

POSTEROVÝ DEŇ SMS 2026

**Počasie – podnebie – voda – pôda – ovzdušie
a ich interakcie v 3. tisícročí**

ZBORNÍK ABSTRAKTOV



Organizátori:

Slovenská meteorologická spoločnosť o.z.

Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Univerzita Komenského, Bratislava

Dátum konania: 12. februára 2026

Miesto konania: Fakulta matematiky, fyziky a informatiky UK, Mlynská dolina F1, Bratislava

Organizačný výbor:

RNDr. Paulína Valová

Mgr. Martina Sadloňová

RNDr. Gabriela Ivaňáková

Mgr. Katarína Mikulová, PhD.

RNDr. Ivana Krčová

Mgr. Lívia Labudová, PhD.

Mgr. Miroslav Šinger, PhD.

Doc. RNDr. Martin Gera, PhD.

Tibor Csörgei

Príspevky neboli recenzované a neprešli jazykovou korektúrou.

Za jazykovú úroveň zodpovedajú autori príspevkov.

Zostavila: Katarína Mikulová

Vydala: Slovenská meteorologická spoločnosť, o.z.

Jeséniova 17, 833 15 Bratislava

ISBN: 978-80-973051-4-7

Obsah

Predslov	5
<i>Cibula, D.</i> Pozorovanie polárnej žiary webkamerami v sieti Meteopress z územia Slovenska v rokoch 2023-2025	6
<i>Damborská, I.</i> Observed Changes in Temperature, Precipitation and Evapotranspiration Across Slovakia	7
<i>Frnda, D.</i> Využitie polárnej družice Sentinel-2 v meteorológii: Detekcia a analýza mezoškálových a mikroškálových javov	8
<i>Garaj, M., Slavková, J., Markovič, L.</i> Revision and update of the national strategy on adaptation to climate change in Slovakia	9
<i>Hlavatá, H.</i> Klimatické zhodnotenie roka 2025 na Východoslovenskej nížine Climatic Assessment of the Year 2025 in the Eastern Slovak Lowland	10
<i>Holec, J., Labudová, L., Mikulová, K., Ridzoň, J., Štefánik, D., Trnka, M., Bartošová, L., Bálek, J.</i> New gridded operational products at Slovak Hydrometeorological Institute	11
<i>Ivaňáková, G., Faško, P., Labudová, L., Kajaba, P., Rozkošný J., Markovič, L.</i> Klimatologické zhodnotenie roka 2025	12
<i>Kamínková, A., Zemanová, Š., Březková, L.</i> Zavedení inundačních území do vybraných povodí modelu HYDROG	13
<i>Kaňák, P., Okon, L., Kaňák, J., Jurašek, M., Hrušková, K., Zvolenský, M., Szabóová, K.</i> Soil moisture analysis in Slovakia during storm Boris in September 2024 using H-SAF H26 product and in situ observations	14
<i>Krčová, I., Rozkošný, J., Snopková, Z., Ivaňáková, G., Mikulová, K., Szabóová, K., Holec, J., Kajaba, P., Faško, P.</i> Fenologické zhodnotenie roka 2025	15
<i>Kristeková, N.</i> Simulation of Slovakia's precipitation and temperature by ERA-Interim driven EURO-CORDEX regional climate models	16
<i>Leščešen, I., Bajtek, Z., Pekárová, P., Zhou, Q.</i> Persistence of hydrometeorological droughts in Slovakia: A multi-season discharge anomalies analysis using Markov Chains	17
<i>Lipina, P., Kamínková, A., Šustková, J.</i> Rekonstrukce časových řad výšky sněhové pokrývky	18
<i>Luptáková, A., Molnárová, A., Urbancová, J.</i> Vplyv znečistenia rieky Slaná na kvalitu podzemnej vody	19
<i>Melo, M., Czuczor, F., Pekárová, P., Melová, K., Rusinko, A., Gera, G.</i> Meteorologické príčiny vzniku povodní na Podunajskej nížine v roku 1876	20
<i>Mikulová, K., Szabóová, K.</i> Projekt Danube-ADAPT	21

<i>Neštiak, M., Kačur, J., Simon, A., Kaňák, P., Šebeňa, M.</i> Nowcasting slnečného žiarenia s využitím kamerových systémov a metód strojového učenia	22
<i>Onderka, M., Výleta, R., Kohnová, S.</i> Added Value of Convection-Permitting Reanalysis for IDF Estimation in Urban Areas	23
<i>Pavlendová, H., Sitková, Z., Pavlenda, P., Snopková, Z.</i> Prízemný ozón na vybraných plochách ČMS Lesy	24
<i>Petrovič, M.</i> Assessing the Quality and Biases of European Radar Radial Winds for Numerical Weather Prediction	25
<i>Rozkošný, J., Slavková, J., Faško, P.</i> Výskyt mrazov počas kvitnutia marhule obyčajnej na Slovensku	26
<i>Rožnovský, J.</i> Teplotní poměry Hradce Králové	27
<i>Siman, C.</i> Možnosti využitia programovacieho jazyka PYTHON v operatívnej prevádzke OMPAV SHMÚ	28
<i>Snopková, Z., Pavlendová, H., Sitková, Z., Lazoriková, K.</i> Priestorová a časová variabilita nástupu fenologických fáz jedle bielej (<i>Abies alba</i> Mill.) na Slovensku	29
<i>Szabó, A., I., Holtanová, E., Belda, M.</i> When hot nights will not allow to relax: co-occurring extreme heat events over Central Europe under Policy-Relevant Warming Levels	30
<i>Szabóová, K.</i> Klimatická zmena a módny priemysel: Súvislosti, dopady, riešenia	31
<i>Szabóová, K., Mikulová, K., Rattayová, V., Labudová, L., Trnka, M., Bartošová, L., Bálek, J.</i> Validation of Grid-Based UTCI Derived from ERA5 Reanalysis in Slovakia (2002–2022)	32
<i>Šadláková, D.</i> Zhodnotenie trendov vybraných teplotných charakteristík a dní s charakteristickou teplotou vzduchu na Slovensku za obdobie 1951 – 2020 podľa dekádnych priemerov	33
<i>Šinger, M., Linda, J., Hasečič, A., Frnda, D., Pospíšil, J.</i> Analysis of the Short-Duration Urban Dust Storm in Bratislava on 23 March 2024	34
<i>Štefánik, D., Beňo, J., Krajčovičová, J.</i> Zapojenie SHMÚ do modelovania kvality ovzdušia v projekte DEODE.	35
<i>Váš, P., Bartok, J., Gaál, L., Jurašek, M., Melo, M., Gera, M.</i> Klimatologické charakteristiky búrok na Slovensku	36
<i>Vozár, M.</i> Representation Learning of Near-Surface Atmospheric Fields	37

Predslov

Žijeme dobu, ktorá prináša veľké zmeny nielen v spoločenskej, ale aj prírodnej oblasti. Ústrednou témou posledných desaťročí pre odborníkov z mnohých oblastí je zmena klímy, ktorú práve žijeme. Jej dôsledky pozorujeme a pociťujeme v rôznych končinách Zeme a práve odborníci z rôznych odvetví sú tí, ktorí sa jej venujú a ktorí hľadajú súvislosti a riešenia, aby ľudstvo aj samotná Zem túto zmenu prežili s čo najmenej boľavými dôsledkami.

Desaťročia výskumu postupne odhaľujú zaujímavé a niekedy aj nečakané súvislosti, ktoré chceme predstaviť na podujatí Posterový deň SMS 2026.

Hlavnou témou 3.ročníka Posterového dňa SMS 2026 je :

POČASIE – PODNIEBIE – VODA – PÔDA – OVZDUŠIE a ich interakcie v 3.tisícročí.

Vrátili sme sa k tejto téme, pretože je stále aktuálna, rozsiahla a spája rôzne vedecké disciplíny, ktorých výsledky sa navzájom prelínajú a dopĺňajú. Široko koncipovaná téma Posterového dňa umožňuje poukázať na súvislosti z rozličných uhlov pohľadu a oblastí. Vedecká obec už vie, že spolupráca vedcov z rôznych odvetví je viac ako potrebná, priam nevyhnutná. Je potrebné, aby odborníci nielen zhodnotili doterajšie výsledky, ale aby sa pozreli aj do budúcnosti, kam môže pokračovanie zmeny klímy viesť a na čo sa treba pripraviť.

Posterová forma prezentácie výsledkov výskumu je jednou z možností ako si vzájomne vymieňať výsledky výskumu a nadväzovať nové kontakty.

Paulína Valová

Predsedníčka Slovenskej meteorologickej spoločnosti, o.z.

Pozorovanie polárnej žiary webkamerami v sieti Meteopress z územia Slovenska v rokoch 2023-2025

Daniel Cibula¹

¹ Meteopress spol s.r.o., V Holešovičkách 97/3, Praha 8, 182 00, daniel.cibula@meteopress.sk

Od roku 2023 sa do povedomia aj širšej verejnosti dostáva polárna žiara, ktorá bola vo viacerých prípadoch pozorovaná aj z územia Slovenska.

Súvisí to aj s cyklami slnečnej aktivity, ktoré majú periódu okolo 11 rokov. Od decembra 2019 prebieha 25. slnečný cyklus a jeho vrchol nastal na konci roku 2024. Vtedy je častejší výskyt slnečných škvrn a erupcií na Slnku, z ktorých sa šíri vesmírom oblak nabitých častíc. Ten interagoval s magnetickým polom Zeme a za vhodných podmienok vznikala polárna žiara. Jej pozorovanie sme vyhodnocovali na základe Kp indexu – čo je geomagnetický trojhodinový index, ktorý je dôležitým meradlom pre vstup energie zo slnečného vetra na Zem. Kp index sa pohybuje od 0 do 9, kde hodnota 0 znamená, že existuje veľmi malá geomagnetická aktivita a hodnota 9 znamená extrémnu geomagnetickú búrku. Keď je jeho hodnota približne na úrovni 5, je možné v určitých prípadoch zaznamenať polárnu žiaru aj z nášho územia pomocou fotoaparátu alebo kamery.

Túto hodnotu, ktorá bola získaná z Geomagnetického observatória Hurbanovo, sme použili na kvantifikáciu prípadov zachytenia polárnej žiary v rokoch 2023 až 2025. Ich výskyt sme hodnotili v sieti webkamier Meteopress, ktoré sú orientované na severný obzor. Zamerali sme sa na kamery Rybany, Gbely, Liptovská Osada, Mlynky a Stanča, pričom pri kamere v Rybanoch sme vyhodnocovali aj množstvo oblačnosti. Ako pomôcku sme použili aj zoznam pozorovaní polárnej žiary z portálu *Optické úkazy v atmosfére* dostupnej na stránke www.ukazy.astro.cz/polar.

Z výsledkov vyplýva že v rokoch 2023 až 2025 bola polárna žiara pozorovaná na kamere v Rybanoch počas 28 nocí, keď Kp index dosiahol aspoň hodnotu 5. V polovici prípadov bolo jasno až malá oblačnosť. V súvislosti s ďalšími kamerami sa našlo ďalších 14 záznamov v termínoch zhodných s www.ukazy.astro.cz/polar, pričom v 7 ďalších prípadoch bolo na všetkých hodnotených webkamerách zamračené, čo znemožnilo akékoľvek pozorovanie. Zvyšné prípady pozorovania boli odhalené aj v nociach, keď Kp index nedosiahol ani hodnotu 5, pričom takýchto dní bolo 7. Celkovo sme tak na hodnotených webkamerách v sieti Meteopress zaznamenali minimálne slabú polárnu žiaru rôzneho trvania v priebehu 49 nocí. V 11 prípadoch Kp index nedosiahol hodnotu 5, a v 2 prípadoch sme zaznamenali žiaru na aspoň jednej kamere aj pri Kp indexe na hodnote 3. Použitá metóda hodnotenia na základe Kp indexu na hodnote aspoň 5 sa zväčša osvedčila, aj keď by za prehodnotenie stáli aj situácie, kde bol Kp index o 1 nižší (z výsledkov približne ¼ prípadov pozorovania).

Kľúčové slová: polárna žiara, Kp index, webkamery Meteopress, 25. slnečný cyklus

Observed Changes in Temperature, Precipitation and Evapotranspiration Across Slovakia

Ingrid DAMBORSKÁ

Faculty of Mathematics, Physics and Informatics, Comenius University Bratislava, Slovak Republic
e-mails: damborska@fmph.uniba.sk

Central European hydroclimate has undergone measurable change, yet the interplay between warming, precipitation variability, and evapotranspiration—and its implications for water balance—remains regionally specific. Using long term observational data from selected meteorological stations in Slovakia, this study quantifies multi decadal changes in air temperature, precipitation, and both potential (E_0) and actual evapotranspiration (E). Thirty year moving climatological normals were evaluated for the periods 1951–1980, 1961–1990, 1971–2000, 1981–2010, and 1991–2020 at representative stations in the southern lowlands (Hurbanovo, 114 m a.s.l.) and northern mountains (Oravská Lesná, 780 m a.s.l.), complemented by seasonal and annual evapotranspiration analyses across 20 meteorological stations. The evapotranspiration in 1951–2020 was calculated by modified Budyko-Tomlin method. The input data were air temperature and humidity, cloudiness, number of days with snow cover, and precipitation (from SHMI).

The results reveal consistent warming at both sites, with annual mean air temperature increases of approximately 1.2 °C in Hurbanovo and 1.1 °C in Oravská Lesná between 1951–1980 and 1991–2020, while changes in temperature variability remained modest. Precipitation trends exhibit pronounced regional contrasts: southern Slovakia experienced a mid-century decline followed by partial recovery, whereas northern mountainous regions show a sustained long-term increase. Interannual precipitation variability intensified in southern lowlands but slightly decreased in northern regions.

