

# 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 kryosféře 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

bený 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<sub>2</sub>) činily 415,7 ± 0,2 ppm, metanu (CH<sub>4</sub>) 1908 ± 2 ppb a oxidu dusného (N<sub>2</sub>O) 334,5 ± 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 Kennaok/Cape Grim (Tasmánie, Austrálie), ukazují, že hladiny CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> a N<sub>2</sub>O v roce 2022 nadále rostly.

Nárůst koncentrace CO<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> 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<sub>4</sub> v letech 2020 až 2021 činil 18 ppb. Jedná se o největší zaznamenaný roční nárůst, jehož příčiny se stále zkoumají. Měření atmosférické zátěže CH<sub>4</sub> a poměru jeho stabilních izotopů uhlíku <sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C naznačují, že největší podíl na obnoveném růstu CH<sub>4</sub> 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 potřetí 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.



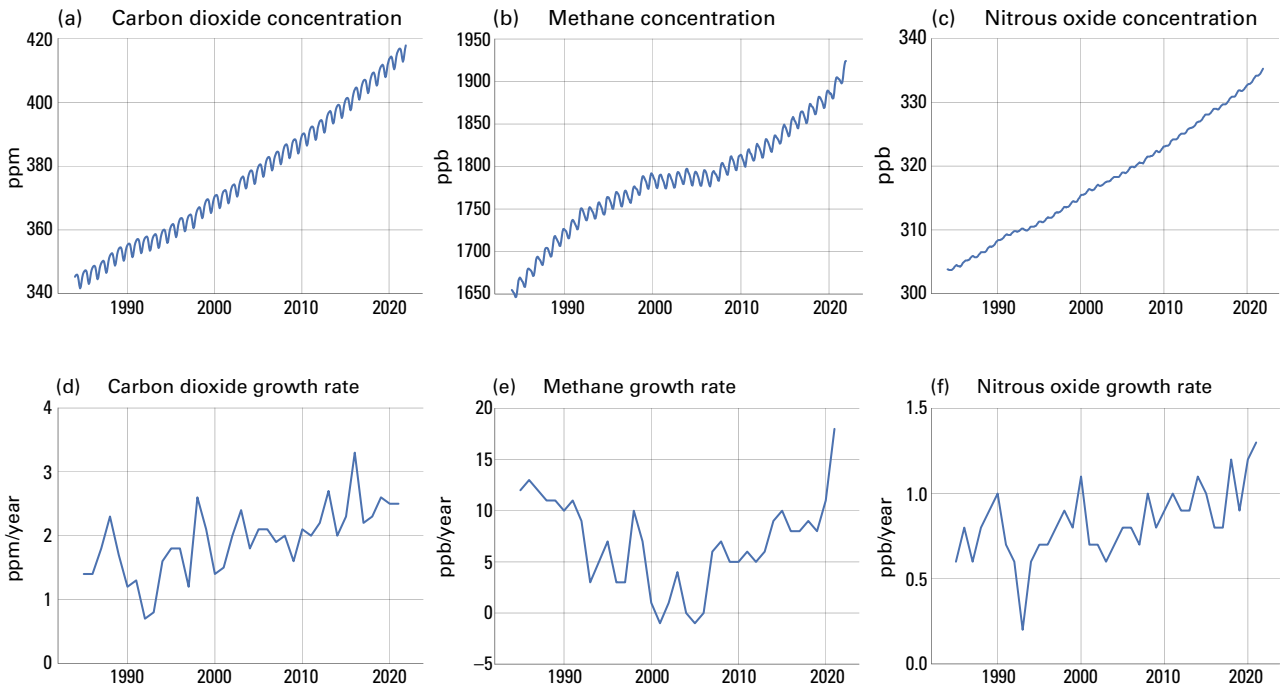
Rekordní deště v červenci a srpnu vedly k rozsáhlým záplavám v Pákistánu. Zemřelo nejméně 1 700 lidí, postiženo bylo 33 milionů lidí a téměř 8 milionů lidí bylo vysídleno. Celkové škody a hospodářské ztráty byly vyčísleny na 30 miliard USD.



