Meteorologické zprávy

ROČNÍK 73–2020

2

33 **Vliv odpalování zábavní pyrotechniky na koncentrace suspendovaných částic PM_{10} v České republice**
Jáchym Brzezina – Šárka Antošová – Petra Jurnečková

39 **O extrémoch redukovaného tlaku vzduchu na Slovensku: najvyššie hodnoty**
Dalibor Výberči – Pavol Faško – Jozef Pecho – Oliver Bochníček – Tibor Csörgei – Ľubomír Babin

46 **The effects of weather extremes on the agriculture in Northern Hungary during the Maunder Minimum**
Miloš Jesenský – Pavel Hronček – Norbert Polčák

Meteorological Bulletin

Český hydrometeorologický ústav

33 Effect of consumer fireworks discharge on PM_{10} suspended particles concentrations in the Czech Republic
Jáchym Brzezina – Šárka Antošová – Petra Jurnečková

39 Investigating Slovakia's sea-level pressure extremes: the highest readings
Dalibor Výberči – Pavol Faško – Jozef Pecho – Oliver Bochníček – Tibor Csörgei – Ľubomír Babin

46 Vplyvy extrémov počasia na poľnohospodárstvo severného Uhorska počas Maunderovho minima
Miloš Jesenský – Pavel Hronček – Norbert Polčák

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

nakladatelstvi@chmi.cz **casmz.chmi.cz**

Vliv odpalování zábavní pyrotechniky na koncentrace suspendovaných částic PM_{10} v České republice

Effect of consumer fireworks discharge on PM_{10} suspended particles concentrations in the Czech Republic

Jáchym Brzezina, Šárka Antošová, Petra Jurnečková

Český hydrometeorologický ústav
Kroftova 2578/43, 616 67 Brno
jachym.brzezina@chmi.cz

The effect of fireworks on air quality is undeniable. This study analysed long-term data from 47 automated ambient air quality monitoring stations in order to determine the extent of PM_{10} suspended particles concentration increase. The results show that especially urban and to a smaller extent suburban stations show significant increase in the average daily concentration for Jan 1. Hourly maxima can even reach absolute highest annual maximum. Rural stations can in some cases also be slightly affected, however in case of completely remote stations, no change is observed. The highest concentrations are measured in cities, but rather than size of a particular city, it is the actual location of the particular station within that city which is important. From this perspective, the worst situation is at stations situated in the city centre, on a hill next to the city centre or, for example, in densely populated and poorly ventilated housing development area.

KLÍČOVÁ SLOVA: ohňostroje – kvalita ovzduší – znečištění – pyrotechnika – částice suspendované

KEYWORDS:fireworks – air quality – pollution – pyrotechnics – suspended particles

1. Úvod

Ohňostroje – na jednu stranu krásná a působivá audiovizuální show, která odjakživa přitahovala, na straně druhé se z racionálního pohledu jedná o pouhé dobře načasované chemické reakce spějící ke kontrolovaným explozím a spalovací procesy, které do ovzduší emitují řadu chemických sloučenin s potenciálně nežádoucím vlivem na lidské zdraví a ekosystémy.

Vlivem odpalování zábavní pyrotechniky na kvalitu ovzduší se zabývala již řada studií a takřka všechny se shodly na zejména zvýšení koncentrací suspendovaných částic a na zvýšení koncentrací některých vybraných kovů v ovzduší (Li 2016; Mlakar 2012; Tanda 2019). Některé další studie dokonce prokázaly možný vliv krátkodobě vyšších koncentrací suspendovaných částic na úmrtnost v důsledku kardiovaskulárních a respiračních obtíží (Greven 2019).

Cílem této studie bylo souhrnně zhodnotit vliv pyrotechniky odpalované jednotlivci o silvestrovské půlnoci na kvalitu ovzduší v České republice. Zejména pak ukázat, jak významné toto znečištění je a nakolik se liší v jednotlivých lokalitách a meziročně.

2. Metoda

Za účelem zhodnocení byla použita data z celkem 47 stanic automatického imisního monitoringu, které byly v provozu k 1. 1. 2020. Použita byla data hodinových koncentrací suspendovaných částic PM_{10} od roku 2004, případně od začátku měření, pokud byla stanice zprovozněna později.

Výběr stanic byl zaměřen na městské stanice, ale zahrnuto bylo i několik stanic předměstských a venkovských pro srovnání.

Stanice zahrnuté do hodnocení podle typu:

- 13 městských dopravních stanic
- 20 městských pozaďových stanic
- 4 městské průmyslové stanice
- 7 předměstských pozaďových stanic
- 3 venkovské pozaďové stanice

K samotnému vyhodnocení byl použit kancelářský balíček MS Office, statistické vyhodnocení pomocí jazyka R a souhrnné hodnocení pomocí vlastních PHP a Javascript skriptů.

V první fázi hodnocení byl srovnán počet překročení 24h imisního limitu pro ochranu zdraví pro suspendované částice PM_{10}. Konkrétně byly srovnány dny 28. 12. až 3. 1. Hodnota imisního limitu je 50 $\mu g.m^{-3}$.

V období do konce roku 2018 byly průměry počítány z období 6 h–6 h, od roku 2019 se k hodnocení používá průměr od půlnoci do půlnoci. Za účelem tohoto hodnocení však byl denní průměr za celé období počítán od půlnoci do půlnoci, a to jak z důvodu možnosti porovnání, tak z důvodu, že právě po půlnoci byl očekáván největší nárůst a rozdělení dne půlnocí lépe ilustruje tyto rozdíly. Zároveň byly všechny časy převedeny do SEČ, průměr tedy byl počítán z občanského času, nikoliv z času UTC, který se standardně využívá. Důvodem této úpravy je fakt, že se silvestrovské oslavy řídí občanským časem, nikoliv UTC.

Kromě samotného množství emisí jsou pro kvalitu ovzduší klíčové rozptylové podmínky. Ty jsou obecně horší v chladné části roku, lze ale předpokládat, že jelikož srovnáváme několik dní v roce těsně po sobě, tedy shodnou roční dobu, a srovnáváme až 16leté řady dat, vliv rozptylových podmínek můžeme v celkovém průměru zanedbat.

Data byla hodnocena následovně. Nejprve byly spočítány průměrné denní koncentrace ze všech 47 stanic v jednotlivých letech pro dny 28. 12. až 3. 1.

Následně byl spočítán průměr pro jednotlivé dny ze všech let pro všechny stanice. Byl také spočítán počet překročení hodnoty 50 $\mu g.m^{-3}$ pro jednotlivé stanice v jednotlivé dny v roce, které byly v týdnu 28. 12. až 3. 1.

Tento počet byl vydělen počtem let, pro které jsou k dispozici data, jelikož ne všechny stanice měly souvislou řadu od roku 2004. Výsledkem tedy byl průměrný počet překročení imisního limitu za rok, a takovéto hodnoty již můžeme navzájem porovnávat.

Nakonec byly stanoveny průměry pro všechny stanice a také pro stanice z jednotlivých kategorií, zde byly použity kategorie městská, předměstská a venkovská.

V druhé fázi hodnocení byly hodnoceny hodinové koncentrace PM_{10}, pro které v zákoně o ochranu ovzduší není stanoven imisní limit, ale reflektují lépe dosažené maximální koncentrace než denní průměrné hodnoty.

3. Výsledky

3.1 Průměrné denní koncentrace PM_{10} a překračování 24h imisního limitu

Následující graf (obr. 1) ukazuje průměrné koncentrace ze všech 47 stanic v jednotlivé kalendářní dny a zároveň totožné průměry pouze z vybraných stanic podle jejich typu.

Pokud spočítáme celkový týdenní průměr 28. 12. až 3. 1. a vyneseme výše uvedené denní průměry jako rozdíl od týdenního průměru, rozdíl mezi městskými a venkovskými stanicemi je názornější (obr. 2).

Z výše uvedených dat je vidět, že jednoznačně nejvyšší denní průměr je pozorován na Nový rok. Každoročně se jedná o nepracovní den. Byla srovnána také data podle dne v týdnu, avšak nebyly pozorovány významné rozdíly mezi 1. 1. před pracovním dnem a 1. 1. před nepracovním dnem.

Hypotézu vlivu odpalování zábavní pyrotechniky jednoznačně potvrzují data podle jednotlivých typů stanic. Nejvýznamnější rozdíl je na městských stanicích (obr. 2). Jistý nárůst lze pozorovat i na venkovských stanicích, ale významně menší, navíc i venkovské stanice můžou být odpalováním a produkcí emisí z pyrotechniky v okolních obcích ovlivněny.

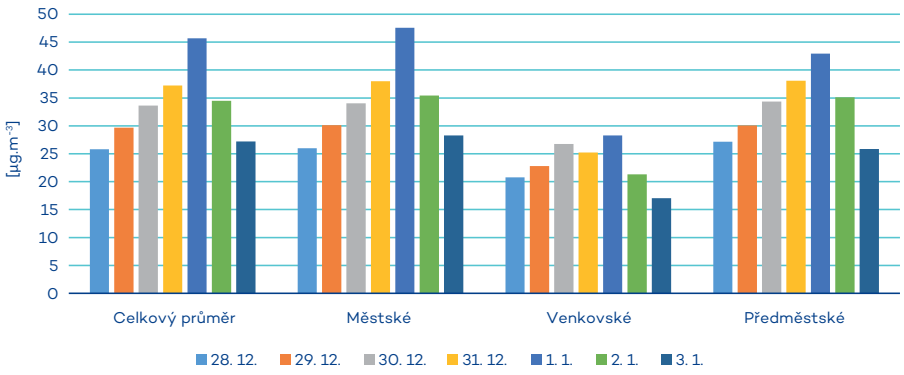
Zároveň je patrné, že určité navýšení oproti ostatním dnům je vidět i poslední den v roce. Důvody jsou zde dva. Prvním je, že odpalování zábavní pyrotechniky obvykle začíná již před půlnocí. Druhým důvodem je fakt, že se jedná o standardní pracovní den, kdy navíc řada lidí vyráží na předsilvestrovské nákupy, a je tudíž hustší provoz (vyšší koncentrace tento den jsou pozorovány již přibližně od 17 h večerní).

Typickou neovlivněnou stanicí je regionální pozaďová stanice Košetice, ležící zcela odlehle uprostřed lesa a polí. Typickou ovlivněnou stanicí je stanice Brno-Dětská nemocnice, umístěna v blízkosti centra Brna a navíc na kopci, tudíž stoupající kouřová vlečka z odpalů v centru zasáhne právě tuto lokalitu. Níže uvedený graf (obr. 3) ukazuje denní průměry právě na těchto dvou vybraných stanicích.

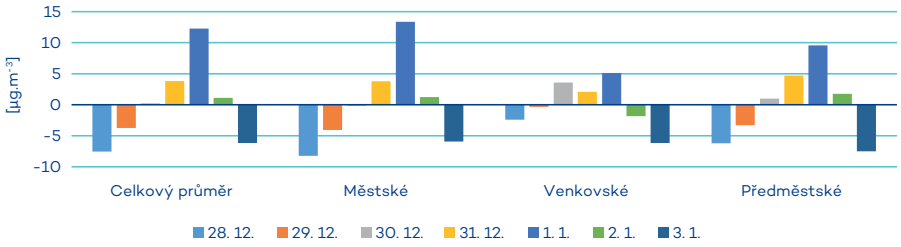
Na grafu z obou stanic je dobře patrné, že na odlehlé lokalitě Košetice jsou denní průměry pro všechny analyzované kalendářní dny víceméně totožné. Naopak na městské stanici Brno-Dětská nemocnice je vidět velmi výrazný nárůst 1. ledna, kdy je průměrná koncentrace dokonce nad hodnotou imisního limitu (což odpovídá faktu, že z 6 let, kdy jsou z této stanice dostupná data pro 1. 1., byl tento limit překročen 4×).

V případě překračování 24h imisního limitu pro PM_{10} byl pro jednotlivé stanice stanoven procentuální podíl překročení v jednotlivé dny, aby byla srovnatelná data ze všech stanic nezávisle na počtu let, pro které jsou k dispozici data. Následně byly opět spočítány průměrné procentuální podíly celkově a pro jednotlivé typy stanic (obr. 4).

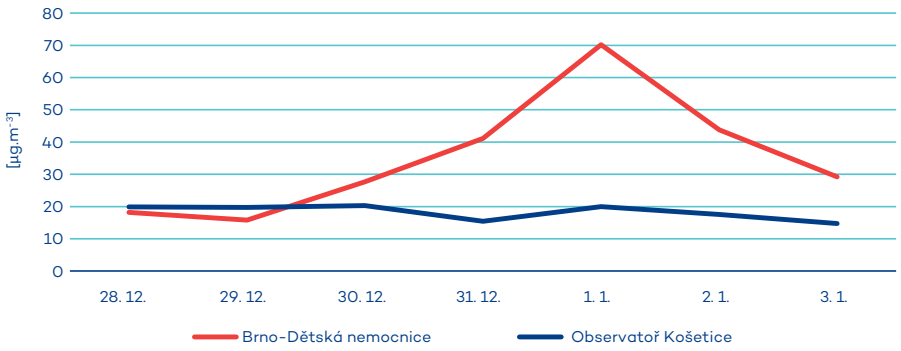
Z dat je dobře vidět, že na Nový rok byla hodnota 24h imisního limitu v průměru překročena na téměř 40 % městských stanic. To je v kontrastu s ostatními dny, kdy například 28. 12. byla hodnota imisního limitu překročena pouze na přibližně 11 % stanic. Druhý nejvyšší nárůst je dle předpokladu pozorován na předměstských stanicích. Tady se průměr 28. 12. od průměru



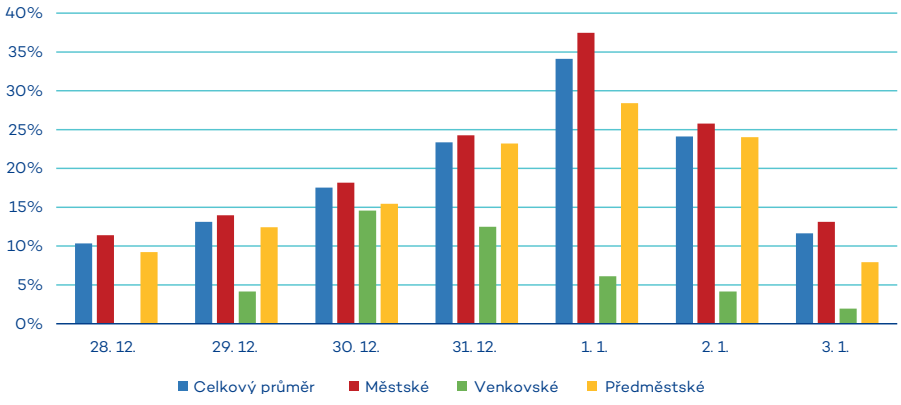
Obr. 1 Průměrné denní koncentrace PM_{10} v jednotlivé kalendářní dny ze všech analyzovaných stanic a na jednotlivých typech stanic.
Fig. 1. Average daily PM_{10} concentrations for the individual days from all stations analysed and for the individual station types.



Obr. 2 Rozdíl v průměrné koncentraci PM_{10} v daný kalendářní den oproti týdennímu průměru 28. 12.–3. 1. pro všechny analyzované stanice a jednotlivé typy stanic.
Fig. 2. Difference between average PM_{10} concentrations for a particular weekday compared to an average for the week from Dec 28 to Jan 3 for all stations analysed and the particular station type.



Obr. 3 Průměrné denní koncentrace PM_{10} v jednotlivé kalendářní dny na stanicích Brno-Dětská nemocnice a Košetice.
Fig. 3. Average daily PM_{10} concentrations for the individual calendar days at Brno-Dětská nemocnice and Košetice stations.



Obr. 4 Procentuální podíl stanic, na kterých byl v daný kalendářní den průměr PM_{10} vyšší než 50 µg.m^{-3} pro všechny stanice a jednotlivé typy stanic.
Fig. 4. Percentage of stations at which the average daily PM_{10} concentration on that particular calendar day was above 50 µg.m^{-3} for all stations analysed and the individual station types.

městských stanic příliš neliší (o přibližně 2 %), avšak na Nový rok je rozdíl téměř 10 %. Na venkovských stanicích žádná souvislost s počtem překročení hodnoty imisního limitu a odpalováním na Nový rok patrná není.

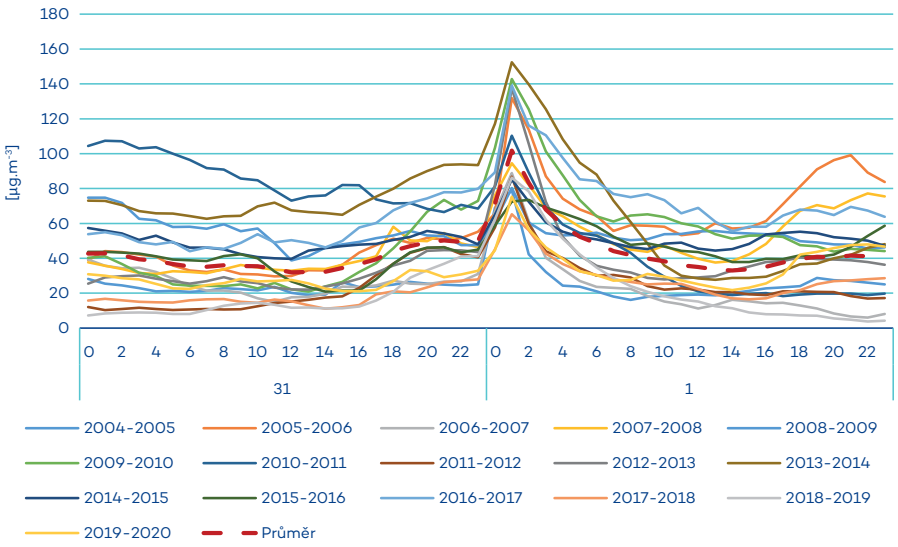
3.2 Hodinové průměry

Pro suspendované částice PM_{10} není v zákoně o ochraně ovzduší stanoven hodinový imisní limit. Právě hodinové koncentrace jsou ale v kontextu analýzy vlivu půlnočního odpalování zábavní pyrotechniky na kvalitu ovzduší klíčové, protože lze předpokládat, že dochází k prudkému a výraznému nárůstu těsně po půlnoci, respektive už těsně před ní.

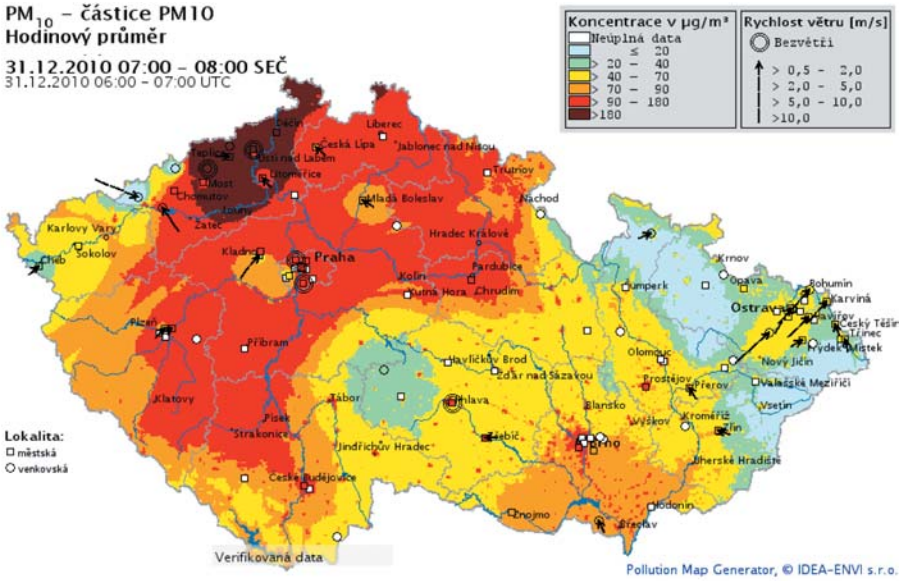
Nejprve je uveden graf (obr. 5) průměrných hodinových koncentrací 31. 12. a 1. 1. ze všech analyzovaných stanic v jednotlivých letech.

Graf průměrných hodinových koncentrací (obr. 5) jasně ukazuje prudký nárůst kolem půlnoci na přelomu roku, nejvyšší koncentrace jsou pak pravidelně zaznamenávány mezi 1. a 2. hodinou ranní (celkový průměr 101,76 µg.m^{-3}), což pravděpodobně souvisí s postupným rozptylem látek do širšího okolí od odpaliště. Z celkových průměrných dat vyplývá, že k postupnému nárůstu začíná docházet od 17 h 31. 12. Tento nárůst je nejprve velmi pozvolný a k rapidnímu zvýšení dochází až po půlnoci. Nejvyšší hodnota bývá, jak již bylo zmíněno, mezi 1. a 2. hodinou ranní, následně dochází opět k postupnému poklesu a na původní koncentraci ze 17 h 31. 12. se koncentrace v průměru vrací kolem 10. hodiny ranní Nového roku.

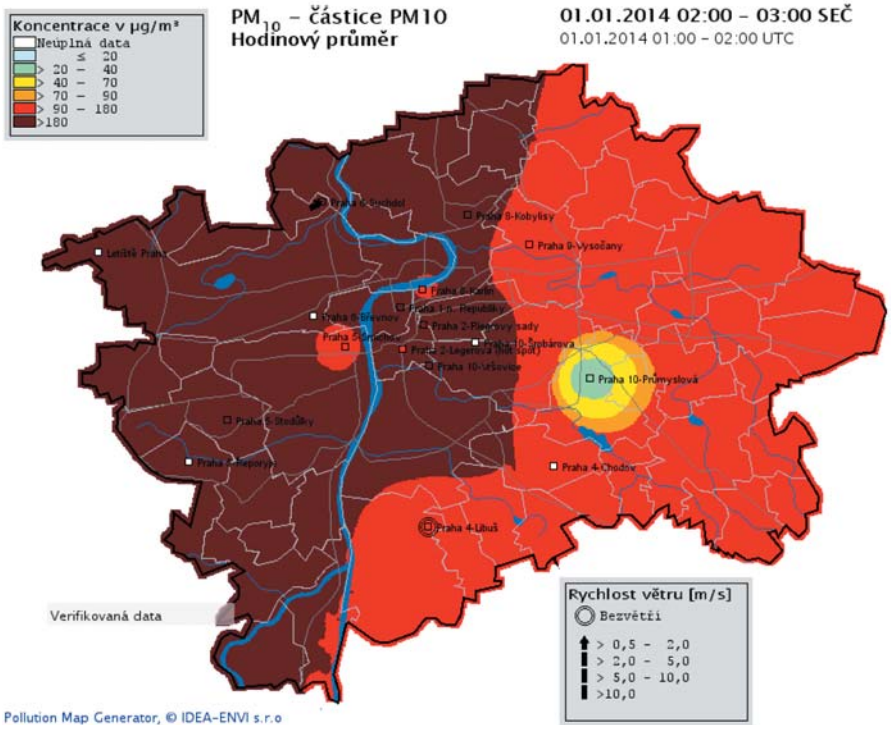
Analýza jednotlivých let také ukázala výrazné meziroční rozdíly. Vůbec nejhorší situace ve sledovaných letech byla na přelomu let 2013 a 2014 (obr. 5), kdy průměr z 1.–2. hodiny ranní pro PM_{10} představoval 152,40 µg.m^{-3}. Vyšší byly koncentrace také v letech 2005/2006 (131,90 µg.m^{-3}), 2009/2010 (142,79 µg.m^{-3}), 2012/2013 (137,44 µg.m^{-3}) a 2016/2017 (139,03 µg.m^{-3}). Vůbec nejlepší situace byla v roce 2017/2018, kdy byla nejvyšší průměrná koncentrace, rovněž mezi 1. a 2. hodinou ranní, pouze 65,28 µg.m^{-3}. Důvod, proč byla situace na přelomu let 2017 a 2018 tak dobrá, souvisí s velmi dobrou kvalitou ovzduší 31. 12. v dopoledních a odpoledních hodinách. Pokud srovnáme nejhorší situaci v roce 2013/2014 a nejlepší situaci v roce 2017/2018, konkrétně pak průměrnou koncentraci PM_{10} za období od 0:00 do 16:00



Obr. 5 Průměrné hodinové koncentrace PM_{10} na 47 analyzovaných stanicích v jednotlivých letech a celkový průměr za celé analyzované období.
Fig. 5. Average hourly PM_{10} concentrations for 47 analysed stations for the individual years and the overall average for the entire period of analysis.



Obr. 6 Stav koncentrací PM_{10} 31. 12. 2010 v ČR v ranních hodinách.
Fig. 6. PM_{10} concentrations on Dec 31, 2010 morning, in the Czech Republic.



Obr. 7 Stav koncentrací PM_{10} 1. 1. 2014 v Praze v ranních hodinách.
Fig. 7. PM_{10} concentrations on Jan 1, 2014 morning, in Prague.

31. 12., pak vidíme velké rozdíly. V roce 2013/2014 byl tento průměr 67,32 µg.m^{-3}, což je samo o sobě více, než kolik bylo maximum po půlnoci 2017/2018. Naopak v roce 2017/2018 byl průměr 31. 12. 0:00–15:00 roven pouze 10,59 µg.m^{-3}.

Další možností, jak hodnotit jednotlivé roky, je srovnat rozdíl mezi začátkem 31. 12. a začátkem 1. 1. Byly tedy srovnány průměry 31. 12. 0:00–06:00 s průměrem 1. 1. 0:00–06:00 následujícího roku. Výsledky jsou tady už jiné. Při srovnání obou průměrů je vidět, že k nejvyššímu nárůstu došlo na přelomu let 2009/2010, kdy byl průměr 31. 12. pouze 34,12 µg.m^{-3} a průměr z 1. 1. 105,66 µg.m^{-3}, tedy nárůst o téměř 72 µg.m^{-3}. Naopak v roce 2010/2011 byla situace opačná, průměr z prvních 6 h 31. 12. byl dokonce vyšší než průměr v prvních 6 h následujícího Nového roku (104,25 µg.m^{-3} vs. 77,36 µg.m^{-3}). V tomto roce lze tedy dobře ilustrovat vliv celkové rozptylové situace. 31. 12. 2010 byla situace na začátku Silvestra velmi špatná (obr. 6), průměr ze 47 stanic byl dokonce nad 100 µg.m^{-3}. Situace se poté zlepšila a kolem 14 h dosáhl průměr přibližně 73 µg.m^{-3}, následně však koncentrace opět stoupaly až na 110,3 µg.m^{-3} hodinu po půlnoci. Pokud se podíváme detailně na Silvestr 2010, je vidět, že i na pozaďových stanicích byly koncentrace vysoké, například na regionální pozaďové venkovské stanici Mikulov-Sedlec byly koncentrace v prvních hodinách 31. 12. kolem 60 až 90 µg.m^{-3}, ve večerních hodinách pak stouply nad 100 µg.m^{-3} a po půlnoci bylo dosaženo v maximu 123 µg.m^{-3} 1. 1. mezi 1. a 2. hodinou ranní. Pokud srovnáme data ze všech 16 let, byl průměr v prvních 6 hodinách Nového roku téměř dvojnásobný ve srovnání s průměrem v prvních 6 hodinách Silvestra, a to i při zahrnutí regionálních pozaďových stanic.

Jak vysokých hodnot dosahovaly koncentrace PM_{10} v maximech? Níže uvedená tabulka (tab. 1) ukazuje všechny hodiny, kdy na některé ze 47 hodnocených stanic došlo k překročení hodnoty 400 µg.m^{-3} v hodinovém průměru za celé analyzované období pro 31. 12. a 1. 1.

