

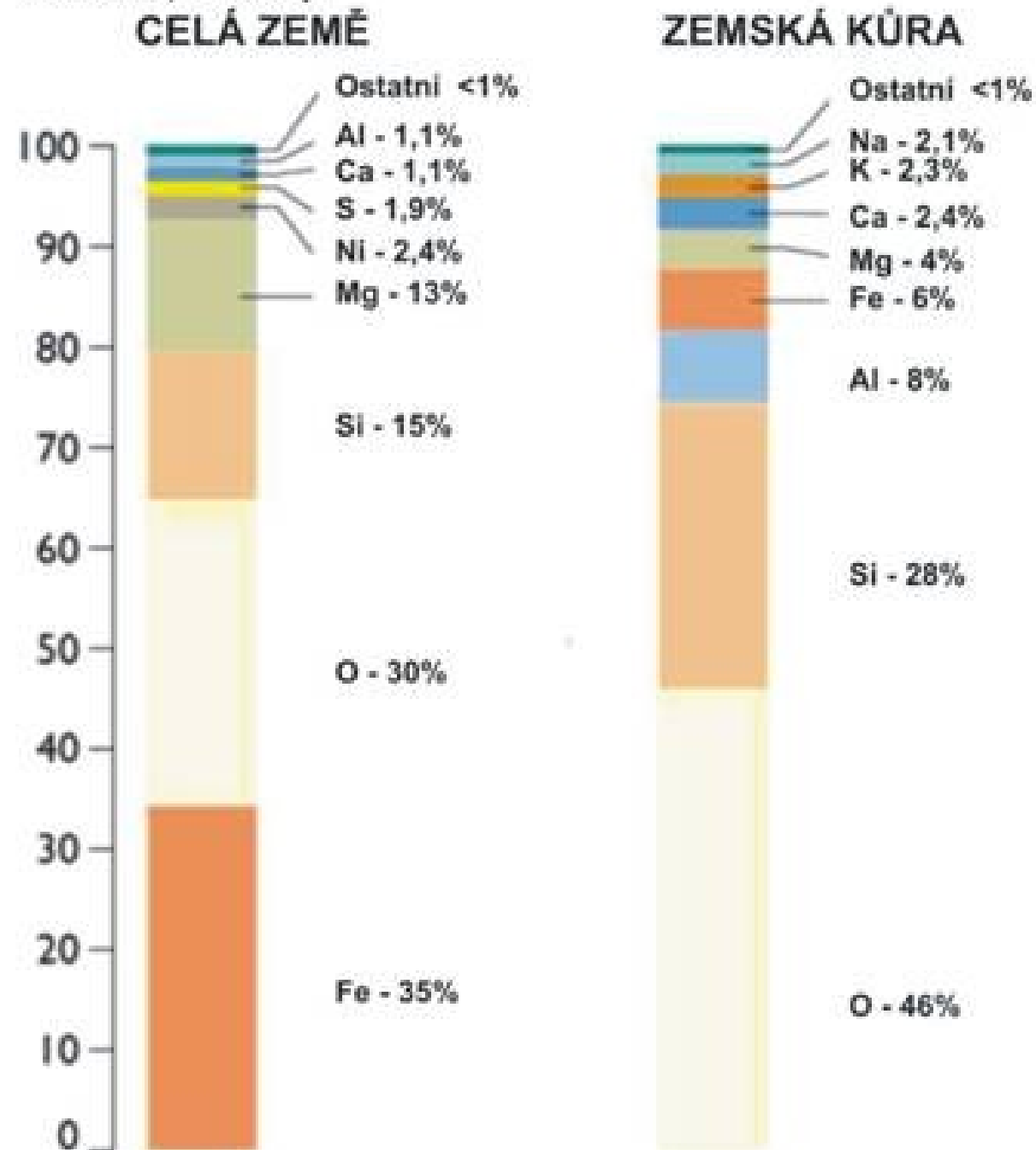
# Biogeochemické procesy

- Původ prvků, složení Země
- Koloběh kyslíku
- Koloběh uhlíku
- Okyselování oceánů
- Koloběh dusíku
- Koloběh fosforu
- Eutrofizace
- „Planetární hranice“

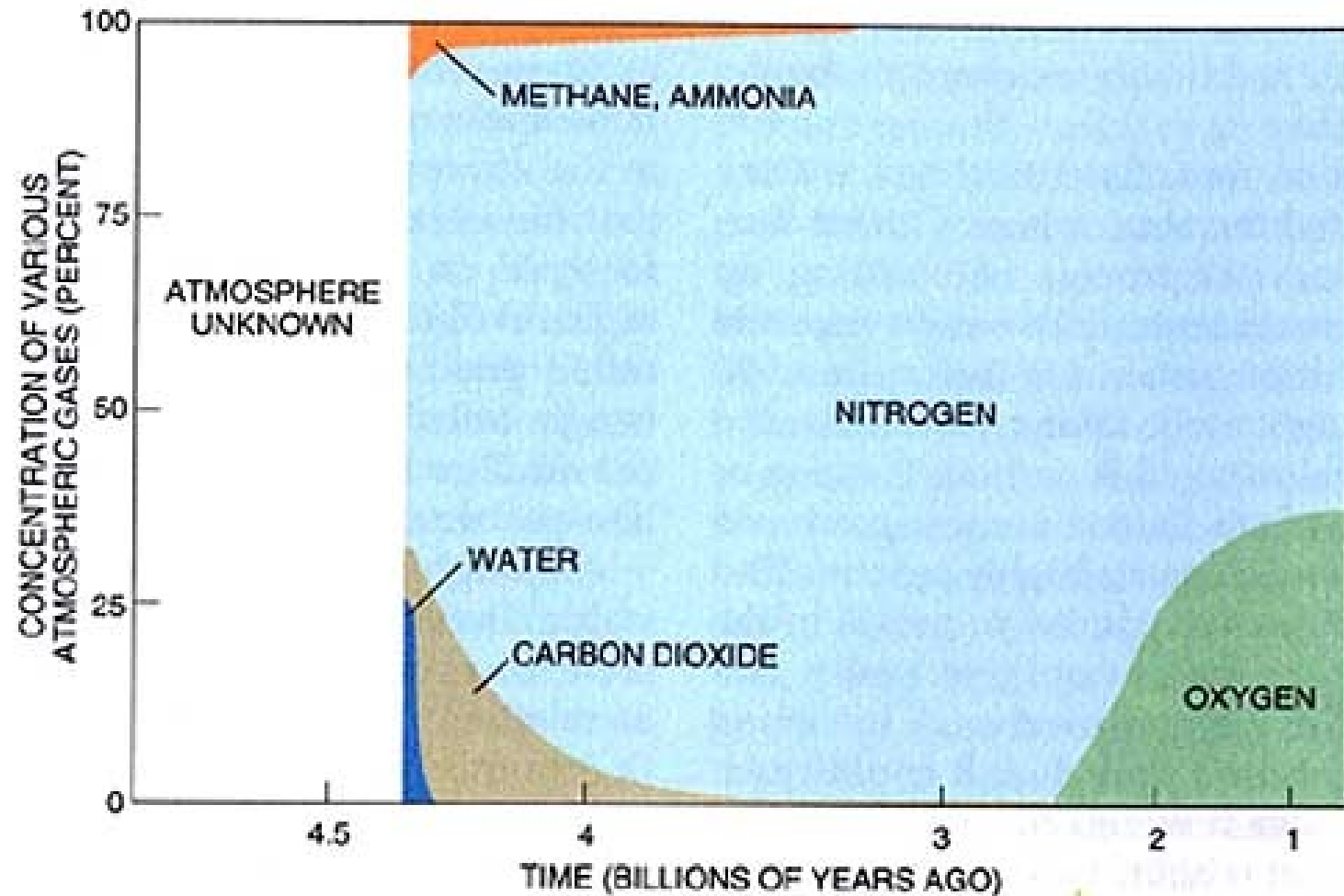
# Původ prvků

- Vesmír je starý  $13,7 \pm 0,2$  miliard let
- První hvězdy tvořeny pouze vodíkem a heliem
- V nitrech hvězd dochází k syntéze atomových jader, vznikají těžší prvky.
- Při výbuchu nov a supernov je vzniklý materiál vyvržen do prostoru.
- Stáří sluneční soustavy a Země je 4,6 miliard let

Obr. 2.2.4 Srovnání látkového složení Země jako celku a zemské kůry (upraveno podle Presse & Sievera, 1998)



