

Zpráva Světové meteorologické organizace o stavu klimatu ve světě v roce 2019 – část II.

The WMO report on the Status of the Global Climate in 2019 – part II.

Dokončení článku z minulého čísla Meteorologických zpráv

3.3.5 Deoxygenace oceánů

Měření i numerické modely ukazují, že množství kyslíku v současných oceánech a mořích (včetně ústí řek, zálivů a uzavřených moří) klesá. Od poloviny minulého století došlo k odhadovanému globálnímu snížení množství kyslíku v oceánu o 1–2 % (tj. 2,4–4,8 Pmol nebo 77–145 miliard tun). Pozorování oceánů v hloubce 200 m ukazují významné regionální rozdíly s nejvyšším úbytkem rozpuštěného kyslíku v posledních desetiletích na severní polokouli (obr. 11).

Předpokládá se, že 7 % snížení kyslíku od předindustriální úrovně ($<80 \mu\text{mol.kg}^{-1}$) do roku 2100 změní biodiverzitu, složení, hojnost a rozložení mořského života. Nové studie dále ukazují, že deoxygenace spolu s oteplováním a okyslováním oceánů jsou hlavní hrozbou pro mořské ekosystémy, a tedy i pro život člověka. Dokonce i korálové útesy jsou aktuálně považovány za zranitelné úbytkem kyslíku.

3.4 Kryosféra

Kryosféra zahrnuje pevné srážky, sněhovou pokrývku, mořský led, led jezer a řek, ledovce, permafrost a sezonně zmrzlou půdu. Kryosféra je důkazem měnícího se klimatu, přesto je jednou z nejméně probádaných oblastí na Zemi. Povrchová měření jsou častá, jejich prostorové pokrytí je všeobecně nízké. Například rozsah mořského ledu je již mnoho let měřen z družic, ale měření dalších charakteristik kryosféry z vesmíru se stále rozvíjí. Mezi hlavní charakteristiky kryosféry patří rozsah mořského ledu, hmotnostní bilance ledovců a hmotnostní bilance ledové vrstvy Grónska. Informace o extrémních sněhových událostech roku 2019 jsou popsány v kapitole 3.6.

3.4.1 Mořský led

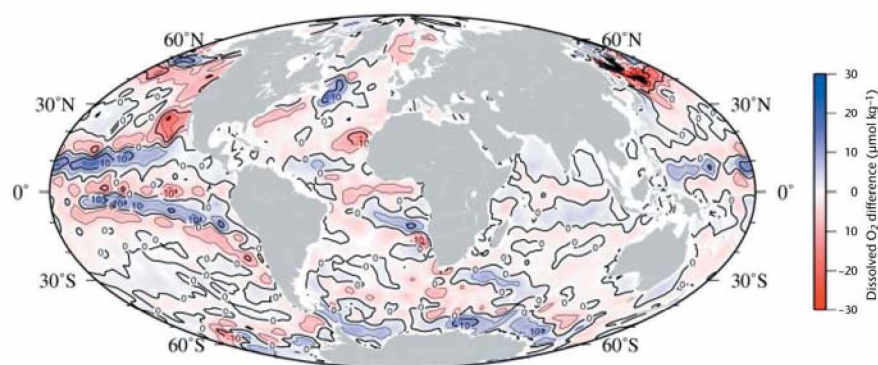
Rozsah arktického (stejně jako subarktického) mořského ledu zaznamenal ve všech měsících během satelitní éry (1979 až po současnost) dlouhodobý pokles, s regionálními výkyvy a s největšími relativními úbytky kolem doby ročního minima koncem letní sezony v září.

Maximální denní rozsah mořského ledu 14,78 milionu km^2 v roce 2019, dosažený kolem 13. března, byl 7. nejnižším maximem, a březnový měsíční průměr byl také 7. nejnižší. Arktický letní minimální denní rozsah mořského ledu 4,15 milionů km^2 , ke kterému došlo kolem 18. září, byl spolu s rokem 2007 a po roce 2016 rekordně druhým nejnižším. Průměrný měsíční rozsah v měsíci září byl 3. nejnižší v historii.

Rozloha mořského ledu zůstala do listopadu velmi nízká, ledové čelo postupovalo v Beaufortově, Čukotském, Karském a Barentsově moři pomaleji než obvykle. Okolo Špicberku byl však rozsah mořského ledu téměř průměrný. Od dubna do listopadu 2019 byly měsíční rozsahy mezi třemi nejnižšími zaznamenanými v těchto měsících, přičemž měsíční rozsah za říjen byl rekordně nejnižší v arktických regionálních mořích.

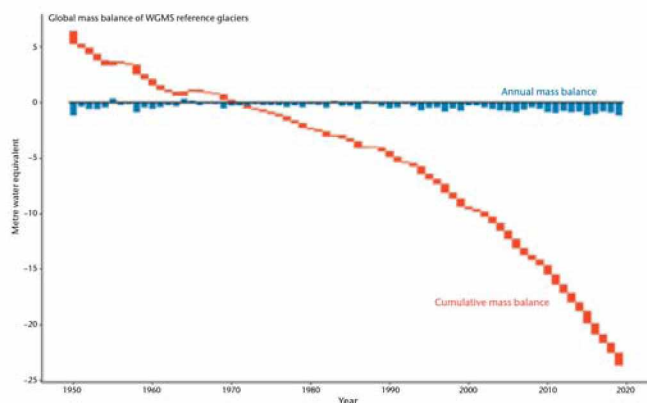
Ačkoli byl rozsah ledu v Beringově moři extrémně nízký, v přilehlém Ochotském moři byl téměř normální. Od ledna do srpna 2019 vál v oblasti Barentsova moře severní vítr, který znamenal, že rozsah ledu byl v severní části této oblasti blízko normálu, na rozdíl od minulého desetiletí, kdy byl podprůměrný. Zima 2018/2019 přinesla časnou tvorbu ledu na Velkých jezerech severní Ameriky a nadprůměrné pokrytí ledem. Maximální pokrytí na Velkých jezerech bylo na 145 % dlouhodobého průměru a 7. nejvyšší od sezony 1972/1973.

Do roku 2016 rozsah antarktického mořského ledu pomalu dlouhodobě narůstal. Koncem roku 2016 byl růst přerušen náhlým snížením na extrémně nízké hodnoty. Od té doby zůstává rozsah antarktického mořského ledu na relativně nízké úrovni. Rok 2019 měl tři měsíce s extrémně nízkým měsíčním rozsahem (květen, červen a červenec). Na konci australské zimy a na jaře byl rozsah blízko dlouhodobému průměru, ale měsíc listopad měl historicky druhý nejmenší rozsah a prosinec 4. nebo 5. nejnižší. Minimální denní rozsah mořského ledu (2,47 milionu km^2) dosažený kolem 28. února, byl 7. nejnižší v historii. Maximální denní rozsah mořského ledu (18,4 milionů km^2) byl dosažen kolem 30. září.



Obr. 11 Změna množství rozpuštěného kyslíku mezi lety 2000–2018 a 1970–2018 pomocí odběrů vzorků ve 200 m. Zdroj: Atlas světového oceánu 2018 (Garcia et al. 2018).