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.



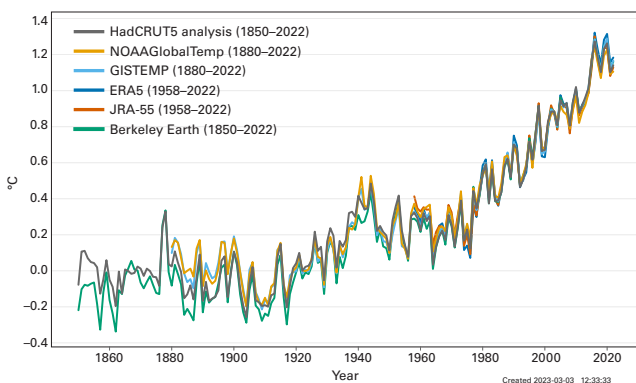
**Obr. 3** Horní řada: Měsíční globálně zprůměrované koncentrace v atmosféře v letech 1984–2021 pro (a) CO<sub>2</sub> v ppm, (b) CH<sub>4</sub> v ppb a (c) N<sub>2</sub>O v ppb. Dolní řádek: Tempo růstu představující nárůst po sobě jdoucích ročních průměrů koncentrací pro (d) CO<sub>2</sub> ppm za rok, (e) CH<sub>4</sub> v ppb za rok a (f) N<sub>2</sub>O v ppb za rok.

Fig. 3. Top row: Monthly globally averaged mole fraction (measure of atmospheric concentration), from 1984 to 2021, of (a) CO<sub>2</sub> in ppm, (b) CH<sub>4</sub> in ppb and (c) N<sub>2</sub>O in ppb. Bottom row: the growth rates representing increases in successive annual means of mole fractions for (d) CO<sub>2</sub> in ppm per year, (e) CH<sub>4</sub> in ppb per year and (f) N<sub>2</sub>O 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.

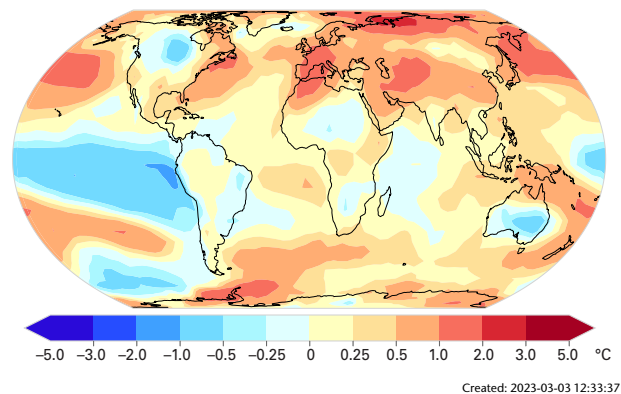
Podmínky La Niña přetrvávají již třetím rokem, přičemž začaly na konci roku 2020. La Niña je obvykle

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, Irsko, Portugalska, Španělska, Belgie, Lucemburska, Itálie, Německo 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 oteplení v rozsáhlých oblastech severního a jihozápadního Tichého oceánu.

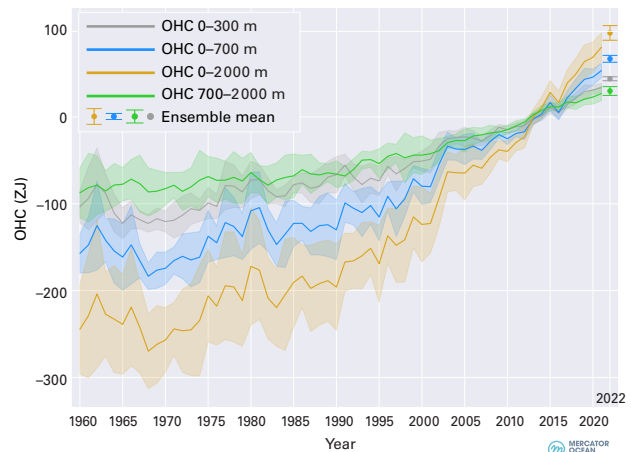
### 1.3 Oceány

Oceán, který pokrývá přibližně 70 % zemského povrchu, je důležitou součástí klimatického systému. Pohlcuje CO<sub>2</sub> 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 lidí, jejichž živobytí je na oceánu závislé.