Potential evapotranspiration increased throughout Slovakia, with annual E_0 rising by 62.6 mm at Hurbanovo and 51.6 mm at Oravská Lesná in 1991–2020 compared to 1951–1980. The annual maximum of E_0 occurs in July, while the lowest variability is observed in June. In southern lowlands, potential evapotranspiration exceeds precipitation during most of the growing season, and annual precipitation represents only 69.1% of E_0 , indicating an increasing climatic water deficit. In contrast, mountainous regions remain moisture surplus, with precipitation reaching 239.0% of E_0 . Actual evapotranspiration closely follows potential evapotranspiration (approximately 92.6% of E_0) and accounts for about 38.8% of annual precipitation in recent decades.

These findings indicate an increasing role of evapotranspiration in shaping regional water balance conditions. Rising evaporative demand enhances drought sensitivity in southern Slovakia and contributes to reduced runoff in mountainous areas where sufficient precipitation allows actual evapotranspiration to increase. The study provides an observational basis for assessing climate change impacts on water resources in Slovakia.

Keywords: climate change; evapotranspiration; water balance; precipitation variability; Slovakia

Využitie polárnej družice Sentinel-2 v meteorológii: Detekcia a analýza mezoškálových a mikroškálových javov

David Frnda^{1,2}

¹ Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Univerzita Komenského, Mlynská dolina F1, 842 48 Bratislava, david.frnda@fmph.uniba.sk

² Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15, Bratislava, david.frnda@shmu.sk

Misia Sentinel-2, vyvinutá v rámci európskeho programu Copernicus, predstavuje technologický prelom v monitorovaní zemského povrchu. Systém pozostáva z dvoch identických družíc vybavených pokročilým multispektrálnym prístrojom (MSI), ktorý sníma odrazivosť v trinástich spektrálnych pásmach. Vďaka vysokému priestorovému rozlíšeniu 10 metrov v hlavných kanáloch viditeľného a blízkeho infračerveného svetla umožňuje tento systém identifikovať environmentálne javy a antropogénne zmeny, ktoré boli predtým na družicových snímkach s nižším rozlíšením neviditeľné. Misia je navrhnutá predovšetkým na sledovanie stavu poľnohospodárskej krajiny a lesných ekosystémov, no jej dáta nachádzajú čoraz väčšie uplatnenie aj v meteorológii a pri štúdiu krátkodobých atmosférických anomálií.

V našom príspevku sme uviedli niekoľko príkladov zo Slovenska, kedy snímky z družice Sentinel-2 slúžili na detekciu alebo analýzu javov na mezo- a mikroškále. Poukázali sme na prípady priemyselného sneženia v Bratislave a Košiciach. Analyzovali sme rozdiel zamrznutia dvoch jazier v Senci. Porovnali sme snímky polí a príľahlých stromových pásov medzi obcami Beloveža a Hažlín pred a po prechode konvektívneho systému. Tiež sme ukázali snímku lokálneho výskytu vrstvy krúp pri obci Babín po stacionárnej búrke a silnú námrazu na Malých Karpatoch. Jednotlivé prípady sme doplnili fotografiami z daných lokalít.

Z hľadiska pozitív je najväčšou devízou misie Sentinel-2 bezplatná dostupnosť dát a ich vysoké rozlíšenie, čo dovoľuje vykonávať analýzy na malých priestorových škálach. Naopak, zásadným negatívom pri sledovaní takto dynamických javov je nedostatočné časové rozlíšenie. Napriek prítomnosti dvoch družíc je niekoľkodňový interval návratu nad rovnaké miesto v meteorologickom kontexte príliš dlhý, čo znemožňuje operatívne sledovanie priebehu extrémnych udalostí. Tento limit je umocnený neschopnosťou optických senzorov snímať povrch cez oblačnosť, čo v mnohých prípadoch vedie k strate kľúčových dát v čase vzniku sledovaného javu – najmä ak ide o jav na zemskom povrchu. Aj s týmito obmedzeniami však Sentinel-2 zostáva nenahraditeľným zdrojom informácií pre retrospektívne analýzy lokálnych javov.

Kľúčové slová: Sentinel-2, diaľkový výskum Zeme, snímky vo vysokom rozlíšení, Slovensko

Revision and update of the national strategy on adaptation to climate change in Slovakia

Marcel Garaj¹, Jaroslava Slavková¹, Ladislav Markovič¹

¹ Slovak Hydrometeorological Institute, Jeséniova 17, 831 01 Bratislava, Slovakia
marcel.garaj@shmu.sk

Already today, climate change induced impacts pose a major threat to people and nature and adverse consequences are not equally distributed across regions and communities. Both ambitious climate change mitigation and adaptation are key to ensure a climate resilient development at global, national, regional and local level as best as possible.

In Slovakia, there has been a uniform warming trend in annual air temperatures, despite the complex climate conditions due to a multitude of influences and varied landscape topography (Labudová et al., 2017). The data reveal an increase of approximately 2 °C in mean temperature since 1881, resulting in an average increase of approximately 0.15 °C per decade (Gera et al., 2017). In recent decades, specifically from 2001 to 2022, Slovakia has seen a notable increase in maximum and minimum daily air temperatures, with a sharp rise in the frequency of heat waves. Therefore, there is a strong necessity to revise and update national adaptation strategy on regular basis.

After the Ministry of the Environment of the Slovak Republic's request was approved, the European Commission launched, at the end of 2023, a project financed through the Technical Support Instrument (TSI). The project focused on preparing outputs related to the new national adaptation strategy, building capacities, and communicating with the public on the issue of climate change adaptation.

We have available several open source tools applied in presented study. There are Representative Concentration Pathways (RCPs) and regional climate models (RCMs). RCMs from Copernicus project use coordinated regional climate downscaling experiment (CORDEX) based on global climate models (GCMs). We applied five downscaled global climate models (CNRM, ECEARTH, MOHC, MPI a NORESM) for the purpose of our research, which represents climate and boundary conditions of central Europe. We chose two relevant emission scenarios RCP 4.5 and RCP 8.5 as key pathways for assessing future climate in Slovakia.

Revised and updated national strategy on adaptation to climate change in Slovakia together with multi-sectoral climate vulnerability and risk assessment is downloadable from the webpage collecting all important news and feeds about climate change, adaptation, policy and decision making in Slovakia (www.klima-adapt.sk). All technical and geospatial layers creating a fundamental knowledge base that was crucial for describing future climate in Slovakia is actually publishing on <https://geoportal.gov.sk/> where visitors can easily browse various layers of climatological variables and indices and make basic spatial analysis. Additionally, all layers will be free downloadable in GIS format from the webpage <https://rpi.gov.sk/> that offers a useful tool for regions, municipalities, NGOs and private sector to create their own adaptation plans and prepare for future changes.

Keywords: climate change, emission scenario, climate risk, adaptation strategy

References

- Gera, M., Damborská, I., Lapin, M., Melo, M. (2017). Climate Changes in Slovakia: Analysis of Past and Present Observations and Scenarios of Future Developments. Water Resources in Slovakia: Part II 70, 21–47.
- Labudová, L., Labuda, M., Takáč, J. (2017). Comparison of SPI and SPEI applicability for drought impact assessment on crop production in the Danubian Lowland and the East Slovakian Lowland. Theoretical and Applied Climatology 128 (1-2), 491–506.

Acknowledgment

„Vypracovanie komplexných scenárov (2030/2050) zmeny klímy so zameraním na zraniteľnosť vybraných sektorov vo väzbe na adaptačné opatrenia“

Klimatické zhodnotenie roka 2025 na Východoslovenskej nížine Climatic Assessment of the Year 2025 in the Eastern Slovak Lowland

Ing. Helena Hlavatá, PhD.

¹ Slovenský hydrometeorologický ústav, Ďumbierska 26, Košice
Helena.Hlavata@shmu.sk

The year 2025 was marked by non-standard weather phenomena both globally and in Slovakia. The location of the Eastern Slovak Lowland (hereinafter ESL) results in specific climatic features of this area, primarily caused by two main types of influences: circulation and radiation effects. Circulation influences depend on the geographical position of the ESL, which lies in a transitional zone between oceanic and continental climates. One of the fundamental characteristics of the local climate is high temporal variability of weather and, consequently, of all meteorological elements. The year 2025 ended in the ESL as thermally above normal. The mean annual air temperature ranged from 10.8 °C to 11.3 °C. Paradoxically, the warmest conditions occurred during the winter months of January and December. In January, the mean monthly air temperature reached 1.5 to 2.7 °C, which is 3.2 °C to 3.8 °C above the long-term normal for the period 1991–2020 (LTN 91–20). In December, the mean monthly air temperature ranged from 3.3 °C to 3.5 °C, representing an anomaly of +3.1 °C to +3.7 °C relative to LTN 91–20. Conversely, the coldest month in the ESL was May, with mean monthly air temperatures between 12.6 °C and 13.3 °C, corresponding to negative deviations from the long-term normal of –2.6 °C to –3.6 °C. When considering the seasons, all of them ended above the 1991–2020 long-term normal. The warmest season was paradoxically winter, with temperature anomalies ranging from +1.9 °C to +2.4 °C. The remaining seasons were near normal or above normal from a long-term perspective. The annual total precipitation ranged from 544 to 611 mm, representing 85–95 % of LTN 91–20. From the perspective of the annual precipitation course, the year 2025 was close to normal; however, the temporal distribution of precipitation was uneven. The highest positive deviations from the 1991–2020 long-term normal occurred in March, when monthly totals reached 50 to 71 mm, corresponding to 148–196 % of LTN 91–20. The highest monthly precipitation totals were recorded in July, largely due to intense and relatively frequent convective storm activity associated with heavy rainfall, with totals ranging from 82 to 106 mm. The highest amount was recorded at the Orechová station, reaching 106 mm. In contrast, a significant precipitation deficit occurred at the beginning of summer, in June, when only 8 to 14 mm of precipitation was recorded, representing 11–20 % of LTN 91–20. Another extremely dry month was December, with only 3 to 12 mm of precipitation, corresponding to 6–22 % of LTN 91–20. The lowest monthly precipitation total was recorded at the Somotor station in December, amounting to only 2.6 mm.

Keywords: Eastern Slovak Lowland, air temperature, atmospheric precipitation, long-term normal 1991–2020, annual precipitation regime

New gridded operational products at Slovak Hydrometeorological Institute

Juraj Holec¹ – Livia Labudová¹ – Katarína Mikulová¹ – Jakub Ridzoň² – Dušan Štefánik¹ -
Miroslav Trnka³ – Lenka Bartošová³ – Jan Bálek³

¹ Slovak Hydrometeorological Institute, Jeséniova 17, 82101 Bratislava, juraj.holec@shmu.sk

² Slovak Hydrometeorological Institute, Regional branch in Banská Bystrica, Zelená 5, 97404 Banská Bystrica

³ Global Change Research Institute CAS (CzechGlobe), Bělidla 986/4a, 603 00 Brno

New gridded climatological maps were added into operation at Slovak Hydrometeorological Institute (SHMÚ) during March 2025. They comprise the following products: Minimum, Maximum, Mean daily air temperature [°C], Daily precipitation sum [mm] and Daily sum of potential evapotranspiration [mm], which are computed on daily basis. The temperature maps are created using method of Frei (2014) which is suitable for areas with complex orography since it has been originally used for territories of Switzerland and Austria. Precipitation map is created using two step interpolation procedure. In this case, the computation combines background monthly normal precipitation fields created by kriging with external drift (KED) and daily field created by Inverse Distance Weighting (IDW) method. Daily sum of potential evapotranspiration is derived from aforementioned maps using Hargreaves method (Hargreaves & Samani, 1982).

In consequence, to climatological maps, drought monitoring products were added to operation during June 2025. Following products were created: Standardized precipitation-evapotranspiration index (SPEI), Standardized Precipitation Index (SPI), both for 30-day period, Precipitation balance in comparison with normal of 90-day precipitation sum, Percentual difference of precipitation in comparison with normal of 90-day precipitation sum and duration of drought. SPEI and SPI indices include a 7-day forecast based on A-LAEF (days 1-3) and ECMWF models (days 4-7). Instead of a deterministic forecast, an ensemble forecast is used, showing the mean, 10th, and 90th percentiles of the ensemble to illustrate the forecast uncertainty.

Third part of new products represents new bioclimatological products, namely Universal Thermal Comfort Index (UTCI) and Heat index (HI) and Fire risk products, namely Fire Weather Index (FWI) and Fuel moisture index (FMI). These products have 7 day forecast as well, based on Aladin model with 2 km resolution (day 1-3) and ECMWF model (day 4-7).

Key words: gridded maps, precipitation, temperature, drought, Fire Weather Index, Universal Thermal Comfort Index

Acknowledgment

This work was supported by project Clim4Cast (Central European Alliance for Increasing Climate Change Resilience to Combined Consequences of Drought, Heatwave, and Fire Weather through Regionally-Tuned Forecasting; CE0100059) co-funded by European Union funds (ERDF – Interreg Central Europe).

