

V období po průmyslové revoluci má látkové hospodaření člověka kvalitativně odlišný charakter, objevuje se termín „postneolit“

„Postneolit“ má své strašáky, kterými jsou:

- změna klimatu
- změny složení zemského povrchu s.l.
- acidifikace
- eutrofizace (související expanze, invaze, ztráta biodiverzity)
- chemizace s.s.

První událost významná pro celou biosféru.

Po dlouhou dobu se přítomnost lidí na této planetě nijak výrazně neprojevila; člověk zůstal prostě jedním z živočišných druhů, zaujímal v lesích či stepích, kde žil, podobné postavení jako kterýkoliv jiný druh primátů nebo šelem.

Před dvěma milióny let začíná vyrábět primitivní kamenné, dřevěné a kostěné nástroje, **začal užívat ohně** tím se zásadně změnil jeho vztah k přírodním ekosystémům.

Druhý významný krok - neolitická revoluce

Zavedením zemědělství v mladší době kamenné znamená zásadním odlišení od přírody a začal žít svým specifickým lidským životem.

Ve Starém světě k tomu došlo nejspíše v jediné geografické oblasti podhůří iránského pohoří Zagros

později zavedeno zemědělství v jihovýchodní Asii, ve Střední Americe

V neolitu se pěstovala především pšenice jednozrnka a dvouzrnka. Dále proso a ječmen, z luštěnin se pěstoval hrách a asi už i čočka. Z technických plodin se snad od eneolitu pěstoval len.

první pole ještě nevydělené od okolní přírody, vzniklá žďáření,
chráněná kameny
trnitými ploty před zvířaty a jinými lidmi

po 20 letech používání bylo nutné přesunout se jinam, po 50 letech
bylo možné
se opět vrátit

obdělávání pomocí primitivních nástrojů z dřeva, kamene a paroží

sklizeň jednoduché odřezávání pod klasy, usušení na slunci nebo u
pece

pro 4 - 6 člennou rodinu nutné osít 1 - 1,5 ha
první výnosy po vzniku pole vysoké další prudce, klesají

Agroekosystém

Agroekosystém je tvořen komplexem zemědělských pozemků (včetně půdy dočasně ponechané ladem), kulturními i přirozenými rostlinami, dobyt看kem a lidským sídlištěm se všemi zařízeními

agroekosystém je podobný ekosystémům přirozeným:

je vyvážený a poměrně stabilní,

je druhově bohatý, má malé látkové vstupy a výstupy,

protože zemědělské přebytky jsou minimální.

System je "poháněn" výhradně **sluneční energií**, zachycenou zelenými rostlinami, látkový **cyklus** uvnitř agroekosystému je poměrně **rychlý** a téměř **uzavřený**

neexistují kvantitativně významné **odpady**, přebytky nebo akumulace,

agroekosystém vykazuje kruhový typ výměny látek,

tj. **cyklický metabolismus**

Nový způsob obživy se **poměrně rychle rozšířil** po celém Starém světě;

zemědělci osídlovali nová území všemi směry ze středněvýchodního centra a postupně vytlačili nebo **asimilovali původní paleolitické kmeny**, které při svém podstatně méně produktivním způsobu výroby potravin nemohly novému tlaku odolat.