#### 1.3.1 Obsah tepla v oceánu

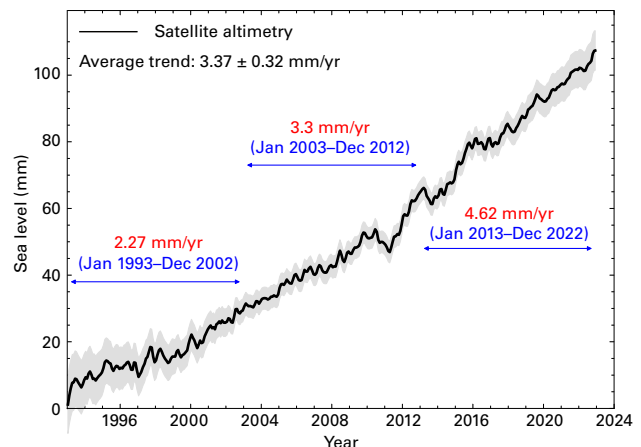
Tepelný obsah oceánu, zvyšující se emise CO<sub>2</sub> a dalších skleníkových plynů způsobují kladnou radiační nerovnováhu na horní hranici atmosféry, která vede ke globálnímu oteplování prostřednictvím akumulace energie ve formě tepla. Tepelný obsah oceánu OHC (Ocean Heat Content) je měřítkem této 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  $17 \pm 9$  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  $0,7 \pm 0,1$  W·m<sup>-2</sup>, ale v letech 2006–2022  $1,2 \pm 0,2$  W·m<sup>-2</sup>. Oteplování oceánu v hloub-



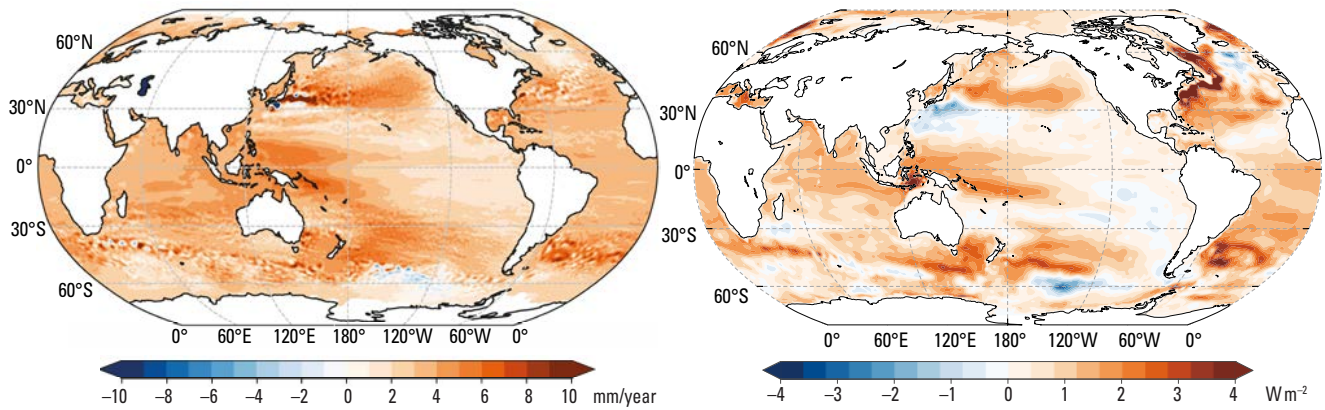
**Obr. 6** Odchylka průměru globálního OHC 1960–2022 od 2005–2021 a směrodatná odchylka (stínování) pro vrstvy 0–300 m (šedá), 0–700 m (modrá), 0–2 000 m (žlutá) a 700–2 000 m (zelená). Průměr souboru je aktualizací výsledku společného mezinárodního úsilí v oblasti dat a analýz. Hodnoty jsou uvedeny 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.