Fig. 11. Dissolved oxygen difference between 2000–2018 and 1970–2018 using in situ measurements in 200-m seawater (bottle data), based on World Ocean Atlas 2018 (Garcia et al. 2018).



Obr. 12 Roční (modrá) a kumulativní (červená) hmotnostní bilance referenčních ledovců s více než 30 lety probíhajícími glaciologickými měřeními. Globální hmotnostní bilance je založena na průměru 19 regionů, aby se minimalizovalo zkreslení vlivem lépe proměřených regionů. Roční hmotnostní změny jsou vyjádřeny v ekvivalentu vody v metrech, což odpovídá tunám na metr čtvereční ($1\,000\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$) (Zdroj: World Glacier Monitoring Service (WGMS, 2020, aktualizováno).

Fig. 12. Annual (blue) and cumulative (red) mass balance of reference glaciers with more than 30 years of ongoing glaciological measurements. Global mass balance is based on an average for 19 regions to minimize bias towards well-sampled regions. Annual mass changes are expressed in meter water equivalent (m.w.e.) which corresponds to tonnes per square meter ($1\,000\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$) (Source: World Glacier Monitoring Service (WGMS, 2020, updated).

3.4.2 Ledovce

Ledovce vznikají postupným zhutněním sněhu, který časem vytvoří led. Ten se dále deformuje a stéká dolů do teplejších oblastí, kde se rozpouští. Ledovec končící v oceánu se rozpadá (telí) a odlamují se z něj ledové kry. Ledovce jsou citlivé na změny teploty, srážek, slunečního záření, podloží a dalších faktorů.

Podle World Glacier Monitoring Service došlo v hydrologickém roce 2017/2018 k pozorovanému úbytku ledovců o 0,89 metru vodní hodnoty (obr. 12). Předběžné výsledky za rok 2019, založené na vybrané skupině sledovaných ledovců, ukazují, že hydrologický rok 2018/2019 byl třicátým druhým po sobě jdoucím rokem záporné hmotnostní bilance, přičemž ztráta ledu přesáhla 1 m vodní hodnoty. Od roku 2010 bylo zaznamenáno osm z deseti nejnejpříznivějších let hmotnostní bilance. Kumulativní ztráta ledu od roku 1970 činí více než 23 m vodní hodnoty.

Podle měření švýcarské Akademie věd (Cryospheric Commission of the Swiss Academy of Sciences) potvrzuje další velký úbytek švýcarských ledovců, i když celkové ztráty byly v roce 2019 nižší než v předchozích dvou letech. Na konci jara byla sněhová pokrývka na ledovcích přibližně o 20 až 40 % nad

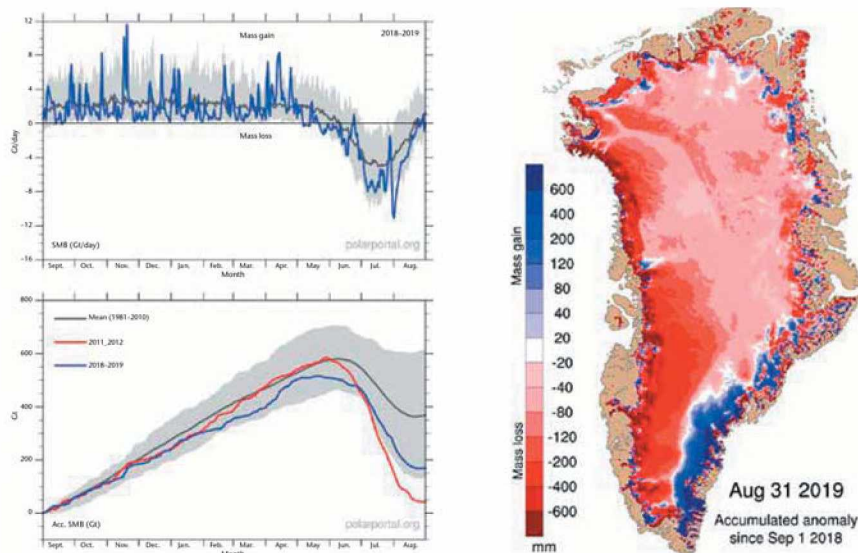
normálem, a ačkoli počátek tání nastal relativně pozdě, míra ztráty během dvoutýdenního teplého období dosáhla rekordního minima koncem června a začátkem července. Odtávání pokračovalo až do začátku září. Během 12 měsíců (do října 2019) ubyla Švýcarsku přibližně 2 % z celkového objemu ledovců. Za posledních pět let přesáhla ztráta 10 %, což je nejvyšší míra poklesu za více než století záznamů.

3.4.3 Grónsko

Změny objemu ledové pokrývky Grónska odráží hmotnostní bilance ledového pokryvu (Surface Mass Balance, SMB), definovaná jako rozdíl mezi sněžením a odtokem z ledové pokrývky Grónska, který je vždy na konci roku pozitivní, a ztrátou hmoty na okrajích z telení ledovců a tání ledovcových jazyků setkávajících se s oceánem.

Celková nahromaděná SMB od září 2018 do srpna 2019 (obr. 13, vlevo) byla 169 Gt, což je 7. nejnižší zaznamenaná hodnota. Za posledních 13 let bylo pozorováno devět z 10 nejnižších SMB od roku 1981. Pro srovnání, průměrná hodnota SMB v letech 1981–2010 je 368 Gt a nejnižší SMB v roce 2012 byla 38 Gt. SMB byla podnormální téměř všude v Grónsku kromě jihovýchodní oblasti (obr. 13, vpravo). Důvodem byla suchá zima, velmi brzký začátek období tání a dlouhé, suché a teplé léto. Pomocí satelitů můžeme měřit rychlost ubývajícího ledu na okrajích ledové vrstvy a z toho můžeme odhadnout, kolik ledu se ztratí při telení a tání. Analýza pro rok 2018/2019 odhaduje ztrátu asi 498 Gt. Pro srovnání je průměrný úbytek v období 1986–2018 asi 462 Gt za rok.

Kombinace zisku v SMB 169 Gt se ztrátou ledu z telení a tání o 498 Gt dává čistou ztrátu ledu za sezonu 2018/2019 ve výši 329 Gt. Data ze satelitů GRACE (Gravity Recovery



Obr. 13 Vlevo: Hmotnostní bilance ledového pokryvu (SMB) Grónska za sezonu září 2018 až srpen 2019. Horní panel zobrazuje jednotlivé dny a dolní panel kumulované hodnoty v roce. Sezona 2018/2019 je modře, šedá čára je dlouhodobý průměr. Ve spodním panelu je červeně zobrazena pro srovnání rekordní sezona 2011/2012. Jednotky jsou giga tuny (Gt) za den. Vpravo: Mapa zobrazuje rozdíl SMB (v mm) (Zdroj: Polar Portal, <http://polarportal.dk/en>).

