ATLAS KLIMATICKÉ ZMĚNY

Změny v atmosféře a rizika oteplování

lipka
EDIČNÍ CENTRUM

Fakta o klimatu

ATLAS KLIMATICKÉ ZMĚNY

Změny v atmosféře a rizika oteplování

Ondřej Přibyla, Jiří Lněnička, Ondřej Pechník, Kristína Pšorn Zákopčanová, Kateřina Kolouchová

Atlas klimatické změny. Změny v atmosféře a rizika oteplování

Všechny infografiky použité v této publikaci jsou poskytovány v rámci otevřené licence CC BY 4.0
a jsou volně ke stažení na webu www.faktaoklimatu.cz.

Na jejich vytváření i na vzniku tohoto Atlasu se svou prací významně podíleli členové týmu Fakta o klimatu.

Činnost Fakt o klimatu v roce 2022 finančně podpořili: Miton, Omnicom Media Group, ECF, Britské velvyslanectví a další přispěvatelé.

Tištěnou verzi Atlasu vydala v roce 2022 Lipka – školské zařízení pro environmentální vzdělávání Brno, příspěvková organizace.

ČÍM CHCEME PŘISPĚT KE KULTIVOVANĚJŠÍ DEBATĚ O KLIMATICKÉ ZMĚNĚ?

Kvalitní debata o klimatické změně je z mnoha důvodů komplikovaná, ať už pro složitost tématu nebo pro silné emoce, které do ní vnáší někteří politici, publicisté nebo aktivisté. *Atlas klimatické změny*, který právě držíte v ruce, je výsledkem práce skupiny lidí sdružené okolo projektu Fakta o klimatu – naší snahou je zprostředkovat aktuální a ověřená data týkající se klimatické změny a podpořit tak právě onu kvalitní debatu.

Přáli bychom si, aby se tato publikace dostala do rukou nejen lidem s hlubším zájmem o téma klimatické změny, ale i učitelům a studentům, kteří ji mohou použít jako zdroj informací a dat. *Atlas* si lze sbalit jako čtení do vlaku, je snadné vzít pár jeho výtisků do výuky a použít jej pro žáky či studenty jako výchozí materiál při práci s různými klimatickými tématy. Ačkoli na sebe jednotlivé texty navazují, snažili jsme se o to, aby zároveň fungovaly samostatně. Za cenu opakování některých informací tak čtenář může otevřít kteroukoliv stránku a začít číst, aniž by příliš postrádal kontext.

Informace, se kterými pracujeme, jsou pečlivě ozdrojované a pocházejí pouze z veřejných a transparentních zdrojů, jako jsou například NASA, Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) či renomované vědecké časopisy Nature a Science. Odkazy na původní zdroje uvádíme ve zkrácené podobě přímo v grafech a mapách, k původním článkům a podkladovým datasetům se můžete dostat ze stránek **www.faktaoklimatu.cz**.

Ve snaze udržet publikaci přístupnou i studentům jsme byli nuceni hledat rovnováhu mezi úplností a zjednodušováním. Na tato zjednodušení upozorňujeme a vysvětlujeme je dále v textu.

Kultivování diskuze o klimatické změně je dlouhodobé úsilí. Tento *Atlas*, zaměřující se především na popis změn v atmosféře a rizika oteplování, je prvním dílem zamýšleného cyklu o klimatické změně – další díly plánujeme věnovat možným scénářům budoucího vývoje a opatřením, která nějakým způsobem klimatickou změnu řeší. Vedle přípravy dalších dílů počítáme také s průběžnými úpravami tohoto dílu na základě nejnovějších dat. Aktuální verze *Atlasu klimatické změny* je dostupná na webu **www.faktaoklimatu.cz**.

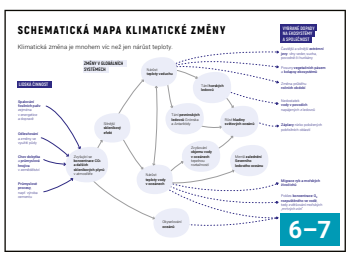
Za celý náš tým Vám přejeme inspirativní čtení a objevné zkoumání grafů a map!

Ondráš Přibyla

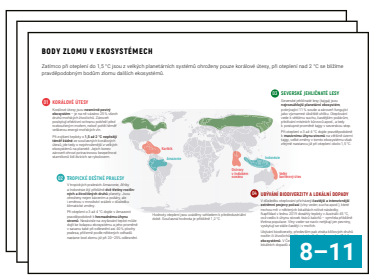
OBSAH

Úvod do klimatické změny

Schematická mapa klimatické změny

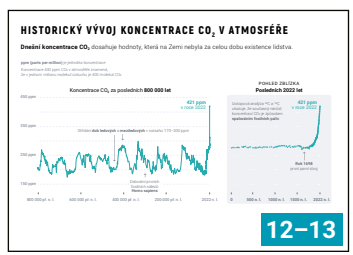


Proč je oteplení o 1,5 °C problém?

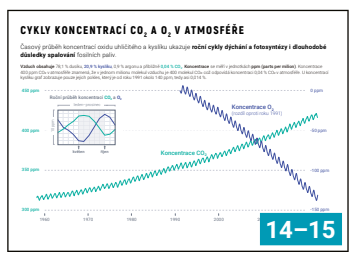


Koncentrace oxidu uhličitého CO_2

Historický vývoj koncentrací CO_2 v atmosféře



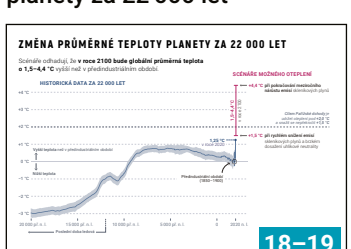
Cykly koncentrací CO_2 a O_2 v atmosféře



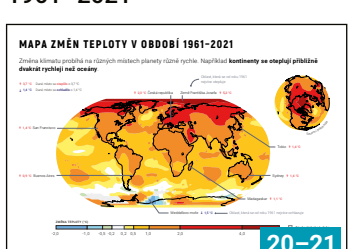
Teploty

Vývoj světové teplotní anomálie

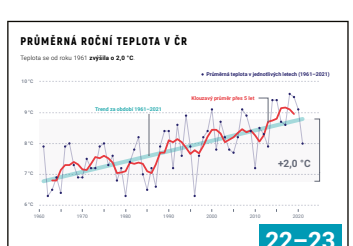
Změna průměrné teploty planety za 22 000 let



Mapa změn teploty v období 1961–2021

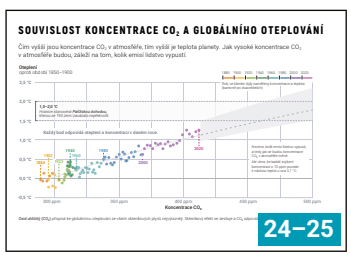


Průměrná roční teplota v ČR

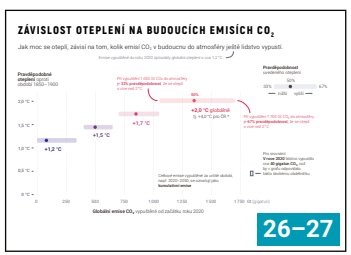


Souvislost mezi oteplováním a nárůstem koncentrací CO_2

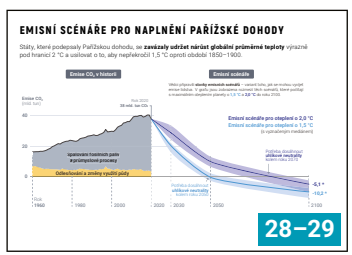
Souvislost koncentrace CO_2 a globálního oteplování



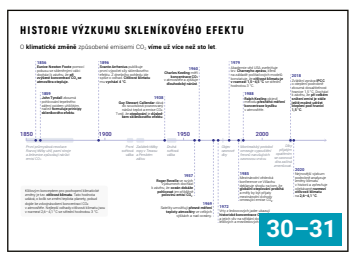
Závislost oteplení na budoucích emisích CO_2



Emisní scénáře pro naplnění Pařížské dohody



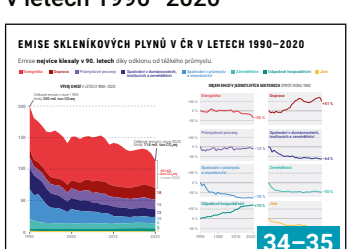
Historie výzkumu skleníkového efektu



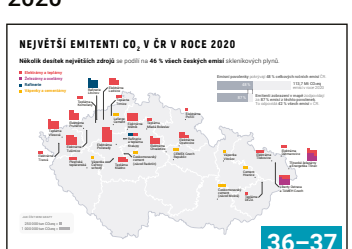
Emise skleníkových plynů v ČR

Emise skleníkových plynů v ČR podle sektorů

Emise skleníkových plynů v ČR v letech 1990–2020



Největší emitenti v ČR v roce 2020

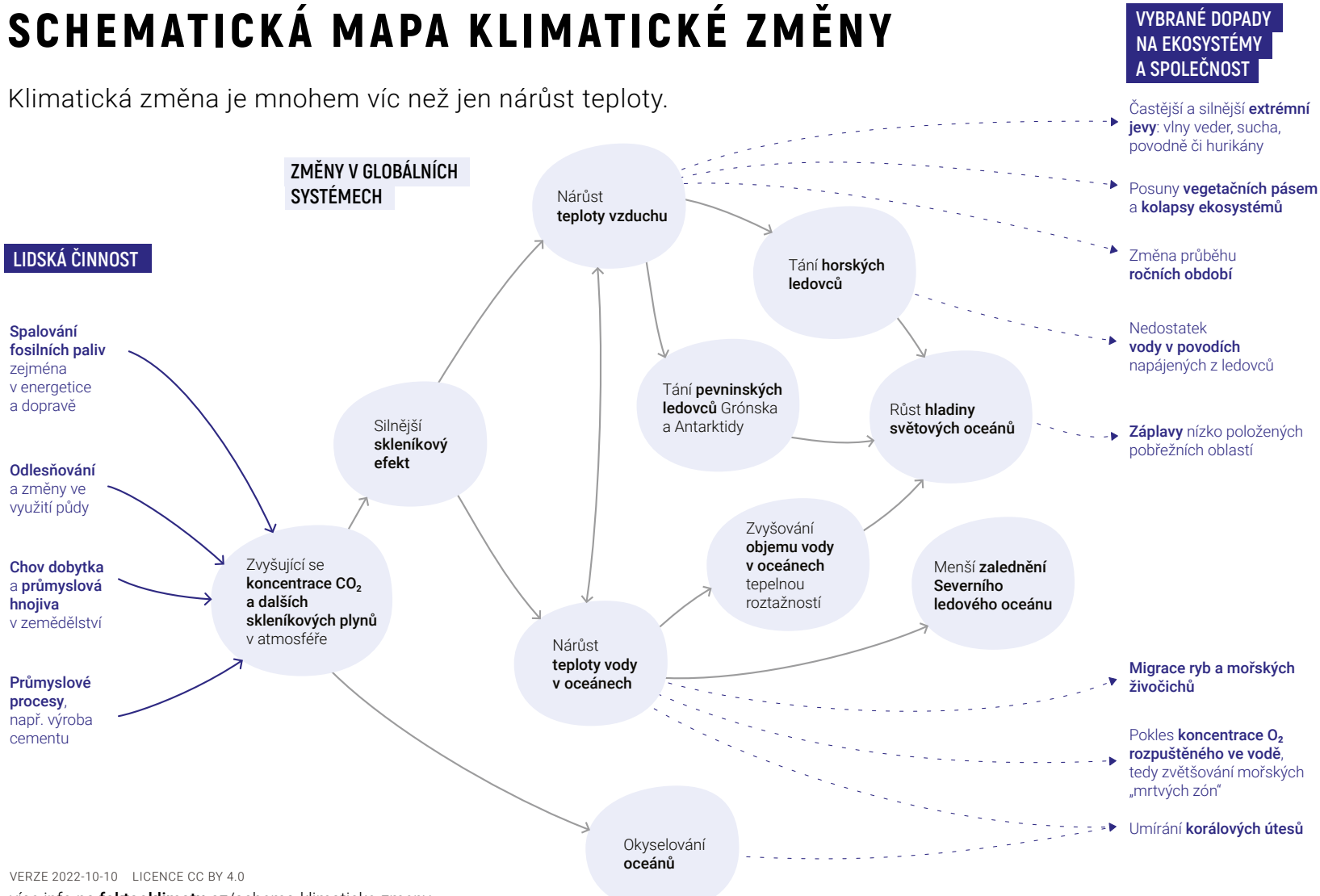


38 Použitá zjednodušení

39 Další zdroje seriózních informací o klimatické změně

SCHEMATICKÁ MAPA KLIMATICKÉ ZMĚNY

Klimatická změna je mnohem víc než jen nárůst teploty.



VERZE 2022-10-10 LICENCE CC BY 4.0

více info na **faktaoklimatu.cz**/schema-klimaticke-zmeny

Klimatická změna není jen nárůst teploty – jde o souhrnný pojem pro řadu vzájemně provázaných jevů. Změna jednoho faktoru, například zvýšení koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře, má obvykle několik příčin a řadu různých následků.

Lidská činnost, zejména **spalování fosilních paliv** (uhlí, ropy a zemního plynu), vede ke zvyšování koncentrace oxidu uhličitého (CO_2) v atmosféře. Ročně se ho v energetice, dopravě a průmyslu vyprodukuje asi 35 miliard tun, odlesňování přidá dalších cca 5 miliard tun. Na obyvatele planety tedy v průměru připadá asi 5 tun CO_2 ročně. Lidská činnost tak způsobuje **nárůst koncentrace CO_2 v atmosféře** (viz Cykly koncentrací CO_2 a O_2 v atmosféře na s. 14–15).

Mezi skleníkové plyny patří kromě CO_2 také metan (CH_4) a oxid dusný (N_2O). Metan vzniká v zemědělství (chov dobytka, pěstování rýže aj.) či při těžbě ropy nebo břidlicových plynů. Oxid dusný se uvolňuje při používání průmyslových hnojiv a v některých spalovacích procesech.

Vyšší koncentrace CO_2 a dalších skleníkových plynů v atmosféře **vedou k silnějšímu skleníkovému efektu**. Část tepelného záření, které by jinak Země vyzářila do vesmíru, je skleníkovými plyny pohlcena a vrácena zpět k povrchu. Proto se planeta otepluje.

> Lidský vliv na klima bývá často zpochybňován argumentem, že nejsilnější skleníkový plyn je vodní pára. To je sice pravda, nicméně lidská činnost má vliv i na množství vodní páry v atmosféře, byť nepřímý. Cyklus vodní páry řídí teplota a tu ovlivňují ostatní skleníkové plyny vypouštěné člověkem.
> Ve výpočtech síly skleníkového efektu a citlivosti klimatu (viz Historie výzkumu skleníkového efektu na s. 30–31) se vždy vliv vodní páry započítává.

Od průmyslové revoluce **narostla teplota vzduchu** v průměru o 1,2 °C, ale většinu tepla pohltila voda v oceánech (její teplota tedy také dlouhodobě narůstá). Změna probíhá na různých místech různě rychle – například severní polární oblasti se oteplují čtyřikrát rychleji než oceány (viz Mapa změn teploty v období 1961–2021 na s. 20–21).

Atmosférický CO_2 se částečně rozpouští v oceánu, kde vytváří kyselinu uhličitou.

To vede k poklesu pH neboli **okyselování oceánů**, které je nebezpečné pro korály a další mořské živočichy (viz Proč je oteplení o více než 1,5 °C problém? na s. 8–11).

Vyšší teplota mořské vody způsobuje zmenšování plochy a tloušťky mořského zámrzu v Severním ledovém oceánu. V září 1979 zde byl objem ledu asi 17 000 km³, v září roku 2017 již jen 5 000 km³. Očekává se, že kolem roku 2050 přijdou první léta, během kterých oceán rozmrzne prakticky celý.

Oteplování planety vede k častějším a intenzivnějším vlnám veder, silnějším hurikánům, delším obdobím sucha, ale i prudším dešťům a větším povodním – tedy k **častějšímu výskytu extrémních meteorologických jevů**.

Hladina světových oceánů se zvyšuje rychlostí 3,3 cm za desetiletí. Asi polovina tohoto zvýšení je způsobena táním pevninských ledovců, druhá polovina je dána oteplováním mořské vody (jako většina látek i mořská voda zvětšuje s teplotou svůj objem).

Zvyšující se teplota stojí rovněž za **táním horských ledovců** v Alpách, Himálaji, Andách a dalších světových pohořích. To bude mít zásadní dopad na zemědělství a zásoby vody, neboť v mnoha oblastech světa jsou velké řeky napájeny právě horskými ledovci.

PROČ JE OTEPLENÍ O VÍCE NEŽ 1,5 °C PROBLÉM?

Oteplení nad určitou hranici může vést k překročení tzv. bodů zlomu u některých velkých systémů, které se tím mohou nevratně změnit, nebo dokonce zaniknout. Poznání o bodech zlomu se promítlo i do mezinárodních jednání, například do cílů Pařížské dohody.

Co jsou body zlomu?

Co je bod zlomu, tuší intuitivně každý, kdo někdy lezl na strom. Větev snese jen určité zatížení – a pak praskne. Podobně funguje i většina planetárních systémů (ekosystémy, oceánská proudění, koloběh vody apod.) – po určitou dobu se přibývajícím změnám přizpůsobují, v určité chvíli však **dojde k překročení pomyslné hranice pružnosti a celý systém zkolabuje**. Kolaps jednoho systému pak ovlivní i systémy další a přispívá k jejich destabilizaci. V případě některých systémů též významně přispěje ke zrychlení klimatické změny (např. roztátí permafrostu uvolní do atmosféry velké množství metanu).

