



Ovzduší

ENS124 - Globální environmentální problémy

2022

Tomáš Chabada (tomaschabada@mail.muni.cz)

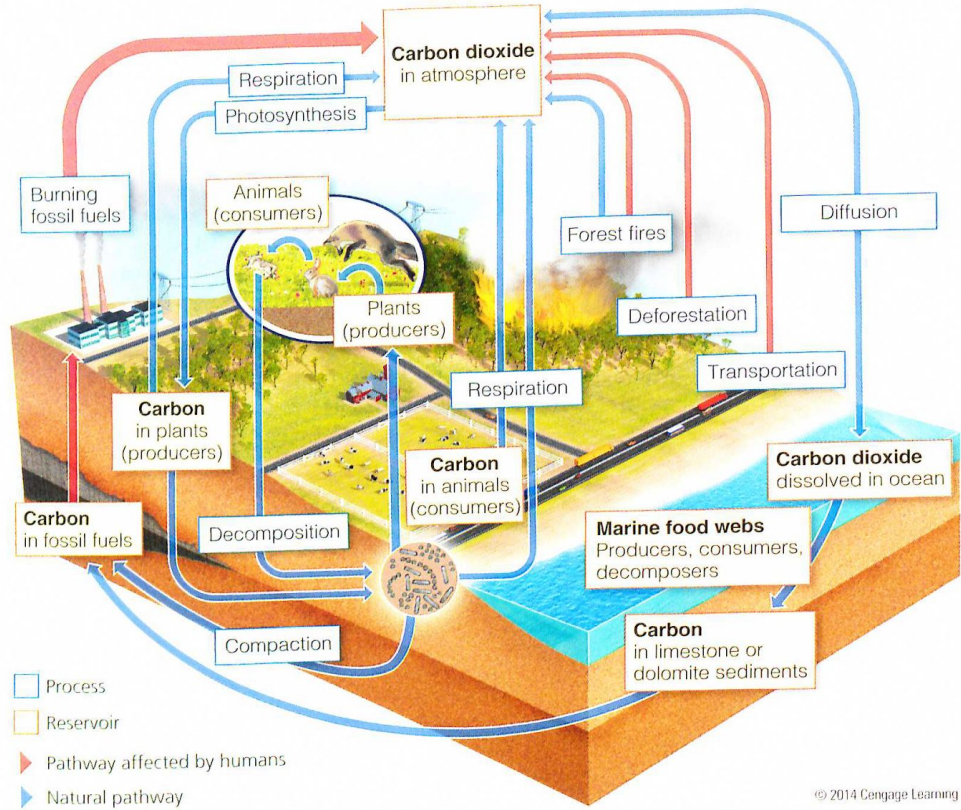
O čem to bude

- Koloběh látek
- Atmosféra
 - struktura, složení, dynamika
 - skleníkový efekt
 - ozonová vrstva
- Znečištění ovzduší
 - typy znečištění
 - znečišťující látky
 - kyselá atmosférická depozice, smog

Koloběh látek

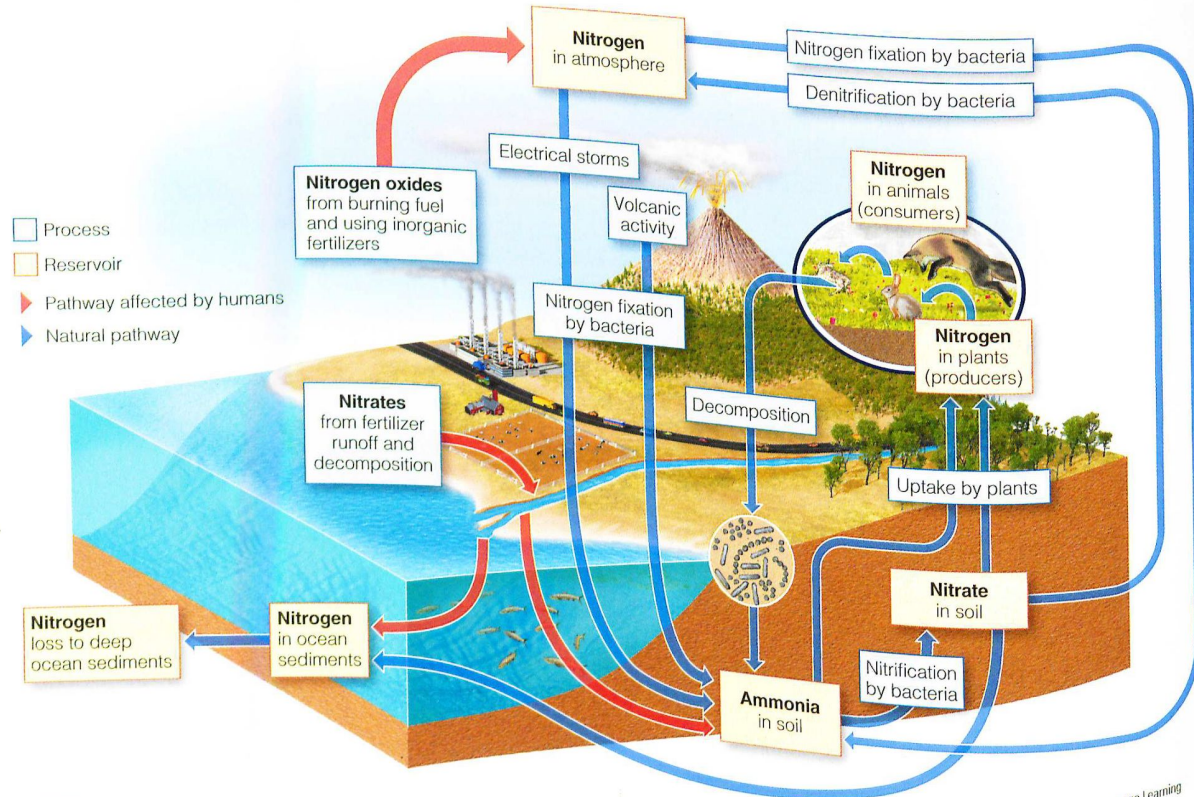
Cyklus uhlíku

FIGURE 1.21 This is the carbon cycle, shown by the blue arrows; the red arrows show the human impacts on this cycle. See an animation based on this figure at www.cengagebrain.com.



Cyklus dusíku

FIGURE 11.2 This diagram illustrates the nitrogen cycle (blue arrows) and human impacts on this cycle (red arrows). See an animation based on this figure at www.cengagebrain.com.



Zdroj: Myers, N.,
Spoolman, S.E.
*Environmental issues &
solutions*. 2014.

Cyklus síry

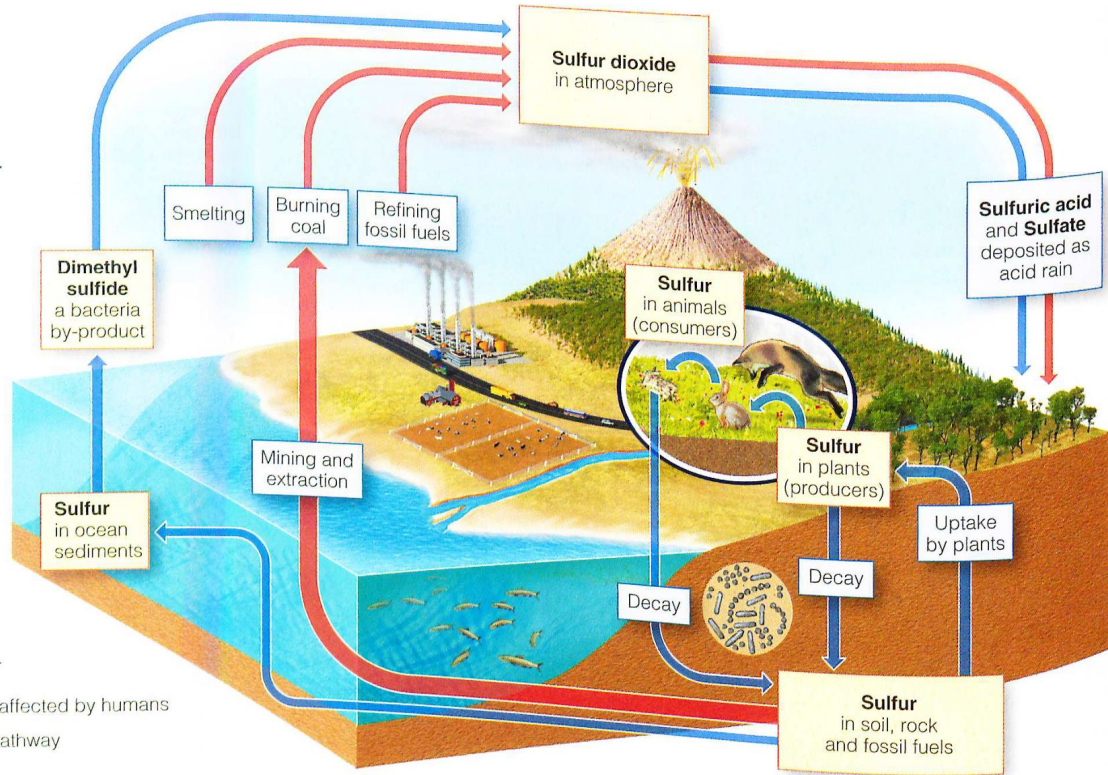


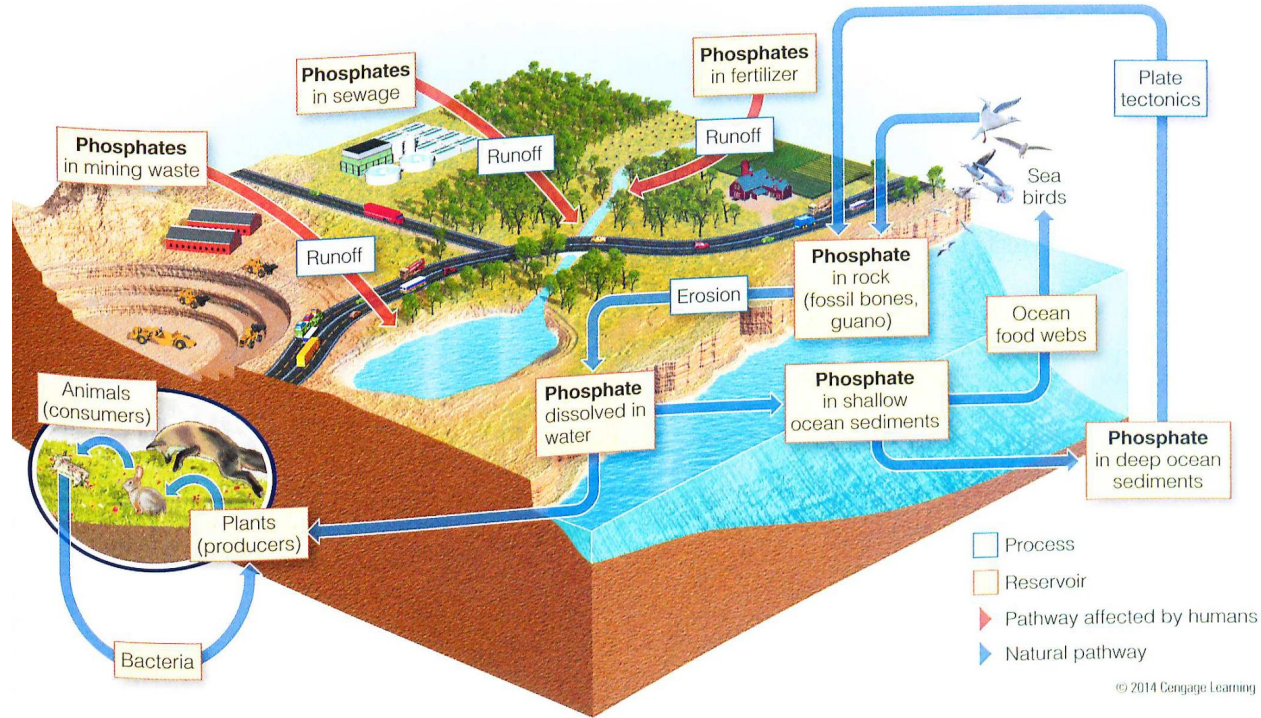
FIGURE 12.4 The sulfur cycle is shown here by the blue arrows and human impacts on this cycle are shown by red arrows. See an animation based on this figure at www.cengagebrain.com.

© 2014 Cengage Learning

emitted into the air from nitrate-containing fertilizers at

Zdroj: Myers, N.,
Spoolman, S.E.
*Environmental issues &
solutions*. 2014.

Cyklus fosforu



Zdroj: Myers, N.,
Spoolman, S.E.

*Environmental issues &
solutions.* 2014.

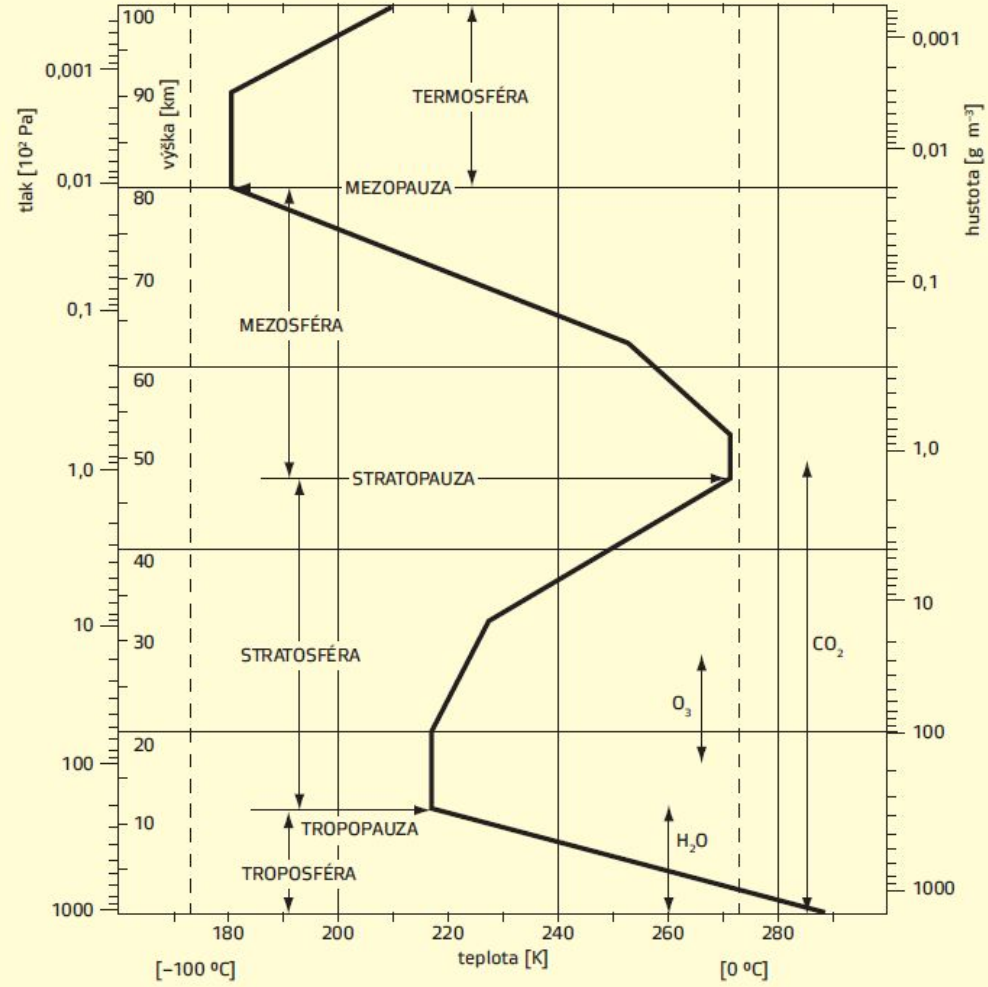
FIGURE 11.3 This diagram illustrates the phosphorus cycle (blue arrows) and human impacts on this cycle (red arrows). See an animation based on this figure at www.cengagebrain.com.

freshwater (Figure 11.5, p. 294). The rest is too salty, lies deep underground to be accessed with current tech-

