

Meteorologické zprávy

ROČNÍK
76–2023

3

69 **Rozhovor s Mgr. Radkem Tomšů, ředitelem předpovědní služby v Českém hydrometeorologickém ústavu**

73 **Význam a problematika automatického měření sněhové pokrývky – studie pro oblast Šumavy**

Jan Procházka – Veronika Šustková – Jan Jiráček – Miroslav Tesař

84 **Scénáře budoucích změn nebezpečných sdružených událostí ve střední Evropě**

Ondřej Lhotka – Eva Plavcová – Jan Stryhal – Jan Kyselý

Meteorological
Bulletin

Český
hydrometeorologický
ústav



- 69 An interview with Radek Tomšů, Director of Forecasting Service at the Czech Hydrometeorological Institute**
- 73 Significance and issues of automatic snow cover measurement – case study for the Šumava Mountains region**
Jan Procházka – Veronika Šustková – Jan Jirák – Miroslav Tesař
- 84 Climate change scenarios of hazardous compound events in Central Europe**
Ondřej Lhotka – Eva Plavcová – Jan Stryhal – Jan Kyselý



Rozšiřuje – Free booking:

Český hydrometeorologický ústav, tiskové a informační oddělení
Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany, tel.: 244 032 722, 244 032 724

Czech Hydrometeorological Institute, Press and Information Department
Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4, Czech Republic, Phones: (+420) 244 032 722, (+420) 244 032 724

Rozhovor s Mgr. Radkem Tomšů, ředitelem předpovědní služby v Českém hydrometeorologickém ústavu

An interview with Radek Tomšů, Director of Forecasting Service at the Czech Hydrometeorological Institute

At the beginning of this year, the Czech Hydrometeorological Institute underwent significant changes in its organizational structure. A new department of forecasting service was created, whose director is Radek Tomšů. The unit provides all information outputs in the field of synoptic meteorology and operational hydrology. It also provides warning and information service for hazardous or limiting phenomena and carries out commercial activities in the above field.

KLÍČOVÁ SLOVA: služba předpovědní – předpověď meteorologická – předpověď hydrologická – ČHMÚ

KEYWORDS: forecasting service – meteorological forecast – hydrological forecast – CHMI

V Českém hydrometeorologickém ústavu došlo na začátku letošního roku k výrazným změnám v organizační struktuře ústavu. Byl vytvořen nově úsek předpovědní služby (ÚPS), jehož ředitelem se stal Mgr. Radek Tomšů. Úsek zajišťuje veškeré informační výstupy z oblasti synoptické meteorologie a operativní hydrologie. Dále zabezpečuje výstražnou a informační službu na nebezpečné či limitní jevy a provádí komerční činnost ve výše uvedeném.

Mgr. Radek Tomšů pracuje v současnosti jako ředitel předpovědní služby v Českém hydrometeorologickém ústavu. Vystudoval Matematicko-fyzikální fakultu Univerzity Karlovy, obor meteorologie a klimatologie. V ČHMÚ začal pracovat na pozici asistent meteorologa v roce 2001, následně pokračoval jako meteorolog předpovědního pracoviště a v roce 2023 se stal ředitelem pro předpovědní službu. Věnuje se dokumentaci extrémních projevů počasí a působí jako český zástupce v ESSL – European Severe Storms Laboratory.

1. V Českém hydrometeorologickém ústavu došlo na začátku letošního roku k výrazným změnám v organizační struktuře ústavu. Můžete tyto změny specifikovat? Proč se k tomuto kroku vedení rozhodlo?

Z úseku meteorologie a klimatologie byl vyčleněna část, která se věnuje čistě předpovědím, a to jak meteorologickým,



tak hydrologickým. Vytvořen byl tedy nově úsek předpovědní služby, pod který zároveň spadá také oddělení rozvoje předpovědní služby. Důvodů, proč se vedení takto rozhodlo, patrně bylo více. V každém případě primárně to z mého pohledu byl zejména velký objem práce, který bylo nutné řešit v rámci celého předchozího úseku. Roli jistě hrálo i to, že je potřebné, abychom lépe využili potenciál, který skýtá meteorologická a hydrologická předpovědní služba v jednom místě, což není v Evropě vůbec běžné.

2. I když jste dlouholetým zaměstnancem ústavu, rozhodnutí přejít ze specializovaného pracoviště ústecké pobočky do pozice řízení nově vzniklého úseku nebylo asi jednoduché. S jakými představami jste do funkce nastoupil? I když jste profesí meteorolog, budete muset řešit prioritně jiné úkoly.

Nebylo to jednoduché i z osobních důvodů, ale v jistém momentu jsem viděl příležitost, jak změnit některé věci, které mi dlouhodobě nevyhovovaly. Tato pozice mi k tomu dává prostor a možnosti, které jsem zcela neměl jako řadový meteorolog. Samozřejmě, pracoval jsem jako meteorolog více než 20 let, takže se mi občas zasteskne po bývalé práci. Na druhou stranu přicházím alespoň s bývalými kolegy často do kontaktu, takže to pro mě je o něco jednodušší.

Celkový trend je, že se předpovědní služby zaměřují více na výstražné systémy a to je i mým cílem. Rovněž se chci zaměřit

na to, aby meteorologové i hydrologové měli k práci dostatek kvalitních systémů či aplikací, které usnadní jejich práci a pomohou jim k tomu, aby jejich výstupy, tedy jak předpovědi tak výstrahy byly kvalitnější.

3. Hlavním úkolem ČHMÚ je monitorování stavu atmosféry a hydrosféry, zpracování a poskytování informací. Jaký je podíl vašeho úseku na celkové činnosti ČHMÚ?

Ten podíl je z vnitřního pohledu řekněme možná desetinový, ale je potřeba říct, že bez těch dalších devíti desetin by předpovědní služba nebyla tak kvalitní, jako v současnosti je. Pro ni jsou příspěvky té části, která není z veřejnosti tolik viditelná, nesmírně důležité. Na druhou stranu je to zejména předpovědní služba, která je z pohledu širokého publika nejvíce viditelná v každodenním životě. To je zároveň nesmírně zavazující a obtížné, protože se klade důraz na to, aby předpovědi a výstrahy byly co nejkvalitnější.

4. Jaké jsou hlavní úkoly úseku předpovědní služba v současnosti a jak je personálně vybaven?

Jedním z důležitých úkolů je nepochybně zlepšování a rozšiřování výstražného systému. V současnosti je poměrně unikátní, když pojímá meteorologické jevy, dále jevy hydrologické a v neposlední řadě i kvalitu ovzduší. Jsme jedna z mála národních služeb, která má komplexní systém výstrah, který zasahuje tři různé obory. Například v sousedním Německu mají na každou část specializovanou organizaci, jejich vzájemná komunikace je v řadě případů nepříliš snadná a to vede v konečném důsledku k nižší kvalitě výstrah.

Co se týká personálního zajištění, tak máme velkou výhodu v pokrytí jednotlivých regionů, což nám zajišťuje velkou přesnost předpovědi i z regionálního hlediska a zároveň jsme schopni pokrýt nepřetržitý provoz, což je z pohledu výstrah nesmírně důležité. Samozřejmě tlak na optimalizaci činnosti je i u nás. Určitě nerad bych se ale dostal do pozice některých států, kde výstražnou službu v noci zajišťuje jediný člověk.

Každodenně pracujeme na vylepšování výstražného systému, který je v současnosti pilířem předpovědní služby. Už před 20 lety jsem byl u jeho zrodu a jsem rád, že i nadále mohu být u toho, aby systém pomáhal lidem, chránil jejich životy a majetky. Snažíme se rozšiřovat naše služby, jako jsou například výstražné SMS pro starosty, a pomocí moderních aplikací do telefonů se snažíme dostat výstrahy k co možná největšímu počtu uživatelů.

5. Jaké jsou hlavní výstupy předpovědní služby a v jaké formě jsou poskytovány orgánům státní správy a veřejnosti?

Některé výstupy jsem už popsal v předchozí otázce – tedy poměrně významnou část výstupů dnes tvoří výstrahy. V roce 2022 jsme se pilotně v letním období zaměřili více na nebezpečné počasí spojené se silnými konvektivními bouřkami. Vytvořili jsme skupinu specialistů, říkáme jim konvektivní skupina (KOS). Jsou to prognostici, kteří se více zaměřují na tyto jevy a provádějí následně třeba i terénní průzkum po nebezpečných jevech. I ten nám může napovědět, jak lépe předpovídat nebezpečné bouřkové jevy, a následně tedy v konečném důsledku pomoci ochránit obyvatele a majetek. Skupina



Výstražné informace SIVS vydává centrální předpovědní pracoviště ČHMÚ v Praze po konzultaci s regionálními předpovědními pracovišti, oddělením hydrologických předpovědi a vojenskou meteorologickou službou. Přitom některé výstražné informace mohou vydávat nebo upřesňovat i regionální předpovědní pracoviště a oddělení hydrologických předpovědi.

poskytuje detailnější informace o vývoji bouřkových jevů na sociálních sítích a odezva veřejnosti na její činnost byla velice kladná. Jako bývalý člen skupiny z toho mám samozřejmě radost a v letošním roce se nám povedlo i přes některé odchody skupinu posílit a některé jejich výstupy vylepšit. Dále pak kromě výstrah poskytujeme široké spektrum specializovaných předpovědí pro nejrůznější obory od filmařů přes zemědělce, stavebníky až po silničáře nebo železničáře. Tyto předpovědi, jsou často velmi důležité pro fungování těchto oborů. Naše obecné předpovědi nebo například detailní krajské předpovědi jsou samozřejmě k dispozici na internetu nebo v aplikaci ČHMÚ. V obou těchto prezentacích chystáme v brzké době změnu. Na příští rok 2024 připravujeme novou webovou prezentaci, rovněž se mohou všichni těšit i na novou a přepracovanou mobilní aplikaci. Dále naše předpovědi naleznete ve veřejnoprávních médiích, někteří prognostici ČHMÚ pak uvádějí předpovědní relace v České televizi nebo v televizi Prima. Státní správa dostává výstrahy od nás přes Integrovaný záchranný systém, ale třeba i přes zmíněnou aplikaci SMS pro starosty.

6. Výstražná služba je důležitou vizitkou ČHMÚ. Veřejnost si na tento způsob informování rychle zvykla a využívá jej – někdy až natolik, že dochází k „zahlcení“ a systém kolabuje. Jaká opatření jsou přijímána k nápravě tohoto stavu?

Je potřeba si uvědomit, že datové toky a ruku v ruce s tím finanční náročnost přenosu dat neustále každoročně roste. V uplynulých letech po zkušenostech z minulosti jsme podnikli řadu opatření, která naddimenzovala spojení a servery tak, abychom se výpadkům v případě velkého zatížení vyhnuli. Nicméně simulovat opravdu enormní zatížení, které se objeví v případě například velkých povodní, jako byly ty v roce 2013, je poměrně obtížné.

7. V minulém roce jsme si připomněli dvě výročí katastrofálních povodní na našem území. Zkušenosti a poznatky z katastrofální povodně v roce 1997 vedly ke vzniku Integrovaného záchranného systému (IZS), jehož součástí je činnost hydrometeorologické služby. Jaké je postavení ČHMÚ v tomto systému?

Systém integrované výstražné služby (SIVS) je výstražná služba, kterou společně poskytují Český hydrometeorologický ústav a meteorologická služba Armády ČR pro území České republiky. Výstrahy vydává ČHMÚ v souladu s doporučením Světové meteorologické organizace a evropského výstražného systému Metealarm na nebezpečné meteorologické a hydrologické prvky a jevy rozdělené do skupin.

Tyto informace využívá prostřednictvím Hasičského záchranného sboru Integrovaný záchranný systém, resp. prostřednictvím HZS jsou výstrahy distribuovány do krajů a starostům obcí.

8. V současné době si předpověď počasí nelze představit bez využití podkladů připravených numerickými modely atmosféry, které byly v naší předpovědní službě zavedeny již počátkem 60. let a je to stále se dynamicky vyvíjející oblast. Můžete s odstupem času zhodnotit úlohu ČHMÚ při rozvoji a využití těchto moderních technologií?

Vzpomínám si na dobu, kdy jsem do ČHMÚ nastupoval před přibližně čtvrt stoletím a teprve začínala éra internetu a široké dostupnosti meteorologických modelů. Rozlišení globálních modelů se počítalo na stovky kilometrů. A tento měsíc přechází globální model ECMWF na rozlišení pouhých 9 kilometrů, s tím výrazně vzrostla kvalita modelové orografie, která hraje v řadě meteorologických situací poměrně významnou roli. A určitě bych zmínil i výrazně větší počet vertikálních modelových hladin, které dnes pokrývají atmosféru a které jsou daleko lépe schopny predikovat i například výskyt nízké oblačnosti, což bývalo v minulosti pro předpovědní numerické modely velkým problémem.

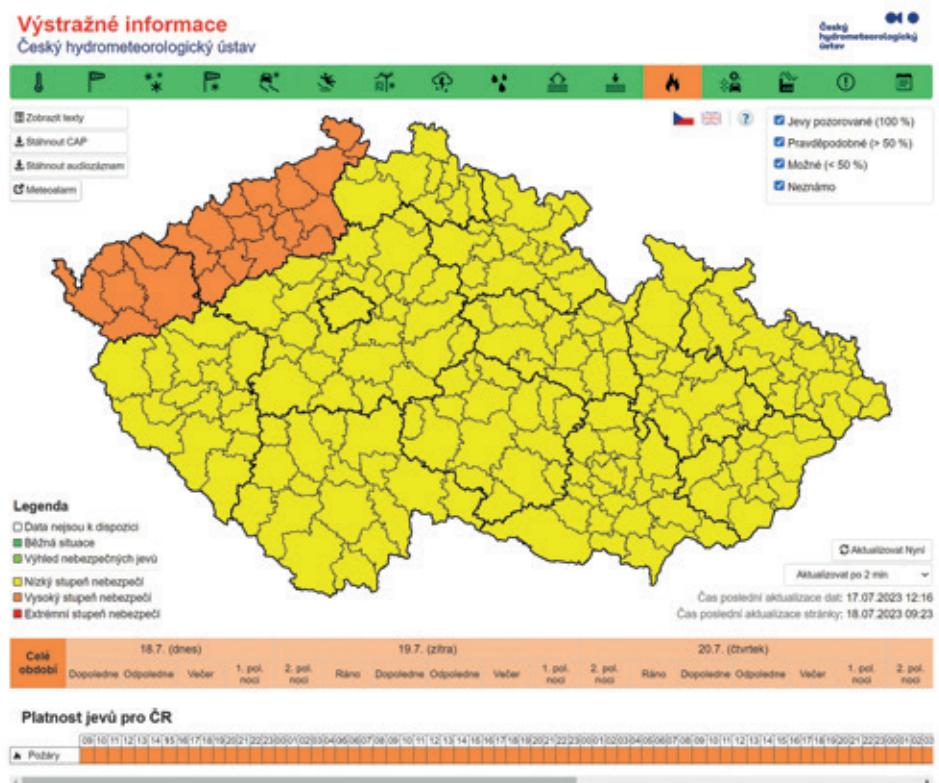
Česko přispělo na poli numerické meteorologie významně při vývoji modelu Aladin, jehož historie sahá do počátku 90. let minulého století. Práce a produkty, které dnes nabízí oddělení numerických předpovědí počasí patří ke špičkovým a například letos byly uvedeny nové produkty, které pomohou skupině KOS lépe předpovídat silné bouře a jevy s nimi spojené.

9. V posledních měsících se v mnoha oborech často skloňuje téma umělé inteligence. Je to téma i pro meteorologii a hydrologii?

Samozřejmě je to téma i pro tyto obory. Někde už začínají AI používat k tvorbě například textových předpovědí. Určitě by bylo špatně, pokud bychom proti tomuto fenoménu doby zkoušeli nějak bojovat, podobně jako když dělníci rozbíjeli stroje v 19. století. Jde o to využít potenciál, který AI má, například k zjednodušení práce nebo třeba administrativních úkonů. Nicméně stále jsme na počátku využití umělé inteligence a uvidíme, jak rychle a jakým směrem se bude rozšiřovat. V rámci našeho vývojového oddělení se ale už snažíme na tyto trendy reagovat. Ostatně ve výzkumu používáme třeba strojové učení už delší dobu.

10. Je současný stav předpovědní služby vyhovující z hlediska národních požadavků a případně požadavků Evropské unie?

My se snažíme reagovat na rychlý technologický vývoj, ale i na požadavky společnosti. Z hlediska národních potřeb budeme v létě pořádat seminář, který by měl ukázat jednu z cest, kam zaměřit předpovědní službu, a kde jsou například slabá místa z hlediska bezpečnosti státu. Určitě vidíme dlouhodobý trend, který směřuje předpovědní službu do specializovaných předpovědí a samozřejmě se zaměřením také na nejrůznější typy výstrah. Co se týká požadavků Evropské unie, tak se momentálně budeme snažit naplnit plán, který souvisí se se zpřístupněním více údajů a usnadněním jejich sdílení napříč sektory



Systém integrované výstražné služby je společně poskytovaná výstražná služba Českého hydrometeorologického ústavu ve spolupráci s meteorologickou službou Armády ČR v oblasti operativní meteorologie a hydrologie pro území ČR. Vydávání výstražných informací v rámci SIVS je zčásti naplněním Hlášené a předpovědní povodňové služby (HPPS), kterou ČHMÚ zabezpečuje podle §73 vodního zákona.

a zeměmi EU s cílem využít potenciál údajů ve prospěch evropských občanů a podniků. V podstatě jde o to zpřístupnit data, která produkujeme, v našem případě se to týká zejména dat o výstrahách. Nicméně naše výstrahy jsou už dlouhou dobu součástí evropského Meteopalarmu, kde lze najít vydané výstrahy většiny evropských zemí.

11. Na poli mezinárodní spolupráce můžete určitě uvést spolupráci především se Světovou meteorologickou organizací a spolupráci na společných úkolech a projektech se sousedními zeměmi. Jaké je zapojení vašeho úseku do mezinárodní spolupráce? Jste spokojen s uplatněním pracovníků v mezinárodních projektech?

Mezinárodní spolupráce, výměna informací, ale také výměna zkušeností jsou základem pro kvalitní práci a kvalitní výstupy. V rámci výměnných stáží pojedou teď meteorologové z různých pracovišť na návštěvu do Deutscher Wetterdienst. Nedávno byli pro změnu hydroprognostici na jednání v Drážďanech. Tento měsíc se další kolegyně chystá na kurz, který pořádá *European Severe Storms Laboratory* (ESSL). Kurz je pro prognostiky, kteří se chtějí naučit předpovídat silné konvektivní bouře pomocí nejmodernějších prognostických nástrojů a díky našemu členství v ESSL je navíc zcela zdarma. Zároveň ve spolupráci právě s ESSL a našimi meteorology, kteří se podíleli na vyšetřování dopadů předloňského tornáda, se připravuje vydání Mezinárodní Fujitovy stupnice, která bude použitelná pro hodnocení

škod silným větrem i na našem území. Určitě zmíním i dlouhodobě dobrou příhraniční spolupráci mezi Saskem, Bavorskem, Polskem a našimi pobočkami. Nerad bych na někoho zapomněl, ale na těchto málo příkladech je zřetelné, jak široká dnešní mezinárodní spolupráce je.

12. Postavení ústavu je dáno dikcí zřizovací listiny příspěvkové organizace Český hydrometeorologický ústav. Lepším řešením by patrně bylo zřídit ČHMÚ zvláštním zákonem o hydrometeorologické službě. Jaké jsou vyhlídky na nové statutární vyjádření postavení a funkce ČHMÚ?

Celý legislativní proces je poměrně dlouhý a náročný, zákon o hydrometeorologické službě už se nějakou dobu připravuje a aktuálně by měl být v meziresortním připomínkovém řízení. Těžko ale předjímat, jak rychle se podaří vypořádat všechny připomínky. Určitě bychom ale uvítali, pokud by se jej podařilo schválit v příštím roce. Jako meteorologové bychom byli rádi, protože zákonná ustanovení především v oblasti meteorologických výstrah nám dlouhodobě chybí.

Děkujeme za poskytnutý rozhovor.

Hana Stehlíková
Radim Tolasz

Konference GIS Esri v ČR

8. a 9. listopadu 2023

Novinky v geoinformaticce

Konference GIS Esri je největší konferencí věnovanou geoinformaticce v České republice. Vedle využití GIS v inženýrských sítích a veřejné správě patří mezi probíraná témata také **dálkový průzkum Země, ochrana přírody a ovzduší, monitoring změny klimatu i hlukové znečištění.**

Letos se konference vrací do Kongresového centra Praha.

Budete se tak moci setkat s tisícovkou GIS specialistů z nejrůznějších oborů, podělit se o své zkušenosti a navzájem se inspirovat.

Přednášky z předchozích ročníků, například o roli GIS při ochraně přírody, správě řek nebo o energetice a globálních změnách klimatu, si můžete kdykoliv prohlédnout na [youtube.com/ArcdataPrahaTV](https://www.youtube.com/ArcdataPrahaTV).

Více informací o konferenci a přihlášku naleznete na stránkách www.arcdata.cz.

