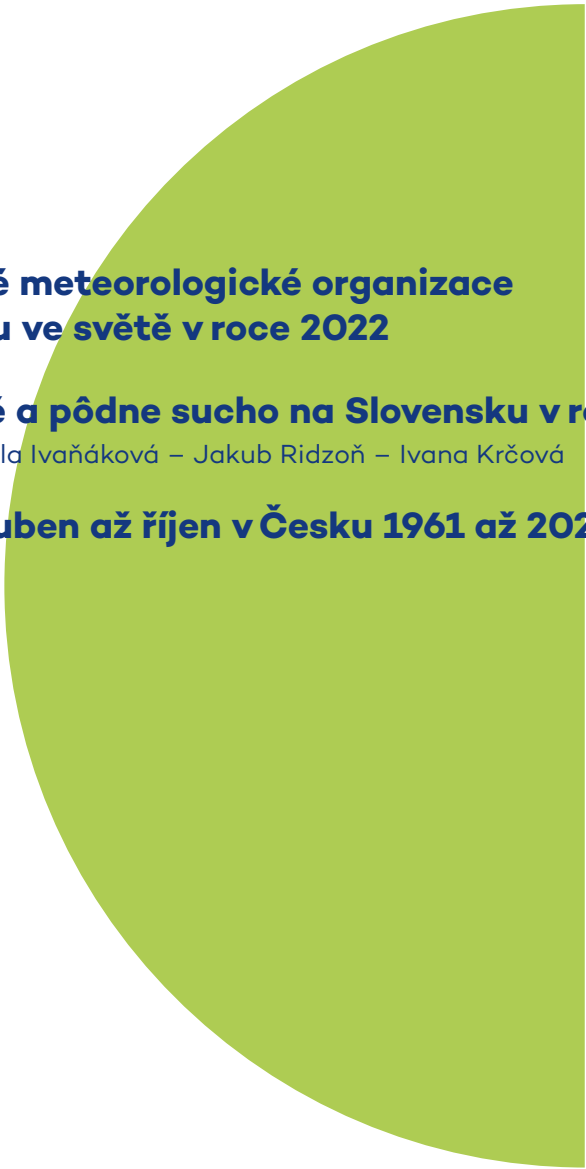


Meteorologické zprávy

ROČNÍK
76–2023

4

- 
- 97 Zpráva Světové meteorologické organizace
o stavu klimatu ve světě v roce 2022**
- 111 Meteorologické a půdní sucho na Slovensku v roce 2022**
Maroš Turňa – Gabriela Ivaňáková – Jakub Ridzoň – Ivana Krčová
- 119 Teplá období duben až říjen v Česku 1961 až 2022**
Luboš Němec

Meteorological
Bulletin

Český
hydrometeorologický
ústav



97 The WMO report on the Status of the Global Climate in 2022

111 Meteorological and soil drought in Slovakia in 2022

Maroš Turňa – Gabriela Ivaňáková – Jakub Ridzoň – Ivana Krčová

119 April to October warm periods in Czechia from 1961 to 2022

Luboš Němec



Rozšiřuje – Free booking:

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

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

Zpráva Světové meteorologické organizace o stavu klimatu ve světě v roce 2022

The WMO report on the Status of the Global Climate in 2022

Since 1994 the World Meteorological Organization (WMO) has been publishing its annual “WMO Statement on the Status of the Global Climate”. The report has gradually gained in popularity and recently is a recognized authoritative source of information for the scientific community, the media and the general public. The report presented is the latest link of this successful sequence. The journal *Meteorologické zprávy* (Meteorological Bulletin) offers to its readers an abbreviated version of the report.

KLÍČOVÁ SLOVA: globální teplota průměrná – globální úhrn srážek – plyny skleníkové – ozon – hladina oceánu – obsah oceánu tepelný – acidifikace – led mořský

KEYWORDS: average global temperature – globally precipitations – greenhouse gases – ozone – sea level – ocean heat content – acidification – sea-ice

1. Klíčové ukazatele klimatu

Globální klimatické ukazatele poskytují přehled o změnách v klimatickém systému. Soubor vzájemně propojených fyzikálních ukazatelů, které jsou zde uvedeny, spojuje měnící se složení atmosféry se změnami energie v klimatickém systému a reakcí pevniny, oceánů a ledu.

Tyto ukazatele jsou založeny na široké škále datových souborů, které zahrnují údaje z různých pozorovacích systémů včetně družic a pozemního měření.

Tato zpráva obsahuje četné odkazy na příspěvek pracovní skupiny I k šesté hodnotící zprávě IPCC (dále jen IPCC AR6 WG I) a na zvláštní zprávu IPCC o oceánech a krysosféře v měnícím se klimatu.

1.1 Skleníkové plyny

Koncentrace skleníkových plynů v atmosféře odráží rovnováhu mezi emisemi z lidské činnosti, přírodních zdrojů a změnami v biosféře a oceánech. Nárůst skleníkových plynů v atmosféře způsobí

bení lidskou činností je hlavní příčinou změny klimatu od poloviny dvacátého století. Globální průměrné koncentrace skleníkových plynů se vypočítávají z pozorování prováděných na mnoha místech v rámci programu Global Atmosphere Watch (GAW) Světové meteorologické organizace (SMO) a partnerských sítí.

V roce 2021 – posledním roce, pro který jsou k dispozici konsolidované globální údaje – dosáhly koncentrace skleníkových plynů v atmosféře nových maximálních hodnot (obr. 3), přičemž globální průměrné koncentrace oxidu uhličitého (CO_2) činily $415,7 \pm 0,2$ ppm, metanu (CH_4) 1908 ± 2 ppb a oxidu dusného (N_2O) $334,5 \pm 0,1$ ppb, což představuje 149 %, 262 % a 124 % předindustriálních hodnot (1750). Údaje v reálném čase z konkrétních lokalit, včetně Mauna Loa (Havaj, USA) a Kennaook/Cape Grim (Tasmánie, Austrálie), ukazují, že hladiny CO_2 , CH_4 a N_2O v roce 2022 nadále rostly.

Nárůst koncentrace CO_2 v letech 2020 až 2021 byl stejný jako v letech 2019 až 2020, ale vyšší než průměrné roční tempo růstu posledního desetiletí. Zatímco dlouhodobý nárůst CO_2 je způsoben antropogenními emisemi, meziroční výkyvy v tempu růstu jsou do značné míry spojeny s přirozenou variabilitou propadů uhlíku na pevnině a v oceánech. Rekordní roční nárůst v roce 2016 souvisel se silným jevem El Niño v letech 2015/2016.

Roční nárůst koncentrace CH_4 v letech 2020 až 2021 činil 18 ppb. Jedná se o největší zaznamenaný roční nárůst, jehož příčiny se stále zkoumají. Měření atmosférické zátěže CH_4 a poměru jeho stabilních izotopů uhlíku $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ naznačují, že největší podíl na obnoveném růstu CH_4 od roku 2007 mají mikrobiální/biogenní zdroje, ale relativní role antropogenních a přírodních zdrojů je zatím nejasná. Zlepšení pozorovacích sítí v klimaticky citlivých oblastech, jako jsou tropické mokřady a Arktida, je cestou ke zlepšení porozumění procesům, které jsou hnací silou změn skleníkových plynů. Tyto poznatky by pak mohly být využity k podpoře účinných strategií pro zmírňování dopadů.

1.2 Teplota

V roce 2022 byla průměrná globální teplota, která kombinuje měření teploty při povrchu pevniny a nad oceány,



Obr. 1 Obálka publikace SMO.

Fig. 1. Cover of the SMO publication.

Klíčové události



Globální průměrná teplota v roce 2022 byla o $1,15 \pm 0,13$ °C vyšší než průměr v letech 1850–1900. Roky 2015 až 2022 byly osmi nejteplejšími roky za 173 let přístrojového měření. Rok 2022 byl pátým nebo šestým nejteplejším rokem v historii, a to navzdory probíhajícím La Niña podmínkám.

V roce 2022 se potřeťi za sebou vyskytly podmínky La Niña, což se za posledních 50 let stalo pouze třikrát.



Koncentrace tří hlavních skleníkových plynů – oxidu uhličitého, metanu a oxidu dusného – dosáhly v roce 2021 rekordních hodnot, což je poslední rok, pro který jsou k dispozici konsolidované globální hodnoty (1984–2021). Roční nárůst koncentrace metanu mezi lety 2020 a 2021 byl nejvyšší v historii. Údaje v reálném čase z konkrétních lokalit ukazují, že hladiny těchto tří skleníkových plynů se v roce 2022 dále zvyšovaly.



Přibližně 90 % energie zachycené v klimatickém systému se ukládá v oceánu. Obsah tepla v oceánu, který měří tento nárůst energie, dosáhl v roce 2022 nového rekordního maxima.



Navzdory přetrvávajícím podmínkám La Niña se v roce 2022 na 58 % povrchu oceánu vyskytla alespoň jedna mořská vlna veder. Naproti tomu pouze 25 % povrchu oceánu zažilo chladnou mořskou vlnu.



Globální průměrná úroveň hladiny oceánu v roce 2022 nadále stoupala a dle satelitního měření (1993–2022) dosáhla nového maxima. Tempo růstu průměrné globální hladiny oceánu se mezi prvním a posledním desetiletím satelitního záznamu (1993–2002, 2,27 mm a 2013–2022, 4,62 mm ročně) zdvojnásobilo.



V hydrologickém roce 2021/2022 zaznamenal soubor referenčních ledovců s dlouhodobým pozorováním průměrnou hmotnostní bilanci $-1,18$ m vodní hodnoty. Tato ztráta je mnohem větší než průměr za poslední desetiletí. Šest z deseti let s nejzápornější hmotnostní bilancí v historii (1950–2022) nastalo od roku 2015. Kumulativní hmotnostní bilance od roku 1970 činí více než -26 m vodní hodnoty.



Ve východní Africe byly srážky podprůměrné v pěti po sobě jdoucích obdobích dešťů, což je nejdelší období za posledních 40 let. V srpnu 2022 čelilo v celém tomto regionu akutnímu nedostatku potravin odhadem 37 milionů lidí, a to následkem sucha a dalších extrémů.



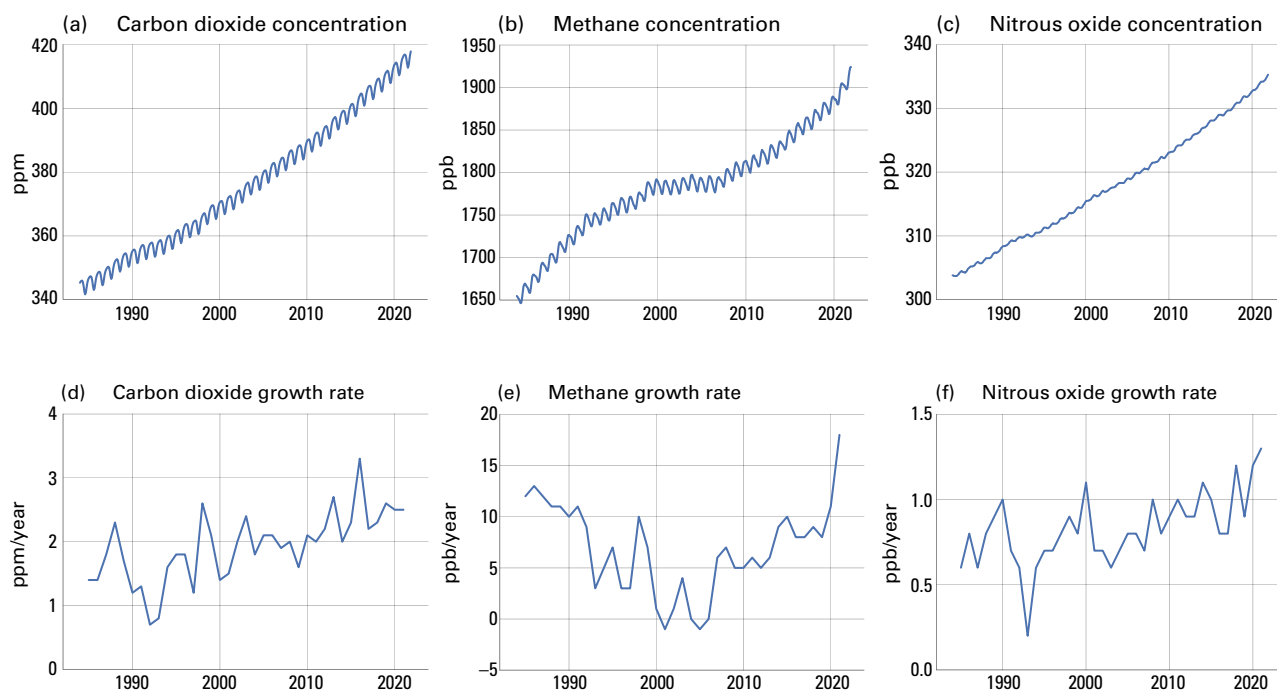
Rekordní deště v červenci a srpnu vedly k rozsáhlým záplavám v Pákistánu. Zemřelo nejméně 1 700 lidí, postiženo bylo 33 milionů lidí a téměř 8 milionů lidí bylo vysídleno. Celkové škody a hospodářské ztráty byly vyčísleny na 30 miliard USD.



V létě postihly rekordní vlny veder Čínu a Evropu. V některých oblastech byla extrémní vedra spojena s mimořádně suchými podmínkami. Počet úmrtí v důsledku veder v Evropě (ve Španělsku, Německu, Velké Británii, Francii a Portugalsku) přesáhl celkem 15 000.

Obr. 2 Klíčové události.

Fig. 2. Key messages.



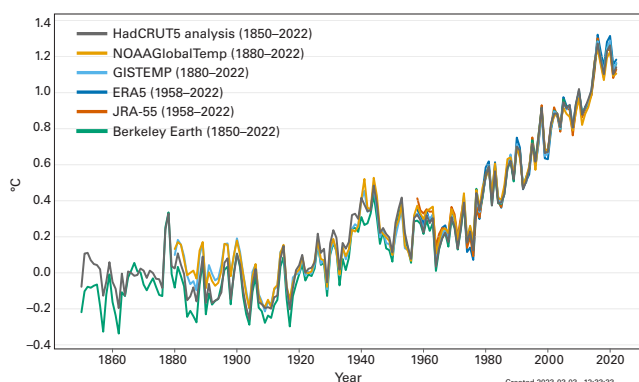
Obr. 3 Horní řada: Měsíční globálně zprůměrované koncentrace v atmosféře v letech 1984–2021 pro (a) CO_2 v ppm, (b) CH_4 v ppb a (c) N_2O v ppb. Dolní řadek: Tempo růstu představující nárůst po sobě jdoucích ročních průměrů koncentrací pro (d) CO_2 ppm za rok, (e) CH_4 v ppb za rok a (f) N_2O v ppb za rok.

Fig. 3. Top row: Monthly globally averaged mole fraction (measure of atmospheric concentration), from 1984 to 2021, of (a) CO_2 in ppm, (b) CH_4 in ppb and (c) N_2O in ppb. Bottom row: the growth rates representing increases in successive annual means of mole fractions for (d) CO_2 in ppm per year, (e) CH_4 in ppb per year and (f) N_2O in ppb per year.

o $1,15 \pm 0,13$ °C vyšší než předindustriální průměr z let 1850–1900 (obr. 4). Šest datových souborů použitých v analýze řadí rok 2022 na páté nebo šesté místo mezi nejteplejšími roky v historii (1850–2022). Rozdíly mezi jednotlivými datovými soubory, a tedy i v jejich pořadí, vyplývají z rozdílů v metodách a nepřesností vstupních dat a také z toho, že některé oblasti Země zůstávají málo pozorované. Roky 2015–2022 jsou ve všech datových souborech osmi nejteplejšími zaznamenanými roky.

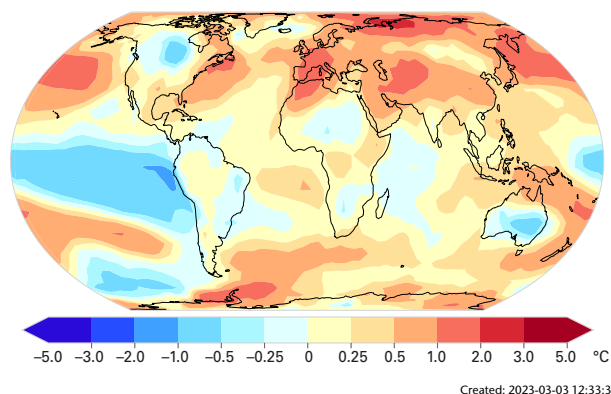
Podmínky La Niña přetrvávají již třetím rokem, přičemž začaly na konci roku 2020. La Niña je obvykle

spojena s dočasným snížením globální průměrné teploty a roky 2021 i 2022 byly z tohoto důvodu méně teplé než roky 2019 a 2020. Nicméně roky 2021 a 2022 byly teplejší než rok 2011 (kdy byl globální průměr o $0,87 \pm 0,13$ °C vyšší než průměr let 1850–1900), poslední rok, který byl postižen výraznou událostí La Niña, také byly teplejší než kterýkoli rok před rokem 2015. Ve většině datových souborů zůstává rok 2016, který byl spojen s mimořádně silným jevem El Niño, celosvětově nejteplejším zaznamenaným rokem s globálním průměrem $1,28 \pm 0,13$ °C nad průměrem let 1850–1900.



Obr. 4 Odchylka globální roční průměrné teploty od předindustriálních podmínek (1850–1900) pro šest globálních datových souborů teploty.

Fig. 4. Global annual mean temperature anomalies with respect to pre-industrial conditions (1850–1900) for six global temperature data sets (1850–2022).



Obr. 5 Odchylka povrchové teploty vzduchu v roce 2022 v porovnání s průměrem 1991–2020. Mapa ukazuje střední odchylku vypočítanou ze šesti datových souborů.

Fig. 5. Near-surface temperature differences between 2022 and the 1991–2020 average. The map shows the median anomaly calculated from six data sets.

Ve zprávě IPCC AR6 WG I bylo dlouhodobé oteplování hodnoceno pomocí víceletých průměrů. Pro desetiletí 2011–2020 byla průměrná teplota odhadnuta na $1,09 \pm 0,12$ °C nad průměrem let 1850–1900. Desetiletý průměr pro období 2013–2022 na základě zde použitých datových souborů se odhaduje na $1,14 \pm 0,12$ °C, což naznačuje pokračující oteplování.

Na pevnině (obr. 5) byly rekordní roční teploty zaznamenány v západní Evropě (kde řada zemí zaznamenala nejteplejší rok v historii, včetně Spojeného království, Francie, Irska, Portugalska, Španělska, Belgie, Lucemburska, Itálie, Německa a Švýcarska), v západním Středomoří, v některých částech střední a východní Asie a na Novém Zélandu. Nad oceánem se rekordní teplo rozšířilo do rozsáhlých oblastí severního a jižního Pacifiku a také v oblastech Jižního oceánu.

Žádná oblast nezaznamenala v roce 2022 rekordně nízké roční teploty (obr. 5). Chladnější než průměr let 1991–2020 byly podmínky v Kanadě, částech jižní a severní Afriky, částech Austrálie (v Novém Jižním Walesu byl nejchladnější rok od roku 1996) a částech Jižní Ameriky. La Niña je spojena se „studným jazykem“ teplotně podprůměrných povrchových vod ve středním a východním rovníkovém Pacifiku, který je obvykle obklopen oblastmi teplotně nadprůměrných vod probíhajících od severního Pacifiku, podél západního okraje a dolů do jihozápadního Pacifiku. V roce 2022 bylo naměřeno rekordní oteplování v rozsáhlých oblastech severního a jihozápadního Tichého oceánu.

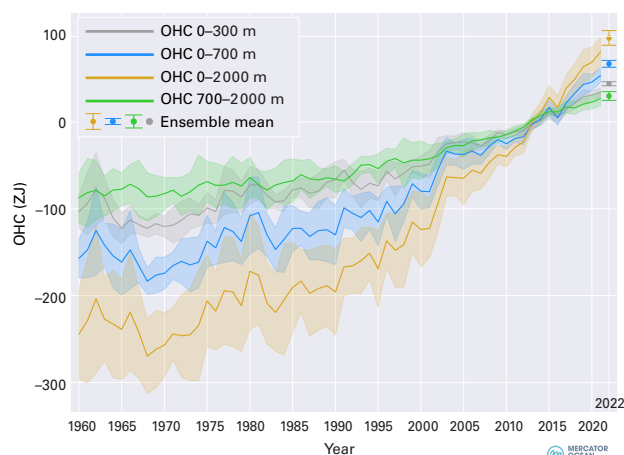
1.3 Oceány

Oceán, který pokrývá přibližně 70 % zemského povrchu, je důležitou součástí klimatického systému. Pohlcuje CO_2 i teplo, čímž zpomaluje tempo globálního oteplování atmosféry. Současně mají výsledné změny chemického složení a teploty vážné účinky, které snižují pH oceánu, zvyšují hladinu moří, mění oceánské proudy, ovlivňují mořský život a biologickou rozmanitost, a tím pádem i lidi, jejichž živobytí je na oceánu závislé.

1.3.1 Obsah tepla v oceánu

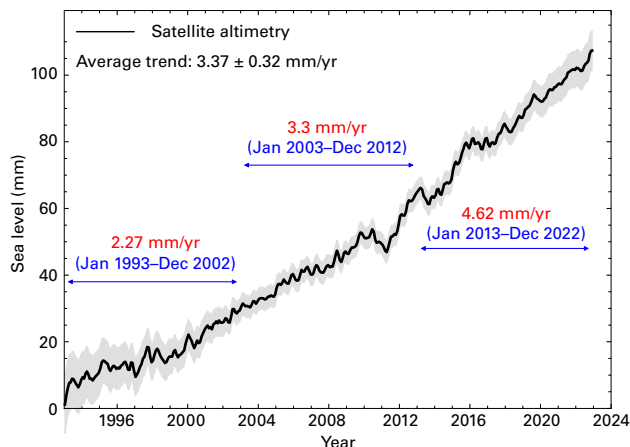
Tepelný obsah oceánu, zvyšující se emise CO_2 a dalších skleníkových plynů způsobují kladnou radiační nerovnováhu na horní hranici atmosféry, která vede ke globálnímu oteplování prostřednictvím akumulace energie ve formě tepla. Tepelný obsah oceánu OHC (Ocean Heat Content) je měřítkem této akumulace tepla v systému Země, protože přibližně 90 % je uloženo v oceánu. Kladná energetická nerovnováha signalizuje, že klimatický systém Země stále reaguje na současné působení a že k dalšímu oteplování dojde, i když se působení nebude dále zvyšovat. IPCC ve své nedávné zprávě dospěl k závěru, že „je prakticky jisté, že se horní část světového oceánu (0–700 m) od 70. let 20. století otepluje, a je velmi pravděpodobné, že hlavní příčinou je vliv člověka“.

Horních 2 000 m oceánu se v roce 2022 nadále oteplovalo a očekává se, že se budou oteplovat i v budoucnu, což způsobí změny, které jsou nevratné v časovém měřítku staletí až tisíciletí. OHC v roce 2022 bylo nejvyšší v historii (obr. 6) a překročilo hodnotu z roku 2021 o 17 ± 9 ZJ. Všechny soubory dat se shodují v tom, že míra oteplování oceánů byla v posledních dvou desetiletích obzvláště vysoká: v hloubce 0–2 000 m byla v letech 1971–2022 $0,7 \pm 0,1$ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$, ale v letech 2006–2022 $1,2 \pm 0,2$ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$. Oteplování oceánu v hloub-



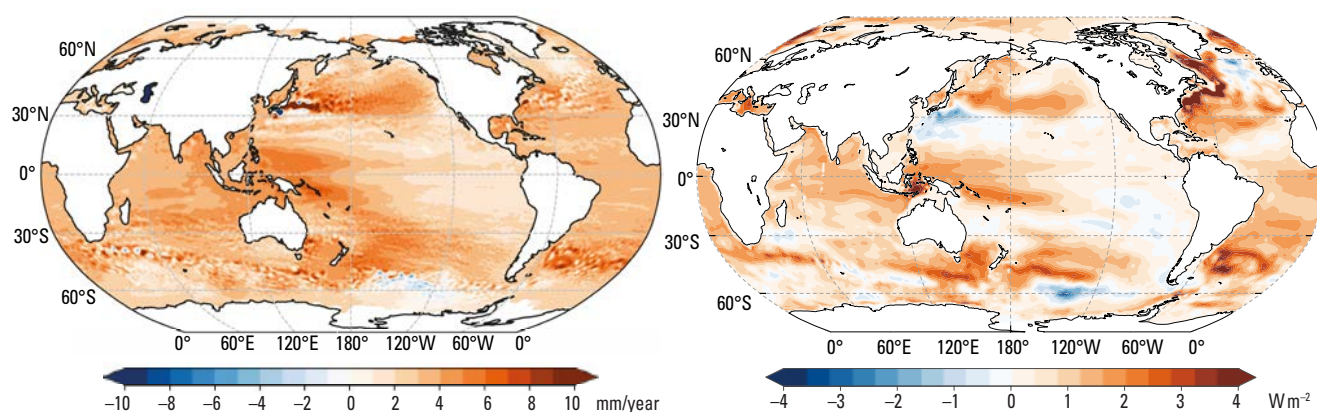
Obr. 6 Odchylka průměru globálního OHC 1960–2022 od 2005–2021 a směrodatná odchylka (stínování) pro vrstvy 0–300 m (šedá), 0–700 m (modrá), 0–2 000 m (žlutá) a 700–2 000 m (zelená). Průměr souboru je aktualizací výsledku společného mezinárodního úsilí v oblasti dat a analýz. Hodnoty jsou uvedeny pro oblast povrchu oceánu mezi 60° j.z.š. a 60° s.z.š. a jsou omezeny na 300 m batymetrie každého produktu. Střední hodnoty OHC pro rok 2022 byly přidány jako samostatné body spolu s jejich rozptylem v souboru a jsou založeny na osmi datových produktech.

Fig. 6. 1960–2021 ensemble mean time series and ensemble standard deviation (2 standard deviations, shaded) of global OHC anomalies relative to the 2005–2021 average for the 0–300 m (grey), 0–700 m (blue), 0–2 000 m (yellow) and 700–2 000 m (green) depth layers. The ensemble mean is an update of the outcome of a concerted international effort. Note that values are given for the ocean surface area between 60°S and 60°N and limited to areas deeper than 300 m in each product. The ensemble-mean OHC anomalies for the year 2022 have been added as separate points, together with their ensemble spread, and are based on the eight products.



Obr. 7 Globální vývoj úrovně průměrné hladiny oceánu od ledna 1993 do prosince 2022 (černá křivka) s přidruženou nejistotou (stínovaná oblast) na základě vysoce přesných satelitních měření. Vodorovné barevné čáry představují průměrné lineární trendy ve třech po sobě jdoucích časových úsecích. Zdroj: Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiales (LEGOS); data z výškoměru AVISO (<https://www.aviso.altimetry.fr>).

Fig. 7. GMSL evolution from January 1993 to December 2022 (black curve) with associated uncertainty (shaded area) based on satellite altimetry. The horizontal, coloured lines represent the average linear trends over three successive, time spans. Source: Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiales (LEGOS); data from AVISO altimetry (<https://www.aviso.altimetry.fr>).



Obr. 8 Vlevo: Vývoj hladiny moře ($\text{mm}\cdot\text{rok}^{-1}$) v období 1993–2022. Zdroj: LEGOS, data z Copernicus Climate Change Service (<https://climate.copernicus.eu>). Vpravo: Trendy OHC ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$) pro hloubku 0–2000 m pro období 1993–2022.

Fig. 8. Left: Sea-level trends ($\text{mm}\cdot\text{yr}^{-1}$) for the period 1993–2022. Source: LEGOS, data from the Copernicus Climate Change Service (<https://climate.copernicus.eu>). Right: OHC trends ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$) for 0–2 000 m depth for the period 1993–2022.

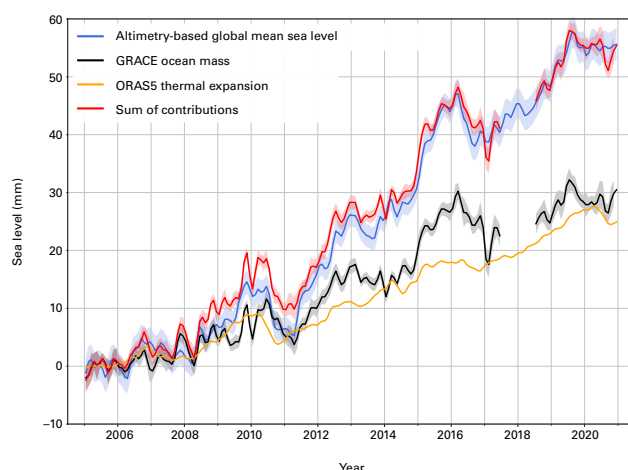
ce pod 2 000 m se odhaduje na $0,0725 \pm 0,1 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ v letech 1992 až 2022.