šíření neolitického zemědělství asi **1 km za rok**

Evropy byla dokončena asi v roce 3000 př.n.l

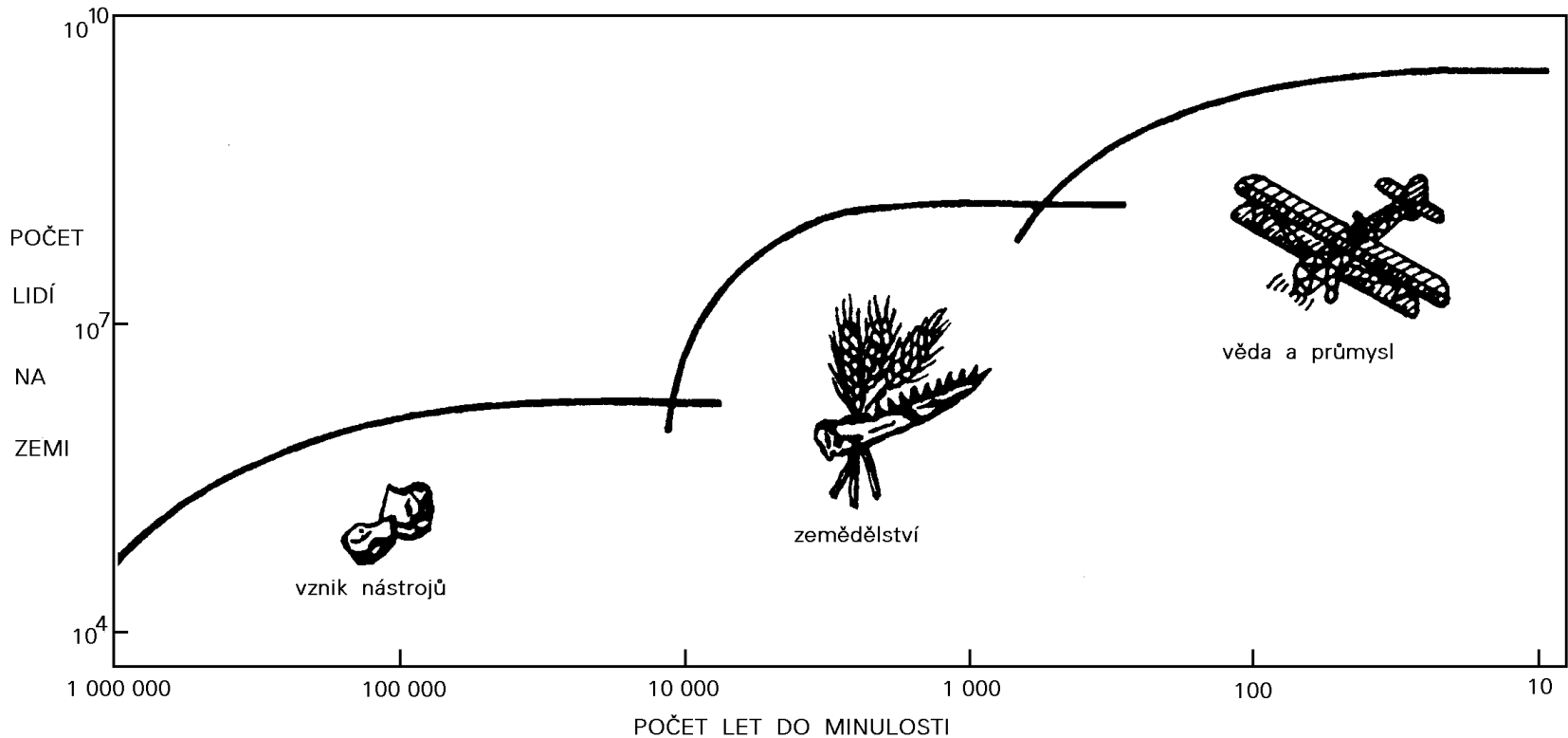
produktivita zemědělství, vzrostla od počátku neolitu po minulé století

v průměru o **polovinu** nebo **nejvýš dvojnásobně**

malý zlomek populace, vojáci, dvůr, umělci, učenci,

v průměru ne více než **desetina**, stál mimo a žil z čisté produkce

Celkový počet obyvatel na Zemi byl v období lovců a sběračů starší doby kamenné nejvýše asi 10 miliónů lidí a po zavedení zemědělství rychle vzrostl.



- na začátku **šestnáctého století** nastal v Evropě další vývoj. **Anglie** začala trpět prudkým nedostatkem dřeva v ekonomice vlivem nedostatku došlo k převratné události: **nedostatkového dřeva zastoupilo uhlí.**
- v Anglii této suroviny dostatek
- **nejprve** **zákazy** topit uhlím z důvodu znečišťování ovzduší
- **později intenzivní rozšíření** pro výrobu **železa** i jako **energetické suroviny**

- od počátku neolitu až do této doby každý člověk v průměru "zaměstnával" nejvýše **dva - tři** "energetické otroky" tažný dobytek, vítr, voda pohánějící mlýn a dřeva, jímž se topilo v krbu nebo v peci
- **dostatek levné energie** znamená zásadní převrat v dosavadním **technickém a ekonomickém rozvoji**
- tento proces, který označujeme jako **průmyslovou revoluci** vrcholu v Anglii okolo roku 1750.