Fig. 13. Left: SMB for the year 1 September 2018 to 31 August 2019. The upper panel shows individual days, and the lower panel the accumulated sum over the year. The year 2018/2019 is in blue, and the grey line is the longterm average. By way of comparison, the lower panel shows the record year 2011/2012 in red. Units are gigatonnes (Gt) per day and gigatonnes, respectively. Right: Map showing SMB anomaly (in mm) across Greenland (Source: Polar Portal, <http://polarportal.dk/en>).

and Climate Experiment) nám říkají, že Grónsko v období let 2002–2016 ztratilo ročně asi 260 Gt ledu, v roce 2011/2012 padl rekord v maximálním úbytku 458 Gt. Ztráta 329 Gt v této sezoně je tedy výrazně nadprůměrná, ale není to rekordní úbytek.

3.5 Hlavní faktory meziroční variability klimatu

Oceán zastává v problematice klimatu několik důležitých úloh. Povrchová teplota se nad oceánem mění relativně pomalu, takže lze teplotu mořské vody použít k vysvětlení a v některých případech k předpovědi rychleji se měnících sezonních projevů počasí nad pevninou. Dva hlavní faktory, které mohou pomoci pochopit klima roku 2019, jsou El Niño–jižní oscilace a Indickooceánský dipól.

3.5.1 El Niño–jižní oscilace

El Niño–jižní oscilace (ENSO) je jedním z nejdůležitějších faktorů meziroční variability globálního počasí. Události El Niño, charakterizované nadprůměrnou teplotou hladiny moře ve východním Pacifiku a oslabením pasátů souvisí s vyšší globální teplotou. Chladnější globální teplota často doprovází události La Niña, které se vyznačují podprůměrnou teplotou povrchu moře ve východním Pacifiku a posilováním pasátů.

V roce 2016 následovala rekordně vysoká globální teplota po neobvykle silném El Niño koncem roku 2015 a začátkem roku 2016. Rok 2019 naopak začal s neutrálními nebo slabými projevy El Niño. Teplota povrchu moře od října 2018 do první poloviny roku 2019 sice dosahovala nebo překračovala typické prahové hodnoty pro El Niño, ale v počátečních fázích události chyběla atmosférická odezva. Charakteristiky atmosféry, jako jsou oslabené pasáty a zvýšená oblačnost, se v datové řadě neprojevovaly až do února. Poté vazba mezi oceánem a atmosférou udržovala teplotu moře na hranici El Niño až do poloviny roku.

3.5.2 Indickooceánský dipól (IOD)

Pozitivní fáze IOD je charakterizována podprůměrnou teplotou povrchu moře ve východním Indickém oceánu a nadprůměrnou teplotou moře na západě. Negativní fáze má opačnou charakteristiku. Výsledná změna teplotního gradientu mořské hladiny napříč oceánem ovlivňuje počasí na okolních kontinentech.

Rok 2019 začal slabě pozitivními projevy IOD a od května do října se dále zvyšoval. Nakonec byla zaznamenána jedna z nejsilnějších pozitivních fází IOD od počátku spolehlivých záznamů (kolem roku 1960). Před koncem roku se index IOD trochu snížil. Pozitivní fáze IOD během australské zimy a jara byla spojena se suššími a teplejšími podmínkami nad Indonésií a okolními zeměmi, jakož i částmi Austrálie. Austrálie zaznamenala v zimě a na jaře neobvyklé sucho, které ještě prohloubilo dlouhodobý srážkový deficit. Pozitivní IOD souvisel také s pozdějším ústupem jihozápadního indického monzunu a s vysokými srážkami ve východní Africe koncem roku.

3.6 Extrémní události

V následujících odstavcích jsou popsány některé významné události roku 2019. Informace o těchto událostech jsou převážně založeny na příspěvcích od členů SMO s přispě-

ním Global Precipitation Climatology Centre (GPCC), regionálních klimatických center a středisek pro sledování tropických bouří.

3.6.1 Horké a studené vlny

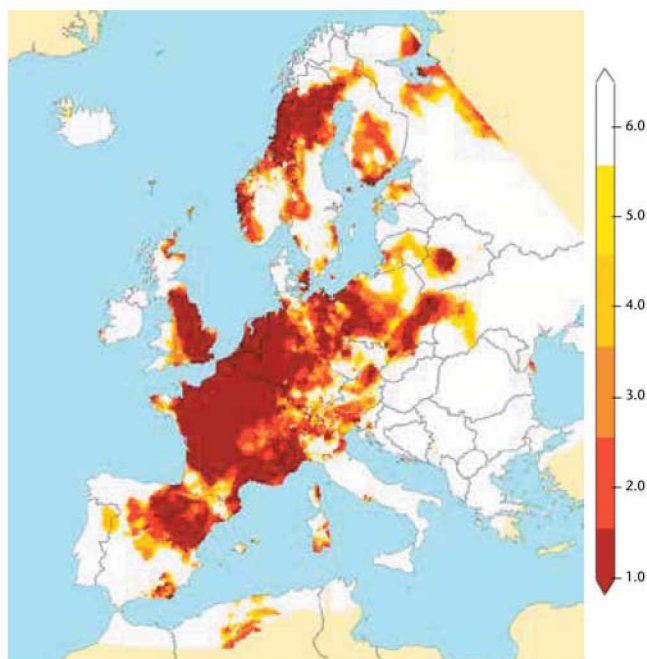
V roce 2019 byly zaznamenány četné vlny horka. Mezi nejvýznamnější patří dvě vlny veder, které se vyskytly v Evropě na konci června a na konci července (obr. 14). První dosáhla maxima 28. června ve Vérargues (Hérault) v jižní Francii, kde byl dosažen národní teplotní rekord 46,0 °C (o 1,9 °C nad předchozím maximem). Touto vlnou byla rovněž postižena velká část západní Evropy. Druhá byla rozsáhlejší, národní rekordy byly přepsány v Německu (42,6 °C), Nizozemí (40,7 °C), Belgii (41,8 °C), Lucembursku (40,8 °C) a ve Spojeném království (38,7 °C). Horko se rozšířilo také do severovýchodních zemí, kde 28. července zaznamenaly Helsinky nejvyšší teplotu (28,2 °C). Na některých dlouho měřících stanicích byly rekordy překročeny o 2 i více °C. Na observatoři Montsouris v Paříži překonala teplota 42,6 °C naměřená 25. července předchozí rekord z roku 1947 o 2,2 °C. Poblíž Bruselu v Uccle naměřená teplota 39,7 °C překonala předchozí maximum o 3,1 °C.

Japonsko zažilo dvě významné horké vlny. První vlna přišla na konci května s neobvykle vysokými teplotami (39,5 °C je nejvyšší naměřená teplota na ostrově Hokkaidó), ale s menšími dopady. Druhá vlna přišla v červenci na hustěji obydleném ostrově Honšú. Z meteorologického pohledu nebyla tak extrémní, ale měla mnohem větší dopady na život obyvatel.

