiří Jiroušek.



Obr. 6 Pohled na Černou horu a k Peci pod Sněžkou dne 27. března 2017. Foto: Jiří Jiroušek.



Obr. 7 Vrchol Sněžky a za ní Studniční hora a Luční hora dne 13. prosince 2013. Foto: Jiří Jiroušek.

II. Krkonošský národní park – klima a příroda

Která byla největší – povodně v Krkonoších a Jizerských horách v souvislostech posledních 600 let

Libor Elleder¹, Jolana Šírová²

¹ Český hydrometeorologický ústav, Oddělení aplikované hydrologie, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany, libor.elleder@chmi.cz

² Český hydrometeorologický ústav, Oddělení hydrofondu a bilancí, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany, jolana.sirova@chmi.cz

1. Úvod

Na úvod musíme přiznat, že v názvu textu je spíš řečnická otázka, je to spíš příležitost se na téma podívat trochu podrobněji a zejména znovu. Takto položenou otázku asi zodpovědět nelze, zabývat se extrémními případy povodní v Krkonoších ale lze a je to nezbytné. Tématika extrémních povodní v Krkonoších se někdy příliš rychle uzavírá konstatováním, že největší povodeň v Krkonoších byla v červenci 1897. Výsledky, které přinesly poslední dekády výzkumu o historických povodních, ukazují, že extrémní povodně se vyskytovaly v Evropě častěji za posledních 500 let, a to v devíti oddělených periodách (Blöschl et al. 2020). Je potřeba přijmout pravděpodobný fakt, že např. 16. a druhá polovina 18. a 19. století byly „povodňově“ velmi silné. Protože hydrologické řady začínají u „zemských toků“ v Krkonoších, jako jsou Jizera, Úpa, či horní Labe, až po roce 1882, je nutné využít data z předchozího období, jsou-li k dispozici. Bez znalostí povodní před rokem 1880 bychom byli „napůl slepí“, jak ukazuje přehled vltavských povodní za více než 600 let (Elleder 2015).

2. Kde začít a kde vzít data?

Získat tato data znamená zajímat se o dokumentární zdroje jak z naší české strany, tak ze strany slezské a také z Lužice. Je zřejmé, že trochu anebo úplně jinou odpověď dostaneme, pokud se zaměříme na jednotlivé toky, na východní, či spíš západní Krkonoše, a úplně jinou, bude-li nás zajímat jejich slezská strana, tedy severní návětrí Krkonoš. Musíme také bohužel konstatovat, že na slezské a lužické straně hor jsou práce dotýkající se sběru dat o povodních k dispozici již z 19. století a jsou lépe zpracované než domácí materiál. Po povodních v roce 2010 vznikla studie shrnující poznatky o povodních v Jizerských horách, a to na základě popisů povodní ze Zhořelce, Žitavy, a teprve v druhé řadě podle dat z Frýdlantu anebo Liberce (Elleder 2011). To byl první krok.

3. Mapové zpracování povodní

Historická hydrologie se snaží o totéž co hydrologie běžná. Musí překonávat fakt, že má k dispozici jen řídkou anebo ještě žádnou síť vodočtů a limnigrafů, a tedy nedostatek měřených dat. Výhodou je délka získaných řad, která je podstatná, pokud nás zajímají povodně s pravděpodobností opakování sto a více let. Ukázalo se, že naše data i výsledky o povodních z dokumentárních zdrojů se vyplatí převádět systematicky do map za použití nástrojů GIS. To znamená vrátit popisy povodní zpět do souvislostí, zpět do říční sítě. Zde je možné využít fyzicko-geografických i hydrologických vazeb, které mapy nabízejí. Nehledíme přitom na státní hranice ani hranice povodí. Ostatně ani příčinná meteorologická situace od nich většinou neodvisí. Tak lze směřovat k lepšímu uchopení celé povodně. Je to nesmírně důležité právě v oblasti Krkonoš, které vytvářejí spolu s celým obloukem pohoří na severu Čech významný předěl a při řadě situací vytvářejí srážkový stín, který zahrnuje krkonošské podhůří a blíží se někdy až k Praze. Tento projekt a vytváření aplikace MEF (Maps of Extreme Floods) má počátek v roce 2021 (Elleder, Šírová 2021).

4. Katastrofální případy letních povodní v Krkonoších

V našich mapových aplikacích máme zpracovány povodně od roku 1374, jedná se výběr extrémních či pozoruhodných a důležitých povodní. Dobře známá povodeň v červenci 1432 byla podle zasažené říční sítě výrazná na severních návětrích Alp, Šumavy a Jizerských hor (nikoliv Krkonoš). Tehdy byla extrémně rozvodněná Vltava a jsme zatím přesvědčeni, že to byla pro Vltavu horší či přinejmenším srovnatelná povodeň jako ta v roce 2002 (Elleder 2016). V roce 1432 se katastrofálně rozvodnila i Lužická Nisa a Kvisa. Podobné rozložení toků zasažených silnou až extrémní povodní bylo i v červnu roku 1675, kdy se v Praze jednalo o ca stoletou vodu, a katastrofální povodně zaznamenaly opět Lužická Nisa, Kvisa a Bobr. Třetím případem, který můžeme ukázat, jsou červnové povodně roku 1804. Opět převažuje severní návětrí Krkonoš, zároveň byly silně zasaženy i přítoky středního Labe a jeho rozvodnění bylo katastrofální (obr. 1).



Obr. 1a, b, c Zjednodušené polygony povodní odvozené z aplikace MEF zvýrazňující oblasti říční sítě zasažené v letech 1432, 1675 a 1804 (světlejší odstín) a zasaženy silně (temnější odstín).

Jiným případem letní regionální krkonošské povodně je srpen roku 1858. Mimochodem, tento rok byl suchý a v povodí Rýna katastrofálně suchý. Na Labi se konala plavební komise, která vždy při velmi nízkých stavech Labe dokumentovala řeku a hledala možnosti zlepšení plavebních podmínek. Tak jak se to v Krkonoších stává, silně přšelo na přelomu července a srpna. Déšť trval celkem 4 dny. Labe bylo na rozdíl od Rýna silně rozvodněné všemi svými přítoky z Krkonoš. Katastrofálně se rozvodnila Jizera, horní Labe a Úpa. Pokud se týká Odry, rozvodnila se pouze Lužická Nisa, která je ovšem vystavena jak severním, tak západním situacím. Právě tato povodeň byla často připomínána a porovnávána s rokem 1897, kdy např. údolí Labe ve Špindlerově mlýně bylo těžce postiženo (obr. 2).



Obr. 2 Špindlerův mlýn, hostinec „U Labe“ po povodni 1897 (sbírka fotografií z povodně 1897, Archiv ČHMÚ).

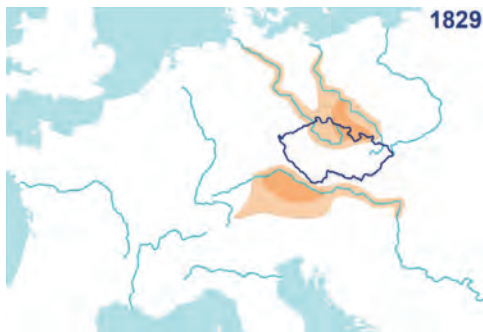
lesními polomy. Není asi třeba vysvětlovat, jakým faktorem pro zesílení dešťových srážek a také tání sněhu rychlost větru je. Jiný pozoruhodný případ smíšené povodně v Krkonoších nám přinesl člen Vlastnecko-hospodářské společnosti vrchlabský kantor J. Lamb, který popsal situaci v červnu 1829 ve Vrchlabí (Elleder et al. 2025). Na horách tehdy v červnu 1829 (obr. 3) napadlo před povodní ca 60 cm sněhu, do kterého spadlo velké množství dešťových srážek. Šlo tedy o smíšenou povodeň v létě. Povodeň byla katastrofální ve Vrchlabí a překonala velkou červnovou povodeň z roku 1824. Porovnávání jednotlivých případů z hlediska jejich extremity a případného odhadu průtoku je velmi pracné a mapová aplikace nám zde situaci zpřehledňuje.

6. Co zbývá?

V našich okresních archívech zbývá zpracovat např. i katastrofální letní případy krkonošských povodní 1702 a 1703. Bylo by předčasné zde uvádět nějaké definitivní závěry o největší povodni, právě bez těchto případů. Pokud jde o sezonalitu krkonošských povodní, je zjevné, až podivuhodně zjevné, jak důležitým, až téměř kritickým datem je 1. srpen anebo přelom července a srpna, kdy byly velké (či stoleté) povodně 1858, 1888, 1897 a 1978. V horské části Krkonoš převažují zřetelné letní povodně, smíšené případy povodní jsou četnější v nižších částech hor, pod 700 m n. m. Pokud objedeme Krkonoše, najdeme několik odpovědí na stejnou otázku. Jiná odpověď se týká Jelení hory a Bobru a jiná Jizery v Železném Brodě či Semilech. V Jelení Hoře bude pravděpodobně patřit k nejhorším případům červen 1804. V povodí Jizery tu bude případ

5. Zimní smíšené povodně v zimě, na jaře i v létě?

Na konferenci ČMES v roce 2019 na Šumavě byl prezentován nejkritičtější šumavský scénář povodně. To jsou povodně přibližně od listopadu do prosince, zejména při náhlém tání předtím velkého množství čerstvě napadaného sněhu. Šumava je vystavena dále k západu a jihu a je citlivější na rychlý vpád teplého vzduchu od jihozápadu. Takový případ se ale stal před Vánoci roku 1740 na Šumavě, ale také v Krkonoších. Zde byl spojený se zničením slavných šporkovských lázní v Kuksu. Tento případ je často spojován i s extrémní vichřicí a velkými



Obr. 3 Zjednodušený polygon odvozený z aplikace MEF zvýrazňující oblasti říční sítě zasažené v roce 1829 (světlejší odstín) a zasaženy silně (temnější odstín).

z roku 1858 anebo 1897. Možná někoho zaskočí, že na Úpě to bude asi povodeň v roce 1843, kterou literárně využila Božena Němcová. Výšku nám dokládá značka v České Skalici asi 30 cm nad výškou povodně 1897. Při porovnávání povodní v předinstrumentálním období někdy lze využít značek povodní, zejména pokud jich je na jednom místě víc. Většinou nám přesvědčivější obraz dávají právě mapy a porovnání povodně ve více profilech s možností srovnávat rychle povodně navzájem. Poznání povodní v Krkonoších se bude ubírat i tímto směrem.

7. Závěr

Otázku z nadpisu nelze zodpovědět, můžeme ale ukázat, jak některé zdánlivě pevné přírodní limity historické povodně v Krkonoších prolomily. Faktem zároveň je, že Krkonoše zůstaly, pokud jde o extrémní povodňové události, poněkud mimo hru v posledních stu letech. Pokud došlo k extrémním událostem, byly to Jizerské hory v roce 2010, ostatní

povodně neměly tak zničující plošný rozsah jako třeba povodně 1804, 1858 a 1897. Např. povodně 1978 se týkaly Jizery a jen málo horního Labe. Zimní povodně v roce 2006 dosahovaly spíš jen výjimečně pravděpodobnosti opakování sto let.

Extrémní povodně v Krkonoších srovnatelné s těmi výše jmenovanými jednou přijdou, otázkou je jen kdy. Od roku 1907 byly vybudovány některé přehrad (Labská, Království, Souš, Josefův Důl a další), které mají retenční prostory, jejichž účelem je získat čas a poněkud rozložit objem vody tak, aby se zmenšily škody v dolních tratích. Již od roku 1884, kdy byly přijaty zákony o melioracích a hrazení bystřiny, byly horské úseky často silně přebudovány s cílem zmenšit škody i v horských úsecích toků.

Hlavní výhodou jsou dnes ale možnosti včasných předpovědí. Připomeneme zde, že meteorologické předpovědi se u nás vydávají od roku 1877, kdy pravidelné depeše zavedl Centrální ústav pro meteorologii a magnetismus ve Vídni. Předpovědi se šířily telegrafem. Na druhém konci byl tzv. tlumočník, či kompetentní osoba, které měla předpověď uzpůsobit místním podmínkám a signalizovat dál. Předpovědi byly signalizovány s pomocí sítě stožárů na kopcích. Osoby tlumočnicků nám připomínají, že podstatou úspěchu protipovodňové ochrany je na jedné straně dobrá a rychlá předpověď a její srozumitelná formulace. Na druhé straně stojí kromě obětavosti hasičů a zachránců i poučená část veřejnosti, která nebezpečí povodní rozumí anebo chce rozumět. Proto si vážíme zájmu všech, kteří věnují lokální povodňové historii čas. Jednou z nešťastných okolností katastrofálních povodní v povodí Ahry v roce 2021, kdy zahynulo ca 120 osob a mnohem víc bylo ohroženo, byly zakořeněné špatné představy o typických příčinách místních povodní.

Literatura:

- ELLEDER, L., 2011. Nejvýznamnější povodně v Jizerských horách. In: Karpaš, R. (ed.). *Voda blízko nás: povodeň na severu Čech*, 7. srpna 2010. Liberec, s. 28–36.
- ELLEDER, L., 2015. Historical changes in frequency of extreme floods in Prague. *Hydrology and Earth System Sciences*, roč. **19**, č. 10, s. 4307–4315.
- ELLEDER, L., ŠÍROVÁ, J., 2021. Extrémní povodně v ČR 1118–2021 a jejich mapové zpracování v nové aplikaci Krolmus-MEF. *Meteorologické zprávy*, roč. **74**, č. 6, s. 181–187. ISSN 0026-1173.
- BLÖSCHL, G., KISS, A., VIGLIONE, A., BARRIENDOS, M., BÖHM, O., BRÁZDIL, R., ELLEDER, L., ... & WETTER, O., 2020. Current European flood-rich period exceptional compared with past 500 years. *Nature*, roč. **583**, č. 7817, s. 560–566.
- ELLEDER, L., DAÑHELKA, J., ŠÍROVÁ, J., 2025. Povodeň v červnu 1824 podle poznámek A. M. Davida. *Meteorologické zprávy*, roč. **78**, č. 2, s. 42–55. ISSN 0026-1173.

Záhada vlivu počasí na havárii letadla 23. února 1945 na svahu Obřího hřebene v Krkonoších

Miloslav Müller^{1,2}, Kateřina Skripniková³, Rudolf Brázdil^{4,5}, Kateřina Chromá⁶

¹ Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v. v. i., oddělení meteorologie, Boční II 1401, 141 00 Praha 4, muller@ufa.cas.cz

² Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, katedra fyzické geografie a geoekologie, Albertov 6, 120 00 Praha 2

³ Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v. v. i., oddělení meteorologie, Boční II 1401, 141 00 Praha 4, skripka@ufa.cas.cz

⁴ Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Geografický ústav, Kotlářská 2, 611 37 Brno, brazdil@geogr.muni.cz

⁵ Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i., oddělení analýzy proměnlivosti změn klimatu, Bělidla 4a, 603 00 Brno

⁶ Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i., oddělení analýzy proměnlivosti změn klimatu, Bělidla 4a, 603 00 Brno, chroma.k@czechglobe.cz

Klíčová slova: přírodní rizika, historické počasí, reanalýza, horizontální dohlednost, mlha

1. Úvod

V letech 1851–2025 došlo v českých zemích k 13 událostem, které souvisely s počasím a z nichž každá si na našem území vyžádala nejméně 20 obětí na životech (Brázdil et al. 2026). Dvě z nich byly letecké havárie, z nichž jedna se odehrála brzy ráno 23. února 1945 na jižním svahu Obřího hřebene, který vybíhá z masivu Sněžky směrem k východu (obr. 1). Havarovaným strojem bylo německé vojenské dopravní letadlo typu JU–52 s 28 muži na palubě, z nichž 24 zahynulo. Událost dnes připomíná pamětní deska v místě havárie.



Obr. 1 Poloha pamětní desky u tzv. Traversu nad místem havárie na jižním svahu Obřího hřebene. Zdroj: www.mapy.com.

Předehrou události bylo 8. února zahájení Dolnoslezské ofenzivy Rudé armády. Ta po týdnu bojů obklíčila Vratislav (Breslau, dnes Wrocław) a do 24. února postoupila ve směru na západ až do blízkosti Zhořelce (Görlitz) a k Lužické Nise (obr. 2). Pod rouškou tmy se nacisté snažili obklíčené město letecky zásobovat a současně evakuovat zraněné vojáky do zápolí. V noci na 23. února tak z Vratislavi odstartovalo letadlo, v němž čtyřčlenná posádka přepravovala 20 zraněných německých vojáků a též další čtyřčlennou posádku jiného letadla, která krátce předtím ve Vratislavi havarovala.

Dlouho se předpokládalo, že letadlo směřovalo na některé letiště v Čechách a odchýlilo se od plánované trasy k jihu (Klimeš 1999), čemuž ale neodpovídá místo nárazu do pohraničního hřebene na jeho jižní, nikoli severní straně. Později objevené dokumenty dosvědčují, že cílem letu byly Drážďany (Klimeš 2012). Vzhledem k poloze fronty však letadlo nemohlo letět přímo k západu, nýbrž bezpochyby zamířilo nejprve k jihozápadu, aby se co nejrychleji dostalo do zápolí



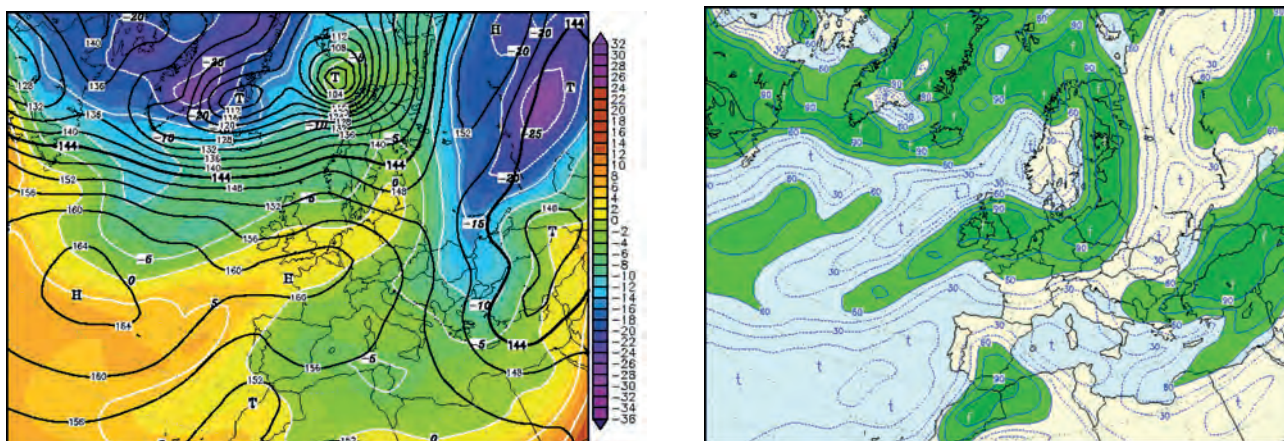
Obr. 2 Postup sovětské Rudé armády (červené šipky) ve Slezsku během Dolnoslezské operace v únoru 1945. Poloha fronty na začátku února je vyznačena dvojicí jednoduchých čar, poloha fronty 24. února dvojicí zdvojených čar. Obležení Vratislavi je znázorněno větší z modře šrafovaných ploch. Zdroj: https://en.wikipedia.org/wiki/Lower_Silesian_offensive.

Ke studiu meteorologických podmínek v širším prostoru mohou sloužit modelové výstupy některých meteorologických reanalýz, které toto období pokrývají. Mimo jiné to je Reanalýza 20. století NOAA-CIRES-DOE s horizontálním rozlišením $2,5 \times 2,5$ stupně (Slivinski et al. 2019), která je vhodná pro popis synoptické situace. Synoptické mapy průměru ansámbly této reanalýzy jsou pro Evropu vykresleny na stránkách Wetter3.de (verze 20CRv2) a Wetterzentrale.de (verze 20CRv3). Na týchž stránkách jsou vykresleny i vybrané synoptické mapy z reanalýzy CERA-20C z produkce ECMWF s horizontálním rozlišením 125×125 km (Laloyaux et al. 2018). Do roku 1945 nicméně sahá i reanalýza ERA5 s ještě jemnějším rozlišením $0,25 \times 0,25$ stupně, kterou lze využít mj. i pro rekonstrukci vertikálních profilů meteorologických prvků na stránkách Rawinsonde.com. Místo havárie spadá do pixelu, jehož střed má polohu $50,75^\circ\text{N}$, $15,75^\circ\text{E}$, tedy jen něco přes 1 km severně.

3. Výsledky

Ve článcích věnovaných havárii se opakovaně vyskytují zmínky o nepříznivém počasí během osudné noci. Krejčí (2014) píše o sněhových přeháňkách a silném větru. Protože autor předpokládal let z Vratislavi přímo na západ, přičítal odchýlení trasy letounu na jih od plánované trasy silnému bočnímu větru. Klimeš (1999) zmiňuje dokonce silnou sněhovou bouři a dále uvádí, že „meteorologická stanice na Sněžce údajně naměřila rychlost větru přes $110 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ “ (s. 9). Špatné počasí podle něj potvrdil i horský nosič Robert Hofer, který tehdy na Sněžce přenocoval. Ve svém pozdějším článku Klimeš (2020) uvádí kromě silného větru a sněžení i „sníženou viditelnost“.

O to překvapivější je pohled na synoptické mapy v noci na 23. února (obr. 3). Reanalýzy se shodují v poloze řídicí cyklony se středem severně od Norska, odkud do střední Evropy vybíhala brázda nízkého tlaku vzduchu. Ta se avšak v Čes-

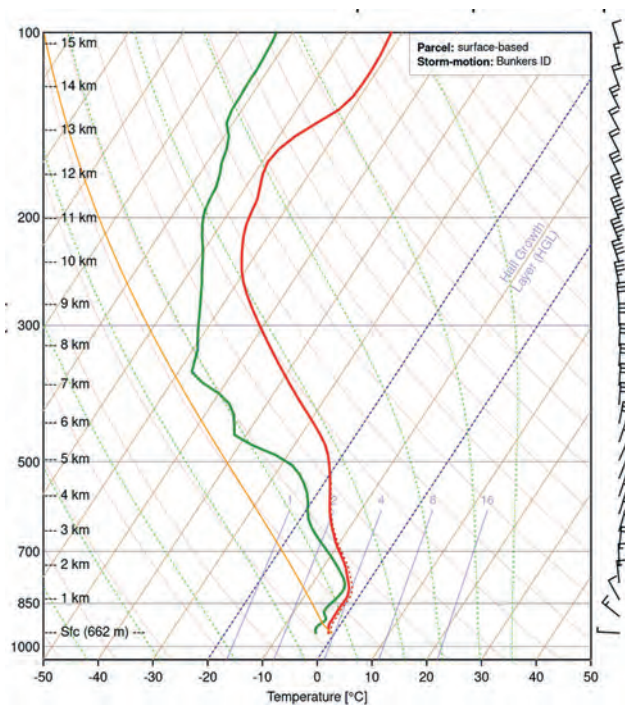


Obr. 3 Synoptické mapy geopotenciální výšky [gpdam] a teploty vzduchu [$^\circ\text{C}$] hladiny 850 hPa (vlevo) a relativní vlhkosti vzduchu [%] v hladině 700 hPa (vpravo) dne 23. února 1945 v 00 UTC podle 20CRv2. Zdroj: www.wetter3.de/archiv_gfs_dt.html.

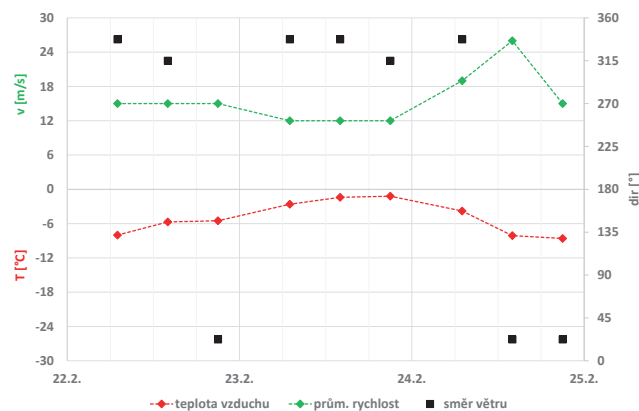
fronty, a teprve poté se stočilo na severozápad. Příčinou havárie byla pravděpodobně navigační chyba, která však byla od počátku dávana do souvislosti s nepříznivým počasím. Cílem příspěvku je tuto souvislost detailně prozkoumat a vyjasnit nesrovnalosti, které se v popisech události vyskytují.

2. Použitá data

Rekonstrukce počasí v Krkonoších v posledních měsících 2. světové války je ztížena tím, že se po jejím skončení celá oblast stala součástí jiných státních útvarů – české Sudety, které byly od podzimu 1938 připojeny přímo k Německu, se vrátily Československu, Slezsko připadlo Polsku. Pod polskou meteorologickou službu (IMGW) tak přešla i původně německá stanice na vrcholu Sněžky (Schneekoppe), kde se prováděla měření a pozorování ve třech klimatických termínech. Z archivu IMGW se podařilo získat opis výkazu stanice, který umožňuje analyzovat počasí v oblasti havárie.



Obr. 4 Zkosený diagram popisující vertikální profil teploty vzduchu (červeně), teploty rosného bodu (zeleně) a větru pomocí praporků větru dne 23. 2. 1945 v 03 UTC pro griddový bod 50,75°N, 15,75°E reanalýzy ERA5. Zdroj: https://rawinsonde.com/ERA5_Europe/.



Obr. 5. Průběh teploty vzduchu, směru a rychlosti větru na Sněžce 22.–24. února 1945.

Doplňující poznámky

Příspěvek vznikl s podporou projektu CZ.02.01.01/00/22_008/0004605 Přírodní a antropogenní georizika. Autoři děkují prof. Zbigniewu Ustrnulovi (Krakow) za poskytnutí kopie výkazu stanice na Sněžce.

Literatura:

BRÁZDIL, R., CHROMÁ, K., MÜLLER, M., LHOTÁK, J., SKRIPNIKOVÁ, K., 2026. The deadliest sudden weather-related events in the Czech Lands, 1851–2025 CE. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, roč. 26, under review. eISSN: 1684-9981.

KLIMEŠ, P., 1999. Letecké neštěstí na Sněžce. In: *Veselý výlet, sv. 14, Horní Maršov: Informační centrum Veselý výlet*, s. 8–9. Dostupné z: https://veselyvylet.cz/cz/pdf/veselyvylet_14_cz.pdf.

ku již neprojevovala, takže zde hodnoty tlaku vzduchu přepočteného na hladinu moře přesahovaly 1 030 hPa. S brázdou spojené atmosférické rozhraní mělo charakter okluzní fronty; na jižním okraji, který zasahoval do Česka, šlo o teplou frontu. V severních Čechách se tak během noci udržovala oblačnost, jejíž základna podle pseudosondáže ležela nepochybně pod úrovní horských hřebenu, což vysvětluje sníženou dohlednost (obr. 4). Naopak uváděným vysokým rychlostem větru neodpovídá ani poměrně malý horizontální, potažmo izobarický tlakový gradient, ani modelový vertikální profil větru. Srážky, na horách bezpochyby tuhé, tak nemohly být výrazněji orograficky zesilovány.

Průběh počasí zaznamenaný na meteorologické stanici Sněžka (obr. 5) odpovídá synoptické situaci. Během noci z 22. na 23. února se oteplilo o necelé 3 °C a o 0,7 hPa vzrostl i tlak vodní páry, přičemž relativní vlhkost vzduchu zůstávala po oba dny na hodnotě 100 %. Bylo zataženo, 23. února po celý den mlha s dohledností 400 m. Zaznamenané rychlosti větru 12 až 15 m·s⁻¹ vůbec neodpovídají hodnotě 110 km·h⁻¹ zmíněné Klimešem (1999). Denní úhrn evidentně tuhých srážek 22. února byl pouze 3,2 mm, přičemž výška celkové sněhové pokrývky mezi denně vzrostla ze 48 na 50 cm. Podle poznámek pozorovatele se navíc zdá, že v noci na 23. února vůbec nesněžilo, od 1. do 6. hodiny ráno je nicméně uváděn vysoko zvržený sníh.

4. Diskuze a závěr

Na základě uvedených skutečností můžeme konstatovat, že v době havárie letadla přecházel přes Česko okraj teplé fronty, takže hřebeny Krkonoše byly prokazatelně zakryty oblačností, avšak nesněžilo a rychlost větru v chybně zvolené letové hladině nebyla nijak neobvyklá, aby vysvětlovala případnou navigační chybu. Vliv počasí na leteckou havárii však můžeme spatřovat ve snížené dohlednosti, a to kvůli kombinaci mlhy a vysoko zvrženého sněhu.

Otázkou zůstává, proč byly tradované zprávy o počasí při události tak přemrštěné. Jako důvod se nabízí válečná propaganda, milosrdná lež, která mohla vyvinut posádku letadla z případné chyby v navigaci a pomoci pozůstalým vyrovnat se se ztrátou jejich blízkých.

KLIMEŠ, P., 2012. Fotoreportáž o válečné památce. In: *Veselý výlet*, sv. **38**, Horní Maršov: Informační centrum Veselý výlet, s. 16–17. Dostupné z: https://veselyvylet.cz/cz/pdf/veselyvylet_38_cz.pdf.

KLIMEŠ, P., 2020. Hmu havárie letadla JU-52 1945 [online]. Archa Krkonoš [cit. 10. 03. 2026]. Dostupné z: <https://archakrkonos.cz/udalosti/59-hmu-havarie-letadla-ju-52-1945/>.

KREJČÍ, P., 2014. Havárie a sestřely – Junkers Ju 52/3m VB+UO W.Nr 6820 [online]. Letecká badatelna [cit. 10. 03. 2026]. Dostupné z: <http://www.leteckabadatelna.cz/havarie-a-sestrelly/detail/123/>.

LALOYAUX, P., DE BOISSESON, E., BALMASEDA, M., BIDLOT, J.-R., BROENNIMANN, S., BUIZZA, R., et al., 2018. CERA-20C: A coupled reanalysis of the twentieth century. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, roč. **10**, č. 5, s. 1172–1195. ISSN 1942-2466.

SLIVINSKI, L. C., COMPO, G. P., WHITAKER, J. S., et al., 2019. Towards a more reliable historical reanalysis: Improvements for version 3 of the Twentieth Century Reanalysis system. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, roč. **145**, č. 724, s. 2876–2908. ISSN 1477-870X.

Průběh počasí na hřebenech Krkonoš v pondělí 24. března 1913

Pavel Jůza

Český hydrometeorologický ústav, RPP Ústí nad Labem, Kočkovská 2699, 400 11 Ústí n. L., pavel.juza@chmi.cz

Klíčová slova: Hanč, Vrbata, Horská služba, Pondělí velikonoční

1. Úvod

Na velikonoční pondělí 24. března 1913 se v Krkonoších konal tradiční lyžařský závod na 50 kilometrů. Na rozdíl od předchozích ročníků byl nedostatek sněhu, tak musela být trasa upravena tak, aby vedla v úsecích, kde byl ještě sníh. V den závodu ráno bylo velmi teplo, v různých pramenech se uvádí, že bylo 8 °C, a skrz řídkou oblačnost prý prosvítalo Slunce. V důsledku teplého počasí závodníci vyrazili na trasu nalehko, v košilích a mnozí bez rukavic. Během dopoledne se však počasí změnilo, začalo pršet, ochladilo se, déšť se změnil ve sněžení a vítr výrazně zesílil. Tím se značně zhoršily podmínky pro závodníky, ve sněhové vánici v promočených košilích bylo krajně obtížné pokračovat, a proto byl závod zrušen. Bohužel nejrychlejší ze závodníků, Bohumil Hanč, se o zrušení závodu nedověděl a pokračoval, bohužel i přes snahu o jeho záchranu podlehl nepříznivým podmínkám a zemřel. Nepřízni počasí podlehl i jeho přítel Václav Vrbata, který byl jedním z těch, kteří se ho pokusili zachránit. Přesné okolnosti úmrtí obou zkušených lyžařů se dosud nepodařilo zcela objasnit.

Celý případ byl již mnohokrát popsán v literatuře i ve filmech (například Synové hor nebo Poslední závod), včetně průběhu počasí, které mělo na celou tragédii zásadní vliv. Počasí je nicméně většinou popisováno slovně, z pohledu běžných účastníků. V tomto zpracování se podíváme na to, jak průběh počasí onoho osudného dne vypadal z pohledu meteorologických měření, s konkrétními daty a čísly. Dále se podíváme na to, zda s pomocí tehdejších znalostí a technologií bylo možné této tragédii zabránit nebo předejít.

2. Zpracovávání údajů

Pro vyhodnocení průběhu počasí jsem použil údaje z meteorologických stanic na území dnešní ČR nalezené v databázi CLIDATA a reanalýzy synoptické situace podle zahraničních meteorologických serverů.

Tehdy nebyla síť meteorologických stanic tak hustá jako dnes. V okolí konání závodu jedinou vhodnou stanicí pro porovnání je stanice Sněžka, nacházející se cca 14 km východně od místa konání závodu a asi o 200 metrů výše.

Pro porovnání vývoje počasí jinde v ČR byly použity především horské stanice, protože na níže položených stanicích v důsledku ranních inverzí bývá zcela odlišný průběh zejména teploty a větru než na hřebenech hor. Z tehdy dostupných stanic byly použity zejména stanice Hůrka u Prášil (1 011 m n. m.), Přísečnice, Špičák (840 m n. m.), Milešovka (833 m n. m.), Sněžka (1 603 m n. m.), Stará Ves, Alfredova chata (1 078 m n. m.) a Lysá hora (1 314 m n. m.). Orientačně bylo přihlédnuto k údajům o srážkách i z jiných stanic.

Pro informaci o synoptické situaci byly použity reanalýzy ze stránky (Wetterzentrale 2026).

3. Výsledky

V době události ještě nebyly automatické meteorologické stanice. V databázi CLIDATA jsou údaje jen ze tří klimatologických termínů denně, tedy ze 7, 14 a 21 hodin. Proto údaje o přesném průběhu počasí po hodinách nejsou k dispozici. Nicméně i měření v klimatologických termínech nám dá aspoň nějakou základní informaci.

3.1 Průběh počasí na Sněžce a okolí

Podle informací o celé události údajně ráno před startem závodu byla teplota 8 °C. Podle údajů meteorologické stanice Sněžka z ranního pozorovacího termínu byla na Sněžce teplota +3,4 °C a vítr ze směru 310° o rychlosti 4 m·s⁻¹. Start závodu měl být na Labské boudě, což je zhruba o 300 metrů níž než Sněžka, kromě toho tato lokalita je proti Sněžce poněkud v závětrí. Pokud v té době nebyla na Labské boudě řádná meteorologická stanice, dá se předpokládat, že údaje o teplotě byly převzaty z nějakého okenního teploměru. S ohledem na počasí bez mlhy, závětrnou polohu Labské boudy a o 300 metrů nižší nadmořskou výšku mohlo v této lokalitě být i o 3 °C tepleji než na Sněžce. A okenní teploměry

u vytápěných budov v zimním období běžně ukazují přibližně o 2 °C tepleji, než je skutečná teplota vzduchu ve volném terénu. Takže údaj o teplotě 8 °C za oknem Labské boudy nemusí být v rozporu s teplotou 3,4 °C na meteorologické stanici Sněžka.

V klimatologickém termínu 14 hodin již na Sněžce byla teplota -1,1 °C a vítr ze směru 360° o rychlosti 12 m·s⁻¹. A ve večerním termínu 21 hodin již teplota na Sněžce byla -2,8 °C a rychlost větru 16 m·s⁻¹. Tento průběh počasí odpovídá dopolednímu přechodu studené fronty. Pro úplnost se můžeme podívat na průběh tlaku vzduchu na Sněžce: Předchozí den v neděli ve 21 hodin to bylo 829 hPa, v pondělí v 7 hodin 825 hPa, ve 14 hodin 825,4 hPa a ve 21 hodin 829,4 hPa. V úterý v 7 ráno to pak bylo 836,1 hPa. I tento průběh odpovídá přechodu fronty v dopoledních hodinách.

Přechodu studené fronty napovídají i reanalýzy synoptické situace. Přičemž podle reanalýzy z pondělního rána byly Krkonoše ještě v teplém vzduchu, ale už za osou brázd nižšího tlaku. Reanalýza z této doby samozřejmě nemůže být zcela přesná, nicméně poloze Krkonoš za osou brázd by nasvědčoval ranní směr větru 310° na Sněžce, byť zatím slabý.

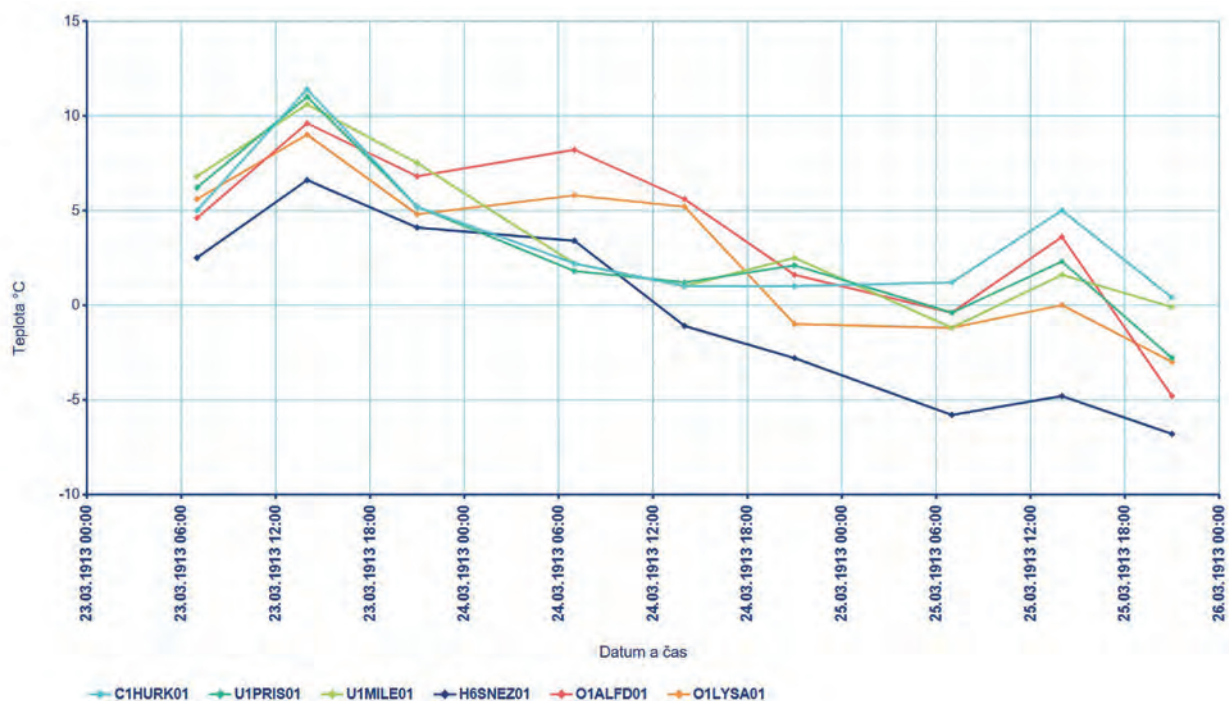
Co se týče sněhu, na stanici Sněžka bylo 23. 3. ráno naměřeno 40 cm sněhu a 24. ráno jen 36 cm, což ukazuje, že i na nejvyšším vrcholu Krkonoš při teplém počasí sníh rychle ubýval. Dne 25. 3. ráno pak bylo naměřeno 48 cm, což znamená, že během pondělí přibylo 12 centimetrů. Přičemž na vrcholu Sněžky je při silném větru větší pravděpodobnost, že sníh je sfoukáván a tolik se nehromadí. Množství srážek udává Sněžka asi 10 mm, ale je otázka, jak přesně srážkoměr ukazuje při sněžení a silném větru.

3.2 Průběh počasí na dalších stanicích

Zatímco na Sněžce bylo ráno příjemně teplé počasí, na stanicích v západní polovině Čech tomu bylo jinak. Například na stanici Milešovka ještě v neděli ráno byl slabý vítr a teplota 6,8 °C, v neděli ve 14 hodin dokonce bezvětří a teplota jarních 10,6 °C, a večer v 21 hodin již vál severní vítr o rychlosti 6 m·s⁻¹, ale ještě bylo poměrně příjemných 7,5 °C. V pondělí ráno, když v Krkonoších začínal závod, již na Milešovce bylo jen 2,2 °C a vítr 360° a 9 m·s⁻¹, tedy proti předchozímu dni výrazné ochlazení. Ve 14 hodin již na Milešovce byl jen 1,0 °C a vítr ze směru 360° dosahoval rychlosti 15 m·s⁻¹. Očividně tedy v pondělí v 7 hodin ráno již Milešovka byla po přechodu studené fronty v zesilující studené advekci.

Pro úplnost ještě můžeme dodat, že východněji ležící stanice Lysá hora, ve srovnatelné výšce jako Labská bouda, ještě 24. 3. ve 14 hodin měla teplotu jarních +5,2 °C a teprve večer v 21 hodin tam bylo naměřeno -1,0 °C.

Nový sníh byl zaznamenán na stanicích Kvilda, Červenohorské sedlo a Lysá hora, ale jen několik centimetrů, nikde to nebylo 12 cm jako na Sněžce. Na některých stanicích byly zaznamenány výraznější srážky. V okolí Krkonoš například Nové Město pod Smrkem na návětrné straně Jizerských hor uvádí 28,5 mm, Bedřichov v Jizerských horách 16,5 mm a Kristiánov kousek nad Bedřichovem 19,5 mm. Naproti tomu například Pec pod Sněžkou na závětrné straně Krkonoš uvádí jen 8,4 mm. Nelze tedy vyloučit, že na hřebenech Krkonoš mohlo napadnout výrazně víc než těch 10 mm srážek, co naměřila Sněžka.



Obr. 1 Průběh teploty vzduchu na vybraných horských stanicích ve dnech 23. až 25. března 1913.

3.3 Odhad průběhu počasí v místě závodu

Podle všeobecně zveřejňovaných informací o průběhu počasí bylo v pondělí ráno tak teplo, že závodníci vyrazili na trať v košilích, někteří i bez rukavic. Prý bylo 8 °C; okenní teploměr umístěný na Labské boudě mohl takovou teplotu skutečně ukazovat, i když na Sněžce bylo naměřeno jen 3,4 °C. Když se závodníci dostali do hřebenové polohy v nadmořské výšce kolem 1 400 m n. m., mohlo tam být tak asi kolem 5 °C, což při slabém větru a intenzivním fyzickém pohybu je teplota, která se dá vydržet.

Během dopoledne začalo pršet a ochlazovat se, a posléze se déšť změnil ve sněžení, současně zesiloval vítr. V některých zdrojích se hovoří i o vichřici. Na Sněžce, umístěné o 14 km na východ a o 200 metrů výše, než byla trasa závodu, bylo ve 14 hodin, tedy přibližně v době tragédie, naměřeno -1,1 °C a rychlost větru 12 m·s⁻¹. Je otázka, jaký v té době byl vertikální, ale i horizontální teplotní gradient. Na výrazné studené frontě i těch 14 kilometrů rozdílu může hrát roli. Vertikální teplotní gradient při vlhkosti 100 % pravděpodobně nepřesahoval 0,5 °C na 100 metrů, ale mohl být i menší, při výrazné studené advekcii těsně po přechodu studené fronty se může vyskytovat i frontální inverze nebo izotermie. Když vezmeme v úvahu, že na Milešově, v 833 m n. m., již v 7 ráno klesla teplota na 2,2 °C, vertikální teplotní gradient asi nebyl moc velký. Teplota tedy mohla být jen několik desetin pod 0 °C, nebo i něco málo pod -1 °C, ale asi můžeme téměř vyloučit, že by byla nižší než -3 °C. Je pravděpodobné, že lidé na Horních Mísečkách ve výšce kolem 1 000 m n. m. skutečně nemuseli tušit, co se nahoře děje.

Co se týče rychlosti větru, na Milešově již ráno foukalo 9 m·s⁻¹, ve 14 hodin to bylo 15 m·s⁻¹ a večer 12 m·s⁻¹. Na Sněžce ráno 4 m·s⁻¹, ve 14 hodin 12 m·s⁻¹ a večer 16 m·s⁻¹. Přitom Milešovka a Sněžka jsou horské vrcholy, které se vyznačují silným větrem, silnějším než na většině stanic v okolí. Sice máme jen 3 měření za den, takže se nedá vyloučit nějaké krátkodobé zesílení větru v dopoledních hodinách, ale vzhledem k tomu, že nešlo o letní konvektivní počasí, je spíše pravděpodobné, že na té náhorní plošině, kde se závod konal, byla rychlost větru spíše menší než na Sněžce, jen místy malinko orograficky zesílený nad rychlost větru na Sněžce. Nedá se tedy úplně vyloučit, že se vyskytla vichřice, tedy rychlost větru mimo nárazy aspoň 21 m·s⁻¹, ale spíše je pravděpodobné, že rychlost větru mimo nárazy dosahovala kolem 15 m·s⁻¹. Což samozřejmě je docela dost, při takovémto větru se v případě sněžení rychle tvoří sněhové závěje, ale vichřice to není.

Nová sněhová pokrývka, která se toho dne vytvořila, mohla na té náhorní plošině v okolí Labské louky být vyšší než těch 12 cm, co bylo naměřeno na Sněžce, a úhrn srážek nejspíše byl výrazně vyšší než těch 10 mm, co uvádí Sněžka. Přičemž část těch srážek byla ve formě deště, což nepochybně stačilo na důkladné promočení těch košilí, co závodníci měli na sobě. A při větru kolem 15 m·s⁻¹ se při nové sněhové pokrývce kolem 12 cm nebo víc musely rychle tvořit závěje. I když část toho sněhu napadla až po tragédii, ke které podle dostupných údajů došlo mezi 12 a 14 hodinou.

4. Diskuze

4.1 Počasí v době tragédie

V pondělí mezi 12. a 14. hodinou v místě konání závodu s jistou pravděpodobností bylo zataženo, mlha a teplota přibližně mezi -0,5 °C a -2 °C. Rychlost větru byla pravděpodobně kolem 15 m·s⁻¹. Průběh intenzity srážek se nedá přesně zjistit, ale je pravděpodobné, že leželo již několik centimetrů sněhu a při silném větru se vytvářely závěje. Teplota tedy nebyla tak nízká, jak by si člověk ze zveřejněných zpráv představoval, problém byl v tom, že byla kombinovaná se silným větrem, takže pocitová teplota byla výrazně nižší.

I vítr o rychlosti kolem 15 m·s⁻¹ pravděpodobně formálně nesplňoval kritéria pro vichřici, ale v kombinaci se sněžením a teplotou pod nulou se tak mohl jevit.

Avšak ani kombinace silného větru, sněžení a teploty pod nulou není na hřebenech Krkonoš nic mimořádného. Hlavní příčinou tragédie bylo to, že závodníci vyrazili na trasu jen v košilích, při dešti zmokli, a kombinace promočené košile s uvedeným počasím je smrtící, zejména pro člověka, který je vysílen po uběhnutí několika desítek kilometrů na lyžích.

4.2 Dalo se tragédii předejít?

Podle Meteorologického slovníku a dalších zdrojů pojem atmosférické fronty zveřejnil V. Bjerknes v roce 1920, takže v roce 1913 se pravděpodobně nevědělo, že to, co přechází přes Krkonoše, je studená fronta. Nicméně synoptické mapy existovaly již od poloviny 19. století, takže se vědělo, že oblasti příznivého nebo nepříznivého počasí se nějakým způsobem pohybují odněkud někam. V roce 1913 již existovaly nejen telegrafy, ale i telefony. Kdyby v Krkonoších toho rána věděli, že na Milešově se po předchozím teplém dni právě výrazně ochladilo a zesiluje tam severní vítr, možná by měli šanci udělat nějaká preventivní opatření, která by tragédii předešla. Tehdejší technika (meteorologická pozorování, synoptické mapy, telefony) by umožnila předpovědět aspoň možnost či pravděpodobnost zvratu počasí a provést nějaká opatření. Avšak neexistoval žádný výstražný systém; ti, co věděli, jaké bude počasí, nevěděli, že se někde pořádá nějaký závod, a organizátoři závodu zase nenapadlo telefonovat na nějaký úřad nebo na Milešovku s dotazem, zda se náhodou přes den nemůže prudce ochladit.

5. Závěr

Počasi, které se vyskytlo v pondělí 24. 3. 1913 během dne na hřebenech Krkonoš, nebylo na krkonošské poměry nijak mimořádné. Teplota byla něco málo pod nulou, ale pravděpodobně nebylo chladněji než $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, rychlost větru byla pravděpodobně kolem $15\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a sněžilo. Problém, který způsobil tragédii, byl v tom, že závodníci vyrazili na trasu v košilích a někteří i bez rukavic, a po dešti, který předcházal tomu sněžení, měli ty košile zcela promočené. V takovém oblečení i jinak běžné zimní počasí bylo smrtící.

Tehdejší úroveň techniky a meteorologických znalostí nebyla zdaleka na takové úrovni jako dnes, ale přesto se domnívám, že i při tehdejší úrovni by teoreticky a technicky bylo možné, aby se organizátoři dověděli, co hrozí. Co chybělo, nebyla ani tak technika a znalosti, ale organizační věci, neexistoval nějaký varovný nebo výstražný systém, který by existující informace existujícími prostředky dopravil na potřebná místa.

Literatura:

CAJTHAML, P., 2024. Hanč, Vrbata a Rath. Tři lidské příběhy z osudového závodu [online]. [cit. 15. 02. 2026]. Dostupné z: <https://www.novereconomy.cz/nove-vrchlabsko/clanky/hanc-vrbata-a-rath-tri-lidske-pribehy-z-osudoveho-zavodu>.

Česká meteorologická společnost [online]: Elektronický meteorologický slovník (eMS) [cit 12.03.2026]. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz>.

CLIDATA, 2026. CLIDATA – Climate Database Management System [interní databáze]. Praha: ČHMÚ [cit. 10. 02. 2026]. Dostupné z: ČHMÚ.

Wetterzentrale, 2026 [online]. [cit 12.03.2026]. Dostupné z: <https://www.wetterzentrale.de/reanalysis.php?jaar=1913&-maand=3&dag=24&uur=600&var=2&map=1&model=noaa>.

Měření mikroklimatických podmínek pro vývoj klíštěte obecného podél výškového transektu: Jak vysoko se klíšťatům ještě daří?

Jan Materna¹, Libor Kukačka²

¹ Správa Krkonošského národního parku, Dobrovského 3, 543 01 Vrchlabí, jmaterna@knap.cz

² Správa Krkonošského národního parku, Dobrovského 3, 543 01 Vrchlabí, lkuckacka@knap.cz

Klíčová slova: klíště obecné, přízemní teplota, přízemní relativní vlhkost vzduchu, dlouhodobé sledování

1. Úvod

Klíště obecné je významným přenašečem původců mnoha závažných onemocnění člověka. V ČR je z nich nejrozšířenější klíšťová encefalitida (vyšší stovky případů ročně) a Lymeská borrelióza (vyšší tisíce případů ročně) – viz data SZÚ. Vývoj klíštěte od vajíčka po dospělého probíhá přes dvě vývojová stádia – šestinouhous larvu a osminouhou nymfu (obr. 1). Každé z těchto stádií musí vyhledat hostitele, aby se mohlo proměnit do dalšího stádia.

Jako u většiny bezobratlých živočichů je rychlost vývoje jednotlivých stádií do značné míry dána teplotou. Teplota neovlivňuje jen vývoj jednotlivých stádií (obr. 6), ale teplotní a především vlhkostní podmínky mají značný vliv na potkání se s hostitelem. Jednotlivá „hladová“ stádia při příznivých podmínkách vylézají z povrchu půdy výše na vegetaci a číhají tam na hostitele. Jakmile se vlhkostní podmínky zhorší a klíštěti by hrozilo vyschnutí, vrací se zpět do opadanky. Za prahovou teplotu pro aktivitu klíšťat je uváděno 7 °C (MacLeod 1935). Za kritickou rovnovážnou hodnotu vlhkosti pro klíště je považována hodnota mezi 86–96 % (Knülle & Rudolph 1982). Teplota v neposlední řadě neovlivňuje jen klíště samotné (Daniel & Dusbábek 1994), ale má vliv i na vývojové cykly jimi přenášených patogenů (Daniel & Danielová 2022).

Každé vývojové stádium má pouze určitý čas k tomu, aby si našlo hostitele. Ten je dán jeho energetickými zásobami (mezi sáními krve totiž nepřijímá žádnou potravu.). V čím drsnějších klimatických podmínkách žije, tím rychleji se jeho energetické zásoby vyčerpají. Stejně zákonitosti platí i pro proměnu nasátého stádia v následující vývojové stádium. Celý vývojový cyklus klíštěte trvá v přírodě 2–3 roky.

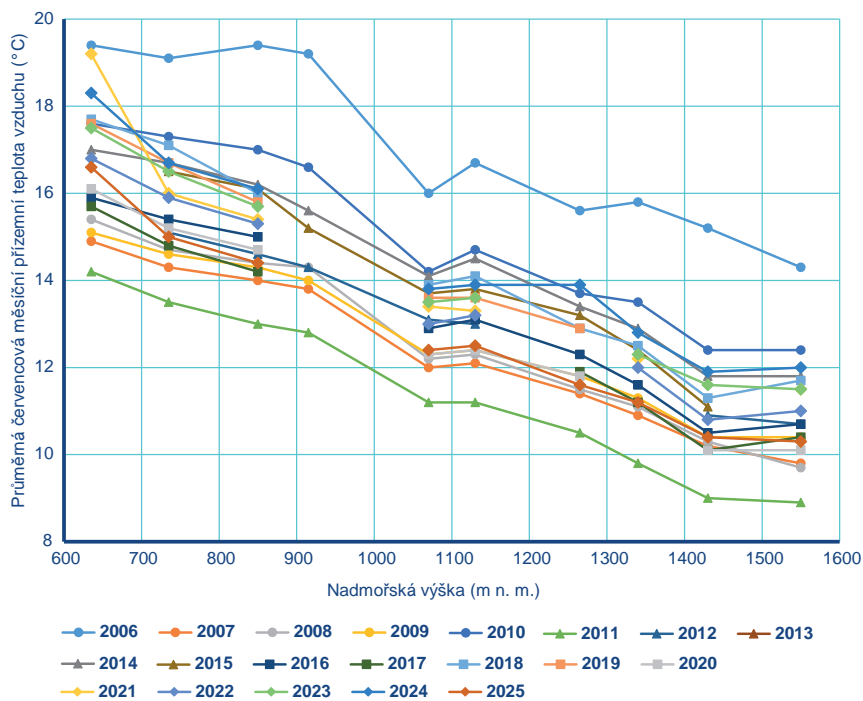
Za výškovou hranici výskytu klíštěte byla do poloviny 90. let minulého století považována nadmořská výška 700 m n. m. Tato empiricky stanovená hranice byla v terénním experimentu ověřena Danielem et al. (1988) začátkem 80. let minulého století právě v Krkonoších. Na 5 lokalitách (od Horního Maršova po svah Sněžky) sledoval přežívání a vývoj klíštěte. Jeho výsledky potvrdily, že do cca 700 m n. m. jednotlivá stádia úspěšně přežívala a vyvíjela se. Nad touto hranicí (zanesena např. jelení zvěří) mohla nějakou dobu přežít, nikdy se však zde nemohla vyvíjet.

Nad touto hranicí (zanesena např. jelení zvěří) mohla nějakou dobu přežít, nikdy se však zde nemohla vyvíjet.

Na přelomu tisíciletí byl zaznamenán vzestup horní hranice rozšíření klíštěte v ČR – např. na Šumavě, v Krkonoších i v Jeseníkách až na 1 000–1 100 m n. m., jednotlivě se klíšťata vyskytovala až k horní hranici lesa (1 250–1 300 m n. m.) – (Daniel et al. 2003, Materna et al. 2005, Materna et al. 2008, Daniel et al. 2009). To má samozřejmě vliv i na rozšiřování rizikových oblastí z hlediska jím přenášených původců onemocnění (Danielová et al. 2010).



Obr. 1 Schéma vývojového cyklu klíštěte obecného. Zdroj: vlastní schéma.



Obr. 2 Průměrná měsíční přizemní teplota vzduchu v červenci na lokalitách podél výškového transektu v jednotlivých letech sledování (2006–2025).

2. Materiál a metodika

Jednotlivá nasátá vývojová stádia klíštěte byla vysazována v klikách umístěných v drátěných pouzdrech na 10 lokalitách podél výškového transektu (tab. 1). Lokality byly voleny tak, aby představovaly pokud možno ideální prostředí pro vývoj klíštěte – tedy okraje lesních porostů (ekotony). Pouzdra byla umístěna v opadovém horizontu půdy, cca 3–5 cm pod jejím povrchem. Na každé lokalitě byla umístěna tři identická opakování vzdálená od sebe vyšší jednotky metrů. Alespoň na dvou opakováních na každé z 10 lokalit byla v kličce měřena teplota a v několika případech i relativní vlhkost vzduchu a pro srovnání rovněž teplota v neporušeném půdním horizontu cca 5 cm pod povrchem. Pro standardizaci a možnost srovnání naměřených veličin mezi lokalitami byl na každé z nich umístěn datalogger Minikin TH (výrobce: EMS Brno) v radiačním krytu, který měřil přizemní teplotu mezi 1–10 cm nad povrchem (TP) a přizemní relativní vlhkost vzduchu (HP) v 30min intervalech (v letech 2006–2018), respektive 60min (2019–2025). Pro ukládání a zpracování dat byla vyu-

Tab. 1 Přehled lokalit s vysazenými klíšťaty a umístěnými datalogery.

Plocha č.	Lokalita	N. výška (m n. m.)	Expozice svahu	Umístění radiačního krytu s čidlem*
1	Vrchlabí, Rumovka	635	J	okraj olšového lesa otevřený k JZ, přiléhající k rozsáhlé louce
2	Strážné, Na Výhledech	735	JZ	okraj smíšeného lesa otevřený k JZ, přiléhající k louce
3	Hřiběcí Boudy	850	J	okraj smrkového lesa otevřený k JJZ, přiléhající k louce
4	Husí Boudy	915	J	okraj smrkového lesa otevřený k JV, přiléhající k rozsáhlé louce
5	Pod Rennerovkami	1 070	J	okraj smrkového lesa otevřený k JZ, přiléhající k cca 5 m širokému travnatému pruhu podél 5 m široké cesty; za cestou je opět travnatý pruh a dále les
6	Přední Rennerovky	1 130	J	okraj smrkového remízu otevřený k JV, přiléhající k cca 40 m širokému travnatému pruhu s roztroušenými malými smrků (lesní pasece)
7	Klíňové Boudy, pod Cestou Stohem	1 265	JZ	okraj smrkového lesa otevřený k JZ, přiléhající k rozsáhlé louce
8	Klíňové Boudy, úbočí Zadní Planiny	1 340	JZ	okraj skupiny smrků v mozaice smrků, keřů kleče a ploch s travinami a keřů
9	Luční hora, úbočí u Koňské cesty	1 430	JZ	okraj skupiny kleče v mozaice keřů kleče a ploch se subalpínskými trávnicemi a keřů
10	Luční hora, vrchol	1 550	J	okraj soliterní skupiny kleče, obklopený alpínskými trávnicemi

*Radiační kryt umístěn vždy na okraji lesního porostu, tedy pod krytem prvních stromů, či keřů kleče.

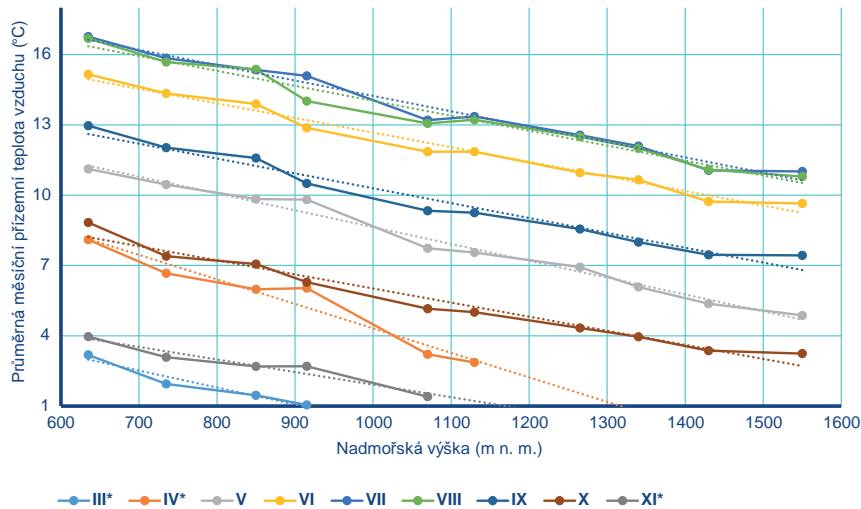
V souvislosti se změnami klimatu se objevují studie snažící se predikovat rozšíření klíštěte, avšak většinou bez přesné znalosti a popisu jednotlivých mechanismů působení klimatických faktorů. Např. vztah mezi teplotou a rychlostí vývoje klíštěte je znám pouze z konstantních laboratorních podmínek (Campbell 1948), ale ne z přirozených podmínek denního a sezónního střídání teplot.

Cílem studie uskutečněné v Krkonoších v letech 2006–2016 bylo: (i) experimentálně ověřit potenciál vývoje klíštěte podél výškového transektu a (ii) přispět k hlubšímu poznání jeho vývoje v přirozených podmínkách. Tento příspěvek přináší pilotní vyhodnocení naměřených mikroklimatických dat ve vztahu k aktivitě a vývoji klíštěte od začátku experimentu do konce roku 2025.

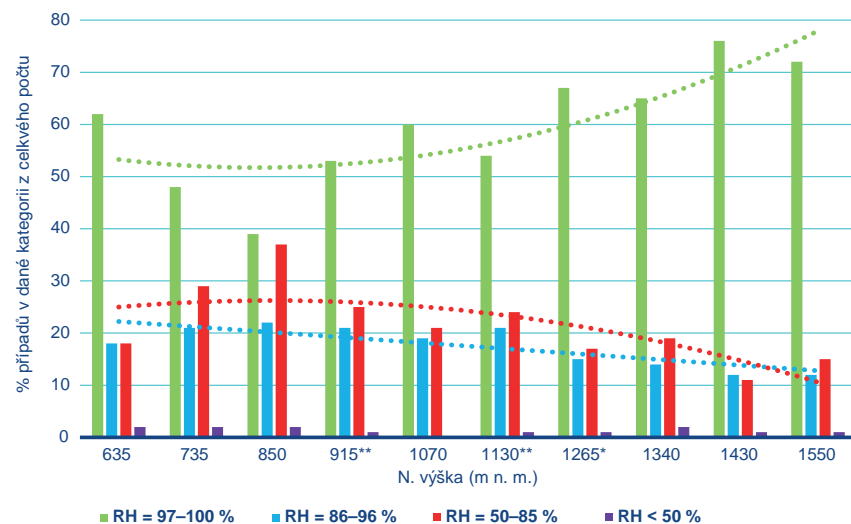
žita klimatologická databáze CLIDATA. Data prošla před zpracováním základní kontrolou, při které byly především vyřazeny chybné hodnoty mimo fyzikální rozsah měření. Výpadky hodnot v rozsahu jednotek intervalů byly interpolovány automatickými standardními procesy v databázové aplikaci CLIDATA. V rámci statistického zpracování byly vypočteny denní průměry TP aritmetickým průměrem hodinových dat. Z nich byly vypočteny měsíční průměry.

3. Výsledky & Diskuze

Průběh průměrné měsíční TP podél výškového transektu se logicky lišil v jednotlivých letech sledování – viz obr. 2 s průběhem červencových teplot. Průběh teplotního gradientu nebyl vždy lineární, některé výše položené lokality vykazovaly vyšší nebo stejnou průměrnou měsíční teplotu než nejbližší níže položená lokalita – např. lokalita v 1 130 m n. m. nebo 1 550 m n. m. Výjimečně byl průběh teplotního gradientu dosti odlišný od většiny ostatních let – viz např. rok 2006.



Obr. 3 Průměrná měsíční přízemní teplota vzduchu v jednotlivých měsících vegetačního období (březen–listopad) na lokalitách podél výškového transektu za celé sledované období (2006–2025). V měsících označených * byly do vyhodnocení zahrnuty jen ty lokality, kde se čidla nenacházela pod sněhovou pokrývkou v žádném roce sledovaného období. Tečkovaně je vyznačena spojnice lineárního trendu (jeho interval spolehlivosti je uveden v tab. 3).



Obr. 4 Četnost jednotlivých intervalů relativní vlhkosti vzduchu (RH) v období květen–říjen podél výškového transektu v celém sledovaném období 2006–2025. Četnost byla počítána z 60min měření (maximálně 86 400 měření). V jednotlivých hladinách n. výšky se počet naměřených hodnot pohyboval od 74 838 do 80 684. U nadmořských výšek označených * byl počet naměřených hodnot výrazně nižší ve srovnání s ostatními (915 – pouze 36 695 hodnot z období 2006–2014; 1130 – pouze 41 501; 1265 – pouze 63 613).

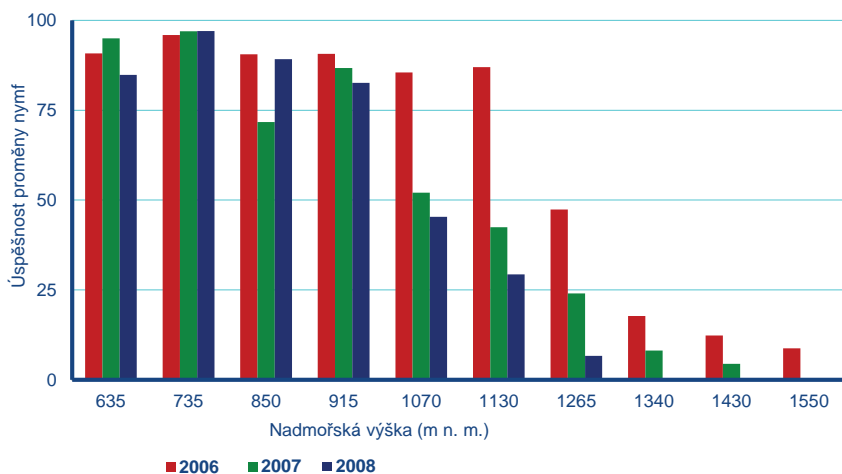
Teplotní gradient v jednotlivých měsících za celé sledované dvacetileté období měl v jednotlivých měsících velmi podobný trend (obr. 3) a silnou korelaci (viz hodnoty R^2 v tab. 2). Obecně lokalita v 920 m n. m. vykazovala v některých měsících vyšší průměrnou TP, než odpovídá lineárnímu trendu gradientu teplot, v některých naopak nižší. Lokalita v 1 070 m n. m. měla o něco nižší průměrné měsíční hodnoty TP, než odpovídá lineárnímu trendu. Naopak nejvýše položená lokalita v 1 550 m n. m. byla ve všech měsících vegetační sezóny o něco teplejší, než odpovídá lineárnímu trendu průběhu teplot na celém výškovém transektu (obr. 3).

Koeficient poklesu průměrné měsíční TP za celé sledované období se pohyboval mezi hodnotou 0,62–1,05 °C/100 výškových metrů. Nejvyšší hodnoty dosahoval na jaře (možný vliv sněhové pokrývky ve vyšších horských polohách), nejnižších na podzim (možný vliv podzemních inverzních situací). Průměrná hodnota koeficientu poklesu teploty s nadmořskou výškou činila v období květen–říjen za celé dvacetileté sledované období 0,68 °C/100 výškových metrů, který odpovídá poklesu dle nasyceně adiabatického gradientu teploty vzduchu.

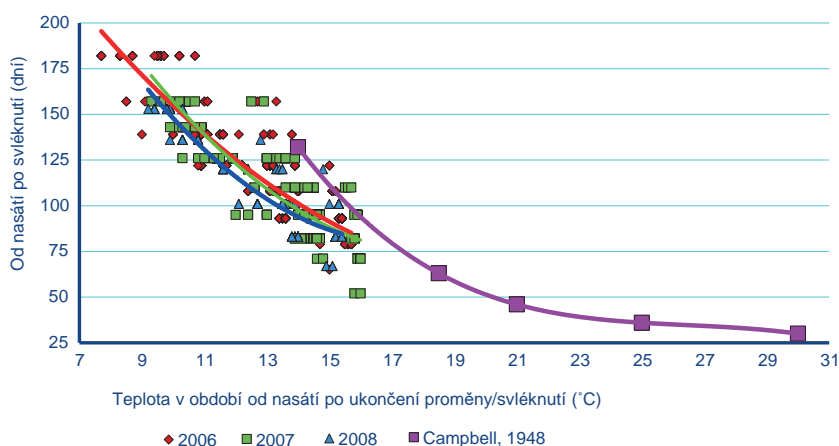
Hodnoty RP podél výškového transektu se pohybovaly v naprosté většině nad 50 % RH. Téměř úplná saturace vlhkostí (RH = 97–100 %) byla na většině lokalit zjištěna během vegetační sezóny ve více jak 50 % případech (obr. 4). Její frekvence do hladiny 850 m n. m. s rostoucí nadmořskou výškou výrazně klesala (první tři lokality). Od této výškové hladiny měla naopak rostoucí trend. Saturace vlhkostí v roz-

Tab. 2 Koeficient poklesu teploty na 100 m nadmořské výšky v jednotlivých měsících vegetačního období (březen–listopad) v letech 2006–2025 a průměrně za období V–X. V měsících označených * byly do vyhodnocení zahrnuty jen ty lokality, kde čidla nebyla ovlivněna okolo ležící sněhovou pokrývkou (v III. čtyři nejnižší položené lokality, v IV. šest lokalit, v XI. pět nejnižší položených lokalit). R^2 = hodnota spolehlivosti pro lineární trendy zobrazené na obr. 3.

Měsíc	III*	IV*	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI*	V–X
°C/100 m	0,72	1,05	0,72	0,62	0,66	0,64	0,63	0,6	0,54	0,68
R2	0,9417	0,9503	0,9851	0,9813	0,9796	0,9719	0,9688	0,9667	0,9418	



Obr. 5 Úspěšnost proměny nasátých nymf v dospělce na jednotlivých experimentálních plochách v roce 2006, 2007 a 2008.



Obr. 6 Rychlost proměny nasáté nymfy v dospělce v závislosti na konstantní laboratorní teplotě dle dat z práce Campbella (1948) a její porovnání s výsledky zjištěnými v terénním experimentu při přirozeném průběhu/kolisání teplot v závislosti na průměrné teplotě v klicce v terénním experimentu v roce 2006, 2007 a 2008. Korelační koeficienty pro polynomické trendy (R^2): 0,83 (2006), 0,83 (2007), 0,84 (2008).

výškových metrů, potvrzeném i v této studii, umožnilo plošně posun teplotních podmínek příznivých pro vývoj klíštěte minimálně o 200 výškových metrů.

4. Závěr

Předběžné výsledky provedeného terénního experimentu ukázaly **silnou teplotní vazbu vývoje klíštěte na teplotní podmínky** (obr. 6) a umožnily tak vysvětlit jeho pozorovaný posun do vyšších horských poloh. Jak vyplývá z předloženého vyhodnocení mikroklimatických dat i v horských polohách, **klíště v současnosti může nacházet lokality s příznivými teplotními podmínkami pro svůj vývoj i přijatelnými vlhkostními poměry pro čekání na hostitele**. Další zpřesnění

mezi 86–96 % RH a 50–85 % RH vykazovala logicky opačný trend. Uvedené výsledky naznačují, že klíště může ve vyšších polohách nacházet z hlediska vlhkostních podmínek srovnatelné, či příznivější podmínky než v nižších horských polohách.

Úspěšnost proměny nymf ve třech prozatím vyhodnocených letech (obr. 5) byla nejvyšší v nadprůměrně teplém létě a podzimu roku 2006, kdy více jak 80 % nymf dokázalo úspěšně dokončit svoji proměnu v nadmořské výšce 1 130 m n. m. Ve výšce 1 265 m n. m. to byla téměř polovina. Naopak v chladnějších vegetačních sezónách let 2007 a 2008 (obr. 2) 50% úspěšnosti proměny bylo dosaženo „pouze“ v 1 070 m n. m. Toto zjištění ukazuje, že oproti výsledkům Daniela et al. (1988) byla experimentálně prokázána možnost úspěšného vývoje klíštěte o 200–400 výškových metrů výše (v závislosti na průběhu počasí v dané sezóně). To plně koresponduje se současnými nálezy klíšťat v polohách minimálně 1 000 m n. m. a výše (viz v úvodu citované práce). Prokázaný výškový posun klíštěte zároveň odpovídá zjištěnému statisticky významnému trendu růstu teplot vzduchu v oblasti Krkonoš (porovnání období 1960–1990 a 1990–2016), který v jarním a letním období dosahuje přibližně 1,4 °C (Kliegrová & Kašíčková 2019). To při koeficientu poklesu teploty o cca 0,7 °C/100

a popsání vztahu mezi teplotními podmínkami a vývojem klíštěte pomocí pokročilých statistických metod může přinést nové výsledky pro zpřesnění tohoto vztahu a jeho využití pro modelování a predikci jeho vývoje a rozšíření.

Literatura:

- CAMPBELL, J. A., 1948. The life history and development of the sheep tick *Ixodes ricinus* Linnaeus in Scotland, under natural and controlled conditions. Ph.D. thesis. University of Edinburgh.
- DANIEL, M., ČERNÝ, V., ALBRECHT, V., HOZÁKOVÁ, E., 1988. Mikroklima v různé nadmořské výšce Krkonoš a jeho vliv na existenci klíštěte *Ixodes ricinus* (L). *Opera Corcontica*. roč. **25**, s. 76–110.
- DANIEL, M., DANIELOVÁ, V., KŘÍŽ, B., JIRSA, A., NOŽIČKA, J., 2003. Shift of the tick *Ixodes ricinus* and tick-borne encephalitis to higher altitudes in central Europe. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*. roč. **22**, s. 327–328.
- DANIEL, M., DUSBÁBEK, F., 1994. Micrometeorological and microhabitat factors affecting maintenance and dissemination of tick-borne diseases in the environment. In: *Sonenshine, D., E., Mather, T., N. (eds.): Ecological dynamics of tick-borne zoonoses*. Oxford University Press, Oxford.
- DANIEL, M., MATERNA, J., HONIG, V., METELKA, L., DANIELOVÁ, V., HARČARIK, J., KLIEGROVÁ, S., GRUBHOFFER, L., 2009. Vertical distribution of the tick *Ixodes ricinus* and tick-borne pathogens in the northern Moravian mountains correlated with climate warming (Jeseníky Mts, Czech Republic). *Cent Eur J Public Health*. roč. **17**, č. 3, s. 139–45.
- DANIELOVÁ, V., DANIEL, M., 2022. Climate, ticks and tick-borne encephalitis in Central Europe. In: *Nuttall, P. (ed.): Climate, ticks and disease*. CABI, Wallingford. s. 331–340.
- DANIELOVÁ, V., DANIEL, M., SCHWARZOVÁ, L., MATERNA, J., RUDENKO, N., GOLOVCHENKO, M., HOLUBOVÁ, J., GRUBHOFFER, L., KILIÁN, P., 2010. Integration of a tick-borne encephalitis virus and *Borrelia burgdorferi* sensu lato into mountain ecosystems, following a shift in the altitudinal limit of distribution of their vector, *Ixodes ricinus* (Krkonoše mountains, Czech Republic). *Vector Borne Zoonotic Dis*. roč. **10**, č. 3, s. 223–230. Dostupné z: <https://doi.org/10.1089/vbz.2009.0020>.
- KLIEGROVÁ, S., KAŠIČKOVÁ, L., 2019. Změny teploty vzduchu a úhrnů srážek v období 1961–2016 v Krkonoších, *Meteorologické zprávy*, roč. **72**, č. 3, s. 88–93. ISSN 0026-1173.
- KNÜLLE, W., RUDOLPH, D., 1982. Humidity Relationships and Water Balance of Ticks In: *Frederick D, Obenchain N RG (eds): Physiology of Ticks*. Pergamon. s. 43–70.
- MACLEOD, J., 1935. *Ixodes ricinus* in relation to its physical environment II The factors governing survival and activity. *Parasitology*. roč. **27**, s. 123–144.
- MATERNA, J., DANIEL, M., DANIELOVÁ, V., 2005. Altitudinal distribution limit of the tick *Ixodes ricinus* shifted considerably towards higher altitudes in central Europe: results of three years monitoring in the Krkonoše Mts (Czech Republic). *Cent Eur J Publ Health*. roč. **13**, s. 24–28.
- MATERNA, J., DANIEL, M., L., METELKA, L., HARČARIK, J., 2008. The vertical distribution, density and the development of the tick *Ixodes ricinus* in mountain areas influenced by climate changes (The Krkonoše Mts., Czech Republic). *International Journal of Medical Microbiology*. roč. **298**, č. S1, s. 25–37.

Změny krkonošských luk jako reakce na změny klimatu

Hana Skálová¹, František Krahulec², Stanislav Březina³, Věra Hadincová⁴, Sylvie Pecháčková⁵, Tomáš Herben⁶

¹ Botanický ústav AV ČR, Zámek 1, 252 43 Průhonice, hana.skalova@ibot.cas.cz

² Botanický ústav AV ČR, Zámek 1, 252 43 Průhonice, frantisek.krahulec@ibot.cas.cz

³ Krkonošský národní park, Oddělení monitoringu a podkladů k péči, Dobrovského 3, 543 01 Vrchlabí, sbrezina@krap.cz

⁴ Botanický ústav AV ČR, Zámek 1, 252 43 Průhonice, veroslava.hadincova@ibot.cas.cz

⁵ Západočeské muzeum v Plzni, Kopeckého sady 2, 301 00 Plzeň, spechackova@zcm.cz

⁶ Botanický ústav AV ČR, Zámek 1, 252 43 Průhonice + Přírodovědecká fakulta University Karlovy, Katedra botaniky, Benátská 2, 128 00 Praha 2, tomas.herben@ibot.cas.cz

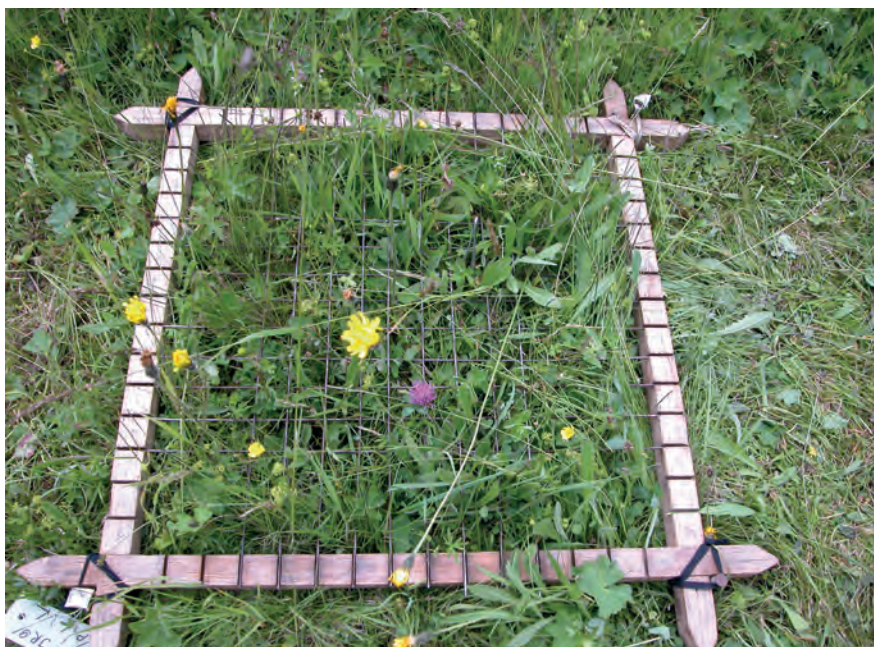
Klíčová slova: horské louky, druhové složení společenstva, dynamika, teplota, srážky

1. Úvod

Luční porosty představují podstatný prvek přírody Krkonošského národního parku a přitahují značnou pozornost, která se promítá do jejich zvýšené ochrany. Pokud jsou louky řádně udržovány, sekány a případně lehce přihnojovány nebo paseny, jak tomu bylo od doby jejich vzniku v průběhu kolonizace hor v 17. století, nedochází u nich na první pohled k žádným výrazným změnám. Pokud se ale podíváme na vegetaci detailněji, uvidíme poměrně výraznou dynamiku jednotlivých druhů i celého porostu.

2. Metodika

Od roku 1985 sledujeme druhové složení a jeho dynamiku na malé škále na louce na Braunových Boudách, kde máme trvalé plochy. Vegetaci na plochách sledujeme každoročně na vrcholu vegetační sezóny (okolo poloviny června). Plochy jsou velké 0,5 × 0,5 m, rozdělené do 225 políček 3,3 × 3,3 cm. V každém políčku zjišťujeme četnost jednotlivých druhů, počítáme odnože trav a ostřic, trsíky malých bylin (např. rozrazilu rezekvítku), listy velkých bylin (např. jitrocele kopinatého). To nám kromě sledování druhového složení a četnosti jednotlivých druhů umožňuje sledovat i vztahy mezi jednotlivými druhy, např. zjišťovat, které druhy se vyskytují společně v těsném sousedství nebo které si vzájemně konkurují. Na závěr odečtu plochu ostříháme a biomasu roztřídíme do druhů, což je další ukazatel jejich četnosti.

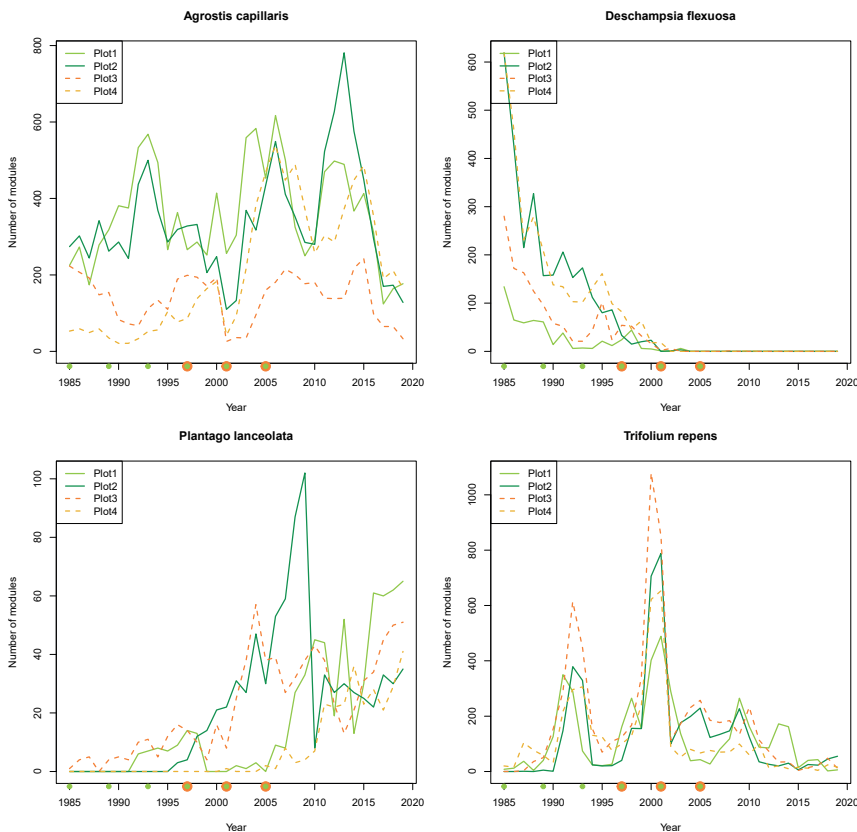


Obr. 1 Plocha připravená k detailnímu odečtu. Foto: V. Hadincová.

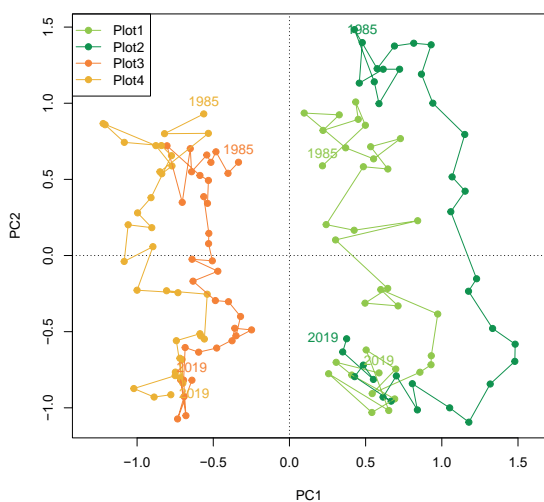
3. Výsledky a diskuse

U všech druhů dochází k meziročním změnám, které lze připisovat tomu, jak přírodní, zejména klimatické, podmínky vyhovují tomu kterému druhu. Vzhledem k tomu, že máme již delší než 30letou časovou řadu pozorování, plánujeme v budoucnosti testovat změny četnosti jednotlivých druhů s ohledem na klimatické podmínky během jednotlivých let. K tomu plánujeme využít data z nejbližší klimatické stanice v Peci pod Sněžkou. Z dlouhodobého hlediska se některé druhy drží na podobné úrovni (obr. 2a), některé ubývají (obr. 2b), jiné přibývají (obr. 2c), některé tvoří celkem pravidelné cykly (obr. 2d). Přesné příčiny chování

jednotlivých druhů neznáme. U psinečku (obr. 2a) může připadat jeho široká ekologická amplituda, čemuž by odpovídalo i jeho široké rozšíření. Za poklesem četnosti metličky (obr. 2b) velice pravděpodobně stojí úbytek kyselých srážek, které přímo souvisely s provozem hnědouhelných elektráren v sousední Německé demokratické republice. Po jejich odstavení došlo k regeneraci půdy, zejména k vzestupu pH z 4,7 v roce 1981 na 5,5 v roce 2000. Jitroceli (obr. 2c) může vyhovovat nárůst teploty. Jetel (obr. 2d) vykazuje spolu s dalšími motýlokvětými pravidelné 8–9leté cykly, kdy v době poklesu četnosti motýlokvětých dochází k výraznému zvýšení četnosti trav. V těchto cyklech mají rozhodující roli motýlokvěté, u kterých se vyskytuje jistý typ auto-inhibice zapříčinené s největší pravděpodobností nárůstem četnosti parazitů.



Obr. 2 Příklad změny četnosti druhů na 4 plochách (tečky na ose x udávají roky, kdy byly plochy hnojeny).



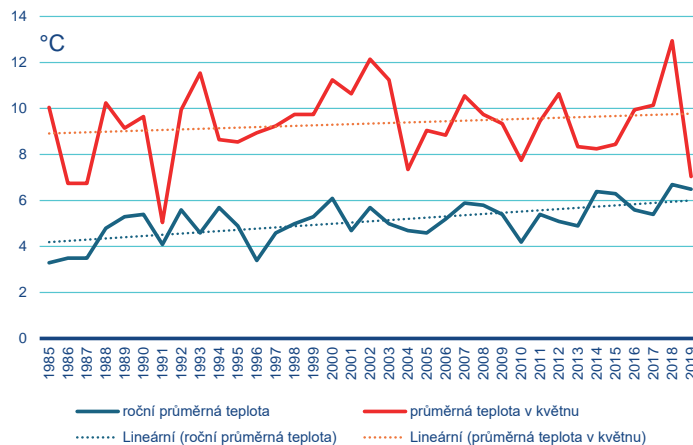
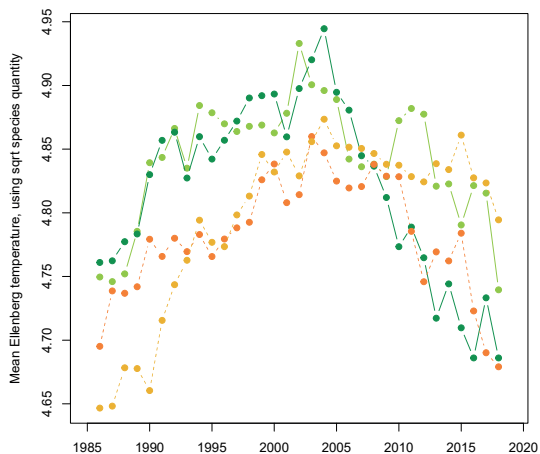
Obr. 3 Pozice jednotlivých ploch v jednotlivých letech, kdy osy PC1 a PC2 postihují základní rozdíly v celkovém druhovém složení vegetace jednotlivých ploch během času.

Mění se i celkové složení rostlinného společenstva (obr. 3). Z obrázku je zřejmé, že ačkoli se jednotlivé plochy mezi sebou liší, jejich časový vývoj je v zásadě velmi podobný a napovídá vlivu nějakého poměrně silného faktoru.

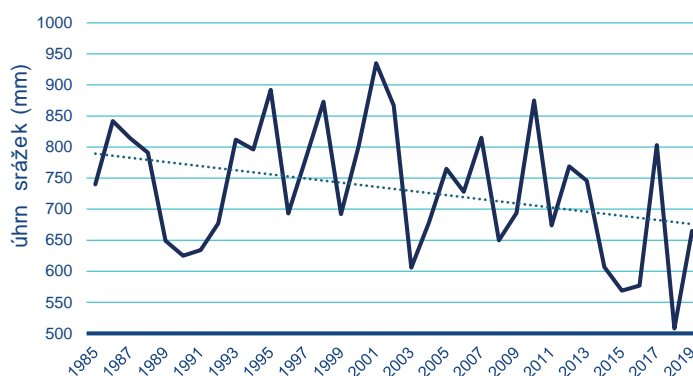
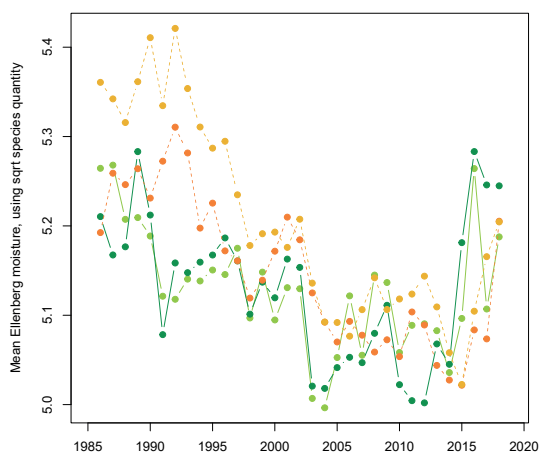
K podrobnějšímu vyjádření změn jsme použili Ellenbergovy indikační hodnoty. Jejich koncept vychází z běžné terénní zkušenosti, kdy řada druhů je svým výskytem vázána na stanoviště, která svými vlastnostmi vyhovují ekologickým nárokům jednotlivých druhů. Hodnoty tak vypovídají o životním optimu druhů podél základních ekologických gradientů, jako je světlo, teplota, kontinentalita, vlhkost, živiny a půdní reakce. Pro charakteristiku společenstva jsme použili vážené průměry příslušných hodnot. Změny lze částečně přičíst změně klimatu, kdy dochází ke změně teplotních preferencí společenstva. Nárůst teplomilných druhů do 2005 je vysvětlitelný nárůstem teplot, zatímco jejich následný pokles je hůře vysvětlitelný, protože teplota stále stoupá (obr. 4). V úvahu připadá vliv kratšího trvání sněhové pokrývky, a tím delší sezóny, kdy dochází k růstu chladnomilnějších druhů v době, kdy byla dříve louka pod sněhem (duben, říjen/listopad); další možností je vymrzání teplomilných druhů v tomto období.

Dochází i ke změně vlhkostních preferencí společenstva, kde je patrný takřka setrvalý nárůst podílu druhů lépe tolerujících sucho. Tato změna je vysvětlitelná jak úbytkem srážek, tak jejich nerovnoměrného rozložení, ale i nárůstem teplot, což vede k vyšší evapotranspiraci.

V poslední řadě je třeba zmínit strmý nárůst četnosti druhů vyžadující nižší kyselost půdy. Tento trend je nejvýraznější ca do roku 1993 a je ho možno vysvětlit fungováním a uzavíráním elektráren (obr. 6). Typickým příkladem ubývajícího druhu je výše zmíněná kyselomilná metlička (obr. 2b). Následný pokles (ca po roce 2010) by bylo možno připsat nárůstu koncentrace oxidů dusíku, případně kyslíčnicku uhličitého ve vzduchu.



Obr. 4 Změny teplotních preferencí lučního společenstva (vlevo) na pozadí trvalého nárůstu průměrných ročních teplot vzduchu a průměrných teplot v květnu, v době nejvýraznějšího růstu společenstva (vpravo), stanice Pec pod Sněžkou (data ČHMÚ).



Obr. 5 Změny vlhkostních preferencí lučního společenstva (vlevo) na pozadí trvalého úbytku roční sumy srážek Královéhradeckého kraje (vpravo). Zdroj dat: ČHMÚ.

Literatura:

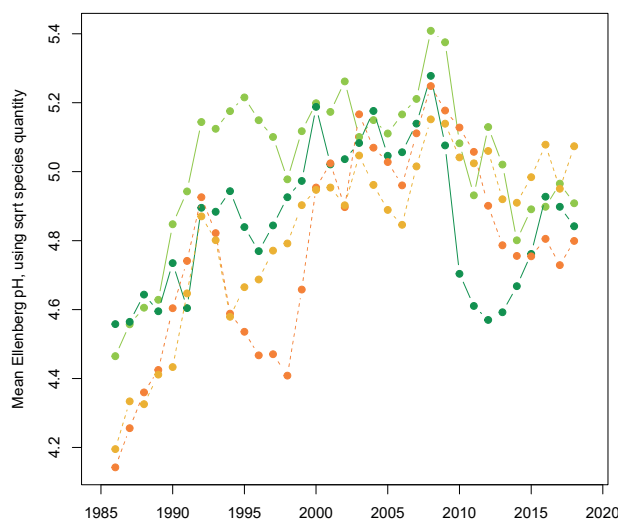
BŘEZINA, S., PECHÁČKOVÁ, S., SKÁLOVÁ H., KRAHULEC, F., 2023. Louky. Dobrodružství poznávání. Praha: Academia. ISBN 978-80-200-3349-9.

ČHMÚ, 2021. Průměrné denní teploty [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 30. 11. 2021]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/denni-data/Denni-data-dle-z.-123-1998-Sb#>.

HERBEN T., MAYEROVÁ H., SKÁLOVÁ H., HADINCOVÁ, V., PECHÁČKOVÁ, S., KRAHULEC, F., 2017. Long-term time series of legume cycles in a semi-natural montane grassland: evidence for nitrogen-driven grass dynamics? *Functional Ecology*. roč. **31**, s. 1430–1440.

SKÁLOVÁ, H., HADINCOVÁ, V., KRAHULEC, F., PECHÁČKOVÁ, S., HERBEN, T., 2022. Dynamics of a mountain grassland: Environment predicts long-term trends, while species traits predict short-term fluctuations. *Journal of Vegetation Science* 33: e13138. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/jvs.13138>.

ZELENÝ, D., 2012. Poznámky k používání průměrných Ellenbergových indikačních hodnot při analýze vegetačních dat. *Zprávy České Botanické společnosti*. Praha. roč. **47**, s. 159–178.



Obr. 6 Změny preferencí půdní reakce (pH) lučního společenstva.

III. Meteorologická a jiná měření v Krkonoších a v dalších pohořích

Rychleji až na vrchol: silnice a turistické stezky jako mikroklimatické zkratky pro šíření nepůvodních druhů rostlin

Michaela Vítková¹, Jan Čuda¹, Anna Lučanová¹, Vojtěch Vítek^{1,2}, Petr Pyšek^{1,3}

¹ Botanický ústav AV ČR, v. v. i., Oddělení ekologie invazí, Zámek 1, 252 43 Průhonice, michaela.vitkova@ibot.cas.cz, jan.cuda@ibot.cas.cz, anna.lucanova@ibot.cas.cz, vitekvo@natur.cuni.cz, petr.pysek@ibot.cas.cz

² Přírodovědecká fakulta UK, Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, Albertov 6, 128 00 Praha 2

³ Přírodovědecká fakulta UK, Katedra Ekologie, Viničná 7, 128 00 Praha 2

Klíčová slova: horská vegetace, inovativní metody monitoringu, mikroklima, rostlinné invaze, silniční a cestní lemy

1. Úvod

Horské ekosystémy hostí třetinu suchozemských druhů a polovinu významných světových center biodiverzity. V důsledku globálních změn dochází k výrazným posunům v druhové skladbě vegetace a šíření nepůvodních druhů do citlivých horských společenstev, což vede k úbytku vzácných taxonů, často endemitů a glaciálních reliktních (Haider et al. 2022, Barros et al. 2025). Tyto procesy způsobují ztrátu biodiverzity, degradaci ekosystémových funkcí a služeb a snížení odolnosti krajiny vůči extrémním klimatickým jevům.

V rámci mezinárodní sítě MIREN (Mountain Invasion Research Network) bylo prokázáno, že horské silnice a turistické stezky fungují jako koridory, které umožňují šíření nepůvodních druhů a původních druhů z nižších poloh do vyšších nadmořských výšek. Díky změněnému mikroklimatu, disturbancím a oslabené konkurenci mohou tyto druhy přežívat i mimo své přirozené výškové optimum. Mikroklima podél komunikací se přitom může lišit natolik, že odpovídá klimatu v polohách o několik stovek metrů níže (Lembrechts et al. 2018). Zimní teploty ovlivněné změnami sněhové pokrývky v důsledku zimní údržby komunikací jsou méně významné než zvýšení letních teplotních sum (GDD), které prodlužují vegetační sezónu. Klimatická změna sama o sobě přitom vede v alpských ekosystémech k několikanásobně rychlejší změně druhového složení než v lesích a travních porostech (Yue et al. 2026). Horské silnice tento již tak akcelerovaný proces dále zesilují, neboť nejen usnadňují šíření diaspor, ale prostřednictvím změn mikroklimatu lokálně ještě prohlubují dopady oteplování (Lembrechts et al. 2018).

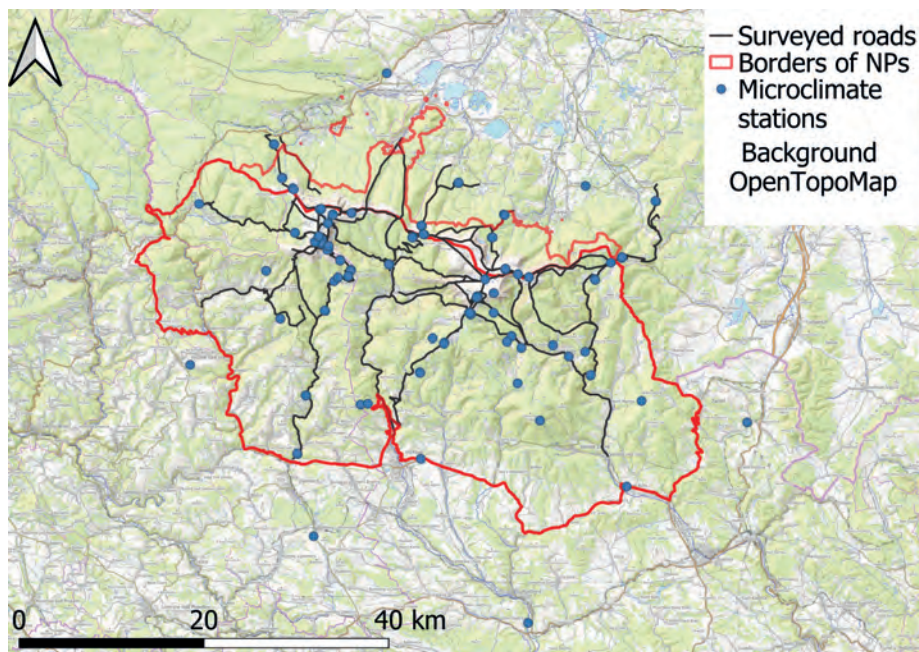
Cílem našeho výzkumu je dlouhodobě sledovat šíření rostlin podél silnic a turistických stezek do arкто-alpínské tundry Krkonoš (z české i polské strany), a to jak nepůvodních, tak i druhů z podhůří, kvantifikovat klíčové mechanismy tohoto procesu a včas odhalit potenciálně nebezpečné druhy pro unikátní tundrová společenstva.

2. Metodika

Monitoring druhového složení vegetace silničních a cestních lemů v české části Krkonoš byl iniciován RNDr. Janou Husákovou v roce 1976 a dodnes představuje unikátní dataset v celosvětovém měřítku. Z historického souboru 700 cestních úseků bylo v letech 2013–2015 zopakováno 250 úseků a nově vymezeno 100 úseků (obr. 1) tak, aby byly zahrnuty silnice a turistické stezky vedoucí napříč výškovým gradientem a pokrývaly kompletní cestní síť v arкто-alpínské tundře. Další fáze monitoringu proběhne s přibližně desetiletým odstupem v rámci nového projektu TAČR SQ02010073, který zároveň rozšíří dataset o úseky na polské straně Krkonoš a umožní tak kompatibilní přeshraniční srovnání v odlišném typu reliéfu.

Šíření lemových druhů do arкто-alpínské tundry je studováno na sedmi transektech s 64 trvalými plochami, kde jsou od roku 1998 sledovány změny vegetace i půdních vlastností. Mikroklimatická měření proběhla poprvé v roce 2000 na 150 m dlouhém transektu napříč komunikací na Labskou boudu pomocí trojice rtuťových teploměrů ve výškách 5,20 a 150 cm nad povrchem. V roce 2021 byly instalovány autonomní stanice TOMST (TMS4) ve vzdálenostech 2,50 a 150 m od komunikace. Stanice jsou vybaveny třemi teplotními senzory (rozlišení 0,062 5 °C, přesnost ±0,5 °C) umístěnými na povrchu půdy a v hloubkách 6 a 16 cm (doporučený teplotní rozsah –40 až +60 °C) a jedním senzorem půdní vlhkosti (11–21 cm). Data jsou ukládána pomocí softwaru Lolly Manager. Napájení zajišťuje lithiová baterie (3,6 V; 2 600 mAh) s životností přibližně 10 let; přenos dat probíhá přes USB adaptér.

V roce 2017 byla část úseků v západních Krkonoších podél silnice z Jilemnice na Labskou boudu zapojena do mezinárodní sítě MIREN, kde jsou dlouhodobě monitorovány zejména změny druhového složení silničních a cestních lemů a změ-



Obr. 1 Mapa zachycující cestní síť s monitorovaným druhovým složením silničních a cestních lemů (250 úseků pro historické srovnání s rokem 1976, 50 úseků nově vymezených v letech 2013–2015 na české straně a 50 úseků vymezených v roce 2021 na polské straně). Body označují rozmístění autonomních stanic TOMST týmů z BÚ AV ČR, které jsou součástí celosvětové databáze SoilTemp (Lembrechts et al. 2020).

ny půdní vlhkosti a teploty. Jednorázově bylo v roce 2020 provedeno také srovnání složení půdy v lemových a přirozených porostech na výškovém gradientu. Pro monitoring vegetačních změn byla v součinnosti s českým týmem vyvinuta celosvětová standardizovaná metodika (Haider et al. 2022). Současně byla v rámci mezinárodních sítí SoilTemp (Lembrechts et al. 2020) a ASICS (viz samostatný příspěvek) instalována síť 120 autonomních stanic TOMST v české i polské části Krkonoš (viz obr. 1). To umožňuje srovnání na globální úrovni v člancích publikovaných v renomovaných vědeckých časopisech (např. Kempainen et al. 2024, Barros et al. 2025).

Protože botanický výzkum prováděný tradičním pozemním průzkumem je časově, personálně i finančně velmi náročný,

jsou v posledních letech v rámci projektů TAČR SS07020317 a nově i SQ02010073 testovány inovativní metody monitoringu šíření nepůvodních druhů rostlin. Výsledkem bude metodika pro monitoring šíření rostlinných druhů podél komunikací s využitím mobilního kamerového systému CamAlien umístěného na vozidle a bezpilotních leteckých prostředků (UAV) pro jejich detekci ve volné krajině.

3. Výsledky

Vyhodnocení padesátiletých změn v šíření rostlinných druhů podél silnic a turistických cest na výškovém gradientu, stejně jako identifikace a kvantifikace klíčových mechanismů urychlujících jejich šíření, včetně klimatických vlivů na základě dat z meteorologických stanic ČHMÚ a mikroklimatických dat ze senzorů TOMST, patří mezi hlavní cíle nově zahájeného projektu TAČR SQ02010073. Budou zde využity i výstupy projektu TAČR RekreEnvi SS06010402, který kvantifikuje dopady cestovního ruchu na území Krkonoš. Níže uvádíme hlavní výsledky dosavadního výzkumu, které poslouží jako vstupní data pro zmíněný projekt.

3.1 Druhové složení cestních lemů

Na 300 sledovaných úsecích bylo zaznamenáno celkem 708 taxonů rostlin, z nichž 307 proniká až do tundrových společenstev. Zatímco celkový počet druhů šířících se podél silnic zůstává s rostoucí nadmořskou výškou relativně stabilní, podél turistických stezek dochází k jeho výraznému poklesu. V cestních lemech v arкто-alpínské tundře je dlouhodobě patrný nárůst zastoupení druhů preferujících vyšší hodnoty půdní reakce, vyšší dostupnost živin a vyšší teploty, zatímco nároky na světelné podmínky se snižují. Druhové složení lemových společenstev se výrazně proměňuje podél výškového gradientu. V nižších nadmořských výškách dominují pěstované nepůvodní druhy, nížinné xerofilní až mezofilní ruderalní a luční druhy, jednoleté druhy narušovaných stanovišť a druhy listnatých lesů. V tundře tvoří druhy pocházející z nižších poloh (především luční a ruderalní) přibližně 13 % druhového spektra cestních lemů, zatímco přibližně 25 % připadá na druhy typické pro lesní okraje, paseky a sešlapávaná stanoviště.

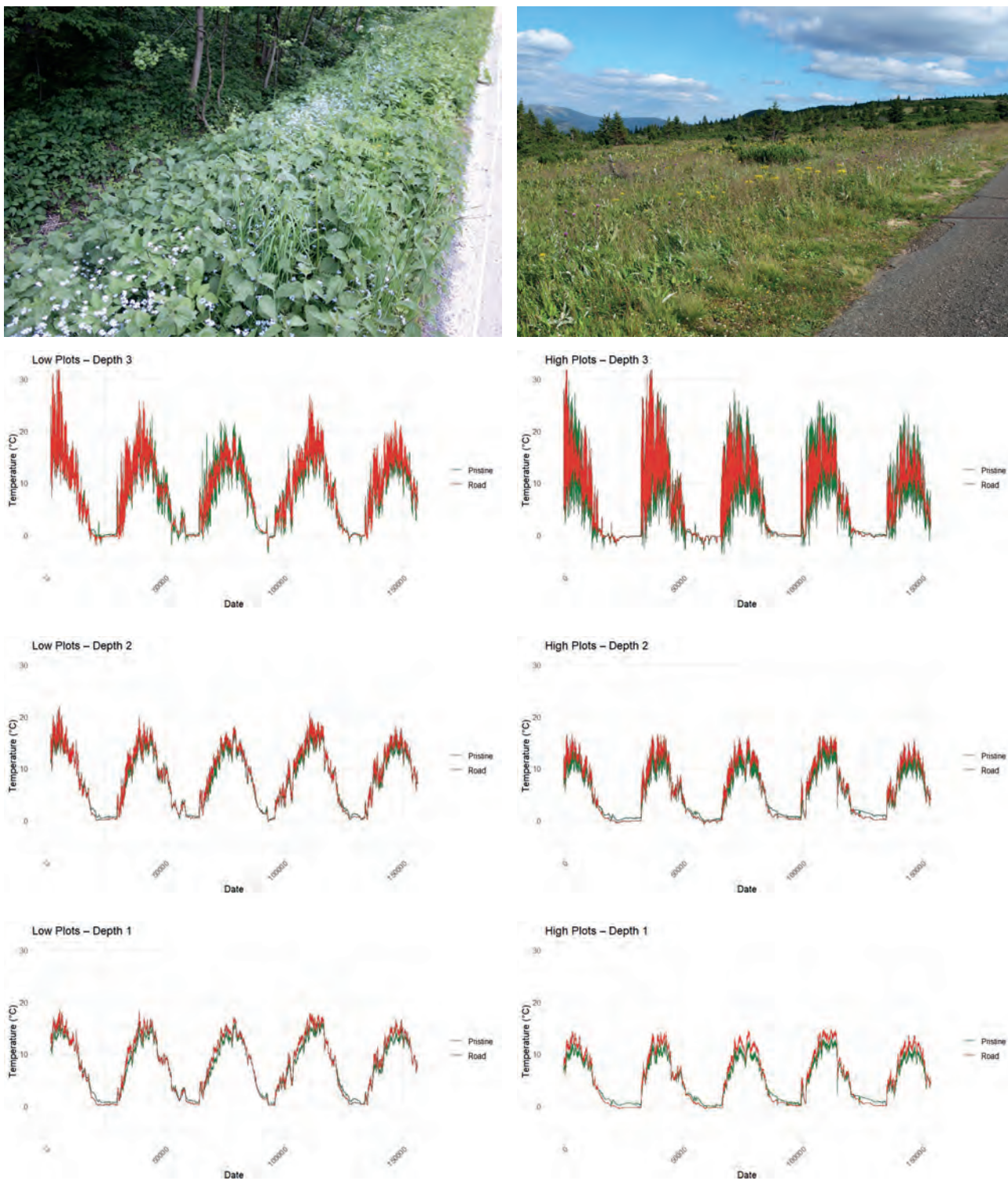
3.2 Mikroklimatické charakteristiky

Pětileté časové řady teploty půdy demonstrují na dvou úsecích silnice Jilemnice – Labská bouda (nejnižší a nejvyšší nadmořská výška ploch ze sítě MIREN) výrazný vliv silnice na mikroklima lemového porostu, který je nejzřetelnější na povrchu a s hloubkou slábne (obr. 2). Na povrchu půdy jsou v lemu vyšší maxima i krátkodobá variabilita než v přirozeném porostu, přičemž efekt je silnější v tundře než v údolí pravděpodobně vlivem vyšší radiace a mezernatého vegetačního krytu, zatímco v údolí se uplatňuje tlumící efekt lesa navzdory osluněnému a sečenému lemu. V hloubce 6 cm se rozdíly zmírňují a v 16 cm se průběhy téměř překrývají vlivem tepelné setrvačnosti půdy. Silnice tak modifikují teplotní režim

především v povrchových vrstvách a zvyšují extrémnost podmínek oslabením pufrací role přirozené vegetace, výrazněji v arкто-alpínské tundře. Zobecnění těchto vztahů bude ověřeno analýzou širšího souboru dat z dalších senzorů (obr. 1) a vyhodnocením dlouhodobých klimatických trendů na základě dat z meteorologických stanic ČHMÚ.