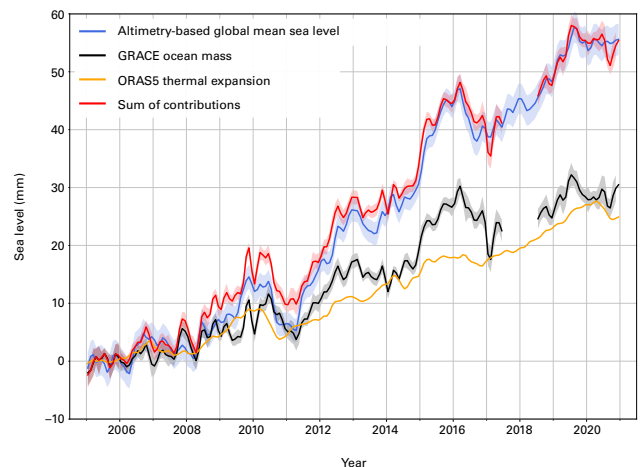
ce pod 2 000 m se odhaduje na  $0,0725 \pm 0,1 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  v letech 1992 až 2022.

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 exportovány 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 dekádou 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 %.

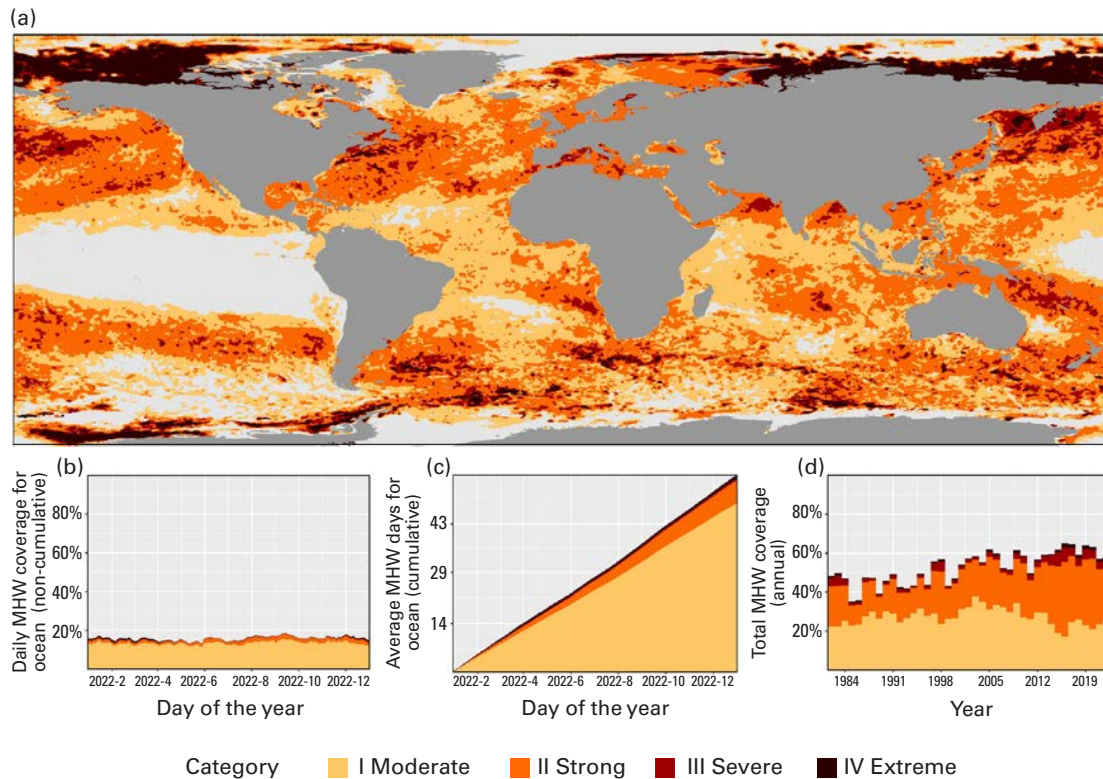


**Obr. 9** Rozpočet GMSL od ledna 2005 do prosince 2020. Údaje z Jason-3 použité pro GMSL od roku 2008 jsou korigovány o drift palubního radiometru. Všimněte si, že maska použitá na údaje o hladině moře se liší od masky použité na obrázku 6, takže některé detaily se mohou lišit. Hmotnost oceánu na základě 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 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  $\text{CO}_2$  z atmosféry, čímž částečně pomohl zmírnit dopady změny klimatu. Negativní dopady na oceán jsou však