Z výše uvedených 10 případů došlo k překročení hranice 400 µg.m^{-3} vždy krátce po půlnoci, nejčastěji mezi 1. a 2. hodinou ranní. Jako příklad můžeme zvolit stav na stanici Děčín na přelomu let 2012 a 2013. Ještě ve 20 h večer na Silvestra byla hodinová průměrná koncentrace PM_{10} pouhých 13 µg.m^{-3}. Následně se do konce dne pohybovala do 30 µg.m^{-3}. První hodinu po půlnoci už ale byl hodinový průměr 135 µg.m^{-3} a o hodinu později dokonce 751 a následnou hodinu 655 µg.m^{-3}. Pak došlo k prudkému propadu až na 95 µg.m^{-3} a další hodinu 44 µg.m^{-3}. Nejedná se o jediný rok, kdy byly koncentrace v Děčíně vysoké, například v roce 2005 to bylo po půlnoci až 303 µg.m^{-3}.

Vysoké hodinové koncentrace v prvních hodinách Nového roku mohou často představovat jednu z nejvyšších hodinových koncentrací v daném roce. Ze sledovaných 47 stanic bylo zaznamenáno více než 150 případů z 560, kdy byla novoroční vysoká hodinová koncentrace vůbec nejvyšší hodinovou koncentrací za celý rok. V tomto případě samozřejmě nebyl hodno-

Tab. 1 Hodnoty hodinové koncentrace PM_{10} nad 400 $\mu g.m^{-3}$ pozorované v analyzovaném období na analyzovaných stanicích pro 31. 12. a 1. 1.
Table 1. Hourly PM_{10} concentrations above 400 $\mu g.m^{-3}$ observed during the period of analysis at the analysed stations on Dec 31 and Jan 1.

Stanice	Koncentrace PM_{10} [$\mu g.m^{-3}$]	Datum a čas
Kladno-Švermov	470	31. 12. 2017, 17:00–18:00
Kladno-Švermov	423	1. 1. 2013, 0:00–1:00
Kladno-Švermov	564	1. 1. 2013, 1:00–2:00
Kladno-Švermov	416	1. 1. 2013, 2:00–3:00
Děčín	751	1. 1. 2013, 1:00–2:00
Děčín	655	1. 1. 2013, 2:00–3:00
Kladno-Švermov	622	1. 1. 2014, 1:00–2:00
Český Těšín	514	1. 1. 2014, 1:00–2:00
Český Těšín	468	1. 1. 2014, 2:00–3:00
Kladno-střed města	510	1. 1. 2020, 1:00–2:00

cen 1. 1. 2020, jelikož nejsou k dispozici data za celý rok 2020. Jako příklad můžeme opět uvést stanici Brno-Dětská nemocnice. Zde máme k dispozici data od roku 2014 s tím, že v jednom roce byl 1. 1. výpadek, proto z 1. 1. máme celkem 5 let dat. Z těchto 5 let byla ve 3 letech nejvyšší hodinová koncentrace za rok naměřena právě krátce po půlnoci 1. 1., konkrétně se jednalo o roky 2017 (292 $\mu g.m^{-3}$), 2018 (193 $\mu g.m^{-3}$) a 2019 (182 $\mu g.m^{-3}$). Níže uvedená tabulka (tab. 2) ukazuje, na kterých stanicích a ve kterých letech byla naměřena absolutně nejvyšší hodinová koncentrace na Nový rok.

Tab. 2 Ppřehled stanic, na kterých byla v dané roky pozorována maximální hodinová koncentrace PM_{10} na Nový rok.
Table 2. Overview of stations, at which the maximum hourly average PM_{10} concentration for a particular year was observed on Jan 1.

Stanice	Rok	Dostupných let
Brno-Arboretum	2013, 2017, 2018	7
Brno-Dětská nemocnice	2017, 2018, 2019	5
Brno-Tuřany	2019	15
Český Těšín	2014	16
Děčín	2005, 2013, 2015, 2018	15
Hradec Králové – Brněnská	2005, 2011, 2019	15
Jihlava	2017	15
Kladno-střed města	2006, 2009, 2013, 2017, 2018, 2019	16
Liberec-Rochlice	2017	4
Olomouc-Hejčín	2019	8
Ostrava-Radvanice ZÚ	2015	10
Otrokovice-město	2019	6
Pardubice-Dukla	2005, 2011	15
Praha-Chodov	2019	4
Praha-Legerova	2016	9
Praha-Libuš	2014, 2017	16
Praha-Riegrovy sady	2013, 2014, 2018, 2019	16
Praha-Smíchov	2014	16
Praha-Stodůlky	2009, 2013, 2014, 2017	15
Praha-Vysočany	2018, 2019	16
Uherské Hradiště	2012	16

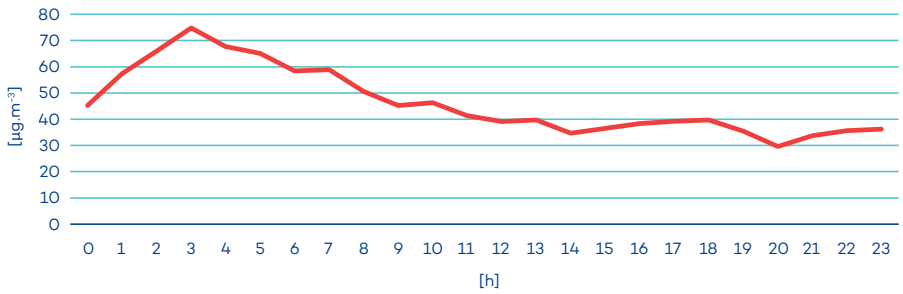
Z tabulky výše i z předchozích dat je vidět, že kromě stanice Brno-Dětská nemocnice je problematická také stanice Kladno-střed města. Pokud se podíváme blíže na tuto konkrétní lokalitu, zjistíme, že se jedná o stanici uprostřed sídliště. Z toho plyne, že zde vzhledem k husté zástavbě a vysokému počtu obyvatel bude docházet k intenzivnímu odpalování v těsné blízkosti stanice a zároveň vzhledem k vysokým budovám okolo k celkově zhoršenému rozptylu emitovaných škodlivin.

Pokud srovnáme průměrnou koncentraci mezi 23:00–0:00 31. 12. a průměrnou koncentraci z následujících dvou hodin, tedy rozdíl mezi 31. 12. 23:00–0:00 a 1. 1. 0:00–1:00 a 31. 12. 23:00–0:00 a 1. 1. 01:00–02:00 v jednotlivých letech, můžeme spočítat průměrný rozdíl za všechny roky na jednotlivých stanicích. Z takového srovnání vychází, že mezi poslední hodinou jednoho roku a první druhého byl na analyzovaných stanicích za všechny roky v průměru rozdíl +22,27 $\mu g.m^{-3}$. Pokud srovnáme poslední hodinu jednoho roku s 1. až 2. hodinou roku následujícího, je v průměru hodnota vyšší o +47,04 $\mu g.m^{-3}$. Samozřejmě se ale čísla velmi liší mezi jednotlivými stanicemi i meziročně. Na odlehlé pozaďové stanici observatoře Košetice je rozdíl zcela zanedbatelný (+1,23 $\mu g.m^{-3}$). Naopak největší rozdíl je v průměru na stanici Kladno-Švermov. Tady se koncentrace v průměru zvyšují o 61,4 $\mu g.m^{-3}$, respektive 139,02 $\mu g.m^{-3}$ mezi poslední hodinou jednoho roku a první a druhou hodinou roku následujícího. Níže uvedená tabulka (tab. 3) uvádí stanice s nejvyšším a nejnižším průměrným nárůstem ze 47 analyzovaných stanic. Toto srovnání víceméně eliminuje vliv meteorologických podmínek, jelikož nesledujeme absolutní hodnoty, ale rozdíly. Pravděpodobnost, že došlo k výraznému zhoršení rozptylových podmínek přesně o půlnoci, je velmi nízká.

Pokud se podíváme například na předměstskou pozaďovou stanici Brno-Tuřany, je vidět, že krátce po půlnoci koncentrace klesají, pak teprve přichází nárůst. To lze vysvětlit faktem, že stanice je v areálu letiště za městem, a tudíž trvá déle, než sem kouřová vlečka z odpalu doputuje z centra města. Pokles

Tab. 3 Průměrné rozdíly mezi předpůlnoční a popůlnoční koncentrací PM_{10} na jednotlivých stanicích (stanice s největším a nejmenším průměrným rozdílem).
Table 3. Average difference between PM_{10} concentration before midnight and after midnight at the individual stations (stations with largest and smallest average difference selected).

Stanice	Průměrný rozdíl 31. 12. 23:00–0:00 a 1. 1. 0:00–1:00 následujícího roku [$\mu g.m^{-3}$]	Průměrný rozdíl 31. 12. 23:00–0:00 a 1. 1. 1:00–2:00 následujícího roku [$\mu g.m^{-3}$]
Kladno-Švermov	+61,42	+139,02
Děčín	+45,93	+118,93
Kladno-střed města	+36,96	+116,53
Praha-Stodůlky	+37,77	+105,33
Praha-Vršovice	+38,04	+97,82
Český Těšín	+43,20	+80,52
Uherské Hradiště	+27,94	+89,50
Praha-Riegrovy sady	+31,33	+78,48
Praha-Chodov	+30,00	+78,00
Zlín	+26,06	+81,00
Brno-Dětská nemocnice	+23,60	+76,20
Žďár nad Sázavou	+2,00	+1,00
Košetice	+1,23	+4,75
Brno-Tuřany	–2,10	+10,03



Obr. 8 Průměrné hodinové koncentrace PM_{10} na stanici Brno-Tuřany pro 1. 1.
Fig. 8. Average PM_{10} concentrations at the Brno-Tuřany station for Jan 1 for the individual hours of the day.

je na této stanici také typický, jelikož je přes den ovlivňována dopravou z blízkého města, popř. vzlety letadel. Následující hodinu je již rozdíl patrný. Ještě o další hodinu později je rozdíl už téměř 20 $\mu g.m^{-3}$. Pokud se podíváme na průměrné hodinové koncentrace PM_{10} 1. 1. na stanici Brno-Tuřany (obr. 8) zjistíme, že maximální hodnoty je dosaženo mezi 3. a 4. hodinou ranní. To opět potvrzuje jasný vliv odpalování pyrotechniky a způsob projevu na stanicích různě daleko od míst, kde je odpalování nejintenzivnější (centra měst, sídliště apod.).

4. Závěr

Výsledky této studie jednoznačně potvrdily významný vliv pyrotechniky odpalované jednotlivci na kvalitu ovzduší krátce po začátku nového roku. Studie se zaměřila výhradně na koncentrace suspendovaných částic PM_{10}.

Dílčí závěry:

- Z výpočtu průměrných 24h koncentrací pro jednotlivé dny v týdnu kolem přelomu roku jasně vyplynulo, že je průměr nejvyšší 1. 1., a to jednoznačně zejména na městských stanicích, v menší míře na předměstských a v nejmenší na venkovských. To souhlasí s faktem, že je intenzita odpalu a množství odpálené pyrotechniky nejvyšší právě ve městech.
- Ač se jedná o velmi krátkodobé zvýšení koncentrací v řádu několika hodin, naměřená maxima byla v řadě případů vůbec nejvyšší hodinovou koncentrací PM_{10} na dané stanici v daném roce.
- V absolutních číslech panují velmi významné meziroční rozdíly, což je jednoznačně dáno velkým vlivem rozptylových podmínek na kvalitu ovzduší. Nejlépe toto ilustruje přelom roku 2010/2011, kdy byla kvalita ovzduší na Silvestra ráno v České republice velmi špatná. Následně nárůst a vysoké koncentrace kolem půlnoci na Nový rok nebyly tak významné, jako vysoké koncentrace 31. 12. na začátku dne.
- Není patrná souvislost mezi významností nárůstu koncentrace PM_{10} a velikostí daného města. Maximální naměřené koncentrace spíše souvisí s charakterem prostředí, ve kterém je stanice ve městě umístěna. Pokud je například stanice lokalizována velmi blízko centra v parku, na sídlišti, či na kopci poblíž centra města, je pravděpodobné, že dochází k velmi intenzivnímu odpalování v těsné blízkosti, a tudíž jsou koncentrace lokálně velmi vysoké. Jako příklad můžeme uvést hlavní město Prahu, kde se lze domnívat, že jsou koncentrace velmi vysoké na Václavském náměstí. Zde však stanice imisního monitoringu umístěna není.
- V souvislosti s odpalováním pyrotechniky bývají ve městech koncentrace PM_{10} nejvyšší 1. 1. mezi 1. a 2. hodinou ranní. U stanic předměstských může být situace jiná, jak ukázal příklad předměstské stanice Brno-Tuřany, kde jsou maximální hodnoty pozorovány až mezi 3. a 4. hodinou ranní.
- Na základě analýzy dat z 27 městských stanic bylo zjištěno, že 1. 1. byla koncentrace nad hodnotou 24h imisního limitu 50 $\mu g.m^{-3}$ v téměř 40 % případů, oproti například 11 % 28. 12.

V budoucnu by bylo vhodné analýzu rozšířit například o další znečišťující látky, jako jsou suspendované částice $PM_{2,5}$, organický uhlík, sírany a chloridy či kovy a srovnat na případových studiích data z vybraných stanic meziročně v kontextu rychlosti a směru větru.

V otázce vlivu výše uvedených dopadů v podobě zhoršené kvality ovzduší na lidské zdraví není vědecká komunita jednotná. Dle některých studií může mít i krátkodobá expozice vysokým koncentracím znečišťujících látek během ohňostrojů závažné zdravotní dopady (např. Ravindra 2003). Jiné studie však tvrdí, že není zcela jasné, nakolik jsou tyto koncentrace závažné, zda se například netýkají jen náchylných skupin jedinců (např. Gouder 2014).

Během smogových situací můžou být koncentrace prachových částic ještě vyšší, a to po výrazně delší dobu (v řádu dní, či dokonce týdnů). Na druhou stranu se do ovzduší během ohňostrojů dostává i celá řada dalších látek a je také faktem, že každé snížení koncentrací znečišťujících látek v ovzduší je žádoucí, ať už dlouho- či krátkodobě.

Literatura:

GOUDER, C., MONTEFORT, S., 2014. Potential impact of fireworks on respiratory health. *Lung India: official organ of Indian Chest Society*, Vol. **31**(4), s. 375.

GREVEN, F. E., VONK, J. M., FISCHER, P., DUIJM, F., VINK, N. M., BRUNEKREEF, B., 2019. Air pollution during New Year's fireworks and daily mortality in the Netherlands. *Scientific reports*, Vol. **9**(1), s.1–8.

LI, J., XU, T., LU, X., CHEN, H., NIZKORODOV, S. A. et al., 2017. Online single particle measurement of fireworks pollution during Chinese New Year in Nanning. *Journal of Environmental Sciences*, Vol. **53**, s.184–195.

MLAKAR, P., BOŽNAR, M. Z., GRAŠIČ, B., POPOVIĆ, D., 2012. Fireworks air pollution in Slovenia. *International Journal of Environment and Pollution*, Vol. **50**(1–4), s. 31–40.

RAVINDRA, K., MOR, S., KAUSHIK, C. P., 2003. Short-term variation in air quality associated with firework events: a case study. *Journal of Environmental Monitoring*, Vol. **5**(2), s. 260–264.

TANDA, S., LIČBINSKÝ, R., HEGROVÁ, J., GOESSLER, W., 2019. Impact of New Year's Eve fireworks on the size resolved element distributions in airborne particles. *Environment International*, Vol. **128**, s. 371–378.

Lektoři (Reviewers):
RNDr. Leona Vlasáková, Ph.D.,
Bc. Radek Kronovet

O extrémoch redukovaného tlaku vzduchu na Slovensku: najvyššie hodnoty

Investigating Slovakia's sea-level pressure extremes: the highest readings

Dalibor Výberči
Slovenský hydrometeorologický ústav
Jeséniova 17, 833 15 Bratislava
daliborvyberci@gmail.com

Pavol Faško
Slovenský hydrometeorologický ústav
Jeséniova 17, 833 15 Bratislava
pavol.fasko@shmu.sk

Jozef Pecho
Slovenský hydrometeorologický ústav
Jeséniova 17, 833 15 Bratislava
jozef.pecho@shmu.sk

Oliver Bochníček
Slovenský hydrometeorologický ústav
Jeséniova 17, 833 15 Bratislava
oliver.bochnicek@shmu.sk

Tibor Csörgei
Slovenský hydrometeorologický ústav
Jeséniova 17, 833 15 Bratislava
tibor@observatory.sk

Ľubomír Babin
Slovenský hydrometeorologický ústav
– Meteorologické observatórium Hurbanovo
Komárňanská 108, 947 01 Hurbanovo
lubomir.babin@shmu.sk

We performed an extensive investigation on the highest sea-level pressure (SLP) on record in Slovakia with a main goal of filling up the evidence of the country's historical weather extremes. The five major anticyclonic situations were analysed thoroughly and the most extreme high SLP values revealed in the assessment are most likely the absolute maxima in the history of official meteorological observations in Slovakia (since mid-19th century). The record-highest reading of 1,062.3 hPa (possible error +0.1 hPa) was registered in Oravský Podzámok on 23 January 1907 and it simultaneously applies to both considered altitude categories (below 550 m a.s.l. – local threshold for pressure reductions, and below 750 m a.s.l. – WMO threshold, respectively). In general, basins in the mountainous parts of Slovakia seem to hold a characteristic position in terms of reaching high SLP values. The SLP adjustment was conducted properly and the obtained results are in accordance with the prevailing meteorological situations over the area from the larger-scale and also mesoclimatic perspective.

KĽÚČOVÉ SLOVÁ: extrémy počasia historické – anticyklóny mohutné – tlak vzduchu okamžitý – redukcia tlaku na hladinu mora – Slovensko

KEYWORDS: atmospheric pressure – historical weather extremes – intense anticyclones – sea-level pressure adjustment – Slovakia

1. Úvod

Klimatologické hodnotenia (prízemného) tlaku vzduchu (tiež: atmosférický/barometrický tlak), vrátane príspevkov zaoberajúcich sa tlakovými extrémami, sú nielen v slovenskej odbornej literatúre skôr ojedinelé. Hlavným dôvodom akiste je, že tlak vzduchu patrí z klimatologického hľadiska medzi doplnkové, menej významné meteorologické prvky. Pre možnosť priestorového porovnávania je naviac nutné prepočítavať (redukovať) namerané staničné hodnoty tlaku vzduchu na jednotnú hladinu – hladinu mora prostredníctvom barometrickej rovnice, čo nie je celkom triviálny proces. Je totiž známe, že hodnoty redukovaného tlaku sú mimoriadne citlivé na presnosť a aktuálnosť ich výpočtov (Burt 2006; Purevjav et al. 2015). Nech už sú ale konkrétne dôvody akékoľvek, v slovenskej meteorológii a klimatológii v každom prípade naďalej panuje stav, kedy v kategórii historických extrémov počasia neexistuje jednoznačná vedomosť o absolútne najvyšších a najnižších zaznamenaných okamžitých hodnotách redukovaného tlaku na území krajiny.

Podľa publikácie Sobíšek (1993) bol 24. januára 1907 v Hurbanove dosiahnutý tlak vzduchu redukovaný na strednú hladinu mora (ďalej len zjednodušene: „redukovaný" t. v.) 1 055,4 hPa a táto hodnota je dodnes zmieňovaná ako celoslovenské absolútne historické maximum. Akákoľvek bližšia informácia o ustanovení tejto hodnoty však absentuje. Už pri úvodných overovacích prepočtoch sme zistili, že uvedená hodnota z Hurbanova je spochybniteľná. Vyvstalo podozrenie, že sa môže jednať o nedôslednosť pri samotnom výpočte, ktorá vyústila v ustálenie hodnoty s pomerne nezanedbateľným rozdielom oproti korektnejšej hodnote.

Inú zmienku o veľmi vysokej i nízkej okamžitej hodnote redukovaného tlaku vzduchu prináša Klimatický atlas Slovenska (2015), obsahujúci spracovanie za obdobie 1961–2010. Ide o údaj 1 054,9 hPa z 24. decembra 1963 na stanici Sliač-letis-

ko, resp. 970,2 hPa z 3. decembra 1976 na stanici Boľkovce. V tomto prípade je prítomná určitá informácia o prepočtoch, ktorá je však stále nekompletná. Okrem toho v práci uvedená barometrická rovnica na redukciu tlaku je čiastočne zjednodušená a v súčasnosti sa už považuje za zastaralú. Treba však poznamenať, že hľadanie extrémnych tlakových hodnôt vôbec nebolo cieľom analýzy v rámci danej publikácie.

Okrem doposiaľ uvedených skutočností pretrvávala tiež domnienka doterajšieho minimálneho využitia existujúcich zdrojov k danej téme. Práve na základe iba strohej evidencie už spomenutej udalosti z roku 1907 sa dalo s veľkou istotou predpokladať, že zatiaľ neboli spracované archívne údaje o tlaku vzduchu z väčšieho počtu slovenských meteorologických staníc. Tradičná synoptická analýza (NOAA 2020) aj reanalýzy prízemného tlakového poľa totiž ukazujú, že najvyššie okamžité hodnoty redukovaného tlaku boli v rámci Slovenska pri mimoriadne mohutnej anticyklóne v januári 1907 očakávateľné na severovýchode a severe územia a nie v Hurbanove, ležiacom na juhozápade krajiny. Dosiahnutie vyčerpávajúcejšej evidencie z tejto meteorologicky výnimočnej situácie (Lempfert 1907; Burt 2007), ale i z ďalších pozoruhodných historických prípadov veľmi mohutných výší a hlbokých níží tak bolo ďalším impulzom pre podrobnejšie spracovanie problematiky.

V celkovom svetle nejasnej doterajšej evidencie sme uskutočnili hlbšiu investigatívu absolútnych historických extrémov redukovaného tlaku vzduchu v histórii oficiálnych meteorologických meraní na Slovensku. Naším prvoradým záujmom bolo presnejšie a spoľahlivejšie určenie príslušných hodnôt, ktoré tak budú môcť byť v praxi považované za oficiálne. Popri analýze kompletnej elektronickej databázy (zdigitalizované údaje) sme vykonali aj verifikáciu zistených hodnôt na základe archivovaných (papierových) meteorologických dokumentov a historických publikácií. V analógových dobových zdrojoch sme taktiež realizovali doplňujúce hľadanie výnimočne vysokých okamžitých tlakových hodnôt, ktoré mohli byť doposiaľ neodhalené, a teda nepublikované.

Všetky výstupné hodnoty redukovaného tlaku vzduchu boli ustanovené jednotne s využitím barometrickej rovnice, ktorá je na Slovensku aktuálne používanou s dlhodobou integráciou v rámci národnej meteorologickej siete. Keďže spracovanie redukovaného tlaku je netriviálnou záležitosťou, našou snahou je prezentovať a diskutovať zistené skutočnosti čo najdetailnejšie a poodhaliť tak mnohé metodické aspekty, ktoré je potrebné brať do úvahy pri možných budúcich hodnoteniach s využitím redukcie tlaku vzduchu.

Čiastočne kvôli komplikáciám, spojeným s dostupnosťou údajov, súčasne však aj z racionálneho dôvodu väčšej prehľadnosti sme sa rozhodli, že bude primerané hodnotiť obe skupiny tlakových extrémov samostatne. V tomto príspevku sa preto napokon prioritne venujeme najvyšším zaznamenaným hodnotám tlaku vzduchu.

2. Použitý materiál a metodika spracovania

Príslušné údaje z meteorologických meraní zo všetkých staníc v rámci Slovenska a ostatné potrebné podklady pre spracovanie štúdie poskytol Slovenský hydrometeorologický ústav (SHMÚ). V elektronickej forme boli k dispozícii všetky databázované údaje z meteorologických meraní a rôzne druhy internej evidencie staničných metadát. Súčasne boli prístupné a využité originálne meteorologické a klimatické výkazy a ročenky, staničné denníky, a vyčíslenia registračných prístrojov z archívu a knižnice SHMÚ v Bratislave na Kolibe. Doplnkový zdroj niektorých starších údajov predstavovali štatistické ročenky, vydávané Maďarským štatistickým úradom, s obsiahnutou kapitolou o klimatických pomeroch, voľne dostupné na webstránke Maďarského národného digitálneho archívu (mandadb.hu).

Hodnoty redukovaného tlaku vzduchu P_0 (v praxi tiež ozn. *QFF*) boli počítané jednotne s využitím úplnej barometrickej rovnice s výpočtom tlaku podľa reálnej atmosféry. Konkrétne zvolená rovnica v danom tvare je aktuálnou a na Slovensku dlhodobo integrovanou v rámci siete meteorologických staníc, na ktorých sa v súčasnosti realizuje redukcia tlaku vzduchu. Použité vzťahy pre výpočet P_0 sú nasledovné:

$$P_0 = \exp\left(g \cdot H_t / (287{,}04 \cdot T_v)\right) \cdot P_S \tag{1}$$

$$g = g_0 - 0{,}00000308 \cdot H_t \tag{2}$$

$$g_0 = 9{,}80665 \cdot (1 - (0{,}0026373 - 0{,}0000059 \cdot \cos(2\Phi)) \cdot \cdot \cos(2\Phi)) \tag{3}$$

$$T_V = 273{,}15 + T + (H_t \cdot 0{,}00325) + 0{,}378 \cdot (273{,}15 + T) \cdot \cdot e/P_S \tag{4}$$

kde:

- P_0 je tlak vzduchu redukovaný na hladinu mora [hPa]
- P_S je staničný tlak vzduchu (pri meraniach ortuťovým tlakomerom prepočítaný na teplotu ortuti 0 °C a normálne tiažové zrýchlenie, a so započítanou prístrojovou opravou) [hPa]
- H_t je nadmorská výška (nádobky) staničného tlakomeru [m n. m.]
- g je lokálne tiažové zrýchlenie vo výške H_t [m.s^{-2}]
- g_0 je tiažové zrýchlenie pri hladine mora [m.s^{-2}]
- Φ je geografická šírka stanice [rad]
- T_V je virtuálna teplota vzduchu [K]
- T je suchá teplota na stanici [°C]
- e je staničný tlak vodnej pary [hPa]

V slovenskej meteorologickej praxi sa tlak dlhú dobu registroval v milimetroch ortuťového stĺpca [*mmHg (torr)*], ktoré boli do roku 1980 základnou tlakovou jednotkou (Sobíšek 1993). Prevod na v súčasnosti používané hektopascaly [*hPa*] bol uskutočnený v súlade s najnovšou verziou Smernice Svetovej meteorologickej organizácie (WMO) pre meteorologické prístroje a metódy pozorovaní (WMO 2014) nasledovne:

$$1\ mmHg = 1{,}333224\ hPa \tag{5}$$

Všetky vstupné i výstupné hodnoty vyššie uvedených charakteristík tlaku, teploty a vlhkosti vzduchu boli analyzované so štandardným zaokrúhľovaním na jedno desatinné miesto. Pri údaji o nadmorskej výške tlakomeru bola pri prepočtoch použitá čo najpresnejšia dostupná hodnota.

Zo vzťahov (1–4) je zrejmé, že pre možnosť redukovania tlaku vzduchu podľa zvolenej barometrickej rovnice je v rámci

meteorologických meraní na konkrétnej stanici nutná dostupnosť údajov o tlaku a teplote vzduchu a tlaku vodnej pary. Zároveň je z tzv. metadát nevyhnutná informácia o geografickej polohe stanice a špecifický údaj o nadmorskej výške tlakomeru (H_t) v čase merania. Pri absencii aspoň jedného z uvedených vstupných parametrov tak nebolo možné ustanoviť hodnoverná (oficiálnu) hodnotu redukovaného tlaku P_0.