ARCDATA PRAHA
esri Official Distributor

Partner konference:



Mediální partneři:



Význam a problematika automatického měření sněhové pokrývky – studie pro oblast Šumavy

Significance and issues of automatic snow cover measurement – case study for the Šumava Mountains region

Jan Procházka

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

Veronika Šustková

Český hydrometeorologický ústav
pobočka Ostrava
K Myslivně 3/2182, 708 00 Ostrava-Poruba
✉ veronika.sustkova@chmi.cz

Jan Jiráček

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

Miroslav Tesař

Ústav pro hydrodynamiku AV ČR, v. v. i.
Pod Paťankou 30/5, 160 00 Praha 6
✉ miroslav.tesar@iol.cz

The study evaluates the contribution of automatic snow measuring stations for snow monitoring in the Šumava region. Using climatological maps, the results of spatial analysis of the maximum depth of the snow cover for six winter seasons were compared, namely first from the measured data of the basic CHMI stations and second from the data of all stations. The biggest differences occurred in the comparison at the highest locations on the windward side of the Šumava (>1 200 m a.s.l.), where there is no corresponding network of basic meteorological stations. In the case of the snow-poor winter season 2020/21, these differences were relatively higher than in the 2018/19 season, with more extensive snow cover in all positions. The evaluation of the entire period (2017/18–2022/23) produced similar results, as snow-poor winter seasons prevailed here. We can therefore assume that the differences in snow characteristics will continue to be rather significant in the Šumava region. Accordingly, the importance of automatic snow measurement will also increase, especially in higher altitudes of the windward border area. In addition to the expansion of the measuring network and the significant refinement of infor-

mation about the snow cover, especially in the mountains, the main benefit of data on the depth of snow from automatic stations is their operability and immediate use for other applications.

KLÍČOVÁ SLOVA: výška sněhu – stanice meteorologická – Šumava – mapa klimatologická – měření sněhové pokrývky automatické

KEYWORDS: snow depth – weather station – Šumava Mountains – climatological chart – automatic measurement of snow cover

1. Úvod

Sníh je důležitou součástí odtoku a v hydrologickém cyklu na Zemi má poměrně unikátní postavení. V mnohých oblastech světa je tající sníh nejdůležitějším zdrojem vody pro vodní cyklus a život člověka, ale i v našich horských polohách je významným faktorem tvorby klimatu a odtoku vody, ovlivňuje profesní i volnočasové aktivity člověka. Sněhová pokrývky je z klimatologického hlediska nejcitlivějším typem zemského povrchu na Zemi, reaguje tak nejvýrazněji na změny klimatu spojené v posledních letech především s růstem průměrné teploty vzduchu (Nolin a kol. 2021). Proto je sněhu soustavně věnována náležitá pozornost, a to nejen z pohledu hydrologie, ale napříč různými vědními obory a lidskými činnostmi.

Získávání informací o výskytu a stavu sněhové pokrývky se v současné době odehrává v podstatě na třech úrovních, měření in-situ, pomocí metod dálkového průzkumu a modelováním, přičemž každá z metod má své výhody a nedostatky (Dong 2018). V posledních letech se poměrně rychle rozvíjejí metody snímání měřených lokalit ale i větších územních celků pomocí webových kamer a automatické klasifikace obrazové informace (Portenier a kol. 2020; Tanis a kol. 2023). Nicméně stále je nezastupitelnou metodou měření sněhu in-situ podle směrnice Světové meteorologické organizace (WMO 2018) s tím, že vzhledem k postupnému trendu a podmínkám spojených s úbytkem pozorovatelů, technickému pokroku, požadavkům na sběr a zpracování dat, a požadavkům na chybějící podrobnější informace zejména z odlehlých a horských (pramenných) oblastí, získávají na důležitosti automatické způsoby měření (Brown a kol. 2021).

Nejrozsáhlejším pohořím Česka je Šumava, která je významnou pramennou oblastí řeky Vltavy (potažmo Otavy a Berounky –

Úhlavy) a sníh zde představuje významnou část hydrologické bilance. Ze všech tuzemských pohoří Šumava zaujímá v polohách nad 1 000 m n. m. asi 56 % z těchto území. Ovšem četnost pozorování zde byla vzhledem k rozloze donedávna nízká, což bylo do značné míry dáno především historicky kvůli existenci „železné opony“ a vysídlení příhraničí po druhé světové válce. Tuto ztrátu sídel a pozorování sněhových charakteristik se nepodařilo po roce 1989 zcela nahradit. O něco lepší situace zde byla později jen z pohledu srážek po postupné instalaci totalizátorů do nejvyšších a srážkově bohatých poloh Šumavy (Starostová 2012). Šumava je charakteristická také díky svému postavení pásovitého pohoří ve směru SZ–JV vůči převládajícímu proudění. Většinu srážek přináší na Šumavu západní a jihozápadní proudění, které na návětrné bavorské straně pohoří nuceně vystupuje a dochází k zesílení padajících srážek (Křivancová, Vavruška 1997). V maximální míře se tento efekt projevuje právě v ose hlavního pohraničního hřebene a centrální Šumavy, kde jak bylo zmíněno, odpovídající měření sněhové pokrývky dlouhodobě chybělo. Díky technologickému rozvoji a počátku automatizace meteorologických měření se postupně nabízel možnost, jak absenci měření a pozorovatelů na odlehklých místech Šumavy nahradit.

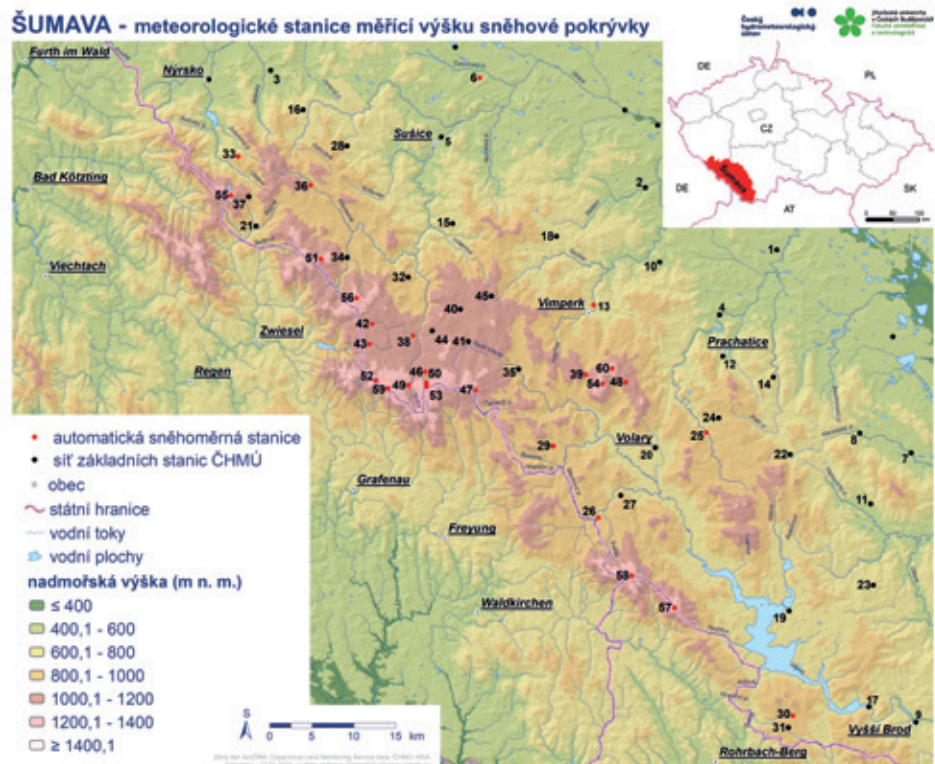
2. Automatizace měření sněhu u nás

Na území Česka v rámci činnosti Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) započala automatizace sítě základních klimatologických stanic ve druhé polovině devadesátých let 20. století. Bylo to právě na Šumavě, a to konkrétně instalací automatické meteorologické stanice v Černé v Pošumaví v únoru 1996, následovaly ne příliš vzdálené Klatovy a Staňkov v březnu 1996 (Procházka a kol. 2017). Počátky automatizace klimatologických měření instalací zmíněných stanic v této oblasti měly své opodstatnění, aby firma vyrábějící příslušné stanice (Meteoservis, v. o. s.) a sídlící toho času v jihočeských Vodňanech byla v dojezdové vzdálenosti pro potřebnou kontrolu a operativní řešení případných problémů s provozem. Po úspěšném zprovoznění a ověření funkčnosti následovaly instalace dalších automatických stanic ve všech krajích. Tenkrát se ale ještě nejednalo o automatické měření sněhu.

S automatizací měření sněhu v Česku se započalo o 10 let později. Počátečním krokem bylo testování 2 typů automatických stanic a to na lokalitách Desná-Souš (základní klimatologická stanice), Svratouch a Churáňov (profesionální meteorologické stanice). Například na stanici Desná-Souš bylo testování za-

měřeno na oba typy stanic (2006–2009), a to jak na stanici s tenzometrickými vahami, tak na stanici typu „snow pillow“ (sněhoměrný polštář). Kromě operativního získávání dat do klimatologické databáze byla automatizace měření sněhu podložena především vnitřní potřebou zabezpečit data pro další výstupy a modelování zejména v oblasti hydrologie sněhu, rovněž také požadavkem státních podniků Povodí na zpřesnění výpočtu zásob vody ve sněhu. Na základě kladných výsledků z testovacího provozu přistoupil ČHMÚ k postupnému rozšíření této sítě do dalších regionů a zároveň byla vytvořena metodika výběru lokalit, inspekčních návštěv a kontroly dat. Mezi lety 2010–2016 byla v případě sněhoměrných polštářů síť stanic postupně rozšířena na celkový a zatím konečný počet 16 lokalit. V případě stanic pro měření výšky sněhu (pomocí ultrazvukového čidla nebo laserového dálkoměru) se v rozšiřování sítě stále pokračuje.

Na Šumavě bylo první automatické měření sněhu instalováno na podzim roku 2007 v areálu profesionální meteorologické stanice Churáňov. Technicky se jednalo o plošinovou tenzometrickou váhu o rozměrech 4 × 4 metry, výšku sněhové pokrývky zde měřilo ultrazvukové čidlo a přenos dat zajišťoval GPRS modem. Nevýhodou této konstrukce byla jednak vysoká cena a náchylnost k poruchám (např. vysoká citlivost na přepětí indukované při bouřkách), jednak zde docházelo k nestejněměrnému odtávání sněhové pokrývky, které způsoboval použitý materiál pro konstrukci plošiny a jejího oplocení. Vlivem oplocení docházelo také k nerovnoměrnému ukládání sněhové pokrývky v prostoru měření. Po několikaletém provozu a porovnání výsledků bylo toto měření v květnu 2014 ukončeno.



Obr. 1 Přehledová mapa základních meteorologických stanic ČHMÚ a automatických sněhoměrných stanic měřících výšku sněhové pokrývky v oblasti Šumavy (čísla stanic v mapě odpovídají číslům stanic v tab. 1 a 2).

Fig. 1. Overview map of basic CHMI meteorological stations and automatic snow stations measuring the snow depth in the Šumava region (station numbers in the map correspond to station numbers in Tables 1 and 2).

Tab. 1 Přehled základních meteorologických stanic ČHMÚ měřících výšku sněhové pokrývky v oblasti Šumavy a Šumavského podhůří (ID = číslo stanice uvedené v mapě, obr. 1).

Table 1. An overview of the basic CHMI weather stations measuring the snow depth in the Šumava Mountains and the Šumava foothills region (ID = station number shown on the map, Fig. 1).

ID	Indikativ	Celý název	Nadm. výška [m]	Typ stanice*	Okres
45	C1CHUR01	Churáňov	1118	AMS1	Prachatice
44	C1FILH01	Filipova Huť	1110	ASS	Klatovy
41	C1KVIL01	Kvilda	1059	AKS3	Prachatice
40	C1HKVI01	Horská Kvilda	1052	AKS3	Klatovy
37	L1SPIC01	Špičák	973	AKS3	Klatovy
35	C1BLAD01	Borová Lada	898	AKS3	Prachatice
34	C1PRAS01	Prášily	883	ASS	Klatovy
32	C1SRNI01	Srní	857	MSS	Klatovy
31	C2PASC01	Pasečná, Přední Výtoň	848	MSS	Český Krumlov
28	C1ZAMY01	Zámyšl	800	ASS	Klatovy
27	C1STOZ01	Stožec	797	MSS	Prachatice
24	C1ZBYT01	Zbytiny	792	ASS	Prachatice
23	C2SLAV01	Slavkov	777	MSS	Český Krumlov
22	C1KTIS01	Ktiš, Tisovka	758	AKS2	Prachatice
21	L1ZRUD01	Železná Ruda	754	ASS	Klatovy
20	C1VOLR01	Volary	749	AKS2	Prachatice
19	C1CERP01	Černá v Pošumaví	740	AKS1	Český Krumlov
18	C1VACP01	Vacov, Peckov	738	ASS	Prachatice
17	C2LIPN01	Lipno	730	MSS	Český Krumlov
16	L1CACH01	Čachrov	729	ASS	Klatovy
15	C1KHOR01	Kašperské Hory	728	AKS	Klatovy
14	C1FRAN01	Frantoly	726	MSS	Prachatice
12	C1PRCH01	Prachatice	607	MSS	Prachatice
11	C1CDVU01	Červený Dvůr, Chvalšiny	588	MSS	Český Krumlov
10	C1ZALE01	Zálezly	569	MSS	Prachatice
8	C2BRLO01	Brloh	559	MSS	Český Krumlov
9	C2VBRO01	Vyšší Brod	559	AKS1	Český Krumlov
7	C2KREM01	Křemže, Mříč	524	AKS3	Český Krumlov
5	C1SUSI01	Sušice	484	MSS	Klatovy
4	C1HUSI01	Husinec	483	AKS1	Prachatice
3	L1STRA01	Strážov	477	MSS	Klatovy
2	C1VOLY01	Volyně, Nihošovice	448	ASS	Strakonice
1	C1BAVO01	Bavorov	416	MSS	Strakonice
*	AKS – automatizovaná klimatologická stanice AMS – automatizovaná meteorologická stanice (synoptická, tvoří zprávy SYNOP) ASS – automatizovaná srážkoměrná stanice MSS – manuální srážkoměrná stanice				

Nicméně v průběhu několika let se díky aktivitám a spolupráci ČHMÚ s více subjekty a nadšenci působícími v oblasti Šumavy zrealizovaly instalace a došlo ke zprovoznění několika automatických stanic s měřením výšky sněhové pokrývky, případně i její vodní hodnoty. Tím se podařilo doplnit poměrně řídkou síť šumavských základních meteorologických stanic ČHMÚ měřících výšku sněhové pokrývky (tab. 1). Současně bylo účelem instalací stanic rozšíření možnosti výzkumu a měření sněhových charakteristik, a v neposlední řadě šlo o modernizaci

a doplnění stávajících meteorologických a výzkumných stanic o automatické měření sněhu. Aktuálně je v oblasti Šumavy v provozu 27 automatických sněhoměrných stanic (ASNS) s pravidelným odesláním dat na server, jejichž přehled včetně základní specifikace uvádíme v tabulce (tab. 2). Oblast Šumavy je pro účely této studie orientačně vymezena geomorfologickými celky Šumava a Šumavské podhůří, přičemž rozmístění uvedených základních a automatických stanic v daném území poskytuje přehledová mapa (obr. 1).

Tab. 2 Automatické sněhoměrné stanice (ASNS) v oblasti Šumavy a jejich základní charakteristika (ID = číslo stanice uvedené v mapě, obr. 1).

Table 2. Automatic snow weather stations (ASNS) in the Šumava Mountains region and their basic characteristics (ID = station number shown on the map, Fig. 1).

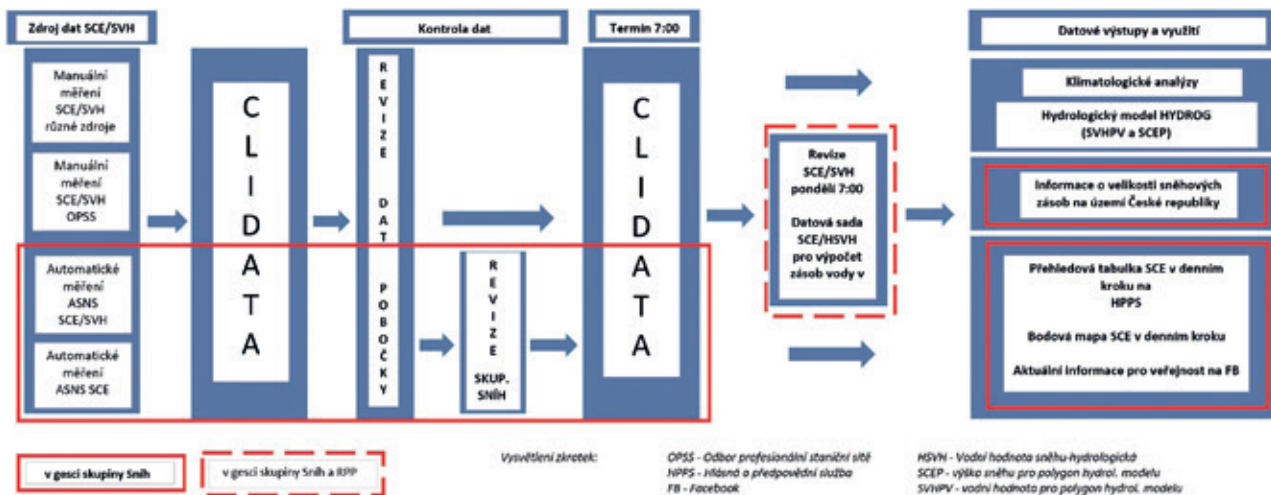
ID	V provozu od	Celý název	Nadm. výška [m]	Typ měření*	Provozovatel**
59	VIII. 2016	Blatný vrch	1357	UZ	Šumaváci
60	V. 2019	Boubín, vrchol	1353	UZ	Šumaváci
58	IX. 2014	Plechý, Rakouská louka	1344	UZ	Šumaváci
57	XI. 2022	Smrčina, vrchol	1330	UZ	NPŠ / ÚH AVČR
56	XI. 2019	Poledník, vrchol	1312	UZ	ÚH AVČR
55	X. 2017	Jezerní hora, pod vrcholem	1307	UZ	ÚH AVČR
54	IX. 2021	Basum, Basumský hřeben	1265	UZ	VÚV TGM
53	XI. 2018	Malá Mokrůvka, Medvědí doupe	1259	UZ	ÚH AVČR
52	XI. 2017	Roklan, V Koutě	1225	UZ	ÚH AVČR
51	VI. 2018	Zlatý stoleček	1197	UZ	ČHMÚ
50	XI. 2020	Malá Mokrůvka, přeliv	1192	UZ	FŽP ČZU
49	IX. 2020	Březník, myslivna	1185	UZ	ÚH AVČR
48	IV. 2018	Větřín	1157	UZ	ČHMÚ
47	X. 2016	Bučina, u Kvildy	1152	UZ	Šumaváci
46	XII. 2012	Ptačí potok	1130	UZ / SPA / polštář	PřF UK
43	XI. 2015	Rokytská slať	1098	sněhoměrný polštář	PřF UK / ČHMÚ
42	XI. 2013	Prášily, Javoří Pila	1062	sněhoměrný polštář	ČHMÚ
39	IV. 2022	Kubova Huť	997	laser	ČHMÚ
38	XI. 2015	Modrava	990	UZ / SSG váhy	PřF UK
36	VI. 2018	Kepelské Zhůří	928	UZ	ČHMÚ
33	X. 2021	Hojsova Stráž	866	laser	ČHMÚ
30	XI. 2019	Svatý Tomáš, Horský potok	828	UZ	FZT JU v Č. B.
29	IV. 2019	Strážný	811	laser	ČHMÚ
26	XI. 2022	Stožec, Nové Údolí	796	UZ	Šumaváci / ÚH AVČR
25	X. 2014	Zbytiny, Spálenec	792	sněhoměrný polštář	ČHMÚ
13	XI. 2019	Vimperk	628	laser	ČHMÚ
6	XI. 2019	Vlkonice	493	laser	ČHMÚ
*	UZ – ultrazvukové čidlo, laser – laserový dálkoměr, SPA – snow pack analyzátor, SSG – tenzometrické váhy				
**	ČHMÚ – Český hydrometeorologický ústav, FZT JU v Č. B. – Fakulta zemědělská a technologická Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, FŽP ČZU – Fakulta životního prostředí České zemědělské univerzity v Praze, NPŠ – Správa Národního parku Šumava, PřF UK – Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Šumaváci – Amatérští nadšenci pro monitoring počasí v oblasti Šumavy (Procházka a kol. 2017), ÚH AVČR – Ústav pro hydrodynamiku, Akademie věd ČR, v. v. i., VÚV TGM – Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.				

3. Import a kontrola dat z automatických sněhoměrných stanic

Měření pomocí automatických stanic neznamená, že zcela odpadá role pozorovatele. V tomto případě sice není vyžadována přítomnost pozorovatele v místě měření, ale následuje důležitá

role příslušného týmu pracovníků po přenosu, importu a automatické kontrole dat.

Automatické sněhoměrné stanice zaznamenávají ve zvoleném časovém intervalu (v případě ČHMÚ je to 10 minut) hodnotu výšky sněhové pokrývky. Podle typu pak mají stanice i další doplňková čidla na měření teploty vzduchu a relativní vlhkosti vzduchu. Stanice typu sněhoměrný polštář navíc měří i vodní hodnotu sněhu, variantně rychlost a směr větru, úhrn srážek,



Obr. 2 Schéma procesu pořízení, kontroly a využití dat o sněhu.
 Fig. 2. The scheme of process acquisition, control and use of snow data.

odtok z měřené plochy. Na těchto stanicích je také měřena teplota na styku polštáře (vaku s nemrznoucí směsí) a sněhu (nad polštářem) a zemí (pod polštářem), a to z technických důvodů získání informace o promrznání. Vybraná data jsou automaticky přenášena do sběrného centra ČHMÚ a odtud se importují do databázové aplikace ČHMÚ CLIDATA. Prvek celková výška sněhové pokrývky z manuálního měření má v aplikaci CLIDATA označení SCE (cm), data o výšce sněhové pokrývky z automatických sněhoměrných SCE_a (cm). Vodní hodnotě sněhu se pak obdobně přiřazují zkratky SVH a SVH_a (mm).