vysoké;  $\text{CO}_2$  reaguje s mořskou vodou, což má za následek pokles pH označovaný jako okyselení (acidifikace) oceánu. Okyselení oceánů ohrožuje organismy a ekosystémové

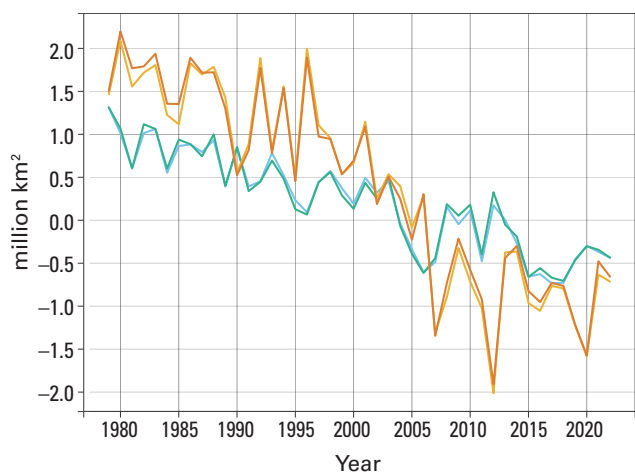
služby. Se zvyšující se kyselostí a teplotou oceánu se snižuje jeho schopnost absorbovat  $\text{CO}_2$  z atmosféry, což může bránit úloze oceánu při zmírňování změn klimatu. Význam okyselení oceánů se odráží v ukazateli 14.3.1 cíle udržitelného rozvoje (SDG) a probíhá celosvětové úsilí o monitorování okyselení 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 okyselení 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.

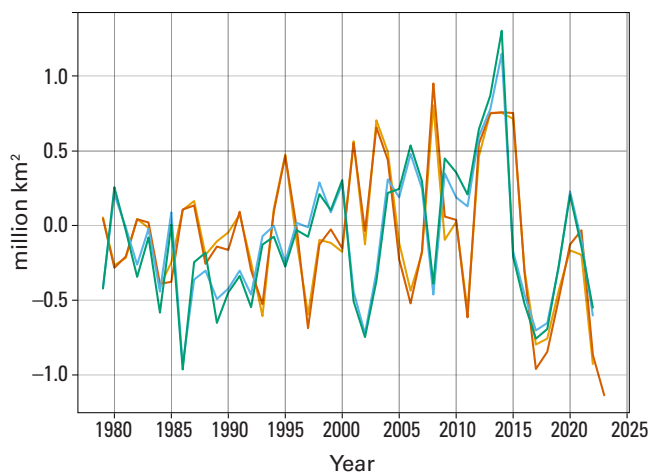
### 1.4 Kryosféra

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.





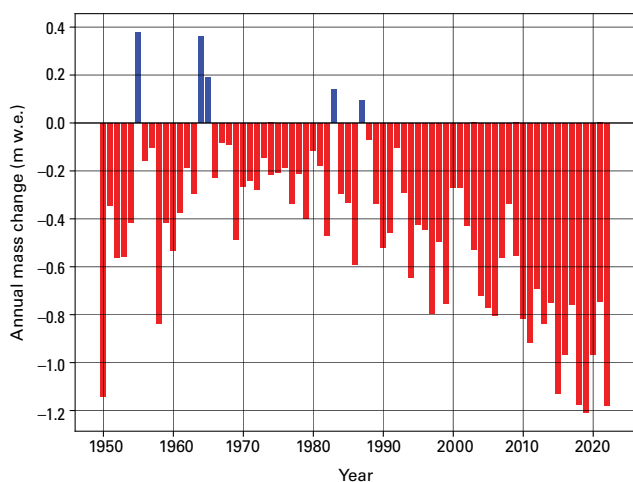
NSIDC March (1979–2022)  
 OSI SAF March (1979–2022)  
 NSIDC September (1979–2022)  
 OSI SAF September (1979–2022)