Pri spracovaní údajov sa vyskytlo niekoľko prípadov, kedy na meteorologickej stanici v dobe záujmovej situácie nebol zaznamenávaný okamžitý tlak vodnej pary (e). V takýchto prípadoch sme daný údaj dodatočne doplnili štandardným postupom podľa predpísaných psychrometrických tabuliek (SHMÚ 1989) na základe nameranej suchej (T) a vlhkej (T') teploty vzduchu na stanici. Ak nebol dostupný údaj o T', bol pre redukciu použitý údaj o limitnom, t.j. maximálnom možnom tlaku vodnej pary, resp. tlaku nasýtenej vodnej pary (e') pre danú teplotu T podľa psychrometrických tabuliek (SHMÚ 1989); takýto prístup uvádzajú tiež Purevjav et al. (2015). Hoci tlak vodnej pary nemá na výslednú hodnotu redukovaného tlaku P_0 zásadný vplyv, použitie e' môže v porovnaní s e viesť k nepatrne nižšej výslednej hodnote P_0 (vzťah 1). Takto vzniknuté podhodnotenie hodnoty P_0 je vo výsledkoch zohľadnené v rámci uvádzanej možnej (v tomto prípade kladnej) odchýlky (chyby) pri prezentovanej hodnote P_0.

Odchýlka uvádzaná pri výslednej hodnote redukovaného tlaku P_0 mohla tiež vzniknúť s ohľadom na menšiu presnosť (zaokrúhlenie) vstupných údajov o nadmorskej výške tlakomeru H_t. Uvádzaná odchýlka P_0 takisto zohľadňuje možnú rôzne udanú hodnotu nadmorskej výšky tlakomeru H_t v jednotlivých zdrojoch, pričom za rozhodujúci (primárny) pre prepočet P_0 sme v takýchto prípadoch považovali objektívne dôveryhodnejší údaj.

Výstupné hodnoty redukovaného tlaku vzduchu sú v práci prezentované v dvoch samostatných kategóriách podľa nadmorskej výšky. V slovenskej sieti meteorologických staníc sa redukcia tlaku na hladinu mora dlhodobo realizuje na staniciach s nadmorskou výškou do 550 m n. m. (viď napr. Klimatický atlas Slovenska 2015), zatiaľ čo WMO pripúšťa štandardné redukcie tlaku na staniciach až do výšky 750 m n. m. (WMO 2014), pričom od roku 2012 eviduje historické tlakové extrémy práve v takto osobitne definovanej výškovej kategórii (Purevjav et al. 2015). V našom hodnotení pre Slovensko sme sa preto rozhodli analyzovať a interpretovať hodnoty redukovaného tlaku pre obe uvedené kategórie podľa nadmorskej výšky.

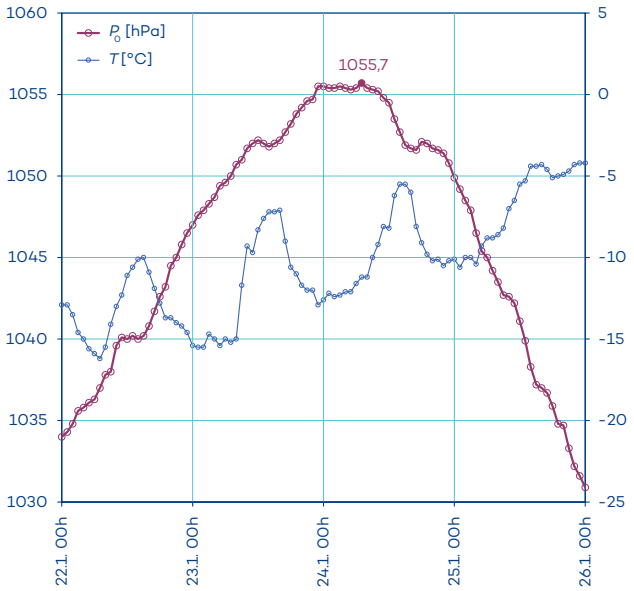
V analytickej časti práce bolo spracovaných celkom päť nasledovných anticyklonálnych situácií, počas ktorých boli na území Slovenska zaznamenané veľmi vysoké okamžité hodnoty tlaku vzduchu: v januári 1882, januári 1907, januári 1929 a decembri 1963 pre meteorologické stanice z celého územia krajiny, a v januári 1940 pre vybrané potenciálne najexponovanejšie lokality. Tieto situácie boli identifikované ako najvýznamnejšie na základe predbežnej analýzy, ktorá pozostávala z predspracovania zdigitalizovaných údajov o tlaku vzduchu (pre stanicu Hurbanovo už od roku 1872 a pre ostatné stanice od roku 1951) a rozboru voľne dostupných analýz a reanalýz prízemného tlakového poľa (NOAA, CFS, GFS, ERA, NCEP/NCAR, DWD; rôzne od roku 1836).

Ak nie je uvedené inak, vo výsledkovej časti je pre každú meteorologickú stanicu prezentovaná iba jedna, t.j. najvyššia zistená okamžitá hodnota redukovaného tlaku P_0 za danej situácie (v danej tlakovej výši). V rámci jednotlivých situácií sme ako nespoľahlivé vyhodnotili a z definitívnych výsledkov tak vylúčili prípady nápadne rozdielnych výsledných hodnôt P_0 v evidentnom rozpore s hodnotami z ostatných (obzvlášť okolitých) staníc, resp. zjavne rozporné s prevládajúcimi veľkopriestorovými, alebo lokálnymi poveternostnými podmienkami.

Pri geografickej lokalizácií meteorologických staníc sú použité aktuálne zaužívané názvy v súlade so súčasným administratívnym členením.

Tab. 1 Najvyššie okamžité hodnoty tlaku vzduchu redukovaného na hladinu mora (P_0) na Slovensku, zaregistrované počas analyzovaných významných anticyklonálnych situácií. Pre každú meteorologickú stanicu je prezentovaná iba jedna, t.j. najvyššia zistená hodnota redukovaného tlaku za danej situácie (v danej tlakovej výši). Nadmorská výška sa vzťahuje k (nádobke) staničného tlakomeru a je uvedená s presnosťou ako v rozhodujúcom originálnom zdroji údaju. Tabuľka obsahuje prípady s dosiahnutou hodnotou $P_0 \geq 1\,053{,}0$ hPa.
Table 1. The highest values of sea-level pressure (*SLP*; P_0) recorded in Slovakia during the analysed major anticyclones. Only single, i.e. the highest observed SLP value within the corresponding situation (anticyclone) is presented for each meteorological station. The altitude (H_t) refers to the station barometer (reservoir) and is presented with the accuracy of the decisive original source of information. The detected cases with the *SLP* ≥ 1,053.0 hPa are shown in the table.

Stanica	Nadm. výška H_t [m n. m.]	Dátum a termín [SEČ, SMČ]	T [°C]	P_0 (možná odch.) [hPa]
Oravský Podzámok	516,3	23.01.1907 21 h	−26,8	1 062,3 (+0,1)
Spišská Nová Ves	462,6	24.01.1907 07 h	−30,3	1 062,0
Kežmarok	622,0	23.01.1907 21 h	−25,5	1 061,3 (+0,1)
Košice-Čermeľské údolie	317,9	24.01.1907 07 h	−18,2	1 058,7
Lučenec	187,0	24.01.1907 07 h	−19,0	1 057,3
Liptovský Hrádok	647,717	24.12.1963 07 h	−22,6	1 057,2 (+0,1)
Kremnica	551	23.01.1907 21 h	−15,8	1 056,9 (+0,1)
Poprad	708,94	24.12.1963 08 h	−21,1	1 056,9
Hurbanovo	119,35	24.01.1907 07 h	−11,2	1 055,7
Banská Štiavnica	620,9	24.01.1907 07 h	−13,6	1 055,6
Sliač-letisko	318,405	24.12.1963 04 h	−22,9	1 055,6
Kamenica nad Cirochou	178,173	24.12.1963 10 h	−17,3	1 054,2
Liptovský Hrádok	652	09.01.1929 21 h	−17,5	1 053,7 (±0,1)
Žilina	366,1	24.12.1963 05 h	−17,1	1 053,4
Košice-letisko	231,760	24.12.1963 10 h	−8,8	1 053,3
Boľkovce	218,80	24.12.1963 07 h	−23,1	1 053,1
Tisinec	219,9	24.12.1963 10 h	−12,9	1 053,0



Obr. 1 Hodinový priebeh redukovaného tlaku (P_0) a teploty vzduchu (T) v Hurbanove (H_t = 119,35 m n. m.) počas extrémne mohutnej anticyklóny v januári 1907.
Fig. 1. Hourly course of sea-level pressure (P_0) and air temperature (T) in Hurbanovo (barometer elevation = 119.35 m a.s.l.) during the extremely intense anticyclone in January 1907.

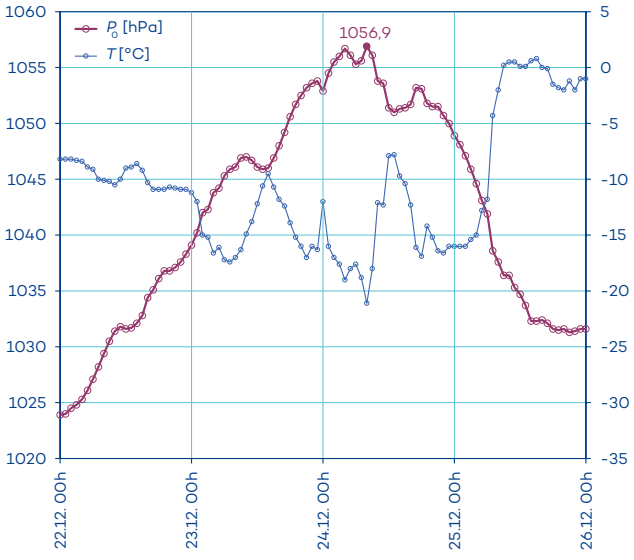
3. Výsledky a diskusia

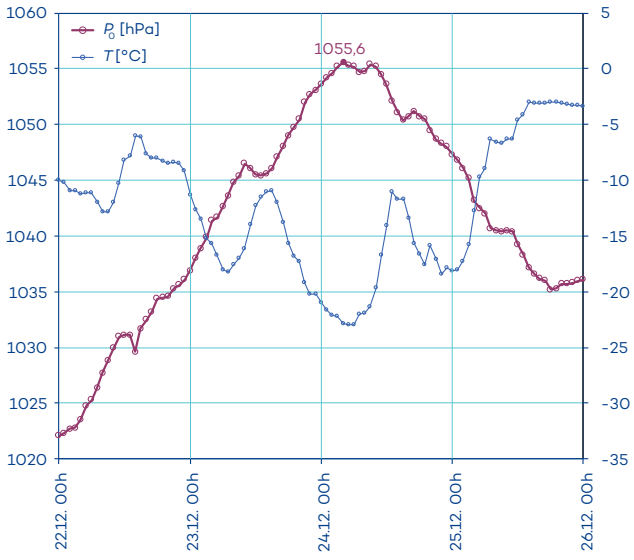
Určujúcim výstupom práce je tab. 1, zachytávajúca najvyššie zaznamenané okamžité hodnoty redukovaného tlaku vzduchu na území Slovenska v priebehu najvýznamnejších anticyklonálnych situácií. Na obr. 1 a 2 je ďalej zobrazený hodinový priebeh P_0 na vybraných staniciach počas dvoch najvýznamnejších identifikovaných situácií.

Absolútne najvyššia hodnota redukovaného tlaku P_0 1 062,3 hPa (možná odchýlka: +0,1 hPa) s platnosťou pre obe výškové kategórie bola prepočítaná v Oravskom Podzámku (49° 16' s. g. š.) 23. januára 1907 vo večernom klimatickom termíne za nasledovných podmienok: staničný tlak P_S = 989,4 hPa [742,1 mmHg] pri nadmorskej výške tlakomeru H_t = 516,3 m n. m., suchá teplota na stanici T = −26,8 °C a limitný tlak vodnej pary e' = 0,7 hPa [0,5 mmHg]. Pozorovateľom na stanici bol Tamás Rusznyák, povolaním lesník. Staničný tlak bol, rovnako ako vo všetkých ostatných prezentovaných prípadoch, nameraný ortuťovým tlakomerom, čo bola štandardná metóda merania tlaku vzduchu v celej ére prístrojových meraní až do nedávneho zavedenia digitálnych tlakomerov na prelome 20. a 21. storočia.

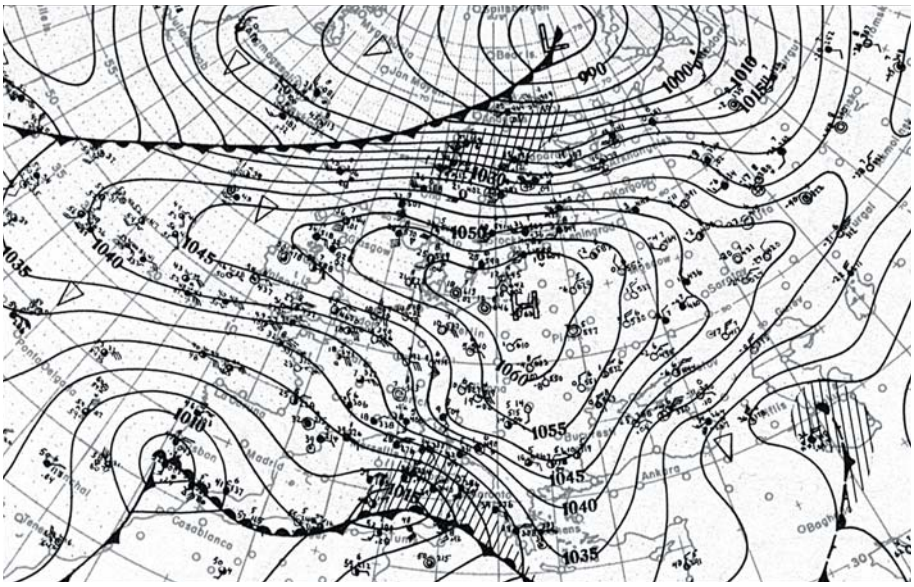
Hodnota P_0 1 060 hPa bola v mimoriadne mohutnej anticyklóne v januári 1907 (obr. 3) markantne prekročená aj na ďalších meteorologických staniciach na severe Slovenska, viď tab. 1: v Spišskej Novej Vsi (ďalšie vstupné údaje pre redukciu: 48° 56' s. g. š.; P_S = 995,5 hPa; e' = 0,4 hPa) a Kežmarku (49° 08' s. g. š.; P_S = 974,7 hPa; okamžitý e = 0,5 hPa). V Hurbanove bolo 24. januára 1907 zaznamenaných 1 055,7 hPa (tab. 1, obr. 1), teda viac ako 1 055,4 hPa, čo bola až doteraz najvyššia známa publikovaná hodnota pre celé Slovensko vôbec (Sobíšek 1993). Možným vysvetlením tejto nezrovnalosti je, že pôvodná hodnota bola vypočítaná nedôsledne, pravdepodobne s nesprávnou, resp. inou výškou než výška tlakomeru. Potvrdzuje to aj skutočnosť, že hodnotu 1 055,7 hPa, teda o 0,3 hPa vyššiu než pôvodnú, obdržíme pri korektnom zadaní vstupných parametrov aj po prepočte prostredníctvom u nás skôr používanej, dnes už zastaralej a nahradenej barometrickej rovnice (WMO 1968; Klimatický atlas Slovenska 2015).

Druhá najpozoruhodnejšia evidovaná situácia nastala ráno a dopoludnia Štedrého dňa roku 1963 v centre anticyklóny (obr. 4), ktorá pri svojom presune vrcholne zmohutnela priamo nad územím Slovenska. Najvyšší P_0 v tejto anticyklóne (v rámci tab. 1) na staniciach do nadmorskej výšky 550 m n. m. bol zaregistrovaný na sliačskom letisku – 1 055,6 hPa (48° 38' s. g. š.;





Obr. 2 Hodinový priebeh redukovaného tlaku (P_0) a teploty vzduchu (T) v Poprade (vľavo; H_t = 708,94 m n. m.) a na Sliači-letisku (vpravo; H_t = 318,405 m n. m.) počas mohutnej anticyklóny v decembri 1963.
Fig. 2. Hourly course of sea level pressure (P_0) and air temperature (T) in Poprad (left chart; barometer elevation = 708.94 m a.s.l.) and Sliač-airport (right chart; barometer elevation = 318.405 m a.s.l.) during the intense anticyclone in December 1963.



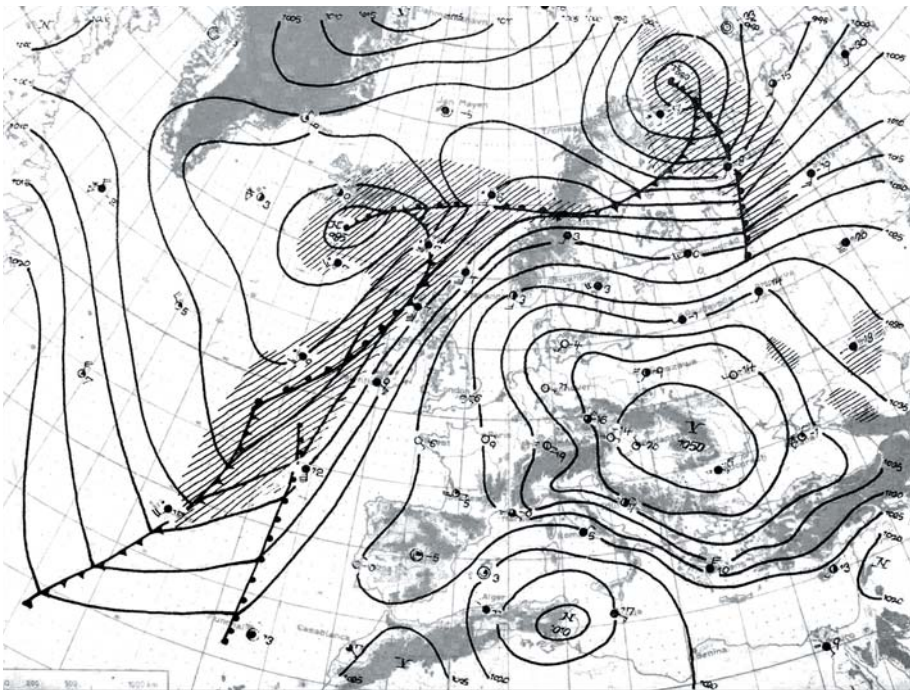
Obr. 3 Synoptická situácia (prízemné tlakové pole [hPa]) v priestore Európy dňa 23. 1. 1907 o 13:00 GMT/14:00 SEČ (prevzaté z NOAA 2020).
Fig. 3. Synoptic situation (sea-level pressure [hPa]) in the European area on 23 January 1907 at 01:00 PM GMT/02:00 PM CET (from NOAA 2020).

P_S = 1 010,9 hPa; e‘ = 0,9 hPa; viď aj obr. 2) a na staniciach s výškou do 750 m n. m. 1 057,2 hPa (+0,1 hPa) v Liptovskom Hrádku (49° 02' s. g. š.; P_S = 968,6 hPa; e = 0,8 hPa).

Vo zvyšných troch analyzovaných situáciách sa maximálne zistené okamžité P_0 na Slovensku pohybovali v rozmedzí 1 050–1 054 hPa. Pri situácii z januára 1940 sa však nepodarilo dohľadať potrebné záznamy pre niekoľko meteorologických staníc (evidencia chýba pravdepodobne z dôvodu vojnových udalostí), na ktorých potenciálne mohli byť dosiahnuté vyššie hodnoty. V prípade situácie v januári 1882 pre zmenu neboli k dispozícii spoľahlivé výšky tlakomerov, nakoľko v danej dobe ešte neboli široko zrealizované presné geodetické merania (Weigel 2007) (jedinú zistenú výnimku s nivelačným zameraním tlakomeru predstavovala stanica v Banskej Štiavnici) a nadmorské výšky boli prevažne stanovované pomocou samotných barometrických meraní, ktoré sa však v rámci metód výškových meraní vyznačujú nízkou presnosťou s existujúcou odchýlkou aj niekoľko metrov (Cesnek 2017).

Keďže výsledná hodnota P_0 pri redukcii reaguje na údaj o nadmorskej výške veľmi citlivo, nebolo v mnohých prípadoch možné oficiálne ustanovenie hodnoty P_0 z dôvodu neexistencie, nedostupnosti, nejednoznačnosti, alebo nespoľahlivosti kľúčového údaju o nadmorskej výške tlakomeru. V rámci neoficiálnych prepočtov bola najvyššia hodnota P_0 zistená v januári 1907 v Beňuši, kde mohla byť za danej situácie takisto dosiahnutá hodnota 1 060 hPa (porovnaj s tab. 1). Súčasne je však zrejme nepravdepodobné, že tunajšia zaznamenaná hodnota bola absolútne najvyššou v rámci celej siete merajúcich meteorologických staníc a táto skutočnosť rovnako platí aj pre ostatné neoficiálne prípady.

Predkladaná analýza nezahŕňala najstaršie obdobie oficiálnych meteorologických meraní a pozorovaní na území Slovenska približne od polovice 19. storočia, kedy boli zriadené prvé meteorologické stanice v rámci štátnej siete (Krška a Šamaj 2001), do roku 1871 vrátane. Prístupné reanalýzy tlakového poľa indikujú, že v priebehu týchto rokov sa s veľkou pravdepodobnosťou nevyskytla natoľko výnimočná poveternostná situácia, ktorá mohla viesť k dosiahnutiu ešte vyšších okamžitých hodnôt P_0 než je maximum prezentované v tab. 1. V každom prípade tiež pripomíname, že z obdobia pred rokom 1872 sú očakávateľné kritické problémy s dostupnosťou, resp. presnosťou nevyhnutných metadát, bez ktorých by uskutočnenie tlakovej redukcie so spoľahlivým výsledkom nebolo možné.



Obr. 4 Náhľad synoptickej mapy s prízemným tlakovým poľom [hPa] v priestore Európy dňa 24. 12. 1963 o 07:00 SEČ (prevzaté z HMÚ 1963).
Fig. 4. Synoptic map with sea-level pressure [hPa] in the European area on 24 December 1963 at 7:00 AM CET (from HMÚ 1963).

V používaní konkrétnej barometrickej rovnice pre redukciu tlaku vzduchu existuje vo svete dlhodobá nejednotnosť (WMO 1968; Purevjav et al. 2015). WMO síce predkladá štandardizovanú odporúčanú rovnicu pre prepočty (WMO 1964; WMO 2014), no zároveň v plnom rozsahu akceptuje, že každá krajina (prípadne vlastník meteorologickej stanice) môže v praxi

aplikovať zvolený vlastný variant rovnice (WMO 2012). Na Slovensku aktuálne uplatnená barometrická rovnica, ktorá sa tak stala základom aj pre našu analýzu (vzťahy 1–4), predstavuje komplexnejšiu a presnejšiu, a tým nesporne lepšiu alternatívu než predchádzajúci používaný variant (WMO 1968; Klimatický atlas Slovenska 2015). Potenciálne využitie rovnice podľa odporúčania WMO v slovenskej praxi v súčasnosti hodnotíme ako problematické kvôli nedostupnosti niektorých ďalších doplňujúcich údajov, potrebných pre prepočet. Samotná WMO navyše prízvukuje, že redukcie majú byť uskutočňované podľa možnosti tak, aby časové rady redukovaného tlaku neobsahovali metodické diskontinuity (WMO 2012).

Tlak vzduchu má z fyzikálnej podstaty vyplývajúcu a preukázanú závislosť od teploty a hustoty vzduchu (Lapin a Tomlain 2001). Teplota vzduchu sa však v konečnom dôsledku zdá byť významným prediktorom hodnoty redukovaného tlaku vzduchu. V kontexte vysokých hodnôt redukovaného tlaku môže veľmi nízka staničná teplota vzduchu viesť pri redukcii až k explicitnej diskriminácii hodnoty redukovaného tlaku. Evidentný je v týchto súvislostiach najmä vplyv silných prízemných teplotných inverzií. Práve týmto podnetom sa v nedávnej minulosti zaoberala aj WMO a po dôkladnom rozbore problému a diskusii napokon rozhodla, že platnosť extrémov redukovaného tlaku bude posudzovaná nezávisle od prítomnosti silných inverzií teploty vzduchu (Purevjav et al. 2015). Hoci aj v prípade našej analýzy (tab. 1, obr. 1 a 2) je rozpoznateľný možný zvýraznený vplyv teploty vzduchu na hodnoty P_0, pri dosiahnutých výsledkoch rešpektujeme príslušné rozhodnutie WMO. Na druhej strane je však v kontexte teplotno-tlakových vzťahov nutné prihliadať na existenciu špecifík v lokalitách so zvláštnou orografiou. Orografické efekty sa tak môžu odzrkadliť aj pri redukcii tlaku (Sobíšek 1993). Vo výskyte vysokých, obzvlášť mimoriadne vysokých okamžitých hodnôt redukovaného tlaku vzduchu na Slovensku preto považujeme za náležité akceptovať osobitosť kotlinových polôh v hornatých častiach územia krajiny, kde boli aj počas nami analyzovaných situácií dosahované najvyššie hodnoty P_0 (tab. 1).

Hoci WMO oficiálne eviduje svetové maximum redukovaného tlaku vzduchu aj v samostatnej kategórii meteorologických staníc vo výške nad 750 m n. m. (Purevjav et al. 2015), prepočty tlaku sme neuskutočňovali pre stanice nad touto výškovou hranicou. Pri redukcii pomocou použitej barometrickej rovnice (vzťahy 1–4) totiž môže v prípade vysoko položených staníc dochádzať k určitej výsledkovej chybe. Na možnú problematickosť redukcie tlaku na staniciach vo vyšších nadmorských výškach upozorňujú aj Purevjav et al. (2015). Taktiež v tejto súvislosti poznamenávame, že relevantná smernica WMO výslovne neobsahuje žiadnu odporúčanú barometrickú rovnicu pre prepočet tlaku na hladinu mora pre lokality nad 750 m n. m. (WMO 2014).

V polovici 20. storočia bol v rámci vtedajšieho Československa zrealizovaný prechod z pôvodného jadranského na do súčasnosti používaný baltský (tzv. Bpv – baltský po vyrovnaní) systém nadmorských výšok. Výška v Bpv je menšia než v jadranskom systéme, pričom rozdiel medzi uvedenými výškovými systémami dosahuje na území bývalého Československa v priemere okolo 0,40 m (Weigel 2007; Čunderlík a Mikula 2016; Cesnek 2017). Keďže pre naše potreby je de facto nemožné uskutočniť dodatočné výškové zjednotenie, je nutné pripustiť pridanú nehomogenitu v použitých výškach (tlakomerov) medzi analyzovanými situáciami z roku 1940 a starších, a situáciou z roku 1963. Vo všeobecnosti platí, že prepočet so vstupnou výškou podľa jadranského systému môže viesť k nadhodnoteniu P_0 o 0,1 hPa v porovnaní s redukciou s použitím výšky v Bpv.

Považujeme za žiaduce uviesť, že súčasťou predloženej analýzy nebola podrobnejšia revízia vstupných údajov za účelom preverenia spoľahlivosti nameraných meteorologických údajov (dodržiavanie pravidelnej a dôsledne vykonávanej kalibrácie meracích prístrojov, posúdenie práce pozorovateľov, atď.) a metadát (napr. adekvátnosť polohových údajov). Správnosť a precíznosť týchto krokov je pochopiteľne kritická pre dosiahnutie kvalitných a spoľahlivých výsledkov. Súčasne je však v tomto ohľade potrebné priznať existujúcu neistotu najmä v prípade (naj)starších meraní a pozorovaní, kde prípadná dodatočná kontrola spoľahlivosti už nemusí byť úplne a uspokojivo zrealizovateľná. V každom prípade si dovoľujeme konštatovať, že všetky prezentované výsledky veľmi dobre zodpovedajú príslušným poveternostným situáciám vo veľkopriestorovom (obr. 3 a 4) aj mezoklimatickom meradle, čo dáva nádej, že sa rámcovo jedná o spoľahlivé merania a pozorovania.