Austrálie měla v sezoně 2018–2019 mimořádně horké léto. Průměrná letní teplota překročila rekord o téměř 1 °C a nejteplejším měsícem v Austrálii byl leden. Zasažena byla většina země, přičemž největší extrémy se vyskytly ve vnitrozemí Nového Jižního Walesu. Horká vlna byla nejvíce pozoruhodná svou vytrvalostí, ale zaznamenány byly také významné individuální extrémy, včetně teploty 46,6 °C naměřené 24. ledna v Adelaide – dosud nejvyšší zaznamenaná teplota ve městě. Horko se na konci ledna rozšířilo na Nový Zéland. Rekordní maxima byla zaznamenána 29. ledna v Hamiltonu (32,9 °C) a Wellingtonu (30,3 °C). Došlo zde také k výskytu významných požárů na severu Jižního ostrova. V prosinci došlo v Austrálii k další extrémní horké vlně, 18. prosinec byl s průměrnou teplotou 41,9 °C nejteplejším dnem v Austrálii. V Nullarbor Roadhouse byla naměřena nejvyšší teplota v Austrálii od roku 1998, maximum 49,9 °C. Celkem bylo v Austrálii v roce 2019 překonáno sedm denních rekordů a vyskytlo se devět z deseti historicky nejteplejších dnů.

Koncem ledna a začátkem února se na jižní polokouli v Jižní Americe vyskytla další velká vlna veder. Počáteční fáze horké vlny vyvrcholila ve středním Chile a rekordy byly zaznamenány na několika místech, včetně Santiaga (38,3 °C dne 27. ledna). Následující týden zasáhly mimořádně vysoké teploty kontinent dále na jihu: 4. února v Rio Grande (Argentina, 53,8 ° jižní zeměpisné šířky) bylo naměřeno 30,8 °C, což je považováno za nejjižnější zaznamenanou hodnotu teploty nad 30 °C.

Zatímco maxima teploty na Středním východě nebyla tak vysoká jako v posledních letech, některá byla ale významná. 17. července byla na hoře Sedom naměřena teplota 49,9 °C, což byla nejvyšší teplota v Izraeli nejméně od roku 1942. Extrémní horko také ovlivnilo v květnu a začátkem června Indii v období před monzunem. Na letišti v Dillí bylo



Obr. 14 Pořadí nejvyšší teploty v červnu a červenci 2019 v Evropě v řadě od 1950. Nejtmavší odstíny znamenají překročení dosavadní rekordní hodnoty. (Zdroj: E-OBS dataset, Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI), <http://surfobs.climate.copernicus.eu/stateoftheclimate/july2019.php>).

Fig. 14. Ranking of the highest June and July 2019 temperatures in Europe with respect to a record that begins in 1950. The darkest shades of red indicate record-breaking values (Source: E-OBS dataset, Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI), <http://surfobs.climate.copernicus.eu/stateoftheclimate/july2019.php>).

zaznamenáno několik rekordních teplot, včetně 48,0 °C z 10. června.

V souladu s celkově teplým rokem a trendem globálního oteplování byl výskyt extrémní zimy vzácnější. Jednou z oblastí výskytu podprůměrné teploty v roce 2019 byla Severní Amerika. Nejvýznamnější studená vlna byla v centru severní Ameriky na konci zimy. Začala intenzivní studenou vlnou na středozápadě Spojených států koncem ledna. Ve státě Illinois v Mount Carroll byla 31. ledna naměřena teplota -38,9 °C. Velká zima přetrvávala také během února a začátkem března ve vnitrozemských západních oblastech na obou stranách hranice Spojených států a Kanady. Průměrná únorová teplota byla místy o více než 15 °C pod normálem, např. v Great Falls (Montana), kde byl měsíční průměr -17,9 °C, což překonalo předchozí rekord o více než 5 °C. Pro několik regionů to byl také nejchladnější únor v západní Kanadě, včetně Vancouveru. První polovina roku byla také poměrně chladná ve východních částech Kanady.

Koncem září a října došlo v západní a střední části Severní Ameriky k výskytu abnormálně nízkých teplot a brzkému sněžení. Rekordní denní minima pro měsíc říjen byla zaznamenána koncem tohoto měsíce v osmi státech na severu a západě Spojených států, což je ve výrazném kontrastu s rekordně vysokými maximy zaznamenanými v deseti jižních a východních státech na začátku měsíce. Silné sněžení v polovině října, kdy napadlo až 74 cm, způsobilo vážné výpadky v dodávce elektřiny v kanadské Manitobě. Na roz-

hraní Spojených států a Kanady byla první půlka listopadu také neobvykle chladná.

Zatímco teploty byly nadprůměrné nebo téměř nadprůměrné, velmi vydatné zimní a předjarní srážky vedly v evropských Alpách k neobvykle mohutné sněhové pokrývce. V části rakouských Alp napadlo mezi 4. a 15. lednem více než 300 cm sněhu. Jarní sněžení vedlo ve Weissfluhjochu (Švýcarsko, 2540 m n. m.) k rekordní 270 cm vysoké sněhové pokrývce 1. června. Přesto byl již začátek července jako obvykle bez sněhu, a to vlivem velmi teplého červnového počasí. V regionu bylo zaznamenáno mnoho lavin.

3.7 Srážky

V Austrálii, západní Indonésii a okolních zemích byly v roce 2019 pozorovány vzhledem k dlouhodobým průměrům neobvykle suché podmínky (obr. 15). Rovněž jižní Afrika, Střední Amerika a části Jižní Ameriky zaznamenaly nezvykle malé množství srážek. Naopak velké oblasti s neobvykle velkým množstvím srážek byly pozorovány ve středu Spojených států, v severní Kanadě, severním Rusku, jihozápadní Asii, severní Číně a východní Africe.

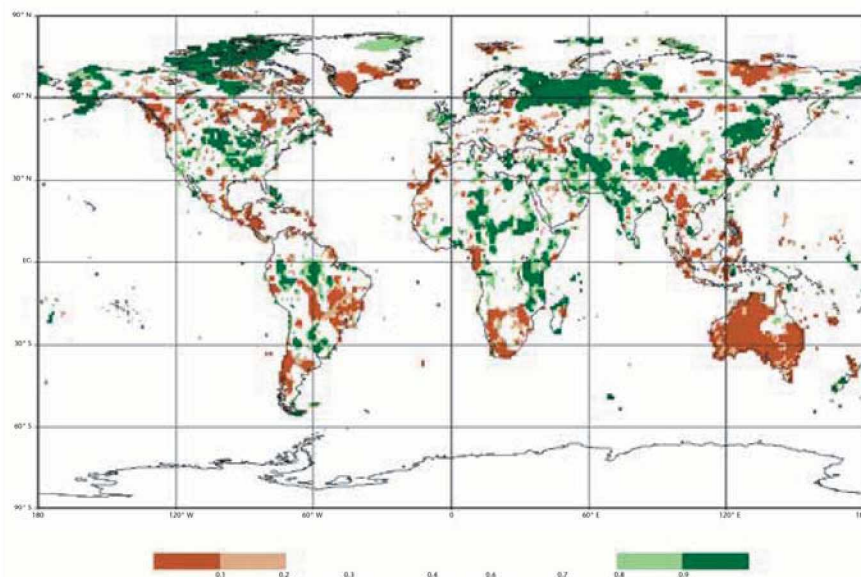
V Indii byl v červnu zaznamenán velký srážkový deficit, protože se pozdržel počátek monzuny. V souvislosti s pozitivní fází IOD však byl také opožděn ústup indického monzunu a v následujících měsících došlo k nadměrným srážkám ve všech regionech kromě severovýchodní Indie. Pozitivní srážkové anomálie ve východní Africe a negativní anomálie v malajském souostroví a Austrálii jsou navíc spojeny s pozitivní fází IOD, která převažovala po většinu druhé poloviny roku 2019.