Při importu do databáze prochází data o výšce a vodní hodnotě automatickým typem kontroly. To znamená, že data jsou vyhodnocována a následně naimportována pouze za předpokladu, že nepřekračují nastavený limit. Tyto limity jsou například pro výšku sněhu <0–350> cm a vodní hodnotu <0–2000> mm. Dále se interpolují chybějící hodnoty v intervalu < 12 hodin. Aplikace v tomto případě používá IDW interpolaci, tedy metodu Vážené inverzní vzdálenosti. U ultrazvukových čidel je nastavena podmínka při výšce sněhové pokrývky < 2,4 cm pak výška i vodní hodnota je rovna 0 mm. K upozornění na podezřelou hodnotu dojde při tzv. mezi-termínových rozdílech. Například, když rozdíl dvou po sobě jdoucích hodnot (ve výše zmíněném 10minutovém intervalu) výšky sněhové pokrývky je > 7 cm nebo vodní hodnoty > 10 mm (Walder a kol. 2021).

V období, kdy nesněží, je při importu nastavena podmínka, že každá importovaná hodnota je rovna 0. Pro stanovení tohoto období byly automatické sněhoměrné stanice rozděleny do třech skupin podle nadmožské výšky, a to: 1. skupina stanic nad 1 100 m n. m. (období s předpokládaným výskytem sněhové pokrývky od 1. 9. do 31. 5.), 2. skupina stanic v intervalu 675–1 100 m n. m. (1. 10. do 15. 5.) a 3. skupina stanic pod 675 m n. m. (15. 10. do 15. 4.).

Manuální kontrolu dat pak provádí na ČHMÚ členové pracovní skupiny „Sníh“, kteří každý den kontrolují a případně upravují údaje z automatických sněhoměrných stanic k 07:00 SEČ. Hodnota k sedmé hodině je průměrem předchozích šesti hodnot v 10minutovém intervalu od 06:10–07:00 hodin. V prostředí aplikace CLIDATA byl vytvořen v aplikaci „Pořizování“ produkt pro rychlou kontrolu a úpravu dat z automatických sně-

homěrných stanic k 07:00 SEČ. Jedná se o formulář, kde jsou zavedeny všechny automatické sněhoměrné stanice a data za uplynulých 72 hodin (Walder a kol. 2021). Každodenní kontrolou prochází i data z vybraných stanic s manuálním měřením. V případě nejrozlehlejšího pohoří Česka, Šumavy, je navíc přihlíženo k online databázi, kterou provozují šumavští amatérští meteorologové, kde zohledňují pozorování a měření z dalších šumavských stanic, meteorologických i výzkumných provozovaných různými subjekty (FZT JU, FŽP ČZU, NPŠ, PŘF UK, Šumaváci, ÚH AVČR, VÚV TGM – viz tab. 2), prostřednictvím webových a časosběrných kamer, hlášení od dalších spolupracovníků a podobně, z mnoha dalších sněhoměrných profilů. Tento rozsáhlejší soubor zahrnuje u všech uvedených meteorologických stanic denní údaje o výšce sněhové pokrývky k 07:00 SEČ, data jsou kontrolována a dle potřeby revidována (Procházka a kol. 2017). Revidované údaje příslušných stanic z celého Česka včetně dotčených šumavských jsou následně v denním kroku zobrazovány na webu Hlásné a předpovědní povodňové služby (ČHMÚ 2023). Data z manuálních měření jsou standardně tak jako před automatizací stanic kontrolována a opravována revizory z Oddělení meteorologie a klimatologie na jednotlivých pobočkách ČHMÚ po skončení daného měsíce.

Na obr. 2 je zobrazen proces toku, kontroly a následného využití dat z automatických sněhoměrných stanic i z manuálního měření sněhové pokrývky v rámci ČHMÚ. Všechny údaje o sněhové pokrývce, které se ukládají do databázové aplikace CLIDATA, prochází dvěma typy kontrol. Data z automatických stanic jsou manuálně revidována každý den ráno, jak bylo popsáno výše. To umožňuje jejich okamžité využití v dalších produktech ČHMÚ, jako jsou mapové výstupy, nebo sněhové zpravodajství na sociálních sítích. V neposlední řadě jsou tato data o sněhové pokrývce nezbytnou součástí zkvalitňování vstupních dat pro modelování předpovědi průtoků v průběhu celé zimní sezony, včetně povodňových situací. Specifickým produktem je vyhodnocování zásob vody ve sněhové pokrývce, kdy se v ČHMÚ zásoby vody ve sněhu standardně počítají jednou týdně z pondělních naměřených dat (Řiřicová, Kimlová 2016). Zvyšující se počet automatických stanic v kombinaci s modelovými výpočty nám v budoucnu umožní odhadovat zásoby vody v denním kroku.

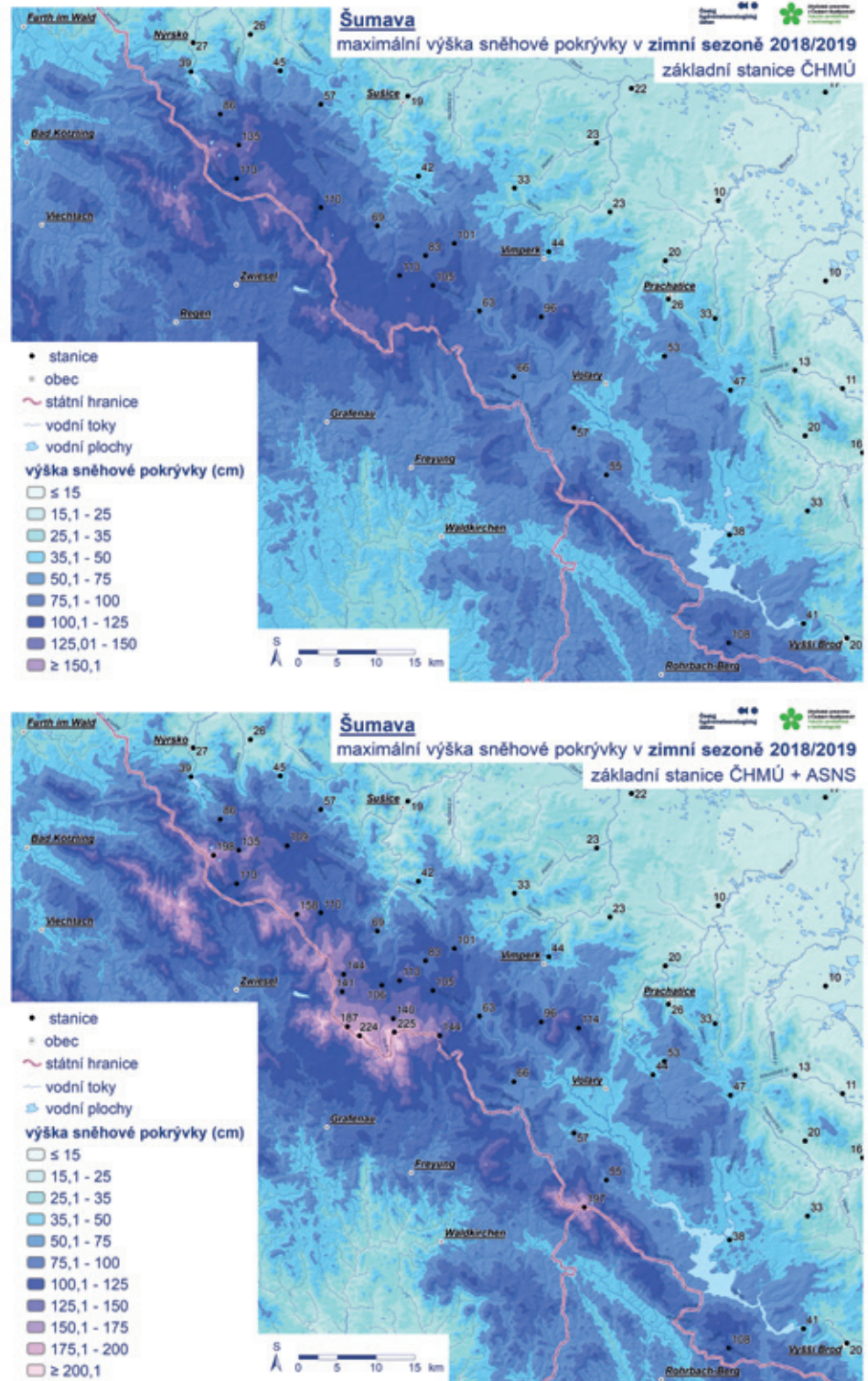
4. Zpracování dat pro oblast Šumavy

V rámci této studie bylo přistoupeno k hodnocení distribuce výšky sněhové pokrývky při použití základních stanic ČHMÚ a automatických sněhoměrných stanic (ASNS) zejména prostřednictvím klimatologických map sněhových maxim pro několik zimních sezon. U některých základních stanic bylo v hodnoceném období ukončeno pozorování a byly nahrazeny automatickým měřením sněhu (kategorie ASNS). Hodnoceno bylo posledních šest zimních sezon, tedy 2017/2018 až 2022/2023, z nichž se ještě pro přesnější specifikaci rozdílů hodnotily zvláště sezony 2018/2019 jako sněhově bohatá a 2020/2021 jako sněhově chudá.

Mapová projekce dat o výšce sněhové pokrývky je výsledkem prostorové analýzy dat změřené výšky sněhové pokrývky, které mají charakter bodových měření, pomocí geografického informačního systému (GIS). V našem případě konkrétně ArcGIS (ESRI 2018a) a metod Orografická interpolace (Šercl 2008a; Šercl 2008b), LLR (lokální lineární regrese) a CLIDATA-DEM (Stríž 2008). Tyto interpolační metody zohledňují vliv nadmořské výšky (případně orientace a sklonitosti svahů nebo krajinného pokryvu) na interpolovanou veličinu a zachovávají původní naměřenou hodnotu ve známém bodě. Výsledkem interpolace je rastrová mapa.

Konkrétní mapová projekce sněhových poměrů na Šumavě prostřednictvím sezonních maxim výšky sněhové pokrývky vycházela z dat základních stanic ČHMÚ a automatických sněhoměrných stanic, které dohromady daly ve výsledku vzniknout poměrně husté síti bodů. Celkový počet stanic, které vstupují do výpočtu, je proměnlivý a pohybuje se kolem 150. Zahrnuje tedy stanice i v širším okolí Šumavy. Jako podkladový terén byl využit SRTM 1 Arc-Second Global, který vytvořila Národní agentura pro zpravodajství o Zemi USA a Národní úřad pro

letectví a kosmonautiku USA (USGS 2018). Tento digitální model reliéfu (DMR) byl zvolen proto, že nabízí vstupní grid (rastr) s vysokým rozlišením, aby velikost jednotlivých buněk (pixelů) pro prostorové analýzy ve výsledku zachycovala požadovaný detail co nejlépe. Příslušný DMR má rozlišení 38×38 m, což pro naši výpočetní plochu představuje



Obr. 3 Klimatologické mapy maximální výšky sněhové pokrývky v oblasti Šumavy při použití dat ze základních stanic (nahore) a včetně automatických stanic (dole) ve sněhově bohaté sezoně 2018/19.

Fig. 3. Climatological maps of the maximum snow cover depth in the Šumava region using data from basic CHMI stations (up) and including automatic stations (down) in the snow-rich season 2018/19.

18 069 987 uzlových bodů. V každém bodě se na základě okolních stanic vypočítá odhad výšky sněhové pokrývky pomocí lokální regresní analýzy. Okolní stanice se vyberou na základě předem zvoleného okolí (vzdálenost v kilometrech) a minimálního počtu stanic. Výhodou tohoto DMR je dostupnost pro území celé Evropy v souřadnicovém systému WGS-

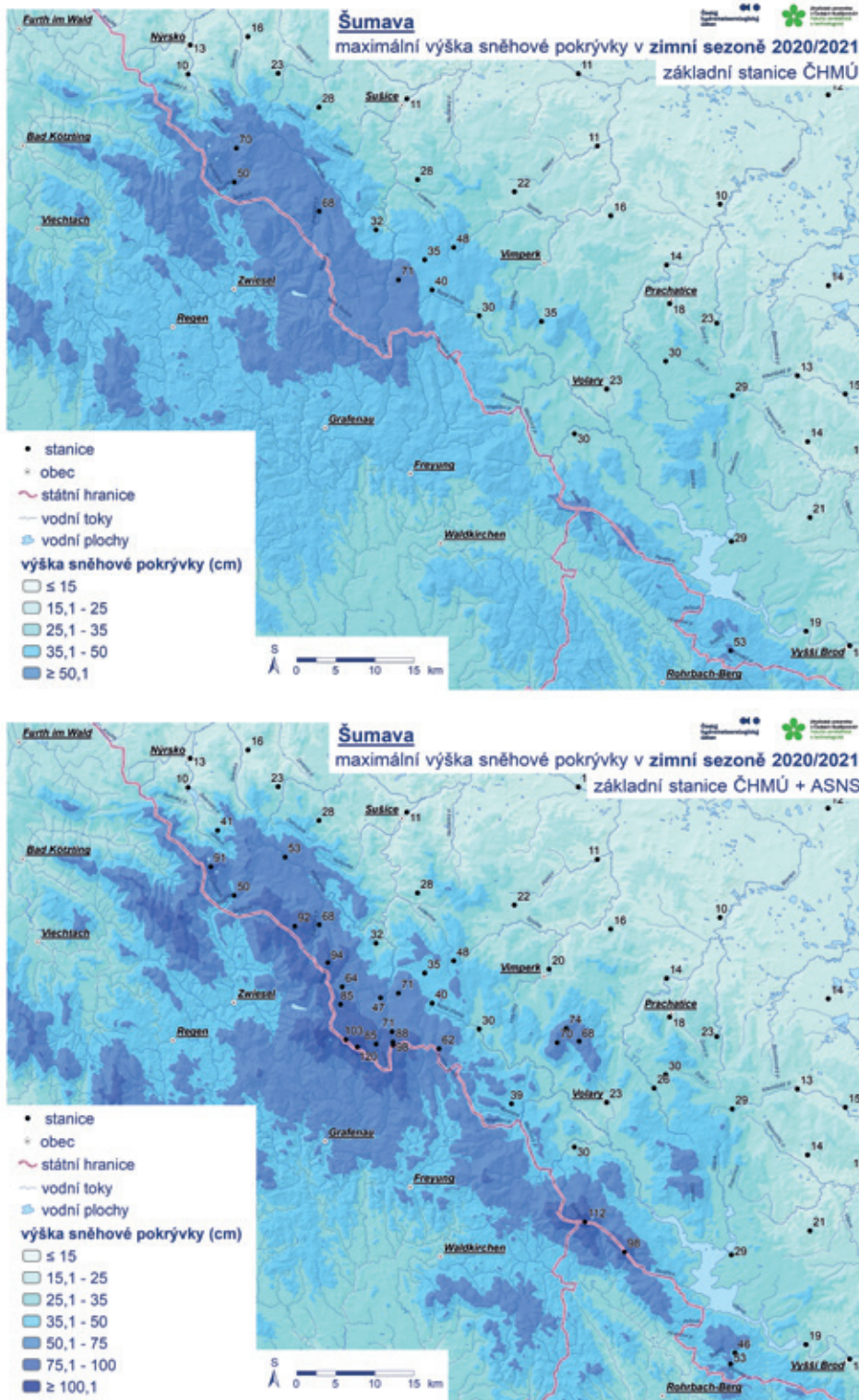
84 a možnost prostorové analýzy i za hranicemi ČR (USGS 2022). Menší nevýhoda při relativně vysokém rozlišení je časová náročnost výpočtu.

Gridové (mapové) výstupy výšek sněhové pokrývky pro zimní sezony 2017/2018–2022/23 byly podrobeny tzv. zonální statistice. Nástroj zonální statistika je v programu ArcGIS v rámci extenze Spatial Analyst (ESRI 2018b) a umožňuje různé statistické analýzy a výpočty v rámci definovaných zón. Například statistické zpracování hodnot analyzované informační vrstvy (v našem případě gridy výšky sněhové pokrývky), které patří do zóny definované v druhé vrstvě. Jako druhá informační vrstva sloužila vektorová vrstva s pásmy nadmořské výšky, která byla odvozena ze stejného digitálního modelu terénu, jaký byl využit pro interpolace. Výšková pásma byla pro oblast Šumavy a okolí zvolena takto: < 600, 600–800, 801–1 000, 1 001–1 200 a > 1 200 m n. m. Výstupem jsou průměrné hodnoty maximální výšky sněhové pokrývky pro jednotlivá výšková pásma, jež lze získat v podobě gridu nebo tabulky.

Pro vyjádření závislosti maximální výšky sněhové pokrývky na nadmořské výšce a poloze vůči srážkovému návětří a závětří Šumavy, včetně porovnání průběhu výšky sněhové pokrývky na vybraných meteorologických stanicích, byla data zpracována v programovém prostředí Microsoft Office Excel 2016.

5. Hodnocení výsledků

Data z automatických sněhoměrných stanic (ASNS) v rozsáhlé oblasti Šumavy přispěla k možnosti podrobnějšího hodnocení sněhové pokrývky, než by tomu bylo zpracováním dat pouze ze základní sítě klimatologických a srážkoměrných stanic ČHMÚ. Pro účely této studie byla využita data z celkem 27 automatických sněhoměrných stanic provozovaných různými subjekty. Z přehledové mapy (obr. 1) je zřejmé, že automatické stanice jsou zpravidla v místech s vyšší nadmořskou výškou a v místech, kde je síť základ-



Obr. 4 Klimatologické mapy maximální výšky sněhové pokrývky v oblasti Šumavy při použití dat ze základních stanic (nahore) a včetně automatických stanic (dole) ve sněhově chudé sezoně 2020/21.

Fig. 4. Climatological maps of the maximum snow cover height in the Šumava region using data from basic CHMI stations (up) and including automatic stations (down) in the snow-poor season 2020/21.

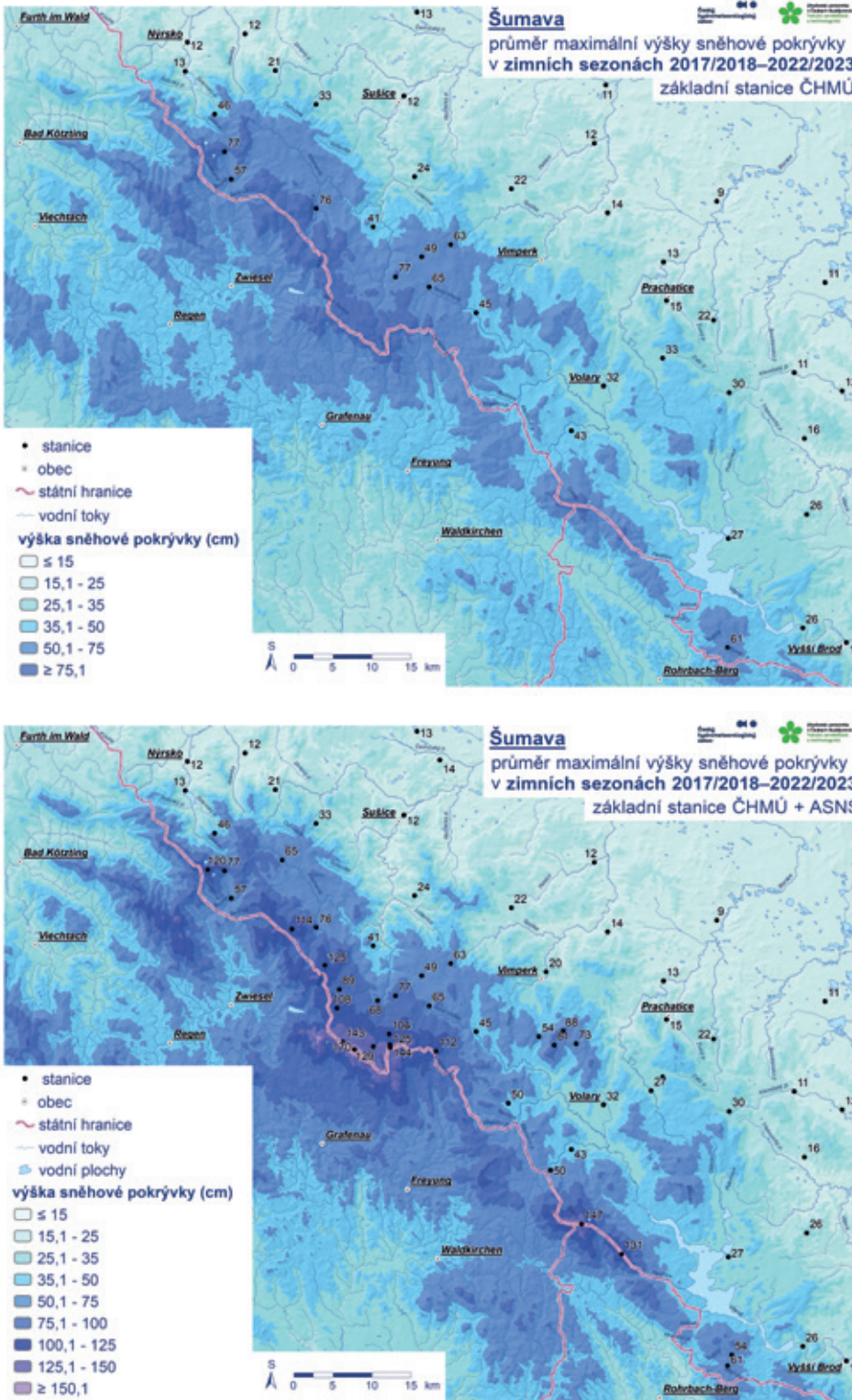
ních stanic ČHMÚ řídka, nebo stanice zcela chybí. Význam automatických stanic byl na příkladu Šumavy dokumentován prostřednictvím konstrukce klimatologických map maximální sezonní výšky sněhové pokrývky (SCE_{max}) jednak za sněhově bohatou zimu 2018/2019 (obr. 3) a sněhově chudou

zimu 2020/2021 (obr. 4), jednak pro průměr maximálních výšek sněhu za posledních šest zimních sezon 2017/2018 až 2022/2023 (obr. 5). Podobně pak příslušným výpočtem průměrných maxim výšek sněhu pro různá výšková pásma. K tomu je potřeba zmínit, že čtyři z šesti hodnocených zimních sezon bylo sněhově chudých a zbývající dvě v kontextu aktuálního normálového období (1991–2020) spíše jako průměrné, pro účely této studie označené jako sněhově bohaté.