Napokon je v rámci diskusie taktiež potrebné poznamenať, že hodnoty redukovaného tlaku vzduchu podľa pozemných in-situ meraní nemožno striktne konfrontovať s voľne dostupnými analýzami a reanalýzami prízemného tlakového poľa. Priestorový výber meteorologických staníc, ktoré do (re)analýz vo všeobecnosti vstupujú v rámci in-situ komponentu, je obmedzený; zahrnuté sú len stanice, z ktorých údaje sú k dispozícii v rámci spravodajstva SYNOP a INTER, resp. automatické stanice. Na dôvažok reanalýzy nie sú spracúvané len na báze pozemných meraní a pozorovaní, ale tiež zo satelitných meraní a za pomoci fyzikálneho a matematického modelovania v rámci tzv. asimilačných cyklov numerických predpovedných modelov (napr. Kalnay et al. 1996; Gibson et al. 1997; Compo et al. 2011; Bosilovich et al. 2013; Cram et al. 2015). Z uvedených dôvodov, analýzy a reanalýzy predstavujú viacmenej len schématické zobrazenie situácie, čo obzvlášť platí pre situácie vo vzdialenejšej histórii (reanalýzy NOAA aktuálne až od roku 1836, ERA od 1901). Súčasne je zrejmé, že (re)analýzy nemusia presne zachytávať extrémne hodnoty sledovanej charakteristiky na záujmovom území. Staničné údaje, ktoré prezentuje aj táto práca, preto majú pri ich korektnom zaznamenaní a spracovaní podstatne výpovednejšiu hodnotu.

4. Záver

S hlavným cieľom doplnenia evidencie historických extrémov počasia na Slovensku sme uskutočnili rozsiahlejšiu investigatívu na tému najvyšších zaznamenaných okamžitých hodnôt redukovaného tlaku vzduchu. Päť popredných anticyklonálnych situácií bolo vyčerpávajúco analyzovaných a odhalené najvyššie hodnoty redukovaného tlaku sú s najväčšou pravdepodobnosťou aj absolútne najvyššími okamžitými maximami v celej ére oficiálnych meteorologických meraní na území Slovenska (približne od polovice 19. storočia). Absolútne najvyššia hodnota 1 062,3 hPa (s možnou odchýlkou +0,1 hPa) bola zaregistrovaná v Oravskom Podzámku dňa 23. januára 1907 s platnosťou pre obe posudzované výškové kategórie do 550, resp. 750 m n. m. Kotlinové polohy v hornatých častiach Slovenska sa, všeobecne vzaté, zdajú mať charakteristické postavenie z pohľadu dosahovania vysokých až mimoriadnych a extrémnych okamžitých hodnôt redukovaného tlaku. Prepočty tlaku boli vykonané korektne a dosiahnuté výsledky sú veľkopriestorovo, ako aj mezoklimaticky adekvátne príslušným poveternostným situáciám.

Za predpokladu precízne vykonávaných staničných prepočtov je vzhľadom k použitým metódam možné porovnávať v práci prezentované hodnoty P_0 s hodnotami redukovaného tlaku vzduchu zo slovenských meteorologických staníc, vrátane staníc s údajmi v rámci medzinárodnej výmeny (správy SYNOP, atď.). V prípade možných budúcich extrémov však bude v každom prípade žiaduce potvrdiť dosiahnuté hodnoty prostredníctvom overovacej analýzy, keďže evidencia a hodnotenia redukovaného tlaku majú svoje vcelku výrazné špecifiká. V týchto súvislostiach tiež do budúcnosti nemožno vylúčiť doplnenie, spresnenie, či prepracovanie prezentovaných výsledkov, napr. pri objavení sa nových zdrojov historických údajov, alebo akýchkoľvek úpravách v používaní barometrickej rovnice, vrátane potenciálnej celosvetovej unifikácie rovnice zo strany WMO (WMO 2012; Purevjav et al. 2015).

Nadobudnuté poznatky môžu byť zúžitkované pre budúce spracovania tlaku vzduchu a mohli by byť osobitne prínosné pre potreby synoptickej meteorológie či regionálnej klimatológie.

Prirodzeným námetom pre nasledujúce spracovanie v rámci Slovenska je identifikácia historicky najnižších okamžitých hodnôt redukovaného tlaku vzduchu na území krajiny. Ukazuje sa, že momentálne najnižšia známa publikovaná hodnota 970,2 hPa v Boľkovciach 3. decembra 1976 (Klimatický atlas Slovenska 2015) je s veľkou istotou nesprávna.

Poďakovanie:

Za pomoc pri zhromažďovaní metadát ďakujeme Daliborovi Galovi zo Slovenského hydrometeorologického ústavu. Za odborné konzultácie k téme ďakujeme Mariánovi Jakubekovi a Miroslavovi Šingerovi zo Slovenského hydrometeorologického ústavu.

Literatúra:

BOSILOVICH, M. G., KENNEDY, J., DEE, D., ALLAN, R., O'NEILL, A. et al., 2013. On the reprocessing and reanalysis of observations for climate. In: ASRAR, G., HURRELL, J. (eds.) 2013. *Climate Science for Serving Society*, s. 51–71. ISBN 978-94-007-6691-4.

BURT, S., 2006. Britain's highest barometric pressure on record is incorrect. *Weather*, Vol. **61**, No. 7, s. 210–211. ISSN 1477-8696.

BURT, S., 2007. The Highest of the Highs... Extremes of barometric pressure in the British Isles, Part 2 – the most intense anticyclones. *Weather*, Vol. **62**, No. 2, s. 31–41. ISSN 1477-8696.

CESNEK, T., 2017. Presné určenie nadmorských výšok hrebeňa Malej Fatry. In: KALAŠ, M., KICKO, J. (ed.), 2017. *Výskum a ochrana Malej Fatry. Zborník príspevkov z vedeckej konferencie* (Gbelany 5. októbra 2017), s. 47–49. ISBN 978-80-972895-0-8.

COMPO, G. P., WHITAKER, J. S., SARDESHMUKH, P. D., MATSUI, N., ALLAN, R. J. et al., 2011. The Twentieth Century Reanalysis project. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, Vol. **137**, No. 654, s. 1–28. ISSN 0035-9009.

CRAM, T. A., COMPO, G. P., YIN, X., ALLAN, R. J., MCCOLL, C. et al., 2015. The International Surface Pressure Databank version 2. *Geoscience Data Journal*, Vol. **2**, No. 1, s. 31–46. ISSN 2049-6060.

ČUNDERLÍK, R., MIKULA, K. 2016. Je more meter nad morom? *Quark*, roč. **22**, č. 5, s. 7–11. ISSN 1335-4000.

GIBSON, J. K., KÅLLBERG, P. M., UPPALA, S., HERNANDEZ, A., NOMURA, A., SERRANO, E., 1907. ERA description. ECMWF Re-Analysis Project report series 1. Reading: ECMWF. [cit. 09.03.2020]. Dostupné z WWW: https://www.ecmwf.int/sites/default/files/elibrary/1997/9584-era-description.pdf.

HMÚ, 1963. Denní přehled počasí. Praha: Hydrometeorologický ústav.

KALNAY, E., KANAMITSU, M., KISTLER, R., COLLINS, W., DEAVEN, D. et al., 1996. The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis project. *Bulletin of the American Meteorological Society*. Vol. **77**, č. 3, s. 437–472. ISSN 0003-0007.

KLIMATICKÝ ATLAS SLOVENSKA, 2015. Bratislava: Slovenský hydrometeorologický ústav. 132 s. ISBN 978-80-88907-91-6.

KRŠKA, K., ŠAMAJ, F., 2001. Dějiny meteorologie v českých zemích a na Slovensku. Praha: Univerzita Karlova v Prahe. 568 s. ISBN 80-7184-951-0.

LAPIN, M., TOMLAIN, J., 2001. Všeobecná a regionálna klimatológia. Bratislava: Univerzita Komenského Bratislava. 184 s. ISBN 80-223-1433-1.

LEMPFERT, R. G. K., 1907. The high barometer of January 1907. *Symons's Meteorological Magazine*, Vol. **42**, No. 493, s. 1–3.

NOAA, 2020. Daily synoptic weather maps. NOAA Central Library. Dostupné z WWW: https://library.noaa.gov/Collections/Digital-Collections/Daily-Synoptic-Weather-Maps.

PUREVJAV, G., BALLING JR., R. C., CERVENY, R. S., ALLAN, R., COMPO, G. P. et al. 2015. The Tosontsengel Mongolia world record sea-level pressure extreme: spatial analysis of elevation bias in adjustment-to-sea-level pressures. *International Journal of Climatology*, Vol. **35**, No. 10, s. 2968–2977. ISSN 1097-0088.

SHMÚ, 1989. Psychrometrické tabuľky. Bratislava: Slovenský hydrometeorologický ústav. 108 s.

SOBÍŠEK, B. (ed.), 1993. Meteorologický slovník výkladový a terminologický. Praha: Academia, Ministerstvo životního prostředí ČR. 1. vydání. 108 s. ISBN 80-85368-45-5.

WEIGEL, J., 2007. Vyšší geodézie II – základní výškové bodové pole (nivelační body a nivelační sítě). Brno: Vysoké učení technické v Brně. 111 s.

WMO, 1964. Note on the standardization of pressure reduction methods in the international network of synoptic stations. [online]. Technical note No. 61. Ženeva: WMO (WMO-č.154). [cit. 30.09.2019]. Dostupné z WWW: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=2849.

WMO, 1968. Methods in use for the reduction of atmospheric pressure. [online]. Technical note No. 91. Ženeva: WMO (WMO-č.226). [cit. 30.09.2019]. Dostupné z WWW: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=3445.

WMO, 2012. Pressure reduction formula. [online]. Ženeva: WMO (WMO CIMO/ET-Stand-1/Doc.10). [cit. 30.09.2019]. Dostupné z WWW: https://wmo.int/pages/prog/www/IMOP/meetings/SI/ET-Stand-1/Doc-10_Pressure-red.pdf.

WMO, 2014, aktualizované 2017. Guide to meteorological instruments and methods of observations. Ženeva: WMO (predpis WMO-č.8). ISBN 978-92-63-10008-5.

Lektoři (Reviewers):
Mgr. Stanislav Racko,
RNDr. Taťána Míková

The effects of weather extremes on the agriculture in Northern Hungary during the Maunder Minimum

Vplyvy extrémov počasia na poľnohospodárstvo severného Uhorska počas Maunderovho minima

Miloš Jesenský
The National Cultural Centre
Sq. SNP 12, 812 34 Bratislava 1, Slovakia,
✉ milos.jesensky@nocka.sk

Pavel Hronček
Technical University of Košice, Faculty of Mining, Ecology, Process Control and Geotechnology,
Institute of Earth Resources,
Department of Geo and Mining Tourism
Letná 9, 042 00 Košice, Slovakia
✉ phroncek@gmail.com

Norbert Polčák
Comenius University in Bratislava, Faculty of Natural Sciences,
Department of Physical Geography and Geoecology
Mlynská dolina, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava 4, Slovakia
✉ norbert.polcak@uniba.sk;
Slovak Hydrometeorological Institute
Jeséniova 17, Bratislava, Slovakia 833 15 Bratislava

Extreme weather phenomena in the history of the northern part of Upper Hungary (nowadays Northern Slovakia) in the second half of the 17th century and their effects in the landscape, but also in the agriculture, are presented. The entire research was carried out in view of the Little Ice Age, more precisely in one of its most extreme period called the Maunder Minimum (1645–1715) in the context of the well-known extreme weather manifestations in Europe and Central Europe.

A number of extreme climatic phenomena which significantly influenced the life of early modern man in the given geographical area took place during a half of the century. The unstable character of weather during summer and winter semesters significantly influenced the agricultural production. Bad harvests and livestock perishing occurred frequently leading to famine, unstable political situation, and so on. Winters of 1541/42, 1644/45 and 1708/09 were extremely cold, while cold and rainy summers occurred in 1650 and 1651. On the contrary, an extremely warm winter followed by an extremely cold summer with snowfall occurred in 1661/62. Droughts were frequent during the summer semesters. The most extreme drought appeared in 1693. Devastation of catastrophic dimensions was caused by floods and torrential rains in 1650 or 1662.

KEYWORDS: weather extremes – the Maunder Minimum – subsistence of population – the second half of 17th century – Upper Hungary (Slovakia)

KĽÚČOVÉ SLOVÁ: extrémy počasia – Mauderove minimum – obživa obyvateľstva – druhá polovica 17. storočia – horné Uhorsko (Slovensko)

1. Introduction

The Little Ice Age (LIA) was a cooling period which occurred after a warmer period known as the Medieval Climate Optimum. Climatologists, geologists, geographers, glaciologists and historians cannot agree about the exact beginning or the end of this period (Da Assunção Araújo 2007). The term LIA itself is also very problematic, terminologically vague, out of temporal bounds and does not match the global and regional scale (Matejovič 2011).

On a global scale, or more precisely in the northern hemisphere, the beginning of the LIA can be dated to the beginning of the 14th century, when settlements in Greenland began to disappear because of cooling (Barlow 2001). The LIA in Europe started when cold and humid weather lead to a breakout of famine between the years 1305–1319 (Fagan 2007). Cold weather between 1241–1242 may already be an example of worsening weather in Central Europe. During this period, the Danube River and its tributaries froze and these conditions granted good maneuverability for the Mongolian troops during their wintering in Carpathian Basin near the present-day Vác (Marsina 1986).

The temperatures in Central Europe began to decrease gradually after 1530, but the cold years did not appear until after 1560 (Podolska 2014). The temperatures during summer and winter were much lower, and the weather was overall colder and stormier when compared to the weather in the 20th century. The weather was also much windier with a lot of storms. The cooling also inflicted the growth of Alpine mountain glaciers during the winter 1599/1600. Alpine glaciers reached their maximum length, which they had neither reached before, nor after that time. Such weather patterns were typical for the second half of the 16th century (Fagan 2007).

Perhaps for this reason, some authors have set the beginning of the LIA to the middle of the 16th century (Da Assunção Araújo 2007). However, this period is mostly considered to be the later and more intense phase of the LIA, especially during the years 1550–1850, with its most extreme stage in the period 1550–1700 (Brázdil et al. 2005).

The LIA period after the mid-16th century had two more distinct and more extreme phases – the Maunder Minimum

(1645–1715) (Wilson 1994; Luterbacher 2001) and the Dalton Minimum (1790–1830) (David 2006). The Maunder Minimum, which is the subject of this study, was named after English astronomer Edward W. Maunder (1851–1928). It is a time period in the second half of the 17th century during which the sunspots almost disappeared (there were only a few dozen compared to the common state with several tens of thousands sunspots). The time period coincides with the middle and the coldest phase of the "Little Ice Age" when Greenland was covered with ice and the alpine glaciers were expanding. Large European rivers were frozen, as well as the Baltic Sea or the Strait of Calais.

The end of the LIA is dated to 1850 in the Northern Hemisphere and Central Europe due to the retreat of glaciers in the Swiss Alps (Fagan 2007). The end of the LIA was shifted to the 1890s in the region of High Tatras (thus also in the studied region) (Niedźwiedź 2004).

2. Aims and methodology

The aim of this article is to reconstruct historical events related to agriculture of Upper Hungary (nowadays Northern Slovakia), which were the results of weather extremes impacts in the second half of the 17th century during one of the coldest periods of the Little Ice Age – the Maunder Minimum – which took place between 1645 and 1715.

The study points out the weather extremes during the summer and winter semesters and their effects in agriculture, i.e. in the quality of food production at the regional level of Northern Slovakia. We have processed an overview of historical extreme weather phenomena based upon historical archival and literary records in the territory of the following counties: Trenčianska, Oravská, Liptovská, Turčianska and Spišská.

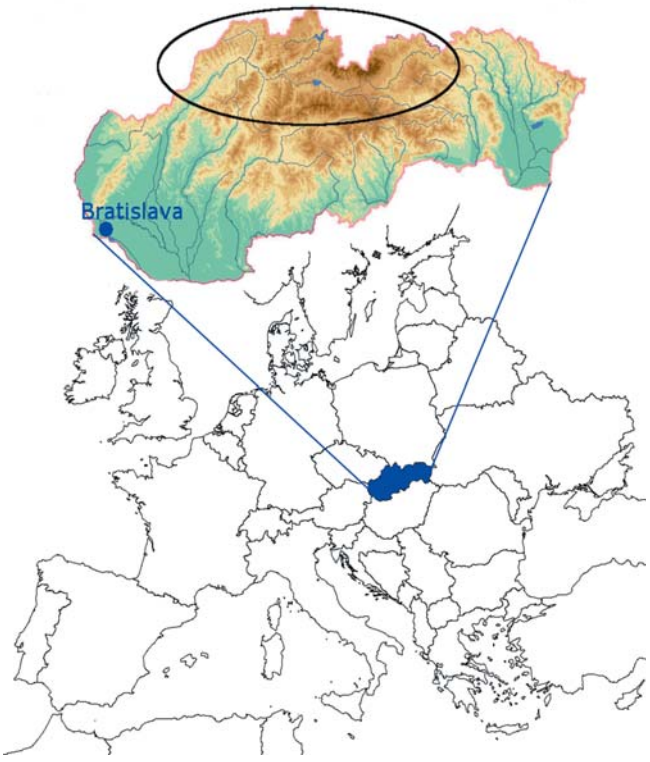


Fig. 1. Location of the studied territory within Europe.
Obr. 1 Poloha skúmaného územia v rámci Európy.

The territory of these counties is also defined by natural barriers, one of which is represented by the upper stream of the Váh River, the largest and longest river of the former Upper Hungary and the largest and longest river in the present-day Slovakia. The Váh River is the left-hand tributary of the Danube River. It drains the highest mountains of the Carpathian Arc which reach heights of more than 2,000 m a.s.l. – the High and the Low Tatras, and the adjacent lower rims of the mountains in the north-western apex of the Carpathian Arc.

This configuration forms a relatively closed region enclosed by the mountain ridges of the High and the Low Tatras from the East and from the South. The prevailing north-western, mostly cyclonic air flows in this part of continental Europe and collides with these mountains. The whole region is divided not only by the valley, which is carved into the surrounding mountains, but also by its tributaries. From the right, the north side, the Váh River receives two biggest tributaries – the Orava River and the Kysuca River, while the biggest tributary from the left side is the Turiec River. The whole territory had been densely afforested in the past, and economic life was concentrated in larger or smaller valleys.

The processing of the study aiming at fulfilling the given objective was based upon the methodological procedures used in historical research. Thus, the given theme falls within the methodological portfolio of history, eventually historical climatology (Brázdil 2000; Brázdil, Kotyza 2001 and 2005; Brázdil et al. 2005; Elleder et al. 2014) and environmental history (Hronček 2014a, 2014b; Hronček, Chrastina 2018). Therefore, the methodological procedures were chosen in a way securing the most effective achievement of the study aim.

The study was made on the basis of historical research methods according to the verified scientific works (Gerber 1974; Hroch et al. 1985; Best, Kahn 1998; Dvořák et al. 2014). The historical research consisted of classical approach. Historical sources had been collected, classified and critically assessed after the setting of the aim and the theme of the study. This stage was followed by logical arrangement and final synthesis into the form of a text study (Eco 1997; Holec 2013). Main sources of information were the written sources in archives, historical records in chronicles, historical publications, as well as research papers and the latest scientific literature. The deductive and comparative historical method following the critical historical analysis of the sources of different origins was used (Hroch et al. 1985; Avenarius 1999; Kratochvíl 1999).

3. Results

The weather fluctuations in the geographical area of Upper Hungary in the first half of 1640s began to worsen with the upcoming onset of the so-called Maunder Minimum (1645–1715). A critical drop in summer temperatures occurred in August 1641, and had disastrous consequences for the ripening crops in the fields. This situation was recorded by the chroniclers in Spiš (e.g. in Kežmarok or in Spišská Sobota) when they wrote about the devastating frost on August 5, 1641, which affected the whole Spiš Region. The low temperatures on the high mountain meadows and pastures were so extreme, that 150 horses and two shepherds froze on the pastures. Heavy snowfall occurred together with frost cover and icicles which grew on trees (Petrovič 1982). The extreme weather continued also in the following year, when on June 23, 1642, large hailstones reaching the size of a chicken egg or a fist, fell in Spišské Podhradie. The hailstones formed a layer on the ground of roughly two cubits (approximatelly 120 cm). The

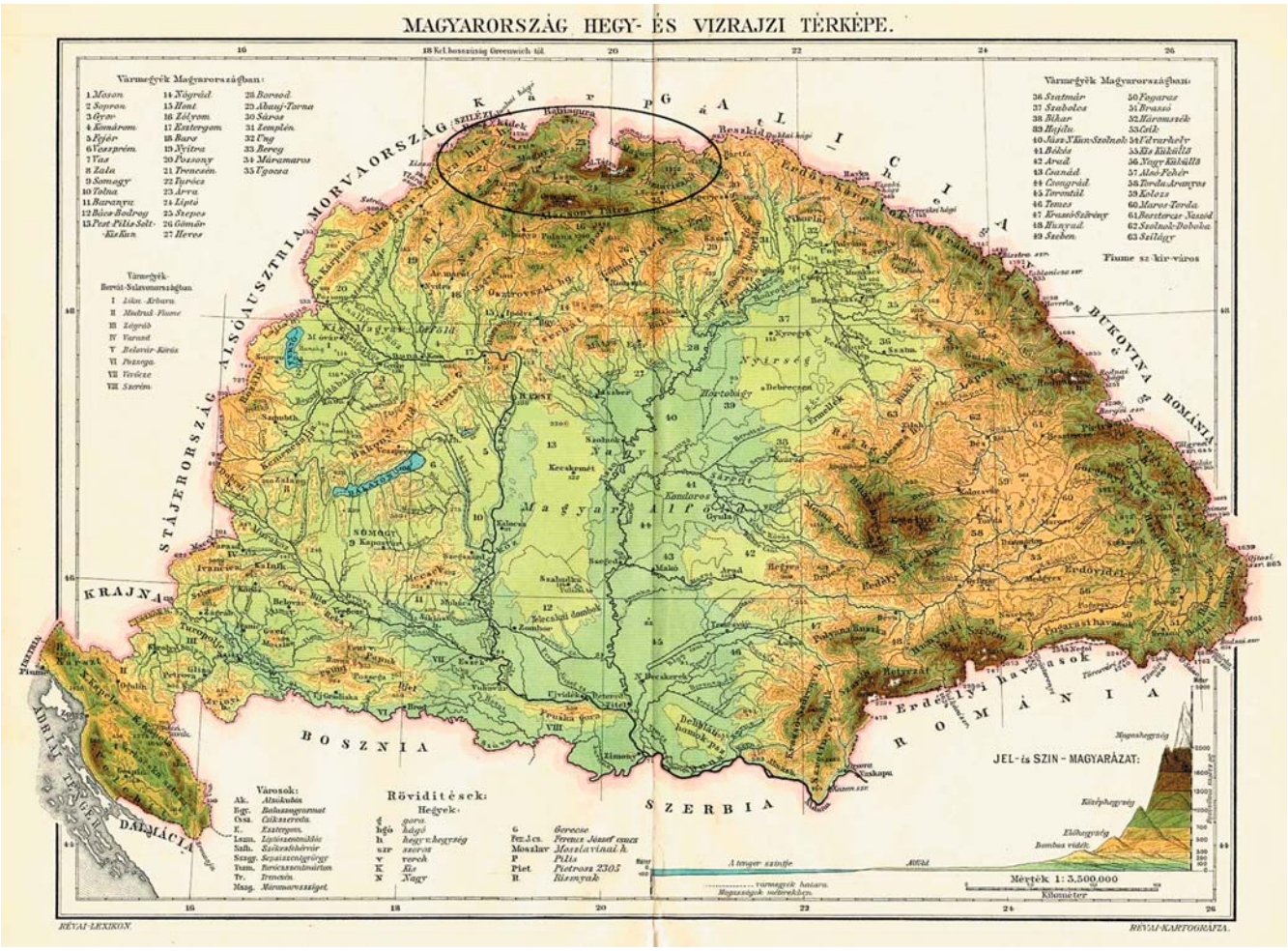


Fig. 2. Location of the studied territory within the historical territory of Hungary.
Obr. 2 Poloha skúmaného územia v rámci historického územia Uhorska.

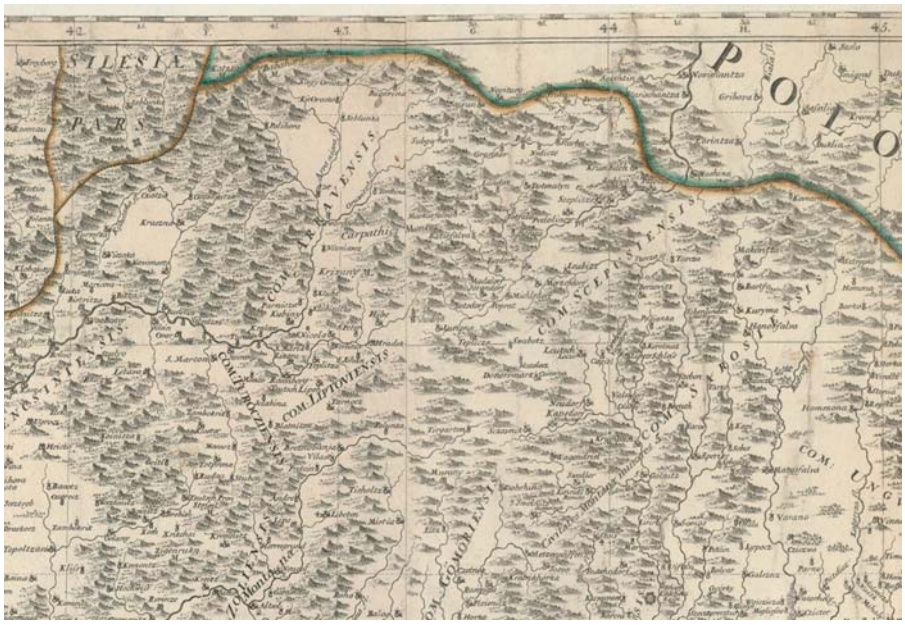


Fig. 3. Historical depiction of the studied area on the Müller's map of Hungary from 1709 (Moravian Regional Library in Brno, Moll's map collection, Upper and Lower Hungary, sign. No. Moll-0003.1961 to Moll-0003.1969.) Map is available online at: https://mapy.mzk.cz/mzk03/001/052/209/2619316455/).
Obr. 3 Historické zobrazenie skúmanej oblasti na Müllerovej mape Maďarska z roku 1709 (Moravská zemská knižnica v Brne, Mollova zbierka máp, Horné a Dolné Maďarsko, sign. Č. Moll-0003.1961 až Moll-0003.1969.) Mapa je k dispozícii online na: https://mapy.mzk.cz/mzk03/001/052/209/2619316455/).

layer of hailstones remained on the ground until the next day causing an obstacle for travellers on the main roads and making normal walking almost impossible (Jesenský 2015).

3.1 Reflection of weather extremes during the Maunder Minimum in the agriculture of Northern Slovakia

Besides the abrupt temperature drops at an unusual time of year, the frosts occurring at extreme values and often in long intervals during the usual winter months represented another danger for the agriculture. These weather conditions had catastrophic consequences affecting the crop yield which led to famine, spreading of diseases and epidemics. A similar situation occurred during the winter of 1644/45, when there was an extremely cold and long winter in the Spiš Region. Frosts lasted for more than a month from the pre-Christmas days until the

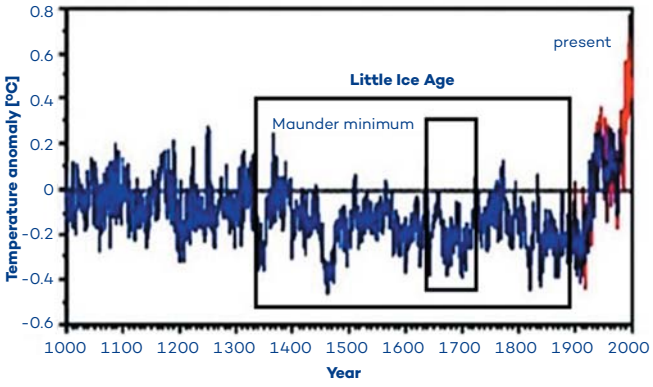


Fig. 4. The "hockey stick" graph of temperature change in northern hemisphere over the past 1,000 years based on tree rings by Mann et al.1998 (in Easterbrook 2011).
Obr. 4 Graf nazývaný „Hokejka" zobrazujúci zmeny teploty na severnej pologuli za posledných 1000 rokov, vychádzajúcich z letokruhov stromov podľa Mann et al.1998 (in Easterbrook 2011).