Zemská atmosféra

Struktura atmosféry

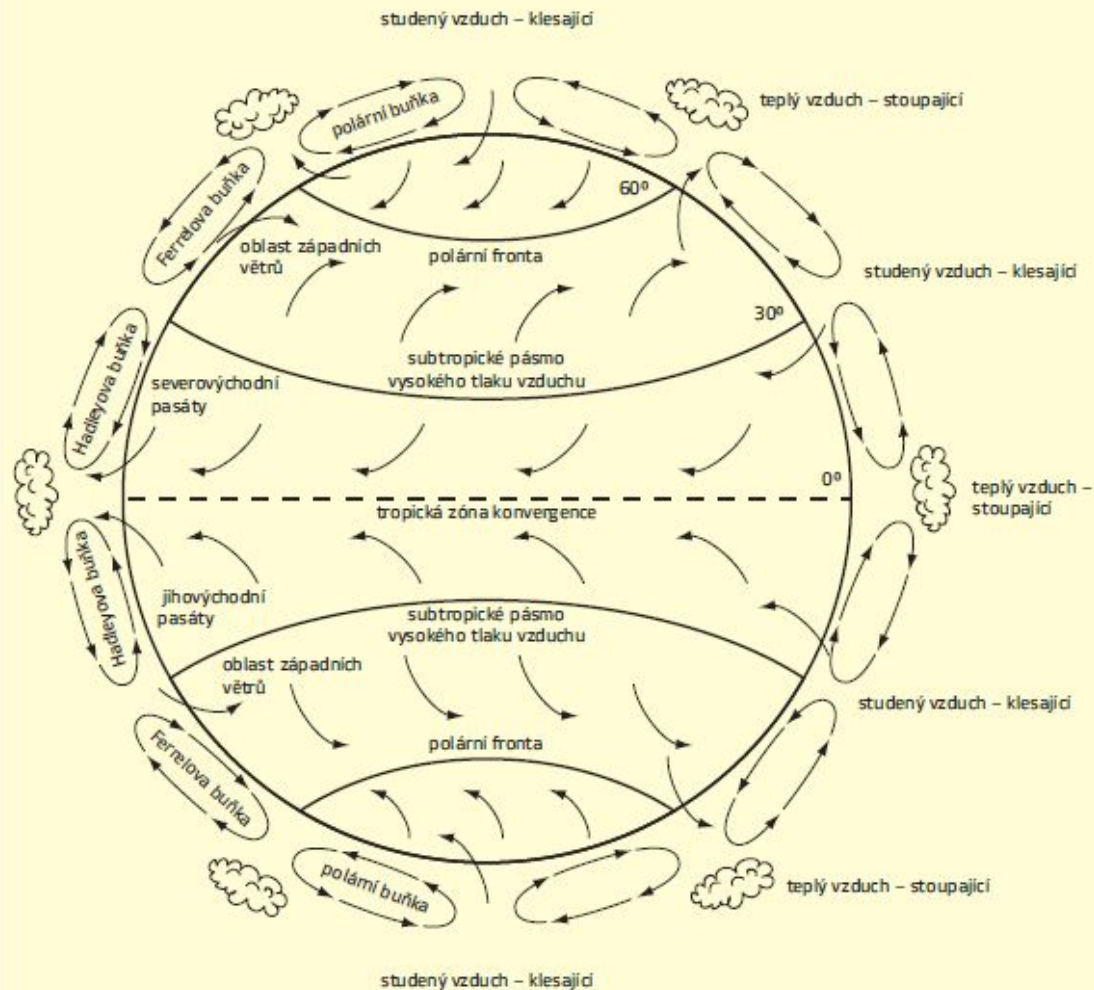
K1 Výšková struktura atmosféry



Zdroj: Moldan, B.
Podmaněná planeta.
2015

Cirkulace atmosféry

Zdroj: Moldan, B.
Podmaněná
planeta. 2015

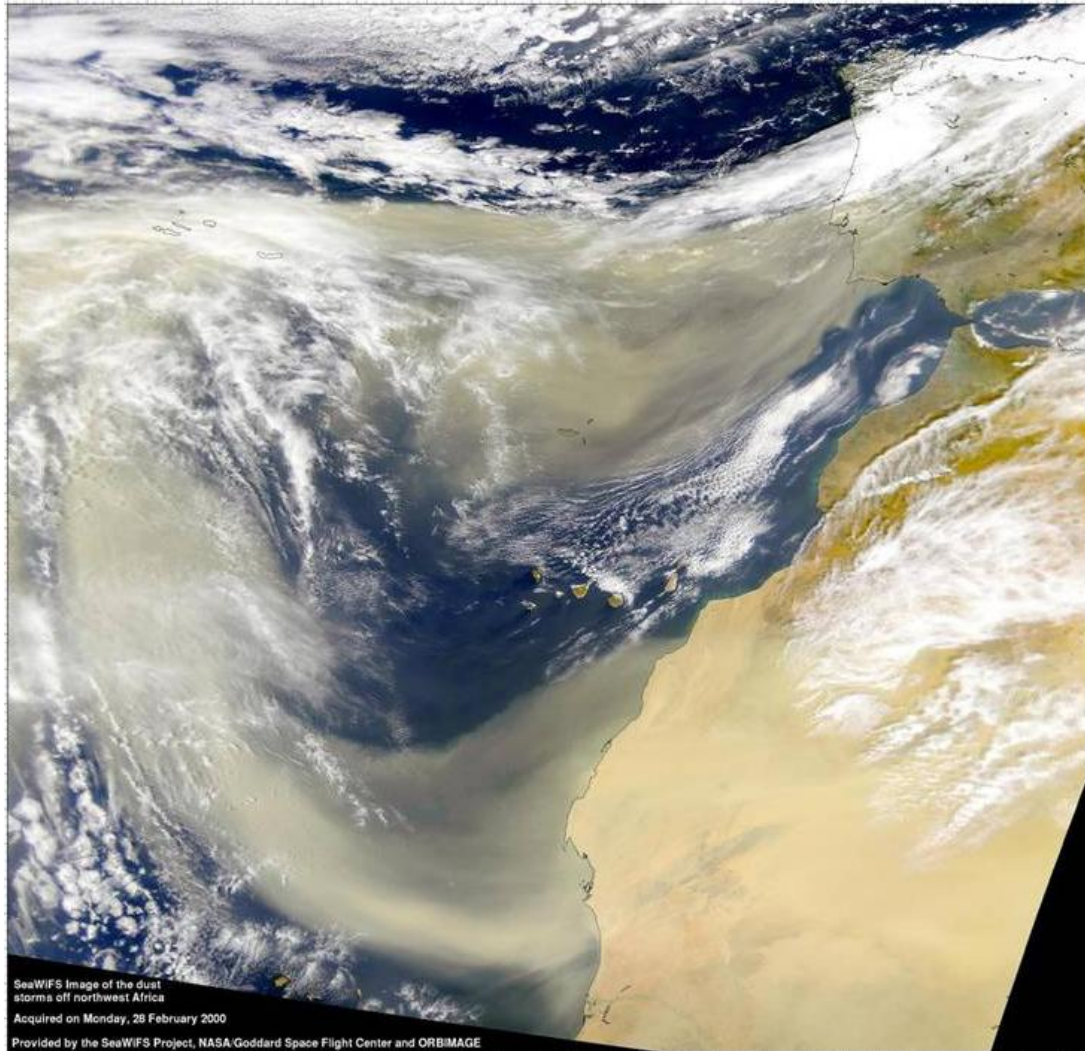


Saharský písek nad Atlantským oceánem

Zdroj: NASA

Staženo z:

<http://www.ktbs.com/story/23283817/arklatex-in-depth-saharan-dust-effects-on-our-hurricane-season>



Zdroje látek a jejich zánik

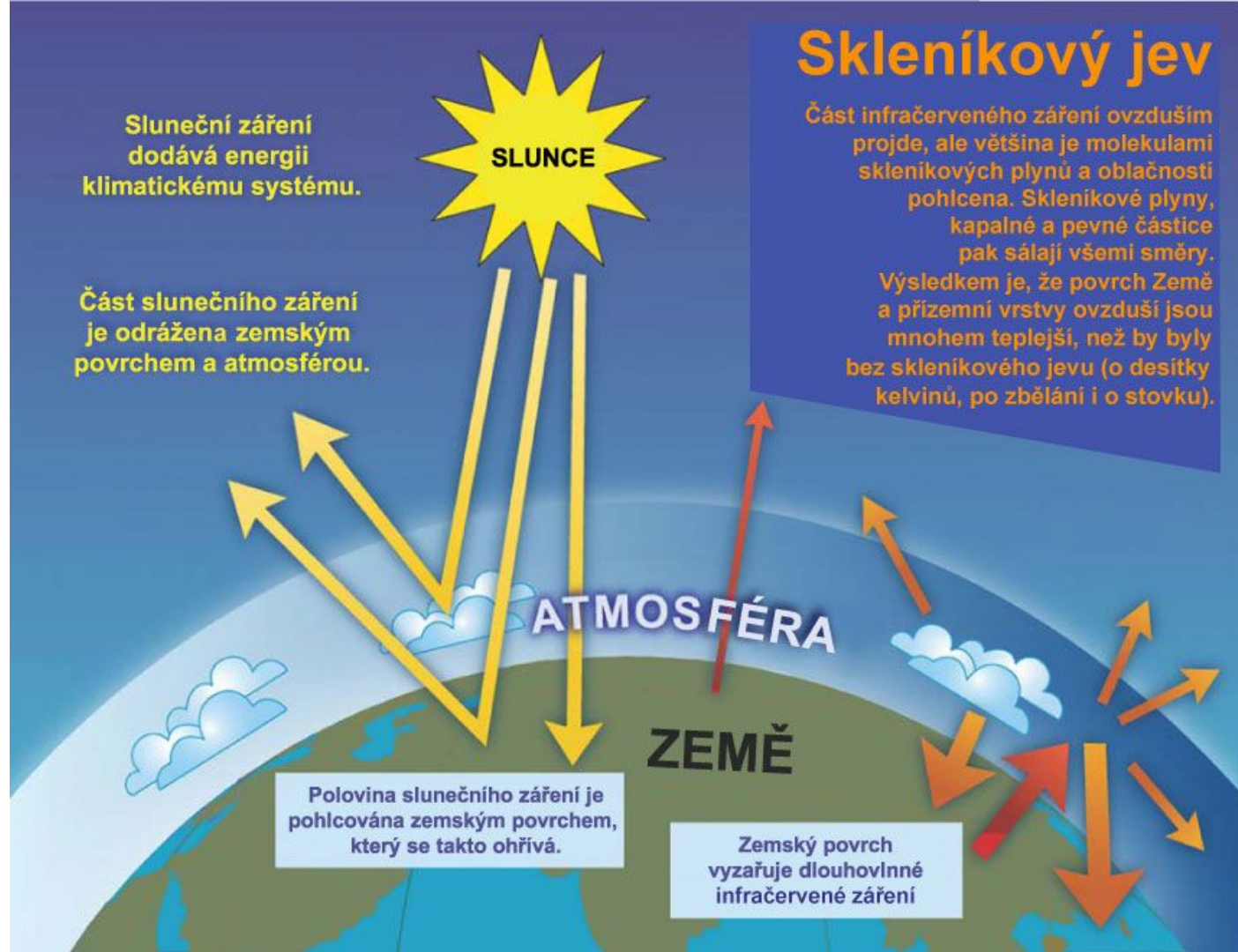
- Zdroje: souš, oceány + reakce v ovzduší
- Plynné látky
 - vodní pára: výpar + transpirace rostlin
 - biologické: fotosyntéza a dýchání (+ rozklad): O_2 a CO_2
(vyrovnané)
 - + metan, amoniak
 - antropogenní: CO_2 , CO, metan, ...
- Tuhé látky
 - mořský aerosol - látky rozpuštěné v mořské vodě
 - ze souše: půda + zvětrávající horniny
 - antropogenní: kultivace polí + spalovací procesy

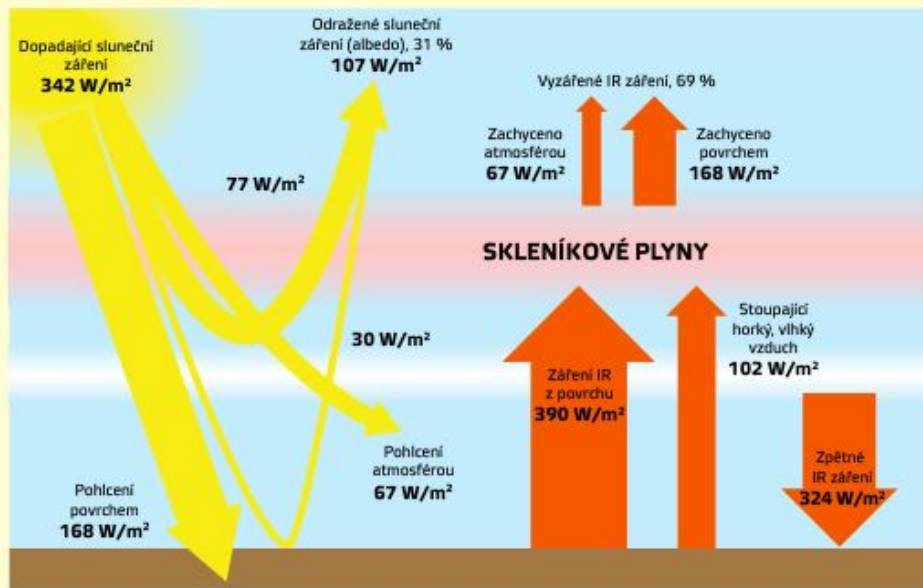
Skleníkový efekt

- ang. Greenhouse effect; název je mylný
 - skleník: zamezení úniku tepla prouděním
- Skleníkové plyny absorbují teplo ze slunce a teplo vyzařované zemským povrchem a vyzařují ho všemi směry (tedy i k povrchu)
- **Klíčový pro život**
 - udržování přijatelné teploty, bez něho $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Skleníkové plyny: vodní pára (36-70% skl. ef.), CO_2 (9-26%), metan (4-9%), ozon (3-7%)

Skleníkový efekt

Zdroj: Hollan, J.,
Gaillyová, Y. *Ochrana
klimatu*. 2019





Atmosférické plyny se silnou absorpcí dlouhovlnného infračerveného záření jsou označovány za skleníkové plyny. Do této skupiny řadíme:

- vodní páru
- oxid uhličitý
- metan
- oxidy dusíku
- ozon
- freony

Existence skleníkových plynů v atmosféře je nezbytná. Bez skleníkových plynů by průměrná teplota na Zemi byla $-18 \text{ }^\circ\text{C}$. Skleníkové plyny přes den chrání zemský povrch před nadměrným ohřevem a v noci zabraňují nadměrnému úniku tepla ze zemského povrchu (ochlazení). Přes den tyto plyny propouštějí pouze krátkovlnné infračervené záření (IR). Zbytek IR záření se odrazí do vesmíru nebo je pohltí atmosféra. Při průchodu záření přes čistou atmosféru bez vodních par dopadne na zemský povrch 80 % IR záření. Při průchodu přes vodní páry (mraky) klesne množství prošlých IR paprsků na 45–10 %.

Prošla část IR záření ohřívá zemský povrch, který akumuluje teplo. V noci potom toto naakumulované teplo (IR záření o vlnové délce 4–50 mikronu) zemský povrch vyzařuje zpět. Část tohoto tepla (IR záření) prochází přes tzv. atmosférické okno (atmosférické okno – skleníkové plyny propouští zpět do vesmíru IR záření pouze o vlnové délce 8–13 mikronu) do vesmíru. Zbývá část záření se odrazí zpět na zemský povrch. Skleníkové plyny tedy drží teplo jako pod peřinou. Problém ovšem nastává, pokud koncentrace skleníkových plynů vzroste. Se vzrůstající koncentrací vzrůstá i účinnost těchto plynů. V noci unikne do vesmíru menší množství tepla a tím pádem se globální teplota pomalu zvyšuje.

Rozmístění skleníkových plynů v atmosféře je nerovnoměrné. Navíc skleníkové plyny mají různý radiční potenciál. To znamená, že jednotlivé skleníkové plyny mají odlišnou schopnost pohlcovat a vyzařovat dlouhovlnné záření. Potenciál globálního ohřevu je poměr radiční účinnosti daného plynu a CO_2 (GWP).

Skleníkový efekt

Zdroj: Moldan, B.

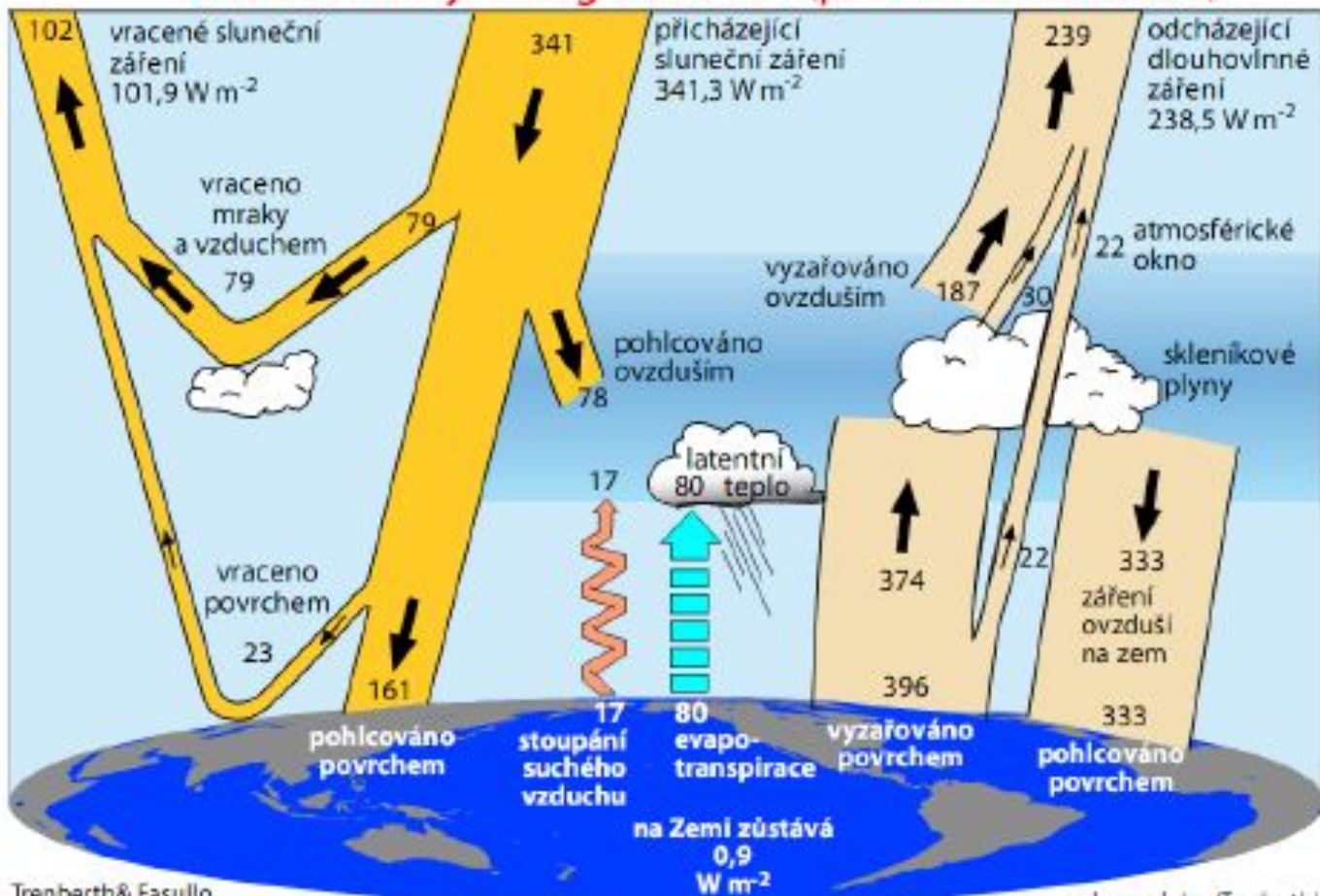
Podmaněná planeta.