Při využití pouze základních stanic pro analýzu prostorové distribuce výšky sněhové pokrývky pro oblast Šumavy je zřejmé, že v odlehlých lokalitách s vyšší nadmořskou výškou dochází k podhodnocení údajů. Na klimatologických mapách zimní sezony 2018/2019, která byla v porovnání hodnocených sezon na sníh poměrně bohatá, se při barevné interpolaci hodnot projevují největší rozdíly v nejvyšších polohách centrální Šumavy. Při použití dat ze všech stanic dosahují hodnoty SCE_{max} až kolem 225 cm, zatímco výpočtem pouze ze základních stanic je to o 50 cm méně. V případě sněhově chudé sezony 2020/2021 SCE_{max} vypočtené pomocí interpolace jen ze základních stanic v nejvyšších polohách centrální Šumavy dosahují hodnoty pouze kolem 60–70 cm, ale při použití dat z automatických stanic jsou zde SCE_{max} přesahující 100 cm.

Jak ukazují zde uvedené výstupy, bývá každá sezona z pohledu sněhu poněkud odlišná, a to jak plošně, tak na jednotlivých lokalitách. Zpracovali jsme proto i souhrnné data za posledních šest sezon, kdy už bylo na Šumavě dostatečné množství automatických stanic, přičemž je třeba zopakovat, že většina sezon byla z hlediska hodnocených SCE_{max} výrazně podprůměrná. Z toho vyplývají i výrazné rozdíly zobrazené v mapách SCE_{max} za sezony 2017/2018 až 2022/2023, kde jsou v případě interpolace dat ze základních stanic průměrná SCE_{max} na centrální Šumavě kolem 80–90 cm, kdežto data z automatických stanic dosahují průměrných hodnot kolem 150 cm.

V tabulkovém přehledu (tab. 3) jsou uvedeny průměrné hodnoty SCE_{max} pro jed-



Obr. 5 Klimatologické mapy průměrné maximální výšky sněhové pokrývky v oblasti Šumavy při použití dat ze základních stanic (vlevo) a včetně automatických stanic (vpravo) v období sezon 2017/18–2022/23.

Fig. 5. Climatological maps of the average maximum snow depth in the Šumava region using data from basic CHMI stations (left) and including automatic stations (right) in the 2017/18–2022/23 seasons.

Tab. 3 Průměrná sezonní maximální výška sněhové pokrývky (cm) vypočtená z dat základních stanic ČHMÚ (stanice) a všech stanic včetně automatických sněhoměrných stanic (+ASNS) v různých výškových pásmech Šumavy a Šumavského podhůří.

Table 3. The average seasonal maximum of the snow depth (cm) calculated from the data of the basic stations of the CHMI (stanice) and all stations including automatic snow measuring stations (+ASNS) at different altitude zones of the Šumava Mountains and Šumava foothills.

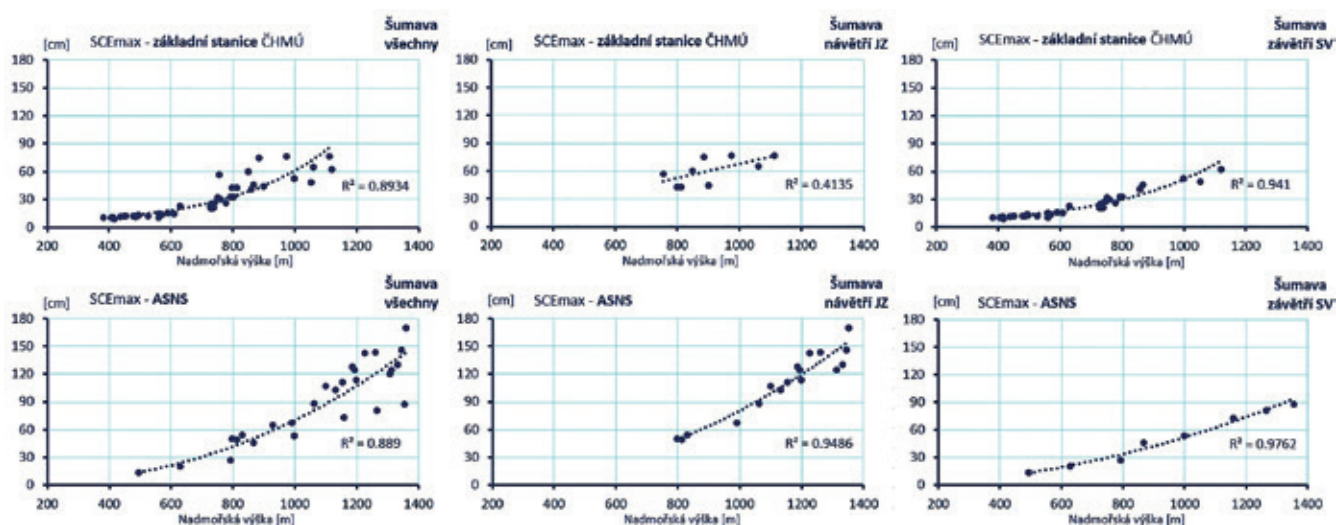
Nadm. výška [m n. m.]	Sezona 2018/2019 [cm]			Sezona 2020/2021 [cm]			Průměr 6 sezon* [cm]		
	stanice	+ASNS	podíl**	stanice	+ASNS	podíl	stanice	+ASNS	podíl
pod 600	31	27	87 %	23	21	91 %	19	19	100 %
600–800	54	55	102 %	31	32	103 %	31	35	113 %
801–1000	77	83	108 %	38	43	113 %	45	51	113 %
1001–1200	108	128	119 %	52	64	123 %	66	85	129 %
nad 1200	135	179	133 %	62	90	145 %	84	124	148 %
průměr vše	81	94	116 %	41	50	122 %	49	63	129 %
*	Průměr zimních sezon 2017/2018–2022/2023								
**	Podíl sezonního maxima výšky sněhové pokrývky zjištěného ze všech stanic (+ASNS) k sezonnímu maximu pouze ze základních stanic (stanice)								

notlivá výšková pásma v oblasti Šumavy. Hodnoty byly vypočteny opět pro dvě hodnocené roční sezony a sezonní průměr za posledních šest zim. Z uvedených hodnot vyplývá zvyšující se rozdílnost s rostoucí nadmořskou výškou. Markantnější je to v případě sněhově chudé zimy 2020/2021. A protože je průměr počítán z období, ve kterém byly čtyři sezony z celkových šesti sněhově chudé, jsou výsledné rozdíly velmi podobné. Rozdíl je zde potom vyjádřen procentním podílem maxim vypočítaným ze všech stanic včetně ASNS k maximálním hodnotám vypočítaným pro příslušná výšková pásma pouze ze základních stanic ČHMÚ.

Z mapového i číselného vyjádření je zřetelné, že bez dat z automatických sněhoměrných stanic by byl výpočet výšky sněhové pokrývky pro značnou část Šumavy významně podhodnocen, resp. pro vyšší polohy v příhraniční a centrální oblasti by přinesl velmi zavádějící výsledky.

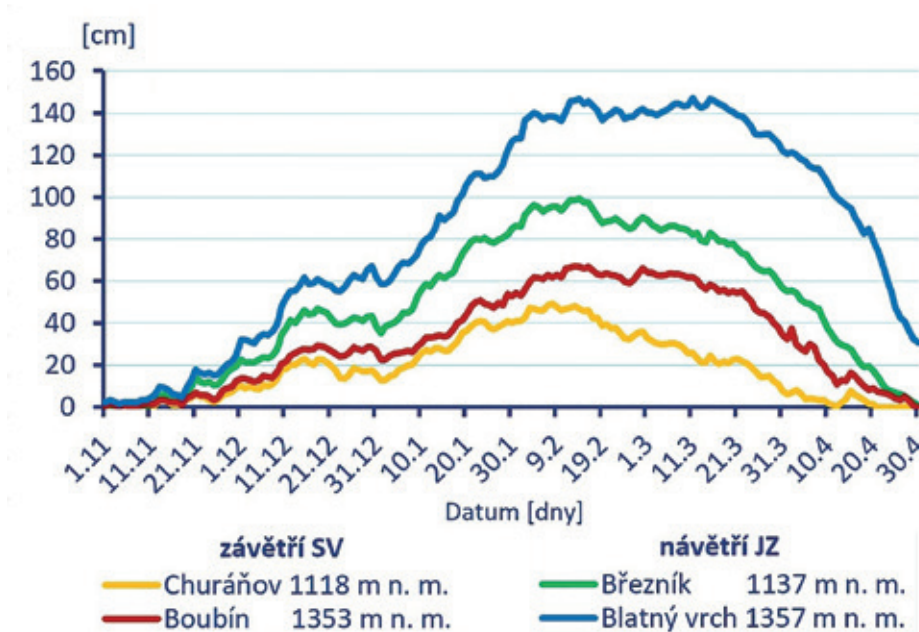
Prostorová analýza výšky sněhové pokrývky a tvorba klimatologických map vychází z naměřených hodnot pro danou

lokalitu a z nastavení parametrů použité metody interpolace jako je vzdálenost k příslušnému bodu měření. Hraje zde tedy významnou roli počet a rozmístění meteorologických stanic a v neposlední řadě typ podkladového reliéfu (digitální model terénu). Vzhledem k určité pravidelnosti chodu srážek v chladné zimní polovině roku (říjen–březen) je v případě Šumavy podstatná kromě nadmořské výšky i poloha dané stanice vůči převládajícímu srážkovému návětří, v tomto případě z jihozápadních až západních směrů, a srážkovému závětří na „vnitrozemské“ severozápadní části pohoří. Určitou závislost výšky sněhové pokrývky na nadmořské výšce vyjadřují hodnoty koeficientu determinace (R^2) a vynesené spojnice trendu, přičemž byly v prvním případě použity pouze stanice základní sítě ČHMÚ a ve druhém případě všechny stanice zaznamenávající výšku sněhu, tedy včetně ASNS (obr. 6). Navíc byly stanice orientačně rozděleny podle jejich polohy vůči zmíněnému srážkovému návětří (Šumava návětří JZ) a závětří (Šumava závětří SV). Vzhledem k nedostatečnému počtu základních



Obr. 6 Závislost výšky sněhové pokrývky (SCE_{max}) na nadmořské výšce z dat základních (ČHMÚ) a automatických stanic (ASNS) na srážkově návětřné (návětří JZ) a závětrné (závětří SV) straně Šumavy.

Fig. 6. Relationship of snow cover height (SCE_{max}) on altitude from data of basic (CHMI) and automatic stations (ASNS) on the precipitation windward (SW windward) and leeward (NE leeward) side of the Šumava mountains.



Obr. 7 Graf průběhu výšky sněhové pokrývky z horských meteorologických stanic Churáňov a Boubín (srážkové závětrí SV), Blatný vrch a Březník (srážkové návětrí JZ), průměr za období 2017/18–2022/23.

Fig. 7. Graph of the snow depth time series from the mountain weather stations Churáňov and Boubín (precipitation leeward NE), Blatný vrch and Březník (precipitation windward SW), average in the 2017/18–2022/23.

stanic ČHMÚ v příhraniční oblasti návětrí Šumavy a jejich tamní úplné absenci v nejvyšších polohách, není závislost SCE_{max} na nadmořské výšce zřejmá tak, jako u vyššího počtu a rovnoměrnějšího rozmístění stanic ASNS ($R^2 = 0,41$ oproti $R^2 = 0,95$). Z toho mimo jiné vyplývá zvýšená nepřesnost výpočtu klimatologických map při použití dat pouze ze základních stanic. V oblasti srážkového závětrí Šumavy, kde je základních stanic o poznání více a jsou rozmístěny v různých nadmořských výškách, je rozdíl v závislosti SCE_{max} na nadmořské výšce oproti ASNS minimální ($R^2 = 0,94$ resp. $R^2 = 0,98$). Při použití dat ze všech šumavských stanic ASNS je závislost SCE_{max} na nadmořské výšce o něco nižší ($R^2 = 0,89$) vzhledem k rozdílům daným právě polohou těchto stanic. Podobné je to i v případě použití dat ze všech základních stanic ($R^2 = 0,89$). Grafické vyjádření závislosti SCE_{max} na nadmořské výšce v oblasti Šumavy na návětrí a závětrí pomáhá vysvětlit, proč při absenci dat z postupně instalovaných ASNS docházelo k významnému podhodnocení výšek sněhu v nejvyšších polohách srážkového návětrí (zejména v oblasti Blatného vrchu a Mokruvek na centrálním hraničním hřebenu) a naopak nadhodnocování výšek sněhu v nejvyšších polohách srážkového závětrí Šumavy (např. v masivu vnitrozemského Boubína). Je proto zřejmé, že kromě obecně známého vlivu nadmořské výšky se na variabilitě hodnot výšky sněhu (SCE_{max}) v oblasti Šumavy uplatňuje díky orografii neméně významně i množství zimních srážek. Tyto dva faktory pak společně generují výrazně vyšší rozdíly v akumulaci sněhové pokrývky v různých polohách srážkového návětrí, oproti nižším rozdílům v různých polohách závětrné části pohoří.

Rozdíly mezi návětrím a závětrím Šumavy z pohledu sněhu lze díky instalovaným automatickým stanicím dokumentovat také například průběhem výšky sněhové pokrývky během

celé zimní sezony. Při porovnání průměrné výšky sněhu z posledních šesti sezon z nevyšše položené šumavské automatické stanice na Blatném vrchu (1 357 m n. m.) a stanici na Březníku (1 137 m n. m.) v návětrném příhraničí s průběhy výšky sněhu ze stanice na nejvyšším vnitrozemském vrcholu Boubín (1 353 m n. m.) a zdejší nevyšše položenou základní profesionální stanicí ČHMÚ na Churáňově (1 118 m n. m.) v závětrné vnitrozemské části Šumavy jsou zřejmé výrazné rozdíly (obr. 7). Pokud pomineme vliv nadmořské výšky na akumulaci a průběh výšky sněhové pokrývky, dokládají vliv orografie a polohy příslušných meteorologických stanic vzájemné rozdílné průběhy Churáňova a Březníku, respektive z Boubína a Blatného vrchu. Z toho vyplývá při interpretaci a interpolaci dat potřeba vždy analyzovat a zohlednit lokální podmínky v různých částech pohoří.

6. Závěr

Na příkladu Šumavy a Šumavského podhůří byl dokumentován význam automatických sněhoměrných stanic (ASNS) prostřednictvím klimatologických map a vyhodnocení maximální sezonní výšky sněhové pokrývky (SCE_{max}). Byly rovněž podrobněji popsány postupy importu, kontroly a zpracování dat pro účely archivace a dalšího využití dat o sněhu. Pro zpracování výstupů byly využity maximální výšky sněhové pokrývky naměřené v posledních šesti zimních sezonách na stanicích v síti základních meteorologických stanic ČHMÚ a z 27 ASNS instalovaných v oblasti Šumavy různými subjekty. Hodnocené období zimních sezon 2017/2018 až 2022/2023 se vyznačovalo převahou sněhově slabých zim, jen dvě se daly označit vzhledem k předcházejícímu období jako průměrné. Při použití dat pouze ze sítě základních stanic se ukázalo, že dochází k významnému podhodnocení výšky sněhové pokrývky v příhraničí, kde chyběla odpovídající měřená data, a zároveň v oblastech s vyšší nadmořskou výškou. Naopak v nižších nadmořských výškách v srážkově závětrné oblasti Šumavy se rozdíly ve výsledném porovnání prakticky neprojeví. Výpočet průměrných hodnot SCE_{max} pro jednotlivá výšková pásma zároveň ukázal, že rozdíly při použití dat jen ze základních stanic, nebo včetně ASNS jsou nejen, pokud jde o nadmořskou výšku, ale i v případě různé bohatosti sněžnosti zimy na sniž. Ve sněhově výrazně podprůměrné zimě se absence dat z ASNS projevila větší odchylkou SCE_{max} , než je tomu u zimy sněhově průměrné s dostatkem sněhu ve všech polohách. Z tohoto pohledu se v souvislosti s dlouhodobým trendem vývoje klimatu ukazuje vzrůstající přínos automatických sněhoměrných stanic pro přesnější určení sněhových poměrů, zejména pak v případě rozlehlějších horských oblastí s řídkou sítí základních stanic.

Podrobnější zpracování dat ze všech stanic včetně ASNS na Šumavě rovněž dokumentuje potřebu zohledňovat při hodnocení sněhových charakteristik specifika jednotlivých částí pohoří. S tím souvisí nezanedbatelná role místních pozorovatelů či alternativních prostředků pozorování, jakými jsou například webové nebo časosběrné kamery. Kromě doplnění stávající sítě základních stanic a klimatologických dat má měření sněhu pomocí ASNS širší význam i pro další aplikace, jako jsou počítání zásob vody ve sněhu, operativní předpovědi průtoků a zpřesnění hydrologické bilance, či informování širší veřejnosti o aktuálních stavech sněhu.

Poděkování:

Poděkování patří zejména všem pozorovatelům a provozovatelům meteorologických stanic, bez jejichž dlouhodobé a obětavé práce by nebylo možno údaje o sněhu měřit, archivovat a hodnotit. Navíc je potřeba poděkovat pozorovatelům profesionální meteorologické stanice Churáňov v čele s Jiřím Bednaříkem za spolupráci a konzultace v oblasti meteorologie a měření sněhových charakteristik. V souvislosti s instalacemi a provozem automatických sněhoměrných stanic na Šumavě se sluší vyjádřit poděkování za příkladnou spolupráci Správě Národního parku Šumava a členům Horské služby Šumava. Tato studie mohla být realizována především díky uvedeným provozovatelům ASNS a příslušným podpůrným programům, včetně například programu Strategie AV21 – Voda pro život, Operačním programům Životního prostředí (OPŽP) nebo jako součást řešení projektu „Predikce, hodnocení a výzkum citlivosti vybraných systémů, vlivu sucha a změny klimatu v Česku, PERUN“ (SS02030040), který je podporován Technologickou agenturou ČR. Poděkování patří samozřejmě také recenzentům a redakci časopisu Meteorologické zprávy za všechny připomínky, které pomohly zkvalitnit odbornou úroveň předkládané studie.