Bod zlomu je možné ukázat na příkladu českých smrkových lesů: odborníci desítky let upozorňovali, že nejsou na většině našeho území přirozené. Když se v posledních letech zkombinoval vliv sucha a několika teplých zim, při kterých přežilo velké množství kůrovce, velká část smrkových lesů během krátké doby zkolabovala.

> **Pařížská dohoda** je vyústěním dlouhodobých snah OSN o společný postup proti klimatické změně. Státy se v ní zavázaly **udržet nárůst globální průměrné teploty výrazně pod 2 °C a usilovat o to, aby nepřekročil 1,5 °C** oproti rokům 1850–1900.

Body zlomu v ekosystémech

Klimatickou změnou jsou ohroženy jak malé lokální biotopy (například tůňky a mokřady, které mohou vyschnout), tak velké planetární ekosystémy jako brazilský deštný prales, severská tajga nebo korálové útesy.
U tropických deštných pralesů může intenzivní kácení spolu se změnou teploty narušit vodní cyklus a vést k **proměně pralesa v savanu**. U korálových útesů zase dochází vlivem zvyšování teploty vody a kyselosti oceánů k umírání korálů. Je prakticky jisté, že **korálové útesy jako ekosystém nepřežijí oteplení o 2 °C** – což bude mít zásadní dopad na celou čtvrtinu všech druhů mořských živočichů, které jsou na tento ekosystém navázány.

Body zlomu v kryosféře

Pojem kryosféra označuje oblasti planety, kde se voda nachází ve zmrzlém stavu. Tání obrovských mas ledu v Grónsku nebo Antarktidě je pomalý proces trvající stovky let, povede však ke **zvýšení hladiny světových oceánů** o několik metrů, což dopadne na stovky milionů lidí žijících v nízko položených pobřežních oblastech. Roztátí horských ledovců zase bude znamenat **nedostatek vody ve velkých řekách**, například v Asii.

Body zlomu v systémech oceánských a atmosférických proudění

Při větším oteplení mohou tyto systémy přejít do radikálně odlišného stavu oproti dnešku a změnit tak režim počasí na celé planetě. **Například zastavení Golfského proudu** by do Evropy a Severní Ameriky přineslo **velké ochlazení srovnatelné s dobou ledovou**.

BODY ZLOMU V EKOSYSTÉMECH

Zatímco při oteplení do 1,5 °C jsou z velkých planetárních systémů ohroženy pouze korálové útesy, při oteplení nad 2 °C se blížíme pravděpodobným bodům zlomu dalších ekosystémů.

01 KORÁLOVÉ ÚTESY

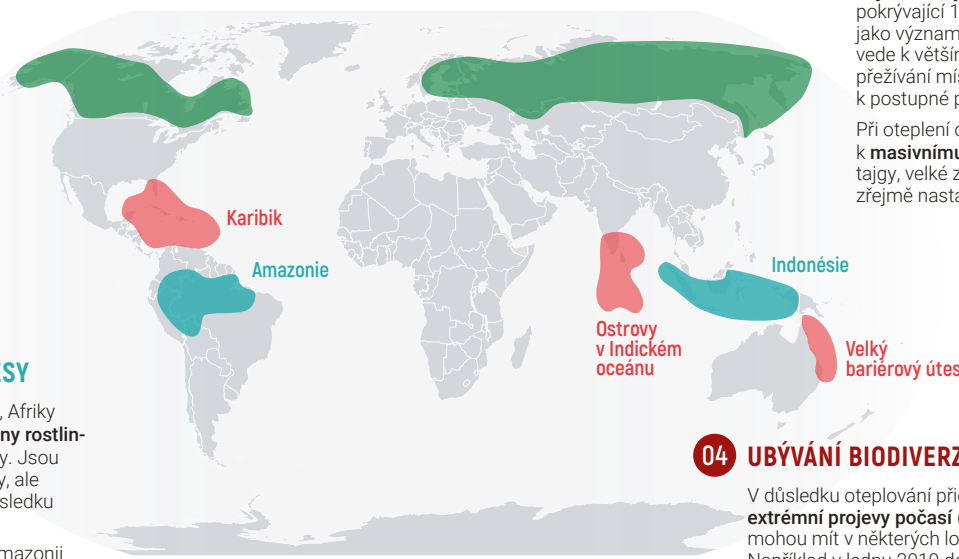
Korálové útesy jsou **nesmírně pestrý ekosystém** – je na ně vázáno 25 % všech druhů mořských živočichů. Zároveň poskytují efektivní ochranu pobřeží před rozbouřeným mořem, neboť pohltí téměř veškerou energii mořských vln.

Při zvýšení teploty o **1,5 až 2 °C nepřežijí téměř žádné** ze současných korálových útesů, jde tedy o nejohroženější z velkých ekosystémů na planetě. Jejich konec zároveň ohrozí potravinovou bezpečnost stamilionů lidí živících se rybolovem.

02 TROPICKÉ DEŠTNÉ PRALESY

V tropických pralesích Amazonie, Afriky a Indonésie žijí přibližně **dvě třetiny rostlinných a živočišných druhů** planety. Jsou ohroženy nejen kácením a požáry, ale i změnou v množství srážek v důsledku klimatické změny.

Při oteplení o 3 až 4 °C dojde v Amazonii pravděpodobně k **hromadnému úhynu stromů**. Nezávisle na zvyšování teplot může dojít ke kolapsu ekosystému a jeho proměně v savanu také při odlesnění asi 40 % plochy pralesa, přičemž podle některých odhadů nastane bod zlomu již při 20–25% odlesnění.



Hodnoty oteplení jsou uváděny vzhledem k předindustriální době. Současná hodnota je přibližně 1,2 °C.

03 SEVERSKÉ JEHLIČNATÉ LESY

Severské jehličnaté lesy (tajga) jsou **nejrozsáhlejší planetární ekosystém**, pokrývající 11 % souše a zároveň fungující jako významné úložiště uhlíku. Oteplování vede k většímu suchu, častějším požárům, přežívání místních kůrovců apod., a tedy k postupné proměně tajgy v severskou step.

Při oteplení o 3 až 4 °C dojde pravděpodobně k **masivnímu úhynu stromů** na většině území tajgy, velké změny v tomto ekosystému však zřejmě nastanou již při oteplení okolo 1,5 °C.

04 UBÝVÁNÍ BIODIVERZITY A LOKÁLNÍ DOPADY

V důsledku oteplování přicházejí **častější a intenzivnější extrémní projevy počasí** (vlny veder, sucha apod.), které mohou mít v některých lokalitách ničivé následky. Například v lednu 2019 dosáhly teploty v Austrálii 45 °C, což vedlo k úhynu stovek tisíců kaloňů – vymřela přibližně třetina populace. Vlny veder se navíc netýkají jen pevniny, vyskytují se stále častěji i v mořích.

Ubývání biodiverzity, především pak ztráta klíčových druhů rostlin či živočichů může vést ke **kolapsům regionálních ekosystémů**. V Česku jsou dobře viditelným příkladem lokálních dopadů změny klimatu umírající jehličnaté lesy.

VERZE 2022-10-31 LICENCE CC BY 4.0

více info na **faktaoklimatu.cz**/body-zlomu-1

hlavní zdroj dat: Zpráva IPCC

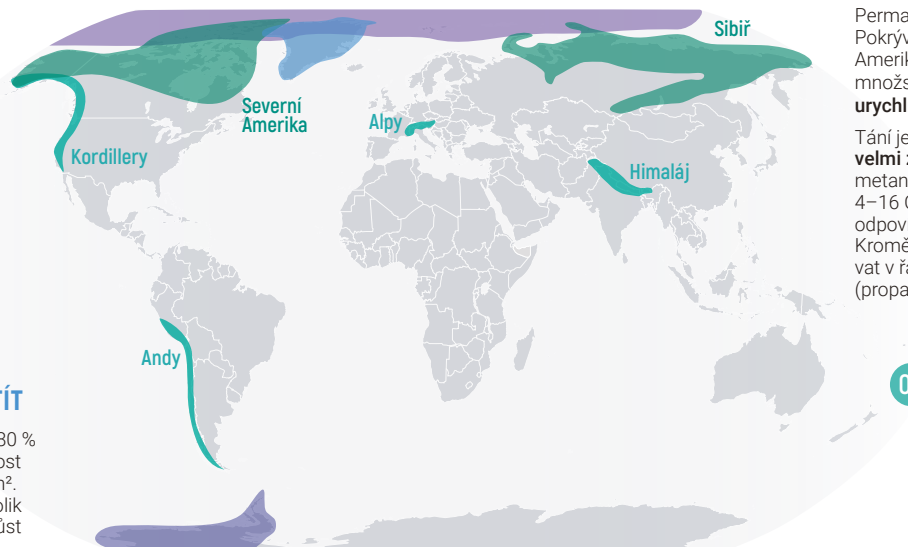
BODY ZLOMU V KRYOSFÉŘE

Kryosféra označuje veškeré oblasti planety, kde se voda nachází ve zmrzlém stavu. Některé horské ledovce, např. v Alpách, již bodu zlomu dosáhly a jejich zánik je nevyhnutelný i bez dalšího oteplení. Jiné velké systémy kryosféry mohou bodů zlomu dosáhnout při oteplení jen o málo vyšším než 1,5 °C. Jejich tání sice potrvá desítky, stovky, ba i tisíce let, ale změny kryosféry budou mít celoplanetární dopady – zvyšování hladin oceánů, změny albeda či uvolnění metanu do atmosféry. To vše bude přispívat k dalšímu oteplení.

01 ZÁMRZ SEVERNÍHO LEDOVÉHO OCEÁNU

Rozsah tohoto zámrzu rychle klesá – objem letního ledu v posledních letech klesl přibližně na třetinu typického objemu v 80. letech. Tání **odkrývá vodní hladinu,** která je tmavší než led, tedy pohlcuje více slunečního záření, což vede k dalšímu **zesílení oteplení**.

Oteplení o 2 °C či více způsobí, že severní pól bude v létě bez ledu, zatímco při oteplení do 1,5 °C je pravděpodobné, že i v létě zůstane zámrz alespoň částečně zachován.



02 GRÓNSKÝ LEDOVCOVÝ ŠTÍT

Grónský ledovcový štít pokrývá 80 % ostrova – má průměrnou mocnost 2000 m a rozlohu 1,7 miliónu km². Jeho úplné roztátí by trvalo několik tisíciletí a způsobilo celkový nárůst hladin oceánů o 7 m.

Nárůst teploty o 1,5 až 2 °C je pro tento ledovcový štít pravděpodobným bodem zlomu – jeho tání by navíc mělo **významný dopad na mořské proudy v Atlantiku** a další planetární systémy.

03 PERMAFROST

Permafrost je dlouhodobě zamrzlá půda. Pokrývá rozsáhlé oblasti Sibiře a Severní Ameriky a jeho tání uvolní do atmosféry velké množství metanu (skleníkový plyn), což **dále urychlí globální oteplování**.

Tání je již pozorovatelné, **další vývoj bude velmi záviset na růstu teplot**. Roční emise metanu v důsledku tání se odhadují na 4–16 Gt CO_2eq (podle rychlosti tání), což odpovídá 10–30 % ročních emisí lidstva. Kromě toho bude tání permafrostu způsobovat v řadě oblastí také další problémy (propadání domů, silnic a železnic apod.).

04 HORSKÉ LEDOVCE

Tyto ledovce zásobují vodou mnoho velkých řek a ve většině horských oblastí rychle tají.

Další zvyšování teploty a ústup ledovců povede k **nedostatku vody** ve velkých oblastech Ameriky a střední a jižní Asie – pro obyvatele mnoha zemí tak bude znamenat ohrožení potravinové bezpečnosti.

05 ZÁPADOANTARKTICKÝ LEDOVCOVÝ ŠTÍT

Tento ledovcový štít má celkový objem 2,2 milionů km³. Není dobře fixován pevninou a při dalším oteplování hrozí jeho **„sklouznutí" do moře**.

Zvýšení teploty o 1,5 až 2 °C je pravděpodobným bodem zlomu Západoantarktického ledovcového štítu a nastartuje jeho **tání**, které potrvá několik staletí a projeví se celosvětovým zvýšením hladiny oceánů o několik metrů.

Hodnoty oteplení jsou uváděny vzhledem k předindustriální době. Současná hodnota je přibližně 1,2 °C.

VERZE 2022-10-31 LICENCE CC BY 4.0

více info na **faktaoklimatu.cz**/body-zlomu-2

hlavní zdroj dat: Zpráva IPCC

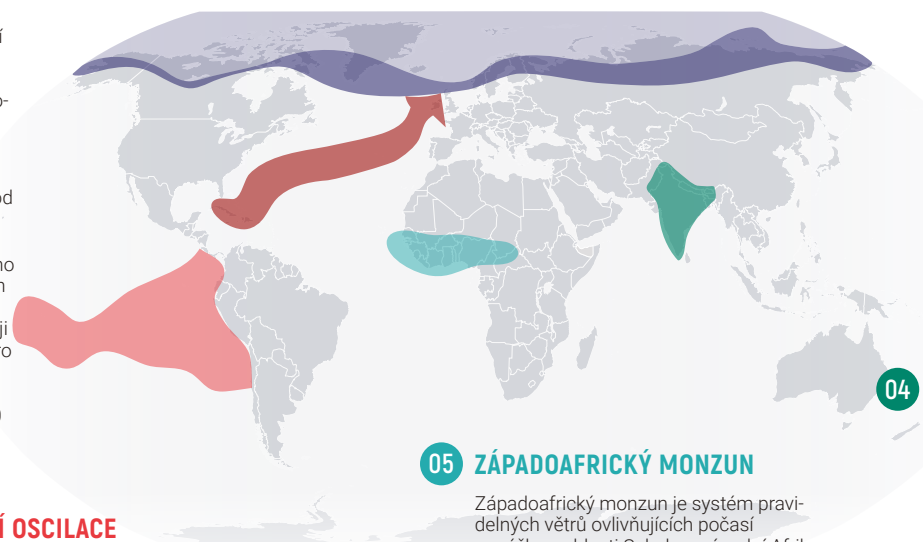
BODY ZLOMU V ATMOSFÉRICKÝCH A OCEÁNSKÝCH PROUDĚNÍCH

Oteplování může významně narušit systém oceánských a atmosférických proudění a vést k výrazným a nepravidelným změnám charakteru počasí na většině kontinentů. Atmosférická a oceánská proudění nejsou snadno a přesně lokalizovatelná, masy vzduchu a vody se dynamicky pohybují, a proto je vyznačení na mapce spíše symbolické.

01 GOLFSKÝ PROUD

Tento silný teplý proud ovlivňuje podnebí a zmírňuje zimy v západní Evropě a na východním pobřeží Severní Ameriky. Je součástí celoplanetárního systému povrchových a hlubokomořských proudů (tzv. termohalinní cirkulace), které rozvádějí teplo po celé planetě.

Měření ukazují, že **Golfský proud** od roku 1950 **postupně slábne**. Jeho úplné zastavení by mohlo být způsobeno např. uvolněním velkého množství vody z tajících grónských ledovců do severního Atlantiku. Bude proto záležet na dalším vývoji globálního oteplování. Simulace pro různé emisní scénáře (tedy kolik emisí lidstvo ještě do atmosféry vypustí) předpovídají do roku 2100 **oslabení proudění o 11 až 54 %**.



02 EL NIÑO – JIŽNÍ OSCILACE

V oblasti jižního Pacifiku dochází ke střídání studených a teplých období (El Niño a La Niña) s nepravidelnou periodou 3 až 10 let. Tato jihopacifická oscilace ovlivňuje vzdušná proudění a srážky na pobřežích Ameriky a Austrálie, způsobuje **extrémní počasí (povodně i sucha) a významně ovlivňuje úrodu**.

Globální oteplování tuto oscilaci zesiluje a vede k častějším a silnějším El Niño, což má dopady na životy mnoha milionů lidí.

03 TRYSKOVÉ PROUDĚNÍ A POLÁRNÍ VORTEX

Tryskové proudění a polární vortex jsou vzájemně související atmosférická proudění, která udržují studený arktický vzduch nad severním pólem. Slábnutí tryskového proudění vede k jeho většímu meandrování, tedy k častějším situacím, kdy studený arktický vzduch proudí směrem k rovníku a naopak velmi teplý tropický vzduch směrem k pólu. Následkem toho se oblasti Evropy, Asie či Ameriky na několik dní či týdnů **prudce ochladí** (např. -30 °C v Chicagu v únoru 2019) **nebo oteplí** (evropské vlny veder posledních let).

Oteplování pravděpodobně povede k dalšímu slábnutí tryskového proudění, a tedy **častějším výkyvům do extrémních teplot**.

04 INDICKÝ MONZUN

V Indii přináší pravidelný letní monzun až 90 % srážek. Změna klimatu může vést k nestabilitě monzunu a střídání slabých a velmi silných monzunů, tedy **střídání let extrémních povodní s roky velkého sucha**.

Kromě globálního oteplování hrají v tomto případě významnou roli i změny ve využívání půdy a množství aerosolů vypouštěných na indickém subkontinentu, tedy další faktory spojené s lidskou činností.

05 ZÁPADOAFRICKÝ MONZUN

Západoafrický monzun je systém pravidelných větrů ovlivňujících počasí a srážky v oblasti Sahelu a západní Afriky.

Při oteplení o 2 až 3 °C může dojít k významnému **zesílení monzunu** v západní Africe, což může v důsledku vést k **obnovení vegetace** v Sahelu a na západní Sahaře. Zároveň by však došlo ke zvýšení teplotního stresu, tedy zazelenění Sahary nepovede k lepší obyvatelnosti pro člověka.

Hodnoty oteplení jsou uváděny vzhledem k předindustriální době. Současná hodnota je přibližně 1,2 °C.