Ačkoli se globální průměrná hodnota OHC výrazně zvýšila, tempo oteplování oceánů nebylo všude stejné. K nejsilnějšímu oteplení v horních 2 000 m došlo v Jižním oceánu, severním a jižním Atlantiku, kde oteplení lokálně přesáhlo $2 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. Jižní oceán je největším rezervoárem tepla, na který připadá přibližně 36 % globálního nárůstu OHC v horních 2 000 m od roku 1958. Toto výrazné oteplení souvisí s absorpcí antropogenního tepla studenými vzestupnými proudy, které je následně převrácenou cirkulací exportováno k severnímu okraji Západního příhonu.

1.3.2 Úroveň hladiny oceánu

Globální průměrná hladina oceánu (GMSL) v roce 2022 nadále stoupala (obr. 7). Vzestup GMSL se odhaduje na $3,4 \pm 0,3 \text{ mm}\cdot\text{rok}^{-1}$ za 30leté období družicových měření (1993–2022). Mezi první (1993–2002) a poslední dekádu záznamu (2013–2022) se tempo zdvojnásobilo, přičemž přesáhlo hodnotu $4 \text{ mm}\cdot\text{rok}^{-1}$. Zrychlení růstu GMSL se odhaduje na $0,12 \pm 0,05 \text{ mm}\cdot\text{rok}^{-2}$ za 30 let. Zvyšování hladiny moří není všude stejné, přičemž rozdíly jsou částečně způsobeny místními změnami OHC (obr. 8).

Ke změnám úrovně hladiny moří přispívá oteplování oceánů, tání ledu z ledovců a ledových příkrovů a změny v zásobách vody na pevnině. Rozpočet GMSL porovnává součet odhadů jednotlivých složek s celkovou GMSL měřenou družicemi. Pokud se součet odhadů shoduje s celkovou hodnotou GMSL, rozpočet se považuje za „uzavřený“. Rozpočet byl nedávno aktualizován a lze ho nyní v rámci nejistoty údajů uzavřít do konce roku 2020 (obr. 9). Pro období 2005–2019, kdy lze odhadnout jednotlivé hmotnostní příspěvky, přispěl celkový úbytek pevninského ledu z ledovců Grónska a Antarktidy k nárůstu GMSL 36 % a oteplování oceánů (prostřednictvím tepelné expanze) 55 %. Změny v množství pevninské vody přispěly méně než 10 %.

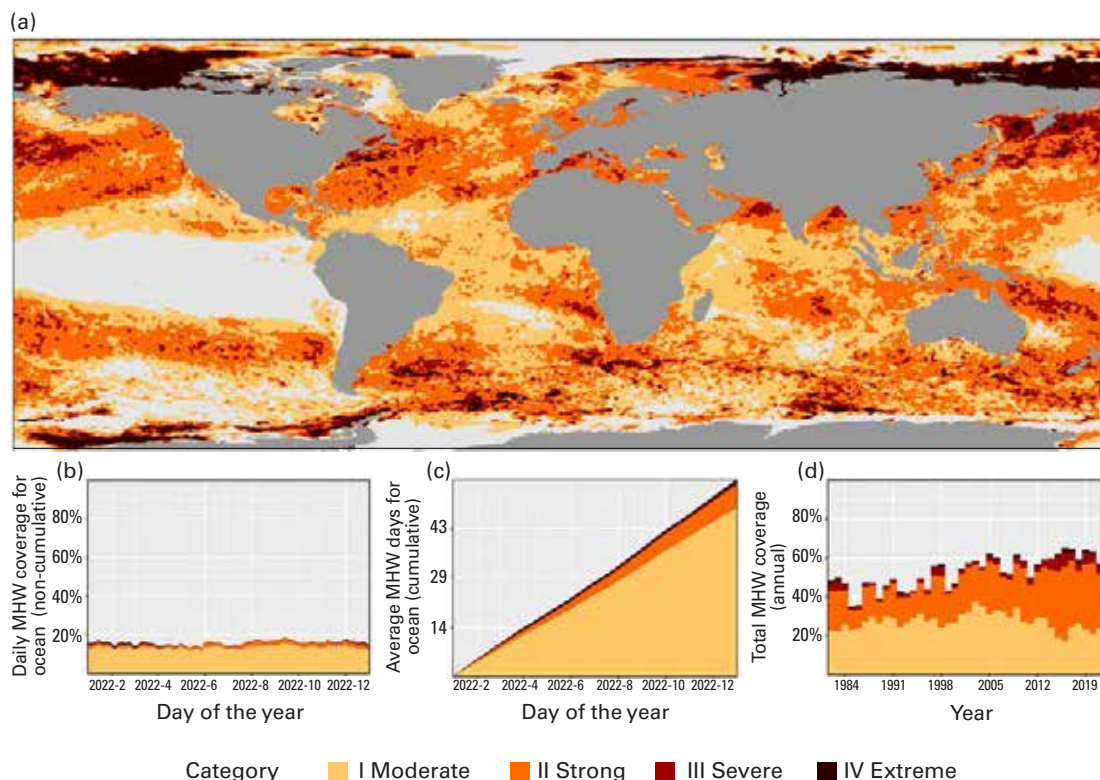


Obr. 9 Rozpočet GMSL od ledna 2005 do prosince 2020. Údaje z Jason-3 použité pro GMSL od roku 2008 jsou korigovány o drift palubního radiometru. Všimněte si, že maska použitá na údaje o hladině moře se liší od masky použité na obrázku 6, takže některé detaily se mohou lišit. Hmotnost oceánu na základě GRACE je ansámblovým průměrem šesti různých řešení. Teplotní expanze vychází z reanalýzy ORAS5.

Fig. 9. GMSL budget between January 2005 and December 2020. The Jason-3 data used for the GMSL as of 2008 are corrected for the onboard radiometer drift. Note that the mask applied to the sea-level data is different from that used in Figure 6, so some details may differ. GRACE-based ocean mass is an ensemble mean of six different solutions. The thermal expansion is based on the global ORAS5 reanalysis.

1.3.3 Mořské horké a studené vlny

Obdobně jako vlny veder a chladu na pevnině jsou mořské vlny veder (Marine HeatWaves, MHW) a mořské vlny chladu (Marine Cold Spells, MCS) delšími obdobími extrémního tepla nebo chladu postihující oceán. Mohou mít řadu důsledků pro mořské živočichy a na nich závislých společenstev. V průběhu dvacátého století se MHW vyskytovaly stále častěji. Ke sledování MHW a MCS se používají satelitní snímky teploty mořské hladiny a dělí se na střední, silné, závažné a extrémní.



Obr. 10 (a) Globální mapa ukazující nejvyšší kategorii MHW zaznamenanou u každého pixelu v průběhu roku 2022 (referenční období 1982–2011). Světle šedá označuje, že v pixelu se po celý rok nevyskytla žádná MHW; (b) Procento oceánských pixelů zažívajících MHW v kterýkoli daný den v roce; (c) Kumulativní počet MHW dnů zprůměrovaný na všechny pixely v oceánu. Poznámka: Průměr se vypočítá z kumulativního součtu dnů MHW na pixel váženého plochou těchto pixelů; (d) Celková roční plocha oceánu, na které došlo k MHW v letech 1982 až 2022. Data pocházejí ze systému OISST (Optimum Interpolation Sea Surface Temperature) Národního úřadu pro oceán a atmosféru (NOAA).

Fig. 10. (a) Global map showing the highest MHW category (for definitions, see Data sets and methods) experienced at each pixel (resolution is $0.25^\circ \times 0.25^\circ$) over 2022 (reference period 1982–2011). Light grey indicates that no MHW occurred in a pixel over the entire year. (b) Stacked bar plot showing the percentage of the surface of the ocean experiencing an MHW on any given day of the year. (c) Stacked bar plot showing the cumulative number of MHW days averaged over the surface of the ocean. Note: The average is calculated by dividing the cumulative sum of MHW days per pixel weighted by the surface area of those pixels. (d) The annual total surface area of the ocean that experienced a MHW from 1982 to 2022. Data are from the National Oceanic and Atmospheric Administration Optimum Interpolation Sea Surface Temperature (NOAA) OISST.

Celkově se v roce 2022 vyskytla alespoň jedna MHW na 58 % povrchu oceánu (obr. 10d), což je méně než rekordních 65 % v roce 2016 a podobná hodnota jako v roce 2021 (57 %). Celkem 25 % povrchu oceánu zažilo během roku 2022 alespoň jednu MCS, což je podobná hodnota jako v roce 2021 (25 %) a výrazně méně než rekord z roku 1985 (63 %).

La Niña a s ní spojené podprůměrné teploty povrchu moře (SST) vedly k tomu, že rovníkový Pacifik byl jednou z mála oceánských oblastí, kde se v roce 2022 vyskytly rozsáhlé silné MCS. Jižní oceán je však jedinou oblastí, ve které došlo k dlouhodobému prodloužení trvání MCS, i když v omezených oblastech. V Arktidě se v mořích Laptěvů a Beaufortově od jara do podzimu roku 2022 vyskytovaly závažné a extrémní MHW. Severně od Špicberků a východně od Rossova moře byly zaznamenány pozoruhodné extrémní MHW již druhý rok po sobě.

1.3.4 Okyselení oceánu

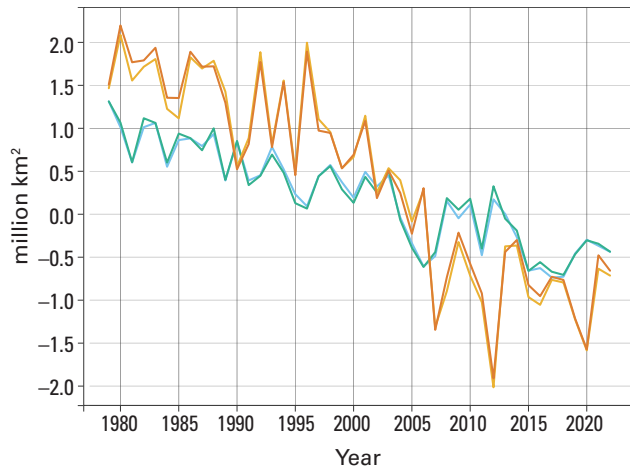
Mezi lety 1960 a 2021 pohltil oceán přibližně 25 % ročních emisí antropogenního CO_2 z atmosféry, čímž částečně pomohl zmírnit dopady změny klimatu. Negativní dopady na oceán jsou však vysoké; CO_2 reaguje s mořskou vodou, což má za následek pokles pH označovaný jako okyselování (acidifikace) oceánu. Okyselování oceánů ohrožuje organismy a ekosystémové

služby. Se zvyšující se kyselostí a teplotou oceánu se snižuje jeho schopnost absorbovat CO_2 z atmosféry, což může bránit úloze oceánu při zmírňování změn klimatu. Význam okyselování oceánů se odráží v ukazateli 14.3.1 cíle udržitelného rozvoje (SDG) a probíhá celosvětové úsilí o monitorování okyselování oceánů.

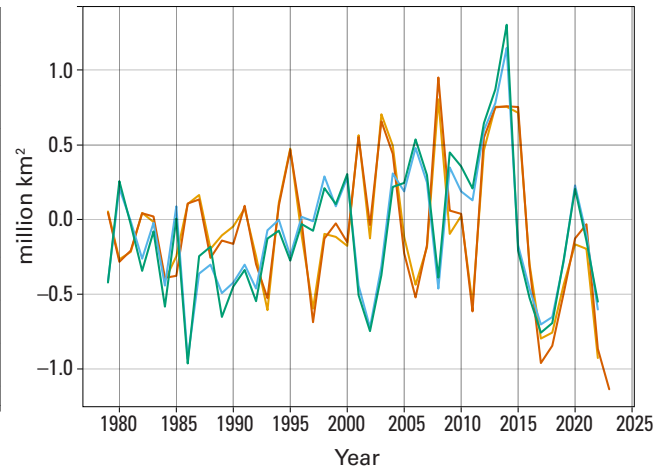
Omezený počet dlouhodobých pozorování v otevřeném oceánu ukázal pokles pH, přičemž od konce 80. let 20. století se průměrné globální pH povrchového oceánu měnilo o 0,017–0,027 jednotek pH za desetiletí. IPCC AR6 dospěl k závěru, že „existuje velká pravděpodobnost, že pH na hladině otevřeného oceánu je nyní nejnižší za posledních nejméně 26 tisíc let a současná rychlost změny pH je přinejmenším od té doby bezprecedentní“. Pozorování okyselování oceánů z pobřežních oblastí ukazují pestřejší obraz, což je způsobeno složitou souhrou faktorů, jako je příliv sladké vody, biologická aktivita a antropogenní vlivy v pobřežních mořích.

1.4 Kryosféra

Do kryosféry patří zamrzlé oblasti Země zahrnující mořský led, ledovce a pevninské ledovce, sníh a permafrost. V důsledku nehostinnosti a odlehlosti některých těchto oblastí je náročné provádět zde dlouhodobá měření.



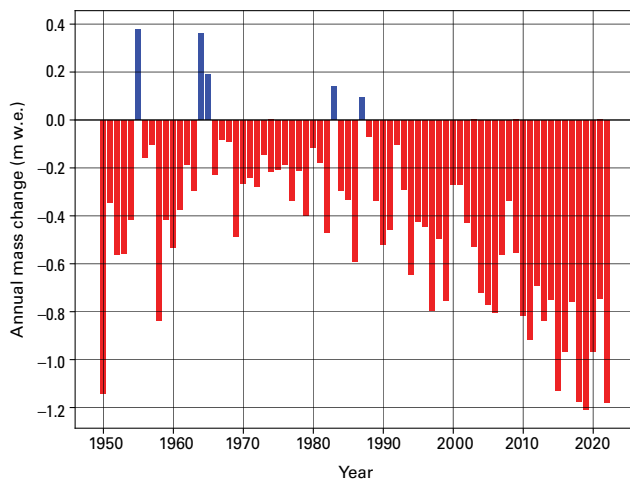
NSIDC March (1979–2022)
OSI SAF March (1979–2022)
NSIDC September (1979–2022)
OSI SAF September (1979–2022)



NSIDC SH February (1979–2022)
OSI SAF SH February (1979–2023)
NSIDC SH September (1979–2022)
OSI SAF SH September (1979–2022)

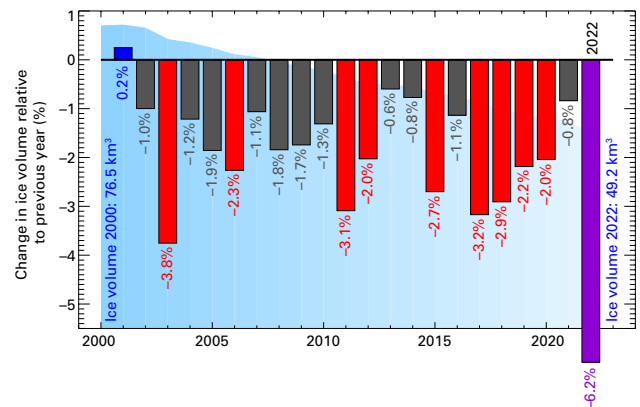
Obr. 11 Rozdíl rozsahu mořského ledu v letech 1979 až 2022 (vzhledem k průměru let 1991–2020) pro (vlevo) Arktidu a (vpravo) Antarktidu. Modré/zelené čáry označují odchylky v ročním maximálním rozsahu ledu (březen nebo září) a oranžové/červené čáry odpovídají ročnímu minimálnímu rozsahu ledu (září nebo únor). Zdroj: Data z EUMETSAT OSI SAF v2p1 a National Snow and Ice Data Center (NSIDC) v3 (Fetterer et al. 2017).

Fig. 11. Sea-ice extent anomalies 1979 to 2022 (relative to the 1991–2020 average) for (left) the Arctic and (right) the Antarctic. Blue/green lines indicate the anomalies in annual maximum ice extent (March or September), and orange/red lines correspond to the annual minimum ice extent (September or February). Source: Data from EUMETSAT OSI SAF v2p1 and National Snow and Ice Data Centre (NSIDC) v3 (Fetterer et al. 2017).



Obr. 12 Globální hmotnostní bilance souboru přibližně 40 referenčních ledovců po celém světě za období 1950–2022. Zdroj: Zdroj: poskytnutá data Světový ledovec Monitorovací služby ledovců (www.wgms.ch).

Fig. 12. Global annual mass change of a composite of approximately 40 reference glaciers worldwide covering the period 1950–2022. Source: Data provided by the World Glacier Monitoring Services (www.wgms.ch).



Obr. 13 Celkový roční úbytek švýcarských ledovců vztahený k současnému objemu ledu v letech 2002–2022. Svislé sloupce označují procentuální změnu objemu ledu ve srovnání s předchozím rokem. Červené a fialové sloupce představují 10 největších zaznamenaných relativních úbytků hmotnosti. Fialový sloupec je relativní úbytek hmotnosti pro rok 2022. Modře stínovaná oblast v pozadí představuje celkový objem ledu. Zdroj: Matthias Huss na základě údajů z Glacier Monitoring Switzerland, 2022: Hmotnost švýcarského ledovce (vydání 2022), <https://doi.org/10.18750/massbalance.2022.r2022>.

Fig. 13. Total annual loss of Swiss glaciers related to the current ice volume 2002–2022. The vertical bars indicate the percentage change in ice volume relative to the previous year. Red and purple bars are the 10 largest relative mass losses on record. The purple bar is the relative mass loss for 2022. The blue shaded area in the background represents the overall ice volume. Source: Matthias Huss based on Glacier Monitoring Switzerland, 2022: Swiss Glacier Mass Balance (Release 2022), <https://doi.org/10.18750/massbalance.2022.r2022>.

1.4.1 Mořský led

Arktida

Rozloha arktického mořského ledu v roce 2022 byla po většinu roku pod průměrem let 1991–2020, přičemž jarní měsíční maximum mořského ledu v březnu 2022 činilo 14,59 milionu km², což je o 0,44 milionu km² méně než dlouhodobý průměr (obr. 11). Minimální měsíční rozsah v září činil 4,87 mil. km², což je o 0,71 mil. km² méně než dlouhodobý průměr. Minimální rozsah ledu byl větší než průměrné minimální hodnoty za poslední desetiletí (2012–2021), což odpovídá mírnému létu v této oblasti, ale stále se jedná o jedenáctý nejnižší měsíční minimální rozsah ledu v satelitních záznamech. Nejmenší denní rozsah v tomto roce 4,67 milionu km², byl zaznamenán 18. září 2022 a zařadil se na desáté místo v historii záznamu.

Antarktida

Rozloha mořského ledu v Antarktidě zaznamenala v posledních 10 letech rekordní maxima (2014) i minima (2017, 2022). Rozloha mořského ledu v Antarktidě klesla 25. února 2022 na 1,92 milionu km², což je nejnižší zaznamenaná úroveň a téměř 1 milion km² pod dlouhodobým průměrem (1991–2020). Počátky úbytku ledu lze vysledovat na přelomu října a listopadu 2021, kdy se západně od Antarktického poloostrova vyskytla série bouří. Tato oblast je silně ovlivňována oscilací El Niño–Southern Oscillation (ENSO) a bouře odpovídají tehdejšími podmínkám La Niña. Jižní vítr o rychlosti až 30 m·s⁻¹ posunul mořský led od pobřeží západní části Antarktického poloostrova, čímž se vytvořila oblast prostá ledu o rozloze 1 milion km² známá jako polynie. Tato obnažená oblast oceánu se na letním slunci rychle ohřívala, což vedlo k dalšímu úbytku mořského ledu.

Po únorovém ročním minimu rozlohy mořského ledu byla celková rozloha antarktického mořského ledu až do konce roku 2022 nepřetržitě pod třicetiletým průměrem (1991–2020), včetně období s rekordně nízkými hodnotami v červnu a červenci. Maximální roční rozsah antarktického mořského ledu v říjnu 2022 byl o 0,8 milionu km² nižší než průměrný maximální rozsah.

1.4.2 Ledovce

Ledovce jsou tvořeny ze sněhu, který zhutněním vytvořil led, ten se může deformovat a stékat do nižších a teplejších nadmořských výšek, kde taje. Pokud ledovec končí v jezeře nebo oceánu, ke ztrátě ledu dochází také táním v místě dotyku ledu a vody, nebo telením přední části ledovce za vzniku ledových ker.

V hydrologickém roce 2021/2022 zaznamenalo přibližně 40 ledovců s dlouhodobým pozorováním, které monitoruje Světová služba pro monitorování ledovců, průměrnou hmotnostní bilanci –1,18 m vodní hodnoty. Tato ztráta je mnohem větší než průměr za poslední desetiletí (obr. 12). Kumulativní hmotnostní bilance od roku 1970 dosáhla ztráty více než 26 m vodní hodnoty. K rekordnímu tání ledovců došlo v evropských Alpách (viz níže), ale na Islandu a v severním Norsku došlo k určitým hmotnostním přírůstkům spojeným s nadprůměrnými srážkami a relativně chladným létem, byly tedy pozorovány výrazné regionální rozdíly. Měření na vysokohorských ledovcích v Asii, západní části Severní Ameriky, Jižní Americe a v některých částech Arktidy rovněž ukazují na značné úbytky hmotnosti ledovců. Výrazné tání ledovců ve většině regionů v roce 2022 je v souladu s dlouhodobým

zrychlováním úbytku hmoty ledovců, přičemž šest z deseti zaznamenaných let s nejzápornější hmotnostní bilancí, včetně roku 2022, nastalo od roku 2015.

V evropských Alpách došlo v roce 2022 k mimořádně rekordnímu úbytku hmotnosti ledovců. Hmotnostní úbytky byly daleko za rozsahem historické variability. V celých Alpách byly naměřeny průměrné změny tloušťky o 3 až 4 metry, což je podstatně více než v dosud rekordním roce 2003. Ve Švýcarsku došlo v letech 2021 až 2022 ke ztrátě 6 % objemu ledovců (obr. 13). Existují tři důvody tohoto extrémního tání ledovců. Za prvé, v zimě napadlo velmi málo sněhu, což znamenalo, že led nebyl na začátku léta chráněn. Za druhé, v březnu 2022 se nad Alpy přihnál prach ze Sahary. Prach ztmavil povrch sněhu (zmenšil jeho albedo), který následně absorboval více slunečního tepla, což dále urychlilo tání sněhu. Zatřetí, vlny veder mezi květnem a začátkem září 2022 vedly k masivnímu úbytku ledu. Sníh na ledovcích začal tát přibližně o měsíc dříve než obvykle a poprvé v historii nevydržel letní období tání žádný sníh ani na nejvyšších místech měření, a nedošlo tak k akumulaci čerstvého ledu. Mezi lety 2001 a 2022 se objem ledovcového ledu ve Švýcarsku snížil ze 77 km³ na 49 km³, což představuje pokles o více než jednu třetinu.

V létě vystoupala nulová izoterma v evropských Alpách na více než 5 000 metrů nad mořem. Při výstupu meteorologického balónu ve švýcarském Payerne byla 25. července zaznamenaná teplota 0 °C ve výšce 5 184 m n. m., což je nejvyšší hodnota v 69letém záznamu a teprve podruhé překročila hranice bodu mrazu výšky 5 000 m n. m. Nové teplotní rekordy byly zaznamenány také na vrcholu Mont Blancu. V souvislosti s horkem byla pozorována silná aktivita skalního řícení. Odtržení ledovce a ledová lavina způsobené táním na Marmoladě v Itálii zabilo 11 horolezců.

Ledovce v západní části Severní Ameriky zaznamenaly v roce 2022 úbytek hmoty, který odpovídá průměrnému úbytku za poslední dvě desetiletí. Na počátku podzimu 2022 však v této oblasti (a v Grónsku, viz níže) došlo k neobvykle záporným hmotnostním bilancím, které souvisely s vysokými teplotami v září a říjnu. V jihozápadní Kanadě zůstaly ledovce v těchto měsících bez sněhu a po skončení sezóny ztratily dalších ~0,6 m vodní hodnoty ledu, což zhruba zdvojnásobilo čistý roční úbytek hmoty z těchto ledovců za září 2021 až srpen 2022. Tento úbytek hmoty není zachycen při typických terénních měřeních, které zjišťují změny na konci letního období tání, například na začátku září.

1.4.3 Kontinentální ledovce

Ledový příkrov je plocha ledu na pevnině na ploše více než 50 000 km². V současném klimatu existují dva ledové příkrovy: grónský a antarktický ledový příkrov. Celková hmotnostní bilance (TMB) ledového příkrovu je součtem tří složek: povrchové hmotnostní bilance (SMB), mořské hmotnostní bilance (MMB) a bazální hmotnostní bilance (BBM). SMB je rozdíl mezi akumulací sněhu a odtokem tající vody z ledového příkrovu. MMB je ztráta hmoty na okraji ledové pokrývky v důsledku telení ledovců a tání ledu, který je v kontaktu s oceánem. BBM se skládá z tání na dně ledového příkrovu v důsledku geotermálního tepla a tření, když led klouže po zemi pod ním. Záporná hmotnostní bilance naznačuje úbytek hmotnosti ledu; kladná hmotnostní bilance znamená přírůstek.

Grónský ledovec

V případě grónského ledového příkrovu činil odhadovaný TMB v roce 2022 (od 1. září 2021 do 31. srpna 2022) -85 Gt, což představuje čistý úbytek ledu. SMB v letech 2021–2022 činila přibližně 420 Gt, což je desátá nejvyšší hodnota v souboru dat (1980–2022). Nicméně grónský ledový příkrov skončil se záporným TMB již dvacátý šestý rok v řadě, a to především v důsledku silně záporného MMB ve výši -480 Gt. Nezávislé měření TMB je k dispozici od roku 2002 na základě družicového měření GRACE a GRACE Follow-on (FO). Údaje GRACE-FO ukazují hodnotu TMB -305 Gt, což je mnohem větší úbytek hmoty než odhad -85 Gt z regionálních modelů hmotnostní bilance. To odráží rozdílné metody a může také odrážet dodatečné úbytky hmoty v září zachycené družicí GRACE-FO.

Období tání a ablace v Grónsku začalo v roce 2022 pozdě a léto bylo v porovnání s posledními roky poměrně chladné. Na konci července 2022 však nastalo období vysokých teplot s intenzivním táním na velké části ledového příkrovu. Mimořádně teplé bylo také září 2022 s nadprůměrným táním v průběhu celého měsíce. Na stanici Summit Station, nejvyšším bodě Grónska (v nadmořské výšce 3 200 m), bylo zaznamenáno nejteplejší září v historii (od roku 1991) a 3. září 2022 došlo k tání, což je poprvé, kdy bylo na tomto místě zaznamenáno tání v září. Později v září na ledovou pokrývku silně přišlo, což bylo spojeno s extratropickou cyklonou Fiona, rovněž v září poprvé. Zářijový úbytek hmoty není zahrnut do výše uvedených -85 Gt, protože za konec období tání v Grónsku se obvykle považuje 31. srpen.

Antarktický ledovec

Antarktický ledový příkrov má také dlouhodobý trend úbytku hmoty, přičemž průměrná rychlost změny hmoty činí -117 ± 57 Gt za rok v období záznamu mise GRACE, tedy od dubna 2002 do října 2022. V roce 2022 antarktický ledový příkrov navzdory tomuto dlouhodobému trendu nabral na hmotnosti, přičemž odhadovaná změna hmotnosti od ledna do října 2022 činí $+110$ Gt. Roky s kladným TMB nejsou v záznamech GRACE nijak neobvyklé (viz například roky 2004, 2005 a 2016), ale předběžné výsledky do října 2022 naznačují, že ledový příkrov zaznamenal největší přírůstek hmotnosti od roku 2005.

Přírůstek hmotnosti byl důsledkem neobvykle vysokých sněhových srážek a SMB. Od března 2022 do prosince 2022 byla akumulace sněhu téměř 300 Gt nad normálem, což souviselo s nadnormálními teplotami a vysokým množstvím sněhu na západě Antarktického poloostrova, Wilkesově zemi a velké části Východoantarktické plošiny. Antarktický ledový příkrov má vždy kladný SMB (větší akumulace sněhu než tání), který je vyrovnáván mořským táním a odtokem ledovců. Nedávné úbytky hmoty v Arktidě ve výši přibližně -100 Gt ročně byly způsobeny vysokou mírou tání v moři a odtokem ledovců na pobřeží Amundsenova moře. Přebytek SMB ve výši přibližně 300 Gt stačil k vyrovnání těchto ztrát, což vedlo v roce 2022 k pozitivnímu TMB.