Literatura:

- BROWN, R. D., SMITH, C., DERKSEN, C., MUDRYK, L., 2021. Canadian In Situ Snow Cover Trends for 1955–2017 Including an Assessment of the Impact of Automation. *Atmosphere-Ocean*, Vol. 59, č. 2, s. 77–92. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/0705590.2021.1911781>.
- ČHMÚ, 2023. Hlásná a předpovědní povodňová služba – sněhové zpravodajství – sněhoměrné stanice [online]. [cit. 31. 3. 2023]. Dostupné z WWW: <https://hydro.chmi.cz/hpps/snh>.
- DONG, C., 2018. Remote sensing, hydrological modeling and in situ observations in snow cover research: A review. *Journal of Hydrology*, Vol. 561, s. 573–583. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.04.027>.
- ESRI, 2018a. Resources for ArcMap [online]. [cit. 11. 3. 2023]. Dostupné z WWW: <https://www.esri.com/enus/arcgis/products/arcgis-desktop/resources>.
- ESRI, 2018b. Getting the most out of Zonal Statistics [online]. [cit. 30. 3. 2023]. Dostupné z WWW: <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/spatial-analyst/analytics/getting-the-most-out-of-zonal-statistics/>.
- KŘIVANCOVÁ, S., VAVRUŠKA, F., 1997. Základní meteorologické prvky v jednotlivých povětrnostních situacích na území České republiky v období 1961–1990. *Národní klimatický program České republiky*, sv. 27. Praha: ČHMÚ. ISBN 80-85813-52-1, ISSN 1210-7565.
- NOLIN, A. W., SPROLES, E. A., RUPP, D. E., CRUMLEY, R. L., WEBB, M. J. et al., 2021. New snow metrics for a warming world. *Hydrological Processes*, Vol. 35, č. 6, s. 1–13. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/hyp.14262>.
- PORTENIER, C., HÜSLER, F., HÄRER, S., WUNDERLE, S., 2020. Towards a webcam-based snow cover monitoring network: methodology and evaluation. *The Cryosphere*, Vol. 14, s. 1409–1423. Dostupné z: <https://doi.org/10.5194/tc-14-1409-2020>.
- PROCHÁZKA, J., ROLČÍK, I., VOJVODÍK, A., MATOUŠEK M., 2017. Aktivity amatérských nadšenců pro doplnění poznatků o klimatu Šumavy. *Meteorologické zprávy*, roč. 70, č. 5, s. 143–148, ISSN 0026-1173.
- ŘIČICOVÁ, P., KIMLOVÁ, M., 2016. Možnosti využití měření a vypočtené vodní hodnoty sněhu pro stanovení zásob vody v povodí. In: Kimlová, M., Řičicová, P., Bercha, Š. (eds.): *XXI. Stretnutie sněžárrov: sborník příspěvků ze semináře*. Žitková 1.–3. 3. 2016, Praha: ČHMÚ, s. 31–36. ISBN 978-80-87577-75-2.
- STAROSTOVÁ, M., 2012. Měření srážek totalizátory na Šumavě. *Meteorologické zprávy*, roč. 65, č. 6, s. 180–183. ISSN 0026-1173.
- STŘÍŽ, M., 2008. Popis metod CLIDATA-GIS [online]. [cit. 30. 3. 2023]. Dostupné z WWW: <http://www.infomet.cz/fl/1295510217.pdf>.
- ŠERCL, P., 2008a. Hodnocení metod odhadu plošných srážek. *Meteorologické zprávy*, roč. 61, č. 2, s. 33–43. ISSN 0026-1173.
- ŠERCL, P., 2008b. AGHydroInterpolace (Interpoláční procedury pro ArcGIS). Uživatelská příručka. Praha: Český hydrometeorologický ústav.
- TANIS, C. M., LINDGREN, E., FREY, A., LATVA, L., ARSLAN, A. N., LUOJUS, K., 2023. Use of Webcams in Support of Operational Snow Monitoring. *Geosciences 2023*, Vol. 13, č. 3, s. 92. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/geosciences13030092>.
- USGS, 2022. EarthExplorer. United States Geological Survey [online]. [cit. 11. 3. 2023]. Dostupné z WWW: <https://earthexplorer.usgs.gov/>.
- USGS, 2018. USGS EROS Archive – Digital Elevation – Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 1 Arc-Second Global [online]. [cit. 11. 3. 2023]. Dostupné z: <https://doi.org/10.5066/F7PR7TFT>.
- VAVRUŠKA, F., 2011. Měření srážek totalizátory na Šumavě. *Šumava*, č. 3, s. 16–17. ISSN 0862-5166.
- WALDER, J., KŘIŽKA, F., TOLASZ, R., ŘEPKA, M., 2021. Návod na správu a užívání java aplikace Clidata. Poslední úprava 5. května 2021. Ostrava: ČHMÚ.
- WMO, 2018. Measurement of Cryospheric Variables. Vol. II, Guide to Instruments and Methods of Observation, WMO-8, World Meteorological Organization, 42 s.

Lektoři (Reviewers):

**Ing. Roman Juras, Ph.D.,
prof. Ing. Jaroslav Škvarenina, CSc.**

Scénáře budoucích změn nebezpečných sdružených událostí ve střední Evropě

Climate change scenarios of hazardous compound events in Central Europe

Ondřej Lhotka

Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v. v. i.
Boční II/1401, 141 00 Praha 4;
Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i.
Bělidla 986/4a, 603 00 Brno
✉ ondrej.lhotka@ufa.cas.cz

Eva Plavcová

Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v. v. i.
Boční II/1401, 141 00 Praha 4

Jan Stryhal

Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v. v. i.
Boční II/1401, 141 00 Praha 4

Jan Kyselý

Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v. v. i.
Boční II/1401, 141 00 Praha 4;
Česká zemědělská univerzita
Fakulta životního prostředí
Kamýcká 129, 165 00 Praha–Suchbát

Many recent high-impact weather and climate events developed due to several concurrent climatic drivers amplifying their negative impacts on society and environment. In this paper, we analyse scenarios of future changes in cold-windy and dry-hot compound events in Central Europe, using an ensemble of CORDEX regional climate models forced by two possible greenhouse gas concentration pathways (low-emission RCP4.5 and high-emission RCP8.5). A distinct decrease of compound cold-windy days was found. At the end of the 21st century, the frequency of these days is projected to decrease by 64% (86%) under the RCP4.5 (8.5) pathway (against the 1970–2000 period). By contrast, climate models simulate longer of dry-hot seasons over Central Europe. In mid-21st century, their median length is projected to increase by 5–20 days regardless of the concentration pathway. At the end of the 21st century, dry-hot seasons are projected to become longer by as much as a whole month under RCP8.5. Although model simulations are to some extent uncertain, scenarios of possible future changes in compound events can be useful in adaptation to ongoing climate change.

KLÍČOVÁ SLOVA: modely klimatické – dny mrazové – události sdružené – sucho – vítr – vlny veder – změna klimatu

KEYWORDS: climate change – climate models – compound events – drought – frost days – heat waves – wind

1. Úvod

Globální změna klimatu je spjata se stále čtenějším výskytem extrémních povětrnostních událostí (Stott et al. 2016). Tyto změny, které jsou nejnápadnější v případě vln veder či období abnormálně vysokých teplot obecně (Philip et al. 2022), můžeme pozorovat i ve střední Evropě. Nedávné rekordně vysoké teploty ze začátku ledna 2023, ničivý požár v národním parku České Švýcarsko v létě 2022 (Možný et al. 2022) či velmi suché období mezi lety 2015 a 2018 (Büntgen et al. 2021) umocněné výraznými letními vlnami veder (Lhotka, Kyselý 2022a) jsou pouze částí z celkového výčtu příkladů posledních let.

Rizika určitých extrémních situací mohou být umocněna působením dalších meteorologických jevů. Příkladem je období velmi vysokých teplot v kombinaci se srážkovým deficitem a vysokou rychlostí větru, což zvyšuje riziko požárů. V některých případech nemusí být jednotlivé jevy ze statistického hlediska nutně extrémní, jelikož klíčové je jejich společné působení. To ukázal Možný et al. (2022) na rozboru meteorologických podmínek během již zmíněného požáru v Českém Švýcarsku, během kterého byly tropické dny zaznamenány pouze výjimečně, ovšem kvůli spolupůsobení přetrvávajícího sucha a čerstvého větru se lesní požár mohl několik dní nekontrolovaně šířit. Z tohoto důvodu nese tato událost znaky tzv. sdružené události.

Sdružená událost (v angličtině compound event) je definována na základě společného působení několika přírodních faktorů, které pak negativně ovlivňují společnost a ekosystémy. Zscheischler et al. (2020) rozdělili tyto události do čtyř základních kategorií: i) předem podmíněné – jeden činitel předchází druhému (typickým příkladem jsou povodně způsobené deštěm padajícím na sněhovou pokrývku, která začne následně odtávat a umocňovat povodňovou vlnu), ii) vícerozměrné – společné působení více faktorů (například tvorba nebezpečných sněhových jazyků a závějů kvůli kombinaci nízkých teplot, vydatného sněžení a silného větru), iii) po sobě následující (příkladem mohou být dvě či více srážkově intenzivní události v krátkém intervalu, což způsobí záplavy) a iv) prostorově sdružené – kdy velkoprostorový modulátor (například El Niño – Jižní oscilace) může zapříčinit současný výskyt sucha v několika světových regionech s vážnými dopady na globální potravinovou bezpečnost.

V březnu roku 2023 skončila jedna z akcí evropské spolupráce ve vědeckém a technickém výzkumu (COST), zabývající se mechanismy a modelováním sdružených událostí (CA17109 DAMOCLES; 2018–2023; <https://www.cost.eu/actions/CA17109/>). Akce COST slouží především ke koordinování evropského výzkumu a prohloubení vědecké spolupráce mezi jednotlivými členskými státy. Náš tým přispíval do tohoto projektu především v rámci páte pracovní skupiny zaměřené na modelování sdružených událostí, a navíc se podílel i na jeho vedení.

Cílem tohoto článku je informovat českou odbornou komunitu o možných scénářích změn vybraných sdružených událostí v budoucím klimatu, které vycházejí z výstupů navázaných na COST akci DAMOCLES a další projekty od národních poskytovatelů. Článek se zaměřuje na scénáře změn studených–větrných dnů a suchých–horkých sezon ve střední Evropě, tedy na dva příklady událostí s vážnými dopady na společnost i ekosystémy.

2. Použitá data – klimatické modely

Pro studium změn vlastností atmosféry při nárůstu koncentrací skleníkových plynů se používají klimatické modely, které simulují procesy probíhající v klimatickém systému. Jelikož nelze z principu zjistit, který z modelů poskytuje nejvěrohodnější projekce změny klimatu (skutečné budoucí klima nemůžeme znát), používá se soubor (ansámbl) několika modelů, který může naznačit rozsah a pravděpodobnost možných změn. Pro studium sdružených událostí bylo zpracováno 18 simulací regionálních klimatických modelů, vytvořených předními světovými modelovými centry pro iniciativu EURO-CORDEX (Jacob et al. 2020). Jelikož regionální klimatický model pracuje pouze na omezené oblasti (v našem případě Evropy a přilehlého Atlantiku), je řízen daty z globálního klimatického modelu přes okrajové podmínky. Výhodou tohoto přístupu je detailnější prostorové rozlišení v zájmové oblasti, než by mohl poskytnout samotný globální klimatický model.

Modelové simulace byly vybrány tak, aby každý ze tří regionálních klimatických modelů byl postupně spárován se třemi modely globálními (tab. 1). Další dostupné regionální klimatické modely nebyly využity, jelikož nejsou řízeny danou trojicí globálních klimatických modelů, a došlo by tak k porušení vyváženosti ansámbly modelových simulací. Vytvořený soubor celkem devíti párů klimatických modelů byl využit pro projekce budoucího klimatu podle dvou scénářů vývoje koncentrací skleníkových plynů (Representative Concentration Pathways – RCP; van Vuuren et al. 2011). Zatímco scénář RCP4.5 předpokládá od poloviny 21. století pokles antropogenních emisí skleníkových plynů, RCP8.5 uvažuje rozsáhlé využívání fosilních paliv během celého století.

Použitá modelové simulace mají prostorové rozlišení přibližně 12,5 km a jsou dostupné až do roku 2100. Tato a další data lze pro výzkumné účely bezplatně získat z portálu ESGF (Earth System Grid Federation; <https://cordex.org/data-access/esgf/>). Míra schopnosti klimatických modelů simulovat sdružené události je diskutována v kapitole 5.

Tab. 1 Použité kombinace regionálních a globálních klimatických modelů.

Table 1. Combinations of regional and global climate models used.

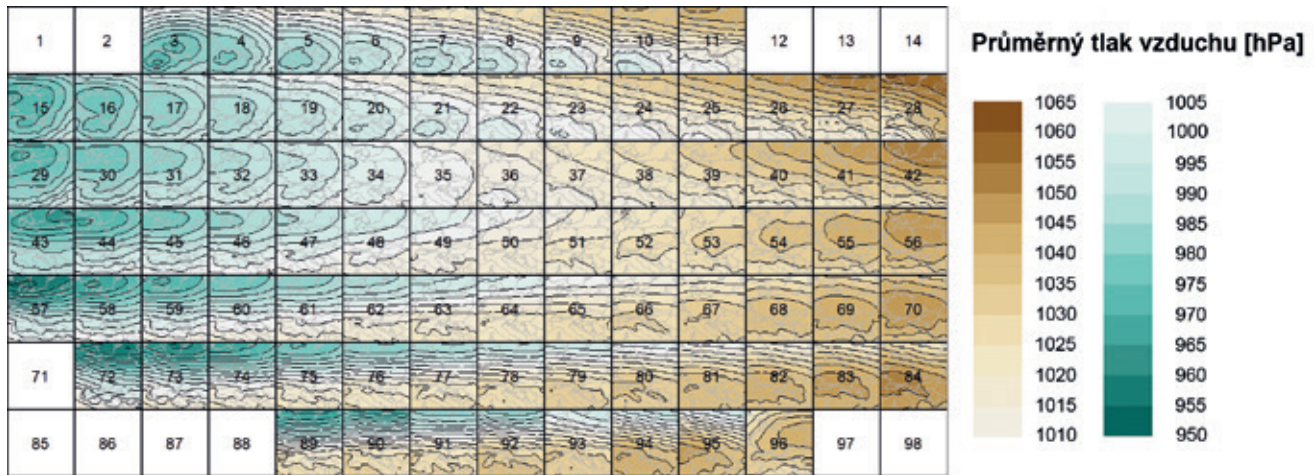
Institut	Regionální klimatický model	Globální klimatický model	#
Climate Limited-area Modelling Community (CLMcom)	COSMO-CCLM4-8-17	CNRM-CM5(r1i1p1)	1
		ICHEC-EC-EARTH (r12i1p1)	2
		MOHC-HadGEM2-ES (r1i1p1)	3
The Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI)	RACMO22E	CNRM-CM5(r1i1p1)	4
		ICHEC-EC-EARTH (r12i1p1)	5
		MOHC-HadGEM2-ES (r1i1p1)	6
Swedish Meteorological and Hydrological Institute (SMHI)	RCA4	CNRM-CM5(r1i1p1)	7
		ICHEC-EC-EARTH (r12i1p1)	8
		MOHC-HadGEM2-ES (r1i1p1)	9

3. Studené–větrné dny

Společné působení nízkých teplot vzduchu a vysoké rychlosti větru negativně ovlivňuje tepelný komfort člověka (wind chill factor) a působí problémy v dopravě (tvorba sněhových jazyků a závějí), energetice (poškození vedení vysokého napětí) i dalších sektorech.

3.1 Metodika

Pro analýzu byla vybrána kombinace výskytu mrazových dnů (minimální denní teplota nižší než 0 °C) s výskytem silného větru (nejvyšší denní náraz větru ve výšce 10 m větší než 12 m·s⁻¹). Změny četnosti výskytu tohoto typu sdružených událostí mezi historickým klimatem (1970–2000) a klimatem konce 21. století (2070–2100) byly porovnány pro simulace s použitím obou výše uvedených scénářů vývoje koncentrací skleníkových plynů. Pro zjištění vazeb mezi studenými–větrnými dny a atmosférickou cirkulací byla denní pole přízemního tlaku vzduchu redukováného na hladinu moře (v období listopad až březen) klasifikována do 98 typů. Klasifikace je založena na metodě Sammonova mapování, umožňující nelineární projekci denních polí do dvoudimenzionální mapy. V Sammonově mapě jsou dny s podobnou cirkulací umístěny v těsném sousedství. Rozdělením mapy do regionů a vypočítáním průměrných polí pro každý region tedy získáváme kontinuum typů atmosférické cirkulace, což je ilustrováno na obrázku 1. Velikost regionů a hranice mezi nimi jsou cíleně zvoleny tak, aby odlišovaly vzácně se vyskytující dny s výjimečnou cirkulací vedoucí k extrémním meteorologickým jevům (okrajové regiony mapy) od tlakových polí blízkých sezonnímu průměru (velmi početné typy ve střední části mapy). Postup je detailně popsán ve studii Stryhala a Plavcové (2023).



Obr. 1 Průměrný tlak vzduchu redukovaný na hladinu moře ve střední Evropě v jednotlivých cirkulačních typech. Každý čtverec vymezuje území 41–59° SŠ a 6–25° VD.

Fig. 1. Mean sea level pressure over Central Europe in circulation types. Each map shows the region 41–59° N and 6–25° E.

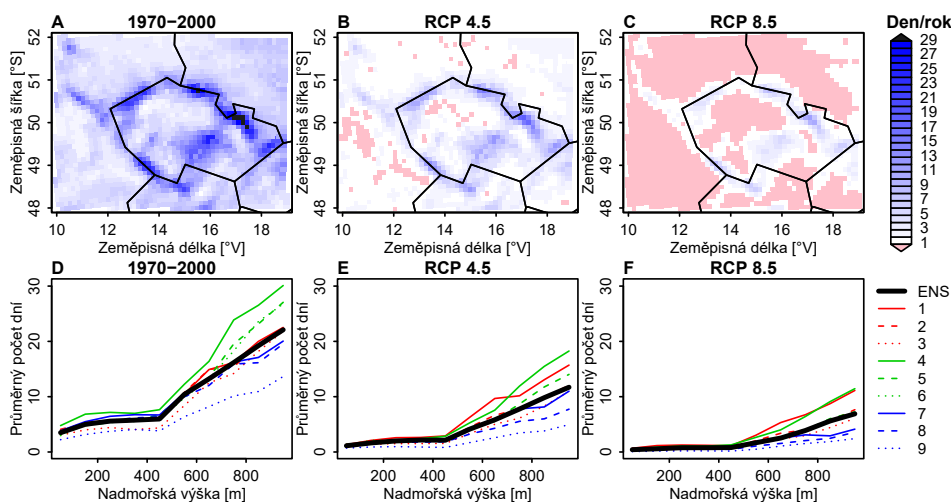
3.2 Četnost studených a větrných dní a její možné změny

Výskyt sružených studených–větrných dní je silně závislý na nadmořské výšce (obr. 2A). Klimatické modely v období 1970–2000 simulují průměrně 5 takových dní za rok v nižších polohách (pod 400 m n. m.) a 18,5 dne v nadmořských výškách nad 700 m. Největší četnost studených–větrných dní je v nejvyšších oblastech Krkonoše a Jeseníků, až 37 dní za rok. V žádné oblasti neklesá v historickém období průměrná četnost pod 2 dny za rok. Nicméně rozdíly mezi jednotlivými simulacemi existují a závisí jak na konkrétním regionálním modelu, tak na řídicím modelu globálním (obr. 2D). Počet studených–větrných dní je téměř poloviční v běhu RCA4 řízeném HadGEM vůči běhu RACMO22E řízeném CNRM-CM5. Rozdíly mezi jednotlivými simulacemi se zvětšují s narůstající nadmo-

skou výškou (obr. 2D), což souvisí s obecně obtížnější simulací atmosférických procesů v horském terénu.

Na konci 21. století (2070–2100) klimatické modely udávají výrazné snížení četnosti výskytu studených–větrných dní, přičemž míra tohoto poklesu závisí především na uvažovaném scénáři vývoje koncentrací skleníkových plynů. V rámci scénáře RCP4.5 je medián změny mezi historickým a budoucím klimatem roven –64 % (5,9 vs. 2,1 dny za rok) a v případě scénáře RCP8.5 je tento pokles ještě výraznější (–86 %, 5,9 vs. 0,8 dny za rok). V modelových simulacích vychází větší relativní úbytek studených–větrných dní v nižších polohách než ve vyšších nadmořských výškách (–66 % vs. –52 % při použití RCP4.5). Tyto události se v nížinách střední Evropy tak stanou poměrně vzácnými – růžová barva na obrázku 2B–C vyznačuje oblasti, kde k těmto jevům může docházet v průměru méně než jedenkrát za rok. Nicméně je třeba zdůraznit, že rozsah budoucích průměrných hodnot v oblastech pod 400 m n. m. je poměrně velký (0,2–2,2 dny za rok) a závisí na zvoleném modelu a scénáři.

Zatímco všechny simulace v budoucím klimatu udávají oteplování a úbytek studených dní, větrných dní v zimním období v některých modelových běžích přibývá. Bylo zjištěno, že pokles četnosti sružených studených–větrných dnů nicméně nejdu jednoduše vysvětlit jen změnami četností studených dní a větrných dní. To znamená, že v klimatických modelech vychází nižší míra výskytu studeného a větrného počasí zároveň, než by vyplývalo pouze ze změn samostatně uvažovaných studených a větrných dnů. To vysvětlujeme na základě budoucích změn vlastností cirkulačních typů (kap. 3.3).



Obr. 2 Průměrná roční četnost sružených studených–větrných dní ve střední Evropě v historickém období (1970–2000) a dvou scénářích budoucího klimatu (2070–2100) a jejich vztah k nadmořské výšce v souboru modelových simulací. ENS značí medián souboru simulací, číslice odpovídají pořadí simulací v tab. 1.

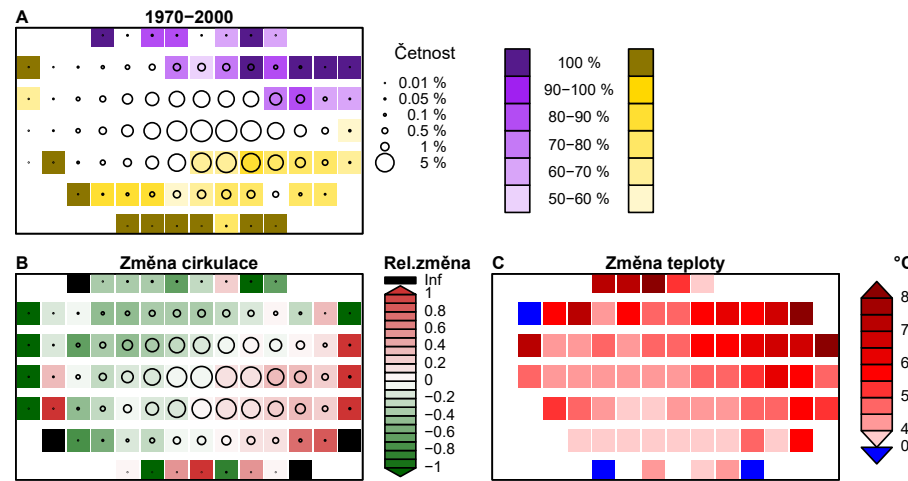
Fig. 2. Mean annual frequencies of compound cold-windy days over Central Europe in the historical run (1970–2000) and two future climate scenarios (2070–2100) and their links to altitude. ENS denotes the model ensemble median; the numbers refer to the model ranking shown in Table 1.