VERZE 2022-10-31 LICENCE CC BY 4.0

více info na **faktaoklimatu.cz**/body-zlomu-3

zdroj dat: Zprávy IPCC, Nature, Geophysical letters, Potsdam institute for Climate Impact research a další

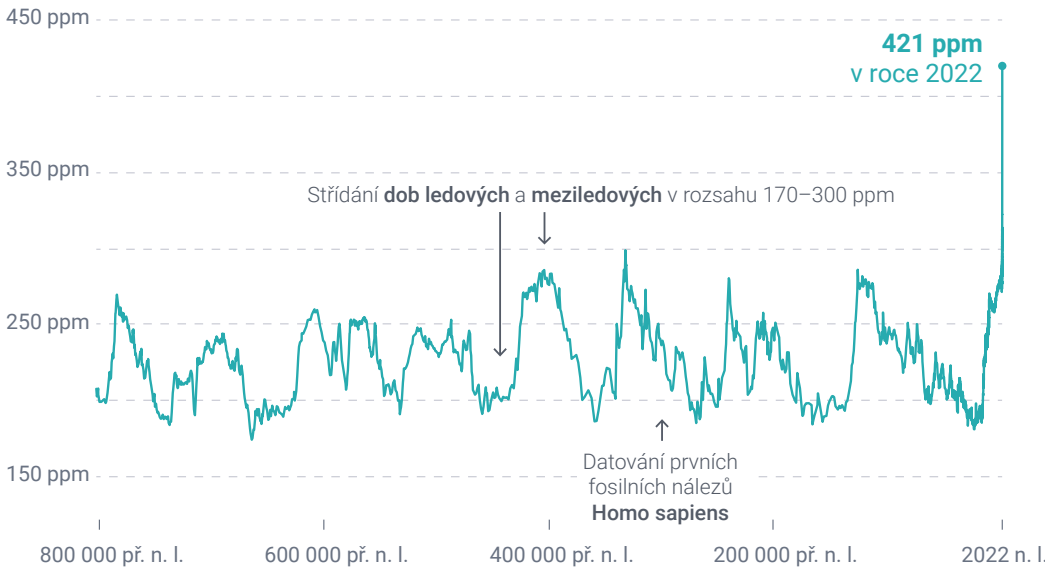
HISTORICKÝ VÝVOJ KONCENTRACE CO_2 V ATMOSFÉŘE

Dnešní koncentrace CO_2 dosahuje hodnoty, která na Zemi nebyla za celou dobu existence lidstva.

ppm (parts per million) je jednotka koncentrace

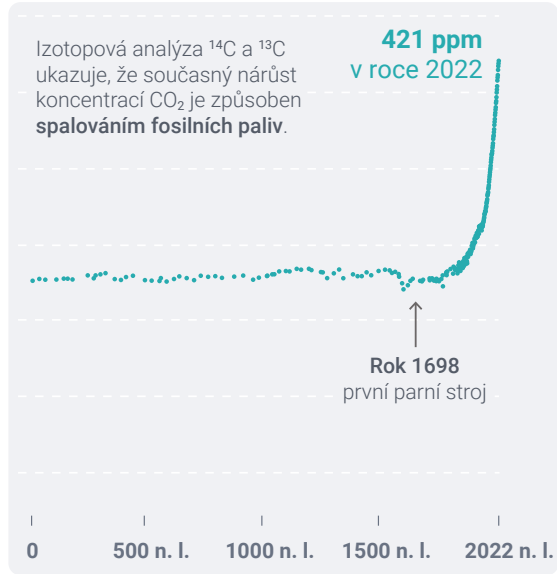
Koncentrace 400 ppm CO_2 v atmosféře znamená,
že v jednom milionu molekul vzduchu je 400 molekul CO_2.

Koncentrace CO_2 za posledních **800 000 let**



POHLED ZBLÍZKA

Posledních 2022 let



Hodnoty koncentrace CO_2 pocházejí **z analýzy ledovcových vrtů** EPICA v Antarktidě a **z přímých měření** na Mauna Loa, Havaj.

VERZE 2022-10-06 LICENCE CC BY 4.0

více info na **faktaoklimatu.cz**/koncentrace-co2

zdroj dat: NOAA — Národní úřad pro oceán a atmosféru Ministerstva obchodu Spojených států amerických

Atmosféra měla podobné složení jako dnes naposledy asi před čtyřmi miliony let. Planeta tehdy byla zhruba o 3 °C teplejší, mořská hladina o 20 metrů výše, po Evropě se proháněli sloni a šavlozubí tygři a v Africe první hominidé opouštěli stromy.

Co vidíme v grafu?

Levá část grafu ukazuje ● vývoj koncentrace CO_2 od doby před 800 000 lety do současnosti. Je vidět **kolísání koncentrace v dobách ledových a meziledových** – typické koncentrace v dobách ledových jsou 170 ppm, v dobách meziledových 280 ppm.

Pravá část grafu, která má jiné měřítko časové osy, ukazuje detailně vývoj koncentrace CO_2 v průběhu posledních 2000 let. **Koncentrace se drží na hodnotě 280 ppm až do doby průmyslové revoluce**, kdy začínají stoupat.

Jak se měří složení vzduchu v minulosti?

Jaké složení měl vzduch před půl milionem let, by bylo snadné zjistit, kdybychom našli nějakou „konzervu“, v níž se takto starý vzduch zachoval. Jednoduše bychom ji v laboratoři otevřeli a změřili složení vzduchu současnými metodami. Vědci takové **„konzervy“ starého vzduchu** skutečně našli: jsou to **bublinky v ledovcích**. Když z ledovce vytáhneme kus ledu a v laboratoři jej rozpustíme, můžeme analyzovat složení vzduchu z doby, kdy led zmrzl. Čím hlouběji do ledovce se vrtá, tím starší vzorky vzduchu lze získat. V Grónsku a Antarktidě mají ledovce takovou mocnost, že jsme z nich schopni analyzovat vzduch starý asi 800 000 let – je pro to nutné vrtat asi tři kilometry hluboko.

Není současná změna klimatu jen součástí přirozeného cyklu?

Střídání koncentrace CO_2 a teploty v dobách ledových a meziledových potvrzuje současné výpočty citlivosti klimatu, tedy že **zdvojnásobení koncentrace CO_2 v atmosféře vede k oteplení planety okolo 3 °C**. Nyní žijeme v době meziledové a přirozeným pokračováním cyklu by bylo pomalé ochlazování, snižování koncentrace CO_2 a během pár desítek tisíc let přechod do další doby ledové.

Přirozené přechody mezi dobami ledovými a meziledovými jsou spouštěny změnami v natočení zemské osy, takzvanými Milankovičovými cykly. To nastartuje složitý systém vzájemně provázaných změn, ve kterých hraje podstatnou roli CO_2 jako skleníkový plyn, a způsobí přechod z doby ledové do meziledové nebo naopak.

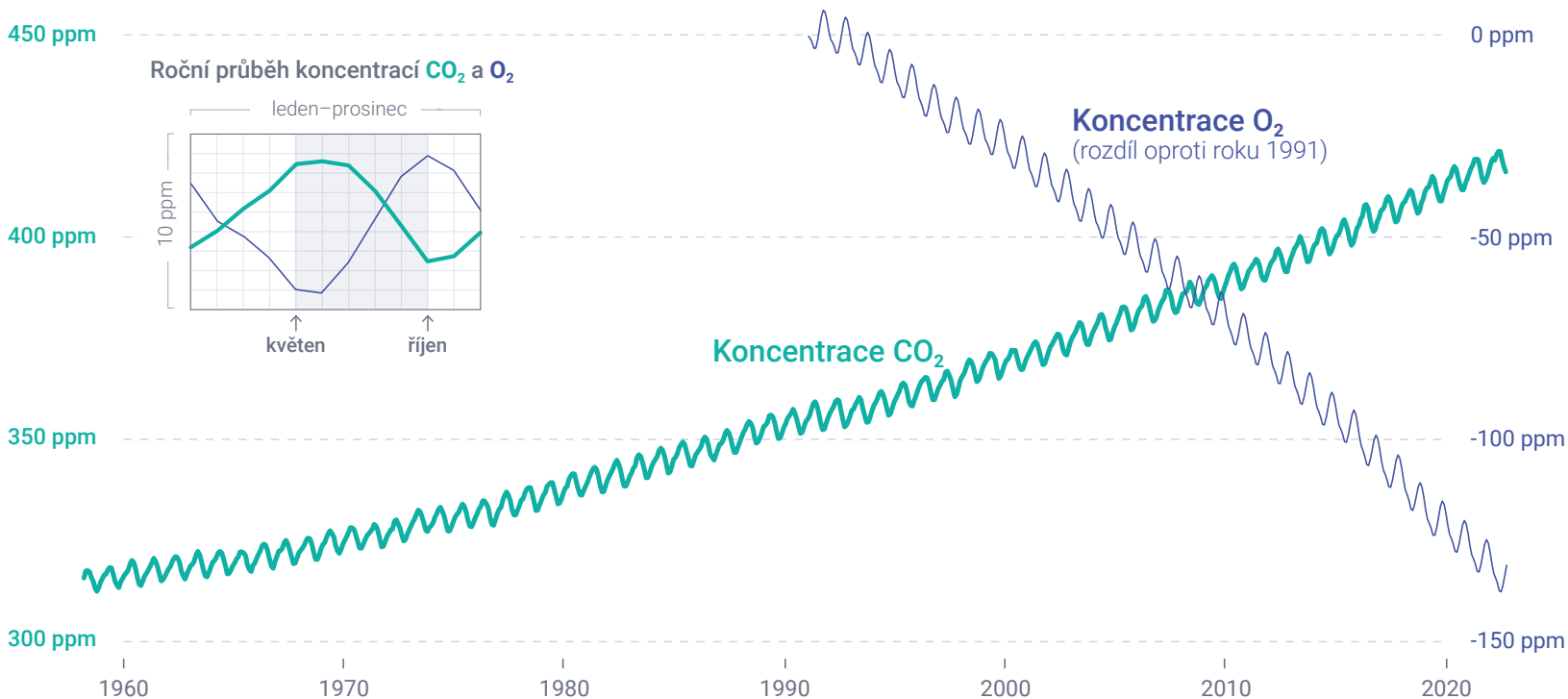
Probíhající **klimatická změna prokazatelně nesouvisí s přirozeným střídáním dob ledových a meziledových**, protože současná koncentrace CO_2 výrazně převyšuje rozmezí hodnot, s nimiž je toto střídání přirozeně spojeno, a zároveň oslunění dané Milankovičovými cykly v této době nevykazuje žádný trend. Spalování fosilních paliv navíc koncentraci CO_2 stále zvyšuje (viz Cykly koncentrací CO_2 a O_2 v atmosféře na s. 14–15) a při současném tempu bychom dosáhli zdvojnásobení koncentrace oproti období před průmyslovou revolucí, tj. hodnoty 540 ppm, někdy v letech 2060–2080. To by znamenalo, že planeta by se do konce století oteplila o více než 3 °C, což by mělo velmi závažné důsledky (více o tom dále: Proč je oteplení o více než 1,5 °C problém? na s. 8–11).

Aby k tomuto nárůstu nedošlo, zavázala se většina zemí světa v posledních letech dosáhnout mezi lety 2050 a 2070 klimatické (uhlíkové) neutrality – tedy stavu, kdy už nebude do ovzduší přidávat žádné skleníkové plyny. Nejvýznamnějším krokem ke splnění tohoto závazku je právě odklon od fosilních paliv.

CYKLY KONCENTRACÍ CO_2 A O_2 V ATMOSFÉŘE

Časový průběh koncentrací oxidu uhličitého a kyslíku ukazuje **roční cykly dýchání a fotosyntézy i dlouhodobé důsledky spalování** fosilních paliv.

Vzduch obsahuje 78,1 % dusíku, **20,9 % kyslíku**, 0,9 % argonu a přibližně **0,04 % CO_2**. **Koncentrace** se měří v jednotkách **ppm (parts per milion)**. Koncentrace 400 ppm CO_2 v atmosféře znamená, že v jednom milionu molekul vzduchu je 400 molekul CO_2, což odpovídá koncentraci 0,04 % CO_2 v atmosféře. U koncentrací kyslíku graf zobrazuje pouze jejich pokles, který je od roku 1991 okolo 140 ppm, tedy asi 0,014 %.



VERZE 2022-10-10 LICENCE CC BY 4.0

více info na **faktaoklimatu.cz**/cykly-koncentrace-co2

zdroj dat: **NOAA** – Národní úřad pro oceán a atmosféru Ministerstva obchodu Spojených států amerických

Dlouhodobý nárůst koncentrace oxidu uhličitého a pokles koncentrace kyslíku ukazují, že složení atmosféry se mění v důsledku lidské činnosti – především spalováním fosilních paliv.

Co vidíme v grafu?

● **Koncentrace CO_2** se během roku mění, dlouhodobě však **roste tempem přibližně 20 ppm za desetiletí**. Zatímco v roce 1960 byly hodnoty okolo 315 ppm, v roce 2020 už cca 415 ppm – to je nárůst přibližně o 30 %.

Graf také ukazuje vývoj ● **koncentrace kyslíku (O_2)**, konkrétně o kolik se v daném roce změnila oproti referenčnímu roku 1991. Rovněž **koncentrace O_2** se během roku mění: **dlouhodobě klesá asi o 40 ppm za desetiletí**.

V absolutních číslech nemusí nárůst koncentrace CO_2 v řádu desítek molekul působit jako zásadní změna. I takto malý posun však může mít velký vliv – připomeňme si, že dvojnásobné zvýšení koncentrace CO_2 vede k dlouhodobému zvýšení teploty na planetě o 3 °C.

Jak se měří koncentrace CO_2 a O_2?

Přesnou metodu měření koncentrace CO_2 s přesností 0,1 ppm (tedy 0,00001 %) vyvinul **Charles Keeling** v roce 1952. Nejprve byl výsledky svých měření překvapen, protože se koncentrace chaoticky měnily podle toho, odkud právě foukal vítr. Došlo mu, že jeho měření v San Franciscu ovlivňují okolní lesy (fotosyntéza) a továrny (spalování) a že potřebuje měřit na místě, které bude od takových vlivů hodně vzdálené. Přesunul se proto doprostřed Tichého oceánu: na Mauna Loa na Havaji. Tam jeho měření začalo dávat smysl – koncentrace zůstávala stabilní. Po nějaké době Keeling viděl, že **hodnoty během roku kolísají – od května do října klesají a po zbytek roku zase stoupají**. Pochopil, že pozoruje dýchání celé planety.

> Při **fotosyntéze** rostliny spotřebovávají oxid uhličitý z atmosféry a vytvářejí kyslík. Při **dýchání** naopak kyslík spotřebovávají a vydechují oxid uhličitý.
>
> $CO_2 + H_2O \leftrightarrow O_2 + \text{sacharidy}$

Většina světových lesů se nachází na severní polokouli. V létě mají listnaté stromy listí a převažuje fotosyntéza – rostliny odčerpávají CO_2 z atmosféry a ukládají uhlík do svých kmenů a listů. Na podzim stromy listí shazují, to pak na zemi hnije a uvolňuje CO_2 zpět.

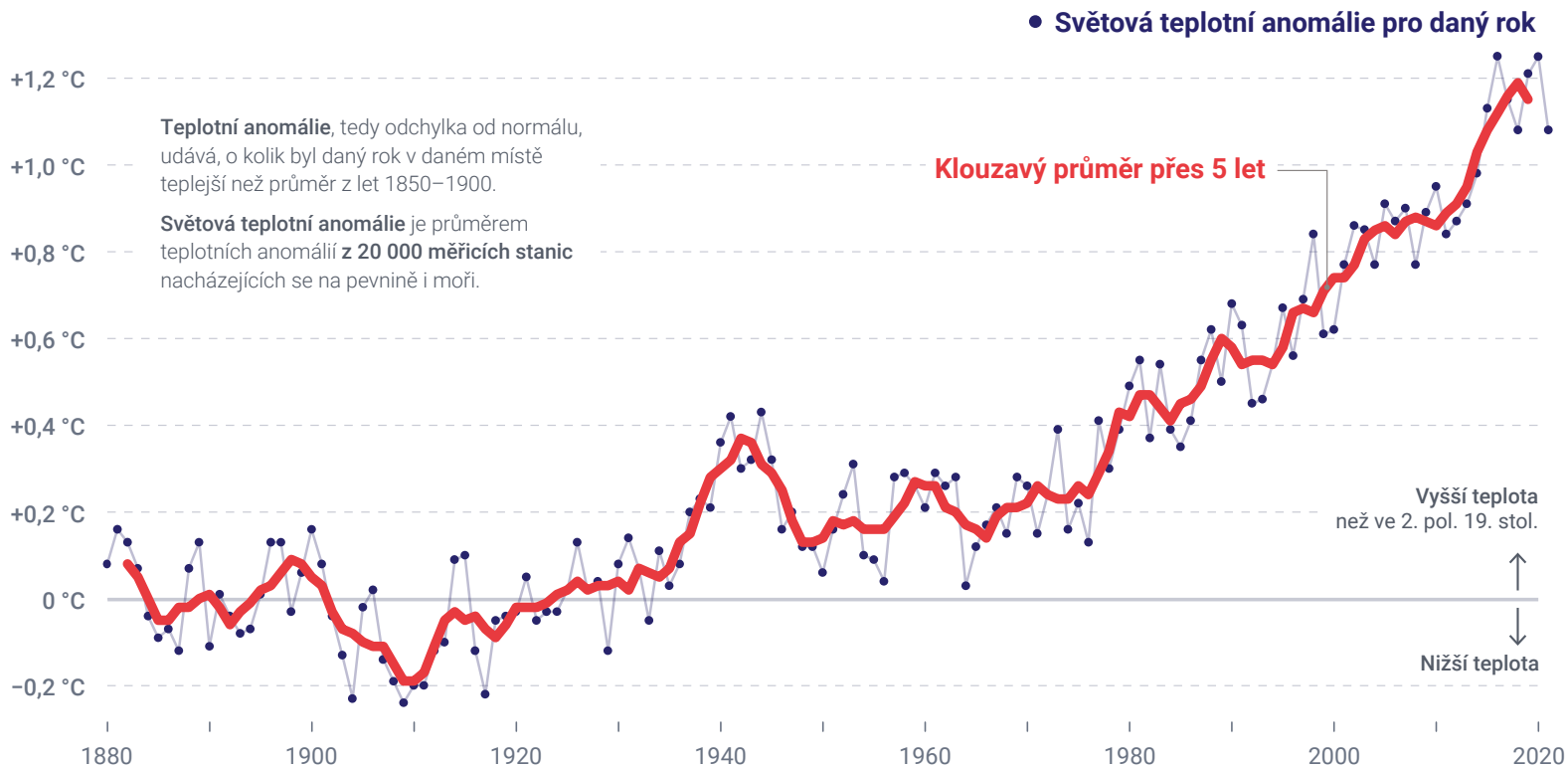
Kromě tohoto kolísání mezi létem a zimou si Keeling všiml i dlouhodobého nárůstu koncentrace CO_2, který přičítal spalování uhlí, ropy a zemního plynu.