Klimatologické zhodnotenie roka 2025

Gabriela Ivaňáková¹, Pavel Faško¹, Livia Labudová¹, Peter Kajaba¹, Jozef Rozkošný¹, Ladislav Markovič¹

¹ Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava, gabriela.ivanakova@shmu.sk

Predkladaný príspevok hodnotí minulý rok z klimatologického pohľadu. Rok 2025 bol poznačený viacerými neštandardnými prejavmi počasia, a to nielen vo svete, ale aj na Slovensku. Vo svete bolo zreteľné pribúdanie extrémov v počasí. Na Slovensku sme zažívali striedanie krajných prejavov počasia v ročnom režime, pričom niektoré prípady boli aj extrémne. Okrem toho zvláštnosťou bolo aj dlhé trvanie určitého charakteru počasia, pričom po jeho ukončení rýchlo nasledoval úplne iný charakter počasia, ktorý bol dokonalým opakom predchádzajúceho. Výsledkom boli väčšinou normálne ročné úhrny atmosférických zrážok na území Slovenska, ktoré však mali veľmi nevyvážený a netypický ročný režim. Výrazný nedostatok atmosférických zrážok sme zaznamenali v mesiaci december. Pri celoslovenskom hodnotení bol december 2025, pri použití metódy dvojitého váženého priemeru, druhý zrážkovo najchudobnejší od roku 1881. Z pohľadu teploty vzduchu sa minulý rok zaradil ako 8. najteplejší rok od roku 1931 na Slovensku. Priestorová priemerná ročná teplota vzduchu v roku 2025 dosiahla na území Slovenska hodnotu 9,5 °C. V porovnaní s normálovým obdobím 1991 - 2020 dosiahla priestorová priemerná ročná teplota vzduchu v roku 2025 kladnú odchýlku, a to až 0,9 °C. Mierne až veľmi suché podmienky sme na väčšine Slovenska zaznamenávali už v januári 2025. Na území celého Slovenska chýbalo v januári v 90-dňovom okne viac ako 50 mm zrážok, v horských častiach stredného Slovenska to bolo viac ako 100 mm zrážok. Nepriaznivý vývoj vlhovej bilancie v atmosfére, aj pôde pokračoval aj v nasledujúcich mesiacoch. Krátkodobé zmiernenie sucha nastalo len na prelome marca a apríla. Pôdne sucho vyvrcholilo na začiatku júla, kedy extrémne suché podmienky zaberali až 87,5 % územia Slovenska.

Kľúčové slová: Slovensko, teplota vzduchu, atmosférické zrážky, sucho, ročné obdobie, rok 2025

Zavedení inundačních území do vybraných povodí modelu HYDROG

Alena Kamínková¹, Šárka Zemanová², Lucie Brežková³

¹ Český hydrometeorologický ústav, K Myslivně 3/2182, 708 00, Ostrava-Poruba, alena.kaminkova@chmi.cz

² Český hydrometeorologický ústav, Kroftova 43, 616 67, Brno, sarka.zemanova@chmi.cz

³ Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1/1665, 613 00, Brno, lucie.brezkova@mendelu.cz

Povodeň v září 2024, která zasáhla velkou část České republiky, otevřela otázku ověřování spolehlivosti a možností dalšího zdokonalování stávajících srážkoodtokových modelů využívaných Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ). Vzhledem ke skutečnosti, že povodně představují závažné přírodní riziko s vážnými dopady na lidské životy, majetek a přírodní prostředí, je žádoucí do budoucna tato rizika minimalizovat, mimo jiné prostřednictvím dalšího rozvoje a zpřesňováním předpovědních nástrojů.

Na regionálním předpovědním pracovišti ČHMÚ v Ostravě a Brně je pro predikci průtoků využíván srážkoodtokový model HYDROG [1], který umožňuje výpočet simulace, predikce a operativního řízení odtoku vody z povodí s nádržemi zejména za povodňových situací. Model umožňuje zahrnout údolní nádrže i boční poldy, a simulovat tak chování a transformaci povodňové vlny. Inundační území, která představují objem vody zadržený krajinou, se chovají podobně jako retenční nádrže a jsou pak v modelu HYDROG reprezentována prostřednictvím bočních poldrů s určitými pravidly plnění a prázdnění.

Vyhodnocení povodně v září 2024 [2] ukázalo, že je vhodné provést kontrolu těchto oblastí v modelu a doplnit schematizaci vybraných povodí o příslušná inundační území. Cílem těchto úprav je zvýšení přesnosti predikce průběhu povodňových vln.

Předkládaný poster se zaměřuje na problematiku vlivu inundačních území na průběh povodňových událostí v kontextu srážkoodtokového modelu HYDROG. Jsou zde uvedeny hlavní oblasti, kde rozlivy významně ovlivňují kulminaci a tvar povodňové vlny, dále je popsána metodika, shrnuty zkušenosti z operativního provozu modelu a uvedeny hlavní dosažené výsledky. Právě praktické zkušenosti, a to konkrétně povodňová událost na soutoku Moravy a Bečvy (oblast Troubek) v září 2024, potvrdily oprávněnost těchto úprav. Díky možnosti operativní úpravy parametrů inundačních území v průběhu povodně, bylo možné optimalizovat predikci průtoků, což podpořilo rozhodování povodňových orgánů. Analýzou průtokových řad z let 2004–2024 se zjistilo, že k významnému ovlivnění průtoků v povodí horní Moravy dochází nad soutokem Moravy s Moravskou Sázavou a také, že oblast Litovelského Pomoraví může za určitých okolností paradoxně zhoršit povodňovou situaci v Olomouci. Celkový objem inundace v dané lokalitě přitom není konstantní, ale mění se v závislosti na předchozím nasycení území, provádění operativních protipovodňových opatřeních v terénu i protržení hrází či ucpání odtokových kanálů. Tyto, stejně jako další zjištěné skutečnosti, jsou prezentovány ve výsledkové části posteru.

Do budoucna lze očekávat, že doplnění inundačních oblastí do povodí Opavy a horní Moravy přispěje ke zkvalitnění výpočtů povodňových průtoků a podkladů pro krizové řízení a rozhodování.

[1] Starý, M. (1991-2024). HYDROG: Software for operational simulation, prediction, and control of outflow from a river basin with reservoirs. [online] www.hydrog.cz.

[2] ČHMÚ (2025): Vyhodnocení povodně v září 2024, závěrečná zpráva. [on-line] <https://info.chmi.cz/povodne/zprava2024.pdf>.

Klíčové slová: srážkoodtokový model – HYDROG – inundační území – povodně

PodĎakovanie

Tento příspěvek vznikl v rámci institucionální podpory Dlouhodobé koncepce rozvoje výzkumné organizace na období 2023–2027.

Soil moisture analysis in Slovakia during storm Boris in September 2024 using H-SAF H26 product and in situ observations

Peter Kaňák¹, Ľuboslav Okon¹, Ján Kaňák¹, Marián Jurašek¹, Kateřina Hrušková¹, Marcel Zvolenský¹, Kristína Szabóová¹

¹ Slovenský hydrometeorologický inštitút

peter.kanak@shmu.sk

jan.kanak@shmu.sk

This study investigates the temporal and spatial variability of soil moisture across Slovakia during September 2024, focusing on the impact of storm Boris, using the newest EUMETSAT H-SAF H26 soil moisture product and in situ measurements from automated weather stations (AWS). The H26 product assimilates ASCAT-B/C satellite-derived surface soil moisture into the H-TESSSEL land surface model. This assimilation propagates the surface signal through the soil column to derive a four-layer root-zone soil wetness index at 10 km resolution, expressed on a 0–1 scale. The model accounts for three key factors: soil texture (e.g., clay, sand, and loam), land cover and vegetation, and meteorological conditions (precipitation, temperature, radiation, etc.). This analysis captures a sharp transition from dry conditions dominating early September to widespread saturation of soil moisture levels in Slovakia following storm Boris around 9 September. Comparative analysis with AWS measurements (10 and 20 cm depths) indicates systematic overestimation of soil moisture by H26 during dry conditions and closer agreement during wet periods. The surface layer (0–7 cm) of the H26 product showed the best correlation with in situ data under wet conditions, while still overestimating in dry scenarios. Time series analyses for the Kysuca, Hron, and Nitra catchments further demonstrate the regional hydrological response. These findings confirm the utility of the H26 product for high-resolution, near-real-time monitoring of soil moisture (timeliness of 12 hours), and highlight its potential for operational hydrology—particularly under wet conditions—while also pointing to the need for adjustments or bias corrections in drier regimes.

Keywords: satellite, soil moisture, storm Boris, HSAF

Acknowledgment

This research was supported by the EUMETSAT Satellite Application Facility on Support to Operational Hydrology and Water Management (H-SAF), implemented at the Slovak Hydrometeorological Institute (SHMÚ). The H-SAF programme is funded by EUMETSAT and contributes to the development and validation of satellite-based hydrological products for operational applications.

Fenologické zhodnotenie roka 2025

Ivana Krčová¹, Jozef Rozkošný¹, Zora Snopková¹, Gabriela Ivaňáková¹, Katarína Mikulová¹,
Kristína Szabóová¹, Juraj Holec¹, Peter Kajaba¹, Pavol Faško¹

¹ Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 831 01, Bratislava; jozef.rozkosny@shmu.sk

Pri fenologickom zhodnotení roka 2025 sme vychádzali z fenologického monitoringu SHMÚ. V rámci roka 2025 sme vybrali nástup fenologickej fázy začiatku kvitnutia liesky obyčajnej, jelše lepkavej (začiatok alergickej sezóny), začiatok a koniec kvitnutia ovocných druhov drevín (marhuľa obyčajná, čerešňa vtáčia), plnú zrelosť a zber jačmeňa siateho (forma jarná), stupne úrody ovocných drevín (marhuľa obyčajná, jablone a hrušky, orech kráľovský), všeobecné žltnutie listov na lesných drevinách (buk lesný). Ďalej sme sa zaoberali teplotou pôdy a premrzaním pôdy.

Fenologická sezóna začala už v závere januára a to začiatkom kvitnutia alergénov ako lieska obyčajná a začiatkom februára začala kvitnúť aj jelša lepkavá. Kvitnutie týchto alergénov nastalo skôr v porovnaní s fenologickým normálom 1991-2020 v priemere o 1 až 3 týždne. Kvitnutie ovocných druhov drevín nastalo skôr v priemere o 1 až 2 týždne skôr v porovnaní s fenologickým normálom 1991-2020. Kvitnutie ovocných druhov drevín bolo poznačené dvoma dekadami s výskytom mrazov a to v 1. dekáde apríla a 2. dekáde mája. Z pohľadu pôdných podmienok mala chladná časť sezóny výrazný sezónny priebeh premrzenia pôdy: v zime sa prehĺbilo a vrcholilo vo februári, pričom v apríli nastal rýchly ústup na zanedbateľné hodnoty. Takmer 60 % fenologických pozorovateľov hlásilo neúrodu na marhuliach a orechoch kráľovských, na jabloniach a hruškách zaznamenalo takmer 60 % pozorovateľov slabú až priemernú úrodu. Úrody ovocných drevín boli negatívne ovplyvnené aj výrazným suchom (v závere júna sa silné až extrémne pôdne sucha vyskytovalo na takmer 90 % územia), ktoré bolo sprevádzané aj nadnormálnou teplotou pôdy, najmä v júni (+3,0 °C v 5 cm a +2,3 °C v 20 cm oproti normálu 1991–2020). Sucho vyskytujúce sa počas júna urýchlilo dozrievanie obilnín a preto žatva obilnín nastala skôr. V 2. dekáde júla bola žatva pozastavená z dôvodu plošných atmosférických zrážok, čo spôsobilo zhoršenie kvality zberaného obilia. Jesenné fenologické fázy lesných drevín vplyvom výskytu mrazov v 1. dekáde októbra nastali v rámci fenologického normálu 1991-2020. Na jeseň (október) bolo premrzenie väčšinou nulové. V decembri už výraznejšie a menej „epizodické“ než v novembri

Kľúčové slová: fenológia, fenologické fázy, alergény, ovocné dreviny, poľnohospodárske plodiny, premrzenie pôdy, teplota pôdy

Simulation of Slovakia's precipitation and temperature by ERA-Interim driven EURO-CORDEX regional climate models

Nikola Kristeková

Comenius University Bratislava, nikola.kristekova@fmph.uniba.sk

Information about future climate at regional spatial scales is necessary for climate change adaptation. Numerical global climate models simulate future climate projections under forcing from emission scenarios. Regional climate models downscale lower resolution global climate model output to higher resolutions, which are of interest for regional applications. To assess regional climate models' ability to simulate future climate, they should first be evaluated on how well they represent observations of historical climate. To evaluate regional models' performance separately from the influence of the driving global models, the comparison with observations can be done with regional models driven by a reanalysis instead of a global model. This work compares historical simulations from 8 ERA-Interim reanalysis driven EURO-CORDEX regional models to gridded observations CARPATCLIM over Slovakia, in order to evaluate their ability to represent daily precipitation totals, daily temperature averages, daily temperature maxima and daily temperature minima. Described are both individual and shared model biases, in terms of marginal aspects (means, quantiles, extremes), spatial distribution (area averages, averaged spatial fields, elevation dependence) and temporal distribution (annual cycles, transition probabilities of days with precipitation, hottest and coldest days). The results of the comparison show that all 8 evaluated regional climate models show bias in respect to observations, with no model performing generally better than other models. Shared model biases include smaller precipitation annual cycle amplitude, larger temperature annual cycle amplitudes, higher precipitation maxima, higher warm extremes and lower cold extremes of daily temperature averages, higher maxima and lower means of daily temperature maxima, different spatial patterns of minima of daily temperature averages and minima, and more temporally clustered coldest days. The models generally show highest bias for temperature maxima and minima, and for precipitation maxima, summer and winter sums. Model REMO2015 shows precipitation fields nearly uncorrelated with elevation, in contrast to observations and all other models.