2015

Skleníkový efekt

Zdroj: Hollan, J.,
Gaillyová, Y. *Ochrana klimatu*. 2019

Globální toky energie / $W \cdot m^{-2}$ (pro léta 2000-2005)



Trenberth & Fasullo

(National Center for Atmospheric Research), 2011 – Tracking Earth's Energy: From El Niño to Global Warming

www.cgdr.ucar.edu/cas/Trenberth/

Ozonová vrstva

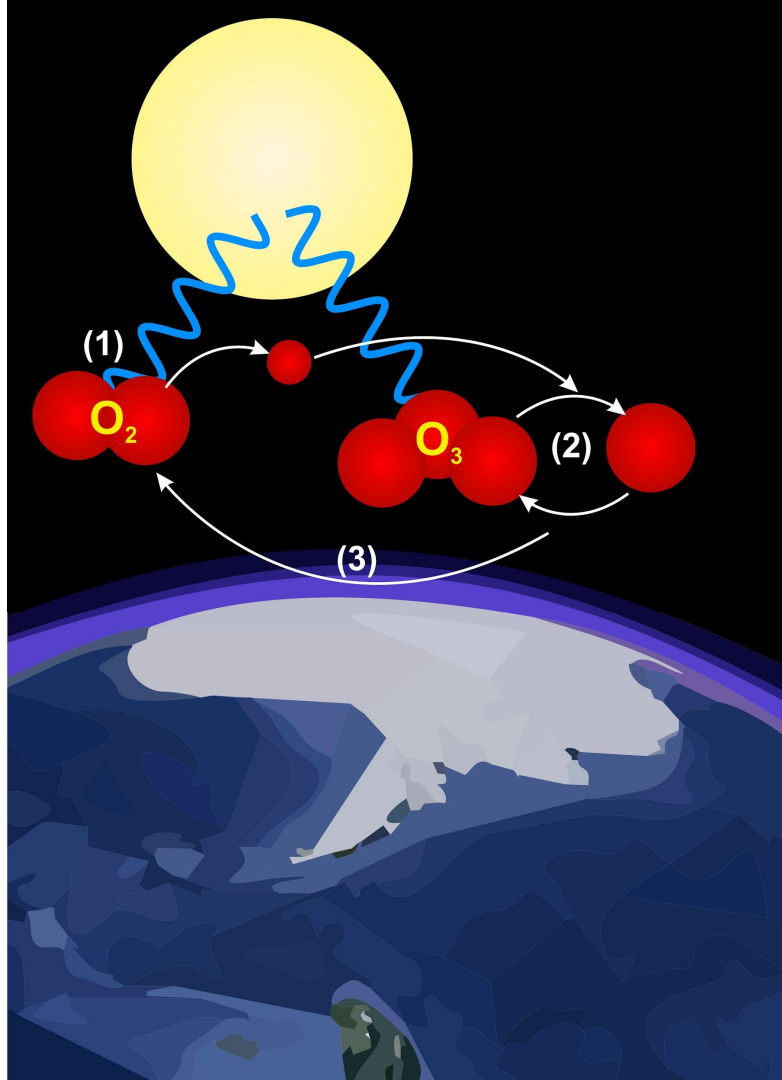
- Ozón (O_3) - toxická látka
 - ve stratosféře užitečný
 - v troposféře - znečištění - fotochemický smog
- Filtruje nebezpečné UV-B záření
- Fungování
 - UV-C štěpí O_2 na atomy O → spojení s O_2 → O_3
 - O_3 pohlcuje UV-B a rozkládá se zpátky na O_2 a O

Chemické reakce v ozonové vrstvě

Zdroj: Wikimedia

Staženo z:

https://en.wikipedia.org/wiki/File:Ozone_Cycle.jpg

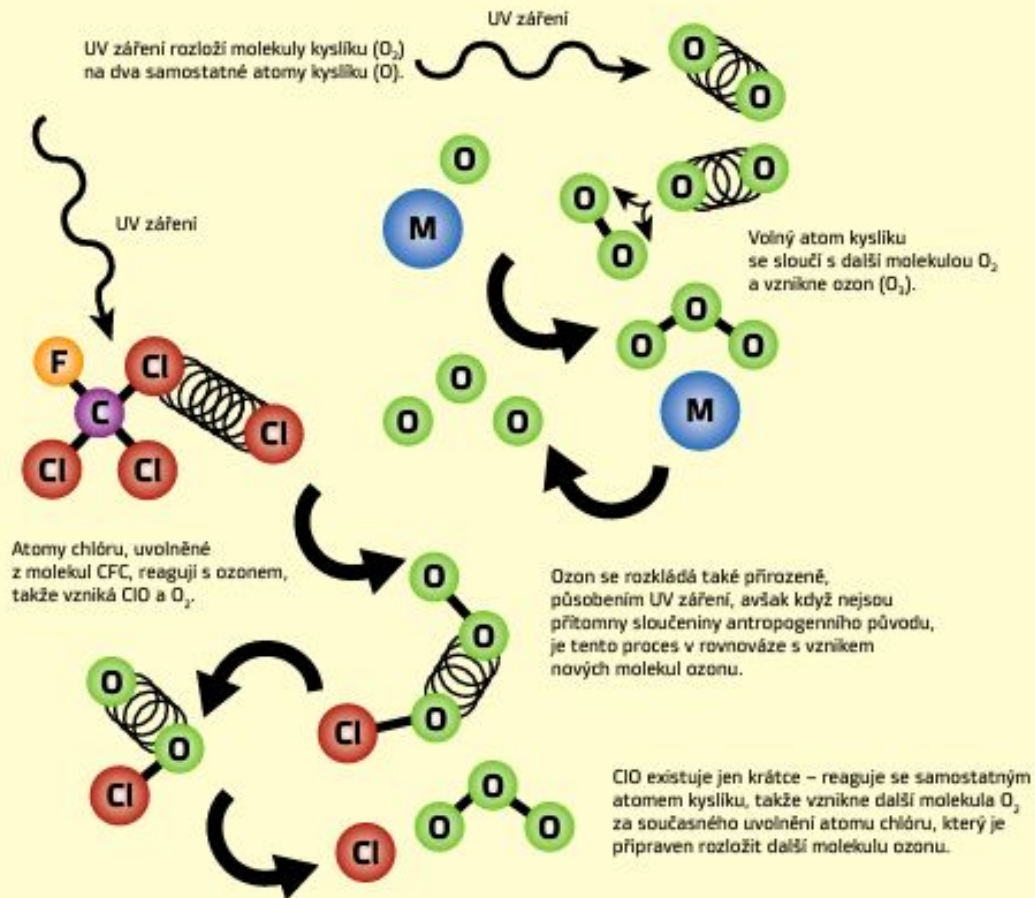


Narušení ozonové vrstvy

- 1974: Molina a Rowland - hypotéza, že některé lidmi vyrobené látky mohou pronikat do stratosféry a narušovat ozonovou vrstvu
- Chlorované a fluorované uhlovodíky (Freony)
 - CFCs - chlorofluorocarbons
 - inertní, setrvávají až stovky let → difuze do stratosféry
 - ve stratosféře - krátkovlnné sluneční záření → uvolnění atomů chloru a bromu, které urychlují rozklad ozonu

Reakce ozonu

Zdroj: Moldan, B.
Podmaněná planeta.
 2015



F = fluór; C = uhlík, Cl = chlór; M = katalyticky působící látka

• Zdroj: Andersen (2002)

Ozonová díra

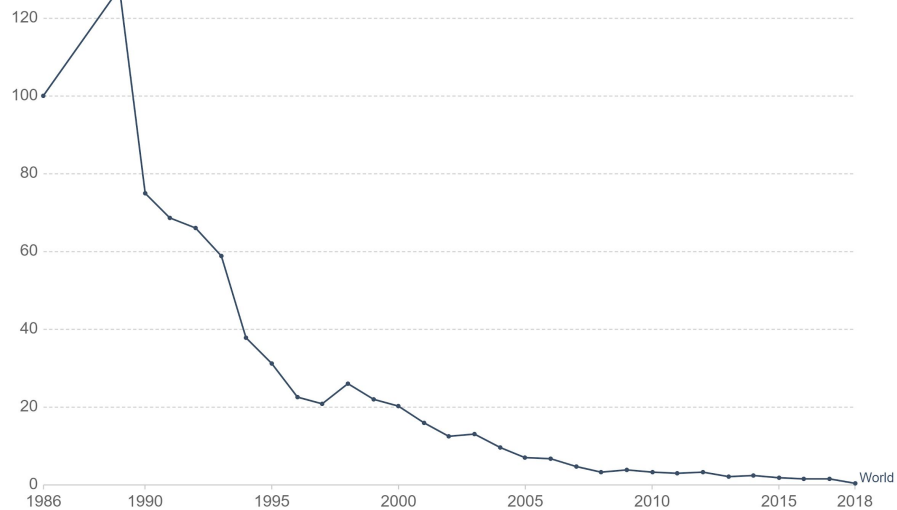
- Ztenčená všude, nejvíc na pólech (zejm. jižním) a v oblastech mírného pásma
 - Austrálie, Nový Zéland, Jižní Amerika, Jižní Afrika
 - 1 % snížení ozonu=2 % zvýšení příkonu UV-B; **ČR o 10 % více**
- Sezónní zhoršení: nejvíc nad Antarktidou na konci zimy a během jara: až o 50-80 % tenčí
- zvířata: poškození DNA, snížení imunity, rakovina kůže a očí
- rostliny: škodlivé, např. menší produktivita mořského fytoplanktonu

Ozonová díra - řešení

- 1985: Konference ve Vídni
 - → **Vídeňská úmluva o ochraně ozonové vrstvy**
- 1987: **Montrealský protokol**
 - omezení používání některých látek
 - 8-krát zpřísněn, naposled v r. 2007
 - [podepsala naprostá většina států](#)
- Důvody úspěchu
 - zřízení Mnohostranného fondu pro plnění Montrealského prot.
 - průmysl byl na změnu připraven, neohrožovalo ho to

Change in the consumption of ozone-depleting substances

Global consumption of ozone-depleting substances (ODS), measured relative to the year 1986 (where consumption in 1986 is equal to 100).



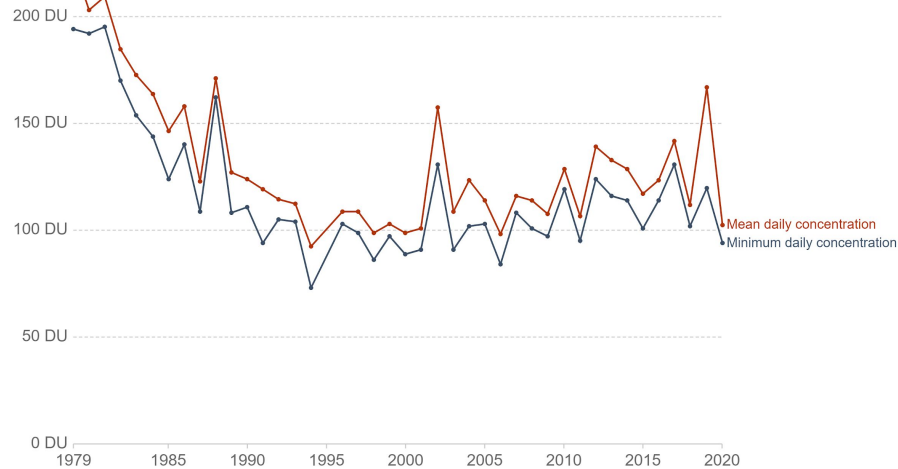
Source: European Environment Agency (EEA)

OurWorldInData.org/ozone-layer • CC BY

Our World
in Data

Stratospheric ozone concentration

Stratospheric ozone concentration in the Southern Hemisphere, measured in Dobson Units (DU). One Dobson Unit is the number of molecules of ozone that would be required to create a layer of pure ozone 0.01 millimeters thick at a temperature of 0 degrees Celsius and a pressure of 1 atmosphere.



Source: NASA Ozone Watch

OurWorldInData.org/ozone-layer • CC BY

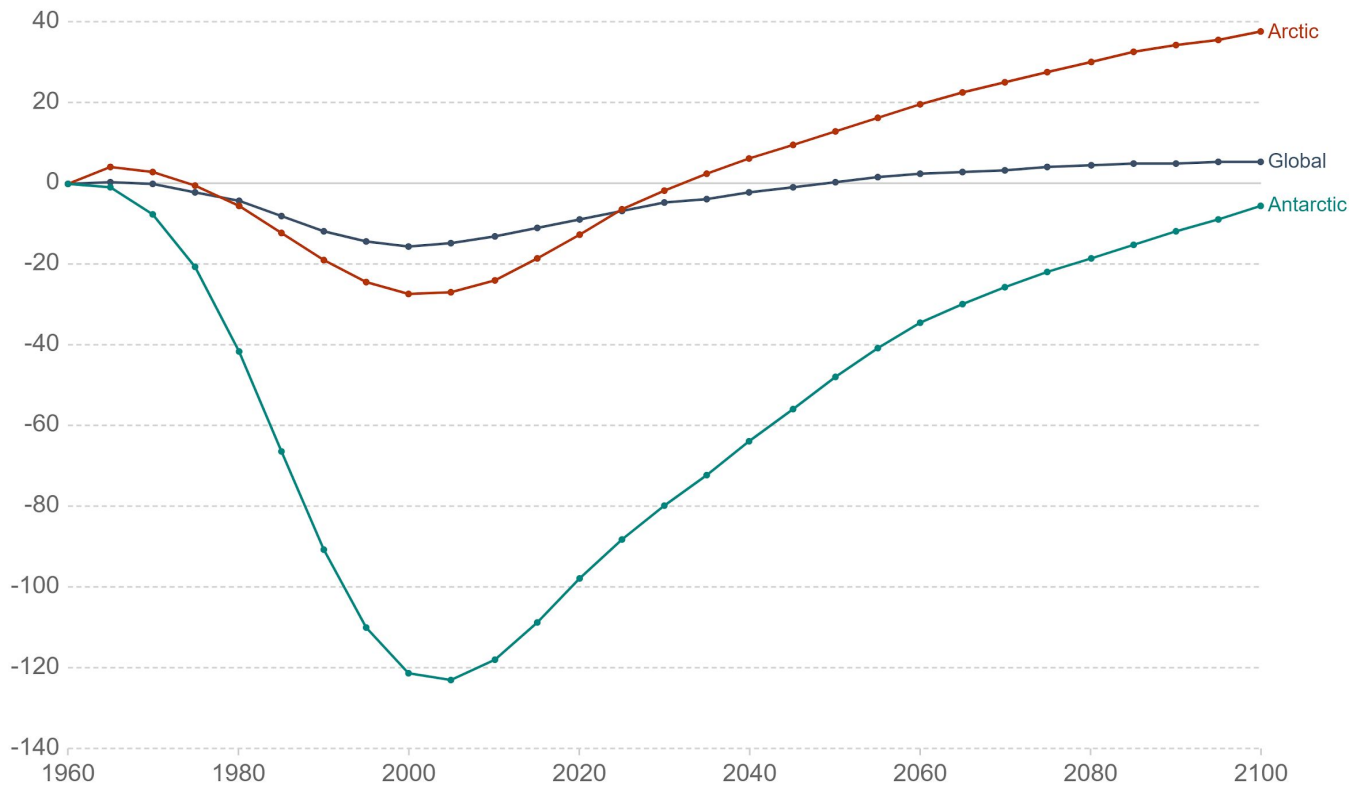
Our World
in Data

Ozonová díra - současný stav

- Dostatečná opatření
 - pokles produkce látek, vyřazování dalších látek
- Předpoklad: přirozené, obnovení, ale až za desítky let
 - 2030-2050 přijatelné, 2100 plná obnova
- Probíhají negativní jevy - např. polární oblasti
- Můžeme odhalit další příčiny zhoršování
- Problém: změna klimatu
 - ochlazování stratosféry → rychlejší destrukce ozonu

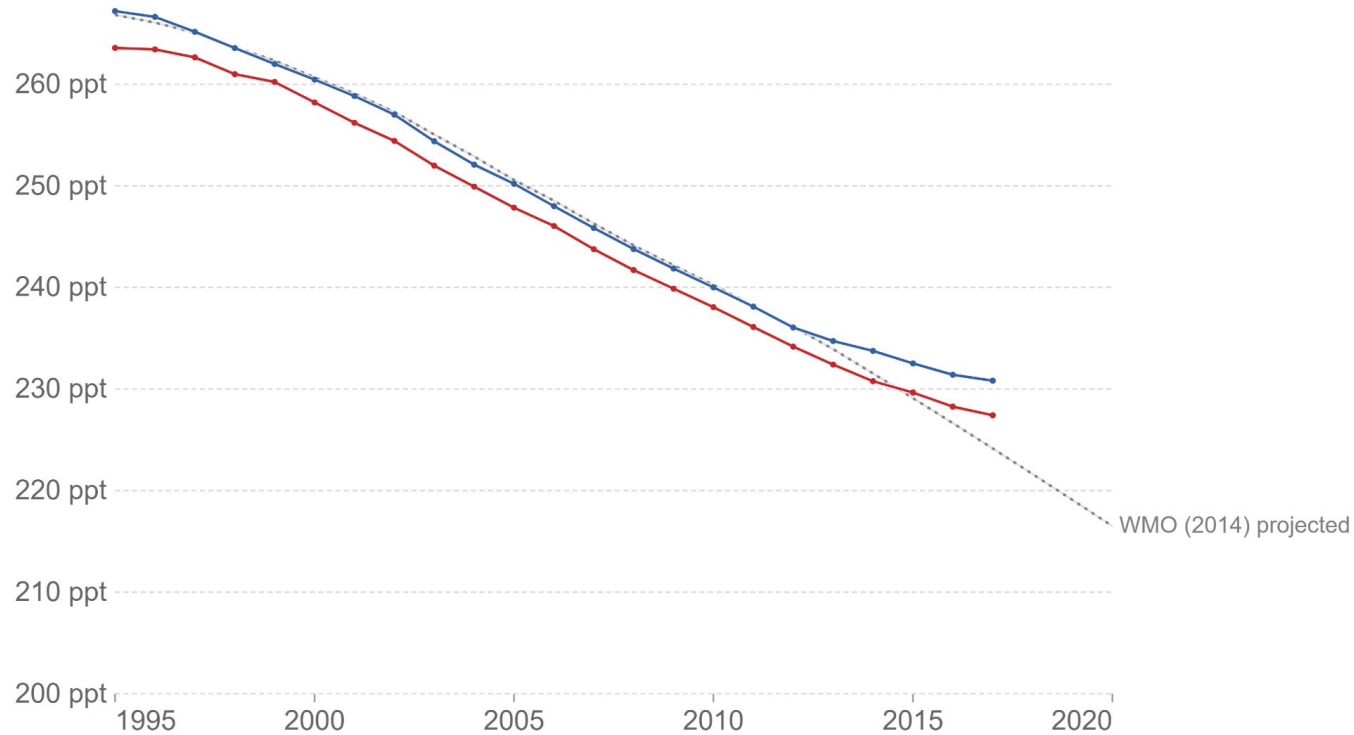
Stratospheric ozone concentration projections, 1960 to 2100

Stratospheric ozone concentrations with projections to 2100 based on chemistry-climate models. Ozone concentrations are measured relative to levels in 1960 (1960 = 0), and measured as the global average, and regional average. Figures represent the mean across a number of model runs; model projections have notable uncertainty around such average trends.