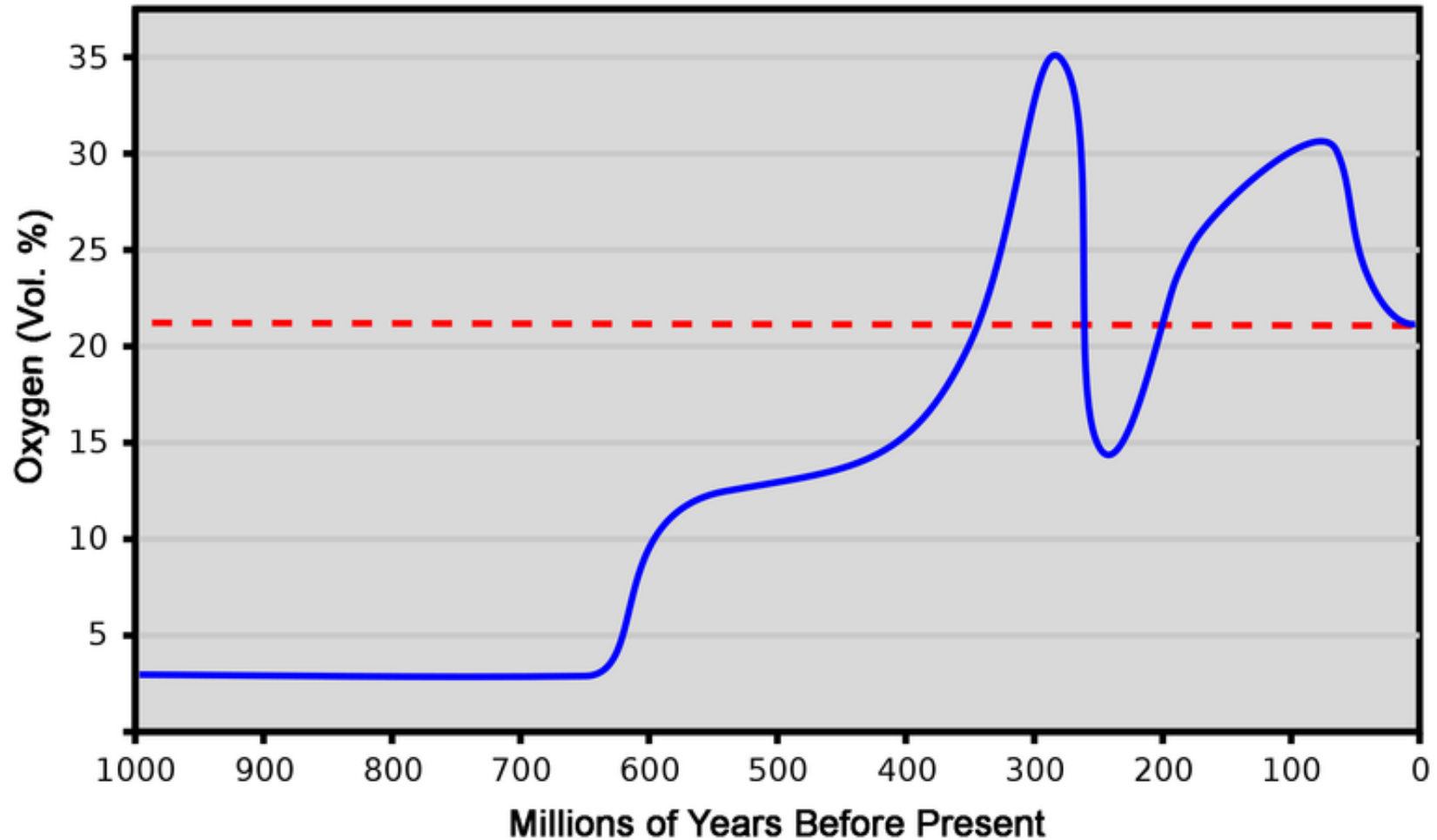
# Složení zemské atmosféry



# Kyslík

## Oxygen Content of Earth's Atmosphere

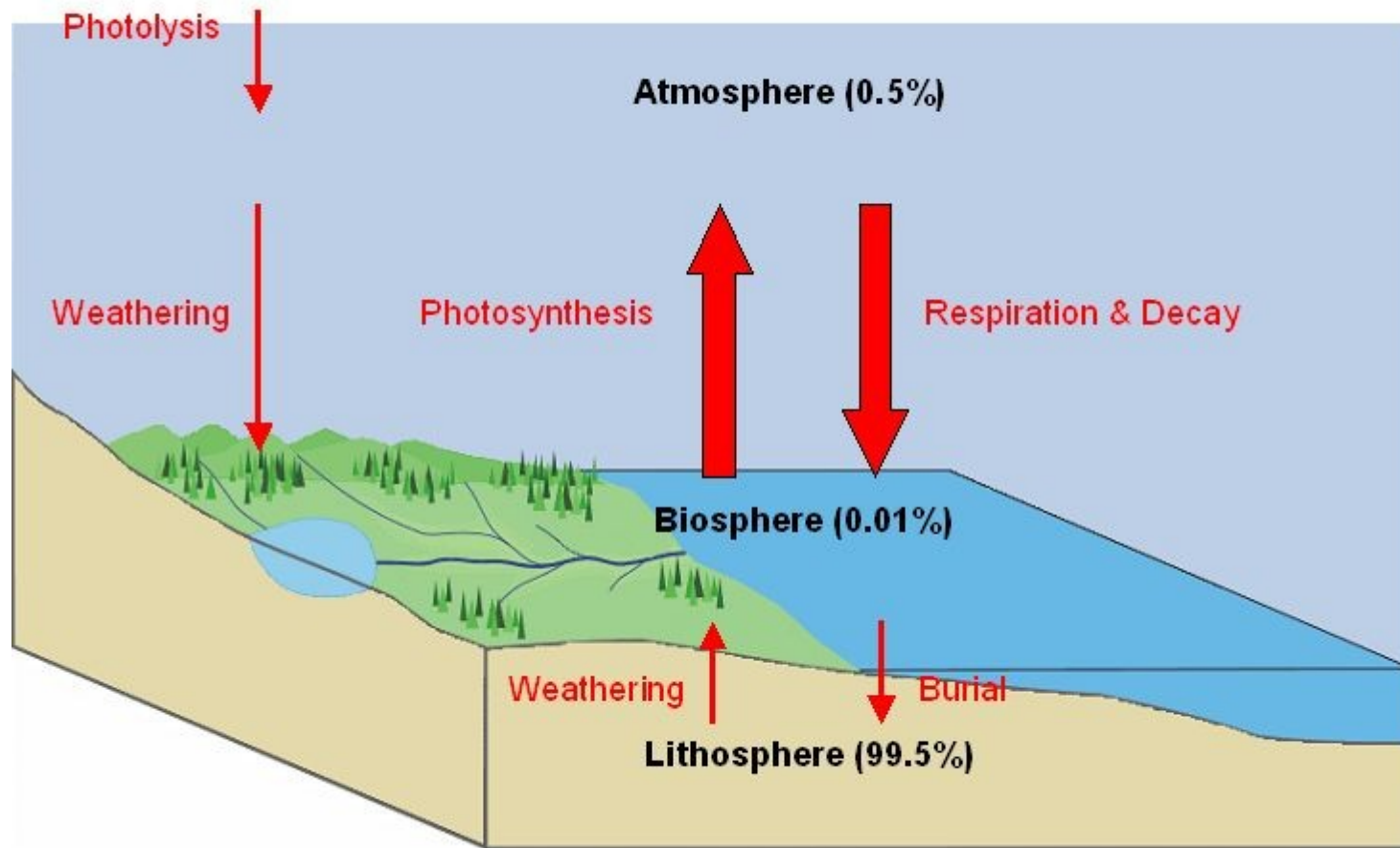
During the Course of the Last Billion Years



# Stromatolity



## Oxygen Cycle Reservoirs & Flux



**Koloběh kyslíku** je biogeochemický cyklus mezi třemi rezervoáry tohoto prvku na zemi - *atmosférou*, *biosférou* a *litosférou*. Hlavní pohonnou silou tohoto cyklu je fotosyntéza, která je rovněž zodpovědná za složení současné zemské atmosférou.

# Vznik volného kyslíku

Největším rezervoárem kyslíku na Zemi jsou oxidy v zemské kůře a zemském plášti (99,5 %). Pouze 0,01 % je volný kyslík v biosféře a 0,36 % v atmosféře.

Hlavním zdrojem kyslíku v biosféře a atmosféře je **fotosyntéza**, při níž se mimo jiné rozkládá oxid uhličitý na kyslík:



Mezi fotosyntetizující organismy patří zelené rostliny a fytoplankton v oceánech.

Kyslík může vznikat i při **biologickém zvětrávání**. Při tomto procesu organismy získávají živiny z oxidů a přebytečný kyslík vypouští.

Dalším zdrojem  $\text{O}_2$  je proces zvaný **fotolýza**, při němž UV záření rozkládá molekuly vody a dusitanů. Volné atomy dusíku a vodíku odchází do vesmíru, zatímco kyslík zůstává v atmosféře.





# Ztráty volného kyslíku z atmosféry

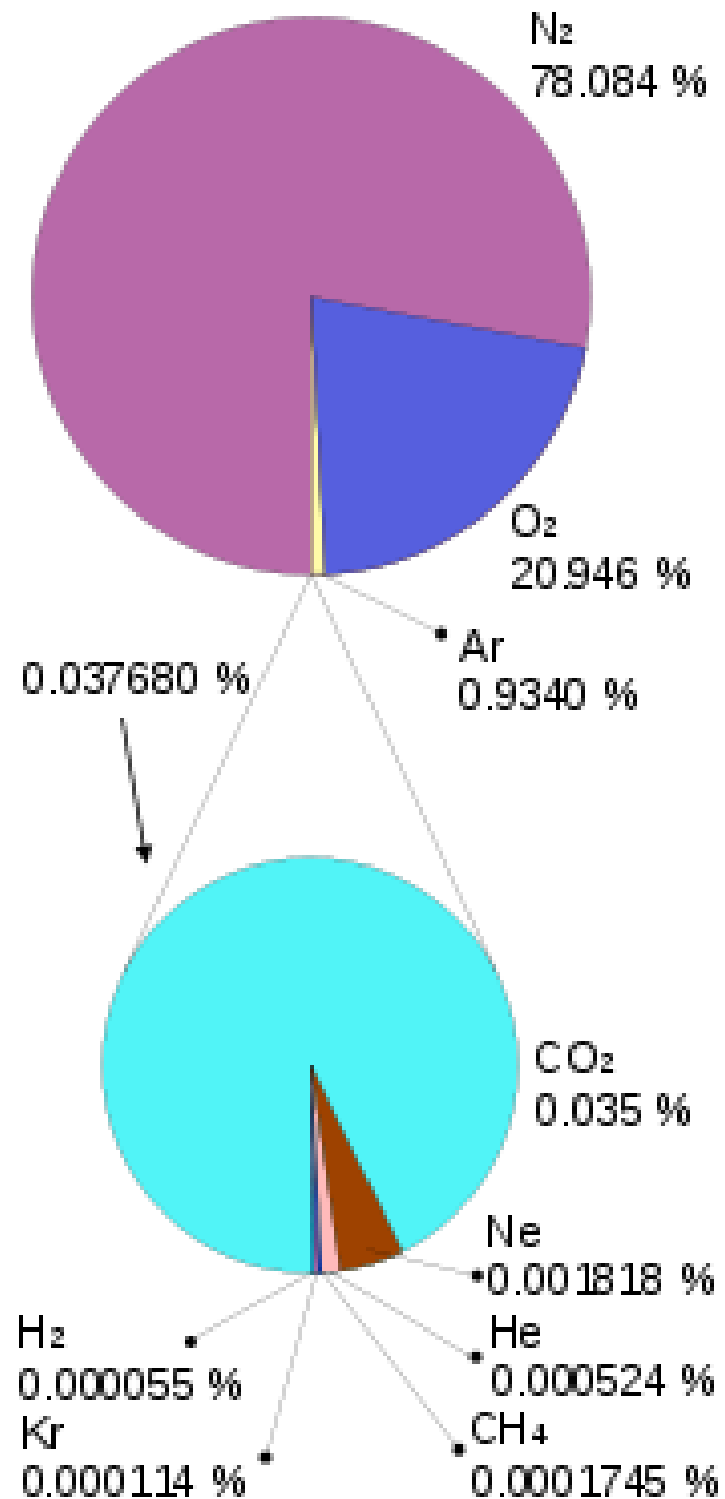
- **Respirací** (dýcháním) a **dekompozicí** (rozkladem organických látek). Při těchto dějích živočichové a bakterie pohlcují kyslík a vypouští oxid uhličitý.
- **Chemickým zvětráváním hornin**



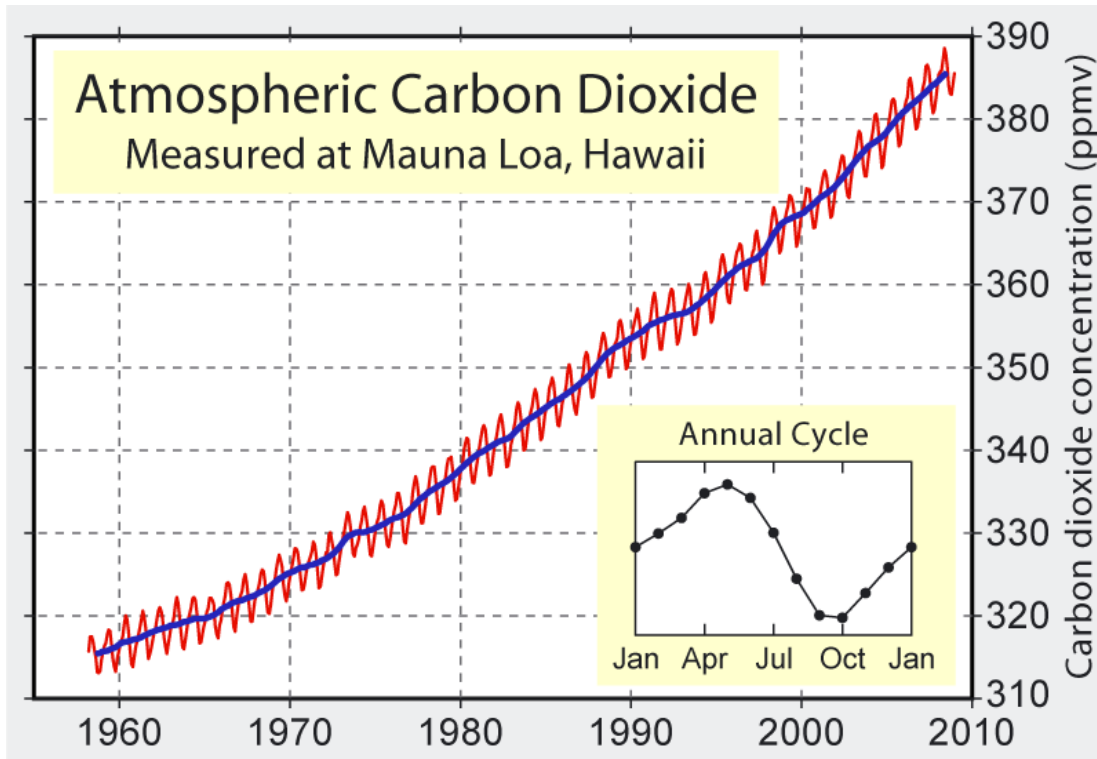
Kyslík se přenáší také mezi biosférou a litosférou. Mořské organismy v biosféře tvoří schránky z uhličitanu vápenatého ( $\text{CaCO}_3$ ), který je bohatý na kyslík. Když organismy uhynou, schránky se uloží na dně moře a postupem času tvoří minerál vápenec.