Keywords: regional climate model, EURO-CORDEX, model evaluation

Acknowledgment

The author would like to express gratitude to the EURO-CORDEX initiative, the Copernicus Programme and Slovak hydrometeorological institute for providing data for the analysis.

Persistence of hydrometeorological droughts in Slovakia: A multi-season discharge anomalies analysis using Markov Chains

Igor Leščešen^{1*}, Zbynek Bajtek¹, Pavla Pekárová¹, Qiuwen Zhou²

¹ Institute of Hydrology SAS, Dúbravská cesta 9, 841 04 Bratislava, Slovak Republic.

² School of Geography and Environmental Sciences, Guizhou Normal University, China

*corresponding author: lescesen@uh.savba.sk

This study focuses on Slovakia, situated in Central Europe and predominantly draining to the Danube River system. Seventeen gauging stations with long, near-natural discharge records (mostly 1928–2023) were selected across major Slovak river basins, spanning high-elevation Carpathian headwaters to lowland reaches of the Váh, Hron, Nitra, Ipel' and Morava. The stations cover strong gradients in altitude, basin area, forest cover and climatic continentality. The objective is to quantify the persistence of multi-season hydrometeorological droughts using half-year precipitation and river flow anomalies relative to the 1961–1990 baseline. Daily discharge data from the Slovak Hydrometeorological Institute were aggregated into winter (October–March) and summer (April–September) seasons. Dry and wet seasons were defined by negative or non-negative anomalies. For each station, conditional dry-to-dry (Pdd) and wet-to-wet (Pww) transition probabilities were estimated and used to calibrate two-state, first-order Markov chains. These models generated long synthetic sequences to compare observed and simulated spell-length distributions, to derive 100-year maximum dry and wet spells, and to estimate the probability of exceeding specified multi-year drought thresholds within 5- and 10-year horizons. Results show marked spatial contrasts in drought persistence across Slovakia. High-elevation, small, forested catchments display large seasonal variability but relatively low persistence, whereas lowland and larger basins in southern and western Slovakia exhibit higher Pdd than Pww and have already experienced prolonged dry spells of 13–19 seasons. First-order Markov chains reproduce observed spell-length distributions for most stations, indicating that seasonal drought persistence is well approximated by a geometric process. Simulations suggest that 100-year meteorological droughts typically last 3–4 years in alpine basins but may reach up to a decade in some lowland rivers, with a substantial probability of 3–5-year droughts occurring within the next 10 years. Observed maximum wet spells at several sites exceed modelled 100-year events, pointing to asymmetry between wet and dry persistence. These findings provide the first systematic, probabilistic assessment of multi-season drought duration in Slovakia and have direct relevance for reservoir operation, groundwater abstraction, and ecological flow protection under ongoing climatic warming.

Keywords: Hydrometeorological drought, Slovakia, Markov chain, Multi-season drought persistence, River flow anomalies.

Acknowledgment

This research was supported by the “Streamflow Drought Through Time” project funded by the EU NextGenerationEU through the Recovery and Resilience Plan of the Slovak Republic within the framework of project no. 09I03-03-V04-00186.

Rekonstrukce časových řad výšky sněhové pokrývky

Pavel Lipina¹, Alena Kamínková², Jarmila Šustková³

^{1,2,3} Český hydrometeorologický ústav, K Myslivně 3/2182, 708 00, Ostrava-Poruba, pavel.lipina@chmi.cz

Jedním z dílčích cílů institucionální podpory Dlouhodobé koncepce rozvoje výzkumné organizace (DKRVO) Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) na období 2023–2027 je rozvoj metod monitoringu sněhové pokrývky a hodnocení sněhoměrných charakteristik, včetně řešení problematiky homogenizace historických dat.

Od roku 2010 dochází k postupnému zahušťování sítě měření sněhových charakteristik, zejména prostřednictvím automatických stanic v horských oblastech, což výrazně zvyšuje reprezentativnost dat a jejich dalšího zpracování, například při prostorové interpolaci výšky sněhu. Tento vývoj však zároveň komplikuje porovnání dat, zvláště u interpolovaných map výšek sněhové pokrývky před a po roce 2010 a zvyšuje potřebu rekonstrukce časových řad a otevírá otázku homogenizace sněhoměrných údajů.

Homogenizace dat v ČHMÚ je detailně popsána např. v [1]. Tato publikace se ale nezabývá homogenizací dat sněhoměrných. Problematika homogenizace sněhoměrných dat se ukázala jako složitá nejen v rámci České republiky, ale potýkají se s ní také ve světě. Stručný nástin možných problémů a ukázka výzkumů byla provedena v rámci konference Stretnutie sneharov, ze které je dostupný Sborník prezentací [2]. Na základě dosažených poznatků v rámci DKRVO bylo rozhodnuto se nejprve věnovat možnostem doplnění chybějících hodnot výšky sněhu a vytvořit metodiku pro tyto výpočty.

Jednou z možností bylo využití programu Missing Values, pracujícího nad klimatologickou databází CLIDATA [3]. Tato aplikace umožňuje výpočet chybějících hodnot sledovaného prvku na základě prostorových vztahů k okolním stanicím, zejména vzdálenosti a nadmořské výšky.

Poster představuje navržený metodický postup, předběžné výsledky výpočtů a naznačuje možnosti dalšího výzkumu. Metodika je demonstrována na příkladu dvou automatických stanic, Klepáčov a Benešky, kde jsou porovnány vypočtené hodnoty výšky sněhové pokrývky s hodnotami reálně naměřenými.

[1] Petr ŠTĚPÁNEK, Pavel ZAHRADNÍČEK, Rudolf BRÁZDIL a Radim TOLASZ. Metodologie kontroly a homogenizace časových řad v klimatologii. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2011, 118 s. ISBN978-80-86690-97-1.

[2] Kamínková A. (2025) Otázka homogenizace dat. XXVIII. Stretnutie sneharov, Zborník prezentácií. [online] <http://147.213.100.3:81/uh/sneh/Snehari2025.pdf>.

[3] CLIDATA (2026) Professional Climatological Database. [online] www.clidata.cz.

Klíčové slová: výška sněhu – Missing Values – chybějící hodnoty

PodĎakovanie

Tento příspěvek vznikl v rámci institucionální podpory Dlouhodobé koncepce rozvoje výzkumné organizace na období 2023–2027.

Vplyv znečistenia rieky Slaná na kvalitu podzemnej vody

Andrea Ľuptáková, Anna Molnárová, Jaroslava Urbancová

Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava, anna.molnarova@shmu.sk

Vo februári 2022 došlo k zatopeniu sideritovej bane v Nižnej Slanej, následkom čoho začala do rieky Slaná pritekať banská voda s anomálne vysokým obsahom železa, mangánu, arzénu, niklu a síranov. Z nej sa vyzrážal železitý oker s vysokým obsahom arzénu, ktorý spôsobil intenzívny zákal vody a zhoršenie ekologického stavu vody rieky Slaná. V súvislosti s týmto znečistením bol následne v júli 2022 vyhlásený mimoriadny stav a bol zriadený medzirezortný krízový štáb zameraný na riešenie vplyvu kontaminácie na životné prostredie.

Skúmaným územím dopadu kontaminácie bola oblasť v úseku od Nižnej Slanej po štátnu hranicu s Maďarskom. Pre reprezentatívne posúdenie vplyvu havárie na rieke Slaná na kvalitu podzemnej vody boli hodnotené výsledky monitorovania kvality v 9 monitorovacích objektoch Štátnej hydrologickej siete situovaných priamo v aluviálnych náplavoch rieky Slaná. Hodnotenie bolo vykonané pre 24 základných fyzikálno-chemických ukazovateľov a stopových prvkov.

Pri hodnotení sme vychádzali z dlhodobých výsledkov monitorovania kvality podzemnej vody od roku 2000, pričom po vyhlásení mimoriadneho stavu bolo v rokoch 2022 a 2023 vykonané mimoriadne monitorovanie nad rámec schváleného Rámcového programu monitorovania.

V hodnotenom období 2000 – 2024 boli najčastejšie zaznamenané nadlimitné koncentrácie mangánu. Počas celého sledovaného obdobia dochádzalo k prekročeniu limitnej hodnoty mangánu v lokalitách Betliar a Čoltovo. Maximálna hodnota 6,47 mg/l bola stanovená 8.12.2022 v objekte Betliar (limitná hodnota je 0,05 mg/l).

Spolu so zvýšenou koncentráciou mangánu sa často vyskytovali aj zvýšené koncentrácie železa. Nadlimitné hodnoty počas takmer celého sledovaného obdobia boli namerané tiež v lokalitách Betliar a Čoltovo. Maximálna hodnota 9,32 mg/l bola nameraná v Betliari 16.10.2018 (limitná hodnota je 0,2 mg/l).

Koncentrácia síranov prekračovala limitnú hodnotu (250 mg/l) v lokalitách Čoltovo, Včelince a Lenartovce len v minulosti, naposledy bolo prekročenie limitnej hodnoty síranov zaznamenané v roku 2015. Odvtedy boli všetky namerané hodnoty nižšie ako limitná hodnota, ani po havárii v roku 2022 nedošlo v podzemnej vode k nadlimitnému výskytu síranov v žiadnom zo sledovaných objektov.

Zo stopových prvkov boli počas celého sledovaného obdobia namerané nadlimitné koncentrácie arzénu v objekte Betliar v rozmedzí od 11 µg/l do 64,4 µg/l (limitná hodnota As je 10,0 µg/l) s maximom nameraným v roku 2021.

V objektoch Betliar a Čoltovo, kde bolo zaznamenané prekročenie limitných hodnôt železa, mangánu a arzénu nachádzajúcich sa vo vytekajúcej odpadovej vode, sú tieto ukazovatele vo vysokých koncentráciách prítomné už dlhodobo a teda aj pred haváriou. Ide o objekty nachádzajúce sa na hornom a strednom toku Slanej. K zvýšeniu koncentrácií železa, mangánu a arzénu v období po havárii došlo v objekte Lenartovce, ktorý je situovaný na dolnom toku Slanej. Z vyhodnotených výsledkov z monitorovania v rokoch 2023 a 2024 je možné poukázať na vplyv znečistenia spôsobeného haváriou, ktorý sa prejavil až na dolnom toku rieky Slaná v objekte Lenartovce, nachádzajúcom sa cca 47 km juhovýchodne od miesta havárie, kde dovtedy nedochádzalo k výskytu nadlimitných koncentrácií sledovaných ukazovateľov.

Kľúčové slová: rieka Slaná, kvalita podzemnej vody, železo, mangán, arzén

Meteorologické príčiny vzniku povodní na Podunajskej nížine v roku 1876

Marián Melo¹, Filip Czuczor², Pavla Pekárová³, Katarína Melová⁴, Adam Rusinko², Martin Gera¹

¹ Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Univerzita Komenského v Bratislave, Mlynská dolina, 842 48 Bratislava, Slovensko, e-mail: Marian.Melo@fmph.uniba.sk

² Katedra fyzickej geografie a geoinformatiky, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave, Mlynská dolina, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava 4, Slovensko

³ Ústav hydrológie SAV, v. v. i., Dúbravská cesta 9, 841 04 Bratislava, Slovensko

⁴ Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava, Slovensko

Pri štúdiu archívnych dokumentov ohľadom historických povodní na riekach v povodí Nitry sme v dobovej tlači (Érsekujvár és Vidéke zo dňa 16.7.1933) objavili zmienku o existencii pamätnej tabule na povodeň z roku 1876, ktorá postihla Nové Zámky. Naším cieľom bolo zistiť lokalitu (objekt a miesto polohy), ku ktorej sa táto povodňová značka vzťahovala a tiež zistiť bližšie informácie o tejto povodni, ako je čas výskytu, jej priestorové rozloženie, celkový priebeh, príčina vzniku, spôsobené škody, ... a na základe takto získaných poznatkov stanoviť veľkosť intenzity tejto povodne na trojškálovej stupnici. Vzhľadom na absenciu hydrologických meraní na rieke Nitra v roku 1876 sme vychádzali pri štúdiu z dokumentárnych údajov (najmä dobovej tlače) a všímali sme si situáciu nielen v okolí Nových Zámkov na rieke Nitra, ale aj na ostatných riekach Podunajskej nížiny na Slovensku. V tomto období už prebiehali meteorologické merania na niektorých staniaciach na Podunajskej nížine a v jej okolí (Hurbanovo, Bratislava, Sopron, Budapešť). Na ich základe prinášame tak aj meteorologické (resp. klimatologické) zhodnotenie povodne 1876 v tejto oblasti.

Zistili sme, že pamätná tabuľa patrila k bývalému Arcibiskupskému mlynu, umiestnenom na vtedajšom okraji mesta. V súčasnosti sa nachádza v depozite Múzea Jána Thaina v Nových Zámkoch. Na základe klimatologického zhodnotenia a analýz historických dokumentov sme zistili, že táto povodeň sa vyskytla s najväčšou pravdepodobnosťou na konci februára 1876 (medzi 21.-27.2.). Bola súčasťou viacerých povodní, ktoré v tej dobe zasiahli Podunajskú nížinu na Slovensku (v termíne od 21. februára do začiatku marca 1876), dokonca povodne vtedy zasiahli i značnú časť strednej Európy. Dôvodom týchto povodní bolo oteplenie po tuhej zime a topenie sa snehovej pokrývky, ktoré nastalo v druhej polovici februára. V riekach plávali aj ľadové kryhy, ktoré v prípade vzniku ľadových zátaras na toku taktiež spôsobovali povodne (Dunaj). Na viacerých miestach sa k tomu pridal aj dážď. Podľa dobovej tlače povodne na teritóriu Podunajskej nížiny spôsobili veľké škody. Boli zaliate desiatky obcí a miest (ich výskyt sa koncentruje najmä na západnú časť Podunajskej nížiny, na ktoré sa orientovali aj naše najdôležitejšie zdroje informácií o povodni 1876). Zničených bolo množstvo domov, viaceré mlyny, dva veľké mosty (na Váhu v Komárne a v Hlohovci), viaceré hrádze boli pretrhnuté alebo poškodené, na mnohých miestach boli zaplavené cesty. Niektoré obce boli dokonca na pár dní odrezané od okolitého sveta a dalo sa do nich dostať iba na lodi. K celkovému priebehu tejto povodne na samotnej rieke Nitra sa nám nepodarilo nájsť bližšie informácie. Viac sa dobová tlač venovala povodňovým vlnám na Dunaji, kde cez niektoré lokality prešli minimálne tri takéto vlny v pomerne krátkom čase. Vzhľadom na získané vedomosti, tieto povodne na riekach Podunajskej nížiny (vrátane rieky Nitra v Nových Zámkoch) vyhodnocujeme najvyšším 3. stupňom intenzity.