Measured and expected atmospheric concentrations of CFC-11

Measured concentrations of trichlorofluoromethane (CFC-11) gas in the Northern and Southern hemispheres, measured relative to the expected/projected concentrations based on emissions reported by countries to the Montreal Protocol. This is measured in mole fractions (ppt) of CFC-11. In recent years (since 2012), concentrations have not declined at the projected rate, suggesting unreported sources of CFC-11 emissions.

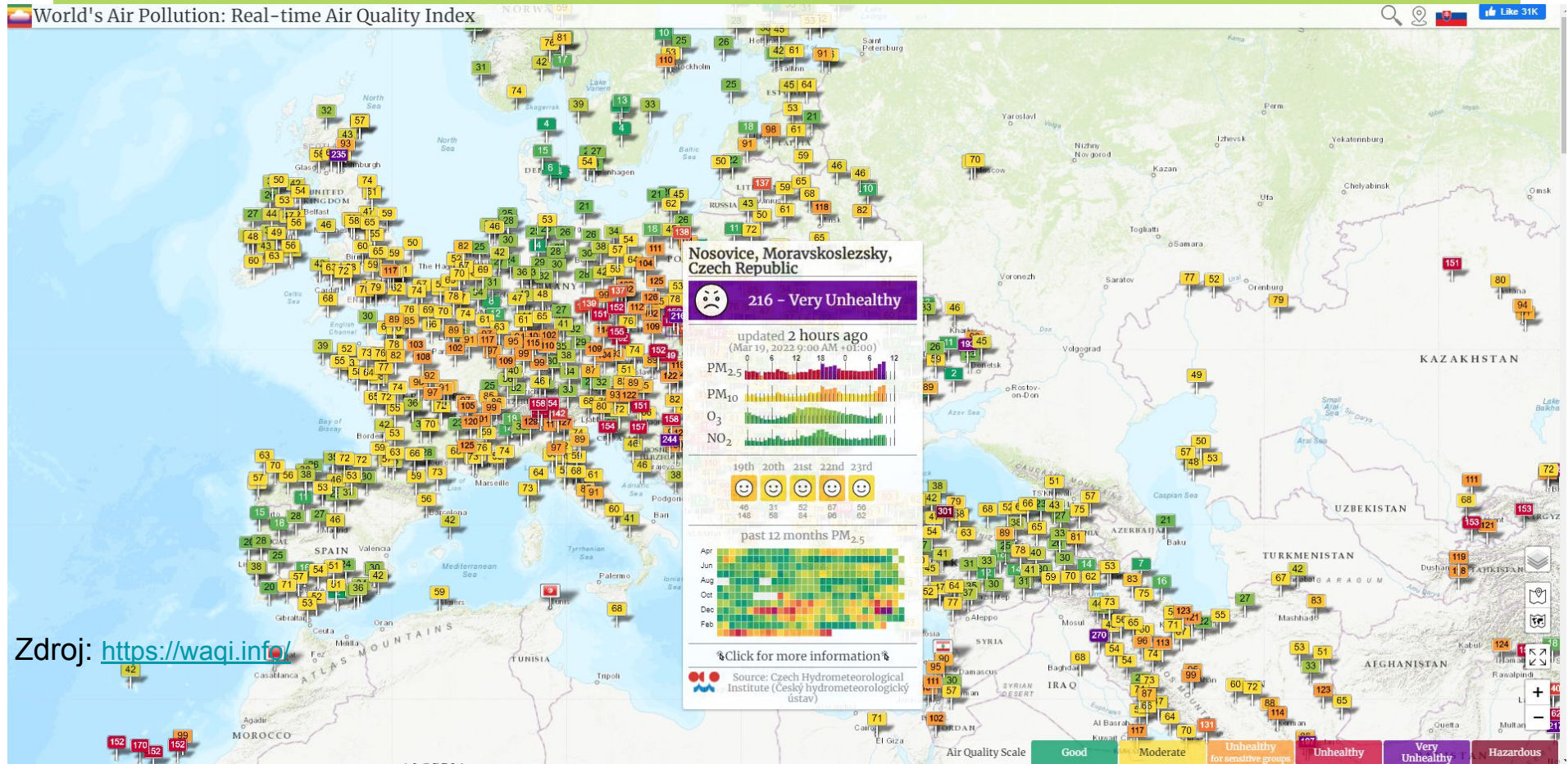


Znečištění ovzduší

World's Air Pollution

World's Air Pollution: Real-time Air Quality Index

🔍 📍 🇨🇪 Like 31K



Zdroj: <https://waqi.info/>

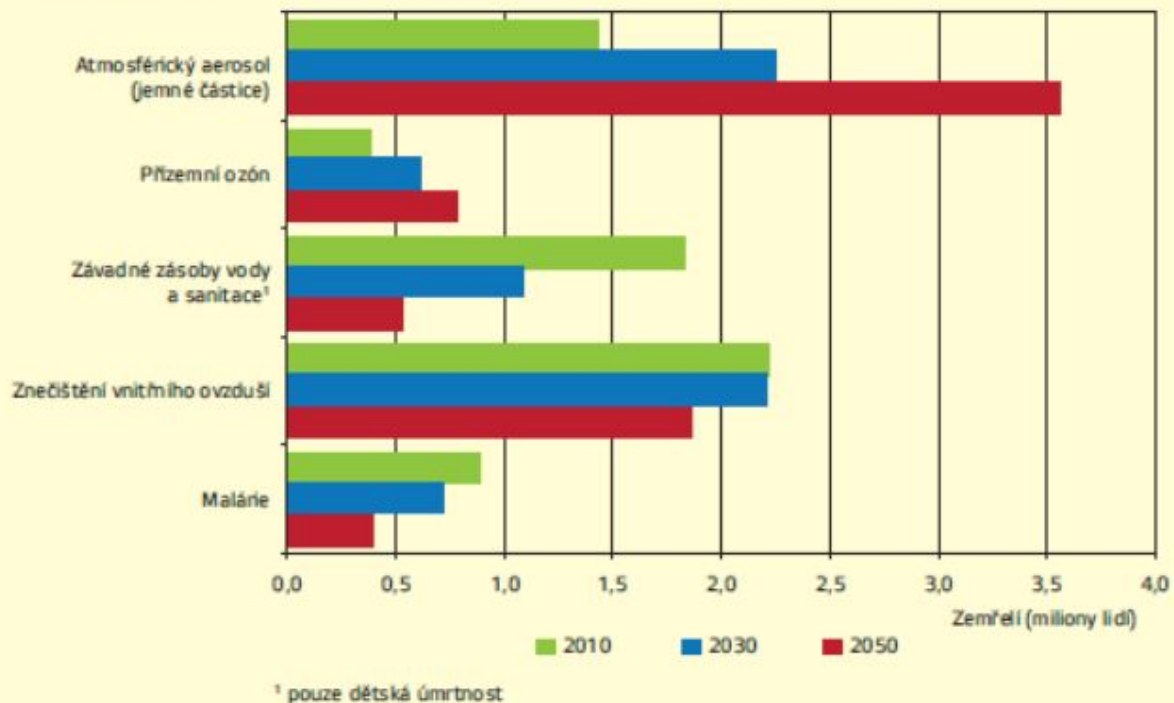
Znečištění ovzduší - úmrtí

- WHO - 2,4 mil. úmrtí ročně (Myers and Spoolman, 2014)
 - většina v Asii (Čína - 650 tis.)
 - 1,5 mil. v důsledku vnitřního znečištění
- 3,7 mil. předčasných úmrtí (Hite and Seitz, 2016)
 - 88 % v zemích s nízkými nebo středními příjmy
- Moldan (2015) - celkově podíl na 6 mil. předčasných úmrtí
 - více než ostatní nepříznivé faktory prostředí dohromady

Zdroj: Moldan,
B. Podmaněná
planeta. 2015

K8 Předčasná úmrtí

Předčasná úmrtí v důsledku vybraných environmentálních rizik 2010–2050



Předpokládá se, že kvalita ovzduší ve městech se bude i nadále po celém světě spíše zhoršovat. Do roku 2050 se zřejmě znečištění venkovního ovzduší zařadí na přední příčky příčin úmrtí souvisejících se životním prostředím.

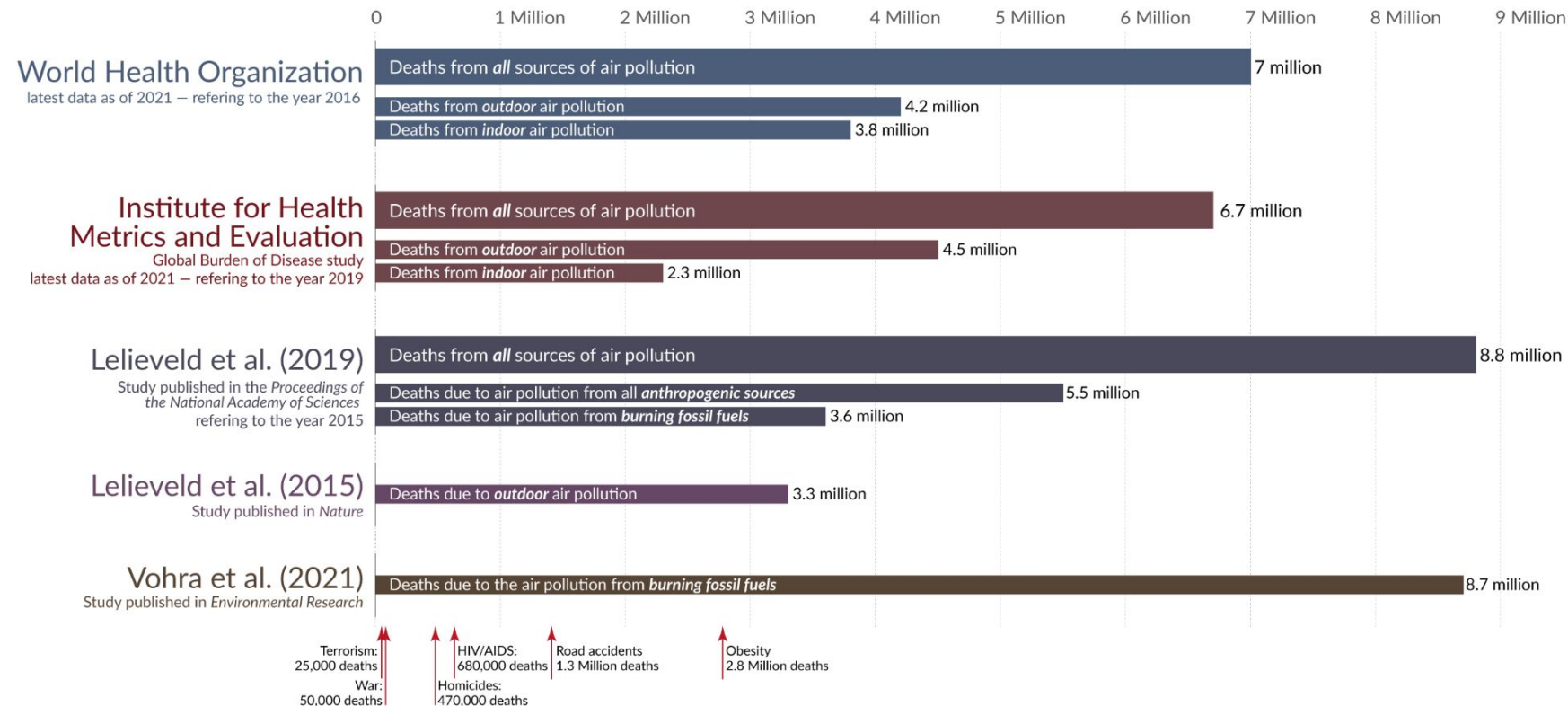
● Zdroj: OECD (2012)

How many people die from air pollution each year?

Estimates of the global death toll from air pollution published in major recent studies

'All sources' includes both anthropogenic and natural sources:

- The largest source of natural air pollution is airborne dust in the world's deserts. Other natural sources are fires, sea spray, pollen, and volcanoes.
- Anthropogenic sources include electricity production; the burning of solid fuels for cooking and heating in poor households; agriculture; industry; and road transport.



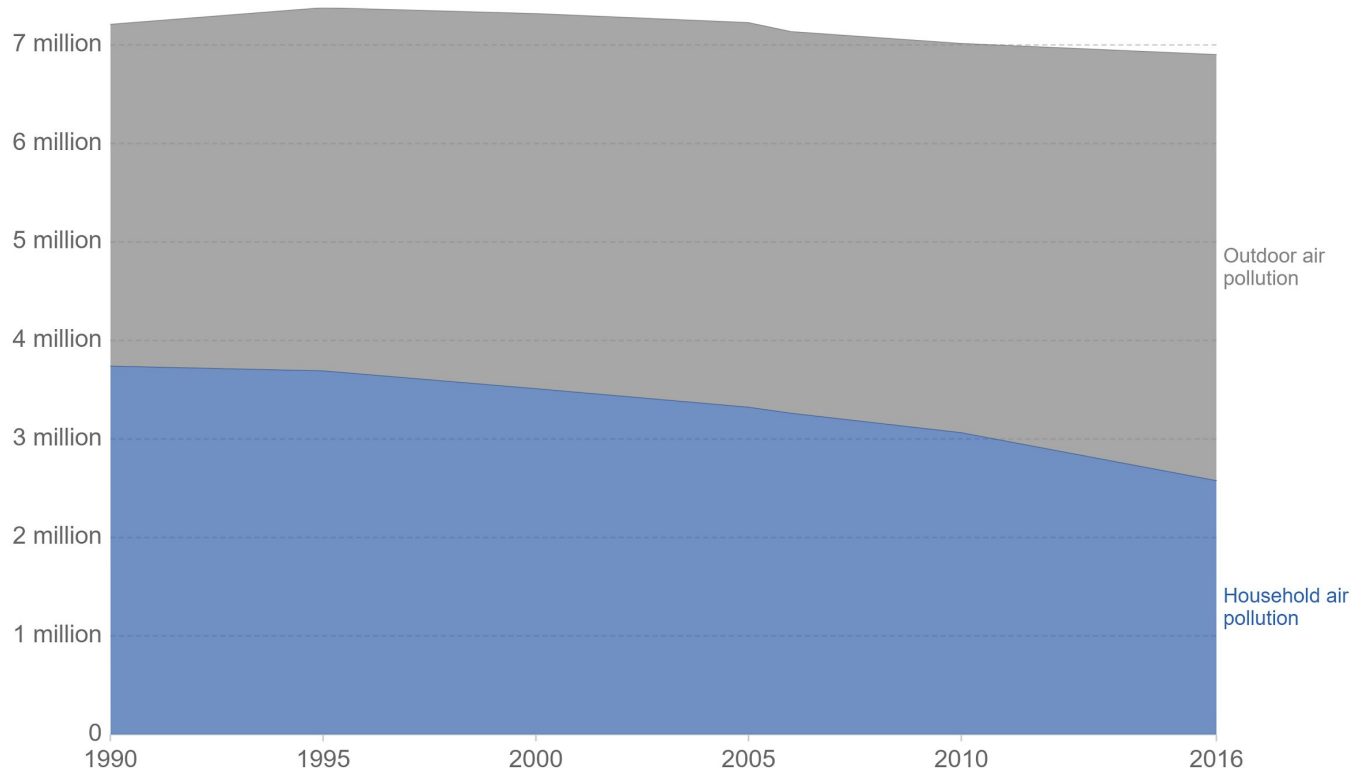
Data on annual death tolls from other causes is the latest data from the World Health Organization, UCDP, and Global Terrorism Database as of November 2021.