Nejdelší období po sobě jdoucích srážkových dnů (CWD) bylo v roce 2019 nadprůměrné v tropické Jižní Americe, tropické západní Africe, tropické jihovýchodní Asii a indonéských a filipínských ostrovech. Nejdelší období po sobě následujících dnů bez srážek (CDD) bylo v roce 2019 nadprůměrné v Austrálii, jižní a západní Africe, ve střední a na jihu Jižní Ameriky a na severu Severní Ameriky. Období CDD bylo podprůměrné v jihozápadní Asii a Arabském poloostrově, jihozápadní Severní Americe a severním Andách. Počet dnů s intenzivními srážkami (dny s více než 20 mm srážek, PD20) byl nadprůměrný v Indii, částech východní Afriky, částech Jižní Ameriky, střední Severní Ameriky a částech východní Asie. V jihovýchodní Asii a na indonéských a filipínských ostrovech, ve střední Africe, na Madagaskaru a v částech tropické jižní a střední Ameriky bylo pozorováno o něco méně PD20, než je zde běžné.

3.7.1 Extrémní srážky a povodně

Během indické letní monzunové sezony došlo k pravidelným záplavám, zejména v západní a severní Indii a v sousedních zemích. Celkově byly srážkové úhrny v Indii během letní monzunové sezony (červen–září) 10 % nad průměrem 1961–2010. Rok 2019 tak byl prvním srážkově nadprůměrným rokem od roku 2013 a srážkově nejbohatší od roku 1994, a to i přes podprůměrné červnové srážky. K ústupu monzunu došlo výjimečně pozdě až 9. října. Během této sezony přišlo o život v různých povodňových epizodách v Indii, Nepálu, Bangladéši a Myanmaru více než 2 200 lidí. Monzunové záplavy v červnu postihly také části jižní Číny, přičemž bylo zaznamenáno 83 úmrtí a více než 2,5 miliardy USD ekonomických ztrát.

Koncem března a začátkem dubna byl Írán těžce zasažen



Obr. 15 Roční úhrn srážek v roce 2019, vyjádřený jako percentil referenčního období 1951–2010, pro oblasti, které by byly v 20 % nejsušší (hnědé) a v 20 % nejvlhčí (zelené), tmavší odstíny hnědé a zelené označují nejsušších, resp. nejvlhčích 10 %. (Zdroj: Global Precipitation Climatology Centre (GPCC), Deutscher Wetterdienst, Germany).

Fig. 15. Annual total precipitation in 2019, expressed as a percentile of the 1951–2010 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).

záplavami, přičemž nejvíce byla zasažena oblast Shiraz. Během této události byly naměřeny 24hodinové srážkové úhrny až 188 mm. Bylo hlášeno nejméně 76 úmrtí a závažné hospodářské ztráty.

Tropická níže přinesla v Austrálii koncem ledna a začátkem února extrémní srážky a související výskyt záplav v severním Queenslandu. 10denní srážkové úhrny v některých pobřežních oblastech kolem Townsville přesáhly 2000 mm, přičemž přímo v Townsville bylo zaznamenáno 1 259,8 mm. Došlo zde k velkým městským záplavám, některé řeky se rozlily do šířky desítek kilometrů. Druhá epizoda silného deště ve vnitrozemí na severozápadě Queenslandu přinesla 7denní úhrny přesahující 600 mm. Povodeň a související nezvykle chladné počasí vedly k velkým úhynům hospodářských zvířat. Celkové ekonomické ztráty byly odhadovány na 2 miliardy USD.

V březnu došlo kolem Jayapury v indonéské provincii Papua k prudkým záplavám a souvisejícím sesuvům půdy po srážkovém úhrnu 235 mm za 8 hodin. V této souvislosti bylo hlášeno nejméně 112 úmrtí. Příliv tropického vlhkého vzduchu přinesl koncem března extrémní srážky na západní pobřeží Jižního ostrova Nového Zélandu. Zde byl na řece Cropp naměřen srážkový úhrn 1086 mm za 48 hodin. Následkem extrémních srážek byly v regionu velké záplavy, během kterých byl odplaven most na hlavní dálnici v regionu.

Na konci roku 2018 a v první polovině roku 2019 zasáhly přetrvávající silné srážky velkou část středních Spojených států. Průměr srážek 962 mm za období červenec 2018 až červen 2019 v této lokalitě byl nejvyšší v historii. V povodí Mississippi vedly tyto nadprůměrné srážky k dlouhodobým záplavám, přičemž v Baton Rouge (Louisiana) zůstala řeka rozvodněná od 6. ledna do 4. srpna, tedy téměř sedm mě-

síců. V dubnu a začátkem května došlo také k významným záplavám na východní Kanadě. V důsledku kombinace silného deště a rychlého tání nadprůměrné sněhové nadílky, zejména v oblastech Ottawy, Montrealu a v New Brunswicku. V Ottavě bylo затopeno 6 000 obydlí. Celkové ekonomické ztráty způsobené záplavami ve Spojených státech v roce 2019, zvláště v důsledku akutních epizod na řece Missouri v březnu a na řece Arkansas na konci května a začátkem června, byly odhadnuty na 20 miliard USD.

Velmi deštivé počasí zasáhlo části Jižní Ameriky v lednu. V severní Argentině, Uruguayi a jižní Brazílii došlo k velkým záplavám. Ztráty v Argentině a Uruguayi se odhadovaly na 2,5 miliardy USD. Na několika místech v severovýchodní Argentině přesáhly měsíční úhrny srážek v lednu 600 mm.

V říjnu a listopadu postihly velké záplavy mnoho částí východní Afriky dosud postižených suchem. Začátkem roku v období dešťů postihly povodně řadu zemí, včetně Súdánu, Nigérie, Kamerunu a Pobřeží slonoviny, ačkoli celkové sezonní srážky v Sahelu byly většinou blízko normálu.

3.8 Tropické cyklony

Globální aktivita tropických cyklon byla v roce 2019 nadprůměrná. Na severní polokouli bylo zaznamenáno 72 tropických cyklon, (průměr 59), ale akumulovaná energie cyklon (ACE) byla pouze 4 % nad průměrem. Období 2018/2019 na jižní polokouli bylo také nadprůměrné s 27 cyklony, což je nejvyšší počet od sezony 2008/2009.