Conversion of Paul (January 25). Extremely low temperatures have caused the water to freeze in pipes and tanks. The brooks froze down to the bottom, so the water could not be taken up and the mills stopped (Petrovich 1982).

The summers of 1650 and 1651 were very cold and accompanied by heavy rainfalls not only in the northern part of Upper Hungary, but especially in the Tatras. Precipitations caused extensive floods in August 1650 and on the 17th and 18th July 1651 (Semionow 1992). These floods had extensive negative impacts on harvest in the fields as well as on the dwellings, especially in the settlements situated at the foot of the Tatra Mts.

The temperature fluctuations within individual seasons increased significantly during the first half of the 1660s, i.e. between 1661 and 1667. For example, the average temperature in the Tatras in the summer of 1661 was approximately 11 °C according to T. Niedźwiedź. The next two years were even colder, when the summer temperature reached only approximately 9 °C (Niedźwiedź 2004). Dendrological studies of the common spruce (*Picea abies)* growth rate in the Tatra Mts. show, that the year 1662 had poor climatic conditions and that the annual growth of wood of the common spruce was the lowest in the 17th century, as well as one of the lowest overall (Kacska 2004).

Conclusions of the dendrochronological scientific research are confirmed by historical records. A few quite detailed historical documents and chronicles containing records of climatic events which negatively affected not only the whole society, but the agriculture in particular, are preserved from the year 1662. These records describe the character of weather within the geographical space extended from the Spiš Region, through the region of Upper Považie and further to the region of Kysuce.

The winter of 1661/62 was very mild, humid and relatively windy not only in Upper Hungary but also throughout Europe (Schove 1986). It is likely that it was even one degree warmer than the record warm winter in 2015. The winter was so mild that the Liptov rafters had not interrupted their season throughout the whole winter. According to the historical records, it was already the second winter with such character, because the Liptov rafting season lasted continuously from February 2, 1660 (Húska 1972). The spring of 1662 had a similar character as the winter. The extensive weather fluctuations began only at the end of the spring and lasted until the autumn with disastrous consequences.

Snowfall occurred in the region of Upper Spiš in the Tatras and in the surrounding higher mountains on May 17. The snow melted after two days, but there was a great cooling. The frost destroyed the entire harvest of grains and fruit trees during the following days. Several heavy storms swept through the country during June, while the worst one with walnut-sized hailstones happened on June 15. It is obvious, that the fallen hailstones formed a coarse layer on the ground, because it did not melt in 9 or 10 days. Hailstone cover disappeared in many places only after 14 days. According to the records, the biggest damage was caused to the cereal crops near the towns of Poprad and Spišská Sobota, where only small areas of fields were exceptionally saved. Storms and rainfalls melted the snow, and the elevated water levels in the streams caused many local floods (Horváthová 2003).

But the worst weather effects had not occurred until August. The rainfall began on the night of August 4, and the intensity of the rain increased gradually. On the night of August 4, a massive 12 to 13-hour storm made up not only of intense rain but also of hail, ran through the northern part of Upper Hungary. The amount of rain which fell during such a short time was so big, that the streams were not able to divert all the water, and a massive flood wave was created on all the Northern Hungarian streams (Bal et al. 1910). For example, at 6 PM on the evening of August 6, the entire area of the Northern Spiš was flooded, and the water level of the Poprad River was higher than the oldest people remembered. Nevertheless, the rainfall did not cease and the water level of the river Dunajec had also risen. Each town in Spiš was damaged by the flood wave (Horváthová 2005).

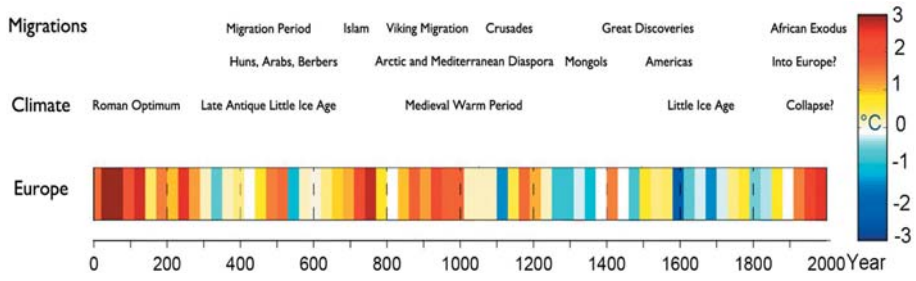


Fig. 5. Temperature reconstructions. Climate Changes in Europe in years 0–2000 and history Migrations (On-line: https://www.medieval.eu/medieval-warm-period/. By Raymond S. Bradley, Heinz Wanner and Henry F. Diaz, The Holocene 2016 (Early publication on web: 22.01.2016).
Obr. 5 Rekonštrukcia vývoja teploty. Klimatické zmeny v Európe v rokoch 0–2000 a historické migrácie (On-line: https://www.medieval.eu/medieval-warm-period/. Podľa Raymond S. Bradley, Heinz Wanner and Henry F. Diaz, The Holocene 2016 (Prvé publikovanie na webe: 22.01.2016).

A much more critical situation occurred in the more westerly situated catchment area of the Váh River. A detailed description of this event was preserved in an anonymous poem from the second

half of the 17th century by an unknown scholar from Liptov written in Matej Bel's *Notitia* (Bel 1735). A critical situation was in the regions of Liptov, Turiec, Orava, Kysuce and in the region of Central Považie. Precipitations that triggered floods on all water streams in a very short time left behind a disaster and a non-habitable landscape. There were victims of floods and water was destroying whole houses. Villages situated in the flood-plains of the River Váh were flushed away, and whole wooden houses were floating in the few hundred meters wide stream of the river. The river carried everything it encountered on its way, including human bodies. The flood also had a negative impact on the agriculture. Intense rainfalls washed down the harvest from the higher situated fields and caused extensive soil erosion. The situation was much worse on the flood-plains of the River Váh. Only a dead landscape was left in the lower parts which have become a part of its wide stream, while everything that resembled human civilization except the crops was lost. In the higher parts of the flood-plains of the rivers Váh, Orava, Kysuce and Turiec all off the harvest was flushed away, and many fields were turned into lakes or marshes with dirty water. Vast amount of the agricultural soil was flushed away and vice versa – the fields were covered with coarse layers of mud in many places. The water took away herds of cattle and sheep from the pastures and the livestock from the villages was also flushed away.

According to the historical chronicle of Turany, which was stored in the town archive, the flood wave in 1662 had not only destroyed all off the crops from the fields, but it was so high that the water flowed into the wooden houses through the windows.

Ján Buchholtz senior visited these areas and reminds that the mud streams were also very dangerous. Mud streams originated on the valley slopes in the mountains. The soil soaked with enormous amounts of water ran down into the valleys taking away everything that stood in its way including large boulders and whole trees (Szaflarski 1972).

Valuable data on the local flood disasters in Orava can be found in the diary of Ján Guzič from Mokraď (1618–1681), who was in the position of the district administrator of Orava and the castellan of the Orava Castle (Jesenský 2015). His records describe several floods from 1642 to 1679. A reference about the great flood on the rivers of Orava and Váh on August 18, 1665 can be found in the diary of Keczer Ambrus de Lipócz, who worked on the Tököly estate in Oravský Podzámok. The flood was described as a great disaster for the inhabitants, who still felt the consequences of the previous flood from August 1662.

Floods on the Váh River were very carefully recorded by Juraj Kuorka (1811–1848), a priest of the Lutheran Church in Sučany (according to the manuscript: *Pokračující historia anebožto Pamětnosti církwe ewanjelické sučanské napsal až po svůj věk Jiří Kuorka církwe této Sl.Bož. Kaz. 1845 a nasledujících rocích* stored in the Archive of the Matica slovenská in Martin). Daniel Benko, a cantor of the Evangelical school in Turany, was addressing the same issue again. In his chronicle he mentions the great floods at the Váh River in 1662, 1728 and 1813.

Extreme weather patterns had also been reflected in the gradation of pests. Grasshoppers outbreaks appeared regularly and destroyed crops in the fields. A report on the outbreak of grasshoppers in Kysuce is preserved from 1693. *"Our whole region, and also our Kysuce, was attacked by many grasshoppers. People tried to defend them by bell tolling, drumming and by banging on iron rods. They killed them with shovels and sweeps. The grasshoppers had receded, but left tremendous damage, causing hunger and very high prices."* (Jesenský 2015). Three years later, a similar situation took place in the surroundings of Turany in the contact zone of the regions of Northern Turiec and Považie. Huge swarms of grasshoppers made great damage in the fields (Hlas Turian 1999, No.4).

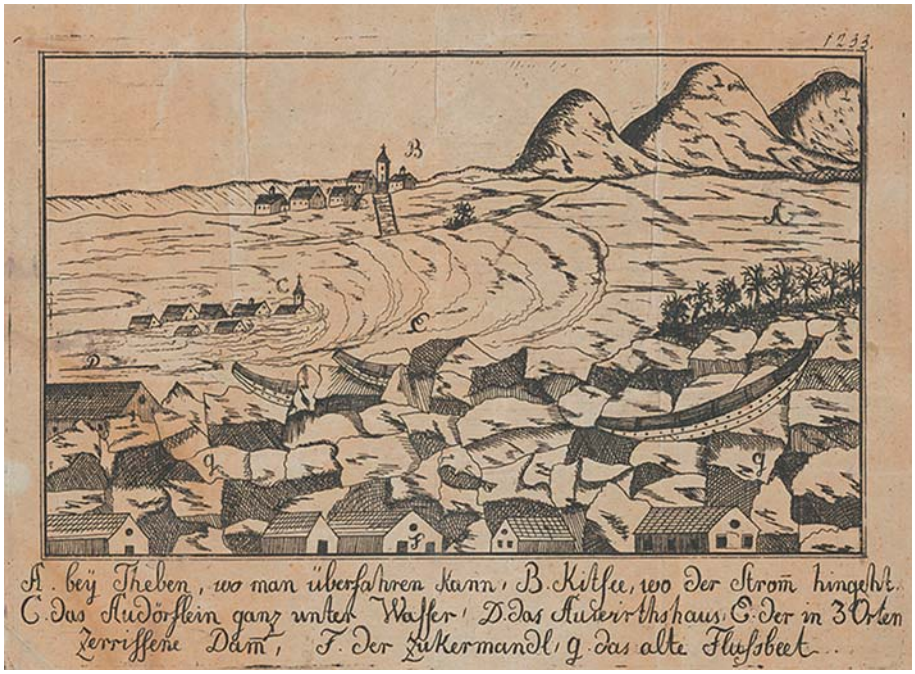


Fig. 6. The depiction of flood in Bratislava in 1670 (City Gallery of Bratislava, Inv. No. C 7182).
Obr. 6 Zobrazenie povodne v Bratislave v roku 1670 (Mestská galéria Bratislava, inv. č. C 7182).

Extreme weather fluctuations and their impact on agriculture continued also in the first years of the 18th century. Historical records mention the extreme winter of 1708/1709 in Europe as one of most severe winters at least since 1500. The average temperature in Berlin, where the measurements were already provided, reached –8 °C. The average monthly temperature in December was –2.5 °C, in January –13.2 °C and in February –8.0 °C (Matejovič 2011). The influence of the extreme winter weather was also felt in Slovakia. On September 29, 1708, such an extreme cold occurred in Bratislava, that the soldiers in the guard froze. The extremely cold winter continued until the following year. The extreme temperatures were also manifested by rodent raids to human dwellings, especially in the northernmost parts of Upper Hungary. This situation is described in Matej Bel's *Notitia* (Bel 2011; Jesenský 2014).

The Maunder Minimum in Europe culminated during the extreme



Fig. 7. Ice-skater on a frozen river during one of the extreme winters in the years 1680–1724. (Bratislava City Gallery, Inv. No. G 2188).
Obr. 7 Korčuliar na zamrznutej rieke počas jednej z extrémnych zím v rokoch 1680–1724. (Mestská galéria Bratislava, inv. č. G 2188).

winters of 1715 and 1716 (Marusek 2017), which are referred to as a climate anomaly of the so called "frozen years" (*anni congelationis*). The impact of this winter had a significant demonstration also in the history of Upper Hungary (the present-day Northern Slovakia), as confirmed by a number of historical records of various origins. An example from the historical chronicles (Komoniecki 1987): "After a long winter and a hard frost, the snow came even in the second decade of March and after a poor previous year there has been no food for cattle. The snow disappeared in May and the spring was so late that there was no time to cultivate young plants of cole crops. Oats sown until around May 25 decayed in the summer due to continuous rains, ones who had managed to plant cabbage saw it turned black and the snow attacked again on August 13. There was neither linen nor linen oil. In the autumn, people shoved the snow using shovels and picked up some off the poor harvest. What they did not manage to pick up, was left under the snow. But what had been picked up was poor, green, and so there was no flour and the bread. People cut the straw from the green oats from under the snow to chaff and then grind it along with the tree bark to make flour. There were many abandoned houses left in the villages.

4. Conclusion

The weather in Upper Hungary (the present-day Northern Slovakia) during the Maunder Minimum (Wilson 1994) was very similar to the weather across Europe considering the climatic specifics of Central Europe. The impact of weather extremes on the agriculture and the landscape can be quite accurately reconstructed using historical documents.

The studied period can be characterized as a climatic period with adverse and very variable weather considering not only the individual years, but also the summer and the winter semesters. A clear worsening of the climate compared to the previously already bad state occurred. A significant drop in temperatures was accompanied by an increased incidence of precipitation. Cold winters and wetter years were typical for the climate of this period overall, with the average annual temperature dropping by more than 1.5 °C compared to the current state (Matejovič 2011). Historical records show that very cold periods alternated with warmer periods in Europe. Series of consecutive years with cold and damp summers that caused bad harvests, food crises and famines throughout the whole Europe were typical. Various epidemics outbreaks had often occurred as a result (Melo 2010). Extremely low winter temperatures during this period are documented by the simultaneous freezing of the River Thames, Lake Constance and the Gulf of Venice. This phenomenon was repeatedly observed during the winters of 1683/84, 1708/09 and 1739/40 (Matejovič 2011).

The LIA manifested itself in the territory of Upper Hungary (nowadays Slovakia) by colder and wetter weather with longer and frostier winters compared to the long-term weather characteristics of the 20th century. The snow cover often lasted until the spring months or until the half of the spring season. Cold winters typically occurred in longer series which greatly worsened the situation of the inhabitants. Unfavourable winter seasons were often followed by an extremely bad weather during spring and summer. A late start of the growing season, which gave the crops only a very short time to ripen, was almost a typical phenomenon. The vegetation was weaker and thus less resistant not only against the weather conditions, but also against the diseases. Therefore, the crops were regularly attacked by fungal diseases. The high air moisture caused by large volumes of precipitation was another factor. Numerous and often extreme storms have been accompanied by strong winds, lightning and hailstorms. Hailstones were of such size, that they destroyed not only the crops in the fields, but also threatened people, their economic structures and their animal herds. Torrential rains caused devastating floods on the watercourses that destroyed and carried away everything that stood in their way – houses, field crops, livestock and also frequent losses on human lives. Wet and cold summer half-years were replaced by extreme long-term heats and droughts at irregular intervals that dried the landscape and destroyed food crops and pastures, causing the livestock to suffer and perish. Extremely dry landscapes, forests, wooden structures covered with straw or shingle were threatened by fires, caused not only by the human factor but also by the lightning strikes during the storms. Extreme weather and natural disasters were followed by famines, which many times turned into epidemics. This deadlock situation of the population has led to recurrent social, religious, as well as wartime riots and conflicts.

The study is the first attempt to provide a more comprehensive summary of the extreme weather impacts on agriculture and history on the example of the northern Slovakia region. It points to the extreme events that influenced the lives of inhabitants in mountain and foothill areas of present northern Slovakia. Studying the history of weather extremes and their impacts on human society, in our case on agriculture, is not a phenomenon of the last decades. It is obvious that the weather and its negative manifestations in northern Slovakia played an important role

in the past, especially in the beginning of modern times. The study is an example of the fact that weather extremes and their catastrophic impacts on the landscape and human society have been reflected not only in warmer periods, but also in colder periods of climate development. The results will find application not only among experts in historical geography and environmental history, but also among high school and university students studying a wide range of related fields, e.g. geography, history, environmental studies, tourism, etc.

Acknowledgments:

This contribution was supported by the VEGA project no. 1/0236/18 Environmental aspects of mining settlements in Slovakia in the Middle Ages and the beginning of Modern history.

Sources:

AVENARIUS, A., 1999. Práca historika s dokumentmi minulosti. *Historická revue*, No. 1, p. 28.

BAL, H., FÖRSTER, E., KAUFMANN, A., 1910. Hain Gáspár: Lócsei kronikája (Zipseriche oder Leiitscha-verische Chronica und Zeitbeschreibung Zusammen getragen der Lieben Pasteritatzur Nachricht). Löcse: reiss József T. könyvnyomó intézete, 558 p.

BARLOW, L. K., 2001. The time period A. D. 1400–1980 in central Greenland ice cores in relation to the North Atlantic sector. *Climatic Change,* Vol. **1**, p. 101–111.

BEL, M., 1735. Liptovská stolica. New edition: Turóci, M., Kordoš, J. (eds.). Čadca: Kysucké múzeum, 2014, 390 p.

BEL, M., 2001. Oravská stolica. New edition, Dolný Kubín: Oravské múzeum, 155 p.

BEST, J. W., KAHN, J. V., 1998. Research in education. Historical research. Boston, London, Toronto, Sydney, Tokyo, Singapore: Allyn and Bacon. Chapter IV., p. 77–112.

BRÁZDIL, R., KOTYZA, O., 2001. Současná historická klimatologie a možnosti jejího využití v historickém výzkumu. *Časopis Matice moravské* – Supplementum I, p. 17–59.

BRÁZDIL, R., 2000. Historical climatology: definition, data, methods, results. *Geografický časopis,* Vol. **52**, p. 99–121.

BRÁZDIL, R., PFISTER, CH., WANNER, H., van STORCH, H., LUTERBACHER, J., 2005. Historical Climatology in Europe – the state of the art, *Climatic Change*, p. 363–430.

BRÁZDIL, R., KOTYZA, O., 2008. Historická klimatologie a historie. Brno: *Historie v kontextu ostatních vědních disciplín,* Sv. **2**, p. 265–341.

DA ASSUNÇÃO ARAÚJO, M., 2007. Climatic and coastal evolution during little ice age: some considerations. In: *European Seaport Systems in the Early Modern Age – A Comparative Appriach*, p. 79–88.

DAVID, C., 2006. Archibald. Solar Cycles 24 and 25 and Predicted Climate Response. *Energy and Environment*, Vol. **1**, p. 29–35.

DVOŘÁK, T., FASORA, L., CHOCHOLÁČ, B., MALÝ, T., NEČASOVÁ, D. et al., 2014. Úvod do studia dějepisu, 1. díl. Brno: Masarykova univerzita, 257 p.

ECO, U., 1997. Jak napsat doplomovou práci. Olomouc: Votobla, 271 p.

EASTERBROOK, D. J., 2011. Geologic Evidence of Recurring Climate Cycles and Their Implications for the Cause of Global Climate Changes – The Past is the Key to the Future, Chapter 1. In Evidence-Based Climate Science. Data opposing CO_2 emissions as the primary source of global warming, Elsevier, p. 3–51.

ELLEDER, L., DRAGOUN, Z., RŮŽIČKOVÁ, H., 2014. Historická sucha. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 17 p.

FAGAN, B., 2007. Malá doba ledová, jak klima formovalo dějiny v letech 1300–1850. Praha: Academia, 292 p.

GERBER, E. W., 1974. Methodology in Historical Research. *Exercise & Sport Sciences Reviews*, No. 1, p. 335–356.

HOLEC, R., 2013. Metodika a technika historikovej práce. Ako sa pracuje s prameňmi? *Dejiny*, No. 1, p. 23–46.

HORVÁTHOVÁ, B., 2003. Povodeň to nie je len veľká voda. Bratislava: VEDA, 224 p.

HROCH, M. et al., 1985. Úvod do studia dějepisu. Praha: SPN, 304 p.

HRONČEK, P., 2014b. Možnosti využitia interdicsiplinárnych výskumných metód v histórii, pri výskume historickej krajiny a historických krajinných prvkov. In: *Zborník kysuckého múzea* 16/2014, Čadca: Kysucké Múzeum, p. 21–64.

HRONČEK, P., 2014a. História krajiny a environmentálne dejiny krajiny. In: *Zborník kysuckého múzea* 16/2014, Čadca: Kysucké Múzeum, p. 9–21.

HRONČEK, P., CHRASTINA, P., 2018. Poznámky ku konceptualizácii v environmentálnych dejinách na Slovensku. Studia Historica Nitriensia, No. 2, p. 408–433.

HÚSKA, M. A., 1972. Slovenskí pltníci. Martin: Osveta, 294 p.

JESENSKÝ, M., 2015. Vybrané prírodné pohromy na Slovensku so zreteľom na Žilinský kraj. *Quaestiones rerum naturalium*, supplement, p. 194–214.

KACZKA, R. J., 2004. Dendrochronologiczny zapis zmian klimatu Tatr od schyłku małej epoki lodowej (na przykładzie Doliny Gąsienicowej). In: *Rola malej epoki lodowej w przekształcaniu środowiska przyrodniczego Tatr.* Warszawa: Inst. Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania, p. 89–114.

KOMONIECKI, A., 1987. Chronografia albo dziejopis Żywiecki. Żywiec: Towarzystwo Miłośników Ziemi Żywieckiej, 719 p.

KRATOCHVÍL, V., 1999. Historický prameň a jeho funkcie vo výučbe dejepisu. *Historická revue*, No. 1, p. 29–30.

LUTERBACHER, J., 2001. Ihe late mauder minimum (1675–1715) – climax of the ,,Little ice age" in Europe. In: *History and Climate: Memories of the Future?* New York: Kluwer Academic and Plenum Publichers, p. 29–54.

MARSINA, R. et al., 1986. Dejiny Slovenska I. (do roku 1526). Bratislava: Veda, 532 p.

MARUSEK, J. A., 2017. A Chronological Listing of Early Weather Events. 1373–1381 [online]. [accessed 16. 6. 2017] Available from WWW: http://scienceandpublicpolicy.org/images/stories/papers/reprint/chronological_listing.pdf.

MATEJOVIČ, P., 2011. Zima A. D. 1500–2010. Bratislava: VEDA, 283 p.

MELO, M., 2010. Zmeny klímy v histórii Zeme. Bratislava: UK v Bratislave, 9 p.

NIEDŹWIEDŹ, T., 2004. Rekonstrukcja warunków termicznych lata w Tatrach od 1550 roku. In: *Rola malej epoki lodowej w przekształcaniu środowiska przyrodniczego Tatr.* Warszawa: Inst. Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania, p. 57–88.

PETROVIČ, Š., 1982. Niektoré záznamy o extrémoch počasia v minulosti. In: *Zaujímavosti slovenskej prírody,* Martin: Osveta, p. 131–134.

PODOLSKA, K., 2014 Jak sluneční aktivita ovlivňuje Zemi a prostředí pro lidskou populaci. *Historická demografie*, No. 2, p. 127–155.

SCHOVE, D. J., 1986. The weather of Pepys, (1600–1669): part 1. *Journal of meteorology*, Vol. **107**, p. 73–87.

SIEMIONOW, A., 1992. To i owo o Tatrach, Tom I. In: *Ciekawostki fizjograficzne z dziedziny ekstremaliów morfologicznych i geologicznych, zjawisk meteorologicznych, optycznych, flory i fauny Tatr.* Zakopane: Biblioteka Tatrzańsko-Zakopiańska z Kozicą, seria I, 166 p.

SZAFLARSKI, J., 1972. Poznanie Tatr, szkice z rozwoju wiedzy o Tatrach do polowy XIX wieku. Warszawa: Wydawnictwo Sport i Turystyka, 619 p.

WILSON, P. R., 1994. Solar and stellar activity cycles. Cambridge: Cambridge University Press, 274 p.

Reviewers (Lektoři):
Dr. Ing. Martin Možný,
RNDr. Filip Chuchma, Ph.D.

INFORMACE – RECENZE

Vybrané mezinárodní aktivity hydrologů ČHMÚ v roce 2019

Příspěvek navazuje na předchozí informace publikované na stránkách tohoto časopisu v minulých letech (Ledvinka 2017; 2018; 2019) a pokračuje se seriálem o aktivitách hydrologů ČHMÚ na mezinárodním poli, tentokrát za rok 2019. Opět je tu využíváno zkratek, které by měly být cílovému čtenáři notoricky známé. Některé zkratky jsou však přesto z důvodu přehlednosti definovány znovu. V případě nejasností jsou zájemci odkazováni na předchozí vstupy tohoto seriálu. Oproti dřívějšku je text rozdělen do větších tematických celků opatřených podnadpisy reflektujícími zásadní sdělení v následujících odstavcích. Tyto celky tvoří postupně:

(1) dění, jichž by si hydrologové ČHMÚ měli všímat povinně, jelikož hydrologie ČHMÚ plní funkci národní hydrologické služby (NHS) spjaté zejm. s operativní hydrologií, sběrem a ukládáním dat získaných v terénu a hydrologickými předpověďmi,

(2) vědecká setkání, jež je obecně doporučováno sledovat, protože hydrologie ČHMÚ provádí dle Zřizovací listiny ČHMÚ (blíže viz ČHMÚ 2020) základní výzkum, ale též aplikovaný výzkum a metodický rozvoj v rámci tzv. Dlouhodobé koncepce rozvoje výzkumné organizace (DKRVO) ČHMÚ (2018–2022),

(3) konference určené především studentům, kde hydrologové ČHMÚ strategicky působí ve vědeckých výborech či posuzujících porotách tak, aby vhodně nastartovali kariéru mladých vědců, a tedy svých potenciálních budoucích kolegů,

(4) odkazy na vybrané uplynulé nebo budoucí akce v zahraničí, jejichž výstupy mají pro hydrologii ČHMÚ značný význam a budou pravděpodobně snadno k nalezení i nadále ve formě výsledků prezentovaných na internetu.

Restrukturalizace WMO a změna názvu IHP UNESCO

Asi nejzásadnější událostí roku bylo provedení restrukturalizace WMO. V únoru se ve švýcarské Ženevě uskutečnilo mimořádné zasedání Komise pro hydrologii (CHy-Ext), kde bylo již očekáváno, že hydrologové o tuto svoji technickou komisi přijdou (viz též Daňhelka 2018). Úkolem zasedání bylo vymyslet schůdný návrh na podkladě předchozí elektronické korespondence, díky němuž by hydrologové působící ve WMO neztratili své slovo, a předložit jej 18. Kongresu WMO (Cg-18), který měl zasedat opět v Ženevě v červnu. Ve hře byly dva plány, z nichž nakonec zvítězil ten, který česká strana na CHy-Ext hájila. Počet technických komisí WMO byl zredukován na pouhé dvě a ani jedna z nich se nevěnuje plně hydrologii. Avšak vedle těchto komisí vznikla tělesa, kde hydrologové hrají významnou roli (Daňhelka 2019). K CHy-Ext se váže celý report čítající několik desítek stran (CHy 2019). Dodejme, že CHy-Ext rovněž vybídlo světové hydrology k formulování nové definice operativní hydrologie. Tento čin byl pochopitelný, neboť bylo zapotřebí obor a jeho význam lépe vymezit vůči meteorologickým a klimatologickým aktivitám v rámci WMO. Od Cg-18 má tedy operativní hydrologie novou definici, o čemž svědčí taktéž zpráva zveřejněná na webových stránkách jednoho z center UNESCO (blíže viz WaC 2019).