3.3 Půdní vlastnosti

Lemová vegetace podél silnic vykazuje výrazně asymetrický prostorový rozsah nad a pod komunikací, což naznačuje, že změna mikroklimatu nepředstavuje jediný faktor ovlivňující šíření nepůvodních druhů. Významnou roli hraje chemismus půdy. Analýza půdních vzorků z ploch zapojených do sítě MIREN prokázala zvýšené koncentrace amonného a dusična-



Obr. 2 Průběh teploty půdy v letech 2021–2025 ve třech hloubkách (povrch půdy, 6 a 16 cm pod povrchem) v lemovém porostu silnice (červeně) a v přirozeném porostu (zeleně) ve dvou nadmořských výškách (vlevo: údolí, vpravo: tundra) u silnice Jilemnice – Labská bouda, zařazené do celosvětové monitorovací sítě MIREN.

nového dusíku oproti přirozené vegetaci do 2 m od silnice, přičemž vliv nadmořské výšky je minimální. Tyto půdy se dále vyznačují nízkým obsahem fosforu, omezeným prokořeněním, vyšší skeletovitostí a mírně zásaditou reakcí, dosahující až pH 7,9. Naopak v přirozené vegetaci jsou koncentrace dostupných forem dusíku nižší a variabilnější, obsah přístupného fosforu roste s nadmořskou výškou, což je doprovázeno vyšším prokořeněním, nižší skeletovitostí a poklesem pH na hodnoty pro extrémně kyselé půdy (3–4). Výsledky ukazují, že antropogenní vliv komunikací podporuje akumulaci minerálních forem dusíku a zásadní změnu půdní reakce, zatímco přirozená vegetace udržuje stabilní hodnoty dostupného fosforu a rozvinutý kořenový systém. Klíčovým faktorem je chemické složení stavebních a posypových materiálů, nikoli nadmořská výška.

3.4 Inovativní metody monitoringu

Tradiční terénní botanické průzkumy jsou časově a logisticky náročné, proto často neumožňují včasnou detekci nových výskytů nepůvodních druhů, nezbytnou pro ochranu unikátních horských společenstev a jejich efektivní management. Mobilní kamerový systém CamAlien, instalovaný na vozidle, umožňuje kontinuální snímání vegetace podél komunikací a automatickou identifikaci cílových druhů pomocí strojového učení, zatímco bezpilotní letecké prostředky (UAV) poskytují vysoké prostorové rozlišení pro mapování vegetace a detekci šíření nepůvodních druhů v odlehlých a bezzásahových horských oblastech. Tento kombinovaný přístup, který bude testován v rámci začínajícího projektu, poskytuje rychlý, prostorově kontinuální a efektivní monitoring napříč gradientem nadmořské výšky.

4. Závěr

Na základě dlouhodobého monitoringu vegetace, mikroklimatu a půdních vlastností se ukazuje, že horské silnice a turistické stezky modifikují lokální podmínky, zvyšují extrémnost prostředí a podporují šíření nepůvodních druhů, ohrožujících endemické a reliktní taxony i stabilitu unikátních horských ekosystémů. Vyvíjená metodika integrující inovativní nástroje, jako jsou mobilní kamerový systém CamAlien a bezpilotní letecké prostředky (UAV), umožní včasnou detekci a kvantifikaci rostlinných invazí a poskytne podklady pro efektivní management a ochranu horských ekosystémů s významem jak lokálním, tak globálním. Tento výzkum poskytuje klíčové poznatky pro prevenci rostlinných invazí a zachování výjimečné biodiverzity vysokohorských regionů na celosvětové úrovni.

Poděkování:

Výzkum je podpořen zejména dlouhodobým projektem Akademie věd RVO 67985939 a bude pokračovat díky projektu TAČR SQ02010073. Velký dík patří všem kolegům, studentům a rodinným příslušníkům, kteří se v různé fázi výzkumu podíleli na terénních pracích, a Josefovi Brůnovi a Elišce Hlaváčové za zpracování grafických příloh.

Literatura:

- BARROS, A., FUENTES-LILLO, E., ASCHERO, V., PAUCHARD, A., ALVAREZ, M. A. et al., 2025. Beyond the trail – understanding non-native plant invasions in mountain ecosystems. *Global Ecology and Biogeography*, roč. **34**, č. 6, s. e70060. ISSN 1466-822X.
- HAIDER, S., KUEFFER, C., BRUELHEIDE, H., SEIPEL, T., PELLISSIER, L. et al., 2022. Standardized protocols for monitoring plant invasions along elevation gradients (MIREN). *Methods in Ecology and Evolution*, roč. **13**, č. 1, s. 123–135. ISSN 2041-210X.
- KEMPPINEN, J., LEMBRECHTS, J. J., VAN MEERBEEK, K., CARNICER, J., CHARDON, N. I. et al., 2024. Microclimate, an important part of ecology and biogeography. *Global Ecology and Biogeography*, roč. **33**, č. 6, s. e13834. ISSN 1466-822X.
- LEMBRECHTS, J. J., NAYLOR, B. J., LENOIR, J., NUÑEZ, M. A., GERONDEAU, M. et al., 2018. Microclimate variability in alpine ecosystems as affected by roads. *Global Change Biology*, roč. **24**, č. 11, s. 5186–5199. ISSN 1354-1013.
- LEMBRECHTS, J. J., LENOIR, J., RUMPF, S. B., NUÑEZ, M. A., GERONDEAU, M. et al., 2020. SoilTemp: A global database of near-surface temperature. *Global Change Biology*, roč. **26**, č. 11, s. 6616–6629. ISSN 1354-1013.
- YUE, K., VANGANSBEKE, P., MYERS SMITH, I. H., WALLER, D. M., VERHEYEN, K. et al., 2026. Contrasting thermophilization among forests, grasslands and alpine summits. *Nature*, [online] 18 March 2026. ISSN 0028-0836.

Měření sněhové pokrývky v Krkonoších a Orlických horách

Veronika Vosáhlová

Český hydrometeorologický ústav, Oddělení meteorologie a klimatologie, Dvorská 410/102, 503 11 Hradec Králové, veronika.vosahlova@chmi.cz

Klíčová slova: sněhová pokrývka, meteorologická měření, meteorologická stanice

1. Úvod k měření sněhové pokrývky

Údaje o sněhové pokrývce jsou jedním ze sledovaných měřitelných meteorologických prvků. Měří se výška celkové sněhové pokrývky (SCE), nový sníh (SNO) a vodní hodnota celkové sněhové pokrývky (SVH).

Samotné měření probíhá manuálně za pomoci pozorovatelů, pracovníků Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) nebo automaticky. V posledních letech se postupně automatizuje měření všech meteorologických prvků včetně měření sněhové pokrývky.

Mezi základní výbavu pro manuálně měřené sněhové srážky patří sněhoměr, sněhoměrné prkénko, pravítko, sněhoměrná váha a sněhoměrná tyč. Pomocí sněhoměru a sněhoměrné váhy zjišťují pracovníci ČHMÚ nebo pozorovatelé údaje o SVH. Sněhoměrné prkénko a pravítko je třeba k měření SNO a sněhoměrná tyč slouží k odečítání SCE.

Automatické sněhoměrné stanice, dále jako ASNS, jsou součástí meteorologické stanice, např. Labská bouda (obr. 1) nebo se nachází jako samostatně stojící, např. stanice Velká Deštná v Orlických horách (obr. 2). U samostatně stojících stanic je princip automatického měření SCE založen na ultrazvuku. U meteorologických stanic, kde je součástí i automatický sněhoměr, se měří SCE pomocí laserového paprsku. Na území pobočky Hradec Králové se nachází i sněhoměrný polštář.

V Krkonoších zůstává sněhová pokrývka obvykle déle než v Orlických horách, což je dáno především nadmořskou výškou. V Krkonoších dlouho leží sníh na dobře známém sněhovém poli nad Modrým dolem známém jako „Mapa republiky“, která se každoročně na jaře rýsuje na úbočí Studniční hory v nadmořské výšce 1 420 až 1 455 metrů. Dle ČESKÝ ROZHLAS (2026) nejvíce sněhu na „Mapě republiky“ Správa Krkonošského národního parku (KRNAP) zaznamenala v zimě 1999/2000, kdy tam bylo 15,7 metrů. Tehdy sněhové pole odtálo až v první dekádě srpna.

V období 1961–2023 se však klima Krkonoš dle Kašičková et al. (2024) dosti výrazně měnilo. Došlo k oteplení v ročních průměrech o přibližně 2 až 2,5 °C. Oteplení se nejvíce projevilo v létě a v zimě. Na konci tohoto období se oteplování dokonce zrychlovalo.

2. Metodika

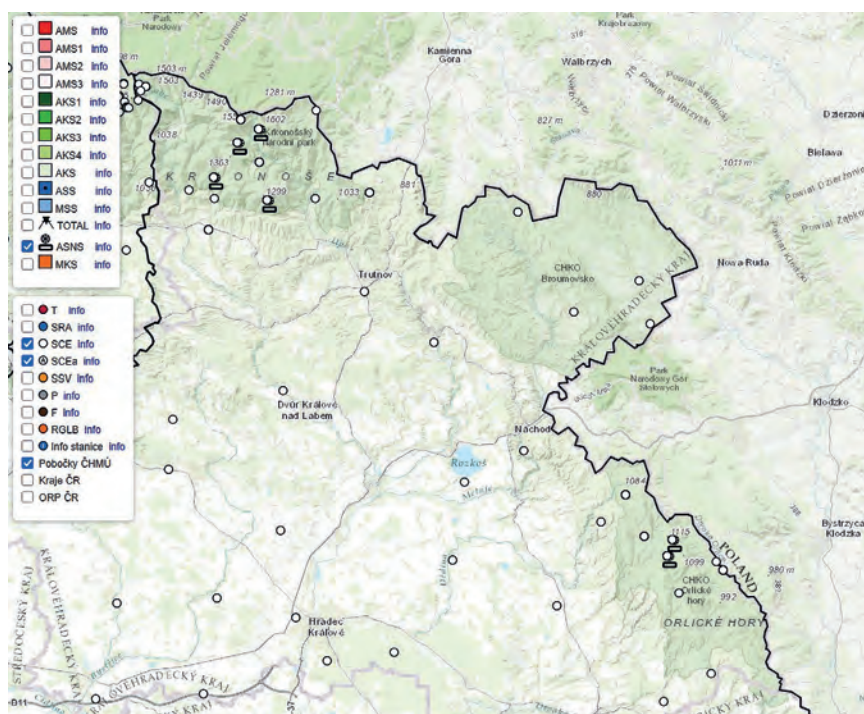
Pod působnost pobočky Hradec Králové (ČHMÚ) patří i horské oblasti části Krkonoš a Orlické hory (obr. 3). V Krkonoších i Orlických horách během zimního období každý den ASNS posílají údaje o SCE. Kde není ASNS, získávají se kaž-



Obr. 1 Automatická sněhoměrná stanice ASNS (laser paprsek), Labská bouda, únor 2026. Foto: Veronika Vosáhlová.



Obr. 2 Automatická sněhoměrná stanice ASNS (samostatně stojící, ultrazvuk), Velká Deštná, leden 2026. Foto: Veronika Vosáhlová.



Obr. 3 Přehled horských sněhoměrných stanic na území působnosti pobočky Hradec Králové (zdroj [www: https://intranet.chmi.cz](https://intranet.chmi.cz)).

Na horách bylo v roce 2023 v maximu naměřeno 167 cm celkové sněhové pokrývky, a to dne 11. 3. 2023 na Labské boudě. V zimním období 2022/2023 nejdéle sníh souvisle pokrýval Labskou boudu, a to do dne 13. 5. 2023.

V roce 2024 bylo v maximu naměřeno 163 cm celkové sněhové pokrývky, a to dne 17. 1. 2024 na Černé hoře. V zimním období 2023/2024 se jednalo o nadprůměrně teplé zimní měsíce a neobvykle deštivé, kdy nejdéle pokrýval sníh tentokrát Černou horu, a to do dne 1. 5. 2024. Pravidelná dvoudenní inspekční měření v Orlických horách, která provádí pracovníci pobočky HK a Jablonec n. N., byla dokonce z důvodu nedostatku sněhu zrušena.

V roce 2025 bylo v maximu naměřeno 141 cm celkové sněhové pokrývky, a to dne 17. 2. 2025 na Labské boudě. Nejdéle sníh souvisle pokrýval Labskou boudu, a to do dne 23. 4. 2025, v květnu ještě znovu nasněžilo kolem poloviny měsíce a znovu sníh souvisle pokrýval Labskou boudu až do dne 20. 5. 2025, poté definitivně souvislá pokrývka roztála.

dodenní údaje o SCE od pozorovatelů. Pozorovatelé manuálně měří ještě SVH každé pondělí a SNO každý den. Každý týden navíc pravidelně manuálně měří výšku SCE a SVH vybraných sněhových profilů pracovníci z Oddělení aplikované hydrologie (OAH) z Jablonce nad Nisou. Kontrolní manuální měření provádí i pracovníci z pobočky Hradec Králové.

Inspekce stanice na ASNS probíhají mimo zimní období, kdy se kontroluje SCE a SVH manuálně, i v letním období. Upravuje se zde výška vegetace v měřených profilech, a také se pravidelně kontroluje např. kolmost stožáru, stav kotvicích lan a ochranného návleku. Kontrolují se, případně upravují, plochy dopadu měřicího paprsku.

V posledních letech ubývá část pozorovatelské činnosti, naopak ASNS postupně přibývá. V roce 2024 např. došlo k instalaci na území působnosti pobočky Hradec Králové 3 ks automatických sněhoměrů. O rok později byl nově nainstalován ještě jeden sněhoměr.

Během posledních tří zimních sezón (mimo tu právě končící 2025/2026) byla v rámci Krkonoš a Orlických hor na všech automatických stanicích ASNS sledována nejvyšší dosažená hodnota maxima SCE během daného zimního období. Dále bylo sledováno i datum, ve kterém příslušná stanice svého maxima dosáhla. Okrajově je sledován také výskyt souvislé sněhové pokrývky.

3. Výsledky

V dosažení svého maxima za tři vybrané po sobě jdoucí zimní sezóny se střídají dvě stanice v Krkonoších. Jedná se o stanice na Labské boudě a Černé hoře.

4. Diskuze

Postupně se otepluje, např. podle Kliegrové a Metelky (2015) se průměrná teplota v Krkonoších v lednu v období 1961–2014 zvýšila o 2,1 °C, z čehož se dá předpokládat, že bude postupně ubývat i sněhové pokrývky. V zimním období 2023/2024 se dokonce jednalo dle hodnocení Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) o nadprůměrně teplé zimní měsíce a neobvykle deštivé, lze je ve vyšší frekvenci zřejmě očekávat i v budoucnu.

O tom svědčí i postupně snižující se dosažená sněhová maxima během daného zimního období, kdy v roce 2023 bylo dosaženo 167 cm maxima celkové sněhové pokrývky (dne 11. 3. 2023 na Labské boudě), v roce 2024 bylo v maximu naměřeno 163 cm celkové sněhové pokrývky (dne 17. 1. 2024 na Černé hoře) a v roce 2025 bylo v maximu naměřeno jen 141 cm celkové sněhové pokrývky (dne 17. 2. 2025 na Labské boudě).

Úbytek sněhové pokrývky zaznamenali i správci Krkonošského národního parku (KRNAP). Právě v letošním roce 2026 naměřili nejnižší výšku sněhu za 25 let souvislého měření ve východních Krkonoších na sněhovém poli „Mapa republiky“. Na začátku března tohoto roku zjistili, že sněhová vrstva tam dosahuje mocnosti 4,8 metru. Zimní sezóna 2025/2026 se tak bude řadit mezi podprůměrné. Odhaduje se, že toto sněhové pole by letos mohlo odtát již v květnu (Český Rozhlas 2026). Souvislý sníh v posledních sledovaných třech letech na Labské boudě a Černé hoře také mizí již v květnu.

Poslední zima 2025/2026 na Labské boudě byla navíc podle meteoroložky Stanislavy Kliegrové teplejší než normál, s průměrnou teplotou −3,2 °C (o 1,3 °C nad normálem 1991 až 2020), srážkově normální a s úhrnem srážek 353 mm (97 % normálu 1991 až 2020) (iDNES 2026).

Během posledních let je tedy patrné, že k postupnému úbytku sněhové pokrývky opravdu dochází. Celkově se zima 2025/2026 dle ČHMÚ (2026a) jevila na první pohled jako sněhově bohatá. Přesto bylo na horách méně sněhu než předchozí zimu a hodnoty SVH byly ke konci února zhruba na třetině dlouhodobého průměru. Důvodem bylo mrazivé počasí v lednu a relativně dlouhotrvající sněhová pokrývka i v nižších a středních polohách.

5. Závěr

V posledních letech dochází k úbytku sněhové pokrývky, postupnému snižování svého maxima během dané zimní sezóny a v neposlední řadě často odtává sníh dříve, než tomu bylo v předchozích letech. Nadprůměrně teplé zimní měsíce a neobvykle deštivé lze ve vyšší frekvenci zřejmě očekávat častěji i v budoucnu.

Literatura:

ČESKÝ ROZHLAS, 2026. Sněhové pole Mapa republiky v Krkonoších má letos nejméně sněhu za 25 let [online]. Radio Prague International [cit. 20. 03. 2026]. Dostupné z: <https://cesky.radio.cz/snehove-pole-mapa-republiky-v-krkonosich-ma-letos-nejmene-snehu-za-25-let-8880106>.

ČHMÚ, 2026a. Zima 2025/2026 na území ČR: nadprůměrně teplá a srážkově chudá [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 13. 03. 2026]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/-/o-chmu/aktuality/zima-2025-2026-na-uzemi-cr-nadprumerne-tepla-a-srazkove-chuda>.

ČHMÚ, 2026b. Meteorologické stanice ČHMÚ [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 13. 03. 2026]. Dostupné z: https://intranet.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/OS/stanice/ShowStations_CZ.html.

iDNES, 2026. Zdání o letošní zimě klamalo. Mapa republiky má nejméně sněhu za 25 let [online]. Idnes.cz/hradec-kralove/zpravy [cit. 13. 03. 2026]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/hradec-kralove/zpravy/krkonose-mapa-republiky-mereni-snih-sucho-zima-studnicni.A260309_132629_hradec-zpravy_tuu.

KAŠIČKOVÁ, L., KLIEGROVÁ, S., NETOLICKÝ, J., 2024. Změny teploty vzduchu a srážek v Krkonoších v období 1961–2023. Klimatologická studie [online]. Krkonoše – svazek měst a obcí [cit. 13. 03. 2026]. Dostupné z: <https://svazek.krkonose.eu/sites/default/files/docs/krkonose-studie-zmeny-teploty-vzduchu.pdf>.

KLIEGROVÁ, S., METELKA, L., 2015. Krkonoše 2015 [Interní materiál]. Hradec Králové: ČHMÚ.

Pravidelné měření sněhové pokrývky v Krkonoších a její využití pro výpočet zásob vody ve sněhu

Jan Jiráček¹, Šimon Bercha²

¹ Český hydrometeorologický ústav, Oddělení aplikované hydrologie Jablonec nad Nisou, Želivského 5, 466 05 Jablonec nad Nisou, jan.jirak@chmi.cz

² Český hydrometeorologický ústav, Oddělení aplikované hydrologie Praha, Na Šabatce 2050/17, 14306 Praha 4-Komořany, simon.bercha@chmi.cz

Klíčová slova: výška sněhu, vodní hodnota sněhu, automatická sněhoměrná stanice, experimentální měření, výpočet zásob vody ve sněhu

1. Úvod

Krkonoše patří dlouhodobě a tradičně mezi v Česku důležité oblasti z hlediska sledování parametrů sněhové pokrývky. ČHMÚ pravidelně provádí měření celkové výšky sněhu a vodní hodnoty sněhu, která udává, kolik vody je ve sněhu skutečně obsaženo. Kromě pravidelných měření v dobrovolnické a profesionální síti jsou od zimní sezóny 2001/2002 měřeny profily v západní části Krkonoš, a to v pondělním termínu.

Sněhová pokrývka představuje významný rezervoár vody, jehož co nejpřesnější odhad je klíčová informace pro vodohospodáře z hlediska manipulací na vodních dílech. Odhady zásob vody jsou důležité rovněž pro předpovědi průtoků v průběhu celé zimní sezóny (tání, oblevy, akumulace deště ve sněhu atd.), dále pro kalibraci srážko-odtokových modelů, zpřesnění hydrologické bilance, hodnocení povodňových rizik aj.

2. Profilové měření sněhu v Krkonoších

Impulzem pro rozšíření profilového měření sněhu z Jizerských hor (zde měření probíhala pravidelně od 80. let minulého století) byla v roce 2000 březnová povodeň na Jizeře, kde došlo ke kombinaci významných sněhových srážek a prudkého tání. Vybrána byla oblast Rokytnice nad Jizerou a Lysé hory (1 344 m n. m.), kde bylo z několika důvodů vytyčeno 5 profilů. Před nástupem geografických informačních systémů se zásoby vody v povodí počítaly po výškových pásmech. Na svazích Lysé hory bylo možné vytyčit profily v rozpětí 600 m n. m. – 1 300 m n. m. na poměrně krátké vzdálenosti, která umožňovala pracovníkům provést několik měření v jednom dni. Dalším důvodem byla poměrně krátká dojezdová doba z pracoviště Jablonec nad Nisou, které mělo s monitoringem sněhu v terénu a profilovým měřením dlouholeté zkušenosti a zároveň byl na lokalitě Dvoračky (1 115 m n. m.) v roce 2001 zřízen automatický srážkoměr. Zajímavostí je, že srážkoměr instaloval dnes již známý hydrolog a ředitel úseku ČHMÚ Jan Daňhelka, v té době jako zaměstnanec civilní služby.

Od roku 2006 byla měřicí síť rozšířena o dalších 7 profilů, a to v oblasti Harrachovy louky, Pančavské louky, Navorské louky, Vosecké a Zadního Plechu. Smyslem bylo postihnout více expozici terénu a místa na hřebenech, která jsou ovlivněna větrem. Právě dynamika ukládání sněhu, výšková členitost a různá expozice terénu vedly k získání zkušeností, které chyběly v tradiční síti ČHMÚ. V té době začínala probíhat automatizace měření výšky a vodní hodnoty sněhu a výběr vhodné lokality byl hlavním klíčem k získání reprezentativních dat.

3. Automatizace sněhoměrné sítě

Na experimentální hydrologické základně v Jizerských horách jsme se systematicky začali věnovat testování au-

Tab. 1 Sněhoměrné profily ČHMÚ v západních Krkonoších.

Název profilu	Nadm. výška (m n. m.)	Les/mýtina
Rokytnice	610	M
Nad Světlankou	850	L
Dvoračky	1 110	M
Vosecká	1 117	M
Zadní Plech	1 129	M
Dvoračky	1 130	L
Vosecká	1 131	L
Zadní Plech	1 144	L
Lysá hora	1 310	M
Pančavská louka	1 339	M
Růženčina zahrádka	1 375	M
Nad Voseckou	1 377	M



Obr. 1 Automatická sněhoměrná stanice Hanapetrova paseka (875 m n. m.).

tomatických sněhoměrných stanic od roku 2006, a to zejména tzv. sněhoměrným polštářům, které měří jednak výšku sněhu a jednak vodní hodnotu sněhu. V dalších přibližně deseti letech byly stanice rozmístěny do významných vrchovin a hornatin mimo základní klimatologickou síť. Lokality byly vybírány podle různých kritérií, mezi nejdůležitější patřila dostupnost, vhodná nadmořská výška reprezentující danou oblast a tím i předpokládané průměrné hodnoty měřených veličin, minimální ovlivnění větrem, ovlivnění nerovnoměrným táním atp. Byla vytvořena metodika kontroly sta-

nic a pravidelných inspekcí v zimním (kontrola správnosti měření) a letním nebo podzimním (pravidelná údržba) období. Jedině tímto způsobem jsme byli schopni podpořit důvěru v tento typ stanic a naměřená data.

V dalším kroku byl kladen důraz na automatizaci měření výšky sněhu, což byl poslední neautomatizovaný prvek. Do projektu, který probíhal v letech 2017–2021, byly již zapojeny oddělení klimatologie jednotlivých poboček. Byly automatizovány stanice v základní klimatologické síti a zároveň vybudovány nové stanice, které pokryly dosud nepozorovaná místa. Důvodem byl kvalitnější datový vstup do výpočtu zásob vody ve sněhu, požadavky spolupracujících nebo partnerských organizací. V Krkonoších se jednalo např. o horskou službu, které jsou poskytována data z automatických stanic. Na tento projekt navazovaly další menší projekty a probíhají podle požadavků až do současnosti.

4. Využití naměřených dat pro výpočet zásob vody ve sněhové pokrývce

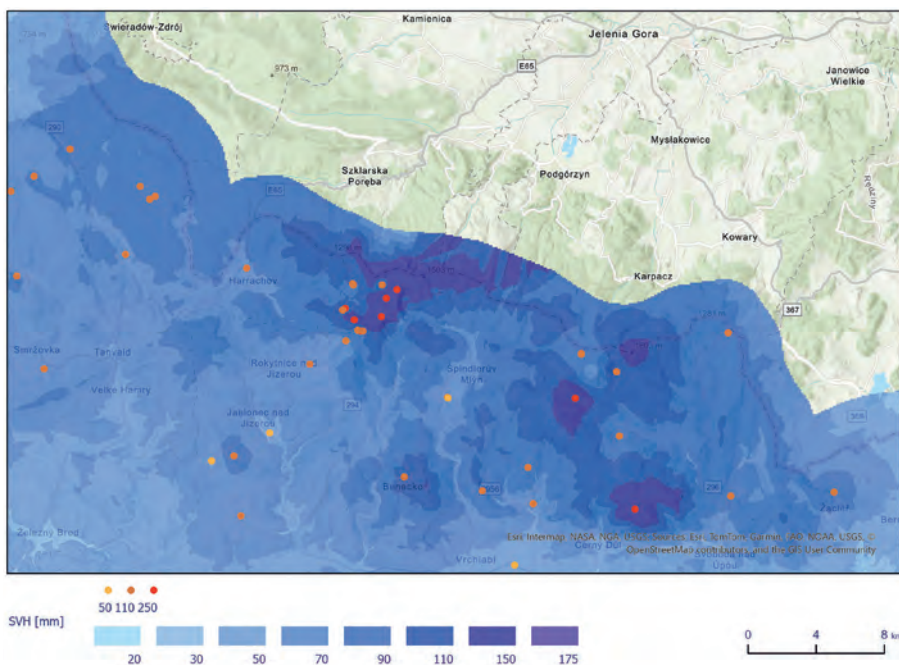
Oblast Krkonoš a okolních geomorfologických regionů včetně Jizerských hor, Krkonošského podhůří a Ještědsko-kozákovského hřbetu patří mezi nejvýznamnější zdrojové oblasti povrchových vod v České republice. Jako zdrojová data pro každotýdenní výpočet zásob vody ve sněhu jsou v rámci ČHMÚ využívány tři výše zmíněné skupiny stanic. Od roku 2010 postupně doplňují tradiční manuální měření automatické sněhoměrné stanice. V roce 2026 je v oblasti Krkonoš instalováno již 17 automatických stanic. Nedílnou součástí vstupních dat jsou rovněž údaje z dálkového průzkumu Země, kdy analyzované snímky detekují oblasti se souvislou sněhovou pokrývkou, a také výjimečná experimentální měření sněhu v období předpokládané maximální vodní hodnoty sněhu.

Zvláštní pozornost je věnována metodám zkvalitnění vstupních dat, které zahrnují kontrolu kvality, případně opravy chyb a doplnění chybějících hodnot. Pro zkvalitnění interpolace vodní hodnoty v problematických oblastech v rámci celé České republiky, ale samozřejmě také v regionu Krkonoš, je důležité doplnění pomocných stanic, jejichž hodnoty jsou určeny odborným odhadem. Pro sezónu 2025–2026 bylo ve vstupním souboru používáno celkově 740 stanic, z toho 200 bylo stanic pomocných. Pro oblast Krkonoš bylo používáno celkově 57 stanic, z toho 20 pomocných.

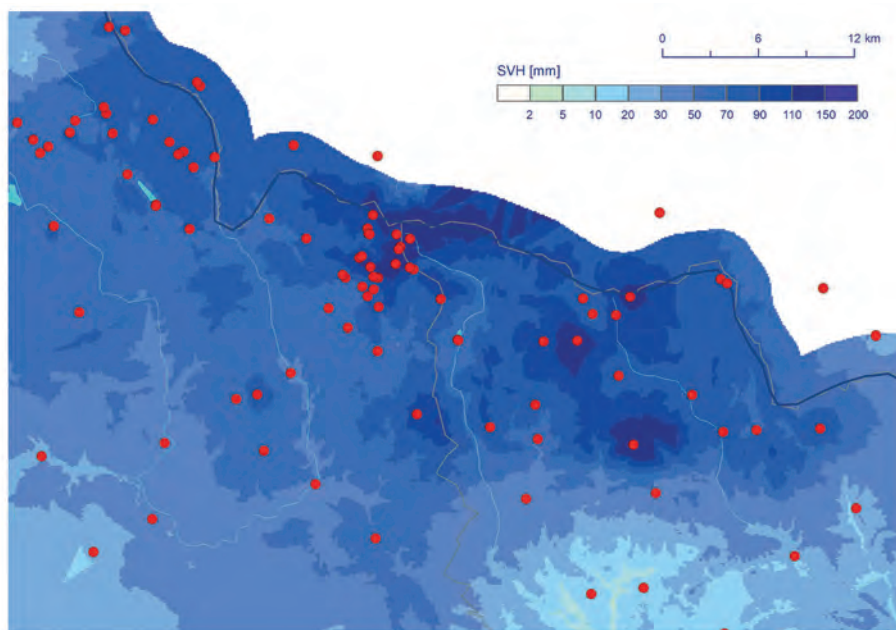
U pomocných stanic je nejprve odhadována výška sněhu. Tento odhad vychází z historických experimentálních měření v dané lokalitě a porovnání s daty z okolních stanic ze standardní sítě ČHMÚ. Následně je určen procentuální podíl výšky sněhu pomocné stanice a okolních standardních stanic, na základě něhož se určí poměrně přesně odhadovaná výška sněhu. Poté následuje odhad vodní hodnoty sněhu. Ta se odhaduje jednak u pomocných stanic, ale také u automatických sněhoměrných stanic, které měří pouze výšku sněhu. Dle údajů z ověřených manuálních, ze zkontrolovaných automatických stanic měřících výšku i vodní hodnotu sněhu, a právě také dle detailního měření v Jizerských horách a Krkonoších pracovníci ČHMÚ z Jablonce nad Nisou jsou určeny odborné odhady intervalu hustoty sněhu pro tři výšková pásma (do 600 m n. m., 600–900 m n. m. a nad 900 m n. m.). Na základě těchto intervalů hustoty sněhu a dále díky znalosti terénu a specifických podmínek lze poměrně přesně odhadnout vodní hodnotu sněhu u výše zmíněných stanic.

Výsledky a zkušenosti ukazují, že efektivní kombinace různých typů dat umožňuje zpřesnění odhadů vodní hodnoty sněhu a zlepšení vstupů pro koncové uživatele. Tento přístup je důležitý zejména v Krkonoších, kde se sněhová pokrývka vyznačuje výraznou prostorovou variabilitou danou členitým reliéfem, nadmořskou výškou, orientací svahů, rozložením vegetace a specifickým charakterem počasí (například rychlostí a směrem větru).

Výstupy týkající se výpočtu zásob vody ve sněhu a také výšky sněhu slouží zejména vodohospodářům ze Státních podniků povodí, důležitá jsou i pro krajská zastupitelstva, odbornou i laickou veřejnost a samozřejmě také slouží hydrologům



Obr. 2 Maximum zásob vody ve sněhu nastalo v rámci celé ČR 12. 1. 2026. Pro Krkonoše byly hodnoty pro toto období spíše podprůměrné. Prezentace sněhových dat v rámci Experience Builder v prostředí ArcGIS Online. Na mapě je zobrazeno všech 37 manuálních a automatických stanic, které jsou každý týden k dispozici v databázi CLIDATA.



Obr. 3 Mapa ze stejného data 12. 1. 2026 pochází přímo z výpočtu v prostředí ArcMap, kde za pomoci nadstavby CLIDATA GIS dochází k interpolaci naměřených hodnot. Na mapě jsou vedle 37 manuálních a automatických stanic zobrazeny další 4 polské stanice a také 16 pomocných stanic důležitých pro reprezentativnější interpolaci v problematických částech Krkonoš.

Literatura:

ŠUSTKOVÁ, V., BERCHA, Š., JIRÁK, J., 2024. Snow Data Management With the Usage of Geographical Information System [online]. In: *Proceedings, International Snow Science Workshop, Tromsø, Norway* [cit 27. 03. 2026]. Dostupné z: https://arc.lib.montana.edu/snow-science/objects/ISSW2024_P5.11.pdf.

a klimatologům v ČHMÚ. Jednotlivé výstupy ve formě map, tabulek, grafů a textů jsou k dispozici na webových stránkách ČHMÚ (www.chmi.cz), na Hlásné a předpovědní povodňové službě (hydro.chmi.cz), na portále ArcGIS Online ČHMÚ (aplikace Prezentace sněhových dat), dále např. na portále hodnocení sucha HAMR (hamr.chmi.cz) a jsou také součástí národní databáze hydrometeorologických údajů opendata.chmi.cz

5. Závěr

Vzhledem k charakteru reliéfu Krkonoš a vzhledem k jejich specifickým klimatickým podmínkám je měření parametrů sněhové pokrývky poměrně náročné. Vytipování lokalit, které z hlediska měření sněhu reprezentativně charakterizují vybranou oblast či nadmořskou výšku, je v podmínkách Krkonoš složité a vyžaduje dlouhodobé znalosti a zkušenosti s měřením sněhu v horských oblastech. Za určitých podmínek nebo ve větším měřítku lze jistě jako zdrojová data použít buď výsledky analýz dálkového průzkumu Země, anebo výsledky datového modelování sněhu. Přesto pozemní měření sněhové pokrývky – ať již manuální, či pomocí automatických čidel – představuje stále kvalitní a nezbytný zdroj dat pro vyhodnocování zásob vody ve sněhu anebo pro další klimatologická hodnocení. Výhody a nevýhody různých typů měření sněhové pokrývky v Krkonoších se navzájem doplňují. Komplexní přístup s využitím všech dostupných zdrojů sněhoměrných dat je osvědčená metoda, která nachází uplatnění i v dalších horských oblastech České republiky a přispívá ke zkvalitnění všech výstupů.

ŠUSTKOVÁ, V., BERCHA, Š., JIRÁK, J., 2023. Long-Term Changes and Future of Snow in the Czech Republic [online]. In: *Proceedings, International Snow Science Workshop*, Bend, Oregon [cit 27. 03. 2026]. Dostupné z: https://arc.lib.montana.edu/snow-science/objects/ISSW2023_P2.12.pdf.

JIRÁK, J., BERCHA, Š., VAJSKEBR, V., 2022. Plánovaný rozvoj ASNS: automatické sněhoměrné stanice [online]. In: *Elektronický Sborník příspěvků ze semináře XXV. Stretnutie snehárov 29.–31. 3. 2022*, Patejtkova bouda, Krkonoše. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, s. 130–150 [cit 27. 03. 2026]. Dostupné z: <http://www.uh.sav.sk/sk-sk/Veda-a-v%C3%BDskum/Konferencie/Stretnutia-sneh%C3%A1rov>.

BERCHA, Š., 2018. Automatic snow measuring stations network in CHMI [online]. In: *Snow conference Abstracts – Towards a better harmonization of snow observations, modeling and data assimilation in Europe*. Budapest: COST Action ES1404 Harmosnow. s. 53 [cit 27. 03. 2026]. Dostupné z: <https://harmosnow.eu/snowconference/abstracts-v4.pdf>.

Odběr horizontálních srážek – mlh a námraz v pohoříh Česka

Jan Čuřík¹, František Veselovský²

¹ Česká geologická služba, Geologická 6, 152 00 Praha 5, jan.curik@geology.cz

² Česká geologická služba, Geologická 6, 152 00 Praha 5, frantisek.veselovsky@geology.cz

Příspěvek se bude týkat odběrů horizontálních srážek – mlh a námraz v pohoříh České republiky. Odběru námraz se v ČGS věnujeme stejným způsobem cca 15–20 let. V rámci grantového projektu z norských fondů jsme vyvinuli odběrák, tzv. „Norák“, jež používáme do současnosti. Jde o dřevěný stojan s rámem, na kterém je navěšena plastová síťovina a plastová rohož (nastříhaná na přesnou velikost a omytá deionizovanou vodou, příp. kyselinou). Tyto navěšené plochy, jež se periodicky odebírají, jsou umístěné ve dvou různých směrech (S–J a V–Z). Jelikož se nejedná o automatický odběrák, je nutné odběrné místo navštívit vždy po pravděpodobném výskytu námrazy. Původně byly námrazy odebírány na všech českých horách (v rámci zmiňovaného norského projektu), dnes jsou lokality vázány na vysoutěžené granty – v současnosti Orlické a Krušné hory.

V rámci vysoutěžených grantů týkajících se námraz jsme chtěli začít analyzovat i horizontální srážky z nezimních období a proto jsme se rozhodli oslovit firmu Ekologické služby pana Jana Hoška, s jehož pomocí jsme uvedli do chodu i pasivní odběrák horizontálních srážek – mlh. Princip tohoto pasivního odběráku spočívá v navinutých strunách na intercepčních vložkách, jež zachytávají horizontální srážku, která stéká po strunách do žlabu a odtud hadičkami do lahve, jež je umístěna v podzemí. Odběrák je vybaven stříškou a posuvným stínítkem intercepčních vložek, aby byl co nejvíce eliminován vstup parazitních vertikálních srážek. Momentálně využíváme dva pasivní mlhoměry – v Orlických a Krušných horách.



Obr. 1–4
Odběrák námraz na lokalitě Kunštátská kaple (Orlické hory).

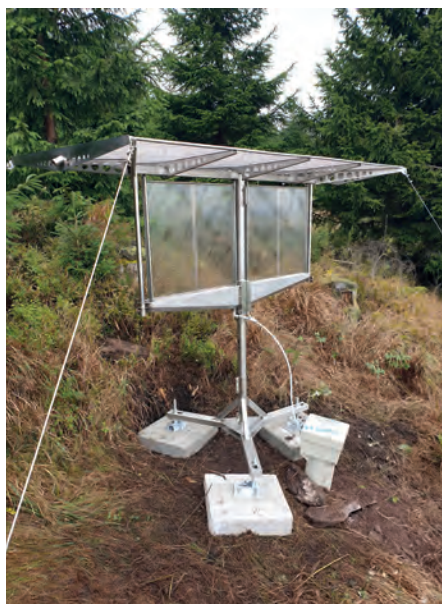
V rámci nového GAČR projektu, v úzké spolupráci s ČHMÚ, bude vyroben další pasivní odběrák mlh a horizontální srážky bychom chtěli měřit v Beskydech (Lysá hora), v Krušných horách (Přebuz) a na Šumavě (Churáňov). Obrovskou výhodou spolupráce je fakt stálého pozorovatele na stanicích ČHMÚ. To přispěje k přesnějšímu časovému určení jak mlhy, tak námrazy, stejně tak k zamezení kontaminace parazitní vertikální srážkou.



Obr. 5 Vývoj pasivního odběráku horizontálních srážek – mlh.



Obr. 6 Vývoj pasivního odběráku horizontálních srážek – mlh. Včetně stínítka parazitních srážek.



Obr. 7–9 Pasivní odběrák horizontálních srážek – mlh na lokalitě Tetřevce (Orlické hory).

Predikce výšky sněhové pokrývky v horských lokalitách

Martin Holub¹, Tomáš Fryč², Šimon Bercha³, Luboš Němec⁴

Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany

¹ Oddělení všeobecné klimatologie, martin.holub@chmi.cz

² Oddělení hydrologie, tomas.fryc@chmi.cz

³ Oddělení aplikované hydrologie, simon.bercha@chmi.cz

⁴ Oddělení meteorologie a klimatologie, lubos.nemec@chmi.cz

Klíčová slova: odhad výšky sněhu, chybějící data, strojové učení, evaluace, ČHMÚ

1. Úvod

Měření celkové výšky sněhové pokrývky (SCE) má v Českém hydrometeorologickém ústavu (ČHMÚ) dlouhou tradici a patří mezi základní meteorologická a klimatologická měření. Rámcovým cílem našeho projektu je predikce (odvození) denních dat SCE v místech stávajících automatických sněhoměrných stanic (ASNS) v období od roku 2000 do doby, než byly ASNS nainstalovány. První etapa instalací ASNS začala v ČHMÚ v roce 2010 (prvních 5 stanic), od té doby nadále automatizace pokračuje a každým rokem je uvedeno do provozu několik dalších stanic. Aktuálně (březen 2026) má ČHMÚ k dispozici online data ze 103 ASNS. Buď jsou to stanice samostatně stojící, zřízené primárně pro účel monitoringu sněhu pro systém Hlásné a předpovědní povodňové služby, nebo jsou automatická sněhoměrná čidla součástí meteorologické či klimatologické stanice. Asi 10 % ASNS přebírá ČHMÚ od jiných subjektů či soukromých provozovatelů.

V první etapě instalace ASNS byly vybírány převážně odlehle horské lokality, kde dosud neprobíhalo pravidelné manuální měření výšky sněhu. Hlavním důvodem bylo zahuštění stávající pozorovací sítě ČHMÚ z důvodu zlepšení vstupních dat pro interpolaci týdenního výpočtu zásob vody ve sněhu. Dalším důvodem pro zřízení automatických stanic bylo všeobecné zlepšení sněhového monitoringu v horských oblastech ČR.

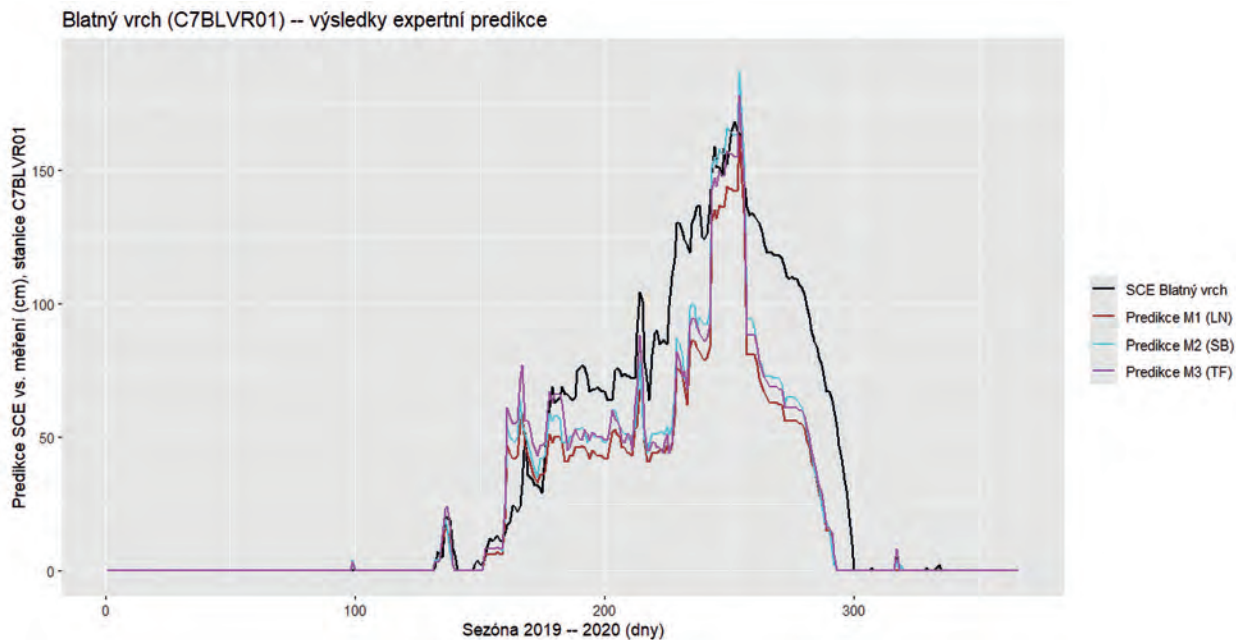
Pro účely pozorování klimatické změny bylo rozhodnuto, že bude zpětně proveden týdenní výpočet zásoby vody ve sněhu od roku 2000 až do současnosti dle současných výpočetních algoritmů, které v sobě zahrnují i všechny nově vybudované ASNS. Aby mohl být tento výpočet spuštěn, je třeba nejdříve odvodit chybějící data až do okamžiku instalace ASNS.

1.1 Dostupná data a cíle experimentů

Pro testování predikce denních dat SCE byl zvolen hraniční hřeben Šumavy, konkrétně stanice Blatný vrch (ve výšce 1 357 m n. m.) a Plechý (1 344 m n. m.). Šumava byla pro hydrology a klimatology v minulosti nejvíce problematické pohoří, neboť z historických politických důvodů nebylo možné monitorovat klima ve velmi rozsáhlém území v centrální části Šumavy v blízkosti hraničního pásma. Ke zlepšení nedošlo ani 20 let po revoluci a teprve po roce 2013 se kolektivu šumavských meteoamatérů podařilo vyjednat potřebná povolení a zrealizovat stanice na Plechém a následně i na Blatném vrchu, který leží ve srážkově nejbohatší části Šumavy a s poměrně krytou polohou se jedná také o lokalitu s nejvyšší sněhovou pokrývkou na české straně Šumavy.

K dispozici jsou však historická klimatologická data od německých kolegů z nejvyššího vrcholu Šumavy Grosser Arber (stanice Velký Javor, 1 446 m n. m.) vzdáleného od Blatného vrchu necelých 30 km, a tak můžeme odvodit data na Blatném vrchu a na Plechém hlavně z této stanice. Blíže k Blatnému vrchu je Filipova Huť (1 110 m n. m.) ve vzdálenosti necelých 9 km, odkud jsou k dispozici také denní klimatologická data, avšak korelace zde vychází výrazně hůře než u vzdálenějšího Velkého Javoru. Nejbližší profesionální stanicí je Churáňov (1 118 m n. m.) ve vzdálenosti cca 16,5 km.

Cílem zde prezentovaných experimentů bylo jednak porovnat, jak se budou lišit odhady výšky sněhové pokrývky, které na základě dostupných dat a nezávisle na sobě zpracují meteorologové, jednak zjistit úspěšnost automatické predikce pomocí metod strojového učení. Automatickou predikci na Blatném vrchu a na Plechém chceme také porovnat s výsledky občasných expedičních měření výšky sněhu, která byla provedena většinou několikrát za zimu, a která jsme získali od šumavských meteoamatérů I. Rolčíka, A. Vojvodíka a J. Procházky.



Obr. 1 Tři metody expertní predikce sněhu na Blatném vrchu vs. naměřené hodnoty v zimě 2019–2020.

2. Metody predikce

Za účelem evaluace různých metod predikce sněhu byla zvolena testovací zimní sezóna 2019–2020. Termínem sezóna zde máme na mysli vždy období od 1. 7. do 30. 6. následujícího roku. V sezóně 2019–2020 máme k dispozici měření SCE jak z Blatného vrchu, tak z Velkého Javoru. Predikci sněhu na Blatném vrchu pro testovací sezónu nezávisle na sobě zpracovali tři experti (spoluautoři tohoto článku TF, SB a LN), a to s přihlédnutím k datům naměřeným na Blatném vrchu pouze v sezónách 2000–2025. Porovnání jejich predikce s měřením v testovací sezóně ukazuje obr. 1.

Nejjednodušší (a zároveň nejméně přesná) metoda M1 k predikci využívá hodnotu SCE z Velkého Javoru a násobí ji prostým konstantním koeficientem, který byl stanoven jako podíl úhrnu hodnot SCE na Blatném vrchu a úhrnu hodnot SCE na Velkém Javoru, přičemž oba úhrny SCE se počítají za všechny dny, pro které známe *kladnou* hodnotu SCE na obou stanicích.

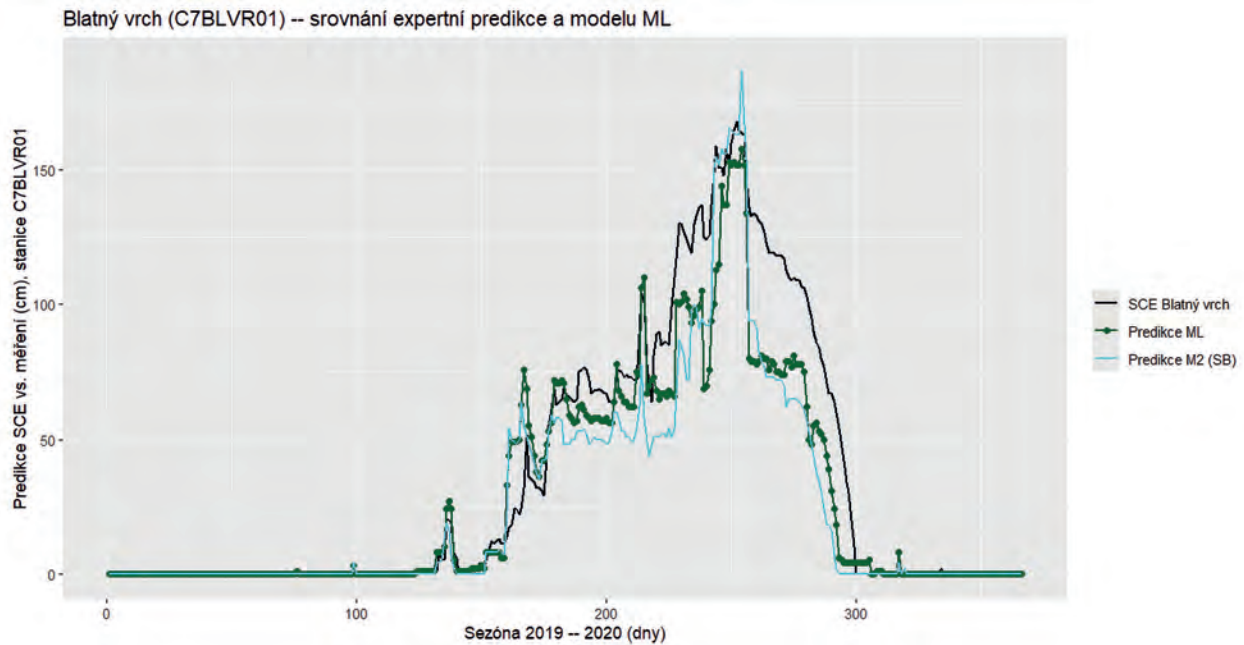
Metoda M2 rovněž vychází ze silné korelace mezi daty z Velkého Javoru a Blatným vrchem a pro predikci stanovila regresní funkci $y = 0,79 + 1,008 \cdot x$. Parametry byly stanoveny jako koeficienty lineární regrese pro data v sezónách 2000–2025, avšak po vynechání nul na začátku a konci zimních sezón. Následovalo ruční doplnění dat na začátku a na konci sezón a také doplnění chybějících dat z Velkého Javoru, a to se zohledněním dostupných údajů o srážkách, skupenství, minimální a maximální teplotě a větru z Filipovy Huti a z Churáňova.

Metoda M3 se snaží o nejsostikovanější přístup, avšak bez ručního ladění konkrétních predikovaných hodnot. Postup byl zhruba následující. Na základě analýzy dat SCE ze stanic Blatný vrch, Velký Javor, Filipova Huť a Churáňov za pět zimních sezón byly vypočteny poměrové koeficienty pro každý měsíc a tyto koeficienty byly dále ručně vyhlazeny. Pak byly z výpočtu odstraněny dny s malým množstvím sněhu (hranice nastavena na 10 cm), neboť nereálné poměrové hodnoty narušovaly konzistentní údaje z větší části sezóny. Odvozenými koeficienty se vynásobily hodnoty SCE ze tří okolních stanic a nakonec byl vypočten vážený průměr těchto tří hodnot tak, aby data co nejlépe korelovala s hodnotami změřenými na Blatném vrchu. Nakonec byla aplikována podmínka, že pokud výsledná hodnota pro Blatný vrch nedosáhne alespoň 90 % hodnoty pro Velký Javor, pak stanice Filipova huť a Churáňov do výpočtu vůbec nevstupují.

Je tedy zřejmé, že všechny tři expertní metody predikce pracují víceméně pomocí jedné, nebo několika lineárních funkcí, jejichž parametry byly určeny statistickou analýzou dat v sezónách 2000–2025. Na rozdíl od M1 a M3, které fungují jako algoritmy „bez ručního ladění“, však metoda M2 zahrnovala nemalé množství expertních zásahů do konkrétních údajů. Obr. 1 naznačuje, že predikce M2 je nejbližší naměřeným hodnotám, což potvrzuje exaktní evaluace v kap. 3.

2.1 Predikce pomocí strojového učení

Metody strojového učení se obecně snaží využít dostupná trénovací data k nalezení funkce, která co nejlépe generalizuje statistické vztahy mezi příznaky a predikovanou hodnotou. Příznaky jsou v našem případě údaje pozorované na okolních stanicích, které máme k dispozici i v období, pro které chceme provádět predikci. K trénování prediktivního modelu jsme



Obr. 2 Porovnání expertní predikce sněhu na Blatném vrchu s predikcí modelu ML v rámci křížové validace na testovací sezóně 2019–2020.

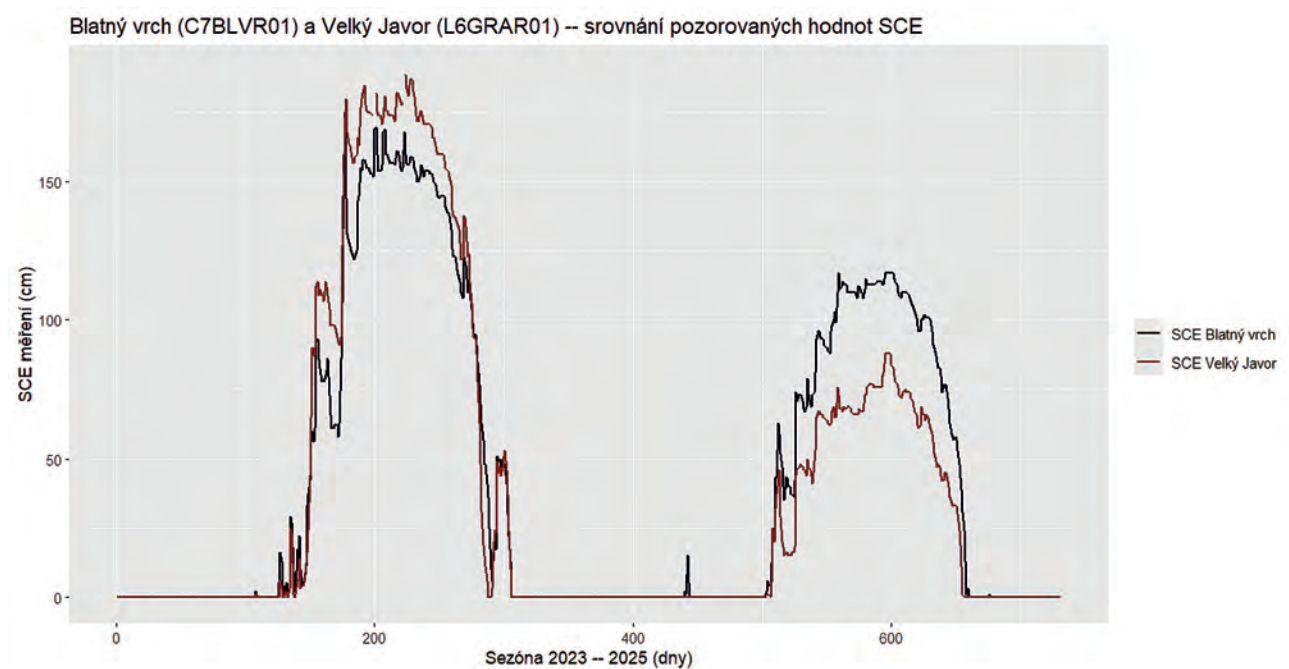
použili algoritmus nahodilých lesů (angl. *Random Forests*), který poskytuje nelineární predikční funkci, je univerzální, rychlý, nepřináší riziko přetréování a pro podobné typy úloh se často osvědčil. Implementace byla provedena v prostředí R pomocí balíčku *randomForest*. Naše automatizovaná metoda pro konstrukci modelu nejprve provede výběr okolních stanic splňujících podmínky geografické blízkosti (vzdálenost od zadané cílové stanice, podobná nadmořská výška) a v druhém kroku z těchto stanic vybere pouze ty, pro které máme v interní databázi ČHMU k dispozici dostatek dat tak, aby bylo možné jak trénování modelu, tak predikce v požadovaném období. Pokud data, která chceme využít jako příznaky k učení a k predikci, nejsou v daném období kompletní, řešíme tento nedostatek automatickým doplněním chybějících dat pomocí balíčku *missForest*.

Natrénovaný nahodilý les (dále „model ML“) se následně testuje pomocí křížové validace. Zde je třeba zdůraznit, že konvenční křížová validace, při které se validační podmnožina vybírá jako libovolný náhodný vzorek z trénovacích dat, není pro náš účel vhodná, protože potřebujeme predikci provádět pro celé sezóny, pro něž nemáme k dispozici žádná trénovací data. Pokud se model testuje na datech vybraných ze stejných sezón, na kterých se také trénovalo, predikce je výrazně snadnější a výsledky validace jsou příliš optimistické. Proto je nutné křížovou validaci dělat „po celých sezónách“, tj. vybíráme vždy jednu celou sezónu jako validační a trénujeme pouze na těch zbývajících, pro které jsou dostupná data. Pro porovnávání výsledků validace standardně používáme průměrnou hodnotu RMSE (= odmocnina z průměru kvadratických odchylek).

3. Experimenty a evaluace

Velké množství experimentů zaměřených na predikci cílové hodnoty SCE na Blatném vrchu ukázalo, že zdaleka nejdůležitějším příznakem využitelným z okolních stanic je hodnota SCE pozorovaná na Velkém Javoru. Vedle toho model využívá také hodnoty SCE ze stanice Filipova Huť a ze stanice Churáňov, tyto příznaky mají však již pouze marginální přínos. Jakékoliv jiné údaje z okolních stanic (např. množství srážek, teplota, sníh na odlehlejších nebo ve výrazně odlišné nadmořské výšce ležících stanicích) již úspěšnost predikce nezlepšovaly. Důležitým příznakem využitým v modelu je však pořadí dne v rámci sezóny, tj. pro každý den v období od 1. 7. do 30. 6. následujícího roku hodnota mezi 1 až 365 (resp. 366 v přestupném roce). Tento časový příznak umožňuje, že predikční funkce může v různých fázích zimní sezóny dávat různé výsledky.

Trénovací data byla dostupná pouze pro osm zimních sezón (2018–2026), celkem se jednalo o 2 810 trénovacích příkladů. Při provádění křížové validace po sezónách byla vždy jedna celá sezóna z trénovací sady vyřazena. Průměrná hodnota RMSE pro těchto osm sezón vyšla 17,7 cm. Na obr. 2 je výsledek validace modelu ML pro testovací sezónu 2019–2020 a porovnání této automatické predikce s naměřenými hodnotami a s nejlepším ze tří výše popsaných expertních odhadů. Hodnoty RMSE vypočtené pro tuto konkrétní sezónu jsou 17,4 cm pro model ML, 20,5 cm pro metodu M2, 21,6 cm pro



Obr. 3 Hodnoty výšky sněhu na Blatném vrchu a na Velkém Javoru ve dvou po sobě jdoucích zimních sezónách.

metodu M3 a 29,5 cm pro metodu M1. Tyto hodnoty exaktně vyjadřují, jak blízko je daná metoda predikce k naměřeným hodnotám SCE. Model ML je v dané testovací sezóně lepší než testované expertní metody. Křížová validace však ukazuje velké rozdíly v kvalitě predikce mezi jednotlivými sezónami. obr. 3 ukazuje, že mezi sezónami mohou být veliké rozdíly. Model však nemá k dispozici žádné příznaky, které by umožnily sezóny s tak odlišným průběhem zimy rozpoznat.

Pro kontrolu byla stejná metoda uplatněna pro predikci sněhu na Plechém. Model ML pracuje se stejnými příznaky za použití 3 377 trénovacích příkladů. Výsledky jsou stejné nebo spíše lepší než pro Blatný vrch, přestože je Plechý od Velkého Javoru dál. To je zřejmě dáno lokálními geografickými a meteorologickými podmínkami.

4. Závěr

Navržená metoda strojového učení je minimálně tak dobrá jako „klasické“ predikční metody vycházející z regresních, korelačních a poměrových koeficientů. Lze ji jednoduše aplikovat i v jiných lokalitách a časová náročnost vytvoření predikce několikaletých řad je řádově nižší, než je tomu u klasických odvozovacích metod.

Poděkování:

Tento příspěvek vznikl s podporou TA ČR, projektu SS02030040 „Predikce, hodnocení a výzkum citlivosti vybraných systémů, vlivu sucha a změny klimatu v Česku (PERUN)“.

Literatura:

BENÁČEK, P., BOROVIČKA, P., 2021. Aplikace strojového učení při předpovědi výskytu mlh na území ČR. *Meteorologické zprávy*, roč. **74**, č. 5. s. 141–148. ISSN 0026-1173.

BREIMAN, L., 2001. Random Forests. *Machine Learning*, Vol. **45**, s. 5–32.

JIRÁK, J., BERCHA, Š., VAJSKEBR, V., 2022. Plánovaný rozvoj ASNS: automatické sněhoměrné stanice. In: *Elektronický Sborník příspěvků ze semináře XXV. Stretnutie snehárov 29.–31. 3. 2022, Patejdlova bouda, Krkonoše*. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta. s. 130–150.

ŠUSTKOVÁ, V., BERCHA, Š., JIRÁK, J., 2024. Snow Data Management With the Usage of Geographical Information System. In: *Proceedings, International Snow Science Workshop, Tromsø, Norway*.

Příprava dlouhodobého monitoringu procesů uvnitř nízké oblačnosti na Milešovce

Pavel Sedlák¹, Petr Pešice¹, Zuzana Taliřová Chládová¹, Naděžda Zíková²

¹ Ústav fyziky atmosféry AV ČR, Oddělení meteorologie, Boční II 1401, 141 00 Praha 4, sedlak@ufa.cas.cz

² Ústav chemických procesů AV ČR, Výzkumná skupina chemie a fyziky aerosolů, Rozvojová 1/135, 165 00 Praha 6, zikova@icpf.cas.cz

Klíčová slova: ACTRIS, měření in situ, oblaky nízkého patra, aerosol atmosférický

1. Úvod

Observatoř Ústavu fyziky atmosféry AV ČR (ÚFA) na Milešovce se začleňuje do evropské distribuované infrastruktury ACTRIS (Aerosol, Clouds and Trace Gases Research Infrastructure). ACTRIS je zaměřen na dlouhodobý monitoring aerosolu, oblaků a stopových plynů v atmosféře a poskytuje otevřený přístup k vysoce kvalitním datům z těchto měření i k výzkumným zařízením této infrastruktury.

Vzhledem k velké četnosti výskytu mlhy / nízké oblačnosti na vrcholu Milešovky (837 m n.m.) je observatoř zařazena do tematického okruhu ACTRISu „Cloud In Situ (CIS) Measurements“. V příspěvku stručně představíme nutné úpravy na stanici před instalací nových přístrojů, spolupráci v rámci evropského ACTRISu i s partnery v českém konsorciu ACTRIS-CZ, nároky na přístroje při měření uvnitř oblačnosti a také plánovaný výzkum, který nám data naměřená na Milešovce umožní provádět.

2. Úpravy na Milešovce před instalací přístrojů pro ACTRIS CIS

V červnu 2024 navštívili představitelé tematického centra ACTRIS CIS Milešovku kvůli posouzení způsobilosti observatoře k zahájení měřicího programu CIS. Zásadním doporučením tohoto auditu bylo umístit měřicí platformu na střechu observatoře. V současné době je až na drobné dokončovací práce platforma připravena. Již na konci srpna 2025 jsme tam instalovali náš stávající přístroj PVM-100 (výrobce Gerber Scientific) na měření kapalného vodního obsahu oblaku a efektivního poloměru oblačných kapiček, dvou povinných veličin pro každou stanici CIS.

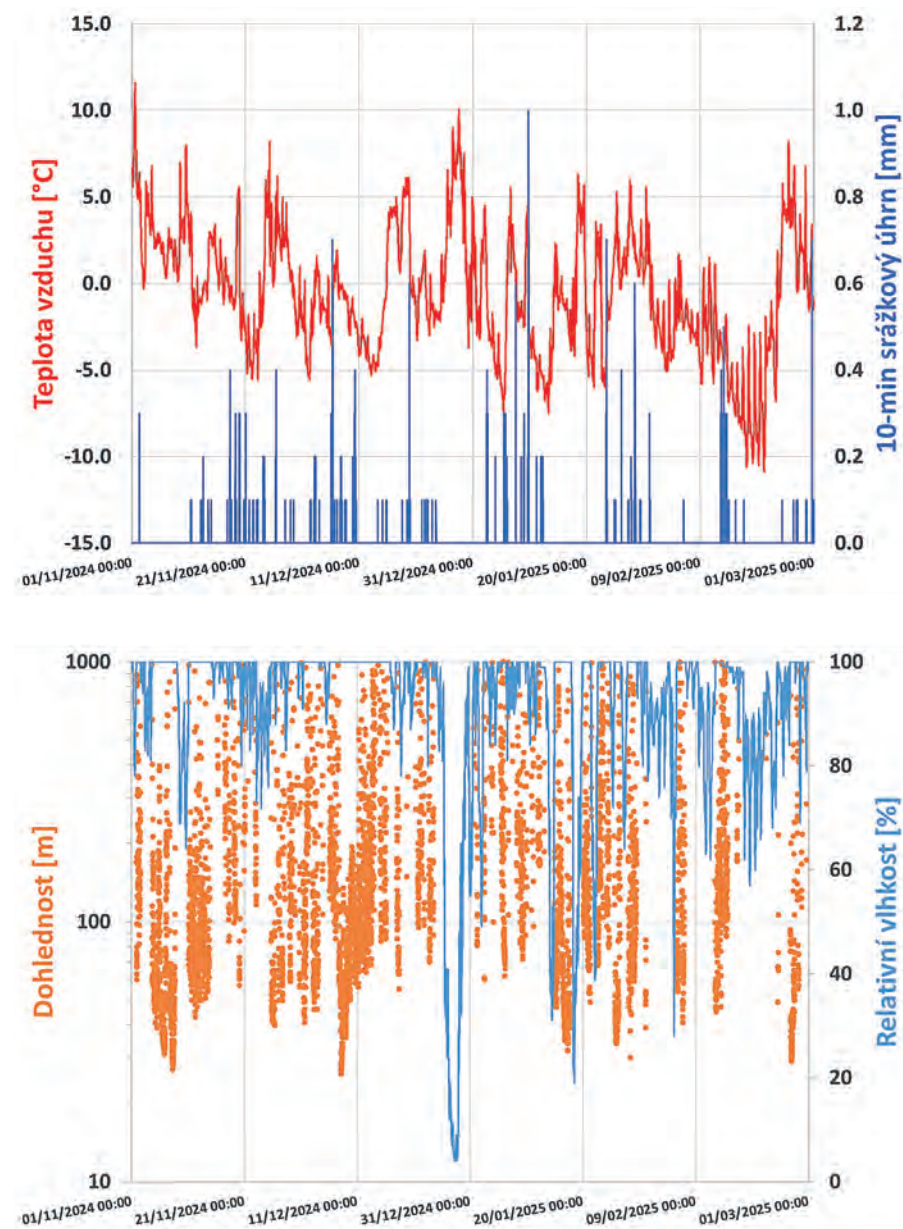
Začátkem roku 2025 jsme zakoupili unikátní přístroj PINE (výrobce Bilfinger GmbH) pro automatické měření ledových jader na principu expanzní komory. PINE podle plánu provádí nejprve měření na Národní atmosférické observatoři Košetice, která je mimo jiné místem dlouhodobého monitoringu zajišťovaného všemi dalšími partnery ACTRIS-CZ, kterými jsou ČHMÚ, Ústav chemických procesů (ÚCHP) AV ČR, Ústav výzkumu globální změny AV ČR a RECETOX z Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity. V letošním roce se má PINE přestěhovat na své trvalé stanoviště na Milešovce. S ohledem na rozměry a hmotnost přístroje je nutné vyrobit speciální úpravu nákladní lanovky, která bude i nadále sloužit při stěhování PINE na pravidelné kalibrace a srovnávací měření.

Letos (2026) máme v plánu pořídit přístroj na měření početního rozdělení velikosti oblačných částic (oblačný spektrometr).

3. Zkušenosti ze srovnávacích měřicích kampaní ACTRIS CIS

3.1 Měřicí kampaně

Od roku 2022 pořádá tematické centrum ACTRIS CIS každé dva roky srovnávací měřicí kampaně přístrojů pro CIS na observatoři Sonnblick (3 106 m n. m.) v rakouských Alpách. S naším přístrojem PVM-100 jsme se zúčastnili obou předchozích kampaní a chystáme se dopravit PVM na Sonnblick i letos. Při první kampani, která proběhla na konci podzimu, se projevilo, že i když bylo zapnuté vyhřívání u přístrojů, které nasávají vzduch a měření se odehrává uvnitř, extrémní zimní povětrnostní podmínky vyřadily přístroje z provozu. Přístroje PVM-100, které jsou staršího data výroby jako naše PVM, vykazují velké rozdíly v hodnotách kapalného vodního obsahu, i když se při jejich kalibraci používají kalibrační konstanty z manuálu pro přístroj odpovídajícího sériového čísla.



Obr. 1 Průběh vybraných meteorologických prvků na stanici Milešovka v období listopad 2024 až únor 2025.

V době od konce října 2024 do začátku března 2025 se na Milešovce uskutečnilo společné měření v rámci projektu Finského meteorologického institutu (FMI) nazvaného Cloud Caravan neboli postupně organizované kampaně CIS v rozpětí zeměpisné šířky od severního Finska po Středomoří. Na střeše observatoře byla umístěna naše PVM a 3 oblačné spektrometry, jmenovitě Cloud Droplet Analyzer a prototyp AQT, které měl FMI zapůjčené od výrobců (Palas GmbH, resp. Vaisala), a FogMonitor FM-120 (výrobce DMT), který vlastní ÚCHP.

Obr. 1 dává základní představu o povětrnostních podmínkách během 4 měsíců měřicí kampaně. Jsou to dobře známé skutečnosti z našich horských oblastí, zde připomeneme jen některé z nich: časté epizody (někdy velmi dlouhé) s malou dohledností ve vrstevnaté inverzní oblačnosti tvořené přechlazenými kapičkami, kdy se zejména v kombinaci s většími rychlostmi větru tvoří velmi silná námraza. Pokud je horní hranice teplotní inverze pod úrovní stanice, panuje naopak relativně teplé slunečné počasí. Při takovéto epizodě v závěru roku 2024, kdy se zřejmě výrazně projevila subsidence ve slábnoucí anticykloně, bylo na stanici Milešovka 28. 12. v ranních hodinách zaznamenáno celkem 7 desetiminutových hodnot relativní vlhkosti vzduchu jen 4 %.

Zmíníme zde jedno cenné zjištění z této kampaně. Z naměřených dat vyplynulo, že početní koncentrace oblačných částic může na Milešovce nabývat vysokých hodnot, které zejména v počáteční fázi oblačné epizody přesáhnou 700 cm^{-3} . To je charakteristický rys lokalit, kde se projevuje vliv emisí z průmyslových provozů nebo dopravy. Některé oblačné spektrometry však mají horní limit detekce početní koncentrace částic velmi nízký, a proto nejsou pro měření na Milešovce vhodné. Uvedenou zkušenost jsme využili při stanovení požadovaných parametrů v zadávací dokumentaci pro výběrové řízení na dodavatele oblačného spektrometru.

3.2 Využití při tvorbě dokumentů ACTRIS CIS

Monitoring pro ACTRIS má být nepřetržitý, k čemuž je nezbytná nejen jednotná metodika měření a prvotního zpracování dat, ale také doporučené typy vhodných přístrojů. Měření in situ uvnitř oblačnosti v takovém režimu se dosud nikde neprovozovalo, a proto tematické centrum ACTRIS CIS, které vzniklo relativně nedávno, příslušné dokumenty teprve připravuje. Pro nás je to pochopitelně nevýhoda, protože nemůžeme měření na Milešovce připravovat podle existujících návodů. Výhodu však máme v tom, že se na tvorbě dokumentů s uplatněním dosavadních zkušeností aktivně podílíme.

4. Výhled na následující roky

Dosavadní spolupráci ÚFA s ÚCHP při měření na Milešovce (Zíková a kol. 2026) budeme dále rozšiřovat. Kolegové z ÚCHP mají v plánu umístit na observatoři některé aerosolové přístroje dlouhodobě a některé jen po dobu kratších kampaní. Jedním z přístrojů bude senzor bioaerosolu, který měří biologickou složku v atmosférickém aerosolu. Biologická složka může působit mimo jiné jako ledová jádra, a proto souběžné měření bioaerosolu umocní význam dat o ledových jádrech z přístroje PINE.

Využití dat měřených na Milešovce in situ různými přístroji v kombinaci s daty z distančních měření nám otevře možnost věnovat se výzkumu interakce aerosolu s nízkou oblačností. V milešovském regionu jsou podle předpokladů tyto procesy ovlivněny regionálními antropogenními emisemi, což přichází v úvahu jako jedno z výzkumných témat.

Poděkování:

Projekt Velké výzkumné infrastruktury ACTRIS-CZ je finančně podpořen MŠMT, kód projektu LM2023030.

Literatura:

ZÍKOVÁ, N., SEDLÁK, P., BRUS, D., ŽDÍMAL, V., 2026. In situ měření aktivace aerosolu a spekter oblačných kapek na stanici Milešovka. In: *Sborník příspěvků z konference KRKONOŠE 2026* (rukopis, v tisku).

Jaký je mechanismus a projevy fénových situací v závětrí Moravskoslezských Beskyd?

Michael Matějka¹, Jan Řehoř^{1,2}, Rudolf Brázdil^{1,2}, Petr Štěpánek^{2,3}, Pavel Zahradníček^{2,3}

¹ Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Geografický ústav, Kotlářská 267/2, 611 37 Brno, matejkamichael@mail.muni.cz, rehor.j@mail.muni.cz, brazdil@sci.muni.cz

² Akademie věd ČR, Ústav výzkumu globální změny, Bělidla 986/4a, 603 00 Brno, stepanek.p@czechglobe.cz, zahradnicek.p@czechglobe.cz

³ Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno, Oddělení meteorologie a klimatologie, Kroftova 43, 616 67 Brno

Klíčová slova: WRF model, pokles isentropických hladin, zpětné trajektorie, blokování

1. Úvod

Fén je tradičně chápán jako teplý a suchý vítr na závětrné straně horské překážky. V literatuře (např. Elvidge a Renfrew 2016) jsou popsány čtyři hlavní mechanismy fénového oteplení: (1) termodynamický, tj. kondenzace a uvolnění latentního tepla na návětrí a sucho-adiabatický sestup na závětrí), (2) isentropický sestup, tj. stahování potenciálně teplejšího vzduchu z vyšších hladin do závětrné oblasti při současném blokování chladnějšího vzduchu v nízkých hladinách na návětrné straně, (3) mechanické promíchávání vzduchu v přízemní vrstvě a potenciálně teplejšího vzduchu z vyšších hladin a (4) radiační ohřev v důsledku zmenšené oblačnosti v závětrné oblasti.

I když jsou fénové jevy detailně zmapovány v Alpách, menší pozornost byla věnována nižším středoevropským pohořím (jako jsou Moravskoslezské Beskydy). Navzdory své relativně menší výšce mohou tato pohoří generovat intenzivní fénové epizody s významnými dopady na teplotu vzduchu a rychlost větru ve svém závětrném podhůří. Cílem studie bylo systematicky identifikovat extrémní případy fénu v této oblasti. Dále byla provedena jejich analýza pomocí in situ měření, numerického modelování a rozboru zpětných trajektorií za účelem identifikace primárního fyzikálního mechanismu, vedoucího k takto výraznému oteplení ve studované oblasti.

2. Metodika

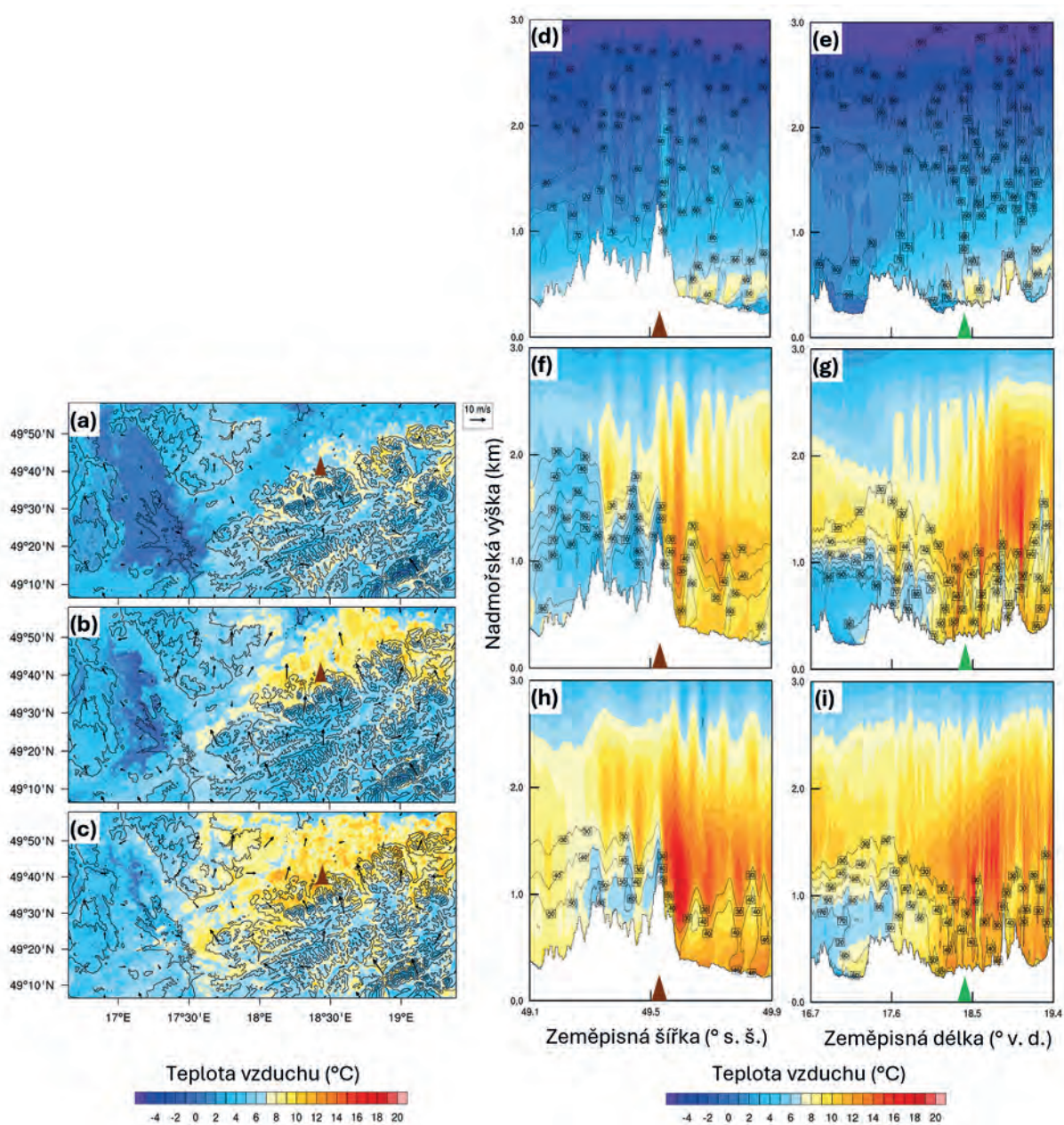
Studie se zaměřila na tři vybrané extrémní fénové události v letech 2008–2022 vyvolané silným jižním prouděním přes Moravskoslezské Beskydy. Pro analýzu byly vybrány situace, kdy teplota vzduchu ve 2 m byla o ≥ 10 °C vyšší na stanici zasažené fénem (Lučina) než na stanici, která fénem ovlivněna nebyla (Olomouc). Aby byly vyloučeny situace nesouvisející s fénem (např. teplotní rozdíly způsobené bouřkami), musela být splněna i podmínka dostatečně silného proudění z jižních směrů. Konkrétně byly vypočítány dva parametry v tlakové hladině 850 hPa na základě reanalýzy ERA5 (Hersbach a kol. 2020) – síla proudění (STR – airflow strength) a směr proudění (DIR – airflow direction). Výpočet parametrů STR a DIR vycházel z principů, které popsali Jenkinson a Collison (1977). Pro zařazení situace do analýzy se musel parametr DIR pohybovat v rozmezí 135° až 225° a parametr STR překročit 80. percentil všech analyzovaných dnů. Na základě těchto kritérií byly vybrány dny 31. října 2010, 14. ledna 2008 a 30. října 2021.

Kromě analýzy in situ staničních měření byl pro detailní pochopení dynamiky atmosféry využit numerický model WRF (Weather Research and Forecasting, Skamarock a kol., 2019) v horizontálním rozlišení 400 m. Okrajové a počáteční podmínky pro model byly vytvořeny na základě reanalýzy ERA5, model terénu na základě výškového modelu ASTER (Abrams 2016). Podrobnější popis nastavení modelu lze nalézt v Matějka a kol. (2025). Model byl postupně počítán se třemi různými schémata mezní vrstvy atmosféry. Na základě validace pomocí měření na stanicích Lysá hora, Lučina a Olomouc bylo pro další analýzy zvoleno schéma, se kterým model dosáhl nejlepší přesnosti. Modelový výstup byl po validaci použit k vytvoření vertikálních profilů atmosféry napříč pohořím a k analýze zpětných trajektorií vzduchových mas pomocí programu VAPOR (<http://www.vapor.ucar.edu>). Tyto výstupy umožnily sledovat procesy v atmosféře během fénových událostí a identifikovat změny vlastností vzduchové hmoty během jejího přechodu přes horskou překážku.

3. Výsledky

3.1 Extrémní teplotní rozdíly a projevy fénu

Všechny analyzované události se vyznačovaly výraznou tlakovou níží nebo brázdou nízkého tlaku vzduchu nad západní Evropou a východním Atlantským oceánem, a zároveň středem vysokého tlaku vzduchu nad východní Evropou a Černým



Obr. 1 Přizemní teplota vzduchu a vektor větru simulované modelem WRF v doméně s rozlišením 400 m dne 14. ledna 2008 v 10:00 UTC (a), 31. října 2010 v 06:00 UTC (b) a 30. října 2021 v 06:00 UTC (c). Poloha Lysé hory je vyznačena hnědým trojúhelníkem. Teplota vzduchu (v barvě) a relativní vlhkost (černé izolinie a čísla v rámečcích) simulované modelem WRF v řezu jih-sever přes stanici Lysá hora (d, f, h) a v řezu západ-východ na zeměpisné šířce stanice Lučina (49,73° s. š.) (e, g, i) dne 14. ledna 2008 v 10:00 UTC (d, e), 31. října 2010 v 06:00 UTC (f, g) a 30. října 2021 v 06:00 UTC (h, i). Zeměpisná šířka Lysé hory je vyznačena hnědým trojúhelníkem a zeměpisná délka stanice Lučina zeleným trojúhelníkem. Upraveno z Matějka a kol., 2025.

mořem. Toto rozložení tlakových útvarů generovalo silné proudění od jihu až jihozápadu, což vedlo ke zvýšeným rychlostem větru v celém středoevropském regionu, včetně Moravskoslezských Beskyd. Během fénové epizody z 31. října 2010 dosáhl rozdíl teplot mezi fénem zasaženou Lučinou a nezasaženou Olomoucí 12,8 °C. Ve zbylých dvou případech (2008 a 2021) činil maximální teplotní rozdíl shodně 10,8 °C.

3.2 Validace modelu WRF

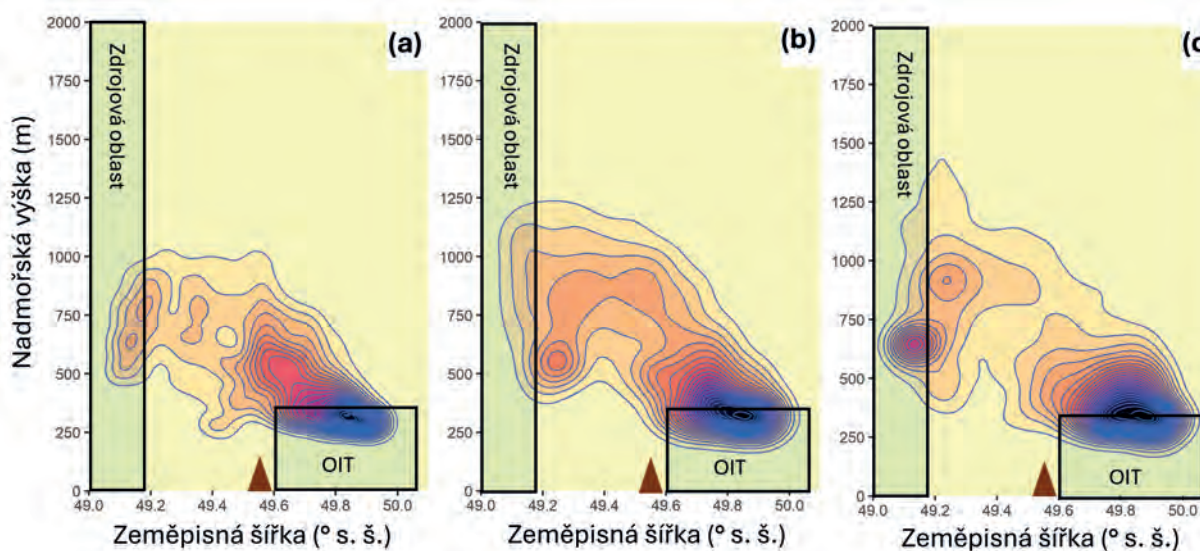
Porovnání výstupů modelu WRF s reálnými daty potvrdilo, že model je schopen velmi dobře zachytit časový vývoj teploty vzduchu během fénových událostí. Docházelo nicméně k mírnému podhodnocení denní amplitudy teploty na stanicích Lučina a Olomouc. Na vrcholu Lysé hory modelová teplota velmi dobře kopírovala naměřené hodnoty. V případě rychlosti větru na stanicích Lučina a Olomouc model vykazoval relativně malou chybu, k výraznějšímu podhodnocení došlo na stanici Lysá hora, nicméně zesílení větru během fénové situace zde bylo dostatečně zachyceno.

3.3 Prostorový rozsah fěnu a mezoměřítková struktura atmosféry během fénových událostí

Výsledky ukazují, že fénové oteplení je prostorově heterogenní a jeho prostorový rozsah se liší jednotlivými situacemi. Při situaci v lednu 2008 se nejvyšší nárůsty teploty vzduchu koncentrovaly při severním úpatí pohoří, zatímco během situací v říjnu 2010 a v říjnu 2021 zasahovalo výrazné oteplení 20–30 km do Ostravské pánve (obr. 1). V oblasti Hornomoravského úvalu se ve stejné době nacházelo jezero studeného vzduchu a vyskytoval se zde slabý proměnlivý vítr. Během situací v říjnu 2010 a v říjnu 2021 zasahovalo závětrné oteplení až do výšky 2–3 km v širokém pásmu severního podhůří. Na vertikálních řezech (obr. 1) je patrný dramatický vzestup teploty vzduchu a pokles relativní vlhkosti na závětrné straně hor, stejně jako pokles isentropických hladin a vývoj závětrných vln (Matějka a kol. 2025).

3.4 Fyzikální mechanismus oteplení

Na základě výstupu modelu WRF a provedené analýzy zpětných trajektorií byl jako hlavní mechanismus fénového oteplení v předpolí Beskyd identifikován isentropický sestup. Analýza trajektorií ukázala průměrný sestup vzduchové hmoty o přibližně 400 až 600 výškových metrů. Při proudění přes horskou překážku je chladný vzduch v nižších hladinách zablokovaný na návětrné straně pohoří a přes hřebeny se tak přelévá potenciálně teplejší a sušší vzduch z vyšších atmosférických hladin. Při tomto sestupu dochází k jeho adiabatické kompresi (a tím k oteplení) a k intenzivnímu mechanickému promíchávání v přízemní vrstvě.



Obr. 2 Jádrová hustota zpětných trajektorií inicializovaných v oblasti zasažené fěnem, definované zeměpisnou šířkou $>49.60^\circ$ s. š. a nadmořskou výškou <350 m n. m. (oblast inicializace trajektorií – OIT) a oblast, do které byly trajektorie dostopované (zdrojová oblast) dne 14. ledna 2008 v 10:00 UTC (a), 31. října 2010 v 06:00 UTC (b) a 30. října 2021 v 06:00 UTC (c). Zeměpisná šířka stanice Lysá hora je vyznačena hnědým trojúhelníkem. Upraveno z Matějka a kol., 2025.

4. Diskuze

Výsledky této studie ukazují, že pro vznik intenzivního fěnu v této oblasti jsou nezbytné specifické synoptické podmínky – silný tlakový gradient a jižní proudění, podobně jako v Alpách (Jansing a kol. 2022). Horské pásmo při silném jižním proudění funguje jako bariéra blokující transport chladnějšího vzduchu v nižších hladinách, což vynucuje pokles potenciálně teplejšího a suššího vzduchu z vyšších hladin. Výzkum v oblasti Antarktického poloostrova (Elvidge a kol. 2016) ukazuje, že plošný rozsah fěnu v závětrí závisí na rychlosti proudění a statické stabilitě advehované vzduchové hmoty (tj. na Froudeho čísle). Ačkoliv naše studie statickou stabilitu přímo nezkoumala, nejintenzivnější zaznamenané události (2010, 2021) doprovázelo výrazné proudění z jižních směrů. Přízemní projevy fěnu navíc úzce souvisí s jeho schopností erodovat existující vrstvu studeného vzduchu (Haid a kol. 2022), což dobře vysvětluje slabší projevy během méně intenzivní události z roku 2008. Závětrný sestup vzduchu a návětrná relativní vlhkost převážně pod 90 % podporují hypotézu, že primárním mechanismem oteplení byl isentropický sestup, nikoliv diabatický ohřev vlivem návětrné kondenzace a srážek. Ačkoliv byl tento isentropický mechanismus již popsán v mnoha světových regionech jako např. Alpy (Miltenberger a kol. 2016), Japonsko (Kusaka a kol. 2021), Austrálie (Wiesner a kol. 2024) či Vietnam (Kusaka a kol. 2024), závětrným efektům méně výrazných střeoevropských pohoří byla dosud věnována menší pozornost, na což reaguje prezentovaný výzkum. Získané poznatky z Moravskoslezských Beskyd mohou být relevantní i pro další pohoří s podobnou relativní výškou v regionu, jako jsou Hrubý Jeseník, Krkonoše, Krušné hory, Šumava nebo Malá Fatra. Obecně je studium těchto intenzivních fénových událostí zásadní vzhledem k jejich možným dopadům na veřejné zdraví. Například v létě mohou

tyto události omezovat noční ochlazování a zhoršovat tepelný stres během vln veder (Nishi a kol. 2019). Dále mohou urychlovat tání sněhu a zvyšovat výpar z tající vody (MacDonald a kol. 2018).

5. Závěr

Hlavní výsledky analýzy tří nejvýznamnějších fénových událostí na závětrné straně Moravskoslezských Beskyd lze shrnout následovně:

- Za vhodné synoptické situace mohou i méně výrazná středoevropská pohoří významně ovlivnit meteorologické podmínky v rozsáhlé závětrné oblasti.
- Model WRF simuloval teplotu vzduchu v lokalitách meteorologických stanic s dobrou přesností, ačkoliv denní teplotní amplituda v nižších polohách byla podhodnocena. Přesnost modelované rychlosti větru byla velmi vysoká v nižších polohách, avšak na úrovni hřebene bylo zjištěno podhodnocení rychlosti větru.
- Na základě provedených analýz byl jako hlavní mechanismus fěnu identifikován isentropický sestup.

Literatura:

- ABRAMS, M., 2016. ASTER Global DEM Version 3, and new ASTER Water Body Dataset. *Int Arch Photogramm Remote Sens Spat Inf Sci*, sv. XLI-B4, s. 107–110. Dostupné z: <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XLI-B4-107-2016>.
- ELVIDGE, A. D., RENFREW, I. A., 2016. The causes of foehn warming in the lee of mountains. *Bulletin of the American Meteorological Society*, roč. **97**, č. 3, s. 455–466. Dostupné z: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-14-00194.1>.
- ELVIDGE, A. D., RENFREW, I. A., KING, J. C., ORR, A., LACHLAN-COPE, T. A., 2016. Foehn warming distributions in nonlinear and linear flow regimes: a focus on the Antarctic Peninsula. *Quart J Royal Meteorol Soc.*, roč. **142**, s. 618–631.
- HAID, M., GOHM, A., UMEK, L., WARD, H. C., ROTACH, M. W., 2022. Cold-Air Pool Processes in the Inn Valley During Föhn: A Comparison of Four Cases During the PIANO Campaign. *Boundary-Layer Meteorology*, roč. **182**, č. 3, s. 335–362. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10546-021-00663-9>.
- HERSBACH, H., BELL, B., BERRISFORD, P. et al., 2020. The ERA5 global reanalysis. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, roč. **146**, s. 1999–2049. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/qj.3803>.
- JANSING, L., SPRENGER, M., 2022. Thermodynamics and airstreams of a south foehn event in different Alpine valleys. *Quart J Royal Meteorol Soc.*, roč. **148**, s. 2063–2085.
- JENKINSON, A. F., COLLISON, F. P., 1977. An initial climatology of gales over the North Sea. Synoptic climatology branch memorandum no. 62. Bracknell: Meteorological Office.
- KUSAKA, H. et al., 2021. Japan's south foehn on the Toyama Plain: Dynamical or thermodynamical mechanisms? *Int J Climatol*. roč. **41**, s. 5350–5367.
- KUSAKA, H., IMAI, Y., KOBAYASHI, H., DOAN, Q.-V., NGO-DUC, T., 2024. Influence of Foehn Winds of Truong Son Mountains on the High Temperatures Observed in North-Central Vietnam during 31 May–5 June 2017. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, roč. **63**, s. 597–616.
- MACDONALD, M. K., POMEROY, J. W., ESSERY, R. L. H., 2018. Water and energy fluxes over northern prairies as affected by chinook winds and winter precipitation. *Agricultural and Forest Meteorology*, roč. **248**, s. 372–385.
- MATĚJKA, M., ŘEHOŘ, J., BRÁZDIL, R., ŠTĚPÁNEK, P., ZAHRADNÍČEK, P., 2025. Foehn warming mechanism and near-surface weather impact at the northern foreland of the Moravian-Silesian Beskids, Czech Republic. *Theor Appl Climatol.*, roč. **156**, s. 145.
- MILTENBERGER, A. K., REYNOLDS, S., SPRENGER, M., 2016. Revisiting the latent heating contribution to foehn warming: Lagrangian analysis of two foehn events over the Swiss Alps. *Q.J.R. Meteorol. Soc.*, roč. **142**, s. 2194–2204.
- NISHI, A., KUSAKA, H., VITANOVA, L. L., IMAI, Y., 2019. Contributions of Foehn and Urban Heat Island to the Extreme High-Temperature Event in Niigata City during the Night of 23-24 August 2018. *SOLA*, roč. **15**, s. 132–136.
- SKAMAROCK, W. C., KLEMP, J. B., DUDHIA, J. et al., 2019. A description of the Advanced Research WRF Model Version 4. Dostupné z: <https://doi.org/10.5065/1DFH-6P97>.
- WIESNER, L., MCGOWAN, H., STURMAN, A., DALE, T., 2024. Subtropical Foehn Winds, Southeast Queensland, Australia. *JGR Atmospheres*, roč. **129**, e2023JD040410.

40 let měření teploty vzduchu na meteorologické stanici Kvilda-Perla

Antonín Vojvodík¹, Josef Jindra², Jan Procházka³

¹ Meteo-Šumava, Čelakovského 400, 385 01 Vimperk, antonin.vojvodik@seznam.cz

² Meteo-Šumava, Rohožnická 802, Újezd nad Lesy, 190 16 Praha 9, jindrova.jana@tiscali.cz

³ Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta zemědělská a technologická, Studentská 1668, 370 05 České Budějovice, prochazkaj@fzt.jcu.cz

Klíčová slova: mrazová kotlina, minimální teplota, Šumava, Jezerní slat', studený vzduch

1. Úvod

Mrazové kotliny jsou specifické lokality, jež mohou být definovány jako konkávní (dutý) útvar reliéfu, obvykle kotlina nebo úzké údolí, v němž se mrazy vyskytují častěji než v okolí a mají větší intenzitu. Jsou podmíněny především menší ventilací (provětráváním) a nahromaděním studeného vzduchu (ČMeS 2026). K nahromadění studeného vzduchu zde dochází gravitačním stékáním po jeho ochlazení na svazích při nočním vyzařování, které odpovídá efektivnímu záření povrchu vůči jasné (tmavé) obloze. Intenzitu ochlazování povrchu pak kromě síly vyzařování a tvaru reliéfu ovlivňují další faktory, jako teplota vzduchu ve vyšších vrstvách atmosféry, vlhkost a proudění vzduchu (vítr), vlhkost a charakter povrchu, stav okolí ochlazovaných ploch včetně nejnižšího bodu celé mrazové kotliny. Lokalit, kde je možné nacházet uvedené předpoklady a dokumentovat specifické teplotní poměry, je v našich podmínkách povícero, zejména pak v horských oblastech. Mezi typické a svými vlastnostmi výjimečné mrazové kotliny Česka patří ta na Šumavských pláních s názvem Kvilda-Perla. Už z pojmenování celé této náhorní oblasti Šumavy pláněmi je zřejmé, že v těchto místech, kde se nachází několik nejmrazivější lokalit, úplně neplatí výše uvedená definice pro předpoklady největší mrazivosti v podobě kotlin nebo úzkých údolí. Jedná se zde tedy o terénně široké a mělké bezlesé sníženiny okolí vodních toků a rašelinišť, více méně obklopené hradbou lesa, kde jedna z nich se po instalaci měření v říjnu 1985 stala Kvildou-Perlou. Z této dnes již dobře známé šumavské lokality máme tedy k dispozici podrobnou kompletní řadu denních hodnot teploty vzduchu od roku 1986. V letošním roce tudíž můžeme odpovědně říci, že stanice Kvilda-Perla oslavila výročí 40 let souvislých pozorování. Jak došlo ke vzniku této stanice a o čem vypovídají naměřené hodnoty, se pokusíme nastínit v tomto krátkém příspěvku.

2. Jak vznikla Kvilda-Perla

Kořeny vzniku meteorologických stanic na mrazivých pláních v oblasti Kvild sahají až do roku 1975, kdy jsme tam poprvé zjistili a zaznamenali letní mráz. Zjištění bylo podpořeno jednak zkušenostmi místních obyvatel a jednak zmínkami v knihách spisovatele Šumavy Karla Klostermanna. Tyto významné poznatky byly velkou motivací pro dokumentaci tamních specifických teplotních poměrů. Následující roky tak došlo k podrobnějšímu průzkumu a počátečním měřením. Zmíněná aktivita zanedlouho vyústila v založení meteorologické stanice Horská Kvilda (1978), kde několikaleté provozování měření teploty vzduchu v meteorologické budce a spolupráce s místním občanem panem Bohumilem Předotou přinášely zajímavé výsledky. Ty však nebyly ze strany tehdejšího meteorologického ústavu brány nějak vážně. Po inspekční návštěvě v září 1981 bylo konstatováno, že se jedná o specifikum jediné lokality, jež nemá pro Ústav a klimatologii celé oblasti širší význam. Bez ohledu nato se po roce 1983, kdy na Horské Kvildě byly přes léto zaznamenány výjimečné teplotní maximum +34,2 °C a zároveň vysoký počet mrazových dní, podařilo publikovat krátký článek v časopisu Meteorologické zprávy (Vojvodík 1984). Článek tehdy oslovil pana Josefa Jindru, velkého nadšence pro sledování meteorologických zajímavostí z různých míst a zdrojů, zároveň také příznivce meteorologických měření s náležitou přesností a odpovídající instrumentací. Nastala spolupráce v teplotním proměřování širší oblasti Šumavy, nesčetně nocí prochozených se skleněným teploměrem velkým počtem šumavských mrazových lokalit. Jak se později díky velkému úsilí podařilo prokázat, že silná mrazivost, dokumentovaná zpočátku na Horské Kvildě, není na Šumavě otázkou jedné lokality, ale daleko většího počtu (Křivancová 1991). Jedna z těchto lokalit ovšem poměrně často, pokud jde o sílu mrazu, ještě o něco více vynikala. A tak se stalo, v severním výběžku bezlesé enklávy Kvildy pod Jezerní slatí u Kvildského potoka, že vznikla meteorologická stanice s názvem Kvilda-Perla. Po dohodě s tehdejší Správou CHKO Šumava zde byla v říjnu 1985 instalována dřevěná meteorologická budka a započala zde první měření.

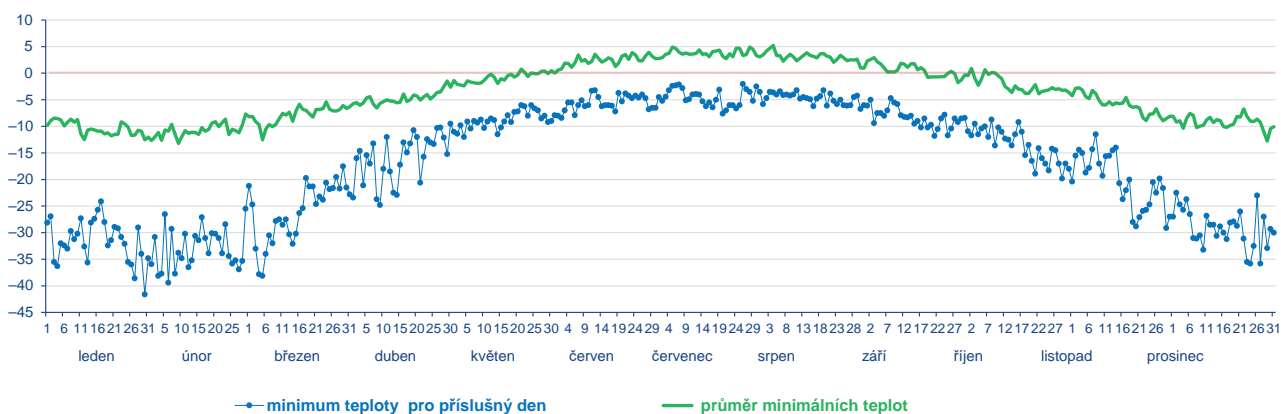
3. Popis lokality a měření

Náhorní šumavská pláň v nadmořské výšce nad 1 050 m n. m. vytvarovaná do mělkého zužujícího se údolí ve tvaru trychtýře se ukázala v okolí jako nejvhodnější pro měření nízkých teplot při jasné noční obloze. Lokalita Kvilda-Perla je porostlá hustým travním drnem, jenž tvoří dobrou tepelnou izolaci povrchu od v noci teplejší půdy, celá je obklopena lesem, který přispívá k dokonalému uklidnění větru. Dále pod stanicí je pak terénní zúžení, které společně s roztroušenými smrky zabraňuje rychlejšímu odtoku studeného vzduchu z mrazivé pláně dále podél Kvildského potoka směrem ke Kvildě. Navíc v zimních měsících, pokud více sněhu dokáže přikrýt porosty kleče na Jezerní slati, zvětšuje se tím plocha pro stékání podchlazeného vzduchu níže ke stanici a zlepšují i podmínky pro ještě výraznější poklesy teploty vzduchu.

Počátky měření na stanici probíhaly pouze se skleněnými extrémními teploměry, následně v roce 1986 byl do standardní dřevěné meteorologické budky k teploměrům přidán termograf. Zahájení souvislé řady měření teploty vzduchu ale vyžadovalo týdenní návštěvy stanice spojené s výměnou pásky v termografu a odečtu extrémních teploměrů, což ve vzdálenosti 20 km od bydliště pozorovatele ve Vimperku a bez auta obnášelo kombinovat pravidelné cesty autobusem, na kole, pěšky nebo na běžkách, za každého počasí i zdravotního stavu. Výjimečně bylo nutné zajistit zastoupení obsluhy stanice u místních obyvatel, ale naději, že podobný režim měření bez přerušení vydrží dlouho, tomu tenkrát nikdo moc nedával. Nicméně měření pokračovalo s ověřováním přesnosti a s příležitostnou výměnou měřidel pro kalibrace. Mezitím stanici na Horské Kvildě, resp. měření teploty vzduchu, od roku 1990 zajišťoval také ČHMÚ, následně zde došlo i k její automatizaci. To bylo impulsem zřídit podobný způsob měření i na stanici Kvilda-Perla, k čemuž po vynaložení nemalých soukromých prostředků došlo na počátku února 2010. Po 25 letech velkého nasazení při realizaci manuálního měření se podařilo zdejší měření automatizovat, navíc ke konci téhož roku po dohodě s pobočkou ČHMÚ v Českých Budějovicích byl zajištěn i přenos dat do databáze. Přesnost měření je i nadále kontrolována extrémními teploměry a přesným dataloggerem, navíc meteorologickou budku je potřeba udržovat pravidelným čištěním povrchu a jednou za 3 roky ekologickým nátěrem.

4. Teplotní poměry na Kvildě-Perle

Na počátku hodnocení zdejších teplotních poměrů je potřeba zmínit, že stanice Kvilda-Perla měří za běžných podmínek dle zavedených standardů teplotu vzduchu odpovídající výšce 1 058 m n. m., podobně jako jinde v okolí. Zásadní rozdíly pak nastávají při nočních vyjasněních a výrazných poklesech teplot. Již poměrně brzy po instalaci naměřila stanice dosavadní nejnižší minimální teplotu vzduchu $-41,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, což bylo 30. ledna 1987, druhou nejnižší hodnotu naměřila už automatizovaná stanice, a to $-39,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ v únoru 2012. Mrazivost lokality Kvilda-Perla v průběhu celého roku vyjadřují spojnice průměrných hodnot denních minim a absolutní minima teploty vzduchu za 40 let, kdy vyrovnanější hodnoty lze pozorovat v letním půlroce, kdežto v tom zimním je nesrovnatelně vyšší rozkolísanost (obr. 1).

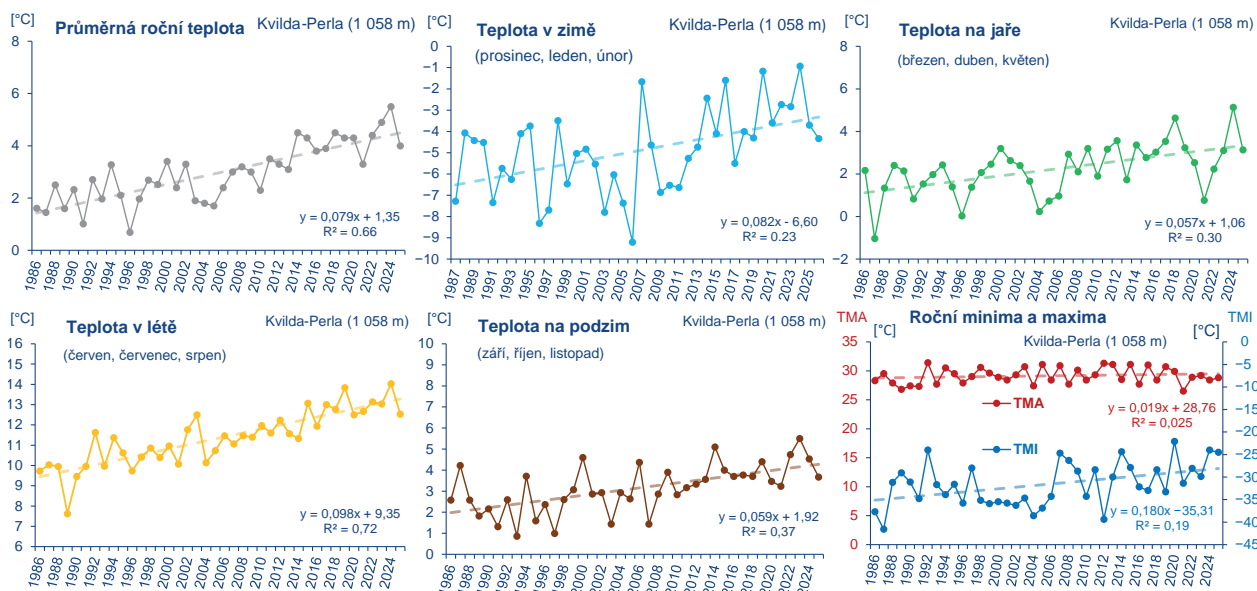


Obr. 1 Absolutní denní minima a průměr denních minim teploty vzduchu v průběhu roku na meteorologické stanici Kvilda-Perla za 40leté období od roku 1986.

Naměřené hodnoty mrazu na stanici Kvilda-Perla se poměrně záhy, nebo postupem času, staly i historickými absolutními minimy v Česku pro některé měsíce (7 z celkových 12). Podobně přehled nejnižších naměřených hodnot teploty vzduchu na této stanici patří mezi nejnižší u nás naměřené a ukazuje na velmi chladné epizody v 80. letech nebo v únoru 2012 (tab. 1).

Tab. 1 Absolutní minimum teploty vzduchu v historii pozorování na území ČR pro jednotlivé kalendářní měsíce (část vlevo) a nejsilnější naměřená minima teploty vzduchu na stanici Kvilda-Perla (část vpravo). Zdroj dat: ČHMÚ a vlastní.

Měsíc	Minimum teploty [°C]	Datum	Lokalita	Nejsilnější mraz na Kvildě-Perle, pořadí	Minimum teploty [°C]	Datum
I	-41,6	30.01.1987	Kvilda-Perla	1.	-41,6	30.01.1987
II	-42,2	11.02.1929	Litvínovice u Českých Budějovic	2.	-39,4	06.02.2012
III	-38,1	05.03.1987	Kvilda-Perla	3.	-38,6	24.01.2004
IV	-24,8	09.04.2003	Kvilda-Perla	4.	-38,1	05.03.1987
V	-14,3	04.05.1985	Horská Kvilda	5.	-38,1	03.02.2012
VI	-8,3	01.06.1997	Horská Kvilda	6.	-37,8	04.03.1987
VII	-7,6	20.07.1996	Kvilda-Perla	7.	-37,7	08.02.1986
VIII	-7,0	27.08.2018	Rokytská slat'	8.	-37,7	04.02.2012
IX	-11,8	21.09.1997	Kvilda-Perla	9.	-36,9	27.02.1986
X	-19,9	21.10.2009	Rokytská slat'	10.	-36,9	02.03.2005
XI	-29,1	29.11.1989	Kvilda-Perla	11.	-36,5	12.02.2012
XII	-35,8	27.12.1996 24.12.2001	Kvilda-Perla	12.	-36,3	04.01.2002

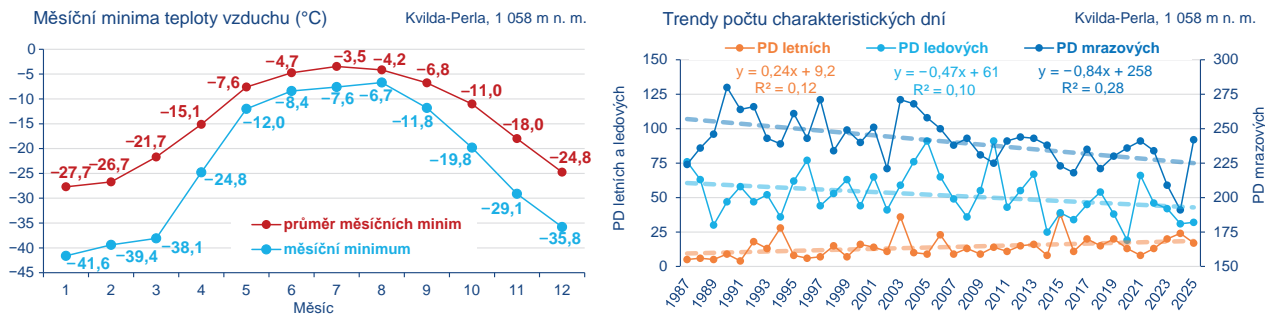


Obr. 2 Průběh hodnot teploty vzduchu za 40 let pozorování na stanici Kvilda-Perla v jednotlivých obdobích, ročních miním a maxim, s vyjádřením lineárního trendu.