OurWorldinData.org – Research and data to make progress against the world's largest problems

Licensed under CC-BY by the author Max Roser

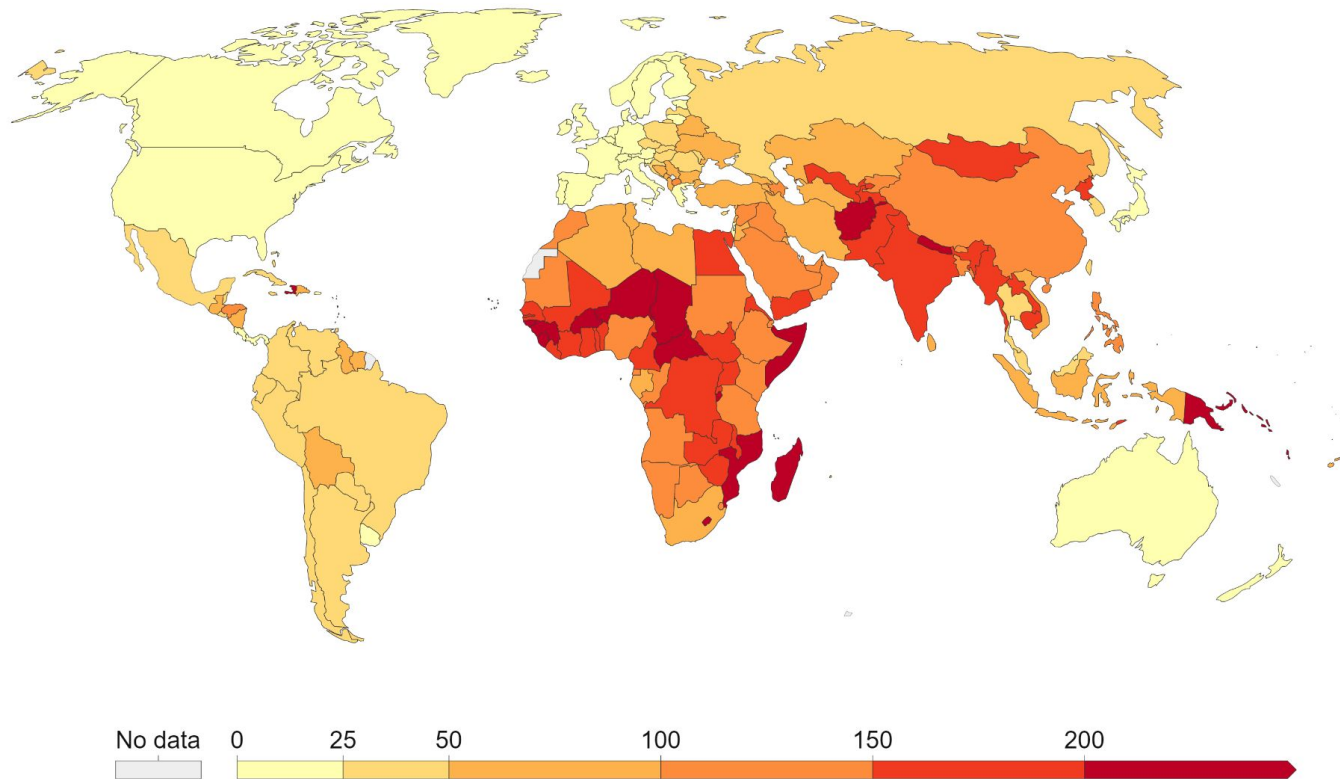
Deaths from household and outdoor air pollution, World, 1990 to 2016

Total absolute number of deaths from household and outdoor (ambient) air pollution per year. Household pollution-related deaths result from the use of solid fuels (crop wastes, dung, firewood, charcoal and coal) for cooking and heating. Outdoor pollution-related deaths result from disease attributed to exposure to particulate matter (PM) and ozone (O₃).



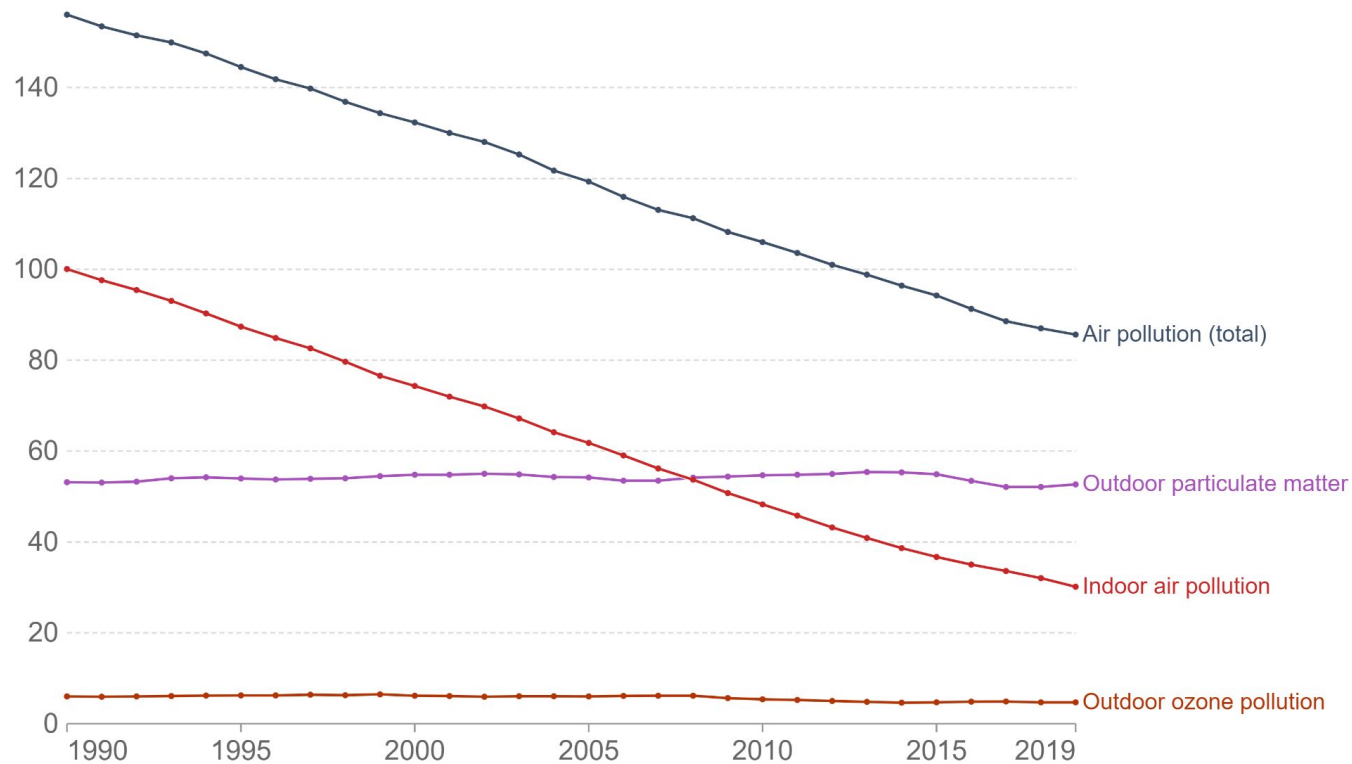
Death rates from air pollution, 2019

Death rates are measured as the number of deaths per 100,000 population from both outdoor and indoor air pollution. Rates are age-standardized, meaning they assume a constant age structure of the population to allow for comparisons between countries and over time.



Death rates from air pollution, World, 1990 to 2019

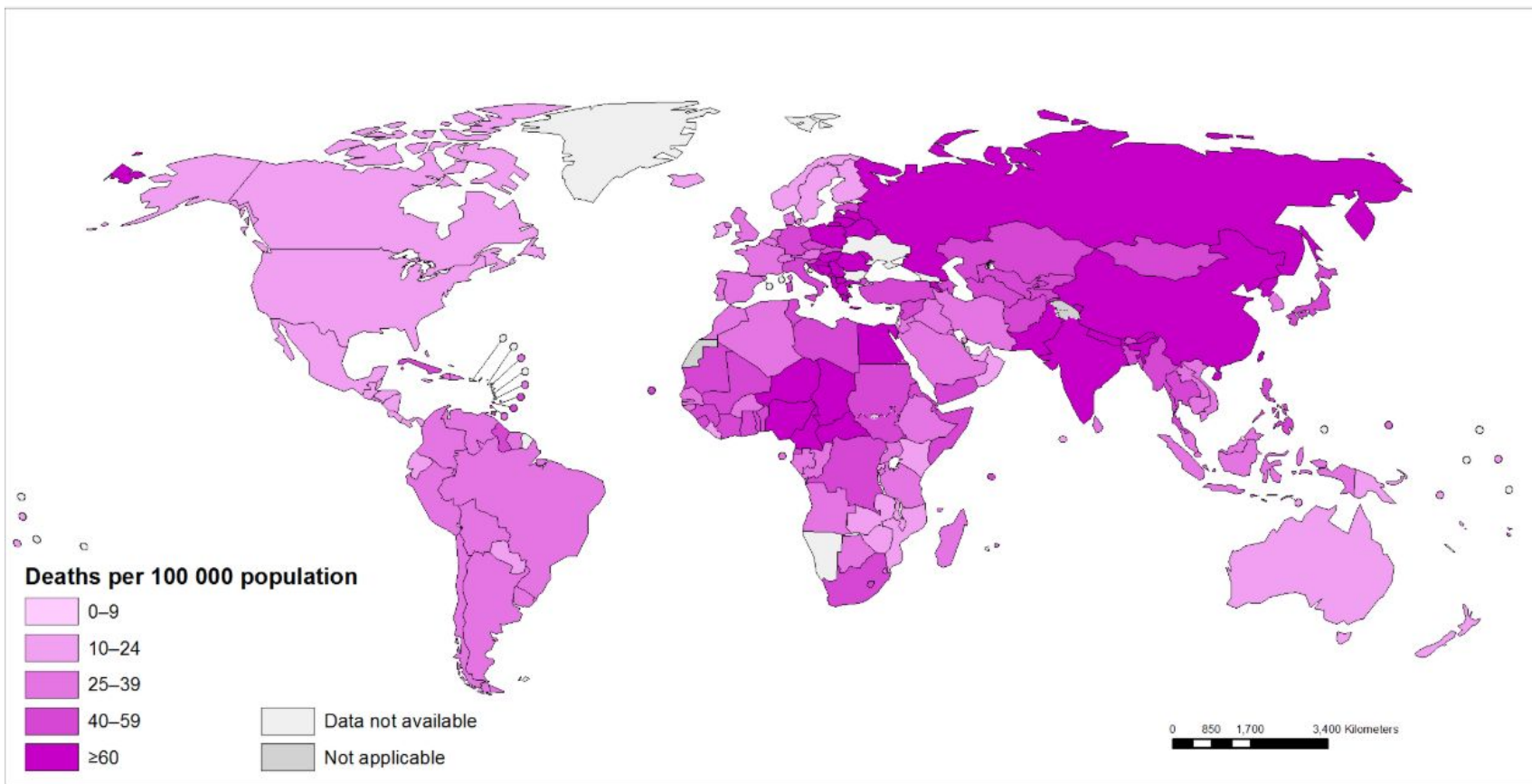
Death rates are given as the number of attributed deaths from pollution per 100,000 population. These rates are age-standardized, meaning they assume a constant age structure of the population: this allows for comparison between countries and over time.



Vnější znečištění

- Zlepšení kvality ovzduší ve vyspělých státech
 - vysoká koncentrace oxidů dusíku
 - letní smog (troposférický ozon)
 - jemný aerosol s karcinogenními látkami
- Horší situace v méně vyspělých státech
 - jemné prachové částice
 - kyselá atmosférická depozice

Deaths attributable to ambient air pollution (age-standardized, per 100 000 population), 2016



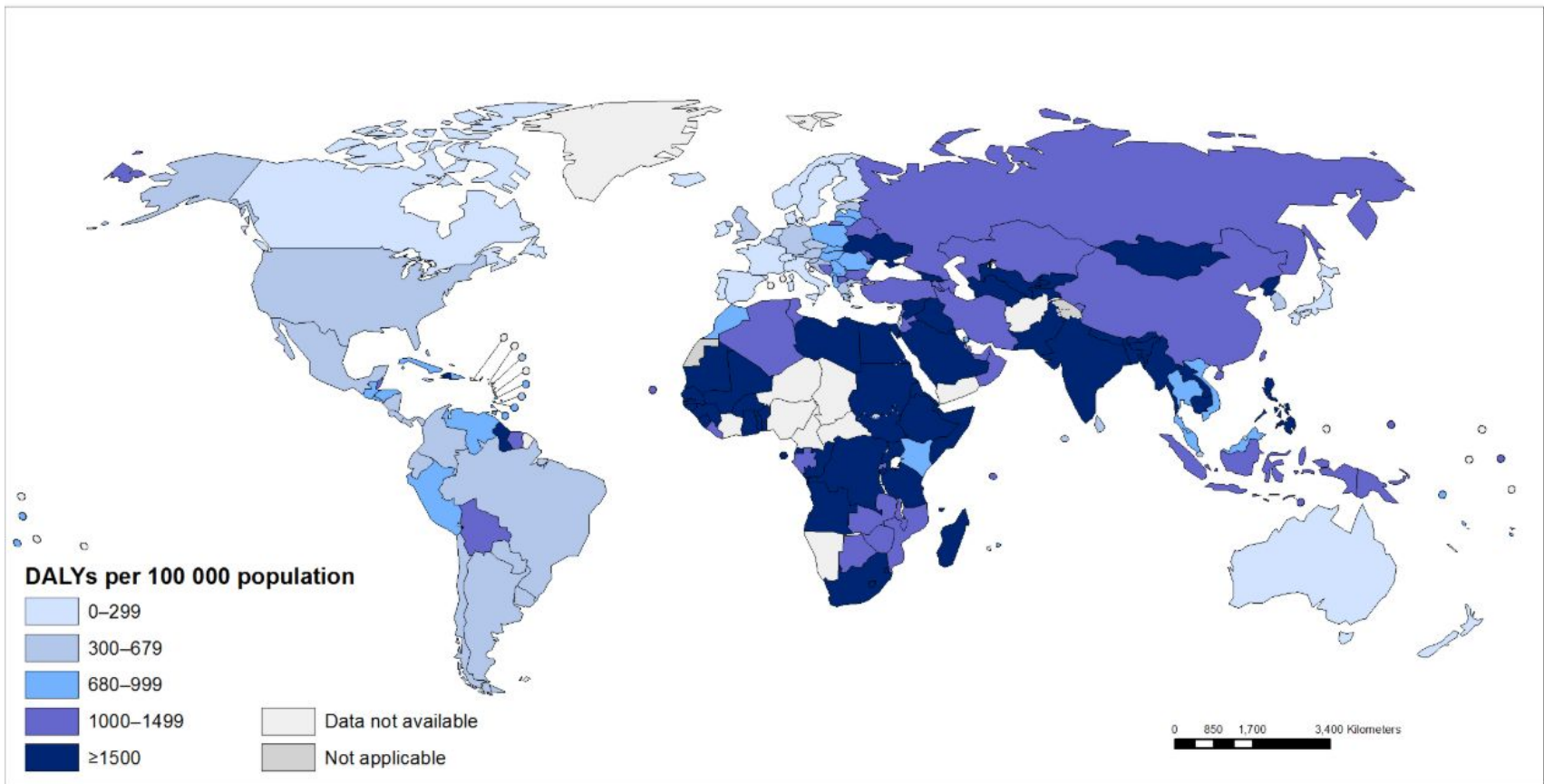
The boundaries and names shown and the designations used on this map do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the World Health Organization concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries. Dotted and dashed lines on maps represent approximate border lines for which there may not yet be full agreement.

Data Source: World Health Organization
Map Production: Information Evidence and Research (IER)
World Health Organization



© WHO 2018. All rights reserved.

DALYs attributable to ambient air pollution (age-standardized, per 100 000 population), 2016



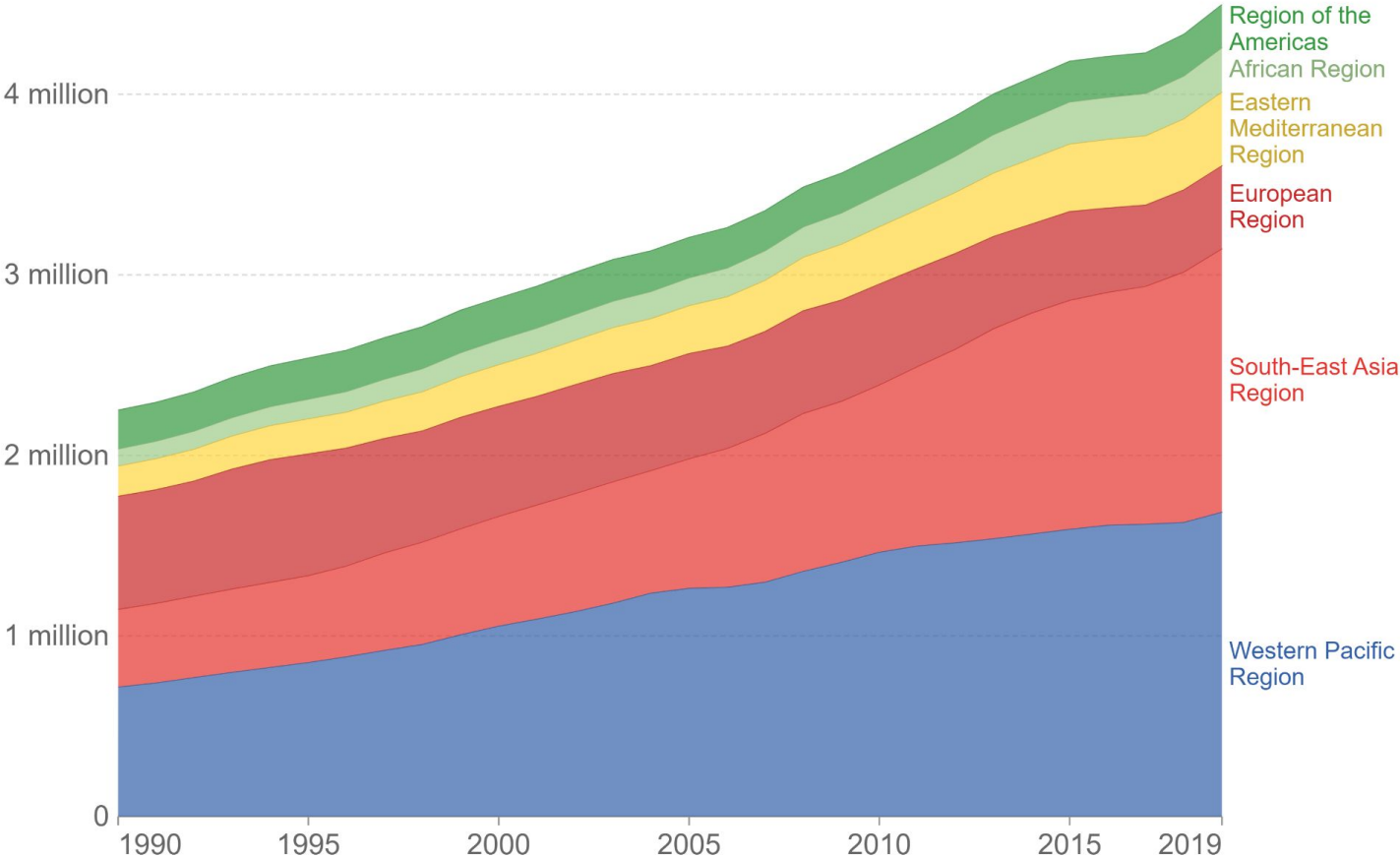
The boundaries and names shown and the designations used on this map do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the World Health Organization concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries. Dotted and dashed lines on maps represent approximate border lines for which there may not yet be full agreement.