3.3 Vazby studených a větrných dní na atmosférickou cirkulaci

Sdružené studené–větrné dny jsou spjaty s cirkulačními typy charakterizovanými východním až jihovýchodním prouděním. Pro tyto typy je určující přítomnost anticyklony nad Skandinávským poloostrovem a/nebo cyklony v oblasti západního Středomoří (porovnání obrázků 1 a 3A). Přítomnost anticyklony s centrem nad střední Evropou, která přináší nízká denní teplotní minima, k výskytu studených a větrných dnů nevede z důvodu malých rychlostí větru. Rovněž větrné západní až se-

verozápadní proudění vznik sdružených studených a větrných dnů nepodporuje kvůli nedostatečně nízkým teplotám.

Klimatické modely udávají, že se v budoucnu změní zastoupení atmosférické cirkulace, která ke studeným a větrným sdruženým situacím vede (na obrázku 3A se jedná o cirkulační typy vyznačené fialovou barvou), ve prospěch té, která naopak s těmito situacemi spojena není (na obrázku 3A typy vyznačené žlutě). Zatímco četnost typů vedoucích ke studeným–větrným dnům (podle scénáře RCP8.5) v budoucím klimatu v průměru klesne z 6,6 % na 5,7 %, typů nepříznivých pro tyto situace v průměru přibude (z 26 % na 29 %, obr. 3B).



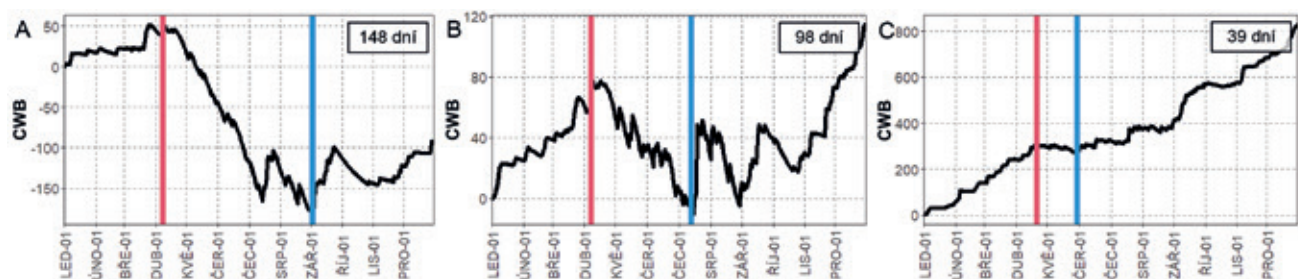
Obr. 3 (A) Cirkulační typy ve vztahu ke sdruženým studeným–větrným dnům v historickém klimatu. Fialové jsou znázorněny typy vedoucí k těmto dnům, žluté typy nepříznivé. Barevná škála značí, jaké procento modelů se shoduje na statisticky významném vztahu, velikost kruhu udává průměrnou sezonní četnost cirkulačního typu. **(B)** Relativní změna četnosti typu mezi budoucím (RCP8.5, 2070–2100) a historickým klimatem. Černá barva značí typy zastoupené pouze v budoucím klimatu. Hodnota 1 odpovídá 100% změně (zdvojnásobení četnosti) vůči historickému klimatu. **(C)** Jako (B), ale pro změnu průměrné denní minimální teploty. Řazení typů odpovídá obr. 1.

Fig. 3. (A) Circulation types conducive (magenta) and non-conductive (yellow) to compound cold-windy days in historical climate simulations. The colour scale shows the percentage of models that agree on a statistically significant relationship; the size of the symbol shows the mean seasonal circulation type frequency. (B) Relative change in circulation type frequency between future (RCP8.5, 2070–2100) and historical climates. Black colour denotes types that occur only in the future climate. The value of 1 corresponds to the 100% change (doubling the frequency) with respect to the historical climate. (C) As in (B), except for change in mean daily minimum temperature. Ordering of types as in Figure 1.

4. Suché–horké sezony

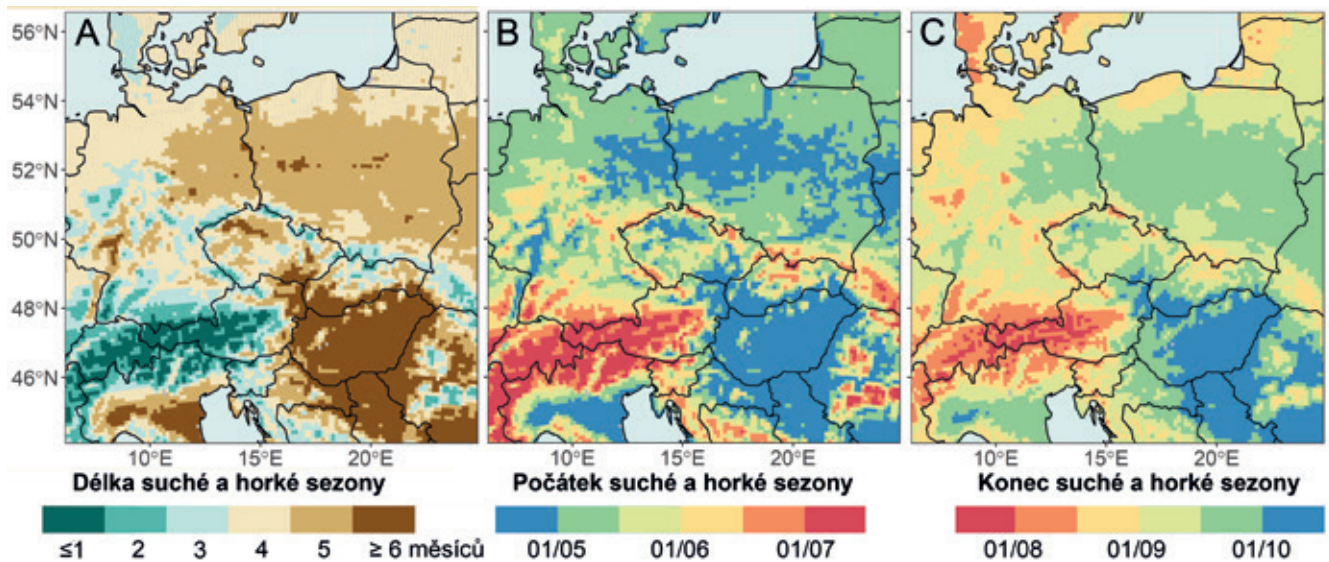
4.1 Metodika

Na rozdíl od předchozího typu sdružených událostí je obtížné analyzovat kombinaci sucha a horka v denním kroku. Sucho je totiž na rozdíl od mezidených změn teploty vzduchu typické svým pozvolným nástu-



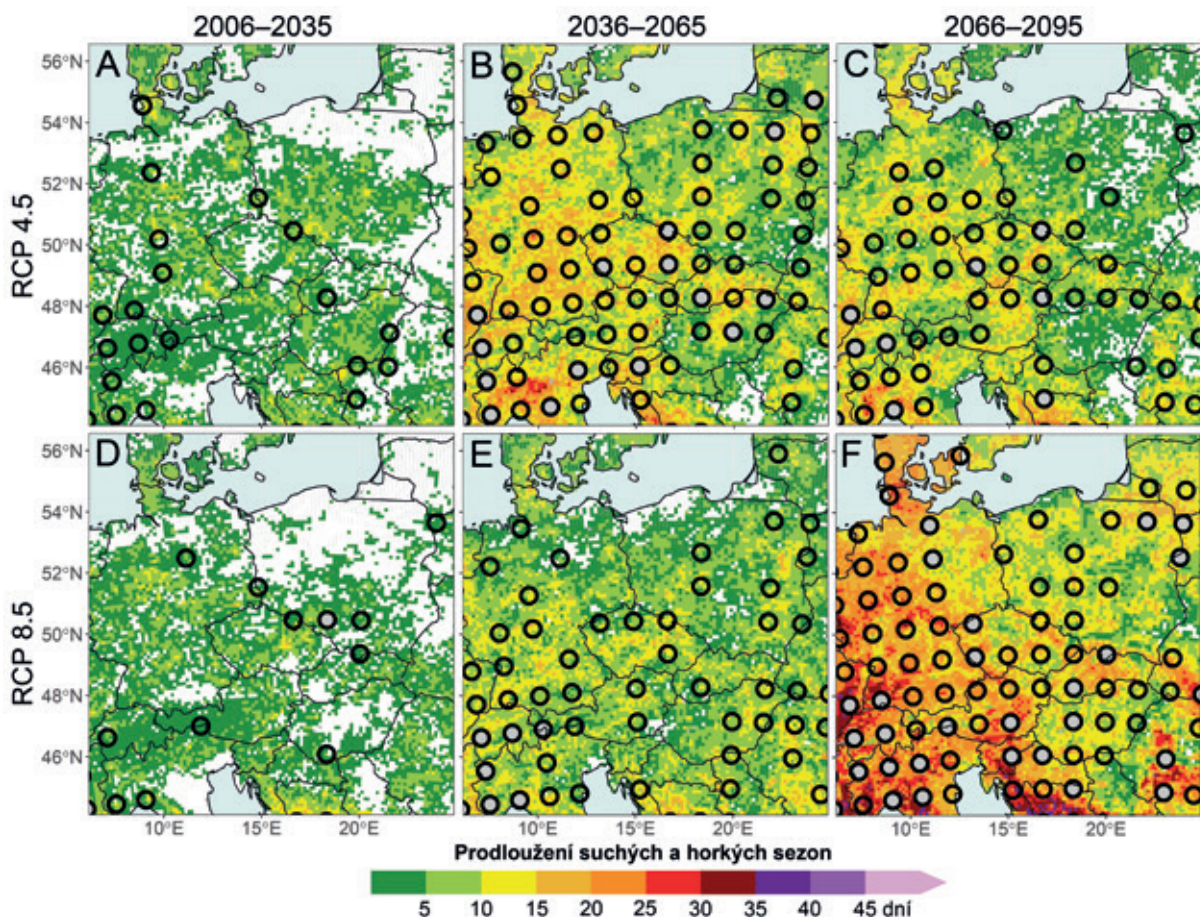
Obr. 4 Ukázka vymezení suchých–horkých sezon v součtových řadách denních rozdílů mezi srážkami a potenciální evapotranspirací (Climatic Water Balance; CWB). Příklad dat E-OBS (Cornes et al. 2018) z roku 2001 pro (A) jižní Moravu (~49° SŠ, 17° VD), (B) Českomoravskou vrchovinu (~50° SŠ, 16° VD), a (C) podhůří Krkonoš (~50,5° SŠ, 16° VD). Červená (modrá) svislá čára označuje počátek (konec) suché–horké sezony. Číslo v pravém horním rohu jednotlivých panelů značí její délku.

Fig. 4. Definition of dry–hot seasons using cumulative sum series of daily differences between precipitation and potential evapotranspiration (Climatic Water Balance, CWB). Examples from the E-OBS data (Cornes et al. 2018) for year 2001 for (A) South Moravia (~49° N, 17° E), (B) Bohemian–Moravian Highlands (~50° N, 16° E), and (C) foothills of the Krkonoše Mountains (~50,5° N, 16° E). Red (blue) vertical line indicates an onset (termination) of dry–hot season. Number in the upper-right edge of the panel represents its length.



Obr. 5 Sdružené suché–horké sezony v modelových simulacích pro historické období (1976–2005). Medián jejich (A) délek, (B) data počátku a (C) data konce.

Fig. 5. Compound dry–hot seasons in model simulations for the historical period (1976–2005). (A) median length, (B) median date of the beginning, (C) median date of the end.



Obr. 6 Simulované změny délky sdružených suchých–horkých sezon mezi historickým obdobím 1976–2005 a budoucími obdobími 2006–2035, 2036–2065 a 2066–2095 na základě scénářů vývoje koncentrací skleníkových plynů RCP4.5 (A–C) a 8.5 (D–F). Bílá barva znázorňuje místa, kde nedochází k prodloužení. Plná (prázdná) kolečka označují regiony, kde všechny (alespoň 7 z 9) modelové simulace předpokládají prodloužení suchých–horkých sezon (pro lepší přehlednost byl vyhodnocován každý desátý uzlový bod v poledníkovém i rovnoběžkovém směru).

Fig. 6. Changes in the length of compound hot–dry seasons in 2006–2035, 2036–2065 and 2066–2095, relative to the historical period (1976–2005), based on RCP4.5 (A–C) and RCP8.5 (D–F). White areas show no extensions. Filled (empty) circles denote regions in which all (at least 7 out of 9) model simulations project extensions of the seasons (for better clarity, every tenth grid point was evaluated in the meridian and parallel direction).

pem i odezněním (Singh et al. 2021). Z tohoto důvodu byly místo jednotlivých dní zkoumány vlastnosti tzv. sdružených suchých–horkých sezon, které byly definovány jako období prohlubujícího se vláhového deficitu. Tyto sezony bývají ve střední Evropě několik týdnů až měsíců dlouhé a určují období náchylné k výskytu sucha a horka. Vláhová bilance byla stanovována na denní škále na základě rozdílu mezi množstvím srážek a potencionální evapotranspirací odhadovanou na základě Oudinovy metody (Oudin et al. 2005). Z těchto denních rozdílů byly vytvořeny roční součtové řady pro určení počátku a konce suché a horké sezony na základě největšího rozdílu mezi lokálním maximem a následným minimem v součtové řadě (obr. 4).

4.2 Délka suchých–horkých sezon a jejich možné změny

Medián délek sdružených suchých–horkých sezon v historickém období (1976–2005), simulovaný souborem klimatických modelů (tab. 1), je znázorněn na obr. 5A. Ve střední Evropě se pohybuje v rozmezí od několika týdnů ve vrcholových částech hor po více než půl roku v nížinách. S tím souvisí rozdílné počátky (obr. 5B) a konce (obr. 5C) suchých–horkých sezon. Zatímco ve středoevropských nížinách trvají od dubna do září až listopadu (třicetiletý medián), na horách jsou omezeny pouze na letní měsíce.

V následujícím kroku byly vyhodnoceny rozdíly mediánu délek sdružených suchých–horkých sezon mezi historickým (1976–2005) a třemi budoucími obdobími (2006–2035, 2036–2065 a 2066–2095) pro scénáře vývoje koncentrací skleníkových plynů RCP4.5 a 8.5. Simulované změny mediánu se liší na základě zkoumaného období, scénáře RCP i zájmového regionu (obr. 6). Ve střední Evropě je prodloužení suchých–horkých sezon patrné již v období 2006–2035, které by se dalo označit jako simulované současné klima. Modelové výsledky jsou tak v souladu s pozorovanými trendy nárůstu teploty vzduchu a sucha (Jaagus et al. 2022). Průměrné prodloužení suchých–horkých sezon (na základě průměru z devíti modelových simulací) je však v tomto období relativně malé (5–10 dní, obr. 6A,D).

Klimatické modely předpokládají pokračování trendu vysušování středoevropské krajiny i nadále. V rámci scénáře RCP4.5 je pro období 2036–2065 simulován nárůst mediánu délky suchých–horkých sezon až o 20 dní. Pro scénář RCP8.5 je jejich prodloužení překvapivě méně výrazné (5–15 dní; obr. 6B,E), což je způsobeno simulovaným nárůstem srážek, který kompenzuje zvyšování teploty. Na konci 21. století (2066–2095) jsou změny suchých–horkých sezon velmi odlišné v závislosti na použitém scénáři vývoje koncentrací skleníkových plynů. Zatímco v rámci RCP4.5 k jejich dalšímu prodloužení oproti předchozímu období 2036–2065 nedochází (obr. 6B,C), pro scénář RCP8.5 je změna délky suchých–horkých sezon velmi nápadná (+15–30 dní oproti 1976–2005; obr. 6F), což by v některých lokalitách znamenalo o třetinu delší suché–horké sezony.

5. Diskuse a závěr

V článku byly představeny projekce poklesu četnosti sdružených studených–větrných dní v zimě a prodloužení suchých–horkých sezon v teplé části roku. Při interpretaci těchto projekcí je ale třeba přihlídnout k nejistotám, které jsou s nimi

spjaty – míra nárůstu globální teploty je totiž v jednotlivých klimatických modelech různá a navíc úzce souvisí s budoucím vývojem koncentrací skleníkových plynů v atmosféře. Proto byl pro určení středních hodnot budoucích změn studených–větrných dnů a suchých–horkých sezon použit soubor modelových simulací, využívající jak scénář koncentrací skleníkových plynů RCP4.5, tak RCP8.5 (van Vuuren et al. 2011). Je třeba ale zdůraznit, že tyto dva scénáře nepostihují všechny možné směry vývoje skleníkových plynů v atmosféře, jelikož socio-ekonomický vývoj společnosti, zpětné vazby klimatického systému nebo změny v ukládání uhlíku v oceánech jsou velmi obtížné předvídatelné (IPCC 2021). Uvažování velkého množství takovýchto scénářů by navíc neúměrně prodloužilo výpočetní dobu modelových simulací.

Vybraný soubor modelových simulací (tab. 1) byl před výpočtem budoucích projekcí validován na historických datech. Plavcová a Kyselý (2019) zjistili, že simulované vazby mezi atmosférickou cirkulací a studenými dny v regionálních klimatických modelech (včetně těch použitých v tomto článku) relativně dobře odpovídají pozorovaným datům. Použité regionální klimatické modely byly také schopny reprodukovat negativní korelace mezi teplotou vzduchu a srážkami v létě, nicméně tento vztah byl o něco těsnější než v pozorovaných datech (Lhotka, Kyselý 2022b). Simulované suché–horké sezony měly tendenci být v historickém období o něco kratší z důvodu jejich pozdního počátku, nicméně tento nedostatek se projevoval spíše ve Středomoří a západní Evropě.

Věrohodnost modelových simulací potvrzuje i studie od Ridderové et al. (2020), která prokázala relativně dobrou schopnost klimatických modelů reprodukovat sdružené deštivé–větrné a suché–horké události mimo jiné i v Evropě.

Pro budoucí změny obou analyzovaných typů sdružených událostí ve střední Evropě byl důležitější nárůst teploty než změny v charakteristikách větru či srážek. Například prodloužení suchých–horkých sezon v modelových simulacích odpovídá pozorovanému trendu nárůstu tropických dnů ve střední Evropě (Zahradníček et al. 2022). Na druhou stranu jsme ale také ukázali, že vedle změny počtu mrazových dnů mohou mít na počet studených–větrných dní v budoucnosti vliv i změny atmosférické cirkulace a vazeb mezi přízemním klimatem a cirkulačními typy (například jejich rozdílné oteplování). V budoucím klimatu tedy očekáváme pokles výskytu nebezpečných zimních studených–větrných dnů, které mohou na konci 21. století z nížin téměř vymizet, i v důsledku poklesu četnosti cirkulačních typů pro tyto události příznivých. Na druhou stranu klimatické modely předpokládají pokračování trendu vysušování středoevropské krajiny v teplé části roku, a to především z důvodu nárůstu teploty vzduchu (podobně jako v dalších světových regionech, He et al. 2021). Vyšší teplota vzduchu vede k vyššímu výparu, který podle většiny modelových simulací nebude dostatečně kompenzován vyššími úhrny srážek.

Pokračující vysušování krajiny bude znamenat nutnost přijetí adaptačních opatření nejen ve vodohospodářství, ale i v zemědělství, lesnictví a dalších sektorech. Návrhy a zhodnocení konkrétních adaptačních opatření jsou mimo možnosti tohoto krátkého článku, stejně tak jako analýza dalších typů sdružených událostí. Například přímořské oblasti jsou čím dál častěji ohrožovány kombinací rostoucí hladiny moře, bouřlivého přílivu a povodňových vln přicházejících z vnitrozemí. Další podrobné analýzy a budoucí projekce sdružených událostí, spolu s tvorbou varovných systémů

mů a návrhem vhodných adaptačních opatření, představují výzvy do dalších let, které navážou na nedávno skončenou COST akci DAMOCLES.

Poděkování:

Analýza studených a větrných dnů byla provedena za podpory Grantové agentury České republiky (GA ČR; projekt číslo GJ-19-24425Y, řešitelka E. Plavcová). Změny suchých a horkých sezon byly zkoumány v rámci projektu GA20-28560S (řešitel J. Kyselý) od stejného poskytovatele. Rámec studie sdružených událostí byl vytvořen během COST akce CA17109 DAMOCLES a navázaného projektu INTERCOST (LTC19044, řešitel O. Lhotka) financovaného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy ČR. Autoři děkují také iniciativě CORDEX za volně dostupné modelové simulace.