# Atmosféra

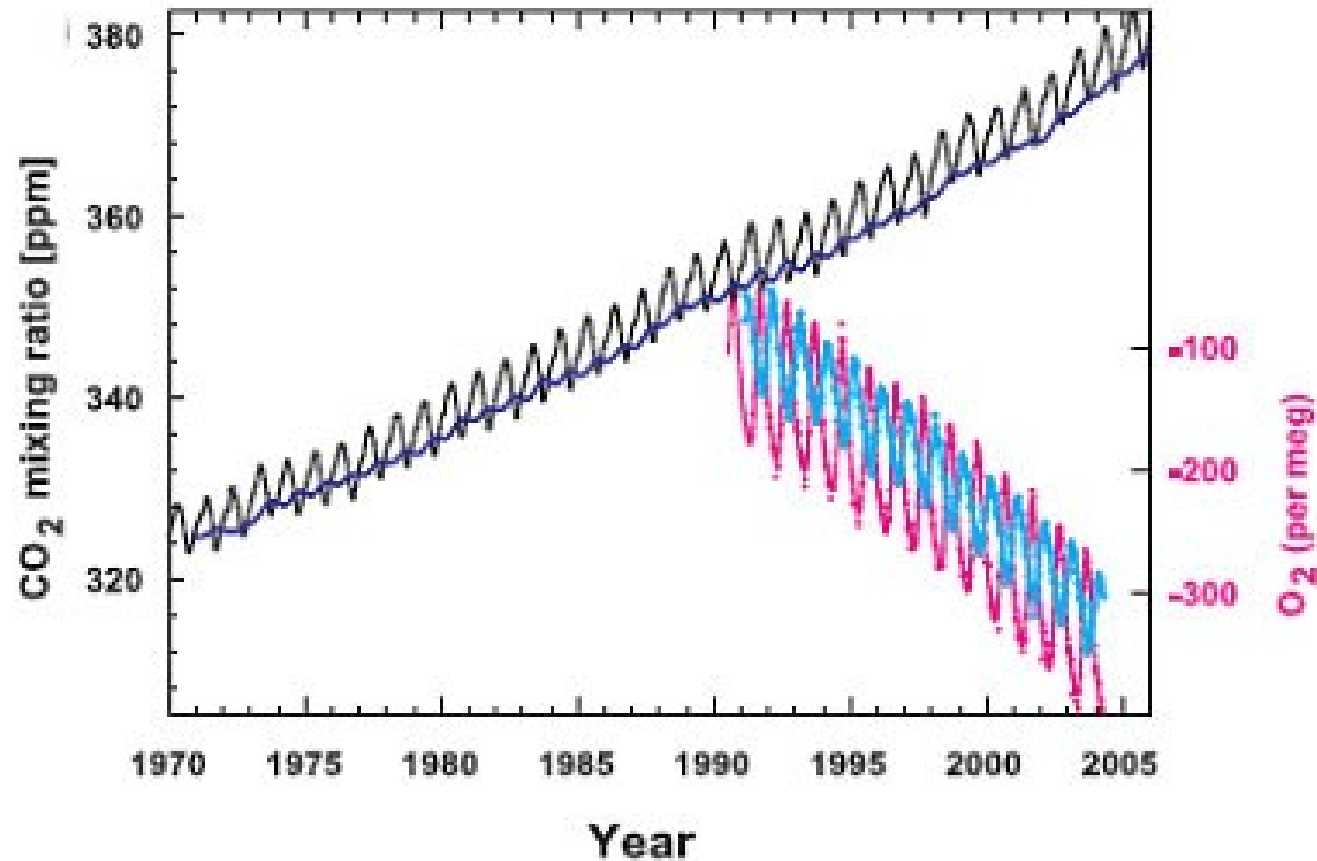
CO<sub>2</sub> – stav r. 1990  
(+ 0,002 % / rok)



# Charles David Keeling od r. 1958 měření CO<sub>2</sub>

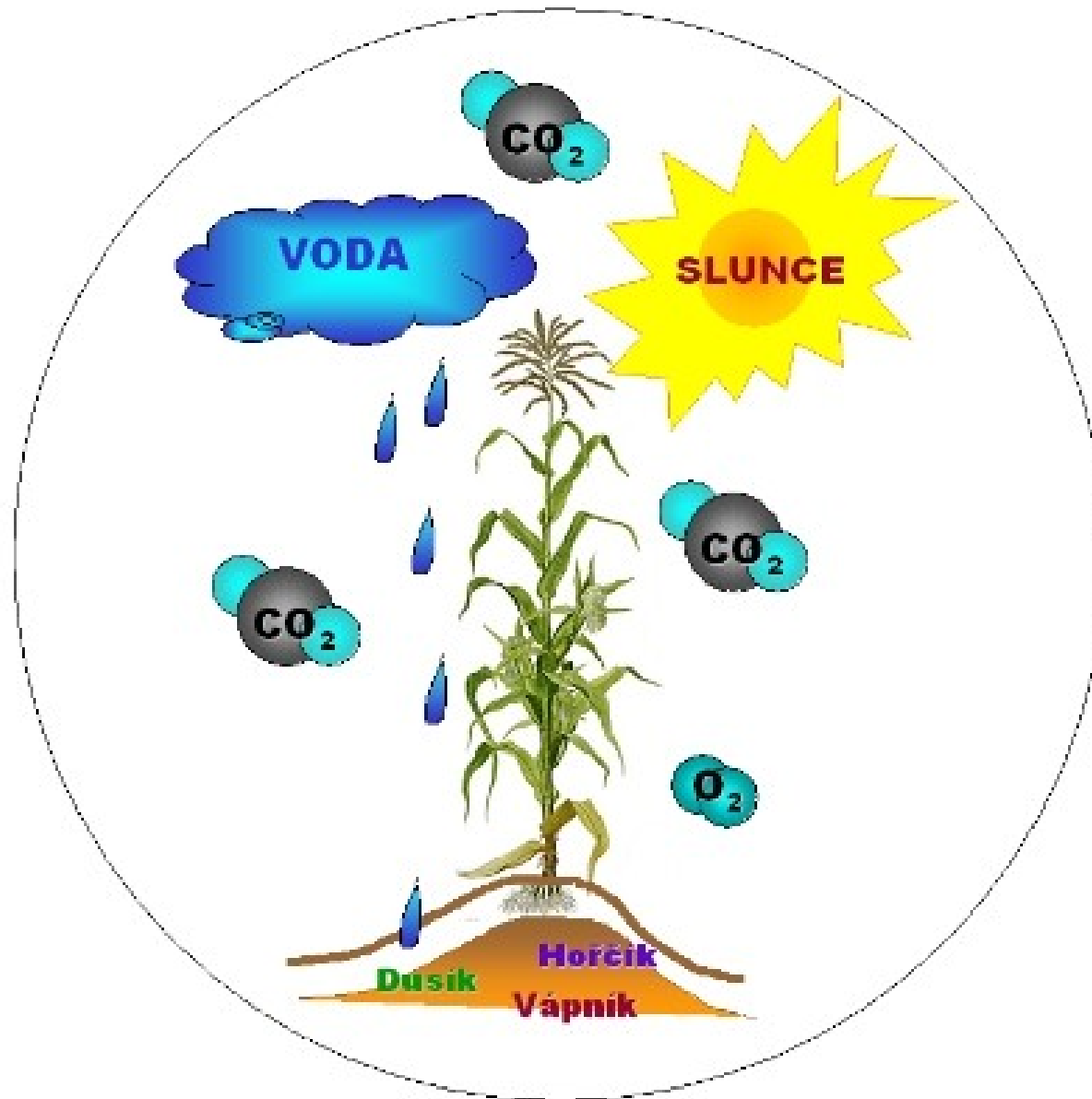


## Oxygen Levels are Decreasing

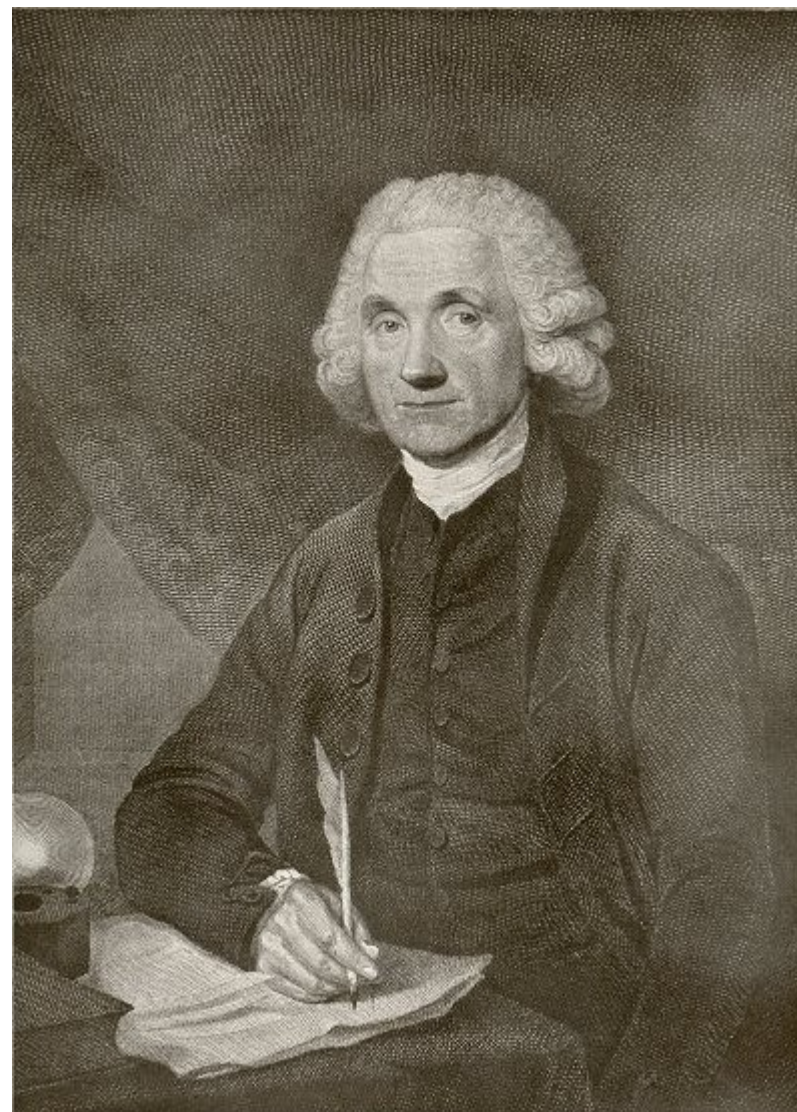


<http://green.yahoo.com/blog/climate411/134/how-we-know-humans-cause-global-warming-part-2-of-5-chemistry.html>