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

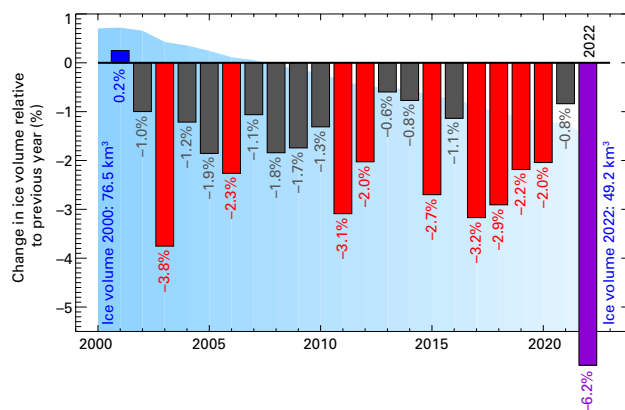
**Obr. 11 Rozdíl rozsahu mořského ledu v letech 1979 až 2022 (vzhledem k průměru let 1991–2020) pro (vlevo) Arktidu a (vpravo) Antarktidu. Modré/zelené čáry označují odchylky v ročním maximálním rozsahu ledu (březen nebo září) a oranžové/červené čáry odpovídají ročnímu minimálnímu rozsahu ledu (září 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 km<sup>2</sup>, což je o 0,44 milionu km<sup>2</sup> méně než dlouhodobý průměr (obr. 11). Minimální měsíční rozsah v září činil 4,87 mil. km<sup>2</sup>, což je o 0,71 mil. km<sup>2</sup> 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 km<sup>2</sup>, byl zaznamenán 18. září 2022 a zařadil se na desáté místo v historii záznamu.

#### Antarktida

Rozloha mořského ledu v Antarktídě zaznamenala v posledních 10 letech rekordní maxima (2014) i minima (2017, 2022). Rozloha mořského ledu v Antarktídě klesla 25. února 2022 na 1,92 milionu km<sup>2</sup>, což je nejnižší zaznamenaná úroveň a téměř 1 milion km<sup>2</sup> 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<sup>-1</sup> posunul mořský led od pobřeží západní části Antarktického poloostrova, čímž se vytvořila oblast prostá ledu o rozloze 1 milion km<sup>2</sup> 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 km<sup>2</sup> 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 km<sup>3</sup> na 49 km<sup>3</sup>, 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 říčení. 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 km<sup>2</sup>. 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 (BMB). 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. BMB 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  $-117 \pm 57$  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 Antarktídě 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

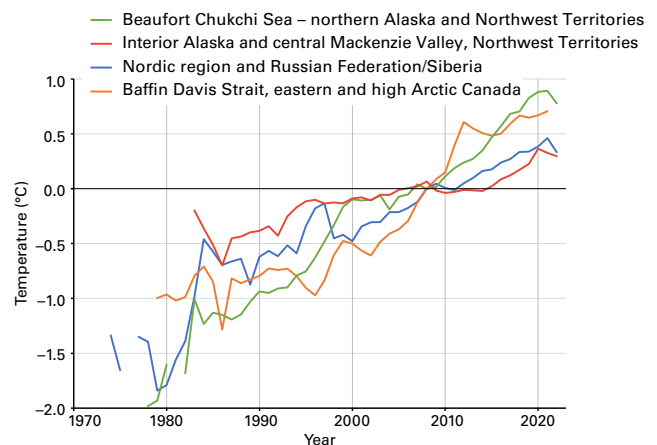
Sezónní sněhová pokrývka na severní polokouli na konci jara a v létě dlouhodobě klesá. Rozsah sněhové pokrývky (Snow Cover Extent, SCE) v roce 2022 se blížil průměru let 2001–2020 a byl v souladu s těmito dlouhodobými trendy. Na základě analýz produktu Rutgers Northern Hemisphere (NH) Snow Cover Extent 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  $\text{km}^2$ , 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 ( $0,4$  °C až  $0,6$  °C