Data Source: World Health Organization
Map Production: Information Evidence and Research (IER)
World Health Organization



© WHO 2018. All rights reserved.

Deaths from outdoor air pollution by region, 1990 to 2019

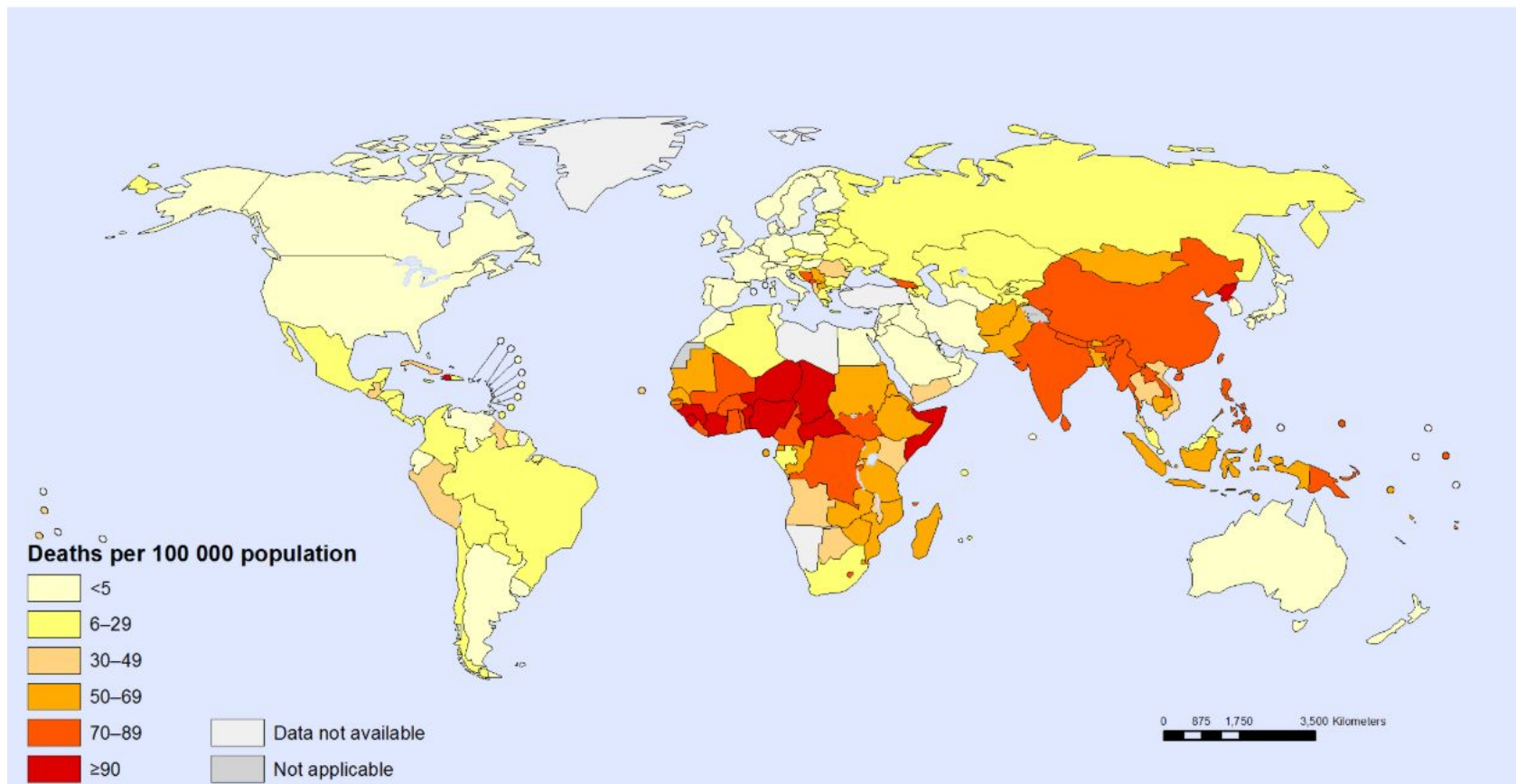


Source: IHME, Global Burden of Disease

Vnitřní znečištění ovzduší

- Závažný problém z hlediska dopadů na zdraví
 - pece a ohniště (země globálního jihu) - 50 % lidí ve světě
 - tabákový dým
 - látky uvolňující se z materiálů (VOCs, aerosoly)
 - chemické prostředky
 - biologické znečištění - mikroorganismy, alergeny
 - karcinogenní radon - z podložních hornin, radioaktivním rozpadem
 - dopravní prostředky

Deaths attributable to household air pollution, 2016



The boundaries and names shown and the designations used on this map do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the World Health Organization concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries. Dotted and dashed lines on maps represent approximate border lines for which there may not yet be full agreement.

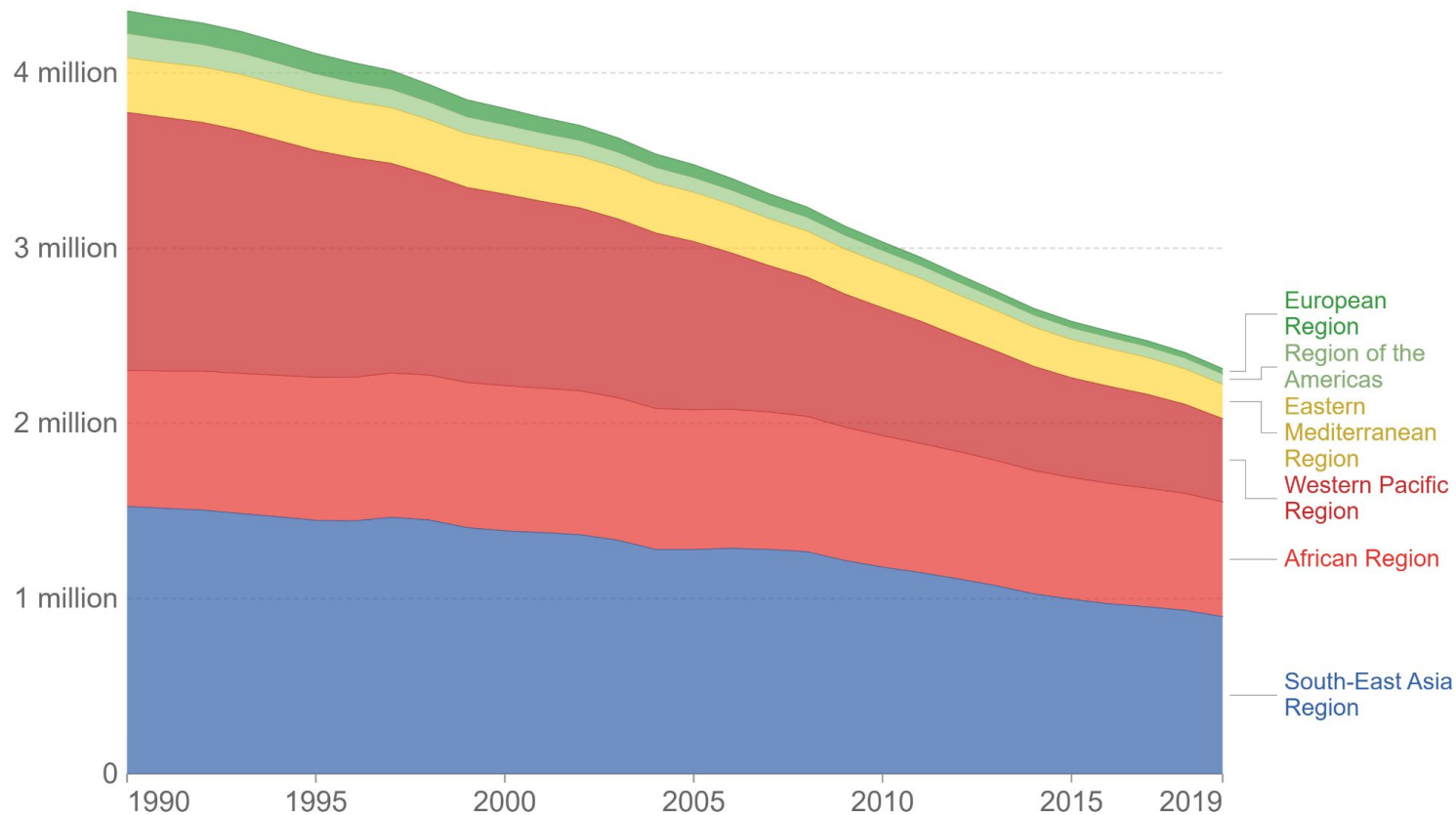
Data Source: World Health Organization
Map Production: Information Evidence and Research (IER)
World Health Organization



© WHO 2018. All rights reserved.

Household air pollution deaths by region, 1990 to 2019

Annual number of premature deaths attributed to household air pollution from the use of solid fuels for cooking and heating. Solid fuels includes the use of crop wastes, dung, charcoal and coal for indoor cooking.



Znečišťující látky

- Negativní dopady na biologické systémy a lidské zdraví
 - kardiovaskulární a respirační soustavy
- Ohrožují globální životodárné systémy
 - skleníkové plyny
 - látky poškozující ozonovou vrstvu
- Primární a sekundární

Primární

- Vypouštěné přímo do ovzduší
- Z přírodních procesů i lidských zdrojů
 - spalování fosilních paliv, biomasy, odpadu, zemědělství (čpavek)
 - SO_2 , NO_x , NH_3
 - VOCs - těkavé organické látky - benzen, toluen
 - těžké kovy - rtuť, kadmium, arsen
 - POPs - Perzistentní organické látky
 - PAHS - Polycyklické aromatické uhlovodíky - dioxiny, furan

Sekundární

- Vytváří se přímo v ovzduší díky chemickým a fotochemickým reakcím z primárních látek
- Vznik závisí na klimatu a složení atmosféry
 - troposférický ozon
 - sekundární aerosoly
- Účinky daleko od místa vzniku

Zdroje znečištění

- Stacionární
- Mobilní
- Přírodní
 - požáry, vulkanické erupce, rostliny
- Lidské
 - uhelné energetické a průmyslové závody
 - vypalování lesů
 - motory spalující fosilní paliva

Základní škodliviny ovzduší

- Prašný aerosol (pevné prachové částice)
- Oxid siřičitý (SO_2)
- Oxid dusičitý (NO_2)
- Oxid uhelnatý (CO)
- Troposférický ozon (O_3)
- Olovo

K14 Zátěž v důsledku znečištění ovzduší jemnými částicemi

Typ znečištění ovzduší	Předčasná úmrtí	Úmrtnost (DALYs)
Městské venkovní	1,15 mil. = 2,0 % úmrtí na světě 610 000 mužů a 540 000 žen 8 % úmrtí na rakovinu plic 5 % kardiopulmonální úmrtí 3 % úmrtí z důvodu infekce dýchacích cest	8,7 mil. DALYs
Vnitřní	1,97 mil. = 3,3 % úmrtí na světě 890 000 mužů a 1 080 000 žen 21 % úmrtí z důvodu infekce dolních cest dýchacích 35 % úmrtí na chronickou obstrukční plicní nemoc 3 % úmrtí na rakovinu plic 900 000 tis. úmrtí v důsledku zápalu plic u dětí mladších 5 let	41 mil. DALYs
Celkové znečištění ovzduší	3,12 mil. = 5,3% úmrtí na světě	49,7 mil. DALYs

Poznámka: DALYs = počet ztracených let zdravého života: součet potenciálních zdravých let života ztracených v důsledku nemoci.

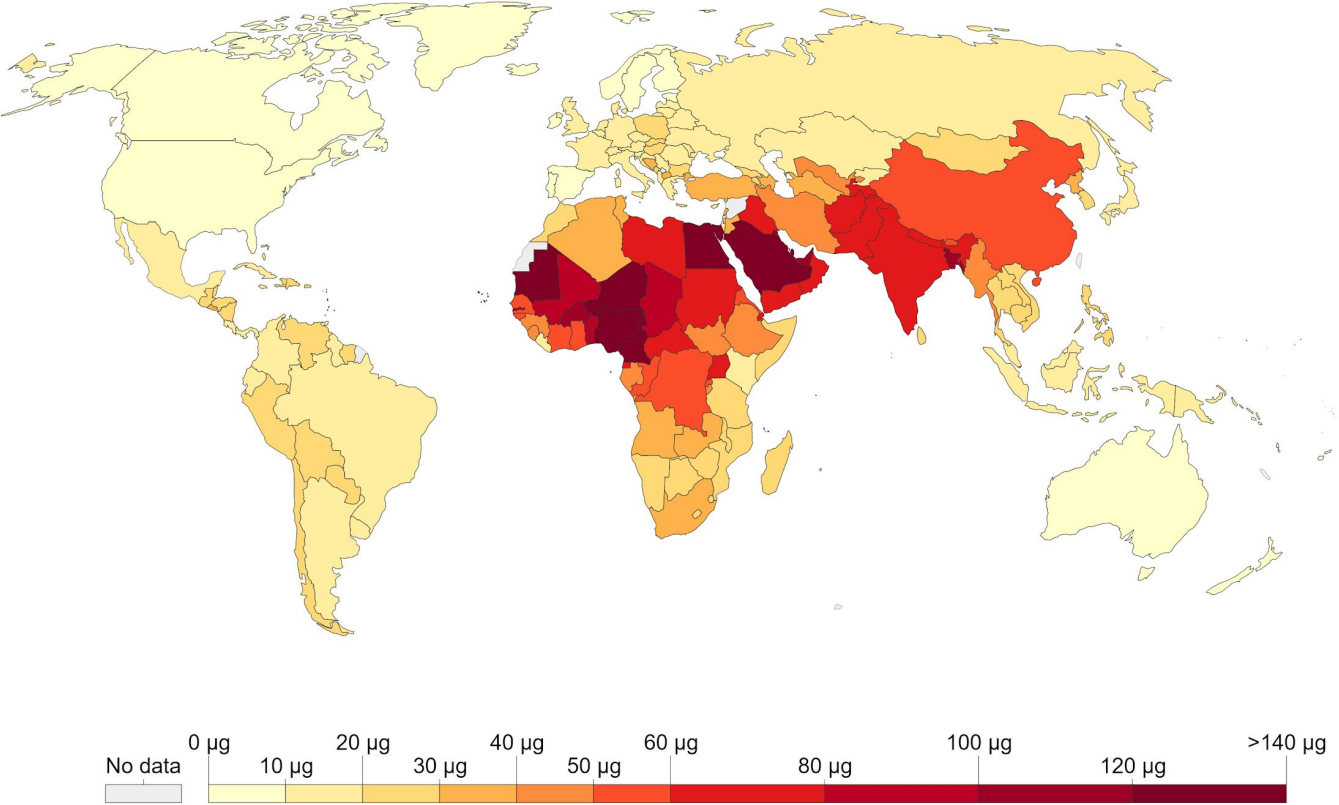
Částice, zejména jemnější PM_{2,5}, je nejvýznamnější látka znečišťující ovzduší a zároveň způsobující škody na zdraví. Prvotním zdrojem částic je energetika, doprava a průmysl, ale také spalování pevných odpadů a zbytků zemědělských plodin. Ve vnitřním ovzduší, které je celkově nejvíc znečištěno, jsou nejdůležitějším zdrojem nedokonalá topeniště, zvláště v chudých zemích. Dopady na zdraví jsou spojeny převážně s respiračními a kardiovaskulárními chorobami.