# Co potřebují rostliny k růstu?



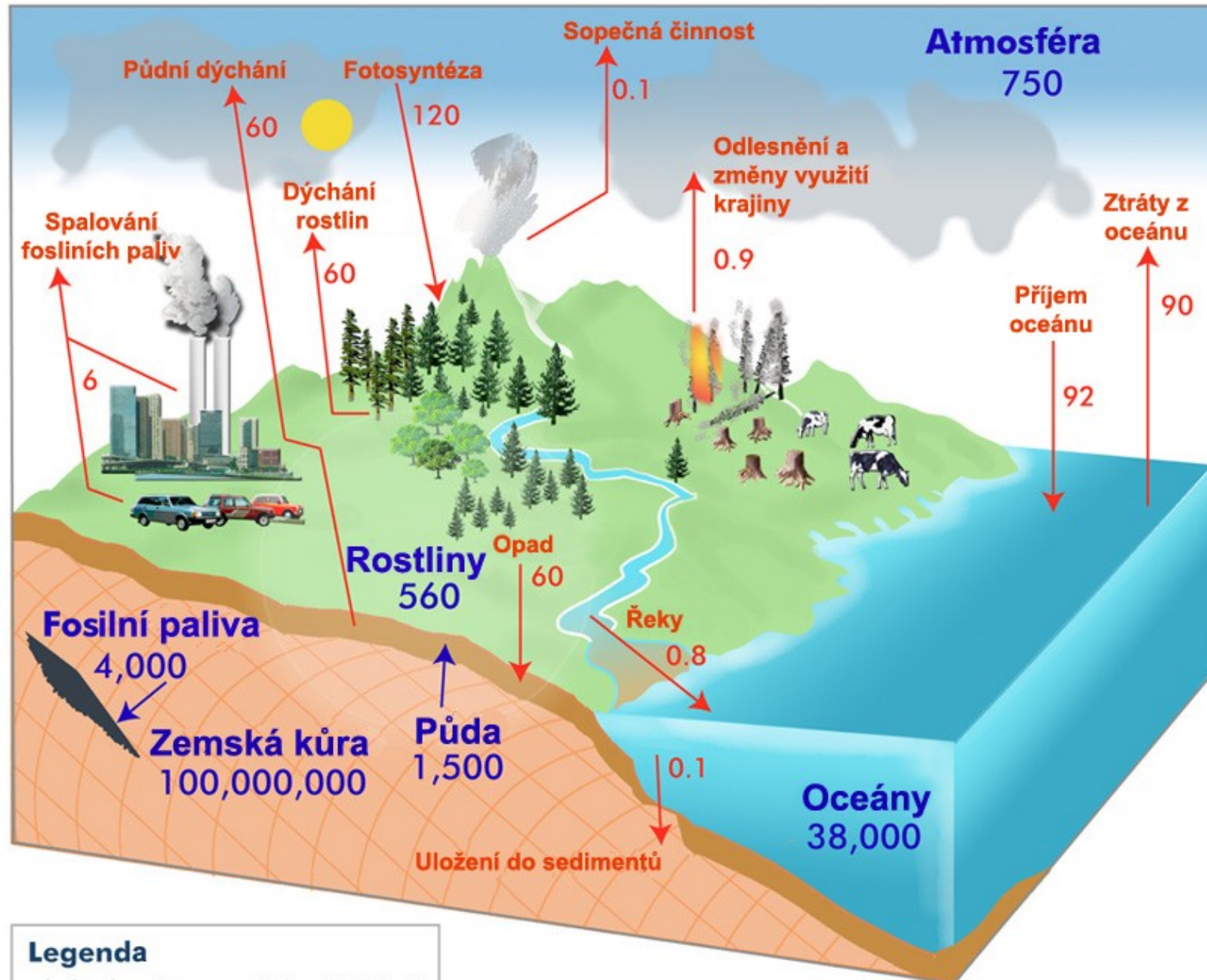
- Joseph Priestley  
(1733 – 1804)  
anglický chemik, filozof,  
duchovní a pedagog.  
Proslavil se jako objevitel  
oxidu uhličitého  
a spoluobjevitel kyslíku.





<http://environment.nationalgeographic.com/environment/global-warming/missing-carbon/>

# Globální cyklus uhlíku



## Legenda

Jednotky: Petagramy (Pg) =  $10^{15}$  gC

- Zásobníky: Pg
- Toky : Pg/rok

<http://kfrserver.natur.cuni.cz/globe/others-CZ.htm>



# Rezervoáry uhlíku

- sedimenty (uhličitany, látky s obsahem uhlíku, včetně fosilních paliv)
- hydrosféra (rozpuštěný oxid uhličitý a organická hmota) - cca 38000 Gt
- biosféra (organická živá i neživá hmota) - cca 1900 Gt
- atmosféra ( $\text{CO}_2$ ) - 750 Gt

# Uhlíkový cyklus

Uhlík existuje v atmosféře hlavně jako oxid uhličitý (cca 0,04 %).

## **Uhlík se z atmosféry dostává pryč:**

- \* Fotosyntézou
- \* Rozpuštěním ve vodě, zejména oceánu
- \* V oceánu plankton ukládá oxid uhličitý ve svých tkáních a schránkách. Schránky pak klesají ke dnu a ukládají se jako sedimenty.

## **Uhlík se do atmosféry dostává několika způsoby:**

- \* Respirací živočichů a rostlin
- \* Rozkladem biomasy
- \* Spalováním organického materiálu. Při spalování fosilních paliv (uhlí, ropa, zemní plyn) se rozpadají organické látky, které se po miliony let ukládaly v biosféře.
- \* Při sopečných erupcích se uvolňují plyny, které obsahují oxid uhličitý.

# Okyselování oceánů

Pohlčováním  $\text{CO}_2$  ve vodě vzniká kyselina uhličitá  $\text{H}_2\text{CO}_3$ .  
 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$