Obzvláště extrémní byla cyklonová sezona v severním Indickém oceánu. Tři cyklony přesáhly poprvé v jedné sezoně maximální průměrnou rychlost větru 100 kn (51 m.s^{-1}). Sezonní ACE byl s velkou rezervou nejvyšší v historii. Fani byl nejvýznamnější cyklonou, která postihla Indii od roku 2013. Nad pevninu se dostala 3. května na východě pobřeží Odisha rychlostí větru 100 kn (51 m.s^{-1}), která již svého maxima 135 kn (69 m.s^{-1}) dosáhla dříve v Bengálském zálivu. Přestože rozsáhlé evakuace v postižených pobřežních oblastech výrazně snížily dopad na obyvatelstvo, došlo v pobřežních oblastech ke značným škodám a ke ztrátám na životech. Jedna z nejsilnějších cyklon zaznamenaných v Arabském moři byla Kyarr (v říjnu). Ačkoli některé pobřežní oblasti byly v jeho důsledku postiženy bouřemi, nad pevninu se nedostal.

Oblast jižního Indického oceánu měla také aktivní sezonu tropických bouří, bylo zde zaznamenáno 18 bouří, z nichž 13 dosáhlo intenzity tropické cyklony, což se rovná doposud největšímu zaznamenanému počtu. Tropická cyklona Idai dosáhla pevniny poblíž Beiry (Mosambik) 15. března, po maximu rychlosti větru 105 kn (54 m.s^{-1}). Byla to jedna z nejsilnějších známých tropických cyklon, která dosáhla pevniny na východním pobřeží Afriky. Na pobřeží Mosambiku, zejména ve městě Beira, došlo vlivem větru a bouřek k rozsáhlým škodám. Do vnitrozemských oblastí Mosambiku

a částí Zimbabwe, zejména na severovýchod, se rozšířily silné záplavy. S bouří bylo spojeno více než 900 úmrtí, což je největší známá ztráta životů při tropické bouři na jižní polokouli za posledních 100 let. Následující měsíc zasáhla silná cyklona Kenneth řídce osídlené oblasti severního Mosambiku, kde byly škody méně závažné.

Jednou z nejintenzivnějších tropických cyklon roku byl Dorian, který dosáhl intenzity kategorie 5 podle Saffirovy-Simpsonovy stupnice v západním Atlantiku na konci srpna. Bahamy zasáhl 1. září maximální průměrnou rychlostí větru 165 kn (85 m.s^{-1}), což se rovná rekordně nejvyšším zaznamenaným hodnotám v severním Atlantiku. Dorian se pohyboval velmi pomalu a na Bahamách zůstal po dobu asi 24 hodin téměř stacionární jako systém 5. kategorie. Dlouhotrvající extrémní vítr a vzednutí hladiny moře vedlo na Bahamách na několika ostrovech k téměř úplnému zničení. Bylo nahlášeno nejméně 60 úmrtí a odhadované ekonomické ztráty více než 3 miliardy USD. Dorian se poté přesunul na severovýchod, kde byly zaznamenané významné škody na východním pobřeží Spojených států a v kanadské provincii Nové Skotsko. Tropická bouře Imelda přinesla extrémní srážky na východní hranici Texasu, území v roce 2017 zasažené hurikánem Harvey, s lokálními úhrny srážek přesahujícími 1000 mm. Odhadované ztráty činí 5 miliard USD. Počet cyklon v severním Atlantiku byl výrazně nad průměrem, ale počet dosahující intenzity hurikánu byl téměř normální.

Tajfun Hagibis zasáhl pevninu západně od Tokia s tlakem ve středu bouře 955 hPa. Hlavním dopadem Hagibis byla povodeň v důsledku extrémních srážek. Hakone na úpatí hory Fuji zaznamenalo úhrn 922,5 mm za den, což je nejvyšší naměřená denní hodnota v Japonsku. Mnoho dalších míst v oblasti západně od Tokia zaznamenalo denní úhrny přesahující 400 mm. Bylo hlášeno nejméně 96 úmrtí. V září způsobil tajfun Faxai velké škody v regionu Chiba. Začátkem sezony zasáhl tajfun Lekima provincii Zhejiang (Čína), kde byly zaznamenány velké záplavy a velké hospodářské ztráty. S maximální rychlostí větru při přechodu nad pevninu 185 km/h byl Lekima pátým nejsilnějším tajfunem, který zasáhl Čínu od roku 1949. Celkově byla aktivita v severovýchodních i severozápadních pacifických oblastech téměř průměrná.

3.9 Silné bouře

Opakované frontální systémy přinesly na podzim do Středomoří extrémní srážky a vysoké rychlosti větru, a působily tak značné škody. Nejzávažněji postihly v polovině září části Španělska, zejména regiony Alicante a Murcia, v polovině října jižní Francii a severní Jadran v polovině listopadu. Události ve Španělsku a Francii přinesly místy 24hodinové srážkové úhrny přesahující 200 mm. Vzdouvání mořské hladiny spojené s listopadovými bouřemi zvýšilo hladinu vody v Benátkách o 1,85 m (nejvyšší hodnota od roku 1966). Listopadové povodně v Itálii byly v oblasti Emilia-Romagna nejvýznamnější v historii regionu. V jižním Rakousku byly zaznamenány významné záplavy a škody způsobené větrem. Během léta se v oblasti Středomoří vyskytlo také několik silných bouří, mimo jiné poblíž Soluně (Řecko) ve dnech 10.–11. července, v jejímž důsledku bylo hlášeno sedm úmrtí, a na Korsice (Francie) 15. července, kdy byl naměřen srážkový úhrn za šest minut 30 mm.

V polovině dubna zasáhly Pákistán a severní a západní Indii rozsáhlé bouře, včetně písečných. V této souvislosti bylo 16.–17. dubna v Indii hlášeno nejméně 50 úmrtí a v Pá-

kistánu dalších 39. V první polovině června bylo v severní Indii hlášeno 60 úmrtí v důsledku dalších silných bouří.

Spojené státy zažily svou neaktivnější sezonu tornád od roku 2011. Květen byl obzvláště aktivní, bylo nahlášeno 556 tornád, což je druhé nejvyšší číslo zaznamenané během jednoho měsíce. Během roku však intenzity F4 dosáhlo pouze jedno tornádo a ztráty byly výrazně pod dlouhodobým průměrem.

3.10 Sucho

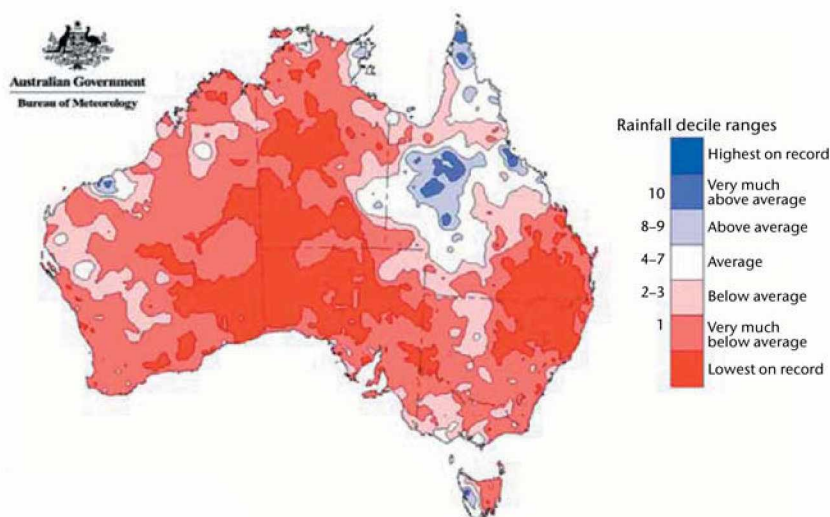
V roce 2019 zasáhlo sucho mnohé části jihovýchodní Asie a jihozápadního Pacifiku. V mnoha případech bylo spojeno se silnou pozitivní fází IOD. Od poloviny roku převládaly v Indonésii a sousedních zemích výjimečně suché podmínky, Singapur zaznamenal nejsušší období červenec–září.