- na vrcholu průmyslové revoluce vidíme nový jev, který se z původního agroekosystému vymyká průmysl.
- na rozdíl od metabolismu cyklického se zde poprvé setkáváme s metabolismem **jednosměrného proudu**.

surovina \Rightarrow produkt \Rightarrow užití \Rightarrow odpad

- metabolismus **jednosměrného proudu** potřebuje suroviny, materiály a energii, které jen zčásti využije
- jakmile produkty ztratí užitečnou funkci stanou se z nich odpady
- vzniká tedy dvojitý problém:
zabezpečit dostatek surovin,
- nutnost naložit s odpady.

- průmysl v tomto smyslu slova existuje už nejméně tři sta let.
- v polovině minulého století začíná mít i **zemědělství** charakter **průmyslového metabolismu** jednosměrného proudu
- stává se silně závislé na šlechtěných osivech a sadbách, mechanizačních prostředcích, zemědělských strojích, traktorech, pohonných hmotách, chemických přípravcích.
- velikost energomateriálových vstupů a výstupů převýšila velikost vnitřního, cyklického metabolismu
- látkovými výstupy ze systému nejsou pouze zemědělské produkty, ale i zbytky umělých hnojiv, rezidua pesticidů, silážní šťávy, odpady z chovů jatečného dobytka a spousta dalších nepříjemných látek, někdy dokonce i nepoužitá část vyprodukovaných plodin
- před průmyslovým typem zemědělství jeden zemědělec uživil v nejvýše jednoho městského

- ve vyspělých státech užíví dnes **jeden zemědělský pracovník až padesát osob**

obdoba v přírodních ekosystémech

- agrárnímu způsobu odpovídají **systemy s převahou primárních producentů**

- **moderní průmyslové struktury odpovídají systemy s převahou konzumentů**

- **producenti musí být v druhém typu podstatně výkonnější, musí uživit větší množství organismů, než je jich samotných (většinou vodní systemy)**

- **je zřejmé, že jednosměrný metabolismus nemá trvalý charakter**
Základní podmínkou pro přechod k novému stabilnímu modelu, který by měl trvale udržitelný charakter, je snižování materiálové a energetické náročnosti ekonomické činnosti.

Současné látkové hospodářství lidské společnosti :

Látky	Miliardy tun (10^{15} g)
potraviny a krmiva	4,5
z toho: zrniny	1,5
ostatní rostlinné produkty	1,2
živočišné produkty	0,8
ostatní krmiva	1
přírodní produkty pro průmyslové a jiné využití	2,5
z toho: dřevo	1,5
ostatní (zejména přírodní vlákna)	1
fosilní paliva	8,1
z toho: uhlí	4
ropa	3
ostatní	1,1
ostatní nerostné suroviny	17,8
z toho: rudy	5
stavební a podobné suroviny	12
ostatní	0,8
vzdušný kyslík	16
celkem	49
voda	3500
pro zemědělství	2600
z toho ztraceno odparem	2000

Tabulka 6.1. - Roční spotřeba látek ve světovém úhrnu

- **potravinový roční produkce 5 miliard tun** potravin a krmiv.
produkce ani spotřeba potravin není na světě rovnoměrně rozdělena.
existují státy bohaté a chudé

- **většina oblastí světa je v produkci potravin spíše deficitní.**

významné přebytky obilovin pouze USA, Kanada a Austrálie

- **rostlinné produkty pro průmyslové a jiné využití**

dřevo, jen něco přes polovinu se využije na výrobu **papíru**

(roční produkce je $1 \cdot 10^{15}$ g) na řezivo pro nejrůznější účely,

zbytek se spálí (jediný zdroj energie v mnoha rozvojových zemích)

tropických deštných pralesů ubývá 2 % ročně.

energetické suroviny

- **těží se téměř 10 miliard tun fosilních paliv**(nejvíce uhlí)

- 1973 naftové embargo států OPEC těžba ropy roste, ale nikoliv takovým tempem

- **roste těžba uhlí**, zejména v rozvojových zemích

- **stoupá objem těžby zemního plynu.**

- většina kovů se vyrábí z rud (pouze malá část z odpadů)
 ve využívání odpadů jsou na tom lépe průmyslově rozvinuté země.
 (USA Pb, Cu, Zn 30-40 %, železo přes 30 %, hliník - 18 % 19 %
 starého papíru, 4-5 % textilu a skla.)