Stejně jako všude v Česku, i na Šumavě se v souvislosti s klimatickou změnou znatelně otepluje. Trend oteplování je ovšem na mrazových lokalitách výraznější než jinde. Pokud se podíváme na jednotlivá období, nejrychlejší změnu jsme zaznamenali v létě, kdy se při vyjádření trendu lineární spojnicí otepluje skoro o 1 °C za 10 let, obdobný zimní a roční trend činí 0,8 °C / 10 let, nejméně se pak oteplovalo na jaře a na podzim. Skoro žádný trend nevykazují na Kvildě-Perle roční maxima teploty vzduchu, naopak roční minima slábnou skoro o 2 °C za 10 let. Neboli v porovnání s počátky pozorování na Perle zaznamenáváme nyní o 8 °C slabší hodnoty nejsilnějšího ročního mrazu (obr. 2).

Značný pokles je i v počtu mrazových a ledových dní, s lineární spojnicí hodnot tu máme trend více než 8 dní za 10 let, resp. skoro 5 v případě ledových dní. Méně výrazný je zde vzestup počtu letních dní. Naproti tomu pořád velmi silnou mrazivost lokality Kvilda-Perla dokladují kromě absolutních měsíčních minim i průměrná měsíční minima, která i v létě dosahují nezanedbatelných mrazivých hodnot (obr. 3).

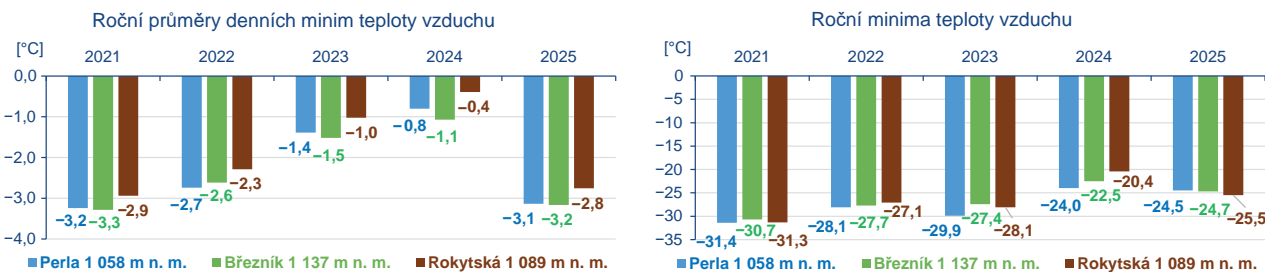
Zajímavé je v rámci 40leté řady měření teploty vzduchu na Kvildě-Perle porovnání období prvních 20 let s obdobím posledních 20 let. Rozdíl průměrné roční teploty vzduchu tak v tomto případě činí 1,6 °C, kdy nejvíce, o 2,5 °C, se oteplil prosinec. Pokud ve stejném období porovnáme měsíční minima, jsou rozdíly teploty vzduchu ještě větší, a to za rok 5,3 °C, a v prosinci se dokonce jedná o pokles mrazivosti o 6,8 °C. V tomto nepopulárním pořadí následují další dva zimní měsíce únor (4,9 °C) a leden (4,4 °C). Naopak v případě května se, v porovnání s první polovinou hodnoceného období, jako u jediného měsíce v roce ukázalo zesílení měsíčního minima, a to o -0,7 °C (tab. 2).



Obr. 3 Průměrné měsíční hodnoty a absolutní měsíční minimum teploty vzduchu (graf vlevo) a průběh počtu dní (PD) letních, ledových a mrazových (graf vpravo) na stanici Kvilda-Perla za období 1986–2025.

Tab. 2 Porovnání průměrné měsíční teploty vzduchu (část vlevo) a měsíčních minim (část vpravo) na stanici Kvilda-Perla pro období 1986–2005 a 2006–2025. Zdroj dat: ČHMÚ a vlastní.

Měsíc	Průměrná měsíční teplota vzduchu [°C] v různých obdobích			Průměr měsíčních minim teploty vzduchu [°C] v různých obdobích		
	1986–2005	2006–2025	Rozdíl	1986–2005	2006–2025	Rozdíl
I	-6,2	-4,7	1,6	-29,9	-25,5	4,4
II	-5,9	-4,4	1,5	-29,2	-24,3	4,9
III	-2,8	-1,5	1,3	-23,0	-20,4	2,6
IV	0,8	2,6	1,8	-15,3	-15,0	0,3
V	6,5	7,3	0,8	-7,3	-8,0	-0,7
VI	9,8	11,9	2,1	-5,3	-4,1	1,2
VII	11,1	13,2	2,1	-3,9	-3,0	0,9
VIII	10,6	11,9	1,3	-4,3	-4,0	0,3
IX	6,5	7,3	0,8	-7,0	-6,7	0,3
X	3,0	4,1	1,1	-11,6	-10,4	1,2
XI	-1,9	-0,2	1,7	-19,8	-16,2	3,6
XII	-5,6	-3,1	2,5	-28,1	-21,4	6,8
Rok	2,2	3,7	1,6	-34,0	-28,7	5,3



Obr. 4 Porovnání ročního průměru denních minim (graf vlevo) a ročních minim (graf vpravo) teploty vzduchu na stanicích Kvilda-Perla, Březník a Rokytská slat' za posledních 5 let.

I přes dokumentované silné oteplování zůstává Kvilda-Perla většinou nejmrazivější stanicí u nás. Při porovnání ročních průměrů denních minim teploty vzduchu s našimi dalšími nejsilnějšími mrazovými kotlinami na Březníku a Rokyteckých slatích v posledních 5 letech se sice Kvilda-Perla přetahuje o nejnižší průměr s Březníkem, ale při uvažování nadmořské výšky a teplotního gradientu (cca 0,5 °C na 80 výškových metrů) hraje mrazivost ve prospěch Perly. Ukazuje se to také na ročních minimech, kde kromě posledního roku 2025 si Kvilda-Perla drží nejmrazivější roční hodnoty (obr. 4). Hned v následujícím lednu 2026 stanice Kvilda-Perla zaznamenala nejnižší teplotu vzduchu celé zimy u nás, a sice -30,6 °C, Rokytská slat' tentokrát zaostala s -29,9 °C (Procházka a kol. 2026). Na Březníku pak bylo v lednu minimum -29,4 °C, naopak mráz těsně přes -30 °C jsme naměřili ještě na stanicích Hlaniště (-30,2, resp. -30,1 °C) a Březová Lada (-30,3 °C, Procházka 2026). Perla si tak zřejmě může udržet i minimum roku 2026.

5. Závěr

Čtyřem dekadám souvislé řady měření teploty vzduchu na stanici Kvilda-Perla předcházelo víceleté měření v oblasti mrazivých plání v okolí Kvild, jež bylo následně doprovázeno dalšími měřeními na podobných lokalitách nejen na Šumavě. V krátkém příspěvku popisujeme vznik a vývoj měření na meteorologické stanici a charakteristiku jejího okolí. Za tu dobu se podařilo zaznamenat celou řadu zajímavých hodnot teploty vzduchu, z nichž vynikaly zejména ty velmi nízké, silně mrazivé. Ze stanice Kvilda-Perla tak pochází několik absolutních měsíčních minimálních teplot pro území Česka. Z hodnocení teplotních charakteristik je zřejmé, že se na lokalitě Kvilda-Perla v průměru otepluje rychleji než v okolí, nejvíce pak v létě a v zimě. Klima se mění i zde, zaznamenávají jsou čím dál tím slabší mrazy, výrazně klesá počet mrazových a ledových dní. Stále ale tato lokalita patří mezi ty, kde se ještě nevyskytl ani jeden měsíc, ve kterém by nebyl zaznamenán mráz. Mrazových lokalit je zejména na Šumavě velké množství, ale jen některé jsou tak podrobně a dlouho monitorovány jako Kvilda-Perla. Její hodnotu zřejmě oceníme nejvíce až v budoucnu, nicméně v současné době je důležité i nadále věnovat měření náležitou pozornost a občas si i připomínat, co vše vzniku a provozování takové stanice předcházelo, stále obnáší a do budoucna bude vyžadovat.

Poděkování:

Děkujeme tímto všem provozovatelům a pozorovatelům meteorologických stanic za pořízování a správu meteorologických dat.

Literatura:

ČMeS, 2026. Elektronický meteorologický slovník [online]. ČMeS [cit. 15. 03. 2026]. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz/heslo/1717>.

KŘIVANCOVÁ, S., 1991. Teplotní zvláštnosti Šumavy. *Meteorologické zprávy*, roč. **44**, č. 5, s. 143–150. ISSN 0026-1173.

VOJVODÍK, A., 1984. Teplotní kontrasty v létě 1983 na Šumavě. *Meteorologické zprávy*, roč. **37**, č. 3, s. 77. ISSN 0026-1173.

PROCHÁZKA, J., VOJVODÍK, A., ROLČÍK, I., 2026. Na Kvildě-Perle mráz pod $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ [online]. *Meteo-Šumava* [cit. 15. 03. 2026]. Dostupné z: <https://meteo-sumava.cz/clanky/2026/na-kvilde-perle-mraz-pod-30-c/>.

PROCHÁZKA, J., 2026. Mrazivá epizoda končí, na Šumavě opět pod $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ [online]. *Meteo-Šumava* [cit. 15. 03. 2026]. Dostupné z: <https://meteo-sumava.cz/clanky/2026/mraziva-epizoda-konci-na-sumave-opet-pod-30-c/>.

Analýza slunečního UV záření na stanici Luční bouda v Krkonoších v letech 2020–2025

Marie Novotná¹, Kamil Láska², Klára Čížková^{1,2}, Martin Staněk², Ladislav Metelka²

¹ Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Geografický ústav, Kotlářská 267/2, 611 37 Brno,

* novotna.marie@mail.muni.cz

² Český hydrometeorologický ústav, Solární a ozonová observatoř, Zámeček 456, 500 08 Hradec Králové 8

Klíčová slova: erytémová dávka, ozon, UV index

1. Úvod

Sluneční ultrafialové (UV) záření představuje část elektromagnetického spektra s vlnovými délkami od 100 do 400 nm. Jeho účinky na živé organismy se liší podle konkrétní vlnové délky – mohou být jak pozitivní, tak negativní. Nadměrná expozice UV záření může vést k závažným zdravotním problémům, například k rakovině kůže nebo vzniku oční katarakty. Na druhou stranu je však UV záření nezbytné pro tvorbu vitamínu D (Lucas a kol. 2019; Vaníček a kol. 1999). Citlivost lidského organismu na UV záření se popisuje pomocí tzv. akčních spekter. Mezi ně patří například erytémové akční spektrum (McKinlay, Diffey 1987), které charakterizuje reakci kůže na UV záření, nebo spektrum syntézy vitamínu D (CIE 2006; Vaníček a kol. 1999). UV záření zároveň ovlivňuje i další organismy – rostliny, suchozemské houby či bakterie – a to jak pozitivně, tak negativně (Vanhaelewyn a kol. 2020). U rostlin mohou změny DNA vyvolané UV zářením negativně ovlivnit jejich růst, vývoj i tvorbu květů a plodů (Hollósy 2002).

Množství UV záření dopadajícího na zemský povrch je podmíněno řadou faktorů, mezi které patří například zenitová vzdálenost Slunce, nadmořská výška, oblačnost, celkové množství ozonu v atmosféře, odrazivost povrchu (albedo) či přítomnost aerosolů (Kerr, Fioletov 2008; Vaníček a kol. 1999). V horských oblastech se tyto vlivy často kombinují a jejich účinek může být výraznější. S rostoucí nadmořskou výškou klesá hustota atmosféry, což omezuje pohlcování a rozptyl slunečního záření a může tedy vést k velmi vysokým dávkám UV záření v horských oblastech během celého roku. V zimním období je navíc tento efekt umocněn přítomností sněhové pokrývky, která má vysokou odrazivost. Z tohoto důvodu je důležité tyto oblasti systematicky monitorovat. Navíc lze očekávat, že ekosystémy v horských oblastech budou výrazně ovlivněny budoucími změnami UV záření spojenými se změnou klimatu (např. Barnes a kol. 2023), což podtrhuje význam dalšího výzkumu v této oblasti.

V České republice fungují čtyři meteorologické stanice provozované Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ), které v rámci radiační sítě sledují UV záření již od roku 1994, pro Hradec Králové je navíc k dispozici rekonstruovaná časová řada sahající až do roku 1964 (Čížková a kol. 2018). Od roku 2004 probíhají měření UV záření také na třech horských stanicích (obr. 1A): Labská bouda (1 320 m n. m., ČHMÚ), Vysoká hole (1 464 m n. m., Masarykova univerzita, od r. 2019) a Luční bouda (1 413 m n. m., ČHMÚ, od r. 2019). Tato práce si klade za cíl rozšířit poznatky o UV záření v Krkonoších pomocí analýzy denní a měsíční variability UV záření na stanici Luční bouda v období 2020–2025.

2. Metodika a popis zájmového území

Na stanici Luční bouda (50,7353 °N 15,6979 °E; obr. 1B) probíhá od října 2019 měření UV záření pomocí širokopásmového radiometru typu UV-Biometr SL 501A (Solar Light, USA). Stanice se nachází v nadmořské výšce 1 413 m v centrální části Krkonoš, přibližně 3 km od Sněžky, nejvyššího vrcholu České republiky; má otevřený horizont, oblast je tvořena mozaikou alpských trávníků s převahou smilky tuhé, kleče a severských strukturovaných rašelinišť (KRNAP 2026). Průměrná roční teplota vzduchu činila v letech 2001–2016 2,6 °C. Tato stanice spadá pod správu ČHMÚ a přístroj je pravidelně kalibrován. Během sledovaného období bylo zjištěno pouze několik chybějících hodnot v důsledku technických problémů, a to 18. července 2021, 21. května 2024, 30. září 2025, 1.–8. října 2025, a 28. října 2025.

Tato práce rozšiřuje analýzu časové řady pro období let 2020–2021 (Novotná a kol. 2024) s využitím 10minutových průměrných intenzit erytémového UV záření (EUV). Data byla zkontrolována pomocí programovacího jazyka R v uživatelském rozhraní RStudio. 10minutové intenzity byly následně konvertovány na 10minutové dávky EUV záření, z nichž byly vypočteny denní a měsíční dávky. Pro analýzu časové řady byl vykreslen chod denních dávek EUV v období 2020–2025 společně se základními statistickými charakteristikami. Součástí je také případová studie zaměřená na období s nejvyššími denními dávkami EUV záření (27. června – 3. července 2025) ve studovaném období. Pro toto období byly zobrazeny

denní změny UV indexu společně s denními dávkami EUV záření doplněné o celkové množství ozonu.

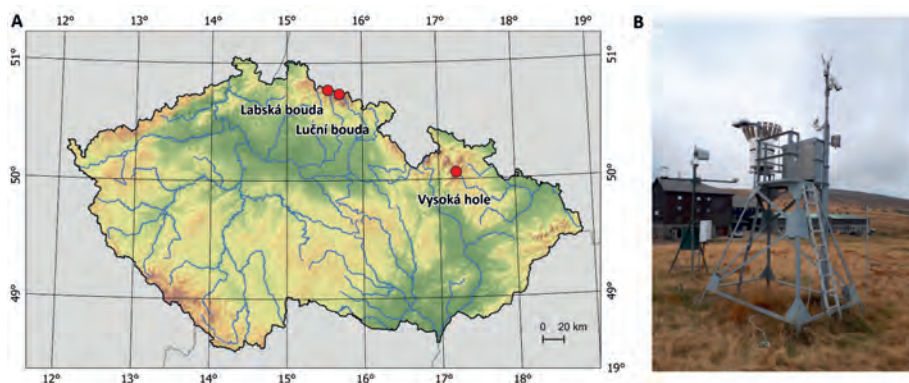
3. Výsledky

Variabilita denních dávek EUV v letech 2020–2025 je zobrazena na obr. 2A. Průměrná denní dávka EUV v celém období činila $1,4 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}$, což představovalo 25 % maximální denní dávky EUV na této stanici z 1. července 2025 ($5,5 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}$). V jednotlivých letech činil roční průměr denních dávek EUV $1,4$ – $1,5 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}$, nejvyšší v roce 2025, naopak nejnižší v roce 2021. Nejvyšší měsíční průměry denních dávek byly dosaženy v letních měsících, a to $2,8 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}$ v červnu a $2,7 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}$ v červenci (obr. 2B). Nejnižší dávky EUV záření (v průměru $0,2 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}$ v prosinci) byly zaznamenávány v období kolem zimního slunovratu.

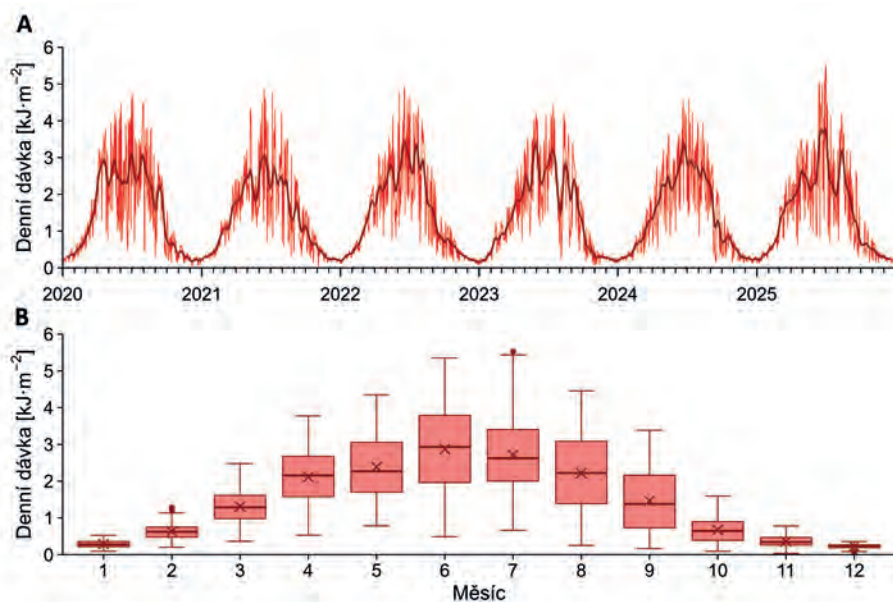
1 % nejvyšších denních dávek EUV záření v měsíci červnu a červenci v celém studovaném období 2020–2025 bylo dosaženo během čtyř dní na přelomu června a července 2025, a to 28. června, 30. června, 1. a 2. července 2025. Denní dávka EUV záření se v tyto dny pohybovala v rozmezí $5,1$ – $5,5 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}$ (obr. 3B). Maximální denní UV index v rámci případové studie (obr. 3A) byl kategorizován dle Světové meteorologické organizace jako velmi vysoký. V tomto období bylo celkové množství ozonu sniženo oproti průměrným měsíčním hodnotám celkového množství ozonu, které se v červnu a červenci na území ČR pohybuje v rozmezí 330–350 DU (1964–2013; Čížková a kol. 2018).

4. Diskuze

Denní dávky EUV záření na stanici Luční bouda v období 2020–2025 byly nejvyšší v letních měsících, kdy je ve středních zeměpisných šířkách nejmenší zenitová vzdálenost Slunce v roce. Podobný chod EUV záření byl pozorován i v dalších horských oblastech střední Evropy. V Alpách nebo ve Vysokých Tatrách však mohou být dávky EUV ještě vyšší (Pribullová, Chmelík 2008; Vuilleumier a kol. 2021). V Tatrách se maximální modelované denní dávky EUV pohybují mezi 4 a $7 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}$, přičemž na stanici Skalnaté Pleso (1 778 m n. m.) byla v letech 2002–2004 průměrná měsíční maximální dávka $\sim 4,8 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}$ (Pribullová, Chmelík 2008). Ve švýcarském Davosu (1 610 m n. m.) dosahovala průměrná měsíční dávka EUV během letních měsíců let 2004–2018 maxima kolem $4 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}$ (Vuilleumier a kol. 2021), což je o $1 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}$ více než na stanici Luční bouda. Vyšší hodnoty na těchto horských stanicích lze částečně vysvětlit jejich větší nadmořskou výškou a vysokou odrazivostí povrchu i během léta (Schmucki a kol. 2001).



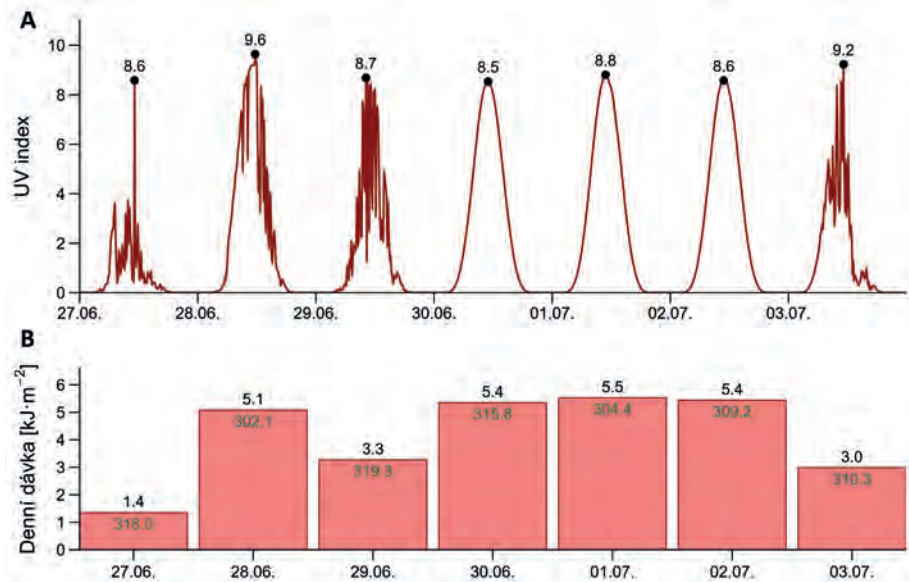
Obr. 1 Lokalizace horských stanic Labská bouda, Luční bouda a Vysoká hole v rámci České republiky (A) a fotografie stanice Luční bouda (B); zdroj dat: ArcDATA Praha, ZÚ, ČSÚ, 2016; ČÚZK 2023; Archiv ČHMÚ 2023).



Obr. 2 Denní dávky slunečního EUV záření shlazené pomocí Gaussova filtru (A) a základní statistické charakteristiky měsíčních dávek EUV záření (B) na stanici Luční bouda v období 2020–2025. Boxplot zobrazuje medián (horizontální čára), průměr (křížek), dolní a horní kvartil (box) a rozsah dat do 1,5násobku interkvartilového rozpětí (vousy). Hodnoty mimo tento interval (body) jsou považovány za odlehlé.

5. Závěr

Tato studie analyzuje erytémové UV záření na stanici Luční bouda v Krkonoších v letech 2020–2025. Průměrná denní dávka EUV záření v jednotlivých letech činila 1,4–1,5 $\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}$, přičemž v letních měsících dosáhl průměr denních dávek 2,8 $\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}$. Nejvyšší denní dávka EUV 5,5 $\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}$ byla zaznamenána 1. července 2025, na přelomu června a července tohoto roku bylo dosaženo 1 % nejvyšších dávek v červenci a srpnu za celé studované období. Velmi vysoké hodnoty UV indexu byly zaznamenány ve dnech se sníženým množstvím ozonu, jasnou oblohou, ale také proměnlivou, velmi často kupovitou, oblačností. Studie zdůrazňuje, že v horských oblastech České republiky jsou ve vybraných měsících dosahovány často vysoké dávky EUV záření, které mohou představovat potenciální riziko pro živé organismy.



Obr. 3. Denní variabilita UV indexu doplněná o maximální denní UV index (černý bod; A) a denní dávka slunečního erytémového UV záření doplněná o celkové množství ozonu v Dobsonových jednotkách (DU; zeleně; B) na stanici Luční bouda v období 27. června – 3. července 2025.

Poděkování:

Tato studie byla financována Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky v rámci projektu „Český antarktický výzkumný program 2025–2027 (VAN 2025)“ a projektu Masarykovy univerzity „MUNI/A/1921/2025“. Děkujeme také Českému hydrometeorologickému ústavu za poskytnutí dat.

Literatura:

- ARCDATA PRAHA, ZÚ, ČSÚ, 2016. ArcČR® 500 verze 3.3 [online]. Digitální vektorová databáze České republiky [cit. 27. 03. 2026]. Dostupné z: <https://www.arcdata.cz/cs-cz/produkty/data/arcchr>.
- BARNES, P. W., ROBSON, T. M., ZEPP, R. G., BORNMAN, J. F., JANSEN, M. A. K., OSSOLA, R., WANG, Q. W., ROBINSON, S. A., FOEREID, B., KLEKOCIUK, A. R., MARTINEZ-ABAIGAR, J., HOU, W. C., MACKENZIE, R., PAUL, N. D., 2023. Interactive effects of changes in UV radiation and climate on terrestrial ecosystems, biogeochemical cycles, and feedbacks to the climate system. *Photochemical and Photobiological Sciences*, roč. **22**, č. 5, s. 1 049–1 091. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s43630-023-00376-7>.
- CIE, 2006. Action Spectrum for the Production of Provitamin D3 in Human Skin. Vídeň, Rakousko: *CIE Technical Report*, **174**, 12 s. ISBN 3 901 906 50 9.
- ČÍŽKOVÁ, K., LÁSKA, K., METELKA, L., STANĚK, M., 2018. Reconstruction and analysis of erythemal UV radiation time series from Hradec Králové (Czech Republic) over the past 50 years. *Atmospheric Chemistry and Physics*, roč. **18**, č. 3, s. 1 805–1 818. Dostupné z: <https://doi.org/10.5194/acp-18-1805-2018>.
- ČÚZK, 2023. Digitální model reliéfu 5G (barevný) [online]. ČÚZK [cit. 27. 03. 2026]. Dostupné z: <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=9de353130d8140fba9cc738df15a48eb>.
- HOLLÓSY, F., 2002. Effects of ultraviolet radiation on plant cells. *Micron*, roč. **33**, č. 2, s. 179–197. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0968-4328\(01\)00011-7](https://doi.org/10.1016/S0968-4328(01)00011-7).
- KERR, J. B., FIOLETOV, V. E., 2008. Surface ultraviolet radiation. *Atmosphere – Ocean*, roč. **46**, č. 1, s. 159–184. Dostupné z: <https://doi.org/10.3137/ao.460108>.
- KRNAP, 2026. Arkto-alpínská tundra [online]. Správa KRNAP [cit. 27. 03. 2026]. Dostupné z: <https://www.krnep.cz/priroda/fenomeny/arkto-alpinska-tundra/>.

LUCAS, R. M., YAZAR, S., YOUNG, A. R., NORVAL, M., DE GRUIJL, F. R., TAKIZAWA, Y., RHODES, L. E., SINCLAIR, C. A., NEALE, R. E., 2019. Human health in relation to exposure to solar ultraviolet radiation under changing stratospheric ozone and climate. *Photochemical and Photobiological Sciences*, roč. **18**, č. 3, s. 641–680. Dostupné z: <https://doi.org/10.1039/C8PP90060D>.

MCKINLAY, A. F., DIFFEY, B. L., 1987. A reference spectrum for ultraviolet induced erythema in human skin. *CIE Journal*, roč. **6**, s. 21–27.

NOVOTNÁ, M., LÁSKA, K., ČÍŽKOVÁ, K., METELKA, L., STANĚK, M., 2024. Variability of solar UV radiation in the northern mountains of the Czech Republic, 2020–2021. *Czech Polar Reports*, roč. **14**, č. 1, s. 132–149. Dostupné z: <https://doi.org/10.5817/CPR2024-1-8>.

PRIBULLOVÁ, A., CHMELÍK, M., 2008. Typical distribution of the solar erythemal UV radiation over Slovakia. *Atmospheric Chemistry and Physics*, roč. **8**, č. 17, s. 5 393–5 401. Dostupné z: <https://doi.org/10.5194/acp-8-5393-2008>.

SCHMUCKI, D., VOIGT, S., PHILIPONA, R., FRÖHLICH, C., LENOBLE, J., OHMURA, A., WEHRLI, C., 2001. Effective albedo derived from UV measurements in the Swiss Alps. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, roč. **106**, č. D6, s. 5 369–5 383. Dostupné z: <https://doi.org/10.1029/2000JD900712>.

VANHAELEWYN, L., VAN DER STRAETEN, D., DE CONINCK, B., VANDENBUSSCHE, F., 2020. Ultraviolet radiation from a plant perspective: The plant-microorganism context. *Frontiers in Plant Science*, č. **11**, s. 597642. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.597642>.

VANÍČEK, K., FREI, T., LITYNSKA, Z., SCHMALWIESER, A., 1999. UV- index for the public: a guide for publication and interpretation of solar UV index forecasts for the public. COST-713 Action (UVB Forecasting), Brusel. ISBN 92-828-8142-3.

VUILLEUMIER, L., HARRIS, T., NENES, A., BACKES, C., VERNEZ, D., 2021. Developing a UV climatology for public health purposes using satellite data. *Environment International*, roč. **146**, s. 106–177. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106177>.

Srovnání jasu noční oblohy mezi horskou a městskou stanicí

Lucie Marková¹, Vojtěch Kohout²

¹ Český hydrometeorologický ústav, ŘAS P-Brno, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany, lucie.markova@chmi.cz

² Astronomický ústav Akademie věd České republiky, v. v. i., Fričova 298, 251 65 Ondřejov, v.kohout@gmail.com

Klíčová slova: světelné znečištění, Bortleova stupnice, SQM-LE měření, oblačnost, antropogenní zdroje světla

1. Úvod

Jas noční oblohy představuje významný indikátor úrovně světelného znečištění a jeho změn v prostoru i čase. Umělé osvětlení měst a obcí způsobuje rozptyl světla v atmosféře, což vede ke zvyšování jasu oblohy a zhoršování podmínek pro astronomická pozorování. Současně může světelné znečištění ovlivňovat také ekologické procesy, biologické rytmy organismů i celkovou kvalitu nočního prostředí. Systematické měření jasu noční oblohy představuje důležitý nástroj pro sledování změn v intenzitě světelného smogu a pro hodnocení dopadů umělého osvětlení na životní prostředí, neboť umožňuje kvantifikovat vliv umělého osvětlení, atmosférických podmínek i astronomických faktorů. Ty se přitom výrazně liší zejména mezi městským a horským prostředím, kde se liší intenzita i charakter světelných zdrojů.

Cílem této práce je porovnat jas noční oblohy mezi horskou a městskou měřicí stanicí provozovanou Českým hydrometeorologickým ústavem. Pro analýzu byly vybrány stanice Churáňov a Praha-Libuš, které reprezentují dvě výrazně odlišná prostředí z hlediska světelného znečištění i geografických podmínek. Horská stanice se nachází v relativně tmavé oblasti s omezeným množstvím umělého osvětlení, zatímco městská stanice je ovlivněna intenzivním světelným smogem velké aglomerace. Porovnání těchto lokalit umožňuje lépe pochopit rozdíly v charakteru noční oblohy mezi přirozeným a urbanizovaným prostředím.

2. Metodika

2.1 Data

Měření jasu noční oblohy probíhá v současnosti na několika stanicích Českého hydrometeorologického ústavu v rámci pilotního projektu zaměřeného na monitoring světelného znečištění (Marková 2025). Pro účely této studie byly vybrány dvě stanice s výrazně odlišným charakterem prostředí. První z nich je horská stanice Churáňov nacházející se v pohoří Šumavy v nadmořské výšce 1 119 m n. m. Lokalita je relativně vzdálená od větších sídel a představuje vhodné prostředí pro sledování přirozeného jasu noční oblohy. Druhou analyzovanou stanicí je meteorologická stanice Praha-Libuš, situovaná na okraji hlavního města Prahy v nadmořské výšce 301 m n. m. Tato lokalita je naopak významně ovlivněna světelným znečištěním městského prostředí.

Pro srovnání byly využity dostupné datové řady od prosince roku 2024 do února 2026. Data jsou zaznamenávána kontinuálně a ukládána do databázového systému, odkud mohou být dále zpracovávána statistickými metodami.

2.2 Měřicí metody

Jas noční oblohy je měřen pomocí přístrojů typu SQM-LE (Sky Quality Meter – Lens Ethernet), které jsou určeny pro automatizované dlouhodobé měření jasu oblohy (Unihedron 2025). Přístroj zaznamenává hodnoty v jednotkách $\text{mag}/\text{arcsec}^2$ v pravidelném pětiminutovém intervalu od západu do východu Slunce. Takto získaná data umožňují sledovat nejen dlouhodobé trendy, ale také krátkodobé změny jasu oblohy způsobené například změnami oblačnosti, fázi Měsíce nebo lokálními zdroji osvětlení.

Do pilotní analýzy byla zahrnuta také základní astronomická data popisující polohu Slunce a fázi i výšku Měsíce nad horizontem. Tyto parametry mají významný vliv na naměřený jas oblohy a jejich zohlednění je důležité zejména při interpretaci krátkodobých změn v datech (Morris et al. 2018).

2.3 Statistická analýza

Na začátku byla data rozdělena do kategorií stabilní, relevantní a irelevantní. Toto rozdělení vychází z astronomických podmínek a z krátkodobé variability měření.

Za relevantní jsou považovány hodnoty měření po skončení astronomického soumraku, kdy se Slunce nachází více než 18° pod obzorem. Současně je posuzován vliv Měsíce. Pro každý časový okamžik je určena fáze Měsíce v rozsahu 0–1 (0 = nov, 0,5 první nebo poslední čtvrt, 1 = úplňk). Na základě této fáze je následně vypočtena minimální výška Měsíce pod horizontem podle vztahu $h = -12\sqrt{f}$, kde f je fáze Měsíce (Morris et al. 2018).

Pokud je Měsíc pod touto vypočtenou výškou a zároveň je Slunce níže než -18° , je jeho vliv na jas oblohy považován za zanedbatelný a měření je zařazeno mezi relevantní hodnoty.

Za stabilní jsou považovány takové relevantní hodnoty, u nichž je krátkodobá variabilita měření nízká. Stabilita je hodnocena pomocí směrodatné odchylky pěti po sobě jdoucích měření (dvě před a dvě po posuzovaném bodu). Pokud je tato směrodatná odchylka menší než $0,03 \text{ mag/arcsec}^2$, je měření klasifikováno jako stabilní.

Irelevantní hodnoty představují měření ovlivněná soumrakem a Měsícem, kdy do této kategorie spadají převážně měření na počátku a ke konci časové řady.

Pro stabilní a relevantní data byly následně vypočteny základní statistické charakteristiky, zejména měsíční mediány a průměrné hodnoty jasu oblohy. Tyto hodnoty umožňují srovnání jednotlivých lokalit a zároveň poskytují orientační základ pro zařazení do Bortleovy stupnice tmavosti oblohy, která klasifikuje kvalitu noční oblohy podle míry světelného znečištění (Světelné znečištění, 2026).

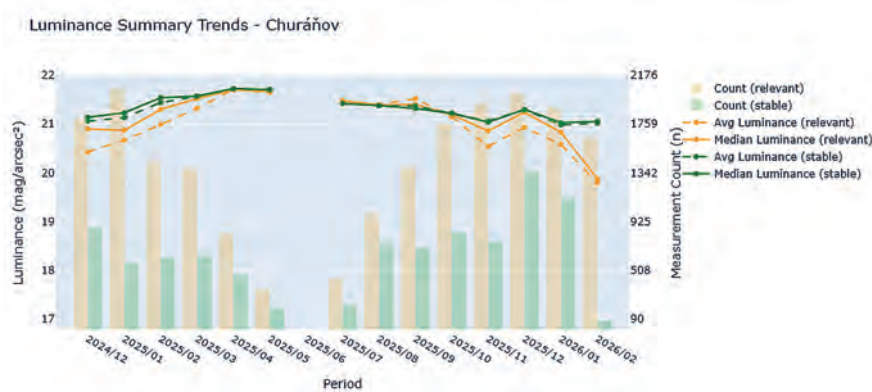
3. Výsledky

Analýza dat (viz obr. 1 a obr. 2) ukazuje výrazný rozdíl mezi horskou stanicí Churáňov a městskou stanicí Praha-Libuš. Horská stanice vykazuje obecně tmavší oblohu s hodnotami měsíčních mediánů přibližně v rozmezí $21,03\text{--}21,7 \text{ mag/arcsec}^2$. Naproti tomu městská stanice Praha-Libuš dosahuje výrazně nižších hodnot měsíčních mediánů, přibližně $19,13\text{--}19,48 \text{ mag/arcsec}^2$, což odpovídá silnějšímu světelnému znečištění.

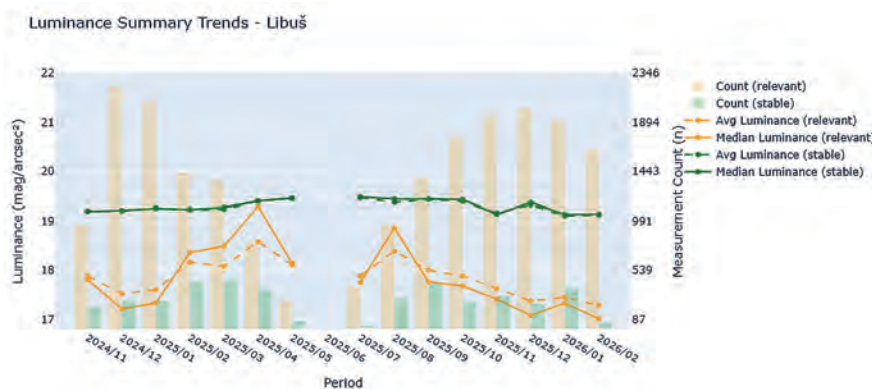
Na obr. 1 (Churáňov) a obr. 2 (Praha-Libuš) jsou pro jednotlivé měsíce zobrazeny souhrnné charakteristiky jasu noční oblohy. Sloupce představují celkový počet měření v daném období, přičemž jsou rozlišena všechna relevantní měření a podmnožina stabilních měření. Hodnoty na pravé svislé ose udávají počet měření. Čárové grafy zobrazují průměrné a mediánové hodnoty jasu oblohy vypočtené jak z relevantních, tak ze stabilních dat. Tyto hodnoty jsou vztaženy k levé svislé ose, která udává jas oblohy v jednotkách mag/arcsec^2 . Na vodorovné ose je znázorněno sledované období po jednotlivých měsících.

Meziroční porovnání měsíčních mediánů jasu noční oblohy pro první tři společné měsíce je uvedeno v tab. 1. Z výsledků je patrný mírný nárůst jasu noční oblohy v lednu a únoru mezi roky 2025 a 2026 jak na stanici Churáňov, tak na stanici Praha-Libuš. Tento trend odpovídá zvýšení jasu oblohy (jejímu rozjasnění), což z hlediska světelného znečištění není žádoucí, protože vyšší jas znamená zhoršení kvality nočního prostředí i astronomických podmínek.

Výjimkou je prosinec, kdy byl na obou stanicích zaznamenán opačný trend a hodnoty mediánů meziročně vzrostly (např. na stanici Churáňov z $21,14$ na $21,30 \text{ mag/arcsec}^2$ a na stanici Praha-Libuš z $19,21$ na $19,37 \text{ mag/arcsec}^2$). Tento jev může souviset s technickým ovlivněním měření, protože během prosince se čidla na stanicích Churáňov i Praha-Libuš



Obr. 1 Statistická analýza naměřených dat jasu noční oblohy na stanici Churáňov (Kohout 2026).



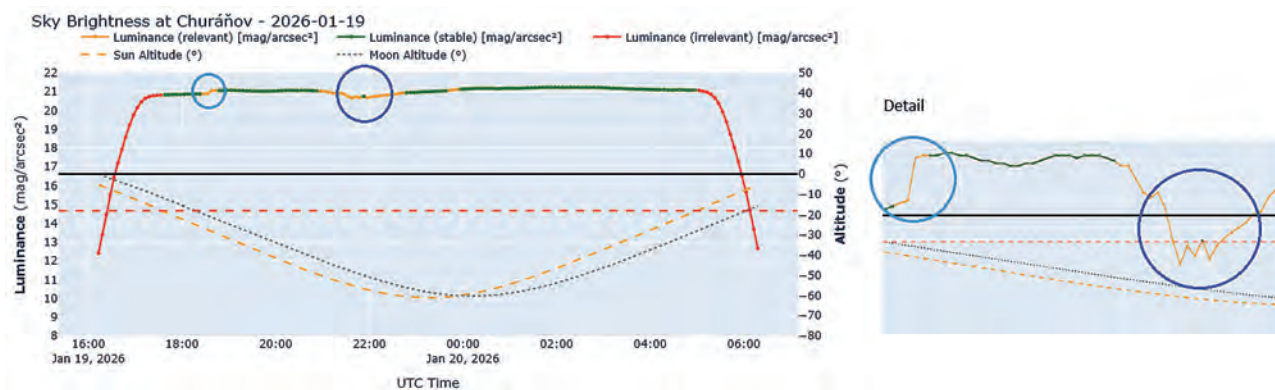
Obr. 2 Statistická analýza naměřených dat jasu noční oblohy na stanici Praha-Libuš (Kohout 2026).

pravděpodobně po několik dní nacházela pod vrstvou sněhu. Sledované období bylo zároveň bohaté na sněhové srážky, což mohlo vést k častějšímu zakrytí senzorů, a tím k vyšším naměřeným hodnotám jasu oblohy. Do budoucna bude nutné podobné situace identifikovat a tyto hodnoty z analýzy vyřadit, případně je přeradit mimo kategorii stabilních dat.

Tab. 1 Měsíční medián jasu noční oblohy [mag/arcsec²] pro stanice Churáňov a Praha-Libuš. (Kohout 2026).

	Churáňov [mag/arcsec ²]	Praha-Libuš [mag/arcsec ²]		Churáňov [mag/arcsec ²]	Praha-Libuš [mag/arcsec ²]
Prosinec 2024	21,14	19,21	Prosinec 2025	21,30	19,37
Leden 2025	21,23	19,25	Leden 2026	21,03	19,13
Únor 2025	21,54	19,23	Únor 2026	21,05	19,14

Pokud bychom se podívali na jednotlivé noci, lze v nich najít několik zajímavostí. Například naměřené hodnoty ze dne 19. 1. 2026 na stanici Churáňov viz obr. 3, na kterém jsou patrné zajímavosti. První z nich (pro přehlednost označena na obr. 3 modře) je ukončení večerního provozu nedalekého lyžařského areálu Zadov, kdy kolem 18:30 byl pozorován náhlý nárůst tmavosti téměř o 0,15 mag/arcsec². Dalším úkazem této noci je intenzivní vliv polární záře (označena na obr. 3 fialově), kdy svého vrcholu dosahovala kolem 22 hodiny, rozjasnilo se přibližně o 0,3 mag/arcsec² (Fotogalerie 2026).



Obr. 3 Naměřená data jasu noční oblohy na stanici Churáňov ze dne 19. 1. 2026 s detailem (Kohout 2026).

Dalším významným faktorem ovlivňujícím jas oblohy je oblačnost. Její vliv se však mezi stanicemi výrazně liší, což je patrné porovnáním na obr. 1 a 2, pokud je pozornost zaměřena na rozdíl mediánů stabilních hodnot a relevantních hodnot. V městském prostředí dochází při zatažené obloze k zesilování jasu, protože oblačnost rozptyluje světlo z umělých zdrojů zpět směrem k povrchu. Naopak v horských oblastech může oblačnost oblohu naopak ztmavovat, protože omezuje průchod přirozeného světla hvězd.

4. Diskuze

Získané výsledky potvrzují výrazný rozdíl mezi horským a městským prostředím z hlediska jasu noční oblohy. Stanici Churáňov lze na základě naměřených hodnot orientačně zařadit do 3–4 třídy Bortleovy stupnice, zatímco stanice Praha-Libuš odpovídá přibližně třídám 7–8, které charakterizují silně světelně znečištěné městské prostředí (Světelné znečištění 2026).

Výsledky současně ukazují, že interpretace dat je do značné míry ovlivněna meteorologickými faktory. Zejména oblačnost, mlha nebo sněhová pokrývka mohou významně měnit naměřené hodnoty jasu oblohy. Pro přesnější vyhodnocení bude proto nutné v budoucnu zahrnout do analýzy také detailní meteorologická data.

5. Závěr

Pilotní srovnání jasu noční oblohy mezi horskou stanicí Churáňov a městskou stanicí Praha-Libuš potvrzuje zásadní rozdíly mezi přirozeným a urbanizovaným prostředím. Horská stanice vykazuje stabilně tmavší oblohu a menší variabilitu naměřených hodnot, zatímco městská stanice je výrazně ovlivněna umělým osvětlením a lokálními zdroji světelného znečištění.

Pokračující měření a rozšiřování datové řady umožní v budoucnu podrobnější analýzu dlouhodobých trendů jasu noční oblohy a jejich souvislosti s meteorologickými i antropogenními faktory. Takové analýzy mohou přispět k lepšímu pochopení dynamiky světelného znečištění a k návrhu opatření vedoucích ke snížení jeho dopadů.

Literatura:

MARKOVÁ, L., 2025. Jasoměry na ČHMÚ: pilotní projekt a perspektivy rozvoje. *Meteorologické zprávy*, roč. **78**, č. 6, s. 169–172. ISSN 0026-1173. Dostupné z: <https://doi.org/10.59984/mz.2025.06.03>.

MORRIS, BRETT, M., TOLLERUD, E., SIPŐCZ, B. et al., 2018. Astroplan: An Open Source Observation Planning Package in Python. *The Astronomical Journal* [online]. *American Astronomical Society*, 2018-2-23. roč. **155**, č. 3, s. 128 [cit. 15. 02. 2026]. ISSN 0004-6256. Dostupné z: <https://doi.org/10.3847/1538-3881/aaa47e>.

Světelné znečištění, 2026. Světelné znečištění [online]. [cit. 15. 02. 2026]. Dostupné z: <https://svetelneznecistenici.cz/mapovani-tmy/bortleova-stupnice/>.

Unihedron, 2025. Sky Quality Meter – LE (SQM LE) [online]. Grimsby (Ontario): Unihedron [cit. 03. 10. 2025]. Dostupné z: <https://www.unihedron.com/projects/sqm-le/>.

Fotogalerie, 2026. Mimořádně dynamická polární záře nad Českem 19. 1. 2026. ČAS [online]. [cit. 15.02.2026]. Dostupné z: <https://www.astro.cz/clanky/multimedia/fotogalerie-mimoradne-dynamicka-polarni-zare-nad-ceskem-19-1-2026.html>.

Vývoj množství sněhové pokrývky v Krkonoších při jarních expedičních měřeních

Tomáš Fryč

Český hydrometeorologický ústav, pobočka Praha, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany, tomas.fryc@chmi.cz

Klíčová slova: výška sněhu SCE, vodní hodnota sněhu SVH, Jizerské hory, západní Krkonoše

1. Expediční měření sněhu

Oproti běžným měřením a pozorováním v ČHMÚ je Expediční měření sněhu odlišná akce hlavně tím, že skupina 2 až 3 měřičů absolvuje na běžkách během měřicího dne okruh často i více jak 15 km a na trase provede cca 5 až 10 měření výšky a vodní hodnoty sněhu v požadovaných místech. Většinou se takováto měření provádí na horách jednou za zimu, nejčastěji v únoru nebo v březnu. Výjimkou jsou pravidelná pondělní měření kolegů z jabloneckého Oddělení aplikovaného výzkumu, kde podobná měření probíhají pravidelně každý týden, a to pro potřeby Hlásné a předpovědní povodňové služby.

2. Metodika expedičního měření vodní hodnoty sněhu

Vlastní měření se skládá z měření výšky sněhu (SCE) sněhoměrnou tyčí a z měření vodní hodnoty sněhu (SVH). To se v ČHMÚ provádí již více jak 20 let pomocí laminátového válce typu DOLFI (výrobce R. Hancvencl) o průřezové ploše 50 cm² a délce 0,5 až 1,5 m. Zváží se sníh ve válci a jednoduchým vzorcem (čistá hmotnost [g] / výška sněhu [cm] / 50) se vypočte hustota sněhu. Tyčí se provádí 10 měření výšky v profilu, který je veden převážně „po vrstevnici“ a nejlépe charakterizuje okolní prostředí. Válcem se odebírá sněhový vzorek vždy ve 3 místech a z těchto 3 odběrů se vypočte průměrná hustota sněhu. Vynásobením hustoty průměrnou výškou ze všech měření (cm se musí převést na mm) se získá vodní hodnota sněhu v daném profilu (zásoba vody ve sněhu v milimetrech).

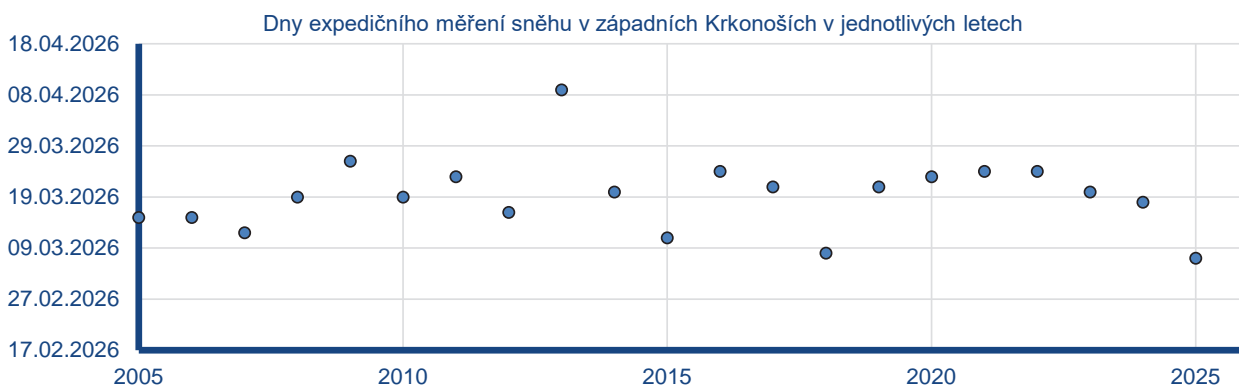


Obr. 1 Sněhová sonda, sněhoměrný válec, vážení odebraného vzorku sněhu ve válci na hřebenech Krkonoš.

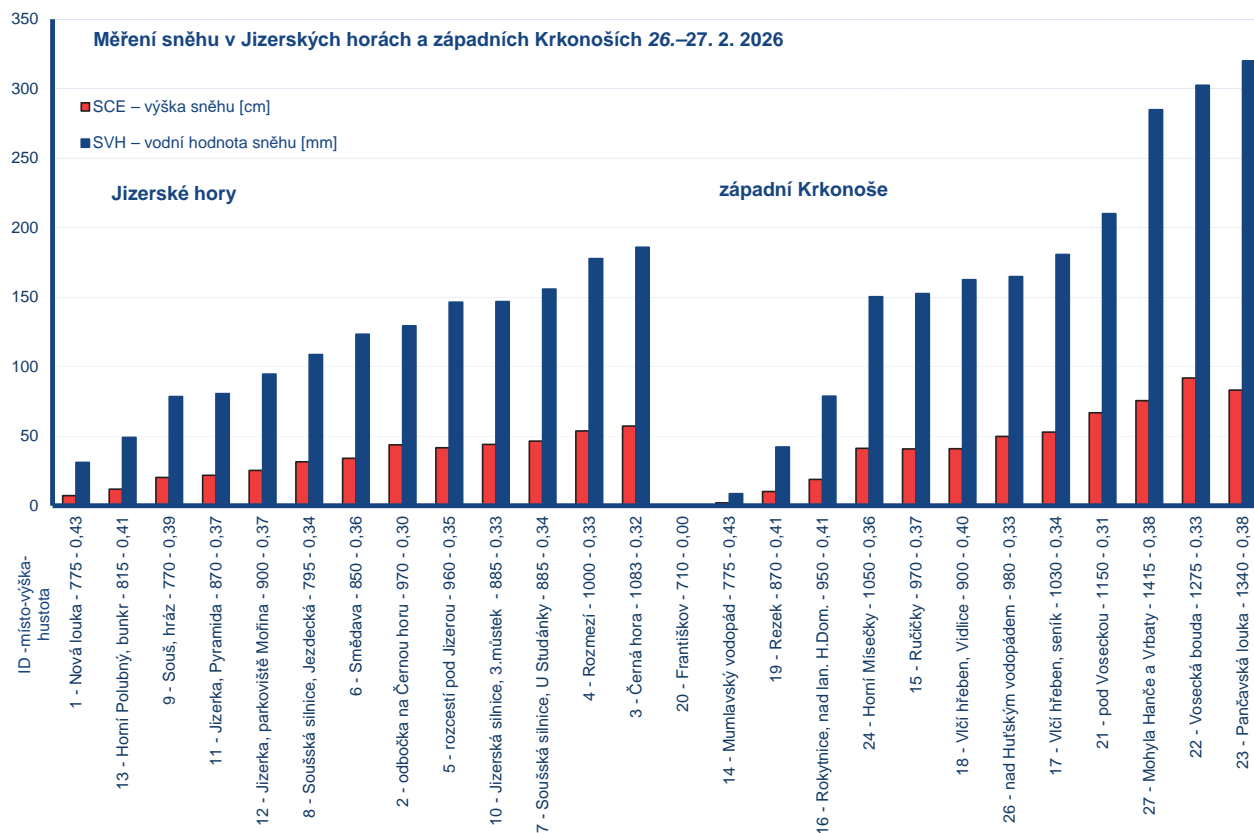
Foto: Tomáš Fryč.

3. Expediční měření sněhu v Jizerských horách a západních Krkonoších

Historie měření se datuje od roku 1983, kdy začala sbírat data z různých horských sněhoměrných profilů v povodí Jizery skupina klimatologů a hydrologů z pražské pobočky ČHMÚ pod vedením RNDr. Němce. V Jizerských horách se měří převážně v povodích Kamenice, Bílé a Černé Desné a Jizerky. A dále oblast pokračuje do západních Krkonoš do povodí Mumlavy, Hutského potoka a krkonošské Jizerky. Z počátku se ani neměřilo každou zimu a měřicí profily se různě střídaly. Od roku 1992 je měření prováděno stále ve stejných místech, ale ne vždy se podařilo změřit vše. Nepřerušovaná řada přibližných sezónních maxim z 26 míst je k dispozici od roku 2004. Od tohoto roku je také volen termín měření tak, aby byla proměřena sněhová maxima hlavně v centrální a hřebenové části hor, cca nad 900 m n. m. V místech s nižší nadmořskou výškou je tedy často měřeno již méně sněhu, než bylo maximum v dané sezoně. Data z těchto měření slouží pro vědeckou a posudkovou činnost a operativně se předávají i pracovníkům hydrologické prognózy ČHMÚ. Jak řada hodnot postupně narůstá, tak se z naměřených dat dá vypořizovat i trend ubývání sněhu související s klimatickou změnou.



Obr. 2 Dny, kdy bylo provedeno expedičního měření sněhu v západních Krkonoších od roku 2005 do současnosti. Poslední 2 roky se měřilo nejdříve, a přesto byly naměřeny v nižších horských polohách již velmi nízké hodnoty SVH.



Obr. 3 Naměřená data výšky a vodní hodnoty sněhu v Jizerských horách a západních Krkonoších 26.–27. 2. 2026.

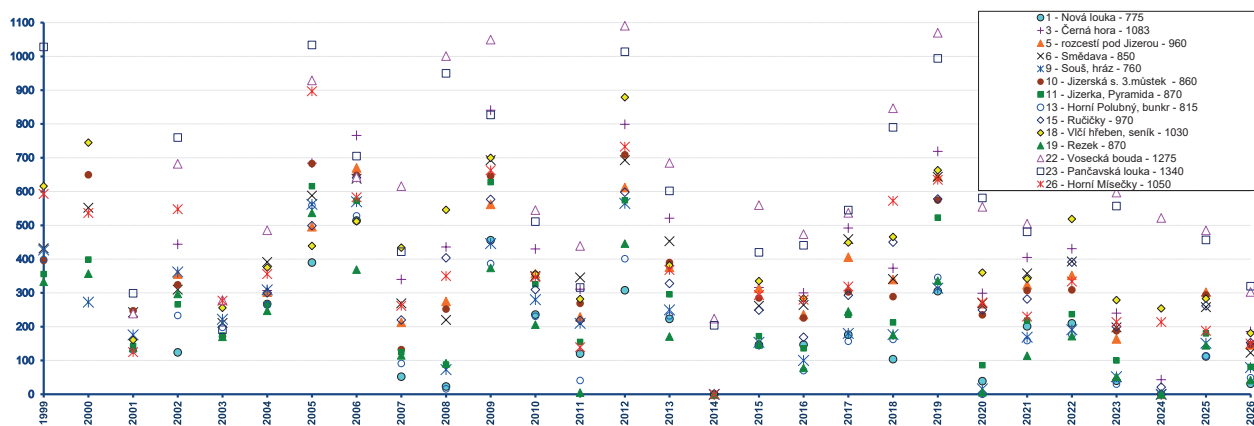
3.1 Výsledky měření z poslední zimy 2025–2026

Naměřená data z expedičního měření jsou znázorněna v grafech na obr. 3 a tab. 1. Tentokrát nebylo nikde naměřeno více jak 1 metr sněhu. Maxima vodní hodnoty na hřebenech Krkonoš dosahovala hodnot pouze kolem 300 mm. Souvislá sněhová pokrývka byla pozorována od nadmořské výšky cca 650 až 800 m n. m., v závislosti na expozici svahu. S rostoucí nadmořskou výškou sních poměrně rychle přibýval. Výsledky lze zhodnotit závěrem, že naměřené hodnoty jsou výrazně podprůměrné a zásoba vody ve sněhu zde na konci zimy dosahovala přibližně jen 1/3 obvyklého množství.

Tab. 1 Porovnání naměřených dat vodní hodnoty sněhu ve vybraných místech v Jizerských horách a západních Krkonoších 26.–27. 2. 2026 s historickým maximem a dlouhodobým průměrem za období 1999–2026.

Porovnání SVH [mm] z konce zimy 2025–2026 s průměrem za období 1999–2026				
Místo	2026	historické maximum	průměr (AVG) 1999–2026	% AVG
1 – Nová louka – 775 m n. m.	31	514	176	18 %
3 – Černá hora – 1 083 m n. m.	186	841	416	45 %
5 – rozcestí pod Jizerou – 960 m n. m.	146	670	331	44 %
6 – Smědava – 850 m n. m.	123	693	356	35 %
9 – Souš, hráz – 760 m n. m.	79	570	234	34 %
10 – Jizerská s. 3.můstek – 860 m n. m.	147	709	332	44 %
11 – Jizerka, Pyramida – 870 m n. m.	81	628	256	32 %
13 – Horní Polubný, bunkr – 815 m n. m.	49	559	190	26 %
15 – Ručičky – 970 m n. m.	153	641	321	48 %
18 – Vlčí hřeben, seník – 1 030 m n. m.	181	879	411	44 %
19 – Rezek – 870 m n. m.	42	537	192	22 %
22 – Vosecká bouda – 1 275 m n. m.	303	1 091	616	49 %
23 – Pančavská louka – 1 340 m n. m.	320	1 034	604	53 %
24 – Horní Mísečky – 1 050 m n. m.	150	897	374	40 %
průměr	142			38 %

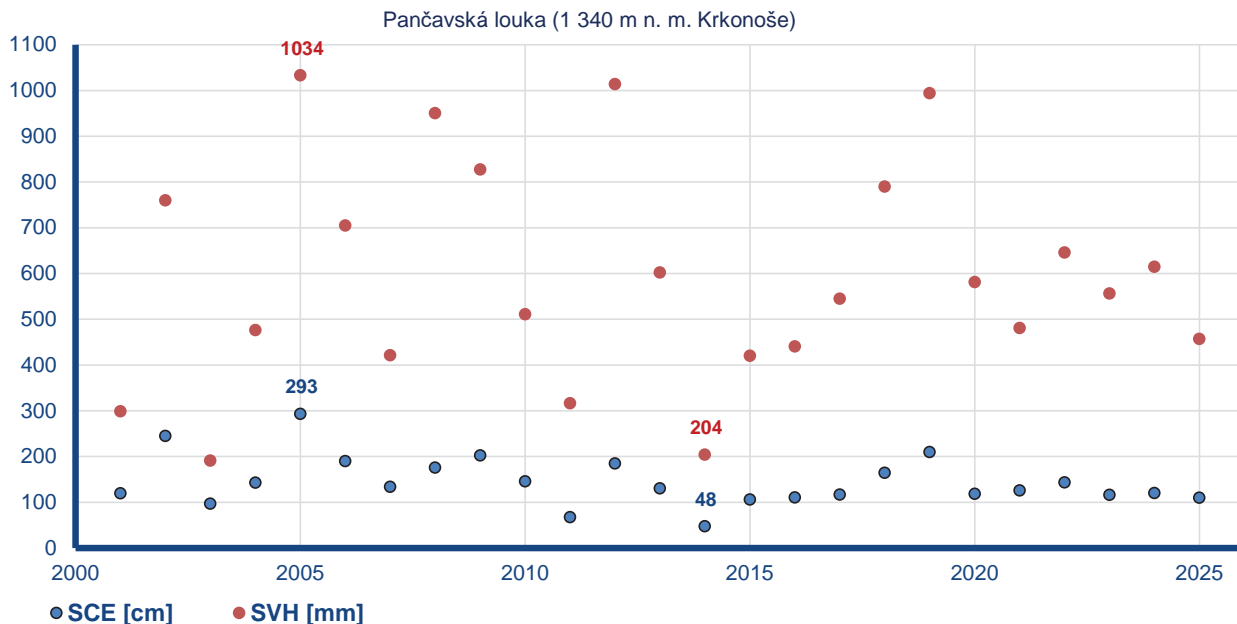
3.2 Přehled naměřených dat od roku 1999



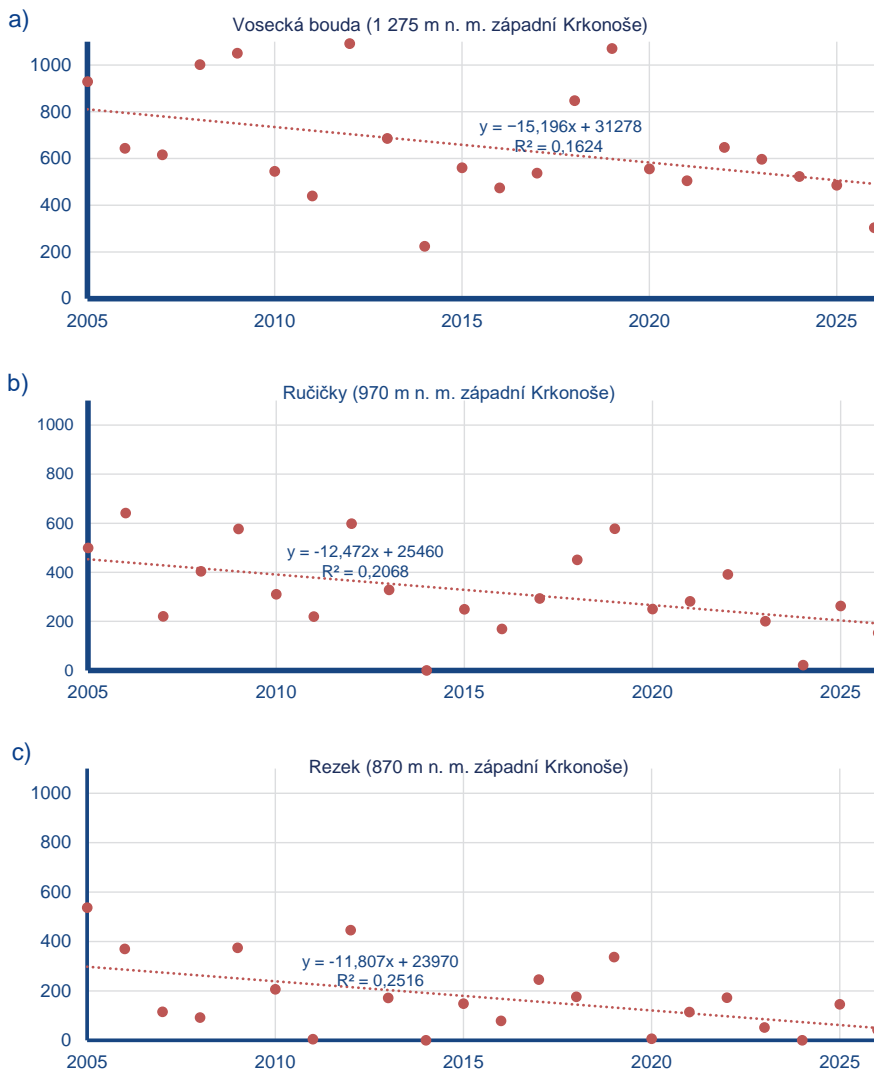
Obr. 4 Porovnání naměřených dat SVH [mm] ve vybraných charakteristických místech v Jizerských horách a západních Krkonoších. Poslední sněhově nadprůměrná zima zde byla v roce 2019 a posledních 4 zimy jsou dle SVH podprůměrné.

3.3 Trendy od roku 2005 ve vybraných místech

Přestože je pozorované období necelých 30 let relativně krátké na to, abychom mohli stanovit jednoznačné závěry, tak hlavně ten trend ubývání sněhu hlavně od roku 2020 je velmi znepokojující. Na obr. 6 jsou zobrazeny grafy SVH pro období 2005–2026 ze 3 charakteristických míst v různých výškových pásmech západních Krkonoš. Daty naměřených přibližných sezónních maxim je proložena přímkou lineárního trendu, která potvrzuje fakt, že sních na horách ubývá.



Obr. 5 Přehled naměřených dat výšky (SCE) a vodní hodnoty (SVH) sněhu z Pančavské louky na hřebenech Krkonoš. V této lokalitě bývají obvykle měřeny nejvyšší hodnoty ze všech měřičských míst. V grafu jsou zobrazeny i hodnoty maximálních (rok 2005) a minimálních (rok 2014) hodnot naměřených zde vždy v době blízké sněhových maxim pro danou zimní sezonu.



Obr. 6 Přehled přibližných sezónních maxim SVH ve všech výškových pásmech západních Krkonoš. Klesající trend pro období 2005–2026 je poměrně výrazný. a) Vosecká bouda, b) Ručičky c) Rezek.

Vybrané historické údaje z archívu SHMÚ so špecifikom regiónu Vysokých Tatier a vysokohorských meteorologických staníc

Rastislav Mačura

Okružná 771/72, 058 01 Poprad, Slovenská republika, macura.rasto@gmail.com

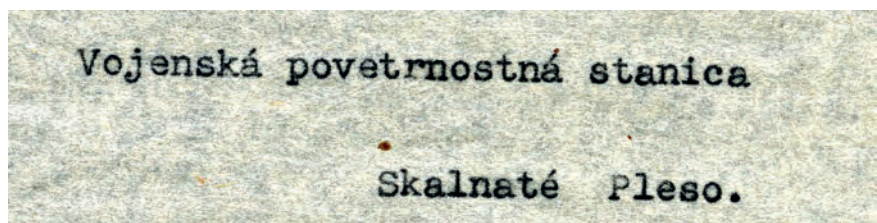
1. Úvod

Zdrojom archívnych údajov pre počiatky horských meteorologických staníc je zbierka archiválií v SHMÚ v Bratislave, ktorá torzovite obsahuje čiastkové dobové materiály o meteorologických staniach na území Rakúsko-Uhorska, následne staníc československej meteorologickej siete, slovenskej poveternostnej siete až po vznik SHMÚ. Príspevok o horských meteorologických observatóriách vychádza z týchto archívnych podkladov a údajov dostupných na webových platformách.

2. Vybrané historické údaje z archívu SHMÚ so špecifikom regiónu Vysokých Tatier a vysokohorských meteorologických staníc

2.1 Predpoklady vzniku vysokohorských meteorologických staníc vo Vysokých Tatrách

Prvé metodické meteorologické záznamy patria k obdobiu konca 18. storočia z čias osvietenstva po Jozefínskych školských reformách v Rakúsku, kde sa na desiatich miestach Slovenska začalo s pravidelným meraním meteorologických prvkov. Podľa švajčiarskeho odborného časopisu „Annalen Schweizerische Meteorologische und Central-Anstalt“ v roku 1887 na dennej báze fungovalo v Rakúsko-Uhorsku 16 meteorologických staníc s publikovaním dát a to vo Viedni, Budapešti, Prahe, Terste, Krakove, Nedanovciach a ďalších. K prvým profesionálnym meteorologickým pracoviskám patria Hurbanovo a Nedanovce, pričom v Hurbanove sa pravidelné meteorologické pozorovania od roku 1871 vykonávajú dodnes. Počiatky a prevádzka profesionálnych meteorologických pracovísk na území Slovenska boli umožnené vďaka aktivite akademicky vzdelaných šľachticov – v prípade Nedanoviec to bol barón Gregor von Friesenhof (1840–1913) a v obci Ógyalla (Hurbanovo po roku 1945) zase gróf Mikuláš Konkoly Thege (1842–1916). V roku 1867 vybudoval gróf Konkoly-Thege na svojom majetku v Hurbanove súkromnú meteorologickú stanicu, ktorá bola roku 1872 začlenená do uhorskej siete Ústavu pre meteorológiu a zemský magnetizmus. Zorganizoval založenie Meteorologického a astronomického múzea v Budapešti, kde zbierky však boli stratené počas vojny. Gróf Konkoly-Thege sa v Uhorsku 19. storočia zaoberal ideou založenia meteorologickej stanice na jednom z tatranských vrcholov, konkrétne na Gerlachu spojenom lanovkou. Jeho nasledovníkom pri snahe o vybudovanie vysokohorskej meteorologickej stanice sa stal Antonín Bečvář (1901–1965), ktorý ako študent klimatológie a astronómie promoval 14. 12. 1934 doktorátom z meteorológie pod názvom: „Soustavy mraků a krátkodobá prognosa povetnosti v Čechách“. Po jeho príchode do Vysokých Tatier ako klimatológa kúpeľov na Štrbskom plese sa začal zaoberať výstavbou vysokohorského observatória kde podmienkou realizácie bola výstavba visutej lanovej dráhy Tatranská Lomnica – Skalnaté pleso. Navyiac v Prahe od roku 1936 prebiehala snaha o vznik observatória na Lomnickom štíte. Zásadným problémom bol nedostatok financií ministerstva školstva a národnej osvetly, preto sa reálnym variantom ukázala výstavba observatória na Skalnatom plese s meteorologickými meraniami od roku 1938. Až výstavba vrcholovej lanovej dráhy zo Skalnatého plesa na Lomnický štít umožnila v budove lanovky vznik meteorologického observatória, ktoré začalo pôsobiť od októbra 1940. Je potrebné pripomenúť, že dr. Bečvář je autorom Atlasu horských mraků (1953), natáčal filmy a je považovaný za priekopníka československej meteorologickej fotografie. Po vzniku Česko-Slovenska bolo v roku 1919 v Bratislave založené Hydrografické oddelenie Krajského úradu a meteorologické pozorovania riadil Štátny ústav meteorologický v Prahe. V roku 1939 vznikol na Slovensku Štátny hydrologický a meteorologický ústav. Po vojne v roku 1954 bol v Prahe vytvorený Hydrometeorologický ústav s pobočkou v Bratislave. Samostatný ústav vznikol ako federálny úrad po 1. januári 1969 ako Hydrometeorologický ústav, ktorý bol v roku 1982 premenovaný na SHMÚ. V minulosti sa meteorologická stanica odlišovala od poveternostnej stanice akribiou, teda dôrazom na vedeckú presnosť pri zbere údajov, ktoré ale dnes je nahradená až muničiou presnosťou automatických meteorologických prístrojov a preto



Obr. 1 SHMÚ, Vojenská poveternostná stanica 17, Skalnaté pleso, 1940.

mohla vzniknúť automatická sieť Horskej záchranej služby, kde sú dáta online a dostupné verejnosti. Paradoxom je ale nevyhnutná pripravenosť na zásah technickej obsluhy, pretože vysokohorské meteorologické javy vyradia prístroje po dobu opráv a vtedy nastávajú výpadky dát, ako to bolo napríklad celoplošne pri uzemnení leteckého parku počas covidovej pandémie a pre prognózy počasia tak chýbali dáta produkované leteckou prevádzkou.

2.2 Historické meteorologické prístroje z vysokohorských staníc SHMÚ

Prístroje dochované na SHMÚ sú zrejme používanými na observatóriu Lomnický štít a Skalnaté pleso z čias vybavenia meteorológa dr. Antonína Bečvářa. Ide o dva prístroje – mikrobarograf londýnskej firmy Short and Mason s firemným štítkom s výrobným číslom prístroja: „Micro-barograph by SHoRT & MASoN, London, no. L.52737“ a francúzsky kombinovaný prístroj tzv. záznamový termobarometer, ktorý kombinuje barograf a termograf v jednom prístroji a označený výrobným štítkom firmy: „Ancne Monsieur RICHARD Frères, JULES RICHARD, SUCCr, CONSTRUCTUER BREVETÉ S. G. D. G., 25, Rue Mélingue, 25, PARIS“. Obidva prístroje svojho času patrili renomovaným firmám produkujúcim meteorologické prístroje pre observatória v Európe. Jules Richard (1848–1930) bol francúzsky výrobca vedeckých meteorologických prístrojov. V roku 1880 získal patent na záznamový barometer, ktorý potom jeho firma Jules Richard Company vyrábala a v roku 1893 si dal Richard patentovať stereoskopické zariadenie Vérascopie. Richard pre meteorologickú prax vyvinul prenosné meteorologické prístroje, ktoré boli vybavené záznamovým systémom pod názvom meteorograf, merajúc vlhkosť pomocou vlhkomeru, teplotu bimetalickým prúžkom a tlak pomocou aneroidnej kapsuly. Oproti tomu britská firma Short and Mason mala od roku 1904 patentovaný barograf a v roku 1921 bola priekopníkom teórie, že predpoveď búrok sa dá zistiť pozorovaním kolísania tlaku vzduchu, kde získali autorské práva na predpoveď. Preto boli firemné meteorologické prístroje súčasťou polárnych expedícií Scotta v roku 1901 a Shackletona roku 1908 a britských himalájskych horolezcov na Mount Evereste roku 1922 a 1924. Počas pokusu o výstup na Mount Everest ich prístroje v základnom tábore signalizovali veľký pokles tlaku až o 18 hPa spojený s nástupom snehovej búrky, ktorý spôsobil neúspech horolezcov Irvina a Malloryho dňa 8. júna 1924. Expedičné denné barometrické merania tlaku aneroidom a teploty zo základného tábora vo výške 5 029 metrov boli publikované v roku 1926 a slúžili ako doklad prvej identifikácie efektu El Niño v centrálnom Pacifiku v danom roku. Po vzniku Slovenského meteorologického ústavu a rozdelení republiky bol v októbri 1940 prevedený zoznam meteorologických prístrojov, ktoré boli k dispozícii ústavu v Bratislave, kde napríklad žalúziových búdiok bolo 7 kusov a teplomerov celkovo len 25 kusov, psychrometrické tabuľky v počte 7 kusov. Predchádzal tomu v roku 1939 súpis Ústavu meteorologického v Prahe, kde boli na jednotlivých stanicách uvedené prístroje na Slovensku, napríklad stanica Štrbské pleso kúpele, kde pôsobil dr. Antonín Bečvář, mala vtedy 2 staničné teplomery, po jednom maximálny a minimálny teplomer a hygrometer, keď všetky prístroje boli pridelené horskej stanici 7. 5. 1931 a to v obstarávacej sume 744,50 Kč. Oproti tomu stanica Starý Smokovec mala vo vybavení Cambell-Stokesov heliograf za sumu 2 100 Kč z roku 1922 a tiež francúzsky termograf Richard za sumu 1 193,60 Kč z roku 1929, barograf Richard za sumu 1 290 Kč z roku 1939, čo odkazuje na archívne prístroje na SHMÚ. Meteorologická stanica Starý Smokovec je pôvodnou uhorskou stanicou Otátrafüred s údajmi z rokov 1905–1917, kde údaje sanatória Dr. Guhra zo stanice Újtátrafüred (Nový Smokovec) sú z rokov 1880–1891. V Starom Smokovci sa podnes dochovala secesná kovová meteorologická búdka z roku 1905 s prístrojmi barometrom a termometrom, ktorá bola kedysi umiestnená oproti bývalej prijímacej kancelárii kúpeľov pri vile Alica v centre osady. Stavba stanice sa dochovala preto, lebo ju dlhodobo obsluhovali zamestnanci Horskej služby Vysoké Tatry, keď slúžila turistom s predpoveďami počasia a materiálovo jej kovová kostra bola vyrobená v roku 1905 v železiarňach Diósgyőr a dnes je to národná kultúrna pamiatka. Zaujímavosťou medzi prístrojmi na stanici Tatranská Lomnica bol nefoskop, označený v zozname „oblačné zrcátko“, ktorý slúžil na určenie ľahu oblakov a nebol bežným prístrojovým vybavením, kde tento prístroj bol nakúpený za 296,80 Kč v roku 1925, podobný nefoskop je aj prístrojovým vybavením v hurbanovskom observatóriu z roku 1867.

2.3 Prvé horské meteorologické stanice v Európe a Tatrách

Meteorologické observatórium Hohenpeissenberg je vedená ako prvá horská meteorologická stanica, ktorej pozorovacie dáta začínajú v roku 1871 a nepretržite podnes. Samotná stanica leží na vrchu Hoher Peissenberg s výškou 977 metrov pri pútnickom mieste a bývalom kláštore. Pri jej vzniku ju kňaz a pozorovateľ Albin Schwaiger v diele Pokus o meteorologický opis Hohen Peissenbergu z roku 1792 opísal slovami: „Táto vysoká, osamelá hora, úplne oddelená od tirolských hôr, je originálom

STÁTNÍ ÚSTAV METEOROLOGICKÝ, PRAHA - II., U KARLOVA Č. 3.

Č.j.: 11936/37 V Praze dne 29. října 1937.

DODACÍ LIST

Meteorologické stanici ve Štrbském Plese.

Státní ústav meteorologický dodal:

Počet	1	předmět	aktinometr Arago Davy, t.j. :
	1	černý vakuový tepl.	Fuess č. 1469 max.
	1	lesklý „ „ „ „	č. 1475 „ „
	2	držáky.	1745

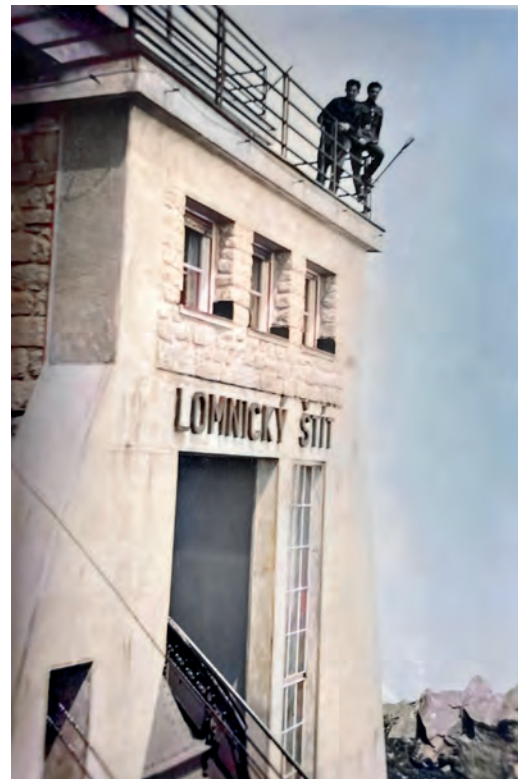
Poznámka: zapůjčeno.

Číslo: 1975 Přednosta ústavu: J. Schneider

hu

Obr. 2 SÚM, Dodací list teplomerov, stanica Štrbské pleso, 1937.

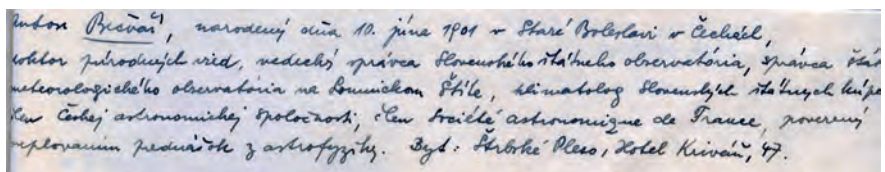
v ríši stvorenia a disponuje najvzácnejšími výhodami. Tak ako vďaka svojmu mierne vyvýšenému a romantickému prostrediu predstavuje zo všetkých strán najpôvabnejší zvlhľad, tak otvára aj najrozmanitejšie a najkrajšie výhľady do nezmerateľnej rozlohy neba a zeme, a preto je najkrajším miestom, aké si len možno priať, a to ako pre astronómiu, tak aj pre meteorológiu“, čo je podobné ako opisy pri pokuse vzniku observatória vo Vysokých Tatrách o stopäťdesiat rokov neskôr. Vrchol je vďaka panoramatickému výhľadu nazývaný ako bavorský Parnas. Keď v roku 1879 druhý svetový kongres meteorológie v Ríme podporil štúdium zemskej atmosféry podnietil tak iniciatívu rakúskeho meteorológa Juliusa von Hannu, aby vzniklo na vrchole Hoher Sonnblick v Alpách vo výške 3 106 metrov meteorologické observatórium, ktoré začalo fungovať od septembra roku 1886 a tak je Sonnblick najvyššie položené celoročné horské observatórium na svete. Vo Vysokých Tatrách prvé meteorologické horské observatórium vzniklo v poľskej časti Vysokých Tatier na Kasprowom vrchu s výškou 1987 metrov a to v roku 1937 po výstavbe lanovej dráhy zo Zakopaného, kedy observatórium Národného meteorologického ústavu v Krakove začalo v januári 1938 svoju činnosť na observatóriu Kasprowy Wierch, vtedy ako šieste najvyššie v Európe. A podobne ako pri stavbe observatória na Skalnatom plese sa prvotné meteorologické pozorovania pri výstavbe lanovej dráhy na Kasprowom vrchu vykonávali už od decembra 1935. Vybudovanie hornej trate visutej lanovej dráhy vo Vysokých Tatrách na Lomnický štít v roku 1940 vytvorilo podmienky pre zriadenie štvrtého najvyššie položeného meteorologického observatória v Európe. Zásľuhu na tom má aj Juraj Országh, vtedajší riaditeľ Štátnych kúpeľov v Tatranskej Lomnici. Jeho myšlienku stavby lanovky podporilo Krajinské zastupiteľstvo Slovenskej krajiny, ktoré rozhodlo uznesením číslo 112 o vybudovaní visutej lanovej dráhy dňa 22. decembra 1932. V priestoroch na vrchole staničnej budovy sa v observatóriu dňa 1. 10. 1940 začali pravidelné pozorovania, keď činnosť bola prerušená 1945–1946 pre rekviráciu prístrojov na vrchole spolu so zničením údolnej budovy visutej lanovej dráhy v Tatranskej Lomnici, pričom zamestnanci dochádzali na observatórium Skalnaté pleso rok pešo. Ku horským meteorologickým staniciam mimo siete SHMÚ treba od roku 2000 priradiť stanice Horskej záchranej služby, kde v automatickej sieti AMS v roku 2015 bolo 39 automatických staníc, ktoré pokrývali pohoria okrem Vysokých, Západných a Nízkyh Tatier aj Veľkú a Malú Fatru. V roku 2026 je v samotných Vysokých Tatrách vrátane poľských staníc celkovo online 26 automatických staníc, keď prístup k aktuálnym meteorologickým dátam je voľne dostupný.



Obr. 3 Vojenská poveternostná stanica, Lomnický štít, archív rodiny Uhlára, 1943.

2.4 Archívne materiály SHMÚ výstavby observatória a lanovej dráhy Lomnický štít

V septembri 1935 Krajinský úrad v rámci prípravy výstavby visutej lanovej dráhy na Lomnický štít požadovalo od ministerstiev po rozhodnutí Slovenskej krajiny o výstavbe, aby Krajinský úrad navýšil investíciu o ďalších 600 tisíc Kč potrebných k výstavbe lanovky. Štátny ústav meteorologický definoval svoje požiadavky na stavbu štátnej hviezdárne, rovnako ako Štátny ústav geofyzikálny, Štátny ústav rádiologický a Balneologická spoločnosť. Celkovú požiadavku na výstavbu lanovej dráhy uviedol krajinský prezident slovami: „Je preto v záujme umožnenia tak celoštátne dôležitého diela, aby súčasne ministerstva a zainteresované vedecké ústavy a korporácie sa pokiaľ možno v najbližšej dobe dohodly o úhrade stavebnej časti observatória ešte pred vypracovaním podrobného projektu konečnej stanice lanovky na Lomnickom štíte“. Text parafoval krajinský prezident Jozef Országh (1883–1949), ktorý bol podporovateľom výstavby lanovej dráhy v Tatranskej Lomnici, kde jeho brat Juraj Országh (1893–1952) ako riaditeľ štátnych kúpeľov v Tatranskej Lomnici mal kanceláriu v hoteli Lomnica. Vlastná údolná stanica visutej lanovky bola postavená v rokoch 1935–1937 v lokalite horského hrebeňa za Grandhotelom Praha v blízkosti koncovej stanice sánkarskej dráhy. V odpovedi Štátneho ústavu meteorologického z januára 1937 ministerstvu poľnohospodárstva tento ďakuje za prisľúbenú podporu a zaväzuje sa zasielať publikácie budúceho observatória a súčasne opis listu zasiela Krajinskému úradu, mostnému odboru v Bratislave s upresnením: „Stavebníkom lanovky jest Země Slovenská. Přednosta ústavu, Dr. Schneider, vládní rada.“ V liste z augusta 1936 je naznačená odpoveď prečo sa na prevádzke meteorologického observatória na Lomnickom štíte po dostavaní lanovky podieľali príslušníci leteckej



Obr. 4 SHMÚ, vizitka Antonína Bečvářa, 1942.

poveternostnej stanice, kde Štátny ústav meteorologický píše II. odboru ministerstva národnej obrany s poďakovaním za podporu sumou 100 tisíc Kč a dodáva: „Ústav souhlasí s podmínkami, jenž ministerstvo klade pro udělení subvence týkající se a) beplatného podávání výsledků meteorologických měření denní i statistické jakož i b), že ministerstvo národní obrany může do observatoře dosadit své pozorovatele v případě potřeby nepřetržitého hlášení. Přednosta ústavu, Dr. Schneider, vládní rada“. Po získání tejto podpory v roku 1937 bola tak umožnená cesta ku vzniku meteorologického observatória na Lomnickom štíte, pretože kompetenčne o jeho výstavbe rozhodovala Krajiniská vláda, ktorá stavbu nakoniec zastrešovala výberom architekta Jurkoviča, stavebníka Šašinku a firmy Transporta Chrudim.

2.5 Peripetie snáh o vybudovanie observatória na Lomnickom štíte z archívnych údajov

V októbri 1935 viedlo Ministerstvo školstva a národnej osvety spis č. 230.736/23 ai 1935 pod signatúrou „44 I. Vysokohorská observatoř“ vo veci: „Praha - štátní ústav meteorologický – zřízení vysokohorské observatoře na Lomnickém štítě v souvislosti se stavbou veřejné visuté lanové dráhy“, kde v záložke je text o odstúpení na iné oddelenie ministerstva. Štátny meteorologický ústav oslovil ministerstvo národnej obrany o finančnú podporu vybudovania observatória v júni 1936, ktoré odpovedalo: „Ministerstvo národní obrany zvyšuje částku 30 000 Kč povolenou výnosem MNO čj. 22054-III/2.-35 na 100 000 Kč /jednototísic/ co příspěvek na výstavbu observatoře na Lomnickém štítě za podmínek, vyslovených v uvedeném výnose. (...) Proplacena bude, až dojde prohlášení štátního úřadu meteorologického, o nejj byl tento úřad žádán.“ O pomoc s výstavbou observatória na Lomnickom štíte žiadal Štátny ústav meteorologický aj na ministerstve poľnohospodárstva, ktoré v decembri 1936 odpovedalo listom: „K citovanému přípisu sděluje ministerstvo zemědělství, že je ochotno: 1) vybavití projektovanou observatoř na Lomnickém štítě meteorologickými přístroji pro agrometeorologická pozorování; 2) poskytnouti pro stavbu observatoře stavební materiál (dřevo, písek, kámen) za režijní cenu, o čemž bude definitivně rozhodnuto, až sem bude oznámeno potřebné množství stavebního materiálu tohoto druhu; 3) přispěti v roce 1937 částkou až do výše 20 000 Kč v předpokladě souhlasu ministerstva financí. Tímto způsobem poskytnutá podpora byla by vázaná zasláním veškerých zpráv a publikací vydávaných touto stanicí, pokud by byly důležitý s hlediska zemědělské výroby, služby vodohospodářské a kulturnětechnické. Za ministra zemědělství, Ing. Dr. Reich v.r.“ Na ministerstve verejných prác v Prahe spisali dňa 14. 1. 1937 list pod názvom „Věc: Meteorologie – zřízení observatoře na Lomnickém štítě – příspěvek ministerstva veřejných prací“ ako odpoveď na predchádzajúcu korešpondenciu 1. 2. 1936 Zemskému úřadu v Bratislave: „Ministerstvo financí odpovědělo zdejšímu úřadu ve věci příspěvku 150 000 Kč na stavbu observatoře na Lomnickém štítě v tom smyslu, že štátní správa bude moci poskytnouti jen přiměřený příspěvek, až bude znám přesně stanovený rozpočtový náklad na zřízení observatoře. K výplatě příspěvku bude moci dojíti teprve podle postupu stavby a nikoliv před jejím zahájením. Za ministra Syrovátka.“ Z tejto viacročnej korešpondencie bolo vidieť, že financovanie stavby observatória si posielali ministerstvá s tým, že k realizácii observatória pre potreby astronómov, geofyzikov a meteorológie počas výstavby Visutej lanovej dráhy na Lomnický štít neprišlo a podarilo sa len dr. Bečvářovi zriadiť horskú meteorologickú stanicu. Preto aj nasledovala v roku 1937 komunikácia listom ministerstva verejného zdravotníctva a telesnej výchovy na ministerstvo financí, ktoré odmietlo požiadavky dvoch ministerstiev výstavby observatória na Lomnickom štíte v sume 30 tisíc a 150 tisíc s odôvodnením: „Státní správa bude moci poskytnouti jen přiměřený příspěvek, až bude znám přesně stanovený rozpočtový náklad na zřízení observatoře. K výplatě příspěvku bude moci dojíti teprve podle postupu stavby a nikoliv před jejím zahájením. Za ministra: Veselý“. Takýto karkovský prístup ministerstiev na spôsob tautológie znamenal, že proces je cieľom a zmysel sa hľadal v kruhu, ktorý nemal východisko. Môžeme však konštatovať, že finis coronat opus a v roku 1962 po dostavbe k budove lanovej dráhy bola na Lomnickom štíte pristavaná budova SAV, kde našli výskumné pracoviská Astronomického a Ústavu experimentálnej fyziky svoje pôsobiská.



Obr. 5 SHMÚ, Vojenská poveternostná stanica Lomnický štít, 1940.

3. Metodika

Pri výskume archívnych podkladov príspevku bolo použitá ich dokumentácia, odborná analýza obsahu archívnych textov, separovanie získaných údajov a komparácia na základe porovnávania dát s publikovanými zdrojmi.

4. Výsledky

Predstavené archívne údaje z činnosti SHMÚ a jej úradných predchodcov vzhľadom na fragmentárnosť materiálu umožňujú pohľad na výsek historického výskumu so zameraním na vysokohorské meteorologické observatórium Vysokých Tatier.

5. Diskuze

Pri pohľade na čiastkové údaje v historickom archíve SHMÚ je potrebné uvažovať o rozšírení oblasti bádania na archívy meteorologických ústavov v Budapešti a Prahe a vedeckých ústavov v Bratislave.

6. Závěr

Predstavený pohľad na podmienky, vznik a pôsobenie vysokohorského meteorologického observatória vo Vysokých Tatrách vychádza z vybraných historických údajov archívu SHMÚ.

Literatura:

KRŠKA, K., ŠAMAJ, F., 2001. Dějiny meteorologie v českých zemích a na Slovensku. Praha: Nakladatelství Karolinum. ISBN 80-7184-951-0.

METOFFICE, 2026 [online]. National Meteorological Library & Archive [cit 27. 03. 2026]. Dostupné z: <https://library.metoffice.gov.uk/Portal/Default/en-GB/recordview/index/631820>.

SCIENCE MUSEUM GROUP, 2026 [online]. Science Museum Group London [cit 27. 03. 2026]. Dostupné z: <https://collection.sciencemuseumgroup.org.uk/people/cp6649/short-and-mason-limited>.

SHORT_AND_MASON, 2026 [online]. Grace's Guide To British Industrial [cit 27. 03. 2026]. Dostupné z: https://www.gracesguide.co.uk/Short_and_Mason.

MOORE, G., W., K., SEMPLE, J., SIKKA, D., 2010 [online]. Mallory and Irvine on Mount Everest: Did extreme weather play a role in their disappearance?. *Weather*. 65. 215 - 218. 10.1002/wea.590 [cit 27. 03. 2026]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/228044791_Mallory_and_Irvine_on_Mount_Everest_Did_extreme_weather_play_a_role_in_their_disappearance.

MOORE, G., W., K., SEMPLE, J., HOYLAND, G., 2011. Global Warming, El Niño, and High-Impact Storms at Extreme Altitude: Historical Trends and Consequences for Mountaineers. Dostupné z: <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-11-023.1>.

FRÈRES, R., 2026 [online]. Founder's Statement [cit 27. 03. 2026]. Dostupné z: https://barometers.info/brands/richard_freres.

BAROMETER, J., R., 2026 [online]. Proantic [cit 27. 03. 2026]. Dostupné z: <https://www.proantic.com/en/1096157-scientific-instrument-barometer-jules-richard.html>.

KONKOLY, T., M., 2026 [online]. Wikipedia [cit 27. 03. 2026]. Dostupné z: https://hu.wikipedia.org/wiki/Konkoly_Thege_Mikl%C3%B3s.

METEOPORTÁL HZS, 2026 [online]. MicroStep [cit 27. 03. 2026]. Dostupné z: <https://meteo.hzs.sk/>.

ŠTÍHLÁ BÍLÁ DÁMA ZE STARÉHO SMOKOVCE, 2022 [online]. Tatry Portal [cit 27. 03. 2026]. Dostupné z: <https://www.tatryportal.sk/stihla-biela-dama-stareho-smokovca/>.

ORSZÁGH, J., 2020 [online]. Matica slovenská [cit 27. 03. 2026]. Dostupné z: <https://matica.sk/jozef-orszagh/>.

METEOROLOGICAL OBSERVATORY HOHENPEISSENBERG, 2025 [online]. Wikipedia [cit 27. 03. 2026]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Hohenpei%C3%9Fenberg_Meteorological_Observatory.

THE HOHER SONNBLICK, 2025 [online]. Wikipedia [cit 27. 03. 2026]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Hoher_Sonnblick.

ČESKOSLOVENSKÁ METEOROLOGICKÁ SPOLEČNOST, 1983. Informační věstník [online]. ČMeS [cit 27. 03. 2026]. Dostupné z: http://old.cmes.cz/sites/default/files/V%C4%9Bstn%C3%ADk_1983_1.pdf.

Slovenský hydrometeorologický ústav, 2019. Čiastkový inventárny zoznam. Bratislava. Interní databáze.

IV. Klimatologické charakteristiky a změna klimatu ve vyšších a horských polohách

Mikroklimatická měření v arкто-alpínské tundře Krkonoš

Libor Kukačka¹, Josef Harčarik²

¹ Správa KRNP, Oddělení ochrany přírody, Dobrovského 3, 543 01 Vrchlabí, lkuckacka@krnap.cz

² Správa KRNP, Oddělení ochrany přírody, Dobrovského 3, 543 01 Vrchlabí, jharcarik@krnap.cz

Klíčová slova: mikroklima biotopů, přízemní teplota, teplota půdy

1. Úvod

Krkonošská arкто-alpínská tundra, vymezená souhrnně územím nad horní hranicí lesa, představuje prostředí s výskytem mimořádných přírodních hodnot (Flousek a kol. 2007). Tvoří ji geomorfologické a pedologické útvary a struktury vzniklé dlouhodobým působením drsného periglaciálního klimatu (Migoň a Pilous 2007) i reliktní a endemické druhy nejrůznějších skupin organismů (Vaněk a kol. 2013), jejichž výskyt je zdejší specifickým klimatem přímo podmíněn.

Z klimatologického hlediska jsou hřebenové partie Krkonoš (území arкто-alpínské tundry) v nadmořských výškách od cca 1 350–1 600 m n. m. charakteristické nízkými ročními průměry teploty vzduchu mezi 0,4 °C (Sněžka) až 2,3 °C (Labská bouda) se srážkovými úhrny 1 000–1 500 mm (Czerwiński a kol. 1995; Kliegerová a kol. 2019). Sněhová pokrývka zde leží běžně přes 200 dní a dosahuje maximální výšky od několika desítek cm na exponovaných plochách až po jednotky metrů v závětrných lokalitách (Kašičková a kol. 2024).

V druhé polovině 20. století proběhlo několik měřicích kampaní zaměřených na mikroklimatické poměry v arкто-alpínské tundře (např. Burešová 1976), přičemž intenzivní výzkum probíhal v 90. letech 20. století (Kociánová a Soukupová-Papáčková 1994; Harčarik 1999; Jahodová 2001).

Harčarik (2002) ve své práci prezentuje mikroklimatické poměry v arкто-alpínské tundře na základě měření přízemní a půdní teploty a výšky sněhu na 3 lokalitách (Jestřábí Boudy, Studniční hora, Modré sedlo), vždy ve dvou typech vegetace (polykormony kleče vs. biotopy alpínských trávníků a vřesovišť) v letech 1999 až 2001. V obsáhlém příspěvku jsou vyhodnoceny průběhy denních průměrných hodnot přízemních a půdních teplot vč. extrémů v obdobích se sněhovou pokrývkou i bez sněhu a mrazové procesy.

Předkládaný příspěvek prezentuje předběžné výsledky zaměřené na mikroklimatické poměry v arкто-alpínské tundře zpracované v souvislosti s obnovou sítě meteorologických stanic Správy KRNP v rámci pokračování mikroklimatických měření.

2. Metodika

Pro charakteristiku mikroklimatických poměrů v arкто-alpínské tundře byla využita data z automatických meteorologických stanic Správy KRNP, které byly instalovány v letech 2020 a 2021. Jedná se o stanice:

- Jestřábí Boudy, 50°45'12,5"N, 15°32'40,1"E, 1 402 m n. m., elektrifikovaná automatická klimatologická stanice
- Klínové Boudy, 50°42'41,6"N, 15°39'45,6"E, 1 342 m n. m., solární automatická klimatologická stanice
- Studniční hora, 50°43'36,4"N, 15°42'22,6"E, 1 554 m n. m., solární automatická klimatologická stanice

Lokality Jestřábí Boudy a Studniční hora reprezentují klimaticky nejexponovanější místa v Krkonoších s významnými eolickými vlivy (sněhová pokrývka zde dosahuje běžně pouze několika desítek centimetrů), kde se vyskytují významné periglaciální geomorfologické fenomény (kryoplanační terasy, mrazem tříděné půdy apod.). Stanice Klínové Boudy byla umístěna na horní hranici lesa a reprezentuje méně exponovanou okrajovou část území arкто-alpínské tundry. Uvedené stanice byly v letech 2020 a 2021 vybudovány firmou FIEDLER AMS s.r.o. Stanice měří většinu základních meteorologických prvků (teplota a relativní vlhkost vzduchu, sluneční svit, globální radiace, výška sněhu, úhrn srážek, k dispozici je též sada teplot a vlhkostí v půdním profilu). Pro měření mikroklimatických poměrů byla doplněna vzdálená teplotní čidla PT100 měřící:

- Přízemní teplotu cca 5 cm nad povrchem v otevřeném biotopu (typicky v alpínském trávníku nebo vřesovišti) a v biotopu porostu dřevin (typicky polykormon kleče, v případě lokality Klínových Bud ve skupině smrků keřového vzrůstu na

horní hranici lesa). Teplotní sonda byla umístěna do radiálního krytu eliminujícího vliv přímého slunečního záření. Prvek jsme označili TPMK – teplota přízemní mikroklimatická, dle prostředí zkráceně trávník nebo keř.

- Teplotu půdy v hloubce 10 cm pod radiálním krytem též v obou typech prostředí. Prvek jsme označili T10MK – teplota půdy v hloubce 10 cm mikroklimatická, dle prostředí zkráceně trávník nebo keř.

Uvedená přízemní teplota a teplota půdy byla doplněna o výšku sněhu měřenou ultrazvukovým sněhoměrem typu US4200 vybaveného radiálním krytem. Výška sněhu byla měřena v místě stanice v otevřeném terénu.

Naměřená data jsou řídicí jednotkou stanic odečítána v intervalu 10 minut, ukládána do interní paměti a přes GSM signál odesílána na datový server Správy KRNP. Pro ukládání a zpracování dat byla využita databáze CLIDATA.

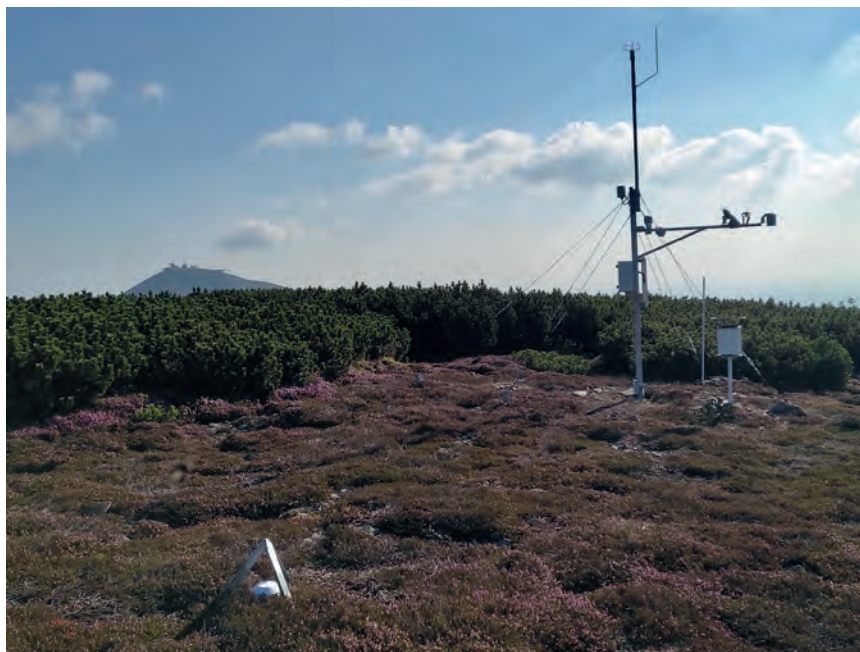
Vzhledem k charakteristickému průběhu teplot s rozdílnou denní amplitudou v závislosti na sněhové pokrývce jsme pro základní charakteristiku chování mikroklimatu zvolili vyhodnocení denních maxim a minim teplot stanovených z 10minutových dat.

3. Výsledky

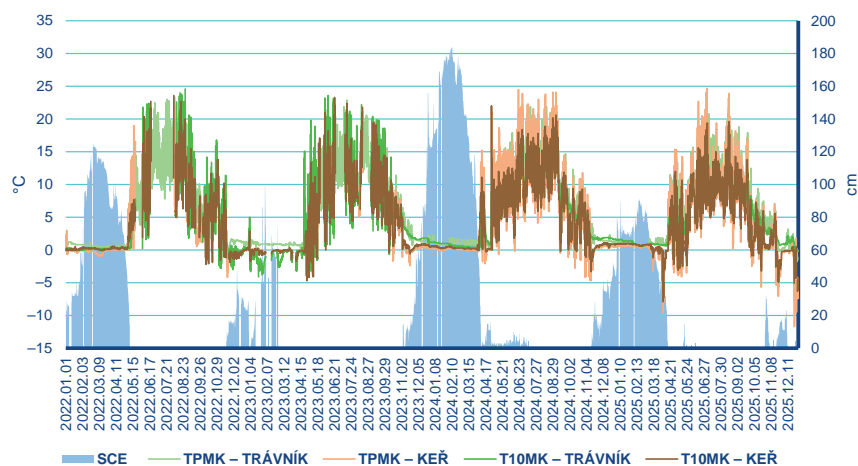
Prezentované výsledky byly vyhodnoceny z období 1. 1. 2022 až 31. 12. 2025. Toto časové období bylo zvoleno především s ohledem na dostupnost dat z uvedených stanic, které tak lze mezi sebou porovnávat. Data samotná prošla základní kontrolou, delší úseky chybějících dat (především z důvodu silné námrazy nebo poruchy jednotlivých čidel) nebyla interpolována.

3.1 Jestřábí Boudy

Z dat souhrnného grafu na obr. 2 je dle očekávání z předchozích měření zřejmý vliv sněhové pokrývky, jejíž přítomnost určuje denní amplitudu naměřených hodnot. Z dat jsou bohužel patrné výpadky měření v letních sezónách v letech 2022 a 2023 způsobené atmosférickými výboji při bouřkové činnosti. V zimním období pozorujeme pod sněhovou pokrývkou hodnoty s denní amplitudou okolo 0,5 °C, v letních měsících naopak pozorujeme amplitudu přízemní teploty do 10 °C v trávníku a do 15 °C v kleči. Amplituda půdní teploty osciluje okolo 5 °C a dosahuje až 10 °C v kleči, v trávníku je v této lokalitě překvapivě o něco nižší.



Obr. 1 Automatická meteorologická stanice Správy KRNP na vrcholu Studniční hory. V popředí je patrný radiální kryt měření přízemní a půdní teploty v otevřeném biotopu alpského vřesoviště. V pozadí je patrný zapojený porost kleče, v kterém je umístěno druhé mikroklimatické měření.

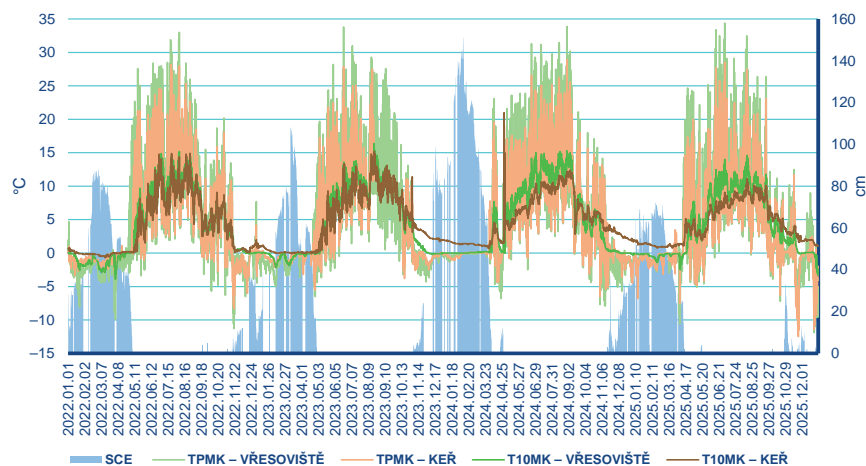


Obr. 2 Průběh denních maxim a minim přízemních a půdních teplot spolu s výškou sněhu ze stanice Jestřábí Boudy v období 1. 1. 2022 až 31. 12. 2025.

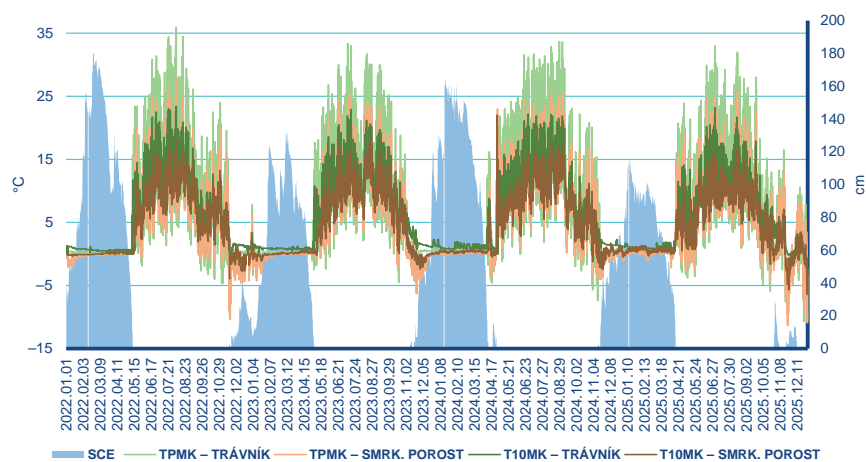
V porovnání s ostatními lokalitami je průběh denních extrémů kvalitativně obdobný, na rozdíl od ostatních lokalit se zde především maximální přízemní teploty vzduchu pohybují v obdobných hodnotách v trávniku i v kleči, v kleči často dosahují maxima vyšších hodnot než v trávniku. Maximální výška sněhu se ve zkoumaném období pohybovala mezi 60–120 cm, v roce 2024 ke 180 cm.

3.2 Studniční hora

Ze souhrnného grafu na obr. č. 3 vyplývá na první pohled odlišný průběh denních maxim přízemní teploty a teploty půdy, která v lokalitě vykazuje menší amplitudu denního chodu. Absolutní hodnoty maxim přízemních teplot ve vřesovišti zde dosahují v letních slunných dnech i přes 30 °C na rozdíl od Jestřábích Bud. V letních měsících pozorujeme amplitudu přízemní teploty přes 25 °C ve vřesovišti / do 20 °C v kleči a půdní teploty do 5 °C v obou typech porostu. Patrná je i změna průběhu maximálních a minimálních půdních teplot v porostu kleče mezi lety 2022–2023 a 2024 a 2025 způsobená patrně vývojem zapojení klečového porostu. Maximální výška sněhu se ve zkoumaném období pohybovala mezi 70–100 cm, v roce 2024 ke 140 cm.



Obr. 3 Průběh denních maxim a minim přízemních a půdních teplot spolu s výškou sněhu ze stanice Studniční hora v období 1. 1. 2022 až 31. 12. 2025.



Obr. 4 Průběh denních maxim a minim přízemních a půdních teplot spolu s výškou sněhu ze stanice Klínové Boudy v období 1. 1. 2022 až 31. 12. 2025.