Severněji byl velmi suchý rok v mnohých částech povodí Mekongu. Nejhuře postižené oblasti byly poblíž hranic Číny a Laosu, kde byly srážky v období dubna až září místy více než 50 % pod normálem, silné deště ve středním a jižním Laosu v září tamní sucho zmírnily. Srážkové úhrny v dubnu až červenci v čínské provincii Yunnan byly nejnižší od roku 1961. Abnormální sucho bylo rovněž v částech severního Thajska, srážky v lednu až září v Čiang Rai byly 42 % pod normálem. Řeka Mekong byla v druhé polovině roku 2019 na různých místech na nejnižší nebo blízko nejnižší hodnoty pozorované výšky hladiny v tomto období za posledních 30 let.

Dlouhodobě suché podmínky, které ovlivnily mnoho částí vnitrozemské východní Austrálie v letech 2017 a 2018, se v roce 2019 rozšířily a prohloubily zejména v druhé polovině roku, kdy bylo v Austrálii zaznamenáno nejsušší jaro (listopad a prosinec). Nejvíce postižené oblasti byly v severní polovině Nového Jižního Walesu a přilehlých příhraničních oblastech Queenslandu, kde byly roční srážky obecně nejnižší, 70 až 80 % pod normálem. Některé oblasti měly jen asi polovinu svých předchozích rekordně nízkých srážek. Většina země měla srážky výrazně podprůměrné (obr. 16), přičemž jediné srážkově nadprůměrné oblasti byly v severním Queenslandu, zasaženém povodněmi na počátku roku 2019, a v západní Tasmánii. Období dešťů 2018/2019 (říjen–duben) bylo v tropických oblastech západní Austrálie a severním teritoriu také zdaleka nejsušší od sezony 1991/1992. Dále byly tyto oblasti poznamenány téměř úplnou absencí srážek v centrální části kontinentu. Byl to nejsušší rok v historii pro Austrálii jako celek, pro povodí Murray-Darling a pro státy jižní Austrálie, (kde roční úhrn na stanici Marree byl pouze 12 mm) a Nový Jižní Wales. Vážný nedostatek vody v povodí řek Murray-Darling způsobil velké ztráty v zemědělství a vyschnutí některých obvyklých vodních zdrojů některých měst.

Období dešťů 2018/2019 bylo slabé také v mnoha částech jižní Afriky, včetně střední a západní jižní Afriky, Lesotha, Botswany a Zimbabwe. Nicméně, v severovýchodní části Zimbabwe byly v březnu (v souvislosti s cyklonem Idai) velké povodně. V dubnu pak povodně zasáhly také východ Jihoafrické republiky, kdy bylo po denním srážkovém úhrnu přesahujícím místy 200 mm v provincii KwaZulu-Natal hlášeno 70 úmrtí. Podprůměrné srážky se vyskytly na začátku období dešťů 2019/2020 ve velké části jižní Afriky. V západním a středoafrickém Sahelu byly srážky během období dešťů většinou blízko průměru.

V roce 2019 zasáhlo sucho mnoho částí Střední Ameriky. Hladiny jezer v Panamě po podprůměrných srážkách v prv-



Obr. 16 Dešťové srážky v Austrálii za období od 1. ledna do 31. prosince 2019 (rozdělení na základě rastrových dat) (Zdroj: Australian Bureau of Meteorology).

Fig. 16. Rainfall deciles for Australia for the period 1 January–31 December 2019 (distribution based on gridded data) (Source: Australian Bureau of Meteorology).

ní polovině roku výrazně klesly, což vedlo k omezení plavby v Panamském průplavu.

Zatímco se podmínky v Panamě od poloviny roku zlepšovaly, podstatně sušší než obvykle zůstaly v oblastech dále na severozápad, včetně Hondurasu, Guatemaly, Nikaraguy a Salvadoru, až do silných dešťů v říjnu. Střední Chile měla také mimořádně suchý rok, s ročním úhrnem v Santiagu pouze 82 mm, což je méně než 25 % dlouhodobého průměru.

Jednalo se o druhé po sobě jdoucí léto s rozšířením suchých období v mnoha částech západní a střední Evropy, od Francie po Ukrajinu. Paříž zaznamenala 34 po sobě jdoucích dnů bez srážek, od 19. srpna do 21. září, což se rovnalo 2. nejdelšímu zaznamenanému suchému období, kterému předcházelo o něco kratší 27denní suché období od 21. června do 17. července (historicky 6. nejdelší). Říční dopravu v Srbsku narušily začátkem podzimu nízké hladiny vody v Dunaji. Řeka Wisla v Polsku dosáhla nejnižší hladiny na konci září. Byla také suchá zima v mnoha částech západního Středomoří. Srážkové úhrny ve Španělsku byly od ledna do srpna 23 % pod průměrem, zaznamenali zde také doposud nejsušší únor v 21. století. Zimní srážky na většině území Maroka byly vzhledem k dlouhodobému průměru méně než poloviční. Obzvláště suché bylo pozdní jaro a začátek léta na jihu a západě Islandu. Ve Stykkishólmuru nebyly zaznamenány žádné srážky po dobu 37 po sobě jdoucích dnů, od 21. května do 26. června, což je nejdelší období sucha zaznamenané na řadě stanic od roku 1856.

3.11 Požáry

Požáry v roce 2019 zasáhly mnoho částí světa, obvykle v reakci na neobvykle suché či horké podmínky. V některých známých oblastech požárů byla aktivita nižší než v posledních letech, např. v západní části Severní Ameriky, ale velké požáry způsobily značné ztráty v říjnu v Kalifornii. Na druhé straně se v kontextu požárů jednalo o nadprůměrný rok v několika regionech ve vyšších zeměpisných šířkách, včetně Sibíře (Ruská federace) a Aljašky (USA). K požárům došlo také v některých částech Arktidy, kde byly požáry dříve

extrémně vzácné. V roce 2019 byly emise CO_2 z letních požárů v Arktidě nejvyšší ze sedmnáctileté řady měření Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) / ECMWF Global Fire Assimilation System (GFASv1.2).