Energie

Zdroj	Celkový energetický výkon W	Energie za rok J
sluneční záření dopadající na zemský povrch	$1,7 \cdot 10^{17}$	$5,4 \cdot 10^{24}$
sluneční záření využité pro fotosyntézu zelených rostlin	$4,2 \cdot 10^{15}$	$1,3 \cdot 10^{23}$
energetické zdroje využívané lidskou společností	$1,3 \cdot 10^{13}$	$4,2 \cdot 10^{20}$
z toho: ropa	$3,8 \cdot 10^{12}$	$1,2 \cdot 10^{12}$
uhlí	$3,5 \cdot 10^{12}$	$1,1 \cdot 10^{20}$
plyn	$2,2 \cdot 10^{12}$	$0,7 \cdot 10^{20}$
obnovitelné zdroje (hlavně vodní energie)	$9 \cdot 10^{11}$	$3 \cdot 10^{19}$
dřevo a ostatní biomasa	$10 \cdot 10^{11}$	$3 \cdot 10^{19}$
jaderné štěpení	$6 \cdot 10^{11}$	$2 \cdot 10^{19}$
potravin a krmiva	$12 \cdot 10^{11}$	$3,8 \cdot 10^{19}$

Současná technickoekonomická struktura společnosti je založena na dostatku levné energie, daném snadnou dosažitelností fosilních paliv.

Jak je lidská energie využívána?

- **30 % výrobu tepla** (do 100 stupňů Celsia), to znamená především na ohřívání bytů, továren, dopravních prostředků a všech ostatních míst, kde žijí a pracují lidé, pokud je "venku zima", to jest teplota ve volném prostoru je nižší než okolo 12 stupňů Celsia + ohřev vody
- **20 %**, je využita opět na výrobu tepla, tentokrát nad 100 °C (úprava potravy)
- **30 % doprava**
- **15 % elektřina**
- **5 % energie obsažená v potravě**
z hlediska produkce má největší potenciál do budoucna využití energie
sluneční, energie biomasy, případně vody

Zdroj	Celkový energetický výkon W	Energie za rok J
sluneční záření dopadající na zemský povrch	$1,7 \cdot 10^{17}$	$5,4 \cdot 10^{24}$
sluneční záření využitě pro fotosyntézu zelených rostlin	$4,2 \cdot 10^{15}$	$1,3 \cdot 10^{23}$
energetické zdroje využívané lidskou společností	$1,3 \cdot 10^{13}$	$4,2 \cdot 10^{20}$
z toho: ropa	$3,8 \cdot 10^{12}$	$1,2 \cdot 10^{12}$
uhlí	$3,5 \cdot 10^{12}$	$1,1 \cdot 10^{20}$
plyn	$2,2 \cdot 10^{12}$	$0,7 \cdot 10^{20}$
obnovitelné zdroje (hlavně vodní energie)	$9 \cdot 10^{11}$	$3 \cdot 10^{19}$
dřevo a ostatní biomasa	$10 \cdot 10^{11}$	$3 \cdot 10^{19}$
jaderné štěpení	$6 \cdot 10^{11}$	$2 \cdot 10^{19}$
potravin y a krmiva	$12 \cdot 10^{11}$	$3,8 \cdot 10^{19}$

Množství a výkon energie dopadající na zemský povrch

Roční spotřeba energie lidstva	$4,5 \times 10^{20} \text{ J}$			
Roční spotřeba na hlavu	70 GJ	odpovídá	0,252 MWh	
Člověk na den	191 MJ	odpovídá	52 kWh	
Člověk na den bez ext. zdrojů	10,5 MJ		2,9 kWh	120 W

srovnání světa

USA 12 896 kWh/ob rok

UK 6 100

CZ 5 800

Ukrajina 2 700

Čína 1 069

Zambie 590

21 % populace spotřebovává 65 % energie

očekává se že průmyslově vyspělé země sníží energetickou náročnost (i odpovídající množství emisí)