> **Spalování** spotřebovává kyslík a uvolňuje oxid uhličitý. Při spalování uhlí je reakce jednoduchá: $C + O_2 \rightarrow CO_2$.
> Při spalování zemního plynu se kyslíku spotřebovává ještě více, protože při něm vzniká také vodní pára:
> $CH_4 + 2\,O_2 \rightarrow CO_2 + 2\,H_2O$

Důkaz, že je nárůst koncentrace CO_2 v atmosféře skutečně důsledkem spalování, přinesl Keelingův syn Ralph. Ten v roce 1988 objevil způsob, jak velmi přesně změřit koncentraci kyslíku. Jeho měření ukazují na dlouhodobý nepřirozený pokles koncentrace kyslíku v atmosféře. Dnes již existují i další vědecké práce, založené mimo jiné na zkoumání izotopových stop, které potvrzují, že oxid uhličitý, jehož v atmosféře přibývá, pochází ze spalování fosilních paliv. **Je proto jisté, že nárůst koncentrace CO_2 je skutečně způsoben člověkem.**

VÝVOJ SVĚTOVÉ TEPLOTNÍ ANOMÁLIE

Svět je nyní **o přibližně 1,2 °C teplejší** než v letech 1850–1900. V posledních 40 letech **se otepluje tempem 0,2 °C za desetiletí**.



VERZE 2022-02-03 LICENCE CC BY 4.0

více info na **faktaoklimatu.cz**/teplotni-anomalie

zdroj dat: **NASA** Goddard Institute for Space Studies

Měřený trend oteplování v důsledku zvyšující se koncentrace CO_2 přesně kopíruje předpovědi počítačových modelů.

V letech 1900–2020 se koncentrace CO_2 zvýšila z 295 ppm na 415 ppm, tedy o 40 %. Jestliže zdvojnásobení koncentrace má podle klimatických simulací vést k oteplení o 3 °C, nárůst o 40 % by měl způsobit oteplení o 1,2 °C. Výsledek měření skutečných teplotních anomálií je v podstatě stejný: 1,2 °C oproti předindustriálnímu období (více o něm dále v textu). Toto srovnání je zjednodušené – nezahrnuje další skleníkové plyny (metan CH_4 a oxid dusný N_2O) ani setrvačnost klimatu, ale dobře ukazuje, že pozorovaný nárůst teploty rámcově odpovídá předpovědím.

Co vidíme v grafu?

Graf ukazuje, jak se vyvíjela **teplotní anomálie v uplynulých 140 letech**. Rok 2016 byl až do roku 2020 nejteplejším rokem v historii měření. Rok 2020 byl téměř stejně teplý, jako další v pořadí pak následuje rok 2019. V první dvacítce nejteplejších let je pouze jeden z minulého století (1998), všechny ostatní najdeme ve století jednadvacátém. **Pět nejvyšších příček v žebříčku do roku 2020 za celou historii měření obsazuje pětice let** v tomto pořadí: 2016, 2020, 2019, 2015 a 2017.

Co je to referenční období?

Když mluvíme o tom, o kolik se svět oteplil, musíme vždy vyjasnit, k jakému období toto oteplení vztahujeme (tzv. referenční období). Například rok 2016 byl o 1,2 °C teplejší než průměr z let 1850–1900, ale jen o 0,6 °C teplejší než průměr z let 1981–2010.

V klimatologii se **jako referenční období často používá období 1850–1900**, označované jako předindustriální. Není to zcela přesné, neboť průmyslová revoluce v té době již probíhala, nicméně koncentrace CO_2 v atmosféře se tehdy pohybovaly okolo 280–300 ppm – teplota planety tedy ještě nebyla příliš ovlivněna zesilujícím se skleníkovým efektem.

Proto všechny hodnoty oteplení, o kterých je v tomto atlase zmínka, vztahujeme právě k předindustriálním rokům 1850–1900. Pokud v jiných zdrojích uvidíte jiné hodnoty, podívejte se, s jakým referenčním obdobím jsou porovnávány.

Co je to teplotní anomálie?

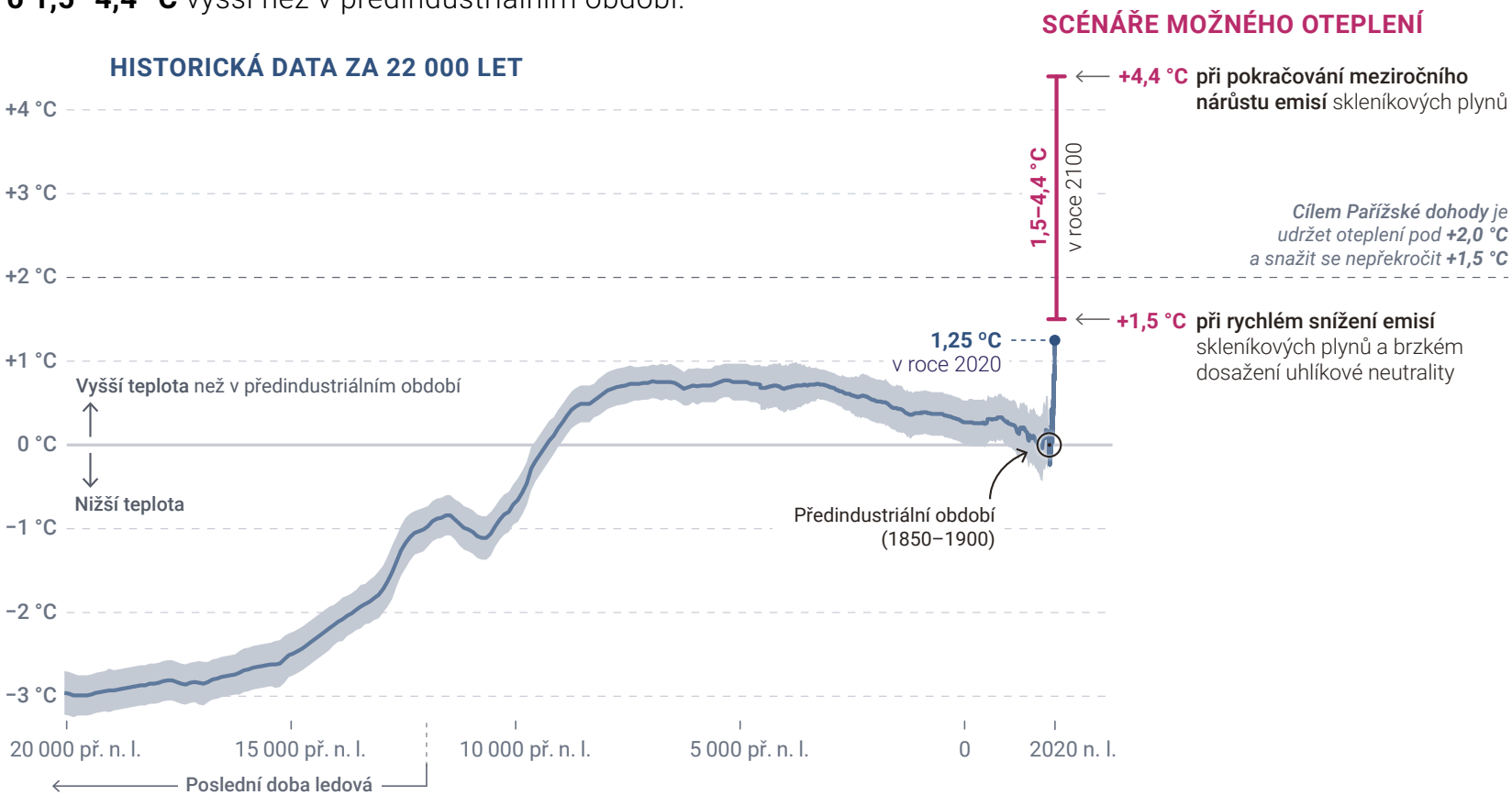
Píšeme-li v této publikaci, o kolik se planeta Země otepluje, záměrně k tomu **nepoužíváme její průměrnou teplotu**. Počítat průměrnou teplotu u tak nehomogenního celku, jakým je Země, přináší spoustu metodologických i praktických problémů. V celoplanetárním měřítku je vhodnější pracovat s takzvanou teplotní anomálií. Průměrnou roční teplotu má smysl sledovat u menších celků, jako jsou města nebo malé státy.

Teplotní anomálie pro daný rok udává, o kolik byl svět teplejší než průměrná teplota ve vybraném referenčním období. Teplotní anomálie v roce 2016 byla 1,2 °C – to znamená, že v celoplanetárním průměru byl tento rok o 1,2 °C teplejší než období 1850–1900. Na různých místech na planetě však lidé v různých měsících zažívali různé teploty. Třeba listopad roku 2016 byl v Kanadě o více než 5 °C teplejší, kdežto ve většině Ruska o 4 °C chladnější a v Evropě jen slabě nadprůměrný. Při průměrování se tato teplejší a chladnější místa vyrovnají – celoplanetární a celoroční průměr pro rok 2016 tak vyšel 1,2 °C.

> **Nejaktuálnější data o teplotní anomálii najdete na www.faktaoklimatu.cz**

ZMĚNA PRŮMĚRNÉ TEPLOTY PLANETY ZA 22 000 LET

Scénáře odhadují, že **v roce 2100 bude globální průměrná teplota o 1,5–4,4 °C** vyšší než v předindustriálním období.



VERZE 2022-11-14 LICENCE CC BY 4.0

více info na **faktaoklimatu.cz**/teplota-22000-let

zdroj dat: Shakun (2012): 22 050–4 550 př. n. l., Marcott (2013): 4 540 př. n. l.–1860, NASA GISS: 1880–2020

Argument, že klima se přece v historii měnilo vždy, v debatě o současné klimatické změně neobstojí – oteplování, které pozorujeme v posledním století, se totiž svou rychlostí zcela jednoznačně vymyká přirozeným procesům.

Co vidíme v grafu?

V historii planety najdeme období výrazně chladnější než současnost – doby ledové – i období podstatně teplejší – například éra dinosaurů. Klima se však vždy měnilo pozvolna. — **Změna teploty v posledním století**, kterou ukazuje graf, je z historické perspektivy **skoková, a to je ve vývoji klimatu nepřirozené**.

— Počítačové modely dále ukazují, že pokud radikálně neomezíme produkci skleníkových plynů, oteplí se planeta do konce století o 4,4 °C oproti hodnotám před rokem 1900.

Co znamená změna teploty pro člověka a co pro svět?

Během poslední doby ledové, tedy asi před 22 tisíci lety, byly Kanada i severní Evropa (až po severní okraj našeho dnešního území) pokryty masivním ledovcem a studená tundra dosahovala až k pobřeží Středozemního moře. V pevninských ledovcích bylo tehdy shromážděno velké množství vody, proto byly hladiny oceánů o 120 metrů níže než dnes.

Během následujících deseti tisíc let teplota pomalu vystoupala o 3 °C, ledovce roztály a postupně se přizpůsobila i příroda, včetně lidí – ti osídlili také do té doby nehostinné severní oblasti. Následovalo dlouhé období, ve kterém se teplota příliš neměnila, což umožnilo rozvoj civilizace.

Současný nárůst teploty je však mnohem rychlejší než tehdy a **poskytuje živému světu málo času na adaptaci**. To může mít dalekosáhlé důsledky pro život na planetě i pro naši civilizaci (viz Proč je oteplení o více než 1,5 °C problém? na s. 8–11).

Jak se měří historické teploty?

Měření pomocí spolehlivých teploměrů máme k dispozici někdy od osmnáctého století. Při zjišťování teploty ve vzdálenější minulosti využíváme toho, že mnoho přírodních procesů závisí na teplotě. Známým příkladem je tloušťka letokruhů stromů – když při archeologických vykopávkách najdeme kus dřeva a určíme jeho stáří, můžeme z letokruhů usuzovat na teploty, které panovaly v době, kdy dřevo rostlo.

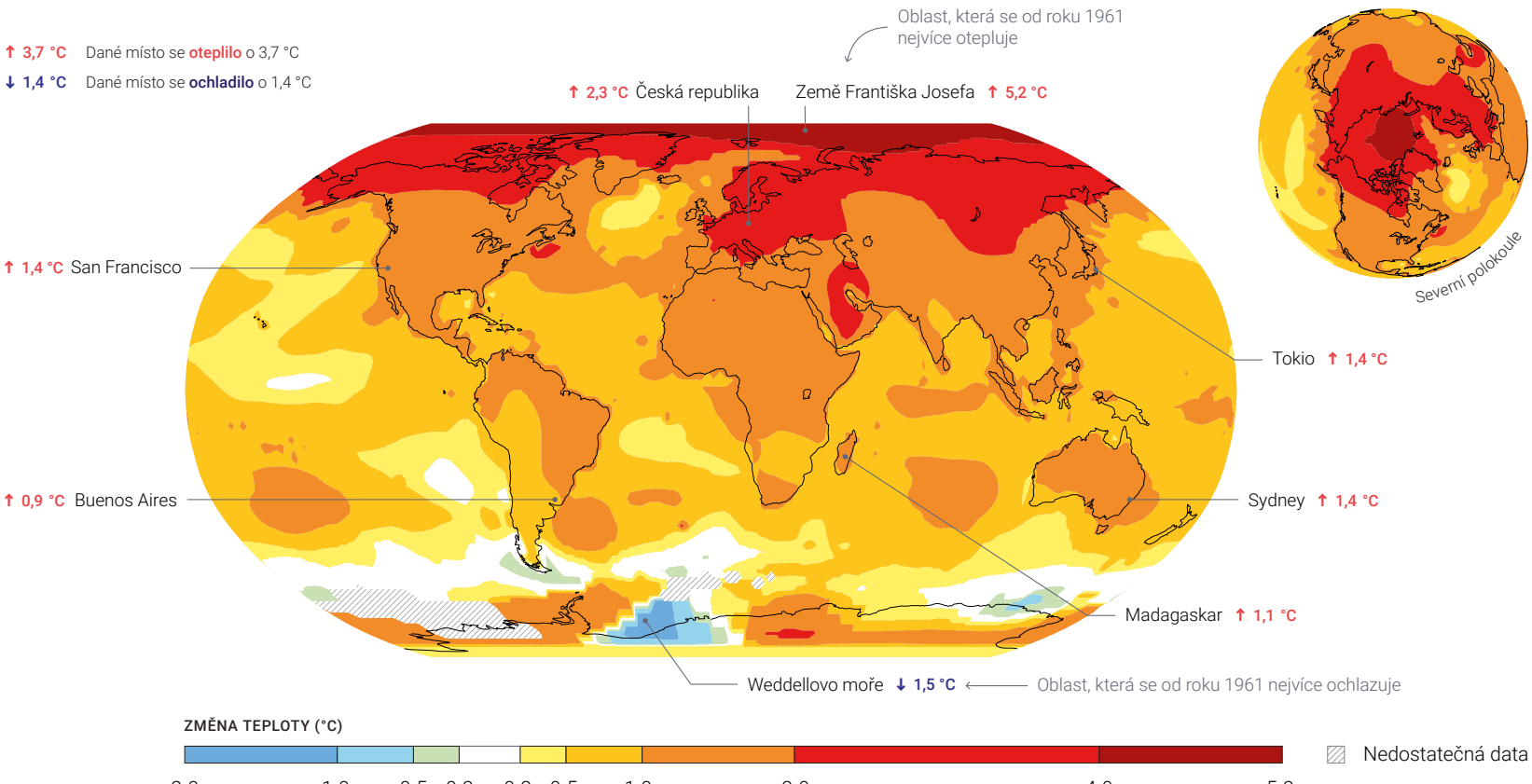
Jiným příkladem je analýza pylových zrn z jezerních usazenin – podle pylu poznáme, jaké rostliny u jezera rostly, a z toho usuzujeme na tehdejší teplotu.

Nejpřesnější údaje o historické teplotě poskytuje **izotopová analýza mořských usazenin**. V běžné vodě (H_2O) totiž nejsou všechny atomy kyslíku stejné – u většiny se jedná o izotop ^{16}O a přibližně jeden z pěti set je izotop ^{18}O, který má v jádře o dva neutrony více.

Přesný obsah izotopů ^{18}O závisí na teplotě planety a rozbor této izotopové stopy z usazenin z mořského dna nám umožňuje poměrně přesně zjistit teplotu planety i v dávných dobách.

MAPA ZMĚN TEPLOTY V OBDOBÍ 1961–2021

Změna klimatu probíhá na různých místech planety různě rychle. Například **kontinenty se oteplují přibližně dvakrát rychleji než oceány**.



VERZE 2022-10-10 LICENCE CC BY 4.0

více info na **faktaoklimatu.cz**/mapa-zmeny-teploty

zdroj dat: **NASA** Goddard Institute for Space Studies

Počítačové modely předpovídají, že se různá místa na planetě budou oteplovat různým tempem – a vývoj v posledních šedesáti letech tyto předpovědi potvrzuje. Díky tomu můžeme také do budoucna odhadnout, která místa na planetě se budou oteplovat nejvíce a jak moc se na nich klimatická změna projeví.