1.4.4 Sníh

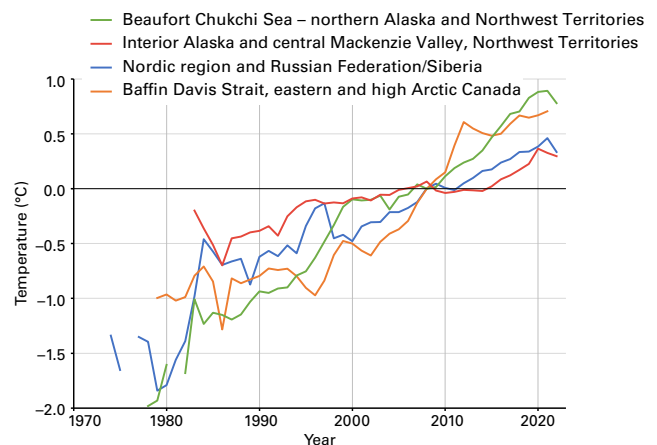
Sezónní sněhová pokrývka na severní polokouli na konci jara a v létě dlouhodobě klesá. Rozsah sněhové pokrývky (Snow Cover Extent, SCE) v roce 2022 se blížil průměru let 2001–2020 a byl v souladu s těmito dlouhodobými trendy. Na základě analýz produktu Rutgers Northern Hemisphere (NH) Snow Cover Extent byl průměrný denní rozsah SCE v období od srpna 2021

do července 2022 o 2,5 % nižší než průměr let 2001–2020, přičemž největší odchylka byla v červnu 2022, kdy rozsah sněhové pokrývky činil $-1,68$ milionu km^2 , což je 21 % pod průměrem. Úbytek jarního rozsahu sněhové pokrývky na severní polokouli je konzistentní napříč datovými soubory a v roce 2022 byl podprůměrný červnový rozsah způsoben podprůměrnou sněhovou pokrývkou jak v Severní Americe, tak v Eurasii, kde byla červnová SCE druhá, resp. třetí nejnižší v historii za období 1967–2022.

1.4.5 Permafrost

Permafrost je půda, kde zůstává teplota kolem nebo pod 0°C po dobu nejméně dvou po sobě následujících let. Permafrost může obsahovat značné množství ledu a jeho oteplování a tání může mít významné důsledky pro stabilitu krajiny, hydrologii, ekosystémy a integritu infrastruktury. Zmrzlá půda může také obsahovat uhlík, který se může při tání uvolňovat, což má dopad na koncentrace skleníkových plynů a zpětnou vazbu na klima. Zpráva IPCC AR6 WG I dospěla k závěru, že „nárůst teplot v horních 30 m permafrostu byl pozorován od začátku pozorovacích programů v posledních třech až čtyřech desetiletích ve všech oblastech permafrostu“.

Teplota věčně zmrzlé půdy se měří v mnoha vrtech po celé Arktidě, přičemž záznamy z některých míst jsou již delší než čtyři desetiletí. V hloubkách na úrovni minimálních sezónních vlivů nebo blízko ní naznačují, že se permafrost otepluje již od 70. let 20. století (obr. 14), přičemž v posledních dostupných údajích byly na mnoha místech pozorovány rekordně vysoké hodnoty. Větší míra oteplování permafrostu ($0,4^\circ\text{C}$ až $0,6^\circ\text{C}$

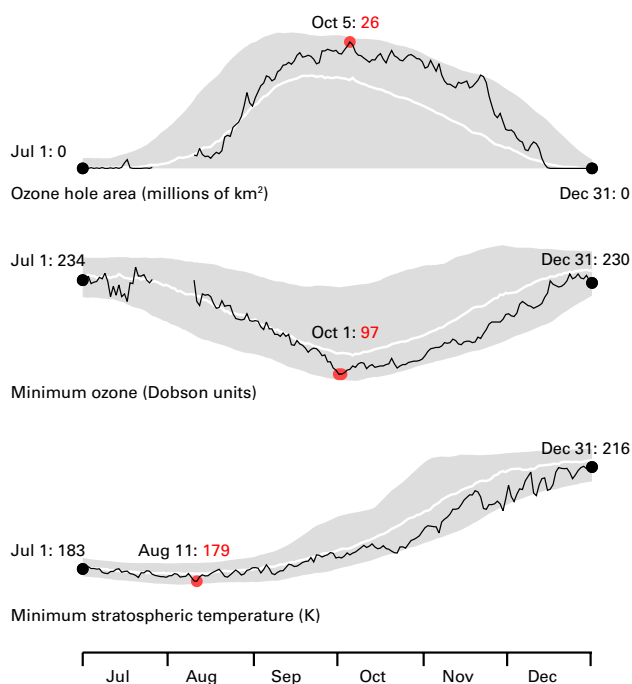


Obr. 14 Průměrné odchylky teploty permafrostu (měřené v horních 20–30 m) v letech 1974–2022 od základní hodnoty stanovené během Mezinárodního polárního roku (2007–2009) pro arktické oblasti. Umístění lokalit v jednotlivých regionech a rychlost změny teploty pro jednotlivé lokality viz Smith, S. L.; O'Neill, H. B.; Isaksen, K. et al. *The Changing Thermal State of Permafrost*. *Nature Reviews Earth and Environment* 2022 3, 10–23. <https://doi.org/10.1038/s43017-021-00240-1>. Některé lokality byly založeny po roce 2000.

Fig. 14. Average departures of permafrost temperature (measured in the upper 20–30 m) 1974–2022 from a baseline established during the International Polar Year (2007–2009) for Arctic regions. See Smith, S. L.; O'Neill, H. B.; Isaksen, K. et al. *The Changing Thermal State of Permafrost*. *Nature Reviews Earth and Environment* 2022 3, 10–23. <https://doi.org/10.1038/s43017-021-00240-1> for the location of sites in each region and rates of temperature change for individual sites. Some sites were established after 2000.

za desetiletí) je obecně pozorována v chladnějším permafrostu ($<2\text{ }^{\circ}\text{C}$) západní části severoamerické Arktidy. V teplejším permafrostu s teplotami blízkými $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ v oblastech, jako je vnitrozemí Aljašky a centrální údolí Mackenzie v Kanadě, byla pozorována nižší míra oteplování ($<0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ za desetiletí). Nižší rychlost zvyšování teploty je způsobena fázovou změnou při tání přízemního ledu. Přestože se teploty mohou v průběhu času měnit jen málo, když se teplota věčně zmrzlé půdy blíží $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, má tání přízemního ledu významný dopad na pevnost půdy a stabilitu terénu.

Tloušťka aktivní vrstvy (Active layer thickness, ALT) je maximální tloušťka povrchové vrstvy, která sezónně rozmrzá. Hloubka aktivní vrstvy se celosvětově zvyšuje. Ze všech arktických oblastí má nejnižší trend oblast Beaufortova a Čukotského moře, kde v letech 2000–2021 dochází k nárůstu o $<0,3\text{ cm}$ ročně. Situace ve vnitrozemí Aljašky a Kanady je velmi odlišná, ALT se zde zvyšuje o $0,9\text{ cm}$ ročně. Hloubka tání byla v letech 2018–2021 výrazně větší než průměr a ALT v roce 2021 byla druhá nejvyšší od roku 2000 (po roce 2020). ALT v horském prostředí je velmi proměnlivá. Lokality v evropských Alpách vykazují nárůst ALT ($>1\text{ cm}$ za rok), zatímco lokality v norských Alpách mají zanedbatelné trendy. V Antarktidě je málo aktivních lokalit a dostupné údaje naznačují relativně malé změny, ale ALT na Antarktickém poloostrově se od roku 2013 zvyšovala.



Obr. 15 Nahoře: Plocha ozonové díry (v milionech km²). Uprostřed: Minimální množství ozonu (Dobsonovy jednotky). Dole: Minimální teplota stratosféry (K) v hladině 50 hPa (~20 km nad mořem) od 1. července do 31. prosince 2022. Červená čísla udávají nejvyšší (plocha ozonové díry), nebo nejnižší (minimální ozon, minimální stratosférická teplota) hodnotu v daném období pro každý ukazatel. Zdroj: ČHMÚ: Zdroj: NASA Ozone Watch.

Fig. 15. Top: Ozone hole area (millions of square kilometres). Middle: Minimum ozone (Dobson units). Bottom: Minimum stratospheric temperature (K) at the 50 hPa level (~20 km altitude) from 1 July to 31 December 2022. Red numbers give the highest (ozone hole area) or lowest (minimum ozone, minimum stratospheric temperature) value of the season for each indicator. Source: NASA Ozone Watch.

1.5 Stratosférický ozon a plyny poškozující ozonovou vrstvu

Po úspěchu Montrealského protokolu byla výroba a spotřeba halonů a chlor-fluorovaných uhlovodíků (CFC) ohlášena jako ukončená, ale jejich množství v atmosféře se nadále monitoruje. Protože freony mají dlouhou životnost, zůstanou v atmosféře po mnoho desetiletí, a i kdyby nedocházelo k novým emisím, stále by v ní bylo více než dost chloru a bromu na to, aby od srpna do prosince způsobily úplné zničení ozonu nad Antarktidou. V důsledku toho se antarktická ozonová „díra“ tvoří každé jaro a její plocha a hloubka se do značné míry řídí meteorologickými podmínkami. „Díra“ není v pravém slova smyslu díra; jedná se o oblast, kde celkový sloupec ozonu ve stratosféře klesne pod 220 Dobsonových jednotek. Video zobrazující vývoj ozonu v průběhu celého roku 2022 je k dispozici na adrese: https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/ozone_map/movies/OZONE_D20220701%25P1D_G%5e360X240.IOMPS_PNPP_V21_MMERRA2_LSH.mp4.

Vývoj ozonové díry v roce 2022 byl podobný vývoji v roce 2021. Díra se vyvinula poměrně brzy a dále se zvětšovala, což vedlo k vytvoření rozlehlé a hluboké ozonové díry. Dne 5. října dosáhla rozlohy 26 milionů km², což je srovnatelné s roky 2020 a 2021 a blíží se maximální ploše pozorované v dřívějších letech, například v roce 2015 (28,2 milionu km²) a 2006 (29,6 milionu km²) (obr. 15). NASA zaznamenala minimální ozonový sloupec 97 Dobsonových jednotek ve dnech 1. a 2. října 2022. Koncentrace stratosférického ozonu byly koncem září 2022 nad Antarktidou trvale sníženy téměř na nulu ve výšce 15 až 20 km, což spolu s hodnotami naměřenými v sezóně 2021 patří k nejnižším hodnotám ozonu, které kdy byly naměřeny prostřednictvím sond na antarktických stanicích. Tato neobvykle hluboká a rozlehlá ozonová díra byla způsobena silným a stabilním polárním vírem a nižšími než průměrnými teplotami ve stratosféře.

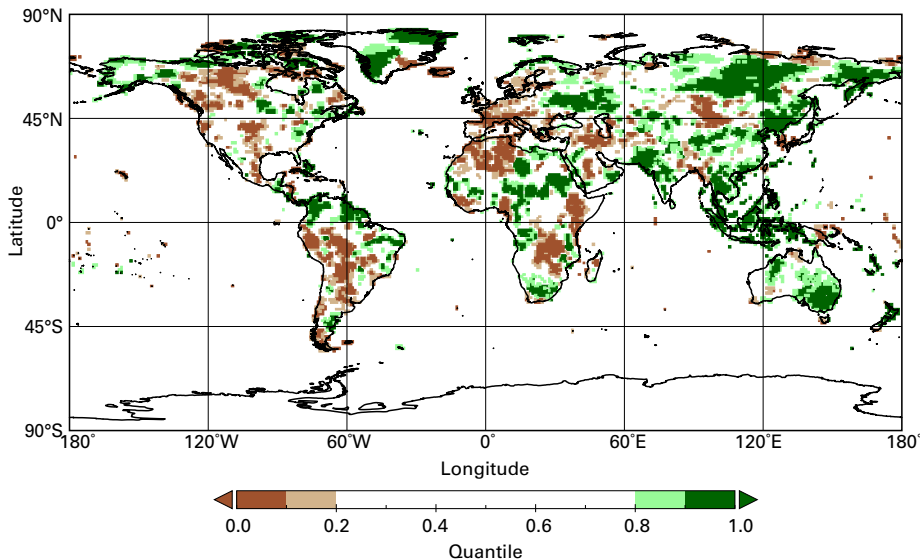
1.6 Srážky

Srážkové úhrny byly vyšší než dlouhodobý průměr (1951–2000) v severovýchodní Asii, západní části indické letní monzunové oblasti, jihovýchodní Asii, v regionu zahrnujícím Indonésii, Papuu-Novou Guineu, Filipíny a ostatní ostrovy v tomto regionu, dále v oblastech severní Jižní Ameriky, v částech Severní Ameriky a Karibiku, ve východní části Sahelu, v částech jižní Afriky, v Súdánu, ve východní Evropě, na Novém Zélandu a v Austrálii (obr. 16). Mezi oblastmi s výrazným deficitem srážek patřily: velké části Evropy, Středomoří a severozápadní Afrika, jakož i části Blízkého východu, střední Asie a Himálaj, východní Afrika a Madagaskar, střední a jižní část Jižní Ameriky a střední a západní část Severní Ameriky.

Nástup indického monzunu byl v roce 2022 dřívější a jeho ústup pozdější než obvykle. Většina indického subkontinentu byla srážkově nadprůměrná a monzun se rozšířil západněji směrem k Pákistánu, kde došlo k rozsáhlým záplavám. Nástup západoafrického monzunu byl stejně jako v roce 2021 opožděn. Později v období západoafrického monzunu byly srážkové úhrny nad normálem. Celkově se sezónní srážky blížily normálu s výjimkou východních a západních pobřežních oblastí.

2. Extrémní události

Ačkoli jsou změny klimatu v širokém měřítku důležité, dopady počasí a klimatu se nejzřetelněji projevují během extrémních



Obr. 16 Roční úhrn srážek v roce 2022, vyjádřený jako percentil referenčního období 1951–2000 v oblastech se srážkou pod 20. percentilem (hnědě) a nad 80. percentilem (zeleně), tmavší odstíny hnědé a zelené označují nejsušších, resp. nejvlhčích 10 % (pod 10. respektive nad 90. percentilem). Zdroj: Global Precipitation Climatology Centre (GPCC), Deutscher Wetterdienst, Germany.

Fig. 16. Total precipitation in 2022, expressed as a percentile of the 1951–2000 reference period, for areas that would have been in the driest 20 % (brown) and wettest 20 % (green) of years during the reference period, with darker shades of brown and green indicating the driest and wettest 10%, respectively. Source: Global Precipitation Climatology Centre (GPCC), Deutscher Wetterdienst, Germany.

událostí, jako jsou silné deště a sněžení, sucha, vlny veder, chladná období a bouře, včetně tropických bouří a cyklónů. Tyto meteorologické a klimatologické extrémy mohou jednotlivě, v kombinaci nebo ve spojení s dalšími faktory vést k dalším událostem, jako jsou povodně, sesuvy půdy, požáry a složené extrémy. Společně mají širokou škálu dopadů na lidské a přírodní systémy. Tato část, která popisuje vybrané extrémní události v roce 2022, vychází z velké části z příspěvků členů SMO. Další informace pocházejí z databáze EM-DAT.

2.1 Horko a požáry

Čína zažila nejrozsáhlejší a nejdelší vlnu veder od počátku národních záznamů, která trvala od poloviny června do konce srpna a vedla k nejteplejšímu létu v historii s rozdílem více než 0,5 °C. Bylo to také druhé nejsušší léto v historii, přičemž většina jižní poloviny Číny (kromě provincie Guangdong) měla sezónní srážky podprůměrné o 20 až 50 %. Na 366 místech v celé zemi byla zaznamenána nejvyšší teplota v historii. Horko bylo obzvláště silné v údolí řeky Jang-c'-ťiang, které během nejsuššího léta v historii rovněž trpělo značným suchem; hladina řeky ve Wuhanu dosáhla nejnižšího stavu, jaký byl kdy v srpnu zaznamenán. V regionu se také vyskytly četné lesní požáry. I jinde ve východní Asii panovala výrazná vedra, v Tokiu bylo od 25. června do 3. července 2022 zaznamenáno rekordních devět po sobě jdoucích dnů s teplotou nad 35 °C.

Také Evropa zažila četné vlny veder, přičemž k výrazným vedrům došlo v každém ze tří letních měsíců. Během léta bylo s neobvyklými vedry spojeno přibližně 4 600 úmrtí ve Španělsku, 4 500 v Německu, 2 800 ve Spojeném království (u osob starších 65 let), 2 800 ve Francii a 1 000 v Portugalsku. Nejzávažnější vlna veder nastala v polovině července. Teploty ve Spojeném království poprvé dosáhly 40 °C, přičemž 19. čer-

vence bylo v Coningsby naměřeno 40,3 °C, zatímco 18. července bylo ve Phoenix Parku (Dublin) naměřeno 33,0 °C, což byla nejvyšší teplota v Irsku od roku 1887. Na mnoha místech byly překonány předchozí rekordy o více než 3 °C, zejména v severní Anglii a západní Francii. Teplota 40,1 °C v Hamburku-Neuwiedenthalu 20. července byla nejseverněji zaznamenanou čtyřiceti stupňovou hodnotou v Německu. Horko se rozšířilo až na sever Švédska, kde bylo 21. července v Målille naměřeno 37,2 °C, což byla nejvyšší naměřená hodnota v zemi od roku 1947.

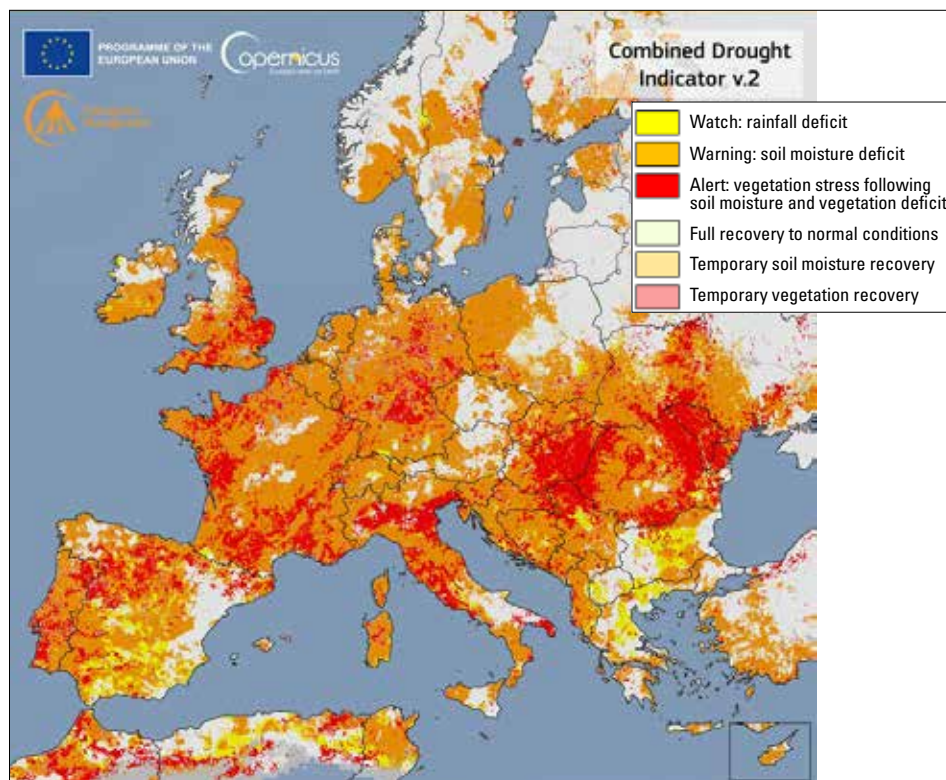
Středomoří zažilo velké vlny veder v červnu a srpnu. V Itálii byla zaznamenána řada červnových teplotních rekordů, včetně 40,0 °C v Urbe (Řím) dne 27. června. V Tunisku byl zaznamenán nejteplejší červen v historii. Také na některých dalších místech byly v srpnu naměřeny rekordní teploty, např. 10. července byla ve Smaru (Maroko)

naměřena rekordní teplota 49,1 °C. Severovýchodní Evropa zažila velké vlny veder v polovině srpna, přičemž rekordy byly zaznamenány ve Finsku a Estonsku. Téměř celé Středozemní moře bylo zasaženo mořskými vlnami veder, vyskytovaly se od března do prosince a v regionu stanovily nové rekordy v kumulativní intenzitě.

Mnoho částí Evropy a Středomoří postihlo také sucho (obr. 17). V Evropě byly podmínky nejhorší v srpnu, kdy hladiny řek včetně Rýna, Loiry a Dunaje klesly na kriticky nízkou úroveň, což výrazně narušilo říční dopravu. Ve Francii vedly nízké průtoky řek a vysoké teploty říční vody ke snížení výkonu některých jaderných elektráren. Tři spolkové země v západní části středního Německa zažily nejsušší léto v historii, a to v regionu, který v předchozím létě zažil extrémní záplavy. Francie měla nejsušší období od ledna do září od roku 1976 a Spojené království a Uccle (Belgie) měly nejsušší období od ledna do srpna od roku 1976. V Maroku bylo nejsušších 12 měsíců končících srpnem 2022 za posledních nejméně 40 let. Jaro bylo nadprůměrně suché v rozsáhlých oblastech Evropy. Výjimečné sucho postihlo v zimě 2021/2022 také severní Itálii a Pyrenejský poloostrov. Výrazné sucho nadále postihuje také některé oblasti jihozápadní Asie, zejména Írán a Írák. V Bagdádu spadlo od září 2021 do května 2022 24,3 mm srážek, což je 78 % pod dlouhodobým průměrem.

Jihozápadní Francie byla vážně zasažena požáry, při nichž shořelo více než 62 000 ha. Již druhý rok po sobě byly lesní požáry spojeny s velkými ztrátami na životech v Alžírsku, od 16. do 18. srpna bylo hlášeno 44 úmrtí.

Mimořádně horké bylo předmonzunové období v Indii a Pákistánu. V Pákistánu byl zaznamenán nejteplejší březen a nejteplejší duben v historii, přičemž v obou měsících byly průměrné



Obr. 17 Sucho v Evropě – kombinovaný indikátor sucha Copernicus Emergency Management Service pro období 1.–10. srpna 2022. Žluté oblasti se nacházejí ve stavu „upozornění“, který indikuje deficit srážek, oranžové oblasti se nacházejí ve stavu „varování“, který indikuje deficit půdní vlhkosti, a červené oblasti se nacházejí ve stavu „výstraha“, který indikuje stres vegetace v důsledku deficitu půdní vlhkosti a srážek. Zdroj: https://edo.jrc.ec.europa.eu/documents/news/GDOEDODroughtNews202208_Europe.pdf, licence CC-BY 4.0.

Fig. 17. European drought – Copernicus Emergency Management Service Combined Drought Indicator for 1–10 August 2022. Yellow areas are under a “watch” state indicating a rainfall deficit, orange areas are under a “warning” state indicating a soil moisture deficit and red areas are under an “alert” state indicating vegetation stress following soil moisture and rainfall deficits. Source: https://edo.jrc.ec.europa.eu/documents/news/GDOEDODroughtNews202208_Europe.pdf, CC-BY 4.0 licence.

teploty v zemi o více než 4 °C vyšší než dlouhodobý průměr. V Indii se v důsledku extrémních veder snížila úroda obilí a došlo k řadě lesních požárů, zejména v Uttarákhandu.

V oblasti Velkého afrického rohu se sucho prohloubilo, zejména v Keni, Somálsku a jižní Etiopii. V období dešťů od března do května a od října do prosince byly srážky v celém regionu výrazně podprůměrné, což bylo čtvrté a páté po sobě jdoucí srážkově slabé období dešťů od druhé poloviny roku 2020, což představuje nejdelší takový sled za posledních 40 let, který má zásadní dopady na zemědělství a potravinovou bezpečnost. Stejně jako v předchozím dlouhotrvajícím období sucha v letech 2010–2012 se na suchých podmínkách významně podílely La Niña a negativní IOD. V letech 2021–2022 spadlo v mnoha částech jižní Afriky značné množství srážek, přičemž došlo k určitému zmírnění dlouhodobého sucha, které postihlo jižní Madagaskar.

První polovina ledna byla extrémně horká v mnoha částech subtropické Jižní Ameriky. Teplota 44,0 °C zaznamenaná 14. ledna v Paysandú vyrovnala uruguayský národní rekord. V severní Argentíně a Paraguai se vyskytly také rozsáhlé a dlouhotrvající požáry, od začátku ledna do konce února hořelo v provincii Corrientes na více než 9 000 km². V mnoha částech regionu pokračovalo výrazné sucho. Ačkoli rok 2022 nebyl v Chile srážkově tak podprůměrný jako poslední roky, místy byl podprůměrný stále výrazně. V Buenos Aires byl červen poprvé v historii beze

srážek a velká část severovýchodní Argentiny od oblasti Buenos Aires na sever byla postižena vážným suchem koncem roku. Pro tuto oblast, stejně jako pro Uruguay, to byl již třetí rok po sobě, kdy byly srážky výrazně podprůměrné. Po chladném podzimu a zimě se koncem roku do regionu vrátila extrémní vedra. Vlny veder se vyskytly v listopadu a prosinci, kdy byl 7. prosince v Rivadavii (Argentina) naměřen prosincový teplotní rekord 46,0 °C. Požární aktivita v brazilské Amazonii se blížila průměru let 1998–2021, ale zároveň patřila k nejvyšším za poslední desetiletí. Odhadované emise uhlíku z lesních požárů ve státě Amazonas byly nejvyšší za posledních nejméně 20 let.

Ve velké části západní poloviny Severní Ameriky pokračovalo výrazné sucho. Ve Spojených státech se sucho týkalo mnoha západních a jižních států, ačkoli letní monzunové deště přinesly určitou úlevu do vnitrozemí na jihozápadě a deště koncem roku vedly k určitému zmírnění sucha v Kalifornii a v údolí Mississippi. Celkové ekonomické ztráty způsobené suchem v průběhu roku byly vyčísleny na 22 miliard USD. Zvláště suchý byl Texas, kde byl leden až červenec druhý nejsušší v historii, a přilehlé oblasti severního Mexika. V Kalifornii bylo období leden až říjen nejsušší v historii (65 % pod průměrem let 1901–2000), čímž pokračovalo dlouhodobé sucho, kdy srážky za 36 měsíců (do října 2022) byly nejnižší v historii. Koncem července dosáhla přehrada Mead na řece Colorado nejnižší hladiny od napuštění nádrže v roce 1938. Sucho se v průběhu roku rozšířilo do mnoha dalších oblastí na jihu Spojených států. Hladiny řek dosáhly v průběhu října rekordně nízkých úrovní v místech na středním a dolním toku Mississippi a v polovině října se více než 82 % přilehlých Spojených států potýkalo s abnormálně suchými podmínkami, což je největší taková oblast v 23leté historii sledování sucha v USA. Vydatné jarní srážky zmírnily sucho na severu centrální části Spojených států a v kanadských prérijních provinciích.

Celková plocha spálená během sezóny požárů ve Spojených státech byla mírně nadprůměrná, avšak jedna z neaktivnějších sezón byla zaznamenána na Aljašce a v Novém Mexiku byl zaznamenán největší požár v historii. Ztráty na životech a majetku byly nižší než v posledních letech. Období od července do září bylo v mnoha částech západních Spojených států nejteplejším v historii.

Celková plocha spálená během sezóny požárů ve Spojených státech byla mírně nadprůměrná, avšak jedna z neaktivnějších sezón byla zaznamenána na Aljašce a v Novém Mexiku byl zaznamenán největší požár v historii. Ztráty na životech a majetku byly nižší než v posledních letech. Období od července do září bylo v mnoha částech západních Spojených států nejteplejším v historii.

Výjimečně vysoké regionální teploty se vyskytly nad náhorní plošinou východní Antarktidy v polovině března vlivem atmosférického proudění z australské oblasti, které přivádělo teplejší a vlhký vzduch nad antarktický kontinent. Dne 18. břez-

na dosáhly teploty $-10,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ na stanici Dome C a $-17,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ na Vostoku. Obě hodnoty byly na lokalitách o více než $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ nad předchozími březnovými rekordy a o $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ nad březnovými průměry, přičemž hodnota na Dome C byla historicky nejvyšší.