Kľúčové slová: teplota vzduchu, atmosférické zrážky, povodne, dokumentárne údaje, Podunajská nížina

Podakovanie

Tento príspevok vznikol s podporou projektu APVV-20-0374 DETEKTIVES a tiež s podporou projektu agentúry VEGA grant č. 1/0245/2023.

Projekt Danube-ADAPT

Katarína Mikulová¹, Kristína Szabóová¹

¹ Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava, katarina.mikulova@shmu.sk

Zmena klímy predstavuje komplexný systémový problém, ktorého prejavy sa v podunajskom regióne zosilňujú v dôsledku regionálnych klimatických, orografických a hydrologických špecifik. Medzi najvýznamnejšie pozorované a projektované dopady patria rast priemernej teploty vzduchu, zmena zrážkového režimu, častejší výskyt extrémnych teplotných a zrážkových udalostí, ako aj zvýšená frekvencia období sucha a povodní. Spoľahlivá identifikácia týchto trendov a ich dopadov si vyžaduje vysokokvalitné, homogenizované a priestorovo porovnateľné klimatické dáta, ktoré sú základom pre kvantitatívne hodnotenie rizík a adaptačného potenciálu.

Projekt Danube-ADAPT (Enhancing Climate Data Cooperation for Evidence-based Adaptation Policy Making in the Danube Region), realizovaný v rámci programu Interreg Danube Region Programme 2021–2027, reaguje na túto výzvu posilnením vedeckej spolupráce medzi meteorologickými a klimatologickými inštitúciami v podunajskom regióne. Konzorcium projektu tvorí 16 partnerov z 8 krajín vrátane národných hydrometeorologických služieb, výskumných ústavov a akademických pracovísk. Slovenský hydrometeorologický ústav (SHMÚ) sa na projekte podieľa najmä v oblasti spracovania klimatologických dát, analýzy extrémov a interpretácie klimatických projekcií.

Hlavným cieľom projektu je zvýšiť interoperabilitu klimatických dát a metód ich spracovania tak, aby bolo možné realizovať porovnateľné analýzy klimatickej variability, trendov a zraniteľnosti naprieč celým podunajským regiónom. Projekt sa zameriava na integráciu dlhodobých časových radov meteorologických pozorovaní s výstupmi regionálnych klimatických modelov, čím vytvára jednotný dátový základ pre hodnotenie budúcich klimatických scenárov. Významným metodickým prínosom je vývoj spoločného rámca hodnotenia klimatickej zraniteľnosti, založeného na kombinácii klimatických indikátorov, expozičných faktorov a citlivosti systémov.

Výstupy projektu budú sprístupnené prostredníctvom Danube-ADAPT Platform, ktorá umožní vedeckej komunite aj tvorcom politík prístup k štandardizovaným dátam, analytickým nástrojom a vizualizáciám. Projekt Danube-ADAPT tak prispieva k posilneniu vedeckého základu adaptácie na zmenu klímy a podporuje systematické využívanie klimatických poznatkov v regionálnom rozhodovaní.

Kľúčové slová: zmena klímy; regionálne klimatické projekcie; hodnotenie klimatickej zraniteľnosti; adaptácia na zmenu klímy; podunajský región

PodĎakovanie

Tento príspevok bol podporený v rámci projektu Danube-ADAPT (Project ID: DRP0301445) realizovaného v rámci programu Interreg Danube Region Programme 2021–2027, spolufinancovaného Európskou úniou z Európskeho fondu regionálneho rozvoja (ERDF).

Nowcasting slnečného žiarenia s využitím kamerových systémov a metód strojového učenia

Michal Neštiak¹, Juraj Kačur², André Simon¹, Peter Kaňák¹, Marián Šebeňa²

¹ Slovenský hydrometeorologický ústav, Michal.Nestiak@shmu.sk

² Fakulta elektrotechniky a informatiky, Slovenská technická univerzita v Bratislave

Nowcasting a veľmi krátkodobé predpovede slnečného žiarenia sú veľmi dôležité pre efektívne využitie fotovoltických elektrární. Doterajšie predpovedné metódy oblačnosti a žiarenia na SHMÚ boli založené na fyzikálnych numerických modeloch ALADIN/SHMÚ a družicových dátach MSG (NWC SAF). Novšie systémy, ako napr. cyklus zrýchlenej aktualizácie dát RUC síce operujú vo vysokom priestorovom rozlíšení (1 km) a asimilujú najčerstvejšie pozorovania ale už aj v nowcastingovom období môžu lokálne produkovať veľké odchýlky od skutočnosti, najmä pri intenzívnom vývoji kopovitej oblačnosti v letnom období. Cieľom prebiehajúceho výskumu organizovaného vo vzájomnej spolupráci Slovenského hydrometeorologického ústavu a Fakulty elektrotechniky a informatiky STU je vyvinúť presnejší a výpočtovo nenáročný predpovedný systém zameraný na malých užívateľov. Systém bude predpovedať zmeny globálneho žiarenia v danej lokalite na niekoľko desiatok minút dopredu, predovšetkým na základe sekvencie snímok z All Sky kamery (záber 360 stupňov oblohy). Tieto by mali v bode pozorovania poskytnúť veľmi presnú informáciu o pokrytí oblohy (časové rozlíšenie snímania 10-15 sekúnd). Rozpoznávanie oblačnosti a jej časových a priestorových zmien je založené na metódach strojového učenia, predovšetkým neurónových sieti (keras- tensorflow, pytorche). Zároveň sa skúmajú možnosti rozšírenia predpovedného obdobia a upresnenia predpovede s využitím komplementárnych dát z numerických modelov a systémov RUC, staničných pozorovaní a dát z družice MTG. S využitím týchto dát bude možné zachytiť vývoj a smer postupu oblačnosti aj mimo dosah snímania kamery. Výsledný systém je vyvíjaný tak, aby bol čo najviac sebestačný. All Sky kamera a lokálne meteorologické senzory sú napojené na počítač Raspberry Pi 4, na ktorom bude prebiehať zber dát, ako aj výpočet modelov strojového učenia. Kalibrácia kamery, tréning dát (min. 1-2 roky), úprava a preprocessing komplementárnych staničných, modelových a družicových dát a iné, výpočtovo náročnejšie operácie budú využívať výpočtové kapacity SHMÚ a FEI STU. Aktuálny vývoj je zameraný na vylepšenie snímokovania a kalibrácie kamery na základe matematických modelov a kľúčových optických vlastností (matice vnútorných parametrov a vektora skreslenia), šachovnicových markerov a pod. Kalibrácia je dôležitá aj kvôli posúdeniu vplyvu ochrannej kopuly na kvalitu snímokovania. Pracuje sa na optimalizácii umiestnenia kamery, implementácii pridružených senzorov teploty a vlhkosti vzduchu, ako aj na metódach odhadu výšky spodnej základne oblačnosti. Zároveň sa upresňujú konceptuálne modely vývoja oblačnosti (najmä s ohľadom na prenikavú konvekciu, čiary konvergencie, orografiu a pod.) a výber komplementárnych meteorologických parametrov (globálne žiarenie, teplota, tlak vzduchu, vietor, relatívna vlhkosť, teplotné a vlhkosťné zvrstvenie atmosféry). Očakávame, že testovanie rôznych typov dát a metódy štatistickej analýzy prinesú nové poznatky o relevantnosti jednotlivých meteorologických parametrov a metód strojového učenia pre predpoveď globálneho žiarenia.

Kľúčové slová: Globálne žiarenie, metódy strojového učenia, All Sky kamera, nowcasting, staničné pozorovania, družica MTG

PodĎakovanie

Autori deklarujú, že výskum je podporený projektom Agentúry na podporu výskumu a vývoja, APVV-24-0392, Krátkodobá predikcia solárneho žiarenia z pozorovania oblohy a meteorologických dát.

Added Value of Convection-Permitting Reanalysis for IDF Estimation in Urban Areas

Milan Onderka^{1,2}, Roman Výleta¹, Silvia Kohnová¹

¹Department of Land and Water Resources Management, Faculty of Civil Engineering, Slovak University of Technology in Bratislava, Radlinského 11, 810 05 Bratislava, Slovakia

²Regional Climatological Institute, Plavecký Štvrtok 794, SK-900 68, Slovakia
(Milan Onderka, m.underka@regioclim.eu, milan.underka@stuba.sk)

Short-duration rainfall extremes that are most relevant for urban hydrology are primarily generated by convective processes. These events are typically inadequately captured by coarse-resolution re-analyses and climate model simulations that rely on parameterized convection. In Europe, intense precipitation associated with organized convective systems represents a major contribution to hydrological extremes, yet its representation in traditional modeling frameworks remains limited due to the multiscale nature of deep convection and its strong coupling with microphysical, boundary-layer, and large-scale atmospheric processes. In contrast, numerical weather prediction and regional climate models can operate at kilometer-scale grid spacing, allowing deep moist convection to be represented explicitly rather than through parameterization. Such convection-permitting models (CPMs) offer a substantial improvement in simulating convective rainfall intensity, structure, and spatial variability.

In this study, the COSMO-REA2 dataset is used to derive Intensity–Duration–Frequency (IDF) relationships for temporal aggregations of 1 to 120 hours. The COSMO-REA2 convection-permitting regional reanalysis was developed by the Hans-Ertel Centre for Weather Research in cooperation with the German Weather Service framework. It is based on the COSMO numerical weather prediction model. Extreme precipitation statistics were extracted from rainfall fields and used to construct IDF curves for selected return periods. Conventional estimates of IDF relationships from rain-gauge networks were used to compare the differences between local estimates and estimates from COSMO-REA2 for several major metropolitan areas in Europe. The high spatial resolution of the reanalysis enables a detailed depiction of rainfall variability within urban areas and their surrounding regions, which is essential for metropolitan-scale hydrological analyses.

Our results highlight the clear added value of convection-permitting reanalysis for the estimation of design rainfall, particularly at short durations dominated by convective extremes. The proposed framework delivers spatially coherent and physically realistic IDF estimates, providing a robust foundation for urban hydrological modeling, stormwater infrastructure design, and climate adaptation strategies for Central European cities.

Keywords: convection, COSMO-REA2, rainfall, urban hydrology, IDF curves, spatial patterns

Acknowledgment

This work was supported by the Slovak Research and Development Agency, under the contract No. APVV-23-0332; VV-MVP-24-0208, and the VEGA grant agency under contract No. VEGA 1/0657/25.

Prízemný ozón na vybraných plochách ČMS Lesy

Hana Pavlendová¹, Zuzana Sitková¹, Pavel Pavlenda¹, Zora Snopková²

¹ Národné lesnícke centrum, T. G. Masaryka 22, 960 01 Zvolen, hana.pavlendova@nlcsk.org

² Slovenský hydrometeorologický ústav, Zelená 5, 974 04 Banská Bystrica

Prízemný ozón je v súčasnosti považovaný za jeden z najškodlivejších plynných polutantov pre lesné ekosystémy na celej severnej pologuli. Monitoring ozónu a jeho vplyvov na lesné dreviny je súčasťou európskeho monitorovacieho programu lesov ICP Forests.

Na Slovensku sa koncentrácie prízemného ozónu merajú na troch z ôsmich plôch II. úrovne Čiastkového monitorovacieho systému Lesy (ČMS Lesy), na plochách s rôznou nadmorskou výškou a rôznym drevinovým zložením. Najnižšie sa nachádza trvalá monitorovacia plocha (TMP) 211 Žibritov, s nadmorskou výškou 520 m n. m., s prevažne dubovým zložením, s malou prímесou buka. TMP 213 Turová II má nadmorskú výšku 640 m n. m. a čisto bukové zloženie. TMP 204 Poľana – Hukavský grúň má nadmorskú výšku 850 m n. m. a zmes jedľa – buk – smrek s prímесou javora, jaseňa a bresta. Na Žibritove a Turovej sa koncentrácie prízemného ozónu merajú prenosnými analyzátormi typu 2BTech na príľahlej lúke v 2 m nad úrovňou terénu, sú napojené na batériu a solárny panel, merajú iba počas vegetačnej sezóny. Na Poľane, kde je elektrická energia, je analyzátor umiestnený priamo v poraste na meteorologickej veži výške 37 m nad úrovňou terénu a meria celoročne. Meteorologické parametre potrebné na výpočet fytotoxických ozónových dávok sú merané na príľahlých lúkach.