Co vidíme v mapě?

Mapa změn teploty v období 1961–2021 podrobně ukazuje, jak se změnila teplota na jednotlivých místech planety. Je vidět, že kontinenty se oteplují rychleji než oceány a že **k největšímu oteplení dochází nad Severním ledovým oceánem** – některé ostrovy za polárním kruhem se za posledních 60 let oteplily o více než 5 °C.

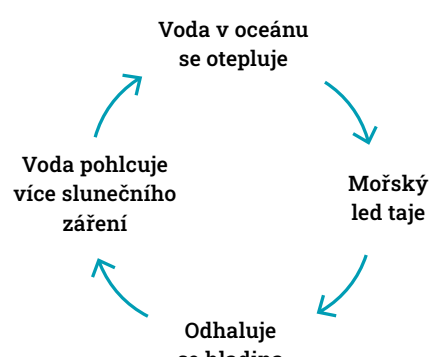
Zároveň existují i oblasti planety, které se neoteplují, a některé se dokonce mírně ochlazují.

Proč se sever otepluje nejrychleji?

Zesílené oteplení v Severním ledovém oceánu souvisí s rozdílnými fyzikálními vlastnostmi ledu a vody. Voda pohltí téměř veškeré sluneční záření, které na ni dopadne, protože je tmavá. Naproti tomu bílý led většinu dopadajícího slunečního záření odrazí – této vlastnosti říkáme **odrazivost povrchu**.

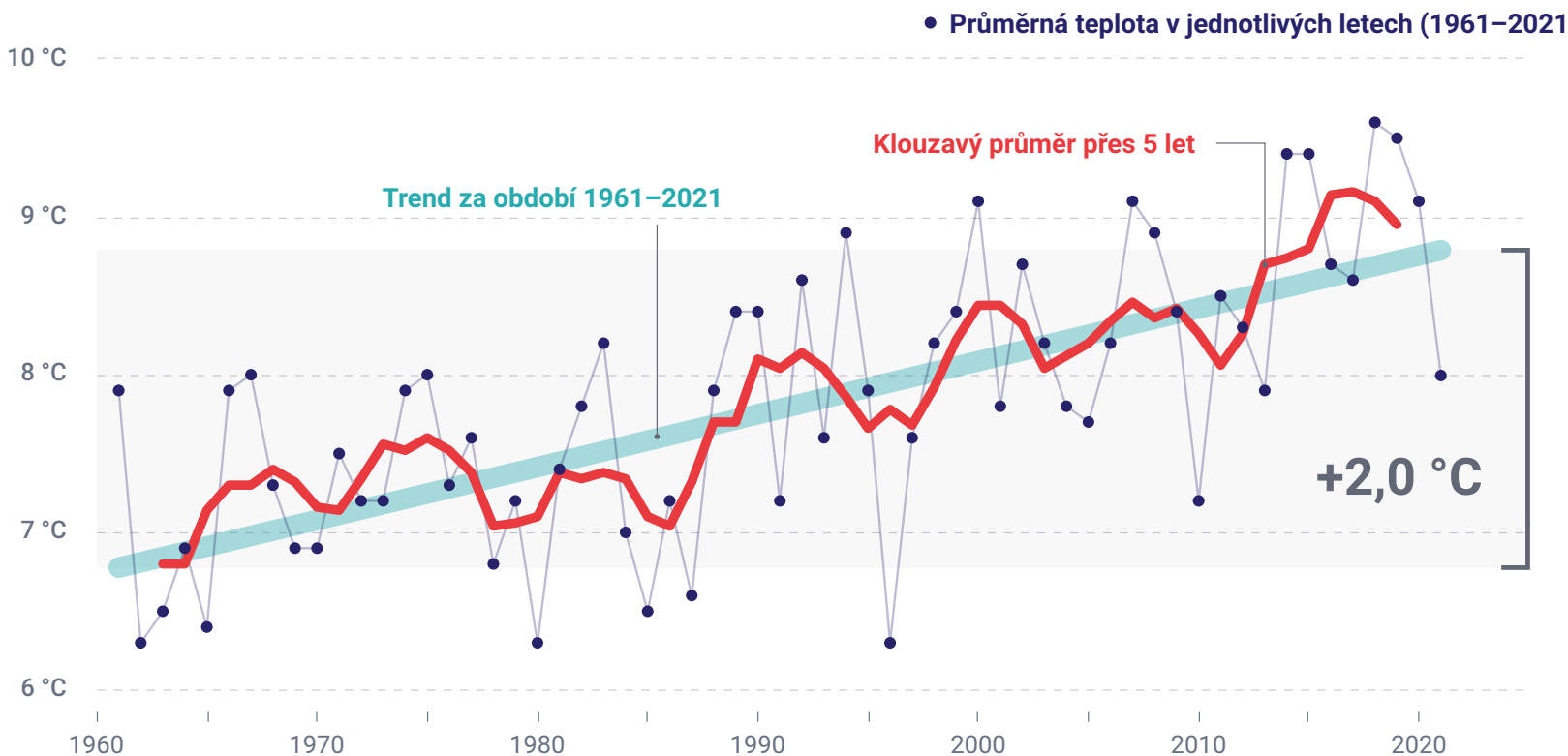
Zvýšení teploty v Severním ledovém oceánu vede k tání mořského ledu. Tím se odkrývá hladina, která pohlcuje více slunečního záření, a to vede k dalšímu ohřívání oceánu, dalšímu zvyšování teploty a dalšímu tání.

Na jižní polokouli k takové řetězové reakci nedochází, protože led v Antarktidě leží na pevnině a má mocnost několik kilometrů. Jeho částečné tání odhalí pouze další vrstvy ledu, a odrazivost povrchu se proto nezmění.



PRŮMĚRNÁ ROČNÍ TEPLOTA V ČR

Teplota se od roku 1961 **zvýšila o 2,0 °C**.



VERZE 2022-03-14 LICENCE CC BY 4.0

více info na **faktaoklimatu.cz**/teplota-cr

zdroj dat: ČHMÚ

Nárůst průměrné teploty, způsobený klimatickou změnou, je pozorovatelný i v ČR. Teplé zimy bez sněhu, častější přívalové deště i tropické letní dny, stejně jako velké sucho, kůrovcové kalamity či rozšíření klíšťat – to vše patří mezi důsledky, na kterých se podílí rostoucí koncentrace CO_2 v atmosféře.

Co vidíme v grafu?

Česká republika se za posledních 60 let oteplila o 2 °C. Nárůst světové teplotní anomálie za odpovídající dobu je přibližně 1 °C, lze tedy říci, že **ČR se otepluje dvakrát rychleji než svět** – je to dáno její vnitrozemskou polohou. Tento rámcový odhad platí i pro očekávané oteplení v budoucnosti – pokud se planeta oproti předindustriálnímu období oteplí o 1,5 °C, pro ČR to bude znamenat oteplení o 3 °C.

Vůbec nejteplejším rokem ČR do roku 2020 byl rok 2018 s průměrnou roční teplotou 9,6 °C. V pětici nejteplejších let v historii ČR dále následují roky 2019, 2014, 2015 a 2007. Rok 2016, který byl zatím nejteplejší globálně, zaujímá v žebříčku nejteplejších let ČR až 10. místo. Některé roky také z trendu oteplování vybočují – například roky 1996 nebo 2010 byly v ČR dost studené.

Jaké důsledky má oteplování v ČR?

V různých měsících roste teplota různě rychle. **Nejrychleji se oteplují srpen, červenec, prosinec a leden** – všechny o více než 2,5 °C za posledních 60 let. Tento fakt má své dalekosáhlé důsledky.

Oteplení úzce souvisí se suchem, kterého si u nás v posledních letech musel všimnout každý. Neplatí totiž zdánlivě jasná věc: že sucho je dáno nedostatkem srážek.
V daleko větší míře za něj může právě zvyšující se teplota, protože zvětšuje odpar vody z lesů, polí a rybníků. Srážkové úhrny se na našem území dlouhodobě nemění a ani do budoucna by tomu nemělo být jinak, ale **sucho se bude** i tak **citelně prohlubovat**.

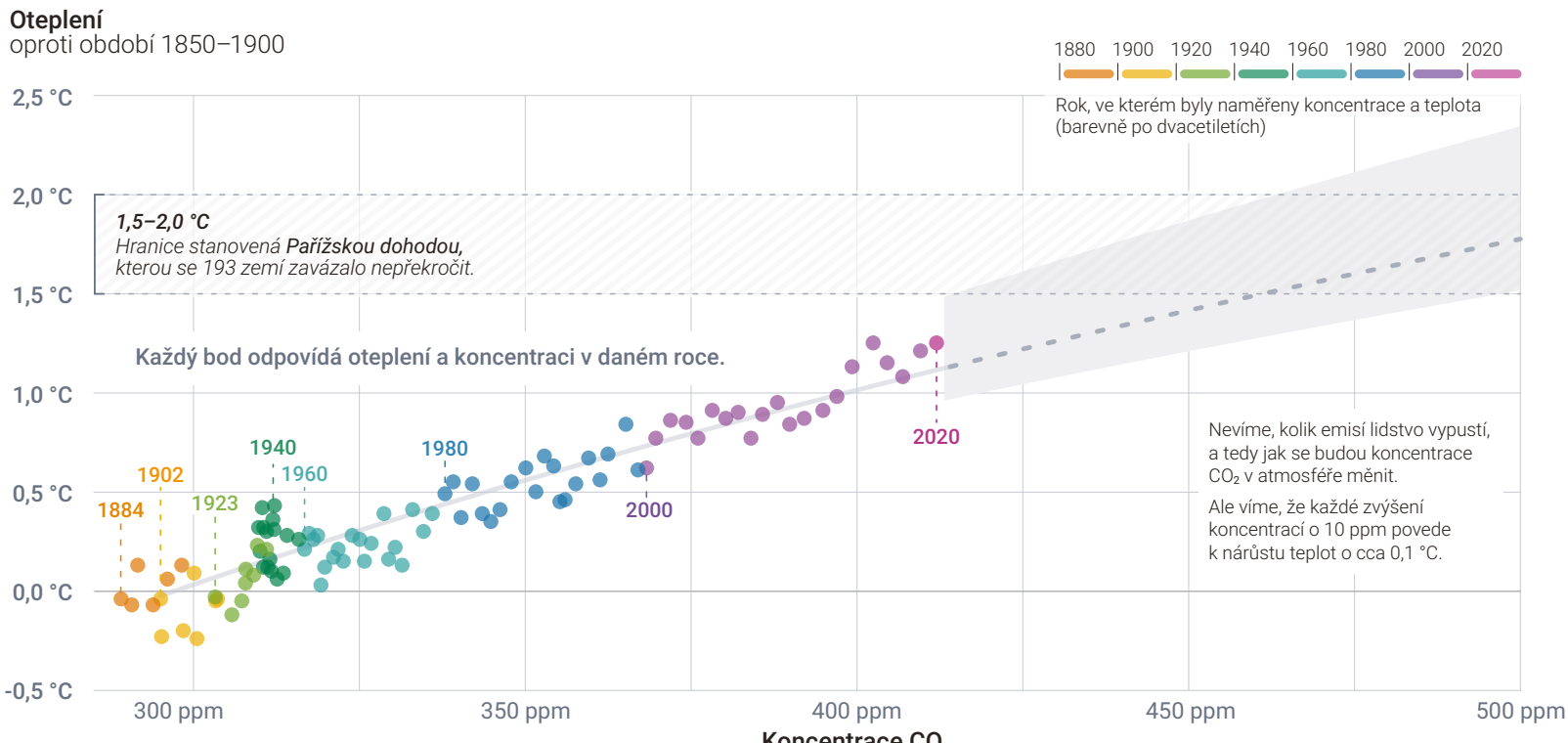
Zvyšování průměrné teploty v zimních měsících znamená **méně sněhu**, který je důležitý pro doplňování spodních vod a pro dostatek vláhy v půdě. Tu potřebují rostliny, a zejména na jaře.

Vyšší teplota také vede k tomu, že **přežívá více škůdců**. Namísto dvou generací kůrovce se za sezónu stihnou narodit tři či více a mírnou zimu také přežije více jedinců. Podobně vyšší teplota nahrává výskytu klíšťat. **Úhyn smrkových lesů** (způsobený společným působením sucha a kůrovce) je proto důsledkem klimatických změn, stejně jako **rozšíření klíšťat** a s nimi souvisejících nemocí.

Nárůst průměrné teploty obecně vede k více **extrémním meteorologickým jevům**: například častějším a teplejším tropickým dnům a nocím, kdy se člověk nevyspí, protože je příliš teplo. Zvyšuje se i pravděpodobnost přívalových srážek a povodní.

SOUVISLOST KONCENTRACE CO_2 A GLOBÁLNÍHO OTEPLOVÁNÍ

Čím vyšší jsou koncentrace CO_2 v atmosféře, tím vyšší je teplota planety. Jak vysoké koncentrace CO_2 v atmosféře budou, záleží na tom, kolik emisí lidstvo vypustí.



Oxid uhličitý (CO_2) přispívá ke globálnímu oteplování ze všech skleníkových plynů nejvýrazněji. Skleníkový efekt se zesiluje a CO_2 odpovídá za 70 % tohoto zesílení.

VERZE 2022-11-15 LICENCE CC BY 4.0

více info na **faktaoklimatu.cz**/souvislost-koncentrace-oteplovani

zdroj dat: **NOAA**, **NASA** Goddard Institute for Space Studies

Oteplování planety je přibližně přímo úměrné nárůstu koncentrací CO_2 v atmosféře. Každé zvýšení koncentrací o 10 ppm vede k nárůstu teploty zhruba o 0,1 °C.

Co vidíme v grafu?

Body v levé části grafu zobrazují jednotlivé roky v období 1884–2020. Umístění bodu vždy odpovídá hodnotám koncentrace CO_2 v daném roce (na vodorovné ose) a hodnotám teplotní anomálie pro daný rok (na svislé ose). Graf ukazuje, že závislost přibližně odpovídá přímé úměrnosti, kdy **každé zvýšení koncentrací CO_2 o 10 ppm vede k nárůstu teploty zhruba o 0,1 °C**.

Body ukazující jednotlivé roky jsou barevně odlišeny (vždy po 20 letech), a je tak vidět, že se nárůst koncentrací CO_2 v posledních letech zrychluje, což odpovídá zvyšujícím se každoročním emisím CO_2.

V pravé části grafu jsou zobrazeny **očekávané hodnoty** oteplení pro vyšší koncentrace CO_2, pokud budou emise pokračovat dosavadním tempem.

V čem je vztah mezi koncentrací CO_2 a oteplováním nepřesný?

Klimatický systém má určitou setrvačnost – některé procesy dosahují rovnováhy během jednotek let, jiné během desítek či stovek let. Data zobrazená v grafu jsou průběžná a odpovídají tzv. krátkodobé citlivosti klimatu (procesy v řádu jednotek let). **Kdybychom přestali do atmosféry přidávat skleníkové plyny** (a tedy způsobovat zvyšování koncentrací), **teploty by ještě nějakých deset až dvacet let rostly a teprve poté by se oteplování zastavilo**. Po několika stovkách let by se pak oteplování ustálilo na hodnotách odpovídajících tzv. rovnovážné citlivosti klimatu.

Oxid uhličitý zodpovídá přibližně za 70 % oteplení. Zbývajících 30 % je způsobeno dalšími skleníkovými plyny, zejména metanem a oxidem dusným, jejichž koncentrace v atmosféře také rostou. Spolu se skleníkovými plyny ale lidstvo vypouští i aerosoly, které mají na planetu ochlazující efekt, protože odráží sluneční záření a napomáhají vzniku mraků.

Oteplení zobrazené v grafu zahrnuje všechny tyto jevy, na vodorovné ose jsou nicméně vynášeny jen koncentrace CO_2. Tvrzení o přímé úměrnosti mezi nárůstem koncentrací a oteplením je tedy zkreslující v tom, že ukazuje pouze závislost na dominantním faktoru. Protože se však ochlazující efekt aerosolů a oteplující efekt dalších skleníkových plynů navzájem částečně vyruší, lze tvrdit, že **CO_2 je řídicím faktorem, stojícím za výrazně více než 70 % oteplení**.