2.2 Extrémní ochlazení

V roce 2022 bylo celosvětově zaznamenáno také několik významných rekordů minimální teploty. Koncem prosince zasáhla mnoho částí Spojených států a Kanady intenzivní zima. Buffalo a okolní oblasti zasáhly intenzivní sněhové bouře s významnými ztrátami na životech. Vánice trvala 36 hodin, při bouři napadlo celkem 132 cm sněhu. Dále na západ měl Casper (Wyoming) rekordně nejnižší teplotu ($-41,1\text{ }^{\circ}\text{C}$). Prosinec byl také chladný v některých částech Evropy, zejména na severu a severozápadě. Maximum $-9,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ v Braemar dne 12. prosince bylo nejnižší maximální teplotou ve Spojeném království od prosince 2010, zatímco Island měl nejchladnější prosinec od roku 1973.

V Řecku došlo na konci ledna a v polovině března ke dvěma významným sněhovým kalamitám. Obě studené vlny zasáhly i další části východního Středomoří, v nadmořských výškách nad 600 m v Libyi napadl sníh. Již druhý rok po sobě způsobily rozsáhlé mrazy na začátku dubna ztráty na úrodě v západní Evropě, zejména ve Francii. 60 cm sněhu napadlo 29. ledna při ochlazení pobřeží v Bostonu ve Spojených státech, čímž se vyrovnal denní rekord. V argentinské Patagonii byla sněhově bohatá zima; severní Patagonie měla svou druhou nejrozsáhlejší sněhovou pokrývkou v 21. století a jižní Patagonie třetí největší. Zimní období v červenci přineslo v Puerto Natales (Chile) druhou rekordně nejchladnější teplotu $-16,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, přičemž v El Calafate (Argentina) dosáhli minima $-16,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

2.3 Povodně a silný déšť

Pákistán zažil výjimečné záplavy během monzunového období, které vyvrcholily koncem srpna. Červenec (181 % nad normálem) a srpen (243 % nad normálem) byly rekordně nejvlhčí. Zvláště těžce postižena byla provincie Sindh, těžce zasažen byl i Balúčistán. Předběžné satelitní údaje naznačovaly, že $75\text{ }000\text{ km}^2$, asi 9 % rozlohy Pákistánu, bylo v určité fázi srpna zaplaveno. Postiženy byly i přilehlé oblasti Afghánistánu. V Pákistánu bylo hlášeno více než 1 700 úmrtí a více než 2 miliony obydlí bylo poškozeno nebo zničeno, přičemž více než 33 milionů lidí bylo nějakým způsobem postiženo. Ztráty na úrodě a dobytku byly také vážné, protože záplavy zde zasáhly velkou část zemědělské půdy. Celkové škody a ekonomické ztráty byly vyčísleny na 30 miliard USD. Dopady povodní byly v zásadě podobné jako v roce 2010. V různých fázích monzunového období došlo také k významným záplavám v Indii, zejména v červnu na severovýchodě, přičemž během sezóny bylo hlášeno více než 700 úmrtí v důsledku záplav a sesuvů půdy a dalších 900 v důsledku zásahu bleskem.

Ve východní Austrálii došlo během roku k četným záplavám. Nejvážnější záplavy byly koncem února a začátkem března a postihly východní pobřežní oblasti v jihovýchodním Queenslandu, severní Nový Jižní Wales a oblast kolem Sydney. Nejhorší záplavy byly jižně od Brisbane, kde řeka Wilsons překonala předchozí rekordní úroveň asi o 2 metry. V západním Sydney dosáhly řeky Hawkesbury a Nepean své nejvyšší úrovně od roku 1978. Bylo hlášeno 22 úmrtí a pojistné ztráty se blížily 4 miliardám USD. Začátkem července byly v oblasti Syd-

ney také velké záplavy. V poslední čtvrtině roku došlo v mnoha oblastech jihovýchodní Austrálie k dalším velkým záplavám, zejména na řekách v povodí Murray, včetně přítoku Darling. Nový Jižní Wales a Victoria měly své nejdeštivější jaro v historii. Záplavy pokračovaly do začátku roku 2023 v dolním povodí řeky Murray, protože voda jen pomalu opadala, a některé části řeky Murray v jižní Austrálii dosáhly nejvyšších stavů hladiny od roku 1956. Roční úhrn srážek v Sydney byl 2 530 mm, což je výrazně nad předchozím rekordem 2 194 mm.

Brazilské město Petropolis zažilo v průběhu několika týdnů dvakrát (15. února a 20. března) extrémní srážky a bleskové záplavy. Při únorové události spadlo 250 mm srážek za tři hodiny, zatímco v březnu 415 mm za 10 hodin. Při únorové události bylo hlášeno dvě stě třicet mrtvých, mnoho z nich v důsledku sesuvů půdy. Severovýchodní Brazílie zažila také významné záplavy v květnu, zatímco později v roce záplavy postihly mnoho částí Venezuely po silných deštích v říjnu a listopadu. Po nejhorším incidentu z 8. října 2022 v Tejerias bylo hlášeno 50 mrtvých osob a 56 lidí se pohřešovalo následkem sesuvů půdy.

Mnoho částí Sahelu, hlavně jeho východní polovina, zažilo během monzunového období, zejména ke konci, významné záplavy. Postižena byla zejména Nigérie, Niger, Čad a jižní polovina Súdánu. Záplavy se v Nigérii ještě zhoršily, když v říjnu spadly silné lokální srážky a povodňová voda dorazila z horního toku. V průběhu sezóny bylo připisáno záplavám 603 úmrtí v Nigérii a 159 v Nigeru, přičemž ekonomické ztráty v Nigérii byly hlášeny ve výši 4,2 miliardy USD. V čadském hlavním městě N'Djaméně bylo mezi říjnem a prosincem vysídleno více než 250 000 lidí. Zatímco srážky v Jižním Súdánu, kde v letech 2020 a 2021 došlo k dlouhodobým záplavám, byly téměř normální nebo podnormální, rozsáhlé záplavy pokračovaly v důsledku vysokých hladin přítoků.

2.4 Tropické cyklony

Aktivita tropických cyklon byla ve většině regionů v roce 2022 blízko průměru nebo pod průměrem, s výjimkou jihu Indického oceánu, který měl celkově aktivní sezónu navzdory neobvykle pozdnímu začátku. Na jihu Indického oceánu se vyskytl jeden ze systémů s největším dopadem v sezóně; subtropická tlaková níže Issa v kombinaci s přerušovaným systémem nízkého tlaku vzduchu způsobila ve dnech 11.–12. dubna extrémní záplavy v provincii KwaZulu-Natal na východě Jihoafrické republiky s úhrny srážek až 311 mm za 24 hodin. Více než 400 úmrtí bylo připisáno záplavám a 40 000 lidí bylo vysídleno. Madagaskar měl na přelomu ledna a února čtyři zásahy pevniny v průběhu měsíce. Ana v lednu a Batsirai v únoru způsobily značné ztráty na životech, přičemž Ana způsobila také velké škody záplavami v Mosambiku a Malawi. Systém Gombe způsobil v březnu v Mosambiku záplavy s mnoha oběťmi.

Sezona hurikánů v severním Atlantiku začala ve srovnání s nedávnými roky neaktivně, ale v září došlo ke dvěma velkým zásahům pevniny. Hurikán Ian přešel přes západní Kubu, než zesílil na kategorii 4 a 28. září se dostal na pevninu jihozápadní Floridy. Ian přinesl rozsáhlé bleskové záplavy v nízko položených pobřežních oblastech a záplavy řek dále na severovýchod, kde čtyřdenní srážky na pláži Daytona Beach přesáhly 500 mm. Neustávající 10minutová rychlost větru 241 km za hodinu udělala z Iana čtvrtý nejsilnější zaznamenaný zásah hurikánem na Floridě. Ekonomické ztráty způsobené Ianem ve Spojených státech byly odhadnuty na 113 miliard USD, což z něj činí třetí nejnič-

vější tropickou bouří v historii, a se 152 úmrtími způsobil největší ztráty na životech od 30. let 20. století.

Hurikán Fiona přešel v září Dominikánskou republiku, Portoriko a ostrovy Turks a Caicos, způsobil značné záplavy a rozsáhlé výpadky elektřiny, než zesílil a putoval severně, směrem ke Kanadě. Dopadl na pevninu jako přechodná extratropická bouře v Novém Skotsku dne 24. září s odhadovaným tlakem v centru 931 hPa. Hartův ostrov hlásil 932,7 hPa, což je nejnižší průměrný tlak na hladinu moře zaznamenaný na stanici v Kanadě. V pobřežních oblastech, zejména na jihozápadě Newfoundlandu, došlo k rozsáhlým škodám a výpadkům elektřiny způsobených větrem a k záplavám z vln.

Západ severního Pacifiku měl podprůměrnou sezónu, hlavně intenzivních cyklonů, ale přesto měly řadu významných dopadů. Dva nejničivější systémy měly intenzitu tropické bouře, když zasáhly Filipíny, a přesto způsobil velké ztráty na životech v důsledku silných záplav a sesuvů půdy. Tropická bouře Megi (Agaton) překročila Filipíny 10.–12. dubna a Nalgae (Paeng) 29.–30. října. Více než 200 úmrtí bylo připsáno Megi a více než 150 Nalgae, s nejzávažnějšími dopady Megi v okolí Cebu, zatímco Nalgae zasáhla mnoho částí země. Záplavy spojené s monzunovými dešti na Mindanau také způsobil v posledním prosincovém týdnu značné ztráty na životech.

Dva nejsilnější systémy sezony se odehrály v září. Tajfun Hinnamnor měl významné dopady, když na začátku září zasáhl Korejský poloostrov navzdory určitému oslabení před vpádem na pevninu, zatímco tajfun Nanmadol zasáhl jižní Japonsko. I když měl jako tropický systém omezený dopad, po přechodu na extratropický systém a přesun na severovýchod západní Aljašky způsobil tajfun Merbok velkou pobřežní záplavu.

2.5 Silné bouře

Dne 18. srpna postihlo části jižní a střední Evropy výjimečné deře, které přineslo silný vítr a vydatné srážky na frontě, která se táhla 1600 km z Baleárských ostrovů (Španělsko) přes Korsiku (Francie), Itálii, Slovinsko, Rakousko a Česko. Systém dosáhl největší síly nad Korsikou, kde byly zaznamenány poryvy větru o rychlosti 225 km za hodinu, což je nejsilnější spolehlivě pozorovaný poryv větru zaznamenaný v metropolitní Francii. Bylo hlášeno pět úmrtí. Značné škody byly také v Itálii, kde kroupy dosahovaly průměru 8 cm. 23. října přešlo přes severní Francii tornádo EF3, kde způsobilo značné škody; jeho trasa byla 206 km dlouhá, nejdelší zaznamenaná ve Francii. Nejvýznamnější větrnou bouří západoevropské sezóny byla Eunice, která 18. února překročila Anglii a Wales. Náraz 196 km za hodinu v The Needles (na Isle of Wight) byl nejvyšší zaznamenaný v Anglii. Během bouře došlo ke čtyřem úmrtím ve Spojeném království, čtyřem v Nizozemsku a dalším dvěma v Belgii. V Anglii a Walesu přišlo o dodávku elektřiny více než milion domácností.

Tornádová sezona ve Spojených státech měla téměř průměrný počet výskytů, navzdory velmi aktivnímu březnu, ale oběti byly pod dlouhodobým průměrem. Během léta došlo v různých částech země k četným záplavám, včetně Yellowstoneského národního parku v červnu, St. Louis a východního Kentucky v červenci, Death Valley 5. srpna a Dallas-Fort Worth 22. srpna. Při události v Kentucky, kde se denní srážky pohybovaly mezi 100 a 200 mm, bylo hlášeno nejméně 37 úmrtí, zatímco při události v Dallasu některá místa zaznamenala více než 300 mm za 12 hodin. Záplavy čistírnou odpadních vod koncem srpna přerušily dodávky vody v Jacksonu (Mississippi).

Abnormální bouřková aktivita a silné srážky postihly v obvykle suchém období koncem července a začátkem srpna jihozápadní Asii a Arabský poloostrov. V Port Fujaarah (Spojené arabské emiráty) napršelo během dvou dnů 27. a 28. července 255,2 mm. Na mnoha místech došlo k bleskovým povodním a oběti byly hlášeny v Jemenu a Íránu. V listopadu došlo k dalším intenzivním srážkám a bleskovým povodním; v Džiddě (Saúdská Arábie) spadlo 24. listopadu za šest hodin 179 mm, což je asi trojnásobek průměrného ročního úhrnu srážek.

3. Dopady klimatu na ekosystémy a životní prostředí

Změna klimatu má závažné důsledky pro ekosystémy a životní prostředí. Například nedávné hodnocení zaměřené na jedinečnou vysokohorskou oblast kolem Tibetské náhorní plošiny, takzvaný třetí pól světa a největší zásobárnu sněhu a ledu mimo Arktidu a Antarktidu, zjistilo, že globální oteplování způsobuje, že se mírné pásmo rozšiřuje.

3.1 Fenologie

Fenologie je studium opakujících se událostí v přírodě, například sleduje, kdy kvetou stromy nebo migrují ptáci a jak je ovlivňuje klima. Ukázalo se, že antropogenní změna klimatu vyvolává časové posuny fenofází u suchozemských a vodních ekosystémů. Například kvetení třešní v Japonsku je zdokumentováno od roku 801 našeho letopočtu a od konce devatenáctého století se posunulo na dřívější datum kvůli účinkům změny klimatu a rozvoje měst. V roce 2021 bylo datum plného květu 26. března, což je nejdříve za více než 1200 let. V roce 2022 bylo datum květu 1. dubna.

Ne všechny druhy v ekosystému reagují na stejné klimatické vlivy nebo stejnou rychlostí, což může vést k fenologickým neshodám, které desynchronizují ekologické interakce a ohrožují fungování ekosystému. Například jarní přílety evropských stěhovavých druhů ptáků za pět desetiletí ukazují rostoucí úroveň fenologického nesouladu s jinými jarními událostmi, jako je rašení listů a aktivita hmyzu, které jsou důležité pro přežití ptáků. Takové nesoulady pravděpodobně přispěly k poklesu populace některých migrujících druhů, zejména těch, které zimují v subsaharské Africe.

Literatura:

WMO, 2023. State of the Global Climate 2022. WMO-No. 1316, Geneva, Switzerland. ISBN 978-92-63-11316-0 [online]. Dostupné z WWW: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11593.

Přeložili a upravili Stanislav Toman a Ilona Zusková, ČHMÚ, Na Šabatce 2050/17, 143 00 Praha 4 – Komořany, stanislav.toman@chmi.cz, ilona.zuskova@chmi.cz.

Odkazy na datové zdroje využívané při přípravě této Zprávy a části věnované meziroční variabilitě klimatu, rizikům a dopadům souvisejícím se změnou klimatu jsou uvedeny v překladu dostupném na stránkách časopisu Meteorologické zprávy v části „Přílohy/Appendices“, popřípadě v originále zprávy (WMO 2023).

Lektor (Reviewer):
RNDr. Radim Tolasz, Ph.D.

Meteorologické a pôdne sucho na Slovensku v roku 2022

Meteorological and soil drought in Slovakia in 2022

Maroš Turňa

Slovenský hydrometeorologický ústav
Úsek Meteorologická služba
Odbor Klimatologická služba
Jeséniova 17, 833 15 Bratislava
✉ Maros.Turna@shmu.sk

Gabriela Ivaňáková

Slovenský hydrometeorologický ústav
Úsek Meteorologická služba
Odbor Klimatologická služba
Jeséniova 17, 833 15 Bratislava
✉ Gabriela.Ivanakova@shmu.sk

Jakub Ridzoň

Slovenský hydrometeorologický ústav
Úsek Meteorologická služba
Odbor Klimatologická služba
Jeséniova 17, 833 15 Bratislava
✉ Jakub.Ridzon@shmu.sk

Ivana Krčová

Slovenský hydrometeorologický ústav
Úsek Meteorologická služba
Odbor Klimatologická služba
Jeséniova 17, 833 15 Bratislava
✉ Ivana.Krcova@shmu.sk

The year 2022 was exceptional for severe drought, not only in Europe, but also in Slovakia. The lack of snow cover in winter 2021/2022, higher average temperature, lack of precipitation in spring, and hot waves in summer caused extreme dry conditions on more than half of the area of Slovakia, while the duration of this drought was locally more than 200 days. The agriculturists and fruiterers in most regions of Slovakia reported the losses in crop yields. The drought hit significantly all nature ecosystems and key social-economic sectors, as the agriculture, energy industry and river transport. The drought in 2022 is evaluated in the article by two indices – SPEI and CMI, and also by the intensity of soil drought, relative saturation, and deficit of soil moisture. The analysis of meteorological and soil drought is supplemented by the information of drought impacts, representing the real effects of drought on the agricultural crops and fruit trees in various regions in Slovakia.

KLÚČOVÉ SLOVÁ: sucho extrémne – SPEI – dopady sucha – vlny horúčav – nedostatok zrážok

KEYWORDS: extreme drought – SPEI – drought impacts – hot waves – lack of precipitation

1. Úvod

Suché obdobia, ktoré boli zaznamenané v minulosti na území Slovenska, sa stali motiváciou k vytvoreniu monitoringu sucha, pomocou ktorého je možné včas varovať pred výskytom závažného sucha. Slovenský hydrometeorologický ústav (SHMÚ) spustil monitoring meteorologického a pôdneho sucha v roku 2015. Meteorologické sucho je na SHMÚ monitorované pomocou troch indexov – SPEI, SPI a CMI. Prvé dva indexy boli mierne upravené na denný výpočet s použitým 30-dňového posuvného okna (Labudová, Turňa 2019). Pôdne sucho sa monitoruje v spolupráci s partnermi z CzechGlobe na platforme Intersucho, ktorá je dostupná na stránke www.intersucho.sk. Na uvedenej stránke sú každý týždeň aktualizované celoštátne a okresné mapy intenzity sucha a relatívneho nasýtenia pôdneho profilu.

Od roku 2017 sa monitorujú na SHMÚ aj dopady sucha. Monitoring dopadov sucha zaisťuje spoľahlivé informácie o aktuálnom suchu a jeho dopadoch. Reportérmi národnej reportovacej siete sú najmä odborníci z praxe – poľnohospodári, ovocinári, vinohradníci, ale aj široká verejnosť, ktorí dotazníkovou formou posielajú týždenne hlásenia o aktuálnom stave porastov, vodnej bilancii a dopadoch sucha na jednotlivé plodiny a porasty v katastrach ich pôsobenia. Vďaka reportérom dopadov sucha a ich pravidelne zasielaným hláseniam je možné získať spätnú väzbu o aktuálnej situácii porastov a vodnej bilancii. Výhodou je práve aktuálnosť, ktorá umožňuje včas reagovať na situáciu. Samozrejme, čím vyšší bude počet reportérov národnej reportovacej siete, tým budú hlásenia v jednotlivých okresoch objektívnejšie.

Rok 2022 bol z hľadiska výskytu sucha nielen v Európe, ale aj na Slovensku výnimočný. Nedostatok zrážok v zimnom období 2021/2022, ďalej na jar a v lete, vyššie priemerné teploty vzduchu a vlny horúčav spôsobili, že extrémne suché podmienky sa vyskytli na viac ako polovici územia Slovenska a trvanie sucha bolo na niektorých miestach dlhšie ako 200 dní. Poľnohospodári a ovocinári vo väčšine okresoch na území Slovenska hlásili straty na úrode. Sucho významne zasiahlo všetky prírodné ekosystémy a kľúčové sociálno-ekonomické sektory, ako je poľnohospodárstvo, energetika a riečna doprava.

Sucho v roku 2022 je v príspevku zhodnotené nielen podľa dvoch indexov sucha – SPEI a CMI, ale taktiež pomocou hodnot intenzity sucha, relatívneho nasýtenia vody v pôde a deficitu pôdnej vlhky. Analýza výskytu a intenzity sucha je doplnená o informácie z monitoringu dopadov sucha, ktoré vyjadrujú

reálny vplyv sledovaného sucha na poľnohospodárske plodiny a ovocné dreviny v rôznych častiach Slovenska.

2. Metodika

2.1 Meteorologické sucho

Štandardizovaný zrážkový a evapotranspiračný index (SPEI – z anglického Standardized Precipitation and Evapotranspiration Index) vyjadruje relatívne odchýlky vodnej bilancie (zrážky – potenciálna evapotranspirácia). Tento index má 30-dňovú kumulatívnu dobu, čo znamená, že index vyjadrený pre daný deň určuje odchýlku vodnej bilancie daného a predchádzajúcich 29 dní, pričom je aplikované tzv. „klzavé okno“ na celú dĺžku dátového radu. Negatívne hodnoty indexov znamenajú suché podmienky, pozitívne naopak vlhké podmienky, pričom ich intenzita je odstupňovaná v jednotlivých stupňoch (tab. 1). Tieto stupne pochádzajú z pôvodnej metodiky pre určenie charakteristiky obdobia pre jednomesačný SPEI (Vicente-Serrano et al. 2010). V našom prípade sa táto charakteristika vzťahuje vždy na obdobie posledných 30 dní k danému dátumu. Suché obdobie začína pri poklese hodnôt pod -1 a končí pri jeho výstupe nad hodnotu 0 (Spinoni et al. 2013). Sucho identifikované pomocou indexu SPEI neznamena, že dané obdobie bolo úplne bez zrážok. Index vyjadruje odchýlku od strednej hodnoty teoretického rozdelenia nameraných hodnôt, a teda deficit, nie úplnú absenciu zrážok.

Tab. 1 Klasifikácia období podľa indexu SPEI. Zdroj: Vicente-Serrano et al. (2010).

Table 1. Classification of periods according to the SPEI index. Source: Vicente-Serrano et al. (2010).

SPEI	Charakteristika
2,0 a viac	Extrémne vlhké
1,5 až 1,99	Veľmi vlhké
1,0 až 1,49	Mierne vlhké
-0,99 až 0,99	Blízko normálu
-1,0 až -1,49	Mierne suché
-1,5 až -1,99	Veľmi suché
-2,0 a menej	Extrémne suché

Pri indexe sucha CMI sa okrem zrážok a evapotranspirácie zohľadňuje aj pôdna charakteristika, ktorou je využiteľná vodná kapacita. Informácie o využiteľnej vodnej kapacite pôdy boli poskytnuté Výskumným ústavom pôdozvedectva a ochrany pôdy, pričom konkrétna hodnota využiteľnej vodnej kapacity v mm sa vzťahuje na lokalitu, kde sa nachádza meteorologická stanica. Index CMI (z anglického Crop Moisture Index) sa počíta v týždennom kroku, v jednotlivých týždňoch v roku (od pondelka do nedeľa). Pri výpočte CMI sa potenciálna evapotranspirácia počíta podľa metódy Thornthwaita. Pri tomto indexe sa určuje aj odtok a prítok vypočítaný za posledný týždeň, ako aj hodnota vlhkosti pôdy na konci predposledného týždňa. Následne sa z vypočítaných veličín výsledný deficit, resp. nadbytok vlhkosti v pôde, prevedie do jednoduchej bezrozmernej číselnej hodnoty, ktorá predstavuje mieru sucha v danej lokalite. Index CMI má záporné hodnoty v suchom období a kladné hodnoty vo vlhkom období. Klasifikácia období podľa indexu CMI je uvedená v tab. 2.

Tab. 2 Klasifikácia období podľa indexu CMI. Zdroj: Palmer (1968).

Table 2. Classification of periods according to the CMI index. Source: Palmer (1968).

CMI	Charakteristika
3,0 a viac	Veľmi vlhké
2,0 až 2,9	Vlhké
1,0 až 1,9	Mierne vlhké
0,1 až 0,9	Začínajúce vlhké
-0,1 až -0,9	Začínajúce suché
-1,0 až -1,9	Mierne suché
-2,0 až -2,9	Suché
-3,0 a menej	Veľmi suché

2.2 Pôdne sucho

Podklady k vyhodnoteniu pôdneho sucha boli získané vďaka spolupráci s českými kolegami z Ústavu výzkumu globálnej zmeny AV ČR (Czechglobe), so sídlom v Brne, v rámci monitoringu pôdneho sucha s názvom Intersucho. Miera intenzity sucha sa posudzuje podľa odchýlky aktuálneho stavu v porovnaní s obvyklými podmienkami v rovnakom ročnom období (± 10 dní od posudzovaného dátumu) v priebehu rokov 1961–2010. Rozlišujeme 7 úrovní intenzity sucha. Normálny stav je bez rizika, intenzita sucha S0 predstavuje len zníženú úroveň vlhkosti v pôde, S1 je začínajúce sucho, S2 mierne sucho, S3 výrazné sucho, S4 výnimočné sucho a S5 je extrémne sucho (Intersucho 2022a). Extrémne sucho predstavuje extrémne nízku hodnotu pôdnej vlhky, ktorá sa v danom období v priemere opakuje raz za 100 rokov a súčasne relatívne nasýtenie je nižšie ako 50 % po dobu viac ako jeden mesiac. Relatívne nasýtenie 100 % predstavuje plnú poľnú kapacitu. Pod 50 % už hovoríme o bode zníženej dostupnosti vody pre koreňový systém rastlín (nedostatok vlhky, stres pre vegetáciu, potrebné je zavlažovanie). Pri nasýtení 0 % hovoríme už o bode vädnutia, pričom rastlina už nie je schopná prijímať vodu svojím koreňovým systémom. Relatívne nasýtenie predstavuje množstvo vody v percentách, ktorá sa nachádza v kapilárach vo vrstve pôdy do hĺbky 100 cm. Pôdny horizont je v tejto metódike rozdelený ďalej do dvoch vrstiev, 0–40 cm a 40–100 cm. Relatívne nasýtenie sa mení podľa ročnej doby. Najvyššie hodnoty bývajú spravidla v zime, v chladnom období, keď je nízky výpar. Najnižšie sú v letnom období, pri vysokých teplotách vzduchu a vysokom výpare. Piesčité a skeletnaté pôdy majú v priemere nižšie hodnoty využiteľnej vodnej kapacity, preto sú bežné aj nízke hodnoty relatívneho nasýtenia v oblastiach s takýmto typom pôd. Od tohto potom závisí aj intenzita sucha. Deficit pôdnej vlhky predstavuje odchýlku zásoby pôdnej vlhky v mm v porovnaní s dlhodobým priemerom vypočítaným za obdobie 1961–2010.

2.3 Monitoring dopadov sucha

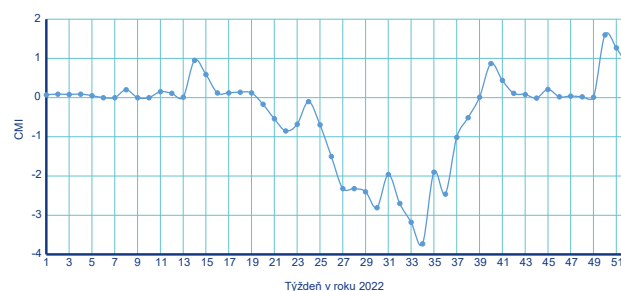
Monitoring dopadov sucha prebieha na základe hlásení registrovaných užívateľov národnej reportovacej siete. Je dostupný a pravidelne raz týždenne aktualizovaný na stránke www.intersucho.sk, v časti „Dopady na poľnohospodárstvo“. Mapové podklady zobrazujú vyhodnotenie súhrnu odpovedí reportérov za daný týždeň pre jednotlivé okresy. Na základe typu dotazníka (poľnohospodársky, ovocinársky a vinársky) sa vyhodnocujú dopady sucha na vybrané poľnohospodárske plodiny a ovocné dreviny. Súčasťou hlásení sú aj komentáre

a informácie z jednotlivých okresov od reportérov národnej reportovacej siete. Informácie z jednotlivých okresov neodrážajú stav v celom okrese, ale popisujú situáciu vo vybraných katastroch.

3. Sucho na Slovensku v roku 2022

3.1 Meteorologické sucho

Index SPEI – Na začiatku roka 2022 boli na väčšine územia normálne až mierne suché podmienky. Veľmi suché podmienky boli spočiatku len lokálne na juhovýchode Slovenska, ku koncu januára už veľmi sucho bolo aj na juhu stredného a západného Slovenska. Extrémne sucho sa objavilo krátkodobo vo februári v Prešove, na juhozápade v Bratislave, Žihárce a Hurbanove. V marci sa podmienky postupne zhoršovali. Najskôr bolo extrémne sucho len na západnom Slovensku, ku koncu mesiaca sa rozšírilo aj v južnej časti stredného a východného Slovenska. Na konci mesiaca bolo veľmi sucho až extrémne sucho na celom území. V apríli nastalo zlepšenie situácie a do polovice mája prevažovali normálne až mierne suché podmienky. V júni sa opäť objavilo extrémne sucho, spočiatku len na východnom Slovensku, neskôr aj na strednom Slovensku. V júli bolo extrémne sucho už aj na západe. V tretej júlovej dekáde bolo extrémne sucho na približne polovici staníc. Počas augusta, kvôli búrkovej činnosti, boli podmienky na území Slovenska rôznorodé (tab. 3) Extrémne sucho prevažovalo na východnom Slovensku a v južnej časti stredného Slovenska. Na začiatku septembra bolo extrémne sucho ešte na východe, ale neskôr sa aj tam situácia zlepšila. V októbri boli na väčšine Slovenska normálne až veľmi vlh-



Obr. 1 Priebeh týždenných hodnôt indexu CMI v roku 2022 na stanici Košice. Zdroj: Vlastné spracovanie.