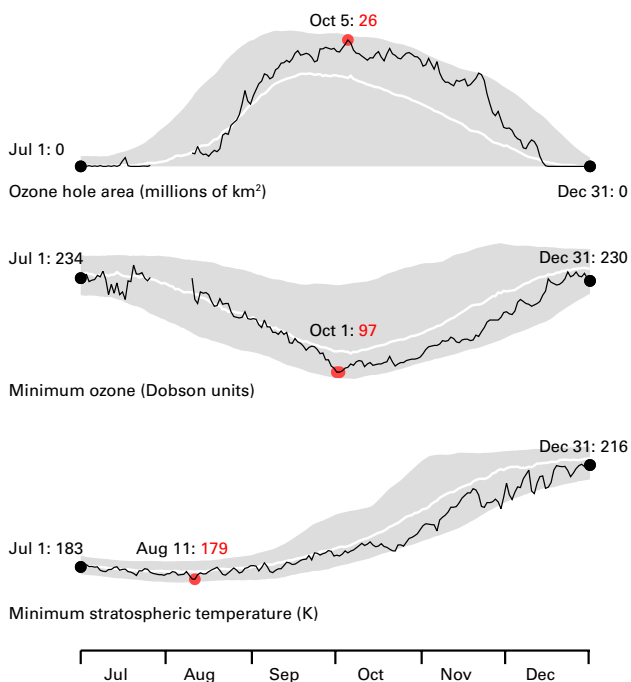


**Obr. 14 Průměrné odchylky teploty permafrostu (měřené v horních 20–30 m) v letech 1974–2022 od základní hodnoty stanovené během Mezinárodního polárního roku (2007–2009) pro arktické oblasti. Umístění lokalit v jednotlivých regionech a rychlost změny teploty pro jednotlivé lokality viz Smith, S. L.; 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 °C) západní části severoamerické Arktidy. V teplejším permafrostu s teplotami blízkými 0 °C v oblastech, jako je vnitrozemí Aljašky a centrální údolí Mackenzie v Kanadě, byla pozorována nižší míra oteplování (<0,2 °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 °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 cm ročně. Situace ve vnitrozemí Aljašky a Kanady je velmi odlišná, ALT se zde zvyšuje o 0,9 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 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 zvýšila.



**Obr. 15** Nahoře: Plocha ozonové díry (v milionech km<sup>2</sup>). 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](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 km<sup>2</sup>, což je srovnatelné s roky 2020 a 2021 a blíží se maximální ploše pozorované v dřívějších letech, například v roce 2015 (28,2 milionu km<sup>2</sup>) a 2006 (29,6 milionu km<sup>2</sup>) (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.