● Zdroj: UNEP (2012)

Zdroj: Moldan, B.
*Podmaněná
planeta.* 2015

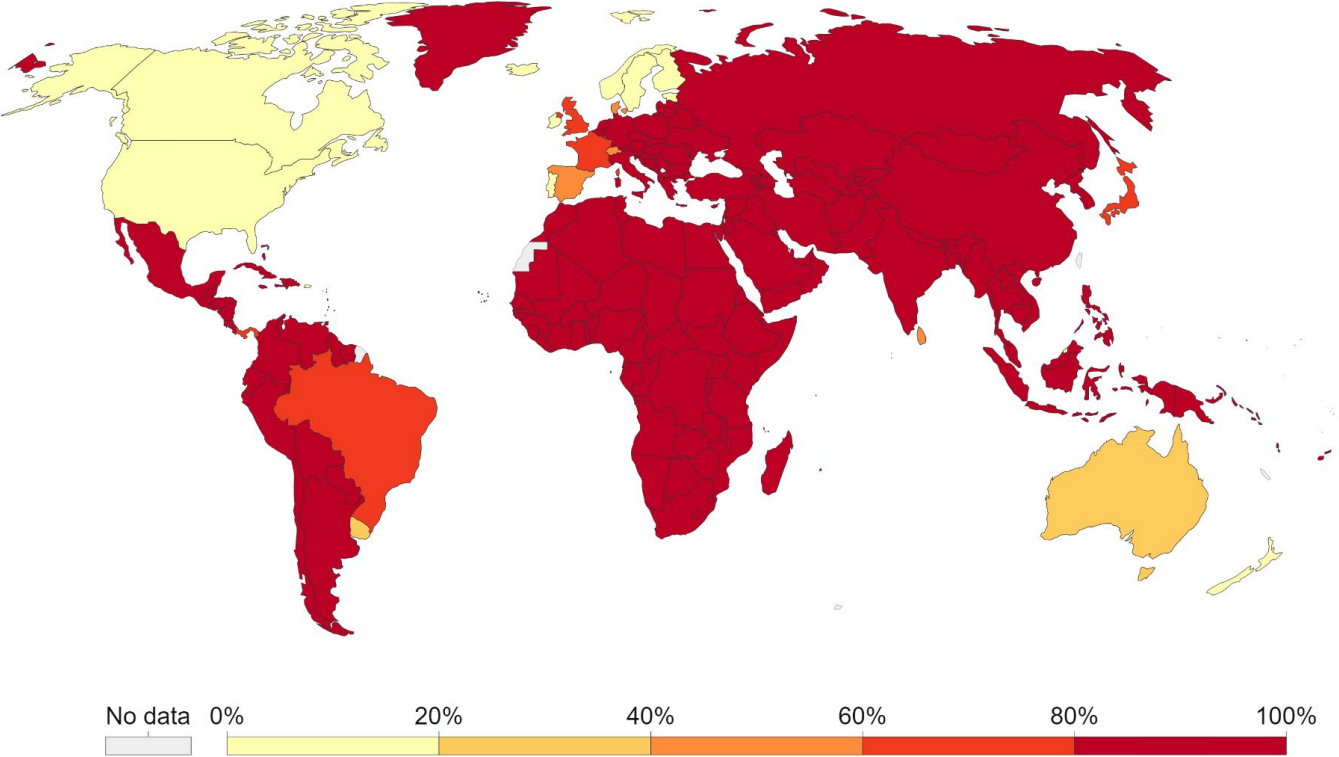
Particulate matter air pollution, 2016

Population-weighted average level of exposure to concentrations of suspended particles measuring less than 2.5 microns in diameter. Exposure is measured in micrograms per cubic metre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Share of the population exposed to air pollution levels above WHO guidelines, 2017

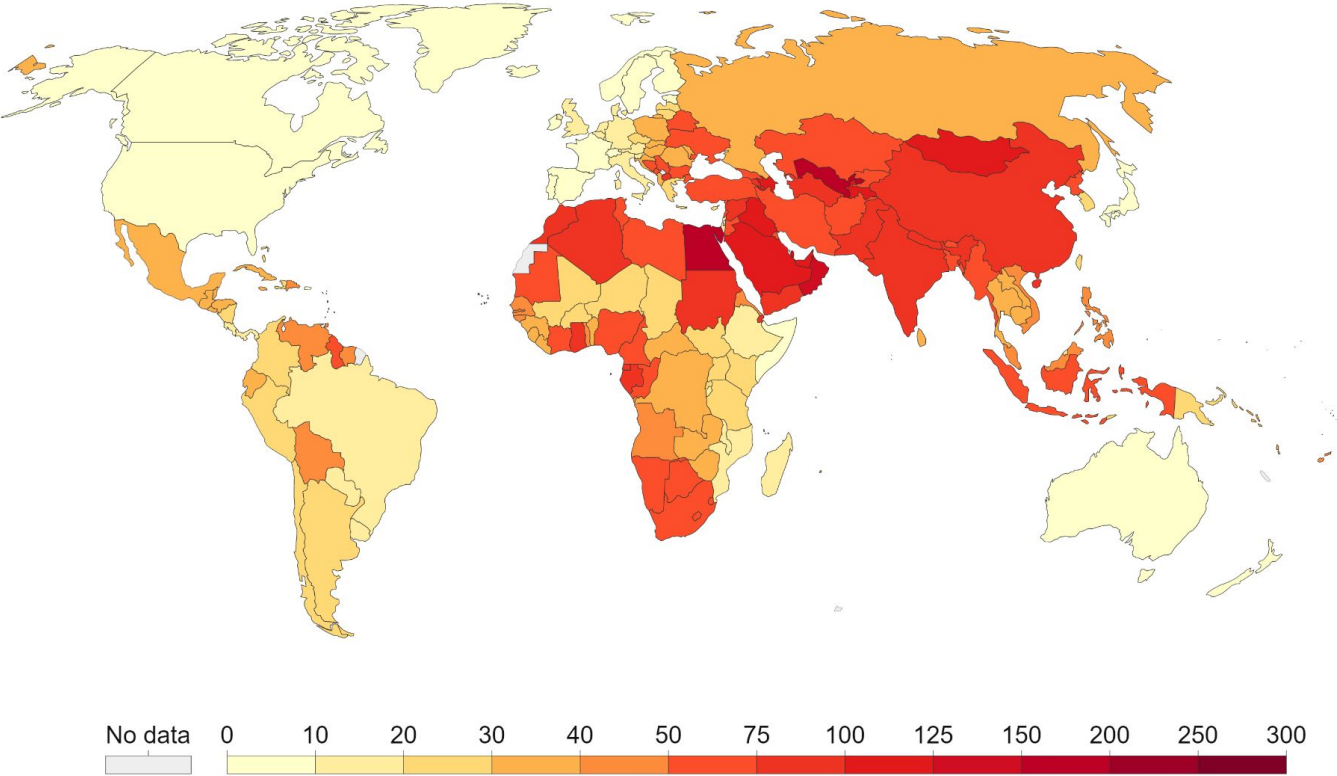
The share of the population exposed to outdoor concentrations of particulate matter (PM2.5) that exceed the WHO guideline value of 10 micrograms per cubic meter per year. 10µg/m³ represents the lower range of WHO recommendations for air pollution exposure over which adverse health effects are observed.



Source: Brauer et al. (2017) via World Bank

Death rate from ambient particulate air pollution, 2019

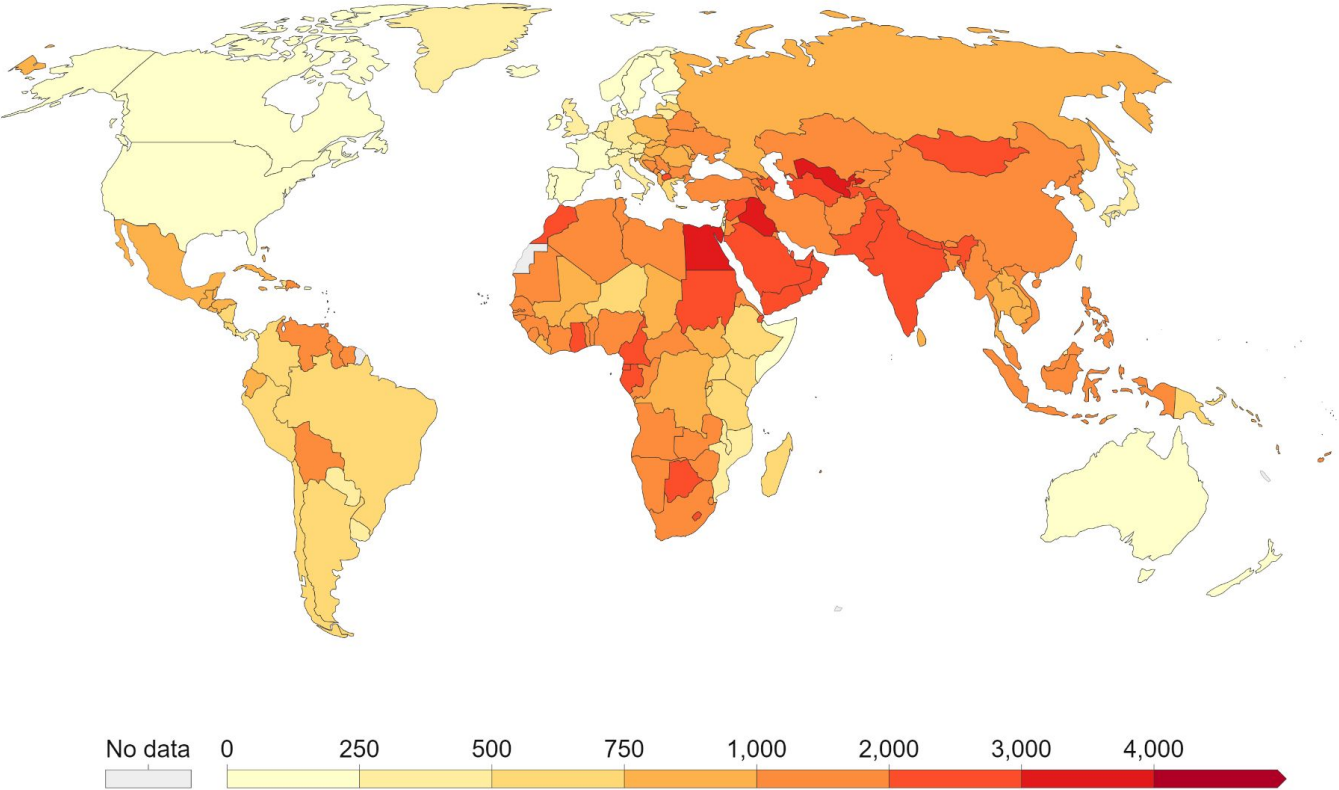
Death rates attributed to ambient particulate matter air pollution, measured as the number of deaths per 100,000 individuals. Death rates are age-standardized and therefore correct for changes in age structure across time and between countries.



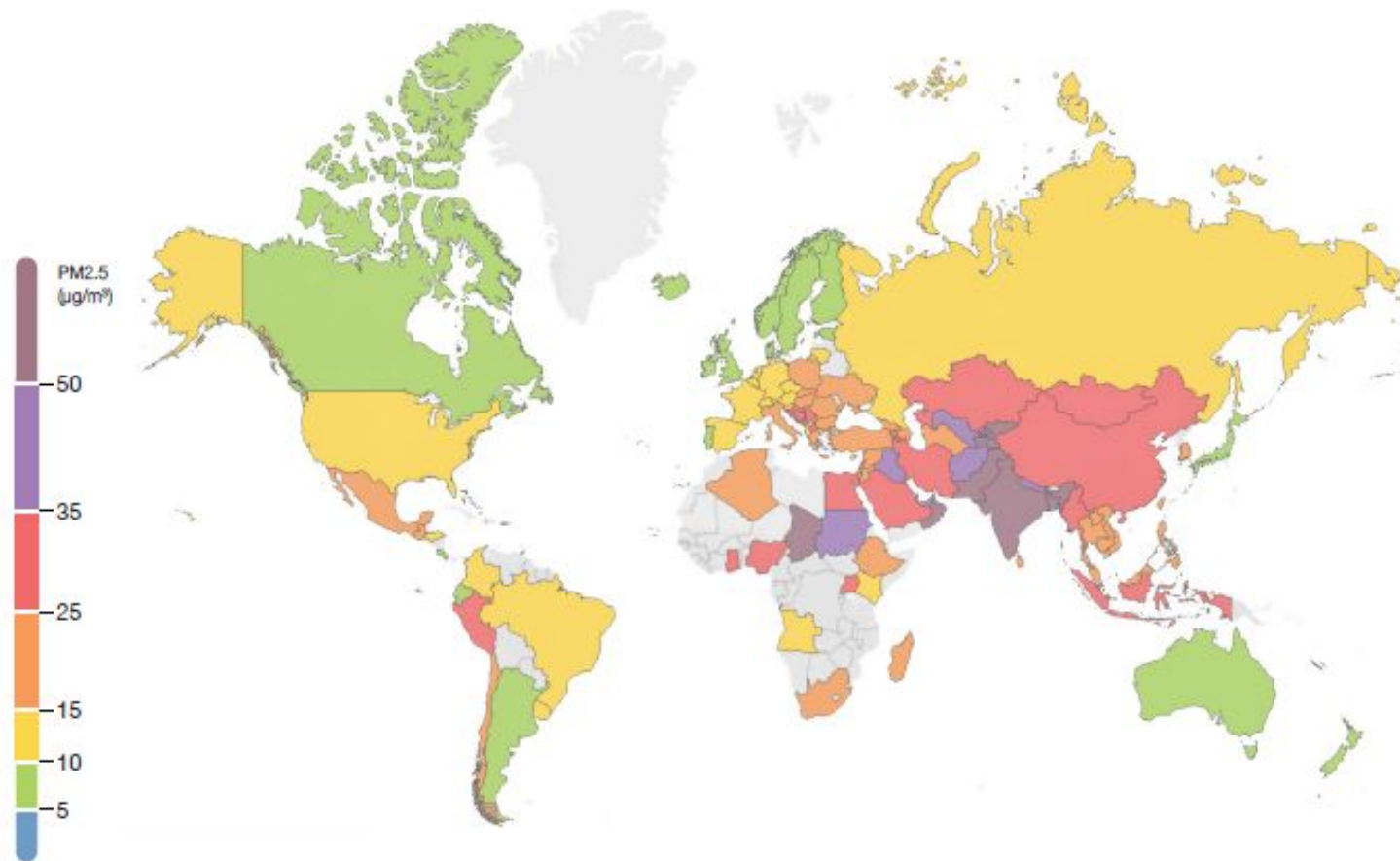
Source: IHME, Global Burden of Disease

Disease burden from particulate pollution, 2019

Disease burden is measured in disability-adjusted life years (DALYs). DALYs are age-standardized and therefore adjust for changes in age structures of population through time and across countries.



Source: IHME, Global Burden of Disease



Zdroj: World Air Quality
Report, 2021

2021 global map color coded by annual average PM2.5 concentration

World's most polluted countries & regions (historical data 2018-2021)

Like 175K

Most polluted country and region ranking based on annual average PM2.5 concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

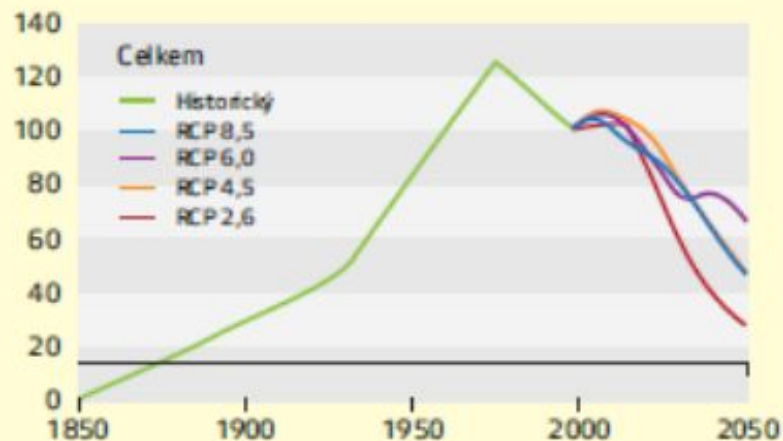
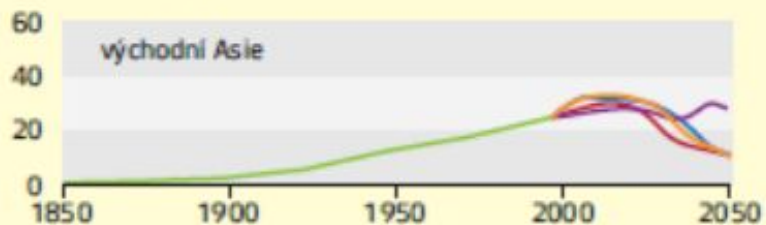
Meets WHO guideline Exceeds by 1 to 2 times Exceeds by 2 to 3 times Exceeds by 3 to 5 times Exceeds by 5 to 7 times Exceeds by 7 to 10 times Exceeds by over 10 times

Rank	Country/Region	2021	2020	2019	2018	Population
1	 Bangladesh	76.9	77.1	83.3	97.1	164,689,383
2	 Chad	75.9				16,425,859
3	 Pakistan	66.8	59	65.8	74.3	220,892,331
4	 Tajikistan	59.4	30.9			9,537,642
5	 India	58.1	51.9	58.1	72.5	1,380,004,385
6	 Oman	53.9	44.4			5,106,622
7	 Kyrgyzstan	50.8	43.5	33.2		6,524,191
8	 Bahrain	49.8	39.7	46.8	59.8	1,701,583
9	 Iraq	49.7				40,222,503
10	 Nepal	46	39.2	44.5	54.1	29,136,808
11	 Sudan	44.1				43,849,269

Zdroj:
<https://www.iqair.com/>

K10 Regionální trendy emisí sloučenin SO₂

milionů tun SO₂ za rok



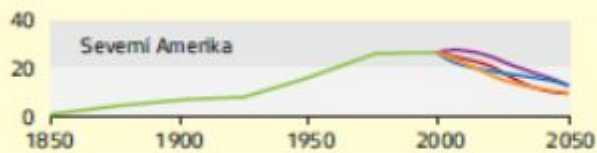
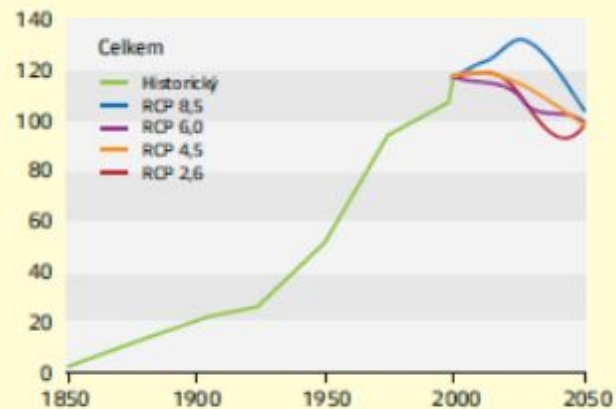
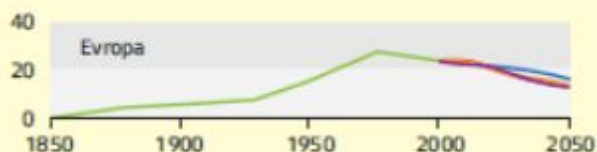
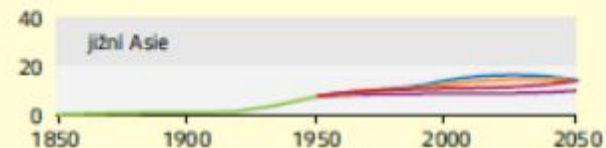
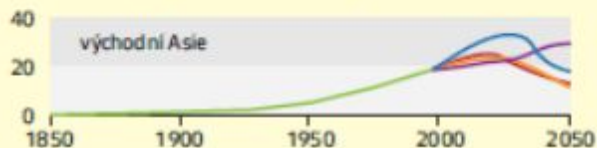
Zdroj: Moldan, B. Podmaněná
planeta. 2015

RCP = reprezentativní koncentrační linie (Representative concentration pathway)

● Zdroj: UNEP (2012)

K11 Regionální trendy emisí sloučenin dusíku 1850–2050

Millionů tun NO_x (vyjádřené jako NO_2) za rok

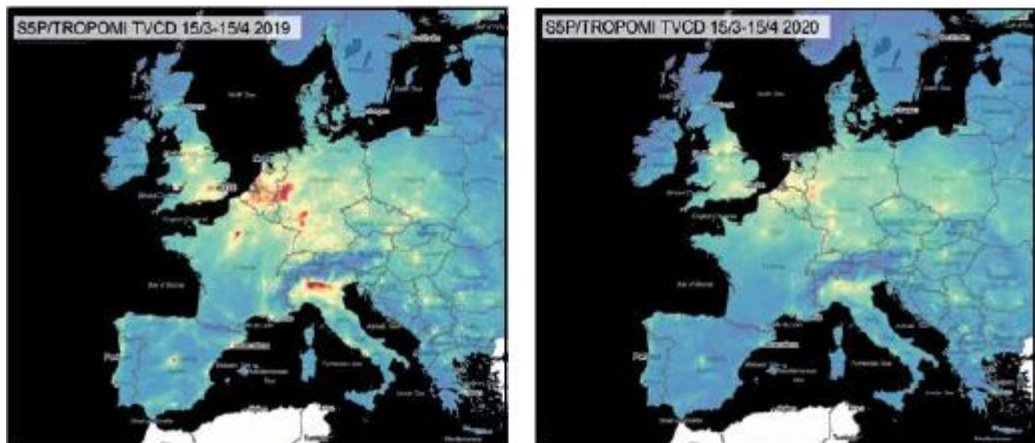


RCP = reprezentativní koncentrační linie

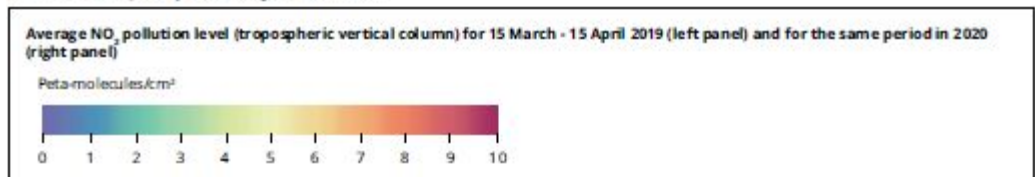
V Africe, Asii a Latinské Americe nepatří kontrola emisí dusíku mezi priority. Nicméně prognózy ukazují nárůst emisí sloučenin dusíku. V některých oblastech, zejména v Africe, je hlavním problémem nedostatek monitorovacích kapacit. Pro řešení problému bude zapotřebí větší politický důraz především na kontrolu látek obsahujících tyto sloučeniny. Nejčastěji se vyskytují emise ze zemědělství, energetiky, průmyslu a dopravy.