Fig. 1. Weekly values of the CMI index in 2022 at the station Košice. Source: Own processing.

ké podmienky. Sucho sa opäť objavilo až v novembri. Veľmi až extrémne suché podmienky boli na viacerých staniciach na západnom Slovensku a v priľahlej časti stredného Slovenska. V roku 2022 bola najdlhšia epizóda sucha na Slovensku podľa indexu SPEI v Senici 204 dní, v Podolínci 190 dní a v Žihárce 160 dní.

Index CMI – Index CMI dosahoval najnižšie hodnoty v letnom období. Pod hranicu závažného sucha (hodnoty -3 a menej) klesol index až na 15 staniciach. Najnižšia hodnota bola $-3,73$ v Košiciach v 34. týždni a $-3,61$ v Sliači v 30. týždni, pričom v tom istom týždni bol index $-3,49$ v Dolných Plachtinciach, $-3,47$ v Banskej Štiavnici a $-3,44$ v Banskej Bystrici (obr. 1). Index CMI dosiahol v roku 2022 na niektorých staniciach najnižšie hodnoty od roku 1981, teda od začiatku sledovania tohto indexu. Tento záver platí pre stanice Prievidza, Žiar nad Hronom, Banská Bystrica, Sliač, Brezno, Dolné Plachtince, Senica, Podhájska, Kamenica nad Cirochou a Košice.

Tab. 3 Výskyt sucha v jednotlivých mesiacoch roka 2022 na vybraných meteorologických staniciach podľa indexu SPEI (Ž – žiadne sucho, M – mierne sucho, V – výrazné sucho, E – extrémne sucho). Zdroj: Vlastné spracovanie.

Table 3. Occurrence of drought in individual months of 2022 at selected meteorological stations according to the SPEI index (Ž – no drought, M – moderate drought, V – severe drought, E – extreme drought). Source: Own processing.

Stanica	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Senica	M	V	E	E	M	E	E	E	Ž	M	V	V
Bratislava-Letisko	E	E	E	M	Ž	Ž	E	E	Ž	M	Ž	M
Piešťany	M	M	E	V	M	M	E	V	Ž	Ž	M	M
Žihárec	V	E	E	V	Ž	M	M	V	Ž	M	M	M
Nitra	V	V	E	M	Ž	M	E	Ž	Ž	Ž	M	V
Hurbanovo	E	E	E	Ž	M	M	E	V	Ž	M	M	M
Topoľčany	M	M	E	V	M	V	E	V	M	M	V	V
Banská Bystrica	M	Ž	E	Ž	V	E	E	M	Ž	M	V	V
Boľkovce	V	V	E	Ž	M	E	E	V	M	M	M	M
Prievidza	Ž	Ž	E	V	M	V	E	Ž	Ž	Ž	E	E
Žilina	Ž	Ž	E	M	M	V	E	M	M	Ž	V	M
Oravská Lesná	Ž	Ž	E	M	V	V	V	V	Ž	Ž	V	M
Poprad	M	Ž	V	Ž	E	E	V	M	Ž	Ž	M	M
Švedlár	M	M	V	Ž	E	E	E	E	V	M	M	M
Podolíneč	Ž	Ž	V	M	E	E	E	V	V	Ž	V	M
Prešov	E	E	E	Ž	E	E	E	M	M	M	M	M
Košice	V	M	E	Ž	E	E	E	V	E	Ž	M	V
Michalovce	M	M	E	Ž	E	E	E	E	E	M	M	V
Somotor	M	M	E	Ž	E	E	E	V	E	M	M	V
Tisinec	Ž	Ž	V	Ž	M	V	V	Ž	Ž	Ž	Ž	V

3.2 Pôdne sucho

Intenzita sucha – V roku 2022 sa výrazné sucho (stupeň intenzity S3) prvýkrát objavilo už koncom januára ojedinele na juhu stredného a západného Slovenska. Počas februára sa situácia postupne zhoršovala a v druhej polovici mesiaca bolo v horných 40 cm pôdneho profilu na Záhorí už lokálne výnimočné až extrémne sucho (stupeň intenzity S4 až S5). Ku koncu februára sa výrazné sucho vyskytovalo v celom pôdnom profile (0–100 cm) na 9 % územia a v povrchovej vrstve už bolo prítomné aj na Gemeri, Above a Zemplíne. Extrémne sucho na Záhorí predstavovalo celkovo 0,6 % územia Slovenska. Zhoršovanie situácie pokračovalo naďalej aj v marci. Na konci marca bolo extrémne sucho v celom pôdnom profile (0–100 cm) už na 1,8 % celkovej plochy a v povrchovej vrstve na 6,3 %. Najhoršia situácia bola na Záhorí,

v oblasti Pezinka, na Kysuciach, Gemeri a na Podpoľaní. Výrazné až extrémne suchu spolu zasahovalo 27. 3. 2022 až 27 % územia. V prvej polovici apríla sa situácia na väčšine územia čiastočne zlepšila, ale už v druhej polovici mesiaca sme na juhozápade pozorovali opäť prehĺbenie sucha a výskyt výrazného až extrémneho sucha. Mesiace máj a jún boli veľmi suché na väčšine územia a s narastajúcim výparom sa sucho prehľbovalo na čoraz väčšom území. Veľmi zlá situácia bola na konci júna, kedy bolo extrémne sucho až na 55 % územia. V prvej polovici júla nastalo čiastočné zlepšenie, ale len na krátky čas. V druhej polovici júla 2022 sucho zasahovalo takmer 60 % územia. Úplne najhoršia situácia bola 24. 7. 2022, kedy bolo extrémne sucho na celom západnom Slovensku, na väčšine stredného Slovenska a ojedinele aj na východe. Na konci júla nastalo zlepšenie situácie, ale počas prvých dvoch dekád augusta sa extrémne sucho opäť rozšírilo na približne 25 % územia. V druhej polovici augusta bol už dostatok zrážok najmä na západnom a strednom Slovensku, ale extrémne sucho ostalo ešte vo východnej časti Slovenska. V septembri a októbri bola situácia priaznivá a väčšina územia už bola bez rizika sucha. Začínajúce až výrazné sucho sa objavilo ojedinele na juhozápade až v novembri a skončilo začiatkom decembra. Týždenný priebeh intenzity sucha na území Slovenska v roku 2022 znázorňuje obr. 2. Na obr. 3 prezentujeme vývoj intenzity sucha za celý rok 2022 v profile 0–100 cm, pričom sú zobrazené všetky stupne intenzity sucha a ich priestorové pokrytie v % na celom území Slovenska.

Relatívne nasýtenie – Najnižšie hodnoty relatívneho nasýtenia v profile 0–100 cm boli v januári a februári 20–30 %, a to v oblasti Bratislavy, Komárna a Nových Zámkov. Na väčšine Podunajskej nížiny bolo nasýtenie počas mesiaca prevažne v intervale 30–50 %. V povrchovej časti pôdy (0–40 cm) bolo nasýtenie na väčšine územia vyššie ako 70 %, len lokálne na juhu Podunajskej nížiny v intervale 30–50 %. V hlbšej vrstve (40–100 cm) sa hodnoty nasýtenia po suchej jeseni ešte stále v niektorých oblastiach držali v rozmedzí 10–20 %. Najhoršia situácia bola na juhu Podunajskej nížiny, najmä v oblasti Brati-

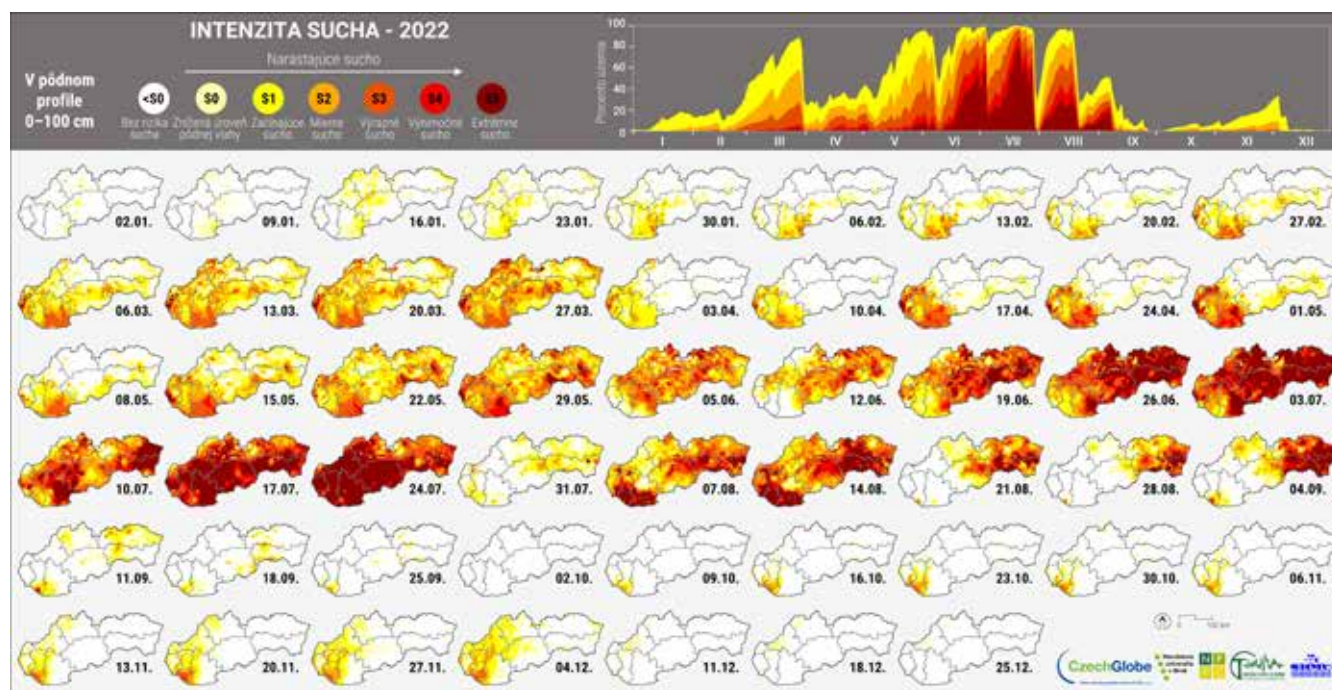


Obr. 3 Percentuálne pokrytie sucha rôznej intenzity v roku 2022 na území Slovenska. Zdroj: Vlastné spracovanie.

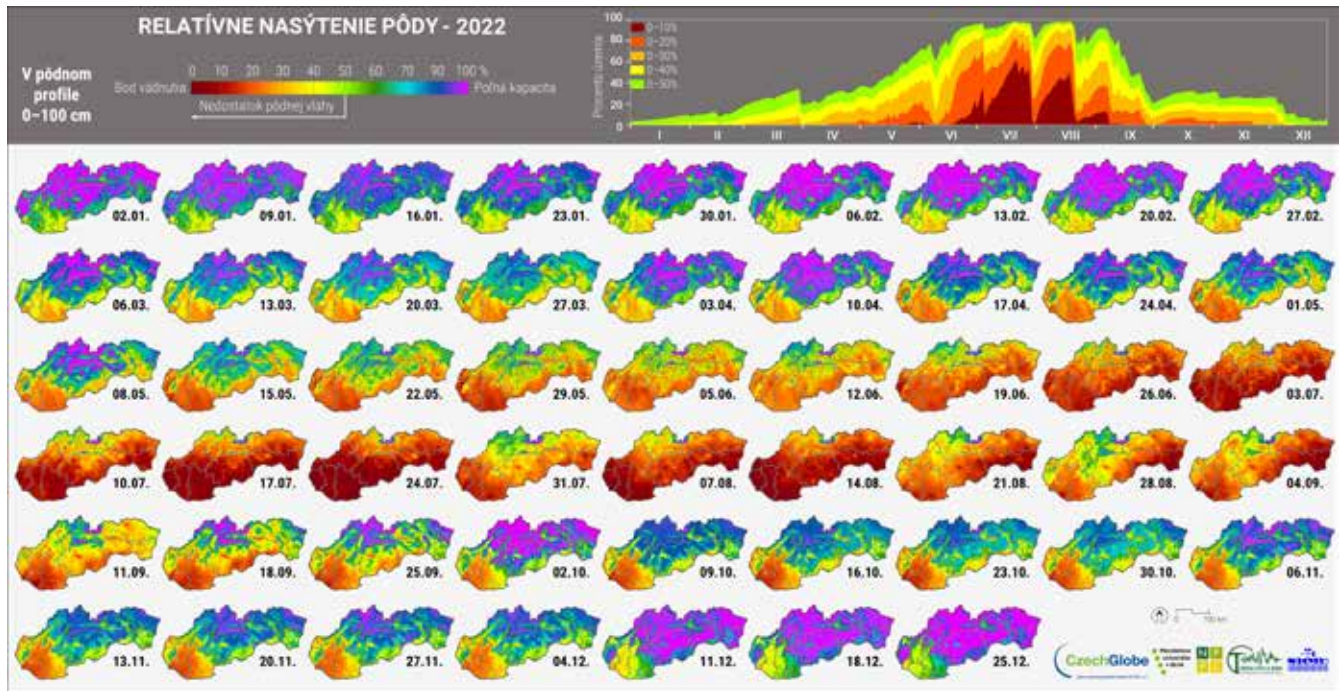
Fig. 3. Percentage coverage of drought of different intensity in 2022 on the territory of Slovakia. Source: Own processing.

slavy, Komárna a Nových Zámkov. Nasýtenie v marci postupne klesalo na väčšine územia. Koncom marca sa prvýkrát objavili hodnoty nižšie ako 10 % na západe Záhoria. Nedostatok vlhky v pôde počas jari a deficit zrážok v máji a júni spôsobili, že nasýtenie v letných mesiacoch sa rýchlo znižovalo. Hodnoty nasýtenia pod 10 % sa vyskytovali v júli na približne polovici územia, pričom sa jednalo hlavne o južnú časť Slovenska. Najhoršia situácia bola 24. 7. 2022. Od augusta postupne nastalo zlepšenie, najskôr na strednom a západnom Slovensku, neskôr aj na východe. Na východnom Slovensku bolo nasýtenie pod 10 % až do konca augusta. V hlbšej vrstve sa situácia zlepšovala len veľmi pomaly. Nasýtenie pod 10 % ostalo ešte na jeseň na Podunajskej nížine, a dokonca ešte aj v novembri boli hodnoty pod touto kritickou hranicou na Žitnom ostrove a v okolí Bratislavy. Týždenný priebeh relatívneho nasýtenia pôdy na území Slovenska v roku 2022 znázorňuje obr. 4.

Deficit pôdnej vlhky – Deficit pôdnej vlhky bol už na konci zimy ojedinele na juhozápade do –80 mm (oblasť okolo Pezinka a Senca). Počas jari sa situácia vôbec nezlepšila a deficit do –80 mm naďalej pretrvával na juhozápade. V máji bola



Obr. 2 Týždenný priebeh intenzity sucha v mapovej podobe na území Slovenska v roku 2022. Zdroj: Vlastné spracovanie, Intersucho.



Obr. 4 Týždenný priebeh relatívneho nasýtenia pôdy v mapovej podobe na území Slovenska v roku 2022. Zdroj: Vlastné spracovanie, Intersucho.

Fig. 4. Weekly relative soil saturation in a map form on the territory of Slovakia in 2022. Source: Own processing, Intersucho.

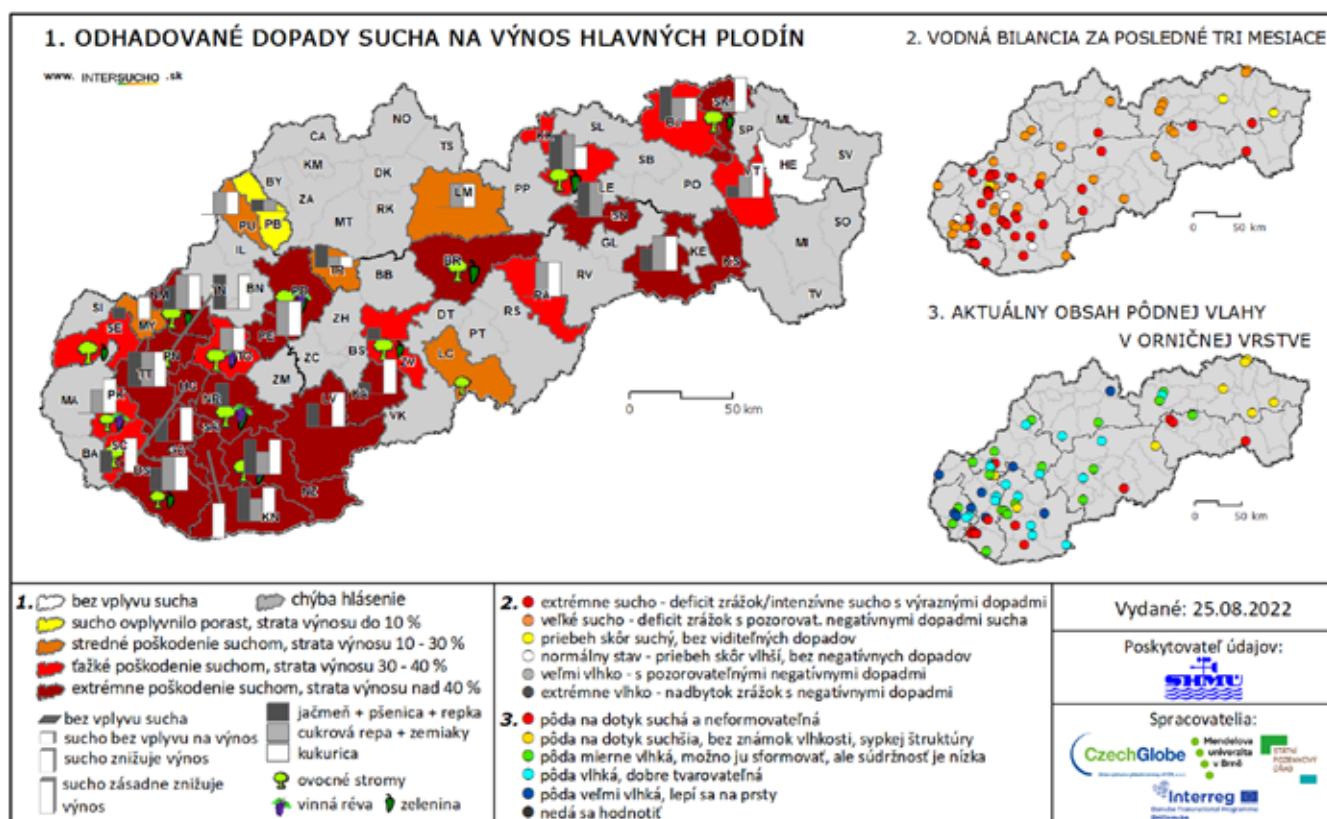
deficitom zasiahnutá už väčšina územia Slovenska. Situácia sa na juhozápadnom Slovensku čiastočne zlepšila začiatkom leta, ale zhoršenie nastalo na strednom a východnom Slovensku. Najvyšší deficit vlhky v lete bol -80 až -100 mm v júni a júli, najmä na strednom Slovensku a v horských oblastiach, kde bol výrazný nedostatok zrážok v porovnaní s dlhodobým priemerom. V auguste sa situácia zlepšila na západe a na strednom Slovensku. Na krajnom východe však bol deficit do -100 mm na Hornom Zemplíne a v oblasti Vihorlatu až do začiatku septembra. V septembri a októbri už prevažoval nadbytok vlhky. Postupné zhoršenie nastalo až v novembri, kedy sa opäť objavil deficit na juhozápade a Považí, a to v intervale -40 až -60 mm.

3.3 Monitoring dopadov sucha na poľnohospodárstvo a ovocinárstvo

Vývoj a rast poľnohospodárskych plodín bol na začiatku jari 2022 ovplyvnený pretrvávajúcimi nočnými mrazmi, chladným a veterným počasím s výrazným deficitom atmosférických zrážok. Reportéri hlásili nedostatok pôdnej vlhky, najmä vo vrchnej vrstve pôdy, ďalej stagnujúce oziminy, problémy so vzhádzaním už zasiatych jarín, ako aj suchom a mrazmi stresujúce ovocné stromy na Podunajskej nížine, Záhorí a v južných okresoch stredného a východného Slovenska. Ani výskyt atmosférických zrážok v druhej polovici jari nebol pre vegetáciu postačujúci. Reportéri naďalej hlásili slabé zakorenenie, nedostatočný vývoj odnoží ozimín, repky, riedke vzhádzanie maku jarného a poškodenie koreňov pšenice mrazmi. Z oblasti Ponitria a Považia bolo hlásené poškodenie mrazmi vzhádzajúcich rastlín a kvetov ovocných stromov, najmä na marhuliach. Pretrvávajúce sucho spôsobené výrazným deficitom vlhky malo vplyv na usychanie listovej plochy ozimín a jarín, nesúvislé vzhádzanie kukurice, nedostatočný rast repky i slabý nárast hmoty pri krmovinách na väčšine Slovenska. V okrese Dunajská Streda sucho z predchádzajúcich mesiacov

spôsobilo 50 až 60 % výpadok cukrovej repy, ktorú museli znova zasiať. V okrese Kežmarok malo sucho vplyv na slabšie odnoženie jačmeňa jarného a ovsu, ako aj slabší príjem živín u obilnín. Reportéri z okresu Spišská Nová Ves hlásili u jarín nižší počet odnoží, ale aj výpadky a slabý vývoj maku jarného. V oblasti Pezinku poškodili krúpy z lokálnej búrky činnosti vinič do 10 %. Prehlbujúci sa deficit pôdnej vlhky zapríčiniť slabý vývoj obilnín, spomalenie až zastavenie rastu úžitkových plodín, minimálne 10 % straty pri maku jarnom a zemiakoch, ale aj o 30 % slabšie prvé kosby krmovín.

Kombinácia vysokej teploty vzduchu, nízkych a nerovnomerných úhrnov atmosférických zrážok, najmä z lokálnych búrok, a veterného počasia spôsobili prehlbovanie sucha na Slovensku aj v letnom období. Reportéri hlásili popraskanú a prašnú pôdu, vlhkosť semien hrachu len cca 10 %, opakované nutné zavlažovanie kukurice, ktorá ostala nenávratne poškodená bez riadne opelených klasov. Okrem kukurice hlásili aj výrazne poškodené porasty slnečnice, sóje, tráv a lucerny. Výsledky žatvy, ktorá nastala veľmi skoro (už v polovici júna počas extrémneho sucha), potvrdili prvotné odhady poľnohospodárov. Úroda ozimín bola priemerná, v mnohých okresoch podpriemerná. Úroda na Podunajskej nížine bola v porovnaní s 5-ročným priemerom o 15–30 % nižšia. Podpriemernú úrodu obilnín hlásili zo Spiša, Abova a Východoslovenskej nížiny. Atmosférické zrážky na konci júla priniesli zmiernenie vlhového deficitu, ale bez významného doplnenia vlhky. Reportéri naďalej hlásili extrémne zlý stav poľnohospodárskych plodín (vädnutie až usychanie), porasty boli nútené dozrievať počas nedostatku vlhky a extrémnych horúčav. Pri krmovinách hlásili straty okolo 40–50 %, pri skorých zemiakoch okolo 40–60 %. Problémy hlásili aj ovocinári. Úroda drobného ovocia a ovocných stromov bola silne poznačená suchom, aj napriek zavlažovaniu. Hlásený bol najmä predčasný opad ovocia a lístia, plodov bolo málo a boli malé. Na Považí u bystrických sliviek predčasne opadlo cca 70 % úrody. Väčšina ovocia bola kvôli suchu poškodená hmyzom a vtáctvom. Reportéri z okolia

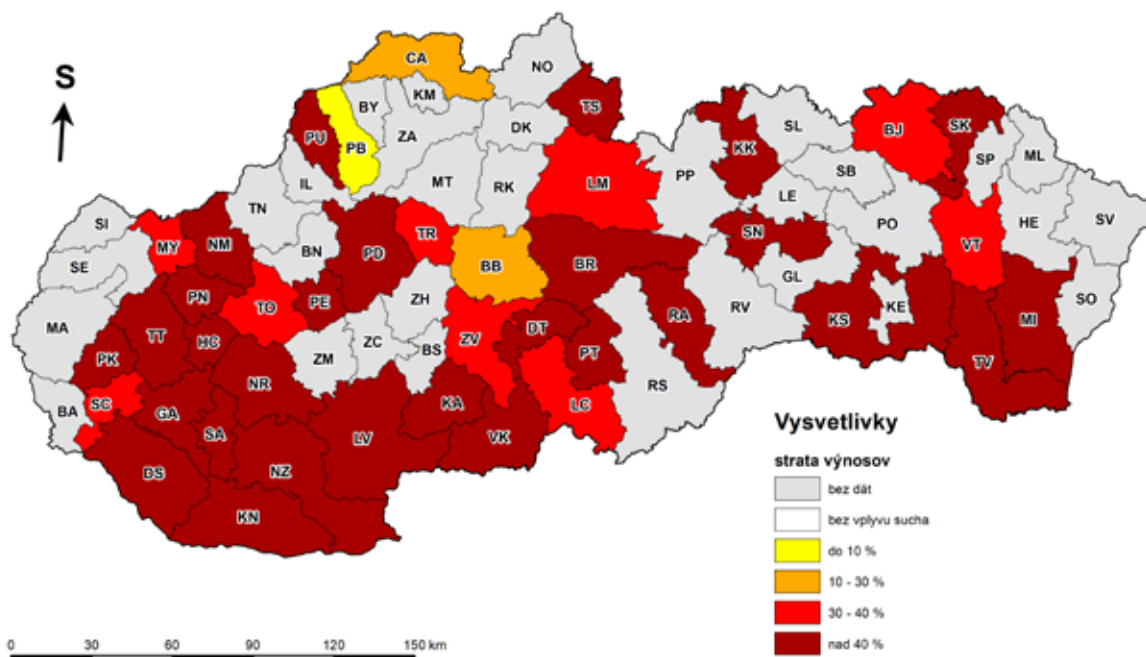


Obr. 5 Odhadované dopady sucha na výnos hlavných plodín na Slovensku k 25. 8. 2022. Zdroj: Intersucho (2022b).

Pozn. Informácie z jednotlivých okresov od našich reportérov neodrážajú stav v celom okrese, ale popisujú situáciu vo vybraných katastrach.

Fig. 5. Estimated drought impacts on the main crop yields in Slovakia by 25 August 2022. Source: Intersucho (2022b).

Note. Information by our reporters from individual districts does not reflect the situation in the entire district, but describes the situation in selected cadastral units.



Obr. 6 Najvyššia odhadovaná strata výnosov v poľnohospodárstve a ovocinárstve v roku 2022 podľa hlásení reportérov národnej reportovacej siete. Zdroj: Vlastné spracovanie.

Fig. 6. The highest estimated yield loss in the agriculture and the fruit growing in 2022 reported by members of the National Reporting Network. Source: Own processing.

Senca a Trnavy hlásili dopady sucha na viniči podpriemerne malými bobuľami na strapcoch, ktoré však rýchlo dozrievajú. Zrážky koncom leta priniesli zväčšenie bobúľ a lepšiu úrodu, znížila sa však cukornatosť hrozna, ktorá dosahovala len priemernú hodnotu (okolo 19 °NM). Nerovnomerné atmosférické zrážky, ktoré sa vyskytli v podobe lokálnych prehánok a búrok na konci augusta, zasiahli najmä oblasti západného a stredného Slovenska. Nezachránili ani nezmiernili straty na úrode poľnohospodárskych plodín a ovocných stromov, ktoré boli nenávratne poškodené extrémnym suchom. Čiastočne však pomohli porastom cukrovej repy, lucerny a novo-zasiatym ozimám. Na východnom Slovensku nedostatkom vlhky naďalej trpeli nielen plodiny letného a jesenného zberu, ale aj krmoviny, ktoré sú súčasťou krmív hospodárskych zvierat. Prejavy sucha boli zaznamenané aj na zelenine na väčšine územia Slovenska. Najviac trpeli papriky, paradajky, cukety, uhorky, hlúboviny, či koreňová zelenina na poliach, ktoré si vyžadovali zvýšenú závlahu. Sucho malo za následok aj intenzívnejší výskyt chorôb a škodcov. Najvyššie odhadované dopady sucha na výnos hlavných plodín na Slovensku boli reportérmi hlásené v druhej polovici augusta 2022 (obr. 5).