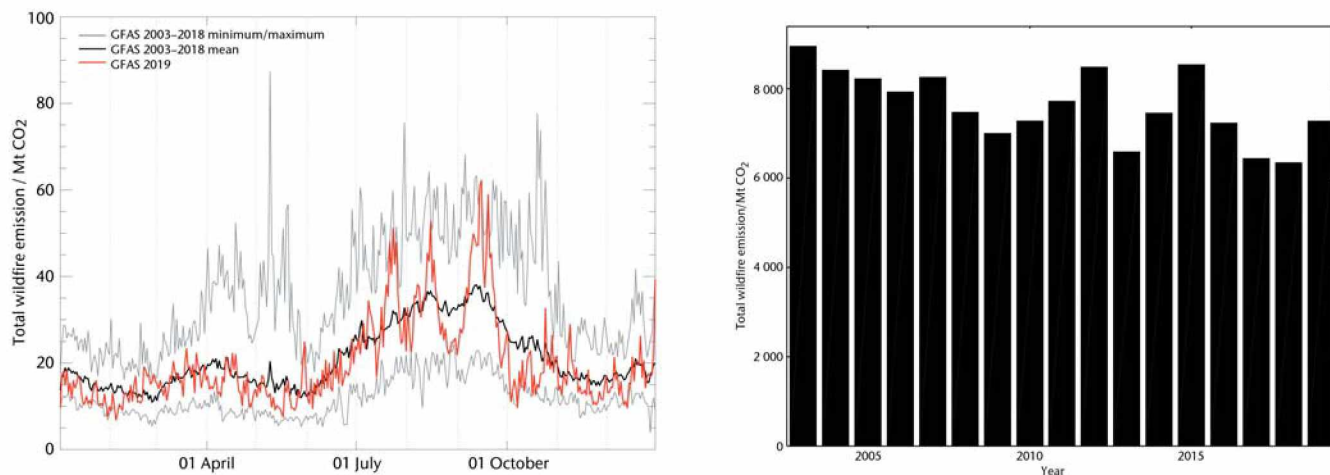
Austrálie zažila v pozdější části roku 2019 mimořádně dlouhou a těžkou sezonu požárů s opakovanými ohnisky. Velké požáry se začaly šířit v severovýchodním Novém Jižním Walesu a jižním Queenslandu začátkem září. Další ohniska, podporovaná suchými podmínkami a několika epizodami silného západního větru a extrémního vedra, se postupně během následujících měsíců šířila na jih. Měsíční kumulovaný index nebezpečí lesních požárů (Forest Fire Danger Index) byl nejvyšší v prosinci v Queenslandu, Novém Jižním Walesu, Jižní Austrálii a teritoriu hlavního města Austrálie (Canberra). Mnoho požárů trvalo více než dva měsíce. Požáry dosáhly svého vrcholu na konci prosince a v prvních několika lednových dnech, kdy došlo k rozsáhlým škodám v jihovýchodním Novém

Jižním Walesu, zejména v blízkosti pobřeží a ve východní Victorii, stejně jako v okolí Adelaide a na ostrově Kangaroo na jihu Austrálie. Počátkem roku 2020 bylo hlášeno 33 úmrtí a bylo zničeno více než 2 000 nemovitostí. V Novém Jižním Walesu a ve Victorii hořelo celkem asi na 7 milionech hektarů. Začátkem roku 2019 v lednu a únoru přispělo suché léto k četným dlouhodobým požárům v Tasmánii v normálně vlhkých západních a středních částech ostrova. V průběhu čtyř let je to podruhé, kdy požáry zasáhly oblasti, kde byly požáry historicky extrémně vzácné.

Silné sucho v Indonésii a sousedních zemích vedlo k nejvýznamnější sezoně požárů od roku 2015, ačkoli požáry a související znečištění kouřem nebyly tak závažné jako v roce 2015. Požární aktivita v amazonské pánvi byla zejména v srpnu také vyšší než v posledních letech, i když výrazně zaostávala za předchozími významně suchými roky, např. rok 2010. Počet hlášených požárů v Amazonii v Brazílii byl jen mírně nad 10letým průměrem, ale celková požární aktivita v Jižní Americe byla nejvyšší od roku 2010. Zeměmi s mimořádnou požární aktivitou v posledních letech byly Bolívie a Venezuela.

Zatímco v roce 2019 došlo v kontextu požárů celosvětově k významné regionální činnosti, celkové celosvětové denní a roční odhadované emise se blížily průměrům vypočteným za posledních 17 let (dataset CAMS / ECMWF Global Fire Assimilation System, GFASv1.2). Tento dataset kombinuje aktivní pozorování požárů z přístrojů MODIS na satelitech NASA Terra a Aqua, a poskytuje tak soubor údajů o průměrné denní radiační energii ohně a odhadovaných pyrogenických emisích, včetně pevných částic, reaktivních a skleníkových plynů.

Denní celkové emise CO_2 z požárů (obr. 17, vlevo) byly po celý rok většinou na hodnotách průměru 2003–2018. Mezi červnem a říjnem se zvýšenou aktivitou vyšší než 20 Mt CO_2 denně, a po celý zbytek roku se sníženoou aktivitou, méně než 20 Mt CO_2 denně. K největšímu nárůstu nad 17letou průměrnou hodnotu došlo v červenci, srpnu, září a na konci prosince, což odpovídá nejvyšší aktivitě požárů v Arktidě, na Sibíři, v Indonésii a Austrálii.



Obr. 17 Vlevo: Celkové denní odhadované emise CO₂ z požárů v megatunách od 1. ledna do 31. prosince 2019 ve srovnání s průměrnou, minimální a maximální denní hodnotou v období let 2003–2018. Vpravo: Celkové roční odhadované emise CO₂ z požárů v megatunách mezi lety 2003 a 2019. Údaje jsou založeny na globálním systému Global Fire Assimilation System CAMS / ECMWF (GFASv1.2).

Fig. 17. Left: Global daily total estimated CO₂ emissions from wildfires, in megatonnes of CO₂, from 1 January to 31 December 2019, compared to the mean and minimum/maximum daily values based on the years 2003–2018. Right: Global annual total estimated CO₂ emissions from wildfires, in megatonnes of CO₂, between 2003 and 2019. The figures are based on the CAMS/ECMWF Global Fire Assimilation System (GFASv1.2).

3.12 Rizika a dopady související se změnou klimatu

Rizika dopadů související s klimatem závisí na komplexních interakcích mezi klimatickými riziky a zranitelností, expozicí a přizpůsobivostí lidských a přírodních systémů. Při současné úrovni globálních emisí skleníkových plynů zůstává svět na cestě k překročení dohodnuté prahové hodnoty teploty +1,5 °C nebo +2 °C předindustriální úrovně, což by vedlo ke zvýšení rizik všudypřítomných účinků změny klimatu nad rámec toho, co již bylo zaznamenáno doposud.

Údállosti související s klimatem již představují pro společnost rizika prostřednictvím dalších dopadů na zdraví, potravinovou bezpečnost, zásobování vodou, jakož i na bezpečnost lidí, hospodářství, infrastruktury a na biologickou

rozmanitost. Změna klimatu má také závažné ekosystémové důsledky. Může ovlivnit využívání přírodních zdrojů a dostupnost zdrojů napříč regiony a zeměmi.

Literatura:

WMO, 2020. WMO Statement on the Status of the Global Climate in 2019. WMO – No. 1248, Geneva, Switzerland. ISBN 978-92-63-11248-4 [online]. Dostupné z WWW: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10211.

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 literaturu jsou uvedeny v originálním textu.

Lektor (Reviewer):

RNDr. Radim Tolasz, Ph.D.