Priemerné koncentrácie ozónu počas vegetačnej sezóny v posledných nevykazovali rokoch žiadny významný trend. Na Žibritove sa pohybovali od 34,4 do 44,8 ppb, na Turovej od 33,6 do 50,7 ppb a na Poľane od 41,2 po 56,8 ppb. Najvyššie koncentrácie ozónu sa jednoznačne vyskytovali v roku 2021, kedy bolo aj teplé a suché leto. AOT40 (akumulovaná ozónová expozícia nad 40 ppb) odráža koncentrácie ozónu, správa sa podobne ako prízemný ozón, tak i tu boli najvyššie expozície v roku 2021. Na Žibritove sa pohybovali od 9,8 do 30,2 ppm.h, na Turovej od 9,7 do 35,9 ppm.h a na Poľane od 15,1 do 45,7 ppm.h. Kritická úroveň pre lesné dreviny je stanovená na 5 ppm.h.

Fytotoxická ozónová dávka (POD_Y) závisí nielen od samotných koncentrácií ozónu ale aj od ostatných parametrov prostredia, ako sú priebeh počasia, vlastností pôdy, fenológia a pod. Pre lesné dreviny sa najčastejšie ako prahová hodnota používa $1 \text{ nmol.m}^{-2}\text{PLA.s}^{-1}$ (POD_1). Kritická úroveň je stanová na $5,2 \text{ mmol.m}^{-2}\text{PLA}$ pre buk a $9,2 \text{ mmol.m}^{-2}\text{PLA}$ pre smrek. Hodnoty POD_1 sme počítali pre dreviny dub, buk a smrek. Dub sa vyskytuje iba na Žibritove a hodnoty POD_1 tam dosahovali od 15,0 do 30,6 $\text{mmol.m}^{-2}\text{PLA}$. Buk sa vyskytuje na všetkých plochách s meraním koncentrácií ozónu, POD_1 dosahovali hodnoty od 12,7 do 25,7 $\text{mmol.m}^{-2}\text{PLA}$. Smrek sa vyskytuje zase iba Poľane, tam dosiahli POD_1 hodnoty od 17,7 do 31,9 $\text{mmol.m}^{-2}\text{PLA}$.

Ozón presahuje všetky kritické úrovne a imisné limity stanovené pre ochranu lesných drevín. Prejavuje sa to zníženým prírastkom a u buka aj viditeľným poškodením ozónom.

Kľúčové slová: prízemný ozón, priemerné koncentrácie, monitoring lesov, AOT40, fytotoxická ozónová dávka, viditeľné ozónové poškodenie

PodĎakovanie

Príspevok vznikol vďaka podpore projektu *Adaptačný potenciál drevín pri príprave lesov Slovenska na zmenu klímy – TreeAdapt*, financovaného z rozpočtovej kapitoly MPRV SR (prvok 08V0301) a projektu APVV-20-0365 *Integrovaný lesnícko-ekologický výskum vzácných horských lesov v oblasti Tatier – FORECALL*.

Assessing the Quality and Biases of European Radar Radial Winds for Numerical Weather Prediction

Martin Petrovič

Comenius University, Bratislava

Corresponding author: Martin Petrovič, Faculty of mathematics, physics, and informatics, Mlynská dolina F1, Bratislava, martin.petrovic@fmph.uniba.sk

The assimilation of radar radial wind observations into Numerical Weather Prediction (NWP) models, specifically within the ALADIN/CHMI domain, represents one of the most effective tools for refining model initial conditions and improving short-range forecasts. However, the effective implementation of these datasets is contingent upon a profound understanding of their statistical properties and associated errors. A primary challenge in the European context is the significant technological heterogeneity of the network, which comprises radars from various manufacturers. Each of these systems employs specific signal processing algorithms and scanning strategies, introducing diverse systematic errors and spatial biases into the assimilation process.

This study focuses on the statistical characterization of departures, defined as the difference between observations and the model background. A fundamental assumption for the optimal performance of variational data assimilation systems, such as 3D-Var, is the Gaussian distribution of observation errors. Nevertheless, real-world radar measurements frequently exhibit departures from normality, most notably in the form of "heavy tails," where extreme values occur more frequently than theoretical predictions suggest.

To identify these non-linearities and establish objective rejection limits, we utilized the Anderson-Järvinen method. This technique transforms the frequencies of Observation Minus Background histograms using a logarithmic function into linear "V-plots." In this transformed space, a perfect Gaussian distribution appears as a straight line; any curvature or non-linearity at the base of the plot clearly indicates the presence of non-Gaussian noise. Our analysis revealed that radial wind departures follow Gaussian behaviour up to approximately $\pm 6-7$ m/s. Beyond this threshold, "heavy tails" begin to dominate, which can have a detrimental impact on forecast quality if not properly addressed during assimilation.

The results of this study confirm that rigorous Quality Control (QC) acts as a critical "gatekeeper" for the assimilation system. In our analysis, only approximately 8.2% of the total data volume passed the strict assimilation criteria, ensuring high-quality increments for the ALADIN/CHMI model. This work emphasizes that mastering departures distributions and homogenizing data from diverse technological sources are essential prerequisites for stable and reliable numerical weather prediction in Central Europe. This analysis provides a vital methodological foundation for further tuning of assimilation algorithms and enhancing predictive skill during extreme weather events.

Keywords: Numeric weather prediction, Radial Winds, Bias, Anderson-Järvinen method, Quality Control

Acknowledgment

The author would like to thank Alena Trojáková and her colleagues from CHMI for their valuable insights and for providing access to the program environment on the supercomputer. This research was supported by RC LACE research stay in 2025.

Výskyt mrazov počas kvitnutia marhule obyčajnej na Slovensku

Jozef Rozkošný¹, Jaroslava Slavková¹, Pavel Faško¹

¹ Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniová 17, 831 01, Bratislava; jozef.rozkosny@shmu.sk

Marhuľa obyčajná sa zaraďuje medzi citlivé ovocné dreviny na výskyt mrazov počas ich kvitnutia. Pre poškodenie kvetov a zničenie úrody postačujú mrazy vo výške 2 m nad zemským povrchom už okolo -1 °C a menej. V poslednom desaťročí sa vplyvom čoraz vyšších teplôt vzduchu, ako aj absencie mrazov vo februári a začiatkom marca posúva kvitnutie marhule do skorších termínov. Z tohto dôvodu sa zvyšuje riziko výskytu mrazov práve v období kvitnutia tohto druhu. Čoraz častejšie sa vyskytujú v priebehu marca a apríla záporné teplotné extrémny, čo ešte zvyšuje riziko výskytu mrazov a komplikuje pestovanie marhúľ na Slovensku najmä v južnej časti Slovenska.

V našej analýze sme použili dátumy pre začiatok a koniec kvitnutia marhúľ od roku 1961 do 2025 pre 3 fenologické stanice (Šamorín, Hajnáčka, Choňkovce) v rámci fenologického monitoringu SHMÚ. K týmto lokalitám sme priradili meteorologické stanice a v časových obdobiach sme analyzovali minimálne denné teploty vzduchu pod 0°C.

Marhuľa začínala kvitnúť v období od 1961-1970 na fenologickej stanici Šamorín v priemere okolo 6.4., v lokalite Hajnáčka v priemere okolo 13.4. a v lokalite Choňkovce v priemere okolo 14.4. V období od 2011 do 2020 to bolo v Šamoríne v priemere okolo 27.3., v Hajnáčke v priemere okolo 1.4. a v lokalite Choňkovce v priemere okolo 2.4.. V posledných 5 rokoch (2021-2025) sa začiatok kvitnutia posunul ešte do skorších termínov. Mrazy v priebehu kvitnutia sa prakticky každoročne vyskytujú od roku 2015, do tohto obdobia sa v dlhších intervaloch vyskytovali obdobia bez mrazov. Pravdepodobnosť výskytu mrazov počas kvitnutia marhúľ bola v období od 1961-1970 v lokalite Šamorín 20 %, Choňkovce 30 %, Hajnáčka 30 %. V poslednom desaťročí (2015-2025) pravdepodobnosť výskytu mrazov počas kvitnutia marhúľ výrazne stúpla a to v lokalite Šamorín na 70 %, Choňkovce 70 %, Hajnáčka 80 %.

Kľúčové slová: marhuľa obyčajná, jarné mrazy, začiatok kvitnutia

Teplotní poměry Hradce Králové

Jaroslav Rožnovský

Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno, Kroftova 43, 616 67 Brno, ČR
jaroslav.roznovsky@chmi.cz

Pro charakteristiku městského klimatu je potřebné provádět samostatná meteorologická měření na území měst. Naše výsledky vycházejí z měření na 8 místech území města Hradce Králové, která vyjadřují různé podmínky, od zapojeného lesního porostu až po volnou plochu náměstí. Naše výsledky pro město Hradec Králové potvrzují poznatky ze studií jiných měst, že absence zeleně znamená zvýšení výskytu maximálních teplot v teplém období roku. V centrální části města, kde není či je minimum zeleně, jsou zvýšené počty např. tropických dnů, dnů s pocitovými kategoriemi nepříznivými pro pobyt lidí, tedy značný diskomfort.

Mezi hodnocenými místy jsou v nejteplejších obdobích rozdíly teplot vzduchu i více jak 7 °C u maximální teploty, kolem 5 °C u minimální teploty vzduchu.

V letních (denní maximum teploty vzduchu je rovno či vyšší jak 25 °C) a tropických dnech (maximum je rovno a vyšší jak 30 °C) dochází ke stavům značného diskomfortu pro obyvatele zvláště v rozsáhlých nezastíněných zpevněných plochách, jako jsou náměstí, průmyslové části, ale také parkoviště u nákupních center. Nejvyšší vlhkosti v průběhu téměř celého dne panují v místech s dostatkem zeleně, tj. les a park. Zejména pak v průběhu denních hodin se tyto lokality k sobě přibližují a výrazně odlišují od zbývajících lokalit. Vliv povrchů se projevil i při dynamice vlhkosti vzduchu.

Nejčastější výskyt v kategorii diskomfort až značný diskomfort je ve dnech s nejvyššími teplotami vzduchu, tedy v červenci.

Zvýšenou četnost kategorií diskomfortu vyvolávají rozsáhlejší umělé povrchy. Při některých stavech počasí (zvýšená vlhkost, výskyty srážek) lze pozorovat zvýšený počet hodin s diskomfortem i v místech s ryze přírodními povrchy.

Nejčastější výskyt diskomfortu bývá v odpoledních hodinách, stejně tak jako značného diskomfortu.

Uvedené výsledky jsou s určitou mírou tolerance převoditelné do formy plošného vyjádření, ale prováděná měření dostatečně nepokrývají oblast města. Pro vypracování mapových podkladů by bylo vhodné zahustit síť měření minimálně několika ambulantními měřeními a tato doplnit měřícími jízdami zvláště ve dnech s vysokými teplotami.

Předložené výsledky potvrzují, že nahrazování zelených ploch stavebními materiály ovlivňuje teplotní poměry ve městě a při výskytu vysokých teplot významně zvyšuje diskomfort pro občany.

Klíčové slová: městské klima, teplota vzduchu, kategorie komfortu a diskomfortu, zeleně

PodĎakovanie

Článek je součástí řešení projektu TA ČR „ Omezení negativních dopadů meteorologických extrémů (teploty, větru a srážek) na veřejné zdraví a životní prostředí ve velkých aglomeracích “ č. SS07020449.

MOŽNOSTI VYUŽITIA PROGRAMOVACIEHO JAZYKA PYTHON V OPERATÍVNEJ PREVÁDZKE OMPaV SHMÚ

Cyril Siman¹

¹ Slovenský hydrometeorologický ústav
(Cyril.Siman@shmu.sk)

V súčasnej meteorologickej praxi zohráva programovací jazyk Python dôležitú úlohu pri spracovaní, analýze a vizualizácii meteorologických údajov. Tento článok predstavuje jeho využitie v operatívnej prevádzke Odboru meteorologických predpovedí a výstrah (OMPaV) SHMÚ, kde umožňuje efektívnejšie spracovanie údajov z automatických meteorologických staníc a staníc Horskej záchranej služby. V príspevku sa opisuje implementácia kľúčových knižníc ako Pandas, NumPy, Matplotlib, MetPy či Cartopy, a automatizácia procesov cez unixový plánovač úloh (cron), pomocou crontabu. Výsledkom je rýchlejšia analýza aktuálneho počasia, zjednodušenie tvorby predpovedí a zvýšenie kvality poskytovaných prognóz.

Kľúčové slová: Python, meteorologické údaje, automatizácia, vizualizácia, predpoveď počasia

PodĎakovanie

PodĎakovanie patrí kolegovi Romanovi Zehnalovi za pomoc so zavedením produktov do operatívnej prevádzky OMPaV SHMÚ.

Priestorová a časová variabilita nástupu fenologických fáz jedle bielej (*Abies alba* Mill.) na Slovensku

Snopková Zora ¹, Pavlendová Hana ², Sitková Zuzana ², Lazoriková Katarína ¹

¹ Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 2305/17, Bratislava, pracovisko Banská Bystrica, zora.snopkova@shmu.sk

² Národné lesnícke centrum, Sekcia pre vedu a výskum, T.G. Masaryka 22, Zvolen

Jedľa biela (*Abies alba* Mill.) na Slovensku nevytvára rovnorodé porasty. Vyskytuje sa ako prímes v bukových a smrekových lesoch. V roku 2024 dosiahlo zastúpenie jedle na celom území Slovenska len 4,0 %. Fenologický monitoring je spoľahlivým nástrojom na zaznamenávanie zmien v krajine. Údaje z neho sa používajú na určenie vegetačného obdobia jednotlivých rastlín. Fenologické pozorovania jedle bielej boli spracované za roky 1996–2024, z 24 fenologických staníc lesnej fenológie SHMÚ (350–1240 m n.m.). Hodnotené boli fenologické fázy: prvé májové výhonky (BBCH 10) – PMV (na konci konárov sa tvoria nové ihlice vo zväzku a sú svetlozelenej farby) a všeobecné kvitnutie (BBCH 65) – VK (všetky jedince v skupine majú väčšinu kvetov úplne rozvinutú).