Výdatnejšie atmosférické zrážky v septembri oživilo všetky porasty a napomohli pri orbe a príprave pôdy pod sejby. Avšak, chladné počasie v druhej polovici mesiaca spomalilo zberové práce. V októbri počasie opäť prialo všetkým zberovým aktivitám. Minimálne atmosférické zrážky umožnili pokračovať v zbere oskoruší, neskorých jabĺk, jesenných hrušiek, orechov, zemiakov, silážnej kukurice, ale aj osiať ďalšie plochy ozimín. Sucho sa postupne zmierňovalo, ale na vodných tokoch a v studniach sa zvýšené množstvo zrážok neprejavilo. Deficit vlhky, najmä v hlbších vrstvách pôdy, hlásili reportéri z celého Slovenska. Pokles teploty vzduchu, hmly a častejšie zrážky v novembri udržiavali porasty ozimín a krmovín v dobrej kondícii, v zelenom stave, bez chorôb a výpadkov. Poľnohospodári postupne ukončili všetky práce na poliach a v ovocných sadoch. V decembri boli zaznamenané prvé mrazy a súvislá snehová pokrývka, ktorá sa koncom roka roztopila. Poľnohospodárske plodiny a ovocné dreviny boli vo vegetačnom pokoji.

Odhadovaná strata výnosov v roku 2022 v poľnohospodárstve a ovocinárstve bola podľa hlásení reportérov národnej reportovacej siete vyššia ako 40 % vo väčšine monitorovaných okresoch (obr. 6). Najviac ohrozené plodiny boli kukurica, trávnaté porasty, lucerna, zemiaky a zelenina, z ovocných stromov slivky a jadroviny.

4. Záver

Rok 2022 ukázal, že sucho na Slovensku je potrebné brať vážne, a preto je nutné zaoberať sa samotnou problematikou sucha. Sucho na Slovensku v roku 2022 začalo už na začiatku jari, kedy sme už v marci na väčšine územia pozorovali extrémne meteorologické sucho a výrazné až extrémne pôdne sucho bolo na približne 25 % územia. V apríli sa situácia zlepšila na takmer celom území. Sucho však začalo naberať na intenzite v máji a neskôr aj v letných mesiacoch (jún až júl). Najhoršia situácia vyvrcholila v druhej polovici júla, kedy na viac ako polovicu územia bolo extrémne pôdne sucho a zároveň relatívne nasýtenie v pôde bolo nižšie ako 10 %. Deficit pôdnej vlhky bol najvyšší v letných mesiacoch na strednom a východnom Slovensku od –80 do –100 mm. Sucho najviac pretrvalo na východnom Slovensku, a to konkrétne na Zemplíne, v oblasti Vihorlatu a Abova, kde skončilo až v prvej septembrovej dekáde. Najdlhšia epizóda sucha podľa indexu SPEI bola v Senici

204 dní, v Podolínci 190 dní a v Žihárce 160 dní. Index CMI dosiahol najnižšie hodnoty v letných mesiacoch na týchto staniaciach: Košice (–3,73), Sliač (–3,61), Dolné Plachtince (–3,49), Banská Štiavnica (–3,47) a Banská Bystrica (–3,44). Index CMI dosiahol v roku 2022 na niektorých staniaciach najnižšie hodnoty od roku 1981. Podľa monitoringu meteorologického i pôdneho sucha sme zaznamenali intenzívne suché obdobia v roku 2022, ktoré potvrdili aj hlásenia poľnohospodárov a ovocinárov z takmer celého Slovenska. Strata výnosov nad 40 % bola zaznamenaná vo väčšine monitorovaných okresoch, pričom najviac zasiahnuté boli plodiny kukurica, trávnaté porasty, lucerna, zemiaky a zelenina, z ovocných stromov slivky a jadroviny.

Monitoring meteorologického a pôdneho sucha, ktorý prebieha na SHMÚ od roku 2015 a monitoring dopadov sucha, ktorý je prevádzkovaný od roku 2017, sa ukazuje ako efektívny nástroj na sledovanie vývoja vlhovej bilancie a pôdnej vlhkosti. Uvedené zistenia potvrdzujú vysokú zhodu identifikácie výskytu sucha medzi indexmi SPEI, CMI a pôdnym modelom, využívaným pre monitorovanie pôdneho sucha. Navyše, zistené výsledky potvrdzujú vhodnosť využívanej metodiky pre monitoring pôdneho sucha, nakoľko jeho výstupy sú vo vysokej zhode s hláseniami dopadov sucha od užívateľov v praxi. Prepojenie vedeckej práce s praxou sa javí ako najlepšie riešenie na problémy zmeny klímy, čo dokazuje aj česká štúdia zaoberajúca sa monitorovaním sucha a jeho dopadmi (Bartošová et al. 2022).

5. Diskusia

Problematika sucha sa stáva v posledných rokoch často diskutovanou témou na vedeckej, ako aj politickej úrovni. Územie strednej Európy bolo spomínané v súvislosti s výskytom sucha len sporadicky. A to dokonca aj napriek tomu, že sucho malo dôsledky aj na ekonomiku, najmä v oblasti poľnohospodárstva a vodného manažmentu (Labudová et al. 2017; Žalud et al. 2017; Fendeková et al. 2017; Fendeková et al. 2018). Hänsel et al. (2019) poukázali na dôležitosť sledovania vývoja sezónneho sucha a jeho trendov v oblasti strednej Európy, pričom identifikovali postupné vysychanie, najmä v jarných a letných mesiacoch. Fendeková et al. (2017) vo svojej štúdií uvádzajú, že najvýraznejšie suchá v 21. storočí zasiahli Slovensko v rokoch 2003, 2011–2012 a 2015. Ďalej upozorňujú, že výskyt čoraz extrémnejších meteorologických a hydrologických udalostí je jedným z očakávaných prejavov zmien klímy, ktoré boli dokumentované celým radom výskumov v mnohých krajinách sveta. Vo svojej ďalšej štúdií (Fendeková et al. 2018) poukazujú najmä na sucho z roku 2003, ktoré bolo rozsiahle skúmané pre jeho celoeurópsky charakter (postihnuté boli oblasti od východného Španielska po južné Nemecko, vrátane väčšiny kontinentálneho Talianska, Sardínie, Korziky, Švajčiarska a väčšiny Francúzska). Významné suché obdobia sa na Slovensku po vlhkom roku 2010 vyskytli v rokoch 2011/2012, 2015, 2016, 2017, 2018 a 2022. Suchom v roku 2017 sa zaoberala štúdia Labudové et al. (2018) v ktorej autori poukázali na problematiku dlhodobého trvania sucha na juhozápade Slovenska. Intenzita sucha (pomer deficitu a dĺžky trvania suchého obdobia) nedosahovala historicky rekordné hodnoty, ale v tomto prípade bola podstatná dĺžka trvania sucha. Suchom na Slovensku v minulosti sa zaoberali aj Pecho, Turňa (2019), ktorí vo svojej štúdií zhodnotili sucho od roku 1961 podľa dvoch celosvetovo najviac používaných indexov, a to PDSI a SPEI. V tomto príspevku sa venovali aj suchu v roku 2018. Rok 2018 bol extrémny

aj v Čechách, pričom z hľadiska celkových zrážkových úhrnov sa stal druhým najsuchším od roku 1961 (najsuchší bol rok 2003). Zároveň bol aj piatym suchým v poradí, čo sa prejavilo najmä na stave povrchových a podzemných vôd. V niektorých oblastiach pretrvávalo sucho už z rokov 2015 a 2017, preto bol nástup prejavov sucha v podobe malých prítokov a nízkeho stavu podzemných vôd v roku 2018 rýchly (Bercha et al. 2019). V Česku sa v roku 2022 extrémne pôdne sucho vyskytlo už v januári, a to v oblasti Sliezska a severnej Moravy. V priebehu marca sa postupne sucho rozšírilo na celé územie Českej republiky. V apríli a máji došlo k zlepšeniu situácie, pričom extrémne sucha sa vyskytovalo prevažne v stredných Čechách. Situácia sa opäť zhoršovala v júni, pričom najhoršia situácia v roku 2022 bola práve v druhej polovici júna. Potom sa situácia znova zlepšila. Ďalšie zhoršenie nastalo na konci júla, kedy bolo extrémne sucha najmä na Morave. V auguste sa sucha prehľbovalo len v západnej časti Česka, pričom najhoršia situácia bola v polovici augusta. V závere augusta sa situácia zlepšila a sucha v roku 2022 na území Českej republiky sa skončilo. V porovnaní so Slovenskom, v Česku nezasiahlo extrémne sucha také veľké územie a taktiež skončilo už na konci augusta, pričom na Slovensku skončilo až v prvej septembrovej dekáde.

V kontexte zmeny klímy pozorujeme rastúci trend teploty vzduchu v oblasti Európy (IPCC 2021), ale taktiež aj na území Slovenska (Labudová et al. 2015). Rastúca teplota vzduchu zvyšuje potrebu vody, nakoľko teplejší vzduch dokáže absorbovať viac vodnej pary, a tým sa zvyšuje aj potenciálna evapotranspirácia. Preto je podstatné používať indikátory, ktoré berú do úvahy okrem atmosférických zrážok aj potenciálnu (referenčnú) evapotranspiráciu. Index SPEI je najpoužívanejším ukazovateľom (Vicente-Serrano et al. 2010), ktorý bol zavedený na princípe SPI, ale s tým rozdielom, že pri výpočte zohľadňuje aj potenciálnu evapotranspiráciu. Štúdie preukázali, že korelácie SPEI spolu s dopadmi sucha sú vyššie ako v prípade SPI (Labudová et al. 2017; Vicente-Serrano et al. 2012; Bachmair et al. 2015). Index SPEI má preto lepšie uplatnenie pri identifikovaní suchých období s monitoringom dopadov sucha na poľnohospodárske plodiny.

Podakovanie:

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: „Údajová a vedomostná podpora pre systémy rozhodovania a strategického plánovania v oblasti adaptácie poľnohospodárskej krajiny na klimatické zmeny a minimalizáciu degradácie poľnohospodárskych pôd“ (kód ITMS2014+313011W580), spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Literatúra:

- BACHMAIR, S., KOHN, I., STAHL, K., 2015. Exploring the link between drought indicators and impacts. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, Vol. 15, No. 6, s. 1381–1397.
- BARTOŠOVÁ, L., FISCHER, M., BALEK, J., BLÁHOVÁ, M., KUDLÁČKOVÁ, L. et al., 2022. Validity and reliability of drought reporters in estimating soil water content and drought impacts in central Europe. *Agricultural and Forest Meteorology*, Vol. 315. Dostupné z doi: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2022.108808>.
- BERCHA, Š., BOHÁČ, M., CRHOVÁ, L., ČEKAL, R., ČERNÁ, L. et al., 2019. Sucha na území České republiky v roce 2018. Praha: Český hydrometeorologický ústav. Dostupné na WWW: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/tiskove_zpravy/2019/Sucho_2018.pdf.

- FENDEKOVÁ, M., DANÁČOVÁ, Z., GAUSTER, T., LABUDOVÁ, L., FENDEK, M., HORVÁTH, O., 2017. Analysis of hydrological drought parameters in selected catchments of the southern and eastern Slovakia in the years 2003, 2012 and 2015. *Acta Hydrologica Slovaca*, Vol. 18, No. 2, s. 135–144.
- FENDEKOVÁ, M., GAUSTER, T., LABUDOVÁ, L., VRABLÍKOVÁ, D., DANÁČOVÁ, Z. et al., 2018. Analysing 21st century meteorological and hydrological drought events in Slovakia. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, Vol. 66, No. 4, s. 393–403. Dostupné z doi: <https://doi.org/10.2478/johh-2018-0026>.
- HÄNSEL, S., USTRNUL, Z., ŁUPIKASZA, E., SKALAK, P., 2019. Assessing seasonal drought variations and trends over Central Europe. *Advances in Water Resources*, Vol. 127, s. 53–75.
- Intersucho, 2022a. Ako sucha monitorujeme [online]. [cit. 2023-05-15]. Dostupné na WWW: <https://www.intersucho.sk/sk/o-suchu/ako-sucha-monitorujeme/?mapcountry=sk>.
- Intersucho, 2022b. Odhadované dopady sucha na výnos hlavných plodín na Slovensku k 25. 8. 2022 [online]. [cit. 2023-05-18]. Dostupné na WWW: <https://www.intersucho.sk/sk/?measurementid=1148&popup=1&mapcountry=sk&map=3&from=2022-05-18&to=2023-05-18¤t=2023-04-20>.
- IPCC, 2021. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution on the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [MASSON-DELMOTTE, V., ZHAI, P., PIRANI, A., CONNORS, S. L., PÉAN, C. et al. (eds.)]. Cambridge: Cambridge University Press. In Press.
- LABUDOVÁ, L., FAŠKO, P., IVANÁKOVÁ, G., 2015. Changing Climate and Changes in Climate Regions. *Moravian Geographical Reports*, Vol. 23, Issue 3, s. 71–82. ISSN 1210-8812.
- LABUDOVÁ, L., LABUDA, M., TAKÁČ, J., 2017. Comparison of SPI and SPEI applicability for drought impact assessment on crop production on the Danubian Lowland and the East Slovakian Lowland. *Theoretical and Applied Climatology*, Vol. 128, s. 491–506. Dostupné z doi: <https://doi.org/10.1007/s00704-016-1870-2>.
- LABUDOVÁ, L., TURŇA, M., POLČÁK, N., 2018. Sucha v roku 2017 v kontexte vývoja suchých období od roku 1981 na Slovensku. *Meteorologický časopis*, roč. 21, č. 1, s. 13–21. ISSN 1335-339X.
- LABUDOVÁ, L., TURŇA, M., 2019. Meteorological drought occurrence in Slovakia. In: NEIGM, A. M., ZELEŇÁKOVÁ, M. (eds.), 2019. *Water Resources in Slovakia: Part II Climate change, Drought and Floods, The Handbook of Environmental Chemistry*, Vol. 70. Dostupné z doi: <https://doi.org/10.1007/978-2017-155>.
- PALMER, W. C., 1968. Keeping track of crop moisture conditions, nationwide: the new Crop Moisture Index. *Weatherwise*, Vol. 21, s. 156–161.
- PECHO, J., TURŇA, M., 2019. Sucha na Slovensku v minulosti. *Meteorologický časopis*, roč. 22, č. 2, s. 131–134. ISSN 1335-339X.
- SPINONI, J., CARRAO, H. et al., 2013. A global drought climatology for the 3rd edition of the World Atlas of Desertification (WAD). *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 15, EGU General Assembly.
- VINCENTE-SERRANO, S. M., BEGUERIA, S., LOPEZ-MORENO, J. I., 2010. A multi-scalar drought index sensitive to global warming: the Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. *Journal of Climate*, Vol. 23, s. 1696–1718.
- VINCENTE-SERRANO, S. M., BEGUERIA, S., LORENZO-LACRUZ, J., CAMARERO, J. J., LOPEZ-MORENO, J. I. et al., 2012. Performance of drought indices for ecological, agricultural and hydrological applications. *Earth Interactions*, Vol. 16, No.10, s. 1–27.
- ŽALUD, Z., HLAIVINKA, P., PROKEŠ, K., SEMERÁDOVÁ, D., BALEK, J., TRNKA, M. 2017. Impacts of water availability and drought on maize yield – A comparison of 16 indicators. *Agricultural Water Management*, Vol. 188, s. 126–135. Dostupné z doi: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.04.007>.

Lektori (Reviewers):

RNDr. Lenka Hájková, Ph.D., RNDr. Filip Chuchma, Ph.D.

Teplá období duben až říjen v Česku 1961 až 2022

April to October warm periods in Czechia from 1961 to 2022

Luboš Němec

Český hydrometeorologický ústav
Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4
✉ lubos.nemec@chmi.cz

The article compares selected periods in the warm half year based on the areal average of daily air temperature maxima and the number of summer and hot days from 1961 to 2022. Several characteristics have been proposed to evaluate the exceptionality of these periods. The highest *M*-day averages, averages for selected periods, and the number of summer and hot days in those periods were compared. For comparison, an assessment was also included on the total rainfall and total runoff for the territory of the Czech Republic.

KLÍČOVÁ SLOVA: denní maximum teploty vzduchu – den letní – den horký

KEYWORDS: daily maximum air temperature – summer day – hot day

1. Úvod

Podle průměrné teploty vzduchu byl měsíc květen a období duben až říjen 2018 v Česku nejteplejší od roku 1771, tedy od doby, kdy jsou k dispozici měsíční průměry teploty pro ČR. Podle průměru denních maxim teploty byl od roku 1961 nejteplejším měsícem také květen 2018 a období červen až srpen (léto) a duben až říjen bylo v pořadí druhé nejteplejší. V létě 2018 byl v Česku zaznamenán nejvyšší počet dnů letních (den s denním maximem teploty 25 °C a více). Poslední tři sezony patřily spíše mezi průměrné. Protože denní maxima teploty jsou pro hodnocení zátěže organismu, ale i pro hodnocení úspěšnosti rekreační sezony a jejího vnímání veřejností často užívaná, byla jako rozhodující prvek použita i v tomto článku. Období od dubna do října bylo vybráno, protože bývá většinou považováno za vegetační období a v této části roku se vyskytují letní dny. Historicky je za letní půlrok považováno období od dubna jen do září (eMS 2023), v posledních letech se však období s výskytem letních dní prodlužuje až do října. V článku byl použit pro den tropický nový výraz den horký v souladu s eMS (2023).

2. Postup práce a výběr hodnotících kritérií

Pro zpracování bylo vybráno šedesát stanic tak, aby dobře popsaly teplotní poměry Česka a současně měly co nejúplnější řady denních maxim teploty. Seznam stanic je v tabulce,

kteřá je k dispozici na <http://metadatamz.jdem.cz>. Prostým průměrem byla určena pro každý den hodnota průměrného denního maxima teploty v Česku. Pak byly určeny pro všechny sezony nejvyšší *M*-denní průměry pro $M = 1, 2, 3, 5, 10, 30, 90, 150$ (je zjištěno souvislé období s délkou trvání *M* dní, pro které je průměr denních maxim za sezonu nejvyšší) a průměry pro nejteplejší měsíc, pro červen až srpen, pro duben až říjen a počty letních a horkých dnů (den s denním maximem 30 °C a více) za stejná období. Počet letních i horkých dnů byl určen jako průměr počtu letních a horkých dnů na jednotlivých stanicích.

Podle těchto charakteristik byly sezony seřazeny od nejteplejší po nejchladnější, konečné pořadí je průměrem pořadí podle jednotlivých charakteristik (tab. 1, tab. 2). Ve sloupci MAX je uvedena hodnota prvku pro nejteplejší měsíc dané sezony. Výrazně se oddělilo sedm nejteplejších sezon. Všechny jsou z druhé poloviny 62letého zpracovaného období a čtyři z nich až z poslední třetiny po roce 2000 (1992, 1994, 2003, 2006, 2015, 2018 a 2019). Do tab. 2 jsou přidány sloupce sezonních srážek z portálu ČHMÚ a sezonního odtoku, který byl určen z průměrných měsíčních průtoků závěrečných profilů Labe, Moravy, Dyje, Odry, Olše, Bělé, Lužické Nisy a Smědé.

3. Průběh charakteristik od roku 1961

Pořadí sezon v tab. 1 potvrzuje postupné oteplování. Pro lepší vyjádření tohoto jevu byly zhotoveny průběhy vybraných charakteristik pro jednotlivé sezony od roku 1961 proložené polynomem druhého stupně. Součástí grafů jsou i rovnice polynomu, hodnota směrnice tečny pro rok 2022 (tučně) a hodnota lineárního trendu za celé období. Pro *M*-denní maxima byly zhotoveny průběhy pro $M = 1, 10$ a 150 (obr. 1, 2, 3). Pro $M = 1$, tedy plošný průměr v ČR pro nejteplejší denní maximum v sezoně, je lineární trend 0,046 °C·rok⁻¹ a směrnice polynomu pro rok 2022 je 0,067 °C·rok⁻¹. To znamená, že za předpokladu rovnoměrného oteplování se otepluje v Česku o půl stupně za 10 let, tedy o 4,6 stupňů za 100 let. Polynom, který lépe popisuje vývoj teploty, udává oteplení větší, tedy o 0,67 °C za 10 let (6,7 °C za 100 let za předpokladu, že se rychlost oteplování nebude dále měnit). Podobné oteplení udává i obrázek 3 pro $M = 150$. Pro $M = 10$ udává polynom oteplení ještě větší.

Stejně byly zhotoveny průběhy průměrného denního maxima pro nejteplejší měsíc v sezoně, období červen až srpen a duben až říjen (obr. 4 až 6). Průběhy počtu letních a horkých dnů (obr. 7 až 11) jsou zpracovány shodně jako předchozí charakteristiky. U letních dnů udává polynom přibývání jejich počtu o 0,8 dnů za rok, u horkých dnů přibližně o jeden den za tři roky. U všech prvků, jejichž průběhy jsou na obrázcích 1 až 11, je na hladině $p = 0,01$ vzestup udávaný polynomem statisticky významný.

Tab. 1 Hodnocení teplého období (duben až říjen) v letech 1961–2022 podle plošného průměru denních maxim v ČR (P – pořadí období podle dané charakteristiky, 1 až 150 – příslušná M-dennost, 4 až 10 – období duben až říjen, 6 až 8 – období červen až srpen, MAX – hodnocení pro nejteplejší měsíc).

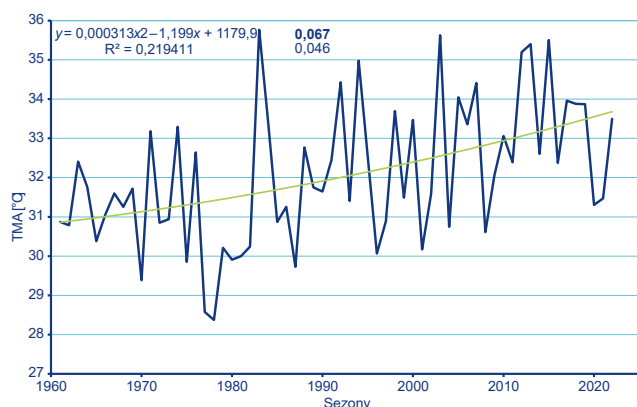
Table 1. Evaluation of the warm period (April to October) in the years 1961–2022 according to the area average of daily maxima in the Czech Republic (P – order of the period according to the given characteristic, 1 to 150 – relevant M-day duration, 4 to 10 – period April to October, 6 to 8 – period June to August, MAX – rating for the warmest month).

Rok	Nejvyšší M-denní průměr denních maxim (°C) a pořadí sezony (P)																Průměr denních maxim (°C) a pořadí sezony (P)					
	M=1	P	M=2	P	M=3	P	M=5	P	M=10	P	M=30	P	M=90	P	M=150	P	4-10	P	6-8	P	MAX	P
2015	35,5	3	35,5	1	34,9	1	34,6	1	33,9	1	29,8	3	26,1	4	23,2	4	20,1	7	26,0	4	28,5	3
2018	33,9	11	33,4	10	33,0	6	32,6	4	32,0	4	30,1	1	26,5	2	24,9	1	22,6	1	26,1	3	28,2	5
2003	35,6	2	33,4	9	32,5	9	31,3	11	31,0	6	28,9	5	26,5	1	24,4	2	20,5	3	26,3	1	28,0	6
1992	34,4	7	34,4	4	34,0	3	33,1	3	31,2	5	28,5	6	25,7	5	23,4	3	20,0	11	25,6	5	28,5	2
1994	35,0	6	34,9	2	34,8	2	34,3	2	33,0	2	30,0	2	25,6	6	22,9	9	19,6	18	25,1	8	28,4	4
2006	33,4	17	33,2	12	32,9	7	32,5	5	32,2	3	29,0	4	24,8	10	22,7	12	20,4	4	24,0	13	28,7	1
2019	33,9	12	33,8	6	32,3	13	30,7	16	29,3	13	27,6	10	26,3	3	23,1	5	20,7	2	26,3	2	27,3	7
2022	33,5	14	32,7	16	32,2	14	31,5	9	29,4	12	27,5	11	25,5	7	23,1	6	20,3	6	25,4	6	25,6	14
2013	35,4	4	34,6	3	33,4	5	32,1	6	30,8	7	28,2	7	24,4	14	21,8	23	19,2	26	24,0	15	26,1	11
1983	35,8	1	33,1	14	31,9	19	29,9	28	29,0	15	27,7	9	24,4	15	22,6	13	19,9	14	24,4	10	27,1	8
2017	34,0	10	32,6	17	32,1	17	31,3	10	28,7	21	26,2	21	25,3	8	22,7	11	19,8	16	25,2	7	25,8	13
2012	35,2	5	33,4	11	32,2	16	30,6	19	29,0	16	26,1	23	24,8	9	23,1	8	20,0	9	24,3	12	25,4	17
2007	34,4	8	34,0	5	33,7	4	32,0	7	30,2	9	26,1	24	24,5	13	22,5	15	19,9	12	24,4	9	24,5	34
2000	33,5	15	33,4	8	32,7	8	31,0	12	29,9	10	25,4	36	23,3	33	22,6	14	20,3	5	23,3	24	25,2	20
2010	33,1	20	32,6	18	32,2	15	31,6	8	30,7	8	27,4	13	23,8	22	21,0	44	18,3	47	23,6	19	26,3	10
1995	32,5	24	31,7	26	30,5	34	29,8	32	28,4	25	27,5	12	24,2	17	21,5	34	19,1	31	23,5	20	26,9	9
2014	32,6	23	32,2	21	32,0	18	30,7	17	28,1	30	26,5	17	23,6	24	21,8	25	19,7	17	23,3	23	25,8	12
2020	31,3	39	30,8	39	30,6	33	30,1	22	28,9	19	26,7	16	24,3	16	22,1	20	19,8	15	23,8	17	25,4	15
1971	33,2	19	32,0	22	30,9	30	29,9	27	29,6	11	27,8	8	23,1	38	21,4	35	18,9	36	23,0	31	25,4	16
2016	32,4	28	31,7	25	31,1	25	28,8	43	27,7	37	25,7	29	24,8	11	23,1	7	19,9	13	24,0	14	25,0	24
2002	31,6	35	31,5	27	31,0	28	29,8	29	28,1	28	25,5	32	24,7	12	22,7	10	19,3	22	24,3	11	24,8	29
1963	32,4	26	31,9	23	31,6	20	30,0	24	28,9	18	26,3	19	23,5	26	21,7	28	19,1	30	23,2	25	24,9	25
2021	31,5	37	31,4	28	31,2	23	30,6	20	28,1	29	25,6	31	24,1	18	22,0	22	19,0	32	24,0	16	25,3	18
1998	33,7	13	32,8	15	31,3	21	30,1	23	28,0	33	26,9	15	23,6	25	21,4	37	18,9	35	23,0	32	23,7	44
1976	32,6	22	32,5	19	32,4	11	30,9	13	28,6	23	27,2	14	23,0	39	20,9	48	18,6	43	22,8	35	24,9	26
1967	31,6	34	31,0	36	30,6	32	29,5	36	28,2	26	26,0	25	23,3	31	21,6	30	19,2	25	23,0	29	25,2	21
2011	32,4	27	31,3	33	31,0	27	30,9	15	28,7	22	24,8	45	23,1	36	22,5	17	20,0	10	23,0	30	24,6	32
1964	31,8	30	31,4	30	31,0	29	29,9	26	28,7	20	25,1	43	23,2	35	21,5	31	18,9	38	23,1	28	24,5	35
1990	31,6	33	30,5	44	30,1	38	29,3	39	28,6	24	25,7	28	23,1	37	21,1	41	18,7	40	23,1	26	25,3	19
1969	31,7	32	31,3	31	31,1	26	30,6	18	28,9	17	26,4	18	22,6	44	21,5	33	19,2	24	22,0	46	24,3	36
2005	34,0	9	33,8	7	32,3	12	30,2	21	27,2	42	24,1	51	23,4	29	21,5	32	19,6	20	22,4	41	23,9	41
2008	30,6	50	29,9	52	29,5	50	29,5	37	28,2	27	25,4	35	24,0	19	22,1	21	19,3	23	23,8	18	23,9	40
2009	32,1	29	31,0	35	29,2	53	28,1	54	26,6	52	25,5	34	24,0	20	22,2	19	20,1	8	23,3	22	25,1	23
1988	32,8	21	32,5	20	31,1	24	29,5	35	28,0	32	26,2	20	22,9	40	21,2	38	18,9	34	22,7	38	24,0	39
2004	30,7	49	30,2	49	29,7	46	28,9	42	27,9	35	26,2	22	23,5	27	21,4	36	19,1	28	23,1	27	24,9	27
1999	31,5	36	31,4	29	30,5	36	28,7	45	26,9	46	25,2	39	23,8	21	22,2	18	19,6	19	22,9	34	24,6	33
1982	30,2	52	30,2	47	30,1	40	29,7	33	27,1	43	25,2	38	23,7	23	22,5	16	19,4	21	23,3	21	24,2	37
1973	30,9	43	30,8	40	30,5	35	29,6	34	26,4	53	25,2	37	23,5	28	21,6	29	18,3	48	22,7	37	24,9	28
1991	32,5	25	31,3	32	30,0	42	29,8	31	28,0	31	24,8	46	23,3	34	21,2	40	18,1	50	22,7	36	24,8	30
1972	30,8	47	30,3	46	30,1	37	30,0	25	29,2	14	25,5	33	22,4	49	20,2	54	17,3	58	22,3	43	23,8	42
1993	31,4	38	31,1	34	30,7	31	28,6	46	26,7	49	25,1	42	22,7	42	21,7	26	19,1	29	22,2	44	23,4	48
2001	30,2	54	30,1	50	29,3	51	28,8	44	27,0	45	25,8	27	22,9	41	20,9	47	18,7	42	22,6	39	24,7	31
1997	30,9	44	29,5	57	28,7	57	28,1	52	27,4	39	25,8	26	23,4	30	21,7	27	18,4	45	22,9	33	25,1	22
1974	33,3	18	33,1	13	32,5	10	30,9	14	26,8	47	24,7	47	22,0	54	19,9	58	17,1	59	21,2	58	24,1	38
1986	31,3	40	30,9	38	29,7	45	28,5	49	27,2	40	25,1	41	22,5	45	21,2	39	18,9	33	22,1	45	22,7	52
1989	31,8	31	31,0	37	29,8	44	28,4	50	27,8	36	24,1	52	22,4	46	21,0	43	18,9	37	22,0	47	23,2	49
1979	30,2	53	30,2	48	30,1	39	29,8	30	27,9	34	25,6	30	22,4	48	20,9	46	18,0	51	21,6	52	23,5	46
1975	29,9	58	29,3	58	29,1	54	28,6	47	27,0	44	24,4	49	23,3	32	21,8	24	18,8	39	22,5	40	23,8	43
1968	31,3	41	30,5	42	29,3	52	28,6	48	27,6	38	25,1	40	22,1	52	20,6	50	18,4	44	21,8	50	22,0	60
1984	33,4	16	31,8	24	31,2	22	29,0	41	25,0	62	23,2	58	21,0	61	19,4	60	17,4	57	20,9	59	23,0	51
1961	30,9	45	30,4	45	29,6	47	28,1	53	26,6	51	23,6	54	22,0	56	21,0	45	19,2	27	21,7	51	22,4	56
1985	30,9	46	30,7	41	30,0	41	29,4	38	25,7	58	24,0	53	21,8	57	20,9	49	18,2	49	21,4	55	23,5	47
1962	30,8	48	30,1	51	29,5	49	28,2	51	26,3	55	25,0	44	22,3	50	20,1	56	18,0	52	21,4	56	23,7	45
1981	30,0	56	29,7	54	29,0	55	27,9	55	27,2	41	23,6	55	22,4	47	21,1	42	18,4	46	22,0	48	22,4	

Tab. 2 Hodnocení teplého období (duben až říjen) v letech 1961–2022 podle počtu letních a horkých dnů v ČR (P – pořadí období podle dané charakteristiky, 4 až 10 – období duben až říjen, 6 až 8 – období červen až srpen, MAX – hodnocení pro nejteplejší měsíc, PP – průměrné pořadí P, PC – pořadí celkově, Q – sezonní odtok v mm a SRA sezonní úhrn srážek v mm).