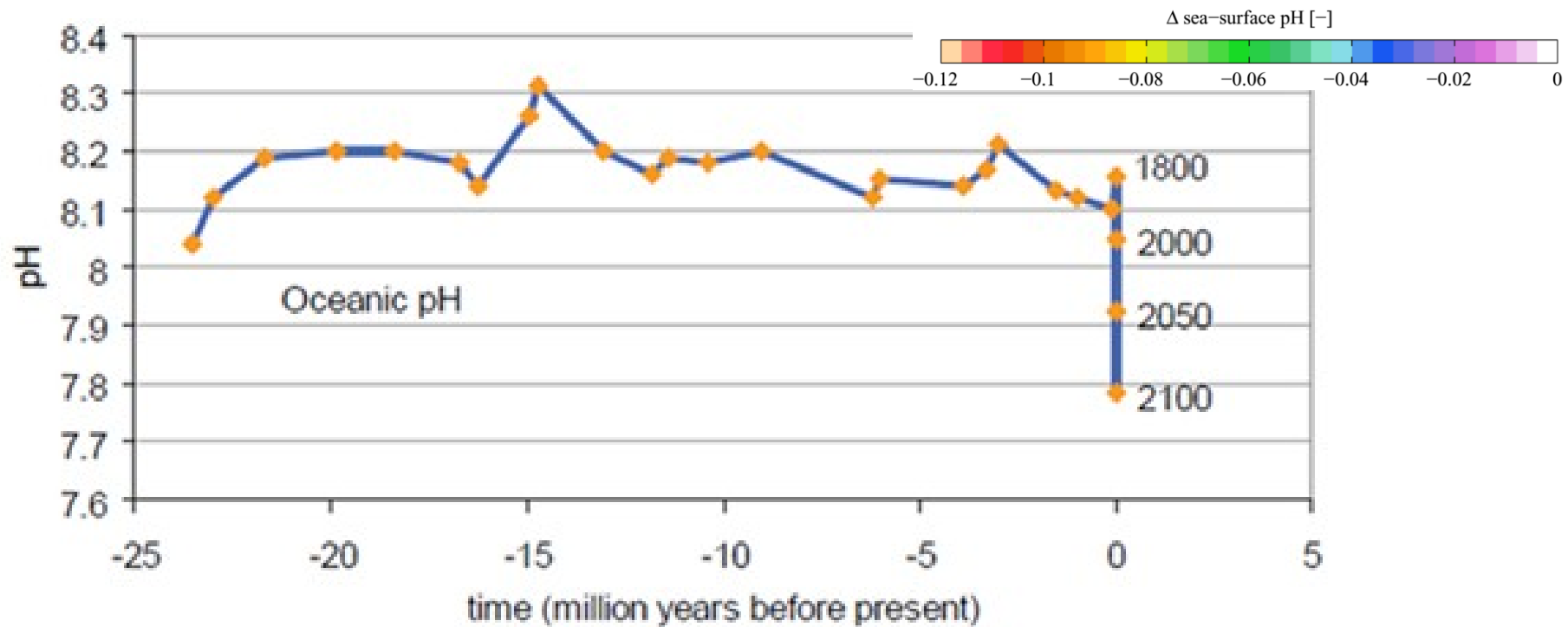
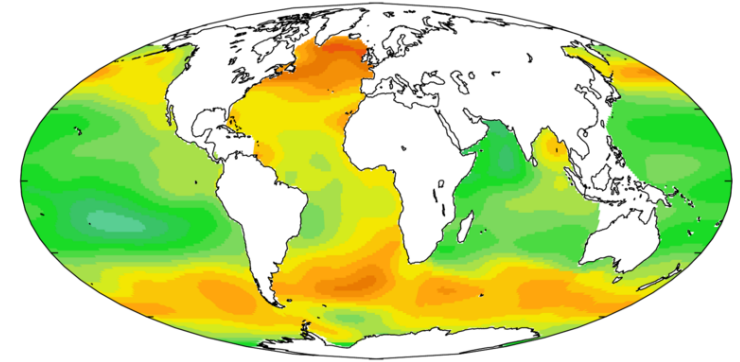
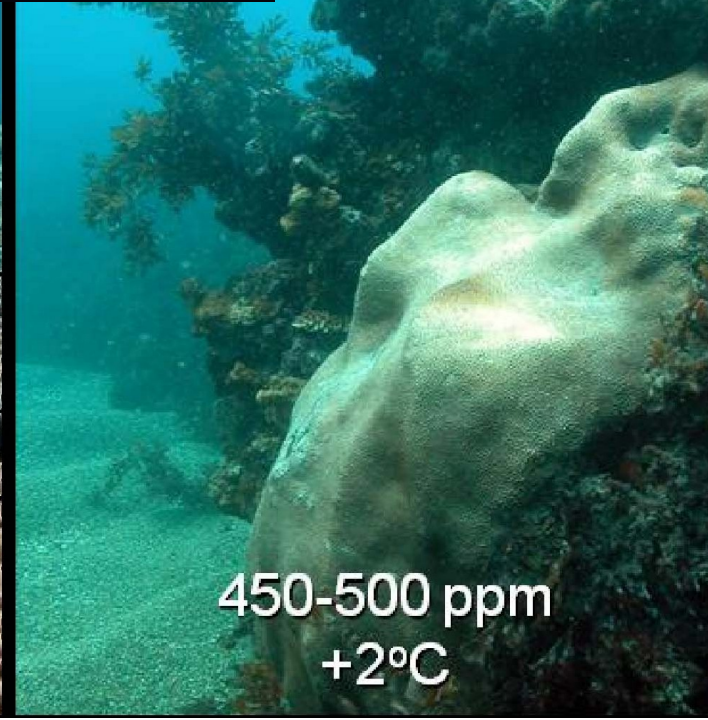
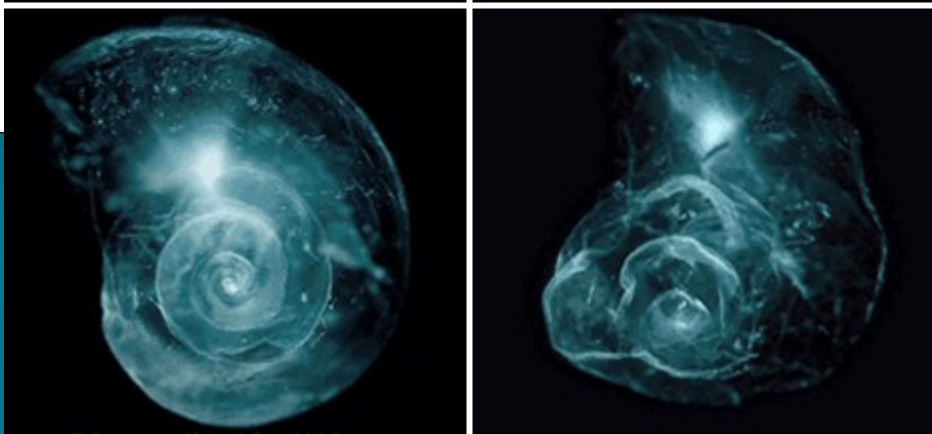
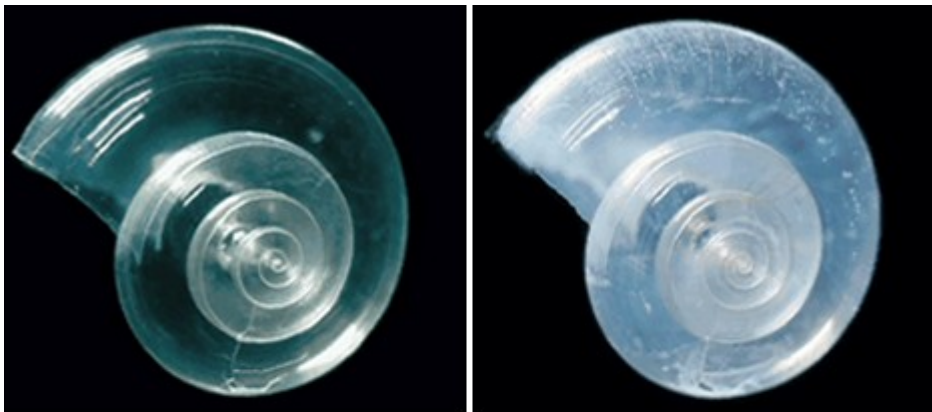
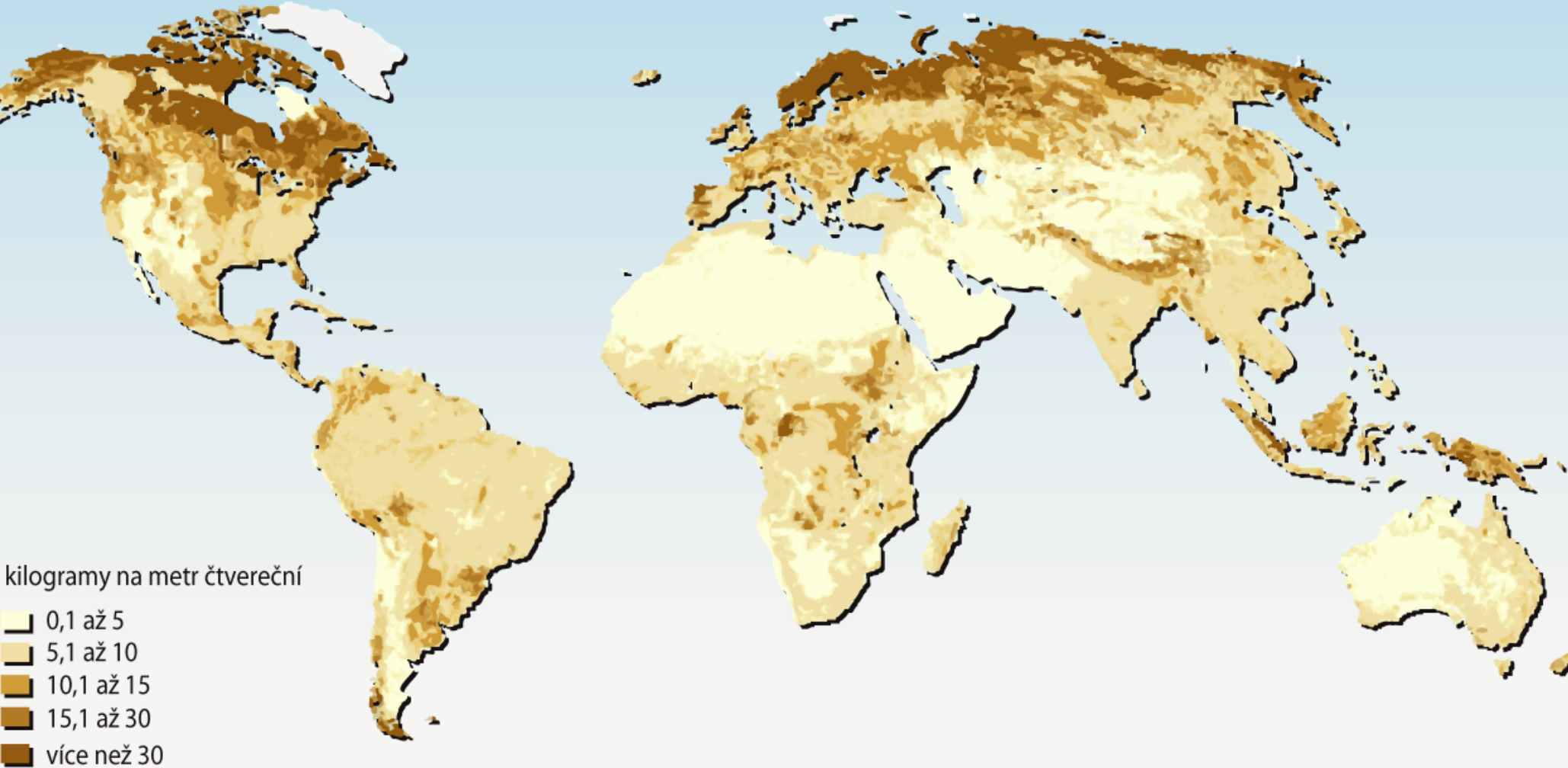


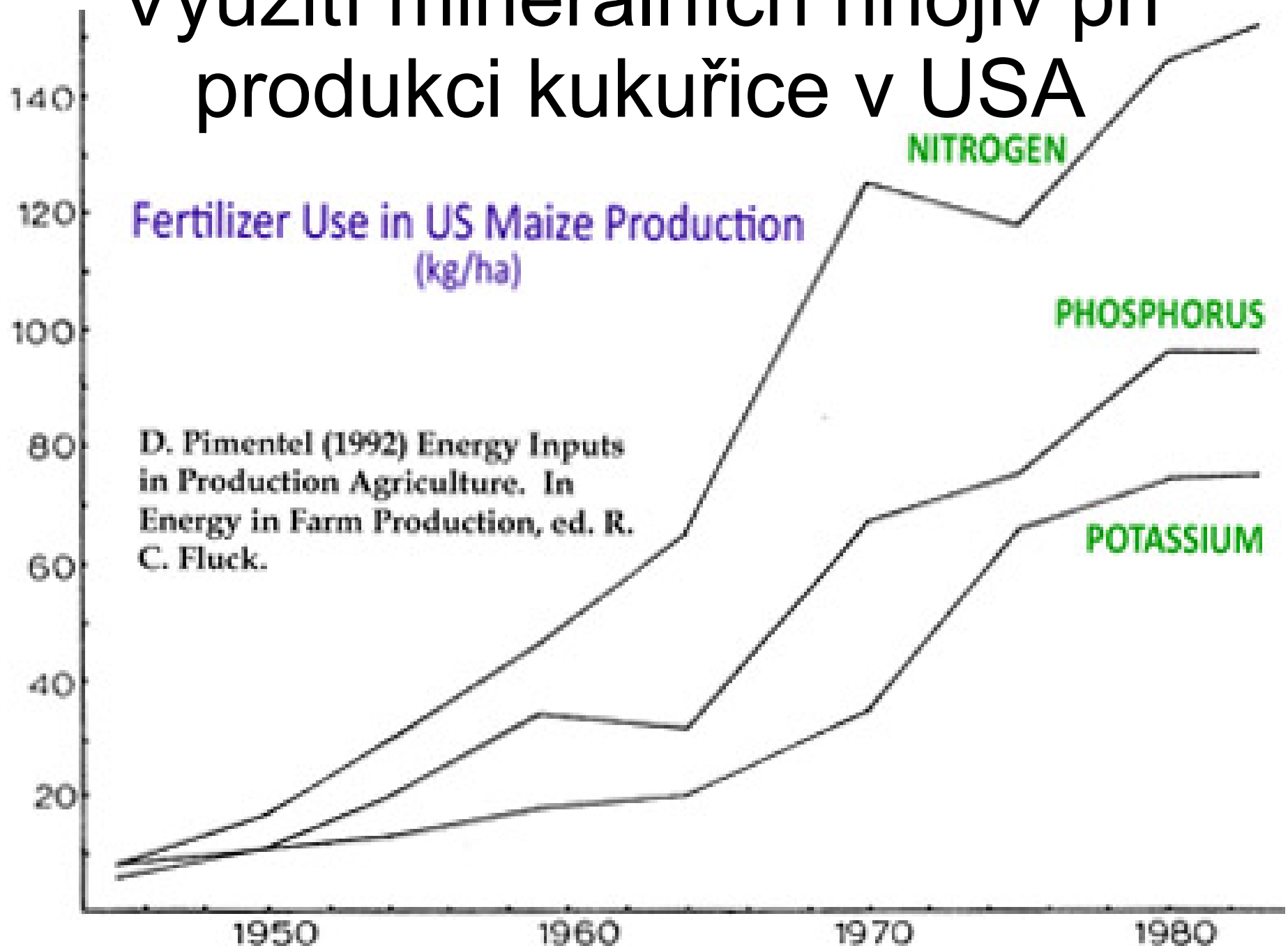
Figure 1. Past and contemporary variability of marine pH. Future predictions are model derived values based on IPCC mean scenarios (from Turley *et al*, 2006. Cambridge University Press, 8, 65-70).