Fenologická fáza prvé májové výhonky označuje začiatok vegetačného obdobia jedle bielej. Počas hodnoteného obdobia sa PMV jedle v horských oblastiach stredného Slovenska vytvárali priemerne od 2.5. do 21.5. Najskorší výskyt tejto fenofázy sme za hodnotené obdobie zaznamenali 12.4. 2009 v oblasti Krásno nad Kysucou, kedy priemerná aprílová teplota dosiahla 10,4 °C a najneskorší výskyt 11.6. 2022 v lokalite Kežmarské Žľaby, kedy bola aprílová teplota 5,6 °C. Za hodnotené obdobie sme zaznamenali posun fenofázy PMV o 1,8 dňa neskôr. Generatívna fenofáza všeobecné kvitnutie prebiehala na sledovanom území priemerne od 8.5. do 2.6. Najskorší výskyt tejto fenofázy sme za hodnotené obdobie zaznamenali 24.4. 2009 v oblasti Stará Bystrica a najneskorší výskyt 25.6. 2023 v lokalite Brusno (1000 m n.m.), pričom sme nezaznamenali posun fenofázy VK.

Teplota vzduchu sa vo všeobecnosti považuje za základný faktor regulácie fenologických prejavov rastlín a ovplyvňuje aj dĺžku vegetačného obdobia rastlín. Údaje o teplotách vzduchu boli použité z meteorologických staníc, ktoré sa nachádzajú v blízkosti jednotlivých fenologických staníc. Vzhľadom na medzu medzi teplotou vzduchu a nástupom fenologických fáz jedle vykazuje najsilnejšiu koreláciu pri jednomesačnom priemere teploty pred nástupom fenologických fáz. Pre analýzy závislosti fenofázy od teploty vzduchu sme teda použili priemernú aprílovú teplotu vzduchu. Korelačné koeficienty (- 0,69 pri plnom kvitnutí a - 0,74 pri prvých májových výhonkoch) sú negatívne, čo potvrdzuje význam rastúcich teplôt ako kľúčového faktora ovplyvňujúceho časovanie jarných fenologických fáz.

Globálna zmena klímy môže ovplyvniť výskyt druhov a zmeniť ich areály prirodzeného výskytu. Zistené zmeny nástupu fenologických fáz môžu byť nástrojom pre získanie odpovedí na otázky adaptability drevín v podmienkach Slovenska.

Kľúčové slová: jedľa biela, fenologická fáza, teplota vzduchu

PodĎakovanie

Výskum bol podporený z projektov Adaptačný potenciál drevín pri príprave lesov Slovenska na zmenu klímy (financovaného z rozpočtovej kapitoly MPRV SR (prvok 08V0301), TreeAdapt) a Integrovaný lesnícko-ekologický výskum vzácných horských lesov v oblasti Tatier (APVV-20-0365 FORECALL).

When hot nights will not allow to relax: co-occurring extreme heat events over Central Europe under Policy-Relevant Warming Levels

Amanda Imola Szabó¹, Eva Holtanová¹, Michal Belda¹

¹ Department of Atmospheric Physics, Faculty of Mathematics and Physics, Charles University, Prague, Czech Republic; email: eva.holtanova@matfyz.cuni.cz

(Remark: for the corresponding author in addition to the university also add an e-mail address)

Even if currently promised climate policies were entirely put into practice, communities would remain exposed to rising levels of climate extremes. The expected challenges differ by region and encompass a broad spectrum of weather-related hazards that will be occurring more often and with impacts that go beyond the climate system's natural variability. In many parts of the world, including Central Europe, the signal is particularly strong for heat extremes, such as unusually hot days and nights.

We investigate projections of simultaneously occurring extremes of minimum and maximum temperature over Central Europe, incorporating simulations from selected subsets of CMIP6 models chosen for their reliable performance in this region. Instead of concentrating on individual socioeconomic scenarios, we examine projections across several global warming levels, spanning conditions expected under currently implemented policies to those aligned with promised climate commitments. The method allows us to explore how heat extremes might change under plausible future warming, in addition to the commonly analysed 1.5 °C and 2 °C Paris Agreement thresholds, capturing the likely range of future outcomes and highlighting the pressing need for both mitigation and adaptation.

Our goal is to offer insights that can support adaptation strategies in Central Europe and evaluate the usefulness of CMIP6 simulations for understanding regional heat extremes. Possible measures include urban design that reduces heat retention, enhanced early-warning systems, and improved healthcare preparedness to manage growing heat-related health risks.

Keywords: Extreme heat events; global warming levels; CMIP6 global climate models; 4 – 6 key words (Times New Roman, 11)

Acknowledgment

The authors are grateful to the Johannes Amos Comenius Operational Programme (OP JAC), project No. CZ.02.01.01/00/22_008/0004605 – Natural and Anthropogenic Geohazards, which supported this research. We acknowledge the E-OBS dataset and the data providers in the ECA&D project. We thank the World Climate Research Programme's Working Group on Coupled Modelling for coordinating CMIP and the climate modeling groups for producing and sharing their model output. The CMIP data used in this study were replicated and made available by the Deutsches Klimarechenzentrum (DKRZ) and the Centre for Environmental Data Analysis (CEDA).

Klimatická zmena a módný priemysel: Súvislosti, dopady, riešenia

Kristína Szabóová^{1,2}

¹ Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 831 01, Bratislava; kristina.szaboova@shmu.sk

² Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislave

Rastúca frekvencia a intenzita extrémnych horúčav v dôsledku klimatickej zmeny zvyšuje záujem o faktory, ktoré ovplyvňujú environmentálnu záťaž aj tepelný komfort človeka. Zároveň rastie potreba prepájať mitigáciu (znižovanie emisií) s adaptáciou na teplo, najmä v mestskom prostredí, kde sa tepelný stres často zosilňuje. Textilný a odevný priemysel pritom predstavuje sektor s významným klimatickým dopadom a vysokou spotrebou energie, vody a prírodných zdrojov, pričom jeho vplyv je úzko prepojený s každodenným správaním jednotlivcov. Napriek tomu je móda v odborných aj verejných diskusiách často vnímaná oddelene od otázok adaptácie na horúčavy, hoci vlastnosti oblečenia môžu priamo ovplyvniť schopnosť tela odvádzať teplo a zvládať extrémne podmienky.

Príspevok sumarizuje hlavné mechanizmy, ktorými „fast fashion“ prispieva ku klimatickej zmene, a zdôrazňuje, že klimatický dopad odevov vzniká kumulatívne v celom dodávateľskom reťazci – od produkcie surovín a spracovania vlákien cez farbenie, úpravy a šitie až po distribúciu, predaj a koniec životného cyklu. Okrem emisií skleníkových plynov je analyzovaná aj vysoká spotreba vody, energetická náročnosť textilnej výroby a významné chemické zaťaženie vodných tokov. Dôležitým aspektom je aj rýchlo rastúci textilný odpad, ktorý vzniká v dôsledku krátkej životnosti produktov, nízkej kvality materiálov a nadprodukcie. Pri syntetických textíliách je diskutovaná aj väzba na fosílny zdroje a uvoľňovanie mikroplastov do životného prostredia počas prania.

Zároveň príspevok predstavuje konkrétne opatrenia na úrovni jednotlivca s najvyšším potenciálom zníženia dopadov: obmedzenie impulzívnych nákupov a zníženie celkového objemu spotreby, predĺženie životnosti odevov prostredníctvom opráv, úprav a výberu trvácných materiálov, využívanie second-handu, výmeny a opätovného použitia, ako aj preferovanie transparentných značiek s doloženými informáciami o pôvode a certifikáciách. Súčasťou je aj zodpovedná údržba, ktorá zahŕňa menej časté pranie, šetrné pracie režimy, sušenie na vzduchu a opatrenia na zníženie uvoľňovania mikroplastov.

V závere je naznačené prepojenie s biometeorologickým hodnotením tepelného stresu: vlastnosti oblečenia sú relevantné aj pre tepelný komfort človeka, pričom v indexoch ako UTCI sa odev zohľadňuje prostredníctvom parametra clo (tepelná izolácia). Hodnota clo spolu s priedušnosťou materiálu ovplyvňuje výmenu tepla a účinnosť ochladzovania evaporáciou potu, čo je kľúčové najmä počas horúčav.

Kľúčové slová: klimatická zmena, udržateľná móda, tepelný komfort, clo, adaptácia na horúčavy

PodĎakovanie

Táto práca vznikla na základe účasti v projekte Erasmus+ „Wear-Fair“, organizovanom Bratislava Policy Institute (BPI), ktorý sa uskutočnil v Banskej Štiavnici v roku 2025 a bol zameraný na udržateľnosť, etickú módu a klimatické vzdelávanie.

Validation of Grid-Based UTCI Derived from ERA5 Reanalysis in Slovakia (2002–2022)

Kristína Szabóová^{1,2}, Katarína Mikulová¹, Viera Rattayová¹, Livia Labudová¹, Miroslav Trnka³,
Lenka Bartošová³, Jan Bálek³

¹ Slovak hydrometeorological institute, Bratislava, Slovakia; kristina.szaboova@shmu.sk

² Faculty of Mathematics, Physics and Informatics, Comenius University Bratislava, Slovakia

³ CZECHGLOBE, Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i

The Universal Thermal Climate Index (UTCI) has become a key biometeorological indicator for assessing outdoor thermal stress and human thermal comfort. It integrates multiple meteorological variables—air temperature, wind speed, humidity, and mean radiant temperature (T_{mrt})—to provide a standardized equivalent temperature that reflects physiological strain on the human body. In recent years, UTCI has been increasingly used in climate-health research, urban planning, adaptation strategies, and early warning systems.

A significant advancement in the practical use of UTCI has been the availability of gridded datasets derived from global reanalyses, such as ERA5. These datasets provide consistent, long-term, and spatially continuous climate information, which is particularly valuable in regions where in-situ observations are sparse or unavailable. However, the applicability and reliability of UTCI values derived from such data need to be carefully validated before being used for scientific or operational purposes across diverse geographical settings.

This study evaluates the spatial and seasonal performance of ERA5-derived UTCI grid data in Slovakia, a country with diverse topography ranging from lowland basins to mountainous terrain. We used a 21-year period (2002–2022) and hourly data from 30 meteorological stations provided by the Slovak Hydrometeorological Institute (SHMÚ). Importantly, the station data were homogenized to ensure the reliability and consistency of the observational reference dataset.

Validation metrics included Pearson correlation coefficients, BIAS, Weighted Absolute Percentage Error (WAPE), agreement in thermal stress categories, and the frequency of extreme heat ($UTCI \geq 32\text{ °C}$) and cold stress days ($UTCI \leq -27\text{ °C}$).

The results confirm that ERA5 UTCI grids provide a reliable representation of thermal conditions in flat and lowland areas, especially during summer. The seasonal cycle is well captured, and the index shows strong potential for supporting regional-scale thermal comfort assessments, climate adaptation planning, and health risk communication.

Although reduced accuracy was observed in mountainous regions, this highlights opportunities for future refinement. The findings support the practical use of ERA5-based UTCI in environmental risk assessments and long-term monitoring, while also emphasizing the value of local validation to enhance its usability in complex terrain.

Keywords: UTCI, ERA5, Validation, Thermal stress, Slovakia

Acknowledgment

This work was supported by the Clim4Cast (Central European Alliance for Increasing Climate Change Resilience to Combined Consequences of Drought, Heatwave, and Fire Weather through Regionally-Tuned Forecasting) project.

Zhodnotenie trendov vybraných teplotných charakteristík a dní s charakteristickou teplotou vzduchu na Slovensku za obdobie 1951 – 2020 podľa dekádnych priemerov

Dominika Šadláková¹

¹ Fakulta matematiky, fyziky a informatiky UK, sadlakova2@uniba.sk

Zmena klímy a s ňou spojený rast teploty vzduchu predstavujú jeden z najvýznamnejších environmentálnych problémov súčasnosti, ktorý sa čoraz výraznejšie prejavuje aj v regionálnom meradle. Územie Slovenska patrí medzi oblasti, kde sú dôsledky globálneho otepľovania pozorovateľné najmä prostredníctvom zmien teplotného režimu a výskytu extrémnych teplotných prejavov. Cieľom tejto štúdie je analyzovať dlhodobý vývoj vybraných teplotných charakteristík vzduchu a zmeny vo výskyte dní s charakteristickou teplotou na území Slovenska v období rokov 1951, resp. 1961 až 2020. Pozornosť je venovaná priemernej teplote vzduchu (T_{pr}), maximálnej teplote vzduchu (T_{max}) a minimálnej teplote vzduchu (T_{min}), ako aj vybraným typom charakteristických dní, ktoré majú významný vplyv na prírodné procesy a socio-ekonomické systémy.

Analýza vychádza z dlhodobých meraní Slovenského hydrometeorologického ústavu, konkrétne zo siete 55 meteorologických staníc rovnomerne rozmiestnených na území Slovenska. Stanice boli vybrané na základe dostatočnej dĺžky časových radov a vysokej úplnosti údajov. Vstupné dáta mali formu mesačných priemerov teplotných charakteristík a mesačných početností dní s charakteristickou teplotou. Údaje boli následne agregované do desaťročných intervalov, čo umožnilo eliminovať krátkodobé výkyvy a zvýrazniť dlhodobé trendy. Na trendovú analýzu bola použitá neparametrická metóda lokálnej regresie (loess), vhodná na vyhladzovanie časových radov a identifikáciu nelineárnych zmien. Zmeny teplotných charakteristík a početností dní boli kvantifikované rozdielom hodnôt medzi prvou a poslednou sledovanou dekadou.