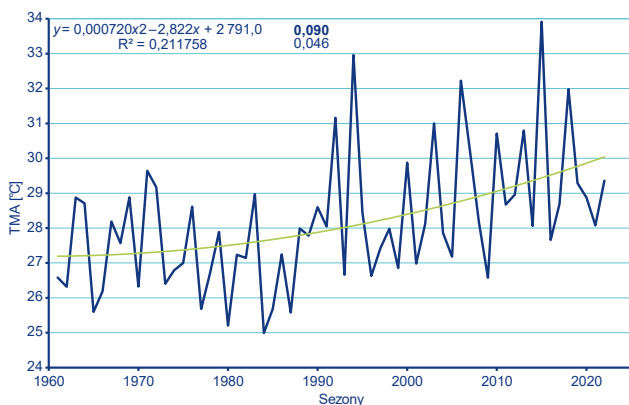
Table 2. Evaluation of the warm period (April to October) in the years 1961–2022 according to the number of summer and hot days in the Czech Republic (P – order of the period according to the given characteristic, 4 to 10 – period April to October, 6 to 8 – period June to August, MAX – rating for the warmest month, PP – average P ranking, PC – overall ranking, Q – seasonal runoff in mm, and SRA – seasonal precipitation total in mm).

Rok	Počet dní letních a pořadí sezony (P)						Počet dní horkých a pořadí sezony (P)				Celkem		Q [mm]		SRA [mm]	
	4-10	P	6-8	P	MAX	P	4-10	P	MAX	P	PP	PC	4-10	P	4-10	P
2015	55,1	7	51,1	4	21,9	9	28,2	1	14,4	1	3,4	1	56	2	324	1
2018	80,0	1	57,9	1	23,7	5	22,3	3	12,7	4	3,9	2	42	1	338	2
2003	71,2	2	57,2	3	24,0	4	23,5	2	11,5	6	4,5	3	56	3	351	3
1992	56,2	6	51,0	5	24,0	3	17,1	7	12,6	5	5,0	4	65	12	361	5
1994	51,9	12	47,0	9	24,1	2	22,1	4	12,9	3	5,7	5	80	23	429	20
2006	61,2	3	57,6	2	22,5	7	18,0	5	6,9	10	7,3	6	57	4	409	17
2019	48,9	17	43,2	11	25,0	1	17,4	6	13,4	2	7,8	7	166	60	480	40
2022	54,4	9	48,9	7	17,58	16	15,0	8	5,9	15	10,6	8	60	6	452	28
2013	58,6	4	50,6	6	23,2	6	10,6	16	8,1	8	11,6	9	83	26	377	10
1983	45,5	23	41,0	15	19,2	10	14,5	10	6,3	12	11,9	10	148	55	522	49
2017	53,8	10	48,2	8	17,4	18	14,2	11	5,8	17	13,4	11	69	15	496	44
2012	57,4	5	42,2	14	16,5	24	14,5	9	5,2	21	13,6	12	67	14	464	32
2007	53,1	11	43,1	12	14,7	37	11,9	14	5,7	18	14,5	13	65	9	466	33
2000	49,6	14	34,6	27	15,3	33	12,2	13	6,1	14	17,9	14	82	24	391	13
2010	39,2	37	38,6	19	18,2	13	12,5	12	9,9	7	19,5	15	179	61	620	62
1995	48,9	16	42,3	13	22,0	8	10,5	17	7,7	9	20,4	16	132	50	525	50
2014	46,7	21	39,2	17	18,0	14	8,7	23	5,4	19	21,6	17	100	35	587	60
2020	40,1	36	33,8	32	19,0	11	9,2	20	4,9	22	21,7	18	79	22	526	51
1971	55,0	8	38,5	20	16,9	20	9,0	21	3,1	41	22,9	19	63	8	438	22
2016	50,5	13	43,2	10	16,8	21	8,0	28	3,8	33	23,0	20	140	52	594	61
2002	43,0	28	35,2	23	17,0	19	11,8	15	6,7	11	23,1	21	90	32	394	14
1963	46,2	22	40,1	16	16,58	23	7,2	31	4,0	31	24,8	22	92	33	474	37
2021	38,0	38	34,1	29	16,0	28	9,3	19	4,4	28	25,4	23	76	20	439	23
1998	41,6	32	34,8	26	14,7	36	10,2	18	4,5	25	26,9	24	82	25	542	54
1976	47,0	19	32,9	35	15,0	35	6,5	35	3,9	32	28,1	25	84	27	489	43
1967	35,0	45	31,1	38	16,0	29	7,2	30	5,8	16	28,2	26	70	16	357	4
2011	40,6	35	33,9	30	17,6	17	8,4	26	3,6	35	29,3	27	118	46	469	34
1964	42,7	29	36,5	21	16,0	27	8,0	28	4,8	23	29,5	28	66	13	485	42
1990	37,1	41	34,4	28	18,0	15	8,7	24	6,2	13	30,6	29	58	5	375	9
1969	46,9	20	36,2	22	16,1	26	6,5	36	3,1	39	30,8	30	102	38	479	39
2005	41,1	33	30,3	42	15,5	32	6,7	33	4,4	29	30,8	31	89	30	363	7
2008	42,3	30	29,9	44	12,9	44	6,6	34	3,5	37	30,9	32	100	36	464	32
2009	49,2	15	38,9	18	13,4	41	8,8	22	4,1	30	31,1	33	73	17	416	18
1988	48,4	18	35,1	24	14,6	38	5,4	43	2,7	48	33,9	34	89	31	362	6
2004	43,6	26	31,0	39	15,5	31	4,6	47	2,9	45	34,0	35	77	21	542	54
1999	32,8	52	28,7	47	13,4	42	6,8	32	3,5	36	34,4	36	106	42	395	15
1982	37,9	39	33,2	34	16,8	22	6,4	38	3,7	34	34,7	37	73	18	403	16
1973	42,2	31	32,0	36	16,2	25	6,5	37	2,7	47	36,8	38	65	11	369	8
1991	35,2	44	30,6	40	15,7	30	4,9	45	3,0	42	37,4	39	65	10	385	11
1972	44,8	25	33,8	32	18,7	12	3,9	51	2,1	52	37,7	40	141	53	511	46
1993	43,1	27	29,2	45	12,7	45	6,3	39	4,6	24	38,1	41	61	7	430	21
2001	30,5	54	29,1	46	13,9	40	8,5	25	5,3	20	39,6	42	103	39	471	36
1997	37,2	40	31,8	37	15,2	34	7,6	29	4,4	27	39,9	43	123	48	546	57
1974	23,3	58	20,1	58	12,5	48	4,7	46	4,5	26	40,8	44	93	34	531	52
1986	40,6	34	33,3	33	12,6	47	5,9	41	2,9	44	41,6	45	111	43	484	41
1989	45,1	24	35,1	25	14,6	39	3,3	55	1,9	54	42,8	46	102	37	446	25
1979	34,7	46	28,3	48	13,0	43	5,2	44	3,1	38	43,2	47	75	19	424	19
1975	35,8	43	22,8	54	12,7	46	4,0	49	3,1	40	44,3	48	116	45	446	25
1968	33,1	51	26,0	51	10,3	54	3,9	52	2,5	51	48,5	49	103	40	479	39
1984	33,6	49	25,1	52	11,7	52	3,9	50	2,8	46	48,9	50	106	41	461	30
1961	34,6	47	23,9	53	9,6	57	6	40	1,6	57	49,0	51	88	29	447	26
1985	22,3	59	19,4	61	8,7	60	4,1	48	2,6	49	49,3	52	86	28	449	27
1962	36,0	42	27,0	49	12,2	49	5,8	42	2,5	50	49,3	53	122	47	387	12
1981	34,5	48	30,3	42	11,5	53	3,9	53	2,0	53	50,2	54	124	49	544	55
1996	30,7	53	27,0	50	9,6	56	3,5	54	3,0	43	51,6	55	153	56	545	56
1966	28,5	55	22,3	55	10,0	55	2,7	58	1,8	55	52,6	56	158	57	583	59
1970	33,1	50	30,0	43	12,0	50	3,0	56	1,4	58	52,6	57	141	54	471	36
1987	28,0	57	22,0	57	11,7	51	2,3	59	1,7	56	55,6	58	158	58	501	45
1977	28,3	56	22,3	56	9,4	58	1,1	61	0,8	61	57,9	59	133	51	513	47
1965	20,7	61	19,4	60	7,2	61	3,0	57	1,2	59	58,7	60	197	62	557	58
1978	21,0	60	19,7	59	7,0	62	0,8	62	0,6	62	59,9	61	112	44	459	29
1980	16,6	62	15,5	62	9,3	59	1,2	60	0,8	60	60,3	62	163	59	516	48



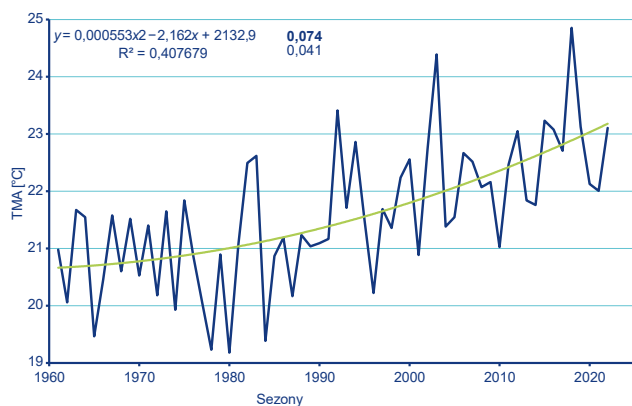
Obr. 1 Nejvyšší (jedno) denní maximum teploty [°C] v období 1961–2022 v Česku, rovnice polynomiálního trendu, koeficient determinace, směrnice tečny polynomu pro rok 2022 (tučně) a lineárního trendu.

Fig. 1. The highest (one-day) daily maximum temperature [°C] in the period 1961–2022 in Czechia, the polynomial trend equation, the coefficient of determination, the tangent line of the polynomial for 2022 (in bold) and the linear trend.



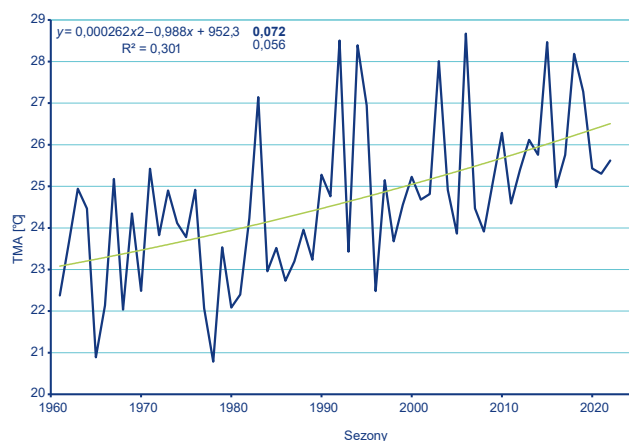
Obr. 2 Nejvyšší desetidenní průměr denních maxim teploty [°C] v období 1961–2022 v Česku, rovnice polynomiálního trendu, koeficient determinace, směrnice tečny polynomu pro rok 2022 (tučně) a lineárního trendu.

Fig. 2. The highest ten-day average of daily temperature maxima [°C] in the period 1961–2022 in Czechia, the polynomial trend equation, the coefficient of determination, the tangent line of the polynomial for the year 2022 (in bold) and the linear trend.



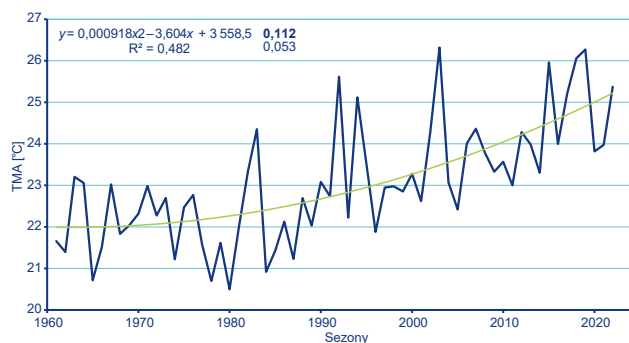
Obr. 3 Nejvyšší stopadesátidenní průměr denních maxim teploty [°C] v období 1961–2022 v Česku, rovnice polynomiálního trendu, koeficient determinace, směrnice tečny polynomu pro rok 2022 (tučně) a lineárního trendu.

Fig. 3. The highest 150-day average of daily maximum temperature [°C] in the period 1961–2022 in Czechia, polynomial trend equation, coefficient of determination, polynomial tangent line for 2022 (in bold) and the linear trend.



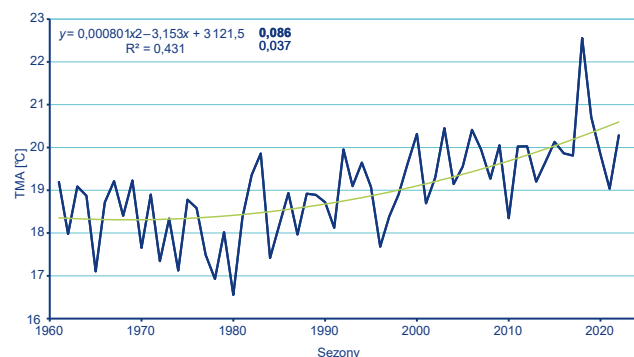
Obr. 4 Průměr denních maxim teploty nejteplejších měsíce sezony [°C] v období 1961–2022 v Česku, rovnice polynomiálního trendu, koeficient determinace, směrnice tečny polynomu pro rok 2022 (tučně) a lineárního trendu.

Fig. 4. Average daily maximum temperature of the warmest month of the season [°C] in the period 1961–2022 in Czechia, polynomial trend equation, coefficient of determination, polynomial tangent line for 2022 (in bold) and the linear trend.



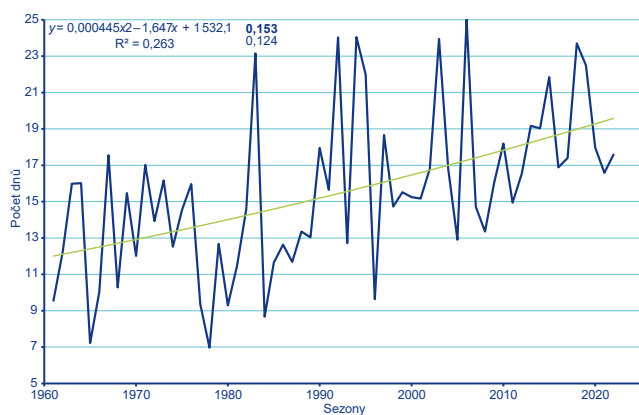
Obr. 5 Průměr denních maxim teploty za červen až srpen [°C] v období 1961–2022 v Česku, rovnice polynomiálního trendu, koeficient determinace, směrnice tečny polynomu pro rok 2022 (tučně) a lineárního trendu.

Fig. 5. Average daily maximum temperature for June to August [°C] in the period 1961–2022 in Czechia, polynomial trend equation, coefficient of determination, polynomial tangent line for 2022 (in bold) and the linear trend.



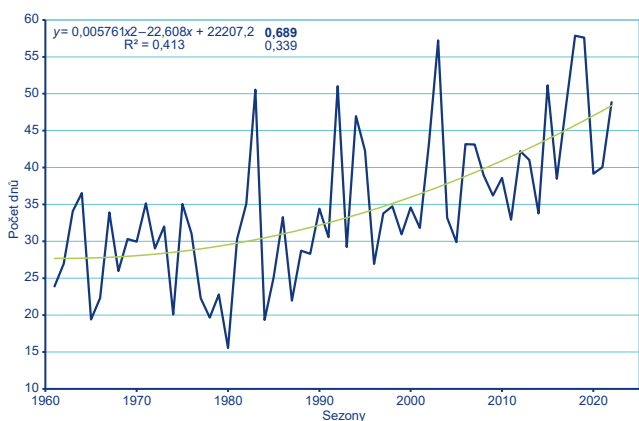
Obr. 6 Průměr denních maxim teploty za duben až říjen [°C] v období 1961–2022 v Česku, rovnice polynomiálního trendu, koeficient determinace, směrnice tečny polynomu pro rok 2022 (tučně) a lineárního trendu.

Fig. 6. Average daily maximum temperature for April to October [°C] in the period 1961–2022 in Czechia, polynomial trend equation, coefficient of determination, polynomial tangent line for 2022 (in bold) and the linear trend.



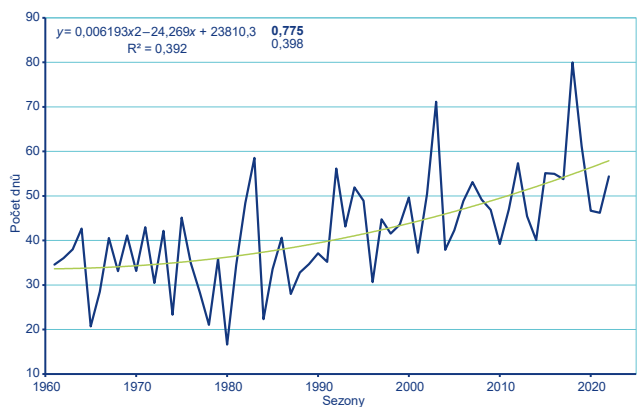
Obr. 7 Počet letních dnů nejteplejšího měsíce sezony v období 1961–2022 v Česku, rovnice polynomičského trendu, koeficient determinace, směrnice tečny polynomu pro rok 2022 (tučně) a lineárního trendu.

Fig. 7. Number of summer days of the warmest month of the season in the period 1961–2022 in Czechia, polynomial trend equation, coefficient of determination, polynomial tangent line for 2022 (in bold) and the linear trend.



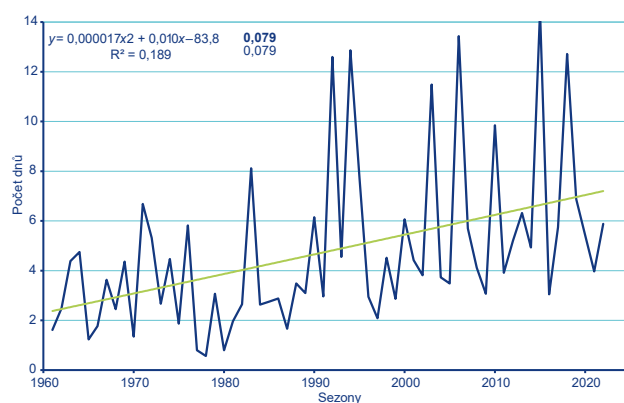
Obr. 8 Počet letních dnů za červen až srpen v období 1961–2022 v Česku, rovnice polynomičského trendu, koeficient determinace, směrnice tečny polynomu pro rok 2022 (tučně) a lineárního trendu.

Fig. 8. Number of summer days for June to August in the period 1961–2022 in Czechia, polynomial trend equation, coefficient of determination, polynomial tangent line for 2022 (in bold) and the linear trend.



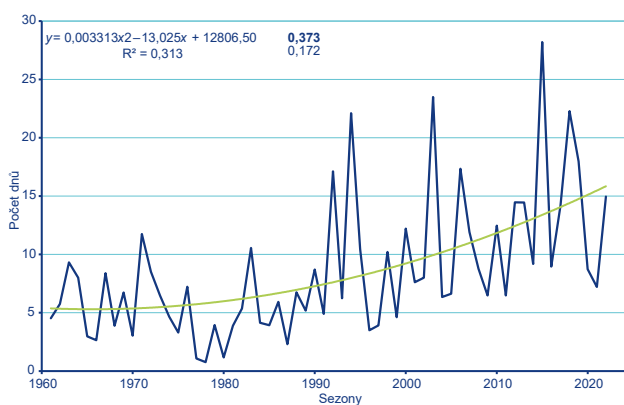
Obr. 9 Počet letních dnů za duben až říjen v období 1961–2022 v Česku, rovnice polynomičského trendu, koeficient determinace, směrnice tečny polynomu pro rok 2022 (tučně) a lineárního trendu.

Fig. 9. Number of summer days for April to October in the period 1961–2022 in Czechia, polynomial trend equation, coefficient of determination, polynomial tangent line for 2022 (in bold) and the linear trend.



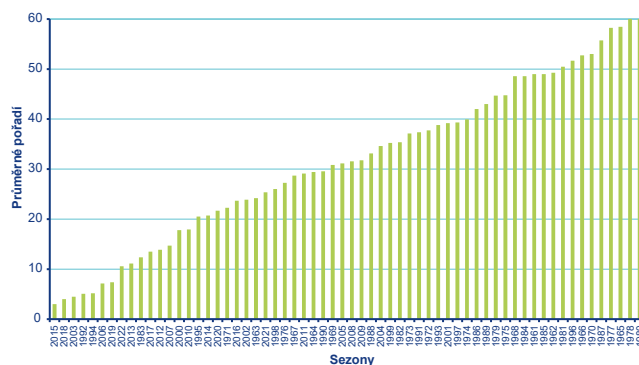
Obr. 10 Počet horkých dnů nejteplejšího měsíce sezony v období 1961–2022 v Česku, rovnice polynomičského trendu, koeficient determinace, směrnice tečny polynomu pro rok 2022 (tučně) a lineárního trendu.

Fig. 10. Number of hot days of the warmest month of the season in the period 1961–2022 in Czechia, polynomial trend equation, coefficient of determination, polynomial tangent line for 2022 (in bold) and the linear trend.



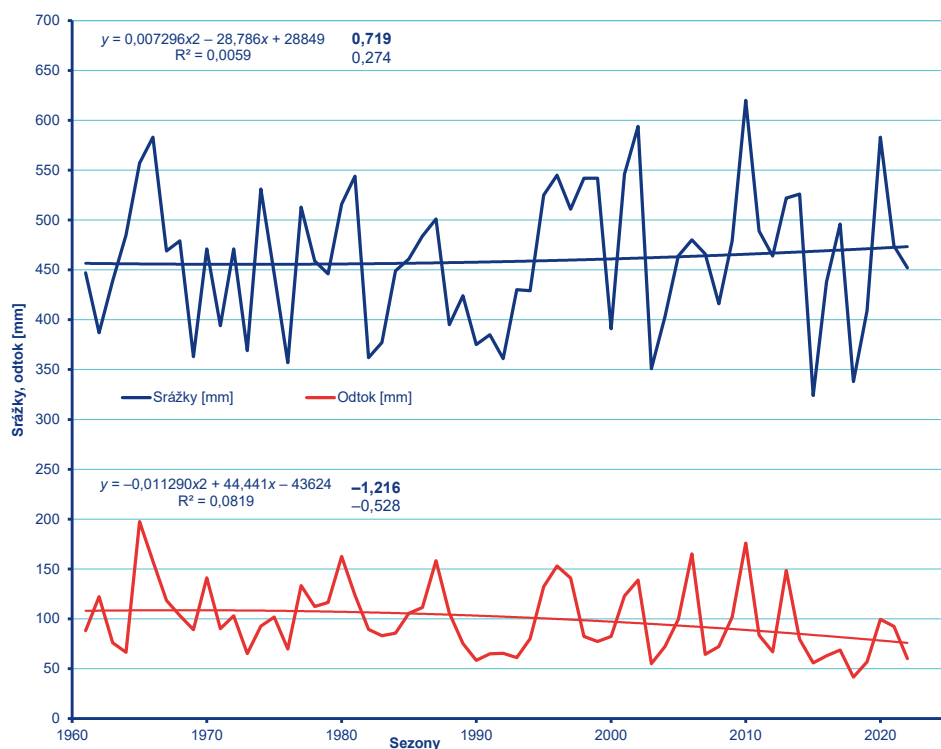
Obr. 11 Počet horkých dnů za duben až říjen v období 1961–2022 v Česku, rovnice polynomičského trendu, koeficient determinace, směrnice tečny polynomu pro rok 2022 (tučně) a lineárního trendu.

Fig. 11. Number of hot days for April to October in the period 1961–2022 in Czechia, polynomial trend equation, coefficient of determination, polynomial tangent line for 2022 (in bold) and the linear trend.



Obr. 12 Průměrné pořadí jednotlivých sezon v období 1961–2022 v Česku.

Fig. 12. Average ranking of individual seasons in the period 1961–2022 in Czechia.



Obr. 13 Srážky a odtok za duben až říjen [mm] v období 1961–2022 v Česku.

Fig. 13. Precipitation and runoff for April to October [mm] in the period 1961–2022 in Czechia.

Na obrázku 12 jsou sezony seřazeny podle průměrného pořadí charakteristik od nejteplejší po nejchladnější. Průběh polynomů sezonních srážek a sezonního odtoku z ČR ukazuje slabý vzestup srážek, a naopak znatelnější pokles odtoku (obr. 13), i když ani zde není na hladině $p = 0,05$ významný.