Literatura:

- BÜNTGEN, U., URBAN, O., KRUSIC, P. J., RYBNÍČEK, M., KOLÁŘ, T. et al., 2021. Recent European drought extremes beyond Common Era background variability. *Nature Geosciences*, roč. **14**, s. 190–196. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/s41561-021-00698-0>.
- CORNES, R., VAN DER SCHRIER, G., VAN DEN BESSELAAR, E. J. M., JONES, P., 2018. An Ensemble Version of the E-OBS Temperature and Precipitation Datasets, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, roč. **123**, s. 9391–9409. Dostupné z: <https://doi.org/10.1029/2017JD028200>.
- HE, Y., FANG, J., XU, W., SHI, P., 2021. Substantial increase of compound droughts and heatwaves in wheat growing seasons worldwide. *International Journal of Climatology*, roč. **42**, s. 5038–5054. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/joc.7518>.
- IPCC, 2021. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Dostupné z: <https://doi.org/10.1017/9781009157896>.
- JAAGUS, J., AASA, A., ANISKEVICH, S., BOINCEAN, B., BOJARIU, R. et al., 2022. Long-term changes in drought indices in eastern and central Europe. *International Journal of Climatology*, roč. **42**, s. 225–249. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/joc.7241>.
- JACOB, D., TEICHMANN, C., SOBOLOWSKI, S., KATRAGKOU, E., ANDERS, I. et al., 2020. Regional climate downscaling over Europe: perspectives from the EURO-CORDEX community. *Regional Environmental Change*, roč. **20**, č. článku 51. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01606-9>.
- LHOTKA, O., KYSELÝ, J., 2022a. The 2021 European heat wave in the context of past major heat waves. *Earth and Space Science*, roč. **9**, č. článku e2022EA002567. Dostupné z: <https://doi.org/10.1029/2022EA002567>.
- LHOTKA, O., KYSELÝ, J., 2022b. Precipitation–temperature relationships over Europe in CORDEX regional climate models. *International Journal of Climatology*, roč. **42**, s. 4868–4880. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/joc.7508>.
- MOŽNÝ, M., OUŠKOVÁ, V., VLACH, V., HÁJKOVÁ, L., 2022. Výjimečný přírodní požár v Národním parku České Švýcarsko v létě 2022. *Meteorologické zprávy*, roč. **75**, č. 5, s. 144–150. ISSN 0026-1173.
- LOUDIN, L., HERVIEU, F., MICHEL, C., PERRIN, C., ANDRÉASSIAN et al., 2005. Which potential evapotranspiration input for a lumped rainfall–runoff model? *Journal of Hydrology*, roč. **303**, s. 290–306. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.08.026>.
- PHILIP, S. Y., KEW, S. F., VAN OLDENBORGH, G. J., ANSLOW, F. S., SENEVIRATNE, S. I. et al., 2022. Rapid attribution analysis of the extraordinary heat wave on the Pacific coast of the US and Canada in June 2021, *Earth System Dynamics*, roč. **13**, s. 1689–1713. Dostupné z: <https://doi.org/10.5194/esd-13-1689-2022>.
- PLAVCOVÁ, E., KYSELÝ, J., 2019. Temporal Characteristics of Heat Waves and Cold Spells and Their Links to Atmospheric Circulation in EURO-CORDEX RCMs. *Advances in Meteorology*, roč. **2019**, č. článku 2178321. Dostupné z: <https://doi.org/10.1155/2019/2178321>.
- RIDDER, N. N., PITMAN, A. J., UKKOLA, A. M., 2020. Do CMIP6 Climate Models Simulate Global or Regional Compound Events Skillfully? *Geophysical Research Letters*, roč. **48**, č. článku e2020GL091152. Dostupné z: <https://doi.org/10.1029/2020GL091152>.
- STRYHAL, J., PLAVCOVÁ, E., 2023. On using self-organizing maps and discretized Sammon maps to study links between atmospheric circulation and weather extremes. *International Journal of Climatology*, Vol. **43**, s. 2678–2698. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/joc.7996>.
- SINGH, C., JAIN, G., SUKHWANI, V., SHAW, R., 2021. Losses and damages associated with slow-onset events: urban drought and water insecurity in Asia. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, roč. **50**, s. 72–86. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2021.02.006>.
- STOTT, P. A., CHRISTIDIS, N., OTTO, F. E. L., SUN, Y., VANDERLINDEN, J.-P. et al., 2016. Attribution of extreme weather and climate-related events. *WIREs Climate Change*, roč. **7**, s. 23–41. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/wcc.380>.
- VAN VUUREN, D. P., EDMONDS, J., KAINUMA, M., RIAHI, K., THOMSON, A. et al., 2011. The representative concentration pathways: an overview. *Climatic Change*, roč. **109**, č. článku 5. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0148-z>.
- ZAHRADNÍČEK, P., BRÁZDIL, R., ŘEHOŘ, J., LHOTKA, O., DOBROVOLNÝ, P. et al., 2022. Temperature extremes and circulation types in the Czech Republic, 1961–2020. *International Journal of Climatology*, roč. **42**, s. 4808–4829. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/joc.7505>.
- ZSCHEISCHLER, J., MARTIUS, O., WESTRA, S., BEVACQUA, E., RAYMOND, C. et al., 2020. A typology of compound weather and climate events. *Nature Reviews Earth & Environment*, roč. **1**, s. 333–347. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0060-z>.

Lektoři (Reviewers):

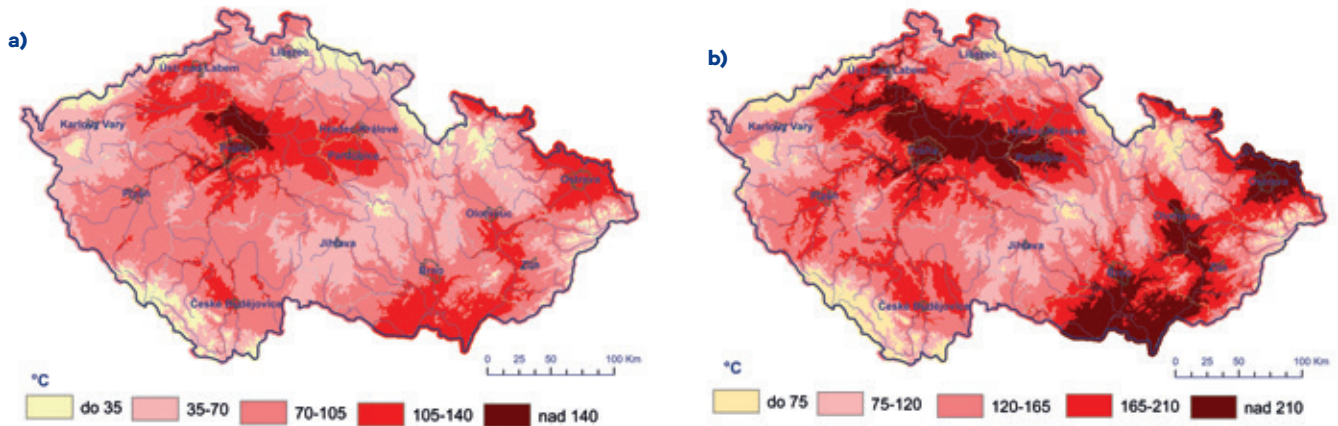
RNDr. Radim Tolasz, Ph.D., doc. Mgr. Peter Huszár, Ph.D.

POČASÍ A ROSTLINY

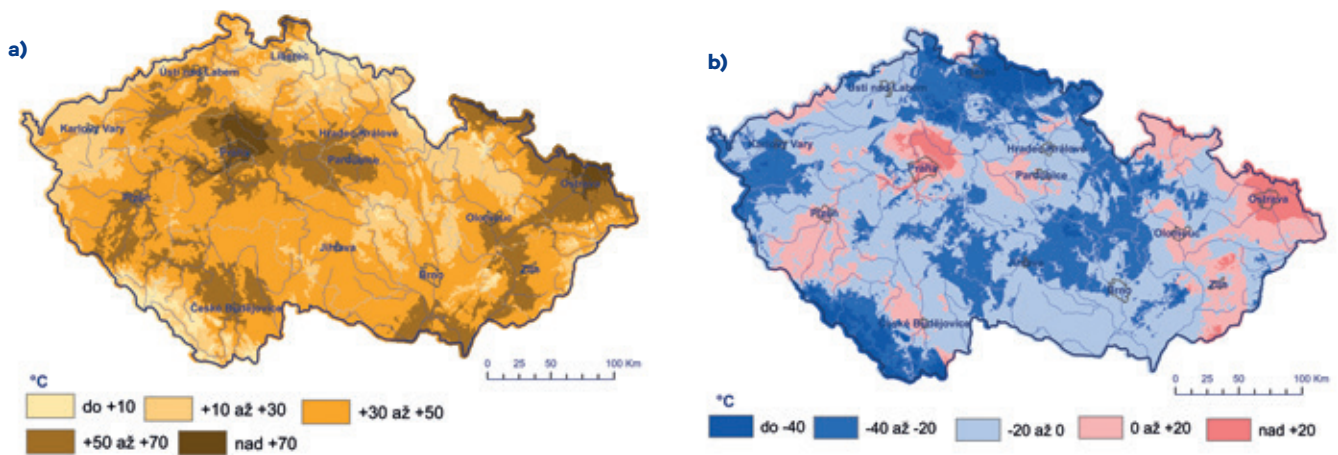
Fenologický vývoj na území ČR od ledna do dubna 2023

V tomto čísle vyhodnotíme časové období od 1. března do 30. dubna 2023. Při hodnocení vybraných charakteristik je používán normál 1991–2020.

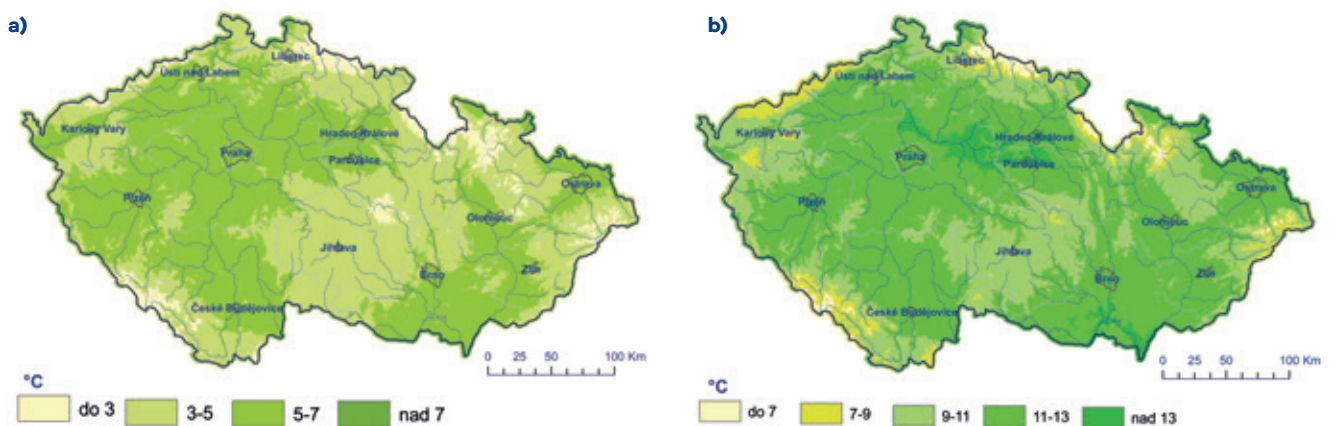
Celkovou sumu **efektivních teplot nad 5 °C** od 1. 1. 2023 do 31. 3. 2023 a 30. 4. 2023 a její srovnání s normálem 1991–2020 zobrazují následující mapy (obr. 1, 2). Absolutní hodnoty sumy efektivních teplot vzduchu nad 5 °C byly v březnu v rozmezí od 35 do 140 °C, v dubnu od 75 do 210 °C (v obou měsících to bylo o pár stupňů více než v roce 2022). Nejvyšší hodnoty byly naměřeny v Polabí, Poohří, středních Čechách



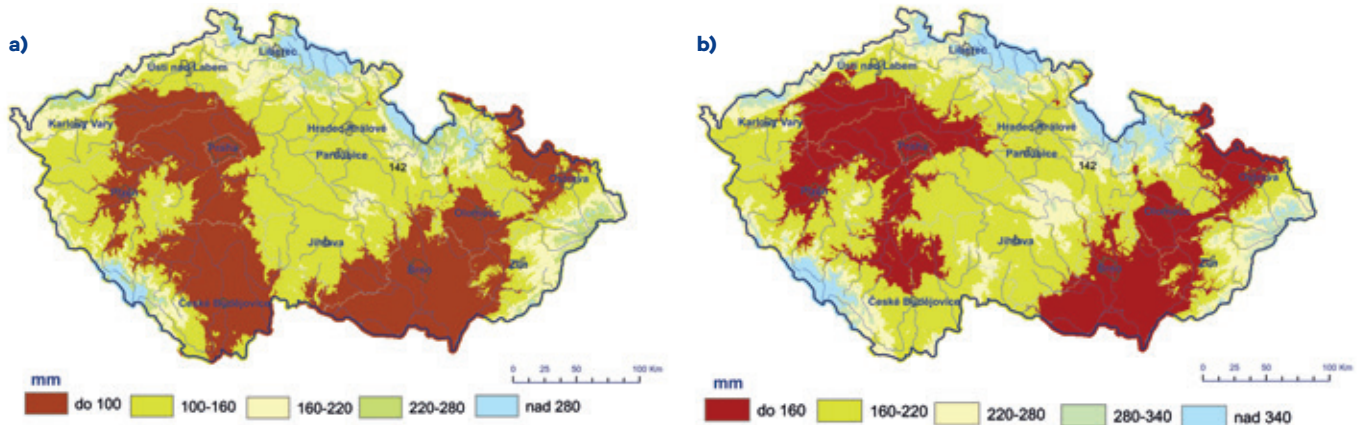
Obr. 1 Suma efektivních teplot vzduchu nad 5 °C od 1. 1. 2023 do 31. 3. 2023 (a) a do 30. 4. 2023 (b).



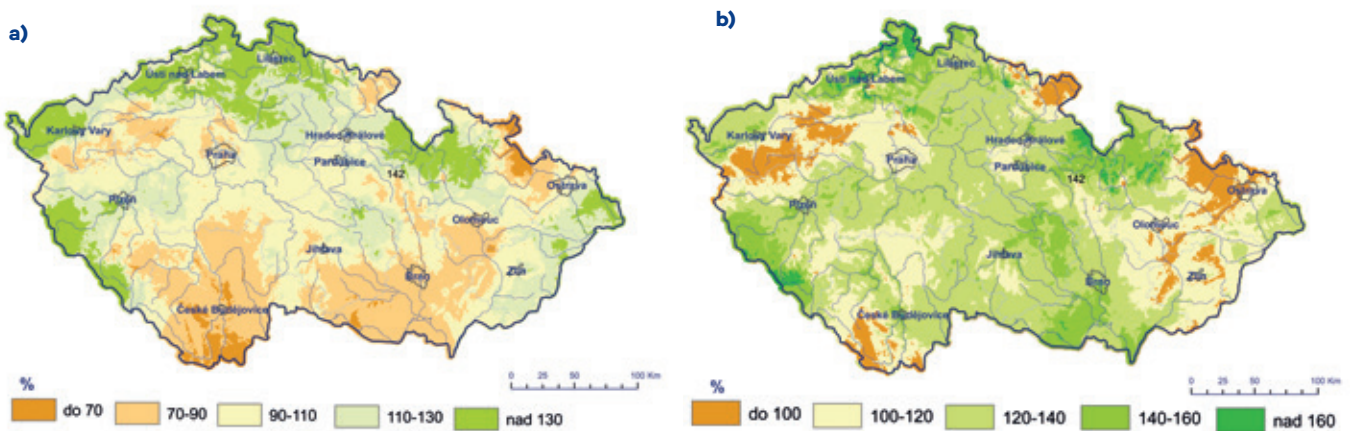
Obr. 2 Suma efektivních teplot vzduchu nad 5 °C – odchylka od normálu 1991–2020 od 1. 1. 2023 do 31. 3. 2023 (a) a do 30. 4. 2023 (b).



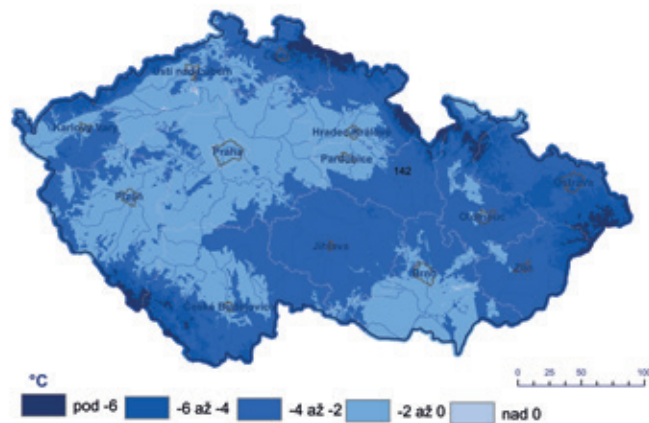
Obr. 3 Průměrná denní teplota půdy v hloubce 10 cm dne 31. 3. 2023 (a) a 30. 4. 2023 (b).



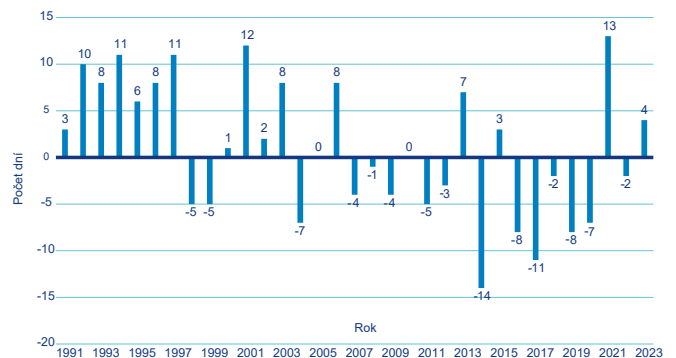
Obr. 4 Kumulativní úhrn srážek k 31. 3. 2023 (a) a 30. 4. 2023 (b).



Obr. 5 Kumulativní úhrn srážek (procenta normálu 1991–2020) k 31. 3. 2023 (a) a 30. 4. 2023 (b).



Obr. 6 Minimální teplota vzduchu 28. 3. 2023 (°C).



Obr. 7 Počátek kvetení břízy bělokoré na stanici Benešov u Prahy (odchylky od normálu 1991–2020).

a na jižní a severní Moravě. Odchylky od normálu 1991–2020 byly v březnu na celém území kladné, ale duben byl chladnější a odchylky od normálu byly na 2/3 území záporné.

Průměrná denní teplota půdy v hloubce 10 cm dne 31. 3. 2023 a 30. 4. 2023 je uvedena na obrázku 3. V březnu se průměrná denní teplota půdy v hloubce 10 cm pohybovala v rozmezí 3 až 7 °C, v dubnu 7 až 13 °C. Při srovnání s rokem 2022 byly hodnoty velmi podobné.

Kumulativní úhrn atmosférických srážek od 1. 1. 2023 do 31. 3. 2023 a 30. 4. 2023 a procentické vyjádření normálu 1991–2020 jsou vykresleny na obrázcích 4 a 5. Nejnižší kumulativní úhrn srážek byl zaznamenán ve středních, západních a jižních Čechách, na jižní Moravě, Olomoucku a Ostravsku. Ve srovnání s normálem 1991–2020 dosahovaly hodnoty v březnu na části území Čech a Moravy pouze 70 až 90 % normálu. V dubnu byla situace výrazně lepší – 100 až 160 % normálu



Obr. 8 Rozkvetlý šefík u Nuselského mostu v Praze na začátku dubna 2023. Foto: Věra Kožnarová.

na celém území, a to i ve srovnání s rokem 2022, kdy v dubnu na velké části území dosahovaly kumulativní srážky 60–80 % normálu a nedostatek srážek komplikoval vzcházení zemědělských plodin.

V době květu meruněk a broskvoní nás trápily mrazy, 28. 3. 2023 byla minimální teplota vzduchu -6 až 0 °C (ve 2 m nad povrchem). Podobná se situace se bohužel opakovala i v první a poslední dekádě dubna, kdy již kvetly další ovocné stromy (např. třešně).

V průběhu března se rostliny začaly probouzet z vegetačního klidu, a ačkoliv bylo neustále relativně chladno, tak vegetace

se vyvíjela s předstihem. Sněženky kvetly na mnoha lokalitách déle než měsíc (např. na stanici Benešov u Prahy začaly kvést 16. února a odkvetly až 27. března). I podběl vykvetl na mnoha místech již na konci února a kvetl až do druhé poloviny dubna. Byliny jarního aspektu jsme si vzhledem ke kolísání teplot mohli relativně dlouho užít (více než 2 měsíce). Na začátku dubna začaly kvést javory mléče a v průběhu dubna se výrazně olistovaly některé dřeviny (bezy, hlohy, šeršiky, lísky, jírovce, lípy a další). Fenologické plné jaro začalo ve třetí dekádě dubna. Na mezinárodní fenologické zahrádce v Doksanech rozkvetla třešeň ptačí téměř na den stejně jako v roce 2022, a to 17. dubna. Na konci dubna jsme již mohli vidět první květy hluchavek či jahodníků, a dokonce již i poupata konvalinek (na stanici Chrudim nastala butonizace konvalinky vonné již 30. dubna). Vzhledem k výskytu mrazů v březnu a dubnu pomrzly kromě květů ovocných dřevin i některé jehnědy (např. olše lepkavé a šedé v lokalitě Machov) či květy devětsilů (též na lokalitě Machov). Z pylových alergenů kvetly v březnu a dubnu olše, vrby, habry, jasany, topoly, jilmy, javory, a pylová sezóna břízy, nejvýznamnějšího pylového alergenu, začala ve druhé polovině dubna. Odchytky od normálu počátku kvetení břízy na stanici Benešov u Prahy jsou uvedeny na obr. 7. Na konci dubna se vývoj vegetace dostal do normálu, pouze na horách byl její vývoj stále mírně opožděný.

A jedna fenologická zajímavost – v Praze, kousek od Nuselského mostu, rozkvetl na začátku dubna šefík (obr. 8). Je to o více než měsíc dříve než je v Praze obvyklé.

Další informace o vývoji vegetace a počasí v roce 2023 vám přineseme v následujícím čísle.