● Zdroj: UNEP (2012)

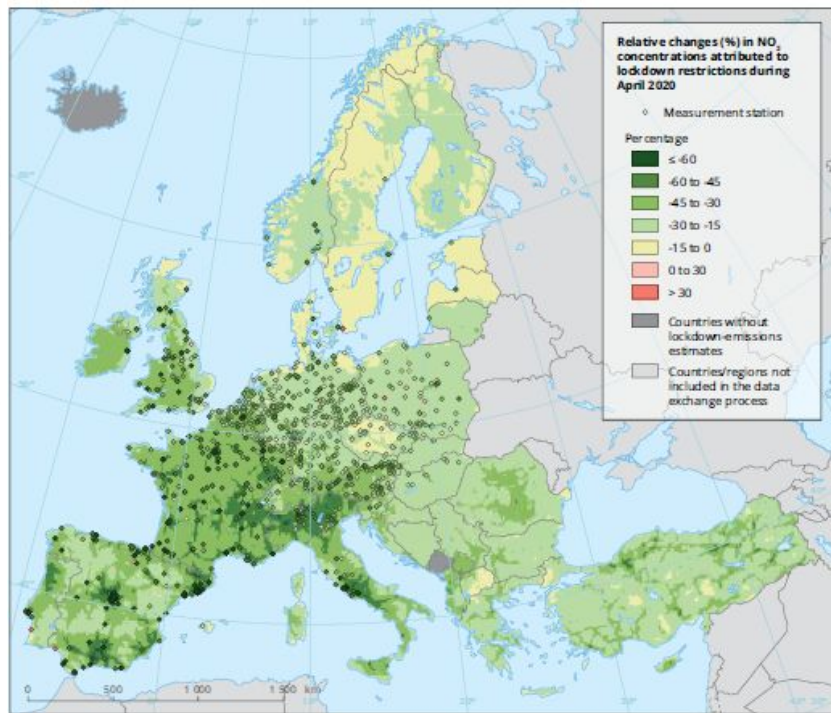
Map 2.1 Average NO₂ pollution level (tropospheric vertical column) from Sentinel-5P/TROPOMI for the period 15 March to 15 April 2019 (left panel) and for the same period in 2020 (right panel)



Reference data: © NILU - Norwegian Institute for Air Research. Contains modified Copernicus Sentinel data (2020), processed by NILU. Basemap © OpenStreetMap contributors and map tiles by Sarmen Design, under CC BY 3.0.



Map 2.3 Relative changes (%) in NO₂ concentrations attributed to lockdown restrictions during April 2020

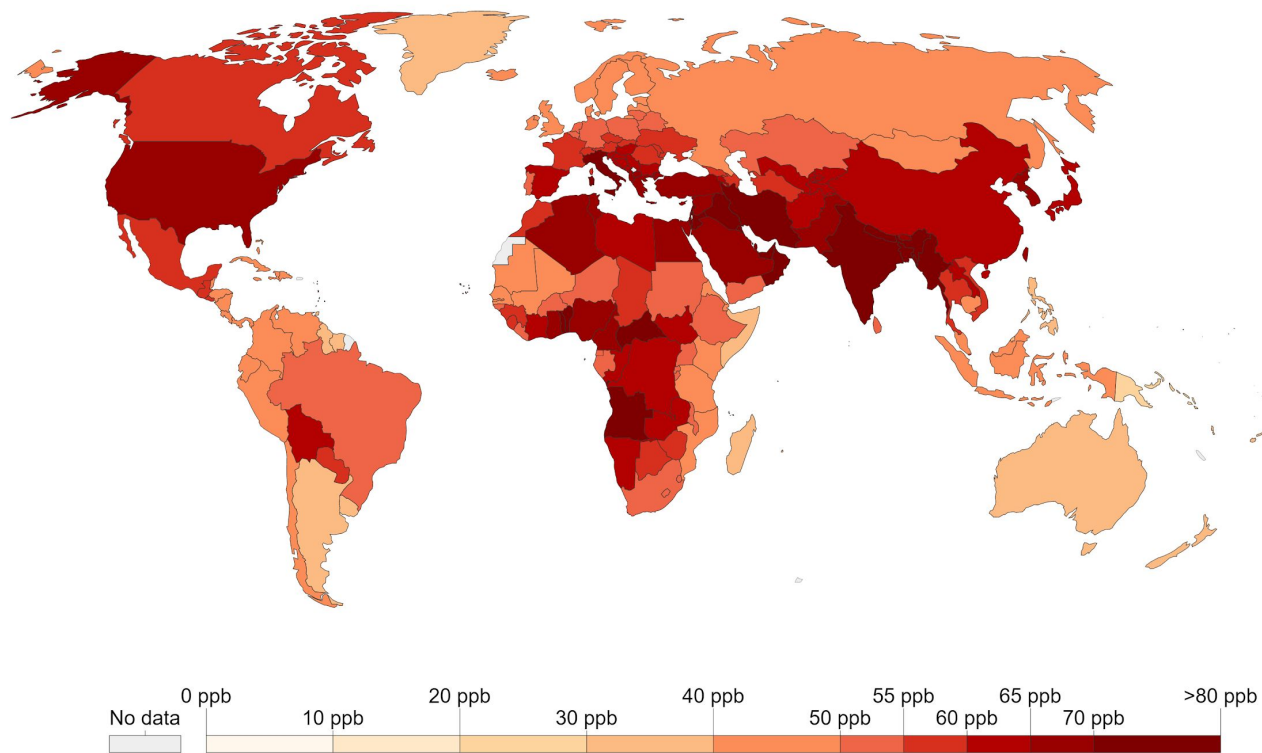


Reference data: © ESA

Zdroj: European Environment Agency, 2020

Ozone (O₃) concentration, 2015

Population-weighted average ozone (O₃) concentrations in parts per billion (ppb). Local concentrations of ozone are recorded and estimated at a 11x11km resolution. These values are subsequently weighted by population-density for calculation of nation-level average concentrations.

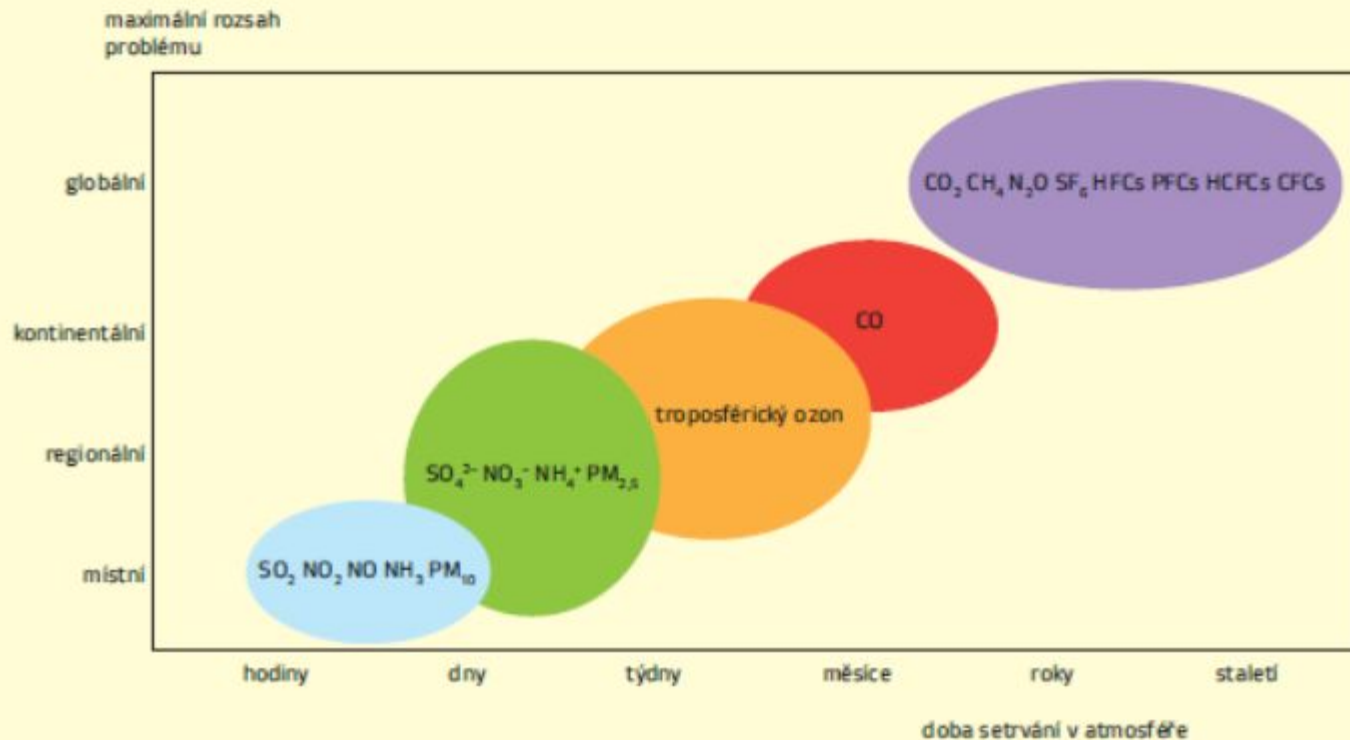


Zdroj:

Moldan, B.

*Podmaněná
planeta.*

2015



CH₄ = metan, N₂O = oxid dusný, SF₆ = fluorid sírový, HFCs, PFCs, HCFCs, CFCs = halogenované (chlorované a fluorované) uhlovodíky, SO₄²⁻ = síranový anion, NO₃⁻ = dusičnanový anion, NH₄⁺ = amonný kation, NO = oxid dusnatý

Těkavé organické látky (VOCs) nejsou v obrázku proto, že jde o velmi různorodou skupinu s rozdílnými dobami setrvání. Doba setrvání POPs závisí na rozdělení mezi plynnou fází a tuhé částice a na době zdržení tuhých částic.

● Zdroj: UNEP (2007)

Okyselování (Acidifikace)

- okyselování půdního nebo vodního prostředí
- úbytek zásad (vápník, draslík, hořčík) - nahrazení kyselými prvky
- přirozené příčiny
 - biogeochemické (vulkány) a hydrologické cykly; sukcese, podzolizace
- antropogenní příčiny
 - spalování fosilních paliv, zemědělství, průmysl
- okyselování oceánů (absorpce CO_2)

Kyselá atmosférická depozice

- Kyselé částice a kapky
- Oxid siřičitý, oxidy dusíku
 - transportované na velké vzdálenosti
 - přetvářené na sekundární škodliviny
 - kyselina sírová, kyselina dusičná, sírany, dusičnany
- Mokrá a suchá depozice
- Citlivost závisí od ekosystému a jeho odolnosti
 - složení půd, zásadité prvky, vegetace

Dopady

- Poškození vegetace
 - kyselost půdy, dostupnost živin, těžké kovy, vliv na půdní organismy
- Poškození lesů (vyšší nadmořská výška)
 - odbourávání živin, uvolňování těžkých kovů
- Dopady na vodní systémy - kyselá jezera
- Poškození kovových a stavebních materiálů
- Dopady na lidské zdraví
 - Priamo + nepriamo
 - Podráždění a nemoci dýchacího traktu

Redukční smog (londýnský, zimní)

- Smoke + fog
- Šedá barva, inverze
- 50. roky - uhlí na topení a vaření + v energetice a průmyslu
- Směs oxidu siřičitého, PM a kapek kyseliny sírové
- Méně často v rozvinutých krajinách - technologie
- Problém ve východní Evropě, Číně, Indii
 - uhlí ve fabrikách a domácnostech

Velký smog 1952 (Londýn)

- 5. - 9. prosince
- Ochlazení (uhlí), tlaková výše, bezvětří
- Mlha + smog; Autobusy místo tramvají
- 4000 úmrtí (možná až 12 000), 100 tis. onemocnění
- Environmentální legislativa (1956 Clean Air Act)
 - 10x snížení koncentrace oxidu siřičitého; o 80 % slunečního svitu
- 1930 Belgie (6000 nemocných; 60 mrtvých)
- 1948 Pensylvánie (6000 nemocných; 20 mrtvých)



Londýn 1952

Staženo z:

<http://www.telegraph.co.uk/news/earth/countryside/9727128/The-Great-Smog-of-London-on-the-air-was-thick-with-apathy.html>

Zdroj: The Telegraph

Oxidační smog (letní, fotochemický)

- Losangeleský, kalifornský
- Hnědý smog - oxid dusičitý (NO_2) z oxidu dusnatého
- Směs sekundárních škodlivin vytvořených při slunečním záření
- Ozon, organické sloučeniny
- Urbánní problém - doprava
 - města se slunečním, teplým a suchým podnebím
- Dráždění očí, respirační potíže

Los Angeles

Zdroj:
Mashable

Staženo z:

<http://mashable.com/2014/04/30/most-polluted-cities-us/#4vNk4B21wuqh>



Vývoj

- Emise oxidů síry - snížení
 - celosvětově vrchol 1970
 - pozitivní vývoj v Evropě a Sev. Americe
 - odsiřovací jednotky, paliva s nízkým obsahem síry
 - negativní vývoj v Asii - přes hranice států
- Oxidy dusíku - jen částečně zlepšení
 - problém dopravy

Regionální a globální znečištění

- Regionální

- stovky až tisíce km
- kyselá deště (sloučeniny síry a dusíku)
- letní (fotochemický) smog - např. nad celou Evropou

- Globální

- látky typické pro ovzduší průmyslových zemí v Grónském ledovci
- aerosol - také v globálním měřítku
- a samozřejmě CO₂

Městské prostředí

- Městský tepelný ostrov
 - dopady v zimě a v létě
- Znečištění ovzduší
 - doprava, topení, průmysl, spalování odpadů, stavební materiály, čistírny odpadních vod
 - další látky: těžké kovy, rádionuklidy
- 1/2 lidí v urbánních oblastech v 91 zemích - znečištění vyšší než 2,5x limity WHO

Řešení znečištění ovzduší

- Snížení emisí škodlivin
 - kontrola spalovacích procesů (stacionární a mobilní zdroje)
- Preventivní a následná opatření
 - Preventivní: účinnější + méně nákladná
 - Následná: rychlý efekt
 - ČR: odsiřovací zařízení na elektrárnách
- CLRTAP: Úmluva o dálkovém znečišťování ovzduší přesahujícím hranice států (protokoly)

Zdroje

- European Environment Agency. *Air quality in Europe — 2020 report*. 2020.
- HITE, Kristen A. a John L. SEITZ. *Global issues: an introduction*. Fifth edition. Chichester: Wiley Blackwell, 2016. ISBN 978-1-118-96885-7.
- HOLLAN, Jan a Yvona GAILLYOVÁ. *Ochrana klimatu*. ZO ČSOP Veronica. 2019.
- IQAir. *World Air Quality Report*. 2021.
- MIDDLETON, Nick. *The global casino: an introduction to environmental issues*. Fifth edition. London: Routledge, Taylor & Francis Group, 2013. ISBN 978-0-415-82662-4.
- MOLDAN, Bedřich. *Podmaněná planeta*. Druhé, rozšířené a upravené vydání. Praha: Karolinum, 2015.
- MYERS, Norman a Scott SPOOLMAN. *Environmental issues & solutions: a modular approach*. International edition. Australita: Brooks/Cole, Cengage Learning, 2014.
- RITCHIE, Hannah and Max ROSER. *Air Pollution*. Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: 'https://ourworldindata.org/air-pollution' [Online Resource]
- RITCHIE, Hannah and Max ROSER. *Ozone layer*. Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: 'https://ourworldindata.org/ozone-layer' [Online Resource]
- World Health Organization. Retrieved from: <https://www.who.int/data/gho/map-gallery> [Online Resource]