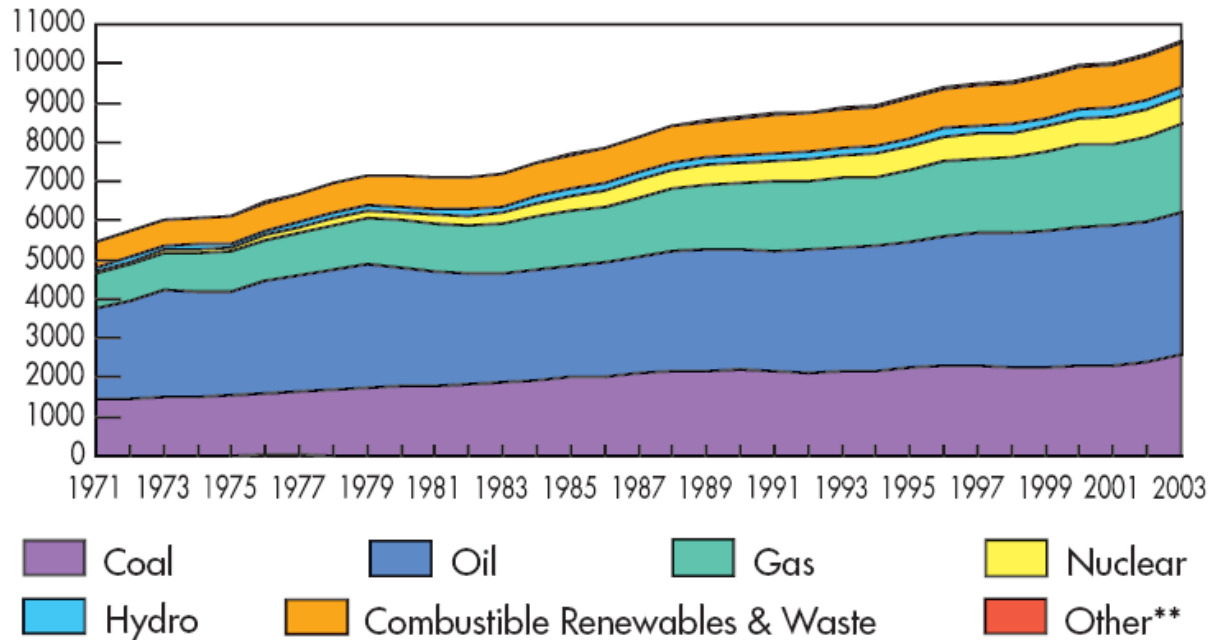
současně vzroste spotřeba a emise Číny a Indie



Primární energetické zdroje

The World

Evolution from 1971 to 2003 of World Total Primary Energy Supply*
by Fuel (Mtoe)