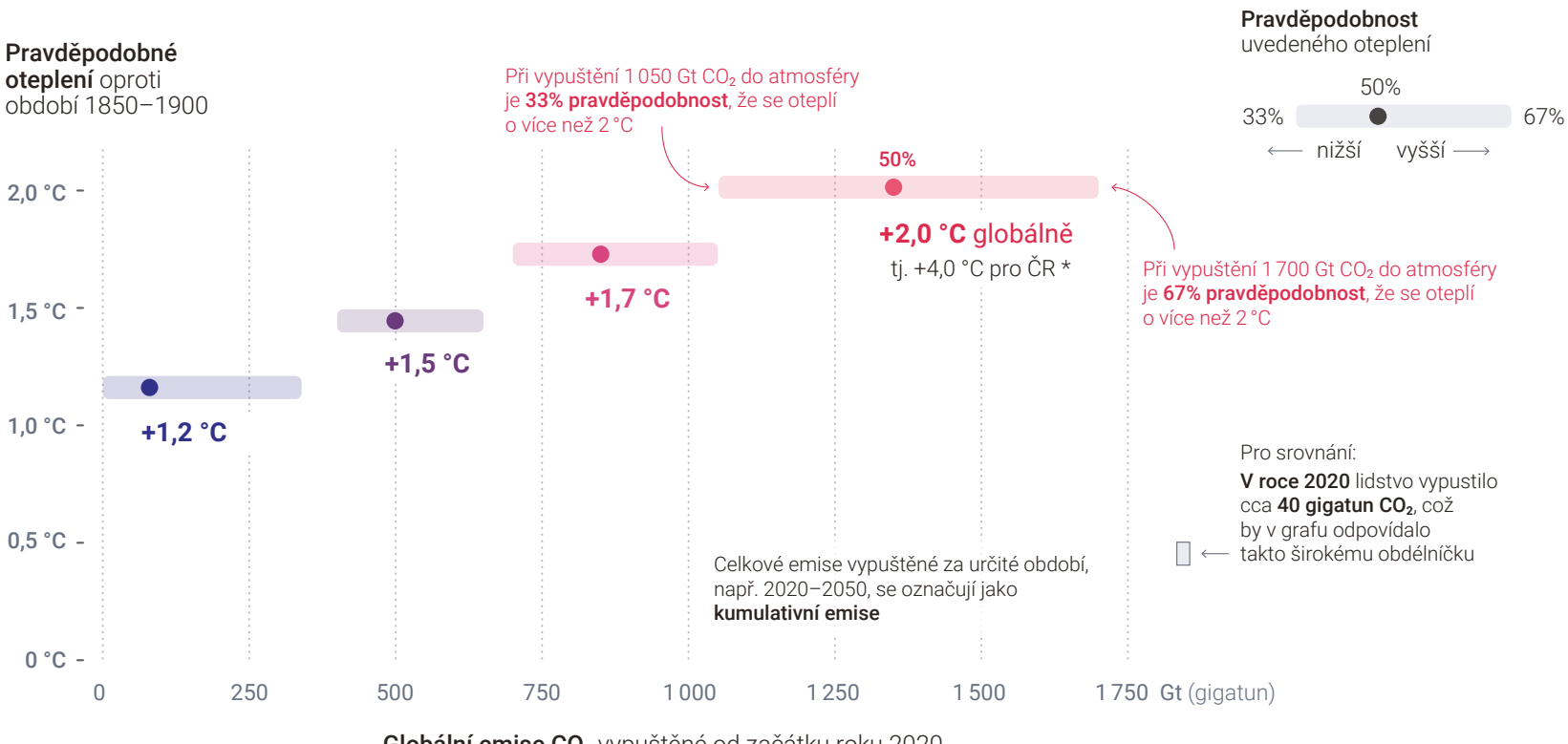
Souvislost mezi globálním oteplováním a koncentracemi atmosférického oxidu uhličitého je jednou z klíčových a nejdéle zkoumaných souvislostí v rámci studia klimatické změny (více viz Historie výzkumu skleníkového efektu na s. 30–31).

> **Více o vztahu mezi oteplováním a zvyšováním koncentrací skleníkových plynů, který v tomto textu pro názornost zjednodušujeme, najdete na webu www.faktaoklimatu.cz**

ZÁVISLOST OTEPLENÍ NA BUDOUCÍCH EMISÍCH CO_2

Jak moc se oteplí, závisí na tom, kolik emisí CO_2 v budoucnu do atmosféry ještě lidstvo vypustí.

Emise vypuštěné do roku 2020 způsobily globální oteplení o cca 1,2 °C.



VERZE 2022-01-13 LICENCE CC BY 4.0

více info na **faktaoklimatu.cz**/souvislost-emise-otepleni

* Oteplení v ČR je cca dvojnásobné oproti světovému průměru.

zdroj dat: IPCC (SR15 pro 1,2 °C, AR6 pro 1,5–2,0 °C)

Celkové oteplení planety závisí na tom, kolik CO_2 ještě vypustíme do atmosféry do doby, než dosáhneme uhlíkové neutrality. Zároveň jsme však schopni předvídat jen s určitou pravděpodobností.

Co vidíme v grafu?

Graf znázorňuje pravděpodobné oteplení planety při vypuštění určitých množství CO_2 do atmosféry.

Například: pokud bude od roku 2020 celkem vypuštěno cca 1750 Gt CO_2, můžeme s pravděpodobností 67 % očekávat, že **globální oteplení překročí hodnotu 2 °C**. Jestliže bude vypuštěno pouze 1100 Gt CO_2, bude pravděpodobnost překročení oteplení o 2 °C jenom 33 %. Pravděpodobnosti 50 % pak odpovídají celkové emise cca 1400 Gt CO_2. Jinými slovy – **čím vyšší chceme mít jistotu, že určitá hranice oteplení překročena nebude, tím méně oxidu uhličitého si můžeme dovolit vypustit**.

Tyto různé pravděpodobnosti si můžeme snadno představit na příkladu házení kostkou: 33% pravděpodobnost odpovídá tomu, že nám padne jedno z určité dvojice čísel (třeba 1 nebo 2). Pravděpodobnost 67 % odpovídá tomu, že padne jedno z určité čtveřice čísel (např. 3, 4, 5 nebo 6).

Oteplení je v grafu udáváno vzhledem k teplotám v letech 1850–1900 (přesněji řečeno jde o průměrnou roční teplotní anomálii). Kumulativní emise, znázorněné na vodorovné ose, se vztahují k roku 2020.

Co je to uhlíkový rozpočet?

Když si tedy stanovíme určitou hranici oteplení, kterou nechceme překročit, dá se vypočítat, kolik CO_2 ještě můžeme jako lidstvo v budoucnu vypustit, abychom se pod danou hranicí udrželi. Mluvíme pak o zbývajícím **uhlíkovém rozpočtu** pro danou hranici.

Označení „rozpočet“ je přitom třeba brát jako metaforu: podobně jako rodinný rozpočet na dovolenou udává, kolik peněz je celkově možné utratit v průběhu dovolené, uhlíkový rozpočet říká, jaké množství CO_2 může ještě lidstvo vypustit, aby nedošlo k překročení určité hranice globálního oteplení.

V čem se uhlíkový rozpočet liší od uhlíkové neutrality?

Rozdíl mezi uhlíkovým rozpočtem a uhlíkovou (klimatickou) neutralitou dobře ukazuje příklad kuřáka, který se snaží skončit s kouřením. Datum, kdy vykouří svou poslední cigaretu (uhlíková neutralita), a celkový počet cigaret, který do té doby vykouří (uhlíkový rozpočet), jsou dvě velmi různé věci. Přitom je intuitivně jasné, že dopad na jeho zdraví bude odpovídat celkovému počtu cigaret, nikoli datu, kdy s kouřením definitivně přestane.

Představa uhlíkového rozpočtu byla použita ke komunikaci naléhavosti klimatické změny i k formulování závazků snižování emisí. Dnes s ní už pracují některé země i velká města (např. Velká Británie či Praha).

> Více o uhlíkového rozpočtu obecně i o uhlíkovém rozpočtu ČR se dočtete na www.faktaoklimatu.cz.

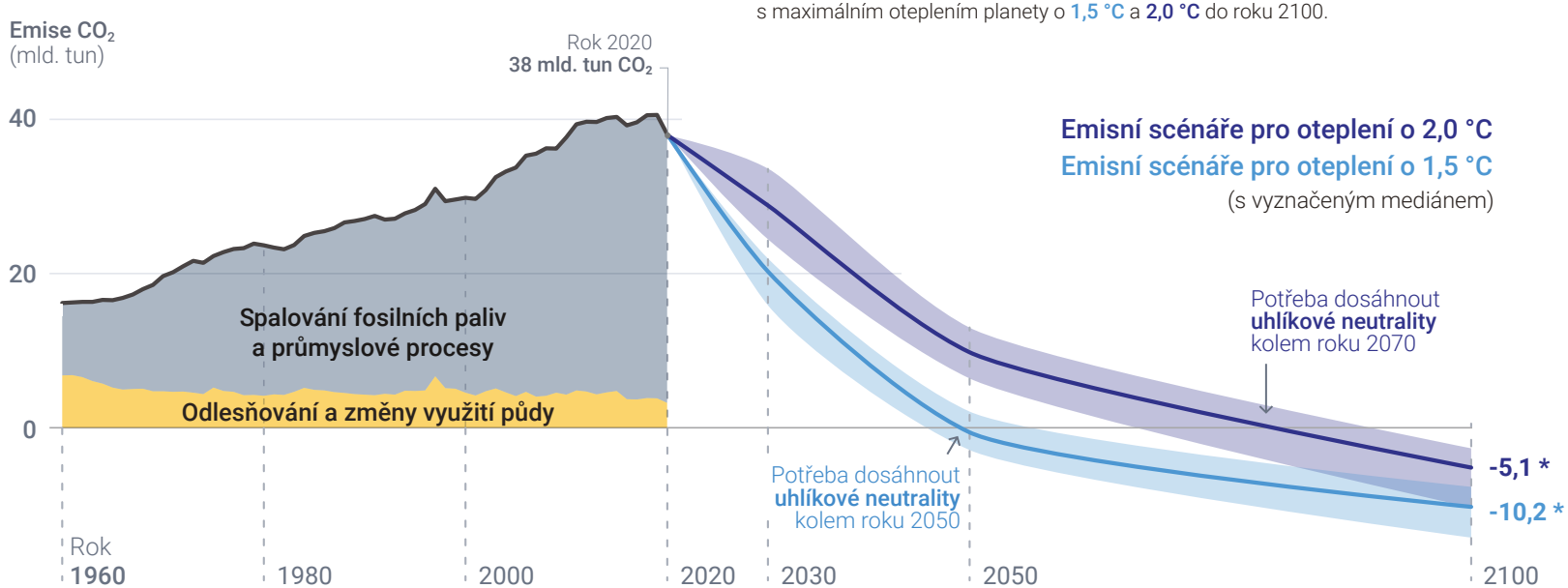
EMISNÍ SCÉNÁŘE PRO NAPLNĚNÍ PAŘÍŽSKÉ DOHODY

Státy, které podepsaly Pařížskou dohodu, se **zavázaly udržet nárůst globální průměrné teploty** výrazně pod hranicí 2 °C a usilovat o to, aby nepřekročil 1,5 °C oproti období 1850–1900.

Emise CO_2 v historii

Emisní scénáře

Vědci připravili **stovky emisních scénářů** – variant toho, jak se mohou vyvíjet emise lidstva. V grafu jsou zobrazena rozmezí těch scénářů, které počítají s maximálním oteplením planety o **1,5 °C** a **2,0 °C** do roku 2100.



*** Záporné hodnoty emisí** označují, že technologie pro zachycování uhlíku jej z atmosféry odčerpají více, než kolik vyprodukuje lidská činnost.

VERZE 2022-10-18 LICENCE CC BY 4.0

více info na **faktaoklimatu.cz**/emisni-scenare-pariz

zdroj dat: Global Carbon Project, zpráva IPCC SR15

Abychom udrželi nárůst teploty pod určitou hranicí a nedošlo k rozsáhlé destrukci životního prostředí, musíme radikálně snížit emise skleníkových plynů. Probíhající oteplování je možné omezit na „pouhých“ 1,5 °C, pokud dosáhneme celosvětově nulových emisí CO_2 do roku 2050.

Co vidíme v grafice?

Graf ukazuje ∼ **vývoj emisí CO_2 za posledních 60 let** a scénáře budoucího vývoje, které by umožnily udržet oteplování pod hranicí 1,5 nebo 2 °C a naplnit tak smysl Pařížské dohody.

Scénáře, které vedou k nárůstu teploty do 1,5 °C oproti předindustriálnímu období, počítají se snížením emisí CO_2 na polovinu do roku 2030 a dosažením uhlíkové neutrality do roku 2050.

Omezit **oteplení na 2 °C** by znamenalo snížit emise CO_2 o čtvrtinu do roku 2030 a **uhlíkové neutrality dosáhnout kolem roku 2070**.

Co jsou emisní scénáře?

Emisní scénáře ukazují možné varianty budoucího vývoje emisí lidstva. Počítají se spoustou proměnných – od vývoje počtu lidí na planetě a poptávky po elektřině až po možné rozšíření větrných elektráren a dalších technologií. Tyto varianty vývoje emisí pak slouží jako zdroj dat pro modelování budoucího vývoje klimatu.

Samozřejmě existují i jiné emisní scénáře než ty v grafu: například „business as usual“, tedy **emise CO_2 nebudeme nijak omezovat** a porostou dál dosavadním tempem. Do konce století bychom takto dospěli ke koncentraci CO_2 na úrovni **1000 ppm a průměrnému oteplení o téměř 5 °C** (oproti předindustriálnímu období), tedy **v ČR o 10 °C**.

V současnosti nejpravděpodobnější scénář, který zohledňuje naplánovaná a zatím nerealizovaná opatření, vede k oteplení o 2,6 °C v roce 2100. To ovšem dalece překračuje přijatelnou hranici 1,5–2 °C, o niž usiluje Pařížská dohoda.

Jak lze snižovat emise?

Základním způsobem, jak radikálně snížit emise CO_2, je přestat používat fosilní paliva (uhlí, ropa, plyn) v dopravě, průmyslu a energetice. Právě **výroba elektřiny a tepla se na celkové produkci emisí podílí nejvíce** a je v současnosti z velké části závislá na uhlí. Odklon od fosilních paliv vyžaduje přechod na nízkoemisní výrobu energie, tj. využívání obnovitelných zdrojů nebo jaderné energie.

Důležitým **mechanismem pro přechod k nízkoemisní ekonomice je systém zpoplatnění produkce CO_2**, který vytváří ekonomicky výhodné podmínky pro nízkoemisní technologie. Příkladem je systém pro obchodování s emisemi (ETS = Emissions Trading Scheme), který zavedla EU v roce 2005. Ten ukládá uhelným elektrárnám, železárnám a dalším velkým producentům emisí CO_2 povinnost pokrýt svou produkci tzv. **povolenkami**. Část povolenek získají podniky bezplatně, část se na trh uvádí prostřednictvím dražeb. Počet každoročně vydaných povolenek je limitovaný a postupně se snižuje. S rostoucí cenou povolenky jsou tak firmy motivovány snižovat své emise. Spalování fosilních paliv se tím přestává vyplácet a například některé uhelné elektrárny jsou odstavovány a nahrazovány šetrnějšími zdroji energie, jako jsou slunce či vítr. Firmy, které dokáží své emise snížit nejvíce, mohou také vydělat tím, že své povolenky na trhu prodají. Podobný systém jako EU zavádí i řada dalších zemí včetně Číny, Austrálie nebo některých států USA.

HISTORIE VÝZKUMU SKLENÍKOVÉHO EFEKTU

O **klimatické změně** způsobené emisemi CO_2 **víme už více než sto let**.

1856
Eunice Newton Foote pomocí pokusu se skleněnými válci dochází k závěru, že **při zvýšené koncentraci CO_2 se atmosféra otepluje.**

1859
John Tyndall zkoumá pohlcování tepelného záření oxidem uhličitým, načež **formuluje principy skleníkového efektu**.

1896
Svante Arrhenius publikuje první výpočet síly skleníkového efektu. Z dnešního pohledu jde spíše o odhad. **Citlivost klimatu** mu **vychází 4 °C**.

1938
Guy Stewart Callendar dává do souvislosti pozorovaný nárůst teplot a emise CO_2. Tvrdí, že **oteplování** je **důsledkem skleníkového efektu**.

1960
Charles Keeling měří **koncentrace CO_2** v atmosféře a zjišťuje **dlouhodobý nárůst**.

1979
Akademie věd USA zveřejňuje tzv. **Charneyho zprávu**, která na základě počítačových modelů konstatuje, že **citlivost klimatu je v rozmezí 1,5–4,5 °C** se střední hodnotou 3 °C.

1988
Ralph Keeling objevil metodu **přesného měření koncentrace kyslíku** v atmosféře.

2018
Zvláštní zpráva **IPCC** o oteplení podrobně zkoumá dosažitelnost hranice 1,5 °C. Dochází k závěru, že **při velkém snížení emisí je stále ještě možné udržet oteplení pod hranicí 1,5 °C**.

1850 — 1900 — 1950 — 2000

První průmyslová revoluce. Rozvoj těžby uhlí, parní stroje a železnice způsobují nárůst emisí CO_2.

První světová válka

Začátek těžby ropy v Texasu a Perském zálivu

Druhá světová válka

Objev ozonové díry

Montrealský protokol omezuje vypouštění freonů narušujících ozonovou vrstvu.

Díky přijatým opatřením se ozonová díra začíná zmenšovat.

1957
Roger Revelle ve svých výzkumech dochází k závěru, že **oceán dokáže pohlcovat** jen přibližně **polovinu emisí CO_2**.

1969
Satelity umožňují **přesné měření teploty atmosféry** ve velkých výškách a nad oceány.

1972
Vrty z ledovcových jader ukazují **historické koncentrace CO_2** a jejich vliv na střídání dob ledových a meziledových.

1985
Mezinárodní vědecká konference ve Villachu deklaruje shodu na tom, že **globální oteplování probíhá** a měly by být přijaty mezinárodní dohody omezující emise CO_2.

2020
Nejnovější výzkum podrobně analyzuje změny klimatu v historii a zpřesňuje očekávané **rozmezí citlivosti klimatu** na **2,6–4,1 °C**.

Klíčovým konceptem pro pochopení klimatické změny je tzv. **citlivost klimatu**. Tato hodnota udává, o kolik se změní teplota planety, pokud dojde ke zdvojnásobení koncentrací CO_2 v atmosféře. Nejlepší odhady citlivosti klimatu jsou v rozmezí 2,6–4,1 °C se střední hodnotou 3 °C.

VERZE 2022-10-13 LICENCE CC BY 4.0

více info na **faktaoklimatu.cz**/historie-sklenikoveho-efektu

Současné výpočty a počítačové modely pouze zpřesňují více než 100 let starý odhad síly skleníkového efektu. Při zdvojnásobení koncentrace oxidu uhličitého dojde k oteplení planety o 3 °C.

Během devatenáctého století pokročila věda natolik, že lidé nejenže dokázali zjistit složení atmosféry (79 % dusíku, 21 % kyslíku a malá množství dalších plynů), ale také už tehdy věděli, že CO_2 pohlcuje tepelné záření. Zároveň v té době probíhala průmyslová revoluce a uhlí se těžilo a spalovalo jako nikdy předtím. Někteří vědci proto začali přemýšlet nad tím, zda se nemůže zvyšovat množství CO_2 v atmosféře a zda to nemůže mít vliv na teplotu planety.