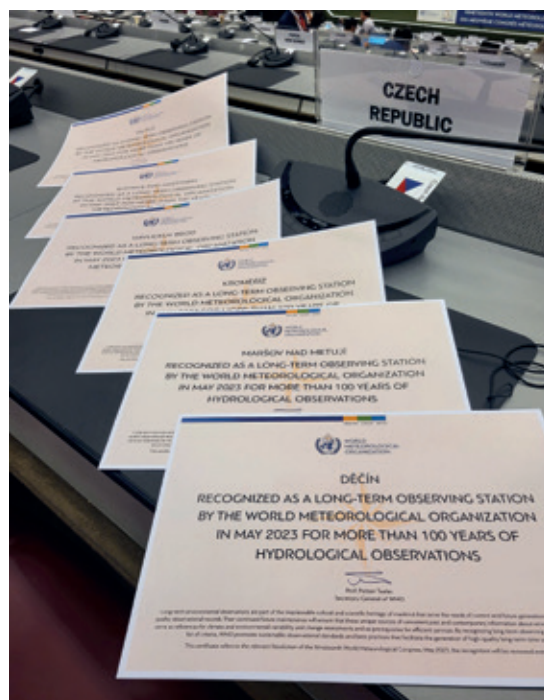
Lenka Hájková

INFORMACE – RECENZE

Ocenění stoletých řad pozorování v klimatických a hydrologických stanicích ČHMÚ

S délkou pozorované řady výrazně narůstá její hodnota a přínos pro pochopení variability klimatického a vodního režimu, trendů, které se v nich objevují, a především statistice extrémních hodnot. Udržení nepřetržitého pozorování, které by vyhodnocení v uvedeném smyslu umožňovalo je velkou výzvou, která přesahuje několik generací odborníků, kteří si to vytkli za cíl.

Pro zdůraznění významu dlouhodobě pozorujících stanic a zviditelnění jejich významné společenské hodnoty uděluje WMO ocenění právě takovýmto stanicím. Jednotlivé státy mohou na základě výzvy WMO navrhnout až tři stanice, u nichž zdokumentují historii pozorování, homogenitu řady, a poskytnou další informace o stanici. Veškeré podklady jsou posouzeny skupinou expertů WMO a stanice, které procesem posouzení prošly s úspěchem, jsou zařazeny do seznamu stoletých stanic (WMO 2023) a je jim vystaven certifikát.



Tab. Dosud oceněné stanice na našem území, které obdržely certifikát Centennial Observing Station.

Stanice	Typ stanice	Měřené prvky	Začátek pozorování	Rok zařazení	Aktuální poloha stanice		
					Zem. šířka	Zem. délka	Nadm. výška [m n. m.]
Klatovy	Klimatická	Teplota vzduchu, úhrn srážek*	1897	2021	49°23'26"	13°18'11"	421
Opava	Klimatická	Teplota vzduchu, úhrn srážek	1857	2017	49°55'44"	17°52'43"	268
Šumperk	Klimatická	Teplota vzduchu, úhrn srážek	1865	2021	49°58'27"	16°58'03"	328
Přerov	Klimatická	Teplota vzduchu, úhrn srážek	1874	2021	49°27'52"	17°27'32"	210
Praha, Klementinum	Klimatická	Teplota vzduchu, úhrn srážek*	1775	2018	50°05'11"	14°24'59"	190,7
Milešovka	Klimatická	Teplota vzduchu, úhrn srážek, tlak vzduchu, vlhkost vzduchu, rychlost a směr větru	1905	2021	50°33'18"	13°55'51"	830,5
Havlíčkův Brod	Klimatická	Teplota vzduchu, úhrn srážek	1856	2023	49°36'43"	15°34'47"	452
Valtice	Klimatická	Úhrn srážek	1895	2023	48°44'45"	16°45'33"	195
Bystřice pod Hostýnem	Klimatická	Teplota vzduchu, úhrn srážek	1865	2023	49°23'47"	17°40'14"	314
Děčín (Labe)	Hydrologická	Q _{denní}	1888	2023	50°46'56"	14°12'35"	120
Maršov nad Metují (Metuje)	Hydrologická	Q _{denní}	1911	2023	50°31'48"	16°11'23"	418
Kroměříž (Morava)	Hydrologická	Q _{denní}	1916	2023	49°18'08"	17°23'55"	183

*začátek pozorování je uvedený pro prvek, který je pozorován delší dobu.

Před konáním 19. kongresu WMO proběhlo třetí kolo nominací a hodnocení klimatických stanic a poprvé rovněž proběhlo vyhodnocení stanic monitorujících hydrologické jevy na tocích a stanic monitorujících výšku hladiny moře. Právě v případě hydrologických stanic byl ČHMÚ mezi prvními národními službami, které využily možnost hydrologické nominace. Mezi celkově oceněnými 22 stanicemi tak byly i tři stanice pozorující průtok na českých tocích. Mezi nominacemi nemohla samozřejmě chybět nejdéle spojitě pozorující vodoměrná stanice v Děčíně na Labi. Ta je mimo jiné významná i jakýmsi „doplněním“ dat o historických extrémech v podobě povodňových značek na zámecké skále a značek s letopočty na tzv. hladovém kameni na levém břehu, které se všechny nacházejí v podstatě v jednom profilu.

Druhá nejstarší nominovaná stanice je v Maršově na Metují, ta je v celosvětovém kontextu významná tím, že se jedná o profil na relativně malém a málo ovlivněném vodním toku. Nominace pak doplnila stanice na Moravě v Kroměříži.

Ocenění získaly rovněž klimatické stanice v Havlíčkově Brodě, Valticích a Bystřici pod Hostýnem.

Literatura:

WMO, 2023. Centennial Observing Stations [online]. World Meteorological Organization [cit. 10. 6. 2023]. Dostupné z WWW: <https://public.wmo.int/en/our-mandate/what-we-do/observations/centennial-observing-stations>.

Jan Daňhelka

Polsko vybuduje v Baltském moři větrnou farmu výkonnější než Temelín

Polsko připravuje výstavbu obřího komplexu větrných turbín blízko nejsevernější části polského pobřeží Baltu, u města Leba, přibližně na severozápad od Gdaňska. Turbíny budou rozmístěny v moři ve vzdálenosti asi 25–50 km od pobřeží.

K výstavbě mořské větrné farmy, která bude mít instalovaný výkon 2,5 GW (pro srovnání: Temelín 2,25 GW), spojily své síly největší polský producent a distributor elektřiny PGE, obdoba českého ČEZu, a světová špička v mořské větrné energetice, dánská polostátní firma Orsted, respektive její pobočka v Polsku.

Farma bude sestávat ze dvou částí: Baltica 2 (asi 1,5 GW) na západě a Baltica 3 (asi 1 GW) na východě areálu. Obě mají být v plném provozu do roku 2030. Jako dodavatel větrných turbín pro část Baltica 2 byla vybrána firma Siemens Gamesa. Turbíny objednané pro část Baltica 2 mají instalovaný výkon 14 MW. Jde tedy o výkonnější stroje než turbíny téhož výrobce, které byly použity v nyní (jaro 2023) nejvýkonnější mořské větrné farmě na světě (1,3 GW) – Forsea 2 v Severním moři, blízko střední části východního pobřeží Velké Británie. Turbíny Siemens Gamesa ve Forsea 2 mají výkon „jen“ 8 MW. O dodavateli turbín pro část Baltica 3 zatím nebylo rozhodnuto, ale patrně to nebudou turbíny menšího výkonu než ty, které budou tvořit část Baltica 2. Celkový počet turbín obou částí farmy, tedy Baltica 2+3, bude asi 180.

Výhledově, po roce 2030, bude vybudována ještě mořská větrná farma Baltica 1 s instalovaným výkonem asi 0,9 GW (což



Mořská větrná farma. Zdroj: Adobe Stock.

není započítáno do výše uvedeného instalovaného výkonu Baltica 2+3). Farma Baltica 1 bude dílem jen polské firmy PGE, bez účasti zahraničního partnera.

Při projektování větrné farmy je věnována velká pozornost ochraně životního prostředí, přírody a krajiny. Tím je motivována poměrně velká vzdálenost turbín od pobřeží a chráněných částí moře – Slupské lavice, mělčiny, která je významným zdrojem potravy pro ptactvo. Budou zachovány koridory pro přelety ptáků, elektrické kabely budou položeny tak, aby nerušily pláže a chráněné části krajiny.

Počítá se s tím, že z větrné farmy budou mít prospěch obce na pobřeží. Dostanou část daní placených farmou, vzniknou tam nová pracovní místa, stavba podpoří celkový rozvoj regionu.

Podle průzkumu veřejného mínění, který byl objednan polským Ministerstvem klimatu a životního prostředí, velká většina obyvatel Polska rozvoj mořských větrných farem v polských vodách podporuje.

Podle tvůrců větrné farmy Baltica 2+3 bude farma vydatný zdroj levné energie, spolehlivý a v souladu s ochranou životního prostředí. Bude dodávat elektřinu odpovídající poptávce asi 4 milionů polských domácností.

Dovolil jsem si porovnat instalované výkony větrné farmy a jaderné elektrárny, abych zdůraznil mohutnost větrného zdroje. Samozřejmě víme, že skutečný výkon větrné elektrárny dosáhne hodnoty jejího instalovaného výkonu jenom za optimálních meteorologických podmínek. Velké větrné elektrárny dosahují výkonu rovného jejich instalovanému výkonu při rychlosti větru ve výšce osy rotoru turbíny (předpokládám, že v Baltice to bude výška blízka 100 m nad hladinou moře) kolem $14 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Takové podmínky se v dotyčné oblasti vyskytují běžně, zejména v zimě, ale pravda je, že výkon větrné farmy nebude vyšší než výkon Temelína vždycky. (Výkon větrné elektrárny závisí na dvou meteorologických veličinách: je přímo úměrný hustotě vzduchu a třetí mocnině rychlosti větru. Hustota vzduchu je – na rozdíl od rychlosti větru – poměrně málo proměnlivá.)

Význam větrné energetiky není jenom v tom, že to je zdroj energie, ale také v tom, že režim výkonu větrných elektráren se skvěle doplňuje s režimem výkonu solárních elektráren. Když je výkon větrných zdrojů velký, je výkon těch solárních malý a naopak. To platí hlavně v ročním chodu, ale i v krátkodobé variabilitě výkonu obou typů zdrojů.

Baltica 2+3 bude výjimečné dílo, které pozitivně ovlivní prestiž Polska ve světě. Zaslouhuje náš obdiv.

Literatura:

Baltica, 2023. Baltica 2+3 by PGE & Ørsted [online]. [cit. 14. 6. 2023]. Dostupné z WWW: <https://baltica.energy/pl-pl>.

Marcin Poznań – osobní sdělení (tisk. mluvčí PGE Baltica, marcin.poznan@gkpg.pl) dne 14. 6. 2023.

Ivan Sládek

19. Kongres WMO

Od 22. května do 2. června proběhlo v Ženevě 19. zasedání Kongresu Světové meteorologické organizace (WMO). Řádný Kongres se koná jednou za 4 roky a jeho náplní bývá volba nového vedení WMO, schválení strategického plánu a nejdůležitějších regulativních dokumentů usměrňujících fungování organizace v následujících 4 letech.

Strategický plán na následující období zůstal bez výraznějších změn, 19. Kongres potvrdil platnost stávajících 5 strategických cílů organizace:

- Naplňovat potřeby společnosti lepšími službami
- Zlepšit pozorování a předpovědi systému Země
- Rozvinout cílený výzkum
- Zaplnit mezery v kapacitách členů organizace
- Strategické sladění struktury WMO a jejich programů.

Významnější změnou bylo pouze doplnění dalšího dílčího cíle 1.5 zaměřeného na problematiku rozvoje služeb pro oblasti vysokohorského prostředí, kryosféry, jejich změn a jimi daných dopadů níže v povodí.

Leitmotivem jednání Kongresu byla diskuze nad reakcí organizace na novou iniciativu iniciovanou generálním tajemníkem OSN Antonio Guterresem Early Warning for All (EW4All), která si klade za cíl zajistit všem obyvatelům planety službu včasné výstrahy do roku 2027. WMO přitom logicky hraje klíčovou úlohu v části zajištění monitoringu a předpovědi hydrometeorologických jevů jako nejčastějšího druhu přírodních nebez-



Panelová diskuse hydrologického shromáždění na téma Přístup hydrologie v rámci systému Země k dosažení EW4All (Early Warnings for All).

pečí. Dosud probíhající aktivity WMO přirozeně na zlepšování schopností monitorovat a předpovídat nebezpečné jevy směřovaly, bude však nutné dosavadní řešení zintenzivnit a rozšířit z dosud řešených oblastí světa na všechny zbývající problematické části, kde lidé dosud výstrahy nedostávají.

V oblasti rozpočtu byla na jednání rozpočtové komise zamítnuta varianta rozpočtu označovaná jako návrh generálního tajemníka předpokládající nárůst cca 7 %. Postupně byla upřesňována varianta „zero real growth“ představující nárůst rozpočtu ve výši 2,4 %, kdy se podařilo všechny priority organizace, včetně zmiňované iniciativy EW4All, začlenit do uvedených variant. Nad uvedenou variantou panovala všeobecná shoda a rozpočet tak byl schválen ve výši 278 071 400,- CHF na následující 4 roky 2024–2027.

Kongres dále potvrdil pracovní strukturu svých těles a přijal menší úpravy v tzv. terms of reference technických komisí (INFCOM a SERCOM), výzkumné rady (Research Board) a doporučil úpravy u panelů a dalších těles zřízených Výkonnou radou (Executive Council), která jejich schválení formálně provedla na svém 77. zasedání bezprostředně navazujícím na jednání Kongresu.

Kromě toho se Kongres zabýval dokumenty z technických komisí a výzkumné rady, které vyžadují schválení Kongresem. V rámci tematického bloku k rozvoji kapacit (capacity development) bylo předneseno prohlášení Ukrajiny, které bylo formulováno jako informace o nemožnosti plnit požadavky dané technickými regulacemi v oblasti zabezpečení měření na území, kde probíhá válka vedená Ruskem. Prohlášení podpořily země EU včetně ČR.

Ve volbách, které proběhly na závěr Kongresu, na funkci generálního tajemníka organizace uspěla již v prvním kole prof. Celeste Saulo z Argentiny, která se své role v čele ženevského sekretariátu ujme od ledna 2024. Novým prezidentem organizace je Abdulla Al Mandous ze Spojených Arabských Emirátů, 1. vice prezidentem se stal Daouda Konate z Pobřeží Slonoviny, 2. vice prezidentem je Eoin Moran z Irska a 3. vice prezidentem Mrutyunjay Mohapatra z Indie.

V rámci Kongresu probíhalo 3. zasedání hydrologického shromáždění (Hydrological Assembly) jako otevřené stálé komise kongresu. Předsedou byl zvolen Jan Daňhelka, zástupce České republiky, který bude v následujícím období do příštího Kongresu plnit roli předsedy hydrologického koordinačního panelu (Hydrological Coordination Panel) a nově schválené role hydrologického poradce prezidenta WMO.

Dne 23. 5. 2023 proběhlo mimořádné volební zasedání regionální asociace VI, jejímž cílem bylo zvolit nového prezidenta a vice prezidenta regionální asociace z důvodu uvolnění obou pozic. Prezidentkou byla zvolena Elena Mataescu z Rumunska, viceprezidentem do příštího řádného zasedání asociace byl zvolen Mark Rieder, ředitel Českého hydrometeorologického ústavu.

Jan Daňhelka

Mezinárodní COST meeting (CA 18226) v Praze

Ve dnech 10. až 12. 5. 2023 se v zasedací místnosti CPP v Praze-Komořanech uskutečnilo jednání COST akce 18226 – New approaches in detection of pathogens and aeroallergens (ADOPT), která je zaměřena na nové techniky měření pylových alergenů a patogenů v ovzduší. Uvedená COST akce byla zahájena 21. 11. 2019 a bude ukončena 20. 5. 2024 (akce byla kvůli Covidu 19 o několik měsíců prodloužena, původní konec byl naplánován na 20. 11. 2023).

Proběhlo zde jednání řídicí komise a pracovních skupin (Management committee and working groups meeting). ČHMÚ je aktivně zapojen do této akce, je součástí řídicí skupiny (core group) jako koordinátor vědeckých misí (STSM – Short Term Scientific Mission) a je členem pracovní skupiny 1 (WG1). Celkem se jednání zúčastnilo 42 odborníků z rozličných států – Česka, Řecka, Švýcarska, Portugalska, Srbska, Chorvatska, Itálie, Španělska, Švédska, Německa, Polska, Ukrajiny, Slovinska, Kypru, Maďarska, Irska, Albánie, Bosny a Hercegoviny, Dánska, Rakouska, Finska, Norska, Lotyšska, Slovenska a Turecka. Jednání začalo 10. 5. 2023 ve 13 hodin a bylo ukončeno 12. 5. 2023 ve 12:30, ve čtvrtek proběhla společná večeře.



Společná fotografie účastníků jednání COST akce 18226 před budovou Centrálního předpovědního pracoviště v Praze-Komořanech, kde se akce uskutečnila.

V rámci jednání účastníci diskutovali plnění stanovených vytyčených cílů v jednotlivých pracovních skupinách (např. návrhy na uspořádání letní školy a další), dodržování Memoranda o spolupráci a nové návrhy na pokračování akce v budoucnosti (ADOPT 2). Zároveň byly představeny různé evropské projekty a jejich průběh (SYLVA, NovoNordisk, AUTOPOLLEN, SynAir a InChildHealth).

Účastníci obdivovali prostory nové budovy CPP a ocenili hladký průběh jednání díky kvalitnímu technickému zázemí. Děkuji všem kolegům, kteří pomohli zajistit bezproblémový průběh jednání.

Lenka Hájková

Meteorologické zprávy

Meteorological
Bulletin

Odborný recenzovaný časopis se zaměřením na meteorologii, klimatologii, kvalitu ovzduší a hydrologii. Dvuměsíčník

Reviewed journal specialized in meteorology, climatology, air quality and hydrology. Bi-monthly

Vydavatel (redakce) – Publishers

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

Czech Hydrometeorological Institute, Na Šabatce 2050/17,
143 06 Praha 4-Komořany, Czech Republic

e-mail: mz@chmi.cz, casmz.chmi.cz

Vedoucí redaktor – Chief Editor

R. Tolasz, Český hydrometeorologický ústav, Ostrava, Česká republika

Redaktor – Assistant Editor

H. Stehlíková, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

Redakční rada – Editorial Board

J. Bednář, Univerzita Karlova, Praha, Česká republika

R. Brožková, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

R. Čekal, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

Z. Horký, Praha, Česká republika

F. Hudec, Univerzita obrany, Brno, Česká republika

I. Hůnová, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

P. Huszár, Univerzita Karlova, Praha, Česká republika

M. Kašpar, Ústav fyziky atmosféry AV ČR, Praha, Česká republika

K. Krška, Brno, Česká republika

M. Lapin, Univerzita Komenského, Bratislava, Slovenská republika

F. Neuwirth, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien, Austria

L. Němec, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

V. Pastirčák, Bratislava, Slovenská republika

E. Plavcová, Ústav fyziky atmosféry AV ČR, Praha, Česká republika

D. Řezáčová, Ústav fyziky atmosféry AV ČR, Praha, Česká republika

M. Setvák, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

J. Strachota, Praha, Česká republika

J. Sulan, Český hydrometeorologický ústav, Plzeň, Česká republika

F. Šopko, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

A. Vizina, Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., Praha, Česká republika

H. Vondráčková, Praha, Česká republika

V. Voženílek, Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, Česká republika

Abstracting and Indexing:

Meteorological and Geostrophysical Abstracts

Tisk:

COLORA PrintHouse s. r. o., Husova 373/29, 757 01 Valašské Meziříčí

ISSN 0026-1173

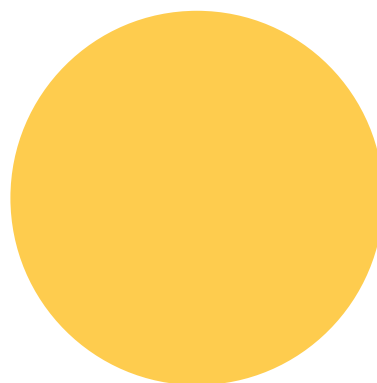
Registrační číslo MK ČR E 5107

© Meteorologické zprávy, Český hydrometeorologický ústav

Výběr ze zahraničních časopisů odebíraných knihovnou ČHMÚ

Časopisy s přístupem pouze z ČHMÚ

- Climatic Change** – Nizozemsko (online)
International Journal of Climatology – Velká Británie (online)
Journal of Applied Meteorology and Climatology – USA (online)
Journal of the Atmospheric Sciences – USA (online)
Meteorologische Zeitschrift – Německo (tisk + online)
Monthly Weather Review – USA (tisk + online)
Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society
– Velká Británie (tisk + online poslední číslo)
Weather – Velká Británie (online)
Weather and Forecasting – USA (online)



Časopisy s volným přístupem

- BAMS** – USA (online)
Danube Watch – Rakousko (tisk + online)
ECMWF – Velká Británie (tisk + online)
European Journal of Environmental Sciences – Karolinum Press (tisk + online)
Időjárás – Maďarsko (online)
Journal of Hydrology and Hydromechanics – Slovensko (tisk + online)
Journal of the Meteorological Society of Japan – Japonsko (online)
Meteorologický časopis (Meteorological Journal) – Slovensko (tisk + online)
La Météorologie – Francie (tisk + online)
Promet – Německo (tisk + online)
Przegląd geograficzny – Polsko (tisk + online)
Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography – Dánsko (online)
Tellus B: Chemical and Physical Meteorology – Dánsko (online)
Vodohospodársky spravodajca – Slovensko
WMO Bulletin – Švýcarsko

<http://biblio.chmi.cz/>

Kontakt:

Český hydrometeorologický ústav
Na Šabatce 2050/17
143 06 Praha 412-Komořany
tel.: 244 032 723, 244 032 733