4. Srovnání automatického a manuálního měření

Výrazný růst hodnoty denního maxima během teplé sezony by mohl být zpochybněn nehomogenitou dat způsobenou automatizací měření teploty. Na stanicích Churáňov, Kocelovice a Doksany zachoval ČHMÚ souběžné manuální měření meteorologických prvků. Můžeme tedy porovnat hodnoty sezonních průměrů denních maxim teploty za období 2001 až 2022. Průměr podle manuálního měření za 22 let má stanice Churáňov o 0,33 °C, stanice Kocelovice o 0,66 °C a stanice Doksany o 0,05 °C vyšší než podle měření automatizovaného. Z toho plyne, že automatizace měření zvyšování denního maxima v teplé sezoně nepůsobí.

5. Závěr

Současný růst průměrné globální teploty o 1 °C od předindustriální doby (IPCC 2018) znamená, že na severní polokouli a na pevninách se teplota zvýšila o vyšší hodnoty. Odhady počítané z technické syntetické řady pro Českou republiku (Štěpánek 2005; portal.chmi.cz) ukazují za aktuální třicetileté období 1991–2020 odchylku +1,6 °C od období 1851–1900, které dnes používá IPCC jako tzv. srovnávací předindustriální období. Předložená studie ukazuje, že se extrémní teplota

zvyšuje výrazněji, což je v souladu s chováním klimatického systému. Použité průměry denních maxim teploty, počty letních a horkých dnů byly zpracovány v období 1961 až 2022 za různé dlouhé časové periody od jednoho dne po sedm měsíců. Potom byly všechny sezony seřazeny od nejteplejší po nejchladnější podle všech vybraných hodnocení a průměr z těchto pořadí určil konečné pořadí sezony. Jako nejteplejší vyšly v ČR sezony 2015, 2018 a 2003. V tabulce 2 je vidět, že nejteplejší sezony byly současně srážkově a podle odtoku podprůměrné. Průběh průměru denních maxim, počtu letních a horkých dnů za vybrané periody dokládá, že se zvyšování denních maxim teploty od osmdesátých let minulého století postupně zrychluje, i když poslední tři sezony naznačují možnost jistého zpomalení.

Literatura:

- eMS, 2023. Elektronický meteorologický slovník [online] Česká meteorologická společnost [cit. 16.08.2023]. Dostupný na WWW: <http://slovník.cmes.cz>
- IPCC, 2018. Summary for Policymakers. In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [MASSON-DELMOTTE, V., ZHAI, P., PÖRTNER, H. O., ROBERTS, D., SKEA, J. et al. (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 32 s.
- KRŠKA, K., MUNZAR, J., 1984. Teplotní zvláštnosti tropického léta 1983 v ČSSR a v Evropě. *Meteorologické zprávy*, roč. 37, č. 2, s. 33–40. ISSN 0026-1173.
- KRŠKA, K., RACKO, S., 1996. Mimoriadne teplé leto 1994 v Českej a Slovenskej republike. *Meteorologické zprávy*, roč. 49, č. 1, s. 12–20. ISSN 0026-1173.
- PAVLÍK, J., NĚMEC, L., TOLASZ, R., VALTER, J., 2003. Mimořádné léto roku 2003 v České republice. *Meteorologické zprávy*, roč. 56, č. 6, s. 161–165. ISSN 0026-1173.
- POKORNÁ, L., KUČEROVÁ, M., 2018. Roční chod trendů maximální a minimální teploty v ČR v období 1975–2014. *Meteorologické zprávy*, roč. 71, č. 1, s. 105–112. ISSN 0026-1173.
- ŠTĚPÁNEK, P., 2005. Variabilita teploty vzduchu na území České republiky v období přístrojových měření (Air Temperature Fluctuations in the Czech Republic in the Period of Instrumental Measurements). Disertační práce, Geografický ústav PřF MU, Brno. 136 s.
- TOLASZ, R., ČEKAL, R., ŠKÁCHOVÁ, H., VLASÁKOVÁ, L., 2019. Rok 2018 v České republice. *Meteorologické zprávy*, roč. 72, č. 1, s. 1–10. ISSN 0026-1173.

Lektoři (Reviewers):

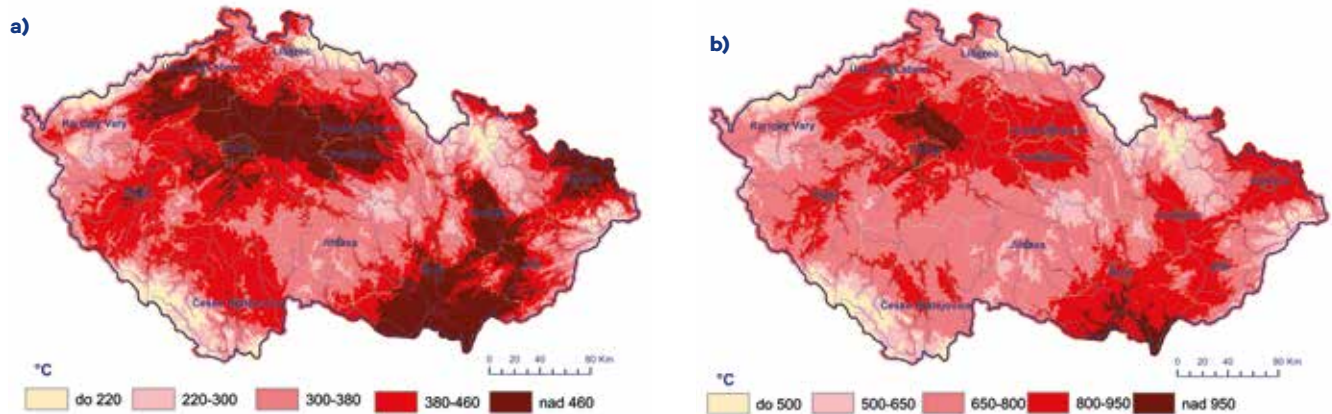
RNDr. Radim Tolasz, Ph.D., Ing. Pavel Lipina

POČASÍ A ROSTLINY

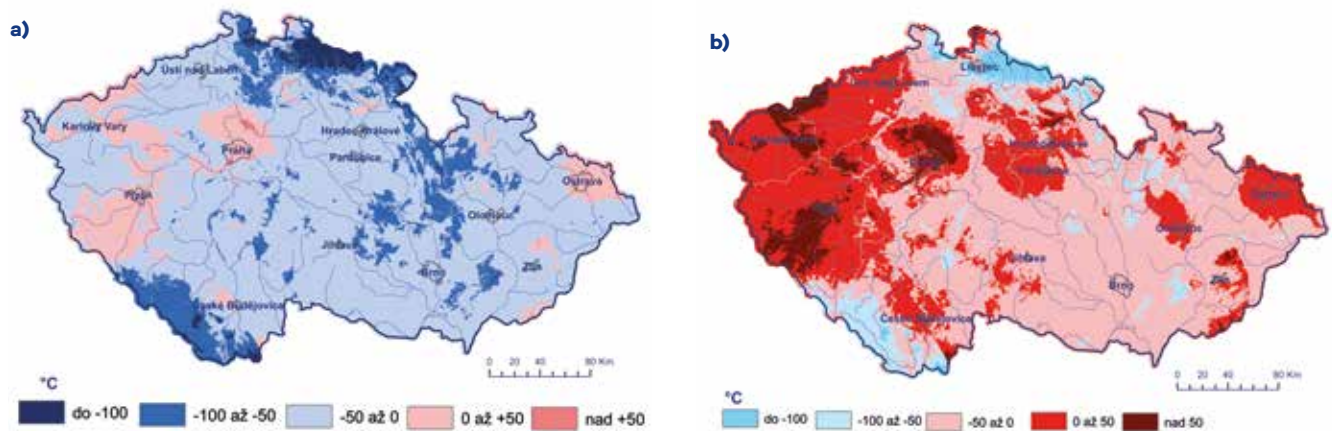
Fenologický vývoj na území ČR v květnu a v červnu 2023

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

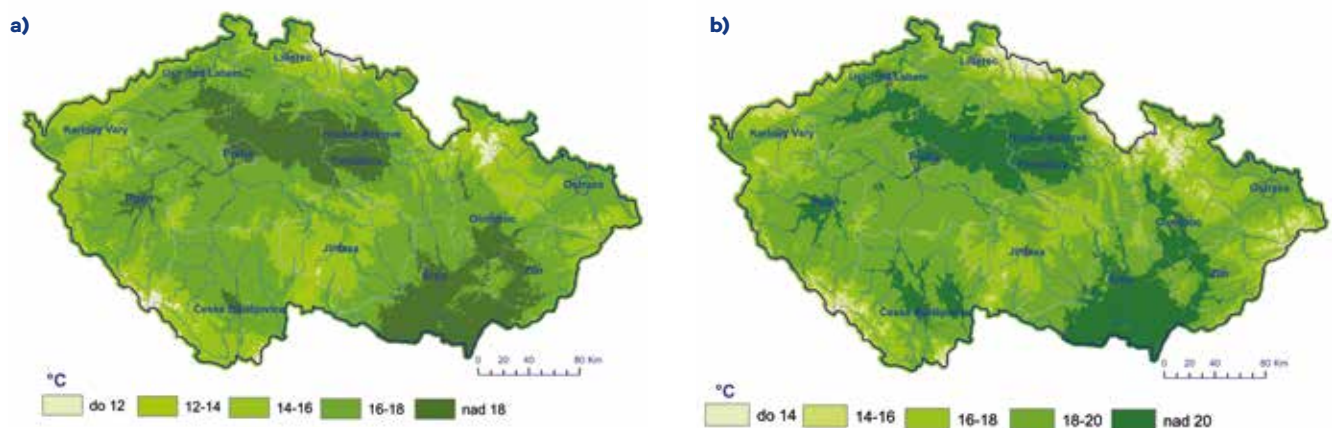
Celkovou sumu **efektivních teplot nad 5 °C** od 1. 1. 2023 do 31. 5. 2023 a do 30. 6. 2023 a její srovnání s normálem 1991–2020 zobrazují následující mapy (obr. 1, 2). Absolutní hodnoty sumy efektivních teplot vzduchu nad 5 °C byly v květnu v rozmezí od 220 do 460 °C, v červnu od 500 do 950 °C (v obou měsících to bylo o pár stupňů více než v roce 2022). Nejvyšší hodnoty byly naměřeny v Polabí, Poohří, středních



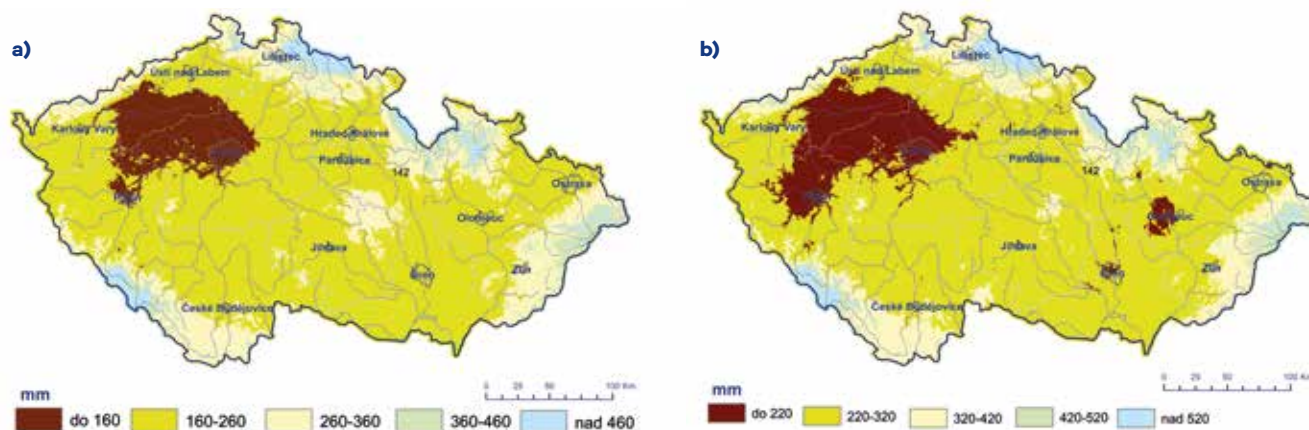
Obr. 1 Suma efektivních teplot vzduchu nad 5 °C od 1. 1. 2023 do 31. 5. 2023 (a) a do 30. 6. 2023 (b).



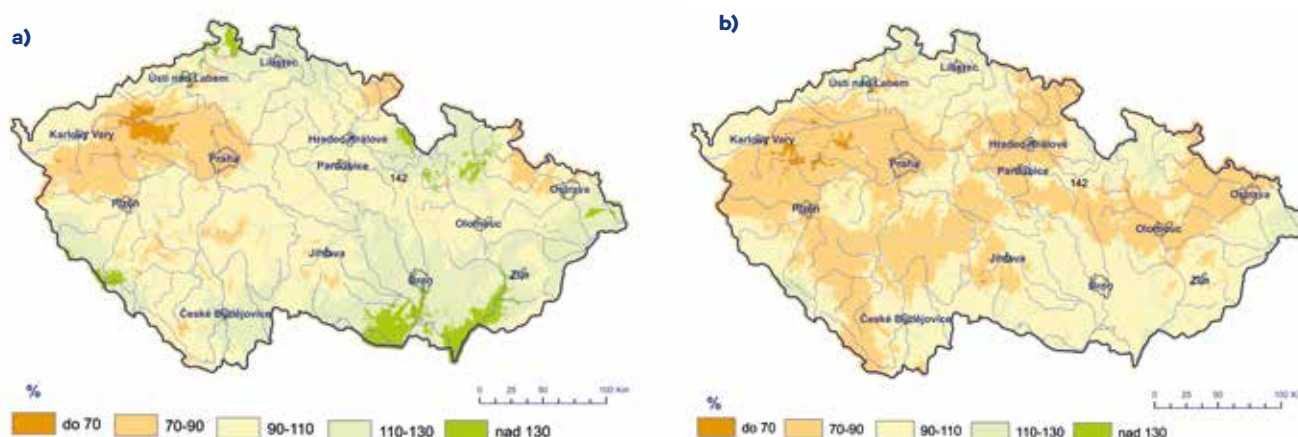
Obr. 2 Suma efektivních teplot vzduchu nad 5 °C – odchylka od normálu 1991–2020 od 1. 1. 2023 do 31. 5. 2023 (a) a do 30. 6. 2023 (b).



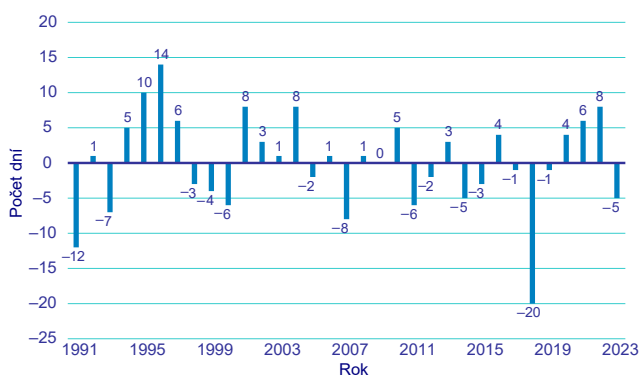
Obr. 3 Průměrná denní teplota půdy v hloubce 10 cm dne 31. 5. 2023 (a) a 30. 6. 2023 (b).



Obr. 4 Kumulativní úhrn srážek k 31. 5. 2023 (a) a 30. 6. 2023 (b).



Obr. 5 Kumulativní úhrn srážek (procenta normálu 1991–2020) k 31. 5. 2023 (a) a 30. 6. 2023 (b).



Obr. 6 Počátek kvetení třezalky tečkované – odchylky od normálu 1991–2020, stanice Příkosice (550 m n. m.).

Čechách a na jižní a severní Moravě. Odchylky od normálu 1991–2020 byly v květnu na většině území záporné, pouze na Plzeňsku, Karlovarsku, Ostravsku, v okolí Prahy a v Krušných horách byly odchylky kladné. Červen byl teplejší, odchylky od normálu byly na 1/3 území kladné, zejména v západních a severozápadních Čechách.

Průměrná denní teplota půdy v hloubce 10 cm dne 31. 5. 2023 a 30. 6. 2023 je uvedena v obrázku 3. V květnu se průměrná denní teplota půdy v hloubce 10 cm pohybovala

v rozmezí 12 až 18 °C, v červnu 14 až 20 °C. Při srovnání s rokem 2022 byly hodnoty velmi podobné.

Kumulativní úhrn atmosférických srážek od 1. 1. 2023 do 31. 5. 2023 a do 30. 6. 2023 a procentické vyjádření normálu 1991–2020 jsou vykresleny na obrázku 4 a 5. Nejnižší kumulativní úhrn srážek byl zaznamenán v severozápadních a středních Čechách a na Plzeňsku. Ve srovnání s normálem 1991–2020 dosahovaly hodnoty v březnu na části území Čech a Moravy pouze 70 až 90 % normálu. Nedostatek srážek komplikoval vzházení zemědělských plodin, zejména v severozápadních Čechách.

V průběhu května a června se nám vegetace měnila před očima a zpožděný vývoj rostlin se dostal do normálu. Probíhalo fenologické plné jaro, které na začátku června přešlo do fenologického časného léta (začátek je charakteristický rozkvětem bezu černého a akátů). Pylová sezona byla na svém vrcholu (kvetly jehličnany, buky, duby, trávy a další pylové alergenů), pylový semafor byl většinou na stupni 4 (vysoký) a 5 (mimořádný).

V první dekádě května byla již většina dřevin částečně či téměř úplně olistěná. Ve středních polohách stále kvetly blatouchy, začínaly kvést kaštiny a šeříky se rozkvetly i na dalších lokalitách. Trávy, borovice a smrky byly ve stadiu butonizace a řepka ozimá kvetla naplno na většině území. V polovině května začaly kvést jahodníky, hloh, tavelník,



Obr. 7 Květy třezalky tečkované.

vlaštovičníky, zlatý déšť, mařinka vonná, pryskyřník prudký, trávy, borovice, smrky, buky, duby, javor klen, bez hroznatý a v nejteplejších lokalitách i ořešáky. Na jihu Moravy již na některých vinicích butonizovala réva vinná. V poslední dekádě května odkvétala řepka ozimá, fruktifikovaly třešně, dřiny, bez hroznatý a javor mléč. Na konci května rozkvetly vlčí máky, šípkové růže, kopretiny a svída krvavá.

Začátkem června začaly senoseče a sklizeň jahod. Rozkvetly akáty a bez černý a kolem poloviny června začaly kvést lípy. Na modřínkách byly zaznamenány janské výhony. Probíhala tvorba pupenů a dřevnatění výhonů. Na konci června začaly kvést třezalky a pokračovala fruktifikace jeřabin, hlohů, akátů, dubů, jasanů a klenů. Začínala sklizeň třešní a stále pokračovala sklizeň jahod. Pozvolna dozrávalo i obilí. Na stanici Chručim bylo z důvodu sucha zaznamenáno žloutnutí listů u třešně ptačí.

Na obr. 6 je uveden počátek kvetení třezalky tečkované (odchyly od normálu 1991–2020) na stanici Příkosice v západních Čechách (550 m n. m.). Třezalka je tzv. bylina sv. Jana, další synonymní názvy pro třezalku jsou např. čarovník, děravec, krvavník, kvítí Panny Marie, koření psotníkové či svatojánské koření. Jedná se o léčivou rostlinu, která roste při okrajích cest, na sušších loukách, pastvinách, úhorech a mezích. Třezalka obsahuje červené barvivo hypericin a je též velmi dobrým fytoindikátorem znečištění ovzduší, srovnatelným s lišejníky. Na den sv. Jana (24. 6.), který je symbolem posvátných sil světla a tepla, září třezalka nádhernou svých skvostných květů (obr. 7).

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

Lenka Hájková

INFORMACE – RECENZE

Konference Evropské meteorologické společnosti – EMS 2023

Ve dnech 3. až 8. září 2023 se v Bratislavě, hlavním městě Slovenské republiky, konalo další výroční setkání Evropské meteorologické společnosti (EMS Annual Meeting 2023: Europe and droughts: Hydrometeorological processes, forecasting and preparedness). Hlavním tématem letošní akce bylo sucho v Evropě, s ním související hydrometeorologické procesy, předpověď a připravenost. Tomuto tématu byly věnovány i hlavní přednášky konference.

V rámci konference bylo prezentováno na 600 odborných příspěvků formou přednášek a posterů. Konference proběhla hybridní formou, většina přednášek se uskutečnila přímo v Bratislavě a sešlo se na nich více než 600 odborníků z oborů meteorologie, klimatologie a z dalších oborů. Zbylé přednášky a informace sdíleli vědci online.

Příspěvky byly rozděleny do 3 základních oblastí: Engagement with Society; Operational Systems and Applications; Understanding Weather & Climate Processes, které byly dále rozděleny na 37 tematicky různých sekcí. Uskutečnilo se také několik workshopů a vedlejších schůzek.

Každoročně je toto setkání také příležitostí k udělení několika cen Evropské meteorologické společnosti. Například cena EMS Technology Achievement Award, která je udělena za význam-

né technologické úspěchy a inovace v oblasti meteorologie a pozorování Země, byla letos udělena předpovědní platformě Yr.no, která je provozována společně firmou Norwegian Broadcasting Corporation (NRK) a Norským meteorologickým ústavem (MET Norway).

Webová platforma umožňuje uživatelům přístup k datům pozorování a předpovědi počasí zobrazovaným různými způ-



Výroční setkání Evropské meteorologické společnosti se konalo 3. až 8. září 2023 v prostorách Ekonomické univerzity v Bratislavě. Zdroj: <https://www.ems2023.eu/>.

soby. Uživatelé mají k dispozici mapy, tabulky a grafy různých typů dat o počasí, protože je známo, že různí lidé preferují různé vizualizace. Stejná ambice platí pro aplikace, které jsou jednodušší verzí webu. Právě uživatelskou přívětivost a množství atraktivních možností zobrazení ocenila EMS touto cenou.

Již po šesté byla udělena Cena Harryho Ottena za inovaci v meteorologii, kterou letos vyhrál pan Hamish Pritchard z British Antarctic Survey (U. K.). Prezentoval způsob, jak lze využít jezera k získání dat o obsahu vody ve sněhu pomocí měření tlaku vody, a to jednoduše, levně, automaticky a na velkých plochách („Jezera jako senzory sněhových srážek: Řešení problému srážek v horské kryosféře“).

EMS Annual Meeting 2024 se bude konat ve dnech 2.–6. září 2024 v Barceloně, a hlavní téma bude věnováno roli meteorologického a klimatologického výzkumu na dosažení klimaticky neutrální Evropy.

Stanislava Kliegrová, Lenka Crhová

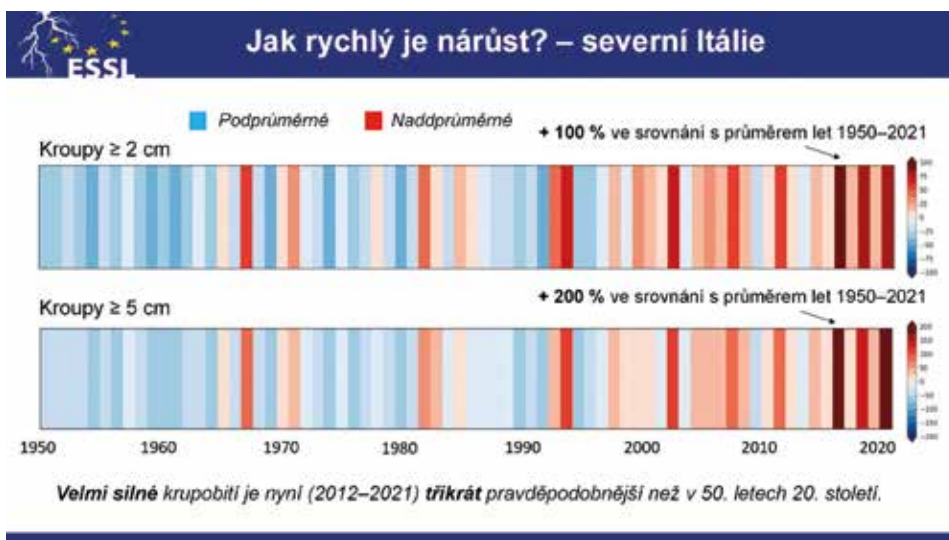
V Itálii spadla devatenácticentimetrová kroupa, největší evidovaná v Evropě

Extrémní bouřky, které zasáhly v červenci 2023 velkou část jižní Evropy, s sebou přinesly i silné krupobití. Podle Evropské laboratoře pro silné bouře (ESSL) se jednalo o „obří krupobití“, což znamená, že padaly kroupy o průměru větším než deset centimetrů.



Rekordní kroupy v Itálii.

Zdroj: © Tornado in Italia – Marilena Tonin



200% nárůst silného krupobití v severní Itálii od 50. let 20. století.

Zdroj: © ESSL / Francesco Battaglioli.

Předchozí rekord, kdy byla 19. července 2023 zaznamenána kroupa o průměru 16 cm v Carmignano di Brenta na severu Apeninského poloostrova, vydržel pouhých pět dní.

Dne 24. července 2023 kolem jedenácté hodiny večerní zasáhlo město Azzano Decimo silné krupobití, během kterého se objevilo hlášení o kroupě, jejíž rozměry meteorologové odhadovali na 19 až 20 cm. Po důkladném prozkoumání zpráv a fotografií dospěli odborníci z Evropské databáze nebezpečných meteorologických jevů (ESWD) k závěru, že lze potvrdit u této kroupy průměr 19 cm.

Tyto rozměry se už značně blíží rozměrům světové největší kroupy z 23. července 2010 ve Vivianu v Jižní Dakotě, kde byla zaznamenána kroupa o průměru 20,3 cm.

Vysoká četnost krupobití v severní Itálii je v souladu s výsledky ESSL, které ukazují, že v této oblasti došlo v posledních desetiletích k největšímu nárůstu četnosti velkých krupobití ve srovnání s ostatními evropskými regiony.

Literatura:

- ESSL, 2023. New European record: 16cm hailstone found in Italy. Vyjádření ESSL k rekordně velkým kroupám v Itálii 19. 7. 2023 [online]. European Severe Storms Laboratory [11. 9. 2023]. Dostupné z WWW: <https://www.facebook.com/European.Severe.Storms.Laboratory/posts/pfbid0uX4W2oiktKzha5eDvvuPtMGX-kEBxGoRtyvMmP6QEZe986j7nyhWmv8WY9NKisWmVI>
- ESSL, 2023a. Evropský rekord v krupobití opět překonán za pouhých 5 dní. Vyjádření ESSL k rekordně velkým kroupám v Itálii 24. 7. 2023 [online]. European Severe Storms Laboratory [11. 9. 2023]. Dostupné z WWW: <https://www.facebook.com/European.Severe.Storms.Laboratory/posts/pfbid0XjHKemZsdYGpogU9rMdvWsn-KeLALY9zi1jJgNjNQCJn8EauHBQqTdzW5Aq4PQs6F1>
- EISENBACH, S., 2023. Hail record broken again – 19cm hailstone confirmed in Italy [online]. European Severe storm Laboratory [11. 9. 2023]. Dostupné z WWW: <https://www.essl.org/cms/hail-record-broken-again-19cm-hailstone-confirmed-in-italy/>.

Hana Stehlíková

Meteorologické zprávy

Meteorological
Bulletin

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

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

Vydavatel (redakce) – Publishers

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

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

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

Vedoucí redaktor – Chief Editor

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

Redaktor – Assistant Editor

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

Redakční rada – Editorial Board

J. Bednář, Univerzita Karlova, Praha, Česká republika

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

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

Z. Horký, Praha, Česká republika

F. Hudec, Univerzita obrany, Brno, Česká republika

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

P. Huszár, Univerzita Karlova, Praha, Česká republika

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

K. Krška, Brno, Česká republika

M. Lapin, Univerzita Komenského, Bratislava, Slovenská republika

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

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

V. Pastirčák, Bratislava, Slovenská republika

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

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

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

J. Strachota, Praha, Česká republika

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

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

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

H. Vondráčková, Praha, Česká republika

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

Abstracting and Indexing:

Meteorological and Geostrophysical Abstracts

Tisk:

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

ISSN 0026-1173

Registrační číslo MK ČR E 5107

© Meteorologické zprávy, Český hydrometeorologický ústav

Počasí, voda a ovzduší 2022

V publikaci najdete stručně pospané, prezentované a zhodnocené klíčové informace z oblasti meteorologie, klimatologie, hydrologie a kvality ovzduší za uplynulý rok. Některé části publikace se věnují dlouhodobě oblíbeným tématům (teplota, srážky apod.), další se pak zabývají zajímavými a mimořádnými projevy počasí v příslušném konkrétním roce.



Elektronická verze publikace je k dispozici na informačním webu ČHMÚ info.chmi.cz. Naleznete ji pod odkazem Roční shrnutí.

info.chmi.cz

Český
hydrometeorologický
ústav