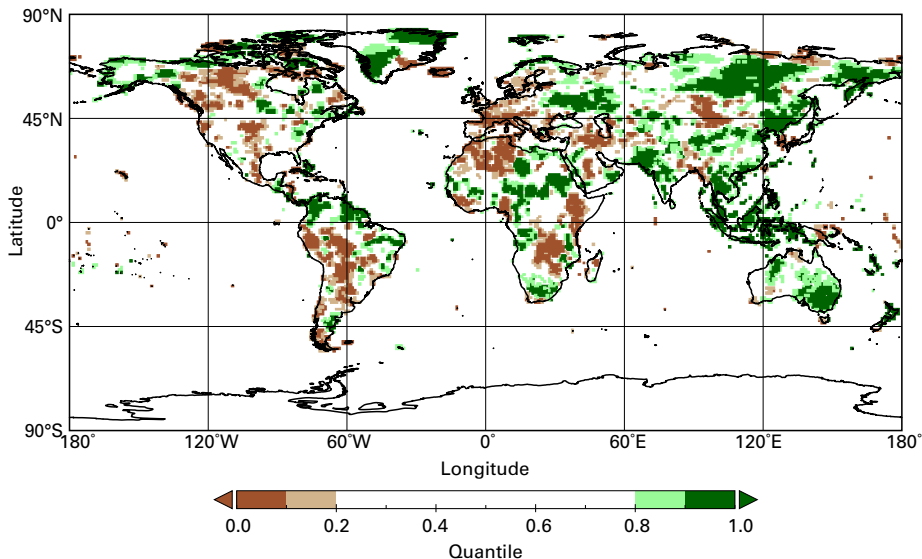
## 1.6 Srážky

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 extrémní události, v kombinaci nebo ve spojení s dalšími faktory vést k dalším událostem, jako jsou povodně, sesuvy půdy, požáry a složené extrémní události. 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 Mällille naměřeno 37,2 °C, což byla nejvyšší naměřená hodnota v zemi od roku 1947.

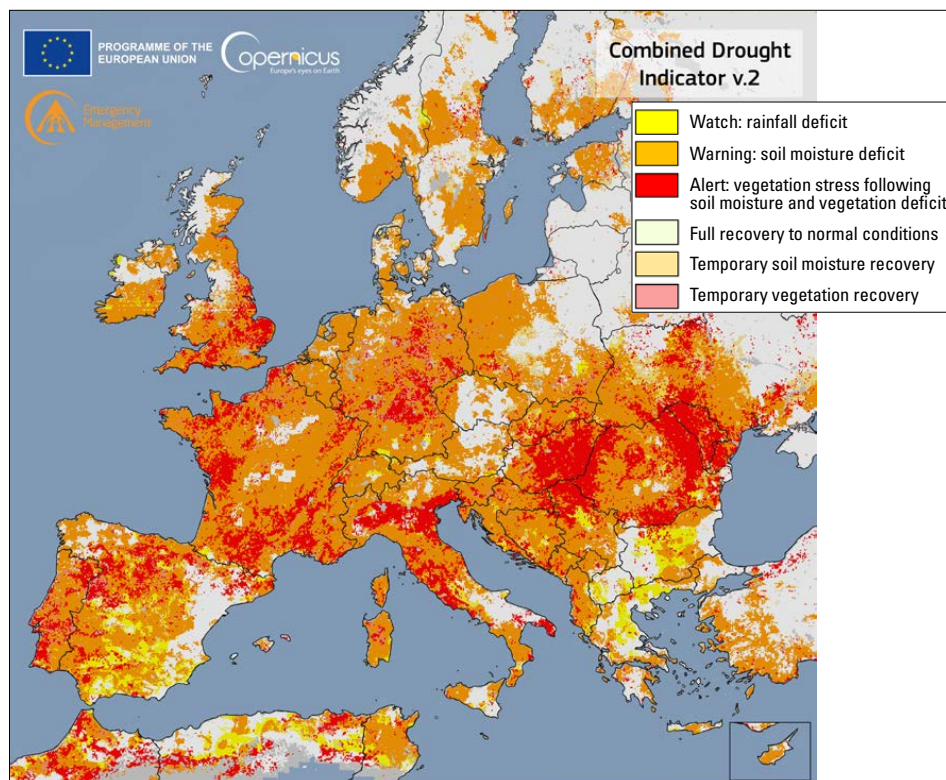
Středomoří zažilo velké vlny veder v červnu a srpnu. V Itálii byla zaznamenána řada červnových teplotních rekordů, včetně 40,0 °C v Urbe (Řím) dne 27. června. V Tunisku byl zaznamenán nejteplejší červen v historii. Také na některých dalších místech byly v srpnu naměřeny rekordní teploty, např. 10. července 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 Středomoří 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 Irák. 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](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](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 km<sup>2</sup>. 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.

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 pokrývku 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 nevlhčí. Zvláště těžce postižena byla provincie Sindh, těžce zasažen byl i Balúčistán. Předběžné satelitní údaje naznačovaly, že 75 000 km<sup>2</sup>, 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 úroveň 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 připisováno 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'Djamene 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 připisováno 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 připisáno 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 určitěmu 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 způsobil 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 Yellowstonského 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 Fujiarah (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 žijí 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?expl-num\\_id=11593](https://library.wmo.int/doc_num.php?expl-num_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.