K další významné události v systému OSN došlo v měsíci listopadu, kdy se v Paříži uskutečnilo 40. zasedání Generální konference UNESCO. Na tomto zasedání byl definitivně změněn název Mezinárodního hydrologického programu na Mezivládní hydrologický program (Intergovernmental Hydrological Programme). Přestože zkratka zůstává stejná (tedy IHP UNESCO), změna odráží dominanci současného zaměření IHP coby jediného mezivládního tělesa figurujícího na poli světové hydrologie. Během této konference bylo Slovensko zařazeno opět do Mezivládní rady (IGC) IHP, se kterým se následně budou moci čeští hydrologové radit o záležitostech Regionu II na nadcházejícím 24. zasedání IGC v Paříži v říjnu 2020. Dlužno dodat, že tato dlouhá konference byla následována vůbec prvním Mimořádným zasedáním IGC, a to dne 28. listopadu 2019 (blíže viz UNESCO 2020). Tohoto zasedání se hydrologové ČHMÚ neúčastnili, ale elektronickou cestou se aktivně podíleli (a stále podílejí) na formování nové, v pořadí již 9. fáze IHP (tedy IHP-IX). Do té má IHP vstoupit v roce 2022.

S inovativními postupy měření průtoku a dalších hydrologických veličin souvisela již avizovaná konference MOXXI 2019 (Ledvinka 2019), která se uskutečnila v březnu v New Yorku. Podle plánu zde hydrologii ČHMÚ reprezentoval Mgr. Ducháček, přičemž jeho prezentaci o vybavení ČHMÚ hydrologickými přístroji je možné stahovat z webových stránek konference (blíže viz IAHS 2019). Činnosti a význam pracovní skupiny MOXXI byly nedávno popsány v článku Tauro et al. (2018).

Operativní hydrologie a předpovědi byly i v roce 2019 předmětem několika setkání představitelů partnerských organizací podílejících se na projektu DAREFFORT. Celkem byla zorganizována tři taková setkání, kterých se kromě autora za hydrologii ČHMÚ účastnili dr. Petr Janál a Mgr. Šárka Zemanová. První setkání se uskutečnilo ve Vídni (únor), druhé v Bukurešti (květen) a třetí v Bratislavě (listopad). Spolupráce se týkala hlavně přípravy reportu o metodách hydrologických předpovědí doposud implementovaných partnery z regionu povodí Dunaje, mezi nimiž jsou klíčovými právě NHS. Setká-



V únoru 2019 se ve švýcarské Ženevě uskutečnilo mimořádné zasedání Komise pro hydrologii WMO. Právě hovoří její prezident Harry F. Lins. Bezprostředně po jeho pravici sedí Petteri Taalas (generální tajemník WMO) a dále Johannes Cullmann (současný ředitel oddělení klimatu a vody WMO). Po levici prezidenta sedí Silvano Pecora (tehdejší místopředseda Komise pro hydrologii).



Předpovídání je opravdu těžké, zvláště když jde o budoucnost. To potvrzuje i citát Nielse Bohra, který do své prezentace na Dunajském předpovědním fóru, jež se společně se setkáním expertů projektu DAREFFORT konalo ve Vídni v únoru 2019, zahrnul prof. András Szöllösi-Nagy. Foto: O. Ledvinka



Zlatá medaile IUGG je od roku 2013 nejvyšším oceněním za zásluhy v oblasti geodézie a geofyziky. Laureát musí kromě své odbornosti prokázat také nesobeckost, což znamená, že při své práci neodmítá spolupracovat a předávat zkušenosti jiným. Na Valném shromáždění IUGG v Montrealu Zlatou medaili získal William Richard Peltier z Torontské univerzity za přispění geofyzice a klimatologii.

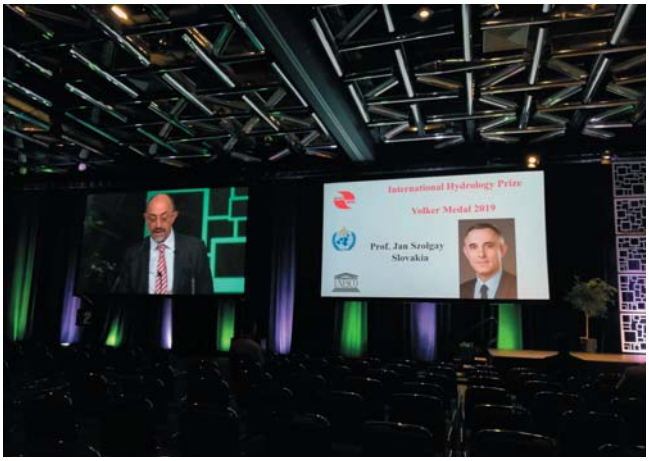
ní se také zaobírala výměnou těchto dat a informací o předpovědích, které by měly být nápomocny podunajským státům ležícím v zájmovém regionu níže po toku. Pro účely projektu Němci vyvíjejí mezinárodní databázový systém HYMEDES, kde by měla být adekvátně nastavena práva pro přístup k datům. Důležitým aspektem projektu je správné zacházení s poskytnutými financemi, což je Evropskou komisí přísně kontrolováno, stejně tak jako náležitá propagace projektu. Kromě překladů letáků o projektu byly zřízeny potřebné profily na sociálních sítích LinkedIn a Facebook a na kanále YouTube (https://www.youtube.com/channel/UCCxM15cIlcmOL4iDlG0o7jw). V roce 2020 proběhnou další dvě setkání expertů DAREFFORT. V neposlední řadě u hydrologických předpovědí připomeňme přítomnost Mgr. Kimlové na květnovém 14. výročním setkání EFAS v italském městečku Stresa situovaném u jezera Maggiore. Setkání je věnována zpráva publikovaná na internetu, kde je možné stahovat i zajímavé prezentace (blíže viz EFAS 2019).

S uchováváním dat v databázích a institucionálními prostorovými daty o životním prostředí, a to zejm. těch prezentovaných na webových stránkách ČHMÚ, souvisí tvorba metadat, která byla nejen hydrology ČHMÚ diskutována na konferenci Inspirujme se, ježto se v září uskutečnila ve slovenském Štrbském Plese (blíže viz https://inspirujmese.cz/). Tato konference je již tradičně věnována implementaci evropské směrnice INSPIRE, jejímiž hlavními organizátory jsou střídavě Česká agentura životního prostředí (CENIA) a Slovenská agentúra životného prostredia (SAŽP). Aktuálně je také řešena problematika národního geoportálu, jehož současný vzhled a funkcionalita technologicky značně zastaraly (blíže viz https://geoportal.gov.cz/). Přitom některé jeho funkce jsou vypínány. Zároveň však probíhá (dotazníkové) šetření mající za cíl zjistit, které funkce by naopak uživatelé uvítali.

Po dvou letech se vědečtí hydrologové z celého světa sešli znovu

Měsíc červenec přinesl vědeckým hydrologům mimořádnou událost. Kanadský Montreal totiž hostil poměrně dlouhé 27. Valné shromáždění Mezinárodní unie geodetické a geofyzikální (IUGG). Zajímavostí je, že toto shromáždění následovalo čtyři roky po uspořádání jeho 26. ročníku v Praze v roce 2015 (Ledvinka 2016a,b) a slavilo se jím sté výročí IUGG (Ismail-Zadeh, Joselyn 2019; Joselyn, Ismail-Zadeh 2019; Joselyn et al. 2019). Hydrologové přispěli do speciálního čísla časopisu *History of Geo- and Space Sciences* o IUGG a zrekapitulovali vývoj IAHS coby jedné z nejstarších (od roku 1922) asociací IUGG (Rosbjerg, Rodda 2019). Hydrologii ČHMÚ na shromáždění reprezentoval dr. Ledvinka, který napřed připravil příspěvek s kanadskými hydrology. K příspěvku byl vypracován rukopis, jenž je nyní v recenzním řízení. Ten pojednává o detekci trendové složky v řadách průtoků z vybraných kanadských stanic a taktéž o klimatických faktorech patrně způsobujících změny v těchto řadách. Zkoumány byly indexy atmosférických oscilací (NAO, ENSO a PDO), přičemž zvolenou technikou byla zejm. analýza vlnkové koherence. Bylo zjištěno, že změny v řadách průtoků lze pomocí oscilací vysvětlit. Ovšem signál je různý pro různá období instrumentálního měření.

Do valných shromáždění IUGG zapadají vědecká shromáždění IAHS s periodou dvou let. Průzkum napříč hydrologickou komunitou zahájený v Port Elizabeth v roce 2017 vyústil ve vytipování 23 nevyřešených problémů v hydrologii (Blöschl et



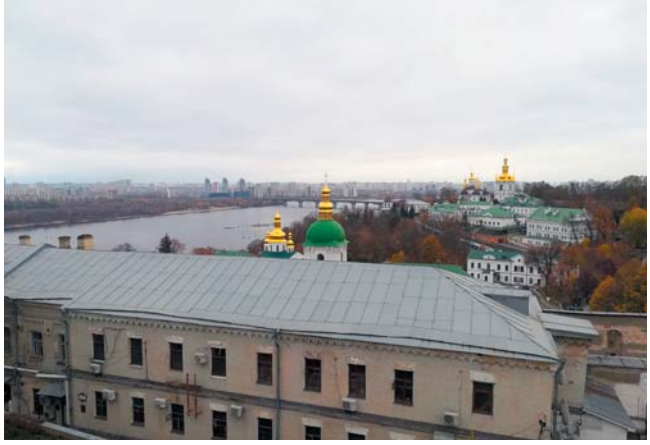
Volkerovu medaili, kterou hydrologům udělují IAHS, WMO a UNESCO, získal na Valném shromáždění IUGG v Montrealu v červenci 2019 prof. Ján Szolgay ze Slovenska. Hovoří prof. Blöschl. Foto: O. Ledvinka

al. 2019a), z nichž mnohé se týkají statistické hydrologie a jež také byly předmětem několika sekcí pořádaných IAHS v Montrealu (využití kopul, studium sezonnosti hydrologických extrémů, propojení stochastických procesů s procesy fyzikálními apod.; Fischer et al. 2019; Montanari, Koutsoyiannis 2012; Koutsoyiannis 2011). Dobré jméno hydrologie ČHMÚ zaznělo i v jiných prezentacích, kdy prof. Blöschl ukázal výsledky bádání evropských hydrologů týkajícího se změn v povodňovém režimu. Tým, jehož součástí byli dr. Ledvinka a Ing. Boháč z ČHMÚ, v rámci dlouhodobější spolupráce sestavil tzv. Evropskou povodňovou databázi (Hall et al. 2015) a stavěl na ní dále, přičemž pro oblasti se zjištěnými změnami v sezonnosti a velikosti povodňových průtoků se pokoušel vyhledávat vysvětlující proměnné. Pro území Česka bylo prokázáno, že má z tohoto pohledu velký smysl studovat parametry související s vlhkostí půdy, potažmo s nasycením krajiny (Blöschl et al. 2017; 2019b).

Na setkání byla hydrologům udělena řada cen. Smyslu tohoto oceňování se stručně dotknul již např. Ledvinka (2016b). Tisonovu cenu obdrželi mladí vědci ze Švýcarska a Nizozemska za excelentní článek publikovaný v časopise *Hydrological Sciences Journal* (Pool et al. 2018). Doogeovu medaili získal Alberto Montanari z Itálie, který následně seznámil posluchače s výsledky své dosavadní práce týkající se především stochastické hydrologie. Laureátem Volkerovy medaile se stal prof. Ján Szolgay ze Slovenské technické univerzity v Bratislavě. Cenu za něj však převzal prof. Janák, protože prof. Szolgay nebyl na akci v Montrealu přítomen z důvodu povinností ve své zemi. V rámci IUGG jako celku byli oceněni ještě další hydrologové (za tzv. fellows byli označeni např. Pierre Hubert z Francie a Amir AghaKouchak z USA). Dodejme, že prof. Blöschla dva roky po skončení této akce ve francouzském Montpellieru vystřídá na postu prezidenta IAHS Švédka Berit Arheimer. V Mezinárodní komisi pro statistickou hydrologii (ICSH) vystřídá Ashishe Sharmu z Austrálie Italka Elena Volpi. Před ukončením akce bylo rozhodnuto, že 28. Valné shromáždění IUGG proběhne v červenci 2023, a to v Berlíně.

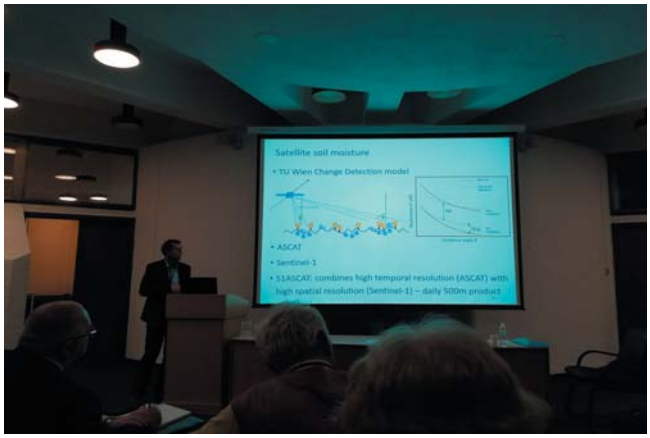
Ovšem pokud jde o počet návštěvníků, bylo více než trojnásobně silnější **Valné shromáždění Evropské geovědní unie (EGU2019)**, kterého se za hydrologii ČHMÚ tradičně zúčastnil dr. Elleder a pak také Ing. Hana Kourková a dr. Pavel Kukla. Zatímco dr. Elleder se ve své prezentaci zaobíral vznikem hydrologické služby v Praze a jejím zakladatelem A. R. Harlacherem (Elleder 2019), H. Kourková a P. Kukla informovali zájemce o současném dlouhém hydrologickém suchu v Česku (Kukla, Kourkova 2019). Přestože dr. Ledvinka na shromáždění osobně nebyl, jeho jméno se objevilo alespoň na posterových prezentacích témat, která již delší dobu zpracovává s kolegy z Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy (PřF UK) a z České zemědělské univerzity v Praze. Obě prezentace souvisely se sněhovou pokrývkou a jejím vlivem na odtok (Jenicek, Ledvinka 2019; Juras et al. 2019).

Poměrně početná delegace hydrologů ČHMÚ navštívila v listopadu ukrajinský Kyjev za účelem reprezentace na **28. ročníku Konference podunajských států**, která je neodmyslitelně spjata s Regionální spoluprací podunajských států v rámci IHP UNESCO a do které hydrologové ČHMÚ dlouhodobě přispívají (Soukalová 2013). Samotné konferenci předcházelo zasedání expertů, kde bylo zapotřebí definovat budoucí kroky spolupráce. Zde za ČHMÚ rokoval dr. Janál, který tímto rovněž zastupoval hlas dr. Ledvinky, tajemníka Českého národního výboru pro hydrologii (ČNVH). Nejvýznamnějším sdělením bylo, že pracovní skupina zaměřená na analýzu povodní v povodí Dunaje vyprodukovala finální monografii čítající asi 200 stran



V rámci 28. Konference podunajských států byla uskutečněna exkurze do klášterního komplexu Kyjevskopečerská lávra, odkud je možné pořídit nádherný snímek řeky Dněpru a jejího okolí. Foto: O. Ledvinka

(Pekárová, Miklánek 2019) a že se postupně rozbíhají práce na návrhu projektu nového, tentokrát věnovaného malým průtokům a suchu v povodí Dunaje. Na konferenci samotné byly představeny celkem čtyři příspěvky ČHMÚ, tři ve formě ústní prezentace a jeden ve formě posterové prezentace. Kromě dr. Janála delegaci tvořili dr. Ledvinka (jenž přicestoval o něco později), Mgr. Pavel Coufal, Mgr. Ivana Černá a Ing. Kateřina Knoppová. Ta do Kyjeva přicestovala z Nizozemska, kde spolu s dalšími operativními hydrology z ČHMÚ řešila problematiku modelů. Příspěvky do konference se postupně zabývaly fuzzy přístupy k modelování výskytu přívalových povodní (Janál, Kozel 2019), sezonními předpověďmi přítoku do nádrže v podmínkách klimatické změny (Knoppová et al. 2019), časovým vývojem charakteristik hydrologického sucha v povodí Moravy (Ledvinka, Coufal 2019) a významem studia hladiny podzemní vody v hydropedologickém profilu Ladná (Hornová, Černá 2019). Zmiňovaný projekt o suchu má být koordinován českou stranou, přičemž širší koordinační výbor se má skládat ještě z odborníků ze Slovenska, Německa a Rakouska. Dr. Janál na konci konference přítomným sdělil, že další ročník Konference podunajských států se bude konat v Česku v září 2021 (symbolicky v povodí Moravy). S hydrology ze Slovenska bylo do-



Na Konferenci podunajských států v Kyjevě vystoupil také prof. Juraj Parajka ze Slovenska, který spolupracuje s Technickou univerzitou Vídeň. Jeho prezentace se týkala odhadu vlhkosti půdy pomocí produktů dálkového průzkumu Země.

hodnuto, že akce bude spojena též s dalším ročníkem konference Hydrologické dny, která je od roku 1980 střídavě zhruba v pětiletých intervalech organizována českou nebo slovenskou stranou (Hladný 2011).

Na závěr k odstavcům dedikovaným vědecké hydrologii dodejme, že v roce 2019 byl ukončen **mezinárodní projekt ElbeRegime2100** (Ledvinka 2018; 2019). Hydrologové ČHMÚ se prakticky výhradně zabývali odvozováním indexů hydrologického sucha z řad průměrných denních průtoků pocházejících z české části povodí Labe, přičemž následně v řadách těchto derivátů hledali změny v podobě trendů při uvážení možného vlivu jak krátké, tak dlouhé paměti. Tyto výsledky byly odevzdány pracovníkům VÚV T.G.M., aby je zařadili do finální zprávy. Poprvé na těchto řádkách ještě upozorněme na aktivitu hydrologa ČHMÚ Ladislava Budíka, který v únoru navštívil v Bratislavě konferenci aplikovaných matematiků známou jako **APLIMAT**. Zde formou příspěvků, které lze dohledat v publikovaných sbornících (nyní tedy Budík 2019), pravidelně seznamuje přítomné s vývojem matematicko-statistických metod aplikovaných v hydrologii ČHMÚ, zejm. za účelem odvozování hodnot tzv. *M*-denních průtoků v českých povodích.

Konference určené mladým hydrologům

Rok 2019 naskytl šanci také začínajícím vědcům. Českým hydrologům známější Konference mladých hydrologů (KMH) proběhla opět na půdě SHMÚ v Bratislavě. Nyní byl pro tento 31. ročník pořadateli vybrán čtvrtek 14. listopadu. Dr. Ledvinka se opět zhostil role anonymního posuzovatele příspěvků a po roční odmlce také člena odborné poroty, která měla za úkol vybrat tři vítězné příspěvky přímo na místě konání. Do KMH byly z celkem devíti přihlášeny tři české příspěvky, ale žádný z nich nereprezentoval výsledky získané v ČHMÚ, a to i přesto, že Mgr. Vojtěch Vlach byl už od léta 2019 zaměstnancem Úseku meteorologie a klimatologie ČHMÚ. Obecně se dá říci, že české reprezentanty spojovalo jméno PřF UK. Tematicky byli Češi zaměřeni na analýzu indexů hydrologického sucha nebo studium problematických komponent hydrologických modelů souvisejících s intercepcí nebo výparem. V. Vlach se stal dokonce jedním z vítězů KMH, která ve skutečnosti představuje jednu ze tří sekcí Konference mladých odborníků (KMO). Ke KMO se opět váže sborník, který slovenští kolegové připravili na CD nosiči s ISBN (Blahová et al. 2019) a který lze nyní poptávat ve Specializované knihovně ČHMÚ. Všechny vítězné články lze pročítat na internetu (blíže viz SHMÚ 2019).



V. Vlach seznamuje na Konferenci mladých hydrologů v Bratislavě posluchače s výsledky své diplomové práce obhájené na PřF UK. Foto: O. Ledvinka

Druhá studentská konference, která byla navštívena hydrology ČHMÚ, byla polská akce zkráceně označovaná jako EKO-DOK. Jednalo se o její 11. ročník, který se v dubnu opět odehrál v lázeňském městečku Polanica-Zdój situovaném těsně za českými hranicemi. Dr. Ledvinka se znovu chopil role člena vědeckého výboru, který byl zodpovědný za řádné recenzování příspěvků tak, aby se pak mohly dostat buď do poměrně nového časopisu nakladatelství Springer s názvem *AN Applied Sciences* se ale podle aktuálních informací uskuteční až v září 2021 nebo do tradičního recenzovaného sborníku *E3S Web of Conferences* francouzského nakladatelství EDP Sciences. Všechny úspěšné články jsou v open-access režimu, lze je tedy volně zdarma stahovat z internetu, a rozcestník na ně lze nalézt na obecných webových stránkách konference (blíže viz EKO-DOK 2019). Zatímco první periodikum je evidováno jen ve vědecké databázi Web of Science, druhé je evidováno ve Web of Science i v databázi Scopus. Druhý případ se týká i příspěvku, který dr. Ledvinka a druhý přítomný hydrolog ČHMÚ Ing. Matěj Jedlička připravili společně s polskými kolegy M. Wdowikowskim a B. Kaźmierczakem (Wdowikowski et al. 2019).

Dále vhodné vědět

Upozorněme, že v roce 2020 se **workshop statistické hydrologie STAHY** konečně vrátí do Evropy. Místem konání má být španělská Valencie a termín byl určen na 24.–25. září (blíže viz STAHY 2020). Se statistickou hydrologií bude velice úzce souviset 49. ročník **polského Semináře aplikované matematiky (SAM)**. Seminář, kde dr. Ledvinka působí jako člen vědeckého výboru, se ale podle aktuálních informací uskuteční až v září 2021, a to ve Vratislavi (blíže viz SAM 2019). Avšak ještě těsně před workshopem STAHY si snad přijdou statističtí hydrologové na své ve Varšavě. Totiž v rámci **6. evropského kongresu IAHR** bude pořádána sekce zaměřená na analýzu hydrologických extrémů. Pokud bude zájem, bude možné rozšířené abstrakty prodloužit na regulérní rukopisy potenciálních budoucích článků publikovaných v tematickém čísle švýcarského časopisu *Water* (blíže viz IAHR2020 2020). Kongresu se hodlají zúčastnit hydrologové ČHMÚ z Brna, ale také dr. Ledvinka. Statistickou analýzu indexů sucha v povodí Moravy bude dr. Ledvinka s Mgr. Coufalem dále rozvíjet v prezentaci určené pro **Mezinárodní konferenci o stavu a budoucnosti velkých řek** v Moskvě na začátku srpna 2021. Pro webové stránky této konference viz BOKU (2020).

Literatura:

BLAHOVÁ, A., MATOKOVÁ, K., MASÁR, T. (eds.), 2019. *Konferencia mladých odborníkov 2019: Zborník súťažných prác mladých odborníkov*. Bratislava: Slovenský hydrometeorologický ústav. ISBN 978-80-99929-03-07.

BLÖSCHL, G., BIERKENS, M. F. P., CHAMBEL, A., CUDENNEC, C., DESTOUNI, G. et al., 2019a. Twenty-three unsolved problems in hydrology (UPH) – a community perspective. *Hydrological Sciences Journal* [online], Vol. **64**, No. 10, s. 1141–1158. ISSN 0262-6667, 2150-3435. Dostupné z: doi:10.1080/02626667.2019.1620507.

BLÖSCHL, G., HALL, J., PARAJKA, J., PERDIGÃO, R. A. P., MERZ, B. et al., 2017. Changing climate shifts timing of European floods. *Science* [online], Vol. **357**, No. 6351, s. 588–590. ISSN 0036-8075, 1095-9203. Dostupné z: doi:10.1126/science.aan2506.

BLÖSCHL, G., HALL, J., VIGLIONE, A., PERDIGÃO, R. A. P., PARAJKA, J. et al., 2019b. Changing climate both increases and decreases European river floods. *Nature* [online], Vol. **573**, No. 7772, s. 108–111. ISSN 0028-0836, 1476-4687. Dostupné z: doi:10.1038/s41586-019-1495-6.

BOKU, 2020. International Conference on the Status and Future of the World's Large Rivers [online]. [cit. 30. 1. 2020]. Dostupné z WWW: http://worldslargerivers.boku.ac.at/wlr/.

BUDÍK, L., 2019. Process in heuristic approach to stochastic modelling of hydrological and meteoroloogical data. In: *18th International Conference on Applied Mathematics, 5-7 February 2019, Bratislava, Slovakia*: *APLIMAT 2019 Proceedings*. Bratislava: Slovak University of Technology in Bratislava, s. 109–119. ISBN 978-1-5108-8214-0.

ČHMÚ, 2020. Zakládací listina ČHMÚ [online]. [cit. 30. 1. 2020]. Dostupné z WWW: http://portal.chmi.cz/o-nas/zakladni-dokumenty/.

DAŇHELKA, J., 2018. Zamýšlená změna struktury WMO. *Meteorologické zprávy*, roč. **71**, č. 5, s. 143. ISSN 0026-1173.

DAŇHELKA, J., 2019. 18. Kongres Světové meteorologické organizace v červnu 2019. *Meteorologické zprávy*, roč. **72**, č. 4, s. 122–123. ISSN 0026-1173.

EFAS, 2019. 14th EFAS Annual Meeting 2019 [online]. [cit. 30. 1. 2020]. Dostupné z WWW: https://www.efas.eu/en/news/14th-efas-annual-meeting-2019/.

EKO-DOK, 2019. Konferencia Naukowa Interdyscyplinarne Zagadnienia w Inżynierii i Ochronie Środowiska [online]. [cit. 30. 1. 2020]. Dostupné z WWW: http://www.eko-dok.pl/.

ELLEDER, L., 2019. A. R. Harlacher and his Role in founding of Czech Hydrological Service in Prague in 1875. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. **21**, Article no. EGU2019-7860. ISSN 1607-7962.

FISCHER, S., SCHUMANN, A., BÜHLER, P., 2019. Timescale-based flood typing to estimate temporal changes in flood frequencies. *Hydrological Sciences Journal* [online], Vol. **64**, No. 15, s. 1867–1892. ISSN 0262-6667, 2150-3435. Dostupné z: doi:10.1080/02626667.2019.1679376.

HALL, J., ARHEIMER, B., ARONICA, G. T., BILIBASHI, A., BOHÁČ, M. et al., 2015. A European Flood Database: facilitating comprehensive flood research beyond administrative boundaries. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences* [online], Vol. **370**, s. 89–95. ISSN 2199-899X. Dostupné z: doi:10.5194/piahs-370-89-2015.

HLADNÝ, J., 2011. Hydrologické dny 2010. *Vodní hospodářství*, roč. **61**, č. 3, s. 117–120. ISSN 1211-0760.

HORNOVÁ, H., ČERNÁ, I., 2019. Monitoring and evaluation of groundwater levels at Ladna hydropedological profile. In: GORBACHOVA, L., KHRYSTIUK, B. (eds.) *Danube Conference 2019, 6-8 November 2019, Kyiv, Ukraine*: *Electronic Book with Full Papers from XXVIII Conference of the Danubian Countries on Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management* [online]. Kyiv: Ukrainian Hydrometeorological Institute, s. 15–28. ISBN 978-966-7067-38-0. Dostupné z: https://uhmi.org.ua/conf/danube_conference_2019/papers_abstracts/.

CHy, 2019. *Abridged Final Report of the Extraordinary Session*. Geneva: WMO. ISBN 978-92-63-11230-9.