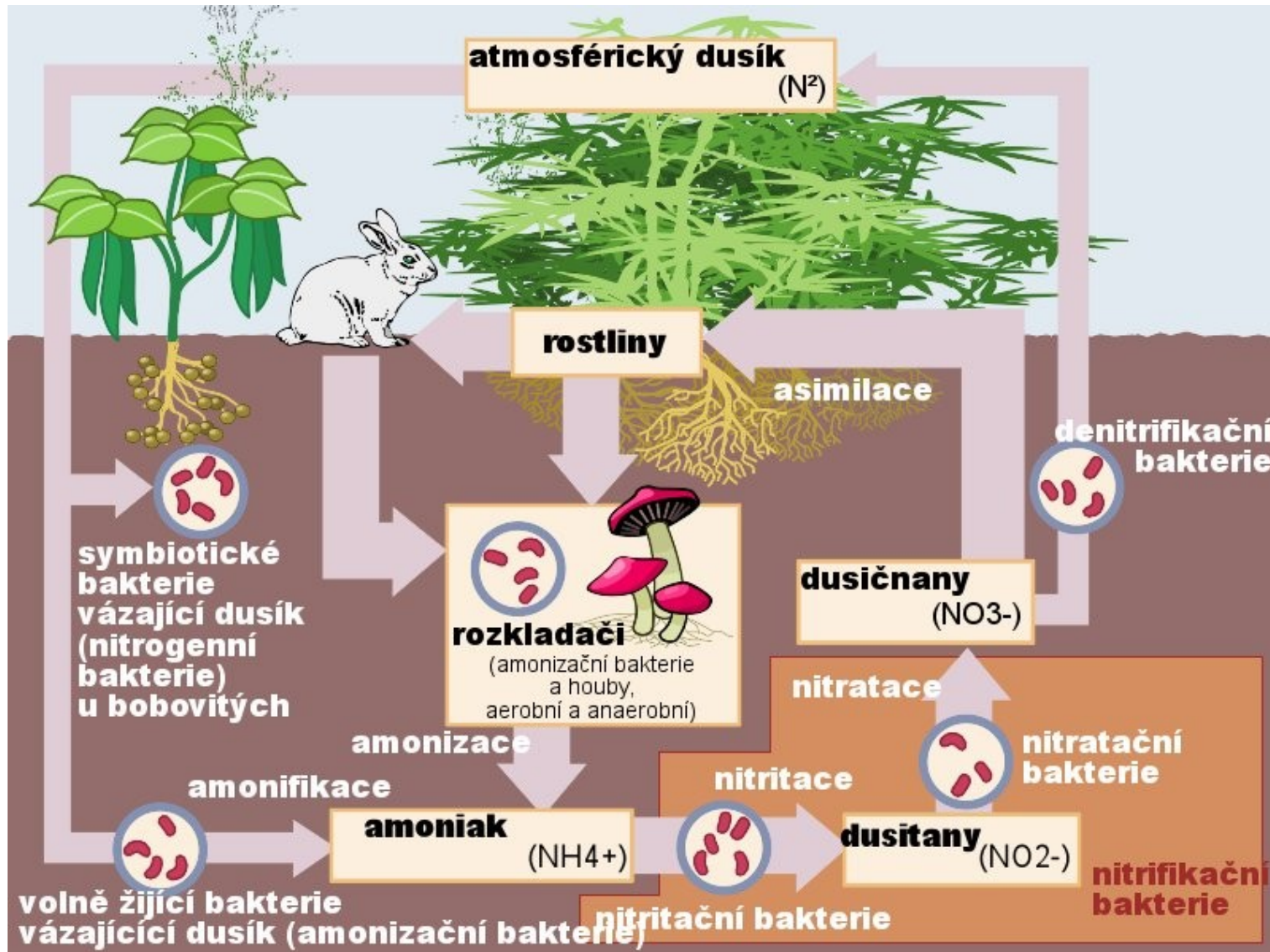
# Obsah uhlíku ve světových půdách



# Využití minerálních hnojiv při produkci kukuřice v USA



# Dusíkový cyklus



# Dusíkový cyklus

- Přirozené ukládání dusíku: fixace atmosférického dusíku do organických a anorganických sloučenin působením půdních bakterií.
- Člověk: výroba dusíkatých hnojiv a pěstování plodin, na jejichž kořenech jsou bakterie fixující dusík - těmito procesy je poutáno v globálním měřítku přibližně stejné množství dusíku jako procesy přirozenými.
- Vázaný dusík se ve formě dusičnanů rozptyluje atmosférickým a vodním transportem. Sloučeniny dusíku jsou důležitým činitelem eutrofizace neboli obohacování živinami. Pokud jsou živinami obohaceny půdy, mění se výrazně složení vegetace. Ve vodách pak nastává výrazná degradace ekosystémů spojená s hnitím velkého množství vodních organismů.



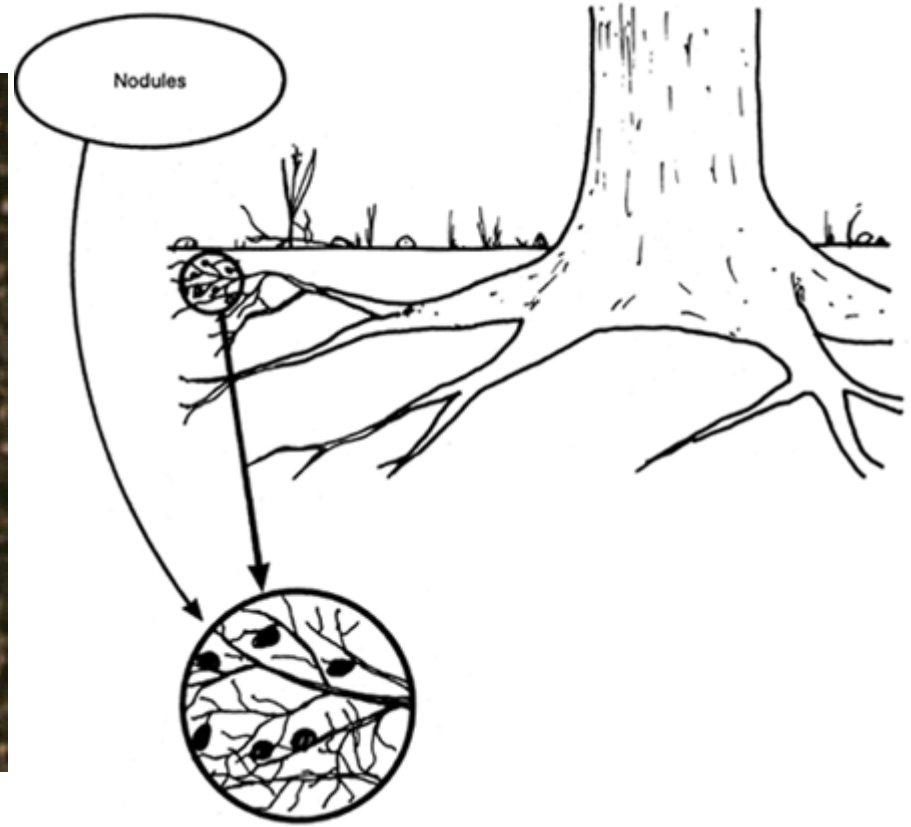
# Dusíkatá hnojiva

Dusíkatá hnojiva jsou látky, které se rostlinám dodávají, aby rostly rychleji. Rostliny dusík nevylučují a plně ho využívají k růstu. Rostliny, které byly hnojeny dusíkatými hnojivy poznáme podle velkého vzrůstu, velkých listů, ale takovéto rostliny se lehce ve větru lámou a jsou málo celkově odolné.

# Haber-Boschův proces

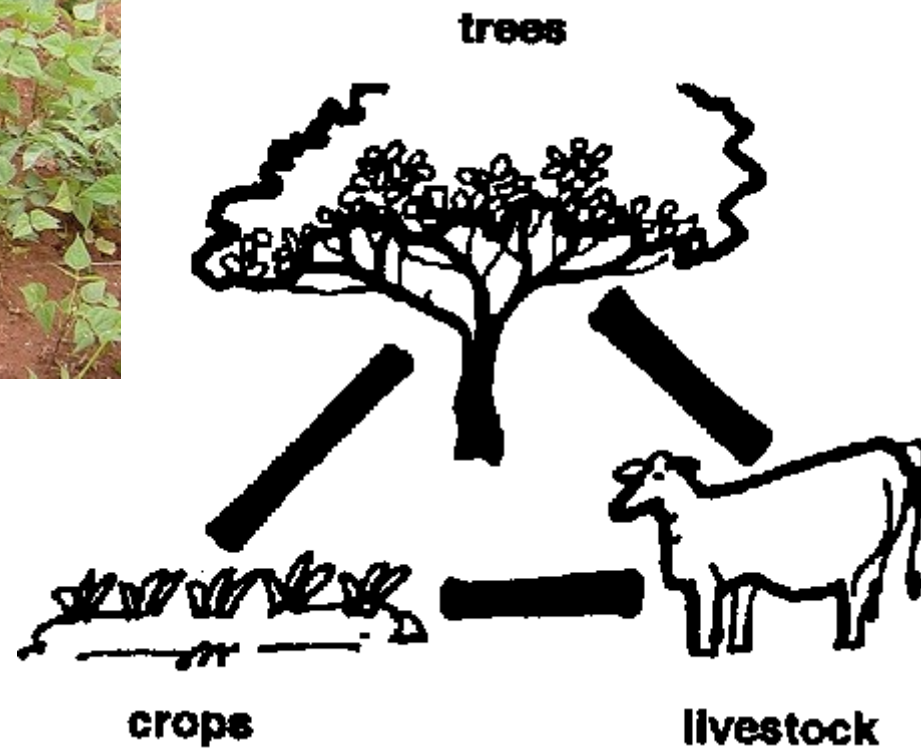
- 1908 Fritz Haber objevil principy syntézy amoniaku. K syntéze dochází za přítomnosti železného katalyzátoru při vysokém tlaku a teplotě.
- 1913 Carl Bosch, chemik společnosti BASF, proces zkomercializoval zavedením první vysoce moderní průmyslové výroby. Tento průmyslový proces umožnil expanzi zemědělské výroby i lidské populace v průběhu 20. století.

Jako zdroj vodíku pro H-B proces se využívá zemní plyn.

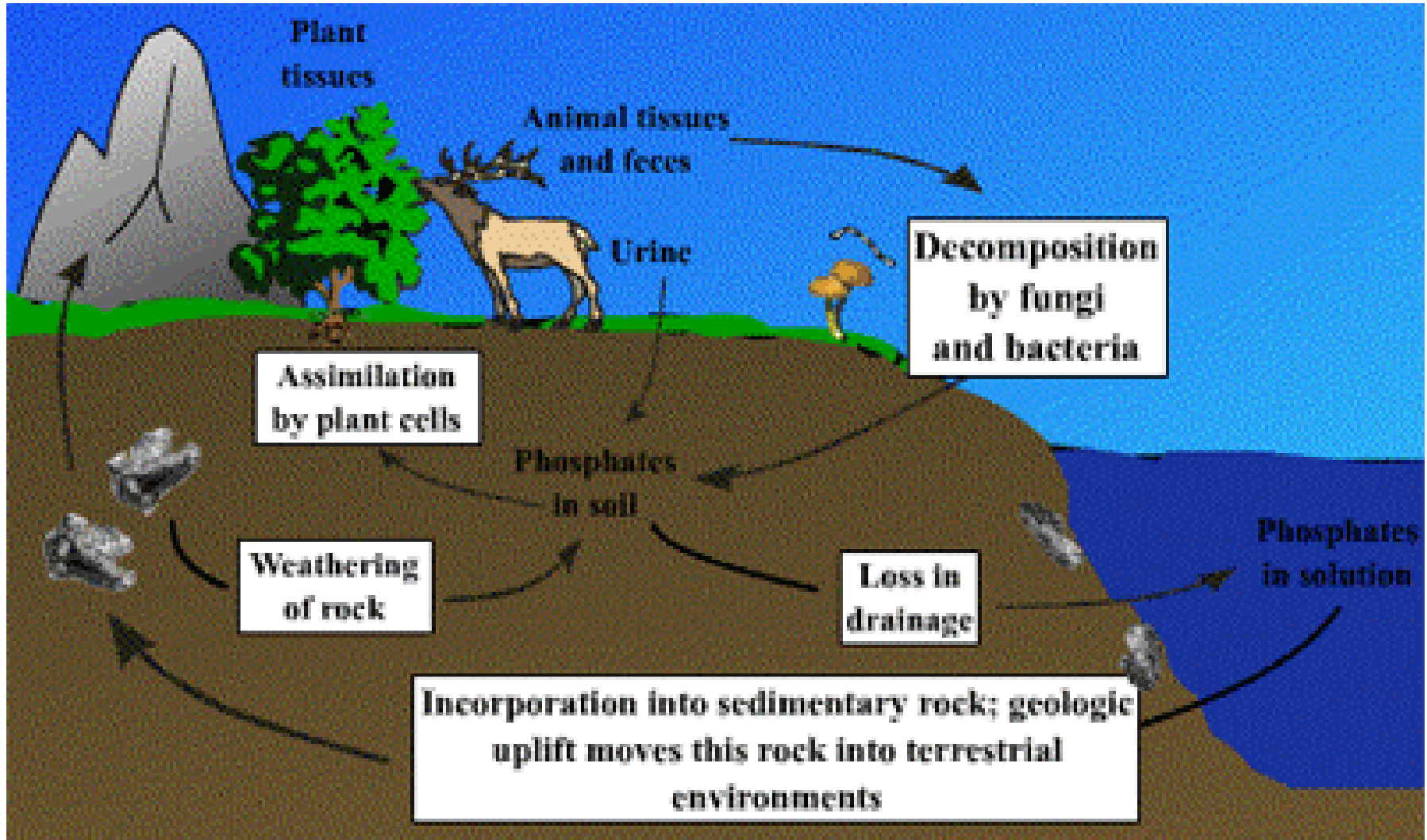


**Hlízkovité bakterie** (rhizobia) žijící na kořenech bobovitých rostlin dovedou vázat přímo vdušný dusík a měnit ho na organickou formu (tzv. vazači dusíku)