3.3 Klínové Boudy

Souhrnný graf na obr. 4 potvrzuje známý vliv sněhové pokrývky, zajímavostí jsou dobře patrná extrémní minima teplot na začátku a konci zimního období bez nebo s nízkou sněhovou pokrývkou. V letních měsících pozorujeme denní amplitudu přízemní teploty přes 25 °C v trávniku / okolo 15 °C ve smrkovém porostu, u půdních teplot přes 10 °C v trávniku a do cca 7 °C ve smrkovém porostu. Obdobně jako na lokalitě Jestřábí Boudy lze pozorovat větší rozkolísanost teplot půdy. Absolutní maxima přízemní teploty půdy v trávniku dosahují až k 35 °C. Maximální výška sněhu se ve zkoumaném období pohybovala od 120 do 180 cm.

4. Diskuse a závěr

Předkládaný článek představuje předběžné vyhodnocení mikroklimatických měření ze dvou stanovišť na území arkticko-alpínské tundry Krkonoše a z lokality na jejím okraji. Zkoumán byl především kvalitativní průběh denních maxim a minim přízemní teploty a teploty půdy v hloubce 10 cm v otevřených biotopech a v biotopech zapojených porostů kleče a smrku na hranici lesa v období let 2022–2025. Práce navazují na předcházející výzkum, především na práci Harčarika (2002).

Výsledky potvrzují determinující vliv sněhové pokrývky na denní chod přízemních a půdních teplot. Na všech lokalitách jsou období se sněhovou pokrývkou charakteristická nízkými amplitudami přízemních a půdních teplot. Jednotlivé lokality se však liší jak absolutními hodnotami zkoumaných extrémů, tak jejich rozptylem a charakterem jejich ročního chodu. Denní amplituda přízemních teplot se ve zkoumaných lokalitách pohybuje až přes 25 °C, v zapojených porostech bývá zpravidla nižší než v otevřeném biotopu. Zajímavé je chování mikroklimatu na Jestřábích Boudách, kde denní maxima přízemní teploty v kleči dosahují běžně obdobných hodnot jako v trávniku, často jsou i vyšší. Za povšimnutí stojí mimořádně nízké minimální teploty v prosinci 2025 způsobené absencí sněhové pokrývky.

Nastíněné výsledky měření pro další výzkum a především porovnání s historickými hodnotami vyžadují především kvantitativní hodnocení četnosti výskytu extrémních hodnot, stanovení rozdílů průměrných hodnot a vyhodnocení především mrazových charakteristik a procesů, které jsou pro prostředí arкто-alpínské tundry do jisté míry určující.

Literatura:

- BUREŠOVÁ, Z., 1976. Alpínská vegetace Krkonoš: struktura a ekologie porostů na Luční (1 547 m) a Studniční hoře (1 555 m). *Opera Corcontica*, roč. **13**, s. 67–94.
- CZERWIŃSKI, J., DUBICKI, A., GLOWICKI, B., KRZACZKOWSKI, P., KONDAL, K., 1995. Wysokogórskie obserwatorium meteorologiczne na Śnieżce. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Wrocław.
- FLOUSEK, J., HARTMANOVÁ, O., ŠTURSA, J., POTOCKI, J., (eds.) 2007. Krkonoše. Příroda, historie, život. Nakladatelství Miloš Uhlíř – Baset, Praha. 864 s. ISBN 978-80-7340-104-7.
- HARČARIK, J., 1999. Sledování vlivu porostů kleče na intenzitu mrazových procesů v půdě. In: *Vaněk J.: Ovlivnění tundrových geobiocenóz Krkonoš vysokohorským zalesňováním*. Ms. [Zpráva projektu MŽP VaV/620/4/97, dostupné na MŽP Praha a Správa KRNAP Vrchlabí].
- HARČARIK, J., 2002. Microclimatic relationships of the arctic-alpine tundra. *Opera Corcontica*, roč. **39**, s. 45–68. ISBN 80-86418-24-3.
- KAŠIČKOVÁ, L., KLIEGROVÁ, S., NETOLICKÝ, J., 2024. Změny teploty vzduchu a srážek v Krkonoších v období 1961–2023. Hradec Králové: Český hydrometeorologický ústav. [Zpráva, dostupná na Správě KRNAP Vrchlabí].
- JAHODOVÁ, Š., 2001. Vegetace lysinových půd ve vrcholových partiích Krkonoš. Ms. [Práce, dostupná na Správě KRNAP Vrchlabí], České Budějovice.
- KLIEGEROVÁ, S., KAŠIČKOVÁ, L., 2019. Změny teploty vzduchu a úhrnů srážek v období 1961–2016 v Krkonoších. *Meteorologické zprávy*, roč. **72**, s. 88–93. ISSN 0026-1173.
- KOCIÁNOVÁ, M., SOUKUPOVÁ-PAPÁČKOVÁ L., (eds.), 1994. Monitoring and management of the Central European mountain tundra in Krkonoše National Park. Ms. [Závěrečná technická zpráva WWF grantu č. MM03, dostupné na Správě KRNAP Vrchlabí], Praha, 46 s.
- MIGONĚ, P., PILOUS, V., 2007. Geomorfologie. In: *FLOUSEK, J., HARTMANOVÁ, O., ŠTURSA, J., POTOCKI, J., (eds.), Krkonoše. Příroda, historie, život*. Nakl. Miloš Uhlíř – Baset, Praha: s. 103–124. ISBN 978-80-7340-104-7.
- VANĚK, J., MATERNA, J., FLOUSEK, J., 2013. Jedinečný výskyt reliktních a severských rostlin a živočichů v Krkonoších. *Živa*, roč. **4/2013**, s. 175–179. ISSN 0044–4812.

Srovnání scénářů budoucího vývoje klimatu v Krkonoších a na Šumavě podle modelu Aladin-CLIMATE / CZ

Adam Valík¹, Radim Tolasz²

¹ Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ostrava, K Myslivně 3/2182, 708 00 Ostrava

² Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno, Kroftova 2578/43, 616 67 Brno, adam.valik@chmi.cz

1. Úvod

Díky regionálnímu klimatickému modelu ALADIN-CLIMATE / CZ vyvinutého v rámci končícího projektu PERUN (TAČR SS0230040) máme k dispozici data vývoje klimatu zaměřená přímo na Česko od současnosti až do roku 2100 pro celou řadu meteorologických prvků podle tří socioekonomických scénářů SSP. Můžeme si tedy udělat představu o jeho vývoji u nás, lépe se rozhodovat při plánování adaptačních a mitigačních opatření a díky podrobnému rozlišení modelu analyzovat, jakým způsobem se probíhající klimatické změny budou projevovat v různých částech republiky. Cílem příspěvku je ukázat, jak se bude podle modelu měnit klima v průběhu 21. století v horských oblastech Krkonoš a Šumavy za využití základních meteorologických prvků a klimatologických charakteristik vycházejících z korigovaných dat teploty vzduchu a srážkových úhrnů.

2. Metodika

K výpočtům modelových dat byla využita klimatická verze předpovědního modelu ALADIN-CLIMATE / CZ v konfiguraci ALARO (Brožková a kol. 2019). Model počítá v hodinovém kroku hodnoty 68 přízemních a 9 výškových (v 6 hladinách) meteorologických prvků v prostorovém rozlišení $2,3 \times 2,3$ km do roku 2100 pro vybrané socioekonomické scénáře SSP (IPCC 2018). Data scénářů byla před použitím korigována pomocí BIAS metody podle Štěpánek a kol. (2016) a průměrována na 30letá období. Scenářová data byla porovnáována s historickým obdobím 1991–2020, k jehož tvorbě byla využita staniční data Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) interpolovaná do gridové sítě modelu ALADIN-CLIMATE / CZ, označovaná jako GriSt (Štěpánek a kol. 2011).

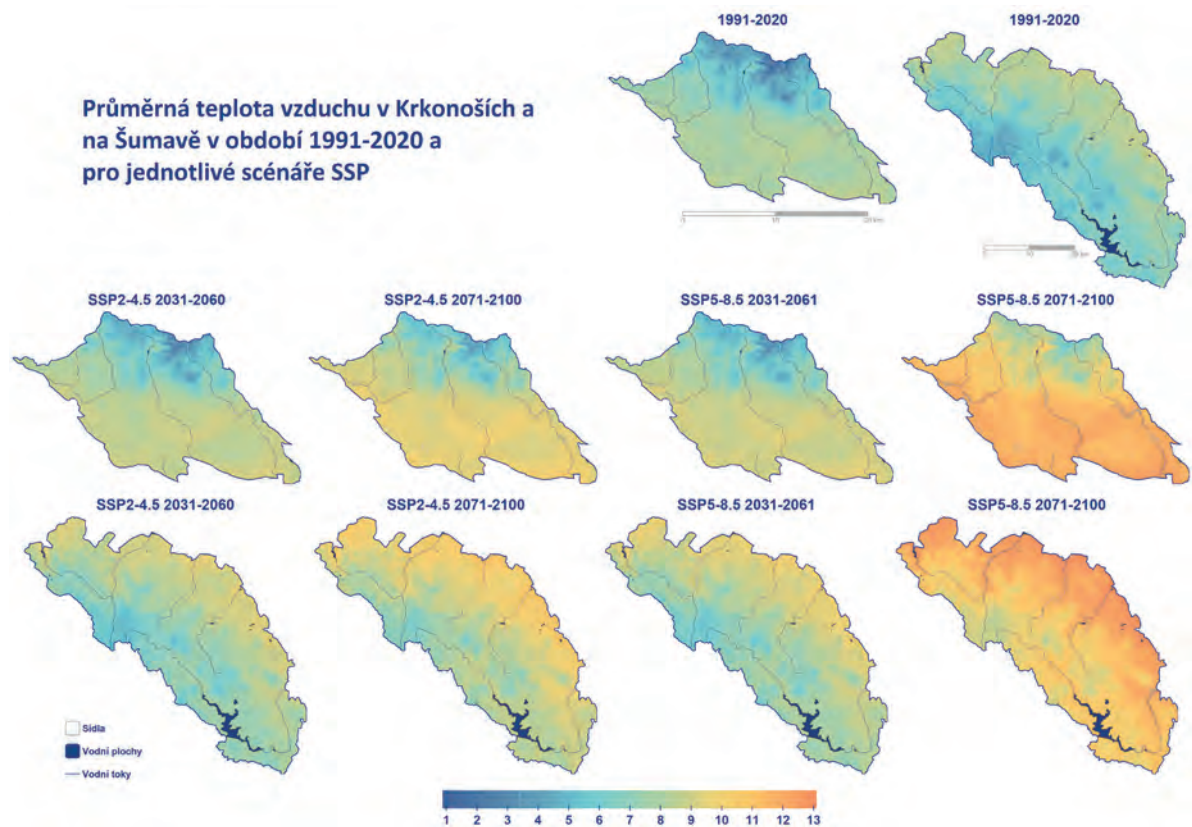
Ke studiu potenciálního vývoje klimatu v Krkonoších a na Šumavě byly vybrány socioekonomické scénáře SSP5-8.5 a SSP2-4.5. První z nich (zároveň i nejextrémnější a nejpesimističtější) vychází z předpokladu rychlého a neomezeného růstu ekonomické produkce a spotřeby energie, s tím související intenzivní využívání fosilních paliv a další rychlý růst emisí skleníkových plynů s malými investicemi do mitigačních technologií. Scénář SSP2-4.5, někdy nazývaný jako střední emisní scénář, počítá s investicemi do udržitelného rozvoje a snižováním intenzity využívání fosilních paliv. Tyto změny jsou však pomalé, a i přes malá zlepšení stále dochází k degradaci přirozených ekosystémů. Zpracovávány byly klimatické charakteristiky a indexy vycházející z hodinových teplot vzduchu a srážkových úhrnů pro 30letá období 2031–2060 a 2071–2100.

Výsledná data v gridovém poli s rozlišením $2,3 \times 2,3$ km byla interpolována metodou ClidataDEM pro tvorbu rastrových map (Stříž 2000), která zohledňuje vliv nadmořské výšky (případně orientace a sklonitosti svahů nebo krajinného pokryvu) na interpolovanou charakteristiku a zachovává původní hodnotu ve známém bodě. Připravené rastry byly následně zpracované do mapové podoby za využití desktopové verze software ArcGIS od firmy ESRI (ESRI 2000) a R. Vymezení studovaných oblastí vychází z geomorfologického členění České republiky. Oblast Krkonoš je zde reprezentována celky Krkonoše a Krkonošské podhůří, oblast Šumavy pak celky Šumava a Šumavské podhůří.

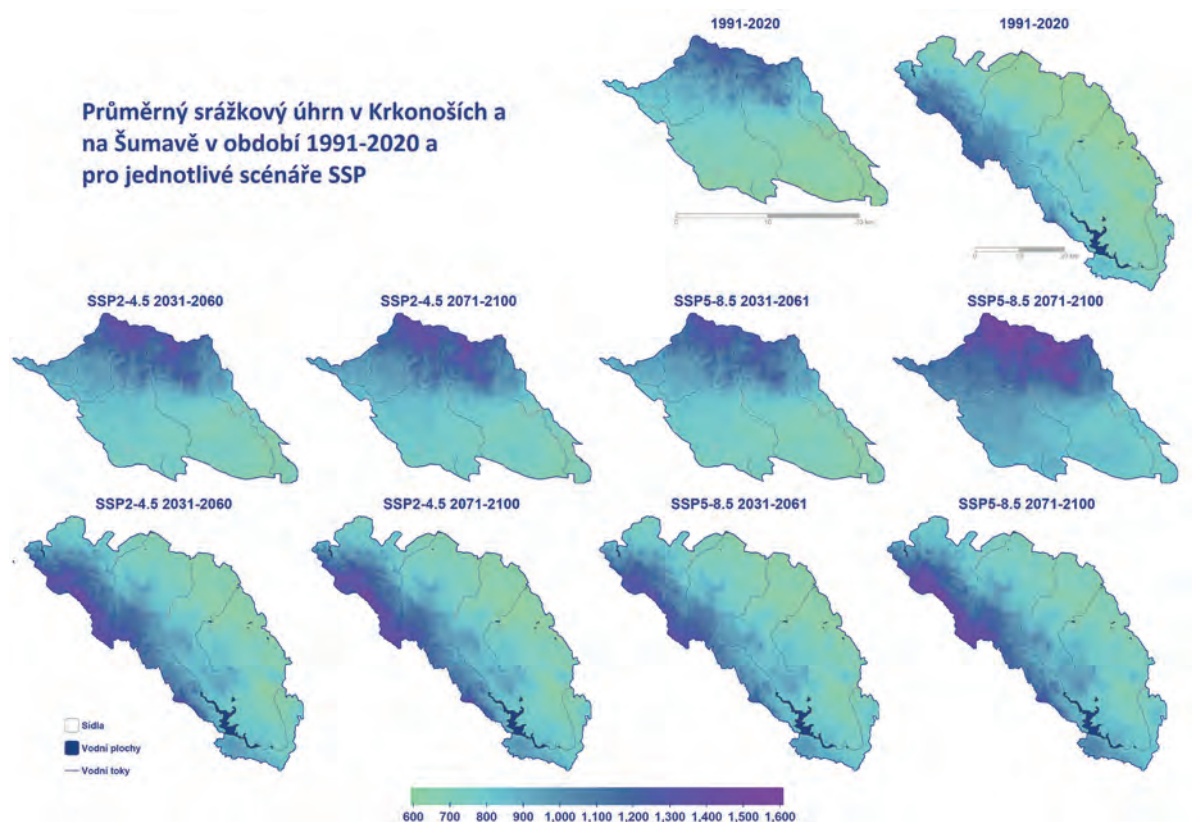
3. Výsledky

V období 1991–2020 se průměrná teplota v Krkonoších pohybovala okolo $6,9$ °C (obr. 1) s maximálními hodnotami okolo $8,6$ °C v níže položených oblastech Krkonošského podhůří v jižní části území a minimálními ve vrcholových oblastech, kde dosahovaly hodnot kolem $1,6$ °C. Oba scénáře předpokládají nárůst průměrných, maximálních i minimálních teplot v celém území, podle SSP2-4.5 k $8,7$ °C (maximum $10,5$ °C a minimum $3,8$ °C) a podle SSP5-8.5 až na $10,8$ °C (maximum $12,5$ °C, minimum $6,2$ °C).

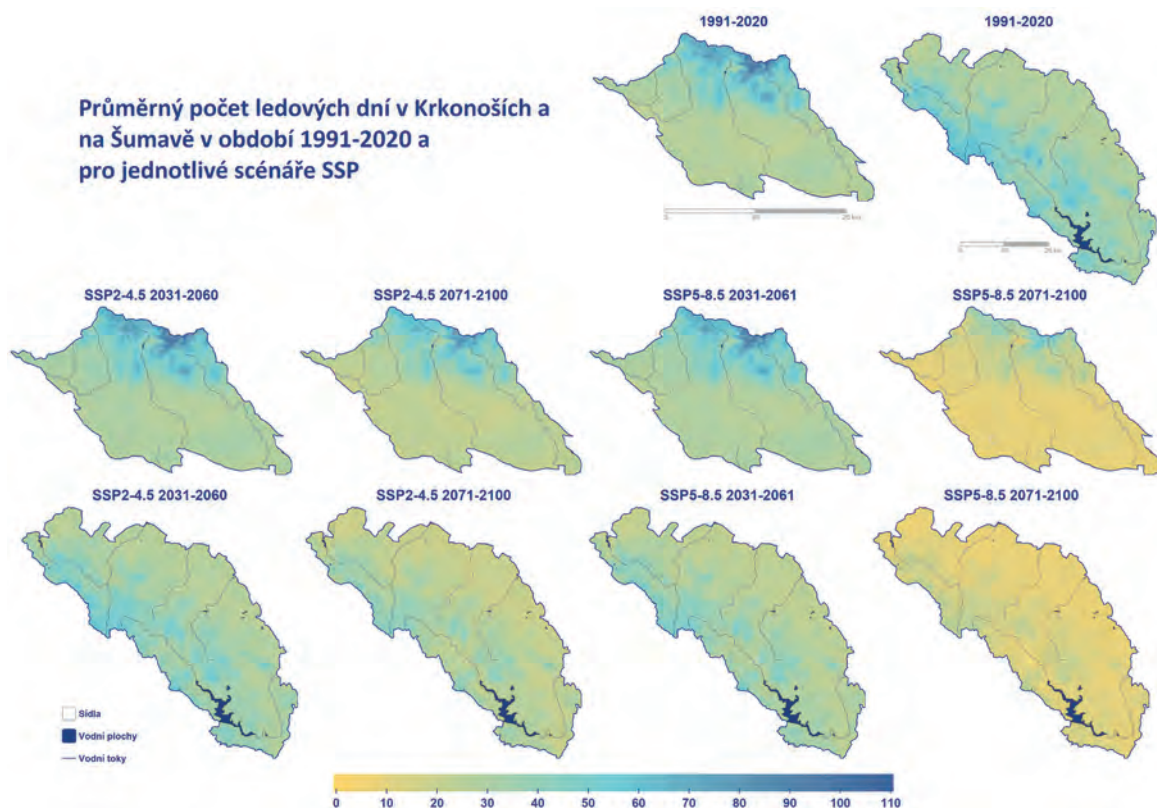
Pro oblast Šumavy byla v období 1991–2020 zjištěna podobná průměrná teplota jako v Krkonoších, konkrétně 7 °C, nicméně s vyššími maximy i minimy. Maximální hodnoty okolo $9,1$ °C byly naměřené v oblastech Šumavského podhůří v severní a východní části území a minimálními okolo $3,8$ °C opět ve vrcholových částech pohoří. Oba scénáře zde



Obr. 1 Průměrná teplota vzduchu (°C) v Krkonoších (levá mapa na prvním řádku a druhý řádek) a na Šumavě (pravá mapa na prvním řádku a třetí řádek) pro období 1991–2020 a jednotlivé scénáře.



Obr. 2 Průměrný srážkový úhrn (mm) v Krkonoších (levá mapa na prvním řádku a druhý řádek) a na Šumavě (pravá mapa na prvním řádku a třetí řádek) pro období 1991–2020 a jednotlivé scénáře.



Obr. 3 Průměrný počet ledových dní v Krkonoších (levá mapa na prvním řádku a druhý řádek) a na Šumavě (pravá mapa na prvním řádku a třetí řádek) pro období 1991–2020 a jednotlivé scénáře.

předpokládají do roku 2100 mírně vyšší oteplení než u Krkonoš. Podle SSP2-4.5 v průměru na 9 °C (maximum 11,1 °C a minimum 6 °C) a podle SSP5-8.5 až k 11,1 °C (maximum 13,2 °C a minimum 8,2 °C).

Obdobně kopírují geografické poměry území i průměrné srážkové úhrny (obr. 2). V období 1991–2020 se v Krkonoších pohybovaly okolo 900 mm, s maximálními hodnotami okolo 1 400 mm ve vrcholových oblastech a minimálními 630 mm v jihovýchodní části Krkonošského podhůří. Zatímco scénář SSP2-4.5 nepředpokládá do roku 2100 téměř žádné změny srážek v celé oblasti (průměr 910 mm, maximum 1 410 mm a minimum 640 mm), SSP5-8.5 předpokládá nepatrně vlhčí budoucnost s průměrnými hodnotami okolo 1 035 mm, maximy okolo 1 600 mm a minimy okolo 730 mm.

I v případě srážkových úhrnů Šumava téměř kopíruje svého staršího bratříčka. V období 1991–2020 se průměrně pohybovaly okolo 830 mm s maximy okolo 1 370 mm v nejvyšších partiích a minimy okolo 580 mm v nejnižších polohách Šumavského podhůří. I v jejím případě mírnější scénář SSP2-4.5 nepředpokládá do roku 2100 výraznější změny v průměrných (850 mm) ani minimálních srážkách (580 mm), nicméně v maximálních srážkách předpokládá zvýšení až k hodnotám okolo 1 480 mm. SSP5-8.5 předpokládá mírné navýšení průměrných (910 mm) a minimálních (640 mm) srážek s výrazným nárůstem maximálních (1 580 mm).

Jedna z klimatologických charakteristik, která byla použita pro analýzu budoucích změn klimatu v Krkonoších a na Šumavě, byl počet ledových dní. V obou oblastech lze předpokládat jejich pokles, nicméně Krkonoše vycházejí z tohoto srovnání chladnější pro současnost (1991–2020) i oba scénáře. Zatímco nyní se jejich počet v průměru pohyboval okolo 42 dní (maximum 113, minimum 27), podle SSP2-4.5 by se jejich počet mohl snížit v průměru na 30 (maximum 82 a minimum 19) a podle SSP5-8.8 dokonce až na 14 (maximum 56, minimum 7). Na Šumavě je jejich počet o trochu nižší. V období 1991–2020 to v průměru bylo 36 dní (maximum 71, minimum 23) a do roku 2100 se jejich počet sníží podle SSP2-4.5 na 26 (maximum 49, minimum 16) a podle SSP5-8.5 až na 12 (maximum 28, minimum 6).

4. Diskuze a závěr

Analýza vývoje klimatu na území horských oblastí Krkonoš a Šumavy podle výstupů regionálního klimatického modelu ALADIN-CLIMATE / CZ jasně prokázala konzistentnost s všeobecně uznávanými závěry plynoucí z aktuálně pozorovaných trendů změn klimatu. Je však potřeba brát v úvahu, že se jedná o data jednoho modelu (byť po provedení korekce) a kombinace s dalšími regionálními či globálními klimatickými modely a tvorba rozsáhlých ansámblů je obecně brána jako způsob zvýšení přesnosti a důvěryhodnosti modelových dat. V rámci projektu PERUN proběhla celá řada srovná-

vacích analýz s dalšími klimatickými modely i ostatními experimenty klimatického modelu ALADIN-CLIMATE / CZ, které se opírají o jiné vstupní podmínky či zdrojové datasety prokazující jeho kvality. V potenciálním pokračování projektu PERUN se nicméně počítá s tvorbou novější verze modelu opírající se o komplexnější schémata srážkových procesů, upravenou mikrofyziku oblačnosti či pokročilejší model zemského povrchu a mnoho dalších vylepšení. Zajímavým zdrojem informací je i srovnání s tzv. kombinovaným scénářem, vytvořeným pro účely chystané aplikace Klimatického prověřování, který se skládá z výstupů modelu ALADIN-CLIMATE / CZ doplněných vybranými globálními modely.

Poděkování:

Tento příspěvek vznikl s podporou TA ČR, projektu SS02030040 „Predikce, hodnocení a výzkum citlivosti vybraných systémů, vlivu sucha a změny klimatu v Česku (PERUN)“.

Literatura:

BROŽKOVÁ, R., BUČÁNEK, A., MAŠEK, J., SMOLÍKOVÁ, P., TROJÁKOVÁ, A., 2019. Nová provozní konfigurace modelu ALADIN ve vysokém rozlišení. *Meteorologické zprávy*, roč. **72**, č. 5, s. 129–139. ISSN 0026-1173.

ESRI, 2020. Documentation [online]. [cit. 20. 10. 2023]. Dostupné z: <https://desktop.arcgis.com/en/documentation/>.

IPCC, 2018. Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [V. Masson-Delmotte et al. (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 616 s.

R CORE TEAM. R. A language and environment for statistical computing [online]. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 202X [cit. 202X-MM-DD]. Dostupné z: www.r-project.org.

STRÍŽ, M., 2008. Popis metod CLIDATA-GIS [online]. [cit. 20. 10. 2023]. Dostupné z: <http://www.infomet.cz/fil/1295510217.pdf>.

ŠTĚPÁNEK, P., ZAHRADNÍČEK, P., FARDA, A., SKALÁK, P., TRNKA, M., MEITNER, J., RAJDL, K., 2016. Projection of drought-inducing climate conditions in the Czech Republic according to Euro-CORDEX models. *Climate Research*, roč. **70**, s. 179–193. Dostupné z: <https://doi.org/10.3354/cr01424>.

ŠTĚPÁNEK, P., ZAHRADNÍČEK, P., HUTH, R., 2011. Interpolation techniques used for data quality control and calculation of technical series. An example of Central European daily time series. *Idojaras*, roč. **115**, s. 87–98.

Porovnání chování teploty vzduchu a UTCI v oblasti Jizerských hor a Krkonoš

Jan Hrubý¹, Lenka Došková, Martin Hynčica, Martin Novák

Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ústí nad Labem, Kočkovská 2699/18, 400 11 Ústí nad Labem,
¹ jan.hruby@chmi.cz

Klíčová slova: bioklimatologie, hory, amplituda, tepelný komfort

1. Úvod

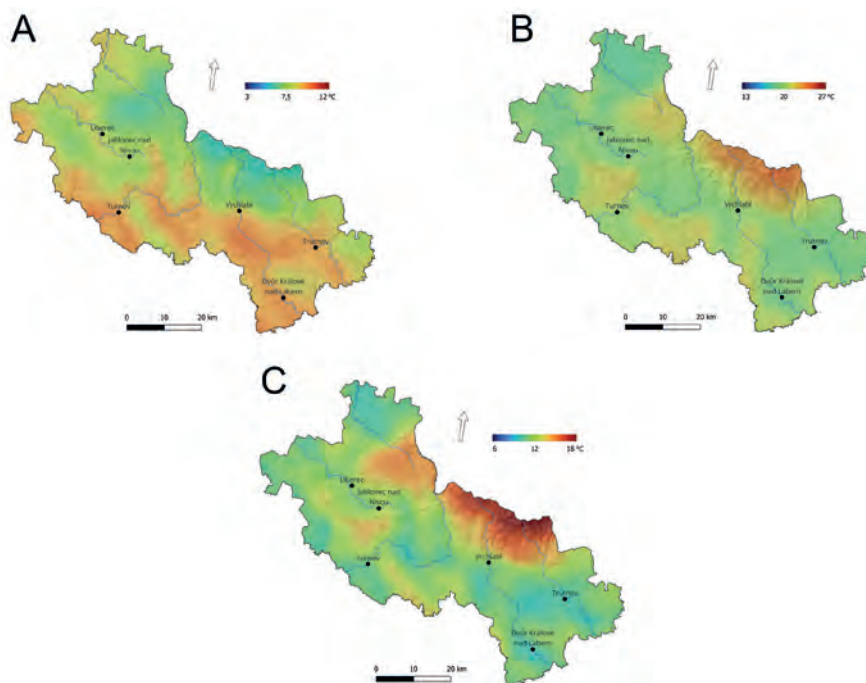
Tento příspěvek navazuje na prezentaci na poslední horské konferenci v roce 2024 na Rejvízu, kde byly představeny první výsledky rozložení hodnot Universal Thermal Climate Index (UTCI) v horských oblastech ČR a první pohled na závislost UTCI na nadmořské výšce pro jednotlivá pohoří (Novák et al. 2024). Tentokrát jsme se zaměřili na dlouhodobé denní kolísání hodnot UTCI vyjádřené denními amplitudami UTCI, a to ve srovnání s denními amplitudami mnohem známější charakteristiky – teploty vzduchu.

2. Metodika

V rámci chystaného bioklimatologického mapování ČR byl pro vyjádření tepelného komfortu, resp. diskomfortu vybrán univerzální tepelný klimatický index UTCI (Błażejczyk et al. 2013). Od roku 2019 jsou hodnoty UTCI součástí standardních výstupů numerického modelu ČHMÚ ALADIN (Krüger 2021). V rámci projektu PERUN pak byl vyvinut klimatický model ALADIN CLIMATE / CZ, s jeho využitím byly spočteny také reanalýzy označované jako PERUN/Reanalysis. A právě reanalýzy UTCI za normálové období 1991–2020 byly použity jako zdroj hodnot UTCI v hodinovém kroku pro tuto práci. Denní amplituda UTCI je tedy rozdílem mezi maximální a minimální hodinovou hodnotou UTCI v daném dnu. Zdrojem hodnot teplot vzduchu v období 1991–2020 byly technické řady, rastrovaná data v síti GriSt Extended (verze 2). Konkrétně byly použity řady denní maximální a minimální teploty vzduchu, denní amplitudou teploty vzduchu je tedy rozdíl obou hodnot v daném dnu.

Kromě denních amplitud UTCI (ΔUTCI , počítaných z denních extrémních hodinových hodnot UTCI z reanalýz) a denních amplitud teploty vzduchu (ΔT , počítaných z hodnot denních extrémů teploty vzduchu technických řad, tedy primárně z měřených dat z měřicích sítí v ČR a v blízkém okolí) byly ještě spočteny pro každý den rozdíly denních amplitud UTCI a teploty vzduchu ($\Delta\text{UTCI} - \Delta T$).

Z denních dat v celém období 1991–2020 byly následně pro všechny tři charakteristiky spočteny měsíční a sezónní průměry, přičemž byly pro tento článek vybrány – vzhledem k limitovanému rozsahu – jen data sezónní s typickým výběrem sezón – jaro (březen až květen), léto (červen až srpen), podzim (září až listopad) a zima (prosinec až únor).



Obr. 1 Sezónní průměry denních amplitud teploty vzduchu (A), UTCI (B) a rozdílu $\Delta\text{UTCI} - \Delta T$ (C) – jaro.

Pro účely této práce bylo vybráno území zahrnující Krkonoše a Jizerské hory s tím, že použitá oblast byla definována prostřednictvím standardních územně správních celků. Konečná podoba vybrané oblasti je patrná na obr. 1–4. Data byla zpracována s využitím GIS, výpočty v sítích byly prováděny s využitím statistického programu R, případně funkcí programu MS Excel (v aktuální verzi M365).

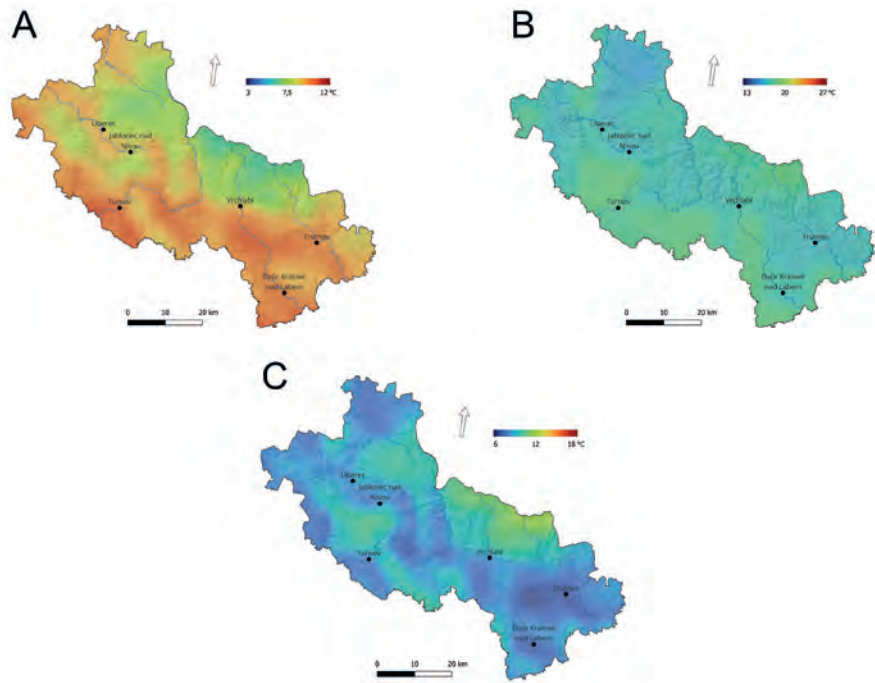
Kromě samotného prostorového rozložení denních amplitud UTCI a teplot vzduchu, případně jejich rozdílů, byly metodou lineární regrese zpracovány i závislosti těchto charakteristik na nadmořské výšce ve zvolené oblasti, a to s cílem sledovat sezónní proměnlivost této závislosti v rámci roku.

3. Výsledky

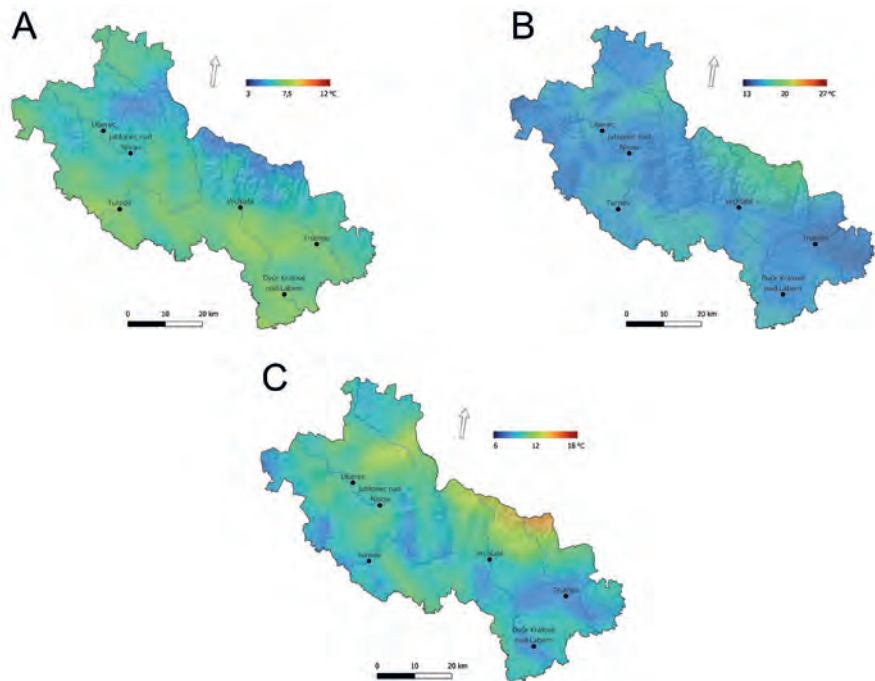
Výsledky pro jednotlivé sezóny jsou prezentovány v grafické podobě na obr. 1 až 4. Z uvedeného je zřejmé, že ve všech sezónách je rozdíl amplitud UTCI a teploty vzduchu největší právě v horských oblastech Krkonoš a Jizerských hor. Slaběji se závislost na nadmořské výšce jeví v některých sezónách (zejména na podzim) v oblasti Ještědského hřbetu. Závislost charakteristik na nadmořské výšce je popsána pomocí koeficientu determinace (r^2) v tab. 1.

4. Diskuse

Z prezentovaných výsledků je zřejmé, že denní amplitudy UTCI jsou prakticky po celý rok vyšší než denní amplitudy teploty vzduchu. Tento fakt je důsledkem toho, že UTCI je funkcí hned čtyř charakteristik – teploty vzduchu, vlhkosti vzduchu, rychlosti větru



Obr. 2 Sezónní průměry denních amplitud teploty vzduchu (A), UTCI (B) a rozdílu $\Delta\text{UTCI} - \Delta T$ (C) – léto.



Obr. 3 Sezónní průměry denních amplitud teploty vzduchu (A), UTCI (B) a rozdílu $\Delta\text{UTCI} - \Delta T$ (C) – podzim.

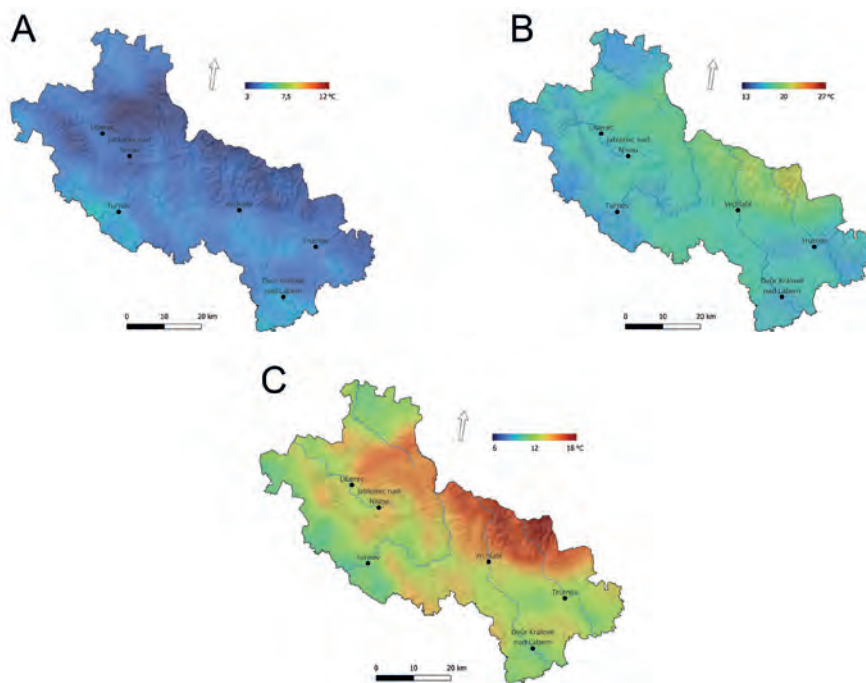
Tab. 1 Koeficient determinace r^2 pro závislost denní amplitudy UTCI, teploty vzduchu a jejich rozdílu na nadmořské výšce.

	Jaro	Léto	Podzim	Zima
ΔUTCI	0,46	0,00	0,24	0,73
ΔT	0,62	0,69	0,56	0,57
$\Delta\text{UTCI} - \Delta T$	0,75	0,55	0,56	0,80

a střední zářivé teploty (mean radiant temperature), která popisuje radiální bilanci toků krátkovlnného i dlouhovlnného záření. Ze stejného důvodu se pravděpodobně liší i míry závislosti obou denních amplitud na nadmořské výšce.

5. Závěr

Podrobnější bioklimatologie horských oblastí bude cenným doplněním klasických výstupů klimatologie těchto oblastí. Může pomoci jak v rozšíření informovanosti návštěvníků hor a upozornit je na některá možná úskalí (vyplývající například právě z výraznějších denních amplitud UTCI jako ukazatele míry tepelného komfortu, resp. diskomfortu člověka). Prospěšná může být i při výběru potenciálních nových oblastí pro klimatické lázně nebo při propagaci (udržitelné) turistiky a rekreačních pobytů v horských oblastech.



Obr. 4 Sezónní průměry denních amplitud teploty vzduchu (A), UTCI (B) a rozdílu $\Delta\text{UTCI} - \Delta T$ (C) – zima.

Poděkování:

Tento příspěvek vznikl s podporou programu TA ČR a MŽP ČR Prostředí pro život, projektu SS02030040 (PERUN – Predikce, hodnocení a výzkum citlivosti vybraných systémů, vlivu sucha a změny klimatu v Česku) a institucionální podpory MŽP ČR v rámci DKRVO ČHMÚ 2023–2027.

Literatura:

BĚLAJEJCZYK, K., JENDRITZKY, G., BRÖDE, P., FIALA, D., HAVENITH, G., EPSTEIN, Y., PSIKUTA, KAMPMANN, B., 2013. An introduction to the Universal Thermal Climate Index (UTCI). *Geographia Polonica*, roč. 86, s. 5–10. Dostupné z: <https://doi.org/10.7163/GPol.2013.1>.

KRÜGER, E. L. (ed.), 2021. Applications of the Universal Thermal Climate Index (UTCI) in biometeorology: Latest developments and case studies. Springer. ISBN 978-3-030-79876-9.

NOVÁK, M., HYNČICA, M., PROCHÁZKOVÁ, S., 2024. Tepelný komfort/diskomfort vyjádřený UTCI (Universal Thermal Climate Index) pro vybraná pohoří v Česku. In: LIPINA, P., PROCHÁZKA, J. (ed.), 2024. *Meteorologická konference Jeseníky 2024. Sborník příspěvků z konference pořádané Českým hydrometeorologickým ústavem, Českou meteorologickou společností a Vlastivědným muzeem Jesenicka konané ve dnech 14.–16. května 2024 v hotelu Franz na Rejvizu v Jeseníkách*. Praha: ČHMÚ., s. 64–66. ISBN 978-80-7653-069-0.

Srovnání vybraných naměřených hodnot stanice Lysá hora v letech 2015–2025 a dlouhodobých průměrů

Radek Křenek¹, Marek Brosch², Milan Čermák³

Český hydrometeorologický ústav, MS Lysá hora MS Lysá hora, P.O.BOX 9, 739 11 Frýdlant n. Ostraví, ¹radek.krenek@chmi.cz, ²marek.brosch@chmi.cz, ³milan.cermak@chmi.cz

Klíčová slova: teplota vzduchu, úhrn srážek, sluneční svit, rychlost větru, sněhová pokrývka

1. Trocha historie stanice

Pravidelné denní měření některých meteorologických prvků (množství spadlých srážek, teplota vzduchu, výška nově napadlého sněhu a celková výška sněhové pokrývky) bylo na Lysé hoře zahájeno dne 15. července 1897. Měřilo se 3 × denně a zaznamenávalo (tehdy ještě v němčině) do srážkoměrného výkazu. Prvním pozorovatelem byl pan Jaroslav Winkler z Albrechtovy chaty. Pozorovatelé se střídali tak, jak se střídali nájemci nebo číšníci na Albrechtově chatě, a tomu odpovídala i různá kvalita pozorování. Od listopadu 1918 se začaly výkazy odesílat do Státního ústavu meteorologického v Praze.

Během války zde s přestávkami pozorovali počasí němečtí vojáci obsluhující na Lysé hoře zesilovačku rádiového spojení. Po válce zde pak naše armáda zřídila leteckou meteorologickou stanici (LMS). Stanice byla v dřevěném srubu, kde osádka žila i pracovala až do roku 1953. Od 25. února 1947 začalo první řádné pozorování a předávání zpráv o počasí ústředí.

V roce 1954 byla dokončena stavba nové budovy meteorologické stanice. Prvním vedoucím MS Lysá hora byl pan Karel Slezák, pozorovatelem pan Ladislav Hrtoň. Dne 6. října 1954 v 7 hodin SEČ se začalo na nové stanici s pravidelným měřením, pozorováním počasí a předáváním povětrnostních zpráv. Sloužilo se jen od 7 do 21 hodin. Stanice byla vybavena novými přístroji, jako např. anemografem, váhovým sněhoměrem aj. Od 1. ledna 1969 byl na stanici zaveden nepřetržitý 24hodinový provoz. Ve službě se střídalo pět pozorovatelů.



Obr. 1 Meteorologická stanice Lysá hora z vysílače Českých radiokomunikací. Foto: Petr Lukeš, 22. října 2013.

Od 1. ledna 2011 byl na stanici zaveden kombinovaný provoz, což znamená, že v noci není lidská obsluha a stav počasí zaznamenávají automatická čidla. Počet pozorovatelů klesl na čtyři.

Od 1. září 2024 stanice opět přechází na nepřetržitý provoz. Počet pozorovatelů je pět. Nově provádíme od tohoto data na stanici kontrolu dat v databázové aplikaci CLIDATA.

2. Klimatologické charakteristiky meteorologické stanice Lysá hora

Tab. 1 Dlouhodobé (1981–2010) a extrémní (1897–2026) charakteristiky měřených dat meteorologické stanice Lysá hora. Zdroj dat: Meteorologické deníky stanice a databázová aplikace ČHMÚ CLIDATA.

Meteorologická charakteristika	Průměrná nebo extrémní hodnota
Průměrná roční teplota vzduchu	2,7 °C
Maximální teplota vzduchu	29,5 °C, dne 8. 8. 2013
Minimální teplota vzduchu	-30,9 °C dne 9. 2. 1956
Maximální náraz větru	44,0 m·s ⁻¹ (158 km·h ⁻¹), dne 6. 5. 1968
Průměrná rychlost větru	6,6 m·s ⁻¹
Průměrná relativní vlhkost vzduchu	84,8 %
Průměrný tlak vzduchu	864,9 hPa
Průměrný roční úhrn slunečního svitu	1 534,4 hod.
Průměrný roční úhrn srážek	1 462,0 mm
Maximální výška sněhové pokrývky	491 cm, březen 1911
Výskyt mlhy na Lysé hoře	průměrně 273 dnů v roce
Počet bouřek na Lysé hoře	průměrně 37 dnů v roce
Doba výskytu sněhu na Lysé hoře	Sníh (alespoň 1 cm) zde leží většinou 171 dnů v roce

3. Jak tedy můžeme interpretovat naměřená data za roky 2015–2025?

Průměrná teplota vzduchu byla v tomto sledovaném období v každém z jednotlivých roků nadprůměrná oproti dlouhodobému průměru, a to v rozsahu od +0,6 °C v roce 2021 až po +3,2 °C v roce 2024. Průměrný roční rozdíl činí tedy +1,8 °C.

U ročního úhrnu srážek je situace odlišná. Můžeme v daném období vysledovat vysoce podprůměrné roky, kdy roční úhrn srážek byl oproti dlouhodobému průměru pouze na hodnotě okolo 76 % (roky 2015 a 2022) až po vysoce srážkově nadprůměrný rok 2020, kdy roční úhrn srážek byl na 129,3 % dlouhodobého průměru.

Ve sledovaném období je průměrný úhrn ročních srážek na hodnotě 96,6 %, tedy mírně podprůměrný.

U roční délky slunečního svitu jsou pouze 3 roky mírně podprůměrné, zbylých 8 roků nám Slunce na Lysé hoře pěkně připaluje. Nejvíce nadprůměrný byl loňský rok 2025 s délkou slunečního svitu na úrovni 116 % dlouhodobého průměru. Průměrná délka slunečního svitu za sledované období je na úrovni 105,8 % dlouhodobého průměru.

Z výše popsaných tří veličin asi nepřekvapí, že průměrná vlhkost vzduchu byla ve sledovaném období podprůměrná, a to sice na úrovni 97 % dlouhodobého průměru.

Průměrný tlak vzduchu byl v každém ze sledovaných roků mírně nadprůměrný. Průměrná rychlost větru je za sledované období na úrovni blízké dlouhodobému průměru.

Co nás na Lysé hoře za sledované období určitě také moc netěší, je klesající výška sněhové pokrývky, kdy pouze během ledna 2019 dosahovala výška maxima nad 2 metry. Poslední 3 zimy jsme neměli maximum ani 1 metr.

Několik vybraných extrémních hodnot za sledované období (2015–2025):

- Maximální teplota vzduchu: 29,2 °C, dne 1. 7. 2022
- Minimální teplota vzduchu: -25,4 °C, dne 7. 1. 2017
- Denní úhrn srážek: 238,5 mm, dne 14. 9. 2024 (nové historické maximum)
- Denní úhrn nového sněhu: 44 cm, dne 9. 2. 2015
- Maximální sněhová pokrývka: 225 cm, dne 17. 1. a 19. 1. 2019

Tab. 2 Lysá hora. Tabulka průměrných a extrémních naměřených hodnot v období 2015–2025 s odchylkou od normálu, popř. procentem normálu. Dlouhodobý průměr 1981–2010.

	Teplota vzduchu	Úhrn srážek	Sluneční svit	Rychlost větru	Tlak vzduchu	Relativní vlhkost vzduchu	Maximální teplota vzduchu	Minimální teplota vzduchu	Maximální rychlost větru	Maximum celkové sněhové pokrývky
	°C	mm	hodiny	m.s ⁻¹	hPa	%	°C	°C	m.s ⁻¹	cm
Dlouhodo- bý průměr	2,7	1 462,0	1 534,4	6,6	864,9	84,8				
2015	4,5	1 111,1	1 609,9	6,6	867,6	80,8	29,0	-14,1	34,4	145
% nor/odch	1,8	76,0	104,9	0,0		-4,0				
2016	3,8	1 479,1	1 459,9	6,2	866,0	87,3	27,6	-15,3	32,9	72
% nor/odch	1,1	101,2	95,1	-0,4		2,5				
2017	3,7	1 553,9	1 476,6	6,5	866,0	85,3	27,1	-25,4	38,4	92
% nor/odch	1,0	106,3	96,2	-0,1		0,5				
2018	4,8	1 294,1	1 635,2	6,5	866,3	83,3	26,7	-21,0	37,1	127
% nor/odch	2,1	88,5	106,6	-0,1		-1,5				
2019	4,8	1 467,3	1 697,4	6,8	866,3	82,8	28,9	-15,6	36,2	225
% nor/odch	2,1	100,4	110,6	0,2		-2,0				
2020	4,5	1 889,8	1 716,4	6,5	866,3	82,2	24,6	-12,7	36,2	119
% nor/odch	1,8	129,3	111,9	-0,1		-2,6				
2021	3,3	1 442,1	1 621,1	6,4	865,8	83,7	26,2	-19,7	30,7	161
% nor/odch	0,6	98,6	105,7	-0,2		-1,1				
2022	4,4	1 117,4	1 650,8	5,9	867,3	80,3	29,2	-13,0	33,5	128
% nor/odch	1,7	76,4	107,6	-0,7		-4,5				
2023	4,7	1 473,5	1 529,2	6,1	865,4	83,1	26,2	-14,1	32,1	130
% nor/odch	2,0	100,8	99,7	-0,5		-1,7				
2024	5,9	1 354,1	1 674,4	6,4	866,6	80,7	26,8	-17,1	32,5	81
% nor/odch	3,2	92,6	109,1	-0,2		-4,1				
2025	4,6	1 353,0	1 780,0	5,8	867,3	79,9	28,2	-13,9	34,2	99
% nor/odch	1,9	92,5	116,0	-0,8		-4,9				



Obr. 2 Zmije na přelomu února a března na Lysé hoře? Ano, v roce 2024 realita. Foto: Radek Křenek, 26. 3. 2024.



Obr. 3 Někdy počasí ale docela ujde. Někteří dokonce vyženu ven i psa. Foto: Radek Křenek, 4. 12. 2023.

Literatura:

Archiv MS Lysá hora.

CHALUPA, J., ONDRUCH, V., LIPINA, P., 2014. 60 let pozorování profesionální meteorologické stanice Lysá hora. Praha: ČHMÚ. 1. vydání, 40 s. ISBN 978-80-87577-36-3.

CLIDATA, 2026. CLIDATA – Climate Database Management System [interní databáze]. Praha: ČHMÚ [cit. 10. 01. 2026]. Dostupné z: ČHMÚ.

Kronika MS Lysá hora.

Meteorologické deníky stanice Lysá hora 2015–2025.

LIPINA, P. (ed.), 2017. 120 let meteorologických měření a pozorování na Lysé hoře. Sborník příspěvků z konference pořádané Českým hydrometeorologickým ústavem a Českou meteorologickou společností konané na Lysé hoře ve dnech 14.–15. června 2017. Praha: ČHMÚ. 1. vydání, 188 s. ISBN 978-80-87577-68-4.



Obr. 4 „Ohnivý“ východ Slunce. Foto: Radek Křenek, 8. 12. 2023.

Změny teploty vzduchu a srážek v Krkonoších

Lucie Kašičková

Český hydrometeorologický ústav, Oddělení meteorologie a klimatologie, Dvorská 410/102, 503 11 Hradec Králové,
lucie.kasickova@chmi.cz

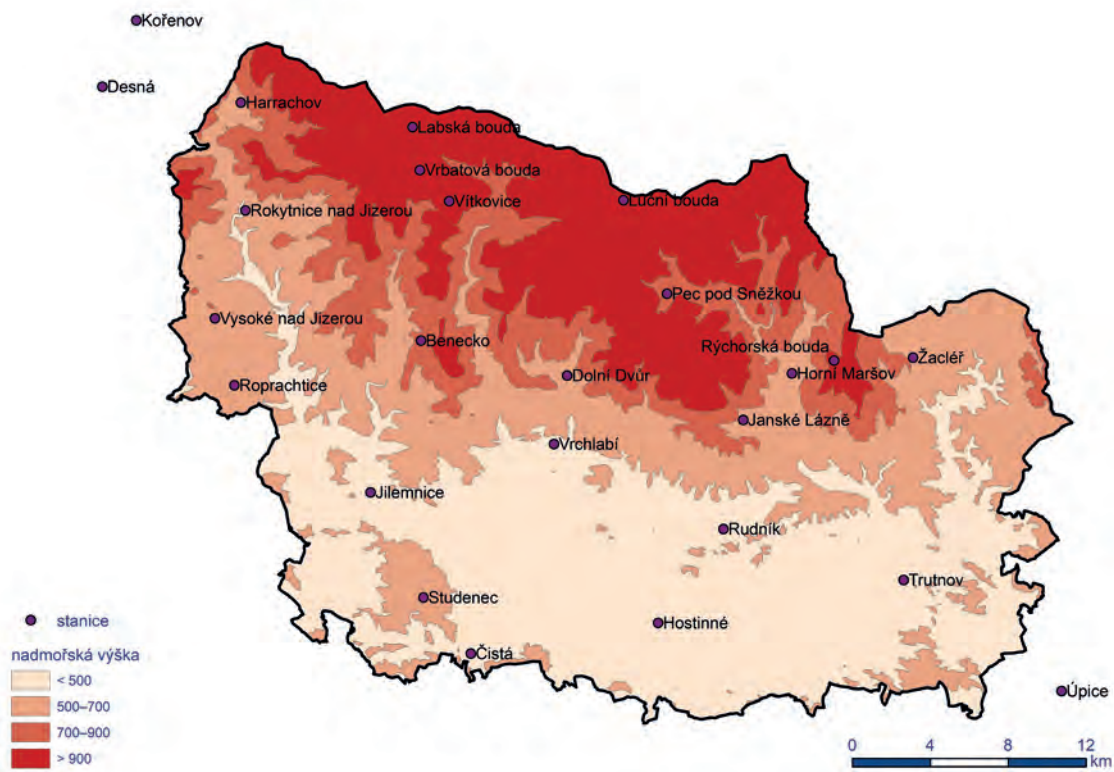
Klíčová slova: teplota vzduchu, srážky, lineární trend, klima

1. Úvod

Změna klimatu v nejn v Krkonoších se projevuje především nárůstem teploty vzduchu a změnami ve srážkovém režimu. Tento příspěvek se zabývá změnou teploty vzduchu a srážek v období 1961–2023. To, že se klima Krkonoš a dalších pohorí v České republice mění, bylo konstatováno už například v článku Kliegrová et al. (2009). Zde z hlediska průměrné teploty vzduchu odpovídal její růst v Krkonoších ve sledovaném období 1961 až 2007 změně (poklesu) nadmořské výšky v ročních průměrech o cca 200 m, ale na konci jara a v létě (květen až srpen) dokonce o cca 300–600 m. Zvyšování teploty vzduchu na vybraných krkonošských stanicích za období 1961–2016 bylo analyzováno také v Kliegrová, Kašičková (2019) a v období 1961–2022 v Kliegrová, Kašičková (2022).

2. Metodika

Pro účely tohoto zpracování byly Krkonoše vymezeny katastrem 59 obcí z ORP Jilemnice, Vrchlabí, Trutnov, Semily a Tanvald (obr. 1). Pro takto definované území Krkonoš byly vybrány klimatologické a srážkoměrné stanice ze sítě Českého hydrometeorologického ústavu (dále jen ČHMÚ). S ohledem na pokrytí zájmového území a na problematiku s přerušením měření nebo stěhování stanic byly pro analýzu teploty vzduchu a srážek použity tzv. technické řady stanic ČHMÚ. Technická řada je řada měření, která byla doplněna o chybějící hodnoty a následně homogenizována. Metodika doplnění a procesu kontroly kvality dat uvedena v publikaci Štěpánek a kol. (2011).



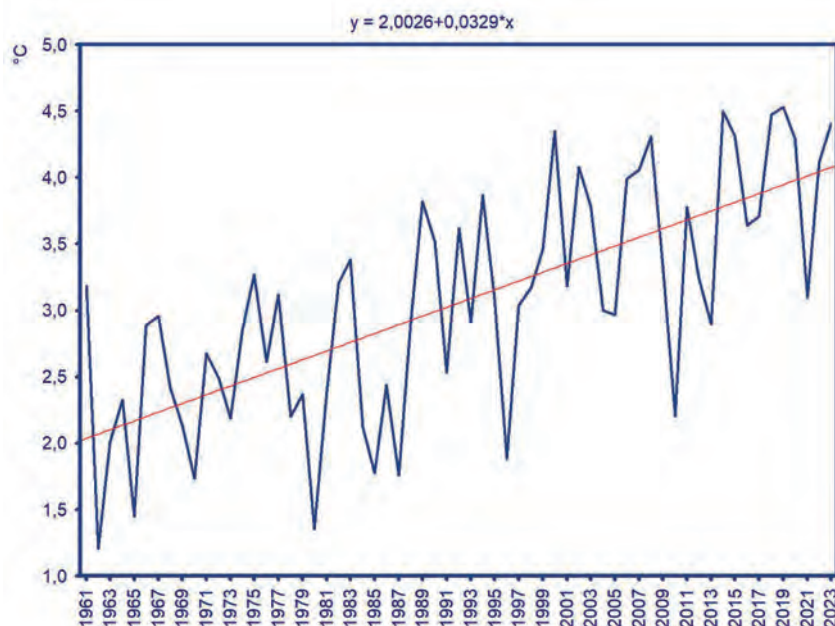
Obr. 1 Zájmové území Krkonoš s vyznačením použitých stanic.

Tab. 1 Vybrané stanice a jejich rozdělení do skupin podle nadmořské výšky (m n. m.).

název	nadmořská výška	Prvek	Kategorie podle nadmořské výšky
Hostinné	351	srážky	< 500
Úpice	413	teplota	
Trutnov	437	teplota, srážky	
Čistá	445	srážky	
Rudník	455	srážky	
Jilemnice	462	srážky	
Vrchlabí	482	teplota, srážky	
Rokytnice nad Jizerou	525	srážky	500–700
Studeneč	532	srážky	
Roprachtice	550	srážky	
Dolní Dvůr	560	srážky	
Horní Maršov	585	srážky	
Žacléř	644	srážky	
Janské Lázně	650	teplota, srážky	
Vysoké nad Jizerou	670	srážky	
Harrachov	675	teplota, srážky	
Desná	772	teplota, srážky	700–900
Benecko	780	teplota, srážky	
Pec pod Sněžkou	816	teplota, srážky	
Kořenov	858	srážky	
Rýchorská bouda	1 001	teplota, srážky	> 900
Vítkovice	1 040	teplota, srážky	
Labská bouda	1 320	teplota, srážky	
Vrbatová bouda	1 410	teplota, srážky	
Luční bouda	1 413	teplota	

Analýzy teploty vzduchu a srážek byly jednak provedeny pro každou stanici zvlášť, kdy byly vypočítány průměrné měsíční a roční charakteristiky v období 1961–2023, a dále pro normálové období 1961–1990 a 1991–2020 a pro jednotlivé dekády. Tyto údaje byly následně porovnány. Stanice byly dále rozděleny do 4 skupin podle nadmořské výšky (tab. 1) a pro každou skupinu stanic byly obdobně vypočítány průměrné roční a měsíční údaje.

Pro analýzu teploty vzduchu bylo použito celkem 14 stanic (z toho 11 v zájmovém území a 3 pro doplnění). Analýzy průměrné, minimální a maximální teploty vzduchu byly provedeny jednak pro každou stanici zvlášť a jednak pro skupiny stanic dle nadmořské výšky. Dále byly vypočítány tzv. charakteristické dny podle maximální a minimální teploty vzduchu (letní, tropický, ledový, arktický a mrazový den).



Obr. 2 Průměrná roční teplota vzduchu a její trend v oblastech nad 900 m n. m.

Pro analýzu srážek bylo použito 23 stanic (z toho 21 v zájmovém území a 2 pro doplnění). Pro všechny stanice a skupiny stanic byl zpracován roční chod srážek, trend srážek v období 1961–2023 pro letní půlrok, měsíce a rok byl analyzován pomocí lineární regrese. Dále byly analyzovány počty dnů se srážkami nad 5, 10 a 20 mm. V jednotlivých letech byly zpracovány suché periody a intenzita srážek.

3. Výsledky

3.1 Teplota vzduchu

Na všech hodnocených stanicích byl v období 1961–2023 zaznamenán statisticky významný nárůst průměrné roční teploty vzduchu (o 0,3 až 0,4 °C za 10 let). Průměrná roční teplota vzduchu a její trend v polohách nad 900 metrů je uvedena na obr. 2. Při porovnání normálových období (1961–1990 a 1991–2020) se průměrná roční teplota vzduchu zvýšila až o 1,2 °C. Z analýzy teploty vzduchu mezi po sobě jdoucími dekadami období 1961–2020 vyplývá, že nejrychleji se otepluje v poslední dekádě 2011–2020 (tab. 2).

V souvislosti s nárůstem teploty vzduchu narůstá počet letních a tropických dnů, zejména v nižších nadmořských výškách a naopak, klesá počet dnů mrazových, ledových a arktických. Nárůst počtu letních dnů v období 1991–2020 oproti období 1961–1990 je v polohách do 500 m n. m. 14 dnů, v polohách nad 900 metrů jsou to 2 dny. Pokles počtu mrazových a ledových dnů je výraznější ve vyšších nadmořských výškách, ale rozdíl mezi jednotlivými pásy už není tak výrazný jako v případě letních dnů (tab. 3). Pro polohy nad 900 metrů je statisticky významný klesající trend v počtu arktických dnů.

K nejteplejším rokům celého období se řadí roky 2023, 2020, 2019, 2018, 2014 a 2000, zatímco k nejméně teplejším se řadí roky v 60. a 80. letech.

3.2 Srážky

Přestože roční úhrny srážek nevykazují v celkovém hodnocení jednoznačný a statisticky významný trend, dochází k výrazným změnám v jejich ročním rozložení. Ve vyšších nadmořských výškách nad 900 m n. m. je pozorován mírně rostoucí trend ročního srážkového úhrnu. V nižších polohách však srážkové úhrny stagnují nebo mírně klesají, často bez statistické významnosti. V ročním chodu srážek připadá minimum na všech stanicích i skupinách stanic na duben. Maximum připadá na červenec (zejména v nižších polohách) a prosinec (střední a vyšší polohy).

Průměrný roční úhrn srážek v období 1991–2020 na stanicích do 900 m n. m. je v porovnání s obdobím 1961–1990 téměř stejný, vyšší je na nejvýše položených stanicích, a to o 12 %. Oproti normálovému období 1961–1990 přibývá srážek v měsících leden, únor, březen, červenec a říjen a to ve všech skupinách stanic, nejvýrazněji potom v nejvyšších polohách (až o 36 % v březnu) tab. 4.

Pro stanice a skupiny stanic byly vypočítány průměrné počty dnů se srážkami nad 5, 10 a 20 mm pro měsíce a rok v období 1961–2023. Počet dnů se srážkou 5 a více mm spíše stagnuje nebo klesá, počet dnů se srážkami více než 10 a 20 mm spíše roste, a to zejména ve výše položených oblastech (zde je trend v počtu dnů se srážkou nad 10 a 20 mm statisticky významný). Analýza jednotlivých měsíců je téměř analogická s trendem úhrnů srážek za celé sledované období. Klesá

Tab. 2 Nárůst průměrné roční teploty vzduchu (°C) mezi po sobě následujícími dekadami období 1961–2020.

Dekáda	< 500	500–700	700–900	> 900
(71–80)–(61–70)	0,3	0,3	0,2	0,3
(81–90)–(71–80)	0,3	0,3	0,4	0,2
(91–00)–(81–90)	0,4	0,2	0,3	0,5
(01–10)–(91–00)	0,2	0,3	0,3	0,3
(11–20)–(01–10)	0,8	0,8	0,9	0,4

Tab. 3 Rozdíl v počtu charakteristických dnů v období 1991–2020 oproti období 1961–1990.

Oblast	Den letní	Den tropický	Den mrazový	Den ledový	Den arktický
< 500 m n. m.	14,0	4,3	-12,4	-7,0	-0,4
500–700 m n. m.	10,4	2,1	-11,5	-10,6	-0,9
700–900 m n. m.	6,8	0,7	-11,9	-8,9	-0,8
> 900 m n. m.	1,8	0,0	-13,9	-10,0	-1,9

Tab. 4 Srovnání měsíčních úhrnů srážek na stanicích a skupinách stanic v období 1991–2020 a 1961–1990 (podíly srážek).

PODÍL SRA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok
< 500	1,13	1,08	1,12	0,76	0,85	0,95	1,15	1,02	0,98	1,07	0,90	0,91	0,99
500–700	1,11	1,16	1,19	0,77	0,91	0,98	1,13	0,99	1,07	1,09	0,88	0,92	1,01
700–900	1,04	1,12	1,12	0,77	0,89	0,87	1,08	1,03	1,06	1,08	0,89	0,91	0,99
> 900	1,18	1,23	1,36	0,90	1,00	1,06	1,23	1,15	1,24	1,24	0,94	1,00	1,12

počet dnů se srážkami nad 5, 10 a 20 dnů v měsících duben a květen, v nejvyšších polohách roste počet dnů se srážkami nad 10 mm v lednu a nad 20 mm v srpnu a září.

Další charakteristikou, která byla zkoumána, jsou suchá období. Suché období je v této práci definováno jako období minimálně 10 po sobě jdoucích dnů se srážkovým úhrnem ≤ 1 mm v roce. V období 1961–2023 se v průměru vyskytuje 5 suchých období za rok (nejvíce 12). Suchá období byla rozdělena podle délky trvání do 4 kategorií: 10 až 15 dnů, 16 až 20 dnů, 21 až 25 dnů a více než 25 dnů. Nejčtenější jsou případy suché periody s délkou trvání 10–15 dnů. Naopak nejméně četné jsou suché periody s délkou trvání více než 25 dnů. Průměrný počet suchých období v roce v lokalitách do 700 m n. m. má spíše rostoucí tendenci, a naopak v lokalitách od 700 m n. m. výše lze vidět spíše tendenci klesající.

4. Budoucí klima (do roku 2100)

V rámci projektu PERUN jsou připravovány scénáře změny klimatu na základě simulací regionálního klimatického modelu ALADIN-Climate s krokem $2,3 \times 2,3$ km pro dvacetiletá období 2021–2040, 2041–2060, 2061–2080 a 2081–2100, pro emisní scénáře SSP2-4.5 (střední scénář) a SSP5-8.5 (pesimistický scénář), a tyto prvky: průměrná teplota vzduchu, maximální teplota vzduchu, minimální teplota a úhrn srážek. Na jejich podkladě byly sestaveny mapy vývoje teploty vzduchu, srážek a počty dnů se srážkami pro zájmové území Krkonoš, a to pro aktuální normálové období 1991–2020 a dále dvacetiletá období 2021–2040 a 2081–2100 pro vybraný střední emisní scénář SSP2-4.5. Mapy jsou součástí prezentace.

5. Závěr

Byly zpracovány technické řady teploty vzduchu a srážek z vybraných stanic ČHMÚ v definované oblasti Krkonoše za období 1961–2023. Období bylo dále rozděleno na normálová období 1961–1990 a 1991–2020 a na dekády, které byly mezi sebou porovnávány. Klima oblasti se v analyzovaném období 1961–2023 dosti výrazně měnilo. Došlo k oteplení v ročních průměrech o přibližně 2 až 2,5 °C, nejvíce se oteplilo v létě a v zimě, oteplování se na konci období zrychlovalo. Srážky se v celkových úhrnech příliš neměnily, ale spíše jich přibývalo v zimě a ubývalo v teplém půlroce. Klesal počet dnů se srážkami nad 5, 10 a 20 mm v měsících duben a květen, v nejvyšších polohách rostl počet dnů se srážkami nad 10 mm v lednu a nad 20 mm v srpnu a září.

V budoucnu se předpokládá pokračující nárůst průměrné roční teploty vzduchu. Očekává se prodloužení a zintenzivňování vln horka, zatímco studená období budou krátká a méně výrazná. Průměrné roční úhrny srážek se podle projekcí zásadně nezmění, ale zvýší se intenzita a frekvence intenzivních srážek. V důsledku vyšších teplot a měněního se srážkového režimu lze do budoucna očekávat další nárůst rizika půdního sucha, zejména v jarních a letních měsících.

Literatura:

KAŠIČKOVÁ, L., KLIEGROVÁ, S., NETOLICKÝ, J., 2024. Změny teploty vzduchu a úhrnů srážek v Krkonoších v období 1961–2023, *Klimatologická studie*.

KLIEGROVÁ, S., METELKA, L., MATERNA, J., 2009. Mění se klima Krkonoš? *Krkonoše – Jizerské hory*, č. 3, s. 24–25.

KLIEGROVÁ, S., KAŠIČKOVÁ, L., 2019. Změny teploty vzduchu a úhrnů srážek v období 1961–2016 v Krkonoších, *Meteorologické zprávy*, roč. 72, č. 3, s. 88–93.

KLIEGROVÁ, S., KAŠIČKOVÁ, L., 2022. Změna teploty vzduchu v období 1961–2020 na vybraných stanicích ČHMÚ v Krkonoších. In: *Meteorologická konference Jizerka 2022. Sborník příspěvků z meteorologické konference*. Praha: ČHMÚ, s. 102–104. ISBN 978-80-7653-034-8.

ŠTĚPÁNEK, P. et al., 2011. Metodologie kontroly a homogenizace časových řad v klimatologii, Praha: Český hydrometeorologický ústav, 118 s., ISBN 978-80-86690-97-1.

Projekt PERUN: „Predikce, hodnocení a výzkum citlivosti vybraných systémů, vlivu sucha a změny klimatu v Česku, PERUN“ (SS02030040), který je podporován Technologickou agenturou ČR. Dostupné z: <https://www.perun.klima.cz/index.html#intro>.

Trendy podzemních vod v kontextu klimatických změn v západních Sudetech

Grzegorz Urban¹, Ondřej Fatka², Stanislava Kliegrová³, Michał K. Kowalewski¹, Henryk Marszałek⁴, Dáša Richterová⁵, Michał Rysiukiewicz⁴, Jana Solánská³, Ilona Zusková²

¹ Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej-Państwowy Instytut Badawczy, ul. Podleśna 61, 01-673 Warszawa, grzegorz.urban@imgw.pl; michal.kowalewski@imgw.pl

² Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany, ondrej.fatka@chmi.cz; ilona.zuskova@chmi.cz

³ Czech Hydrometeorological Institute, branch office Hradec Králové, Dvorská 410, 503 11 Hradec Králové, stanislava.kliegrova@chmi.cz; jana.solanska@chmi.cz

⁴ Uniwersytet Wrocławski, Pl. Uniwersytecki 1, 50-137 Wrocław, henryk.marszalek@uwr.edu.pl, michal.rysiukiewicz@uwr.edu.pl

⁵ Czech Hydrometeorological Institute, Branch office Ústí nad Labem, Kočkovská 18, 400 11 Ústí nad Labem, dasa.richterova@chmi.cz

Klíčová slova: podzemní voda, trend, změna klimatu, Sudety

1. Úvod

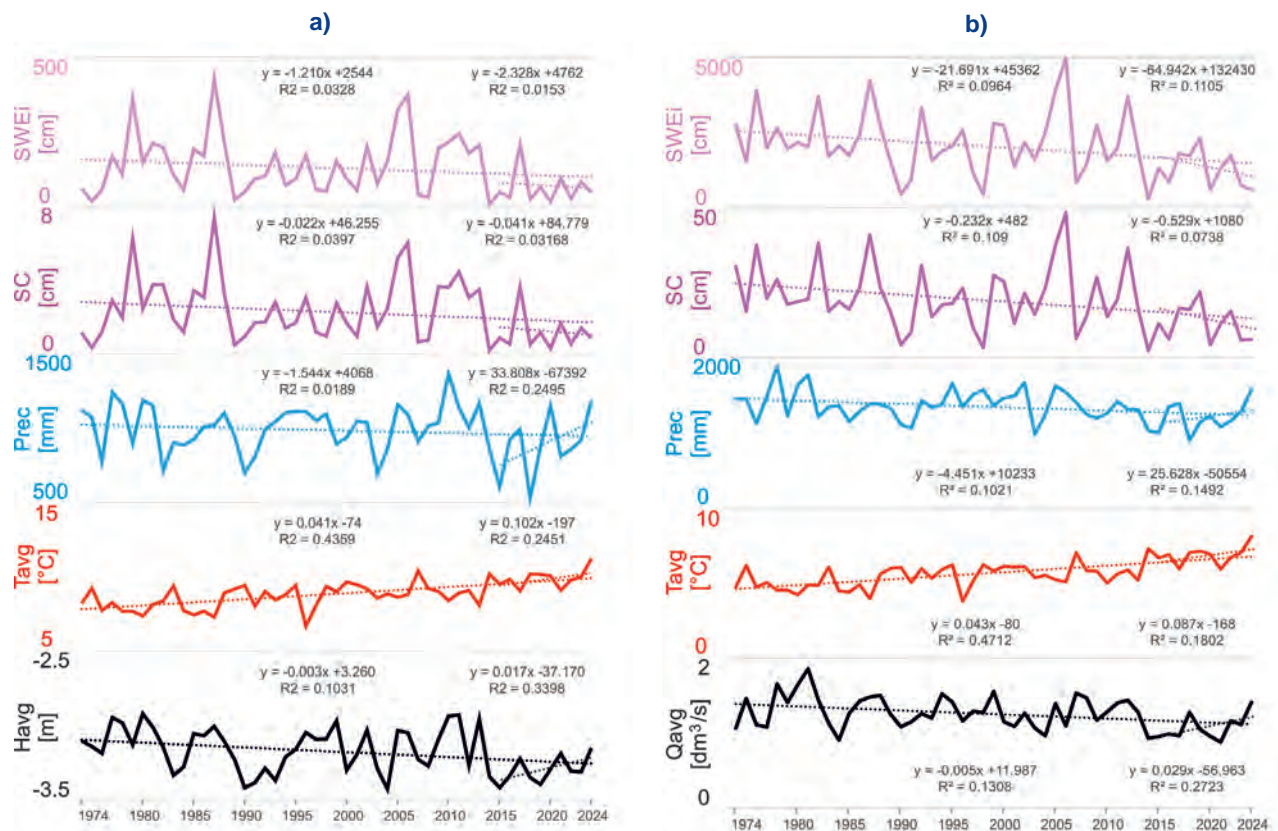
Postupná změna klimatu způsobuje řadu změn v jednotlivých prvcích klimatu a životního prostředí Západních Sudet, včetně poklesu výšky a trvání sněhové pokrývky a množství vody v ní obsažené (Urban et al. 2023; Urban 2024). To může vést k dalším negativním environmentálním důsledkům, jako je snížené doplňování podzemní vody z atmosféry, a to i prostřednictvím sněhové pokrývky. To může vést k poklesu zdrojů podzemní vody, což se projeví snížením hladiny podzemní vody a sníženou vydatností pramenů. Tento jev je již pozorován mimo jiné v Krkonoších, kde je patrný jasný vztah mezi dynamikou hladiny podzemní vody a klimatickými faktory (teplotou vzduchu a srážkami) a proměnlivá reakce na doplňování z atmosféry nebo jeho absence potvrzuje potřebu dalšího monitorování vodního prostředí (Rysiukiewicz a Marszałek 2017). Stále však není dostatečně známo, jak různé faktory ovlivňují prostorovou a časovou variabilitu výšky hladiny podzemní vody a vydatnosti pramenů a do jaké míry je lze zobecnit.

2. Metodika

Pro posouzení reakce hladiny podzemní vody a průtoku pramenů na změny meteorologických parametrů byla použita analýza trendů a jednoduché regresní rovnice. Byly použity dostupné víceleté homogenní meteorologické datové řady (teplota vzduchu, úhrn srážek, výška sněhové pokrývky a sněhový ekvivalent – vodní hodnoty sněhu) z polských a českých stanic (tab. 1–2), stejně jako hydrogeologická data (poloha hladiny podzemní vody, průtok pramenů) z českých stanic (ČHMÚ: Raspenava, Velká Úpa, Želechy, Plavy) a polských stanic (Vratislavská univerzita: PK-1, PW-3, PŁ-3 a Polský geologický ústav – Národní výzkumný ústav: Szklarska Poręba, Kowary) nacházejících se v Západních Sudetech. Regresní rovnice byly stanoveny samostatně pro každou měřicí stanici pro hydrologický rok (listopad–říjen), zimní období (listopad–duben) a teplé období (květen–říjen). Homogenita datových řad podzemní vody byla testována pomocí testu PELT. Byl také stanoven směr a rychlost ročních a sezónních změn hladiny podzemní vody (pro polohu hladiny podzemní vody a průtok pramenů). Pro ověření statistické významnosti korelací mezi daným meteorologickým prvkem a podzemní vodou byl použit Studentův t-test. Statistická významnost trendů byla stanovena pomocí neparametrického Mann-Kendallova testu. Základním obdobím pro analýzu trendů podzemní vody a meteorologických prvků bylo víceleté období 1974–2024. Analyzovány byly také jednotlivé dekády tohoto víceletého období, se zvláštním důrazem na poslední dekádu (2015–2024). To bylo provedeno z důvodu úplnosti naměřených dat (meteorologických a podzemních vod) ze všech stanic, což umožnilo porovnání trendů v celé studované oblasti. Analýza časového zpoždění vlivu meteorologických podmínek na podzemní vodu a vlivu podpovrchové litologie bude předmětem další práce.

3. Výsledky

V období 1974–2024 byly v Západních Sudetech pozorovány rostoucí trendy průměrné teploty vzduchu (T) a klesající trendy srážek (Prec), výšky sněhové pokrývky (SC) a jejího kumulativního vodního ekvivalentu (SWEi). Tyto trendy jsou v souladu s trendy těchto parametrů v jiných horských oblastech Evropy. Na mnoha místech se to projevuje nižšími hladinami podzemní vody (Hav) a nižšími vydatnostmi pramenů (Qav) (obr. 1). Analýza trendů meteorologických prvků



Obr. 1 Průběh meteorologických prvků a výšky hladiny podzemní vody na dvojici stanic Hejnice – Raspenava (A) a meteorologických prvků a vydatnost pramenů na dvojici stanic Desná-Souš – Plavy (B) v hydrologických letech 1974–2024 a 2015–2024 spolu s trendovými křivkami a jednoduchými regresními rovnicemi. Vysvětlení zkratk osy Y je uvedeno v textu.

a podzemní vody v jednotlivých desetiletích (pro rok a obě roční období), zejména v posledním desetiletí 2015–2024, v porovnání s celým obdobím 1974–2024, však odhaluje poněkud odlišný obraz. Konkrétně pokračuje stálý nárůst teploty vzduchu a pokles sněhové pokrývky a jejího vodního ekvivalentu, ale rostou také úhrny srážek, výška hladiny podzemní vody a vydatnosti pramenů (tab. 1–2). V žádném předchozím období nebyl pozorován tak výrazný nárůst úhrnů srážek jako v desetiletí 2015–2024. Toto je patrné prakticky na všech stanicích v regionu. Vzhledem k nejsilnějším korelacím a omezenému prostoru jsou prezentovány pouze výsledky trendů srážek a podzemní vody za víceletá období 1974–2024 a 2015–2024 (tab. 1–2).

Tab. 1 Pearsonův korelační koeficient (R) a rychlost změny (a) [$m \cdot rok^{-1}$ nebo $dm^3 \cdot s^{-1} \cdot rok^{-1}$] podzemní vody na měřicích stanicích v Západních Sudetech.

Stanice	XI–X				IX–IX				V–X			
	1974–2024		2015–2024		1974–2024		2015–2024		1974–2024		2015–2024	
	R	a	R	a	R	a	R	a	R	a	R	a
Raspenava_S	-0,32 *	0,00	0,58	0,02	-0,29 +	0,00	0,57	0,03	-0,20	0,00	0,10	0,00
Velká Úpa_P	-0,69 *	-0,01	0,91 *	0,04	-0,44 *	-0,01	0,85 *	0,05	-0,64 *	-0,01	0,77 *	0,03
Želechy_P	-0,17	0,00	0,69 *	0,07	0,00	0,00	0,57	0,08	-0,33 *	-0,01	0,64	0,06
Plavy_P	-0,36 *	-0,01	0,52	0,03	-0,15	0,00	0,44	0,05	-0,43 *	-0,01	0,29	0,01
PŁ-3_S	b.d.	b.d.	-0,25	-0,01	b.d.	b.d.	-0,14	-0,01	b.d.	b.d.	-0,20	-0,01
PW-3_S	b.d.	b.d.	-0,06	0,00	b.d.	b.d.	0,32	0,02	b.d.	b.d.	-0,15	-0,02
PK-1_S	b.d.	b.d.	-0,55	-0,05	b.d.	b.d.	-0,52	-0,07	b.d.	b.d.	-0,28	-0,02
Kowary_P	b.d.	b.d.	0,62 +	0,02	b.d.	b.d.	0,45	0,01	b.d.	b.d.	0,62 *	0,04
Szklarska Poręba_S	b.d.	b.d.	0,22	0,01	b.d.	b.d.	0,26	0,02	b.d.	b.d.	-0,03	0,00

Vysvětlení: * statisticky významné na úrovni 0,05; + statisticky významné na úrovni 0,1; b.d. – žádná data k dispozici
S – vrt/piezometr; P – pramen

Tab. 2 Pearsonův korelační koeficient (R) a rychlost změny (a) [$\text{mm}\cdot\text{rok}^{-1}$] atmosférických srážek na měřicích stanicích v Západních Sudetech.

Stanice	XI–X				IX–IX				V–X			
	1974–2024		2015–2025		1974–2024		2015–2025		1974–2024		2015–2025	
	R	a	R	a	R	a	R	a	R	a	R	a
Hejnice	-0,14	-1,54	0,50	33,81	-0,22	-1,17	0,57	13,63	-0,04	-0,38	0,38	20,18
Horní Maršov	-0,21 +	-2,81	0,69 +	51,48	-0,18 +	-1,96	0,58 +	38,52	-0,11	-0,85	0,42	12,96
Semily	-0,32	-2,82	0,63	25,11	-0,23 *	-1,43	0,51	15,84	-0,19	-1,39	0,28	9,27
Jelenia Góra	0,07	0,64	0,39	20,61	-0,01	-0,28	-0,07	-0,95	0,11	0,93	0,46	21,56
Jakuszyce	-0,06	-0,85	0,61 +	57,68	0,01	0,06	0,66 +	43,40	-0,08	-0,91	0,26	14,28
Śnieżka	-0,24	-3,24	0,49	20,67	-0,08	-0,60	0,16	4,14	-0,25	-2,64	0,45	16,52
Bedřichov	-0,20	-2,74	0,37	29,60	-0,27 +	-1,84	0,53	18,52	-0,07	-0,90	0,18	11,09
Desná-Souš	-0,32 *	-4,45	0,39	25,63	-0,25	-2,50	0,51	26,88	-0,17	-1,95	-0,03	-1,25
Harrachov	-0,26	-3,30	0,51	30,53	-0,22	-1,90	0,53	24,66	-0,13	-1,40	0,15	5,88
Świeradów Zdrój	-0,01	-0,09	0,48	35,80	-0,01	-0,09	0,54	23,41	0,00	0,01	0,24	12,39
Rokytnice nad Jizerou	-0,13	-1,46	0,56	34,98	-0,05	-0,43	0,55	27,41	-0,10	-0,97	0,19	7,58
Karpacz	b.d.	b.d.	0,69 +	41,05	b.d.	b.d.	0,62 +	11,13	b.d.	b.d.	0,60	29,92
Kowary	b.d.	b.d.	0,55	33,92	b.d.	b.d.	0,41	5,81	b.d.	b.d.	0,50	28,12
Szklarska Poręba	b.d.	b.d.	0,48 +	34,18	b.d.	b.d.	0,58 +	22,92	b.d.	b.d.	0,24	11,27
Jagniątków	b.d.	b.d.	0,65 *	35,80	b.d.	b.d.	0,75 *	19,41	b.d.	b.d.	0,38	16,39

Vysvětlení: * statisticky významné na úrovni 0,05; + statisticky významné na úrovni 0,1; n.d. – data nejsou k dispozici

4. Diskuze

Předpokládá se, že globální oteplování zvýší v zimním období četnost kapalných srážek na úkor sněžení (Kundzewicz a Matczak 2012). Tento proces by mohl významně zlepšit průběžné doplňování podzemní vody v nepřítomnosti tání sněhu. Nárůst úhrnu srážek, zejména v zimě, pozorovaný v posledních letech v Západních Sudetech, stejně jako změna ve struktuře srážek – zvýšení podílu kapalných srážek, doprovázené současným poklesem pevných srážek (Urban et al. 2023), zastavily dřívější pokles hladiny podzemní vody. Infiltraci vody usnadňuje také přítomnost zvětralé horniny na nepropustném podloží karkonoško-jizerského žulového masivu (Marszałek 2007). Nárůst úhrnu srážek navíc kompenzoval účinky rostoucí teploty. Nárůst teplých zim v Sudetech (Urban et al. 2018, 2019), během nichž srážky padají častěji ve formě deště a relativně nízká sněhová pokrývka, podporuje přímou infiltraci dešťové vody do zvodnělých vrstev. Období infiltrace je pak delší, protože půda není zamrzlá. Lze předpokládat, že tento proces je obzvláště účinný v Sudetech, protože infiltrace v krystaliniku puklinového podloží je velmi citlivá na zimní podmínky. Navíc při relativně nízkém odběru vody z pramenů a studní lze i při rostoucích teplotách pravděpodobně očekávat přirozený, postupný návrat podzemní vody k vyšším hodnotám.

Tento trend dobře odpovídá studiím z Bělavěžského národního parku, kde výskyt mírně vydatnějších srážek po roce 2005 zvrátil klesající trend, a to i přes pokračující rostoucí teploty vzduchu (Boczoń et al. 2025).

5. Závěr

Oteplování klimatu a vysoká variabilita srážek představují riziko poklesu hladiny podzemní vody a snížení jarní vydatnosti pramenů. I malé změny ve srážkách, které jsou nejdůležitějším meteorologickým faktorem ovlivňujícím zdroje podzemní vody, však mohou kompenzovat probíhající nárůst teploty vzduchu a změnit tempo, a dokonce i směr trendů podzemní vody. Tento proces je usnadněn velkou nepropustností Krkonoško-jizerského masivu a značnou mocností zvětralé horniny. Proto by monitorování hladiny podzemní vody mělo v budoucnu pokračovat, aby bylo možné správně interpretovat změny v bilanci podzemní vody.

Literatura:

BOCZOŃ, A., WRÓBEL, M., KOWALSKA A., 2025. Long-Term Changes in Groundwater Levels in the Białowieża Forest, Poland, Under Climate Change. *Water*, roč. 17, č. 13. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/w17132027>.

KUNDZEWICZ, Z.W., MATCZAK, P., 2012. Climate change regional review: Poland. *WIREs Climate Change*, roč. **3**, s. 297–311. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/wcc.175>.

MARSZAŁEK, H., 2007. Kształtowanie zasobów wód podziemnych w rejonie Kotliny Jeleniogórskiej. *Acta Universitatis Wratislaviensis*, 2993. Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego. Wrocław. ISBN 978-83-229-2867-7.

RYSIUKIEWICZ, M., MARSZAŁEK, H., 2017. Zmiany stanów i temperatury wód podziemnych w wybranych zlewniach Karkonoszy. *Przegląd Geologiczny*, roč. **65**, s. 1239–1243.

URBAN, G., RICHTEROVÁ, D., KLIEGROVÁ, ST., ZUSKOVÁ, I., PAWLICZEK, P., 2018. Winter severity and snowiness and their multiannual variability in the Karkonosze Mountains and Jizera Mountains. *Theoretical and Applied Climatology*, roč. **134**, č. 3, s. 221–240. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00704-017-2270-y>.

URBAN, G., RICHTEROVÁ, D., KLIEGROVÁ, ST., ZUSKOVÁ, I., 2019. Durability of snow cover and its long-term variability in the Western Sudetes Mountains. *Theoretical and Applied Climatology*, roč. **137**, s. 2681–2695. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00704-019-02770-7>.

URBAN, G., RICHTEROVÁ, D., KLIEGROVÁ, S., ZUSKOVÁ, I., 2023. Reasons for shortening snow cover duration in the Western Sudetes in light of global climate change. *International Journal of Climatology*, roč. **43**, č. 12, s. 5485–5511. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/joc.8157>.

URBAN, G. 2024. Snow water equivalent in the Western Sudetes and its changes in the light of a changing climate. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, roč. **54**, s. 101881. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2024.101881>.

Specifika srážek na Milešovce v porovnání s německým Hohenpeißenbergem

Kateřina Skripniková¹, Miloslav Müller¹

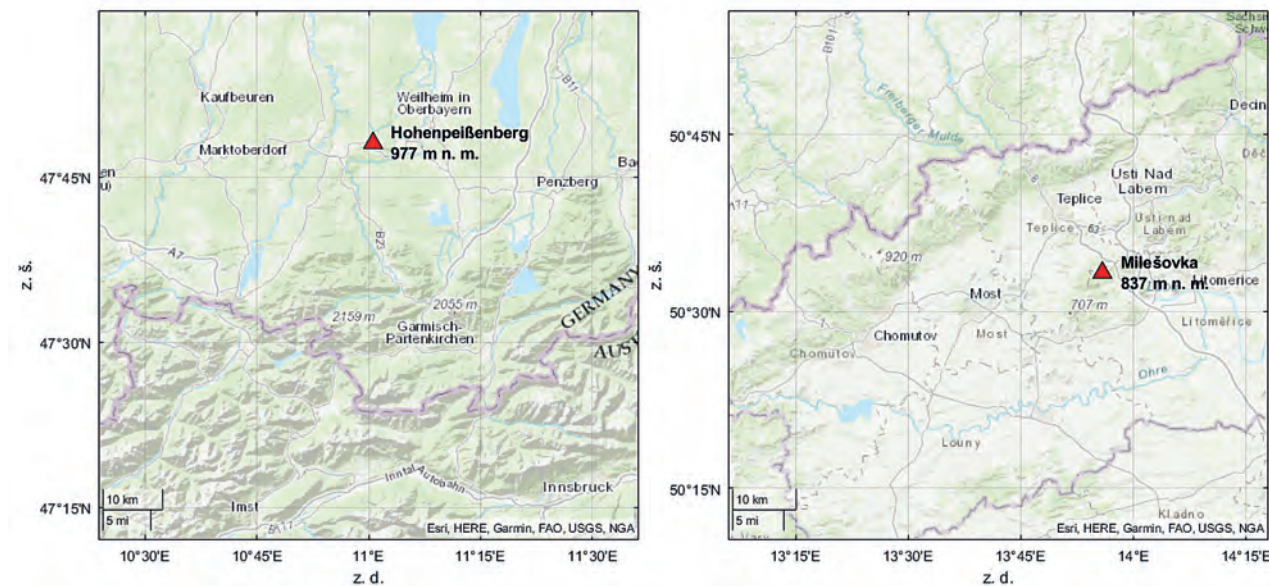
¹ Ústav fyziky atmosféry AV ČR v. v. i., oddělení meteorologie, Boční II, 141 00 Praha 4, skripka@ufa.cas.cz, muller@ufa.cas.cz

Klíčová slova: srážky, Milešovka, Hohenpeißenberg, horská meteorologická stanice

1. Úvod

Horská meteorologická observatoř na Milešovce oslavila 120 let nepřetržitého měření (1905–2025). Specifická poloha observatoře na vrcholu kuželové hory poskytuje unikátní data charakterizující podmínky, které se blíží měření ve volné atmosféře. Pro tuto expozici se nabízí srovnání s měřeními na německé observatoři Hohenpeißenberg v Bavorsku. Obě stanice jsou na víceméně izolovaných vrcholech vyčnívajících nad okolní krajinu. Zatímco Milešovka (837 m n. m.) dominuje Českému středohoří v blízkosti dlouhého hřebene Krušných hor, Hohenpeißenberg (988 m n. m.) je výrazná výšina v bavorském předhůří Alp.

Navzdory podobnému charakteru samostatného vrcholu se strmými svahy jsou obě observatoře ovlivňovány různým orografickým kontextem. Milešovka leží ve srážkovém stínu Krušných hor při převládajícím severozápadním proudění. Hohenpeißenberg je ovlivňován blízkostí alpského masivu. Tyto orografické podmínky observatoří jsou předpokladem pro rozdíly ve vývoji a průběhu srážek.



Obr. 1 Polohy stanic Hohenpeißenberg a Milešovka a topografie jejich okolí.

2. Charakteristika observatoří a použitá data

2.1 Milešovka

Meteorologická stanice na Milešovce se nachází na vrcholu kuželové hory vulkanického původu asi 400 m nad okolním terénem. Měření a pozorování včetně množství srážek a výskytu srážkových jevů se provádějí od počátku provozu observatoře v roce 1905 až do současnosti. Kuželový tvar hory způsobuje, že vzduch Milešovku snadno obtéká a podmínky na vrcholu se blíží podmínkám ve volné atmosféře. Z tohoto důvodu je Milešovka po Sněžce největší stanicí v Česku.

Průměrná teplota vzduchu za normálové období 1991–2020 je 6,3 °C a oproti předchozímu třicetiletí se zvýšila o 1,1 °C, což odpovídá průměrnému oteplení v Česku (Müller et al. 2026).

Zpracovány jsou denní srážkové úhrny za celé období měření. Informace o výskytu bouřek a krupobití jsou z databáze jevů od roku 1951. Pro celé období provozu observatoře od roku 1905 jsou informace o výskytu krupobití doplněny ze staničních deníků.

2.2 Hohenpeißenberg

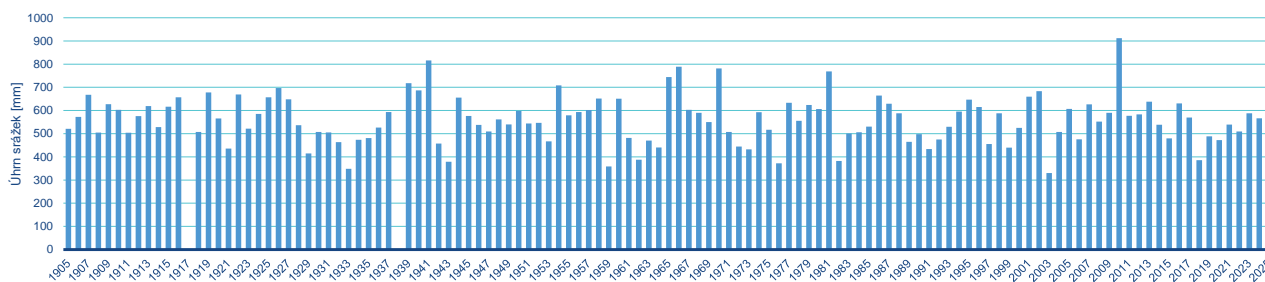
Meteorologická observatoř na vrcholu Hoher Peißenberg je jednou z nejstarších horských meteorologických stanic na světě. Systematická měření zde probíhají již od roku 1781 (DWD 2026). Hora Hoher Peißenberg dosahuje 988,8 m n. m. a převyšuje okolní zvlněnou krajinu ledovcového původu o cca 300 m. Hora je výrazně protažena od západu k východu a observatoř se nachází v její západní části ve výšce 977 m n. m., obklopená ze tří stran strmými zalesněnými svahy. Průměrná teplota za třicetileté normálové období 1991–2020 je na stanici Hohenpeißenberg 7,7 °C a oproti předchozímu třicetiletí vzrostla o 1,2 °C. Srážkové úhrny jsou k dispozici od roku 1879 a jevy jako krupobití od roku 1937. Vzhledem k poloze v předhůří Alp jsou srážky často orograficky zesíleny.

Zpracovány jsou denní srážkové úhrny od roku 1879. Data o výskytu bouřek a krupobití jsou k dispozici od roku 1937 do roku 2018, pak stanice přešla na plně automatický provoz.

3. Výsledky

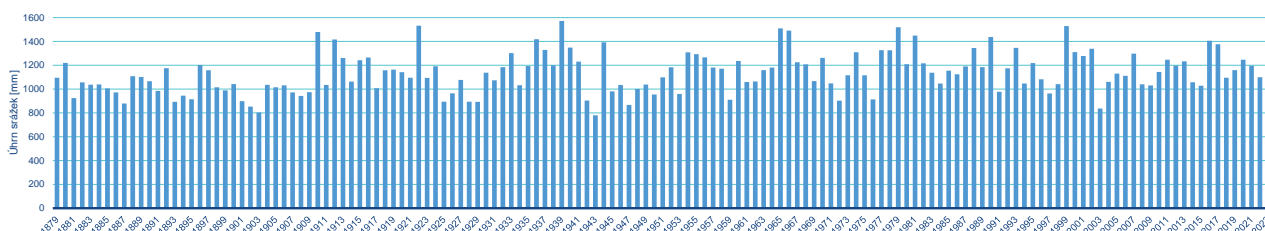
3.1 Roční úhrn srážek

Průměrný roční úhrn srážek na Milešovce za normálové období 1991–2020 byl 557,4 mm, což je asi o 100 mm méně, než je průměr v Česku. Díky kuželovému tvaru Milešovky, kterou tak vzduch snadno obtéká, zde prakticky nedochází k orografickému zesílení srážek vlivem vynucených výstupů vzduchu. Variabilita ročních úhrnů je značná, jak vidíme na obr. 2.



Obr. 2 Roční úhrny srážek na Milešovce za období 1905–2024 (úhrny v letech 1917 a 1938 z důvodu výpadků měření nejsou uvedeny).

Na stanici Hohenpeißenberg je průměrný roční úhrn srážek 1 166,8 mm za normálové období 1991–2020, tedy téměř o 300 mm více, než je průměr pro Bavorsko. Zde naopak na rozdíl od Milešovky dochází k zesílení srážek vlivem orografie Alp. Variabilita ročních úhrnů je zde oproti Milešovce poněkud menší.

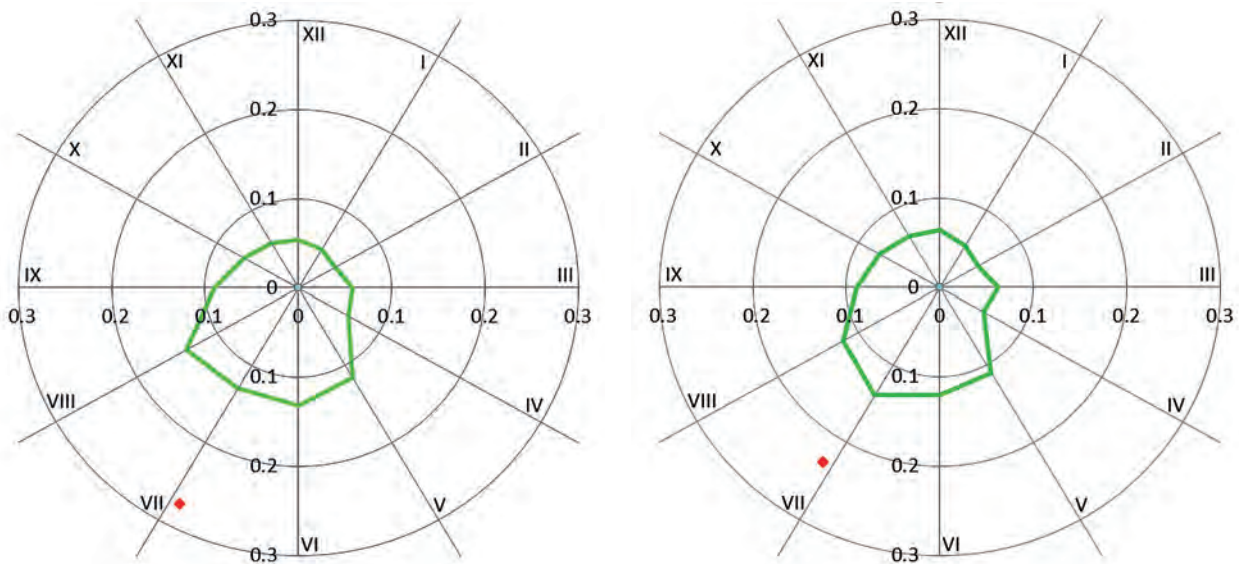


Obr. 3 Roční úhrny srážek na Hohenpeißenbergu za období 1879–2024.

3.2 Roční chod srážek

Roční chod srážek má na obou stanicích maximum v létě a minimum v zimě, když výraznou roli zde hraje letní konvekce. V létě tak spadne asi dvakrát více srážek než v zimě. Maximum je na Milešovce v červenci a na Hohenpeißenbergu v srpnu. Markhamův index (ČMeS 2026) pro normálové období 1991–2020 je pro Hohenpeißenberg 27,4 % a pro Milešovku

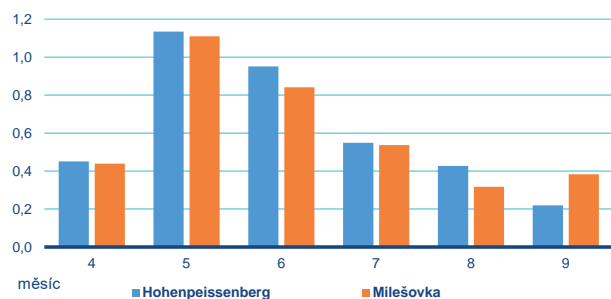
23,2 % (obr. 4). V porovnání s dalšími horskými oblastmi Česka jsou tyto hodnoty relativně vysoké (ČHMÚ 2007), což ukazuje na významný podíl konvektivních srážek na obou stanicích. Mírně vyšší hodnota indexu pro bavorskou stanicí, u které bychom vzhledem k její nižší zeměpisné délce očekávali spíše větší ombrickou oceánitu a tedy i rovnoměrnější rozdělení srážek během roku, vypovídá o intenzivnější letní konvektivní aktivitě způsobené orografickým zesílením v oblasti Alp.



Obr. 4 Rozložení průměrných relativních srážek během roku za období 1991–2020 (zeleně) a Markhamův index (červeně) pro Hohenpeißenberg (vlevo) a Milešovku (vpravo).

3.3 Bouřky a krupobití

Na stanici Hohenpeißenberg je průměrně 40 dnů s bouřkami za rok, na Milešovce je bouřkových dní o 10 méně. V obou případech jsou nejbouřlivějšími měsíci červen a červenec. Pokud se ale podíváme na výskyt krupobití, posouvá se maximum počtu dní s výskytem krup do května. Na obr. 5 vidíme, že roční chod počtu dní s krupobitím je na stanicích velmi podobný. V letním půlroce se na Milešovce vyskytuje průměrně 3,6 dne s kroupami a na Hohenpeißenbergu 3,7. Velikost krup v záznamech o výskytu krupobití na stanici není uváděna, ale lze ji nalézt ve zprávách SYNOP. V dostupných SYNOP zprávách od roku 2001 do současnosti bylo z Hohenpeißenbergu hlášeno krupobití s udáním velikosti krup více než třikrát častěji než z Milešovky. Maximum velikosti krup na Milešovce dosahovalo 12 mm, zatímco na Hohenpeißenbergu 24 mm. Nebezpečné kroupy od 20 mm v průměru byly z Hohenpeißenbergu hlášeny celkem čtyřikrát, z Milešovky nikdy.



Obr. 5 Průměrný počet dnů s krupobitím v teplém půlroce (duben až září) za období 1937–2018.

3.4 Srážkové extrémy

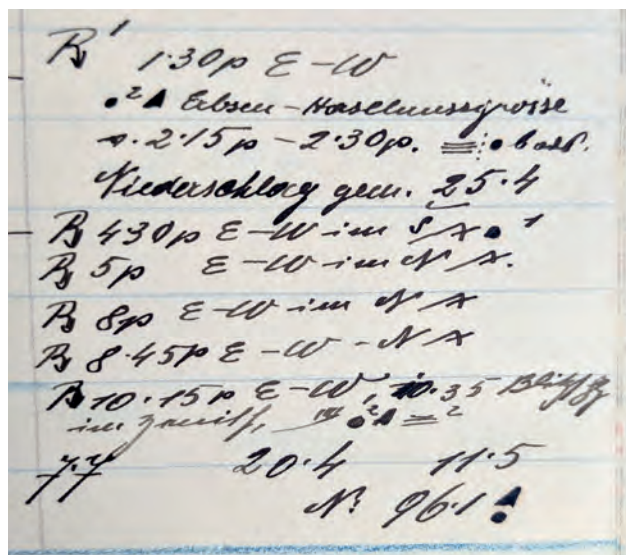
Nejvyšší denní srážkový úhrn byl na Milešovce zaznamenán 28. května 1916. V tomto dni s opakujícími se bouřkami spadlo celkem 96,1 mm srážek. V nevýrazném tlakovém poli se středem mělké tlakové níže jižně od Česka přinášel východní vítr relativně teplý vzduch. Z observatoře Milešovka bylo pozorováno šest bouřek, všechny se směrem pohybu od východu k západu. V bouřkách byly pozorovány i kroupy, jedny z největších za dobu provozu observatoře, s velikostí popsanou jako velikost lískového ořechu. Zápis ze staničního meteorologického deníku je na obr. 6.

Nejvyšší srážkový úhrn na Hohenpeißenbergu byl dosažen dne 21. května 1999 a činil 138,5 mm. Silné deště ve dnech 20.–22. května 1999 způsobily v Bavorsku významné povodně (LfU 2003). Svými cirkulačními podmínkami se tato událost od maxima na Milešovce výrazně lišila. Dne 20. 5. 1999 proudil po severovýchodním okraji tlakové výše nad Atlantikem do západní Evropy chladný vzduch. Po přední straně s ním spojené výškové brázdě proudil naopak od jihovýchodu do střední Evropy teplý a vlhký vzduch. Ve dni srážkového maxima se na uvedeném frontálním rozhraní prohloubila tlakové níže, jejíž střed setrval nad Rakouskem. Teplý vzduch se kolem ní přetáčel a od severu směřoval nad Bavorsko,

kde stoupal nad chladnější atlantický vzduch. V předpolí Alp navíc docházelo k blokování proudění a s ním spojenému orografickému zesílení srážek vlivem vynucených výstupů vzduchu.

4. Diskuze a závěr

Ačkoliv jsou obě horské observatoře umístěny na izolovaných vrcholech srovnatelné nadmořské výšky v oblasti střední Evropy, jejich srážkové poměry určované okolní orografií se liší. Výstupy z porovnání stanic potvrzují, že srážková specifika Hohenpeißenbergu jsou zásadně ovlivněna jeho polohou v alpském předhůří, což se v normálovém období 1991–2020 projevuje více než dvojnásobnými ročními úhrny srážek ve srovnání s Milešovkou. Větší počet bouřek a větší zaznamenané kroupy na německé stanici potvrzují intenzivnější konvektivní dynamiku a orografické zesílení typické pro severní okraj Alp. Naopak srážky na Milešovce jsou ovlivňovány srážkovým stínem za Krušnými horami a izolovaná kuželová hora nezpůsobuje nucené výstupy vzduchu, které by podporovaly vyšší srážkové úhrny.



Obr. 6 Záznam v meteorologickém deníku z Milešovky dne 28. 5. 1916.

Poděkování:

Príspevek vznikl s podporou projektu CZ.02.01.01/00/22_008/0004605 Přírodní a antropogenní georizika.

Literatura:

ČHMÚ, 2007. Atlas podnebí Česka, Praha, Olomouc: Český hydrometeorologický ústav, Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-86690-26-1 a ISBN 978-80-244-1626-7.

ČMeS [online]: Elektronický meteorologický slovník (eMS) [cit 17. 03. 2026]. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz>.

DWD. Description of the meteorological observatory at Hohenpeißenberg [online]. Deutscher Wetterdienst [cit. 17. 03. 2026]. Dostupné z: https://www.dwd.de/EN/research/observing_atmosphere/composition_atmosphere/hohenpeißenberg/download/beschreibung_pdf.

LfU, 2003. Hochwasser Mai 1999 – Gewässerkundliche Beschreibung [online]. Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München [cit. 17. 03. 2026]. Dostupné z: https://www.lfu.bayern.de/wasser/hw_ereignisse/1999/.

MÜLLER, M., ZACHAROV, P., BLIŽŇÁK, V., PEŠICE, P., 2026. Meteorologická observatoř Milešovka. Středisko společných činností AVČR. V. v. i., Nakladatelství Academia, Praha, 24 s. ISSN 2464-6245.

Laviny jako ukazatel klimatické změny v Krkonoších?

Martin Erlebach¹, Veronika Květoňová², Milan Viktorík¹, Pavel Klapka¹

¹ Katedra geografie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci, 17. listopadu 12, 771 46 Olomouc, martin.erlebach@upol.cz, milan.viktorik01@upol.cz, pavel.klapka@upol.cz

² Ústav informatiky AV ČR, Oddělení složitých systémů, Pod Vodárenskou věží 271/2, 182 00 Praha 8, kvetonova@cs.cas.cz

Klíčová slova: lavinová aktivita, klimatické proměnné, faktorová analýza, změna podmínek

1. Úvod

Laviny představují jeden ze zásadních přírodních fenoménů Krkonoš, které mají klíčový vliv na podobu krkonošské krajiny a na lokální biodiverzitu při horní hranici lesa. Za svou relativně vysokou četnost (ve srovnání s ostatními středoevropskými hercynskými pohorími) vděčí jak své geografické poloze, tak reliéfovým predispozicím, na kterých se nejvíce podepsalo pleistocenní horské zalednění. Přítomnost horských ledovců i současná lavinová aktivita a na ni vázané unikátní a ohrožené ekosystémy jsou důsledkem mechanismu anemo-orografických systémů (Jeník 1961). Ačkoliv jsou laviny často chápány jako přírodní hazard pro člověka, v horském chráněném území by měl být zohledněn především jejich ekologický aspekt, jenž spočívá mj. v udržování přirozené horní hranice lesa (Tremel a kol. 2021). Na lavinové aktivitě není závislý pouze průběh tohoto specifického ekotonu, ale i řada nejcennější biotopů Krkonoš v podobě karových krkonošských zahrádek (Flousek 2007).