S **prvním výpočtem síly skleníkového efektu přišel roku 1896** Svante Arrhenius. Kromě efektů CO_2 započítával i efekt vodní páry, která také působí jako skleníkový plyn a její množství v atmosféře záleží na teplotě – teplejší vzduch pojme více páry, a když se ochladí, pára se sráží na vodu a prší. Arrhenius došel k odhadu, že zdvojnásobení koncentrace CO_2 v atmosféře a s ním související zvýšení koncentrace vodní páry povede k oteplení planety asi o 4 °C.

> Citlivost klimatu je hodnota, o kterou se planeta oteplí po zdvojnásobení koncentrace skleníkových plynů. Nejnovější odhady citlivosti klimatu jsou v rozmezí 2,6–4,1 °C, s očekávanou střední hodnotou 3 °C.

První počítačové modely planetárního klimatu začaly vznikat **v 70. letech 20. století**. Nejprve jen zhruba simulovaly teplotu a proudění vzduchu nad pevninou a oceány, později začaly přidávat simulace oceánských proudění, deště, sněhu, ledovců i vegetace. Fyzici, kteří tyto modely vytvářeli, již znali přesné koncentrace i tempo jejich růstu (viz Cykly koncentrací CO_2 a O_2 v atmosféře na s. 14–15). Jejich modely zpřesnily Arrheniův odhad: zdvojnásobení koncentrace CO_2 v atmosféře povede k oteplení planety asi o 3 °C. Modely zároveň přesněji ukázaly, že **oteplení bude výrazně silnější nad Severním ledovým oceánem**.

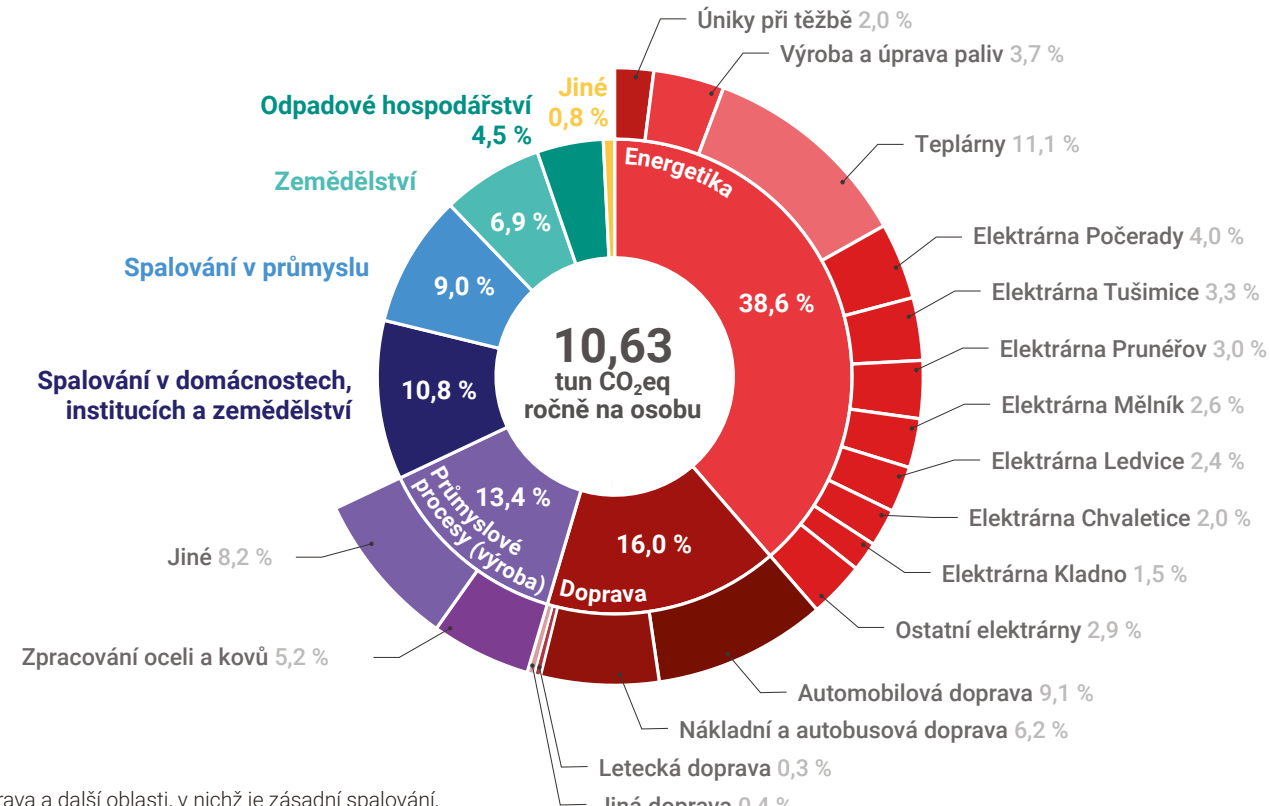
Shrnutí výsledků několika počítačových modelů **předložili vědci světu v tzv. Charneyho zprávě v roce 1979**. Již tehdy upozorňovali na **očekávané negativní důsledky** takové klimatické změny a na potřebu snižovat emise CO_2. Zajímavé je, že ke stejnému výsledku dospěly tou dobou i ropné společnosti. V interní zprávě z roku 1982 ExxonMobil podrobně rozebírá závislost teploty planety na koncentraci CO_2 – se stejným odhadem citlivosti klimatu.

Současné nejlepší počítačové modely podrobně simulují teplotu, vlhkost a proudění vzduchu v mnoha vrstvách, proudění oceánů na povrchu a v hloubce, berou v úvahu geografii i charakter vegetace, mraky v různých výškách, zamrzání oceánů, vývoj horských ledovců a mnoho dalších proměnných. Dovedou vytvořit natolik přesnou simulaci klimatu v historii, že je i pro meteorologa těžko rozeznatelná od skutečného historického průběhu – tlakové výše a níže se pohybují jako ve skutečnosti. **I tyto nejlepší současné modely docházejí k výsledku**, že zdvojnásobení koncentrace skleníkových plynů povede k **oteplení planety přibližně o 3 °C.**

> Mějme na paměti, že jakákoliv hodnota globálního oteplení je průměrem různých oblastí – například pevnina se otepluje zhruba dvakrát rychleji než oceány (viz Mapa změn teploty v období 1961–2021 na s. 20–21).

EMISE SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ V ČR PODLE SEKTORŮ

Celkové emise ČR za rok 2020 – téměř 40 % je spojeno s výrobou elektřiny a tepla.



Co znamená CO_2eq?

Zatímco energetika, doprava a další oblasti, v nichž je zásadní spalování, produkují přímo emise CO_2, v zemědělství a odpadovém hospodářství jde především o emise metanu (CH_4) a oxidu dusného (N_2O). Ty se přepočítávají na množství oxidu uhličitého, které by mělo stejný oteplující efekt (ekvivalent CO_2).

Emise z lesnictví a využití půdy nezobrazujeme.

VERZE 2022-10-26 LICENCE CC BY 4.0

více info na **faktaoklimatu.cz**/emise-cr-detail

zdroj dat: Evropská agentura pro životní prostředí

Jak jsme na tom s emisemi v České republice? V přepočtu na osobu produkujeme dvojnásobek skleníkových plynů, než je světový průměr. Největší prostor pro jejich snížení máme v energetice.

Co vidíme v grafu?

Do emisí znázorněných v grafu jsou započítány i jiné skleníkové plyny, tedy metan (CH_4), oxid dusný (N_2O) a další, převedené na ekvivalentní množství oxidu uhličitého (CO_2eq). V roce 2020 bylo jejich celkové množství v ČR 114 milionů tun CO_2eq. Při 10,7 milionech obyvatel **ČR tak připadá na jednoho 10,6 tuny CO_2eq ročně**. To je téměř dvojnásobek světového průměru a 5× více, než vyprodukuje běžný obyvatel Afriky nebo Indie.

Poznámka: Graf zobrazuje data z roku 2020, kdy byly české i celosvětové emise mírně nižší v důsledku pandemie Covid-19. Vidět je to například v emisích z letecké dopravy.

Jak a kde produkujeme skleníkové plyny?

● **Energetika.** Za největší část emisí ČR je zodpovědná výroba elektřiny a tepla, zejména kvůli hnědouhelným elektrárnám. Celkem na obyvatele připadá 4103 kg CO_2 ročně z energetiky. Jaderné elektrárny, které v ČR dodávají třetinu elektřiny, nejsou zobrazeny, protože jejich provozní emise jsou zanedbatelné.

Oblast energetiky, tedy **přechod od uhelných elektráren k obnovitelným zdrojům energie** (a případně jádru), **je pro ČR největší příležitostí, jak snížit své emise**.

● **Doprava.** V přepočtu na osobu vytvoří spalování benzínu a nafty v dopravě 1701 kg CO_2eq ročně, z toho přibližně 967 kg připadá na osobní automobily, 660 kg na nákladní automobily a autobusy, 32 kg na leteckou dopravu a 43 kg na vlaky. Emise CO_2 z dopravy je možné snížit především **používáním hromadné dopravy a snížením potřeby cestovat** – např. bydlením blíže práci nebo využíváním home office. Snížení emisí by mohla významně napomoci **elektromobilita**, pokud by šla ruku v ruce s transformací české energetiky.

●● **Procesy a spalování v průmyslu.** Zde vznikají emise dvěma způsoby: jednak chemickou reakcí při výrobě železa, cementu a jiných materiálů, jednak při spalování fosilních paliv ve výrobních procesech (tavení, sušení, destilace...). Celkem průmysl zodpovídá přibližně za 2380 kg CO_2eq ročně na osobu. Emise v této oblasti je možné omezovat **snížením poptávky po materiálu** nebo **zvýšením efektivity procesu výroby**.

● **Spalování v domácnostech a institucích.** Zde jde hlavně o vaření, ohřev vody a vytápění, které vytvoří ročně asi 1150 kg CO_2 na osobu. Snížit tyto emise může pomoci především **tepelná izolace domů**.

● **Zemědělství.** V zemědělství vznikají emise metanu při chovu dobytka a emise oxidu dusného při průmyslovém hnojení (celkem asi 733 kg CO_2eq na osobu). K omezení emisí zemědělství by pomohlo například **menší množství chovaného dobytka**, **správné nakládání s chlévskou mrvou** či **méně intenzivní hnojení průmyslovými hnojivy**.

● **Nakládání s odpadem.** Emise odpadového hospodářství produkují zejména skládky, ze kterých do atmosféry uniká metan. Řešením je především snaha vytvářet odpadu co nejméně, dále **zákaz skládkování** nebo **zachytávání metanu** a jeho využívání jako paliva, například v dopravě.

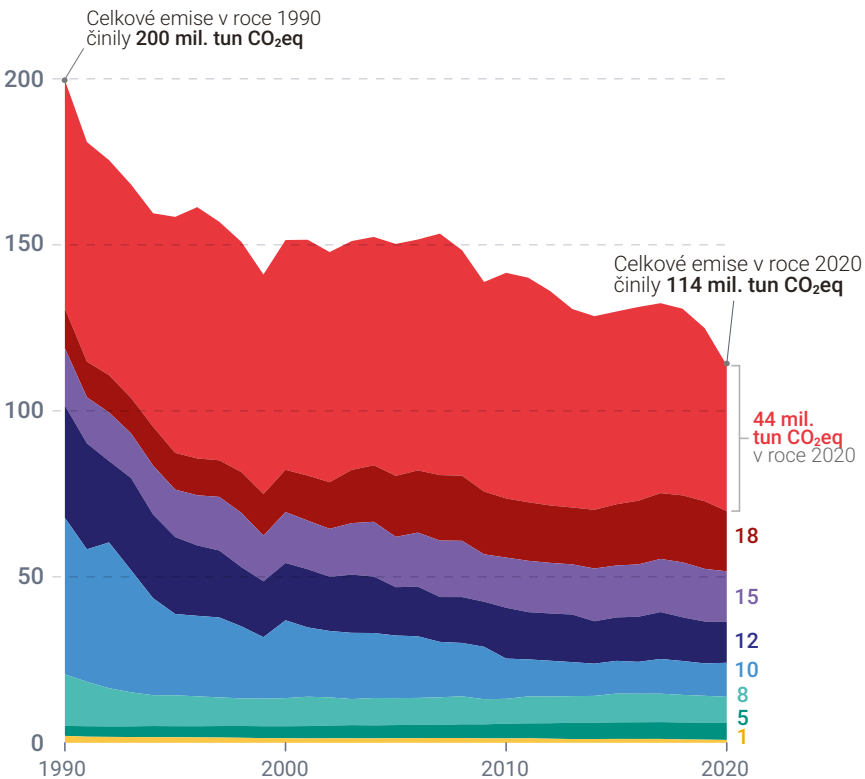
> Podrobnější přehled o situaci v ČR lze získat na www.faktaoklimatu.cz.

EMISE SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ V ČR V LETECH 1990–2020

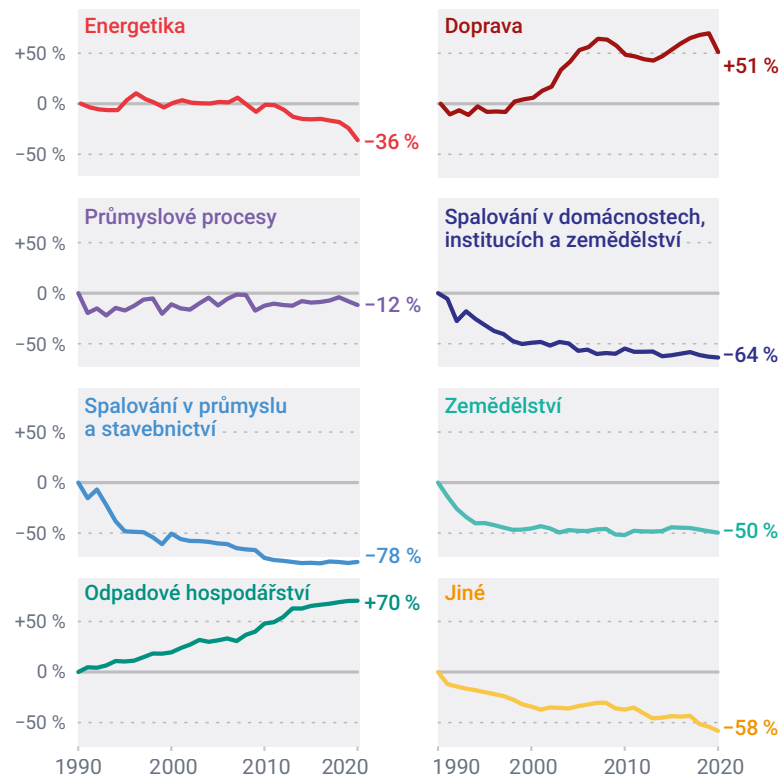
Emise **nejvíce klesaly v 90. letech** díky odklonu od těžkého průmyslu.

Energetika | Doprava | Průmyslové procesy | Spalování v domácnostech, institucích a zemědělství | Spalování v průmyslu a stavebnictví | Zemědělství | Odpadové hospodářství | Jiné

VÝVOJ EMISÍ V LETECH 1990–2020



OBJEM EMISÍ V JEDNOTLIVÝCH SEKTORECH OPROTI ROKU 1990



VERZE 2022-10-11 LICENCE CC BY 4.0

více info na **faktaoklimatu.cz**/emise-cr-vyvoj

zdroj dat: Eurostat

Od roku 1990 se celkové emise ČR snížily o více než třetinu. Většina tohoto poklesu však proběhla na konci minulého století a v posledních 25 letech ČR pro další snížení svých emisí mnoho neudělala.

Co vidíme v grafu?

V levé části grafu jsou vyobrazeny absolutní emise na území ČR v průběhu posledních tří dekád. Jednotlivé oblasti lidské činnosti jsou barevně odlišeny. V pravé části je pak pro každou z těchto oblastí naznačena relativní změna v objemu emisí: z 200 mil. tun CO_2eq. (rok 1990) na 114 mil. tun (rok 2020).

Emise metanu (CH_4), oxidu dusného (N_2O) a dalších skleníkových plynů jsou v grafu vyjádřeny v jednotkách ekvivalentu CO_2 (CO_2eq). Tato jednotka zohledňuje dlouhodobý efekt skleníkových plynů v atmosféře a převádí je na množství CO_2, jež by mělo stejný ohřívací efekt.

Poznámka: Kvůli kůrovcové kalamitě prudce narůstají i emise z českých lesů a významně dnes přispívají k celkovým emisím ČR. Protože však jde o nový trend posledních let, není v tomto grafu zobrazen. Pokles emisí v roce 2020 souvisel s pandemií Covid-19.

Co vidíme v jednotlivých sektorech?

● **Energetika.** Zde emise dlouhodobě spíše stagnují, navzdory spuštění JE Temelín v roce 2002. Emise v tomto sektoru pocházejí především ze spalování hnědého uhlí v elektrárnách, proto je možné je snižovat energetickými úsporami a rozvojem obnovitelných a nízkouhlíkových zdrojů energie.

● **Doprava.** Emise z dopravy vzrostly oproti roku 1990 o 51 %. Vznikají primárně spalováním fosilních paliv v motorech silničních dopravních prostředků.

● **Průmyslové procesy.** Emise z průmyslových procesů klesly od roku 1990 pouze o 12 %. Zatímco útlumem těžkého průmyslu došlo ke snížení emisí ze spalování fosilních paliv, emise z průmyslových procesů (při výrobě cementu, železa a oceli, chemikálií apod.) spíše stagnují.

● **Spalování v domácnostech, institucích a zemědělství.** Emise klesly oproti roku 1990 o 64 %.Většina poklesu (o jednu polovinu) se uskutečnila během 90. let díky plynofikaci a zvyšující se energetické efektivitě budov.