# Agrolesnictví



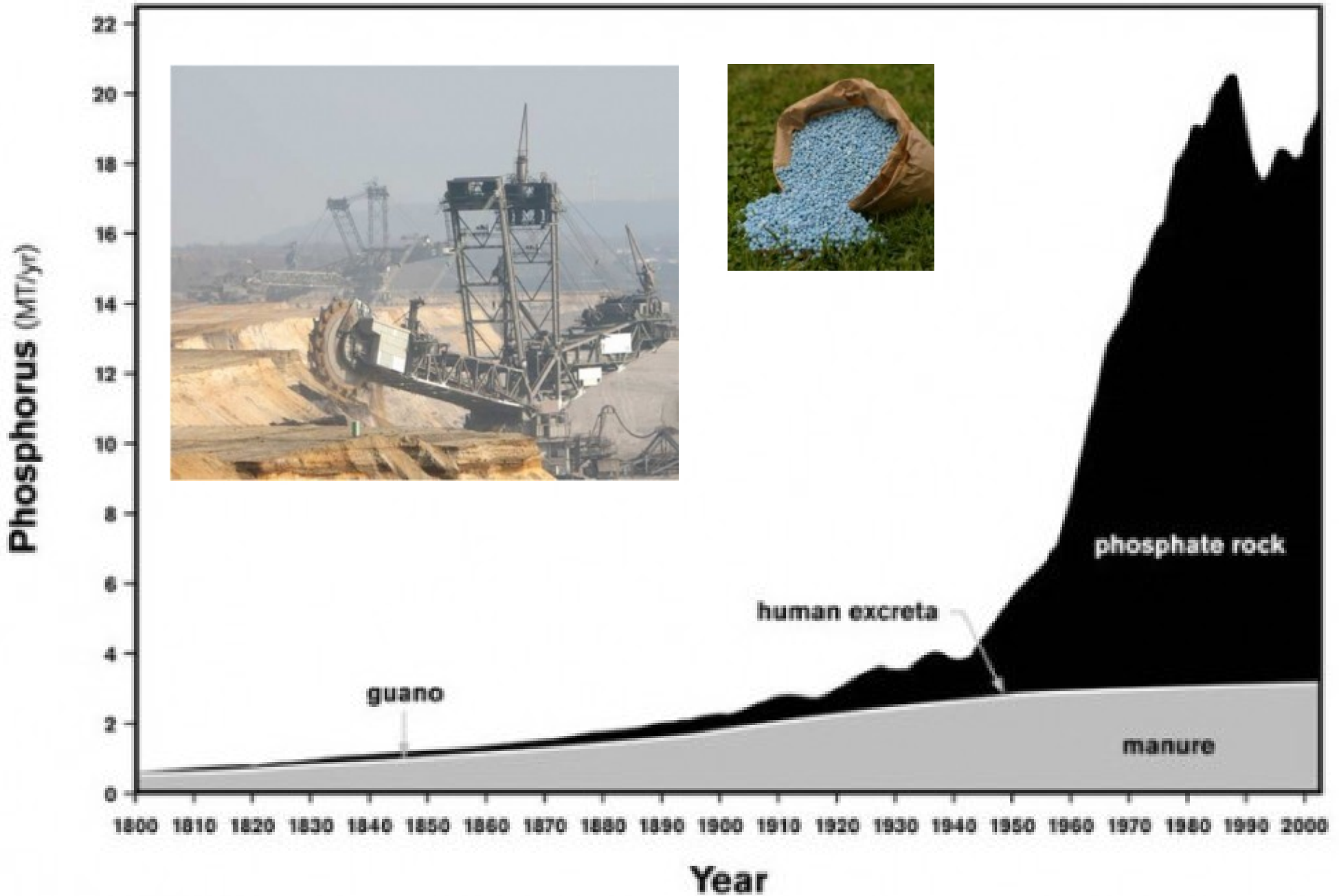
# Fosforový cyklus



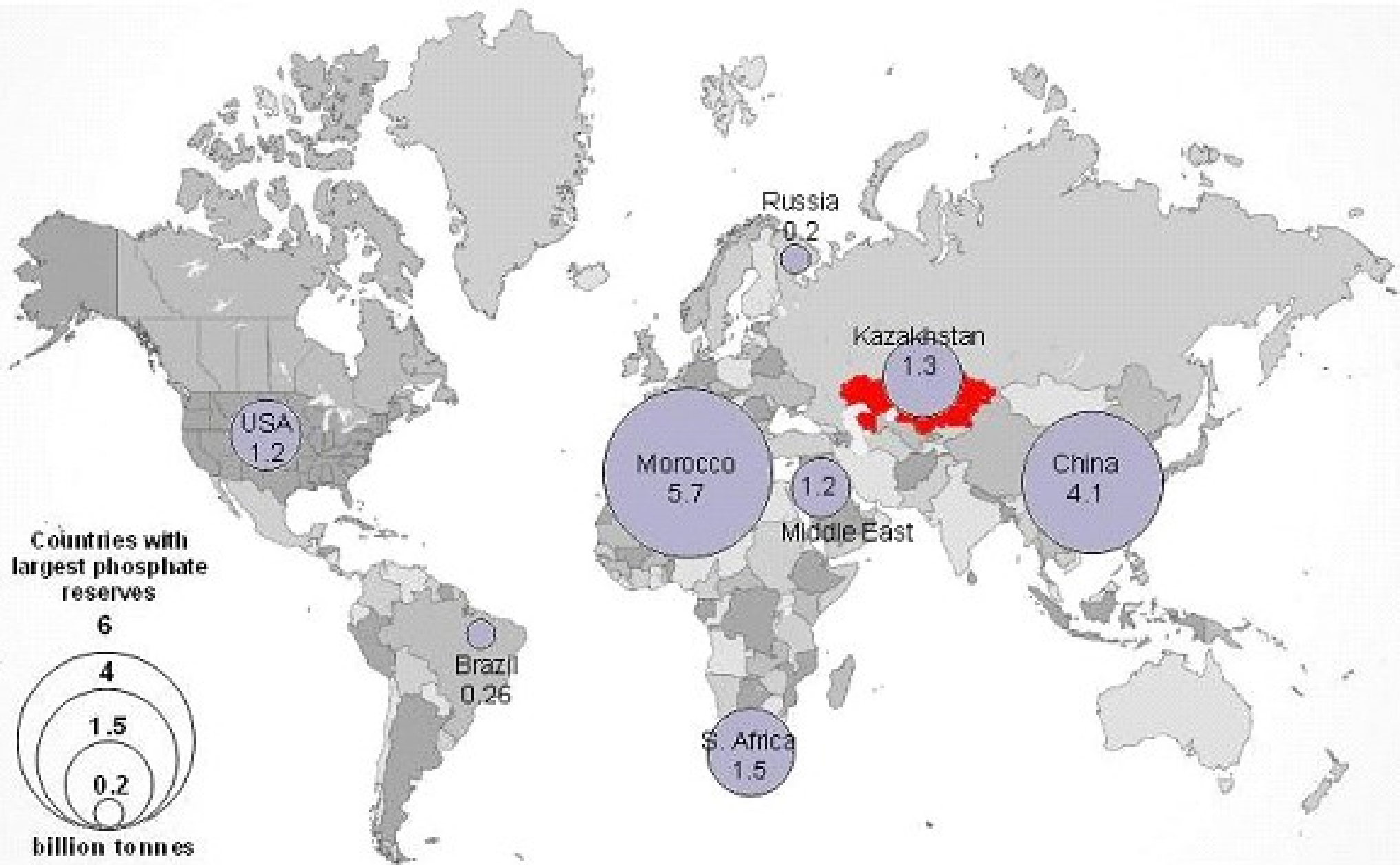
# Fosforový cyklus

- Lidé těží fosfátové horniny a vyrábějí fosforečná hnojiva. (Bez fosforečných hnojiv si dnes nedovedeme představit zajištění výživy lidstva)
- Fosfor je také obsažen v různých průmyslových výrobcích, například v pracích práscích.
- Fosfor je i ve výkalech lidí a hospodářských zvířat.
- Postupně se dostává do řek a vodních nádrží a je nejdůležitější složkou při jejich eutrofizaci.