V Krkonoších se staly laviny tradičním výzkumným tématem s dlouhou historií, která sahá do 60. let, kdy byl V. Spustou st. a jeho spolupracovníky z Horské služby zahájen pravidelný lavinový monitoring (Spusta a kol. 2019). Kromě inventarizace jednotlivých lavinových událostí a sledování vývoje lavinové aktivity, byla v minulosti věnována pozornost klasifikaci lavin (Blahůt 2007) a později byly aplikovány i pokročilé simulační modely pro identifikaci potenciálního rizika lavinového katastrofu Krkonoš (Blahůt a kol. 2017). V souvislosti s měnícím se klimatem, které je stále více patrné i v nejvyšších polohách Krkonoš, je aktuální výzkumná pozornost věnována změnám charakteru lavin a klimatickým podmínkám jejich vzniku (Součková a kol. 2022). Tento pohled na lavinovou aktivitu v Krkonoších se snaží rozvíjet i tento příspěvek, který popisuje nejen měnící se parametry lavin, ale zejména změny klimatických faktorů, které je ovlivňují.

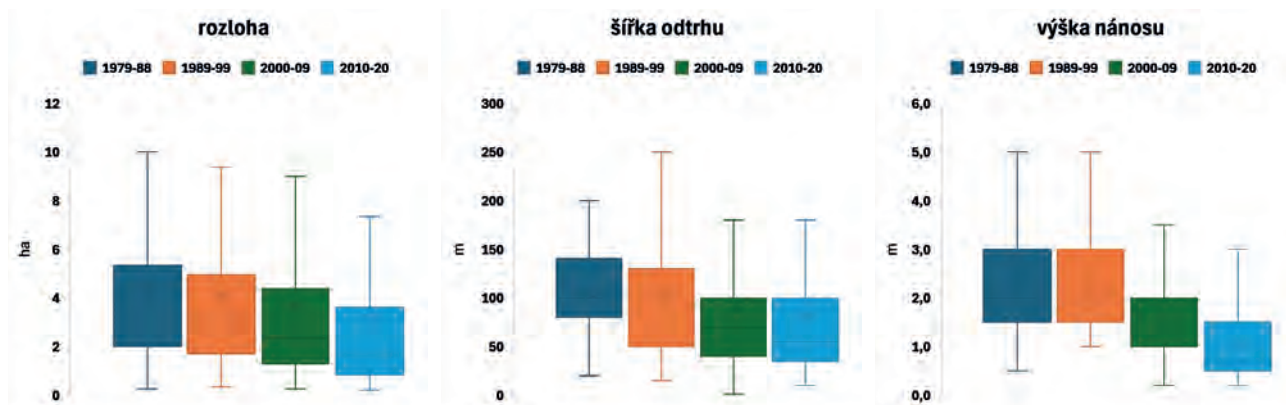
2. Metodika

2.1 Datová základna

Příspěvek hodnotí lavinovou aktivitu celého lavinového katastrofu (Spusta a kol. 2019) na české straně Krkonoš od počátku roku 1979 do jara roku 2020, přičemž jsou zohledněny pouze lavinové události člověkem zjevně nevyvolané. Pro zachycení vývoje změn klimatických i lavinových proměnných bylo období rozděleno do 4 přibližně stejně dlouhých „dekád“ (1979–1988, 1989–1999, 2000–2009, 2010–2020). První dekáda zahrnuje celkem 217 lavinových událostí, druhá 132, třetí 345 a poslední dekáda 2010–2020 celkem 128 lavin. Lavinové záznamy byly převzaty z publikovaných prací a databáze, která je aktualizována Správou KRNAP (Spusta a kol. 2019). K jednotlivým lavinovým událostem a jejich velikostním atributům byly přiřazeny vybrané klimatické proměnné, charakterizující meteorologickou situaci v den pádu lavin, tak proměnné charakterizující povětrnostní situaci 3 dny (3D) před pádem lavin (Součková a kol. 2022). Příspěvek zohledňuje potenciální vliv: teploty (T) a teplotního gradientu/amplitudy (TG), výšky nového sněhu před pádem laviny (SD_3D), maximální rychlosti větru (WS), vlhkosti vzduchu (H), délky slunečního svitu (S) a celkové výšky sněhové pokrývky (SD). Data reprezentují hřebenové partie Krkonoš a byla pořízena na meteorologických stanicích Luční bouda a Labská bouda (stanice ČHMÚ) a následně porovnána a validována, v případě absence dat vzájemně doplněna.

2.2 Identifikace významu meteorologických proměnných

Pro určení míry možné závislosti vybraných klimatických proměnných na lavinovou aktivitu a pro posouzení jejich významu v čase byla použita sekvence metod analýzy hlavních komponent a faktorové analýzy. Jedná se o zavedený postup vícerozměrné statistické analýzy, který kromě dekorelace a redukce vstupních proměnných či odhalení jejich skrytých vazeb může pomoci určit i významnost vstupních ukazatelů a indexů pro další analýzy (Klapka 2019). V první fázi byla vstupní data pro každou dekádu standardizována pomocí z-skóre. Počet nových zástupných proměnných, faktorů (F), kte-



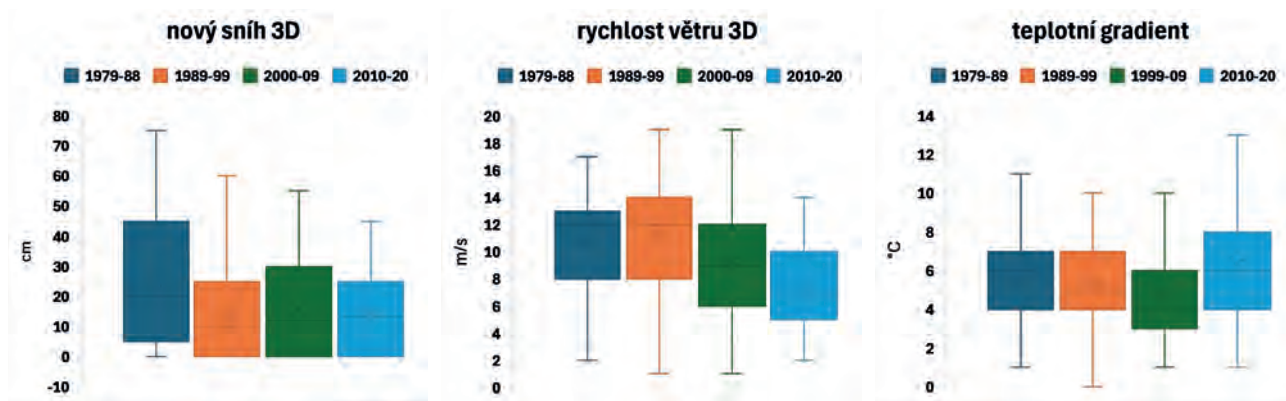
Obr. 1 Vývoj velikostních parametrů lavin v Krkonoších za jednotlivé dekády od roku 1979 do 2020.

ré vstupovaly do faktorové analýzy, byl zvolen na základě hodnot vlastního čísla větší než 1. Váha původních proměnných v jednotlivých faktorech je zachycena prostřednictvím tzv. faktorových zátěží, které dle typu závislosti nabývají hodnot $[-1,1]$, přičemž hodnoty blíží se k $1/-1$ signalizují silnou závislost. Vybrané klimatické proměnné s nejméně výraznější dynamikou hodnoty faktorové zátěže byly pro 3 poslední časové horizonty vymapovány ve smyslu měnících se průměrných hodnot těchto veličin pro lavinové události na konkrétních typech lavinových drah (dráhy hlavních ledovcových karů, lavin skalních roklí a žlabů ledovcových údolí a karů, esovitě prohnuté dráhy mimo hlavní kary, závěry dolů s nízkou mírou ledovcové modelace). Vlastní typologie lavinových drah je výstupem dosud nepublikované studie autorského kolektivu.

3. Výsledky

3.1 Vybrané trendy lavinové aktivity a meteorologických proměnných

Od roku 1979 sledujeme kontinuální pokles velikostních parametrů zaznamenaných lavin (obr. 1) a v poslední dekádě i pokles četnosti lavinových událostí. Kromě celkové rozlohy lavinových polí (z průměrné rozlohy 4,51 ha v první dekádě na 3,14 ha v poslední dekádě) klesá i jejich průměrná šířka odtrhu (z 105 m na 82 m) nebo i průměrná výška nánosu (z 2,3 m na 1,1 m). Potenciální disturbanční vliv na dřevinnou vegetaci, který je zásadní pro udržení bezlesí na lavinových drahách, se tak poměrně výrazně snižuje.



Obr. 2 Klimatické proměnné v den pádu (resp. během 3 dnů před pádem) lavin v Krkonoších za jednotlivé dekády od roku 1979 do 2020.

Zajímavé a očekávané trendy jsou pozorovány i u klimatických podmínek (obr. 2). V rámci sledovaného období klesají hodnoty naměřené nové i celkové sněhové pokrývky, rovněž klesá maximální detekovaná rychlost větru či vlhkost vzduchu. Naopak se zvyšuje doba slunečního svitu během dne a teplotní parametry (tab. 1).

Perioda / proměnné	Velikostní parametry					
	rozloha (ha)	výška odtrhu (m)	šířka odtrhu (m)	výška nánosu (m)	délka (m)	šířka (m)
1979–1988	4,51	0,88	105,10	2,27	456,50	82,80
1989–1999	4,08	2,16	100,20	2,25	420,30	76,00
2000–2009	3,67	1,02	84,60	1,53	413,60	71,50
2010–2020	3,14	0,83	82,10	1,05	421,67	43,45

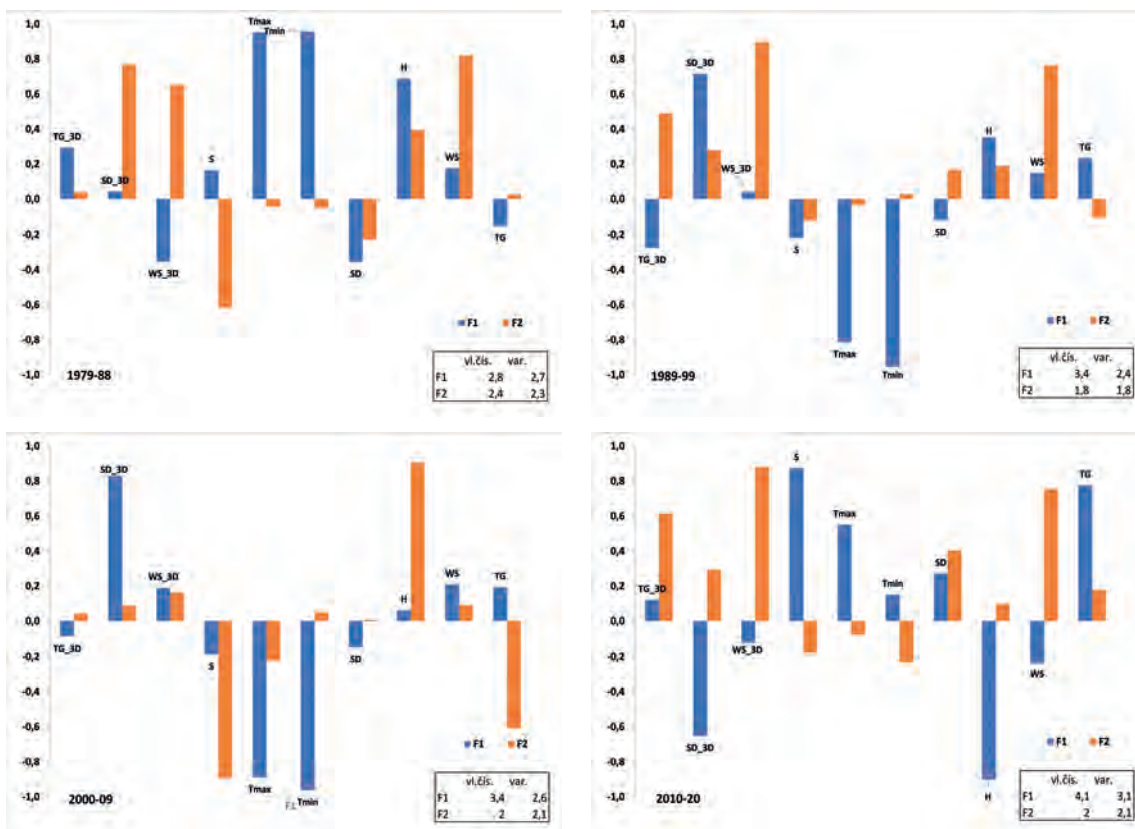
Tab. 1 Průměrné hodnoty velikostních parametrů a meteorologických proměnných za jednotlivé dekády.

Perioda / proměnné	Meteorologické proměnné									
	teplotní gradient 3D (°C)	nový sníh 3D (cm)	rychlost větru 3D (m/s)	sluneční svit (hod.)	teplota max (°C)	teplota min (°C)	teplotní gradient (°C)	vlhkost (%)	výška sněhu (cm)	rychlost větru (m/s)
1979–1988	0,41	25,20	10,85	1,64	-4,51	-9,88	5,37	93,79	163,00	8,86
1989–1999	0,38	13,71	11,09	2,59	0,12	-5,36	5,48	92,72	164,70	7,14
2000–2009	0,80	15,88	9,27	2,67	-0,42	-5,27	4,85	88,49	172,70	7,59
2010–2020	1,82	14,26	7,45	3,01	2,55	-3,78	6,33	84,86	133,90	5,15

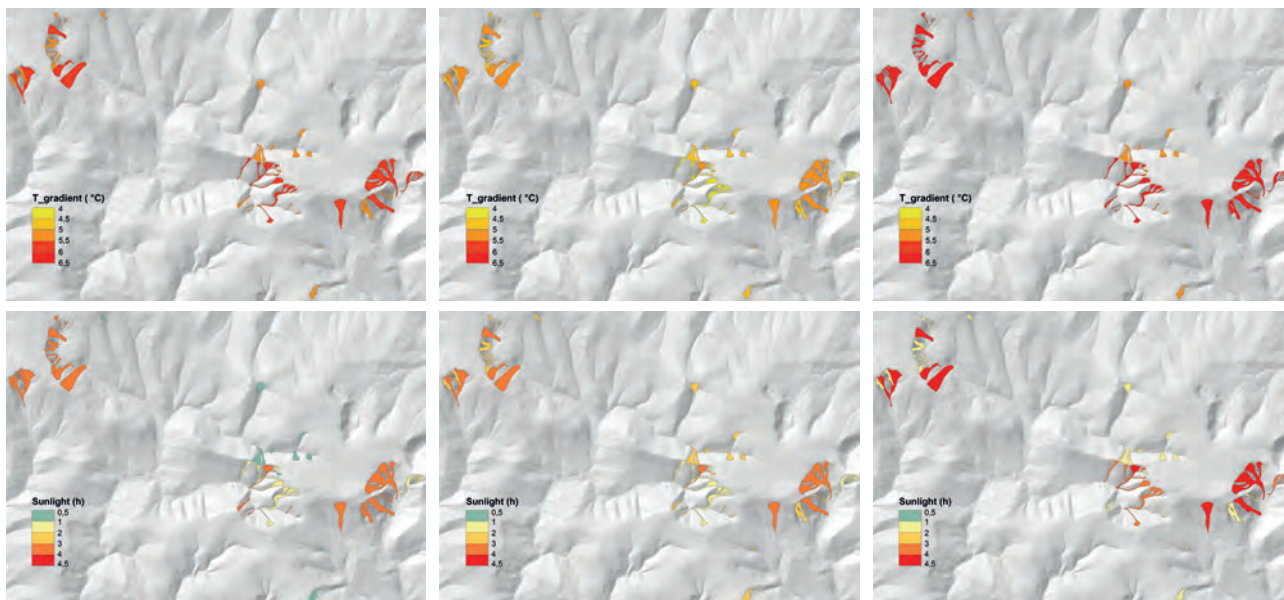
Pozn.: červená odpovídá vysokým hodnotám, modrá nízkým hodnotám.

3.2 Změny klimatu a jejich vliv na lavinou aktivitu

Vybrané klimatické proměnné byly za jednotlivé dekády hodnoceny prostřednictvím analýzy hlavních komponent (PCA) a následně skrze faktorovou analýzu (FA) s cílem určit váhy (faktorové zátěže) jednotlivých proměnných na zástupné proměnné – faktory a porovnat jejich měnící se význam v čase. PCA analýza identifikovala pro první tři dekády (1979–2009) celkem 4 faktory, pro poslední dekádu (2010–2020) pouze faktory 3. To lze chápat jako obecnou změnu vzorců v působení klimatu, kdy menší počet výsledných faktorů může poukazovat na silnější a složitější vztahy mezi jednotlivými klimatickými proměnnými v posledním období. V dřívějších dekadách mohly být pro lavinovou aktivitu významnější samostatné meteorologické procesy např. ve smyslu množství akumulace nových srážek za působení větru. Hodnoty faktorových zátěží (pro F1 a F2) pro vybrané proměnné vykazují relativně obdobné vzory, zejména během druhé a třetí dekády (obr. 3). V období 2010–2020 sledujeme významnější změny síly a směru vztahů proměnných k hlavním



Obr. 3 Hodnoty faktorových zátěží klimatických proměnných pro faktor 1 a 2 během jednotlivých dekad.



Obr. 4 Vývoj průměrných hodnot teplotního gradientu (°C, nahoře) a slunečního svitu (hod., dole) na typech lavinových drah. Zleva: dekády 1989–1999, 2000–2009, 2010–2020.

faktorům (F1 a F2) a zároveň rostoucí význam hlavních faktorů. Zatímco v prvních třech obdobích lze identifikovat silné váhy zejména u teplot (max/min), nového sněhu a větrných podmínek, v posledním období roste význam slunečního svitu, teplotního gradientu a změny vlhkosti.

Vývoj průměrných hodnot vybraných klimatických proměnných, které nabývají na významu, je v kontextu typů lavinových drah znázorněn na obr. 4. Zdá se, že rostoucí amplituda denního chodu teplot se stává zásadnějším především pro lavinové dráhy v závěrech neledovcových údolí a dále i pro dráhy hlavních ledovcových karů. Rostoucí délka slunečního svitu se více projevuje rovněž v oblastech hlavních ledovcových karů i na drahách esovitých žlabů mimo tyto kary.

4. Diskuse

Zjištěné trendy ve vývoji lavinové aktivity a parametrů lavin, stejně tak u vývoje klimatických podmínek v zimním období, odpovídají výsledkům předchozích studií (Spusta a kol. 2019). Naše studie přináší detailnější pohled na dynamiku struktury vybraného vzorku klimatických proměnných, které ovlivňují lavinovou aktivitu, a snaží se poodhalit změny uvnitř těchto podmínek, které mohou být důsledkem projevu klimatické změny v Krkonoších. Zdá se, že se nemění pouze charakter samotných lavin (Součková a kol. 2022), ale mění se i vazby v jejich klimatických podmínkách. Tyto podmínky se pak mohou v závislosti na lokalitách projevovat výrazně odlišně. Prezentované výsledky naznačují obecné změny ve strukturách klimatických dat, ale nemohou jednoznačně odhalit, které proměnné a jejich vztahy jsou pro laviny v daný okamžik nejzásadnější, nebo dokonce vysvětlit případné změny mechanismu samovolného spuštění lavin v důsledku změn klimatu. Tyto otázky mohou být výzvou pro další výzkum. Výsledky studie však mohou poskytnout bližší pohled na predikci vývoje klimatickou změnou ohrožených ekosystémů Krkonoš při horní hranici lesa (Materna a kol. 2023).

5. Závěr

Dlouhodobé změny vzorců lavinové aktivity a parametrů lavin lze vysvětlit měnicími se klimatickými podmínkami a jejich vztahy za využití vícerozměrných statistických metod. Lavinové trendy souvisí jak s poklesem četnosti lavin, tak s jejich velikostními parametry. Mění se klima ovlivňuje i závislost lavinových událostí na konkrétních klimatických faktorech a jejich proměnných. Význam tradičních lavinových meteorologických podmínek oslabuje, zatímco roste vliv slunečního svitu a teplotních gradientů.

Literatura:

BLAHŮT, J., 2007. Typy lavin Labského dolu v Krkonoších a meteorologické podmínky jejich vzniku. *Opera Corcon-tica*, roč. 44, s. 197–204.

- BLAHŮT, J., KLIMEŠ, J., BALEK, J., HÁJEK, P., ČERVENÁ, L., LYSÁK, J., 2017. Snow avalanche hazard of the Krkonoše National Park, Czech Republic. *Journal of Maps*, roč. **13**, č. 2, s. 86–90. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/17445647.2016.1262794>.
- JENÍK, J., 1961. Alpínská vegetace Krkonoš, Kralického Sněžníku a Hrubého Jeseníku: teorie anemo-orografických systémů. Praha: Nakladatelství ČSAV.
- KLAPKA, P., 2019. Regiony a regionální taxonomie: koncepty, přístupy, aplikace. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. Dostupné z: <https://doi.org/10.5507/prf.19.24454481>.
- MATERNA, J., BŘEZINA, S., HARČARIK, J., KUKAČKA, L., HRÁZSKÝ, Z., ČEJKOVÁ, A., ŠŤASTNÁ, P., KRAUSE, D., JOSEFOVIČOVÁ, A., 2023. Nejistá budoucnost krkonošské tundry. *Ochrana přírody*, roč. **2**, s. 10–15.
- FLOUSEK, J., HARTMANOVÁ, O., ŠTURSA, J., POTOCKI, J. (eds.), 2007. Krkonoše. Příroda, historie, život. Praha: Baset. ISBN 978-80-7340-104-7.
- SOUČKOVÁ, M., JURAS, R., DYTRT, K., MORAVEC, V., BLÖCHER, J. R., HANEL, M., 2022. What weather variables are important for wet and slab avalanches under a changing climate in a low-altitude mountain range in Czechia?, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, roč. **22**, s. 3501–3525. Dostupné z: <https://doi.org/10.5194/nhess-22-3501-2022>.
- SPUSTA, V., SPUSTA, V. J., KOCIÁNOVÁ, M., 2019. Lavinový katastr a zimní situace v české části Krkonoš. *Opera Corcontica*, roč. **56**, s. 21–110.

V. Problematika předpovědi počasí, hydrologie a kvality ovzduší na horách

Horské lázně a kvalita ovzduší: problém přízemního ozonu

Blanka Krejčí¹, Vladimíra Volná¹

¹ Český hydrometeorologický ústav, Úsek kvality ovzduší, Oddělení kvality ovzduší, pobočka Ostrava, K Myslivně 3/2182, 708 00 Ostrava, blanka.krejci@chmi.cz

Klíčová slova: přízemní ozon (O_3), trendy koncentrací, horská lázeňská prostředí, prekursorzy ozonu, imisní limit, kvalita ovzduší

1. Úvod

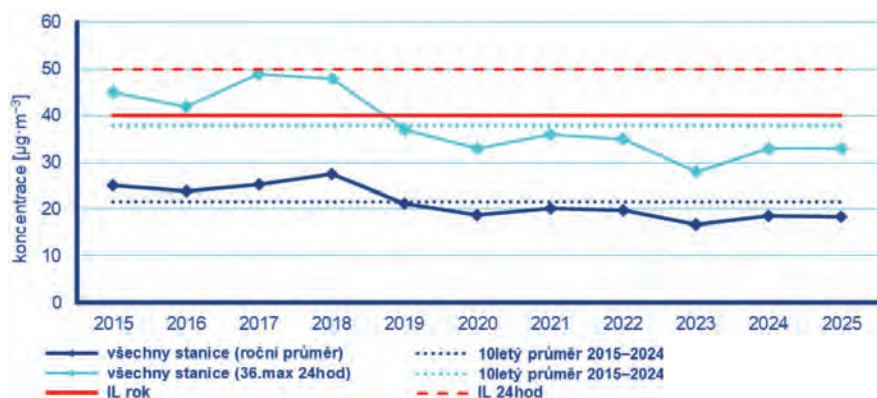
Přízemní ozon není emitován přímo, ale vzniká sekundárně v atmosféře složitými fotochemickými reakcemi oxidů dusíku (NO_x) a těkavých organických látek (VOC) za přítomnosti slunečního záření. Mezi typické charakteristiky horských lokalit patří vyšší průměrné koncentrace ozonu než v nížinách. V horských oblastech se na jeho zvýšených koncentracích podílí jak přenos znečištění z níže položených urbanizovaných regionů, tak i lokální produkce související s biogenními VOC emitovanými vegetací a vyšší UV radiací. Dalším příspěvkem mohou být epizody stratosféricko-troposférických intruzí. Současně zde bývají nižší koncentrace oxidu dusnatého (NO), což omezuje rozklad ozonu v nočních hodinách a přispívá k jeho akumulaci (Cooper 2020, Hůnová et al. 2019, Hůnová et al. 2018, Schuepbach et al. 2018).

Přestože koncentrace primárních znečišťujících látek v České republice v posledních letech obecně klesají (ČHMÚ 2025), přízemní ozon zůstává problémem i v oblastech považovaných za relativně čisté, včetně horských lázeňských lokalit. Význam ozonu v mimo-městských oblastech proto narůstá a v teplé části roku se stává dominantní škodlivinou. V některých případech zde může docházet k překračování doporučených nebo navrhovaných limitních hodnot, což je z hlediska lázeňského využití území důležitým faktorem. Zdravotní význam je zvláště vysoký u respiračních lázní, kde během fyzické aktivity dochází k výraznému nárůstu inhalační expozice ozonu.

Vzhledem k tomu, že ne ve všech lázeňských střediscích jsou k dispozici výsledky přímých měření koncentrací ozonu, je metodika hodnocení jeho úrovní většinou založena na základě modelových výstupů. Tyto modelové hodnoty jsou dále porovnávány s navrhovanými limity kvality ovzduší Státním zdravotním ústavem pro jednotlivé kategorie lázní (ostatní, respirační, klimatické), v tomto příspěvku pro vybraná lázeňská místa nacházející se v nadmořské výšce nad 450 m (ČR 2012, Krejčí a Volná 2024).

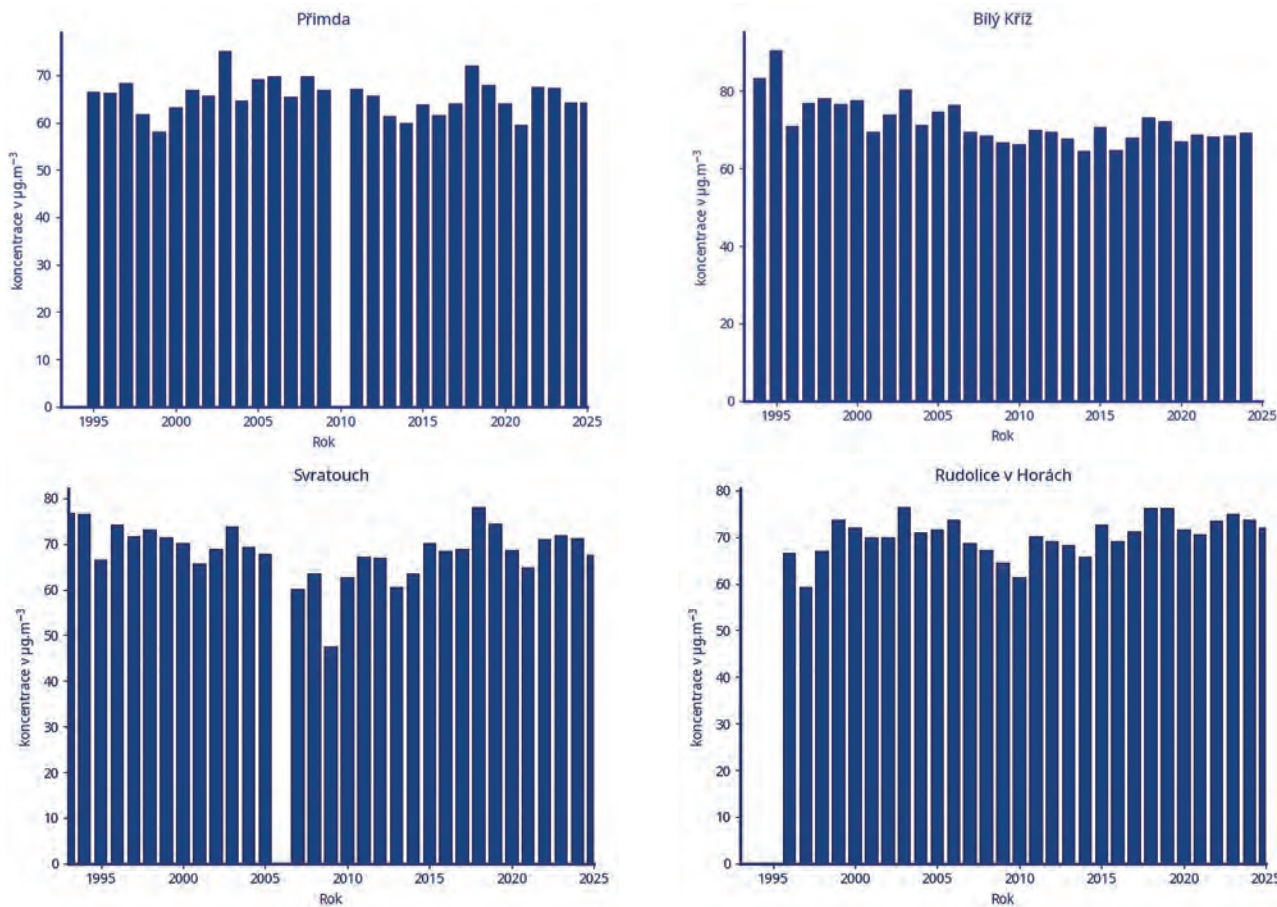
2. Koncentrace přízemního ozonu v českých horských oblastech

Díky více než třicetiletému monitoringu ozonu v ČR lze hodnotit dlouhodobé trendy. Analýza za období 1994–2015 ukazuje, že i přes snížení emisí prekurzorů O_3 zůstává problémem, přičemž pro žádoucí snížení imisních úrovní přízemního ozonu je kritický poměr NO/NO_2 (ČHMÚ 2025). Od roku 2014 střední koncentrace O_3 mírně rostou, pravděpodobně vlivem klimatické změny.

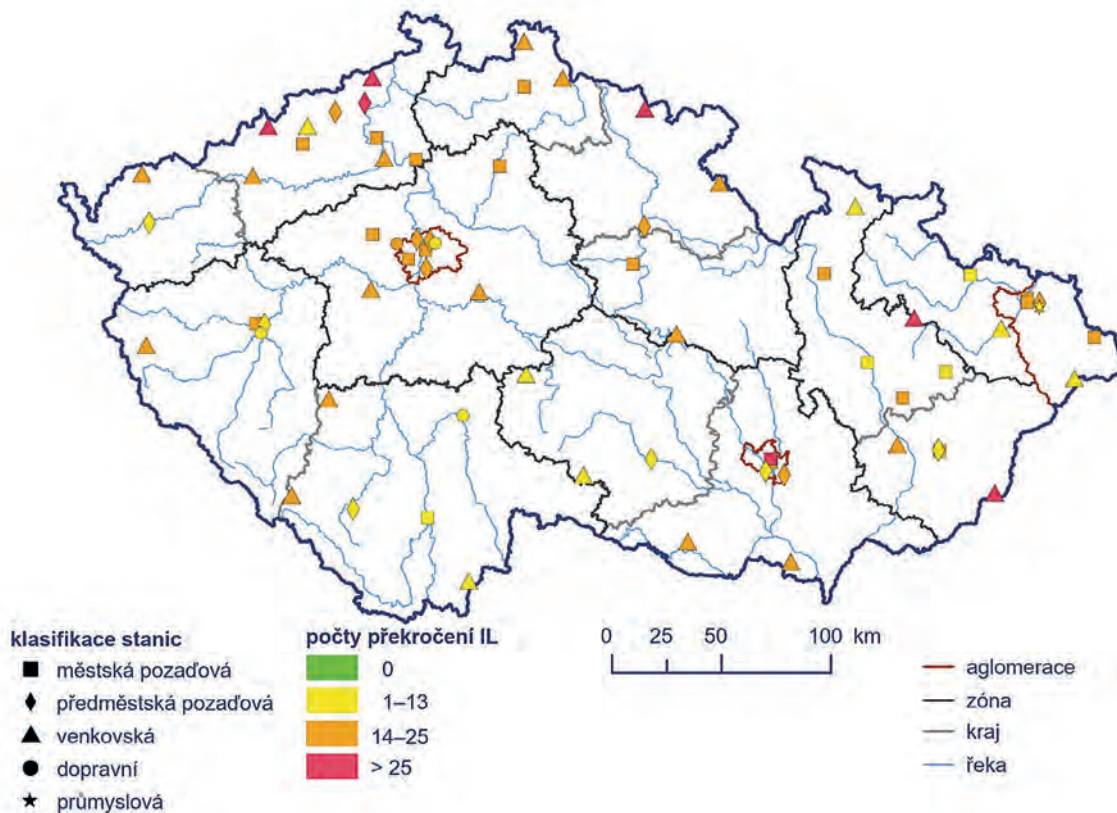


Obr. 1 Koncentrace O_3 (max. denní a 26. nejvyšší max. denní 8hod. klouzavý průměr; průměry pro všechny stanice automatického imisního monitoringu), 2015–2025.

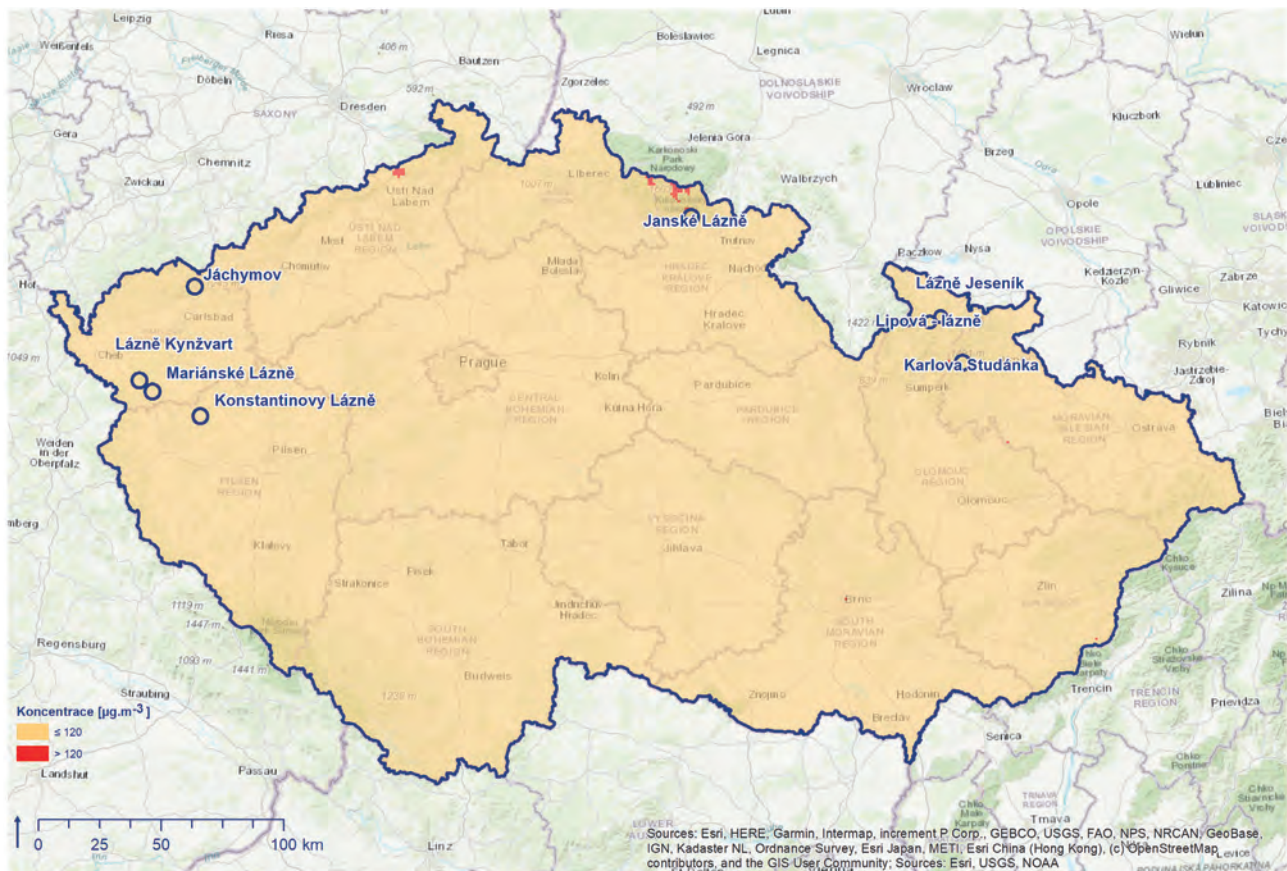
Krátkodobé epizody zvýšených koncentrací přízemního ozonu jsou spojeny se zhoršením respiračních symptomů, snížením plicních funkcí a vyšší potřebou medikace, zejména u pacientů s chronickými respiračními onemocněními. V evropských zdravotně-environmentálních hodnoceních je proto doporučováno omezování venkovní fyzické aktivity při zvýšených koncentracích ozonu, což má přímé implikace pro organizaci léčebných procedur v respiračních lázních (EEA 2023). V období



Obr. 2 Průměrné roční koncentrace přízemního O₃ na vybraných horských stanicích Státní sítě imisního monitoringu.



Obr. 3 Počty překročení hodnoty imisního limitu pro maximální denní 8hod. klouzavý průměr koncentrace přízemního O₃ v průměru za 3 roky, 2022–2024.



Obr. 4 Horské lázně v ČR (v nadmořské výšce nad 450 m) a vyznačení pole 26. nejvyššího maximálního denního 8hod. klouzavého průměru koncentrace přízemního O_3 v průměru za 3 roky, 2022–2024.

2023–2025 byl imisní limit přízemního O_3 překročen na pěti regionálních stanicích (Rudolice v Horách, Sněžník, Červená hora, Štítná nad Vláří) a dvou městských pozadových stanicích (Zlín-ZŠ Kvítka, Brno-Arboretum).

3. Souhrn

Horská lázeňská prostředí představují specifickou expoziční situaci ozonu. Výsledky měřené na horských monitorovacích stanicích se vyznačují menší denní amplitudou koncentrací, vyššími nočními hodnotami a slabě vyjádřeným víkendovým efektem, což potvrzuje, že zde ozon reprezentuje především pozadové znečištění a dálkový transport, nikoli lokální produkci. Krátkodobé epizody zvýšených koncentrací přízemního ozonu mohou negativně ovlivňovat účinnost respirační léčby, zvyšovat výskyt akutních obtíží pacientů a vyžadovat operativní úpravy léčebného režimu, zejména časování venkovních procedur. Současně proto představují významný faktor při hodnocení léčebného klimatu horských lázní.

Dlouhodobý monitoring přízemního O_3 v ČR ukazuje, že i přes snížení emisí prekurzorů zůstávají koncentrace ozonu ve vyšších nadmořských výškách problémem. Od roku 2014 střední koncentrace mírně rostou, pravděpodobně vlivem klimatické změny. V období 2023–2025 byl imisní limit pro ochranu lidského zdraví překročen na pěti regionálních a dvou městských pozadových stanicích, což potvrzuje přetrvávající riziko vysokých koncentrací O_3 .

Monitoring prekurzorů přízemního ozonu proto představuje klíčový nástroj hodnocení kvality ovzduší v horských oblastech. Nová směrnice EU 2024/2881 o kvalitě vnějšího ovzduší (přijata v říjnu 2024) (EC 2024), v souladu s doporučeními WHO, požaduje sledování oxidů dusíku (NO , NO_2), těkavých organických látek (VOC) a aromatických uhlovodíků, které se podílejí na tvorbě ozonu. Měření těchto látek slouží k hodnocení dlouhodobých trendů, identifikaci emisních zdrojů a verifikaci emisních inventur.

Literatura:

ČHMÚ, 2025. Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2024 [online]. Český hydrometeorologický ústav, Praha [cit. 28. 03. 2016]. Dostupné z: https://www.chmi.cz/documents/42501/444216/Rocenska_kvality_ovzduzi_2024.pdf.

- COOPER, O. R. et al., 2020. Global distribution and trends of tropospheric ozone. *Elementa: Science of the Anthropocene*. roč. **8**, s. 41. Dostupné z: <https://doi.org/10.1525/elementa.420>.
- ČR, 2012. Zákon č. 201/2012 Sb. ze dne 2. května 2012 o ochraně ovzduší (Act No. 201/2012 Coll. of 2 May 2012 on air protection) [online]. Praha, 2012; s. 2785–2848 [cit. 10. 03. 2024]. Dostupné z: www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/9F4906381B38F7F6C1257A94002EC4A0/%24file/Z201_2012_Sb.pdf.
- EC, 2024. Directive (EU) 2024/2881 of the European Parliament and of the Council of 23 October 2024 on ambient air quality and cleaner air for Europe (recast) [online]. [cit. 10. 03. 2026]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32024L2881>.
- European Environment Agency (EEA), 2023 [online]. Ground-level ozone – health impacts. European Climate and Health Observatory [cit. 10. 03. 2026]. Dostupné z: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/observatory/evidence/health-effects/ground-level-ozone>.
- HŮNOVÁ, I., BRABEC, M., & MALÝ, M., 2019. What Are the Principal Factors Affecting Ambient Ozone Concentrations in Czech Mountain Forests? *Frontiers in Forests and Global Change*.
- HŮNOVÁ, I., MAZNOVÁ, J., KURFÜRST, P., 2018. Surface ozone exposure over the Czech Republic: gradient between lowland and mountain areas. *International Journal of Environmental Pollution*. roč. **64**, č. 1–3, s. 26–39. Dostupné z: <https://doi.org/10.1504/IJEP.2018.095444>.
- KREJČÍ, B., VOLNÁ, V., 2024. Splňují horské lázně v Česku standardy kvality ovzduší?. In: Lipina, P.; Procházka, J. (eds.) *Jeseníky 2024: meteorologická konference*. Sborník příspěvků z konference pořádané Českým hydrometeorologickým ústavem, Českou meteorologickou společností a Vlastivědným muzeem Jesenicka konané ve dnech 14.–16. května 2024 v hotelu Franz na Rejvízu v Jeseníkách. Praha: Český hydrometeorologický ústav, s. 114–116. ISBN 978-80-7653-069-0.
- SCHUEPBACH, E. et al., 2018. Ozone exposure at high-altitude health resorts in the Alps. *Science of the Total Environment*. roč. **625**, s. 1464–1473. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.250>.

Vodní nádrž Labská jako hydrologické centrum středních Krkonoš

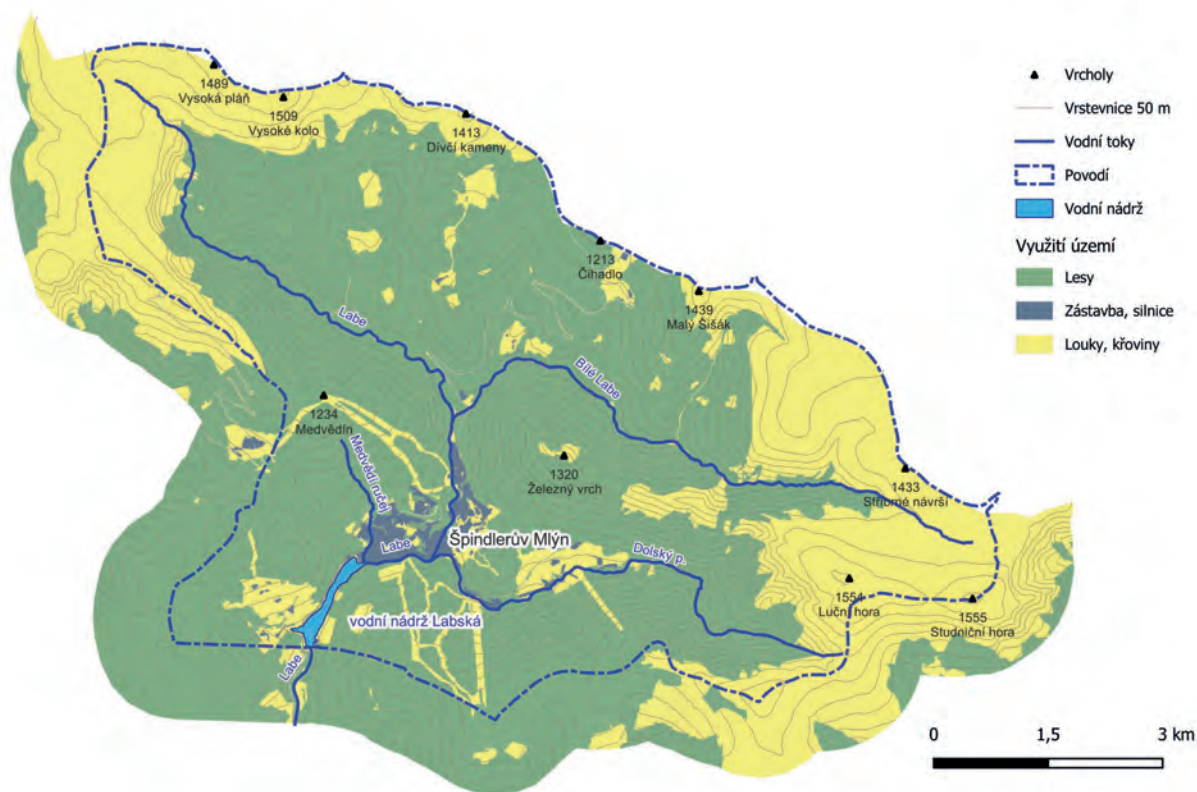
Petr Ferbar¹, Luděk Rederer¹, Jakub Medek¹

¹ Povodí Labe, státní podnik, Víta Nejedlého 951/8 Slezské Předměstí, 500 03 Hradec Králové, ferbarp@pla.cz

Klíčová slova: Labe, Povodí Labe, přehrada, průhlednost

1. Úvod

Při vjezdu do horského střediska Špindlerův Mlýn upoutá každého návštěvníka pohled na vodní plochu nádrže Labská. Přehradní zeď pod Hromovkou zde vzdouvá veškeré vody stékající ze svahů horských velikánů nad Špindlerovým Mlýnem. Prameniště zdejších toků se nachází ve výškách i přes 1 400 m n. m. Spojením horských toků Labe, Bílého Labe, Dolského potoka a Medvědí ručeje již vzniká důstojná řeka Labe, která své jméno neztrácí ani při ústí do Severního moře (obr. 1). Vodní dílo Labská je jednou z pouhých dvou klasických přehradních nádrží na celém toku Labe.



Obr. 1 Povodí nádrže Labská ve Špindlerově Mlýně.

2. Historické milníky

Podobně jako u dalších vodních přehrad v českých severních horách, byly i v Krkonoších impulzem pro přípravu vodního díla rozsáhlé povodně v letech 1888, 1890 a především v červenci 1897. Technický projekt zpracovalo technické oddělení pro úpravu řek při c. k. místodržitelství v Praze. Stavba byla zahájena v roce 1910 a dokončena v průběhu 1. světové války v roce 1916. Výstavbou byla pověřena vídeňská firma Bratři Redlich & Berger. Jako symbol dobové státní moci byl na vzdušném líci vyhotoven nepřehlédnutelný reliéf dvouhlavé orlice s iniciály F. J. I. Po vzniku Československa nejdříve zmizela orlice a v roce 1926 byly iniciály upraveny na „RČ“ (Republika Československá).

V roce 1966 byla nádrž dlouhodobě vypuštěna z důvodu odstranění průsakových poruch i dalších úprav. Tyto práce probíhaly až do osmdesátých let minulého století (Trejtnar et al. 1975).

Kvalita stavby byla významně prověřena v roce 1997 katastrofální povodní, která několikanásobně přesáhla kapacitu vodního díla. Následkem bylo mimo jiné zdokonalení varovného systému vybudováním šesti srážkoměrných stanic na okolních horských hřebenech. Zkušenosti z povodní vedly k rekonstrukci v období 2017–2019, při které byla zkapacitněna výpustná zařízení ústící do obtokového tunelu. Skutečnou prověrkou s výborným výsledkem byla následně zářijová povodeň v roce 2024.

3. Vodohospodářský i ostatní význam

Samotná stavba hráze je z místního kamene, tížná, oblouková a jako většina dobových okolních přehrad je Intzeho typu. VD Labská má pět spodních výpustí, z toho tři ústí do obtokového tunelu. Převádění velkých vod je řešeno čtyřmi přelivními poli korunového přelivu a při pravé straně, u domku hrázného, je kruhový šachtový přeliv.

Hlavní účel vodního díla Labská je ochrana před povodněmi území ležícího pod nádrží. I když ochranný objem nádrže 1,6 mil. m³ (po kótu 692,36 m n. m.) nemůže největší povodně plně eliminovat, má velký význam i pro jejich snížení a zmírnění škodlivých účinků velkých vod. (obr. 2). V suchých obdobích slouží zadržený objem k nadlepšování průtoků.

Nádrž však má i jiná, původními staviteli nezamýšlená využití. Do nádrže jsou zaústěny odpadní vody z ČOV Špindlerův Mlýn. Přestože čistírenský proces je na velmi dobré úrovni, tak látkové zatížení z rekreačního střediska značně kolísá. A důsledkem je vypouštění odpadních vod různé kvality. Retence v nádrži však tyto diference na odtoku do značné míry vyrovnává a Labe pod nádrží je tak chráněno před vlivem města Špindlerův Mlýn.

Čistící efekt nádrže Labská se následně promítá i do dobré kvality vodárenského odběru pro město Vrchlabí, který se nachází na Labi v Herlíkovicích. Část látkového zatížení z odpadních vod (fosfor) se však ukládá do sedimentu v nádrži a za určitých okolností vytváří příznivé prostředí pro rozvoj nežádoucích sinicových květů.

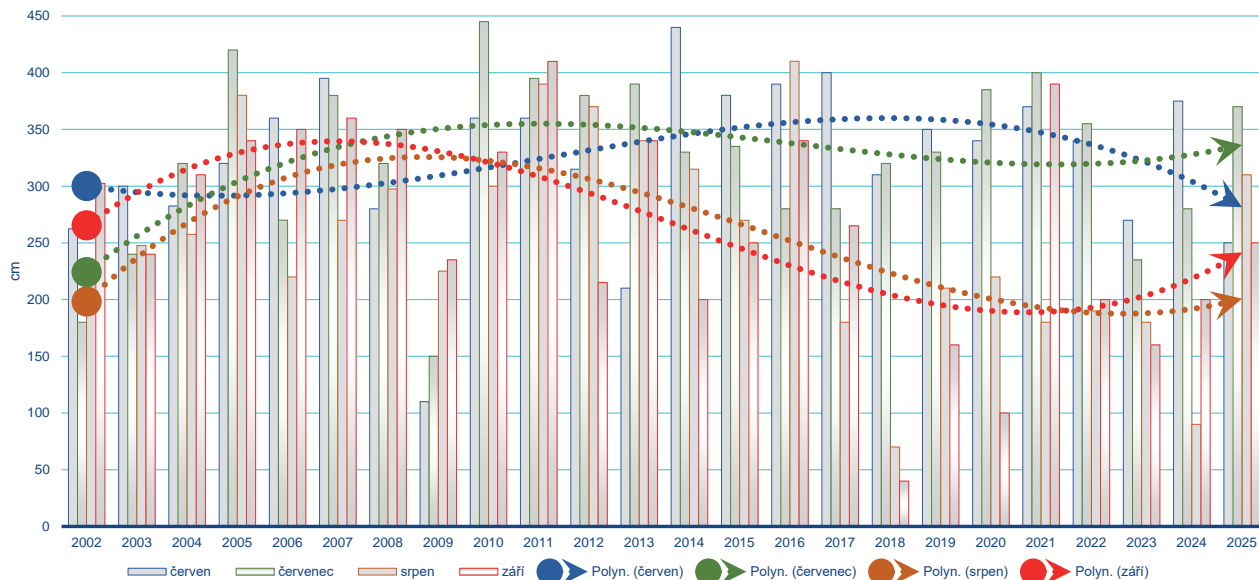
Okolní svahy nabízí cenné terény pro zimní sporty. Ty se dnes již neobejdou bez umělého zasněžování, a tak pro blízké sportovní areály je nádrž Labská vítaným zdrojem vody. V 90. letech byla v prostoru pod hrází umístěna malá vodní elektrárna s dvěma turbínami (Bánkiho a Kaplanova). Poslední desetiletí je vodní plocha komerčně využívána vyznavači sportovního rybaření. A vodní dílo je obklopeno i řadou dalších atrakcí pro turisty.



Obr. 2 Vodní dílo Labská a špindlerovské panorama.

4. Sinice jako nový fenomén

Na přelomu století byla nádrž pověstná svou průzračnou vodou přesahující i v létě průhlednost 5 metrů. Tato špindlerovská chloubka se však postupně vytrácí a voda je ke konci léta zaplněna zelenými řasami a především sinicemi. Jaké jsou příčiny těchto nepříjemných změn v horské nádrži s nadmořskou výškou nad 600 m n. m.? Onu odpověď je nutné hledat v synergickém působení několika příčin, na které ukazují výsledky dlouhodobého monitoringu jakosti vody na nádrži.



Obr. 3 Průměrná průhlednost (cm) na nádrži Labská v letních měsících od roku 2002 a polynomické spojnice trendu.

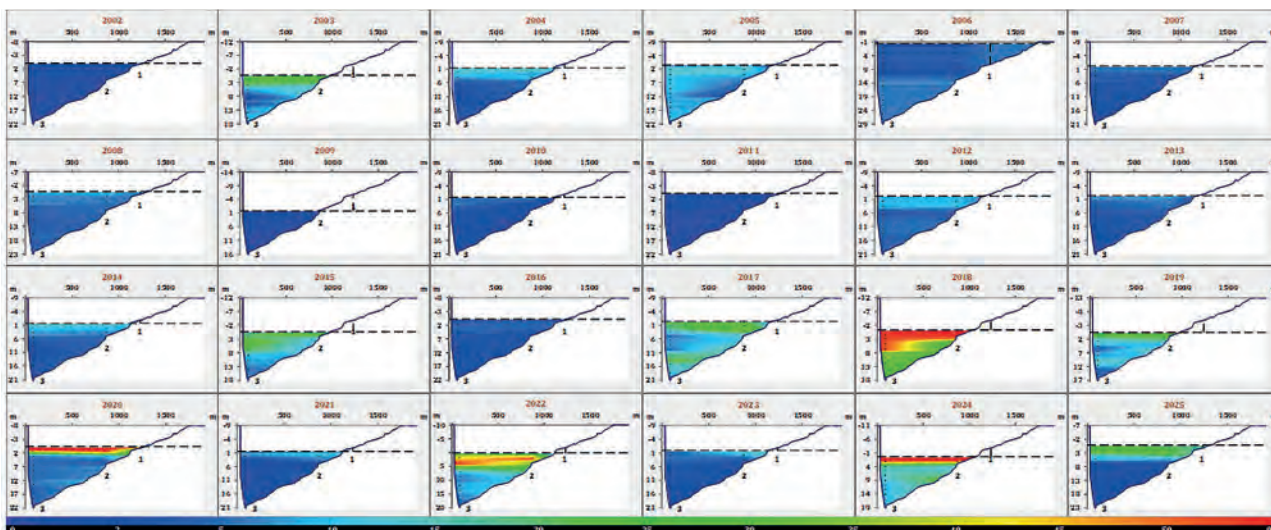
Systematický monitoring na nádrži provádí správce nádrže státní podnik Povodí Labe od roku 2002. Na nádrži jsou stanoveny tři vertikály, které jsou 3–4krát ročně proměřovány s krokem jeden metr multiparametrickou sondou. Měření jsou doplněna odběrem vzorků pro analýzy v laboratorii a dalšími četnějšími údaji získanými pracovníky dozorství vodního díla.

Co se za téměř čtvrt století pozorování nádrže nezměnilo a pomalu nádrž posouvá z oligotrofie (málo úživné horské vody) do mírné až střední eutrofie (vody bohatší živinami), je stálý přísun fosforu z odpadních vod. A nejedná se jen o mocný zdroj, jako je špindlerovská ČOV. Řada menších rekreačních zařízení rozptýlených na svazích kolem nádrže s vlastním způsobem čištění/nečištění odpadních vod se také podílí na látkovém zatížení nádrže.

Naopak těch faktorů, které se prokazatelně mění, je víc. V první řadě je to teplota vzduchu i vody. Z vyšší teploty lze odvodit i intenzivnější sluneční svit, který je zásadní podmínkou pro rozvoj primární produkce (zelené rostliny). I když teplotní vzestup na nádrži Labská je možné hodnotit pouze za 24 roků, lze zaznamenaný trend porovnat s téměř dvojnásobnou časovou řadou na blízké horské nádrži Souš v Jizerských horách. A tady se ukazuje, že za 44 roků měření se průměrná teplota vody při hladině zvýšila o 1,5 až 2,0 °C.

Od roku 2002 se na nádrži ve vegetační sezóně pravidelně dvakrát týdně měří průhlednost. První část měřicí kampaně, přibližně do roku 2012, charakterizují od května do září celkem vyrovnané hodnoty. V druhé polovině hodnoceného období po současnost se však koncem léta objevuje zřetelný pokles průhlednosti (obr. 3). Je to v podstatě odraz zvýšené primární produkce a většího počtu řas a sinic. Indikátorem jejich množství je koncentrace chlorofylu *a*, jak ukazuje obr. 4, na kterém jsou graficky zvýrazněna stále častější srpnová měření nádrže s nadměrnou koncentrací chlorofylu *a* (indikátor řas a sinic).

Vedle již výše uvedených příčin se však patrně zřetelným způsobem prosazuje i pokles koncentrace dalších dvou důležitých chemických komponentů – dusičnanového dusíku a celkového hliníku. V obou případech se jedná o úbytek elementů, které jsou součástí procesů omezujících vstup fosforu do forem dobře využitelných zelenými rostlinami (řasami a sinicemi) k asimilaci a k produkci biomasy. V případě dusičnanového dusíku by pokles z koncentrací kolem 0,6 mg·l⁻¹ k hodnotám 0,1 mg·l⁻¹ mohl vypadat jako nevýznamný. Ale v krkonošském prostředí chudém na živiny se jedná o nezanedbatelnou změnu. Navíc úbytek dusičnanového dusíku vytváří konkurenční výhodu pro sinice, které jsou na rozdíl od jiných autotrofních organismů schopné využívat i atmosférický dusík (Duras 2010). Také pokles hliníku o 60–80 mikrogramů·l⁻¹ je změna, na kterou již vodní prostředí může reagovat zvýšeným uvolněním vázaného fosforu do vodního sloupce. Dlouhodobý pokles transportu těchto látek do nádrže souvisí se změnami v horském terénu.



Obr. 4 Záznam srpnového vývoje koncentrace chlorofylu a ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$) v prostoru nádrže Labská od roku 2002 do roku 2025. Stupnice od $0 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ (modrá) po $90 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ (červená).

Přestože nádrž Labská není příliš využívána ke koupání, jedná se celkově o nepříznivé změny. Jednak zhoršení estetického vjemu ze zelené vodní hladiny není pro turistické středisko nejlepší vizitka. A je zde však ještě vážnější rozměr tohoto jevu. Cca 7 km pod nádrží je významný a obtížně nahraditelný vodárenský odběr z Labe pro město Vrchlabí. A za určitých situací může zvýšené množství sinic na jednostupňové úpravně v Herlíkovicích působit značné problémy.

5. Odstranění sedimentu v roce 2026

Z výše popsaných okolností vyplývá, že k dispozici není mnoho rychlých a účinných opatření ke zlepšení kvality vody. Určitou šancí ke zlepšení by však mohlo být právě nyní připravované robustní odstranění sedimentu ze dna nádrže Labská. Zahájit by se mělo koncem května 2026 a ukončení celého zásahu se plánuje na září téhož roku. Investorem je státní podnik Povodí Labe. Určitá množství sedimentu jsou z nádrže odstraňována v důsledku výrazné eroze poměrně často. Tentokrát je však odstranění sedimentu plánováno v mimořádném rozsahu a plánované práce si vyžádají dlouhodobé snížení provozní hladiny o 9 m na kótu 676 m n. m. Jedná se o vůbec nejnižší snížení hladiny na nádrži (samozřejmě s výjimkou 70. a 80. let při úplném vypuštění nádrže). Vedle očekávaných positív, jako je zvýšení bezpečnosti vodního díla a zlepšení kvality vody, však existují i určitá rizika. Případný nadměrný zákal by mohl vyvolat komplikace na úpravně vody v Herlíkovicích a při souběhu nepříznivých okolností by mohlo dojít k výraznému vyčerpání kyslíku v nádrži s ohrožením lososovitých ryb. Oběma ne zcela zanedbatelným hrozbám plánuje investor čelit intenzivním monitoringem. Před úpravnou bude na přítoku instalováno stálé měření zákalu a dalších doprovodných parametrů s dálkovým přenosem dat. Možný alarm by vedl ke změně organizace práce. Případný úbytek kyslíku na nádrži a s tím ohrožení lososovitých ryb, kterých je v nádrži velký počet, bude nejen monitorován, ale počítá se i s nuceným provzdušňováním části nádrže.

6. Závěr

Přestože nádrž Labská náleží spíše mezi malá vodní díla, svou neobyčejnou polohou, dlouhou historií i krásou technického provedení náleží mezi vodohospodářské skvosty. A je povinností všech, kdo se podílí na její správě, udržet ji i pro další generace bezpečnou a atraktivní, tak jak si to jistě představovali její tvůrci před 110 lety.

Literatura:

TREJTNAR et al., 1975. Přehrady Povodí Labe, Kruh Hradec Králové, s. 82–86.

DURAS J., 2010. Přehradní nádrže a kvalita vody. Už nemusíme vápnit ani zápasit s dusičnany. *Veronica*, roč. 24, č. 3, s. 1–4.

Evolúcia superciel pod vplyvom orografie

Róbert Kvak¹, Petr Zacharov¹

¹ Ústav fyziky atmosféry, Akademie věd ČR, Oddělení meteorologie, Boční II 1401, 141 00, Praha, kvak@ufa.cas.cz

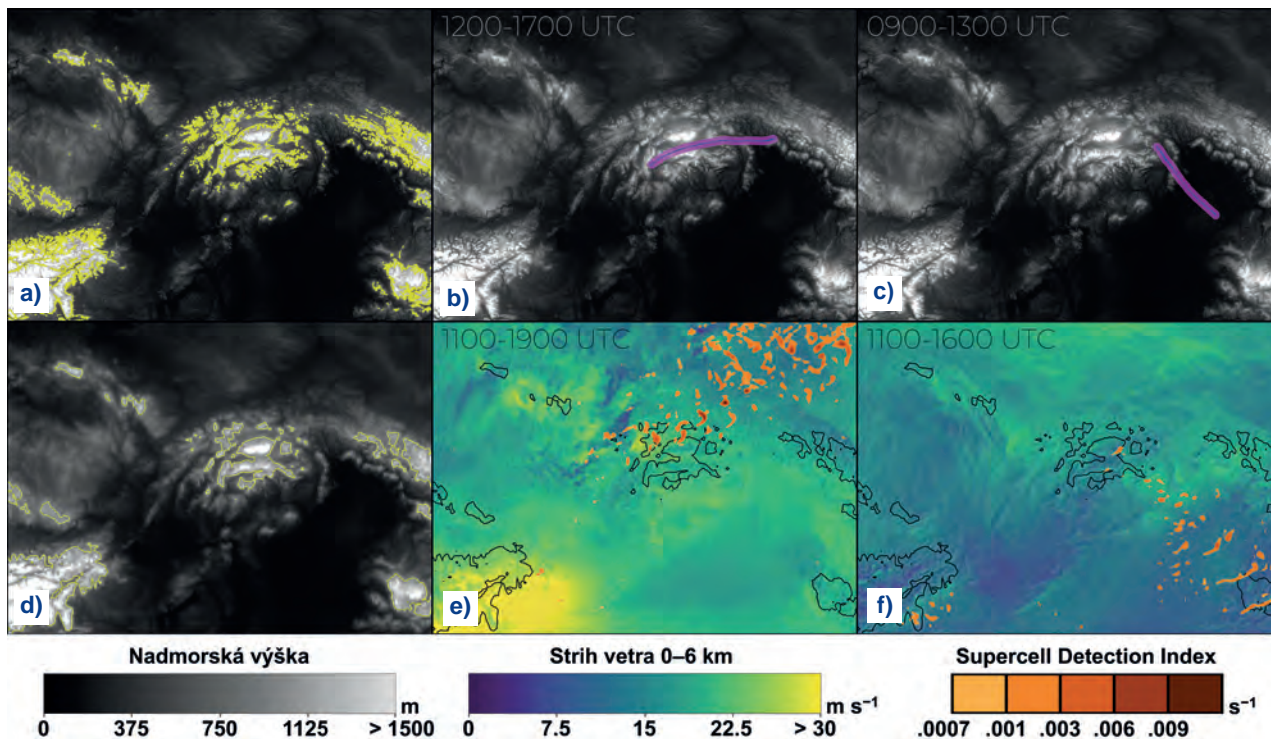
Klíčová slova: supercely, COSMO, orografia, SDI, strih vetra

1. Úvod

Supercelárne búrky môžu počas teplejších mesiacov predstavovať jediný zdroj náhlych prírodných ohrození, najmä veľkých krúp, privalových zrážok a silných nárazov vetra. Socioekonomické dopady superciel sú v horských regiónoch často špecifické, pričom ich predpovedateľnosť sa tu značne komplikuje. Tak ako pri každom type konvektívnych búrok, aj supercely na vznik a udržanie stabilného výstupného prúdu vyžadujú priaznivé termodynamické podmienky. Ich dynamika a následná intenzita však podstatne závisia od miery rotácie prúdenia (vorticity), ktorá v prostredí súvisí najmä s vertikálnym strihom vetra. Zmena rýchlosti a smeru vetra s výškou ovplyvňovaná zemským povrchom je preto kľúčovou charakteristikou, ktorá má dopad na výskyt a intenzitu superciel (Markowski a Dotzek 2011; Riggini et al. 2025).

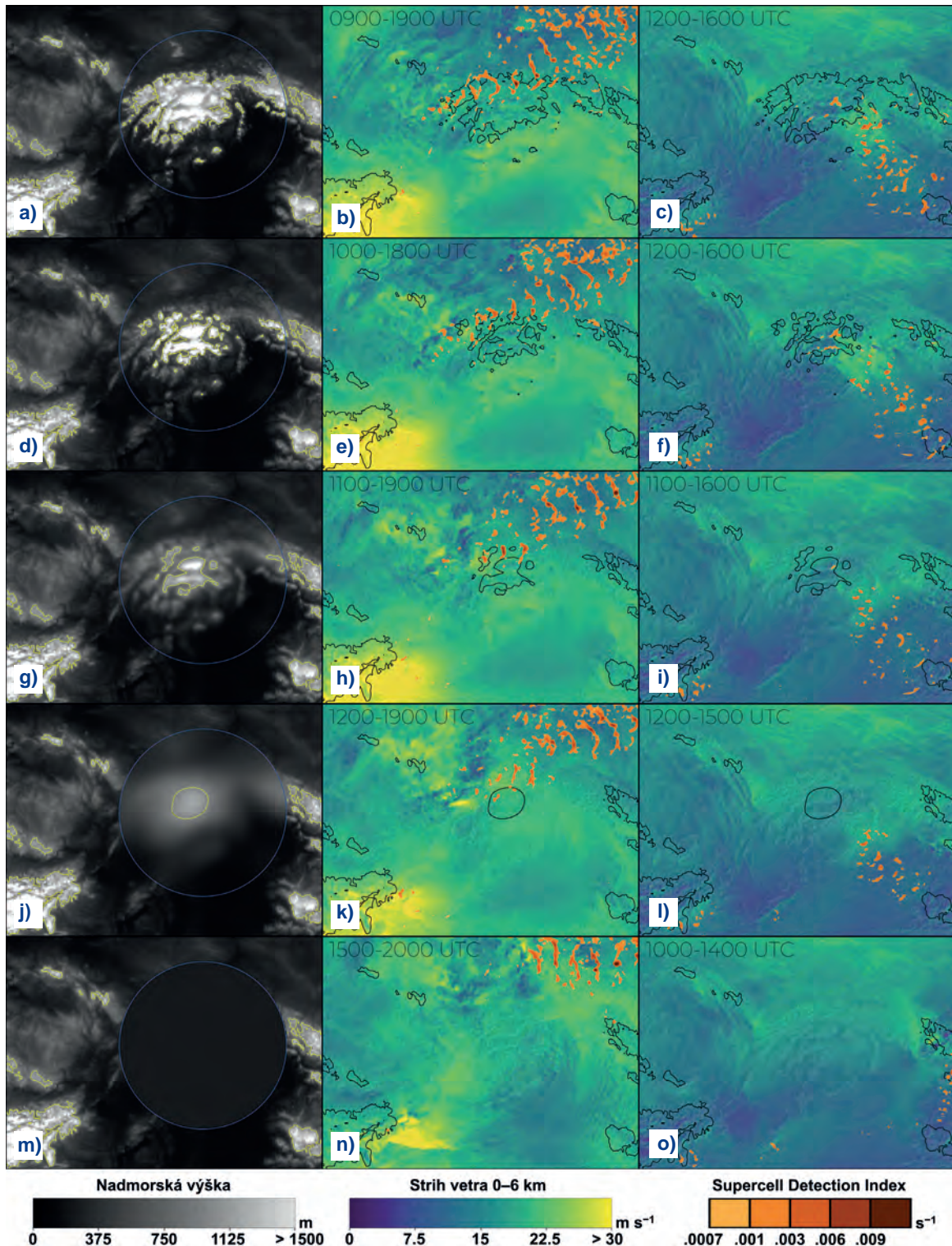
2. Metodika

Prezentovaný výskum nadväzuje na Kvak et al. (2023) a Kvak et al. (2026, v recenzii vo Wea. Forecasting), ktorí analyzovali radarové charakteristiky a iniciačné prostredia 62 superciel počas 31 dní v rokoch 2015–2019. Všetky termíny superciel zo Západných Karpát (oblasti >800 m n. m. v centrálnej časti obr. 1a) sú simulované numerickým modelom predpovede počasia COSMO s horizontálnym rozlíšením 2,8 km. Simulácie sú vykonané pre štandardnú orografiu (obr. 1d),



Obr. 1 Dva vybrané termíny superciel v záujmovej oblasti. (a–d) Digitálny model reliéfu (DMR) so sústredenou doménou na Z. Karpaty (čierno–biela škála); (d) DMR v COSMO. Trasy reálnych superciel (purpurovo): (b) 6. mája 2015, (c) 27. júna 2019. Smer pohybu superciel: žltomodrá šípka; časový výskyt: ľavý horný roh (zaokrúhlený na najbližšiu hodinu). (e,f) Simulovaný strih vetra v hodine iniciácie (modro–žltá škála) a kompozit SDI s hodinovým krokom (jantárová škála) počas trvania simulovanej supercely (ľavý horný roh). Vrstevnica 800 m n. m. v (a,d) žltá, v (e,f) čierna línia.

aj pre modifikované orografické vrstvy pripravené v Climate Data Operators (CDO). Tento príspevok sa zameriava na prípady 6. mája 2015 (obr. 1b) a 27. júna 2019 (obr. 1c) a na vybrané orografické modifikácie opísané v nasledujúcej kapitole. Pri analýze je kladený dôraz na časopriestorový vývoj vertikálneho strihu vetra vo vrstve od zemského povrchu po 6 km n. m. (odteraz len strih vetra; obr. 1e,f) v oblasti vzniku simulovaných superciel a na ich evolúciu, pričom rotujúce výstupné prúdy búrok sú v modeli identifikované pomocou Supercell Detection Index (SDI; Wicker et al. 2005).



Obr. 2 Simulované supercely a strih vetra v modeli COSMO pri rôznych úpravách orografie. V 1. stĺpci modifikácie terénu v oblasti vyznačenej modrou kružnicou: (a) +50 % nad 400 m n. m.; (d) +50 % nad 800 m n. m.; (g) vyhladenie všetkých bodov 3× (deväťbodový filter); (j) vyhladenie 90×; (m) všetkým bodom priradená hodnota 200 m n. m. V 2. stĺpci prislúchajúce simulácie pre 6. máj 2015, v 3. stĺpci pre 27. jún 2019. Iniciačný čas poľa strihu vetra a interval kompozitu SDI (hodinový krok) sú uvedené v ľavom hornom rohu. V (b,c) smer pohybu superciel: žlto-modrá šípka (totožný pre všetky simulácie). Vrstevnica 800 m n. m.: 1. stĺpec žltá, 2–3. stĺpec čierna línia.

3. Výsledky

Obr. 2 sumarizuje päť orografických modifikácií (1. stĺpec) a zodpovedajúce simulácie strihu vetra a SDI (po riadkoch) pre dva termíny (6. máj 2015 v 2. stĺpci, 27. jún 2019 v 3. stĺpci). Porovnanie trás pozorovaných superciel (obr. 1b,c) so simuláciami bez úprav (obr. 1e,f) aj s modifikáciami (obr. 2) ukazuje nevýraznú časopriestorovú variabilitu.

Pri uvažovaní prahu signifikantného supercelárneho signálu v simuláciách ($SDI > 0,003 \text{ s}^{-1}$) podľa Wicker et al. (2005) sa však poloha a čas výskytu konvektívnych buniek s potenciálne rotujúcim výstupným prúdom v stredných hladinách môžu pre nejedného čitateľa javiť ako odlišné od pozorovaní. V prvom termíne (2. stĺpec; obr. 1 a 2) je supercela vo všetkých simuláciách posunutá severnejšie než reálna, severne od najvyšších polôh. V severovýchodnej časti domény sa zároveň vyskytuje pretrvávajúci šum zvýšených hodnôt SDI vo viacerých konvektívnych bunkách, ktorý nesúvisí so záujmovou supercelou ani jej regeneráciou. Čas výskytu supercely je vo väčšine behov porovnateľný s realitou. Výnimkou je modifikácia so zvýšením terénu nad 400 m n. m. (obr. 2b), kde supercela vzniká približne o 3 h skôr než pozorovaná (obr. 1b) a o 2 h skôr než v kontrolnom behu (obr. 1e). Pri oboch typoch navýšenia terénu (obr. 2b,e) sa prahový SDI signál objavuje skôr a na dlhšej dráhe, často už desiatky kilometrov proti smeru prúdenia oproti kontrolnej simulácii aj pozorovaniu. Maximálna hodnota SDI pritom v supercele zásadne nerastie ($\approx 0,009 \text{ s}^{-1}$), podobne ako pri slabom vyhladení terénu (obr. 2h). Predlžuje sa však súvislý úsek vyšších hodnôt SDI smerom na severovýchod. Tento efekt so zvyšujúcim sa vyhladením terénu slabne a pri silnom vyhladení (obr. 2k) sú dĺžka supercely aj hodnoty SDI približne polovičné oproti kontrolnému behu (obr. 1e).

V druhom termíne (3. stĺpec; obr. 1 a 2) model systematicky oneskoruje supercelu o $\sim 2\text{--}3$ h a prahový SDI signál je počas života menej súvislý. Poloha iniciácie sa medzi simuláciami výrazne nemení, pri silnom vyhladení terénu (obr. 2l) sa posúva mierne po smere prúdenia na juhovýchod. Aj tu navýšenie terénu (obr. 2c,f) vedie k početnejšiemu a dlhšiemu supercelárnemu signálu, no zároveň sa objavuje šum zvýšených hodnôt SDI, najmä v okolí najvyšších pohorí, súvisiaci s výstupnými pohybmi pri strmších terénnych hranách a limitmi SDI. V takýchto prípadoch je možné šum jednoducho odfiltrovať prekrytím so simulovanou radarovou odrazivosťou (neprezentované). Maximálne hodnoty SDI sa naprieč behmi výrazne nelíšia a len pri navýšenom teréne prechodne presahujú $0,006 \text{ s}^{-1}$. Pre oba termíny je najvýraznejším výsledkom vymiznutie superciel v simuláciách s orografiou nastavenou na 200 m n. m. (obr. 2n,o) a zároveň fakt, že smer pohybu superciel zostáva pri všetkých modifikáciách podobný a blízky pozorovaniu.

Pri strihu vetra sa vo všetkých simuláciách prejavujú tri znaky: (i) supercely sa často tvoria v oblasti lokálne zvýšeného strihu (v 1. termíne $> 30 \text{ m s}^{-1}$, v 2. termíne $> 20 \text{ m s}^{-1}$), pričom v prvom prípade leží anomália severozápadne od najvyšších polôh (na návetrí vzhľadom na pohyb supercely) a v druhom juhovýchodne (v závetrí); (ii) rozsah týchto a ďalších (napr. vnútrokotlinových) anomálií sa mení s úpravou orografie, najmä pri druhej supercele, kde sa pri navýšení terénu strih lokálne zvyšuje až na $\sim 25 \text{ m s}^{-1}$ (obr. 2c,f), zatiaľ čo pri povrchu stanovenom na 200 m n. m. anomálie zanikajú spolu so supercelárnym SDI signálom v oboch prípadoch (obr. 2n,o); (iii) zmena orografie modifikuje pole strihu nielen v bezprostrednom okolí terénu, ale taktiež po aj proti smeru prúdenia na desiatky až stovky kilometrov (napr. pokles strihu v juhovýchodnej časti domény pri vyhladení: obr. 2f vs. 2l; ~ 15 vs. $\sim 10 \text{ m s}^{-1}$), čo ovplyvňuje aj vzdialenejšie konvektívne bunky a supercelárne signály v daný termín.

4. Diskusia

Dva vyššie prezentované prípady reálnych superciel ilustrujú situácie, v ktorých je napriek uvedeným odchýlkam zachytenie supercelárných búrok modelom naprieč 31 termínmi relatívne obstojné (časová odchýlka do 3 h, priestorová v ráde desiatok km). Čitateľ ani prax predpovede počasia však nemôžu očakávať, že modely s vysokým rozlíšením poskytnú dokonalý výstup bez potreby dodatočnej interpretácie. Časopriestorový výskyt superciel v komplexnom, najmä horskom, teréne je podmienený veľkým množstvom termodynamických a kinematických činiteľov, ktoré ovplyvňujú iniciáciu, intenzitu aj životnosť superciel (Feldmann et al. 2025). Časť týchto procesov zostáva modelmi zachytená len čiastočne, či už pre mierku menšiu než rozlíšenie modelu, alebo pre zjednodušenia nevyhnutné na výpočet v relevantnom čase. Zo simulácií na obr. 2 vyplýva, že najmenej ovplyvnenou charakteristikou superciel je ich priemerný pohyb, ktorý sa primárne viaže na stredný vietor v oblačnej vrstve (s výhradou miery propagácie superciel typicky doprava od radiaceho prúdenia), ktorý je relatívne slabovo ovplyvnený orografiou (Markowski a Dotzek 2011). Naopak, variabilita hodnôt SDI naznačuje, že prostredie podporujúce dynamiku a intenzitu superciel je citlivé na nízko hladinové prúdenie vzhľadom na pohyb búrok a na jeho interakciu s terénom, čo sa môže prejaviť aj v dostupnosti a intenzite vtoku vlhkého vzduchu do supercely (Riggin et al. 2025).

Zníženie terénu síce môže podporiť termodynamické podmienky (napr. veľkopriestorovo vyššiu konvektívnu dostupnú potenciálnu energiu), zároveň však vedie k zániku lokálnych pozitívnych anomálií formovaných procesmi nad horským terénom, ktoré môžu prispievať k iniciácii konvekcie (Scheffknecht et al. 2017). So zahladením terénu sa zároveň strácajú kinematicky priaznivé prostredia spojené s modifikáciou prúdenia v okolí hôr, k čomu dochádza najmä v situáciách s menšou synoptickou podporou (obr. 2n,o). Vyššie hodnoty SDI a častejší presah supercelárneho signálu pri navýšení terénu (obr. 2b,c,e,f) naznačujú, že výstupné prúdy búrok môžu v modeli profitovať z výraznejších výstupných pohybov

vzduchu a z väčšej modifikácie poľa vetra. Tá vedie k silnejšiemu strihu vetra, produkcii horizontálnej vorticity, lepšej organizácii búrok a účinnejšej transformácii výstupného prúdu búrky na mezocyklónu, pričom tieto dopady sa môžu prejaviť aj vo väčšej vzdialenosti od horskej prekážky (Mulholland et al. 2019). Pozorované zmeny možno interpretovať dvoma skupinami procesov: (i) pri silnejšom prúdení interakciou nízkohladinového prúdenia s terénom a presunom perturbácií do okolia pohorí (prvý termín; obr. 1e); (ii) pri slabšom prúdení termicky riadenými cirkuláciami, ktoré modifikujú strih vetra nad oslnenými svahmi, v dolinách a kotlinách či v závetří hôr (druhý termín; obr. 1f).

5. Záver

Predložený text ponúka ukážku hlbšieho výskumu výskytu a dynamiky supercelárnych búrok v okolí horského terénu Západných Karpát. Prezentované sú dva termíny superciel simulované v numerickom modeli COSMO pri rôznych modifikáciách vstupnej orografie. Simulácie COSMO zachytávajú supercelárne situácie pomerne uspokojivo, s odchýlkami v čase zväčša ~2 h a v polohe v ráde desiatok km. Smer a priemerný pohyb superciel zostávajú naprieč modifikáciami podobné pozorovaniam, zatiaľ čo iniciácia, priebeh intenzity a životnosť sú výrazne citlivé na orografiu. Tá je v skúmaných prípadoch kľúčovou podmienkou výskytu superciel, pričom pri „vypnutej“ orografii supercely v simuláciách prakticky miznú. Navýšenie terénu zvyšuje supercelárny signál v modeli, pričom supercely sa objavujú skôr, majú dlhšiu dráhu a častejšie prekračujú vyššie prahy SDI, hoci maximá SDI sa výrazne nemenia. Vyhladenie terénu supercelárny signál oslabuje a pri silnom vyhladení sa skraca dráha aj klesá intenzita superciel. Zmeny orografie zároveň ovplyvňujú pole strihu vetra nielen lokálne, ale aj vo vzdialenosti na desiatky až stovky kilometrov od modifikovaného terénu. Celkovo výsledky podporujú interpretáciu, že terénom modifikované nízkohladinové prúdenie a strih vetra zásadne ovplyvňujú výskyt, intenzitu a perzistenciu superciel v oblasti Západných Karpát.

Literatúra:

- FELDMANN, M., ROTUNNO, R., GERMANN, U., BERNE, A., 2024. Supercell Thunderstorms in Complex Topography – How Mountain Valleys with Lakes Can Increase Occurrence Frequency. *Mon. Wea. Rev.* roč. **152**, s. 471–489. Dostupné z: <https://doi.org/10.1175/MWR-D-22-0350.1>.
- KVAK, R., OKON, E., BLIŽŇÁK, V., MÉRI, L., KAŠPAR, M., 2023. Spatial distribution and precipitation intensity of supercells: Response to terrain asymmetry in the Western Carpathians, Central Europe. *Atmos. Res.* roč. **292**, č. 106885. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2023.106885>.
- MARKOWSKI, P. M., DOTZEK, N., 2011. A numerical study of the effects of orography on supercells. *Atmos. Res.* roč. **100**, s. 457–478. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2010.12.027>.
- MULHOLLAND, J. P., NESBITT, S. W., TRAPP, R. J., 2019. A Case Study of Terrain Influences on Upscale Convective Growth of a Supercell. *Mon. Wea. Rev.* roč. **147**, s. 4305–4324. Dostupné z: <https://doi.org/10.1175/MWR-D-19-0099.1>.
- RIGGIN IV, R., DAVENPORT, C., EASTIN, M., MCKEOWN, K., PURPURA, S., KATONA, B., 2025. Idealized Simulations of Supercell Thunderstorms Traversing the Appalachian Mountains. *Mon. Wea. Rev.* roč. **153**, s. 373–402. Dostupné z: <https://doi.org/10.1175/MWR-D-23-0285.1>.
- SCHEFFKNECHT, P., SERAFIN, S., GRUBIŠIĆ, V., 2017. A long-lived supercell over mountainous terrain. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.* roč. **143**, s. 2973–2986. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/qj.3127>.
- WICKER, L., KAIN, J., WEISS, S., BRIGHT, D., 2005. A Brief Description of the Supercell Detection Index. NOAA/NWS Storm Prediction Center, 10 s. Dostupné z: https://web.archive.org/web/20061013145243/http://www.spc.noaa.gov/ex_per/Spring_2005/SDI-docs.pdf.

Digitální kalibrační certifikát jako nástroj moderní metrologie v meteorologii

Gregor Starinský^{1,2}, Jan Rybář^{1,2}, Tomáš Čamaj¹, Peter Onderčo^{1,2}, Andrej Smetánka¹

¹ Slovenská technická univerzita v Bratislavě, Strojnická fakulta, Ústav automatizace, informatizace a měření, Nám. slobody 17, 812 31, Bratislava, Slovenská republika, gregor.starinsky@stuba.sk, jan.rybar@stuba.sk, xcamaj@stuba.sk, peter.onderco@stuba.sk, andrej.smetanka@stuba.sk.

² Dopravní podnik Bratislava, a. s., Olejkárska ulice 1, 814 52 Bratislava, Slovenská republika

Klíčová slova: digitální kalibrační certifikát, kalibrace, meteorologie, metrologie, měření

1. Úvod

Metrologie představuje nezbytný základ pro přesná a dlouhodobě srovnatelná měření v meteorologii, zejména v době rostoucích požadavků na klimatické modely a predikci extrémních atmosférických jevů. Důležitou roli v tomto procesu hrají meteorologická měřidla a snímače, jejichž správná funkce, kalibrace a metrologická návaznost jsou nezbytné pro zajištění spolehlivosti měřených dat. Tradiční papírové kalibrační protokoly a evidenční dokumentace měřidel jsou postupně nahrazovány digitálními kalibračními certifikáty (Digital Calibration Certificate – DCC), které integrují informace o měřidlech, použitých kalibračních metodách i statistickém vyhodnocení výsledků v jednotné elektronické formě. Cílem tohoto sdělení je prezentovat možnosti a přínosy využití DCC při kalibraci (Slezák et al. 2021) meteorologických snímačů a měřidel, analyzovat metodické přístupy k jejich implementaci a ukázat praktické dopady tohoto přístupu na zajištění kvality dat v provozní meteorologii i v dlouhodobých klimatologických studiích.

2. Metodika

Tato část sdělení popisuje postupy a metody používané při získávání a zpracování meteorologických dat. Výsledky měření byly získány pomocí automatické školní meteorologické stanice, která slouží pro výukové i výzkumné účely a umožňuje sledovat základní klimatické veličiny, jako jsou teplota vzduchu, relativní vlhkost, atmosférický tlak, rychlost větru a úhrn srážek.

Měření byla prováděna systematicky v pravidelných intervalech, přičemž použité snímače zajišťovaly dostatečnou přesnost a spolehlivost získaných dat. Použitá měřidla byla pravidelně kontrolována a kalibrována v souladu s metrologickými požadavky, aby byla zajištěna návaznost měření a dlouhodobá srovnatelnost dat. Zaznamenaná data byla následně vyhodnocena a analyzována s cílem identifikovat základní trendy a provést srovnání naměřených hodnot v čase.

Právě struktura jednotlivých částí kalibračního certifikátu je klíčovým prvkem zajišťujícím metrologickou návaznost měřidel a spolehlivost získaných dat. Certifikát obsahuje jak administrativní údaje, týkající se kalibrační laboratoře, objednatelů a identifikace měřidla (např. logo organizace, adresa laboratoře, číslo certifikátu, typ



Obr. 1 Základní cyklus kalibračního procesu. Zdroj: Vlastní zpracování z Mustapää et al. 2024.

a identifikace měřidla, údaje o objednateli a uživateli), tak technické údaje, které dokumentují průběh kalibrace a kvalitu měření (např. podmínky okolí, použité etalony, výsledky kalibrace, koeficient rozšíření). Každý prvek certifikátu má jasně definovanou funkci – administrativní části zajišťují jednoznačnou identifikaci a sledovatelnost dokumentu, zatímco technické prvky poskytují informace potřebné pro hodnocení přesnosti a spolehlivosti měřidla. Celkově tak strukturovaný kalibrační certifikát umožňuje transparentní a standardizovanou dokumentaci kalibračního procesu (obr. 1) a je nezbytným nástrojem pro zajištění kvality a spolehlivosti meteorologických měření ve školním i výzkumném prostředí, resp. v praxi (Kelemenová et al. 2016).

Kalibrační cyklus měřidla začíná vznikem potřeby provést kalibraci, ať už v důsledku opotřebení, opravy nebo podezření na nesprávné měření. Majitel či uživatel zařízení vypracuje požadavek na kalibraci, který obsahuje administrativní údaje o firmě, technické parametry měřidla a případné specifické požadavky. Tento dokument slouží poskytovateli kalibrace jako podklad pro provedení služby.

Po přijetí požadavku kalibrační laboratoř měřidlo fyzicky převezme, provede vstupní kontrolu jeho stavu a přidělí interní identifikační číslo. Následuje vlastní kalibrace, která může probíhat automaticky, poloautomaticky nebo manuálně, přičemž se zaznamenávají naměřené hodnoty a následně vyhodnocují včetně příspěvků nejistot (Palenčář et al. 2019), jako jsou chyba měřidla, podmínky okolí či korekce etalonu.

Na základě výsledků se vypracuje kalibrační certifikát, obsahující administrativní údaje (identifikace zákazníka, laboratoře a měřidla) a metrologické informace (naměřené hodnoty, podmínky kalibrace, výsledky). Certifikát je podepsán oprávněnou osobou a může být doplněn o grafickou dokumentaci či poznámky. Po vystavení je měřidlo připraveno k vrácení vlastníkovi a opatřeno značkou nebo štítkem potvrzujícím provedenou kalibraci. (Mustapää et al. 2024).

Majitel provede kontrolu certifikátu, porovnává výsledky s předchozími záznamy a schvaluje jeho platnost. Všechny údaje se následně evidují v interní databázi a archivují se podle platných předpisů, aby byla zajištěna dostupnost informací pro interní i externí audity a budoucí plánování kalibrací.

Celý cyklus je převážně administrativní – od přípravy a přijímání požadavku, přes vystavení, odevzdání, schválení a evidenci certifikátu až po archivaci. Samotná technická činnost, tedy provedení kalibrace a analýza měření, tvoří pouze menší část celého procesu, přičemž správná evidence a dokumentace jsou klíčové pro zajištění spolehlivosti a srovnatelnosti měření. (Mustapää et al. 2024).

2.1 Zpracování, struktura a použité metody

Pro tuto studii byly využity údaje ze školní automatické meteorologické stanice, která slouží nejen pro vědecká měření, ale také jako výukový nástroj pro studenty. Zaměřili jsme se na sledování teploty, relativní vlhkosti, rychlosti a směru větru v období 2023–2025. Data byla pravidelně ukládána a následně zpracovávána, což umožnilo studentům aktivně se zapojit do praktických meteorologických měření, porozumět principům fungování měřících přístrojů a analyzovat reálná data v rámci školních projektů a laboratorních cvičení.

Kalibrace snímačů byla realizována podle normy ČSN EN ISO/IEC 17025:2018 s využitím referenčních standardů s akreditovanou přesností prostřednictvím kalibrační laboratoře. Údaje z digitálního, resp. běžného papírového kalibračního certifikátu jsou následující (viz tab. 1):

- identifikační údaje snímače (výrobce, typ, sériové číslo),
- datum kalibrace a expirace,
- výsledky měření proti etalonům,
- statistické vyhodnocení odchylek,
- metadata o prostředí měření (teplota, tlak, vlhkost).

Tab. 1 Příklad struktury DCC pro snímač teploty. Zdroj: Vlastní zpracování.

Položka	Hodnota	Jednotka	Nejistota (k=2)
Výrobce	Vaisala	–	–
Typ snímače	HMP155	–	–
Sériové číslo	001	–	–
Datum kalibrace	2026-01-15	–	–
Rozsah měření	–40 až +60	°C	±0,15
Měřené hodnoty vs etalon	0,01–0,12	°C	±0,15

2.2 Statistická analýza

Pro vyhodnocení kvality kalibrace se zpravidla využívá:

- Analýza odchylek: porovnání snímače s referenčním etalonem.
- Opakovatelnost: standardní odchylka opakovaných měření.
- Lineární regrese: identifikace systematických odchylek v celém rozsahu měření.

Díky integraci DCC do centralizované databáze lze automaticky sledovat trendy a predikovat intervaly další kalibrace.

3. Výsledky

Použití digitálních kalibračních certifikátů umožnilo zlepšit přesnost a transparentnost měření. Tab. 2 shrnuje dopady po kalibraci školní automatické meteorologické stanice:

1. Snížení nejistoty: průměrná kombinovaná nejistota měření teploty se snížila z $\pm 0,18$ °C na $\pm 0,15$ °C.
2. Automatizace kontroly kvality: DCC umožňuje okamžité porovnání aktuálních dat s historickými odchylkami.
3. Predikce životnosti snímačů: na základě statistických trendů lze plánovat preventivní kalibrace.

Tab. 2 Shrnutí dopadu DCC na kvalitu vybraných snímačů. Zdroj: Vlastní zpracování.

Snímač	Před DCC ($\pm k = 2$)	Po DCC ($\pm k = 2$)	Zlepšení (%)
Teplota HMP155	0,18 °C	0,15 °C	16,7
Vlhkost HMP155	1,8 %	1,5 %	16,7
Větrná rychlost WMT52	0,25 m·s ⁻¹	0,20 m·s ⁻¹	20,0

4. Diskuze

Analýza ukazuje, že digitální kalibrační certifikát je nejen nástrojem administrativní evidence, ale především technickým prostředkem pro moderní metrologii:

- Zajištění konzistence: DCC minimalizuje lidský faktor při kontrole kalibrací a eliminuje chyby při přepisování dat.
- Integrace do systémů: Certifikáty lze propojit s meteorologickými databázemi a vizualizačními nástroji, čímž se zvyšuje dostupnost a transparentnost dat.
- Prediktivní metrologie: Statistické vyhodnocení umožňuje optimalizovat intervaly kalibrací a předcházet degradaci snímačů.

Potenciální limitací je nutnost standardizace formátu DCC mezi různými výrobci a institucemi. Rovněž je nezbytné zajistit kybernetickou bezpečnost při přenosu citlivých dat.

5. Závěr

Digitální kalibrační certifikát představuje efektivní nástroj moderní metrologie v meteorologii. Implementace DCC přináší:

- snížení nejistoty měření a vyšší přesnost dat,
- automatizovanou kontrolu kvality snímačů,
- predikci životnosti a optimalizaci kalibračních intervalů,
- transparentní a standardizovaný způsob dokumentace.

Budoucnost metrologie v meteorologii směřuje k úplné digitalizaci a integraci kalibračních dat do inteligentních systémů řízení kvality, čímž se zvyšuje spolehlivost a užitná hodnota meteorologických informací (Slezák et al. 2021).

V moderní metrologii představuje implementace digitálních kalibračních certifikátů (DCC) zásadní krok k posílení kvality a spolehlivosti meteorologických měření. DCC umožňuje systematickou evidenci měřidel, přesnou kvantifikaci nejistot měření a transparentní dokumentaci kalibrací, čímž se vytváří robustní rámec pro metrologickou návaznost a dlouhodobou srovnatelnost dat. Takto zavedený digitální systém navíc podporuje predikci životnosti měřicích přístrojů, optimalizaci kalibračních intervalů a automatizovanou kontrolu kvality snímačů, což je nezbytné pro vědecké studie i provozní meteorologii. Budoucnost metrologie v meteorologii tak směřuje k plné digitalizaci a integraci kalibračních

dat do inteligentních systémů řízení kvality, což významně zvyšuje užitnou hodnotu a spolehlivost získaných meteorologických informací.

Poděkování:

Autoři děkují Ústavu automatizace, informatizace a měření Strojnické fakulty Slovenské technické univerzity v Bratislavě za podporu při zpracování tohoto konferenčního sdělení. Poděkování patří rovněž všem zainteresovaným organizacím a projektům CAC-01-26, KEGA 028STU-4/2026, KEGA 025STU-4/2024 a APVV-21-0195 za jejich finanční podporu.

Literatura:

KELEMENOVÁ, T., DOVICA, M., 2016. Kalibrácia meradiel. 1. vydanie. Košice: Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Edícia vedeckej a odbornej literatúry, 232 s. ISBN 978-80-553-3069-3.

MUSTAPÄÄ, T., KOSKINEN, S., SUNDFORS, M., JONSSON, J., RISKA, K., LÖYTYNOJA, L. a BROO, J.-A., 2024. Enabling the use of digital calibration certificates in industrial calibration management systems. *Journal of Sensors and Sensor Systems*, roč. **13**, č. 1, s. 71–79. DOI: 10.5194/jsss-13-71-2024 [online]. [cit. 10. 03. 2026]. Dostupné z: <https://jsss.copernicus.org/articles/13/71/2024/>.

PALENČÁR, J., PAVLÁSEK, P., RYBÁŘ, J., FIŤKA, I., JAVORSKÁ, A., 2019. Teorie vyjadřování nejistoty měření v meteorologii. In: *Šumava 2019 sborník příspěvků z meteorologické konference*, Kvilda, ČR, 14. –16. 5. 2019. 1. vyd. Praha: Český hydrometeorologický ústav, s. 80–82. ISBN 978-80-87577-87-5.

SLEZÁK, M., HALAJ, M., 2021. Digitalizácia v metrológii – výzvy pre najbližšie obdobie. In: *Metrológia a skúšobníctvo*. roč. **26**, č. 2, s. 9–14. ISSN 1335-2768.

VI. Posterová sekce

Mimořádně chladný únor 1956 v Česku

Pavel Lipina¹, Veronika Šustková¹, Jan Procházka², Miloslav Müller^{3,4}

¹ Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ostrava, K Myslivně 3/2185, 708 00 Ostrava-Poruba, pavel.lipina@chmi.cz, veronika.sustkova@chmi.cz

² Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta zemědělská a technologická, Studentská 1668, 370 05 České Budějovice, prochazkaj@fzt.jcu.cz

³ Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v. v. i., oddělení meteorologie, Boční II 1401, 141 00 Praha 4, muller@ufa.cas.cz

⁴ Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, katedra fyzické geografie a geoekologie, Albertov 6, 120 00 Praha 2

Klíčová slova: teplota vzduchu, meteorologická stanice, povětrnostní pozorování, klimatologická databáze CLIDATA

1. Úvod

V únoru 2026 uplynulo 70 let od extrémně chladného února 1956. Tento měsíc je často srovnáván s únorem 1929, který byl nejchladnějším měsícem v posledních 150 letech, kdy máme dostupná měřená data potřebná k takovému vyhodnocení.

Noc z 10. na 11. února 1929 je nejchladnějším dnem/nocí na území Česka s platným českým rekordem $-42,2$ °C zaznamenaným na stanici Litvínovice u Českých Budějovic. Tento den byl velmi chladným na většině území Česka a velmi pravděpodobně ve střední Evropě. Také absolutní denní extrémy teploty vzduchu zaznamenané 31. ledna 1956 na většině stanic a 1., 9. a 10. února 1956 se často srovnávají s absolutním teplotním minimem 11. února 1929.

2. Meteorologická staniční síť v roce 1956

Zpracovávaný datový soubor průměrné měsíční teploty vzduchu obsahoval hodnoty z 342 stanic Česka. Třicet stanic mělo dostupná data pro zpracovávaný měsíc pouze v meteorologické ročence (HMÚ 1964). K většině stanic dostupných pouze v ročence se nám podařilo získat alespoň nějaké informace od pracovníků oddělení meteorologie a klimatologie příslušných poboček ČHMÚ. Většinou to jsou stanice s ukončeným pozorováním před rokem 1961 a obvykle s ne příliš dlouhou řadou měření. Proto pravděpodobně nedošlo k digitalizaci těchto dat. Denní data minimální teploty vzduchu pro měsíc únor 1956 jsou v Česku k dispozici z 276 meteorologických stanic. Do přehledu vyhodnocení pro Českou republiku zařazujeme i polskou stanici na Sněžce (1 603 m n. m.) (IMGW 1960) a německý Fichtelberg (1 213 m n. m.) (OPENDATA.DWD 2025). Ačkoliv to nejsou české stanice, leží v bezprostřední blízkosti naší hranice a zcela jistě zásadně přispívají k meteorologické charakteristice území Česka.

3. Průběh počasí

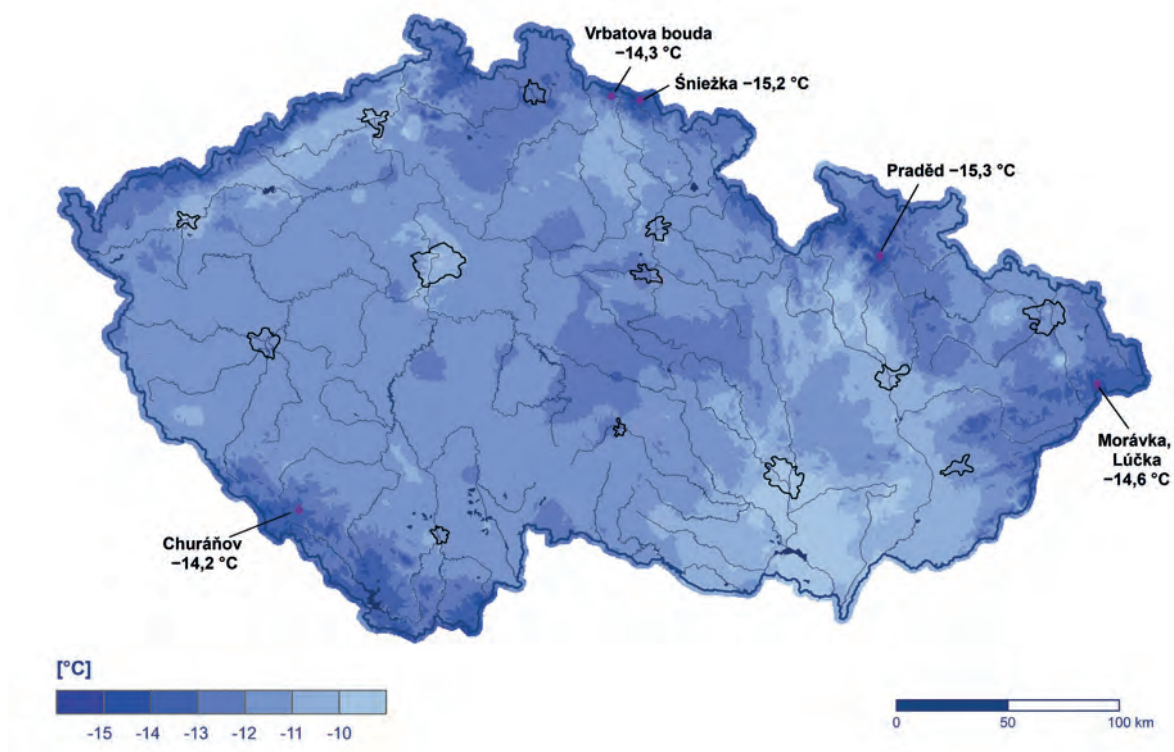
Celkem mírný průběh zimy 1955/56, s průměrnými a nadprůměrnými teplotami v prosinci a do poloviny ledna, nenasvědčoval žádnému extrémnímu průběhu. Podstatný obrat však nastal kolem 27. ledna po přechodu studené fronty, kdy se na většině území vytvořila souvislá sněhová pokrývka a teploty skokově poklesly hluboko pod bod mrazu. V únoru zesílil příliv arktického vzduchu od severovýchodu a nejsilnější mrazy byly tehdy zaznamenány ve dnech 9. a 10. února, kdy i průměrná denní teplota vzduchu poklesla pod -20 °C. Nejnižší teploty vzduchu, -35 °C i více, byly naměřeny neobvykle na různých místech republiky, na Českomoravské vysočině, na Táborsku, v Ašském výběžku, Jizerských horách i ve středních Čechách. Celodenní mrazy polevily až v posledních dnech února, kdy se konečně teploty dostaly nad nulu na hodnoty i kolem 5 °C.

V lednu 1956 bylo poměrně sucho, na počátku měsíce ležela jen několik dní slabá sněhová pokrývka, měsíční úhrny srážek činily často 21 až 23 mm, v jižních Čechách a na jižní Moravě místy dokonce jen 10 mm. V únoru spadla většina srážek ve formě sněhu, na celém území se slabší sněhová pokrývka z konce ledna postupně navýšila a v polovině měsíce dosahovala v nižších a středních polohách výšky 25 až 35 cm (Hrbek, Krhounek 1957).

4. Průměrná měsíční teplota vzduchu

Podle klimatologického normálu průměrné teploty vzduchu za období let 1961–1990 byl únor 1956 na celém území Česka chladnější o $10,5$ °C, tedy mimořádně podnormální. Průměrná měsíční teplota vzduchu na našem území měla hodnotu $-11,6$ °C, únor 1956 tak vychází jako druhý nejchladnější měsíc za posledních zhruba 150 let, kdy jsou k dispozici

přístrojová měření teploty vzduchu v dostatečném počtu k odpovídajícímu výpočtu obdobných plošných charakteristik. Únorový normál za následující období let 1961–1990 byl $-1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, v porovnání současně používaný normál za období 1991–2020 je $-0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Posledních 10 únorů (2017–2026) má průměrnou teplotu vzduchu $1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. V roce 2024 jsme zaznamenali historicky nejteplejší únor s průměrnou teplotou vzduchu $5,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ a s rekordní odchylkou od normálu 1991–2020 $+6,1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Od roku 1961 se nám měsíc únor v průměru oteplil o $2,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (OPENDATA.CHMI 2026).



Obr. 1 Průměrná měsíční teplota vzduchu [$^{\circ}\text{C}$] v únoru 1956.

Tab. 1 Průměrná měsíční teplota vzduchu [$^{\circ}\text{C}$] v únoru 1956 (nejnižší hodnoty).

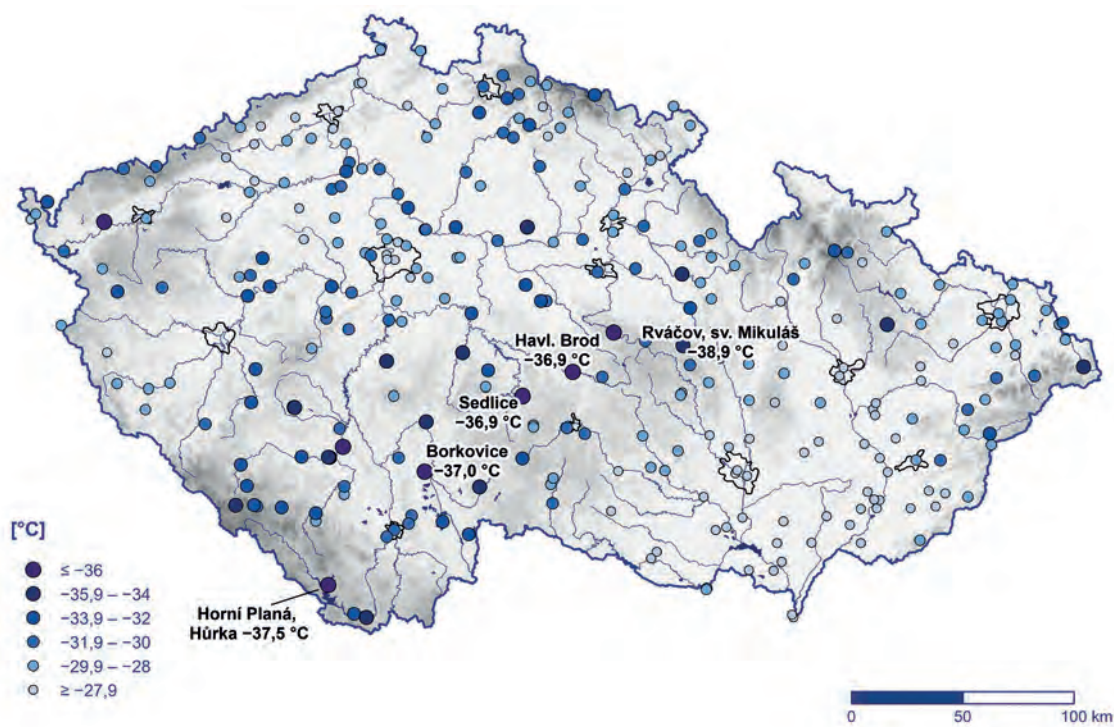
Název stanice	Indikativ	Nad. výška (m n. m.)	Okres	Geogr1	Geogr2	Teplota vzduchu
Praděd	O1PRAD01	1 490	Bruntál	17,230 0	50,082 8	-15,3
Sněžka	H6SNEZ01	1 603		15,733 3	50,733 3	-15,2
Morávka, Lúčka	O1MOLU01	610	Frýdek-Místek	18,551 2	49,528 9	-14,6
Vrbatova bouda, Vítkovice	H1VITK01	1 410	Semily	15,550 0	50,750 0	-14,3
Churáňov	C1CHUR01	1 122	Prachatice	13,613 1	49,068 3	-14,2
Fichtelberg		1 213		12,953 6	50,428 3	-14,2
Srní, Schätzův les		930	Klatovy	13,478 9	49,086 9	-14,0
Lysá hora	O1LYSA01	1 322	Frýdek-Místek	18,447 8	49,546 1	-13,9
Horní Planá, Hůrka	C1HPLA01	728	Český Krumlov	14,075 4	48,749 6	-13,8
Kvilda	C1KVIL01	1 062	Prachatice	13,578 1	49,019 7	-13,8
Červená	O1CERV01	700	Opava	17,541 9	49,777 2	-13,5

Nejnižší průměrná měsíční teplota vzduchu v únoru 1956 byla zaznamenána na Pradědu $-15,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ a na Sněžce $-15,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. V pořadí nejnižší měsíční hodnoty jsou uvedeny v tab. 1. Z dalších tehdejších stanic, kde byly naměřeny velmi nízké měsíční průměrné teploty vzduchu, uvádíme například $-13,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ v Jablonci nad Nisou a Ostružné, Ramzové, $-13,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ v Churáňově, Zdíkově, $-13,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ v Mostech u Jablunkova a ve Stachách, Zadově, $-13,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ Bedřichov, přehrada, Havlíčkův Brod, Hutisko-Solanec, Jablunkov, Staré Město pod Sněžníkem, Kunčice a Trojanovice, Pod Javorníkem, $-13,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ Bílá, Konečná, Karlova Studánka, Potůčky a Sedlice (o. Humpolec).

Naopak nejteplejší únor byl v Česku na stanici Brno, technika ($-9,0\text{ }^{\circ}\text{C}$), dále $-9,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ měly Dolní Studénky, Třemešek, Klobouky u Brna a Velké Pavlovice, $-9,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ Brno, Pisárky a Mikulov, $-9,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ Brno, Pisárky, Květná a Brno, Veverčí, $-9,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ Praha, Klementinum a $-9,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ Podivín.

Únor 1956 spadá klimatologicky do stabilního normálu let 1931–1960. Pro toto období měla nejvyšší únorový normál a jediný kladný v tomto měsíci stanice Praha, Klementinum $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, z dalších stanic pak Praha, Karlov $-0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ a Hodonín, vodárna $-0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Naopak nejnižší hodnoty jsou uváděny pro stanice na Pradědu $-7,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, na Lysé hoře $-6,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ a v Bedřichově $-4,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. V měsíci únoru 1956 vyplývá pro naše území vzhledem k uvedenému období průměrná odchylka teploty vzduchu mimořádných $-9,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Územní normál a odchylka byly vypočteny z dat klimatologické publikace tehdejšího Hydrometeorologického ústavu, kde jsou uvedeny dlouhodobé měsíční a roční průměry teploty vzduchu pro 181 stanic z Česka a 98 stanic ze Slovenska (HMÚ 1964).