● **Spalování v průmyslu a stavebnictví.** Emise klesly o 78 %. K největšímu poklesu (o polovinu) došlo v první polovině 90. let, zejména v důsledku ukončení energeticky náročných průmyslových provozů.

● **Odpadové hospodářství.** Zde emise od 90. let setrvale rostou (do roku 2020 stouply o 70 %). Produkují je hlavně skládky odpadu, z nichž do atmosféry uniká metan. Ten vzniká rozkladem biologicky rozložitelného materiálu (papíru, kartonu, textilií a bioodpadu).

● **Zemědělství.** V tomto sektoru emise klesly od roku 1990 o 50 %. Pocházejí hlavně z chovu hospodářských zvířat a z obdělávání půdy (emise N_2O). Právě snížení stavu chovaného dobytka se odráží v poklesu emisí (o téměř polovinu) v první polovině 90. let.

● **Jiné** (emise nezahrnuté v předchozích kategoriích). Velkou část tvoří emise z úniků plynů v důsledku těžby nebo jiných průmyslových aktivit. Tyto emise setrvale klesají – od roku 1990 klesly o 58 %, zejména díky útlumu těžby černého uhlí.

NEJVĚTŠÍ EMITENTI CO_2 V ČR V ROCE 2020

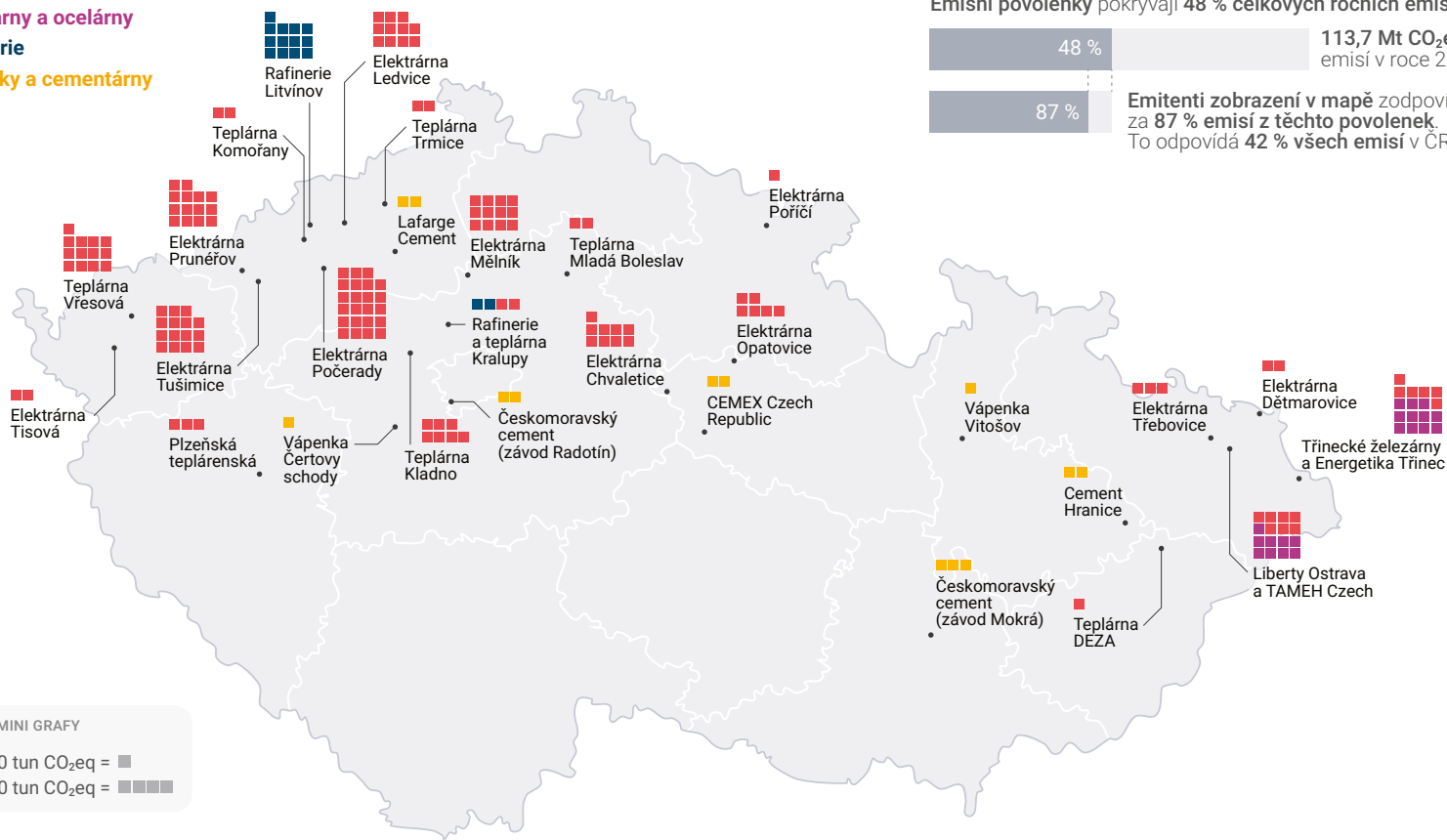
Několik desítek největších zdrojů se podílí na **46 % všech českých emisí** skleníkových plynů.

- Elektrárny a teplárny
- Železárny a ocelárny
- Rafinerie
- Vápenky a cementárny

Emisní povolenky pokrývají **48 % celkových ročních emisí** ČR.

48 % — **113,7 Mt CO_2eq** emisí v roce 2020

87 % — **Emitenti zobrazení v mapě** zodpovídají za **87 % emisí z těchto povolenek**. To odpovídá **42 % všech emisí** v ČR.



JAK ČÍST MINI GRAFY

250 000 tun CO_2eq = ■

1 000 000 tun CO_2eq = ■■■■

VERZE 2023-04-18 LICENCE CC BY 4.0

více info na **faktaoklimatu.cz**/nejvetsi-emitenti-cr

zdroj dat: EU ETS

Téměř polovinu roční produkce skleníkových plynů v ČR vypustí jen několik desítek producentů – elektráren, tepláren, železáren, cementáren a rafinerií. Většina z nich se nachází v Ústeckém a Moravskoslezském kraji.

Co vidíme v mapě?

Mapa zobrazuje **30 největších zdrojů** emisí a celkově **48 % ročních emisí skleníkových plynů** České republiky. Tito emitenti – elektrárny, teplárny a další provozy – zároveň představují 87 % emisí pokrytých emisními povolenkami ze systému EU ETS v České republice a musí za své emise platit.

U každého zdroje je znázorněno množství emisí, přičemž jeden čtvereček odpovídá 250 000 tun CO_2eq. Barvy odlišují jednotlivá zařízení podle typu: ■ **elektrárny a teplárny**, ■ **vápenky a cementárny**, ■ **rafinérie**, ■ **železárny a ocelárny**. V oblasti západních Čech je nakumulována většina zařízení určených k výrobě elektřiny a tepla, zatímco v Moravskoslezském kraji jsou hlavními emitenty podniky určené k výrobě železa a oceli.

Významným zdrojem emisí CO_2 jsou také cementárny, jejichž celkový příspěvek v roce 2020 činil 2,7 Mt CO_2eq. (V celosvětovém měřítku produkuje cementárenský průmysl asi 8 % emisí, tedy více než kterýkoli stát s výjimkou Číny a USA.)

Prakticky všechny zobrazené zdroje emisí produkují pouze CO_2, jen rafinerie mohou vytvářet i další skleníkové plyny. V rámci systému obchodování s emisními povolenkami EU ETS i v naší grafice jsou jiné skleníkové plyny než oxid uhličitý převedeny na ekvivalentní množství CO_2 (CO_2eq).

Co je to dekarbonizace?

Přechod z ekonomiky, která produkuje velké množství emisí skleníkových plynů, **na ekonomiku s nulovými nebo velmi nízkými emisemi**, se nazývá dekarbonizace. V některých sektorech lze tento přechod provést relativně snadno, protože už máme k dispozici alternativní, nízkoemisní technologie, jinde zůstává opravdovou výzvou. Příkladem může být již zmíněné cementárenství, kde významná část emisí vzniká chemickou reakcí během výrobního procesu, a cement zatím nejsme schopni ve stavitelství jednoduše nahradit.

Podobně velké rozdíly v možnostech dekarbonizace existují také mezi jednotlivými zeměmi. Vyspělé státy mají na transformaci i vyrovnávání s dopady klimatické změny daleko více finančních prostředků než země rozvojové, a měly by proto být ve svých závazcích nejvíce ambiciózní. Zároveň by měly finančně podpořit země rozvojové, aby lépe zvládaly dopady klimatické změny a svůj ekonomický růst stavěly už na čistých technologiích, nikoli fosilních palivech. Některé rozvinuté státy skutečně smělé plány mají (například Finsko se zavázalo nejen kompletně dekarbonizovat, ale plánuje dokonce CO_2 z atmosféry odebírat) a přispívají do klimatických fondů určených pro rozvojové státy (významně přispívá třeba Německo, Francie či Japonsko). Jiné země spíše přešlapují na místě – k nim zatím patří i ČR.

Kam míří peníze z emisních povolenek?

Obchodování s povolenkami je tržní mechanismus **založený na principu „znečišťovatel platí“**. Elektrárny a další provozy musí za své emise platit (čím dál víc s tím, jak ceny povolenek rostou), což je pro ně motivací emise snižovat, ať už pomocí čistších technologií nebo postupným přechodem na jiný typ podnikání. Finanční prostředky získané z povolenek se pak využívají na nejrůznější klimatická opatření a prostřednictvím různých fondů směřují k domácnostem, uživatelům dopravy či malým a středním podnikům.

POUŽITÁ ZJEDNODUŠENÍ

Jak se od složitých hypotéz a komplexních dat dostat k laicky srozumitelným sdělením

Snažili jsme se, aby byl tento *Atlas* srozumitelný, a proto jsme v některých oblastech na úkor úplnosti zjednodušovali. Jak a kde především? Toto jsou čtyři základní oblasti:

1. CO_2 není jediný skleníkový plyn

V tomto díle *Atlasu* se zaměřujeme na CO_2, jehož emise způsobují tři čtvrtiny pozorovaného oteplení. Kdybychom chtěli být opravdu důslední, museli bychom se podrobně věnovat i rostoucí koncentraci metanu, oxidu dusného a dalších skleníkových plynů v atmosféře, které se rovněž podílejí na zesilování skleníkového efektu. V některých případech dává smysl převést všechny skleníkové plyny na ekvivalentní množství CO_2 – pak uvádíme jednotku CO_2eq. Často je ale důležité uvažovat o emisích a koncentracích jednotlivých skleníkových plynů zvlášť, a do toho jsme se nepouštěli, protože pro běžného čtenáře by se stala publikace příliš komplikovanou. Experti či laici, kteří chtějí vědět více, si údaje o efektu dalších skleníkových plynů snadno dohledají.

2. Fyzikální procesy v atmosféře jsou velmi složité

Tento *Atlas* také nemá ambice být učebnicí fyziky atmosféry nebo klimatologie. Nezabýváme se proto dynamikou atmosférických proudění ani popisem průchodu tepelného záření atmosférou. Zesílení skleníkového efektu vlivem zvýšené koncentrace skleníkových plynů prostě konstatujeme. Ty, kteří se chtějí dozvědět o fyzikálních aspektech více nebo pochybují o správnosti výpočtů, odkazujeme právě na univerzitní učebnice fyziky atmosféry.

3. Výklad dat, statistika a interpretace

Odborné texty o teplotních měřeních věnují většinu svého rozsahu diskuzi o vědeckých postupech – homogenizaci dat, statistice, metodologii měření apod. My tyto otázky pomíjíme a soustředíme se na výsledky výzkumů, které se snažíme vysvětlit a zasadit do kontextu. Pokud vás zajímají metody sběru zdrojových dat a jejich zpracování, můžete následovat odkazy v grafech a mapách nebo si třeba přečíst standardy Světové meteorologické organizace.

4. Vybíráme pro český kontext

Mnohé souvislosti klimatické změny zmiňujeme pouze povrchně, protože se nás v Česku dotýkají nepřímo – například změny v oceánech nebo kryosféře. Kdybychom žili v Kanadě nebo na tichomořských ostrovech, vypadala by naše publikace určitě jinak. Pro získání širšího přehledu může jako rozcestník posloužit třeba anglická Wikipedie.

Popis nebo řešení?

V tomto dílu *Atlasu klimatické změny* se zabýváme hlavně popisem již pozorované klimatické změny a základními souvislostmi. Při takovém čtení začne většina lidí přemýšlet, jaké to všechno má důsledky a co se s tím dá dělat. Na podobné otázky ovšem první díl poskytuje odpovědi jen náznakem.

Připravujeme však další díly, které budou zaměřené na transformaci energetiky a scénáře budoucího vývoje. Data a rešerše, které jsme v těchto oblastech již zpracovali, najdete na webu **faktaoklimatu.cz**.

DALŠÍ ZDROJE SERIÓZNÍCH INFORMACÍ O KLIMATICKÉ ZMĚNĚ

WEBOVÉ STRÁNKY:

www.klimatickazmena.cz/cs

Web Centra výzkumu globální změny AV ČR (CzechGlobe), prezentující data a modely klimatické změny v ČR. Obsahuje zejména podrobné mapy předpovědí klimatologických parametrů České republiky pro 21. století.

www.skepticalscience.com

Klimatické změny z pohledu skeptického empirismu. Najdete zde články psané ve třech úrovních obtížnosti a v nich vysvětlení mýtů, které se v oblasti klimatu a klimatické změny často vyskytují.

www.giss.nasa.gov

Web NASA, Goddard Institut for space studies – výzkumného centra, které se zabývá fyzikou atmosféry a modely klimatické změny. Je tu k dispozici velké množství datových sad a podrobný popis metodik měření teploty.

www.ipcc.ch

Web Mezivládního panelu pro změny klimatu (anglicky Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC). Najdete zde souhrnné a speciální zprávy Panelu, které shrnují výsledky výzkumu klimatické změny.

www.carbonbrief.org

Komentáře k aktuálnímu světovému dění v klimatologii, energetice i politice týkající se klimatické změny, a také články systematicky vysvětlující témata spojená s klimatickou změnou.

KNIHY:

BERNERS-LEE, M. **There is no Planet B. A Handbook for the Make or Break Years**. Cambridge: Cambridge University Press, 2019.
PIERREHUMBERT, R. T. **Principles of planetary climate**. Cambridge: Cambridge University Press, 2011.

TERMINOLOGIE:

Slovník vysvětlující důležité pojmy spojené s klimatem a jeho změnou lze najít na www.faktaoklimatu.cz.

Fakta o klimatu je tým expertů a expertek zabývajících se různými obory – přírodovědou, společenskými vědami, datovou analýzou, pedagogikou či komunikací. Skrze vizualizace vědeckých dat pomáhá poutat pozornost k důležitým tématům a zároveň poskytuje srozumitelné informace všem, kdo je potřebují: novinářům, politikům, lidem z byznysu i široké veřejnosti. Tím napomáhá kultivovat společenskou diskuzi o klimatické změně a s ní související transformaci na nízkouhlíkovou ekonomiku.

Lipka – školské zařízení pro environmentální vzdělávání Brno je jednou z největších a nejstarších organizací v České republice, které se věnují environmentální výchově, vzdělávání a osvětě. Školám a školkám nabízí ekologické výukové programy a vzdělávání pro učitele, dětem ve volném čase kroužky a tábory, dospělým i celým rodinám akce pro veřejnost.

Ediční centrum Lipky vydává publikace, metodické materiály, výukové pomůcky i hry, určené školám i veřejnosti, dospělým i dětem.

www.lipka.cz/e-shop

Ondřej Přibyla, Jiří Lněnička, Ondřej Pechník, Kristína Pšorn Zákopčanová, Kateřina Kolouchová

Atlas klimatické změny. Změny v atmosféře a rizika oteplování

Zpracování vizualizací: Kateřina Kolouchová, Kristína Pšorn Zákopčanová

Jazyková redakce: Jiří Lněnička

Grafické úpravy: Kristína Pšorn Zákopčanová

Tištěnou verzi Atlasu vydala v roce 2022 Lipka – školské zařízení pro environmentální vzdělávání Brno, příspěvková organizace.

Druhé, rozšířené vydání, 40 stran

JAK SE MĚNÍ KLIMA NA ZEMI? A MŮŽEME TO JEŠTĚ OVLIVNIT?

Změna klimatu už není jen předpovědí budoucnosti, **je to skutečnost**. Týká se nás všech dnes s takovou závažností, že to téma už nelze přenechat pouze vědcům a jejich odbornému zkoumání. Potřebujeme o něm víc vědět všichni a vést o něm veřejnou debatu.

Aby to ale byla diskuze, která je smysluplná a někam vede, je nutné mít **dobrá a především srozumitelně vysvětlená data**. Proto v této publikaci nabízíme jednoduché grafy a mapy, které je snadné si zapamatovat. A doplňujeme je komentářem, abyste si po přečtení byli jistí, co která barevná křivka, bod nebo pole znamenají, a zároveň je dokázali vidět v širších souvislostech.

V tomto prvním díle Atlasu klimatické změny se věnujeme především nárůstu globální teploty. Vysvětlujeme, jak souvisí s koncentrací oxidu uhličitého a dalších skleníkových plynů v atmosféře a jaký vliv má zvyšování teploty na celoplanetární systémy. Zaměřujeme se však také na situaci v České republice – o kolik se u nás oteplilo v posledním zhruba půlstoletí, jak je na tom naše země s emisemi skleníkových plynů a ze kterých sektorů tyto emise pocházejí především.

Tato příručka není čtením pro odborníky. Je to **čtení pro každého**, kdo se chce stát **poučeným laikem**.

NF IOCB TEC–H

Vznik této publikace podpořil Nadační fond IOCB Tech.