Výsledky analýzy preukázali jednoznačný rast všetkých sledovaných teplotných charakteristík na celom území Slovenska. Priemerná, maximálna aj minimálna teplota vzduchu vykazujú rastúci trend, pričom najvýraznejšie nárasty boli zaznamenané na staniciach situovaných na východe Slovenska, zatiaľ čo vysokohorské stanice vykazovali miernejší rast. Súčasne bol zaznamenaný výrazný nárast počtu letných a tropických dní, čo poukazuje na zvyšujúci sa výskyt extrémnych teplotných podmienok. Počet ľadových, mrazových dní a dní so silným mrazom sa vo väčšine staníc dlhodobo znižuje čo potvrdzuje trend zvyšovania teplôt.

Získané výsledky potvrdzujú pokračujúce otepľovanie klímy na Slovensku a dokumentujú významné zmeny teplotného režimu, ktoré môžu mať zásadné dopady na poľnohospodárstvo, vodné hospodárstvo, prírodné ekosystémy a kvalitu života obyvateľstva. Štúdia zároveň poskytuje relevantný podklad pre ďalší výskum klimatických zmien a pre návrh adaptačných opatrení na regionálnej úrovni.

Kľúčové slová: klimatická zmena, teplota vzduchu, teplotné trendy, charakteristické dni, Slovensko

Analysis of the Short-Duration Urban Dust Storm in Bratislava on 23 March 2024

Miroslav Šinger^{1,2}, Jakub Linda³, Amra Hasečić⁴, Dávid Frnda^{1,5}, Jiří Pospíšil³

¹Faculty of Mathematics, Physics and Informatics, Comenius University, Bratislava, Slovakia

²GOSPACE LABS, Bratislava, Slovakia

³Faculty of Mechanical Engineering, Brno University of Technology, Brno, Czechia

⁴University of Sarajevo Faculty of Mechanical Engineering, Department for Process and Environmental Engineering, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina

⁵Slovak Hydrometeorological Institute, Bratislava, Slovakia

(miroslav.singer@fmph.uniba.sk)

On 23 March 2024, a short but intense particulate matter (PM) episode occurred in Bratislava following a prolonged dry period and the passage of a fast moving cold front. At frontal passage, wind direction shifted abruptly while wind speed increased more gradually, precipitation associated with the front arrived several hours later. Peak PM₁₀ and PM_{2.5} concentrations occurred prior to the maximum wind speed, indicating a threshold type response rather than a monotonic dependence on wind speed. The concentration increase was confined primarily to central urban monitoring stations, with only delayed and lower concentrations observed at peripheral sites. Given the upwind land cover dominated by urban and forested areas, and the absence of major agricultural sources, the episode is most consistently explained by wind driven resuspension of urban surface material rather than by regional dust transport. A retrospective analysis of long term air quality records revealed several similar short lived events in previous years, indicating that such episodes are recurrent but rarely identified using conventional detection approaches based on hourly averages. To interpret the short time scales involved, idealised computational fluid dynamics (CFD) simulations were performed to examine wind driven dust resuspension and transport in urban street canyon geometries. The simulations show that particle concentrations can rise sharply within 6 to 8 s after resuspension onset, followed by a longer lasting concentration tail at levels of several tens of $\mu\text{g m}^{-3}$ above background. When integrated over time, such a tail can account for a substantial fraction of the observed hourly excess, implying that mean excess concentrations during the first minute must reach several hundred $\mu\text{g m}^{-3}$, with instantaneous peak concentrations plausibly exceeding 10^2 to $10^3 \mu\text{g m}^{-3}$. Subsequent dispersion across multiple street canyons produces delayed, spatially distributed contributions that sustain elevated concentrations over tens of minutes, providing a physical explanation for pronounced one hour averaged peaks despite the brief duration of the initial burst. Together, the observational and modelling evidence demonstrates that short lived, locally generated dust resuspension events can produce pronounced urban PM peaks under dry conditions, recur episodically (with comparable events identified between 2009 and 2024), and be substantially underestimated by routine air quality indicators.

Keywords: air quality, dust event, resuspension, cold front, dry period

Zapojenie SHMÚ do modelovania kvality ovzdušia v projekte DEODE.

Dušan Štefánik^{1*}, Juraj Beňo¹, Jana Krajčovičová¹

¹ Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 2305/17, 831 01 Bratislava; * dusan.stefanik@shmu.sk

Destination Earth [1] je strategický projekt Európskej komisie, ktorého cieľom je do roku 2030 vytvoriť digitálnu repliku, resp. digitálne dvojča našej planéty, ktoré bude simulovať správanie našej planéty s bezprecedentnou kvalitou a vo vysokom priestorovom rozlíšení, na miestach, kde sa prejavujú dopady extrémneho počasia a klimatickej zmeny. Technologickým základom digitálneho dvojčata je integrácia pokročilých numerických modelov atmosféry, hydrológie, kvality ovzdušia a rôznych iných dopadových modelov s rozsiahlymi pozorovacími dátami zo satelitov a pozemných meraní. Výpočty sú realizované na európskej infraštruktúre vysokovýkonného výpočtového výkonu (HPC). Výsledkom sú detailné a flexibilné výstupy, ktoré je možné prispôbiť potrebám rôznych používateľov, vrátane meteorologických služieb, orgánov civilnej ochrany, verejnej správy a ďalších zainteresovaných sektorov.

Jednou z kľúčových zložiek projektu je *Digitálne dvojča extrémov na požiadanie (DEODE - DEstination Earth's On-DEmand extremes digital twin)* [2, 3], ktorého cieľom je poskytovať numerické simulácie extrémnych meteorologických a environmentálnych udalostí v reálnom čase s vysokým horizontálnym rozlíšením. *Digitálne dvojča extrémov na požiadanie* je navrhnuté tak, aby bolo aktivované v situáciách, keď existuje zvýšené riziko výskytu extrémov, ako sú silné búrky, privalové zrážky, povodne, vlny horúčav, extrémny vietor alebo epizódy zhoršenej kvality ovzdušia. Na rozdiel od štandardných operačných predpovedných systémov umožňuje tento prístup spúšťať ciele simulácie s veľmi vysokým horizontálnym rozlíšením (v súčasnosti sa systém testuje so 750 m rozlíšením) pre konkrétny región Európy a časové obdobie, ktoré sú relevantné pre rozhodovanie a krízový manažment.

Digitálne dvojča extrémov na požiadanie má významne prispieť k zlepšeniu schopnosti Európy predvídať a zvládať dopady extrémnych javov v podmienkach meniacej sa klímy.

V druhej fáze projektu DEODE, koordinovanej MétéoFrance, SHMÚ pôsobí ako subdodávateľ a sústreďuje sa predovšetkým na vývoj numerických predpovedí počasia, kvality ovzdušia a hydrológie. V oblasti kvality ovzdušia je úlohou SHMÚ implementovať model CMAQ [4, 5] do celkového automatizovaného workflow systému, ktorý sa bude spúšťať na požiadanie. V rámci druhej fázy projektu sme model CMAQ implementovali na HPC cluster ECMWF ATOS a súbežne so šiestimi modelmi z iných krajín sme otestovali systém na rôznych výpočtových doménach s rozlíšením 750 m. Niektoré z priebežných výsledkov sú prezentované na poster. -France

[1] Destination Earth – hlavná stránka projektu <https://destination-earth.eu/>, ECMWF stránka projektu <https://destine.ecmwf.int/>

[2] DestinE – Digital Twin – On-Demand Extremes Digital Twin:

<https://destine.ecmwf.int/provider/on-demand-extremes-digital-twin/>

[3] <https://destine.ecmwf.int/news/meteo-france-led-international-partnership-wins-bid-to-develop-destination-earths-on-demand-extremes-digital-twin/>

[4] Byun, D., Schere, K., 2006. Review of the governing equations, computational algorithms, and other components of the Model-3 Community Multiscale Air Quality (CMAQ) Modeling System. Appl. Mech. Rev. 59 (2), 51–77. <https://doi.org/10.1115/1.2128636>.

[5] United States Environmental Protection Agency. (2020). CMAQ (Version 5.3.2)

[Software]. Available from <https://doi.org/10.5281/zenodo.4081737>

Kľúčové slová: DEODE, kvalita ovzdušia, chemicko-transportné modelovanie, PM₁₀, O₃, NO₂

Podakovanie

Výskum a technické riešenia sú financované v rámci projektu Destination Earth (DestinE) – On-Demand Extremes Digital Twin s kódom DE_330-2.

Klimatologické charakteristiky búrok na Slovensku

Peter Váš¹, Juraj Bartok², Ladislav Gaál², Marián Jurašek³, Marián Melo¹, Martin Gera^{1*}

¹ Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Univerzita Komenského, Mlynská dolina F1, 842 48 Bratislava

² MicroStep-MIS, Čavojského 1, 841 04 Bratislava

³ Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15, Bratislava

* Korešpondenčný autor. E-mail: martin.gera@fmph.uniba.sk

Búrky patria medzi najvýznamnejšie prejavy konvektívneho počasia v miernych zemepisných šírkach a majú výrazný vplyv na spoločnosť aj krajinu. Ich vznik a výskyt sú predovšetkým podmienené stavom atmosférického prostredia, pričom regionálne podmienky, klimatické pomery územia a aktuálna synoptická situácia ovplyvňujú ich frekvenciu, intenzitu a priestorové rozloženie. V kontexte meniacej sa klímy je preto štúdium dlhodobého vývoja výskytu búrok predmetom zvýšeného záujmu.

Táto štúdia sa zaoberá výskytom búrok na území Slovenska na základe záznamov o búrkových dňoch z meteorologických pozorovacích staníc za obdobie rokov 1965–2023, ako aj radarových údajov a údajov zo systémov detekciu bleskov za obdobie rokov 2010–2023. Na identifikáciu búrok bol vyvinutý algoritmus využívajúci radarové a bleskové dáta. Časové rozdelenie výskytu búrok je analyzované na ročnej, sezónnej, dennej a hodinovej časovej škále. Osobitná pozornosť je venovaná priestorovému rozloženiu búrok, ktoré bolo hodnotené na základe bleskových a radarových údajov spracovaných navrhnutým algoritmom.

Výsledky ukazujú, že blízke búrky (do vzdialenosti 3 km od danej lokality) sa na Slovensku vyskytujú v priemere počas 15 dní v roku, najčastejšie v letných mesiacoch jún a júl a prevažne v popoludňajších hodinách medzi 15:00 a 17:00 stredoeurópskeho letného času (CEST). Priestorové rozloženie búrok na Slovensku je nehomogénne, so zvýšeným výskytom v strednej časti územia, najmä v oblasti Muránskej planiny, Stolických a Volovských vrchov. Naopak, najnižší výskyt búrok bol zaznamenaný v západnej časti územia. Najvyšší počet silných búrok sa vyskytuje v regióne Gemer.

Výskyt búrok je ďalej analyzovaný vo vzťahu k makrosynoptickým typom podľa 28-člennej klasifikácie Slovenského hydrometeorologického ústavu. Výsledky poukazujú na výrazný vplyv synoptickej situácie, pričom najpriaznivejšie podmienky sú spojené s typmi B (brázda nad strednou Európou), Bp (postupujúca brázda), C (cyklóna nad strednou Európou) a Cv (výšková cyklóna). V posledných desaťročiach bol zaznamenaný výrazný pokles počtu búrkových dní za rok, čo môže súvisieť s pozorovaným klesajúcim trendom cyklonálnych synoptických situácií v Európe, počas ktorých sa vyskytuje významná časť búrok.

Kľúčové slová: búrka, klimatológia búrok, radar, blesky, klimatická zmena

PodĎakovanie

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-22-0409 (PRUDENCE) a zmluvy č. APVV-20-0374 (Regionálna detekcia, atribúcia a projekcia vplyvov klimatickej variability a zmeny klímy na režimy odtoku na Slovensku). Výskum bol ďalej financovaný v rámci Programu financovania multilaterálnych vedeckých a technologických kooperačných projektov v dunajskom regióne Agentúrou na podporu výskumu a vývoja, grant č. DS-FR-22-0017.

Representation Learning of Near-Surface Atmospheric Fields

Martin Vozár^{1,2,3}

¹ Faculty of Mathematics, Physics and Informatics, Comenius University, Bratislava
martin.vozar@fmph.uniba.sk

² IBL Software Engineering

³ Slovak Hydrometeorological Institute

This study adapts the Single-Head Vision Transformer (SHViT) architecture for representation learning of near-surface atmospheric fields within an autoencoder framework. Generator variants incorporating spectral filtering are developed, and a hybrid adversarial autoencoder/GAN optimization scheme is explored. Evaluated on the CERRA reanalysis (5.5 km) and Met Office UKV (2.2 km) datasets, the proposed architectures achieve compression ratios of 256x to 1024x with mean absolute errors of ~0.3-0.5 K for temperature and 10-25 Pa for mean sea level pressure. Adversarial training improves capture of small-scale features at the cost of increased reconstruction error, while geographic generalization to unseen regions remains an open challenge.

Keywords: autoencoder, Generative Adversarial Networks, Machine Learning Weather Prediction, representation learning

Acknowledgment

This study was performed as part of NWP postprocessing framework development.



ISBN 978-80-973051-4-7



9 788097 305147