Z přehledu českých stanic vyplývá nejnižší odchylka od normálu na našem území pro stanici Benecko, a to $-7,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, z dalších stanic měly nejnižší odchylky Vysoké nad Jizerou $-7,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, Lysá hora $-7,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, Bystřice pod Pernštejnem $-7,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, Špindlerův Mlýn, přehrada a Praděd $-8,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Mimořádnost chladného února pak podtrhují zvláště stanice s nejvyšší odchylkou od normálu. Těmi byly z uvedených přehledů stanice v Poděbradech s odchylkou průměrné měsíční teploty vzduchu $-11,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, Sedlčany $-11,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, Čáslav, Nové město a Lenešice $-11,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ a Mladá Boleslav $-11,0\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Obr. 2 Minimální denní teplota vzduchu [$^{\circ}\text{C}$] v únoru 1956.

5. Minimální teplota vzduchu

Vůbec nejnižší hodnoty minimální denní teploty vzduchu v únoru 1956 byly dosaženy na dnes již prakticky zapomenutých stanicích. Hodnota minima $-38,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ pochází ze stanice Rváčov, Svatý Mikuláš a minimum $-37,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ze stanice Horní Planá, Hůrka. Až třetí nejnižší teplota vzduchu $-37,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ pochází z dodnes fungující jihočeské stanice Borkovice. Nejvyšší české minimum bylo v únoru 1956 s hodnotou $-24,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ zaznamenáno na stanicích Branišovice, Děčín, Riegrova ulice a Pohořelice. Dále byl nejslabší mráz $-24,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ naměřen v Praze, Klementinu, $-24,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ v Podivíně, $-24,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ na stanicích Brno, Pisárky, Květná a Neštěmice, $-24,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ Kunovice, $-24,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ Velké Pavlovice a $-25,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ na stanicích Klobouky u Brna, Kuchařovice a Lednice.

Na mimořádně chladném konci ledna a února 1956 bylo zaznamenáno celkem 9 dnů s teplotou vzduchu $-30,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a nižší. Byly to 31. leden, 1., 9., 10., 11., 14., 15., 17. a 18. únor 1956.

Tab. 2 Minimální denní teplota vzduchu [°C] v únoru 1956 (nejnižší hodnoty).

6.

Název stanice	Indikativ	Nad. výška (m n. m.)	Okres	Geogr1	Geogr2	Teplota vzduchu	Datum minima
Rváčov, Svatý Mikuláš		567	Chrudim	15,842 6	49,770 8	-38,9	10.02.1956
Horní Planá, Hůrka	C1HPLA01	728	Český Krumlov	14,075 4	48,749 6	-37,5	10.02.1956
Borkovice	C2BORK01	410	Tábor	14,653 9	49,211 7	-37,0	10.02.1956
Havlíčkův Brod	P3HAVL01	455	Havlíčkův Brod	15,579 7	49,611 9	-36,9	10.02.1956
Sedlice	P3SEDC01	440	Pelhřimov	15,266 7	49,516 7	-36,9	10.02.1956
Královské Poříčí	L3KPOR01	416	Sokolov	12,636 1	50,197 2	-36,0	10.02.1956
Písek	C1PISK01	385	Písek	14,155 0	49,309 2	-36,0	10.02.1956
Tábor	C2TABO01	441	Tábor	14,669 2	49,413 6	-35,4	10.02.1956
Srní, Schätzův les		930	Klatovy	13,478 9	49,086 9	-35,3	10.02.1956
Jindřichův Hradec	C2JHRA01	470	Jindřich. Hradec	15,000 0	49,150 0	-35,2	10.02.1956
Jablunkov	O1JABL01	381	Frýdek-Místek	18,753 9	49,573 1	-35,0	01.02.1956
Městec Králové	H3MEST01	210	Nymburk	15,300 0	50,200 0	-35,0	10.02.1956
Sedlčany	P3SEDL01	330	Příbram	14,420 8	49,655 8	-35,0	10.02.1956
Vlašim	P3VLAS01	380	Benešov	14,894 7	49,691 9	-35,0	10.02.1956

Závěr

Mimořádně chladný únor roku 1956 se stal druhým nejchladnějším měsícem v Česku, a to minimálně za posledních 150 let. Průměrná měsíční teplota vzduchu byla podle všech dostupných dat $-11,6$ °C. Únorový normál Česka za období let 1961–1990 byl $-1,1$ °C. Odchylka tak činí mimořádných $-10,5$ °C. Aktuální normál pro únor za období 1991–2020 je $-0,4$ °C. Doposud nechladnějším měsícem za období dostupných přístrojových měření s dostatečným počtem dat k výpočtu (v klimatologické aplikaci CLIDATA databáze ČHMÚ) zůstává únor roku 1929 s průměrnou teplotou vzduchu $-12,2$ °C, podobně pak třetím nechladnějším měsícem leden roku 1942 s průměrnou měsíční teplotou vzduchu $-11,2$ °C.

Z dostupných dat byly v únoru 1956 nejnižší hodnoty minimální denní teploty vzduchu naměřeny na dnes již neprovozaných stanicích Rváčov, Svatý Mikuláš a Horní Planá, Hůrka s hodnotami $-38,9$ °C, resp. $-37,5$ °C.

Literatura:

HMÚ, 1964. Ročenka povětrnostních pozorování meteorologických stanic republiky Československé 1956, HMÚ: Praha. 1. vyd. 295 s.

IMGW, 1960. Rocznik Meteorologiczny 1956. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności Warszawa. 1. vyd., 482 s.

OPENDATA.DWD, 2025. Otevřená data Německé meteorologické služby [online]. DWD [cit. 28. 11. 2025]. Dostupné z: https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/observations_germany/climate/.

HRBEK, J., KRHOONEK, S., 1957. Promrzání půd v zimě 1955–1956. *Meteorologické zprávy*, roč. 10, č. 1, s. 16–23. ISSN 0026-1173.

OPENDATA.CHMI, 2026. Data územní teploty pro historické období od roku 1961 [online]. ČHMÚ [cit. 10. 3. 2026]. Dostupné z: https://opendata.chmi.cz/meteorology/products/regional_averages/temperature/.

HMÚ, 1964. Průměrné teploty vzduchu v ČSSR. Vydal HMÚ Praha pro interní potřebu. 10 s.

Povodně na Jesenicku

David Buček¹, Olga Halášová², Alena Kamínková³, Veronika Květoňová², Pavel Lipina³, Dominik Novotný², Jan Petrášek⁴, Pavel Rušar⁴, Irena Smolová², Jan Unucka³, Roman Volný³, Jarmila Šustková³, Veronika Šustková³

¹ Hasičský záchranný sbor Olomouckého kraje, oddělení ochrany obyvatelstva a krizové řízení, Schweitzerova 91, 779 00 Olomouc, david.bucek@hzscr.cz

² Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, katedra geografie, 17.listopadu 1192/12, 779 00 Olomouc, olga.halasova@upol.cz

³ Český hydrometeorologický ústav, regionální předpovědní pracoviště, K Myslivně 3/2182, 708 00 Ostrava-Poruba, alena.kaminikova@chmi.cz

⁴ Vlastivědné muzeum Jesenicka, Zámecké náměstí 120/1, 790 01 Jeseník, reditel@muzeumjesenik.net

Klíčová slova: povodeň, historická paměť, následky, ochrana obyvatelstva, budoucnost

1. Úvod

Publikace se věnuje povodním na Jesenicku v září 2024. Vznikla jako reakce na události, které velmi poznamenaly nejen zdejší region, ale téměř celou Českou republiku. Představuje hydrologické a klimatické charakteristiky regionu, dále vysvětluje meteorologické příčiny vzniku povodní v září 2024 a jejich dramatický průběh. Přibližuje proměny jesenické krajiny a připomíná historickou paměť zdejšího regionu. Dotýká se ochrany obyvatelstva a snaží se čtenáře motivovat, aby nepodceňovali riziko povodní. Zda se to povedlo, či nikoli, je již na posouzení samotného čtenáře.

2. Klimatická změna

Mohlo by se zdát, že malá středoevropská země, jako je Česká republika, je od zásadních projevů klimatické změny izolovaná. Opak je ale pravdou. Zvyšující se teploty vzduchu, extrémní počasí nebo střídání sucha s intenzivními přivalovými dešti a povodněmi – to vše jsou důsledky této změny, kterým čelíme. Její projevy můžeme nalézt i na území Jeseníků v podobě nejen zvyšující se průměrné teploty vzduchu a nárůstu počtu tropických dní, ale také např. s nárůstem extremity srážek, které jsou více koncertovány do krátkých a intenzivních epizod a vyvolávají rychlou hydrologickou odezvu na tocích. Prodlužují se období sucha aj. Výše uvedené má rozsáhlé ekologické a socioekonomické dopady v regionu.

3. Klimatologické poměry na Jesenicku

Pro stručnou klimatologickou charakteristiku Jeseníků byly vybrány meteorologické prvky jako teplota vzduchu, úhrn srážek a charakteristiky sněhu. Ty zásadně definují klima oblasti. Základní klimatologické charakteristiky jsou zásadně ovlivněny závislostí na nadmořské výšce. Pohoří podmiňuje vznik návětrných a závětrných efektů. V kontrastu s vrcholy nad 1 400 m n. m. mají níže položené lokality podnebí odlišné, ty nejnižší položené pak zcela jiné. Na návětrných svazích (převážně jihozápadních až západních) vznikají především v letních měsících vhodné podmínky pro „bouřkové“ projevy počasí, často doprovázené tvorbou mohutné oblačnosti, vypadáváním intenzivních srážek a také krup. Reliéf Jeseníků s vysokými horami a úzkými údolními má za následek častý výskyt přízemních teplotních inverzí. Za vhodných podmínek, obvykle při jasné noční obloze v jarním a podzimním období, tak vznikají údolní mlhy a výrazně klesá teplota vzduchu před rozedněním.

4. Hydrologie Jeseníků

Hlavními faktory ovlivňujícími hydrologickou bilanci a odtok vody z daného území jsou geomorfologické a geologické poměry. Jedná se především o rozsah absolutních a relativních výšek a expozice povodí vůči světovým stranám. To také dále ovlivňuje i efekt návětrné a závětrné strany při srážkových situacích. Dále jsou to spádové křivky jednotlivých údolí a také místa, kde se údolnice vodních toků setkávají. Pokud se „potkává“ více vodních toků na jednom místě, jako například přítoky Divoké Desné nebo soutok Bílé, Střední a Černé Opavy, jsou to také kritické body povodí z hlediska rizika časového souběhu povodňových vln z těchto přítoků. Dále sem patří délka a sklon svahů či hustota odtokové sítě a hydrogeologické poměry území a mnohé další. Hlavními toky v Jeseníkách jsou Morava, Desná, Bělá, Vidnávka, Moravice, Opava a jejich přítoky.

5. Přírodní rizika

Přírodní rizika jsou místně a časově specifická. Vyšší rizika nalézáme v hustě osídlených oblastech, což jsou v případě Jesenicka údolní nivy vodních toků s osídlením. V oblastech s vysokou mírou přírodního rizika může dojít k přírodním katastrofám. Tímto pojmem nazýváme většinou rychlé procesy vedoucí k obětem na životech a k velkým materiálním škodám. Například povodňové riziko na Jesenicku v minulosti opakovaně vyústilo v přírodní katastrofu. K přírodním rizikům na Jesenicku patří seismická aktivita, svahové procesy, eroze a extrémní meteorologické a hydrologické situace.

6. Historie regionu

Důležitou roli při zvládnání povodní hraje přirozeně místní obyvatelstvo. Samotná lidská paměť je krátká a ohraničená (nejen) délkou života, zkušenost předávaná z generace na generaci je tak v případě povodní mimořádně důležitá. Nejde jen o tu část vzpomínek spjatou se samotným průběhem povodní, ale také (či zejména) o tu spojenou se stavbou objektů v blízkosti vodních toků či se zvládnáním situací po záplavách. Zima zde často nastává dříve a sníh může ležet až do května, výjimečně i déle. O to více jsou historická paměť a zkušenosti v této oblasti cennější. Zpřetrhání zmíněného předávání paměti, jako byla zejména diskontinuita v osídlení po druhé světové válce, situaci v regionu výrazně narušila a v mnoha ohledech se jí nepodařilo zacelit do dnešních dnů.

7. Historické povodně

Povodně na Jesenicku se v minulosti vyskytovaly opakovaně. Podmiňujícím faktorem jejich vzniku je zejména reliéf Hrubého Jeseníku a Rychlebských hor. V jejich nejvyšše položených částech spadne v průměru více než 1 000 mm srážek ročně, přičemž v některých extrémních letech, jako byl rok 2024, to může být více než 1 600 mm srážek. Jelikož jesenické a rychlebské svahy jsou prudké a toky krátké, dochází často k velmi rychlé hydrologické odezvě. Ničivé jsou v této oblasti zejména letní povodně z trvalých, popř. přívalových srážek. Ale i zimní povodně, spojené především s táním sněhu, dokáží v tomto regionu významně zvednout hladiny toků. První písemná zmínka o povodni ve městě Jeseníku je z roku 1472. Systematičtější výčet povodní pak máme od 19. století.

8. Meteorologické příčiny povodní v září 2024

Tlaková níže vzniklá nad severní Itálií na podzim 2024 dostala dne 12. září jméno Boris. Zpočátku se vydala spíše východním směrem a teprve následně dále přes území Rumunska k severovýchodu. Obvykle, i tentokrát tomu tak bylo, dochází v rámci takto rozsáhlé tlakové níže k vytvoření hned několika samostatných středů níže a oblasti zasažené různě intenzivními srážkami se v podobných případech velmi různí. Příklady podobných meteorologických situací nalezneme i v poměrně nedávné minulosti, např. v roce 1997, 2002, 2010 či 2013 a velmi pravděpodobně bychom je našli i v historii vzdálenější. 5denní srážkové úhrny dosáhly na stanici Švýcárna (Loučná nad Desnou) 703,2 mm. Tam bylo překonáno republikové absolutní denní srážkové maximum, a to 385,6 mm. 21 stanic v okolí zaznamenalo denní srážkový úhrn vyšší než 400 mm.

9. Hydrologické modely vs. realita

Oblast Jesenicka byla od začátku meteorologické situace považována jako nejrizikovější, s největší shodou meteorologických modelů, co se týká rozložení a množství srážek. Hydrologické předpovědi jsou pro toto území vydávány pouze pro předpovědní profil Mikulovice na Bělé. Již několik dní před povodní střednědobé předpovědi správně poukázaly na extrémní vzestup hladiny řeky Bělé, a to až nad úroveň stoleté vody. S tím, jak se událost blížila, postupně „viděl“ vzestupy také model ALADIN, který počítá 66 hodin do budoucnosti. Vzhledem k charakteru povodňové situace bylo možné stejný scénář vývoje vztáhnout i na okolní vodní toky.

10. Ochrana obyvatelstva

Povodně na Jesenicku bohužel ukázaly, jak vodní živel dokáže být nemilosrdný, a to jak k životům, tak k majetkům zasažených obyvatel. V některých případech ani provedená opatření nedokázala zcela ochránit majetek a obydlí. Na druhou stranu se vyskytla i celá řada příkladů, kdy právě tato opatření pomohla alespoň zmírnit škody a dopady velké vody. Například vynesení prostředků a vybavení domácností do vyšších pater nebo včasné přeparkování vozidel na bezpečná místa jsou typickým příkladem možné ochrany majetku, které se vyplatily. Nicméně i na Jesenicku existovala celá řada příkladů, kdy tato opatření nebyla provedena a došlo k vysokým škodám, často zbytečně.

11. Rok poté

Kapitola obsahuje 13 rozhovorů s jesenickými osobnostmi o tom, jak prožívali povodně v září 2024, jak jsou na tom rok poté a jak jsou připraveny v případě dalších možných extrémů. Byli zpovídáni starostové a starostky, ředitelka nemocnice,

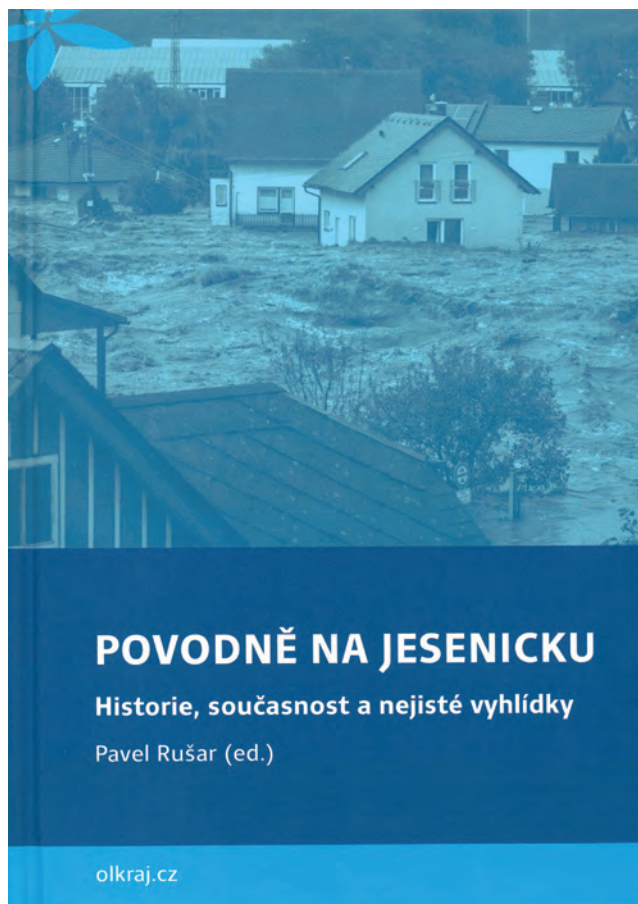
lesní správce, badatel muzea, technický správce, policista či ředitel velké společnosti. Je to velmi zajímavá sonda do života lidí, resp. pozic, které zastávají.

12. Závěr

Knihy není vyčerpávající, detailní, ani nezahrnuje téma v úplnosti. Takovou ambici neměla. Povodně jsou tématem historickým, geografickým, hydrologickým a klimatickým, ale také obecně lidským – souvisejícím s běžnými lidskými pocity, obavami, úzkostí, ale i ignorací a arogancí. K fenoménu je nutné přistupovat alespoň do možné míry komplexně.

Literatura:

BUČEK, D., HALÁSOVÁ, O., KAMÍNKOVÁ, A., KVĚTOŇOVÁ, V., LIPINA, P., NOVOTNÝ, D., PETRÁSEK, J., RUŠAR, P., SMOLOVÁ, I., UNUCKA, J., VOLNÝ, R., ŠUSTKOVÁ, J., ŠUSTKOVÁ, V., 2025. Povodně na Jesenicku: historie, současnost a nejisté vyhlídky, Olomouc. Olomoucký kraj. ISBN 978-80-7621-080.



Obr. 1 Obal tištěné publikace Povodně na Jesenicku.

Vývoj znečištění ovzduší v horských lokalitách Česka

Vladimíra Volná¹, Blanka Krejčí¹

¹ Český hydrometeorologický ústav, Úsek kvality ovzduší, Oddělení kvality ovzduší, pobočka Ostrava, K Myslivně 3/2182, 708 00 Ostrava, vladimira.volna@chmi.cz

Klíčová slova: horské lokality, imisní limit, koncentrace, vývoj kvality ovzduší, znečištění ovzduší

1. Úvod

Príspevek se zaměřuje na vývoj znečištění ovzduší na horských lokalitách v České republice. Do hodnocení byly zahrnuty měřicí stanice umístěné v nadmořské výšce nad 700 m n. n., které poskytovaly data alespoň v části období let 1968–2025. Analýza tak umožňuje sledovat dlouhodobé trendy kvality ovzduší v prostředí s omezeným vlivem lokálních zdrojů a lépe zachytit změny regionálního i dálkového přenosu znečištění.

S ohledem na další faktory však nejsou dlouhodobé časové řady měření na horských lokalitách zcela souvislé a reprezentativní v celém sledovaném období. Historicky byl totiž kladen důraz především na monitoring kvality ovzduší v obydlených oblastech, kde je přímý dopad znečištění na lidské zdraví nejvýznamnější. Horské stanice kvality ovzduší byly často zřizovány na místě stávajících meteorologických stanic nebo byly zřizovány později a jejich měření probíhalo s přestávkami, což je při interpretaci dlouhodobých trendů nutné zohlednit.

2. Staniční síť

Umístování stanic kvality ovzduší v České republice prošlo od druhé poloviny 20. století výrazným vývojem, který odráží změny ve zdrojích znečištění, technologických možnostech i cílech monitoringu. V počátečních fázích, zejména v 60. a 70. letech, bylo rozmístění měřicích stanic poměrně omezené a účelově zaměřené. Stanice byly umístovány především v oblastech s nejvyšší průmyslovou zátěží, tedy v severních Čechách, na Ostravsku a ve velkých městech. Hlavním cílem bylo sledovat extrémní koncentrace škodlivin v blízkosti velkých zdrojů emisí, jako byly elektrárny, hutě nebo chemické závody. Monitoring byl často lokální, nesystematický a technologicky méně pokročilý, přičemž data sloužila spíše k evidenci než k aktivnímu řízení kvality ovzduší.

V 80. letech se síť stanic postupně rozšiřovala, ale stále dominoval důraz na průmyslové oblasti. Stanice byly často umístěny tak, aby zachytily nejhorší možné hodnoty znečištění, což vedlo k určitému zkreslení celkového obrazu kvality ovzduší na území státu. Chyběla reprezentativní měření pro běžnou populaci nebo venkovské oblasti. Změna nastala po roce 1989. S rozvojem environmentální legislativy a postupným přibližováním standardům Evropské unie se začal klást důraz na systematickosti a reprezentativnost měření. V 90. letech došlo k modernizaci monitorovacích sítí a k jejich postupné standardizaci. Stanice již nebyly umístovány pouze do nejvíce zatížených lokalit, ale také do oblastí reprezentujících běžné městské, příměstské i venkovské prostředí.

V současnosti je síť stanic kvality ovzduší v České republice součástí Státní sítě imisního monitoringu a odpovídá evropským směrnici. Stanice jsou klasifikovány podle typu lokality (dopravní, průmyslové, městské požadové, venkovské požadové, apod.) a jejich umístění je navrhováno tak, aby poskytovalo reprezentativní informace o expozici obyvatelstva i o regionálním pozadí. Významnou roli hraje také modelování a doplňková měření. Dnešní síť je hustší, technologicky vyspělejší a umožňuje kontinuální monitoring širšího spektra znečišťujících látek. Data jsou navíc veřejně dostupná v reálném čase. Oproti minulosti tak nejde pouze o sledování extrémů, ale o komplexní hodnocení kvality ovzduší a podporu rozhodování v oblasti ochrany životního prostředí.

Informace o měřicích lokalitách kvality ovzduší (s aktivním i ukončeným měřením) najdete na internetových stránkách ČHMÚ <https://ovzdusi.chmi.cz/lokality.php>.

3. Vývoj kvality ovzduší

3.1 Vývoj kvality ovzduší v Česku souhrnně

Vývoj znečištění ovzduší v České republice od 60. let 20. století do současnosti je úzce spojen s průmyslovým rozvojem, energetikou i postupným zaváděním ekologických opatření v návaznosti na evropskou a českou legislativu.

V 60. až 80. letech minulého století patřilo území dnešní České republiky k nejvíce znečištěným oblastem Evropy. Systematicky se kvalita ovzduší začala sledovat až ke konci 60. let 20. století. Hlavními zdroji emisí byly těžký průmysl, hutnictví a především spalování uhlí v elektrárnách a lokálních topeništích. Typickými znečišťujícími látkami byly oxid siřičitý (SO_2), prachové částice a oxidy dusíku (NO_x). Kritická situace panovala zejména v severních Čechách (tzv. „černý trojúhelník“), kde docházelo k rozsáhlému poškození lesů a krajiny vlivem kyselých dešťů; obdobně také na severní Moravě (Ostravsko-Karvinská aglomerace) a návětrné straně Moravskoslezských Beskyd. V 80. letech se problémy dále prohlubovaly. Emise oxidu siřičitého dosahovaly svého maxima a kvalita ovzduší byla ve velkých průmyslových aglomeracích velmi špatná. Ochrana životního prostředí však nebyla prioritou tehdejšího režimu, a proto byla opatření omezená a málo účinná. Zásadní zlom nastal po roce 1989. Politické a ekonomické změny vedly k útlumu nebo restrukturalizaci těžkého průmyslu a zároveň k zavádění přísnější environmentální legislativy. V 90. letech proběhla rozsáhlá modernizace energetiky, zejména odsíření uhelných elektráren, což vedlo k dramatickému poklesu emisí oxidu siřičitého (o desítky procent během několika let). Postupně se snižovaly i emise prachových částic a dalších škodlivin. Od vstupu České republiky do Evropské unie v roce 2004 se ochrana ovzduší dále zlepšovala díky implementaci evropských směrnic a přísnějších emisních a imisních limitů. Významně se snížily emise z průmyslu i energetiky, zlepšila se kvalita paliv a rozvíjela se ekologičtější doprava.

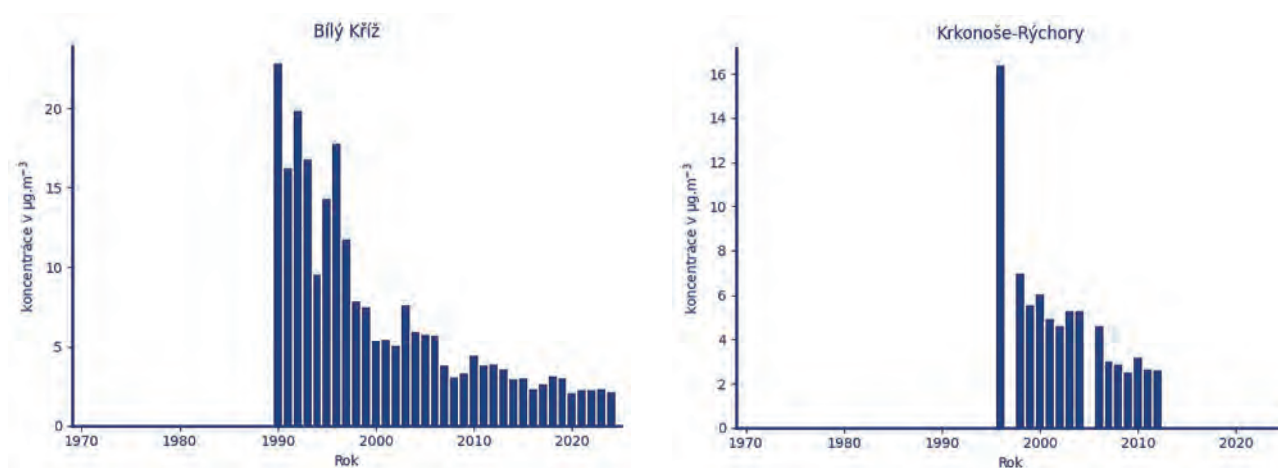
V současnosti je situace ve srovnání s minulostí výrazně lepší, nicméně některé problémy přetrvávají. Hlavními zdroji znečištění jsou dnes lokální vytápění domácností (zejména spalování pevných paliv), doprava a v některých regionech i průmysl. Nejproblematictějšími látkami jsou jemné prachové částice (PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$), benzo[*a*]pyren a přízemní ozon (O_3). Celkově lze říci, že kvalita ovzduší v České republice prošla od 90. let výrazným zlepšením, zejména díky technologickým inovacím a legislativním opatřením. Přesto zůstává ochrana ovzduší aktuálním tématem, které vyžaduje další kroky ke snížení emisí a ochraně zdraví obyvatel i životního prostředí.

3.2 Vývoj kvality ovzduší v Česku po jednotlivých škodlivinách

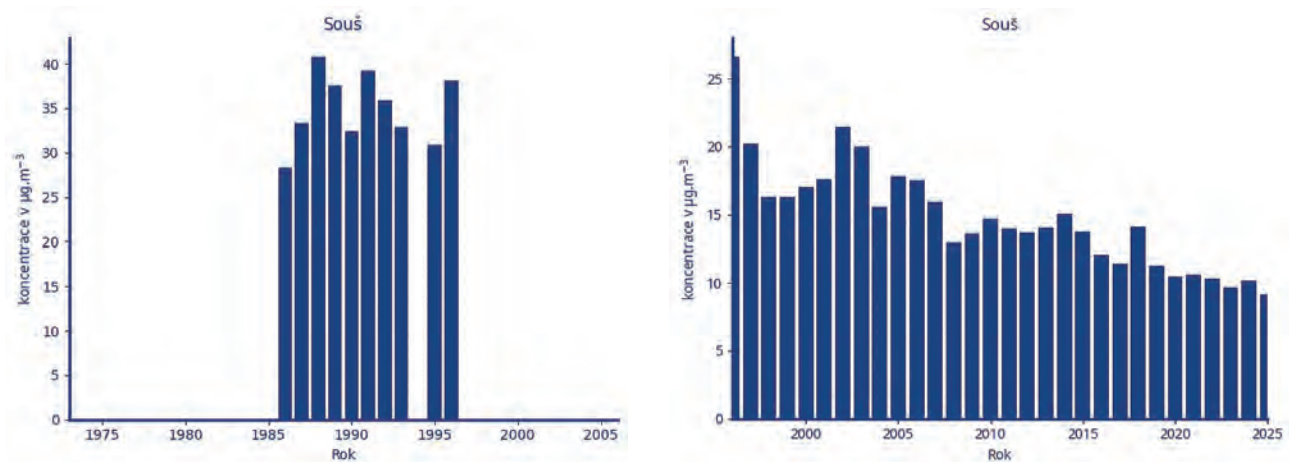
Vývoj kvality ovzduší v České republice není z hlediska jednotlivých znečišťujících látek jednotný. Každá škodlivina má odlišné zdroje, chování v atmosféře i odezvu na přijatá opatření, což se promítá do rozdílného trendu jejího vývoje v čase.

Nejvýraznější zlepšení lze pozorovat u oxidu siřičitého (SO_2). Jeho koncentrace byly v minulosti extrémně vysoké především v důsledku spalování sirnatého hnědého uhlí v energetice a průmyslu. Po roce 1989 došlo k zásadnímu poklesu emisí díky odsíření elektráren, změně palivové základny a útlumu těžkého průmyslu. Dnes se koncentrace SO_2 pohybují na relativně nízkých úrovních a tento polutant již nepředstavuje hlavní problém kvality ovzduší.

Odlišná situace je u suspendovaných částic, tedy prašného aerosolu. Měření prašného aerosolu v ovzduší prošlo v posledních desetiletích významným vývojem. Původně se sledoval tzv. celkový prašný aerosol, který zahrnoval široké spektrum velikostí částic bez ohledu na jejich zdravotní účinky. Tento přístup však neposkytoval dostatečně relevantní informace o rizicích pro lidské zdraví, protože největší význam mají jemnější částice schopné pronikat do dýchacího systému. Z tohoto důvodu došlo postupně k přechodu na měření frakcí aerosolu definovaných podle velikosti, zejména PM_{10} (částice s aerodynamickým průměrem menším než $10 \mu\text{m}$). V Evropě se měření PM_{10} začalo systematicky zavádět v 90. letech 20. století, přičemž zásadní legislativní rámec přinesla směrnice 1999/30/ES. Ta stanovila imisní limity pro PM_{10} a postupně vedla k útlumu rutinního sledování TSP. Moderní přístupy dnes navíc zahrnují i jemnější frakce, jako je $\text{PM}_{2,5}$. Oproti 80. letům došlo k poklesu koncentrací PM , ale vývoj není tak jednoznačný. Zdroje těchto částic jsou totiž rozmanitější – kromě průmyslu a energetiky sem patří i lokální vytápění domácností, doprava či sekundární vznik v atmo-



Obr. 1 Roční průměrné koncentrace SO_2 , Bílý Kříž v Moravskoslezských Beskydech (vlevo), a Krkonoše-Rýchory (vpravo).



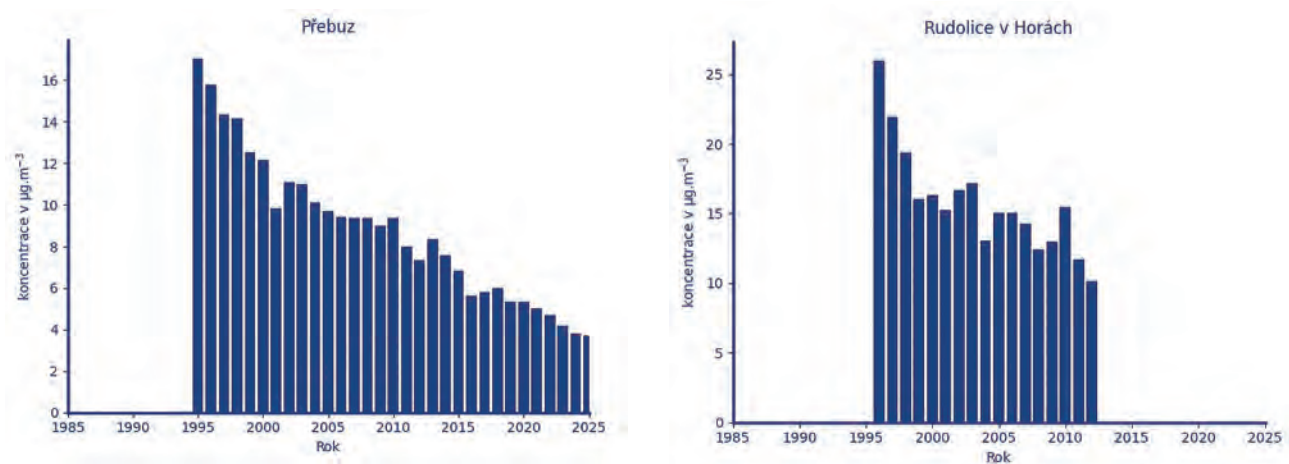
Obr. 2 Roční průměrné koncentrace prašného aerosolu, Souš v Jizerských horách (vlevo celkový prašný aerosol, vpravo prašný aerosol frakce PM_{10}).

sféře. V zimním období, zejména v oblastech s vysokým podílem vytápění pevnými palivy, dochází stále k překračování imisních limitů. Zlepšení je tedy pomalejší a regionálně velmi nerovnoměrné.

Podobně komplikovaný je vývoj u oxidů dusíku (NO_x). Zatímco emise z průmyslu a energetiky poklesly, významným zdrojem se stala silniční doprava. Ve velkých městech a podél dopravně zatížených komunikací tak koncentrace NO_2 zůstávají problémem. Technologický pokrok (např. emisní normy EURO) sice přispěl ke snížení emisí na vozidlo, ale nárůst intenzity dopravy tento efekt částečně vyvažuje.

Specifickou skupinu představuje přízemní ozon (O_3), jehož vývoj se liší od ostatních znečišťujících látek. Nejde o látku přímo emitovanou, ale vzniká sekundárně v atmosféře složitými fotochemickými reakcemi za přítomnosti slunečního záření a prekurzorů (NO_x a těkavé organické látky). Přestože emise těchto prekurzorů v dlouhodobém horizontu klesají, koncentrace ozonu nevykazují jednoznačný klesající trend. V některých případech mohou dokonce stagnovat nebo mírně růst, což souvisí s komplexní chemií atmosféry i vlivem klimatických změn (např. častější epizody horka a sucha).

Na obr. 4 a 5 je prezentována historická a aktivní stanice kvality ovzduší na Lysé hoře.



Obr. 3 Roční průměrné koncentrace NO_x , Přebuz (vlevo) a Rudolice v Horách (vpravo) v Krušných horách.

4. Souhrn

Z dlouhodobého hlediska došlo v České republice k výraznému zlepšení kvality ovzduší, zejména v důsledku omezení emisí z průmyslu a energetiky po roce 1989. Celkově tedy platí, že zatímco u některých škodlivin, jako je SO_2 , došlo k výraznému a relativně rychlému zlepšení, u jiných je vývoj pozvolnější, kolísavý nebo ovlivněný novými faktory. Hodnocení kvality ovzduší proto musí vždy zohledňovat specifika jednotlivých polutantů a jejich zdrojů. Horské lokality

přitom poskytují cenný pohled na regionální a dálkový přenos znečištění, i když jejich časové řady nejsou vždy souvislé. Nejvýraznější pokles byl zaznamenán u oxidu siřičitého, zatímco u suspendovaných částic a oxidů dusíku je vývoj povolnější a prostorově nerovnoměrný. Některé škodliviny, například benzo[*a*]pyren, se v minulosti systematicky neměřily, a proto pro ně nejsou k dispozici dlouhé časové řady, přesto však dnes patří mezi významné problematické polutanty. Specifické postavení má přízemní ozon, jehož koncentrace jsou ovlivněny komplexními procesy v atmosféře a nevykazují klesající trend.



Obr. 4 Manuální monitorovací stanice kvality ovzduší z prosince roku 2010 na Lysé hoře, foto: Vladimír Ondruch, ČHMÚ.



Obr. 5 Automatická monitorovací stanice kvality ovzduší a pluviokolektor z března roku 2026 na Lysé hoře, foto: Vladimíra Volná, ČHMÚ.

Celosvětová síť monitorující rostlinné invaze do vysokohorských a polárních oblastí

Michaela Vítková¹, Josef Kutlvašr^{1,2}, Lenka Moravcová¹, Jan Pergl¹, Irena Perglová¹, Jiří Sádlo¹, Hana Skálová¹, Petr Pyšek^{1,3}

¹ Botanický ústav AV ČR, v. v. i., Oddělení ekologie invazí, Zámek 1, 252 43 Průhonice, michaela.vitkova@ibot.cas.cz, josef.kutlvasr@ibot.cas.cz, lenka.moravcova@ibot.cas.cz, jan.pergl@ibot.cas.cz, irena.perglova@ibot.cas.cz, jiri.sadlo@ibot.cas.cz, hana.skalova@ibot.cas.cz, petr.pysek@ibot.cas.cz

² Česká zemědělská univerzita, Fakulta životního prostředí, Kamýcká 129, 165 00 Praha 6

³ Přírodovědecká fakulta UK, Katedra Ekologie, Viničná 7, 128 00 Praha 2

Klíčová slova: alpské a polární ekosystémy, biologické invaze, mikroklima, monitoring, půda

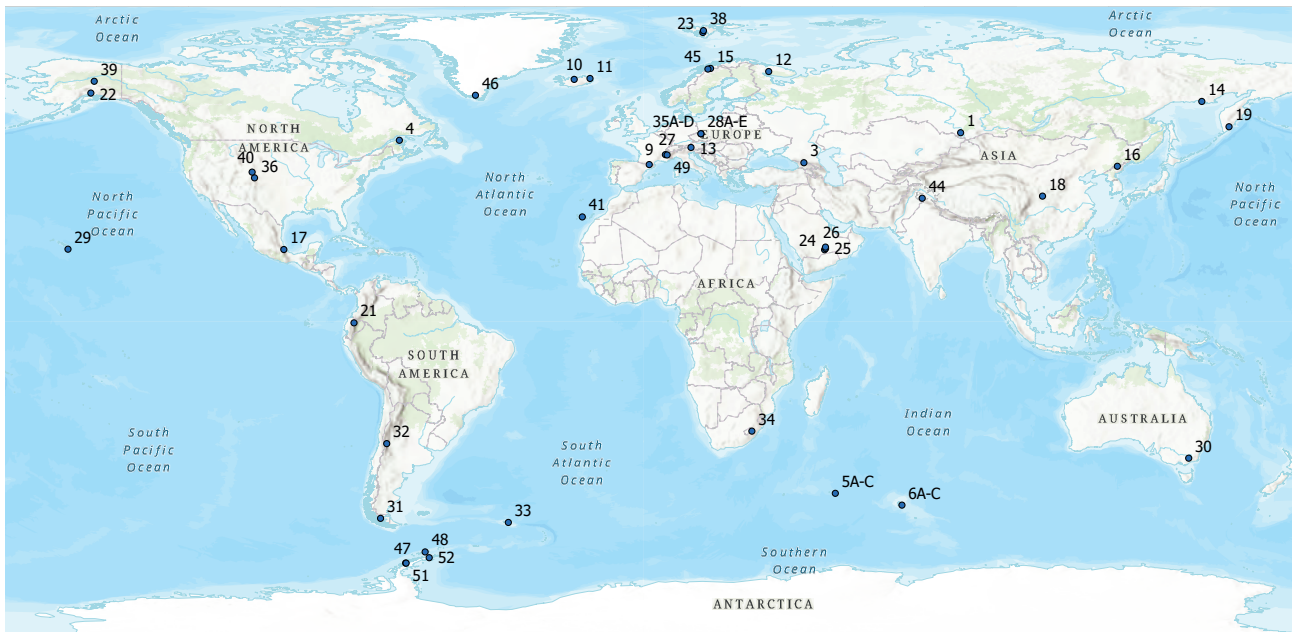
1. Úvod

Horské a polární ekosystémy představují vhodná modelová společenstva pro studium dopadů globálních změn na biodiverzitu (Heijmans et al. 2022, Yue et al. 2026). Obě prostředí jsou vymezena výraznými environmentálními gradienty a velkou variabilitou mikrohabitátů, což umožňuje přežívání druhů s úzkou ekologickou tolerancí a silnou vazbou na lokální mikroklima. Navzdory těmto podobnostem se však liší v prostorové struktuře biodiverzity: polární oblasti se vyznačují nízkou lokální druhovou bohatostí (α -diverzitou) v důsledku silného environmentálního filtru, nízké produktivity a geografické izolace, zatímco vysokohorské ekosystémy dosahují vyšší α -diverzity díky výrazné topografické a mikroklimatické heterogenitě, která podporuje koexistenci druhů i vznik endemitů. V obou případech je současně významná obměna druhového složení mezi lokalitami, vyjadřující vysokou jedinečnost a vzájemnou odlišnost lokálních společenstev vázaných na specifické podmínky prostředí, tzv. β -diverzita (Convey et al. 2014, Körner 2021).

Ačkoliv byly polární i vysokohorské oblasti dlouhodobě považovány za relativně nedotčené lidskou činností, současné studie ukazují, že antropogenní vlivy se zde projevují i stovky kilometrů daleko od zdrojů znečištění (Pärtel et al. 2025). Velkou roli hraje klimatická změna vedoucí k posunu teplotních a vlhkostních režimů směrem k podmínkám typickým pro nižší nadmořské výšky, zvýšená depozice dusíku měnící limitující živinové poměry v půdě a intenzifikace lidských aktivit spojená s fragmentací krajiny. Tyto procesy se vzájemně zesilují a vedou k posunům areálů rostlinných a živočišných druhů, ke změnám ve složení společenstev a jejich postupné biotické homogenizaci (Lenoir et al. 2020). Rostoucí konektivita krajiny spolu s klimatickou změnou a antropogenními disturbancemi urychlují biologické invaze do vysokohorských a polárních oblastí. Silnice a turistické stezky fungují jako klíčové disperzní koridory, které umožňují nepůvodním druhům pronikat do vyšších nadmořských výšek a zeměpisných šířek a následně se šířit do okolní krajiny (Iseli et al. 2023; obr. 1).



Obr. 1 Cestní lemy podél silnice ve Vysokých Tatrách (foto A. Palaj) a na Islandu (foto P. Wasowicz).



Obr. 2 Mapa regionů zapojených do celosvětové sítě.

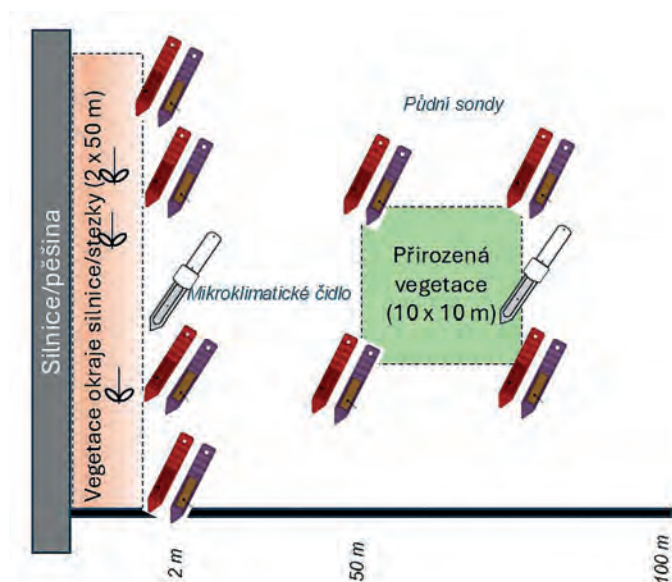
Porozumění těmto dynamikám je však často omezeno kvalitou dostupných dat, která jsou zpravidla založena na generalizovaných klimatických modelech a globálních databázích, které nedokážou zachytit jemnou prostorovou variabilitu stanovištních podmínek. V reakci na tento nedostatek vznikla v letech 2021–2024 v rámci projektu ASICS (ASsessing and mitigating the effects of climate change and biological Invasions on the spatial redistribution of biodiversity in Cold environments) celosvětová monitorovací síť propojující 52 polárních a vysokohorských regionů (obr. 2). Hlavním cílem českého týmu bylo analyzovat posuny areálů nepůvodních druhů podél gradientů nadmořské výšky a zeměpisné šířky v kontextu globálních změn a pomocí realistických simulací predikovat jejich dopady na přirozenou vegetaci. Cílem prezentované fáze projektu bylo založení celosvětové sítě a vytvoření standardizované metodiky monitoringu.

2. Metodika

Celosvětová síť byla založena tak, aby pokrývala horské i polární kontinentální i ostrovní ekosystémy na všech kontinentech včetně Antarktidy. Pro detailní studium ve vysokohorských podmínkách byla zvolena česká (plochy 28 A–E) a polská (35 A–D) strana Krkonoš, pro polární oblasti Crozetovy (5A–C) a Kerguelenovy (6A–C) ostrovy (obr. 2). Standardizovaným způsobem (obr. 3) byly vytyčeny trvalé monitorovací plochy o ploše 100 m² v návaznosti na dopravní infrastrukturu (pěšiny až frekventované silnice v závislosti na regionu), a to ve dvou (Grónsko, Špicberky, Antarktida) až třech (ostatní regiony) nadmořských výškách. Byla vytvořena jednotná standardizovaná metodika pro monitoring vegetace, mikroklimatu, dostupnosti půdních živin a zdrojů diaspor. Použité metody a zařízení minimalizují narušení prostředí a nevyžadují odběry půdy, což je významnou výhodou vzhledem k obtížnému získání povolení k jejímu exportu v mnoha zemích.

3. Výsledky

Z původního počtu 52 regionů se podařilo shromáždit data ze 44. V některých oblastech (např. Nový Zéland) komplikovalo výzkum získání potřebných povolení, spolupráce s většinou ruských týmů byla přerušena v důsledku válečného konfliktu a některé týmy přestaly reagovat.



Obr. 3 Design párové trvalé plochy.

Jednotná metodika zahrnuje tyto kroky:

1. Vegetační snímkování a měření funkčních vlastností vybraných druhů rostlin.
2. Měření dostupnosti živin v půdě pomocí PRS® sond „Plant Root Simulator“ (<https://www.westernag.ca/innov>).
3. Mikroklimatická měření pomocí autonomní stanice firmy TOMST (www.tomst.com).
4. Dotazníkové šetření ke zjištění zdrojů diaspor a managementu nepůvodních druhů.

1. Na párových plochách (krajnice vs. přirozená vegetace) byly provedeny fytoecologické snímky, zahrnující kompletní soupis rostlinných druhů s procentuální pokryvností. Pro vybrané druhy byly změřeny funkční vlastnosti (výška, listová plocha a produkce semen) a zaznamenány charakteristiky stanoviště (typ komunikace, intenzita provozu, vegetační typ atd.).
2. Byly použity půdní sondy, které simulují funkci kořene. Tvoří je plastový nosič s iontově-výměnnou membránou, která adsorbují biologicky dostupné ionty z půdního roztoku s minimálním narušením půdy, a to NO_3^- -N, NH_4^+ -N, P, K, S, Ca, Mg, Mn, Al, Fe, Cu, Zn, B, Pb a Cd. Doba expozice v půdě byla 12 týdnů.
3. Pro sledování mikroklimatu byly použity zkrácené senzory TMS4 (Temperate-Moisture Sensor), zcela zakopané v půdě. Každých 15 minut měří jeden senzor půdní vlhkost a tři senzory teplotu v rozpětí -60 až $+85^\circ\text{C}$, a to na povrchu půdy, v hloubce 6 cm a 16 cm. Díky vysoce kapacitní lithiové baterii s životností až 10 let a paměti pro 524 288 datových záznamů (~ 14 let měření v 15min. intervalech) je každý senzor plně autonomní a vyžaduje minimální údržbu. Podrobnosti uvádí Wild et al. (2019).
4. Dotazníkové šetření sloužilo k posouzení antropogenního tlaku a jeho roli v introdukci a šíření nepůvodních druhů. Zachycuje charakter a intenzitu lidských aktivit, hodnotí úroveň ochrany území, opatření proti šíření nepůvodních druhů a vzdálenost a konektivitu stanoviště ke zdrojům propagulí.

Vegetační snímkování s měřením funkčních vlastností a dotazníkové šetření se bude opakovat každých 5 let, tj. v letošní vegetační sezóně. Mikroklimatická měření probíhají kontinuálně. Data z prvních pěti let existence celosvětové sítě se zpracovávají.

Poděkování:

Autoři byli podpořeni dlouhodobým projektem Akademie věd RVO 67985939 a projektem TAČR SS70010001 (Bio-divClim Call 2019). Velký dík patří všem zahraničním týmům zapojeným do globální sítě.

Literatura:

- CONVEY, P., CHOWN, S. L., CLARKE, A., BARNES, D. K. A., BOKHORST, S. et al., 2014. The spatial structure of Antarctic biodiversity. *Ecological Monographs*, roč. **84**, č. 2, s. 203–244. ISSN 0012-9615.
- HEIJMANS, M. M. P. D., MAGNÚSSON, R. Í., LARA, M. J., FROST, G. V., MYERS SMITH, I. H. et al., 2022. Tundra vegetation change and impacts on permafrost. *Nature Reviews Earth & Environment*, roč. **3**, č. 1, s. 68–84. ISSN 2662-138X.
- ISELI, E., CHISHOLM, C., LENOIR, J., HAIDER, S., SEIPEL, T. et al., 2023. Rapid upwards spread of non native plants in mountains across continents. *Nature Ecology & Evolution*, roč. **7**, s. 405–413. ISSN 2397 334X.
- KÖRNER, C., 2021. *Alpine Plant Life: Functional plant ecology of high mountain ecosystems*. 3. vyd. Cham: Springer. ISBN 978-3-030-59537 7.
- LENOIR, J., BERTRAND, R., COMTE, L., BOURGUAUD, L., HATTAB, T. et al., 2020. Species better track climate warming in the oceans than on land. *Nature Ecology & Evolution*, roč. **4**, č. 8, s. 1044–1059. ISSN 2397-334X.
- PÄRTEL, M., TAMME, R., CARMONA, C. P., RIIBAK, K., MOORA, et al., 2025. Global impoverishment of natural vegetation revealed by dark diversity. *Nature*, roč. **641**, s. 917–924. ISSN 0028-0836.
- WILD, J., KOPECKÝ, M., MACEK, M., ŠANDA, M., JANKOVEC, J., HAASE, T., 2019. Climate at ecologically relevant scales: A new temperature and soil moisture logger for long term microclimate measurement. *Agricultural and Forest Meteorology*, roč. **268**, s. 40–47. ISSN 0168-1923.
- YUE, K., VANGANSBEKE, P., MYERS SMITH, I. H., WALLER, D. M., VERHEYEN, K. et al., 2026. Contrasting thermophilization among forests, grasslands and alpine summits. *Nature*, online 18 March 2026. ISSN 0028-0836.

Odvození základních hydrologických údajů za referenční období 1991–2020 nejen pro horská povodí

Pavel Kukla¹, Hana Kourková¹

¹ Český hydrometeorologický ústav, úsek hydrologie/oddělení povrchových vod, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany, pavel.kukla@chmi.cz, hana.kourkova@chmi.cz

Klíčová slova: hydrologické charakteristiky, rozvodnice, dlouhodobý průměrný průtok, M -denní průtoky

1. Úvod

Český hydrometeorologický ústav je pověřenou státní organizací, která má v gesci stanovování základních hydrologických údajů pro libovolný profil říční sítě. Základní hydrologické údaje (dlouhodobý průměrný průtok Q_a a M -denní průtoky Q_{Md}) se odvozují pro profily vodoměrných stanic z pozorovaných řad průměrných denních průtoků za předem definované referenční období. Z tohoto souboru stanic jsou základní hydrologické údaje rozpočítávány pomocí matematicko-statistických postupů do podrobnosti základních hydrologických ploch povodí 4. řádu. Příspěvek představuje metodické přístupy použité při odvození základních hydrologických údajů nejen pro horská povodí pro referenční období 1991–2020.

2. Zpracování základních hydrologických údajů

Česká technická norma Hydrologické údaje povrchových vod ČSN 75 1400 (2014) vymezuje zpracování a poskytování hydrologických údajů povrchových vod. Dle této normy náleží do standardních hydrologických údajů základní hydrologické údaje, kam patří:

- 1) plocha povodí A ;
- 2) dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí P_a ;
- 3) dlouhodobý průměrný průtok Q_a ;
- 4) M -denní průtoky Q_{Md} nebo p -procentní denní průtoky $Q_{p\%d}$;
- 5) N -leté (maximální) průtoky Q_N .

2.1 Nové vymezení rozvodnic povodí 1. až 4. řádu

Stanovení plochy povodí je základním podkladem při odvozování standardních i nestandardních hydrologických údajů. Povodí je základní hydrologická územní jednotka ohraničená pomyslnou čarou, rozvodnicí. Plocha povodí se nejčastěji udává v kilometrech čtverečních.

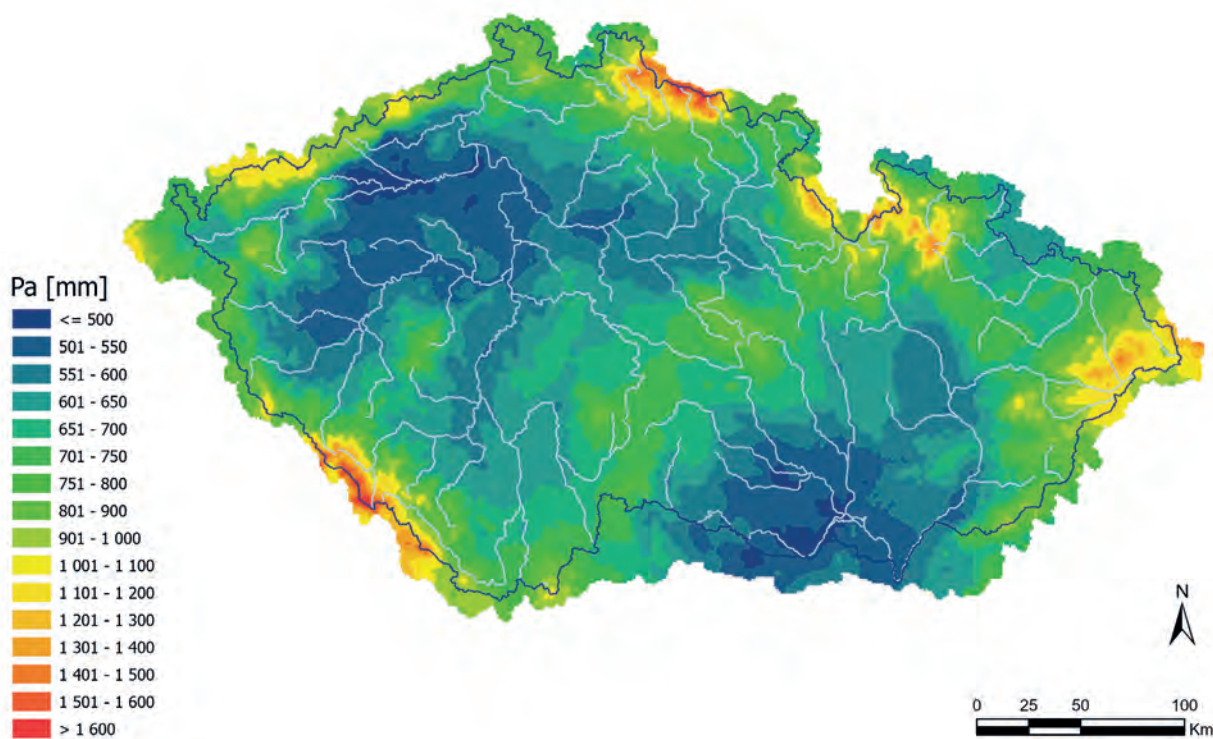
V letech 2018–2023 proběhla v ČHMÚ aktualizace vymezení rozvodnic na podkladech digitálního modelu 5. generace (DMR 5G) a aktualizované datové sady vodních toků státního mapového díla ZABAGED©, která vznikla v rámci projektu „Harmonizace hlavních vodních toků“. Při aktualizaci rozvodnic bylo využito také datových sad rozvodnic sousedních zemí. Aktualizace proběhla v nejpodrobnější datové sadě rozvodnic povodí 4. řádu, ostatní řády a dílčí povodí jsou následně generovány z této datové sady na základě atributů (číslo hydrologického pořadí/ČHP, příznak dílčího povodí). Atributy povodí 4. řádu obsahují také informace o strukturálním modelu rozvodnic, tzn. údaj o pramenném a následujícím povodí, velikost plochy daného povodí, celkovou plochu povodí od pramene, název hlavního toku v povodí a další doplňkové informace. Aktualizace rozvodnic nad aktuálními a nejpodrobnějšími podklady přinesla oproti rozvodnicím v měřítku 1 : 10 000 zpřesnění vedení hranice mezi sousedními povodími zejména v nížinných a rovinatých oblastech. Změny v ploše povodí se nejvíce projevují u malých povodí a dílčích mezipovodí, s narůstající celkovou plochou povodí jsou rozdíly mezi původní a aktualizovanou plochou menší nebo zanedbatelné (pokud nedošlo ke strukturálním změnám vázaným na strukturální změny vodních toků). Podrobnější a detailnější vrstva vodních toků vede v některých případech k dalšímu dělení povodí a vzniku nových ČHP. Nové rozvodnice jsou k dispozici veřejnosti od 1. července 2024 na následující adrese: <https://open-data-chmi.hub.arcgis.com> (Tyl, Šercl 2024).

2.2 Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí

Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí (P_a) patří mezi základní klimatologicko-hydrologické charakteristiky. Odvozuje se pomocí výpočetních procedur v GIS překryvem polygonové vrstvy rozvodnic přes rastrovou vrstvu dlouhodobých průměrných srážek, která byla odvozena z pozorovaných dat ve srážkoměrných stanicích.

Pro zpracování rastru dlouhodobých ročních úhrnů srážek za období 1991–2020 byla použita data naměřená ve srážkoměrných a klimatologických stanicích. Vstupními daty byly záznamy z databáze ČHMÚ CLIDATA, a také data ze srážkoměrných stanic z německých, rakouských, slovenských a polských příhraničních oblastí. Vzhledem k tomu, že některá povodí řek, které protékají územím republiky, pramení v zahraničí, bylo nutné stanovit hodnoty dlouhodobé průměrné výšky srážek pro celá povodí včetně zahraniční části povodí.

Časové řady denních (měsíčních) úhrnů srážek byly ve všech srážkoměrných stanicích převedeny na řady ročních úhrnů. Následně proběhlo odvození průměrného ročního srážkového úhrnu za referenční období v každé stanici. Bodová data dlouhodobých ročních úhrnů za období 1991–2020 byla následně interpolována do rastrové vrstvy metodou orografické interpolace, která byla vyvinuta v ČHMÚ (Šercl 2008). Jako podklad byl použit rastr nadmořských výšek terénu v kroku 1×1 km shlazený v okolí 3×3 km. Rastr dlouhodobé průměrné roční výšky srážek za období 1991–2020 je zobrazen na obr. 1.



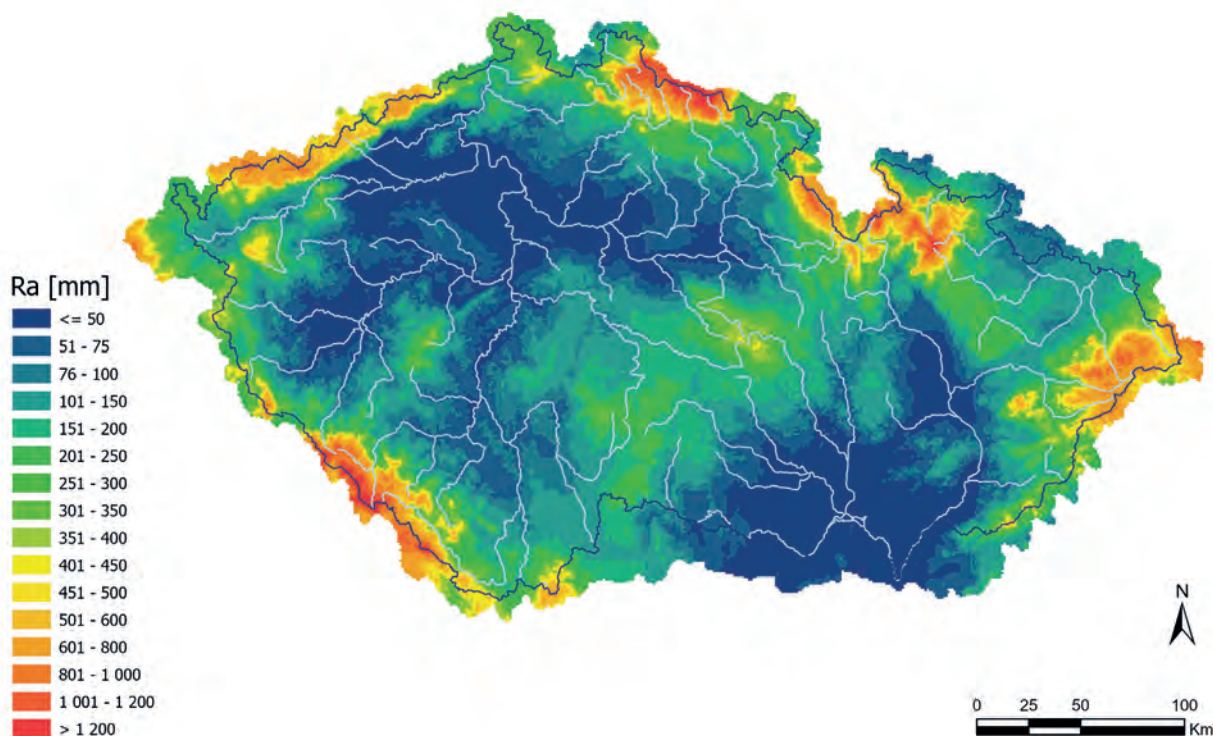
Obr. 1 Dlouhodobá průměrná roční výška srážek (P_a) za období 1991–2020.

2.3 Dlouhodobý průměrný průtok

Dlouhodobý průměrný průtok Q_a [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$] je základní hydrologickou charakteristikou popisující průměrnou vodnost toku. Ve vodoměrné stanici se určuje jako průměr ze všech hodnot průměrných denních průtoků za referenční období (1991–2020). Pro odhad v nepozorovaných profilech je využito úzké vazby dlouhodobého průměrného průtoku, resp. dlouhodobé průměrné odtokové výšky R_a [mm] na dlouhodobé průměrné výšce srážek P_a [mm] a potenciální evapotranspiraci PET_a [mm]. Pro odvození dlouhodobé průměrné odtokové výšky byl použit vztah dle Oudina (2008):

$$\frac{R_a}{P_a} = \frac{1}{e^{b_1 * \left(\frac{PET_a}{P_a}\right)^{b_2}}}$$

kde R_a je dlouhodobá průměrná roční odtoková výška, P_a je dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí, PET_a je dlouhodobá průměrná potenciální evapotranspirace, b_1 a b_2 jsou regresní koeficienty.



Obr. 2 Dlouhodobá průměrná odtoková výška (R_a) za období 1991–2020.

Rastr dlouhodobé průměrné roční odtokové výšky za období 1991–2020 je znázorněn v mapě na obr. 2. Výsledný dlouhodobý průměrný průtok pro nepozorovaná povodí je stanoven optimalizačními výpočty regresně odvozených hodnot dlouhodobého průměrného průtoky pro jednotlivá povodí 4. řádu vzhledem k pozorovaným hodnotám dlouhodobého průměrného průtoky ve vodoměrných stanicích a k evidované průměrné velikosti antropogenního ovlivnění za období 1991–2020 v jednotlivých povodích.

2.4 M -denní průtoky

M -denní průtoky Q_{Md} [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$] se určují z křivky překročení průměrných denních průtoků. Zpracovávají se za stejné referenční období jako dlouhodobý průměrný průtok a udávají se číselně pro vybrané kvantily průměrné doby dosažení nebo překročení, kdy $M = 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 330, 355$ a 364 dnů v roce. Křivka překročení průměrných denních průtoků charakterizuje odtokový režim povodí a popisuje variabilitu průměrných denních průtoků pro určité referenční období.

Křivka překročení M -denních průtoků má na ose y průtok a na ose x pravděpodobnost (M -dennost), s jakou je průtok v daném období překročen. Za předpokladu, že zkoumaná data se řídí teoretickým rozdělením závislým na matematických parametrech, můžeme tyto parametry odhadnout. Parametry teoretického rozdělení získané proložení empirické křivky překročení průtoků v profilech vodoměrných stanic je možné využít pro odvození regionalizovaných regresních vztahů pro odhad tvaru křivek překročení průtoků v nepozorovaných povodích. Aby bylo možné jednotlivé parametry teoretického rozdělení ve vodoměrných stanicích vzájemně porovnávat a odvozovat regresní vztahy vůči fyzicko-geografickým charakteristikám, je nutné provést nejprve normování průměrných denních průtoků. V tomto případě byly hodnoty průměrných denních průtoků Q_d normovány vůči hodnotě dlouhodobého průměrného průtoků Q_a (Budík, 2018).

Pro prokládání křivek překročení průměrných denních průtoků za referenční období 1991–2020 bylo použito modifikované logaritmicko-normální rozdělení mLN5. Toto rozdělení vznikne transformací normálního rozdělení podle vzorce:

$$Y = a \cdot e^{\text{sign}(\sigma X + \mu) \cdot |\sigma X + \mu|^b} + y_0$$

kde a, b, y_0 jsou parametry, μ je střední hodnota normálního rozdělení, σ je rozptyl normálního rozdělení, X je veličina se standardizovaným normálním rozdělením. Pokud parametry a a b položíme rovno 1, získáme rozdělení LN3.

Pro výpočet M -denních průtoků nepozorovaných povodí byly sestaveny jednotlivé výpočetní úseky hlavních toků a jejich přítoků vymezených profily s vodoměrným pozorováním. Ve výpočetním úseku byly regresně odhadnuté parametry rozdělení mLN5 křivek překročení M -denních průtoků pro základní povodí 4. řádu optimalizovány vůči teoretické křivce překročení M -denních průtoků závěrové stanice. Optimalizované křivky překročení M -denních průtoků pro jednotlivá povodí jsou následně upraveny na empirické křivky překročení M -denních průtoků. Do dílčích výpočetních úseků mezi vodoměrnými stanicemi, které mají odvozeny základní hydrologické charakteristiky pro referenční období, je nutné vložit a započítat také data, která mají vliv na hydrologický režim průtoků v daném úseku. Jedná se o evidovaná antropogenní ovlivnění průtoků, data o výparu ze stojatých vodních ploch a vlivu funkce říčních niv, které ovlivňují výsledné křivky překročení M -denních průtoků pro jednotlivá povodí v řešeném úseku.

Výsledkem výpočtů jsou pro všechna základní povodí v daném úseku optimalizované hodnoty dlouhodobého průměrného průtoku Q_a a jednotlivé kvantily M -denních průtoků pro referenční období 1991–2020.

3. Závěr

Odvození základních hydrologických údajů za referenční období pro nepozorovaná povodí patří mezi jednu ze základních činností oddělení hydrologie povrchových vod ČHMÚ. Na základě tohoto souboru dat, který se někdy nazývá „katastr vodnosti“, jsou pro veřejnost odvozována a vydávána formou hydrologických posudků základní hydrologická data pro libovolné profily v říční síti. V roce 2026 byly v ČHMÚ zahájeny práce na odvození aktualizovaných N -letých (maximálních) průtoků Q_N pro nepozorovaná povodí.

Literatura:

BUDÍK, L., 2018. Hydrological and meteorological data and modifications of statistical distributions – heuristic approach. In: *18th International Conference on Applied Mathematics APLIMAT*, s. 165–172. Bratislava. Slovenská technická univerzita Bratislava. ISBN 978-80-227-4765-3.

BUDÍK, L., ŠERCL, P., KUKLA, P., LETT, P., PECHA, M., 2018. Odvození základních hydrologických údajů za referenční období 1981–2010. In: *Sborník prací Českého hydrometeorologického ústavu*, sv. 65, Český hydrometeorologický ústav. Praha. ISBN 978-80-87577-78-3, ISSN 0232-0401.

ČSN 75 1400, 2014. Hydrologické údaje povrchových vod. Česká technická norma. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Praha.

KUKLA, P., 2022. Porovnání hydrologických charakteristik M -denních průtoků referenčního období 1981–2010 a uvažovaného referenčního období 1991–2020. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace VTEI*, roč. 64, č. 2, s. 43–47. Praha. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, ISSN 0322-8916.

LOUDIN, L., ANDRÉASSIAN, V., LERAT, J., MICHEL, C., 2008. Has land cover a significant impact on mean annual streamflow? An international assessment using 1508 catchments. *Journal of Hydrology*, roč. 357, s. 303–316. ISSN 0022-1694.

ŠERCL, P., 2008. Hodnocení metod odhadu plošných srážek. *Meteorologické zprávy*, roč. 61, č. 2, s. 33–43. Praha. Český hydrometeorologický ústav. ISSN 0026-1173.

TYL, R., ŠERCL, P., 2024. Nové rozvodnice povodí 1. až 4. řádu. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace VTEI*, roč. 66, č. 4, s. 38–42. Praha. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, ISSN 0322-8916.

Směry větru v oblasti Dražanské vrchoviny

Gražyna Knozová¹

¹ Český hydrometeorologický ústav, Pobočka Brno, Oddělení meteorologie a klimatologie, Kroftova 43, 616 67 Brno, grazyna.knozova@chmi.cz

Klíčová slova: anemometrická měření, rychlost větru, vichřice, model WEng

1. Úvod

Moderní meteorologie chápe vítr jako: multiměřítkový, nelineární projev dynamiky atmosféry, kde se globální radiční nerovnováha transformuje přes synoptické systémy až k lokálním turbulentním a konvektivním pohybům. V synoptickém měřítku je proudění určováno kvazistacionárními tlakovými útvary a globální cirkulací mezi oceány a kontinenty. V mezoměřítku je vítr spojen s dynamikou cyklon a anticyklon, s atmosférickými frontami a mezosynoptickými systémy. V mikroměřítku se vítr uplatňuje především jako součást turbulentního proudění v přízemní vrstvě atmosféry, kde je vyvolán lokální konvekcí, orografickými vlivy a termicky podmíněnými cirkulacemi. Vítr obvykle nevzniká jediným procesem, ale jako souhrn projevů dynamiky atmosféry, a v konkrétní lokalitě je navíc modulován morfologií terénu a typem aktivního povrchu.

Z hlediska klimatologie je vítr prostředkem přenosu vody, energie, hybnosti a dalších fyzikálních vlastností vzduchu. Vítr zvyšuje intenzitu výparu, odnímá teplo tělesům, působí na překážky dynamickým tlakem, ovlivňuje rozložení sněhové pokrývky, vytváření námrazy apod. Stanovení rychlosti větru a převládajících směrů větru je proto důležité pro stavebnictví, zemědělství nebo v kontextu transportu znečištění ovzduší či šíření biologického materiálu.

Měření rychlosti a směru větru se provádí na klimatologických stanicích. V lokalitách, kde takové stanice fungují dlouhodobě, je možné poměrně přesně určit rychlost a dominantní směry větru, avšak ve vzdálenějších polohách je to podstatně obtížnější, zejména v případě směru větru. Pro odhad anemologických podmínek v prostoru mezi klimatologickými stanicemi není vzhledem ke komplikovaným fyzikálním procesům zmíněným výše vhodná prostá interpolace hodnot naměřených v okolí, a proto se tyto predikce nejčastěji vytvářejí pomocí modelování.

Cílem práce byl odhad četností směrů větru na vybraných místech v oblasti Dražanské vrchoviny, která je největší geomorfologickou jednotkou Brněnské vrchoviny. V reliéfu převažují náhorní plošiny, s nejvyšším bodem Skalky, dosahujícím výšky 735 m n. m., ale četné jsou i vyhloubená údolí a specifické krasové formy charakteristické pro Moravský kras. Průměrná nadmořská výška oblasti činí přibližně 463 m. Dražanská vrchovina leží mezi Boskovickou brázdou a Hornomoravským úvalem.

2. Materiály a metody

Zpracování bylo provedeno na základě dat o směru a rychlosti větru, naměřených ve výšce 10 m nad povrchem v 10minutových intervalech v období 2016–2025 na osmi klimatologických stanicích Českého hydrometeorologického ústavu (tab. 1). Analyzovány byly především směry větru roztržené do 36 sektorů. Pro lepší pochopení procesů ovlivňujících lokální cirkulaci byly zvláště analyzovány větry mírné, silné a také počet bezvětří. Základní větrné růžice byly vypracová-

Tab. 1 Klimatologické stanice v okolí Dražanské vrchoviny.

ID stanice	Název	Přístroj	Geomorfologická jednotka	Nadm. výška (m n. m.)
B1PROT01	Protivanov	ultrasonické čidlo	Dražanská vrchovina	675
O2LUKA01	Luká	ultrasonické čidlo	Zábřežská vrchovina	510
B1PROS01	Prostějov	ultrasonické čidlo	Hornomoravský úval	215
B1IVAN01	Ivanovice na Hané	anemometr miskový	Vyškovská brána	243
B2BTUR01	Brno-Tuřany	ultrasonické čidlo	Dyjskosvratecký úval	241
B2BZAB01	Brno-Žabovřesky	anemometr miskový	Bobravská vrchovina	236
B2HAJE01	Tišnov, Hájek	anemometr miskový	Hornosvratecká vrchovina	409
O2JEVI01	Jevíčko	anemometr miskový	Boskovická brázda	362

ny pomocí nástrojů databáze CLIDATA (CLIDATA, 2026). Podrobná analýza vlivu terénu a drsnosti povrchu na proudění byla provedena modelem WAsP (WAsP 2026), který posloužil také k vykreslení větrných růžic v dalších lokalitách.

K měření jsou používány ultrasonické snímače větru řady WMT (4 stanice) nebo miskové anemometry složené ze samostatných čidel rychlosti větru a směrovky (4 stanice). Typ přístroje významně ovlivňuje četnost bezvětří. Základní údaje o klimatologických stanicích využitých ve zpracování jsou uvedeny v tab. 1.

3. Výsledky

3.1 Rychlost větru

Bezvětří je situace, kdy vítr vůbec nefouká nebo je jeho rychlost velmi malá. V předkládané studii jsme pro bezvětří zvolili hodnotu $0,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Různé typy anemometrů mají odlišnou prahovou citlivost; proto stanice vybavené miskovými anemometry indikují výrazně větší počet bezvětří než stanice vybavené ultrasonickými snímači větru. V přírodním prostředí se nejvíce bezvětří zpravidla vyskytuje v nižších nadmořských výškách nebo v kotlinách. S nadmořskou výškou počet bezvětří obvykle klesá a nejnižší bývá na exponovaných svazích, v průsmycích nebo ve vrcholových polohách. V okolí Dražanské vrchoviny je nejvyšší podíl bezvětří na stanici Jevíčko (33 %) a nejnižší v Protivanově (0,3 %) (tab. 2).

Stručná analýza rychlostí větru na jednotlivých stanicích také ukazuje významnou roli nadmořské výšky, morfologie terénu a do jisté míry i typu anemometru. Nejvyšší průměrná rychlost větru se vyskytuje na stanici Luká, kde dosahuje $3,9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, naopak nejnižší je v Jevíčku, kde činí $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Na všech stanicích výrazně převažuje mírný vítr s rychlostí menší než $4,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Podíl silného větru kolísá mezi 4 % v Ivanovicích na Hané a 33 % na stanici Luká.

Tab. 2 Četnost vybraných intervalů rychlosti větru a průměrná rychlost větru na stanicích ČHMÚ v okolí Dražanské vrchoviny.

ID stanice	Bezvětří (%)	Mírný vítr (%)	Silný vítr (%)	Průměrná rychlost ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
	0 – $0,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	$0,5 – 4,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	$> = 4,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	
B1PROT01	0	72	27	3,5
O2LUKA01	1	66	33	3,9
B1PROS01	8	74	19	2,7
B1IVAN01	23	72	4	1,7
B2BTUR01	1	72	26	3,4
B2BZAB01	21	73	5	1,7
B2HAJE01	23	70	7	1,9
O2JEVI01	33	61	6	1,5

3.2 Směr větru

Jak už bylo řečeno, směr větru v přízemní vrstvě je do velké míry ovlivněn morfologií a drsností terénu. Zejména členitost krajiny je důvodem relativně velkých rozdílů ve tvarech větrných růžic na osmi klimatologických stanicích v okolí Dražanské vrchoviny. Samotnou vrchovinu reprezentuje stanice Protivanov, položená v nadmořské výšce 675 m n. m. na typické pro širší oblast náhorní plošině mezi vrcholy Skalky a Babylon. Vrchol Skalky se nachází severozápadně od stanice ve vzdálenosti asi 3 km a převyšuje její polohu o přibližně 50 m. Babylon leží východně od stanice ve vzdálenosti asi 1,5 km a převyšuje její polohu přibližně o 10 m.

Ve větrné růžici v Protivanově jsou zastoupeny všechny sektory a změna četnosti větru mezi sousedními směry je větší plynulá. To svědčí o skutečnosti, že místo je exponované na vítr ze všech stran. Zároveň lze ve větrné růžici identifikovat tři dominantní sektory: severozápadní až západní, dále jihojihovýchodní a ještě severovýchodní.

Analýza větrných růžic vykreslených pro mírný a silný vítr (obr. 1) přináší další poznatky. Jednoznačně častější je mírný vítr s rychlostí $0,5$ až $4,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, který se vyskytuje v 72 % případů. Dominantními směry jsou v tomto případě severoseverozápad, západ a severovýchod. Tvar větrné růžice vykreslené pro silný vítr, tj. s rychlostí vyšší nebo rovnou $4,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, je však odlišný; jednoznačně dominuje jihojihovýchodní a poté severozápadní směr. Při porovnání obou růžic je zřejmé, že podobnou četnost má mírný i silný vítr pouze v případě západního sektoru. Vítr z jihojihovýchodního směru je převážně silný a podobně i severozápadní vítr bývá většinou silný. Pokud však vítr vane ze severních směrů, je v Protivanově obvykle mírný.

Z této podrobné analýzy vyplývá, že pro náhorní plošinu Dražanské vrchoviny je charakteristická osa proudění jihojihovýchod – severozápad, podél níž se častěji vyskytuje silný vítr. Neméně významný je však také západní sektor, při němž je rychlost větru přibližně se stejnou pravděpodobností mírná i silná. Potlačení četnosti silného větru ze severního sektoru je

pravděpodobně způsobeno drsností terénu. Severně a severovýchodně od klimatologické stanice se totiž nachází obec Protivanov, zatímco v dalším okolí převažují pole. Terén zastavěný budovami výrazně zvyšuje tření a způsobuje nárůst turbulence; proudění se proto zpomaluje.

3.3 Modelování směrů větru

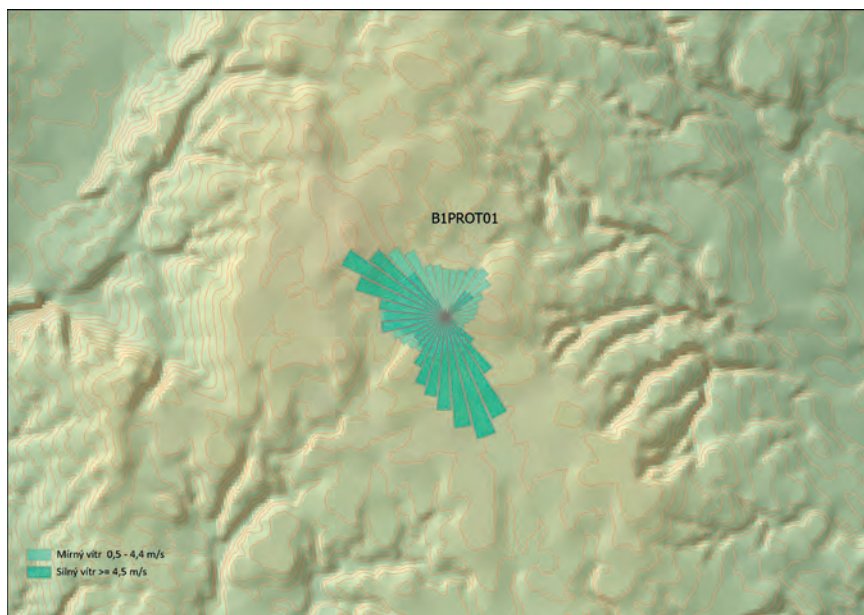
Znalost charakteristických rysů proudění a pravidel, podle nichž je vítr modifikován, je základem modelování směru a rychlosti větru v místech, kde není k dispozici přímé měření. V předkládané studii bylo vybráno 11 příkladových lokalit, které reprezentují jak vrchovinné polohy, tak svahy, údolí nebo kotliny, a pomocí modelu WASP byly pro ně vytvořeny sady větrných růžic.

Na základě měření model nejprve vypočítal pro každou z osmi klimatologických stanic charakteristiky tzv. generalizovaného větru a následně, při zohlednění konkrétních terénních podmínek, predikoval četnost směrů a rychlost proudění v každé z 11 lokalit. Přestože model na základě analýzy drsnosti a reliéfu terénu „očisťuje“ větrnou růžici klimatologické stanice a následně uplatňuje reliéf a drsnost v okolí predikované lokality, výstupy modelování se značně lišily podle toho, která klimatologická stanice byla zvolena jako referenční. Pro posouzení spolehlivosti aplikovaného algoritmu a vhodnosti jednotlivých referenčních stanic při modelování větru v konkrétním místě bylo proto nutné porovnat indexy RIX a další parametry popisující změny směru proudění způsobené terénem (orografií) a drsností povrchu. Následně byla pro každou lokalitu vybrána nejvhodnější referenční stanice a na jejím základě byla vykreslena větrná růžice. Při výpočtech četnosti směrů větru nebyla zohledňována rychlost větru a větrné růžice proto zahrnují dohromady mírný i silný vítr. Na závěr modelování bylo třeba odhadnout podíl bezvětrí, který model WASP nezohledňuje. Ve většině případů byla do větrných růžic aplikována hodnota z příslušné referenční stanice, nicméně ve třech lokalitách, především z důvodu rozdílů v nadmořské výšce, bylo nutné tuto charakteristiku určit subjektivně.

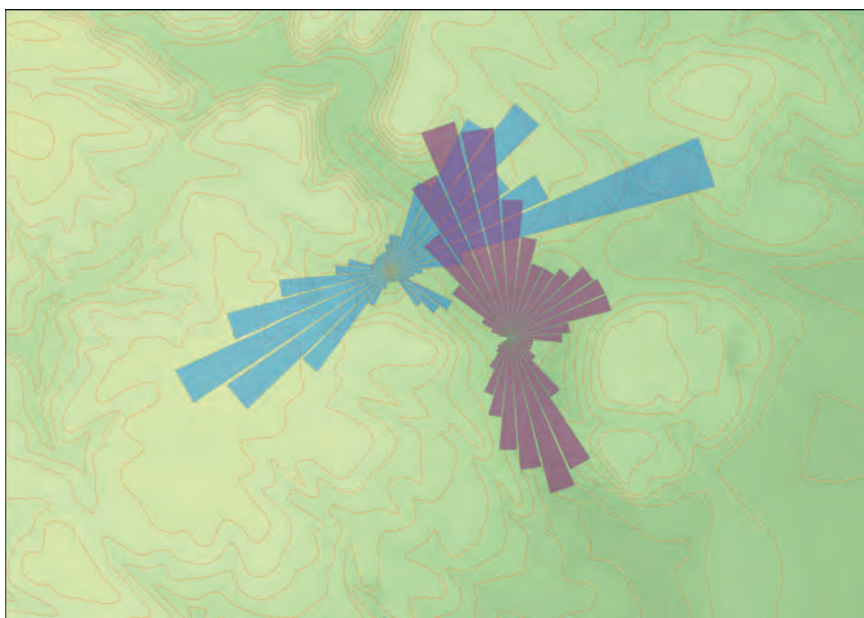
Modelové větrné růžice byly následně vizualizovány v prostředí GIS. Tvar většiny růžic odpovídá okolnímu terénu, tj. převládající směry větru jsou podle očekávání orientovány podél osy údolí, zatímco ve vrchovinných polohách jsou ve větrných růžicích zastoupeny všechny směrové sektory. Příklad modelových výstupů pro okolí obce Račice-Pístovice ilustruje obr. 2.

4. Závěry

Drahanská vrchovina je tvořena širokými, poměrně plochými hřbety a zaoblenými vrcholy, ale také hluboce zaříznutými údolními vodními toků a místy i krasovými útvary. Proudění ve vrchovinných oblastech dobře reprezentuje klimatologická



Obr. 1 Větrné růžice pro mírný a silný vítr na stanici Protivanov (2016–2025) (CLIDATA).



Obr. 2 Modelové větrné růžice pro okolí obce Račice-Pístovice, položené v jižní části Drahanské vrchoviny (WASP).

stanice Protivanov, kde jsou patrné tři dominantní směry větru, a to SZ, JV a SV. Bezvětrí je zde ojedinělé; mírný vítr se vyskytuje v 72 % případů a silný vítr ve 27 % případů.

Pro odhad anemologických poměrů v jiných polohách je možné využít modelové výstupy. Namodelované větrné růžice zohledňují především lokální reliéf, tj. terénní překážky a vodící liniové prvky, které proudění brzdí nebo způsobují odklonění větru. V případě členitého terénu predikované růžice mají často dost odlišné tvary, v závislosti na přesné poloze konkrétní lokality, například někde na svahu anebo na dně údolí.

Výstupy modelování mohou být základem pro další prostorové analýzy v prostředí GIS, které poskytuje nástroje umožňující vyhledání míst s podobným reliéfem, nadmořskou výškou, expozicí a sklonem svahů, odpovídajících jednotlivým modelovým lokalitám.

Literatura:

CLIDATA, 2026. CLIDATA – Climate Database Management System [interní databáze]. Praha: ČHMÚ. Dostupné z: ČHMÚ.

WAsP, 2026. WAsP 4.00.0204 [software]. DTU Wind Energy. Dostupné z: <https://www.wasp.dk>.

Horské prostředí jako faktor vývoje horní hranice konvektivní oblačnosti

Vojtěch Bližňák¹, Anežka Doležalová^{1,2}

¹ Ústav fyziky atmosféry AV ČR, oddělení meteorologie, Boční II 1401, 141 00 Praha 4, bliznak@ufa.cas.cz

² Univerzita Karlova, Matematicko-fyzikální fakulta, Katedra fyziky atmosféry, V Holešovičkách 747/2, 180 00 Praha 8, dolezalova@ufa.cas.cz

Klíčová slova: bouře konvektivní, družice meteorologická, orografie, vrchol přestřelující

1. Úvod

Dynamika konvektivních bouří je výrazným způsobem ovlivňována orografií, která modifikuje proudění, iniciaci konvekce i její následnou organizaci. Orografie může působit nejen jako spouštěcí mechanismus konvekce, ale také jako faktor ovlivňující její vertikální rozsah, intenzitu a životní cyklus. Tyto vlivy se výrazně projevují právě na horní hranici oblačnosti (HHO) prostřednictvím změn teplotních polí v různých spektrálních kanálech, příp. jejich kombinací.

Rozvoj družicových pozorování otevírá nové možnosti studia těchto procesů. Družice na geostacionární dráze Meteosat třetí generace (MTG) s přístrojem Flexible Combined Imager (FCI) poskytuje multispektrální data ve vysokém časovém i prostorovém rozlišení, která umožňují detailní sledování teplotního pole HHO i jeho časových změn. Zvláště kombinace kanálů IR 10.5 a WV 6.3 umožňuje analyzovat jak teplotní charakteristiky HHO, tak dynamické procesy spojené s vertikálním transportem vlhkosti a energie do horních vrstev troposféry.

Cílem tohoto příspěvku je studium projevů dynamiky konvektivních bouří na jejich HHO s důrazem na vliv horského prostředí. Práce se zaměřuje na analýzu časových změn teplotního pole horní hranice konvektivní oblačnosti v infračerveném pásmu s využitím spektrálních kanálů WV 6.3 a IR 10.5 a na sledování dynamiky přestřelujících vrcholů (z angl. overshooting tops [OT]) nad oblastí Alp. Zvláštní pozornost je věnována roli orografie při modulaci těchto procesů a jejich časovému vývoji.

2. Metodika

2.1 Data

Pro analýzu byla využita data naměřená přístrojem FCI instalovaném na meteorologické družici MTG. Přístroj FCI poskytuje obrazová data Země každých 10 min v 16 spektrálních kanálech od viditelné (VIS) až po infračervenou (IR) oblast elektromagnetického spektra. Ve VIS a blízké infračervené (NIR) oblasti poskytuje snímky s rozlišením 1 km, v IR pásmu pak s rozlišením 2 km v poddružicovém bodě. Pro detekci a charakterizaci konvektivních objektů byly využity jasové teploty naměřené v kanálu IR 10.5 a rozdíl jasových teplot (BTD) kanálů WV 6.3 a IR 10.5, které se standardně využívají při detekci hluboké konvekce (Fioleau a Roca 2024). Detekce jádra konvektivních objektů byla doplněna i o blesková data naměřená přístrojem Lightning Imager (LI), který poskytuje globální detekce bleskové aktivity s vysokou prostorovou a časovou přesností.

Pro reprezentaci terénních podmínek v oblasti analýzy byl využit digitální model terénu (DMT) z projektu EarthEnv Topography (Amatulli a kol. 2018), který poskytuje globální georeferencovaný povrchový reliéf. DMT slouží k definici orografických masek a k posouzení vztahu detekovaných konvektivních struktur k horskému prostředí.

2.2 Detekce konvektivních objektů

Konvektivní objekty jsou identifikovány pomocí prahování jasové teploty (BT) HHO v IR pásmu. Pixely s dostatečně nízkou hodnotou BT jsou považovány za součást konvektivní oblačnosti a jsou spojovány do prostorově souvislých objektů. Použité prahové hodnoty jsou aplikovány ve dvou úrovních na základě definovaných kritérií – přísné, která má za cíl detekovat především jádra konvektivních bouří, a volnější detekující i okolní oblačnost (tzv. obálka). Pro účely hodnocení vlivu pohoří na charakteristiky HHO byly použity objekty detekované s využitím volnějších kritérií. Důvodem je zabránění rozpadu detekovaných objektů na menší objekty s kratší dobou trvání a naopak sledování těchto objektů i v případech, kdy intenzita výstupných proudů slábně. Parametry použité pro detekci konvektivních objektů jsou uvedeny v tab. 1.

Tab. 1 Parametry detekce a trackingu konvektivních objektů zvláště pro jádro a obálku. Časový krok odpovídá 10 minutám.

	Parametr	Definice	Jednotka	Jádro	Obálka
Detekce	Tthr	Prahová hodnota BT v kanálu IR10,5 μm	K	230	240
	minAreaPix	Minimální počet propojených pixelů	pixelly	9	10
	BTDthr	Prahová hodnota BTD kanálů WV6,3 μm a IR10,5 μm	K	0	bez prahu
Tracking	maxCentroidDistPix	Maximální povolená eukleidovská vzdálenost mezi centroidy dvou objektů v sousedních časových krocích	pixelly	30	
	minTrackLen	Minimální počet časových kroků detekovaného objektu (nezávisle na mezerách)	časové kroky	2	
	minOverlapFrac	Minimální požadovaný podíl plochy aktuálního objektu, který musí překrývat objekt z předchozího časového kroku	%	5	
	maxGap	Maximální počet po sobě jdoucích časových kroků, ve kterých může track existovat bez přiřazeného objektu, aniž by byl ukončen.	časové kroky	2	
	wDist	Váhový faktor penalizující vzdálenost centroidů ve skóre asociace objektů	–	0,2	

2.3 Časové sledování (tracking) objektů

Časový vývoj konvektivních objektů je analyzován pomocí jednoduchého trackingového algoritmu založeného na prostorové kontinuitě objektů v po sobě jdoucích časových krocích. Objekty jsou mezi jednotlivými snímky párovány na základě vzájemné polohy jejich těžišť a míry prostorového překryvu. Tímto postupem jsou sestavovány trajektorie konvektivních objektů, které umožňují sledovat jejich vznik, vývoj, pohyb a zánik v čase. Tracking je navržen tak, aby byl robustní vůči změnám tvaru a velikosti objektů v průběhu jejich životního cyklu. Parametry použité pro tracking konvektivních objektů jsou uvedeny v tab. 1.

2.4 Charakteristiky intenzity konvekce

Konvektivní objekty byly rozděleny do čtyř výškových pásem podle střední nadmořské výšky oblasti jejich výskytu (≤ 301 m, 301–700 m, 701–1000 m a >1000 m n. m.) a jejich vývoj byl hodnocen v závislosti na čase od iniciace tracku. Jako proxy charakteristiky intenzity konvekce byly použity velikost objektu (plocha) a minimální jasová teplota v infračerveném kanálu IR 10.5, reprezentující přibližnou výšku HHO.

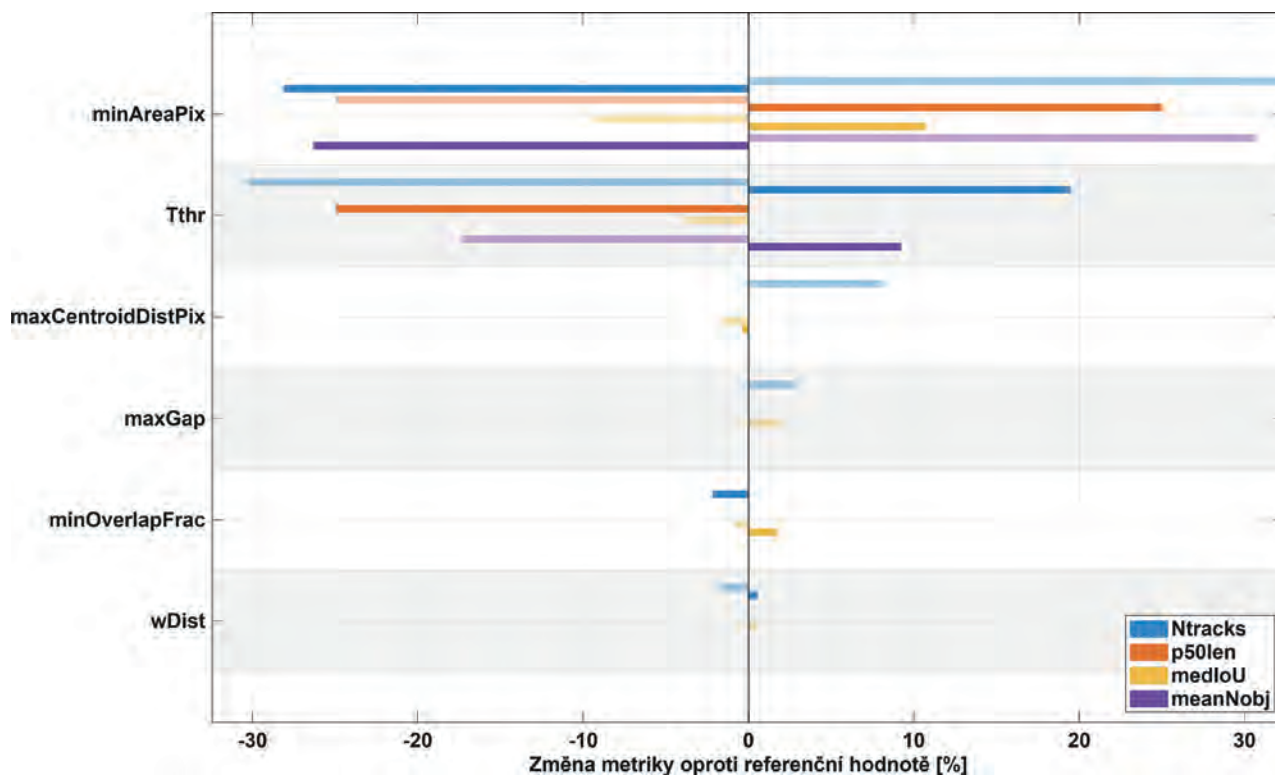
2.5 Detekce přestřelujících vrcholů

Přestřelující vrcholy byly detekovány pomocí modelu založeného na metodách strojového učení, který využívá data naměřená přístrojem Spinning Enhanced Visible and InfraRed Imager (SEVIRI) na družici Meteosat Second Generation (MSG; Doležalová a kol. 2026). Jedná se o neuronovou síť jejímž základem je architektura ResNet, která je předtrénovaná na datasetu ImageNet a finálně natrénovaná na satelitních datech SEVIRI. Použití jsme rozšířili na data FCI jak přímo, tak vytvořením dalšího modelu stejné struktury pouze pro FCI data.

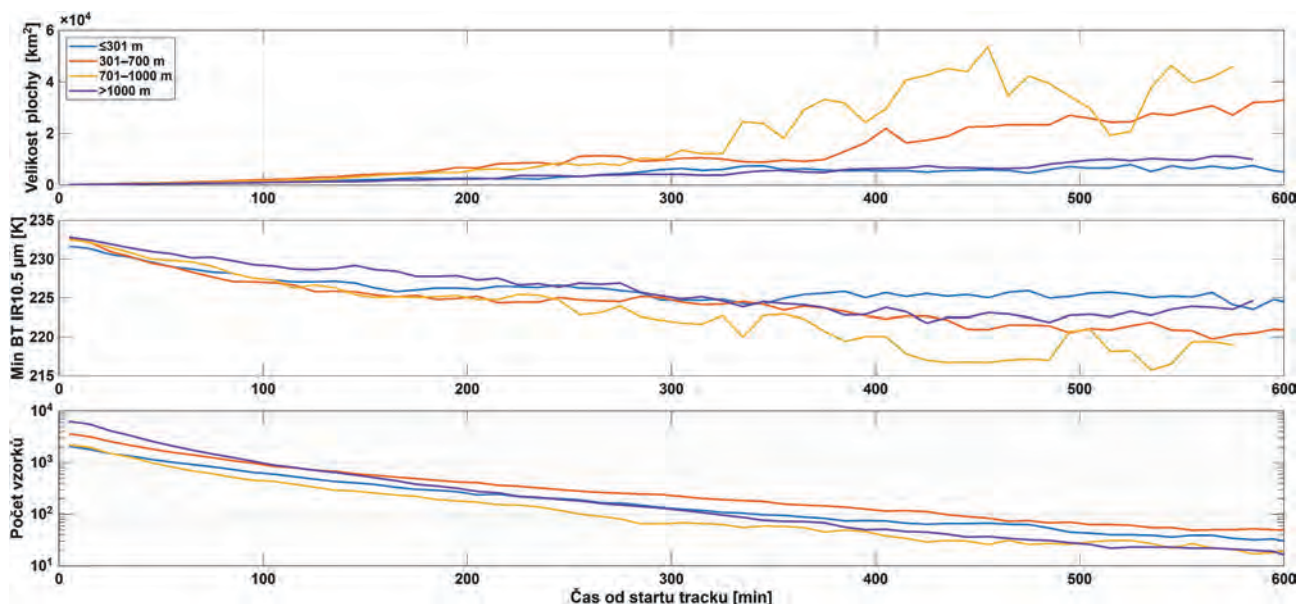
3. Výsledky

3.1 Citlivostní analýza vybraných parametrů

Analýza prokázala, že nejvyšší citlivost na sledované veličiny má parametr *Tthr* (testovaný v rozsahu 235–250 K) a *minAreaPix* (testovaný v rozsahu 7,5–20 pixelů). Kritéria použitá při časovém párování objektů se ukázala jako marginální. Volba příliš vysokého teplotního prahu kanálu IR 10.5 vede k zahrnutí rozsáhlejších oblastí oblačnosti a k nadměrnému slučování jednotlivých konvektivních struktur. Naopak příliš nízké prahové hodnoty vedou k fragmentaci objektů a ke ztrátě kontinuity jejich časového vývoje. Zvolená prahová hodnota 240 K představuje kompromis mezi zachycením dominantních konvektivních jader a potlačením méně významných či krátkodobých chladných struktur. Citlivost na minimální plošný rozsah detekovaných objektů se pak projevila zejména v počtu krátkodobých a prostorově omezených objektů. Při nižších hodnotách tohoto parametru docházelo k výraznému nárůstu počtu detekovaných objektů, zatímco vyšší hodnoty vedly k preferenční detekci pouze největších a nejintenzivnějších konvektivních systémů. Citlivost nastavení parametrů časového sledování objektů (trackování) byla obecně nízká s tím, že nejvíce se projevila ve volbě maximální povolené vzdálenosti mezi objekty v po sobě jdoucích časových krocích (*maxCentroidDistPix*; obr. 1).



Obr. 1 Tornado graf znázorňující citlivost algoritmu detekce a trackování konvektivních objektů na vybrané parametry. Vodorovné sloupce udávají relativní změnu (v %) čtyř klíčových výstupních metrik – počtu tracků (*Ntracks*), mediánu délky tracků (*p50len*), mediánu překryvu asociovaných objektů (*medIoU*) a průměrného počtu detekovaných objektů na časový krok (*meanNobj*) – vzhledem k referenčnímu (baseline) nastavení. Světlé a tmavé odstíny odpovídají dolní a horní testované hodnotě daného parametru, přičemž ostatní parametry jsou fixovány na referenční hodnoty. Akronymy parametrů jsou uvedeny v tab. 1.



Obr. 2 Časový vývoj charakteristik konvektivních objektů v závislosti na nadmořské výšce.

3.2 Změna intenzity konvekce v závislosti na nadmořské výšce

Analýza časového vývoje konvektivních objektů (obr. 2) ukazuje, že konvektivní objekty ve středních nadmořských výškách mezi 301 a 1 000 m n. m. vykazují z hlediska časového vývoje sledovaných charakteristik velmi podobné chování, přičemž rozdíly mezi jednotlivými pásmy se projevují především v amplitudě odezvy. Ve vyšších částech tohoto intervalu (701–1 000 m n. m.) jsou sledované metriky výraznější, a to zejména v pozdější fázi životního cyklu konvektivních

objektů (od přibližně 300 minut od iniciace). Naproti tomu konvekce v nížinách (≤ 300 m n. m.) a ve vysokých horských polohách ($> 1\,000$ m n. m.) vykazuje systematicky slabší vertikální i plošný rozvoj, což se projevuje vyššími hodnotami jasové teploty a menšími plochami.

Horní panel znázorňuje medián velikosti plochy konvektivních objektů (km^2), střední panel medián minimální jasové teploty v kanálu IR 10.5 [K] a spodní panel počet vzorků v jednotlivých výškových pásmech v logaritmickém měřítku. Konvektivní objekty jsou rozděleny do čtyř výškových pásem podle střední nadmořské výšky oblasti jejich výskytu (≤ 301 m, 301–700 m, 701–1 000 m a $> 1\,000$ m n. m.). Časová osa je vztažena k okamžiku iniciace tracku. Mediány jsou zobrazovány pouze pro časové intervaly s minimálním počtem vzorků 20.

4. Diskuze

Naše výsledky zapadají do širšího rámce současného porozumění vlivu terénu na intenzitu konvektivních systémů, jak jej shrnuje Fischer et al. (2025), kteří zdůrazňují vliv orografie na modifikaci konvektivního prostředí a zesílení konvektivních procesů v blízkosti evropských pohoří, což potvrzují zdokumentované případy silných supercelárních bouří. K podobnému závěru dospěla i studie Bližňák et al. (2018), která prokázala, že maximální hodnoty krátkodobých (1h) intenzivních úhrnů srážek jsou vázány na polohy ve středních nadmořských výškách. Je však třeba zdůraznit, že použitý objektový přístup a satelitní charakteristiky představují nepřímé ukazatele intenzity konvekce a neumožňují jednoznačně oddělit vliv orografie od dalších faktorů, jako je směr proudění či lokální termodynamické podmínky.

5. Závěr

Výsledky naznačují, že horské prostředí nepůsobí primárně jako oblast maximální intenzity konvekce na hřebenech, ale spíše jako faktor modifikující životní cyklus konvektivních systémů. Nejhlubší a plošně nejrozsáhlejší konvektivní systémy se systematicky vyskytují v podhůří a středních nadmořských výškách, kde se v kombinaci s vyššími hodnotami konvektivní dostupné potenciální energie (CAPE) uplatňuje konvergence proudění a následný orografický zdvih. Horské prostředí tak přispívá především k zesílení a časové modulaci vývoje konvekce, nikoliv nutně k jejímu maximálnímu rozvoji přímo nad nejvyššími partiemi terénu.

Literatura:

- AMATULLI, G., DOMISCH, S., TUANMU, M.-N., PARMENTIER, B., RANIPETA, A., MALCZYK, J., JETZ, W., 2018. A suite of global, cross-scale topographic variables for environmental and biodiversity modeling. *Sci. Data*. roč. **5**, s. 180 040 [cit. 30. 01. 2026]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.40>.
- BLIŽŇÁK, V., KAŠPAR, M., MÜLLER, M., 2018. Radar-based summer precipitation climatology of the Czech Republic. *Int. J. Climatol.* roč. **38**, s. 677–691 [cit. 30. 01. 2026]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/joc.5202>.
- DOLEŽALOVÁ, A., SEIDL, J., ŠTÁSTKA, J., KAŇÁK, J., 2026. Automatic detection of overshooting tops and their properties from visible satellite channels. *Atmos. Res.* roč. **329**, s. 108 488 [cit. 30. 01. 2026]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2025.108488>.
- FIOLLEAU, T., ROCA, R., 2024. A database of deep convective systems derived from the intercalibrated meteorological geostationary satellite fleet and the TOOCAN algorithm (2012–2020). *Earth Syst Sci Data*. roč. **16**, s. 4 021–4 050 [cit. 30. 01. 2026]. Dostupné z: <https://doi.org/10.5194/essd-16-4021-2024>.
- FISCHER, J., et al., 2025. Invited perspectives: Thunderstorm intensification from mountains to plains. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* roč. **25**, s. 2 629–2 656 [cit. 30. 01. 2026]. Dostupné z: <https://doi.org/10.5194/nhess-25-2629-2025>.

Rekonstrukce časových řad výšky sněhové pokrývky v oblasti Jeseníků a Králického Sněžníku

Alena Kamínková¹, Jarmila Šustková², Pavel Lipina³

^{1,2} Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ostrava, Regionální předpovědní pracoviště, K Myslivně 3/2182, 708 00 Ostrava, alena.kaminkova@chmi.cz, jarmila.sustkova@chmi.cz

³ Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ostrava, Oddělení meteorologie a klimatologie, K Myslivně 3/2182, 708 00 Ostrava, pavel.lipina@chmi.cz

Klíčová slova: výška sněhu, chybějící hodnoty, Missing Values, Jeseníky, Králický Sněžník

1. Úvod

S postupným zahušťováním sítě stanic Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ), které měří nejen sněhové charakteristiky, se zároveň zvyšuje potřeba rekonstrukce časových řad hlouběji do minulosti s důrazem na co největší přesnost a kvalitu doplňovaných dat. Dostatečně hustá síť sněhoměrných stanic je klíčovým zdrojem informací pro studium časové i prostorové proměnlivosti sněhové pokrývky, která významně ovlivňuje např. hydrologický režim. Rekonstrukce časových řad umožňuje doplnit chybějící data, prodloužit časové řady a lépe zachytit dlouhodobé trendy i extrémní jevy.

Možností, jak toho dosáhnout, je více, a každá z nich s sebou přináší jak určité limity, tak výhody a nevýhody. Předkládaný příspěvek se zabývá rekonstrukcí časových řad výšky sněhové pokrývky na stanici Králický Sněžník s využitím programu Missing Values, pracujícím nad klimatologickou databází CLIDATA. Vhodnost využití této metody je vyhodnocena na základě výpočtu střední kvadratické chyby a korelace dat a vedle například aktuálně velmi populárního strojového učení se může jednat, za podmínky správně nastavených parametrů, o vhodnou alternativu pro další analýzy v oblasti klimatologie.

2. Automatické stanice v oblasti Jeseníků a Králického Sněžníku

Vývoj staniční sítě ČHMÚ se nejen z hlediska měření sněhových charakteristik neustále vyvíjí. Stanice během let vznikají, zanikají nebo se obnovují. Z hlediska výpadků a hustoty měřených dat se nejvíce nepříznivá situace vyskytuje zejména v horských a vrchovinných oblastech. Od roku 2010 se proto v ČHMÚ přistoupilo k zahušťování sítě manuálních sněhoměrných stanic stanicemi automatickými, a to zejména ve vyšších nadmořských výškách. Díky těmto novým stanicím je následná práce s daty, např. interpolace výšky sněhové pokrývky, daleko reprezentativnější. V oblasti Jeseníků a Králického Sněžníku bylo od roku 2010 uvedeno do provozu celkem 7 automatických sněhoměrných stanic, z nichž všechny měří výšku sněhu a vybrané stanice také vodní hodnotu sněhu (tab. 1).

Tab. 1 Automatické stanice s měřením výšky sněhové pokrývky instalované od roku 2011 do konce roku 2025 v působnosti pobočky ČHMÚ Ostrava v oblasti Jeseníků a Králického Sněžníku.