IAHR2020, 2020. 6th IAHR Europe Congress [online]. [cit. 30. 1. 2020]. Dostupné z WWW: https://iahr2020.pl/.

IAHS, 2019. MOXXI 2019 [online]. [cit. 30. 1. 2020]. Dostupné z WWW: https://iahs.info/Commissions--W-Groups/Working-Groups/MOXXI/Information/MOXXI-2019/.

ICSH, 2019. STAHY Best Paper Award [online]. [cit. 30. 1. 2020]. Dostupné z WWW: https://iahs.info/Commissions--W-Groups/ICSH-Statistical-Hydrology/STAHY-Best-Paper-Award.do/.

ISMAIL-ZADEH, A., JOSELYN, J. A., 2019. IUGG: beginning, establishment, and early development (1919–1939). *History of Geo- and Space Sciences* [online], Vol. **10**, No. 1, s. 25–44. ISSN 2190-5029. Dostupné z: doi:10.5194/hgss-10-25-2019.

JANÁL, P., KOZEL, T., 2019. Fuzzy logic based flash flood forecast. In: GORBACHOVA, L., KHRYSTIUK, B. (eds.) *Danube Conference 2019, 6-8 November 2019, Kyiv, Ukraine*: *Electronic Book with Full Papers from XXVIII Conference of the Danubian Countries on Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management* [online]. Kyiv: Ukrainian Hydrometeorological Institute, s. 86–91. ISBN 978-966-7067-38-0. Dostupné z: https://uhmi.org.ua/conf/danube_conference_2019/papers_abstracts/.

JENICEK, M., LEDVINKA, O., 2019. Modelling the impact of changes in seasonal snowpack on annual runoff and summer low flows. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. **21**, Article no. EGU2019-9879. ISSN 1607-7962.

JOSELYN, J. A., ISMAIL-ZADEH, A., 2019. IUGG evolves (1940–2000). *History of Geo- and Space Sciences* [online]. Vol. **10**, No. 1, s. 45–72. ISSN 2190-5029. Dostupné z: doi:10.5194/hgss-10-45-2019.

JOSELYN, J. A., ISMAIL-ZADEH, A., BEER, T., GUPTA, H., KONO, M. et. al., 2019. IUGG in the 21st century. *History of Geo- and Space Sciences* [online]. Vol. **10**, No. 1, s. 73–95. ISSN 2190-5029. Dostupné z: doi:10.5194/hgss-10-73-2019.

JURAS, R., BLÖCHER, J., JENICEK, M., LEDVINKA, O., 2019. Hydrological response of mountain catchments during rain-on-snow events. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. **21**, Article no. EGU2019-15985. ISSN 1607-7962.

KNOPPOVÁ, K., MARTON, D., ŠTĚPÁNEK, P., 2019. Application of rainfrall-runoff model: climate change impacts on reservoir inflow. In: GORBACHOVA, L., KHRYSTIUK, B. (eds.) *Danube Conference 2019, 6-8 November 2019, Kyiv, Ukraine*: *Electronic Book with Full Papers from XXVIII Conference of the Danubian Countries on Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management* [online]. Kyiv: Ukrainian Hydrometeorological Institute, s. 92–99. ISBN 978-966-7067-38-0. Dostupné z: https://uhmi.org.ua/conf/danube_conference_2019/papers_abstracts/

KOUTSOYIANNIS, D., 2011. Hurst–Kolmogorov dynamics as a result of extremal entropy production. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* [online]. Vol. **390**, No. 8, s. 1424–1432. ISSN 03784371. Dostupné z: doi:10.1016/j.physa.2010.12.035.

KUKLA, P., KOURKOVA, H., 2019. Hydrological drought in the Czech Republic in the period 2014–2018. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. **21**, Article no. EGU2019-3929. ISSN 1607-7962.

LEDVINKA, O., COUFAL, P., 2019. Development of streamflow drought indices in the Morava River basin. In: GORBACHOVA, L., KHRYSTIUK, B. (eds.) *Danube Conference 2019, 6-8 November 2019, Kyiv, Ukraine*: *Electronic Book with Full Papers from XXVIII Conference of the Danubian Countries on Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management* [online]. Kyiv: Ukrainian Hydrometeorological Institute, s. 119–132. ISBN 978-966-7067-38-0. Dostupné z: https://uhmi.org.ua/conf/danube_conference_2019/papers_abstracts/.

LEDVINKA, O., 2016a. Pražské prohlášení o potřebě vývoje systémů managementu vodních zdrojů. *VTEI*, roč. **58**, č. 2, s. 53–54. ISSN 0322-8916.

LEDVINKA, O., 2016b. V Praze proběhlo plenární zasedání Mezinárodní asociace hydrologických věd a bylo schváleno tzv. Pražské prohlášení. *VTEI*, roč. **58**, č. 2, s. 52. ISSN 0322-8916.

LEDVINKA, O., 2017. Vybrané mezinárodní aktivity hydrologů ČHMÚ v roce 2016. *Meteorologické zprávy*, roč. **70**, č. 1, s. 29–32. ISSN 0026-1173.

LEDVINKA, O., 2018. Vybrané mezinárodní aktivity hydrologů ČHMÚ v roce 2017. *Meteorologické zprávy*, roč. **71**, č. 1, s. 29–32. ISSN 0026-1173.

LEDVINKA, O., 2019. Vybrané mezinárodní aktivity hydrologů ČHMÚ v roce 2018. *Meteorologické zprávy*, roč. **72**, č. 1, s. 27–31. ISSN 0026-1173.

MONTANARI, A., KOUTSOYIANNIS, D., 2012. A blueprint for process-based modeling of uncertain hydrological systems. *Water Resources Research* [online]. Vol. **48**, No. 9, Article no. W09555. ISSN 0043-1397. Dostupné z: doi:10.1029/2011WR011412.

PEKÁROVÁ, P., MIKLÁNEK, P. (eds.), 2019. *Flood Regime of Rivers in the Danube River Basin* [online]. Bratislava: Institute of Hydrology of the Slovak Academy of Sciences. The Danube and its Basin – Hydrological Monograph, IX. ISBN 978-80-89139-45-3. Dostupné z: http://147.213.100.3:81/danubeflood/.

POOL, S., VIS, M., SEIBERT, J., 2018. Evaluating model performance: towards a non-parametric variant of the Kling-Gupta efficiency. *Hydrological Sciences Journal* [online], Vol. **63**, No. 13–14, s. 1941–1953. ISSN 0262-6667, 2150-3435. Dostupné z: doi:10.1080/02626667.2018.1552002.

ROSBJERG, D., RODDA, J., 2019. IAHS: a brief history of hydrology. *History of Geo- and Space Sciences* [online], Vol. **10**, No. 1, s. 109–118. ISSN 2190-5029. Dostupné z: doi:10.5194/hgss-10-109-2019.

SAM, 2019. Seminar of Applied Mathematics [online]. [cit. 30. 1. 2020]. Dostupné z WWW: http://www.sam.upwr.edu.pl/en/.

SHMÚ, 2019. Konferencie mladých odborníkov v roku 2019 [online]. [cit. 30. 1. 2020]. Dostupné z WWW: http://www.shmu.sk/sk/?page=2328/.

SOUKALOVÁ, E., 2013. Spolupráce podunajských států v rámci mezinárodního hydrologického programu UNESCO. In: *Krátké úvahy o vodě*. Praha: Český hydrometeorologický ústav, s. 40–47. ISBN 978-80-87577-24-0.

STAHY, 2020. STAHY 2020 [online]. [cit. 30. 1. 2020]. Dostupné z WWW: https://stahy2020.congresos.upv.es/.

TAURO, F., SELKER, J., VAN DE GIESEN, N., ABRATE, T., UIJLENHOET, R. et al., 2018. Measurements and Observations in the XXI century (MOXXI): innovation and multi-disciplinarity to sense the hydrological cycle. *Hydrological Sciences Journal* [online], Vol. **63**, No. 2, s. 169–196. ISSN 0262-6667, 2150-3435. Dostupné z:doi10.1080/02626667.2017.1420191.

UNESCO, 2020. Documents of the IHP Intergovernmental Council Sessions [online]. [cit. 30. 1. 2020]. Dostupné z WWW: https://en.unesco.org/themes/water-security/hydrology/about-us/council-documents/.

WaC, 2019. 18th WMO Congress Takes Landmark Decisions [online]. [cit. 30. 1. 2020]. Dostupné z WWW: https://www.waterandchange.org/en/18th-wmo-congress-takes-landmark-decisions/.

WDOWIKOWSKI, M., KAŹMIERCZAK, B., LEDVINKA, O., JEDLIČKA, M., 2019. Attempts to establish a regional probabilistic model of intense rainfall for the Upper and Middle Oder River basin. *E3S Web of Conferences* [online], Vol. **100**, Article no. 00084. ISSN 2267-1242. Dostupné z: doi:10.1051/e3sconf/201910000084.

Ondřej Ledvinka

Czech Globe Star

Dne 12. 2. 2020 proběhlo v Americkém centru v Praze ocenění 3 nejaktivnějších škol zapojených v programu **GLOBE.** Program **GLOBE** je mezinárodní vzdělávací program, ve kterém žáci zkoumají přírodu a aktivně zlepšují životní prostředí v okolí své školy.

GLOBE (neboli Global Learning and Observation to Benefit the Environment) využívá osvědčených metod badatelsky orientovaného vyučování. Program **GLOBE** v České republice propaguje vzdělávací organizace TEREZA.

Prestižní ocenění Czech GLOBE Star, které organizace TEREZA každoročně uděluje školám zapojeným v programu GLOBE za jejich mimořádné počiny, si letos převzaly 3 skvělé školní týmy – Gymnázium Jana Palacha, ZŠ a MŠ Štefcova Hradec Králové a ZŠ Mánesova Otrokovice.

Gymnázium Jana Palacha každý rok pořádá Oslavy Dne Země – zkoumají přírodní prostředí ve městě a okolí, bádají a v případě zjištění problému navrhují a realizují řešení.



Lenka Hájková z ČHMÚ, členka Vědecké rady GLOBE, předala ceny vítězným školám.



Prestižní ocenění Czech GLOBE Star si letos převzaly 3 skvělé školní týmy – Gymnázium Jana Palacha, ZŠ a MŠ Štefcova Hradec Králové a ZŠ Mánesova Otrokovice.

ZŠ a MŠ Štefcova Hradec Králové se zapojili do projektu přetvořit školní zahradu k větší biodiverzitě organismů a účastní se mezinárodní fenologické kampaně, kde společně bádají se zahraničními školami.

ZŠ Mánesova Otrokovice se věnuje pozorování meteorologických jevů a nastávajících klimatických změn. Zapojují se do mezinárodních kampaní a Virtual Science Symposia a pravidelně se účastní badatelské konference na GLOBE Games. V letošním roce se zaměřují na pedologii a problematiku vysychání půd.

Školy úzce spolupracují s vybranými odborníky z ČHMÚ, fenologické tématice se velmi úzce věnuje ZŠ Mánesova Otrokovice. Za ČHMÚ byla požádána členka Vědecké rady GLOBE, aby předala ceny vítězným školám a pronesla pár slov. Členka Vědecké rady se aktivně podílí i na tvorbě metodik a spolupracuje se školami i průběhu roku.

Slavnostního předávání cen se zúčastnili i zástupci Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy, Ministerstva životního prostředí, kulturní ataše Americké ambasády v Praze pan Erik Black a další členové Vědecké rady Michal Plundr a Jan Spratek.

Lenka Hájková

Počasí a kůrovec (lýkožrout smrkový – Ips typographus)

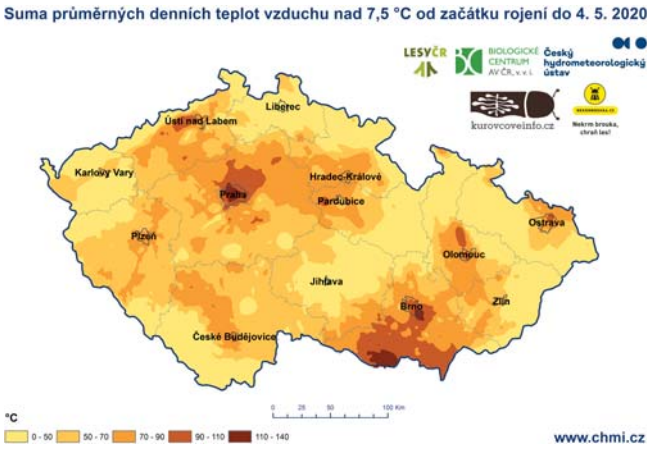
Počasí ovlivňuje populační dynamiku kůrovce. Dvakrát týdně vám na portále ČHMÚ budeme přinášet informace o vlivu počasí na kůrovce. Údaje budou sloužit státní správě a samosprávám, Lesům ČR a všem subjektům hospodařících v lesích v boji s kůrovcem. Informace vznikají ve spolupráci s Lesy ČR, Biologickým centrem AV ČR, portály kurovcoveinfo.cz a nekrmbrouka.cz.

Populační dynamiku kůrovce velmi významně ovlivňuje počasí, především teplota vzduchu, která rozhoduje o rojení a počtu generací. Kombinace dlouhodobého sucha, které zhoršuje zdravotní stav lesních porostů, a zvyšující se teploty umožňují rozvoj více generací kůrovce způsobující kůrovcovou kalamitu v našich lesích. Sumace efektivních teplot ze stanic ČHMÚ mohou pomoci zpřesnit určení termínu rojení kůrovce v lesích. Aktuální situace ukazuje na splnění podmínek pro začátek jarního rojení kůrovce již koncem tohoto týdne v nejteplejších lokalitách.

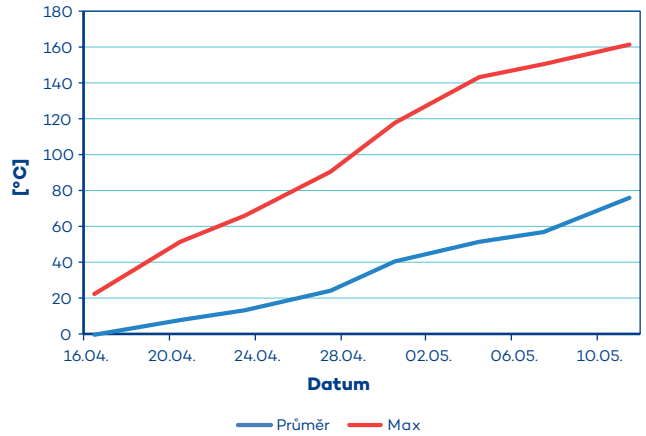
Počet generací v roce je klíčová informace, protože určuje potenciální nárůst napadeného dříví v roce. Jednoznačně to ukázal rok 2018, kdy bylo poprvé v historii úplné třetí rojení. Kůrovec z jednoho napadeného stromu při druhé generaci ohrožuje až 10 stromů, při třetí pak z těchto 10 stromů sto dalších. Informace, jestli vývoj kůrovců zrychluje nebo zpomaluje, je tedy klíčová pro rychlost včasného zpracování napadeného dříví. Počasí je v současnosti už tak proměnlivé, že původní poučky přestávají platit. Napadené stromy je přitom potřeba nejprve nalézt a následně asanovat. Na zpracování tak zbývá mnohem méně času. O tom, jestli se vývoj zrychluje nebo zpomaluje, informuje nově vytvořená mapa.

Aktuální stav

V současnosti jsou sumy teplot v nejteplejších lokalitách mezi 90 až 140 °C. Vzhledem k předpovědi počasí lze zde dokončení vývoje jedné generace předpokládat v první dekádě června.



Obr. 1 Suma průměrných denních teplot vzduchu nad 7,5 °C od začátku rojení do 4. 5. 2020.



Obr. 2 Předpokládaná rychlost vývoje kůrovce.

Rychlost vývoje kůrovce

Na obr. 1 je zobrazena suma efektivních teplot nad 7,5 °C od začátku rojení kůrovce, při 540 °C dojde k úplnému vývoji jedné generace. Z obr. 1 a obr. 2 s předpovědí vidíte rychlost vývoje, a tím lze získat údaj, kolik času máte na včasnou asanaci napadeného dříví. Díky nové mapě tak bude lesník schopen odhadnout (pokud bude mapu používat), kolik času na asanaci má, tj. jestli mu rychlost zpracování bude stačit na včasnou asanaci nebo ne, a podle toho reagovat buď přesunem kapacit z chladnějších oblastí do teplejších nebo se bude moci rozhodovat, co bude zpracovávat prioritně a co ne (například poslední smrky v listnatých porostech mohou počkat). Mapa na obr. 1 a graf na obr. 2 jsou aktualizované každé pondělí a čtvrtek.

Příklad: Máte zpracovat napadené dříví. Najdete na mapě sumu pro vaši lokalitu, např. 270 °C a vidíte, že k úplnému vývoji jedné generace ještě zbývá 270 °C . Na grafu vidíte rychlost vývoje a můžete posoudit tempo vývoje a porovnat ho s objemem dosud zpracovaného dříví.

Aktivní zdroj: http://portal.chmi.cz/aktualni-situace/aktualni-stav-pocasi/ceska-republika/pocasi-a-kurovec

Martin Možný,
Lenka Hájková

Mimořádný teplotní rozdíl v Hostýnských vrších 8. a 9. 4. 2020

Při vyhodnocování teplotních charakteristik z jednotlivých meteorologických stanic jsou často zjištěny zajímavé hodnoty. I měsíční průměrná teplota na stanicích ve vyšších polohách nad 600 m n. m. může být vyšší než na stanicích v nižších polohách. Je to odrazem synoptických typů počasí. Například v únoru 2019 byla průměrná měsíční teplota na stanici Hošťálková, Maruška (664 m n. m., dále jen Maruška) +1,6 °C a na stanici Hošťálková (385 m n. m.) +0,8°C. Při anticyklonální situaci (vlivu tlakové výše) dochází v nočních hodinách k prochlazování údolních oblastí mnohem rychleji a výrazněji než oblastí vrcholových nebo rovinatých. Pro dosažení nízkých minimálních teplot vzduchu v údolích je potřeba splnění několika podmínek:

a) jasno nebo jen minimální pokrytí oblohy oblačností,

b) suchý vzduch v celé mezní vrstvě atmosféry,

c) suchá vrchní vrstva půdy,

d) slabý vítr či bezvětří,

e) vhodné podloží.

Během denních hodin je část slunečního záření pohlcována zemským povrchem a část odrážena zpět do atmosféry. Dopadající sluneční záření je přitom většinou dominantní a převažuje nad ztrátovou složkou radiační bilance, kterou představuje dlouhovlnné efektivní vyzařování zemského povrchu. V nočních hodinách je situace odlišná. Radiační bilance je při absenci slunečního záření omezena na efektivní vyzařování (rozdíl mezi energií vyzářenou zemským povrchem a energií přijatou v podobě zpětného záření atmosféry). Suchý vzduch vyzařuje mnohem méně dlouhovlnného záření, za jasných nocí tak vyzařuje zemský povrch v podobě infračerveného záření mnohem více energie, než vyzařuje zpět k zemi atmosféra. Tato ztráta energie způsobuje pokles teploty zemského povrchu, od něj se pak ochlazují přiléhající vrstvy vzduchu. Dochází tak ke vzniku přízemní radiační teplotní inverze.

V údolích sevřených kopcovitým terénem je proces ochlazování ještě výraznější. Studený vzduch vzhledem ke své vyšší hustotě stéká podél svahů do údolí, kde se vytváří izolované oblasti (tzv. jezera) studeného vzduchu. Takové situace dokumentují data ze stanic v mrazových kotlinách, například na Šumavě. Naopak ve vyšších polohách je studený vzduch stékající do údolí nahrazován volným prouděním v atmosféře. Za ideálně slabého větru nebo bezvětří můžeme naměřit významný rozdíl teploty vzduchu i mezi standardní výškou měření teploty (2 m nad povrchem) a přízemní vrstvou v 5 cm. Výše uvedené procesy jsou součástí místní údolní a horské cirkulace vzduchu.

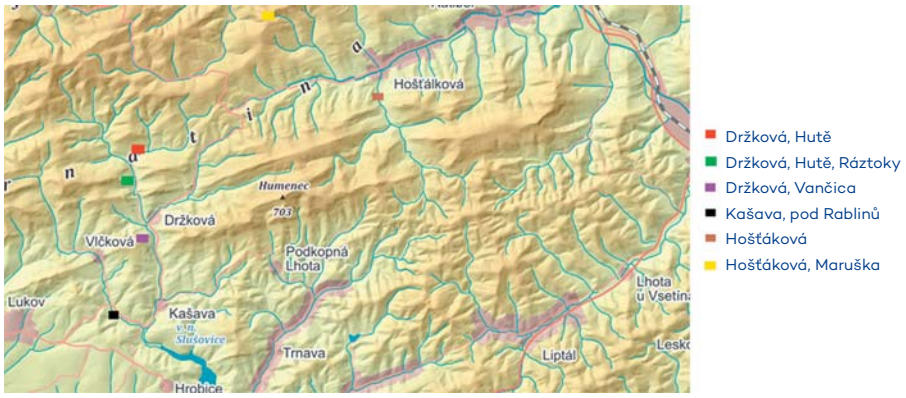
Mrazové kotliny (jak vyplývá z výše uvedeného) existují nejen na Šumavě nebo v Jizerských horách. Měření v Hostýnských vrších ukázalo, že se i zde nachází velmi chladné lokality. Od roku 2015 byly uvedeny do provozu stanice Držková, Hutě a Hutě, Ráztoky (dále jen Ráztoky). K 1. lednu 2019 zahájila svou činnost stanice Kašava, pod Rablinů (dále jen Kašava), která má v drtivé většině případů nejnižší minimální teplotu v Hostýnských vrších.

V rámci stanic sdružení obcí DKV (Držková, Kašava a Vlčková) jsou výjimečně měřeny významné rozdíly teploty v nočních hodinách, zejména mezi stanicí Vančica (501 m n. m.), Ráztoky (395 m n. m.) a Kašava (337 m n. m.). Doposud zaznamenaný nejvyšší rozdíl mezi minimální teplotou na stanicích Vančice a Ráztoky je 12,3 °C. Významnější teplotní rozdíly se i několikrát do roka vyskytují mezi stanicí Maruška (664 m n. m.) a Hošťálková (385 m n. m.), resp. Maruška a Kašava. Běžně jsou zaznamenány rozdíly i více než 10 °C v ranních hodinách, výjimečně i kolem 12 °C.

Dubnová cirkulace je typická výskytem cyklonálních i anticyklonálních situací. Při anticyklonálních situacích jsou (zejména v blízkosti středu nebo na zadní straně tlakové výše) splněny výše popsané podmínky. Z toho důvodu jsou údolí v ranních hodinách mnohem chladnější než exponované oblasti. O tom svědčí i fakt, že na mnoha stanicích nejen v Hostýnských vrších se vyskytla prozatím (k 21. dubnu) více než polovina měsíce s výskytem mrazových dnů (den s minimální teplotou pod 0 °C). Kupříkladu Kašava prozatím uvádí k 21. dubnu celkem 18 mrazových dnů, z toho více než polovina dnů s teplotou okolo –5 °C.

Zejména v prvním a druhém týdnu v dubnu 2020 převládala nad střední Evropou výrazně anticyklonální situace, po většinu období se středem tlakové výše východně od ČR. Nad naše území tak proudil teplý suchý vzduch od JV až J, současně spadlo od cca 21. března jen minimum srážek, vrchní vrstvy půdy byly a stále jsou dostatečně vyschlé. V nočních hodinách vál pouze slabý JV až J vítr na kopcích, v údolích převládalo bezvětří nebo jen proměnlivý vítr.

Teplotní rozdíly mezi Hošťálkovou a Maruškou, resp. Kašavou dosahovaly každý den od 8 do 10 °C. V noci na 8. dubna však překonal rozdíl teplot doposud nejvyšší hodnoty, které se pohybovaly v zimních inverzích zcela výjimečně okolo 14 °C. Synoptická stanice v automatickém režimu Maruška naměřila minimální teplotu 8. dubna +9,1 °C, zatímco stanice Hošťálková zaznamenala minimální ranní teplotu –5,7 °C. Konečný rozdíl minimálních teplot tedy dosáhl hodnoty 14,8 °C. Vzdálenost stanic je cca 3 km a převýšení činí 279 m. O desetinu větší rozdíl byl zaznamenán mezi stanicemi Maruška a Kašava (minimum –5,8 °C), rozdíl 14,9 °C. Poloha uvedených stanic je znázorněna na obr. 1.

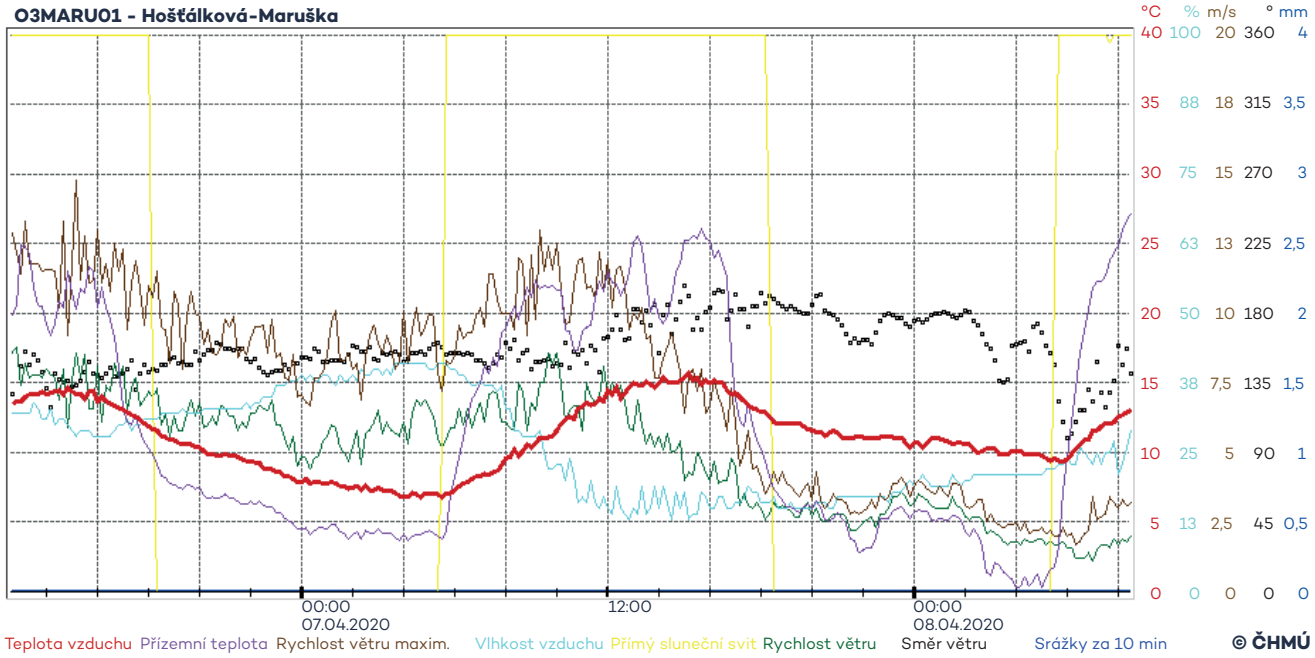


Obr. 1 Poloha hodnocených stanic.