# Historical sources of phosphorus fertilizers



# Regions with largest Phosphate Rock reserves 2007, in billion tonnes

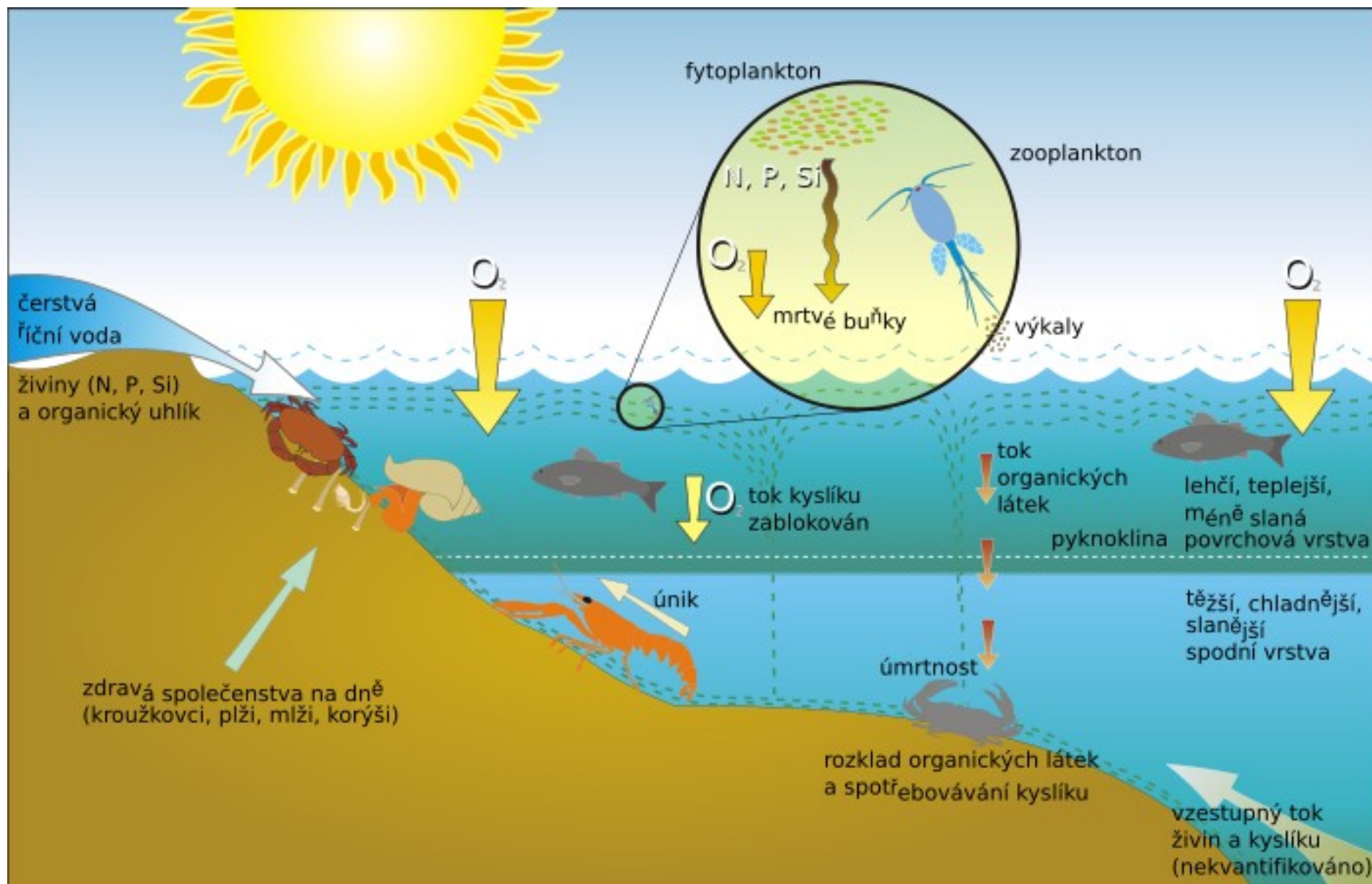


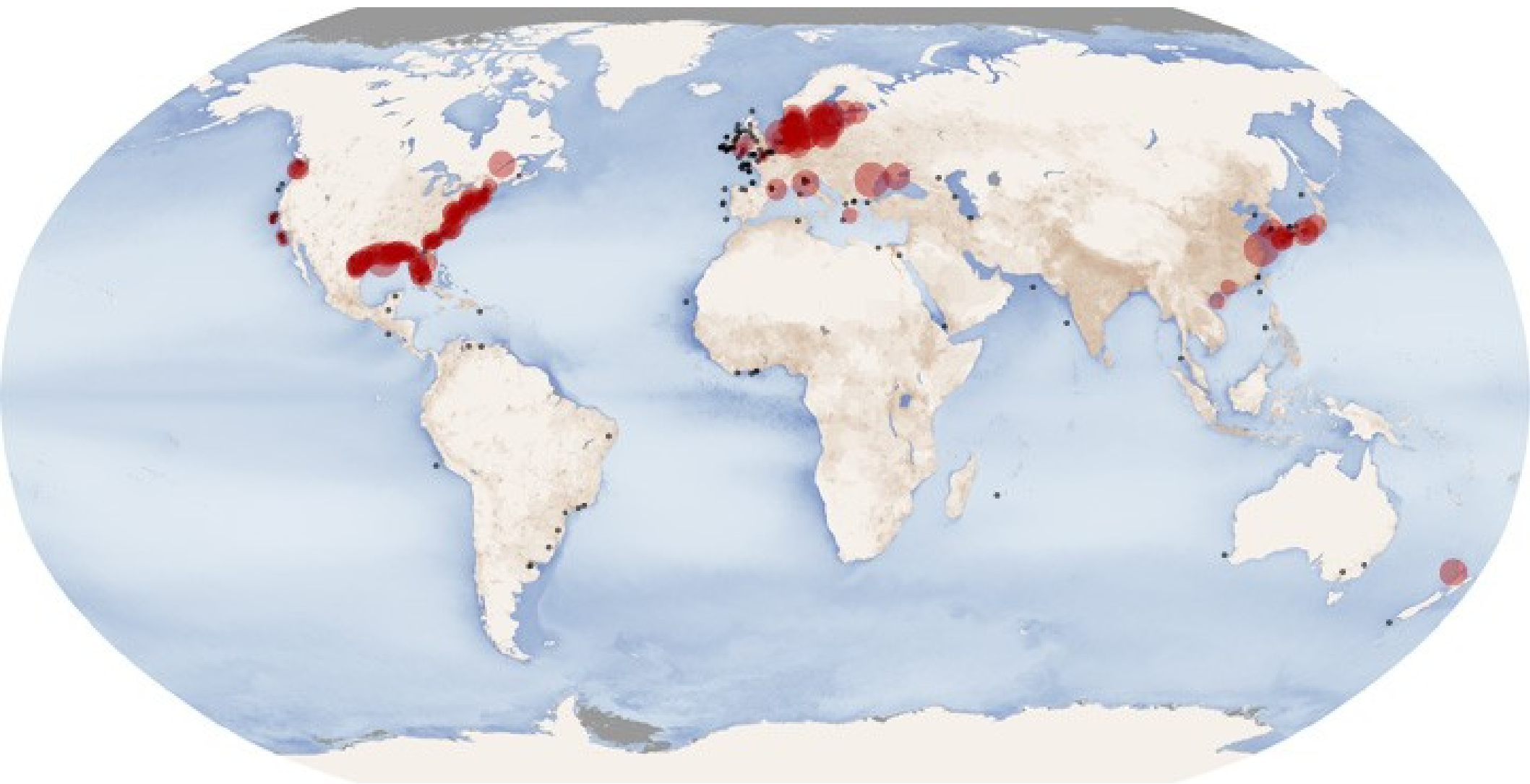


# Eutrofizace

- zrychlená tvorba organické hmoty (řas, sinic)
- Nadměrné šíření mikroskopických rostlinných organismů povzbuzuje vyšší aktivitu bakterií a vede k rychlejšímu spotřebování kyslíku ve vodě.
- => **Hypoxie** - nedostatek kyslíku pro tělesný metabolismus

# Eutrofizace





**Particulate Organic Carbon (mg/m<sup>3</sup>)**



**Population Density (persons/km<sup>2</sup>)**



**Dead Zone Size (km<sup>2</sup>)**



<http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=4467>

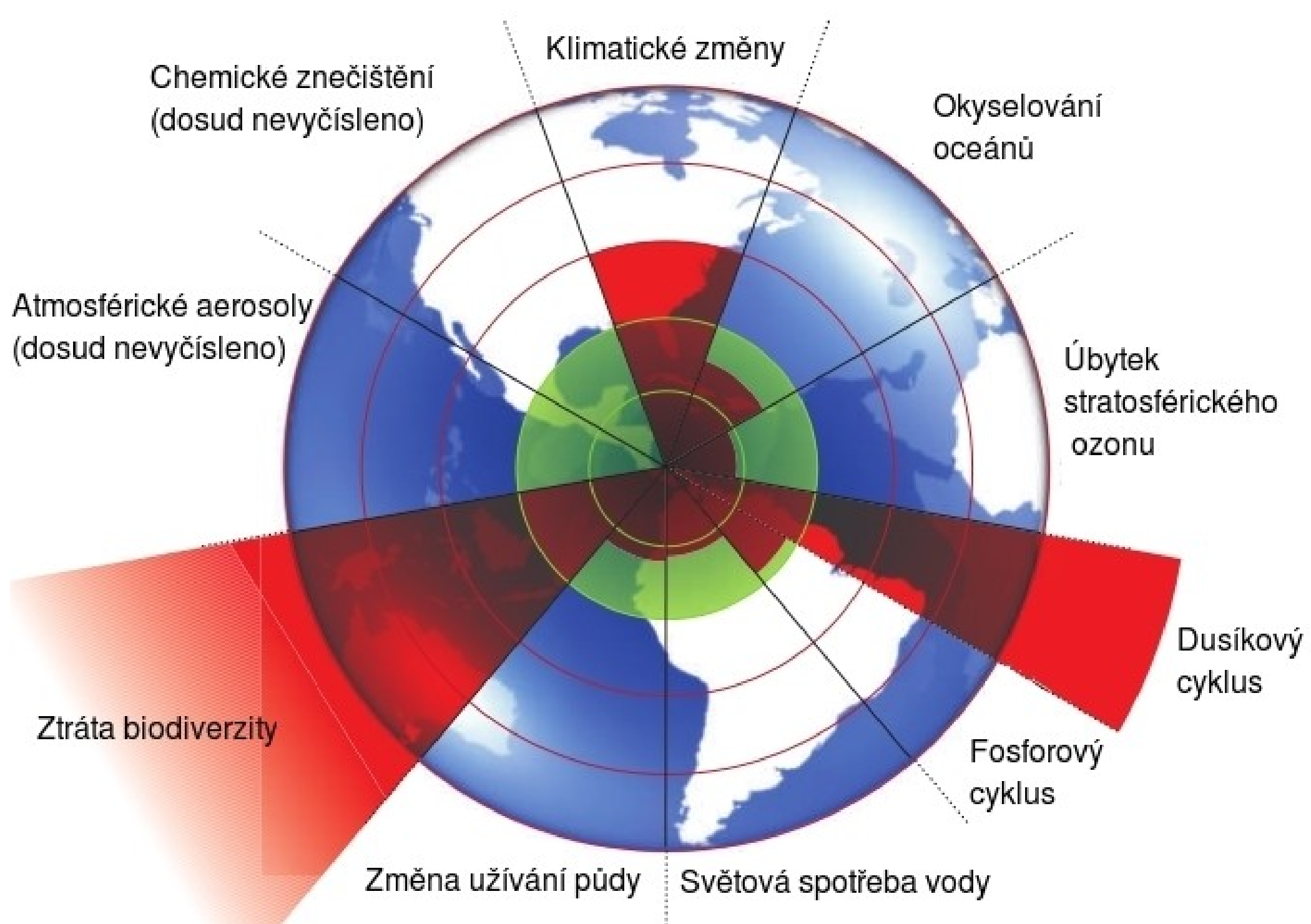
# Mrtvé zóny

V r. 2008 již zasaženo více než 400 ekosystémů  
o celkové rozloze více než 240 000 km<sup>2</sup>

<http://www.sciencemag.org/content/321/5891/926>

<http://zahranicni.eurozpravy.cz/amerika/12814-zona-bez-zivota-v-mexickem-zalivu-je-velka-jako-morava/>

<http://veda.sme.sk/c/5606813/ohrozuje-nas-dusikova-bomba.html>



## Planetární hranice

Proces	Parametr	Hranice	Stav	Předprůmyslová hodnota
Klimatické změny	(i) Atmosferický CO <sub>2</sub> [ppm]	350	387	280
	(ii) Radiační působení [W/m <sup>2</sup> ]	1	1,5	0
Ztráta biodiverzity	Rychlost vymírání druhů [počet k milionu za rok]	10	>100	0,1-1
Dusíkový cyklus (biochemické procesy)	Množství N <sub>2</sub> odebraného z atmosféry pro lidskou potřebu [miliony tun za rok]	35	121	0
Fosforový cyklus (biochemické procesy)	Množství P, jenž se hromadí v oceánech [miliony tun za rok]	11	8,5-9,5	~1
Úbytek stratosférického ozonu	Koncentrace ozonu [Dobsonovy jednotky]	276	283	290

Proces	Parametr	Hranice	Stav	Předprůmyslová hodnota
Okyselování oceánu	Globální střední hodnota nasycení povrchové vody oceánů aragonitem ( $\text{CaCO}_3$ )	2,75	2,9	3,44
Globální spotřeba vody	Spotřeba sladké vody lidmi [ $\text{km}^3$ za rok]	4000	2600	451
Změna užívání půdy	Procenta světové půdy přeměněné na zemědělskou plochu	15	11,7	nízká
Atmosferické aerosoly	Celková koncentrace částic v atmosféře na regionální úrovni	dosud nekvantifikováno		
Chemické znečištění	Např. perzistentní organické látky, plasty, endokrinní disruptory, těžké kovy a jaderný odpad v globálním životním prostředí působící na ekosystém a funkce zemského systému	dosud nekvantifikováno		