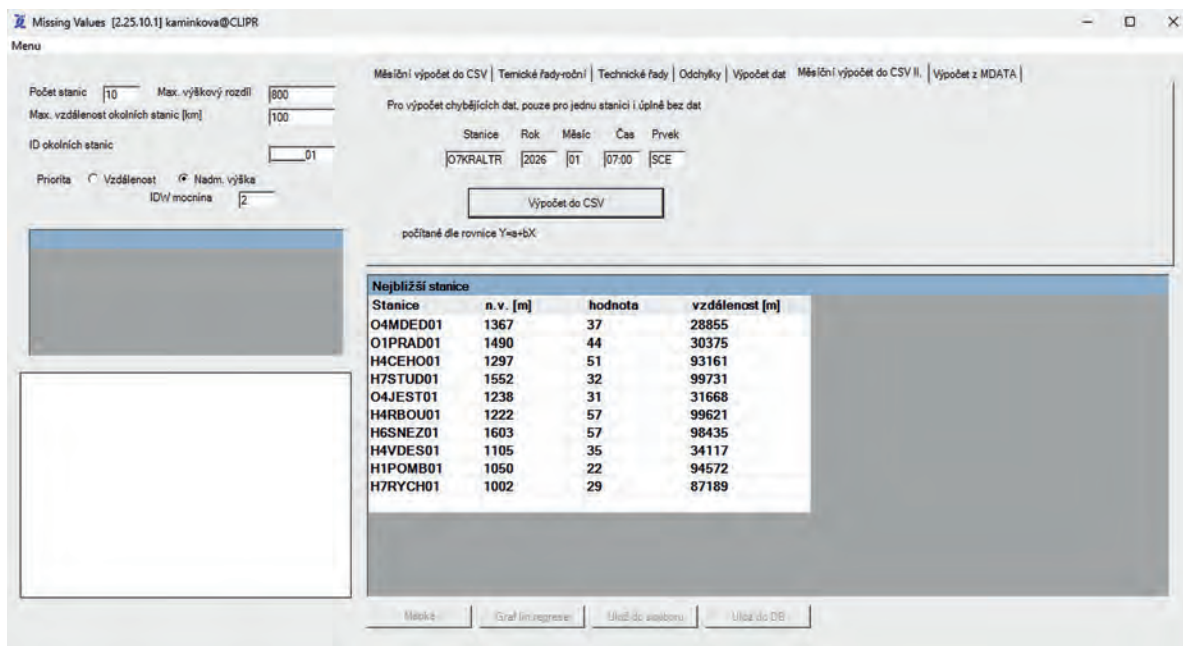
ID Stanice	Jméno stanice	Geomorfologický celek	Nadm. výška (m n. m.)	Měřená veličina	Rok instalace
O4KLEP01	Sobotín-Klepáčov	Hanušovická vrchovina	700	SCEa, SVHa	2011
O7KRAL01	Králický Sněžník	Králický Sněžník	1 402	SCEa	2019
O4PAPR01	Staré Město pod Sněžníkem-Paprsek	Rychlebské hory	999	SCEa	2020
O4NHER01	Nové Heřminovy	Nížký Jeseník	395	SCEa, SVHa	2022
O4JEST01	Jelení studánka	Hrubý Jeseník	1 238	SCEa	2024
O4MDED01	Malý Děd	Hrubý Jeseník	1 367	SCEa	2024
O4SRHU01	Suchá Rudná-Hubertka	Hrubý Jeseník	956	SCEa, SVHa	2025

SCEa – výška sněhové pokrývky

SVHa – vodní hodnota

3. Metodika

Program Missing Values, který, jak již bylo zmíněno, pracuje nad klimatologickou databází CLIDATA (Clidata, 2026), umožňuje výpočet chybějících hodnot sledovaného prvku na základě prostorových vztahů k okolním stanicím. Zpětně lze pak dopočíst technické řady pro vybrané stanice. Princip výpočtu je detailněji popsán v Stříž (2008). Zjednodušeně lze konstatovat, že pro výpočet chybějícího prvku se využívá lineární regrese mezi naměřenou hodnotou a nadmořskou výškou stanice. V programu lze zadat počet stanic vstupujících do výpočtu, maximální výškový rozdíl stanic a maximální vzdálenost okolních stanic. Rovněž se při výpočtu zadává priorita výpočtu podle vzdálenosti od stanice nebo výběr stanic s podobnou nadmořskou výškou (obr. 1).



Obr. 1 Grafické rozhraní programu Missing Values.

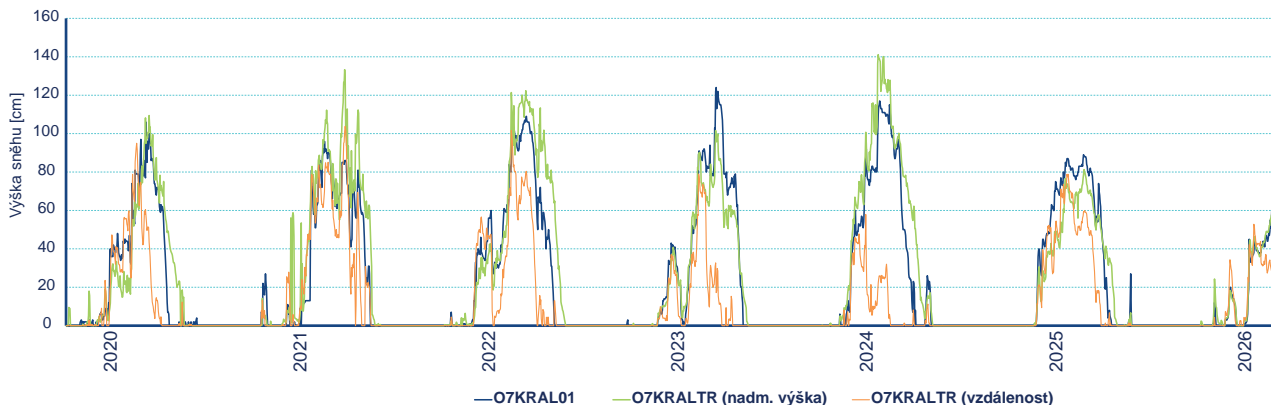
Pro ověření vhodnosti použití této metody byly nejdříve vytvořeny technické řady již existujících stanic Benešky v Hostýnsko-vsetínské hornatině (850 m n. m., data od roku 2010) a Klepáčov v Hanušovické vrchovině (700 m n. m., data od roku 2011), které posloužily jako referenční stanice. Vypočtené hodnoty byly následně porovnány s hodnotami naměřenými za období 2011 až 2025. Vypočtené a naměřené hodnoty u obou stanic vykazovaly dobrou shodu, s korelačními koeficienty u většiny sledovaných zimních sezón nad hodnotou 0,85 (Lipina et al. 2026a, 2026b). Proto bylo přistoupeno k ověření použité metodiky na stanicích s vyšší nadmořskou výškou a porovnání vhodnosti jednotlivých přístupů k výpočtům (priorita nadmořské výšky nebo vzdálenosti stanic). Pro rekonstrukci časových řad výšky sněhu v horských oblastech byla jako pilotní vybrána stanice Králický Sněžník, která měří od roku 2019 a kde bylo možné metodu doplňování dat ověřit na sedmi letech pozorování.

4. Výsledky

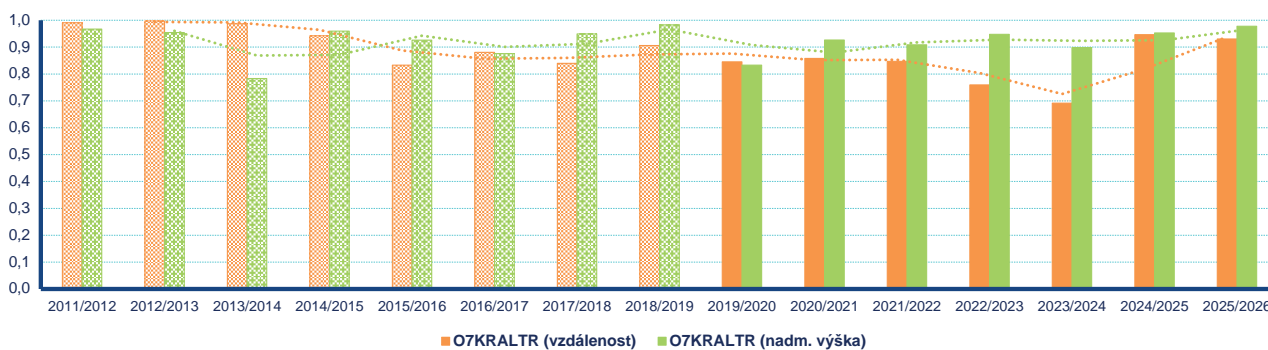
Po vytvoření technické řady v databázi CLIDATA s názvem O7KRALTR byly pomocí programu Missing Values spočteny dvě časové řady výšky sněhové pokrývky. První s prioritou vzdálenosti od stanice a druhá s prioritou podle nadmořské výšky. Maximální vzdálenost od stanice Králický Sněžník byla zvolena 100 km. Testováním se tato vzdálenost osvědčila zejména při zvolení priority podle nadmořské výšky. Nejprve byly vypočteny časové řady od října 2019 do února 2026, z důvodu možnosti srovnání vypočtených hodnot s hodnotami měřenými na stanici Králický Sněžník.

Výsledky jsou uvedeny na obr. 2, z kterého je patrné, že zvolení priority podle vzdálenosti od stanice není vhodné zejména v období tání sněhové pokrývky. Hlavním důvodem je výskyt nulových hodnot výšky sněhu na stanicích umístěných v nižších nadmořských výškách, a to i přes jejich relativní prostorovou blízkost. To ukazuje na velkou proměnlivost sněhové pokrývky v prostoru a čase. Naopak srovnání s vypočtenou řadou s prioritou podle nadmořské výšky ukazuje vysokou míru shody s referenční časovou řadou, což potvrzuje vhodnost tohoto přístupu. Tato teorie byla podpořena také výpočtem střední kvadratické chyby RMSE, která reprezentuje odmocninu z průměru druhých mocnin rozdílů mezi vypočtenými a měřenými hodnotami a udává průměrnou velikost chyby v jednotkách měřené veličiny. Za období 2020 až 2026 byla RMSE u priority podle vzdálenosti 30 cm a podle nadmořské výšky 15 cm, v zimní sezóně 2025/2026 dokonce jen 3 cm. Na základě těchto výsledků pak byly spočteny časové řady od zimní sezóny 2011/2012.

Vhodnost zvoleného přístupu byla potvrzena prostřednictvím korelační analýzy mezi vypočtenou a měřenou časovou řadou. Výsledky korelace jsou graficky znázorněny na obr. 3. Od zimní sezóny 2019/2020 byly vypočtené časové řady porovnány s měřenými hodnotami na stanici Králický Sněžník (O7KRAL01). Zřetelně jsou zde vidět lepší výsledky při výběru priority podle nadmořské výšky. Součástí grafu (obr. 3) jsou také korelační koeficienty za zimní sezóny 2011/2021 až 2017/2018, kdy stanice Králický Sněžník (O7KRAL01) ještě nebyla v provozu a srovnání bylo provedeno vůči časové řadě z profesionální stanice Šerák (O1SERA01, 1 328 m n. m.), která se vyznačuje obdobnou nadmořskou výškou.

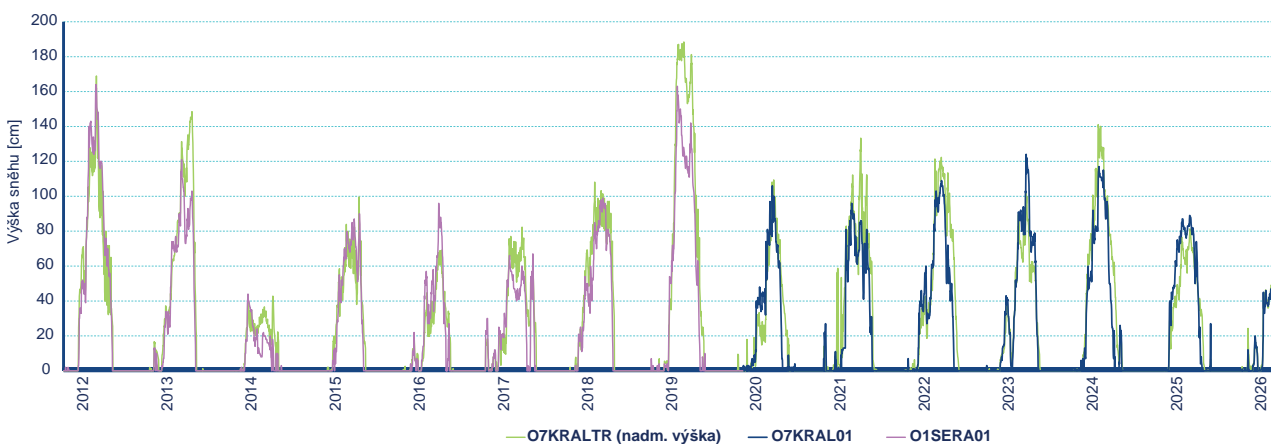


Obr. 2 Srovnání vypočtené (O7KRALTR) a měřené (O7KRAL01) hodnoty výšky sněhové pokrývky za období 2020 až 2026 pro lokalitu Králický Sněžník (1 402 m n. m.).



Obr. 3 Zobrazení výsledků korelace vypočtené časové řady výšky sněhové pokrývky (podle priority vzdálenosti nebo nadmořské výšky) se stanicemi Šerák (2011/2022 až 2018/2019) a Králický Sněžník (2019/2020 až 2025/2026).

Výsledná vypočtená časová řada výšky sněhové pokrývky za období 2012 až 2026 je ukázána na obr. 4. Pro srovnání jsou přidány časové řady ze stanice Šerák (O1SERA01), do roku 2020, a ze stanice Králický Sněžník (O7KRAL01).



Obr. 4 Vypočtená hodnota (O7KRALTR) výšky sněhové pokrývky pro lokalitu Králický Sněžník (1 402 m n. m.) za období 2011 až 2026. Pro srovnání je uvedena měřená výška sněhové pokrývky ve stanici Šerák (O1SERA01, 1 328 m n. m.), do roku 2020, a Králický Sněžník (O7KRAL01, 1 402 m n. m.), od roku 2020.

5. Diskuze

Celkově lze konstatovat, že použitá metoda se zatím jeví jako vhodný doplňkový nástroj pro doplňování chybějících dat výšky sněhové pokrývky. Vzhledem k časovým možnostem výpočtu (výpočet každého měsíce zvlášť) je vhodnější využití při krátkodobých výpadech měření nebo při rekonstrukci kratšího časového úseku.

Při testování na referenčních stanicích Benešky a Klepáčov (Lipina et al. 2026b) nešlo jednoznačně posoudit, zda je výhodnější využití metody založené na výběru nejbližších stanic podle vzdálenosti, nebo metody vycházející z nadmořské výšky. Při výpočtech u stanic s vyšší nadmořskou výškou se ukázalo, že metoda založená na prioritě nadmořské výšky je vhodnějším nástrojem při rekonstrukci časové řady, lepší výsledky se ukázaly zejména při jarním tání sněhové pokrývky (obr. 2).

Výsledky porovnání vypočtené a měřené hodnoty za rok 2026 ukázaly, že zahušťování sítě stanic výrazně napomohlo lepším výsledkům. Od roku 2024 jsou v oblasti Jeseníků provozovány dvě automatické stanice s podobnou nadmořskou výškou jako stanice na Králickém Sněžníku (viz tab. 1), a již doplnění měřených hodnot těchto dvou stanic výrazně zlepšilo vypočtené hodnoty, zejména v poslední zimní sezóně (obr. 1).

6. Závěr

Rekonstrukce časových řad výšky sněhové pokrývky pomocí programu Missing Values se ukazuje jako prakticky využitelná metoda pro doplňování chybějících dat také v horských oblastech, kde výpadky měření bývají častější. Vypočtené a naměřené hodnoty pro stanici Králický Sněžník vykazují vysokou míru korelace u většiny sledovaných zimních sezón. Přesnější výsledky však dosahuje metoda využívající prioritu nadmořské výšky, a to zejména v období tání sněhu. Významnou roli hraje také zahušťování měřicí sítě, které od roku 2024 přispělo ke zvýšení přesnosti výpočtů díky dostupnosti stanic s podobnou nadmořskou výškou.

Předložená metoda se zdá být vhodným doplňkovým nástrojem pro rekonstrukci kratších časových úseků či doplnění krátkodobých výpadek měření. Při správně nastavených parametrech může efektivně doplnit další moderní metody, jako je například strojové učení, a může představovat vhodnou variantu pro práci s časovými řadami v klimatologii a také hydrologii.

Poděkování:

Tento příspěvek vznikl v rámci institucionální podpory Dlouhodobé koncepce rozvoje výzkumné organizace na období 2023–2027.

Literatura:

CLIDATA, 2026. Professional Climatological Database [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 04. 03. 2026]. Dostupné: interně.

LIPINA, P., KAMÍNKOVÁ, A., ŠUSTKOVÁ, J., 2026a. Rekonstrukce časových řad výšky sněhové pokrývky [online]. In: *Posterový deň SMS 2026, Zborník abstraktov*. s. 18. Slovenská meteorologická spoločnosť o. z. [cit. 04. 03. 2026]. Dostupné z: https://slovakmeteo.sk/posterday_2026/web_files/Zbornik_abstraktov_PD2026.pdf. ISBN: 978-80-973051-4-7.

LIPINA, P., KAMÍNKOVÁ, A., ŠUSTKOVÁ, J., 2026b. Rekonstrukce časových řad výšky sněhové pokrývky [online]. In: *Posterový deň SMS 2026, Poster*. [cit. 04. 03. 2026]. Dostupné z: https://slovakmeteo.sk/posterday_2026/poster_2026/Lipina_el_al_poster_SMS_2026.pdf.

STRÍŽ, M., 2008. Popis metod CLIDATA-GIS [online]. [cit. 12. 03. 2026]. Dostupné z: <http://www.infomet.cz/fil/1295510217.pdf>.

Rozložení CAPE v horách a nížinách

Petr Zacharov¹, Robert Kvak²

¹ Ústav fyziky atmosféry Akademie věd ČR, oddělení meteorologie, Boční II 1401 Praha 4-Spořilov, petas@ufa.cas.cz

² Ústav fyziky atmosféry Akademie věd ČR, oddělení meteorologie, Boční II 1401 Praha 4-Spořilov, kvak@ufa.cas.cz

1. Co je to CAPE

Konvektivní bouře představují stále jedno z největších nebezpečí počasí především jejich komplexností a minimální predikovatelností. Jejich morfologie sahá od slabých izolovaných cel přes organizované supercely až po rozsáhlé mezoměřítkové konvektivní systémy. K předpovědi bouří se kromě přímého numerického modelování využívají stabilitní indexy a parametry odvozené z vertikálních profilů atmosféry – ať už z naměřených aerologickou sondáží, nebo z modelových pseudosondáží. Jednou z nejvýznamnějších charakteristik je CAPE (Convective Available Potential Energy), která představuje množství práce, kterou může vykonat vzlaková síla na částici vzduchu při jejím výstupu z hladiny volné konvekce (LFC) do hladiny nulového vzlaku (EL). Fyzikálně je CAPE definována jako vertikální integrál vzlaku, v praxi aproximovaný rozdílem virtuálních teplot stoupající částice a okolního prostředí (Doswell a Rasmussen 1994). Virtuální teplota se ve výpočtech CAPE široce používá kvůli zahrnutí vlhkosti vzduchu do výpočtu.

Výpočet CAPE je však zatížen řadou zjednodušení, přičemž klíčovým faktorem je zejména volba počáteční částice, která zásadně ovlivňuje výslednou hodnotu (např. Markowski a Richardson 2010). V praxi se proto rozlišuje několik variant tohoto parametru. SBCAPE (Surface-Based CAPE) uvažuje částici přímo u zemského povrchu, což dobře reflektuje odpolední zahřívání Sluncem, avšak selhává v situacích s přízemní inverzí, kdy může vykazovat nulové hodnoty i v instabilní atmosféře. Aby se eliminovala citlivost na lokální extrémní v přízemní vrstvě a simulovalo turbulentní promíchávání v mezní vrstvě, využívá se MLCAPE (Mean-Layer CAPE), jenž počítá s průměrnými vlastnostmi vrstvy o tloušťce zpravidla 100 hPa nad povrchem (Craven a kol. 2002). Pro překonání přízemní teplotní inverze nebo zachycení tzv. vyvýšené konvekce (elevated convection) se pak aplikuje MUCAPE (Most Unstable CAPE), který hledá hladinu s nejvyšší ekvivalentní potenciální teplotou (θ_e) v rámci hlubší vrstvy, obvykle spodních 300 hPa. Tento parametr je klíčový pro predikci bouří vznikajících nad stabilní přízemní vrstvou, například v noci nebo nad frontálním rozhraním.

Kromě nejistoty v popisu mezní vrstvy zanedbává standardní výpočet CAPE další relevantní fyzikální procesy, které reálně snižují výsledný vzlak. Jde především o vtahování suchého a chladnějšího vzduchu z okolí do stoupajícího proudu, což vede k výparu kapek, ochlazování vystupujících částic a drastickému snížení dostupné energie oproti teoretickému adiabatickému výstupu (Peters a kol. 2023). Dalšími faktory jsou hmotnost vznikajících hydrometeorů (water loading) a vliv brzdících vertikálních perturbovaných tlakových gradientů vznikajících při pohybu částice směrem vzhůru. Přestože tato zjednodušení vedou k systematickému nadhodnocení teoretické kinetické energie, zůstává CAPE základním pilířem předpovědi konvektivních bouří.

Významným faktorem ovlivňujícím hodnoty a interpretaci CAPE je členitost terénu a nadmořská výška. Vyšší poloha povrchu zkracuje vertikální profil, v němž se integruje vzlak, což může vést k nižším absolutním hodnotám CAPE oproti nížinným oblastem, i když je lokální nestabilita vysoká. Ve vyšší nadmořské výšce je navíc nižší teplota vzduchu, a tedy i nižší absolutní vlhkost, což také vede ke snížení hodnoty CAPE. Na druhou stranu, vyvýšený terén působí jako efektivní zdroj tepla, protože prohřátý vzduch nad horskými masivy má vyšší potenciální teplotu než vzduch ve stejné výšce nad údolím, což může lokálně iniciovat konvekci i při celkově nižších hodnotách instability. Tento mechanismus souvisí s lokální modifikací mezní vrstvy, kdy hory mohou působit jako „komíny“ dopravující vlhkost a teplo do volné troposféry, čímž usnadňují dosažení hladiny volné konvekce.

2. Kde vezmeme CAPE

Pro hodnocení plošného rozložení hodnot CAPE a rozdělení hodnot s nadmořskou výškou jsme využili data z reanalýzy ALADIN. Reanalýza poskytuje data ve vysokém horizontálním rozlišení s krokem cca 2,3 km a v časovém kroku 1h a to na oblasti pokrývající širší oblast střední Evropy. Vzhledem k obrovskému množství dat reanalýza neposkytuje veškeré meteorologické prvky, jako např. globální reanalýza ERA5. K dispozici tak byla pro hodnocení CAPE pouze veličina MUCAPE. V předchozí práci bylo prokázáno, že hodnoty MUCAPE z reanalýzy ALADIN jsou srovnatelné s hodnotami MUCAPE spočtené ze sondážních měření na stanici Praha-Libuš (ČHMÚ).

Reanalýza ALADIN představuje detailní rekonstrukci historického vývoje atmosférických podmínek nad střední Evropou, zejména nad územím České republiky. Byla vytvořena v Českém hydrometeorologickém ústavu v rámci projektu PERUN a využívá numerický model ALADIN upravený pro klimatologické výpočty s velmi jemným horizontálním

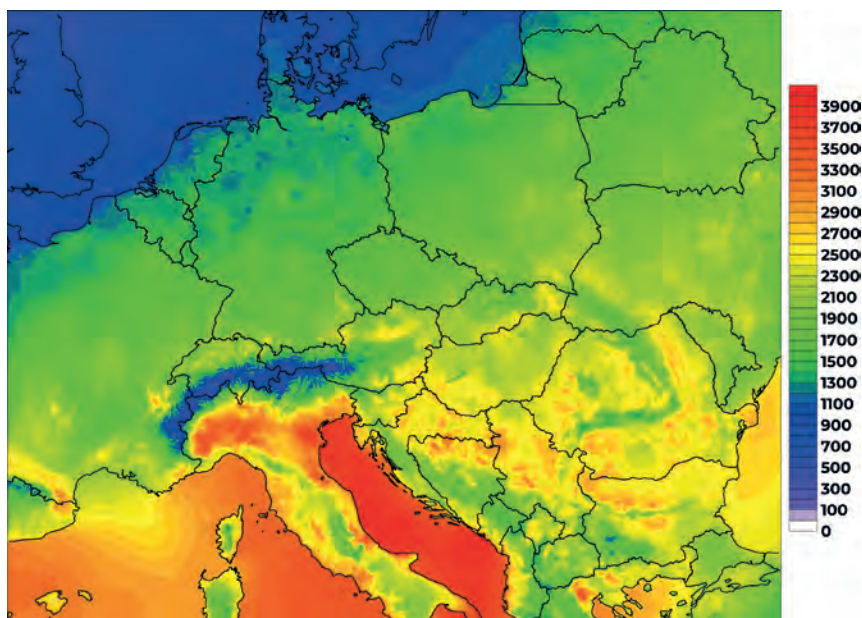
rozlišením přibližně $2,3 \times 2,3$ km (Beranová et al. 2023). Reanalýza kombinuje modelové výpočty s dostupnými meteorologickými pozorováními a globální reanalýzou ERA5, přičemž využívá metody asimilace dat k vytvoření konzistentního časoprostorového pole meteorologických veličin. Výsledkem je podrobný dataset popisující vývoj atmosféry přibližně od roku 1990 do roku 2021, který umožňuje analyzovat klimatické extrémní srážkové charakteristiky nebo konvektivní prostředí s mnohem vyšším prostorovým detailem než globální reanalýzy. Tento dataset je důležitým podkladem pro studium změny klimatu a pro tvorbu regionálních klimatických scénářů v České republice.

3. Rozložení CAPE ve střední Evropě a v ČR

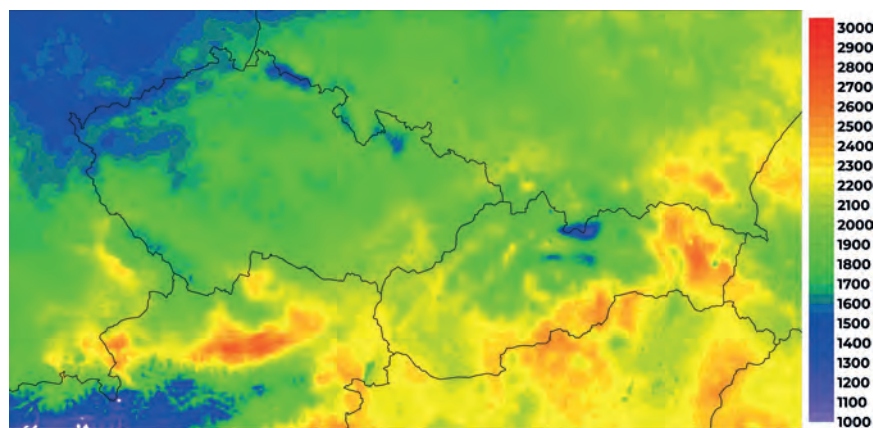
Pro plošné rozložení hodnot MUCAPE jsme použili 95 % kvantily hodnot v každém gridovém bodě z třicetiletých řad reanalýzy ALADIN. Ve střední Evropě jsou nejvyšší hodnoty MUCAPE nad teplými vodami Středozemního moře a v Pádské nížině a jsou způsobeny vysokou teplotou a vlhkostí vzduchu. Výraznou odchylkou ve Středozemním moři je Lví záliv u jihovýchodního pobřeží Francie. To je způsobeno vlivem lokálních větrů mistralu a tramontany, které odtlačují teplou vodu od pobřeží a umožňují vertikální promíchávání vody, čímž ochlazují teplotu povrchu moře v zálivu. Studená Severní a Baltské moře naopak MUCAPE výrazně snižují. Nižšími hodnotami MUCAPE se také často vyznačují hory, a to zejména Alpy, ale i celý Karpatský oblouk i Dinárské hory. V jejich podhůří se naopak často vyskytují zvýšené hodnoty MUCAPE, což je zejména patrné okolo Karpat, ale i na kraji domény v podhůří Pyrenejí. Samozřejmostí je průměrný pokles hodnot MUCAPE s rostoucí zeměpisnou šířkou, na severu domény je patrný vliv pevniny, která se na rozdíl od studených severních moří dokáže prohřát a zvýšit tak hodnoty MUCAPE.

V detailním přiblížení v rámci České a Slovenské republiky jsou také patrné nižší hodnoty MUCAPE v oblasti pohoří, zejména Vysokých Tater a Krkonoš, ale i Jeseníků, Orlických hor, Šumavy a Nízkých Tater. Méně zřetelně můžeme nalézt nižší hodnoty v oblasti Malé a Velké Fatry, Slánských vrchů či Beskyd. Velmi zajímavé jsou oblasti relativně vyšších hodnot MUCAPE v podhůří Alp a Šumavy, u druhé jmenované z jihozápadní i severovýchodní strany. Na Slovensku můžeme pozorovat zvýšené hodnoty v teplých oblastech Juhoslovenské kotliny a Východoslovenské nížiny.

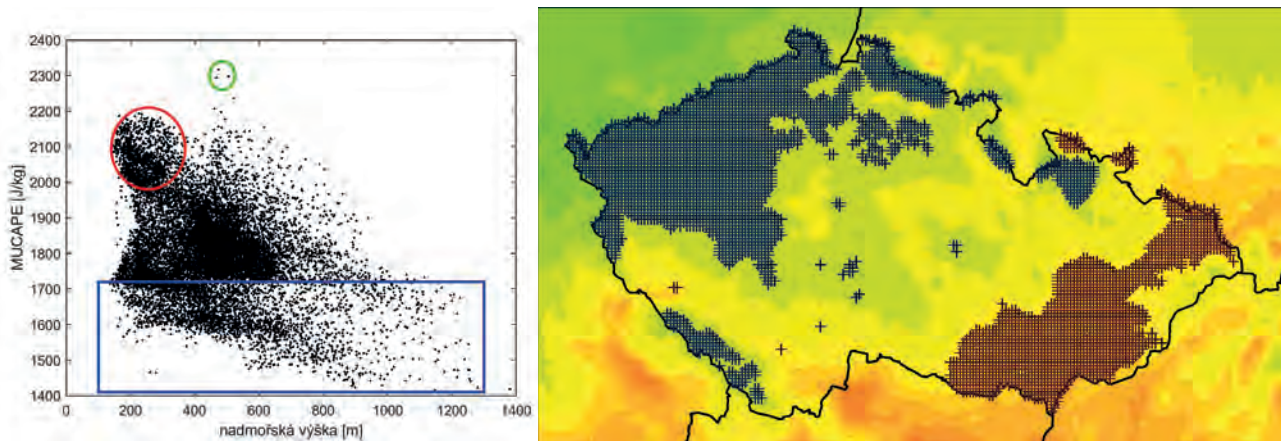
V rámci České republiky sice hodnota MUCAPE klesá obecně s výškou (viz obr. 3 vlevo), ale vztah samozřejmě není jednoduchý a do značné míry i v rámci ČR závisí na jednotlivých oblastech. V horských oblastech a v západních až severozápadních Čechách (na obr. 3 vyznačeno modře) je vidět pokles MUCAPE s výškou, ale v nižších hodnotách MUCAPE. Naopak v oblastech moravských úvalů a české brány (vyznačeno červeně) jsou patrné zvýšené hodnoty MUCAPE zároveň odpovídající nízkým nadmořským výškám. Odlehlé hodnoty (na obr. 3 vlevo vyznačené zeleně) se nacházejí v oblasti Českých Velenic.



Obr. 1 Plošné rozložení 95 % kvantilu hodnot MUCAPE [$J \cdot kg^{-1}$] ve střední Evropě z reanalýzy ALADIN z let 1991–2020.



Obr. 2 Plošné rozložení 95 % kvantilu hodnot MUCAPE [$J \cdot kg^{-1}$] v České a Slovenské republice z reanalýzy ALADIN z let 1991–2020.



Obr. 3 Závislost hodnot MUCAPE na nadmořské výšce (vlevo) s vyznačením zvláštních oblastí, které jsou zároveň vyznačeny i geograficky (vpravo).

4. CAPE v kostce

Analýza 30leté reanalýzy ALADIN s vysokým rozlišením potvrdila, že distribuce MUCAPE ve střední Evropě je primárně řízena termodynamickými kontrasty mezi pevninou a mořem a modifikována členitostí terénu. Nejvyšší hodnoty instability (95 % kvantily) se vyskytují v oblasti Pádné nížiny a nad teplými vodami Středomoří, zatímco studená severní moře hodnoty MUCAPE výrazně tlumí. Přestože hory fungují jako iniciátory konvekce díky transportu tepla a vlhkosti do vyšších výšek, vykazují v absolutních hodnotách MUCAPE systematický pokles s rostoucí nadmořskou výškou. Tento pokles je dán zejména zkrácením vertikálního profilu pro integraci vztlaku a nižší absolutní vlhkostí ve vyšších polohách. Na území České republiky je patrný jasný gradient mezi nížinnými oblastmi (moravské úvaly), kde se koncentrují nejvyšší hodnoty instability, a horskými masivy (Vysoké Tatry, Krkonoše) s výrazně nižším energetickým potenciálem. Využití dat v rozlišení 2,3 km umožnilo identifikovat i drobné lokální anomálie a podhorské oblasti se zvýšeným rizikem (např. podhůří Šumavy), které jsou v globálních modelech často vyhlazeny. Závěrem lze konstatovat, že pro přesnou předpověď bouřek v členitém terénu ČR nelze spoléhat pouze na absolutní hodnotu CAPE, ale je nutné ji interpretovat v kontextu nadmořské výšky a lokální modifikace mezní vrstvy, kterou reanalýza ALADIN dokáže velmi detailně popsat.

Literatura:

- BERANOVÁ, R., RULFOVÁ, Z., SOKOL, Z., 2023. Validace reanalýzy pro střední Evropu PERUN/Reanalysis. In: TOLASZ, R., POLCAROVÁ, E., (eds.). *Sborník příspěvků z První konference projektu PERUN*. Praha: ČHMÚ, s. 7–14. ISBN 978-80-7653-063-8.
- DOSWELL, C. A., RASMUSSEN, E. N., 1994. The effect of neglecting the virtual temperature correction on CAPE calculations. *Weather and Forecasting*, roč. **9**, s. 625–629. Dostupné z: [https://doi.org/10.1175/1520-0434\(1994\)009<0625:TEONTV>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0434(1994)009<0625:TEONTV>2.0.CO;2).
- CRAVEN, J. P., BROOKS, H. E., HART, J. A., 2002. Baseline climatology of sounding derived parameters associated with deep, moist convection. Preprints, 21st Conf. on Severe Local Storms. Amer. Meteor. Soc., s. 643–646.
- PETERS, J. M., CHAVAS, D. R., SU C.-Y., MORRISON, H., COFFER, B. E., 2023. An Analytic Formula for Entraining CAPE in Midlatitude Storm Environments. *Journal of the Atmospheric Sciences*, roč. **80**, s. 201–221. Dostupné z: <https://doi.org/10.1175/jas-d-22-0051.1>.
- MARKOWSKI, P., RICHARDSON, Y., 2010. *Mesoscale Meteorology in Midlatitudes*. Wiley-Blackwell, 430 s. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/9780470682104>.

Kalibrace jako základ důvěryhodných meteorologických dat

Jan Rybář¹, Jozef Leja²

¹ Slovenská technická univerzita v Bratislavě, Strojnická fakulta, Ústav automatizace, informatizace a měření, Nám. slobody 17, 812 31 Bratislava, Slovenská republika, jan.rybar@stuba.sk & Dopravní podnik Bratislava, a. s., Olejkárska ulice 1, 814 52 Bratislava, Slovenská republika

² Slovenská technická univerzita v Bratislavě, Strojnická fakulta, Ústav matematiky a fyziky, Nám. slobody 17, 812 31 Bratislava, Slovenská republika, jozef.leja@stuba.sk

Klíčová slova: kalibrace, kvalita dat, meteorologie, metrologie

1. Úvod

Meteorologická měření představují jeden z klíčových zdrojů informací pro řadu oblastí lidské činnosti – od předpovědi počasí, přes klimatologický výzkum až po zemědělství, letectví či energetiku. Kvalita a důvěryhodnost těchto dat je však přímo závislá na přesnosti měřicích přístrojů a na systematické kontrole jejich metrologických vlastností. Z tohoto důvodu je kalibrace meteorologických snímačů základním předpokladem pro získávání validních a dlouhodobě porovnatelných údajů (Gabl 2014; Honsová et al. 2020; Kelemenová et al. 2016).

Kalibraci lze definovat jako soubor operací, které za specifikovaných podmínek stanovují vztah mezi hodnotami indikovanými měřicím přístrojem a odpovídajícími hodnotami realizovanými etalonem. V meteorologii se tento proces uplatňuje zejména u teplotních čidel, vlhkoměrů, barometrů, anemometrů a srážkoměrů. Bez pravidelné kalibrace dochází k postupnému driftu snímačů, což může vést k systematickým chybám a k narušení homogenity časových řad (Vlnka et al. 2022). Dlouhodobé klimatologické analýzy vyžadují data s přesně definovanou nejistotou měření a s jasně doloženou návazností na národní nebo mezinárodní etalony. Metrologická návaznost umožňuje porovnatelnost dat mezi jednotlivými měřicími stanicemi i mezi různými státy. V kontextu současných klimatických změn nabývá tato otázka ještě většího významu, neboť i malé systematické odchylky mohou při dlouhodobém vyhodnocování vést k významným interpretačním chybám (Chudý et al. 1999; Kelemenová et al. 2016).

Cílem tohoto sdělení je analyzovat význam kalibrace meteorologických přístrojů, popsat metodiku ověřování jejich přesnosti a prezentovat výsledky experimentálního porovnání kalibrovaných a nekalibrovaných měřicích systémů v provozních podmínkách vybrané meteorologické stanice.

2. Metodika

Meteorologická měření byla realizována na automatizované meteorologické stanici vybavené standardizovanými měřicími přístroji používanými v operativních i klimatologických pozorovacích sítích. Důraz byl kladen na zajištění metrologické návaznosti jednotlivých měřicích prvků a na minimalizaci systematických chyb způsobených vlivy okolního prostředí.

Teplota vzduchu byla měřena pomocí platinového odporového snímače typu Pt100, který patří mezi nejčastěji používané snímače v meteorologické praxi díky své stabilitě, dlouhodobé reprodukovatelnosti a relativně malé nejistotě měření. Snímač byl umístěn ve ventilovaném radiačním stínítku ve výšce přibližně 2 m nad travnatým povrchem, čímž bylo zajištěno omezení vlivu přímého slunečního záření a sálání okolních objektů (Chudý et al. 1999).

Relativní vlhkost vzduchu byla měřena kapacitním vlhkostním snímačem integrovaným v kombinovaném meteorologickém modulu. Atmosférický tlak byl sledován pomocí digitálního barometrického snímače s piezorezistivním měřicím prvkem. Rychlost a směr větru byly měřeny ultrazvukovým anemometrem instalovaným na stožáru meteorologické stanice (Chudý et al. 1999; Kelemenová et al. 2016).

Před zahájením měření byly všechny snímače podrobeny kalibraci v akreditované metrologické laboratoři, aby byla zajištěna jejich návaznost na referenční etalony a aby bylo možné kvantifikovat nejistotu měření. Kalibrace byla provedena v několika bodech pracovního rozsahu každého snímače a výsledkem byly korekční koeficienty použité při následném zpracování dat (Chudý et al. 1999).

2.1 Měřicí zařízení a sledované veličiny

Experiment byl realizován na automatické meteorologické stanici vybavené standardními snímači používanými v synoptické síti. Sledovány byly následující meteorologické veličiny (tab. 1): teplota vzduchu (°C), relativní vlhkost (%), atmosférický tlak (hPa), rychlost větru ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$), úhrn srážek (mm).

Tab. 1 Použitá měřicí zařízení a jejich metrologické parametry. Zdroj: Vlastní zpracování.

Veličina	Typ snímače	Rozsah měření	Deklarovaná přesnost	Interval kalibrace
Teplota vzduchu	Pt100 odporový teploměr	-40 °C až +60 °C	$\pm 0,1$ °C	12 měsíců
Relativní vlhkost	Kapacitní vlhkoměr	(0–100) %	± 2 %	12 měsíců
Atmosférický tlak	Digitální barometr	(800–1100) hPa	$\pm 0,3$ hPa	24 měsíců
Rychlost větru	Ultrazvukový anemometr	(0–60) $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	$\pm 0,3$ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	24 měsíců
Srážky	Váhový srážkoměr	(0–500) mm	± 1 %	12 měsíců

Referenční hodnoty byly získávány pomocí laboratorně kalibrovaných etalonových přístrojů s doloženou návazností na národní metrologický systém.

2.2 Postup kalibrace

Kalibrace byla prováděna v akreditované metrologické laboratoři podle postupů vycházejících z doporučení WMO (World Meteorological Organization) a z mezinárodních norem ISO.

Proces zahrnoval:

- stabilizaci přístroje v kontrolovaném prostředí,
- porovnání indikovaných hodnot s referenčním etalonem,
- stanovení korekčních koeficientů,
- vyhodnocení nejistoty měření (Kelemenová et al. 2016; Palenčár et al. 2021; Wimmer et al. 2015).

Pro každou veličinu bylo provedeno minimálně pět kalibračních bodů v rámci pracovního rozsahu snímače.

2.3 Statistické zpracování dat

Naměřená data byla analyzována pomocí základních statistických metod. Posuzovány byly zejména:

- průměrná odchylka měření,
- směrodatná odchylka,
- systematická chyba (bias),
- koeficient korelace mezi referenčním a provozním měřením.

K vyhodnocení vlivu kalibrace na kvalitu dat byl použit model lineární regrese a analýza rozdílů mezi kalibrovanými a nekalibrovanými hodnotami (Palenčár et al. 2021; Wimmer et al. 2015).

3. Výsledky

Porovnání údajů (tab. 2) před a po kalibraci ukázalo významné snížení systematických odchylek u většiny sledovaných veličin. Největší rozdíly byly zaznamenány u relativní vlhkosti a u měření teploty, kde docházelo k postupnému driftu snímače.

Tab. 2 Průměrná odchylka měření před a po kalibraci. Zdroj: Vlastní zpracování.

Veličina	Odchylka před kalibrací	Odchylka po kalibraci
Teplota	0,42 °C	0,08 °C
Relativní vlhkost	4,5 %	1,1 %
Atmosférický tlak	0,9 hPa	0,2 hPa
Rychlost větru	0,5 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	0,15 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
Srážky	3,2 %	0,9 %

Z výsledků vyplývá, že kalibrace vedla k redukci systematické chyby v průměru o více než 70 %. Současně došlo ke snížení variability měření, což se projevilo nižší směrodatnou odchylkou v časových řadách. Dalším důležitým zjištěním (tab. 3) bylo zlepšení korelace mezi referenčním etalonem a provozním snímačem.

Tyto výsledky potvrzují, že kalibrační zásah významně zvyšuje přesnost a konzistenci meteorologických měření.

4. Diskuze

Získané výsledky potvrzují zásadní roli metrologických postupů při zajišťování kvality meteorologických dat. Bez pravidelné kalibrace dochází k postupnému zhoršování přesnosti snímačů, což může vést k systematickému zkreslení dlouhodobých klimatických řad.

Významným faktorem je také stárnutí snímačů a vliv okolního prostředí. Vlhkost, prach, UV záření či mechanické vibrace mohou způsobovat změny citlivosti měřicích prvků. Tyto procesy jsou často pomalé a obtížně detekovatelné bez referenčního měření. Z hlediska klimatologických studií je zvláště problematická systematická chyba, která může při dlouhodobém sledování vytvářet falešné trendy. Například systematická odchylka teploty o několik desetín stupně může výrazně ovlivnit analýzu změn klimatu v regionálním měřítku.

Diskutovaným tématem v odborné komunitě je také optimální interval kalibrace. Příliš častá kontrola zvyšuje provozní náklady, zatímco nedostatečná frekvence vede k degradaci kvality dat. Výsledky této studie naznačují, že roční kalibrace u většiny meteorologických snímačů představuje vhodný kompromis mezi ekonomickými a metrologickými požadavky. Dalším aspektem je automatizace meteorologických stanic. Moderní snímače jsou stále více integrovány do digitálních systémů a jejich kalibrace musí být doplněna také kontrolou elektronických převodníků a softwarových algoritmů.

5. Závěr

Kalibrace meteorologických přístrojů představuje zásadní nástroj pro zajištění přesnosti, spolehlivosti a dlouhodobé porovnatelnosti meteorologických dat. Experimentální analýza ukázala, že pravidelná metrologická kontrola výrazně snižuje systematické chyby měření a zlepšuje korelaci s referenčními etalony.

Z výsledků vyplývá, že absence kalibrace může vést k významným odchylkám v naměřených hodnotách, což negativně ovlivňuje nejen operativní meteorologické služby, ale také klimatologický výzkum. Implementace standardizovaných kalibračních postupů a zajištění metrologické návaznosti by proto měly být nedílnou součástí provozu každé meteorologické stanice.

V kontextu rostoucích požadavků na kvalitu klimatických dat je nezbytné nadále rozvíjet metody kalibrace, optimalizovat intervaly kontrol a zvyšovat úroveň mezinárodní spolupráce v oblasti meteorologické metrologie.

Poděkování:

Autoři děkují Ústavu automatizace, informatizace a měření a Ústavu matematiky a fyziky Strojnické fakulty Slovenské technické univerzity v Bratislavě za podporu při zpracování tohoto konferenčního sdělení. Poděkování dále patří všem zainteresovaným organizacím (Český metrologický institut, Slovenský metrologický ústav, Slovenský hydrometeorologický ústav) a projektům KEGA 028STU-4/2026, KEGA 016STU-4/2025 a APVV-21-0195, v jejichž rámci byla tato práce finančně podpořena.

Literatura:

GABL, K., 2014. Počasí: praktické rady profesionála: jak správně vyhodnotit počasí a naplánovat túru. Praha: Alpy. ISBN 978-80-85613-55-1.

HONSOVÁ, D., SOUČKOVÁ, M., 2020. Předpověď počasí. Praha: Paseka. ISBN 978-80-7432-976-0.

CHUDÝ, V., PALENČÁR, R., KUREKOVÁ, E., HALAJ, M., 1999. Meranie technických veličín. Bratislava: STU v Bratislave, 688 s. ISBN 80-227-1275-2.

KELEMENOVÁ, T., DOVICA, M., 2016. Kalibrácia meradiel. 1. vydanie. Košice: Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Edícia vedeckej a odbornej literatúry, 232 s. ISBN 978-80-553-3069-3.

PALENČÁR, R., WIMMER, G., PALENČÁR, J., WITKOVSKÝ, V., 2021. Navrhovanie a vyhodnocovanie meraní. 1. vyd. Bratislava: Spektrum STU, 160 s. Edícia vysokoškolských učebníc. ISBN 978-80-227-5080-6.

VLNKA, J., GROSINGER, P., RYBÁŘ, J., 2022. Elektronika v meracej technike. 1. vyd. Bratislava: Spektrum STU, 226 s. Edícia vysokoškolských učebníc. ISBN 978-80-227-5241-1.

WIMMER, G., PALENČÁR, R., WITKOVSKÝ, V., ĎURIŠ, S., 2015. Vyhodnotenie kalibrácie meradiel: štatistické metódy pre analýzu neistôt v metrológii. 1. vyd. Bratislava: Nakladateľstvo STU, 191 s. ISBN 978-80-227-4374-7.

Tab. 3 Korelační koeficient mezi referenčním a provozním měřením. Zdroj: Vlastní zpracování, Wimmer et al. 2015.

Veličina	Korelace před kalibrací	Korelace po kalibraci
Teplota	0,987	0,998
Relativní vlhkost	0,963	0,992
Atmosférický tlak	0,978	0,997

Vliv zimních meteorologických podmínek na teplotní režim a funkčnost tramvajových výhybek

Peter Onderčo¹, Jan Rybář², Jozef Leja³, Tomáš Čamaj⁴, Stanislav Ďuriš⁵

- ¹ Slovenská technická univerzita v Bratislavě, Strojnická fakulta, Ústav automatizace, informatizace a měření, Nám. slobody 17, 812 31 Bratislava, Slovenská republika, peter.underco@stuba.sk & Dopravní podnik Bratislava, a. s., Olejkárska ulice 1, 814 52 Bratislava, Slovenská republika
- ² Slovenská technická univerzita v Bratislavě, Strojnická fakulta, Ústav automatizace, informatizace a měření, Nám. slobody 17, 812 31 Bratislava, Slovenská republika, jan.rybar@stuba.sk & Dopravní podnik Bratislava, a. s., Olejkárska ulice 1, 814 52 Bratislava, Slovenská republika
- ³ Slovenská technická univerzita v Bratislavě, Strojnická fakulta, Ústav matematiky a fyziky, Nám. slobody 17, 812 31 Bratislava, Slovenská republika, jozef.leja@stuba.sk
- ⁴ Slovenská technická univerzita v Bratislavě, Strojnická fakulta, Ústav automatizace, informatizace a měření, Nám. slobody 17, 812 31 Bratislava, Slovenská republika, xcamaj@stuba.sk
- ⁵ Slovenská technická univerzita v Bratislavě, Strojnická fakulta, Ústav automatizace, informatizace a měření, Nám. slobody 17, 812 31 Bratislava, Slovenská republika, stanislav.duris@stuba.sk

Klíčová slova: meteorologie, provozní spolehlivost, teplota, tramvaj, výhybky

1. Úvod

Tramvajová doprava představuje významný prvek městské mobility, jehož spolehlivost je zásadní pro plynulost dopravních systémů v urbanizovaném prostředí. Infrastrukturní prvky kolejových tratí jsou však vystaveny širokému spektru meteorologických vlivů, přičemž zimní období patří z hlediska provozní bezpečnosti k nejkritičtějším. Nízké teploty vzduchu, sněhové srážky, námraza či opakované cykly tání a mrznutí významně ovlivňují technický stav tramvajové infrastruktury (Rybář et al. 2025), zejména tramvajových výhybek a jejich provozní funkčnost.

Výhybky představují mechanicky i konstrukčně složité komponenty, jejichž správná činnost je podmíněna přesným dosednutím jazyků výhybky a spolehlivou funkcí přestavníků. V zimních podmínkách dochází často k akumulaci sněhu a ledu v oblasti přestavných mechanismů, což může vést k jejich omezené funkci, zvýšené mechanické zátěži nebo úplné nefunkčnosti. Z tohoto důvodu jsou v mnoha městských dopravních systémech instalována zařízení pro ohřev výhybek, která mají zajistit stabilní teplotní režim kritických částí konstrukce. Cílem tohoto sdělení je analyzovat vliv zimních meteorologických podmínek na teplotní režim tramvajových výhybek a posoudit jejich dopad na provozní spolehlivost. Výzkum se zaměřuje zejména na vztah mezi meteorologickými parametry (teplota vzduchu, vlhkost, sněhová pokrývka) a teplotou konstrukčních částí výhybek v městské kolejové síti. (Ďuriš et al. 2013; Dvořák 2017; Kubát 2010).

2. Metodika

Experimentální měření bylo realizováno v tramvajové síti v Bratislavě. Právě během zimního období dochází k výrazným teplotním výkyvům a epizodám sněhových srážek typickým pro středoevropské klimatické podmínky. Sledované tramvajové výhybky byly situovány na exponovaném úseku městské kolejové infrastruktury, kde je z hlediska provozu kladen důraz na vysokou spolehlivost přestavování.

Všechny tyto výhybky jsou vybavené systémem elektrického odporového ohřevu instalovaného v oblasti jazyků a srdcovky, jehož účelem je zabránit tvorbě ledu, usazování sněhu a dalších nečistot a zároveň zajistit správné dosednutí a plynulý pohyb pohyblivých částí.

2.1 Měřicí zařízení a sběr dat

Pro analýzu teplotního režimu výhybky byla využita termografická metoda měření pomocí průmyslové termokamery FLIR (W-Technika 2023), která umožňuje bezkontaktní sledování teplotního pole na povrchu konstrukčních prvků kolejové infrastruktury. Teplota, jako základní fyzikální veličina soustavy SI, byla snímána na jazycích výhybky, opornicích, srdcovce a přilehlých kolejnicích (Onderčo et al. 2024). Termografické snímky byly pořizovány v pravidelných časových intervalech během zimních epizod charakterizovaných nízkou teplotou vzduchu a výskytem sněhových srážek. Získaná data umožnila analyzovat prostorové rozložení teplot a identifikovat kritická místa potenciální tvorby námrazy. Takto identifikovaná místa byla následně řešena v rámci pravidelných kontrol a údržby tratí.

Meteorologická data byla získávána z automatické meteorologické stanice umístěné v blízkosti sledované lokality. Zaznamenávány byly tyto parametry:

- teplota vzduchu (°C),
- relativní vlhkost vzduchu (%),
- rychlost větru ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$),
- výška sněhové pokrývky (cm).

Současně byly vyhodnocovány termogramy, které umožnily detailní identifikaci teplotních gradientů mezi vyhříványými a nevyhříványými částmi výhybkové konstrukce.

2.2 Statistická analýza

Naměřená data byla analyzována pomocí základních statistických metod. Pro hodnocení vztahu mezi teplotou vzduchu a teplotou konstrukčních částí výhybky byl použit Pearsonův korelační koeficient. Dále byla provedena analýza extrémních situací, zejména při teplotách pod $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, kdy dochází k nejčastějším provozním komplikacím, podrobněji v tab. 1.

Vyhodnocení termografických snímků bylo realizováno pomocí specializovaného softwaru pro analýzu infračervených obrazů, který umožňuje extrahovat teplotní hodnoty z definovaných oblastí zájmu (ROI – Region of Interest).

3. Výsledky

Analýza dat prokázala výraznou závislost mezi teplotou vzduchu a teplotou konstrukčních částí výhybky, přičemž vliv elektrického ohřevu významně modifikoval výsledný teplotní režim.

Termografická měření současně prokázala výraznou prostorovou heterogenitu teplotního pole v oblasti výhybky. Nejvyšší teploty byly zaznamenány v bezprostřední blízkosti topných elementů instalovaných pod jazykem výhybky, zatímco periferní části kolejnic vykazovaly výrazně nižší hodnoty.

Tab. 1 uvádí průměrné hodnoty teplot jednotlivých částí výhybky při různých teplotních intervalech vzduchu.

Výsledky ukazují, že systém ohřevu udržoval teplotu jazyků výhybky nad bodem mrazu i při výrazně negativních teplotách vzduchu. Naproti tomu nevyhřívané části kolejnic vykazovaly teploty odpovídající okolním meteorologickým podmínkám. Tyto výsledky zároveň slouží i jako nástroj kontroly, že vyhřívání funguje tak, jak má. Bližší ukázka z měření je uvedena na obr. 1 a obr. 2.

Termogramy zároveň potvrdily, že při intenzivním sněžení dochází ke krátkodobému poklesu povrchové teploty v důsledku akumulace sněhové vrstvy, která působí jako tepelný izolant.

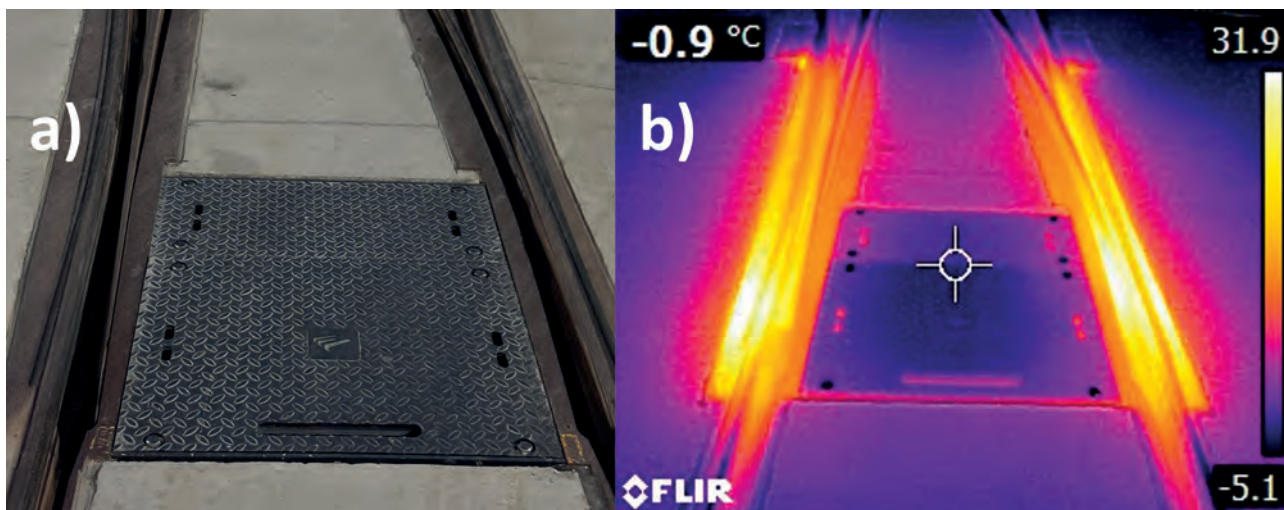
Tab. 1 Průměrné teploty konstrukčních částí sledované výhybky při různých meteorologických podmínkách během zimní sezóny 2025–2026. Zdroj: Vlastní zpracování.

Interval teploty vzduchu (°C)	Jazyk výhybky (°C)	Opornice (°C)	Srdcovka (°C)	Kolejnice (°C)
0 až -2	2,4	1,8	1,5	0,7
-2 až -5	1,9	1,2	0,9	-0,6
-5 až -10	1,2	0,7	0,5	-3,2
pod -10	0,8	0,4	0,2	-6,5

4. Diskuze

Získané výsledky potvrzují význam aktivního vyhřívání výhybek v zimních podmínkách. Elektrický ohřev výrazně stabilizuje teplotní režim kritických částí konstrukce, čímž minimalizuje riziko zamrznutí pohyblivých mechanismů. Udržení teploty jazyků výhybky nad bodem mrazu je klíčové pro jejich správné dosednutí a bezpečný průjezd tramvajových vozidel.

Z meteorologického hlediska se jako nejproblematičtější ukázaly situace charakterizované kombinací mírně negativních teplot (-1 až -4) °C a vysoké relativní vlhkosti. V těchto podmínkách dochází ke vzniku mokrého sněhu a následné tvorbě



Obr. 1 Tramvajová výhybka v depu Krasňany: a) fotografie, b) termogram. Zdroj: Vlastní, (W-Technika 2023).

ledu v konstrukčních mezerách výhybky. Samozřejmě je důležitá i celková čistota výhybek a jejich mechanismů.

Termografická metoda se ukázala jako velmi efektivní nástroj pro diagnostiku teplotního režimu tramvajových kolejových konstrukcí, protože umožňuje rychlou identifikaci teplotních anomálií a potenciálních míst vzniku námrazy.

Dalším významným faktorem ovlivňujícím účinnost ohřevu je vítr, případně vítr s deštěm, který urychluje ochlazení kovových částí a zvyšuje tepelné ztráty topných systémů. Při silnějším proudění vzduchu může být nutné zvýšit energetický výkon ohřevu, aby byla zachována spolehlivost a bezpečnost přestavování výhybek.



Obr. 2 Termogram tramvajové harfy v depu Krasňany. Zdroj: Vlastní, (W-Technika 2023).

5. Závěr

Zimní meteorologické podmínky představují významný faktor ovlivňující funkčnost tramvajových výhybek a tím i spolehlivost městské kolejové dopravy. Realizovaný experiment potvrdil, že elektrický ohřev výhybek v zimním období významně stabilizuje teplotní režim jejich konstrukčních částí, omezuje usazování sněhu a ledu a tím snižuje pravděpodobnost provozních poruch.

Výsledky měření realizovaných v tramvajové síti v Bratislavě ukázaly, že využití průmyslové termokamery FLIR (W-Technika 2023) umožňuje detailní analýzu teplotního pole výhybky a poskytuje cenné informace o účinnosti vyhřívacích systémů.

Nejvyšší riziko provozních komplikací bylo identifikováno při kombinaci mírně negativních teplot, vysoké vlhkosti a sněhových srážek. V těchto situacích je nezbytné zajistit dostatečný výkon ohřevacích systémů a současně monitorovat aktuální meteorologické podmínky. Termografické metody mohou v budoucnu představovat významný nástroj pro diagnostiku a preventivní údržbu tramvajové infrastruktury v zimním období.

Poděkování:

Autoři děkují Ústavu automatizace, informatizace a měření a Ústavu matematiky a fyziky, pracovištím Strojnické fakulty Slovenské technické univerzity v Bratislavě, za podporu při zpracování tohoto konferenčního sdělení. Poděkování rovněž patří Dopravnímu podniku Bratislava, a. s. a projektu KEGA 028STU-4/2026 a APVV-21-0195.

Literatura:

ĎURIŠ, S., PALENČÁR, R., KNOROVÁ, R., 2013. *Metrologia teploty*. 1. vyd. Bratislava: Nakladateľstvo STU, 165 s., 39 obr., 32 tab. ISBN 978-80-227-4019-7.

DVOŘÁK, P., 2017. *Letecká meteorologie 2017*. Cheb: Svět křidel, 2017. ISBN 978-80-7573-014-5.

KUBÁT, B., 2010. *Městská a příměstská kolejová doprava*. Praha: Wolters Kluwer Česká republika. ISBN 978-80-7357-539-7.

ONDERČO, P., RYBÁŘ, J., LEJA, J., SMETÁNKA, A., GERNESCHOVÁ, J., 2024. Physical quantities and units - correct, uniform and practical. In: *27th Conference of Slovak Physicists: Proceedings*. 1. vyd. Košice: Slovak Physical Society, s. 59–60. ISBN 978-80-89855-26-1. V databázi: SCOPUS: 2-s2.0-85213956526.

RYBÁŘ, J., ONDERČO, P., VAJGEL, R., 2025. Metrologie, meteorologie a námrazová vozidla. In: *Metrologie*. roč. **34**, č. 1, s. 7–9. ISSN 1210-3543.

W-TECHNIKA, 2023. Termovizní a průmyslové přístroje. FLIR. © [online] Termokamery-flir.cz [cit. 07. 03. 2026]. Dostupné z: <https://termokamery-flir.cz/termokamery-pro-prumysl/>.

Teplotní stupnice v meteorologii: historie, standardizace a současná praxe

Tomáš Čamaj¹, Jan Rybář², Peter Onderčo³, Gregor Starinský⁴

¹ Slovenská technická univerzita v Bratislavě, Strojnická fakulta, Ústav automatizace, informatizace a měření, Nám. slobody 17, 812 31 Bratislava, Slovenská republika, xcamaj@stuba.sk

² Slovenská technická univerzita v Bratislavě, Strojnická fakulta, Ústav automatizace, informatizace a měření, Nám. slobody 17, 812 31 Bratislava, Slovenská republika, jan.rybar@stuba.sk & Dopravní podnik Bratislava, a. s., Olejkárska ulice 1, 814 52 Bratislava, Slovenská republika

³ Slovenská technická univerzita v Bratislavě, Strojnická fakulta, Ústav automatizace, informatizace a měření, Nám. slobody 17, 812 31 Bratislava, Slovenská republika, peter.underco@stuba.sk & Dopravní podnik Bratislava, a. s., Olejkárska ulice 1, 814 52 Bratislava, Slovenská republika

⁴ Slovenská technická univerzita v Bratislavě, Strojnická fakulta, Ústav automatizace, informatizace a měření, Nám. slobody 17, 812 31 Bratislava, Slovenská republika, gregor.starinsky@stuba.sk & Dopravní podnik Bratislava, a. s., Olejkárska ulice 1, 814 52 Bratislava, Slovenská republika

Klíčová slova: metrologie, měření, SI jednotky, stupnice, teplota

1. Úvod

Teplota je jedním z hlavních meteorologických parametrů, ovlivňujícím klimatické podmínky, energetickou bilanci atmosféry a hydrologické procesy. Přesné a konzistentní měření teploty vyžaduje standardizované stupnice, jež umožňují mezinárodní porovnání dat. Historie teplotních stupnic sahá až do 17. století, kdy vědci začali experimentovat s různými fyzikálními vlastnostmi látek jako základem měření teploty. V současnosti jsou nejpoužívanější tři stupnice: Celsiova, Fahrenheita a Kelvinova, přičemž meteorologická praxe se silně orientuje na stupnici Celsiovu a Kelvinovu pro fyzikální a modelové aplikace. Cílem tohoto sdělení je shrnout historický vývoj teplotních stupnic, metodiku jejich standardizace a přiblížit současné postupy v meteorologických stanicích a při zpracování dat.

Měření teploty patří mezi základní meteorologické veličiny, které jsou zásadní pro popis atmosférických podmínek, předpověď počasí a klimatologické studie (Škarpich 2022). Teplota ovlivňuje dynamiku atmosféry, tvorbu oblačnosti, srážky a energetickou bilanci Země. V meteorologii se teplota vyjadřuje v Celsiových stupních (°C) nebo Kelvinech (K) a její měření musí být prováděno s ohledem na metrologickou návaznost, aby výsledky byly přesné, reprodukovatelné a srovnatelné napříč stanicemi a časem (Gerneschová et al. 2025). Standardní měření probíhá v meteorologických stanicích za definovaných podmínek, přičemž moderní přístroje zahrnují jak klasické kapalinové teploměry, tak elektronické snímače, které umožňují kontinuální a přesné snímání teploty pro vědecké i praktické účely, včetně zpracování a vyhodnocování nejistot měření (Palenčár J. et al. 2019; Palenčár R. et al. 2014).

2. Metodika

Teplota je jednou ze sedmi základních fyzikálních veličin Mezinárodního systému jednotek (SI). Její jednotkou je kelvin (K), definovaný přes přesnou fyzikální konstantu – Boltzmannovu konstantu k , která byla od roku 2019 fixována na hodnotu $k = 1,380\,649 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$. Tento přístup umožňuje odlišit teplotu od rozsahu stupnice a zajistit mezinárodní reprodukovatelnost měření bez závislosti na fyzikálních bodech vody (Ďuriš et al. 2013; Onderčo et al. 2024).

Definice kelvinu spočívá v přímé vazbě na kinetickou energii částic:

$$T = \frac{E_{\text{kin}}}{(3/2)k}$$

kde T je termodynamická teplota, E_{kin} střední kinetická energie částic a k Boltzmannova konstanta.

Důležitost kelvinu v meteorologii spočívá zejména v numerickém modelování atmosféry, výpočtech energetického toku a klimatických simulacích, kde absolutní teplota umožňuje fyzikálně konzistentní výpočty. Použití Celsiovy stupnice v praxi je převodem z kelvinu podle vztahu:

$$T (\text{°C}) = T (\text{K}) - 273,15$$

Tato definice umožňuje propojení vědecké přesnosti s historicky a prakticky používanými stupnicemi (Ďuriš et al. 2013).

2.1 Historický přehled a definice stupnic

Historie měření teploty se vyvíjela od experimentálních kapalinových teploměrů (tab. 1).

Tab. 1 Historie měření teploty – stupnic v meteorologii. Zdroj: Vlastní zpracování; Ďuriš et al. 2013.

Stupnice	Autor	Rok zavedení	Základní body	Použití dnes
Celsiova (°C)	Anders Celsius	1742	0 °C – bod tuhnutí vody, 100 °C – bod varu vody	Meteorologie, klimatologie, každodenní praxe
Fahrenheit (°F)	Daniel Gabriel Fahrenheit	1724	32 °F – bod tuhnutí vody, 212 °F – bod varu vody	Některé oblasti USA, historická data
Kelvin (K)	Lord Kelvin	1848	Absolutní nula 0 K, stejný interval jako °C	Fyzika, modelování, vědecké výpočty

2.2 Data

Pro analýzu byly použity dlouhodobé meteorologické záznamy z klimatických stanic Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) z let 1960–2020. Záznamy zahrnují hodinová měření teploty vzduchu ve výšce 2 m nad terénem (Daňhelka et al. 2025, Portál ČHMÚ 2026).

2.3 Měřicí metody

Současné meteorologické stanice využívají digitální odporové teploměry (RTD – Resistance Temperature Detector) a termočlánky. Přesnost RTD se pohybuje okolo $\pm 0,1$ °C při kalibraci podle metrologických standardů. Termočlánky se používají převážně pro extrémní hodnoty a v modelech, kde je vyžadováno rychlé odezvy měření. Podrobněji v tab 2.

Tab. 2 Používané snímače a jejich parametry. Zdroj: Vlastní zpracování.

Typ snímače	Rozsah (°C)	Přesnost	Použití
RTD Pt100	-50 až +150	$\pm 0,1$	Standardní měření v meteorologii
Termočlánek typu K	-200 až +1350	$\pm 1,0$	Modelování, laboratorní experimenty
Digitální čidlo	-40 až +80	$\pm 0,2$	Automatizované stanice, IoT

2.4 Statistická analýza

Pro hodnocení konzistence dat byly použity:

- Korelační analýza mezi stanicemi.
- Výpočet průměrné denní a měsíční odchylky.
- Trendová analýza pomocí lineární regrese.

Analýza umožňuje odhalit systematické chyby způsobené lokalitou, snímačem nebo kalibrací (Palenčár R. et al. 2014).

3. Výsledky

Vzorové zpracování dat prezentuje výsledky (tab. 3), které ukazují vysokou korelaci mezi moderními digitálními snímači a historickými záznamy Celsiovy stupnice ($r = 0,998$). Průměrná denní odchylka mezi RTD a historickými kapalinovými teploměry činí $\pm 0,2$ °C.

Tab. 3 Vzájemná korelace s ohledem na sbíraná data (Portál ČHMÚ 2026).

Rok	Průměrná teplota (°C)	Odchylka (\pm °C)	Poznámka
1960	8,3	0,3	Kapalinový teploměr
1980	8,7	0,2	RTD kalibrované
2000	9,1	0,1	Digitální snímače
2020	9,8	0,2	Automatizované stanice

Data ukazují trend postupného oteplování, zároveň potvrzují stabilitu měřicích postupů.

4. Diskuze

Analýza historických a současných dat (Portál ČHMÚ 2026) demonstruje význam standardizace teplotních stupnic pro dlouhodobé klimatologické studie. Přechod od kapaliny k odporovým a digitálním snímačům minimalizoval chyby způsobené ručním čtením a environmentálními vlivy.

Přesto je nutné zohlednit:

- Lokalizační vlivy, mikroklima stanic.
- Kalibraci snímačů podle mezinárodních standardů (WMO – World Meteorological Organization, ISO – International Organization for Standardization).
- Přesnost převodů mezi stupnicemi při archivaci historických dat.

Použití Kelvinovy stupnice v modelování umožňuje fyzikálně konzistentní výpočty, zatímco Celsiova stupnice zůstává dominantní pro komunikaci s veřejností a klimatologické srovnání.

Z pohledu metrologie, jako vědy o měření, je přesné stanovení teploty a její metrologická návaznost nezbytná pro validitu klimatologických dat, právě korektní porovnání historických a současných záznamů zajišťuje spolehlivost předpovědních modelů.

5. Závěr

Teplotní stupnice v meteorologii prošly dlouhým historickým vývojem, od experimentálních kapalinových teploměrů až po moderní digitální snímače. Standardizace měření a jednotné stupnice umožňují přesné klimatické analýzy a podporují mezinárodní spolupráci. Současná praxe spojuje využití Celsiovy stupnice pro praktická měření a Kelvinovy pro modelování a fyzikální výpočty. Budoucnost měření teploty spočívá v integraci vysokopřesných snímačů, automatizovaných stanic a pokročilých metod zpracování dat.

V závěru lze konstatovat, že teplotní stupnice představují základní nástroj pro přesné a jednotné vyjadřování stavu atmosféry. Volba vhodné stupnice, zejména Celsiovy či Kelvinovy, je v meteorologii nezbytná nejen pro srovnatelnost naměřených hodnot napříč stanicemi, ale i pro zachování metrologické návaznosti a kvality dat. Historický vývoj stupnic ukazuje, že přesné definice bodů, jako jsou bod mrazu a varu vody či normální tělesná teplota, umožnily standardizovat měření a zpřesnit předpovědi počasí. Současná meteorologická praxe kombinuje tradiční kapalinové teploměry s moderními elektronickými snímači, čímž se zajišťuje kontinuální monitoring teploty s vysokou přesností a možností kvantifikace nejistot měření. Přesné a konzistentní měření teploty je tak nezastupitelné pro klimatologické studie, modelování atmosférických procesů a pro kvalitní rozhodování v oblasti meteorologie a environmentální fyziky.

Poděkování:

Autoři děkují Ústavu automatizace, informatizace a měření Strojnické fakulty Slovenské technické univerzity v Bratislavě a spolupracujícím organizacím za podporu při přípravě tohoto sdělení. Poděkování patří rovněž projektům KEGA 028STU-4/2026 a APVV-21-0195 za jejich podporu.

Literatura:

- DAŇHELKA, J., TYDLITÁT, R., DOLÁK, L., MÜLLER, M., LIPINA, P. et al., 2025. V Klementinu bylo naměřeno... Praha: Český hydrometeorologický ústav. ISBN 978-80-7653-076-8.
- ĎURIŠ, S., PALENČÁR, R., KNOROVÁ, R., 2013. *Metrológia teploty*. 1. vyd. Bratislava: Nakladateľstvo STU, 165 s., 39 obr., 32 tab. ISBN 978-80-227-4019-7.
- GERNESCHOVÁ, J., RYBÁŘ, J., LEJA, J., SMETÁNKA, A., ONDERČO, P., 2025. A contribution to ensuring primary metrology. In: *28th Conference of Slovak Physicists: Proceedings*. 1. vyd. Košice: *Slovak Physical Society*, s. 107–108. ISBN 978-80-89855-27-8. V databázi: SCOPUS: 2-s2.0-105030284483.
- ONDERČO, P., RYBÁŘ, J., LEJA, J., SMETÁNKA, A., GERNESCHOVÁ, J., 2024. Physical quantities and units - correct, uniform and practical. In: *27th Conference of Slovak Physicists: Proceedings*. 1. vyd. Košice: *Slovak Physical Society*, s. 59–60. ISBN 978-80-89855-26-1. V databázi: SCOPUS: 2-s2.0-85213956526.
- PALENČÁR, J., PAVLÁSEK, P., RYBÁŘ, J., FIŤKA, I., JAVORSKÁ, A., 2019. Teorie vyjadřování nejistoty měření v meteorologii. In: *Šumava 2019: sborník příspěvků z meteorologické konference*, Kvilda, ČR, 14.–16. 5. 2019. 1. vyd. Praha: Český hydrometeorologický ústav, s. 80–82. ISBN 978-80-87577-87-5.
- PALENČÁR, R., ĎURIŠ, S., BROKEŠ, V., 2014. Neistoty pri realizácii teplotnej stupnice. 1. vyd. Bratislava: Nakladateľstvo STU, 159 s., 52 obr., 17 tab. ISBN 978-80-227-4286-3.
- Portál ČHMÚ, 2026. Historická data: Počasí: Mapy stanic [online]. Český hydrometeorologický ústav. Resort životního prostředí [cit. 09.02.2026]. Dostupné z: <https://intranet.chmi.cz/historicka-data/pocasi/zakladni-informace>.
- ŠKARPICH, V., 2022. *Meteorologie a klimatologie*. Ostrava: Ostravská univerzita. ISBN 978-80-7599-339-7.

Klima na vrcholcích Šumavy v porovnání s obdobnými polohami Krkonoš, Beskyd a Jeseníků

Jan Procházka¹, Ivo Rolčík², Pavel Lipina³

¹ Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta zemědělská a technologická, Studentská 1668, 370 05 České Budějovice, prochazkaj@fzt.jcu.cz

² Meteo-Šumava, Tolarova 425, 384 51 Volary, ivo.rolcik@seznam.cz

³ Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ostrava, K Myslivně 3/2182, 708 00 Ostrava-Poruba, pavel.lipina@chmi.cz

Klíčová slova: meteorologická stanice, Plechý, Labská bouda, Lysá hora, Šerák

1. Úvod

Mění se globální klima se projevuje změnami všude na Zemi naše území nevyjímaje, a to včetně nejvyšších poloh horských oblastí. Díky automatizaci meteorologických měření jsme schopni postihnout i lokality, kde to dříve vzhledem k odlehlosti, politickým i technickým omezením nebylo možné. Ukázkovým příkladem může být Šumava, jejíž příhraniční oblast byla dlouhá desetiletí od podobných aktivit oddělena železnou oponou. Přitom z hlediska meteorologického a hydrologického se jedná o velmi zajímavé území. Na druhou stranu se zřízením profesionální meteorologické stanice na Churáňově na počátku 50. let 20. století podařilo na Šumavě zajistit velice kvalitní a komplexní pozorování, které je potřeba udržet i do budoucna minimálně v současném režimu pořizování a archivace dat. Nicméně Šumava je oblastí velmi rozsáhlou a členitou, což s sebou přináší i vysokou proměnlivost počasí, kterou jedna profesionální a několik základních stanic umístěných spíše ve vnitrozemské části pohoří nemůže postihnout. Důležitým příspěvkem k vylepšení tohoto nedostatku byly v 90. letech minulého století instalace totalizátorů pro podchycení srážkových poměrů především v naší nejvýznamnější pramenné oblasti řeky Vltavy (Starostová 2012). Další technický rozvoj a zájem podchytit v nejvyšších polohách i další charakteristiky týkající se teploty vzduchu a sněhové pokrývky motivovaly skupinu nadšenců k iniciativě instalace automatizovaných meteorologických stanic. Prvním takovým příspěvkem byla instalace stanice nedaleko nejvyššího vrcholu Šumavy na české straně pohoří. Meteorologická stanice Plechý měří automaticky teplotu vzduchu a přízemní teplotu, výšku sněhové pokrývky a úhrn srážek v bezmrazovém období v nadmořské výšce 1 344 m od podzimu 2014. Navíc jsou zde měřeny expedičně měsíční úhrn srážek a další vlastnosti sněhové pokrývky. Z lokality Plechý jsou tedy nyní k dispozici roční charakteristiky za 11 let a necelých 12 zimních sezon. Z klimatologického hlediska se sice ještě nejedná o standardní dobu měření pro odpovídající hodnocení a porovnání (30 let), ovšem v období poměrně rychlých změn klimatu může naopak toto uvedené období vystihovat aktuální klimatické podmínky lépe než charakteristiky pro současně používaný klimatický normál (1991–2020) či dostupné atlasy podnebí vycházející z delších, ale již starších časových řad (Tolasz a kol. 2007). Na hlavních vrcholech Šumavy byly v dalších letech zřízeny další automatizované meteorologické stanice, které přispívají k doplňování poznatků o klimatu nejvyšších poloh, nicméně stanice Plechý má v tomto směru na Šumavě nejdélejší historii (Procházka a kol. 2017). Vzhledem k různé poloze a podmínkám se tak v rámci Česka nabízí porovnání těchto aktuálních podmínek na hřebenu Šumavy s podobně vysoko položenými lokalitami našich dalších vyšších pohoří. Pro hodnocení tedy byly vybrány meteorologické stanice ve srovnatelné nadmořské výšce: Plechý na Šumavě (1 344 m n. m.), Labská bouda v Krkonoších (1 320 m n. m.), Lysá hora v Beskydech (1 322 m n. m.) a Šerák v Jeseníkách (1 328 m n. m.).

2. Charakteristika stanic a zpracování dat

Automatická meteorologická stanice Plechý byla na hraničním hřebenu Trojmezenské hornatiny na Šumavě v nadmořské výšce 1 344 m instalována v září 2014. V předešlých třech zimních sezonách byl celý hřeben Trojmezenné průběžně podrobován expedičním měřením za účelem specifikace nejreprezentativnější lokality pro měření meteorologických charakteristik, zejména pak měření teploty vzduchu, sněhové pokrývky a srážek. Vzhledem k odumření stromového patra vlivem kůrovcové kalamity na počátku tohoto století to bylo složitější z důvodu zvýšené extremity větrných poměrů. Nicméně na základě předchozích měření se ukázal jako nejvhodnější pro instalaci stanice prostor se zachovalým porostem vrchoviště mezi vrcholy Plechý a Hufberg. K tomuto výběru přispěl i fakt, že v blízkosti tohoto místa byl dlouhodobě umístěn měrný profil pro měření výšky sněhové pokrývky pracovníky Horské služby (HS) a Správy Národního parku (NP) Šumava a nedaleko byl umístěn totalizátor pro měření srážek Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ). Automatizovaná

meteorologická stanice vznikla a je provozována v rámci spolupráce šumavských amatérských meteorologů s ČHMÚ, Ústavem pro hydrodynamiku (ÚH AVČR, v.v.i.), Fakultou zemědělskou a technologickou Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích (FZT JU), Správou NP Šumava a HS Šumava. Stanice je součástí staniční sítě ČHMÚ a systému Hlásné a předpovědní povodňové služby, její umístění v pramenné oblasti přítoků Studené Vltavy tak zvyšuje v tomto směru její význam a opodstatnění (Procházka 2021). Automaticky měřená data o teplotě vzduchu, přízemní teplotě, úhrnu srážek a výšce sněhové pokrývky jsou pravidelně odesílána a importována do databáze ČHMÚ. K tomu jsou souběžně prováděna expediční měření srážek, výšky a vodní hodnoty sněhové pokrývky. Průběh měřených dat je možné sledovat on-line na webových stránkách ČHMÚ a pocasi-volary.cz.

Meteorologické stanice Labská bouda, Lysá hora a Šerák mají delší historii a jsou provozovány v rámci sítě profesionálních a základních stanic ČHMÚ. Základní charakteristika stanic je uvedena v tabulce (tab. 1).

Tab. 1 Charakteristika hodnocených vrcholových meteorologických stanic Šumavy, Krkonoš, Beskyd a Jeseníků.

Stanice, nadmořská výška	ID stanice	Typ stanice	Provozovatel	Počátek měření	Geogr. souřadnice	
Plechý, 1 344 m n. m.	C7PLCH01	AKS	Meteo-Šumava	2014	48.7711 N	13.8516E
Labská bouda, 1 320 m n. m.	H1LBOU01	AKS2	ČHMÚ	1979	50.7699 N	15.5449E
Lysá hora, 1 322 m n. m.	O1LYSA01	AMS	ČHMÚ	1897	49.5461 N	18.4475E
Šerák, 1 328 m n. m.	O1SERA01	AKS4	ČHMÚ	2004	50.1875 N	17.1083E

AMS – profesionální meteorologická stanice, obsluhu zajišťuje profesionální meteorolog, provádí i synoptická pozorování

AKS – automatizovaná klimatická stanice doplňkové sítě stanic s 10 min záznamem a přenosem dat, neměří všechny prvky

AKS2 – automatizovaná klimatická stanice, měří automaticky a s přenosem dat všechny meteorologické prvky jako stanice manuální

AKS4 – automatizovaná klimatická stanice základní sítě stanic s přenosem dat bez pozorovatele

Souhrnná data z měření pro jednotlivé lokality hodnocené v tomto příspěvku byla vygenerována v databázové aplikaci ČHMÚ (CLIDATA 2026). Vzhledem k dostupnosti dat a zaměření příspěvku na současný stav klimatických podmínek v Česku byly v rámci **zpracování dat** porovnány časové řady od roku 2015, resp. zimní sezony 2014/2015, do roku 2025, případně klimatologické zimy 2025/2026. Tedy více než požadované minimum 10 let pro střednědobé trendy v oblasti životního prostředí a méně než 30 let v případě dlouhodobých trendů v klimatologii. Tento příspěvek tak řeší pouze a právě porovnání aktuálních klimatických podmínek ve vrcholových oblastech našich vyšších pohoří. K tomu nám posloužily průměry teploty vzduchu a charakteristiky ročního počtu dnů, zejména letních, mrazových a ledových (tropické dny vzhledem k jejich absenci hodnoceny nebyly). Porovnány byly také měsíční a roční úhrny srážek. Do hodnocení byly zahrnuty také charakteristiky sněhové pokrývky, zejména průběh její výšky během celé sezony, sezonní maxima a doba jejího trvání (počet dní se sněhem).

3. Výsledky a diskuse porovnání

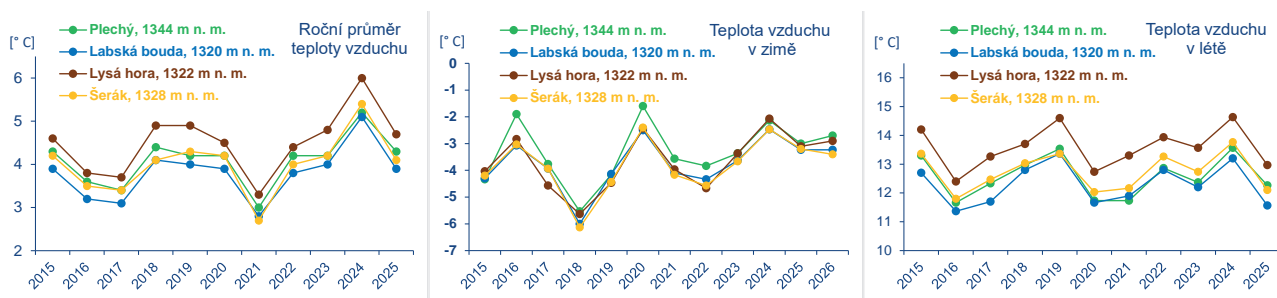
Teplota vzduchu jako základní meteorologický prvek se v klimatologickém hodnocení objevuje zejména v souvislosti s klimatickou změnou nejčastěji. Pokud bychom chtěli porovnat průměrnou roční teplotu vzduchu za klimatický normál (1991–2020), z hodnocených stanic je to možné z kompletních dat akorát u beskydské Lysé hory. Rozdíl průměru posledních let 4,5 °C oproti normálu 3,7 °C je poměrně výrazný, a to 0,8 °C. U Labské boudy jsou v datech v 90. letech velké mezery, na stanici Šerák se začalo s měřeními až v roce 2004, na Plechém v roce 2014. Nicméně na šumavském Churáňově je mezi uvedenými obdobími rozdíl teploty vzduchu stejný 0,8 °C (normál 5,3 °C a současné období 6,1 °C), což jenom dokumentuje neúprosný trend růstu a jeho podobný rozměr i v odlišných pohořích.

Zaměříme-li se tedy na současné období a porovnání vrcholových lokalit v různých pohořích, roční průměr teploty vzduchu je nejvyšší na Lysé hoře v Beskydech (4,5 °C), nejnižší na Labské boudě v Krkonoších (3,8 °C), na Šeráku v Jeseníkách a šumavském Plechém jsou průměry nejvyrovnanější (4,0, resp. 4,1 °C, tab. 2). Na Lysé hoře bývá pravidelně nejteplejší klimatologické léto, naopak na šumavském Plechém se v hodnoceném období vyskytují některé viditelně teplejší zimy (obr. 1). Zajímavé se jeví porovnání měsíčních průměrů, kdy na Lysé hoře bývají nejteplejší měsíce v letním půlroce, ale současně v lednu je zde a na Šeráku v průměru chladněji než v Krkonoších. V lednu a prosinci je naopak ze všech stanic jasně nejtepleji na Plechém. Nejteplejším měsícem na vrcholech všech hor je tradičně srpen, přičemž nejnižší teplotu vzduchu v tomto měsíci zaznamenává Labská bouda a Plechý, v průměru pouze 13,0 resp. 13,1 °C. Rozdělení průměrných měsíčních teplot vzduchu pro jednotlivé stanice jsou uvedena v grafu (obr. 2). Nejvíce letních dní zaznamenávají meteorologové na Lysé hoře, v průměru více než šest ročně, naopak na Šeráku pouze jeden. Nejčastěji pak mrzne na Labské boudě, po 166 dní ročně, nejméně 149krát na Plechém. V 91 dnech ročně nedosáhne teplota vzduchu na nulu a více na Šeráku, v 88 dnech na Labské boudě, v 82 dnech na Lysé hoře a nejméně ledových dní 69 za rok se vyskytne

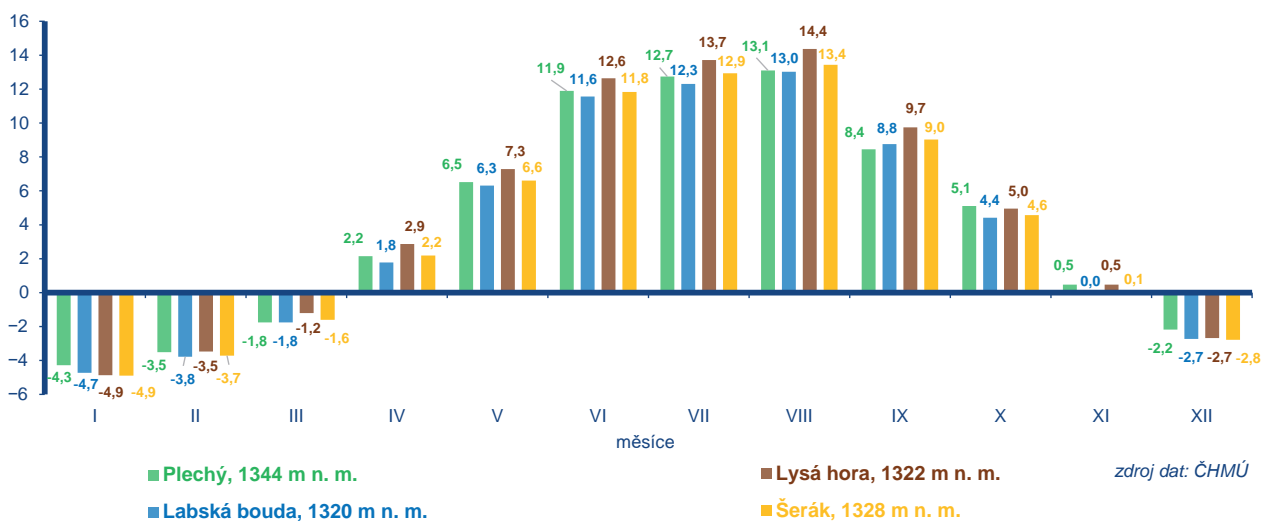
na Plechém. Arktické dny, kdy stanice nezaznamenají maximum teploty vzduchu nad $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, se vyskytnou v posledních letech na moravských vrcholech více než dvakrát za rok, na českých v průměru o jeden den méně. Teplota vzduchu v průběhu roku z vrcholových oblastí v denním režimu nejvíce kolísá na Šumavě, nejméně naopak v Jeseníkách, neboli bývají zde v průměru nejnižší denní amplitudy (tab. 2).

Tab. 2 Průměrné roční charakteristiky teploty vzduchu na vrcholových stanicích Šumavy, Krkonoš, Beskyd a Jeseníků za období 2015–2025 (PD – počet dnů).

Stanice, nadmořská výška	Průměrná teplota ($^{\circ}\text{C}$)	Průměrná amplituda ($^{\circ}\text{C}$)	PD letních	PD mrazových	PD ledových	PD arktických
Plechý, 1 344 m n. m.	4,1	6,7	4,6	149	69	1,3
Labská bouda, 1 320 m n. m.	3,8	6,1	1,5	166	88	1,5
Lysá hora, 1 322 m n. m.	4,5	6,3	6,2	155	82	2,5
Šerák, 1 328 m n. m.	4,0	5,6	1,0	162	91	2,6



Obr. 1 Porovnání ročních, zimních (prosinec, leden, únor) a letních (červen, červenec, srpen) průměrných teplot vzduchu ($^{\circ}\text{C}$) v letech 2015–2025, včetně zimy 2025/26 (zdroj dat: ČHMÚ).

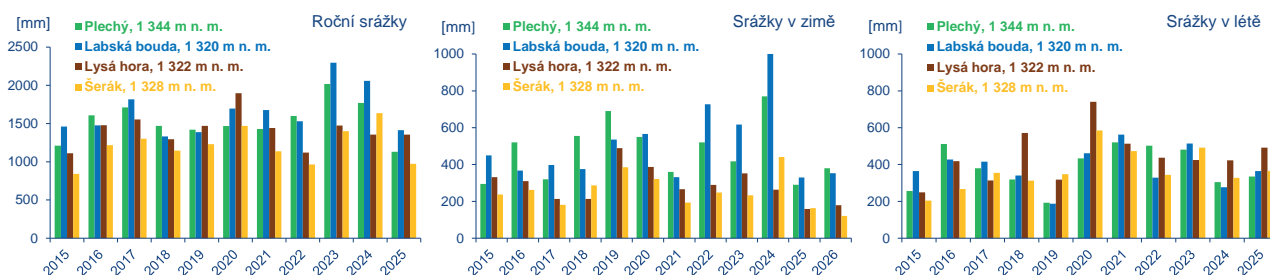


Obr. 2 Hodnoty průměrné měsíční teploty vzduchu ($^{\circ}\text{C}$) naměřené na stanicích za období říjen 2014 až únor 2026.

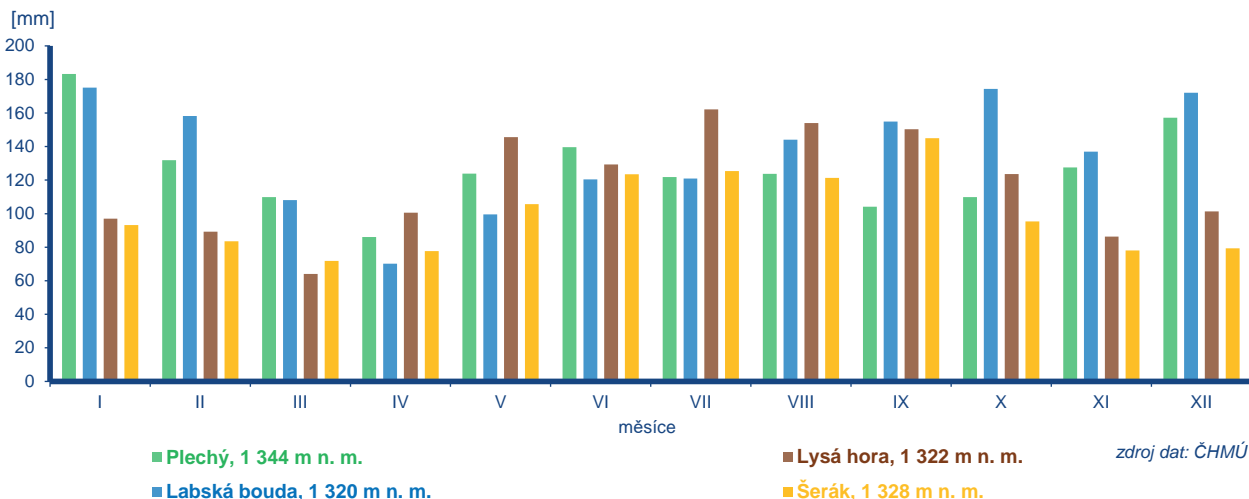
Průměrný roční úhrn srážek 1 413 mm v hodnoceném období 2015–2025 na Lysé hoře je o něco nižší v porovnání se zdejšími normálem (1991–2020) 1 459 mm. Vyšší roční srážky byly v hodnoceném období zaznamenány na Plechém 1 531 mm a především na Labské boudě 1 650 mm, naopak o poznání nižší na Šeráku 1 211 mm. Na Plechém se jedná, podobně jako na Lysé hoře, o mírný pokles ročních srážek oproti dlouhodobému průměru z let 1996–2020 měřeném totalizátorem (1 596 mm, ČHMÚ). V meziročním porovnání vynikají srážkové bohaté roky na českých horách (Plechý, Labská bouda) v letech 2023 a 2024, v Beskydech v roce 2020 a v Jeseníkách povodňový rok 2024. V sezonním porovnání vystupuje v Krkonoších a na Šumavě srážkově bohatá zima se zimními povodněmi 2023/24, v létě na tom byla srážkově v porovnání viditelně lépe Lysá hora v letech 2018 a 2020 (obr. 3). Měsíční úhrny srážek generují v průměru za hodnocené období v Krkonoších a na Šumavě výrazné srážkové maximum v zimních měsících zejména v lednu, naopak Lysá hora

Tab. 3 Průměrné roční charakteristiky srážek a sněhové pokrývky na vrcholových stanicích Šumavy, Krkonoš, Beskyd a Jeseníků za období 2015–2025 (PD – počet dnů, SCEmax – maximální výška sněhové pokrývky).

Stanice, nadmořská výška	Roční srážky (mm)	Roční maxim. srážek (mm)	Roční minim. srážek (mm)	Průměrná SCEmax (cm)	Nejvyšší SCEmax (cm)	PD se sněhem	Maxim. PD se sněhem
Plechý, 1 344 m n. m.	1 531	2 018	1 130	142	205	170	189
Labská bouda, 1 320 m n. m.	1 650	2 295	1 331	177	265	179	206
Lysá hora, 1 322 m n. m.	1 413	1 897	1 111	125	225	151	179
Šerák, 1 328 m n. m.	1 211	1 635	843	98	163	154	181



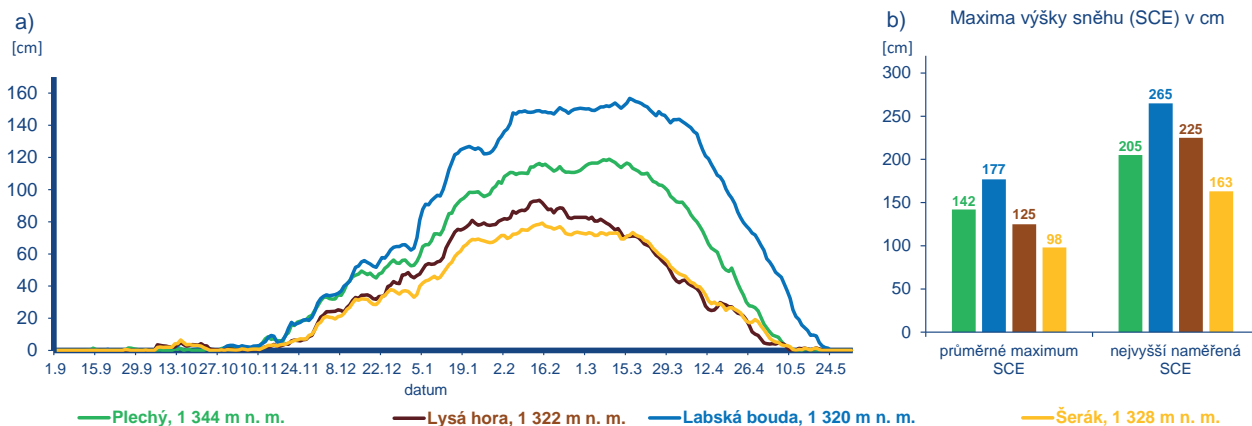
Obr. 3 Porovnání ročních, zimních (prosinec, leden, únor) a letních (červen, červenec, srpen) úhrnů srážek v letech 2015–2025, včetně zimy 2025/26 (zdroj dat: ČHMÚ).



Obr. 4 Porovnání průměrného měsíčního úhrnu srážek v mm za období říjen 2014 až únor 2026.

vyniká vyšším srážkovým úhrnem v červenci, či v květnu. Na druhou stranu nejnižší měsíční úhrny srážek zaznamenávají všechny vrcholové stanice průměrně v jarních měsících dubnu nebo březnu (obr. 4).

Průměrné sezonní maximum výšky sněhové pokrývky (SCEmax) bylo v hodnoceném období sezon 2014/15–2024/25 na Plechém 142 cm, což je v porovnání s průměrem SCEmax v letech 1997–2020 znatelný pokles. Podobně na Lysé hoře současné SCEmax 125 cm je v porovnání s normálem 151 cm (1991–2020) pokles prakticky o čtvrt metru na výšce sněhové pokrývky. Nejvyšších výšek z porovnávaných vrcholových lokalit dosahuje sněhová pokrývka na Labské boudě, v hodnoceném období SCEmax činila průměr 177 cm s naměřeným maximem 265 cm v březnu 2019. Nejméně sněhu napadne na Šeráku, v průměru necelý 1 m. Evidentní jsou rozdíly i v délce trvání sněhové pokrývky, kdy na Plechém a Labské boudě leží sníh v průměru za celou sezonu v 170, resp. 179 dnech, kdežto na moravských stanicích Lysá hora a Šerák to bylo ve 151, resp. 154 dnech (tab. 3). Sněhové poměry na hodnocených lokalitách dokresluje průběh průměrné výšky sněhové pokrývky za hodnocené období, neboli jakou výšku sněhové pokrývky lze v současnosti v daném období na stanici s největší pravděpodobností očekávat. Z průběhu výšky sněhu také vyplývá podobný počátek nástupu dní se sněhem, ale také, že na moravských vrcholech dochází v druhé polovině sezony dříve



Obr. 5 Průběh průměrné výšky sněhové pokrývky (graf a), její průměrné a nejvyšší naměřené maximum (graf b) za období zimních sezon 2014/15 až 2024/25 (zdroj dat: ČHMÚ).

ke strmějšímu poklesu než na Šumavě a v Krkonoších. V Krkonoších se kromě nejvyšší sněhové pokrývky drží také sníh v průměru nejdéle (obr. 5).

Ke sněhovým i srážkovým charakteristikám nutno podotknout, že na rozdíl od Lysé hory a Labské boudy stanice Plechý a Šerák nepatří k lokalitám (meteorologickým stanicím) s nejvyššími hodnotami pro příslušná pohoří.

4. Závěr

Příspěvek hodnotí klimatické podmínky vrcholových lokalit našich vyšších pohoří Šumavy, Krkonoš, Beskyd a Jeseníků prostřednictvím dat pořizovaných v rámci provozu meteorologických stanic Plechý, Labská bouda, Lysá hora a Šerák za období let 2015 až 2025. Z více než 10letých souvislých datových řad jsou zřejmé rozdíly v teplotních, srážkových i sněhových poměrech. Nejchladněji je v hodnocených nadmořských výškách v průměru v Krkonoších, ale během roku se v jednotlivých měsících vyskytují rozdíly, moravské vrcholy jsou v lednu chladnější, v letních měsících teplejší, zimní měsíce jsou pak nejteplejší na Šumavě. Z hodnocených vrcholových oblastí nejčastěji mrzne v Krkonoších a Jeseníkách, je zde také během roku nejvíce ledových dní. České vrcholy jsou srážkově i sněhově bohatší, nejvíce sněhu a nejdéle se v průměru drží na Labské boudě v Krkonoších. Na Šumavě a v Krkonoších jsou srážkově výraznější zimní měsíce, na Lysé hoře v Beskydech některé měsíce v letním půlroce. Klima v Česku se mění ve všech polohách, rozdíly jsou zřejmé jak v závislosti na nadmořské výšce, tak poloze jednotlivých pohoří v rámci našeho území. Díky provozovaným meteorologickým stanicím i v nejvyšších oblastech našich hor můžeme klima a jeho změny dokumentovat a vyhodnocovat.

Poděkování:

Děkujeme tímto všem provozovatelům a pozorovatelům meteorologických stanic za pořizování a správu meteorologických dat.

Literatura:

CLIDATA, 2026. CLIDATA – Climate Database Management System [interní databáze]. Praha: ČHMÚ [cit. 01. 03. 2026]. Dostupné z: ČHMÚ.

PROCHÁZKA, J., ROLČÍK, I., VOJVODÍK, A., MATOUŠEK M., 2017. Aktivity amatérských nadšenců pro doplnění poznatků o klimatu Šumavy. *Meteorologické zprávy*, roč. **74**, č. 3, s. 101–104, ISSN 0026-1173.

PROCHÁZKA, J., 2021. Zimy na hřebenu Šumavy z pohledu sněhu, lokalita Plechý 1 344 m. *Meteorologické zprávy*, roč. **70**, č. 5, s. 143–148, ISSN 0026-1173.

STAROSTOVÁ, M., 2012. Měření srážek totalizátory na Šumavě. *Meteorologické zprávy*, roč. **65**, č. 6, s. 180–183. ISSN 0026-1173.

TOLASZ, R., at al. 2007. Atlas podnebí Česka. 1. vyd. Praha – Olomouc: Český hydrometeorologický ústav – Univerzita Palackého v Olomouci, 2007. 360 s. ISBN 978-80-86690-26-1.

Srážkové a sněhové poměry v pramenných oblastech Šumavy

Jan Procházka¹, Veronika Šustková², Miroslav Tesař³, Angelika Kölbl⁴

¹ Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta zemědělská a technologická, Studentská 1668, 370 05 České Budějovice, prochazkaj@fzt.jcu.cz

² Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ostrava, K Myslivně 3/2182, 708 00, Ostrava-Poruba, veronika.sustkova@chmi.cz

³ Hydrologický ústav AVČR, v. v. i., Pod Paťankou 30/5, 160 00 Praha 6, tesar@ih.cas.cz

⁴ Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald, Freyunger Str. 2, 94481 Grafenau, angelika.koelbl@npv-bw.bayern.de

Klíčová slova: sněhová pokrývka, úhrn srážek, hraniční hřeben Šumavy, klimatologická mapa, Churáňov

1. Úvod

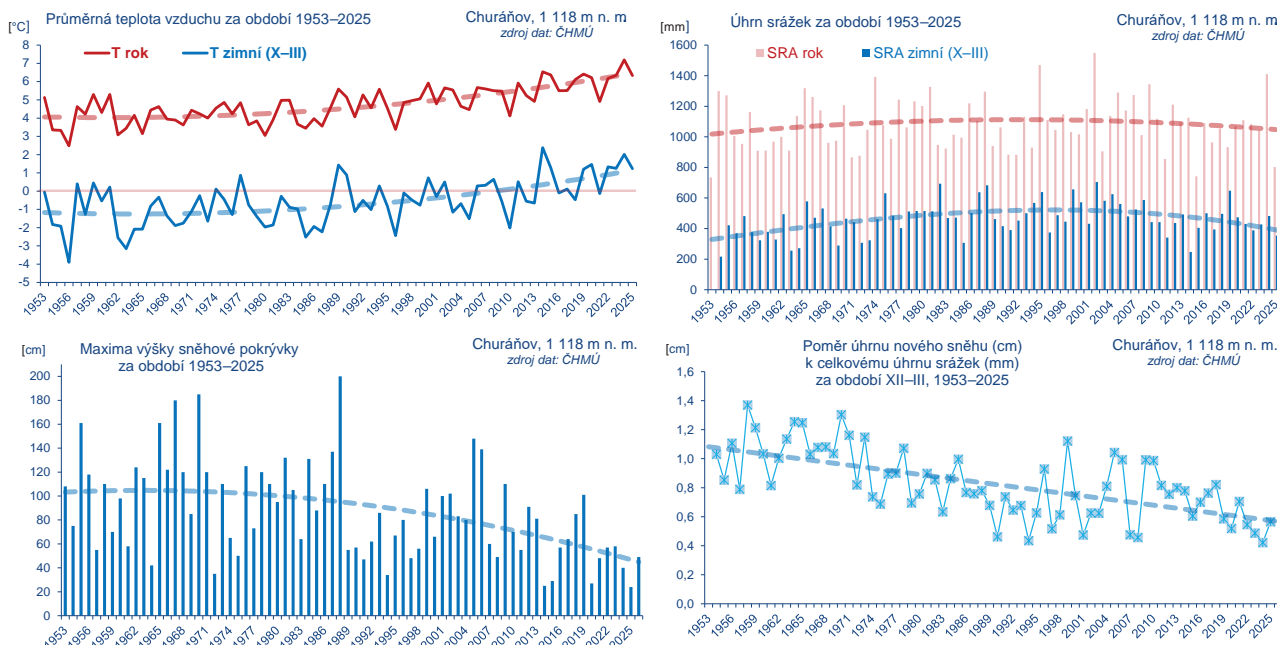
Šumava jako nejrozsáhlejší horská a významná pramenná oblast Česka zásobující vodou naši nejdelší řeku a největší tuzemské přehradní nádrže si jistě zaslouží náležitou pozornost z hlediska srážkových úhrnů a sněhové pokrývky. Díky historicky nejhustší evropské síti srážkoměrných stanic se to do jisté míry dařilo několik desetiletí od konce 19. století, než došlo k redukcí v důsledku okolností, zejména kolem druhé světové války a následného uspořádání, kdy zde podél státní hranice vznikla „železná opona“. V té době zanikla celá řada příhraničních srážkově zajímavých stanic na jihu od Zadní Zvonkové přes Nové Údolí po Světlé Hory, nebo dále v centrální části Šumavy od Knížecích Plání přes Bučinu po Březník. Absence podrobného monitoringu znamenala a doposud znamená často velmi vágní charakteristiku klimatu Šumavy v různých zdrojích, od webových portálů až po odborné publikace, z nichž se zde nehodí uvádět některé na úkor druhých. Nicméně konkrétnost (podrobnost a přesnost), jež byla ozdobou dešťoměrných ročních zpráv na konci předminulého a počátku minulého století, a ještě i atlasů a tabulek podnebí Československa (např. ANON., 1958) hodnotících období 1901–1950, na Šumavě z příhraniční pramenné oblasti, dlouhodobě postrádáme. Mimo hraniční pásmo se měření na několika dobrovolnických stanicích podařilo udržet nebo obnovit. Zásadním se zde ukázalo zřízení profesionální meteorologické stanice Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ) na vnitrozemském vrcholu Churáňov, jež od roku 1953 poskytuje souvislé komplexní a velice podrobné meteorologické údaje.

Na německé straně příhraniční Šumavy byla situace poněkud odlišná, zde je v příhraničních osadách Německou meteorologickou službou (DWD) provozováno dlouhodobě několik dobrovolnických srážkoměrných stanic. Navíc v centrální části pohorí Správa Národního parku Bavorský les (NPV-BW) provozuje od konce 70. let několik totalizátorů s měsíčním monitoringem srážek v horní části povodí řeky Große Ohe (Kölbl 2025). Některé z nich jsou v nejvyšších polohách přímo u státní hranice na hlavní evropské rozvodnici, tedy monitorují i část pramenné oblasti řeky Vydry, potažmo Otavy. Zmínit je potřeba meteorologickou stanicí provozovanou DWD na nejvyšším vrcholu Šumavy Velký Javor (Grosser Arber), jež v roce 1982 v podstatě nahradila dosavadní měření na vrcholu Grosser Falkenstein.

Významným počinem na české straně Šumavy, pokud jde o monitoring srážek v návětrné oblasti hraničního hřebene, byla v 90. letech instalace několika totalizátorů, ale s režimem odečtu srážek jen dvakrát ročně – letní a zimní srážky (Starostová 2012). V posledních letech i v souvislosti s technologickým pokrokem a automatizací měření se podařilo v odlehlých pramenných oblastech Šumavy nainstalovat několik automatizovaných stanic, doplnit kontinuální měření o expediční, a propojit aktivity monitoringu srážek a sněhové pokrývky napříč nadšenci a organizacemi (Procházka a kol. 2023). Díky tomu jsou, řekněme v posledních cca 10 letech, hodnoceny poměrně podrobné informace z celé Šumavy. Předložený příspěvek si neklade za cíl kompletně charakterizovat klima Šumavy, ale poskytnout přehlednější informaci o rozdělení srážkových úhrnů a sněhové pokrývky, a to v kontextu klimatické změny, stavu a vývoje v posledních letech.

2. Změny zřejmé z Churáňova

Jak bylo zmíněno v úvodu, díky provozování meteorologické stanice na Churáňově a tamním pozorovatelům máme k dispozici kvalitní komplexní meteorologické údaje již za více než 70 let. Přestože stanice nereprezentuje celou a zejména srážkově a sněhově nejbohatší příhraniční oblast Šumavy, odráží zde naměřené údaje všeobecně dlouhodobý vývoj a současné podmínky, kdy zásadním je především bezprecedentní růst teploty vzduchu. Pokud na Churáňově průměrná teplota vzduchu za klimatologický normál 1961–1990 činila 4,2 °C, pak v klimatologickém normálu 1991–2020 to bylo už 5,3 °C a za posledních 10 let (2016–2025) vzrostl průměr na 6,1 °C. Přičemž nejvíce se oteplují zimní a letní měsíce

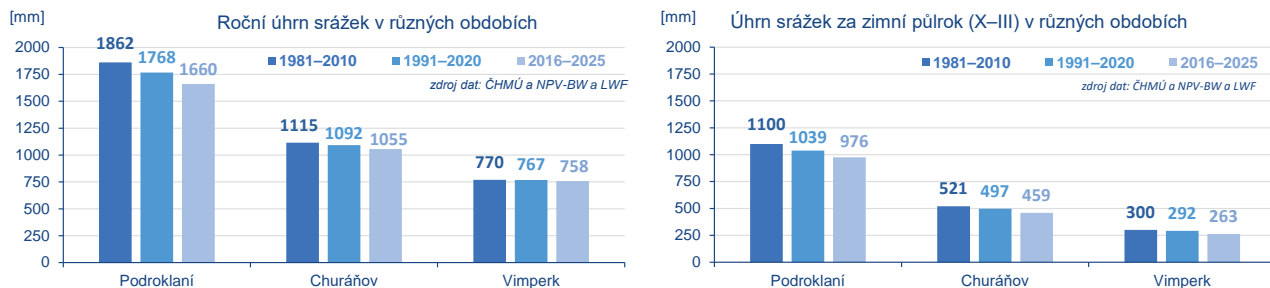


Obr. 1 Dlouhodobá řada dat z meteorologické stanice Churáňov a nastíněné trendy zrychleného růstu teploty vzduchu (roční i zimní půlrok), vývoje ročních i zimních srážkových úhrnů, poklesu maximální výšky sněhové pokrývky a poklesu poměru úhrnu nového sněhu k celkovým srážkám za období prosinec až březen let 1953–2025 (zdroj dat: ČHMÚ).