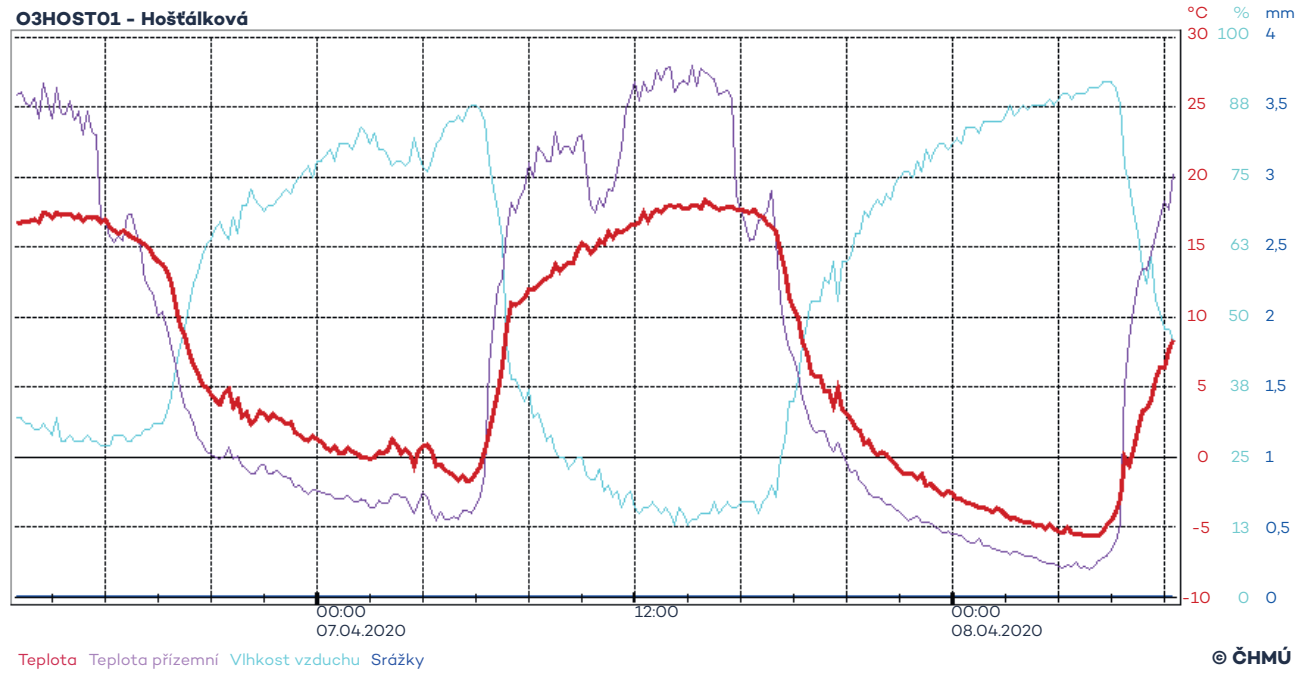
Obr. 2 ukazuje průběh meteorologických prvků z Marušky v noci na 8. dubna (zdroj ČHMÚ). Je zřejmé, že po celou noc vál pouze slabý vítr (zelená a hnědá křivka), teplota klesala jen velmi zvolna (červená křivka), avšak vzhledem ke slabému větru byla měřena o poznání nižší přízemní teplota (fialová křivka). Současně byla měřena na noční hodiny velmi nízká relativní vlhkost vzduchu pod 20 %.

Obr. 3 znázorňuje graf ze stanice Hošťálková. Teplota již před západem slunce zaznamenala slabý pokles a výraznější již v pozdním večeru. Současně významně narůstala relativní vlhkost. Vzduch se během noci převážně již usazoval u dna údolí, vytvářelo se jezero stále chladnějšího vzduchu.

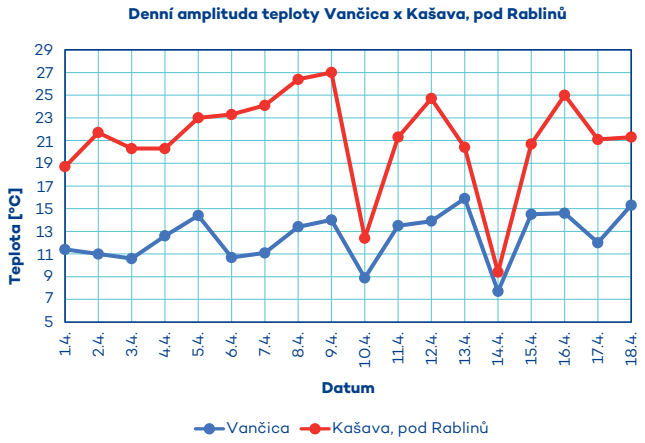
Pro doplnění je nutno dodat, že rozdíl teplot přes 14 °C byl zaznamenán také v noci na 9. dubna, a to jak v případě srovnání stanic Maruška vs. Hošťálková, tak Maruška vs. Kašava. Mimořádné teplotní rozdíly byly změřeny i mezi stanicemi na Vančici a v Kašavě. Doposud platný rekord 12,3 °C však odolal. Hned ve dvou případech dosáhl rozdíl minimálních nočních teplot hodnoty 11,9 °C a v jednom případě 11,8 °C. Po celý první týden v dubnu dosahovaly rozdíly okolo 8 °C. Stanice v Kašavě zaznamenala rekordní amplitudu teploty (rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší teplotou během dne), která dosáhla dne 9. dubna 27,0 °C. Od 1. do 18. dubna na této stanici dosáhla denní amplituda teploty 20 °C v 15 dnech, z toho ve třech dnech vyšší než 25 °C. Tabulka 1 znázorňuje denní amplitudu teploty



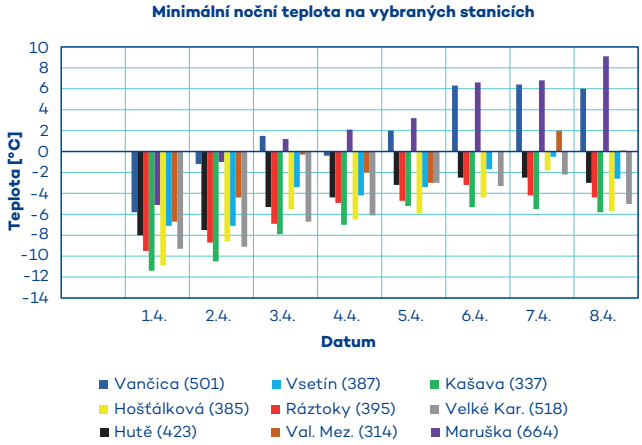
Obr. 2 Průběh meteorologický prvků na Marušce (zdroj ČHMÚ).



Obr. 3 Průběh meteorologických prvků v Hošťálkové (zdroj: ČHMÚ).



Obr. 4 Porovnání denní amplitudy teploty na stanicích Vančica a Kašava v dubnu 2020.



Obr. 5 Porovnání minimální noční teploty na vybraných stanicích ve Zlínském kraji (v závorce nadmořská výška).

Tab. 1 Denní amplituda teploty [°C] na stanicích Vančica a Kašava v dubnu 2020.

Datum	Vančica	Kašava	Datum	Vančica	Kašava	Datum	Vančica	Kašava
1.4.	11,4	18,7	7.4.	11,1	24,1	13.4.	15,9	20,4
2.4.	11,0	21,7	8.4.	13,4	26,4	14.4.	7,7	9,4
3.4.	10,6	20,3	9.4.	14,0	27,0	15.4.	14,5	20,7
4.4.	12,6	20,3	10.4.	8,9	12,4	16.4.	14,6	25,0
5.4.	14,4	23,0	11.4.	13,5	21,3	17.4.	12,0	21,1
6.4.	10,7	23,3	12.4.	13,9	24,7	18.4.	15,3	21,3

Tab. 2 Minimální noční teplota [°C] z vybraných stanic ve Zlínském kraji (v závorce nadmořská výška v metrech).

Datum	Vančica (501)	Hutě (423)	Ráztoky (395)	Kašava (337)	Maruška (664)	Hošťálková (385)	Vsetín (387)	Val. Mez. (314)	Velké Kar. (518)
1.4.	−5,8	−8,0	−9,5	−11,4	−5,1	−10,9	−7,1	−6,7	−9,3
2.4.	−1,2	−7,5	−8,7	−10,5	−1,0	−8,6	−7,1	−4,4	−9,1
3.4.	1,5	−5,3	−6,9	−7,9	1,2	−5,5	−3,4	−0,3	−6,7
4.4.	−0,4	−4,4	−4,9	−7,0	2,1	−6,5	−4,2	−2,0	−6,1
5.4.	2,0	−3,2	−4,7	−5,2	3,2	−5,9	−3,4	−3,0	−3,0
6.4.	6,3	−2,5	−3,2	−5,3	6,6	−4,4	−1,7	0,0	−3,3
7.4.	6,4	−2,5	−4,2	−5,5	6,8	−1,8	−0,5	2,0	−2,2
8.4.	6,0	−3,0	−4,4	−5,8	9,1	−5,7	−2,6	0,1	−5,0

z Kašavy (337 m n. m.) v údolní poloze a na stanici Vančice (501 m n. m.) na kopci.

Grafické znázornění amplitudy teploty na stanicích Vančica a Kašava ukazuje obr. 4.

A pro doplnění ještě uveďme porovnání minimální teploty z vybraných stanic ČHMÚ a doplňkových stanic ve Zlínském kraji (tab. 2). I stanice ve vyšších polohách se může nacházet v údolích a naopak, stanice v níších polohách mohou být situovány na lokálních vyvýšeninách.

Grafické znázornění minimální noční teploty na stanicích ve Zlínském kraji ukazuje obr. 5.

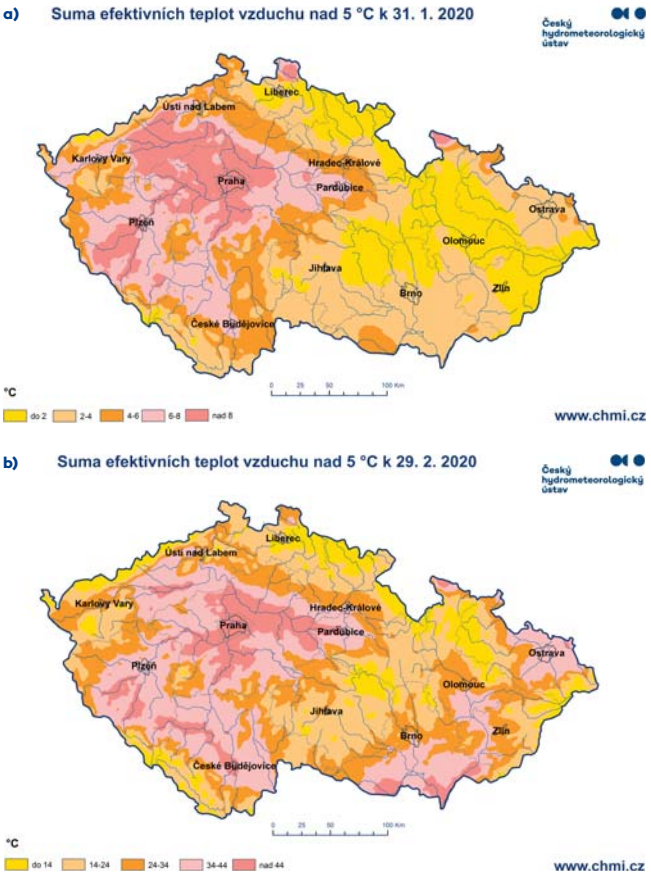
Jakub Flám

POČASÍ A ROSTLINY

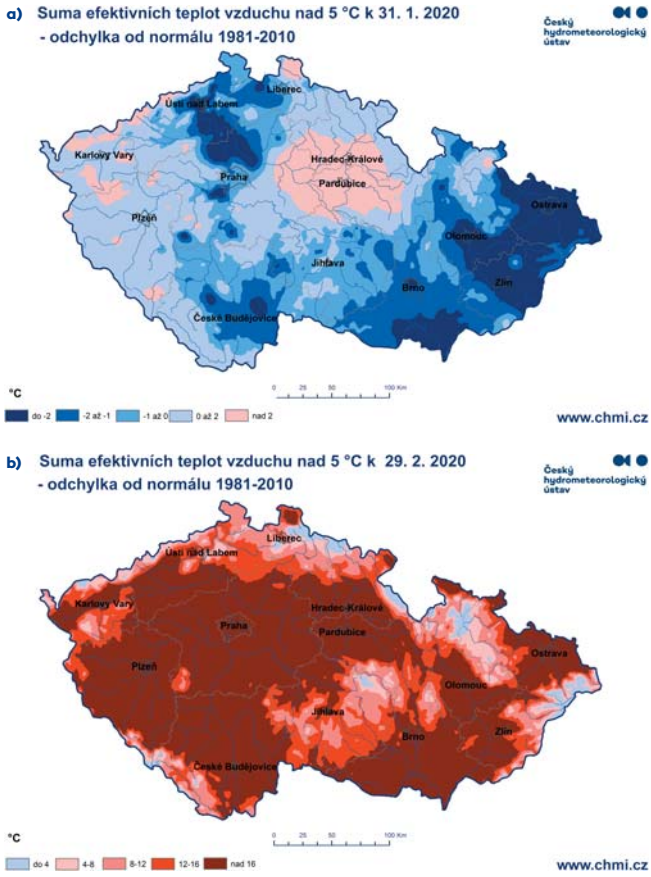
Fenologický vývoj na území ČR v lednu a únoru 2019

Počasí a rostliny jsou spolu neodmyslitelně spjaty, proto vás v této části budeme pravidelně informovat o stavu počasí a rostlin v České republice z hlediska teploty vzduchu, teploty půdy, úhrnu srážek a fenologického vývoje za předcházející měsíce. V tomto čísle se jedná o časové období od začátku roku do 29. února 2020.

Teplota vzduchu je důležitá veličina podmiňující existenci živých organismů, zásadním způsobem ovlivňuje růst a vývoj rostlin. V bioklimatologii rostlin se používá tzv. **efektiv-**



Obr. 1 Suma efektivních teplot vzduchu nad 5 °C k 31. 1. 2020 (a) a k 29. 2. 2020 (b).



Obr. 2 Suma efektivních teplot vzduchu nad 5 °C (odchylka od normálu 1981–2010) k 31. 1. 2020 (a) a k 29. 2. 2020 (b).

ní teplota vzduchu. Jedná se o teplotu vzduchu zmenšenou o hodnotu biologického minima teploty (někdy též nazýváno „biologická teplotní nula“ nebo „nula efektivní teploty“). Pro většinu rostlin pásma mírného klimatu jde o teplotu **5 °C**. Při nižší teplotě rostlina přestává růst, omezuje metabolické procesy a transformaci energie. Sumy efektivních teplot nad 5 °C se hojně využívají zejména v zemědělství jako kritéria pro hodnocení vlivu teploty vzduchu na růst a vývoj rostlin.

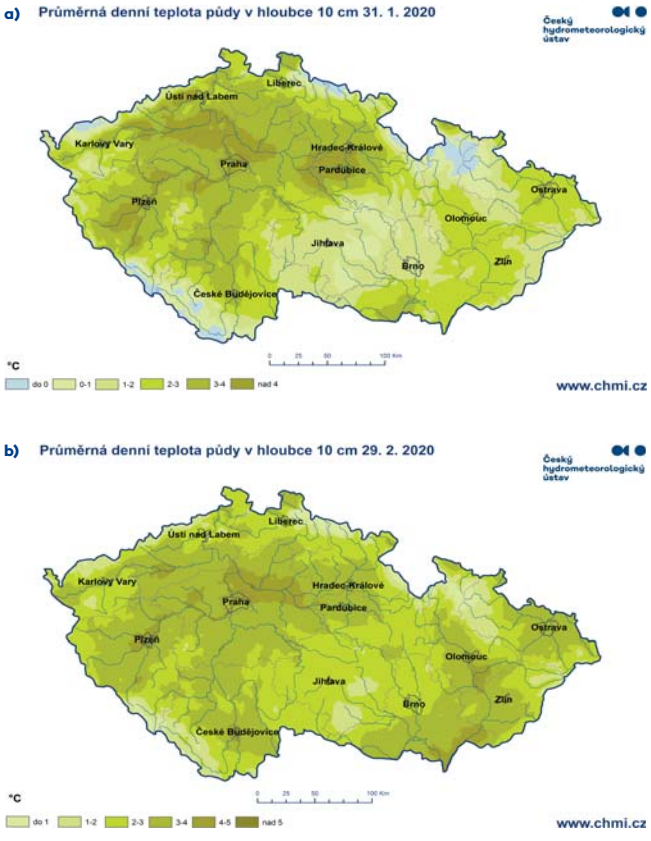
Suma efektivních teplot nad 5 °C od začátku roku k 31. 1. a k 29. 2. 2020 je uvedena v následujících mapách.

Teplý průběh zimy 2019/2020 potvrzují i odchylky sumy efektivních teplot vzduchu nad 5 °C od normálu 1981–2010, výsledky jsou uvedeny na obrázku 2. K 29. 2. 2020 činila odchylka i více než 16 °C na většině území ČR.

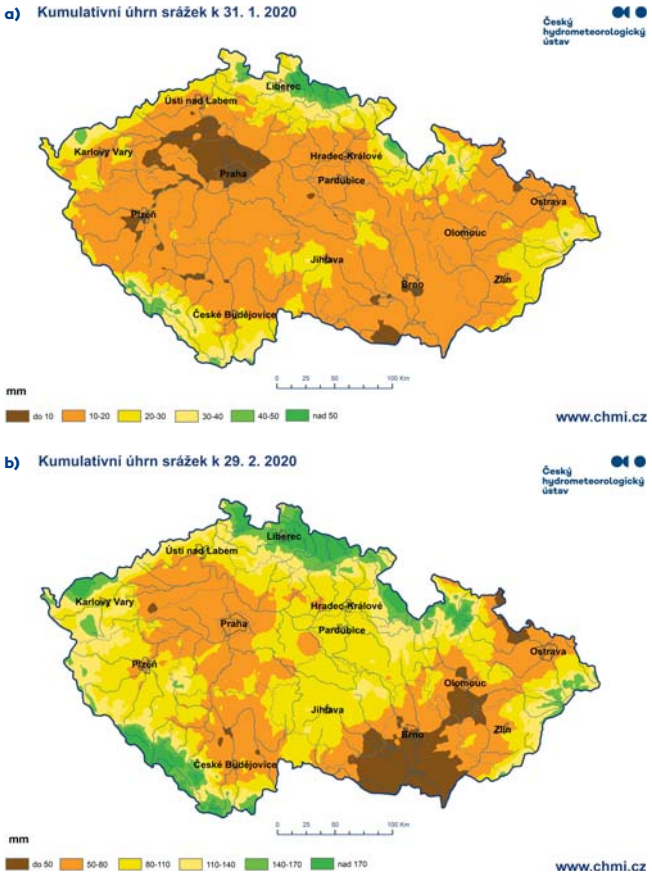
Teplota půdy je důležitá pro přezimování plodin, klíčení semen, růst a vývoj kořenového systému. Jak se měnila průměrná denní teplota půdy v 10 cm v zimních měsících leden a únor, to ukazují mapy k 31. 1. a 29. 2. 2020.

Atmosférické srážky jsou hlavním zdrojem vody pro rostliny. **Kumulativní úhrn atmosférických srážek** (od 1. 1. 2020) k 31. 1. a 29. 2. je zobrazen v mapách. Vzhledem k relativně vysokým teplotám vzduchu v průběhu zimy byla většina srážek ve formě deště, v lednu byly úhrny srážek výrazně menší než v únoru. V únoru došlo k výraznému vylepšení vláhové bilance. Tuto situaci dokreslují mapy na obr. 5.

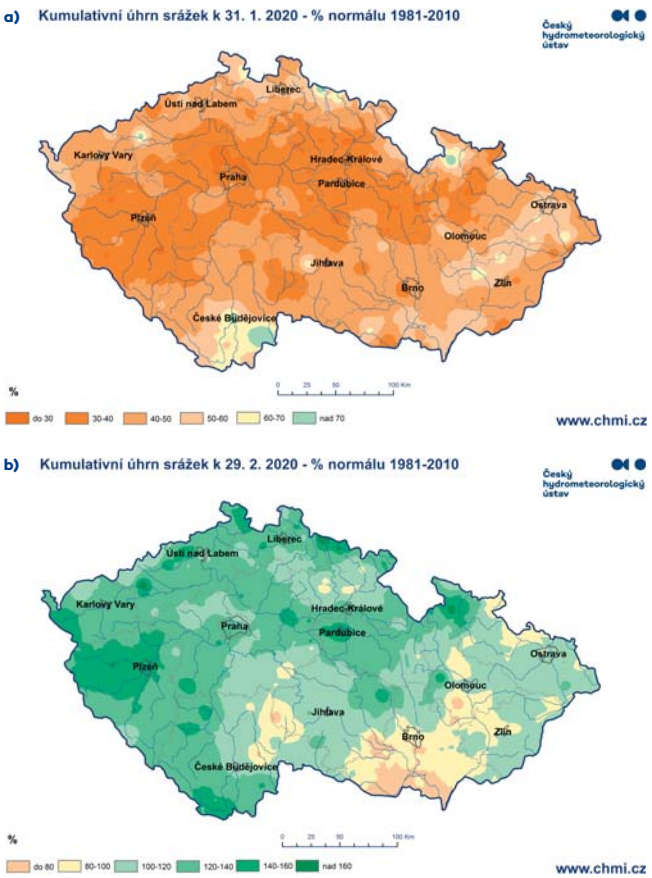
Fenologický rok začíná tzv. **fenologickým předjařím**, tj. obdobím, kdy začínají kvést dřeviny, které kvetou dříve, než se



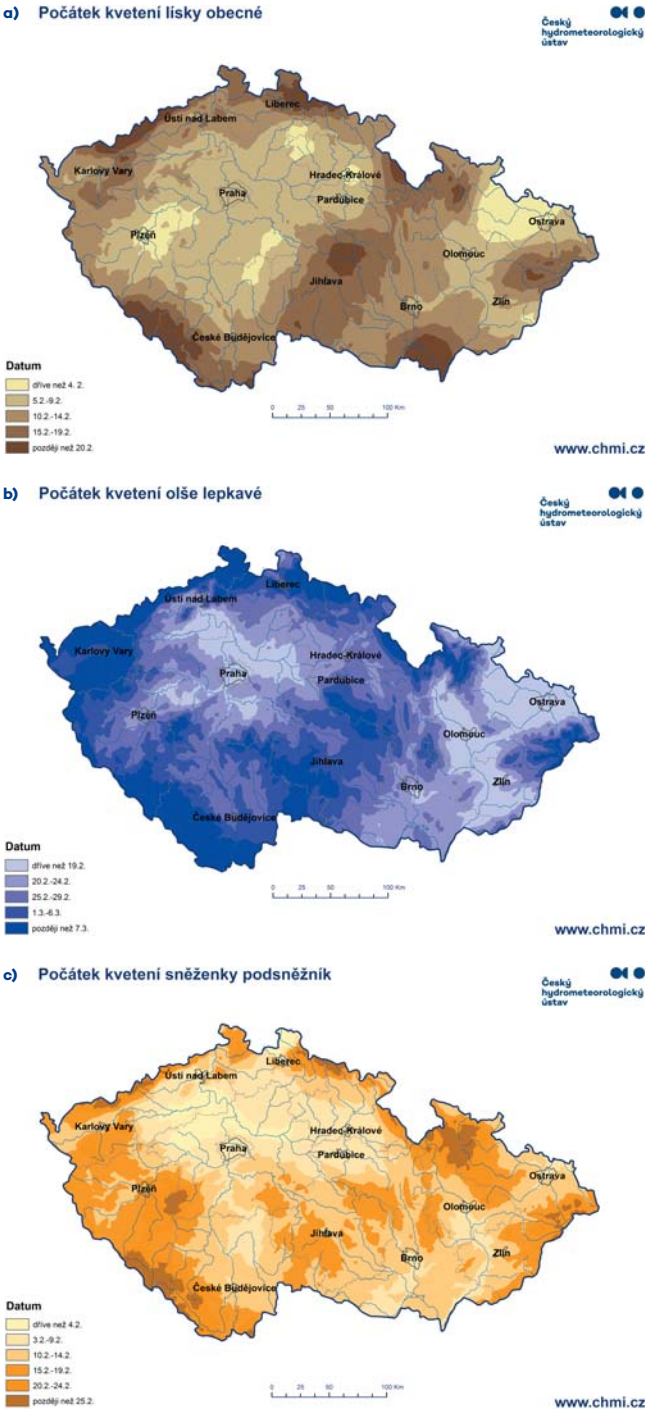
Obr. 3 Průměrná denní teplota půdy v hloubce 10 cm dne 31. 1. 2020 (a) a 29. 2. 2020 (b).



Obr. 4 Kumulativní úhrn srážek k 31. 1. 2020 (a) a k 29. 2. 2020 (b).



Obr. 5 Kumulativní úhrn srážek (% normálu 1981–2010) k 31. 1. 2020 (a) a k 29. 2. 2020 (b).



Obr. 6 Počátek kvetení lísky obecné (a), olše lepkavé (b) a sněženky podsněžník (c) v roce 2020.

olistí. Patří mezi ně např. líska obecná, olše lepkavá a šedivá a vrba jíva. Tyto druhy patří mezi významné pylové alergeny. Z bylin symbolizuje fenologické předjaří např. sněženka podsněžník, jaterník podléška či podběl obecný.

Z výše uvedených druhů začaly na přelomu ledna a února a v průběhu února v kvést **líska obecná** (samčí květenství), **olše lepkavá** (samčí květenství) a **sněženka podsněžník**, v průměru o cca 14 dříve než je obvyklé. Časový nástup počátku kvetení v roce 2020 lísky, olše a sněženky je uveden na obr. 6.

Lenka Hájková

Meteorologické zprávy

Meteorological Bulletin

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

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. Kučerová, 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
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 Geoastrophysical Abstracts

Sazba a tisk:

Ing. Jiří Šilar DTP

ISSN 0026-1173
Registrační číslo MK ČR E 5107

© Meteorologické zprávy, Český hydrometeorologický ústav

Publikace vydané v nakladatelství ČHMÚ v roce 2019

1. **R. Tydlitát, J. Trejbal: Povětrnostní sloupy.**
   Průvodce po objektech drobné architektury. 276 stran.
   ISBN 978-80-87577-974.
2. **J. Procházká, P. Lipina (ed.): Šumava 2019. Meteorologické konference.**
   Sborník z konference, Kvilda, 14.–16. 5 2019.
   148 stran. ISBN 978-80-87577-87-5.
3. **ČMeS: Předpověď v hydrometeorologické službě.**
   Sborník abstraktů ze semináře České meteorologické společnosti, Hotel Hluboký dvůr v Hlubočkách, Hrubá Voda, 23. až 25. září 2019, 32 stran. ISBN 978-80-87577-92-9.
4. **Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2018.**
   304 stran. ISBN 978-80-87577-93-6 [tištěná], ISBN 978-80-87577-95-0 [online], ISBN 978-80-87577-94-3 [CD].
5. **Sucho 2014–2018.**
   Sborník abstraktů z konference, 44 stran.
   ISBN 978-80-87577-91-2.
6. **J. Rožnovský, T. Litschmann (eds.): Hospodaření s vodou v krajině.**
   Sborník abstraktů z mezinárodní konference, 44 stran.
   ISBN 978-80-87577-89-9. Sborník příspěvků z mezinárodní konference. ISBN 978-80-87577-88-2 [CD].
7. **J. Rožnovský, T. Litschmann (eds.): Extrémy počasí, jejich dopady a bezpečnostní rizika.**
   Sborník příspěvků z mezinárodní konference.
   ISBN 978-80-87577-96-7 [CD].
8. **National Greenhouse Gas Inventory Report of the Czech Republic. Submission under the UNFCCC and the Kyoto protocol reported inventories 1990–2017.**
   Dostupné z WWW: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/nis/NIR/CZE_NIR-2019-2017_UNFCCC_clean_ISBN.pdf. ISBN 978-80-87577-90-5 [online].
9. **Hydrologická ročenka České republiky 2018.**
   ISBN 978-80-87577-99-8.
10. **J. Daňhelka, J. Kubát, P. Šercl: Sucho na území České republiky v roce 2018**.
    72 stran. ISBN 978-80-87577-98-1.

Nakladatelství ČHMÚ
Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany
tel.: 244032722, email: nakladatelstvi@chmi.cz
nakladatelstvi.chmi.cz