(Procházka a kol. 2025). Výrazné oteplení v zimě sebou přineslo pokles poměru tuhých (nového sněhu) vůči celkovým srážkám, navíc dochází v posledních dvou dekadách i k celkovému poklesu srážek v chladnějším zimním půlroce, výrazně se tak ve výsledku snižují sezonní maxima výšky sněhové pokrývky (obr. 1).

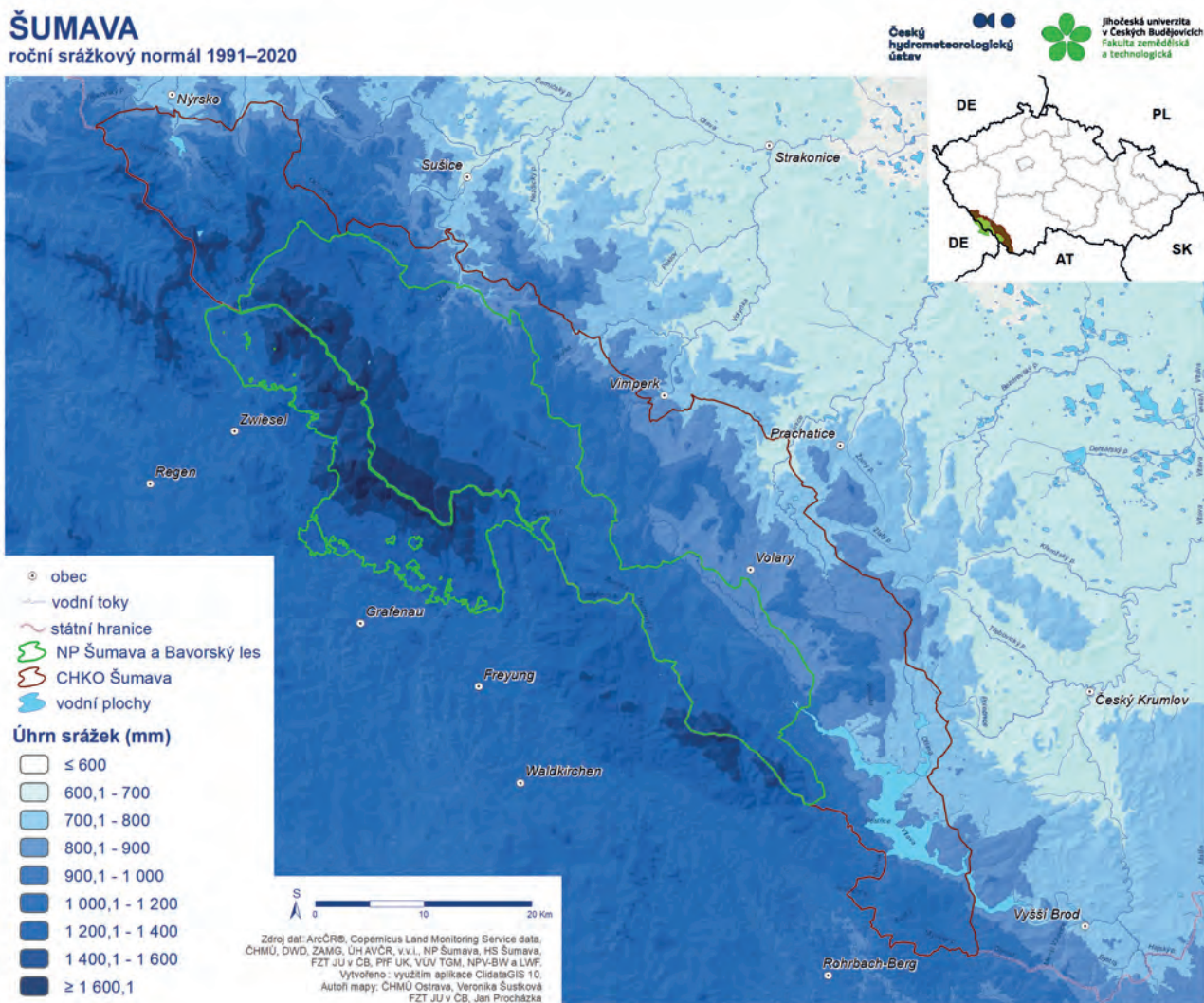
3. Srážkové a sněhové poměry

Pokles srážkových úhrnů je zřejmý zejména v návětrné části Šumavy – Podroklaní (pramenná oblast Roklanského potoka), kde desetiletý průměr 2016–2025 je u ročních úhrnů o více než 10 % nižší než předchozí normál 1981–2010, kdežto v porovnání například na vnitrozemském vrcholu Churáňov a v podhůří Šumavy ve Vimperku je tento pokles nižší, řádově o 5, resp. 2 %. Diskutovaný znatelný pokles zimních srážek je v těchto obdobích naopak v uvedených případech vyšší a velmi podobný, a to kolem 12 % (obr. 2). Orientační přehled o prostorovém rozložení srážek v oblasti Šumavy poskytuje klimatologická mapa průměrných ročních srážkových úhrnů za normálové období 1991–2020, která vznikla interpolací hodnot z více než 160 srážkoměrných stanic širšího okolí po obou stranách státní hranice (obr. 3, zdroje dat uvedeny v mapě). Postavení pohoří Šumavy vůči převládajícímu proudění způsobuje vyšší srážkové úhrny v německém podhůří v porovnání s českým podhůřím a zejména jejich výrazný nárůst na hraničním hřebenu. Nejvyšší úhrny srážek jsou v ročním průměru 1 700–1 800 mm zaznamenávány v centrální části Šumavy mezi Velkým Roklanem a Blatným vrchem, o něco nižší 1 600–1 700 pak například v oblasti Poledníku, jižně od Březníku nebo na hřebenu Trojmezí. Úhrny kolem 1 500 mm byly v průměru naměřeny v oblasti mezi Velkým Javorem a Jezerní horou, nebo na Rokyteckých slatích.



Obr. 2 Rozdíly v ročním (graf vlevo) a zimním (graf vpravo) úhrnu srážek na Šumavě v různých obdobích na příkladu pramenné centrální oblasti Podroklaní, Churáňova (1 118 m n. m.) a podhůří Šumavy ve Vimperku (658 m n. m.), (zdroj dat: ČHMÚ, NPV-BW a LWF).

Pozn. Podroklaní je v tomto případě charakterizováno průměrem srážek ze tří srážkoměrných stanic Správy NP Bavorský les (NPV-BW) mezi Velkým Roklanem a Blatným vrchem: Seebuchet, Steinschachten a Waldschmidthaus.

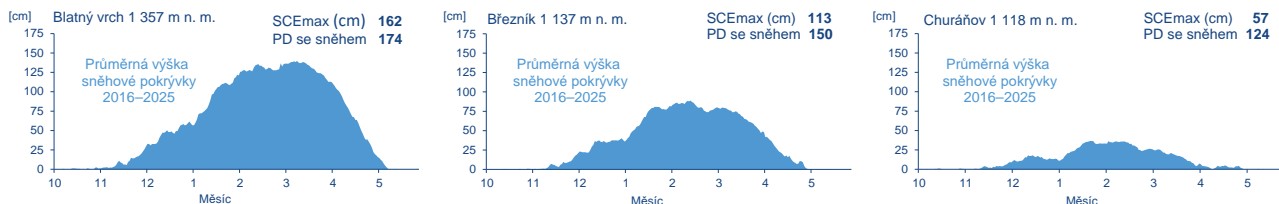


Obr. 3 Mapa průměrných ročních úhrnů srážek v oblasti Šumavy a okolí za období 1991–2020 (zdroje dat uvedeny v mapě).

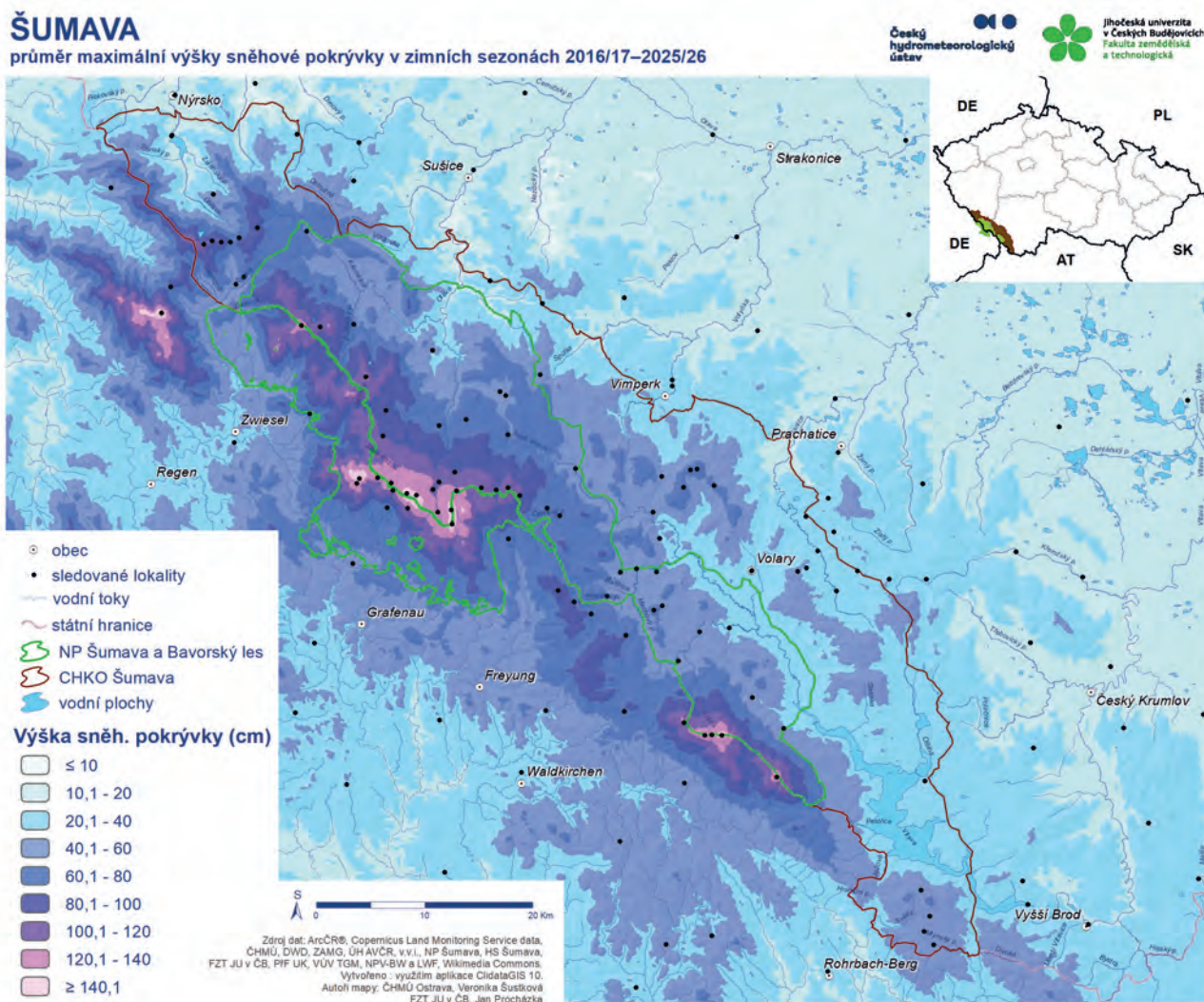
Naopak v českém podhůří na Sušicku, Prachaticku či Krumlovsku nedosahují na některých stanicích roční srážky v průměru ani 700 mm. Pro konkrétnější přehled není v tomto příspěvku zaměřeném více na pramenné hraniční oblasti prostor.

Rozlehlé a členité pohoří Šumavy se vyznačuje značnou proměnlivostí sněhových charakteristik. A to jak prostorově, tak také meziročně, jak bylo již zmíněno v souvislosti se změnami klimatu. Pokud nás budou více zajímat jednak současné podmínky, potom horské polohy nad 1 000 m n. m. s vyšším předpokladem výskytu sněhu a také určitý transekt od návětrného hřebenu po závětrnější horské polohy, nabízí se porovnat průměrnou sněhovou pokrývku v posledních 10 zimních sezonách z lokalit Blatný vrch, Březník a Churáňov. Blatný vrch patří mezi sněhově nejbohatší lokality, zdejší prameniště centrálního hraničního hřebene jsou nejvýznamnějším zdrojem vody ze sněhu pro povodí Vydry, resp. Otavy. Podobně o něco dále a níže položený Březník, který je navíc oblíbeným cílem v rámci šetrné zimní turistiky, stále s relativně vysokou jistotou přírodního sněhu. Churáňov a okolí pak charakterizuje vnitrozemský okraj šumavských plání se střediskem zimních sportů zejména pro běžecké a sjezdové lyžování, a samozřejmě také pramennou oblast, v tomto případě řeky Volýňky. Zatímco na Blatném vrchu lze v současné době počítat s trvalým výskytem sněhu od počátku listopadu do začátku května s průměrným maximem kolem 140 cm na přelomu února a března, tak na Churáňově dosahují maxima posledních let v průměru jen kolem 35 cm a v dubnu se zde s trvalejším výskytem sněhu již moc počítat nedá. Na Březníku bývá poslední dobou sněhová jistota od konce listopadu do poloviny dubna, s maximem výšky sněhu kolem 90 cm už během února (obr. 4). Nižší polohy přichází o souvislou sněhovou pokrývku v posledních letech i vícekrát za zimu.

Podrobnější charakteristiku sněhových poměrů si necháme na příště, ale orientační přehled o současném prostorovém rozložení sněhu nejen v pramenných oblastech Šumavy může poskytnout klimatologická mapa průměrné maximální výšky sněhu za období posledních 10 sezon (2016/17–2025/26, obr. 5). Průměrná maximální výška sněhu koresponduje z části s úhrnem srážek a z části s nadmořskou výškou. Nejvyšší srážkově návětrné vrcholy tak v posledních 10 sezonách dosahují průměrného maxima výšky sněhu kolem 150 cm, Březník 113 cm, Churáňov 57 cm, naopak třeba v okolí Lipna



Obr. 4 Průběh sněhové pokrývky ze šumavských lokalit s různou polohou a nadmořskou výškou, se zobrazením průměrného maxima výšky (SCEmax) a počtu dní (PD) se sněhovou pokrývkou, průměr sezon 2015/16 až 2024/25.



Obr. 5 Mapa průměrných maximálních výšek sněhové pokrývky v oblasti Šumavy a okolí za období 2016/17–2025/26 (zdroje dat uvedeny v mapě).

(730 m n. m.) nedosahuje v tomto období průměrné maximum ani 30 cm. Pro srovnání uvádíme, že v předchozím 20letém období (1997–2016) bylo průměrné maximum výšky sněhové pokrývky na zmíněných návětrných vrcholech kolem 180 cm, na Březníku nad 150 cm, na Churáňově 78 cm a u Lipna 41 cm. Pokles mocnosti sněhové pokrývky je tedy ve všech polohách Šumavy více než zřejmý.

Pro charakteristiku prostorového rozdělení srážek a sněhu prostřednictvím klimatologických map v rámci širší oblasti Šumavy bylo k jejich výpočtu využito údajů v případě srážek z více než 160 stanic a bezmála 250 lokalit s měřením výšky sněhové pokrývky. Díky takto zpřesněnému výpočtu můžeme pro doplnění uvést, že pro území NP Šumava byl pro období 1991–2020 vypočítán územní srážkový normál 1 213 mm a pro zimní sezony 2016/17–2025/26 průměrné maximum výšky sněhové pokrývky 67 cm, zatímco pro území CHKO Šumava to bylo 1 021 mm, resp. 44 cm, a pro území NP Bavorský les 1 426 mm, resp. 84 cm.

4. Závěr

Příspěvek se snaží přiblížit srážkové a sněhové poměry jak v pramenných oblastech Šumavy, tak jejich širším okolí v současných podmínkách. Současné „průměrné“ podmínky se zpravidla meteorologicky specifikují prostřednictvím aktuálně používaného klimatického normálu (1991–2020). Zejména v případě sněhové pokrývky se však s ohledem na dynamické změny klimatu ukazuje jako vhodnější období kratší, ne příliš vzdálené. Proto jsme tyto charakteristiky hodnotili podrobněji za období posledních 10 zimních sezon, a to i s ohledem na potřebnou širší spolupráci při monitoringu a pokrok v automatizaci měření sněhu. I v dalších letech se nejen v pramenných oblastech Šumavy dají očekávat velmi dynamické změny klimatu. Díky významným poznatkům ze systematického monitoringu sněhu a srážek bude možné tyto změny i nadále dobře dokumentovat, dávat do souvislostí a zodpovědně interpretovat.

Poděkování:

Děkujeme tímto všem provozovatelům a pozorovatelům meteorologických stanic, dobrovolníkům a přispěvatelům za správu a sdílení meteorologických dat a poznatků z terénu.

Literatura:

- ANON., 1958. Atlas podnebí Československé republiky, Praha: Ústřední správa geodesie a kartografie.
- KÖLBL, A., 2025. Klimatické změny a srážky. Jaké změny se projevují v Národním parku Bavorský les? Šumava 2025(4), příloha Šumavská mozkovka, s. 8–9, ISSN 0862-5166.
- PROCHÁZKA J., ŠUSTKOVÁ, V., JIRÁK, J., TESAŘ, M., 2023. Význam a problematika automatického měření sněhové pokrývky – studie pro oblast Šumavy. *Meteorologické zprávy*, roč. 76, č. 3, s. 73–83, ISSN 0026-1173.
- PROCHÁZKA, J., ŠUSTKOVÁ, V., LIPINA, P., TESAŘ, M., 2025. Rozdíly v úhrnu srážek na Šumavě za desetiletí 2014–2023 v porovnání s normálem 1981–2010. In: *Hnilicová, S., Tesař, M. (eds.): In: Hydrologie malého povodí 2025. Sborník příspěvků z konference. 7.–9. 10. 2025, Praha, Ústav pro hydrodynamiku AVČR, v.v.i., s. 10–18. ISBN 978-80-87117-23-1.*
- STAROSTOVÁ, M., 2012. Měření srážek totalizátory na Šumavě. *Meteorologické zprávy*, roč. 65, č. 6, s. 180–183. ISSN 0026-1173.

Vojenská meteorologická stanice Sedloňov-Polom

René Tydlitát

Sekce zpravodajského zabezpečení AČR Ministerstva obrany, oddělení GEOMETOC, Vítězná nám. 1500/5
160 00 Praha 6-Dejvice, rene.tydlitat@mo.gov.cz

Klíčová slova: Armáda České republiky, Orlické hory, observatoř, seismograf, výročí

1. Úvod

Geodetická, geofyzikální a meteorologická měření doplněná o monitoring znečištění, ovzduší nebo úrovně radiace jsou jako doma na odloučeném terénním pracovišti Vojenského geografického a hydrometeorologického úřadu (VGHMÚř) nedaleko obce Sedloňov v Orlických horách, známého jako „stanice Sedloňov-Polom“. Tento unikátní areál charakteru observatoře umístěný v horském prostředí je celkově na začátku šesté dekády své existence. Vznikl v roce 1974 jako seismologické pracoviště s cílem vybudovat na území tehdejší Československé socialistické republiky geofyzikální centrum, které by zabezpečovalo vojenské požadavky, mj. detekční kontrolu pokusných jaderných výbuchů v celosvětovém měřítku. Srdcem celého areálu prostoupeného mnoha monitorovacími a záznamovými vědeckými přístroji je seismická stanice, jejíž provoz vyžaduje přísná měřítka na okolní prostředí, např. mimořádně nízký přirozený seismický neklid. K monitorování zemětřesné aktivity se postupně přidávala i meteorologická měření založená na kvalitním přístrojovém vybavení a odpovídajícím výcviku personálu.

2. Dvacet let v síti meteorologických stanic

V letošním roce si připomínáme dvacet let od zařazení vojenské meteorologické stanice Sedloňov-Polom do sítě synoptických a klimatologických stanic předávajících zprávy o přízemních meteorologických pozorováních do národní i mezinárodní výměny. Stanice, nyní mezi odborníky známá pod synoptickým označením 11669 a klimatologickým indikativem H2POLO01, vznikla k 1. lednu 2006 z iniciativy příslušníků VGHMÚř jako první novodobá a první horská vojenská meteorologická stanice se speciálním zaměřením. Meteorologické zprávy jsou ze stanice odesílány pravidelně každou hodinu do odboru hydrometeorologie VGHMÚř umístěného v Praze-Ruzyni a do Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) v Praze-Komořanech. K založení stanice došlo po dlouhé době rušení leteckých meteorologických stanic v důsledku redukce početního stavu vojenských letišť v České republice (ČR) v devadesátých letech minulého století. Stanice vyplňuje mezeru v síti meteorologických stanic ČHMÚ v této lokalitě. Její vznik je skvělým příkladem dlouhodobé a vzájemné prospěšné spolupráce hydrometeorologické služby Armády České republiky (HMSI AČR) s ČHMÚ.

3. Umístění stanice

Pracoviště Sedloňov-Polom (seismologická a meteorologická stanice) leží v geomorfologickém celku Orlické hory na západně orientovaném středně svažitém úbočí Vrchmezského hřebtu. Nachází se přibližně 3 km západně od státní hranice s Polskem v nadmořské výšce 748 m. Povrch u stanice je upravovaný travnatý a v okolí převažuje smíšený les, místy narušený loukami. Měření tlaku vzduchu na stanici probíhá o 7 minut dřív než v Praze a o 7 metrů výš než na Svratouchu. Sběr dat je často doprovázen štěkotem dohlížejících strážních psů a dříve také za asistence volně se pasoucích ovcí na pozemku pracoviště. Nejbližší profesionální meteorologická stanice je umístěna v Ústí nad Orlicí, srážkoměrná stanice v Olešnici a automatizovaná klimatologická stanice v Deštném v Orlických horách.



Obr. 1 Zimní pohled na hlavní provozní budovu stanice Sedloňov-Polom. Foto: Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad.

4. Začátky meteorologických měření a pozorování

Již od poloviny devadesátých let minulého století, respektive od roku 1997, byla na stanici pod Sedloňovským vrchem prováděna základní meteorologická měření automatickým zařízením DRAK3. Ta probíhala v souvislosti s provozem referenční stanice globálních navigačních družicových systémů (GNSS). Měření omezených meteorologických prvků bylo tehdy doplňkovou činností k primárnímu pověření stanice provádět seismologická měření. V roce 1998 po ničivé letní povodni v části Orlických hor byla stanice Povodím Labe, s. p., vybavena automatickým srážkoměrem MR3H pro získávání 15minutových dat k vyhodnocování srážkově-odtokových poměrů regionu Orlických hor. Budování standardní meteorologické stanice na pracovišti Sedloňov-Polom bylo zahájeno v roce 2002 a postupně se projevilo zřízením meteorologického měrného pozemku (zahrádky) na objektu pohraničního opevnění a systematickým měřením se záznamy základních meteorologických prvků. Od roku 2005 začala meteorologická stanice Sedloňov-Polom rovněž provádět klimatologická měření pro potřeby ČHMÚ. Pracoviště bylo zpočátku vybaveno klasickými meteorologickými přístroji (skleněnými teploměry, mechanickými vlhkoměry, aneroidem, soupravou na měření větru EA01 a jinými), které posléze nahradily jejich moderní elektronické ekvivalenty. Ještě v roce 2005 došlo k dalšímu rozšíření technického vybavení stanice, mj. byl instalován ceilometr CT 25K (zálohovaný zařízením RVO) pro měření spodní základny oblačnosti, stožár se senzory pro měření směru a rychlosti větru a automatizovaný meteorologický pozorovací systém pro měření, zpracování a distribuci meteorologických informací a zpráv MONITWIN. Důležitým mezníkem ke kvalitativnímu měření a pozorování bylo dokončení odborného zaškolení personálu nové vojenské meteorologické stanice Sedloňov-Polom.

5. Přístrojové vybavení meteorologické stanice

V současnosti jsou na meteorologické stanici Sedloňov-Polom instalovány: větroměrný systém se senzory pro měření rychlosti a směru větru WA 151, WS 425 a WMT 703, automatické senzory pro měření teploty, tlaku a vlhkosti vzduchu HMP 155, člunkové srážkoměry MR3H-F, QMR 101 a váhový srážkoměr MW-7. Dále jsou zde umístěny: ceilometr CL 31 Vaisala, digitální slunoměr SD 6 registrující délku a intenzitu slunečního svitu zálohovaný klasickým heliografem a další senzory určené k detekci bleskových výbojů a průběhu počasí. Nechybí měření přízemní teploty vzduchu, teploty půdy v hloubce 5, 10, 20, 50 a 100 cm, sněhoměrné pokrývky a také váhový sněhoměr pro určení vodní hodnoty vrstvy sněhu.



Obr. 2 Meteorologický měrný pozemek na zeminou zakrytém objektu pohraničního opevnění. Foto: Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad.

6. Význam stanice

Vojenské seismologické a meteorologické pracoviště Sedloňov-Polom v Orlických horách poskytuje rezortním i mimorezortním uživatelům aktuální seismická, geodetická, geofyzikální a meteorologická data v požadovaných termínech a kvalitě, plní úkoly a zabezpečuje varování ve prospěch obrany státu a krizového řízení. Stanice díky své exkluzivě spolupracuje a výsledky svých měření sdílí s významnými mimorezortními partnery, jako jsou: Geofyzikální ústav Akademie věd ČR, Astronomický ústav Akademie věd ČR (AÚ AV ČR), Český úřad zeměměřický a katastrální, Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v. v. i., Úřad pro jadernou bezpečnost a ČHMÚ. Po řadu let je pro svoji polohu a výsledky zařazena do prestižní sítě seismologických stanic světa. Z meteorologického hlediska stanice zaplňuje prázdné místo mezi profesionálními stanicemi Ústí nad Orlicí a Pec pod Sněžkou, které jsou od sebe vzdáleny cca 90 km. Vojenskému letectvu poskytuje nezastupitelné údaje zejména o spodní základně oblačnosti při letech nad horským terénem v blízkosti státní hranice s Polskem. Je jedinou vojenskou meteorologickou stanicí, která je systémem měření a pozorování blízká horským stanicím ČHMÚ. Sestavování a odesílání meteorologických zpráv je od začátku fungování synoptické a klimatologické stanice nepřetržité, a i přes pokročilou automatizaci přístrojového vybavení si zachovává režim s lidskou obsluhou bez časového omezení, který je ku prospěchu kvality a úplnosti meteorologických záznamů. Dověšená 20letá řada měření a pozorování vybízí k podrobnému klimatologickému zpracování.

7. Školení meteorologů-pozorovatelů

Součástí areálu odloučeného pracoviště VGHMÚř Sedloňov-Polom je také školicí a výcvikové středisko „Na Skále“. Jak již bylo uvedeno, v roce 2005 došlo k odbornému zaškolení personálu nové vojenské meteorologické stanice zakončenému přezkoušením. Významnou událostí se stalo historické setkání provozních meteorologů stanic HMSI AČR a ČHMÚ ve dnech 21. až 23. dubna 2008. Cílem tohoto semináře bylo školení vybraných provozních meteorologů-pozorovatelů zaměřené na praktiky sestavování meteorologické zprávy SYNOP. Lektori postupně ve svém výkladu připomněli formality kódu zprávy SYNOP, opakující se chyby zejména při kódování oblačnosti a předali ostatním meteorologům řadu praktických rad pro pozorování počasí v závislosti na denní době a vývoji meteorologické situace. Přínosem školení bylo ujasnění si společné metodiky pozorování a měření. Zástupci stanice Sedloňov-Polom se pravidelně účastní všech metodických porad Odboru profesionální staniční sítě ČHMÚ zaměřených na problematiku meteorologických měření a pozorování, kde se mimo jiné seznamují se stavem chybovosti odesílaných zpráv ze stanice. Vedení měření a pozorování meteorologických jevů a prvků je za dobu existence stanice spojeno s těmito zaměstnanci VGHMÚř: Jaroslav Dvořák, Ing. Josef Jelínek, Ing. Zdeněk Ledvinka a Jaroslav Pokorný.

Tab. 1 Meteorologické charakteristiky a rekordy na stanici Sedloňov-Polom za období let 2006–2025.

Sledovaná charakteristika	Hodnota	Datum
nejvíce srážek za 24 hodin	94,6 mm	20. 8. 2022
minimální teplota vzduchu	−23,1 °C	22. a 23. 1. 2006
maximální teplota vzduchu	33,3 °C	28. 7. 2013
maximální náraz větru	30,4 m·s ^{−1}	18. 1. 2007
průměrná roční teplota vzduchu	7,4 °C	
průměrné roční srážky	947,6 mm	
první sníh na stanici		5. 10. 2016
první mrazový den		3. 10. 2013



Obr. 3 První společné setkání provozních meteorologů-pozorovatelů z meteorologických stanic AČR a ČHMÚ (před výcvikovým a školicím zařízením stanice Sedloňov-Polom, 23. 4. 2008). Foto: René Tydlitát.

8. Zajímavosti a souvislosti

Jak již bylo v předchozím textu uvedeno, nejenom meteorologická měření jsou důležitým úkolem stanice Sedloňov-Polom. Zajímavostí je zejména využití dělostřeleckého srubu v místním areálu a za zmínku stojí, že vojenští meteorologové vedli klimatologický výzkum na hřebenech Krkonoše už v polovině 20. století.

8.1 Utajovaná vojenská stanice Zlaté návrší

Meteorologická stanice Sedloňov-Polom není první armádní observatoří na našem území zkoumající stav počasí v horském prostředí. V minulosti již fungovala experimentální stanice v utajovaném vojenském areálu Jestřábí boudy v Krkonoších (jihozápadně od dnešní Vrbatovy boudy). Stanice vznikla v roce 1942 jako součást již v roce 1938 založené Polární zkušební stanice Zlaté návrší „Polare Versuchsstation Goldhöhe“ pro výcvik příslušníků německé armády do misí v Arktidě. Do konce roku 1944 v tomto areálu probíhala příprava personálu budoucích tajných arktických německých meteorologických stanic. Součástí výcviku bylo i ověřování provozu automatických rádiových meteorologických stanic. Po druhé světové válce a až do konce roku 1953 na místě působili meteorologové Československé armády. V sedmdesátých letech stanice definitivně zanikla a boudy, které tvořily její zázemí, vyhořely a byly strženy. ČHMÚ v současnosti uchovává dva cenné pozorovací deníky této zaniklé stanice z let 1941–1950 a 1951–1956.

8.2 Měření seismografy v dělostřeleckém srubu

Snímače seismologické stanice Sedloňov-Polom jsou uloženy na betonové desce, která je spojena se skalním žulovým podložím sedm metrů pod zemí v dělostřeleckém srubu pohraničního opevnění z doby 1. republiky. Stanice se celkově nachází v místě, kde nedochází k otřesům zemské kůry, v lokalitě, kde severní horizont observatoře tvoří protáhlý hraniční hřbet Orlických hor a na polském území desítky kilometrů lesů, na české straně jsou nejbližší průmyslové lokality dostatečně vzdáleny.

8.3 Další měření v areálu stanice Sedloňov-Polom

Kromě řady meteorologických měření a pozorování probíhají v areálu stanice Sedloňov-Polom další monitorovací a záznamové aktivity. Mezi ně patří: systematické fotografování bolidů (jasných meteorů prolétajících zemskou atmosférou) bolidovou kamerou AÚ AV ČR, automatický imisní monitoring znečištění ovzduší v lokalitě Orlických hor (vykonává ČHMÚ), měření úrovně radiace, měření změn magnetického pole Země, ověřování charakteristik přesnosti geodetické techniky na měřicích stanovištích (bodovém poli) s hloubkovou stabilizací, využívání referenční stanice GNSS a robotického astronomického dalekohledu s celooblohovou kamerou v tzv. observačním pavilonu.



Obr. 4 Přečodná zimní dekorace rampouchy vytvořená na hlavní budově areálu stanice Sedloňov-Polom v roce 2005. Foto: René Tydlitát.

Literatura:

FLAJŠMAN, M., ŠTEKL, J., 2017. Hydrometeorologická služba Armády České republiky 1918–2018. Praha: Ministerstvo obrany České republiky – VHÚ Praha. ISBN 978-80-7278-716-6.

KAIN, I., KULVAITOVÁ, L., 2014. Meteorologická stanice H2Polom. *Vojenský geografický obzor*, roč. 57, č. 2, s. 37. ISSN 1214-3707.

LAŽA, L., 2014. Čtyři dekády na stanici Polom. *Vojenský geografický obzor*, roč. 57, č. 2, s. 4–32. ISSN 1214-3707.

PIWKO, R., 2018. Vývoj technického vybavení hydrometeorologické služby AČR po roce 1989. *Vojenský geografický obzor*, roč. 61, č. 2, s. 11–20. ISSN 1214-3707.

TYDLITÁT, R., 2006. Nová vojenská meteorologická stanice Polom v Orlických horách. *Meteorologické zprávy*, roč. 59, č. 4, s. 125. ISSN 0026-1173.

TYDLITÁT, R., 2008. Setkání provozních meteorologů za stanic ČHMÚ a Armády České republiky. *Meteorologické zprávy*, roč. 61, č. 3, s. 71. ISSN 0026-1173.

Evidenční listy měřidel a jejich role v efektivním managementu měření

Adrián Hokina¹, Jan Rybář², Stanislav Ďuriš³, Peter Onderčo⁴

¹ Slovenská technická univerzita v Bratislavě, Strojnická fakulta, Ústav automatizace, informatizace a měření, Nám. slobody 17, 812 31 Bratislava, Slovenská republika, xhokina@stuba.sk

² Slovenská technická univerzita v Bratislavě, Strojnická fakulta, Ústav automatizace, informatizace a měření, Nám. slobody 17, 812 31 Bratislava, Slovenská republika, jan.rybar@stuba.sk & Dopravní podnik Bratislava, a. s., Olejkárska ulice 1, 814 52 Bratislava, Slovenská republika

³ Slovenská technická univerzita v Bratislavě, Strojnická fakulta, Ústav automatizace, informatizace a měření, Nám. slobody 17, 812 31 Bratislava, Slovenská republika, stanislav.duris@stuba.sk

⁴ Slovenská technická univerzita v Bratislavě, Strojnická fakulta, Ústav automatizace, informatizace a měření, Nám. slobody 17, 812 31 Bratislava, Slovenská republika, peter.onderco@stuba.sk & Dopravní podnik Bratislava, a. s., Olejkárska ulice 1, 814 52 Bratislava, Slovenská republika

Klíčová slova: evidence, měřidlo, metrologie, systém managementu měření

1. Úvod

V oblasti metrologie a meteorologie představuje efektivní management měření důležitý prvek zajištění kvality dat, spolehlivosti měřicích výsledků a optimalizace provozních procesů. Evidenční listy měřidel (ELM) jsou základním nástrojem, který umožňuje systematické sledování, dokumentaci a kontrolu všech používaných měřicích zařízení. Tyto listy nejen zajišťují přehled o aktuálním stavu měřidel, ale také podporují strategické rozhodování při plánování kalibrací, revizí a modernizace přístrojového vybavení. Cílem tohoto sdělení je představit metodiku vedení evidenčních listů měřidel, analyzovat jejich praktický dopad na efektivitu měřicích procesů a demonstrovat využití statistických a metrologických nástrojů pro zajištění kvality měření.

2. Metodika

Metodika vedení evidenčních listů měřidel byla navržena s ohledem na mezinárodní normy ISO/IEC 17025 a doporučení metrologických organizací pro kalibraci a údržbu měřicích přístrojů. Metodika zahrnuje tři hlavní oblasti: správu dat, měřicí metody a statistickou analýzu.

2.1 Správa dat

Každé měřidlo je evidováno prostřednictvím jednotného formuláře, který obsahuje následující informace, viz tab. 1.

Evidenční listy jsou vedeny jak v tištěné, tak v digitální podobě, což umožňuje rychlou aktualizaci a archivaci dat.

Z pohledu metrologie představuje evidenční list měřidla základní dokumentační nástroj pro systematickou správu a sledování měřicí techniky. Tab. 1 shrnuje identifikační, technické a metrologické parametry měřidla, jako jsou jeho typ a klasifikace (určené měřidlo, pracovní měřidlo nebo pracovní etalon), název a typové označení, měřená veličina, měřicí rozsah, rozlišení a třída přesnosti nebo maximální dovolená chyba. Součástí evidence jsou rovněž údaje o výrobcí, dodavateli, servisní organizaci, výrobním a inventárním čísle, datu výroby, uvedení do evidence a případného vyřazení měřidla. Evidenční list dále dokumentuje umístění měřidla, odpovědnou osobu a způsob metrologické konfirmace, včetně stanovených konfirmačních intervalů a organizace, která konfirmaci provádí. Takto strukturovaná evidence umožňuje zajistit

Tab. 1 Ukázka základní struktury evidenčního listu měřidla. Zdroj: Vlastní zpracování.

Položka	Popis
Identifikace měřidla	Typ, výrobce, výrobní číslo
Datum pořízení	Rok a měsíc uvedení do provozu
Kalibrační údaje	Datum poslední kalibrace, intervaly kalibrací, certifikáty
Technický stav	Funkčnost, opotřebení, případné opravy
Uživatel / oddělení	Kdo měřidlo provozuje a kdo zodpovídá za údržbu

metrologickou návaznost, transparentní sledování životního cyklu měřidla a podporuje spolehlivost a kvalitu měřících procesů v praxi (Rybář et al. 2022; Kelemenová et al. 2016; Kislingerová 2025).

Souhrnně lze konstatovat, že uvedené prvky evidence a správy měřidel tvoří integrální součást systému managementu měření. Tento systém představuje soubor organizačních, technických a metrologických opatření, jejichž cílem je zajistit správnost, spolehlivost a metrologickou návaznost výsledků měření. Systematická evidence měřidel, pravidelná konfirmace, definování kalibračních intervalů a dokumentace jejich technických i provozních parametrů umožňují efektivní řízení celého životního cyklu přístrojů s měřicí funkcí.

2.2 Měřicí metody

Pro účely správy měřidel se využívají standardní kalibrační metody odpovídající normám ČSN EN nebo ISO. Typické metody zahrnují:

- Přímé měření – kontrola přesnosti sond, teploměrů, vlhkoměrů.
- Porovnávací metoda – ověřování měřidel proti referenčním přístrojům s vyšší přesností.
- Statistické vyhodnocení stability – sledování trendů přesnosti v čase.

Z pohledu statistické analýzy měření představují uvedené metody základní nástroje pro kvantitativní hodnocení kvality a stability měřících systémů. Systematické využívání statistických postupů (Anděl 2011) při analýze kalibračních dat umožňuje identifikovat dlouhodobé trendy, odhalit systematické odchylky a optimalizovat kalibrační intervaly měřidel (Kelemenová et al. 2016; Palenčář et al. 2007). Tím je zajištěna vyšší spolehlivost výsledků měření a jejich dlouhodobá srovnatelnost v rámci měřících a monitorovacích systémů.

2.3 Statistická analýza

Shromážděná data jsou následně vyhodnocována statisticky pro zajištění kvality měření. Používané metody zahrnují průměr a směrodatnou odchylku, kontrolní diagramy, analýzu spolehlivosti a jiné používané nástroje, viz tab. 2.

Tento přístup umožňuje nejen vyhodnocovat aktuální stav měřidel, ale i plánovat preventivní zásahy a minimalizovat riziko chyb v dlouhodobých měřeních.

3. Výsledky

Po implementaci systému managementu měření (evidenčních listů měřidel) na vybraných meteorologických stanicích byly získány následující poznatky, viz tab. 3.

1. Přesnost měření se zvýšila díky pravidelnému sledování kalibračních intervalů – počet odchylek nad povolené tolerance poklesl o 35 %.
2. Identifikace zařízení vyžadujícího opravu umožnila snížit neplánované výpadky měřících přístrojů o 42 %.
3. Statistická analýza odhalila dlouhodobý trend snižování přesnosti u některých starších vlhkoměrů, což umožnilo včasnou výměnu.

Uvedené výsledky získané z meteorologických stanic jednoznačně potvrzují zásadní význam systematické evidence měřidel a pravidelné kalibrace pro zajištění kvality měřených dat. Dlouhodobá meteorologická pozorování jsou založena na kontinuitě a srovnatelnosti měření, a proto je nezbytné, aby používané přístroje vykazovaly stabilní metrologické vlastnosti a byly pravidelně kontrolovány v rámci definovaných kalibračních postupů. Zavedení strukturované evidence měřidel tak významně přispívá nejen ke zvýšení spolehlivosti provozu meteorologických stanic, ale také ke kvalitě klimatologických datových řad, které tvoří základ pro analýzu atmosférických procesů i studium dlouhodobých změn klimatu.

Tab. 2 Metody a účel jejího použití. Zdroj: Vlastní zpracování.

Metoda	Účel
Průměr a směrodatná odchylka	Hodnocení centrální hodnoty a variability měření
Kontrolní diagramy	Detekce trendů, odchylek a systematických chyb
Analýza spolehlivosti	Stanovení pravděpodobnosti poruch a potřeby údržby

Tab. 3 Poznatky ohledně zefektivnění procesů evidence. Zdroj: Vlastní zpracování.

Typ měřidla	Počet zařízení	Počet odchylek před ELM	Počet odchylek po ELM	Interval kalibrace (měsíce)
Teploměr Pt100	15	7	2	12
Vlhkoměr kapacitní	10	6	1	6
Anemometr	8	3	1	12

4. Diskuze

Analýza výsledků potvrzuje, že systematické vedení evidenčních listů měřidel výrazně zvyšuje efektivitu provozu a spolehlivost měření. Z hlediska metrologie umožňuje ELM okamžitě identifikovat přístroje s odchylkami, sledovat trend degradace a optimalizovat intervaly kalibrací.

Z tohoto hlediska je význam ELM zásadní pro dlouhodobé klimatické studie, kde jsou přesná a konzistentní data klíčová pro modelování a predikce. Dále se prokázalo, že digitalizace evidenčních listů zlepšuje přehlednost, umožňuje rychlé generování reportů a usnadňuje integraci s laboratorními informačními systémy. Hlavní výzvou zůstává zajištění pravidelné aktualizace dat a školení personálu, aby byla zajištěna kontinuita a přesnost vedení evidence.

5. Závěr

Evidenční listy měřidel představují nenahraditelný nástroj pro efektivní management měření (podle ČSN EN ISO 10012 „Systémy managementu měření – Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení“). Umožňují systematické sledování stavu přístrojů, optimalizaci kalibračních intervalů, prevenci chyb a plánování údržby. Implementace ELM nejen zvyšuje spolehlivost měřících procesů, ale také poskytuje cenná data pro strategická rozhodnutí a dlouhodobé meteorologické studie.

Na základě získaných zkušeností lze doporučit:

1. Povinné zavedení ELM pro všechna měřidla kritická pro přesnost měření.
2. Digitalizaci a integraci evidenčních listů s laboratorními informačními systémy.
3. Pravidelnou statistickou analýzu dat pro včasnou identifikaci odchylek a trendů.

Z pohledu meteorologické praxe je systematická evidence a kontrola měřidel nezbytnou podmínkou pro zachování kvality a srovnatelnosti měřených dat. Pouze dlouhodobě stabilní, správně kalibrovaná a metrologicky návazná měření umožňují spolehlivou interpretaci atmosférických procesů a tvorbu kvalitních klimatologických řad, které jsou základem pro výzkum změn klimatu i pro operativní meteorologii.

Poděkování:

Autoři děkují Ústavu automatizace, informatizace a měření Strojnické fakulty Slovenské technické univerzity v Bratislavě za podporu. Poděkování patří rovněž zainteresovaným organizacím (Slovenský metrologický ústav a Slovenský hydrometeorologický ústav, se kterými jsme problematiku řešili a konzultovali) a projektům KEGA 028STU-4/2026 a APVV-21-0195 za jejich finanční podporu.

Literatura:

- ANDĚL, J., 2011. Základy matematické statistiky. Vyd. 3. Praha: Matfyzpress, 358 s. ISBN 978-80-7378-162-0.
- KELEMENOVÁ, T., DOVICA, M., 2016. Kalibrácia meradiel. 1. vydanie. Košice: Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Edícia vedeckej a odbornej literatúry, 232 s. ISBN 978-80-553-3069-3.
- KISLINGEROVÁ, E., 2025. Podniková ekonomika: moderní pohled na problematiku podniku v 21. století. Expert. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-5694-8.
- PALENČÁR, R., KUREKOVÁ, E., HALAJ, M., 2007. Meranie a metrológia pre manažérov. Bratislava: STU v Bratislave, 252 s. ISBN 978-80-227-2743-3.
- RYBÁŘ, J., MEDRICKÝ, P., BARTALOS, B., ĎURIŠ, S., 2022. Measurement management and metrological order in the organization. In: *CER Comparative European Research: 17th Biannual CER Comparative European Research Conference, April 25-27, 2022, London*. 1. vyd. Londýn: Sciemcee, s. 50–53. ISBN 978-1-7399378-1-2.

In situ měření aktivace aerosolu a spekter oblačných kapek na stanici Milešovka

Naděžda Zíková¹, Pavel Sedlák², David Brus³, Vladimír Ždímal¹

¹ Ústav chemických procesů AV ČR, Rozvojová 1/135, 165 02 Praha 6, zikova@icpf.cas.cz

² Ústav fyziky atmosféry AV ČR, Boční II 1401, 141 00 Praha 4

³ Finnish Meteorological Institute, Erik Palménin aukio 1, 00560 Helsinki, Finland

Klíčová slova: atmosférický aerosol, oblačné kapičky, in-cloud scavenging

1. Úvod

Nejistota popisu a reprezentace interakce atmosférického aerosolu (AA) a oblaků by mohla být snížena díky in situ měřením, která by poskytla data pro modely a lepší pochopení toho, jak AA z různých zdrojů ovlivňuje mikrofyziku a makrofyziku oblaků. Proto vzniká celosvětová síť in situ oblačných měření (Cloud in situ, CIS, ACTRIS 2026), do které se zapojila i Česká republika.

2. Metodika

Měření CIS v ČR probíhají na stanici Milešovka (50°33'N, 13°55'E, 837 m. n. m), kde se nízká stratovitá oblačnost, kódovaná jako mlha, vyskytuje v 55 % dní (Fišák et al. 2009). Bylo zde proto provedeno měření za účelem popisu vlivu mlh na početní velikostní distribuce AA a aktivovaných nukleárních jader, porovnání spektrometrů měřících početní velikostní distribuce oblačnosti, a plánováno je také měření vlivu biogenních aerosolů na kondenzaci a krystalizaci v oblačnosti a jejich interakce s antropogenním znečištěním.

Dlouhodobá meteorologická data byla doplněna o početní velikostní distribuce (PVD) AA ve velikostech od 10 nm do 30 μm ze spektrometrů SMPS a APS pomocí dvou inletů – tzv. whole air inletu (WAI) a PM_{2.5} hlavy, mezi kterými přepínal ventil. Měření celkového a neaktivovaného aerosolu tak může být vypočtena aktivovaná část, resp. podíl (activated fraction, Asmi et al. 2012). Měření probíhala v letech 2018 až 2020 v intenzivních kampaních v jarních a podzimních měsících, kdy je na stanici nejvyšší pravděpodobnost výskytu nízké oblačnosti. Celkově bylo ve 187 dnech měření nasbíráno přes 15 000 PVD, z toho 4 000 vzorků s mlhou, které byly porovnávány s výsledky naměřenými bez pozorovaných meteorologických jevů.

Porovnání spektrometrů měřících oblačná spektra probíhalo jednak z důvodu výběru vhodného systému pro plánované měření na stanici, jednak jako součást snahy o standardizaci a odhad nejistot těchto měření. Hodnoceny byly Fog Monitor 120 (FM-120, Droplet Measurement Techniques), Cloud Droplet Analyzer (CDA, Palas GmbH), Vaisala AQT530, a také na stanici historicky měřící Particulate Volume Monitor (PVM, Gerber Scientific).

3. Výsledky

Celkové koncentrace AA byly při výskytu mlhy nižší ve všech měřených velikostech v porovnání se situacemi bez mlhy (Zíková et al. 2020). Většina aktivovaného AA byla větší než 100 nm, s maximem PVD aktivovaného aerosolu přes 200 nm. Byla nalezena silná závislost aktivovaných PVD na původu vzduchových hmot. Největší rozdíl byl mezi kontinentálními a oceánskými hmotami, kdy byl mořský AA aktivován v průměru již ve velikosti 124 nm, zatímco kontinentální AA musel být pro aktivaci alespoň ve velikosti 249 nm.

Aktivace AA byla závislá i na meteorologických podmínkách. Spojitost s fotochemií nebyla prokázána, naopak byla nalezena závislost na teplotě, relativní vlhkosti, rychlosti větru, a především na vodním obsahu oblaku (LWC, liquid water content) (Zíková et al. 2021). Pokud byl vodní obsah oblaku menší než 0,10 g/m³, byla pozorována silná závislost velikosti aktivovaných částic na LWC. Pro vyšší LWC už se velikost nejmenšího aktivovaného aerosolu výrazněji neměnila.

Porovnání měření oblačných spekter ukázalo, že velikost kapek je přístroji odhadována s dobrou shodou, ale celkové koncentrace se mírně liší. Rozdíly ve výsledcích jsou pak největší pro LWC, při jehož výpočtu je zahrnuta jak velikost, tak koncentrace oblačných kapiček.

4. Závěr

Proběhlá kampaňovitá měření na Milešovce potvrdila výjimečnou polohu stanice na in situ oblačná měření, a nyní již probíhá příprava stanice na dlouhodobé měření (více viz Sedlák et al. 2026). K tomu jsou plánovány další kratší kampaně zaměřené na měření koncentrací biogenního aerosolu a také chemického složení aerosolu.

Tato práce byla podpořena MŠMT České republiky v rámci grantu ACTRIS-CZ LM2023030 a grantem GAČR č. 26-23514S.

Literatura:

ACTRIS, 2026. Topical Centre for Cloud In Situ Measurements (CIS) [online]. [vid. 2026-03-15]. Dostupné z: <https://www.actris.eu/topical-centre/cis>.

ASMI, E., FRENEY, E., HERVO, M., PICARD, D., ROSE, C., COLOMB, A., SELLEGRI, K., 2012. Aerosol cloud activation in summer and winter at puy-de-Dome high altitude site in France. *Atmospheric Chemistry and Physics*, roč. **12**, č. 23, s. 11589–11607. ISSN 16807316. Dostupné z: <https://doi:10.5194/acp-12-11589-2012>.

FIŠÁK, J., TESARŤ, M., FOTTOVÁ, D., 2009. Pollutant Concentrations in the Rime and Fog Water at the Milesovka Observatory. *Water, Air, and Soil Pollution*, roč. **196**, č. 1–4, s. 273–285. ISSN 0049-6979. Dostupné z: <https://doi:10.1007/s11270-008-9775-z>.

SEDLÁK, P., PEŠICE, P., TALÍŘOVÁ CHLÁDOVÁ, Z., ZÍKOVÁ, N., 2026. Příprava dlouhodobého monitoringu procesů uvnitř nízké oblačnosti na Milešovce. In: *Sborník příspěvků z meteorologické konference Krkonoše 2026*. (rukopis, v tisku).

ZÍKOVÁ, N., POKORNÁ, P., MAKEŠ, O., ROTREKL, J., SEDLÁK, P., PEŠICE, P., ŽDÍMAL, V., 2021. Variability in activation properties in relation to meteorological phenomena. *Journal of Hydrometeorology*, roč. **22**, č.10, s. 2565–2579. ISSN 1525-7541. Dostupné z: <https://doi:10.1175/JHM-D-21-0064.1>.

ZÍKOVÁ, N., POKORNÁ, P., MAKEŠ, O., SEDLÁK, P., PEŠICE, P., ŽDÍMAL, V., 2020. Activation of atmospheric aerosols in fog and low clouds. *Atmospheric Environment*, roč. **230** (April), č. 117490. ISSN 1352-2310. Dostupné z: <https://doi:10.1016/j.atmosenv.2020.117490>.

Očekávaný vývoj maximální rychlosti větru v Krkonoších v průběhu 21. století

Klára Sedláková¹, Anna Valeriánová²

¹ Český hydrometeorologický ústav, oddělení všeobecné klimatologie, Na Šabatce 2050/17, 143 00 Praha 4-Komořany, klara.sedlakova@chmi.cz

² Český hydrometeorologický ústav, odbor klimatologie, Na Šabatce 2050/17, 143 00 Praha 4-Komořany, anna.valerianova@chmi.cz

Klíčová slova: ALADIN-Climate/CZ, klimatická změna

1. Úvod

Maximální rychlost větru je jednou z charakteristik, které byly studovány v rámci řešení dílčího cíle projektu PERUN „Kvantitativní odhad rizik hydrometeorologických jevů a jejich očekávaných změn v průběhu 21. století“. V příspěvku se zaměříme na odhad změn výskytu extrémní rychlosti větru v oblasti Krkonoš v budoucnosti na základě zpracování a porovnání vývoje n -letých hodnot maximální rychlosti větru odvozených z výstupu modelu ALADIN-Climate/CZ.

2. Metodika

Zpracovávána byla data maximální rychlosti větru ve výšce 10 m nad povrchem z výstupu z modelu ALADIN-Climate/CZ a to pro oba emisní scénáře SSP2-4.5 a SSP5-8.5 pro období 2021–2100 a historický běh modelu pro období 1995–2014. Model počítá v síti s rozlišením $2,3 \times 2,3$ km (Brožková a kol. 2019). Návrátové hodnoty maximální rychlosti větru s dobou opakování 2, 5, 10 a 20 let byly odhadovány pomocí extrémálních rozdělení, dvouparametrového Gumbelova, tříparametrového generalizovaného extrémálního (GEV) a pomocí Pareto rozdělení. Výpočty byly provedeny pro jednotlivá dvacetiletá období 2021–2040, 2041–2060, 2061–2080 a 2081–2100.

Pro odhad pomocí Gumbelova a GEV rozdělení byly v prvním kroku vybrána pro každý uzlový bod roční maxima rychlosti větru a těmi byla následně prokládána extrémální rozdělení. Odhad parametrů rozdělení GEV byl proveden dvěma způsoby, a to pomocí L-momentů (LM) a metody maximální věrohodnosti (MLE), u Gumbelova rozdělení metodou maximální věrohodnosti (MLE) (Mudelsee 2020).

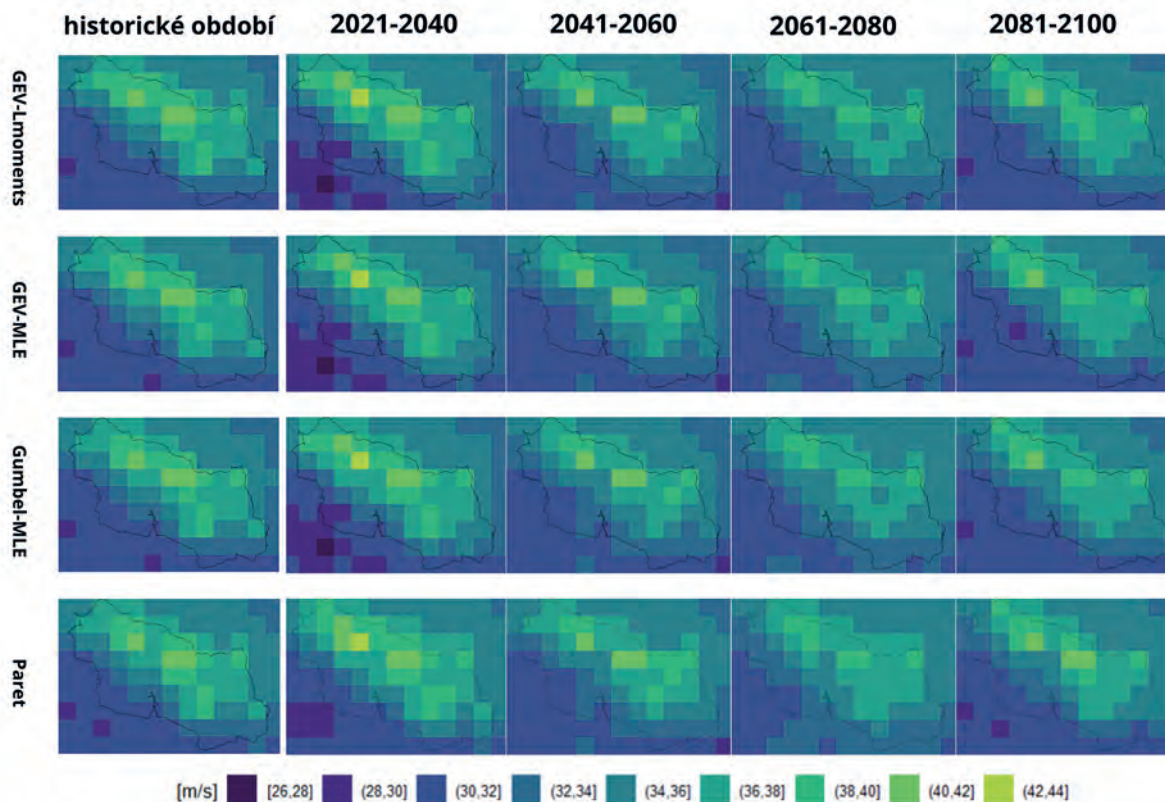
Pro výpočet pomocí Pareto rozdělení byla v prvním kroku pro každý uzlový bod stanovena prahová hodnota, definovaná jako minimální hodnota ročních maxim v referenčním období 2021–2100 (Outten 2021). Do další analýzy byly zahrnuty pouze denní maximální rychlosti větru přesahující tuto prahovou hodnotu. Následně byla provedena declusterizace dat. V časovém okně ± 2 dny byla zachována pouze nejvyšší hodnota, abychom zamezili duplicitě hodnot v jedné větrné epizodě. V závěrečné fázi byly z takto upravených dat odhadnuty návratové hodnoty pro zvolené doby opakování pomocí Pareto rozdělení.

3. Výsledky

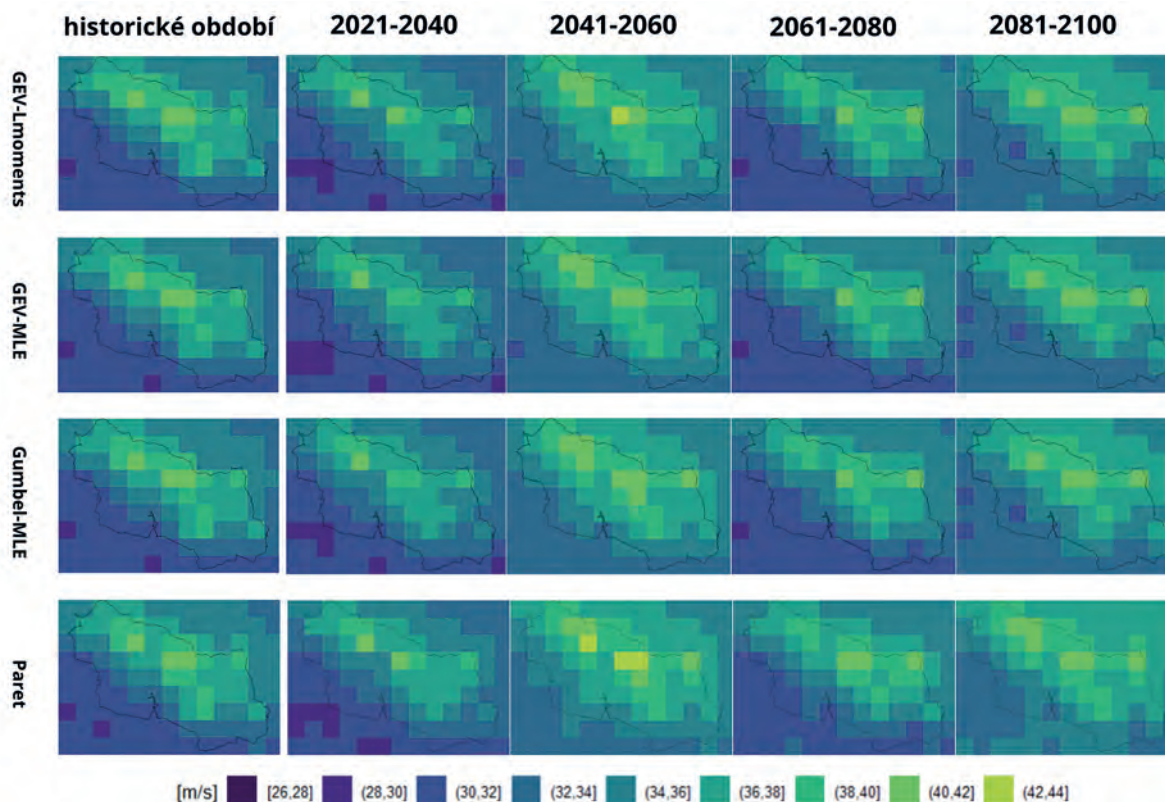
U 2, 5, 10 a 20letých hodnot maximální rychlosti větru odvozených z modelových dat pro emisní scénář SSP2-4.5 pozorujeme v porovnání s návrhovými hodnotami spočtenými pro historický běh modelu největší nárůst v období 2021–2040 a po mírném poklesu v období 2061–2080 pak v období 2081–2100. Pro emisní scénář SSP5-8.5 po mírném poklesu v období 2021–2040 pozorujeme nejvyšší nárůst v období 2041–2060, následný pokles v období 2061–2080 a nárůst v období 2081–2100. Na obrázcích jsou pro ilustraci zobrazeny 5leté hodnoty maximální rychlosti větru pro oblast Krkonoš pro oba scénáře a historický běh modelu ALADIN-Climate/CZ.

4. Diskuze a závěr

Z porovnání vývoje n -letých hodnot maximální rychlosti větru v oblasti Krkonoš v budoucnosti lze předpokládat, že zde nebude docházet k výrazným změnám extrémních rychlostí větru. Zatímco v níže položených oblastech České republiky modeluje ALADIN-Climate/CZ změny maximální rychlosti větru výraznější, v horském prostředí Krkonoš se hodnoty ve sledovaných obdobích 2021–2040, 2041–2060, 2061–2080 a 2081–2100 v průměru pohybují v rozmezí přibližně



Obr. 1 Rozložení 5letých maximálních rychlostí větru pro historický běh modelu pro období 1995–2014 a pro budoucnost pro období 2021–2040, 2041–2060, 2061–2080 a 2081–2100 z modelu ALADIN CLIMATE CZ odhadnutých pomocí GEV, Gumbel a Pareto rozdělení pro scénář SSP2-4.5.



Obr. 2 Rozložení 5letých maximálních rychlostí větru pro historický běh modelu pro období 1995–2014 a pro budoucnost pro období 2021–2040, 2041–2060, 2061–2080 a 2081–2100 z modelu ALADIN CLIMATE CZ odhadnutých pomocí GEV, Gumbel a Pareto rozdělení pro scénář SSP5-8.5.

95–105 % hodnot historického období 1995–2014. To naznačuje relativně stabilní charakter větrného režimu v této oblasti i v podmínkách měnícího se klimatu v budoucnosti.

Zároveň je však nutné zdůraznit, že výsledky je třeba interpretovat s určitou rezervou, jelikož vycházejí pouze z výstupů jednoho klimatického modelu a nebyly dosud verifikovány pomocí měřených dat.

Literatura:

BROŽKOVÁ, R., BUČÁNEK, A., MAŠEK, J., SMOLÍKOVÁ, P., TROJÁKOVÁ, A., 2019. Nová provozní konfigurace modelu ALADIN ve vysokém rozlišení. *Meteorologické zprávy*, roč. **72**, č. 5, s. 129–139. ISSN 0026-1173.

MUDELSEE, M., 2020. *Statistical Analysis of Climate Extremes*. Cambridge University. Cambridge. ISBN 978-1-108-79146-5.

OUTTEN, S., SOBOLOWSKI, S., 2021. Extreme wind projections over Europe from the Euro-CORDEX regional climate models. *Weather and Climate Extremes*, roč. **33**. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.wace.2021.100363>.

Zmeny klimatickej hranice rastu drevín vo Vysokých Tatrách (1775–2024)

Svetlana Varšová^{1*}, Veronika Lukasová¹, Milan Onderka^{2,3}, Dušan Bilčík¹, Pavol Nejedlík¹, Ján Krempaský^{1,4}

¹ Ústav vied o Zemi SAV, v.v.i., Dúbravská cesta 5805/09, 841 04 Bratislava, *geofsvet@savba.sk

² Katedra vodného hospodárstva krajiny, Stavebná fakulta STU, Radlinského 11, 810 05 Bratislava

³ Regionálny klimatologický inštitút, Plavecký Štvrtok 794, 900 68 Malacky, Bratislava

⁴ Fakulta ekológie a environmentalistiky Technickej univerzity vo Zvolene, Ul. T. G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen

Kľúčové slová: horská klíma, historické teploty, teplotný gradient, klimatické limity, vegetačné obdobie, borovica horská

1. Úvod

Vysokohorské prostredie predstavuje hraničnú oblasť biosféry, kde organizmy dosahujú svoje fyziologické limity prežívania. Teplotné pomery určujú pozíciu potenciálnej klimatickej hranice rastu stromovej vegetácie (pKH), ktorá sa nachádza v pásme alpskeho ekotonu medzi uzavretým lesným porastom a alpínskou vegetáciou. Z celosvetovej štúdie zameranej na ekologické hranice rastu stromov a vegetácie vyplýva, že globálnu bioklimatickú referenčnú hranicu je možné predikovať na základe sezónnej priemernej teploty vzduchu $6,4 \text{ }^\circ\text{C} \pm 0,4 \text{ }^\circ\text{C}$ počas vegetačného obdobia s minimálnou dĺžkou trvania 94 dní (Paulsen & Körner 2014). V pásme alpskeho ekotonu sa priaznivé teplotné podmienky pre rast drevín vyskytujú predovšetkým počas letného obdobia, preto kľúčovým klimatickým ukazovateľom pKH je priemerná teplota vzduchu v najteplejších mesiacoch (jún–august; JJA-Tavg). Zmeny pKH sa hodnotia na základe prekročenia globálnej referenčnej izotermie s využitím dlhodobého radu JJA-Tavg.

Cieľom tejto práce je rekonštruovať historický rad JJA-Tavg a analyzovať súvisiace zmeny pKH vo výškovom profile alpínskeho ekotonu Skalnatej doliny (AE-SD) vo Vysokých Tatrách v období rokov 1775–2024.

2. Metodika

2.1 Klimatické údaje

Na rekonštrukciu sezónnych teplôt JJA-Tavg vo Vysokých Tatrách boli použité priemerné mesačné teploty vzduchu z priamych inštrumentálnych meraní na desiatich európskych observatóriách (tab. 1) vrátane observatória Klementinum v Prahe (CZ-KLE) s najdlhším radom prístrojových meteorologických pozorovaní v strednej Európe od roku 1775. Údaje boli prevzaté z databáz HISTALP (2025), European Climate Assessment & Dataset (ECA&D; Klein Tank et al. 2002) a Slovenského hydrometeorologického ústavu (SHMÚ).

Tab. 1 Európske meteorologické observatória s dlhodobým radom priamych inštrumentálnych meraní teploty vzduchu zoradené podľa rastúcej nadmorskej výšky.

Nr.	Observatórium	Skratka	Zemepisné súradnice	Nadmorská výška (m)	Obdobie pozorovania
1	Klementinum Praha	CZ-KLE	50°05'11"N, 14°24'59"E	191	1775–2024
2	Tatranská Lomnica	SK-TAL	49°09'52"N, 20°17'17"E	839	1897–2024
3	Hohenpeissenberg	DE-HOP	47°48'05"N, 11°00'35"E	986	1781–2024
4	Štrbské Pleso	SK-STP	49°07'10"N, 20°03'48"E	1 323	1931–2024
5	Skalnaté Pleso	SK-SKP	49°11'29"N, 20°12'54"E	1 778	1941–2024
6	Kasprowy wierch	PL-KAW	49°13'57"N, 19°58'55"E	1 988	1951–2024
7	Chopok	SK-CHO	48°56'38"N, 19°35'32"E	2 005	1955–2024
8	Lomnický štít	SK-LOS	49°11'43"N, 20°12'54"E	2 635	1951–2024
9	Zugspitze	DE-ZUG	47°25'20"N, 10°59'12"E	2 964	1901–2024
10	Sonnblick	AT-SON	47°03'15"N, 12°57'27"E	3 109	1887–2024

2.2 Modelovanie JJA-Tavg pre obdobie 1775–2024

Chýbajúce historické údaje JJA-Tavg boli doplnené modelovým výpočtom teplotného gradientu ($TG \sim 0,65 \text{ } ^\circ\text{C } 100 \text{ m}^{-1}$), ktorý vychádza z princípu poklesu teploty vzduchu s nadmorskou výškou. V prvom kroku boli pomocou TG modelu odvodené regresné koeficienty TG (a_1, b_1) pre roky 1955–2024 s kompletným radom JJA-Tavg na všetkých staniách. Následne boli koeficienty a_1, b_1 kalibrované na hodnoty a_2, b_2 podľa meraní na observatóriu CZ-KLE pre obdobie od roku 1775. Zhoda medzi hodnotami JJA-Tavg z pozorovania (o) a TG modelu (m) bola hodnotená na základe strednej kvadratickej chyby RMSE a KGE koeficientu (Kling et al. 2012), ktorý kombinuje lineárnu koreláciu (R), pomer priemerov ($\beta = \text{AVGm/o}$) a pomer štandardných odchýlok ($\gamma = \text{STDm/o}$). V poslednom kroku boli analyzované teplotné podmienky v AE-SD vo výškovom profile 1500–2600 m (interval 100 m) s dôrazom na pravdepodobnosť prekročenia teplotného limitu ($6,4 \text{ } ^\circ\text{C}$) a priemerné JJA-Tavg, samostatne pre každé z piatich posledných polstoročí.

2.3 Terénne mapovanie

Terénne mapovanie sa uskutočnilo v lete 2025 a bolo zamerané na výskyt borovice horskej (*Pinus mugo*), najvyššie rastúcej dreviny vo Vysokých Tatrách. Preskúmané bolo územie v nadmorskej výške nad 2000 m, s cieľom identifikovať najvyššie polohy jej výskytu na dostupných hlavných svahoch v smere od západu na východ: (1) svah pod Lomnickým štítom, (2–3) západný a východný svah Huncovského štítu, (4) žľab nad Huncovským potokom a (5) svah Huncovskej kotliny pri vrchole Veľkej Svišťovky. Na každej z piatich lokalít boli zaznamenané GPS súradnice miesta výskytu a vyhotovená fotografická dokumentácia.

3. Výsledky

3.1 Priemerná teplota vzduchu

Merania z európskych observatórií dokumentujú predpokladaný pokles priemernej sezónnej i ročnej teploty vzduchu s nadmorskou výškou (tab. 2). Hodnota JJA-Tavg bola v poslednom normálovom období 1991–2020 pod teplotným limitom $6,4 \text{ } ^\circ\text{C}$ na troch najvyššie položených staniách (SK-LOS, DE-ZUG, AT-SON), z ktorých má najbližšie k dosiahnutiu pKH tatranská lokalita SK-LOS. Porovnanie dvoch posledných klimatických normálov (1961–1990 a 1991–2020) poukazuje na výraznejšie otepľovanie v letných mesiacoch, keď nárast JJA-Tavg (od 1,1 do $1,8 \text{ } ^\circ\text{C}$) prevyšuje zvýšenie celoročnej teploty R-Tavg (od 0,3 do $1,3 \text{ } ^\circ\text{C}$).

Tab. 2 Európske meteorologické observatóriá zoradené podľa rastúcej nadmorskej výšky: Priemerné teploty vzduchu v letných mesiacoch (JJA-Tavg) a celoročný priemer (Rok-Tavg) pre posledné dve normálové obdobia 1961–1990 and 1991–2020; Δ je normálový rozdiel.

Observatórium	1961–1990 Tavg ($^\circ\text{C}$)		1991–2020 Tavg ($^\circ\text{C}$)		Δ Tavg ($^\circ\text{C}$)	
	JJA	Rok	JJA	Rok	JJA	Rok
CZ-KLE	18,9	10,0	20,7	11,3	1,7	1,3
SK-TAL	14,1	5,3	15,2	6,1	1,1	0,8
DE-HOP	14,1	6,5	15,7	7,7	1,7	1,2
SK-STP	11,7	3,7	12,8	4,0	1,1	0,3
SK-SKP	8,8	1,7	10,6	2,8	1,7	1,1
PL-KAW	6,3	-0,8	8,1	0,1	1,7	0,9
SK-CHO	6,2	-1,1	8,0	-0,1	1,7	1,0
SK-LOS	3,0	-3,9	4,8	-2,9	1,8	1,0
DE-ZUG	1,4	-4,8	2,9	-3,9	1,5	0,9
AT-SON	1,0	-5,7	2,8	-4,6	1,8	1,1

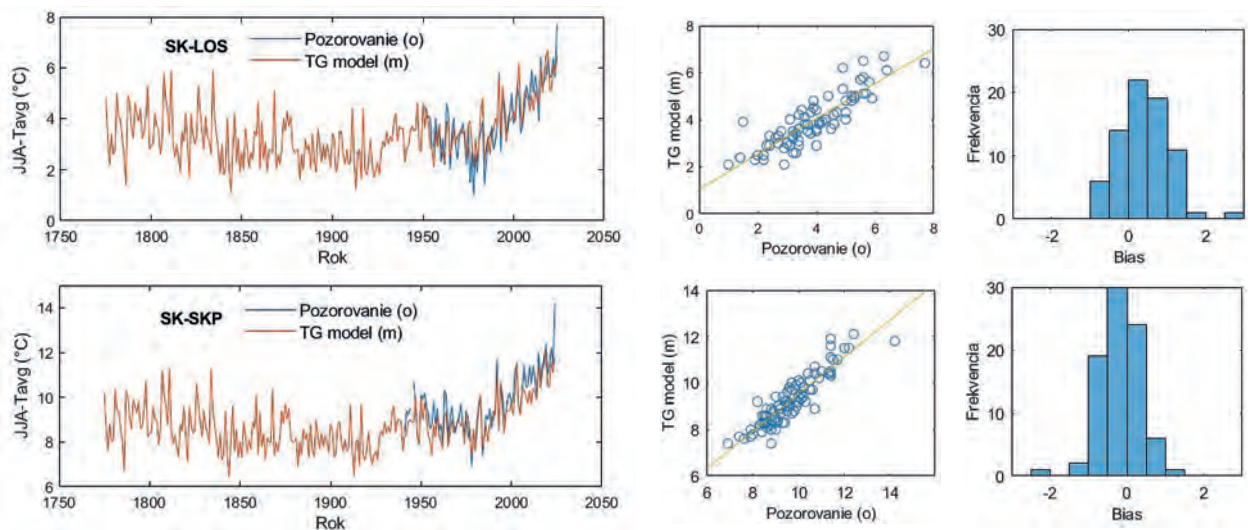
3.1 TG model a historický rad JJA-Tavg (1775–2024)

Historický rad JJA-Tavg doplnený údajmi z TG modelu naznačuje spoľahlivú TG modelovú predikciu na lokalitách SK-SKP a SK-LOS v AE-SD (obr. 1). Štatistickú robustnosť TG modelu potvrdzujú koeficienty zhody RMSE $< 1 \text{ } ^\circ\text{C}$, R v rozsahu od 0,83 do 1,0 a KGE $\sim 0,8$ s výnimkou AT-SON (tab. 3).

Zmeny pozície pKH vo výškovom profile (1 500–2 600 m) AE-SD za posledných 5 polstoročí dokumentujú hodnoty pravdepodobnosti (%) prekročenia teplotného kritéria pre rast drevín (tab. 4) a priemerné teploty JJA-Tavg (tab. 5). Z uvedených výsledkov vyplýva, že v analyzovanom období teplota vzduchu s vysokou pravdepodobnosťou (68–100 %) nelimitovala rast drevín v spodnej časti AE-SD v nadmorských výškach od 1 500 do 2 000 m n. n.. Výrazný pokles pravde-

Tab. 3 Ukazovatele zhody JJA-Tavg medzi údajmi z pozorovaní (o) a TG modelu (m).

Observatórium	JJA-Tavg (°C)		Koefficienty				
	(o)	(m)	RMSE	R	β	γ	KGE
CZ-KLE	19,1	18,7	0,5	1,00	0,98	0,88	0,88
SK-TAL	14,6	14,9	0,8	0,77	1,02	1,08	0,76
DE-HOP	14,2	13,7	0,9	0,84	0,96	0,88	0,79
SK-STP	12,3	12,1	0,7	0,83	0,98	0,93	0,82
SK-SKP	9,7	9,3	0,6	0,91	0,96	0,87	0,84
PL-KAW	7,3	8,0	0,9	0,91	1,10	0,88	0,82
SK-CHO	7,2	8,0	0,9	0,93	1,11	0,87	0,82
SK-LOS	4,0	4,0	0,6	0,87	1,01	0,86	0,81
DE-ZUG	1,9	1,5	0,6	0,90	0,80	0,98	0,78
AT-SON	1,2	0,5	0,9	0,91	0,43	0,83	0,40



Obr. 1 Priebeh JJA-Tavg v období 1775–2024 pre lokality SK-LOS (horný panel) a SK-SKP (dolný panel) v študovanej oblasti AE-SD; porovnanie hodnôt z priamych pozorovaní (o) a TG modelu (m) doplnia lineárna regresia a histogram rozdelenia systematickej chyby (bias).

podobnosti splnenia teplotného kritéria sa prejavil vo vyšších polohách. V nadmorských výškach 2 400–2 600 m n. m. je rast drevín takmer vylúčený (pravdepodobnosť prekročenia pKH 0–14%). Posun pKH smerom k vrcholu Lomnického štítu sa javí ako najviac pravdepodobný (14 %) v poslednom polstoročí (1975–2024). Ukazuje sa, že v najchladnejších rokoch 1875–1925 mohla byť pKH na úrovni 2 100 m, zatiaľ čo v najteplejších rokoch 1975–2024 sa posunula smerom nahor až na úroveň 2 400 m (tab. 5). Terénne mapovanie P. mugo v AE-SD dokumentuje najvyššie polohy výskytu jedincov alebo menších skupín v nadmorských výškach približne od 2 100 do 2 400 m n. m. (obr. 2).

Tab. 4 Pravdepodobnosť (%) výskytu pKH vo výškovom profile 1 500–2 600 m v AE-SD na základe hodnôt JJA-Tavg rekonštruovaných pomocou TG modelu za obdobie 1775–2024.

Nr.	Obdobie	H (m)											
		1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600
1	1775–1824	100 %	100 %	100 %	100 %	98 %	92 %	78 %	48 %	36 %	16 %	6 %	2 %
2	1825–1874	100 %	100 %	100 %	98 %	98 %	78 %	54 %	32 %	18 %	8 %	4 %	2 %
3	1875–1924	100 %	100 %	100 %	100 %	94 %	68 %	38 %	18 %	8 %	0 %	0 %	0 %
4	1925–1974	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	96 %	78 %	46 %	8 %	4 %	0 %	0 %
5	1975–2024	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	98 %	92 %	78 %	64 %	42 %	20 %	14 %

Tab. 5 Priemerné JJA-Tavg (°C) rekonštruované pomocou TG modelu vo výškovom profile 1 500–2 600 m v AE-SD za obdobie 1775–2024.

Nr.	Obdobie	H (m)											
		1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600
1	1775–1824	10,9	10,3	9,6	9,0	8,4	7,8	7,2	6,6	6,0	5,3	4,7	4,1
2	1825–1874	10,3	9,7	9,1	8,5	7,9	7,3	6,6	6,0	5,4	4,8	4,2	3,6
3	1875–1924	10,0	9,3	8,7	8,1	7,5	6,9	6,3	5,7	5,0	4,4	3,8	3,2
4	1925–1974	10,5	9,9	9,3	8,7	8,1	7,5	6,8	6,2	5,6	5,0	4,4	3,8
5	1975–2024	11,7	11,1	10,5	9,9	9,3	8,6	8,0	7,4	6,8	6,2	5,6	5,0

4. Diskusia

Chladná vysokohorská klíma limituje rast drevín najmä v pásme alpínskeho ekotonu medzi lesnými ekosystémami a alpínskou vegetáciou. S rastúcou nadmorskou výškou klesá teplota vzduchu a skracuje sa vegetačné obdobie, čo postupne obmedzuje rast a regeneráciu stromov. Indikátorom zmien klimatických podmienok v alpínskom ekotone je pKH. Rekonštrukcia historických teplôt vzduchu umožňuje vyhodnotiť dlhodobé zmeny klimatických podmienok pre rast drevín a dynamiku posunu pKH. Regresný model použitý na doplnenie historického radu JJA-Tavg (1775–2024) preukázal uspokojivú časovú a priestorovú robustnosť (obr. 1, tab. 3). Odvodené hodnoty pKH (tab. 5) dobre korešpondujú s reálnym výskytom borovice horskej (obr. 2). Klimatická hranica rastu drevín (climatic tree limit) v alpínskych oblastiach sa primárne vzťahuje na vzpriamené stromy vyššie ako 2–3 m, ktorých koruny vyčnievajú nad snehovú pokrývku a zostávajú aerodynamicky prepojené s voľnou atmosférou (Paulsen & Körner 2014). Zistená pKH viac vyhovuje definícii klimatickej hranice špecifických druhov drevín (tree species limit), ako je borovica horská, ktorá v drsných podmienkach nedokáže vytvoriť vzpriamené kmene (Gruber et al. 2022).



Obr. 2 Fotodokumentácia z terénneho mapovania *P. mugo* v najvyšších polohách alpínskeho ekotonu Skalnatej doliny vo Vysokých Tatrách v lete 2025.

5. Záver

Analýza doplneného historického radu JJA-Tavg poukazuje na striedanie chladnejších a teplejších období a s tým súvisiace posuny hraničnej línie rastu drevín v alpínskom ekotone Vysoké Tatry v rokoch 1775–2024. Výsledky naznačujú, že v uvedenom období sa potenciálna klimatická hranica rastu drevín posunula z približne 2 100 m n. m. v najchladnejšom polstoročí (1875–1924) na približne 2 400 m n. m. v najteplejšom polstoročí (1975–2024). Pravdepodobnosť, že pKH dosiahne 2 600 m n. m. a priblíži sa k vrcholu Lomnického štítu, sa medzi týmito obdobiami zvýšila z 0 % na 14 %. Pri prvotnom terénnom mapovaní boli zaznamenané najvyššie polohy výskytu borovice horskej v nadmorských výškach približne od 2 100 do 2 400 m n. m.. Z uvedených výsledkov vyplýva, že pokračujúce otepľovanie môže v budúcnosti

vytvárať priaznivejšie klimatické podmienky pre ďalší posun pKH a postupné rozširovanie borovice horskej do najvyšších polôh Vysokých Tatier.

PodĎakovanie:

Tento príspevok vznikol s finančnou podporou projektov VEGA 02/0048/25 a 02/0115/25.

Literatura:

GRUBER, A., OBERHUBER, W., WIESER, G., 2022. Treeline-Quo Vadis? An Ecophysiological Approach. *Forests*, roč. 13, č. 6, s. 857. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/f13060857>.

HISTALP, 2025. Historical Instrumental Climatological Surface Time Series Of The Greater Alpine Region. Dostupné z: <http://www.zamg.ac.at/histalp>.

KLEIN TANK, A. M. G., WIJNGAARD, J. B., ... PETROVIC, P., 2002. Daily dataset of 20th-century surface air temperature and precipitation series for the European Climate Assessment. *International Journal of Climatology*, roč. 22, č. 12, s. 1441–1453. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/joc.773>.

KLING, H., GUPTA, H. V., 2009. A dynamic look at the hydrologic regime: evaluating goodness-of-fit measures for hydrological models. *Water Resources Research*, roč. 45, W00B06. Dostupné z: <https://doi.org/10.1029/2008WR006825>.

PAULSEN, J., KÖRNER, C., 2014. A climate-based model to predict potential treeline position around the globe. *Alpine Botany*, roč. 124, č. 1, s. 1–12. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00035-014-0124-0>.

Validace předpovědí tuhých srážek z modelu ALADIN v horských oblastech

Klára Čížková^{1,2}, Radim Tolasz³, David Tichopád², Veronika Šustková³, Miroslav Řepka³, Pavel Lipina³

¹ Český hydrometeorologický ústav, Solární a ozonová observatoř, Zámeček 456, 500 08 Hradec Králové, klara.cizkova@chmi.cz

² Masarykova univerzita, Geografický ústav, Kotlářská 267/2, 611 37 Brno

³ Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ostrava, K Myslivně 3, 708 00 Ostrava

Klíčová slova: sněžení, ALADIN, teplota vzduchu

1. Úvod

Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) se v současné době potýká s klesajícím počtem pozorovatelů meteorologických jevů. Tyto výpadky se v minulosti vyskytovaly hlavně na stanicích s dobrovolnou obsluhou (srážkoměrné a klimatologické), kterých je však v provozu velký počet a mohou se tak do určité míry vzájemně doplňovat. Od září 2024 se bohužel začala v Česku omezovat lidská obsluha i na profesionálních meteorologických stanicích, kterých je ve správě ČHMÚ jen 30 a omezení lidského pozorování na 20 z nich je tak hodně citelné. Meteorologické stanice vždy sloužily jako opěrný bod a příznak kvality pozorování, data z nich byla často využívána v klimatologických studiích (např. Tolasz a kol. 2007) i v praxi ČHMÚ při posudkové činnosti pro řešení pojistných událostí, soudních sporů, dopravních nehod a podobně. Sněžení může způsobovat významné komplikace v dopravě a škody na infrastruktuře, proto je nutné alespoň částečné nahrazení pozorovaných tuhých srážek jinými zdroji dat.

Jednou z možností je využití výstupů numerického modelu ALADIN (např. Brožková a kol. 2019; Termonia et al. 2018), který se v praxi ČHMÚ využívá pro předpovědi počasí a který každých šest hodin produkuje hodinové prognózy s předstihem 1–72 h a s rozlišením 2,3 km. Na základě predikcí tuhých srážek modelu ALADIN byl definován vážený index pro detekci vypadávání tuhých srážek ALADIN_SN, který by mohl v budoucnu pomoci pracovníkům ČHMÚ hodnotit přítomnost tuhých srážek na území Česka.

2. Definice indexu ALADIN_SN

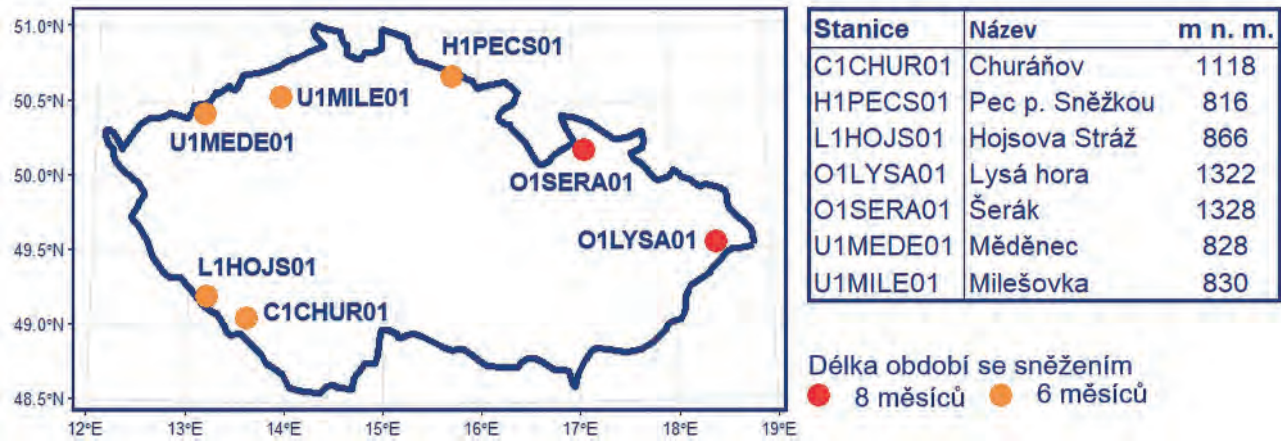
Vážený index pro detekci vypadávání tuhých srážek ALADIN_SN byl odvozen z hodinových předpovědí tuhých srážek modelu ALADIN s využitím samotné prognózy a předstihu předpovědi (1–72 h). Pomocí indexu HSS (z angl. „Heidke Skill Score“, např. Doswell a kol. 1990) bylo zjištěno, že model poskytuje nejlepší předpovědi přibližně v 9hodinovém předstihu. Tomuto termínu byla přidělena nejvyšší váha (100), zatímco nejnižší váha (0) byla přiřazena časům 70–72 h. Pro ostatní časy byla váha vypočítána proporčně z příslušné hodnoty HSS. Index ALADIN_SN byl zkonstruován jako podíl reálného a maximálního možného součtu vah v daném čase, takže v případě, že množství predikovaných tuhých srážek pomocí modelu ALADIN bylo menší 0,03 mm vodní hodnoty, reálná váha pro daný předstih předpovědi byla nulová, v opačném případě byla přiřazena váha stanovená na základě HSS.

V druhém kroku byla pro takto definovaný index ALADIN_SN vypočítána hodnota HSS v časovém posunu ± 3 h a pro každý hodinový interval byl odvozen vážený průměr indexu ALADIN_SN. Účelem druhého kroku bylo alespoň částečné odstranění chyby v načasování jevu a oproti původnímu indexu bylo pozorováno statisticky významné zlepšení kvality predikcí.

Index ALADIN_SN nabývá hodnot od 0 do 100 %, ale nechová se striktně probabilisticky, proto byla pro indikaci tuhých srážek zvolena nejnižší prahová hodnota, tedy $ALADIN_SN \geq 55 \%$.

3. Validace indexu ALADIN_SN na horských stanicích

Index ALADIN_SN byl validován na sedmi horských a podhorských stanicích v nadmořské výšce 816–1 328 m n. m. (obr. 1). Pro validaci byly použity standardní statistické charakteristiky, jako jsou skóre HSS, podíl správně předpovězených tuhých srážek (POD, z angl. „Probability of Detection“) a podíl chybně detekovaných tuhých srážek (FAR, z angl. „False Alarm Ratio“), popsané například v práci od Shi a Hu (2023). Validace byla prováděna pro roky 2019–2025, a to pouze v období se sněžením, které bylo pro každou stanicí definováno jako měsíce, v nichž byly tuhé srážky pozorovány



Obr. 1 Lokalizace horských a podhorských stanic použitých pro validaci indexu ALADIN_SN doplněná o základní informace o stanicích.

nejméně v 10 % dnů. Období se sněžením bylo na horských a podhorských stanicích v ČR dlouhé 6 nebo 8 měsíců, konkrétně od listopadu do dubna, případně od října do května.

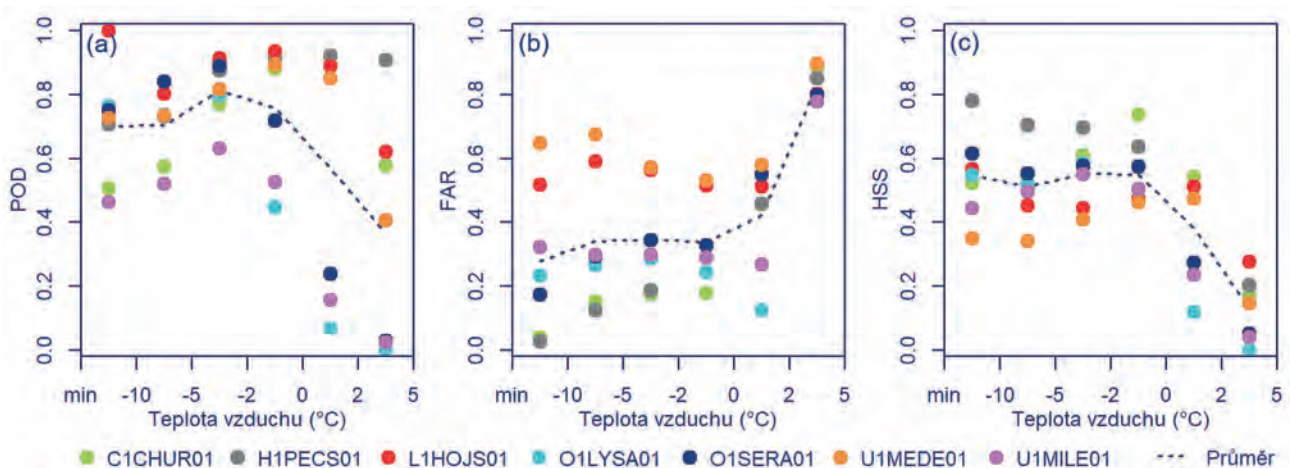
Index ALADIN_SN dokáže predikovat tuhé srážky na horských a podhorských stanicích v období se sněžením poměrně dobře (tab. 1). S výjimkou stanic O1LYSA01 a U1MILE01 index ALADIN_SN nadhodnocuje frekvenci tuhých srážek, což se promítá v relativně vyšších hodnotách FAR. Na jednotlivých stanicích je podíl správně předpovězených tuhých srážek 51 až 89 %. Kvalitu předpovědí ovlivňuje intenzita tuhých srážek, přičemž při velmi slabých srážkách se POD pohybuje mezi 0,26 a 0,67, při střední intenzitě tuhých srážek vzrůstá na 0,53–0,90 a při vysoké intenzitě dosahuje 0,79–1,00.

POD se podobným způsobem zvyšuje i s prodlužujícím se trváním pozorovaných tuhých srážek. Nejvyšší je v případě srážek sněhových (0,55–0,93), v případě přeháněk a smíšených srážek úspěšnost předpovědí indexu ALADIN_SN klesá.

Prvkem, který nejvýrazněji ovlivňuje kvalitu předpovědí, je teplota vzduchu (obr. 2). Při vzestupu teploty vzduchu nad bod mrazu, a zejména nad přibližně 2 °C, skóre POD a HSS klesají, zatímco FAR výrazně roste. Příčinou je pravdě-

Tab. 1 Kvalita předpovědi tuhých srážek pomocí indexu ALADIN_SN na horských a podhorských stanicích ČR v období se sněžením v letech 2019–2025.

Stanice	Celková úspěšnost (%)	POD	FAR	HSS
C1CHUR01	86,0	0,75	0,26	0,65
H1PECS01	84,2	0,88	0,37	0,63
L1HOJS01	87,5	0,89	0,55	0,53
O1LYSA01	89,3	0,67	0,27	0,64
O1SERA01	88,7	0,79	0,32	0,66
U1MEDE01	89,2	0,83	0,59	0,48
U1MILE01	91,4	0,51	0,30	0,54



Obr. 2 Vliv teploty vzduchu na kvalitu předpovědi tuhých srážek pomocí indexu ALADIN_SN na horských a podhorských stanicích ČR v období se sněžením v letech 2019–2025, přičemž na panelu (a) je znázorněn podíl správných předpovědí (POD), (b) je podíl chybných předpovědí (FAR), a (c) je Heidke Skill Score (HSS).

podobně rostoucí podíl chybného určení fáze srážek, kdy model předpovídá tuhé srážky, zatímco ve skutečnosti jsou pozorovány srážky kapalné. Například při teplotě vzduchu -10 až -5 °C byly kapalné nebo mrznoucí srážky pozorovány v průměru v 10 % chybných předpovědí, zatímco při $2-5$ °C tento podíl vzrostl na 59 %.

4. Shrnutí a závěr

Na základě předpovědí tuhých srážek modelu ALADIN byl zkonstruován asimilovaný vážený index ALADIN_SN, který byl vytvořen s cílem usnadnit pracovníkům ČHMÚ určování fáze srážek, jelikož se v budoucnu očekává další pokles počtu pozorovatelů na meteorologických stanicích. Index ALADIN_SN samozřejmě nedokáže plně nahradit pozorování, ale s vysokou mírou pravděpodobnosti indikuje možnost výskytu tuhých srážek v dané lokalitě. Přesnější výsledky má tato charakteristika v zimních měsících v období s nižší teplotou vzduchu, při teplotách pohybujících se nad 2 °C spolehlivost významně klesá z důvodu rostoucího podílu chybně určené fáze srážek. Při použití této charakteristiky uživatelé musejí tedy brát v úvahu i další datové zdroje, které jsou dnes k dispozici – radarové odhady srážek, in situ měření meteorologických charakteristik a snímky webových kamer, které jsou na stanicích ČHMÚ většinou také k dispozici. Identicky uživatelé přistupují i k výsledkům pozorování lidské obsluhy, které nedosahují na dobrovolných stanicích dostatečné úrovně a spolehlivosti, a to zvláště v nočních hodinách, kdy by navrhovaná charakteristika ALADIN_SN mohla přinést významné zlepšení znalostí podmínek v okolí meteorologických stanic.

Literatura:

BROŽKOVÁ, R., BUČÁNEK, A., MAŠEK, J., SMOLÁKOVÁ, P., TROJÁNKOVÁ, A., 2019. Nová provozní konfigurace modelu ALADIN ve vysokém rozlišení. *Meteorologické zprávy*, roč. **72**, s. 129–139. ISSN 0026-1173.

DOSWELL, C. A., DAVIES-JONES, R., KELLER, D. L., 1990. On Summary Measures of Skill in Rare Event Forecasting Based on Contingency Tables. *Wea. Forecasting*, roč. **5**, s. 576–585. Dostupné z: [https://doi.org/10.1175/1520-0434\(1990\)005<0576:OSMOSI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0434(1990)005<0576:OSMOSI>2.0.CO;2).

SHI, W., HU, Y., 2023. A study on the forecast model of winter precipitation type in Liaocheng based on physical parameters. *Meteor. Appl.*, roč. **30**, s. 1–10. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/met.2126>.

TERMONIA, P., et al., 2018. The ALADIN System and its canonical model configurations AROME CY41T1 and ALARO CY40T1. *Geosci. Model Dev.*, roč. **11**, s. 257–281. Dostupné z: <https://doi.org/10.5194/gmd-11-257-2018>.

TOLASZ, R., et al., 2007. Atlas podnebí Česka. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 254 s. ISBN 978-80-86690-1. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/wea.126>.

Obnovená profesionální (synoptická) meteorologická stanice na Pradědu

Pavel Lipina¹, Veronika Šustková¹, Tomáš Honajzer², Josef Ondráček², Jan Bednařík³

¹ Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ostrava, K Myslivně 3/2185, 708 00 Ostrava-Poruba, pavel.lipina@chmi.cz, veronika.sustkova@chmi.cz

² Český hydrometeorologický ústav, odbor profesionální staniční sítě, MS Praděd, meteo.praded@chmi.cz

³ Český hydrometeorologický ústav, odbor profesionální staniční sítě, jan.bednarik@chmi.cz

Klíčová slova: ČHMÚ, meteorologické měření, Jeseníky

1. Úvod

Ve čtvrtek 16. října 2025 od 13 hodin proběhlo na vrcholu Pradědu slavnostní zahájení meteorologických měření a pozorování profesionální synoptické stanice Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ).

Na vrchol Pradědu se meteorologická měření a pozorování vrátila přesně po 28 letech. Meteorologické měření bylo na Pradědu zahájeno 1. září 1941 a s kratšími výpadky či ztracenými výkazy v roce 1945 a 1946 pokračovalo až do 15. září 1997. Provoz stanice byl z technických důvodů k tomuto datu ukončen. Ve vrcholových partiích Jeseníků znovu začalo profesionální synoptické a klimatologické měření 1. ledna 2004 na Šeráku v prostorách Jiřího chaty. V srpnu roku 2025 byl provoz profesionální stanice na Šeráku ukončen a obsluha se postupně přesunula na Praděd, kde od srpna probíhala instalace nové stanice. Během celého léta se připravovaly vnitřní prostory pro obsluhu stanice a její zázemí. Automatické měření ve zkušebním provozu bylo na Pradědu zahájeno 16. září a ostrý provoz začal od 1. října 2025. Na Šeráku zůstalo automatické měření teploty a vlhkosti vzduchu ve 2 metrech a měření úhrnu srážek váhovým srážkoměrem. I nadále tam funguje webová kamera. K přesunu meteorologické stanice na Praděd vydal ČHMÚ tiskovou zprávu (ČHMÚ 2025).

2. Meteorologická stanice Praděd v roce 2025

Meteorologická stanice se vrátila do původní meteorologické zahrádky na vrcholu Pradědu, nedaleko vysílače Českých Radiokomunikací. Souřadnice stanice: 50°04'58" N, 17°13'48" E (50.0828 N, 17.23 E). Nadmořská výška sta-



Obr. 1 Meteorologická stanice na Pradědu v září 2025. Foto: Vladimír Vozobule.

nice: 1 490 m n. m. Indikativ stanice v klimatologické databázi CLIDATA je O1PRAD01, WMO indikativ: 11735 a WIGOS ID: 0-20000-0-11735, podle kterého data zájemce nalezne v otevřených datech Českého hydrometeorologického ústavu (OPENDATA.ČHMÚ 2025).

O přesunu profesionální meteorologické stanice ze Šeráku na Praděd bylo rozhodnuto krátce po povodních v září roku 2024. Hlavním důvodem přesunu byla snaha zajistit stabilitu a vhodné zázemí pro stanici a pozorovatele, včetně potřebné infrastruktury, jako je garantovaná nepřetržitá dodávka elektrické energie a kvalitní a rychlé datové připojení (optický kabel). V neposlední řadě byla snaha se vrátit s meteorologickým měřením a pozorováním počasí na nejvyšší moravský vrchol.

Pouhý rok trvala doba od první myšlenky stanici přesunout ze Šeráku na Praděd až k finální realizaci instalace stanice a zahájení měření. Byl to velmi náročný rok plný příprav realizace, jednání s Českými Radiokomunikacemi při přípravě smlouvy, které bylo velmi vstřícné. Na jaře roku 2025 provedly České Radiokomunikace rekonstrukci prostor meteorologické služebny a zázemí pozorovatelů. Pozorovatelé se vrátili do stejných prostor, nyní kvalitně zrekonstruovaných, které v září roku 1997 opustili. A to doslova platí pro vedoucího stanice Tomáše Honajzera, který v roce 1997 na Pradědu pozoroval. Druhým pozorovatelem stanice je Josef Ondráček. Oba sloužili i na Šeráku spolu s Petrem Fajbišem, který se přesunul na Lysou horu. Celé léto a začátek podzimu byl intenzivně využit k přípravě a samotné instalaci meteorologické stanice, prostor služebny a zázemí stanice.

3. Historie meteorologických měření na Pradědu

Zatím přesně nevíme, kdy byla zahájena meteorologická měření na Pradědu. Krška a Šamaj v publikaci *Dějiny meteorologie v českých zemích a na Slovensku*, která vyšla v roce 2001, na straně 322 napsali: *Pozorování z vrcholu Pradědu během 2. světové války, kdy na něm byla vojenská synoptická stanice (1941–1944), se nezachovala. Jsme velmi rádi, že toto tvrzení již neplatí. Klimatologická měření z let 1941–1945 se nám podařilo nalézt a zdigitalizovat. V datovém fondu pobočky ČHMÚ v Ostravě a klimatologické databázi CLIDATA máme k dispozici denní klimatologická data od 1. září 1941 do 31. ledna 1945. V tomto období bohužel chybí měsíční výkaz pozorování a data za duben 1943.*

Na podzim roku 1946 byla měření na vrcholu Pradědu obnovena v síti vojenských povětrnostních stanic. V klimatologické databázi máme kompletní denní klimatologická data od 1. listopadu 1946. V roce 1953 stanici od armády převzal Státní meteorologický ústav. Od 1. ledna 1954 do 15. září 1997 fungovala jako synoptická meteorologická stanice s lidskou obsluhou Hydrometeorologického ústavu, později Českého hydrometeorologického ústavu.

V souvislosti s výstavbou radiokomunikačního střediska na



Obr. 2 Pozorovatelé stanice ve služebně stanice 16. října 2025. Foto: Zdeněk Blažek.



Obr. 3 Meteorologická stanice Praděd (50. léta 20. století). Archiv ČHMÚ.

vrcholu Pradědu, kterou v 70. letech 20. století realizovala Správa radiokomunikací v Praze, bylo rozhodnuto přemístit pracoviště profesionální stanice do nové budovy. Po dostavbě televizního vysílače došlo k likvidaci celého objektu stanice. Měření na nové lokalitě byla zahájena 5. srpna 1982. Přemístění stanice mělo však i stinné stránky: zvětšily se prostorové vzdálenosti mezi čidly přístrojů, měřící plochou a stánovištěm pozorovatelů, což způsobovalo technické obtíže při měření a nadměrnou fyzickou námahu pozorovatelů při zajišťování měření, zejména v extrémních podmínkách v zimě. Vzhledem k malé reprezentativnosti naměřených údajů, zejména větru, způsobené blízkostí rozsáhlého objektu vysílače, byla meteorologická měření na Pradědu ukončena 15. září 1997 a stanice zrušena. Přitom se v tomto čase nepodařilo na podobném místě v Hrubém Jeseníku zajistit náhradní pozorování (Křška, Šamaj 2001).

4. Informace o meteorologické stanici a data ze stanice

Vrchol Pradědu kolem vysílače je veřejným a volně přístupným prostorem. Meteorologická stanice zabrala část tohoto prostoru pro turisty na vyhlídkovém místě. Z tohoto důvodu jsme samotnou stanici nemohli oplotit, jak je obvykle běžné a žádoucí.

Pro informaci návštěvníků na vrcholu Pradědu jsme na garáž na pozemku stanice umístili informační panel s aktuálními údaji o počasí na stanici. Na stanici je také webová kamera ČHMÚ. Pro zájemce jsme vytvořili webovou stránku stanice, kde se návštěvník dozví mnoho informací o historii a současnosti stanice, nalezne zde odkaz na data, webovou kameru, fotodokumentaci, průměrné či extrémní meteorologické charakteristiky z tohoto místa. Stránku lze načíst pomocí QR kódu na informační tabuli, která je umístěna na vratech garáže u meteorologické stanice. Webová stránka meteorologické stanice: (Meteorologická stanice Praděd 2025).

5. Závěr

Na přípravě přesunu stanice ze Šeráku na Praděd, při její realizaci, pro zajištění chodu stanice a na dalším rozvoji se podílelo a podílí mnoho kolegů z Českého hydrometeorologického ústavu, za co jim patří velké poděkování. Poděkování také patří pracovníkům Českých Radiokomunikací, Horské služby, Správy CHKO Jeseníky a dalším. V letošním roce se připravuje instalace měřicího kontejneru kvality ovzduší, který doplní meteorologické přístroje a měření na vrcholu Pradědu snad již v roce 2027.



Obr. 4 Zimní foto meteorologické stanice dne 28. března 2026. Foto: Veronika Šustková.



Obr. 5 Garáž na meteorologické zahrádce s měřením směru a rychlosti větru, délkou trvání slunečního svitu, informačním panelem a cedulí. Foto: Veronika Šustková.

Přejeme stanicí a pozorovatelům nekonečné množství naměřených meteorologických a jiných údajů, pokud možno bezproblémový provoz bez závad a výpadků dat. Kvalitní data z tohoto místa umožní zlepšovat předpovědi počasí, meteorologické a hydrologické výstrahy a budou přispívat k charakteristikám horského klimatu Jeseníků a snad již brzy přibudou informace o kvalitě ovzduší.



Obr. 6 QR kód na webovou stránku stanice.

Literatura:

KRŠKA, K., ŠAMAJ, F., 2001. Dějiny meteorologie v českých zemích a na Slovensku. Praha: Nakladatelství Karolinum. ISBN 80-7184-951-0.

Meteorologická stanice Praděd, 2025 [online]. Česká meteorologická společnost [cit. 10. 03. 2026]. Dostupné z: <http://www.cmes.cz/web/meteorologicka-stanice-praded/>.

OPENDATA.ČHMÚ, 2025 [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 10. 03. 2026]. Dostupné z: <https://opendata.chmi.cz>.

ČHMÚ, 2025. Přesun profesionální meteorologické stanice Šerák na Praděd. Tisková zpráva [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 10. 03. 2026]. Dostupné z: https://intranet.chmi.cz/files/portal/docs/tiskove_zpravy/2025/TZ_Presun_meteorologicke_stanice_Serak_na_Praded.pdf.

Partneři konference



Muzeum Krkonoš

Poznejte Krkonoše
na jednom místě!

www.muzeumkrkonos.cz
eshop.krnap.cz
muzeumkrkonos@krnap.cz

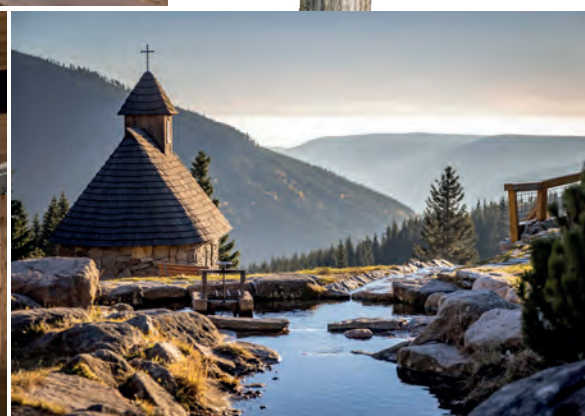




RESORT SV. FRANTIŠEK
ERLEBACHOVA
BOUDA

1 150 M N. M.

Na hřebenech Krkonoš



KONTAKT
RESORT SV. FRANTIŠEK
Erlebachova Bouda
54351 Špindlerův Mlýn 109
E-mail: betlem@rsvf.cz

www.erlebachovabouda.cz



METEOROLOGICKÁ KONFERENCE KRKONOŠE 2026

Sborník příspěvků z konference pořádané Českým hydrometeorologickým ústavem, Českou meteorologickou společností a Správou Krkonošského národního parku konané ve dnech 19.–21. května 2026 na Erlebachově boudě v Krkonoších

Pavel Lipina a Jan Procházka (eds.)

Vydalo nakladatelství Český hydrometeorologický ústav, Praha 2026

1. vydání, 232 stran, náklad 100 výtisků

Vytiskla tiskárna Centrum služeb Broumov s. r. o. – Tiskárna, Havlíčkova 115, 550 01 Broumov

Publikace neprošla jazykovou úpravou, za obsah příspěvků odpovídají autoři.

Grafická úprava a sazba: Petra Tichá

ISBN 978-80-7653-087-4

**METEOROLOGIE, KLIMATOLOGIE,
HYDROLOGIE A KVALITA OVZDUŠÍ
VE VYŠŠÍCH A HORSKÝCH POLOHÁCH
ČESKA A STŘEDNÍ EVROPY**

**Foto: © Jirka Jiroušek – www.nebeske.cz
ISBN 978-80-7653-087-4**