toe - tuna ropneho ekvivalentu - $0,447 \times 10^{12}$ J

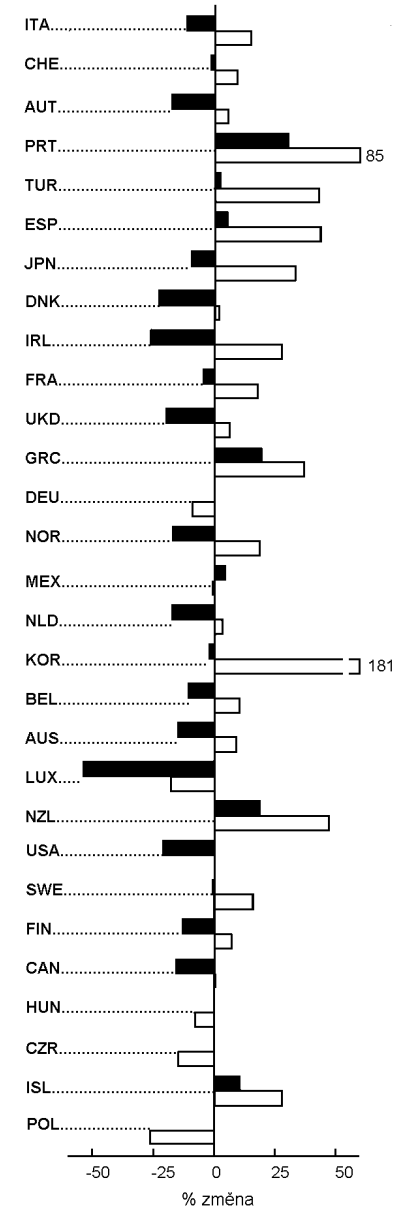
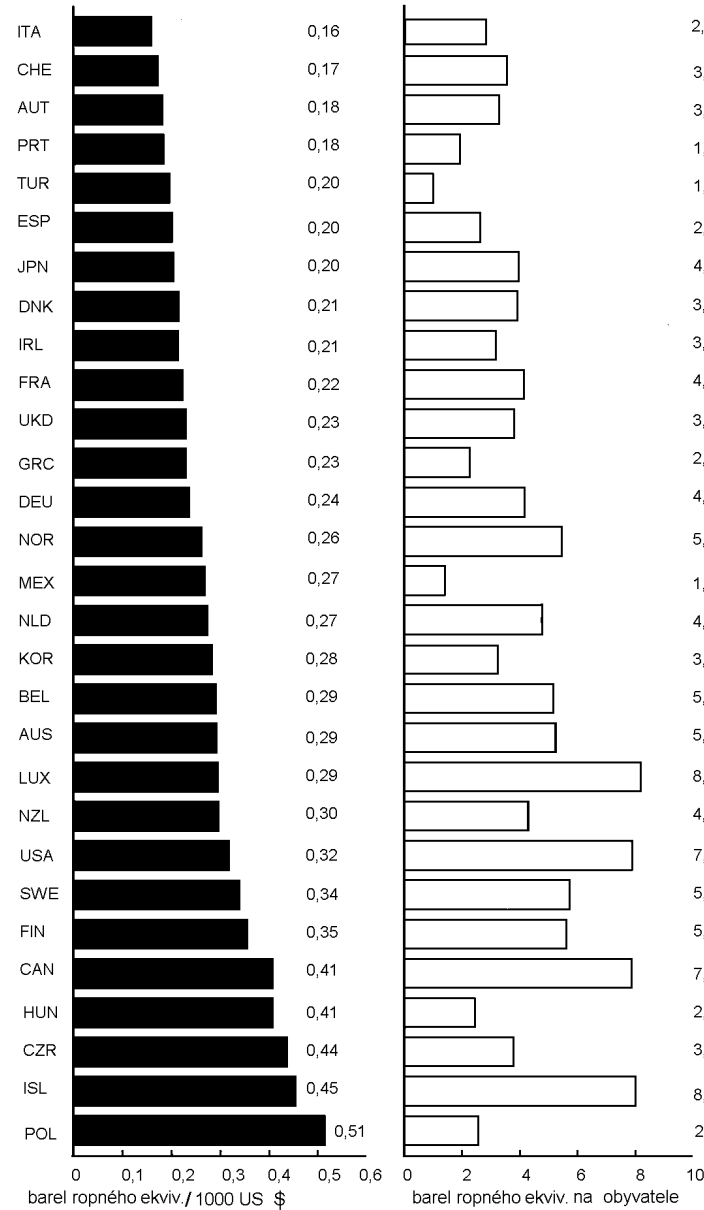
STAV V ROCE 1995

TREND 1980 - 1985

spotřeba energie na jednotku HDP

spotřeba energie na hlavu

■ na jednotku HDP □ na hlavu



Biosféra

- je topopografický pojem označující oživené oblasti Země kde **pravidelně a stabilně metabolizují živé organizmy** (ty se nacházejí ve velkých hloubkách v oceánech, v troposféře, v termálních pramenech až 110 °C teplých)
- biosféra neznamena pouze místo, ale i předivo **vztahů mezi organizmy, místem toky energie, hmoty** atd.
- označení **biota** znamená souhrn všech organismů
- z hlediska hmotnosti a množství organismů živých i odumřelých hovoříme o **biomase**
- součástí biosféry je i antroposféra (technosféra)

Biosféra je tvořena

O, C, H, N, Ca, Cl, P, K, S, Na, Mg

Další aspekty

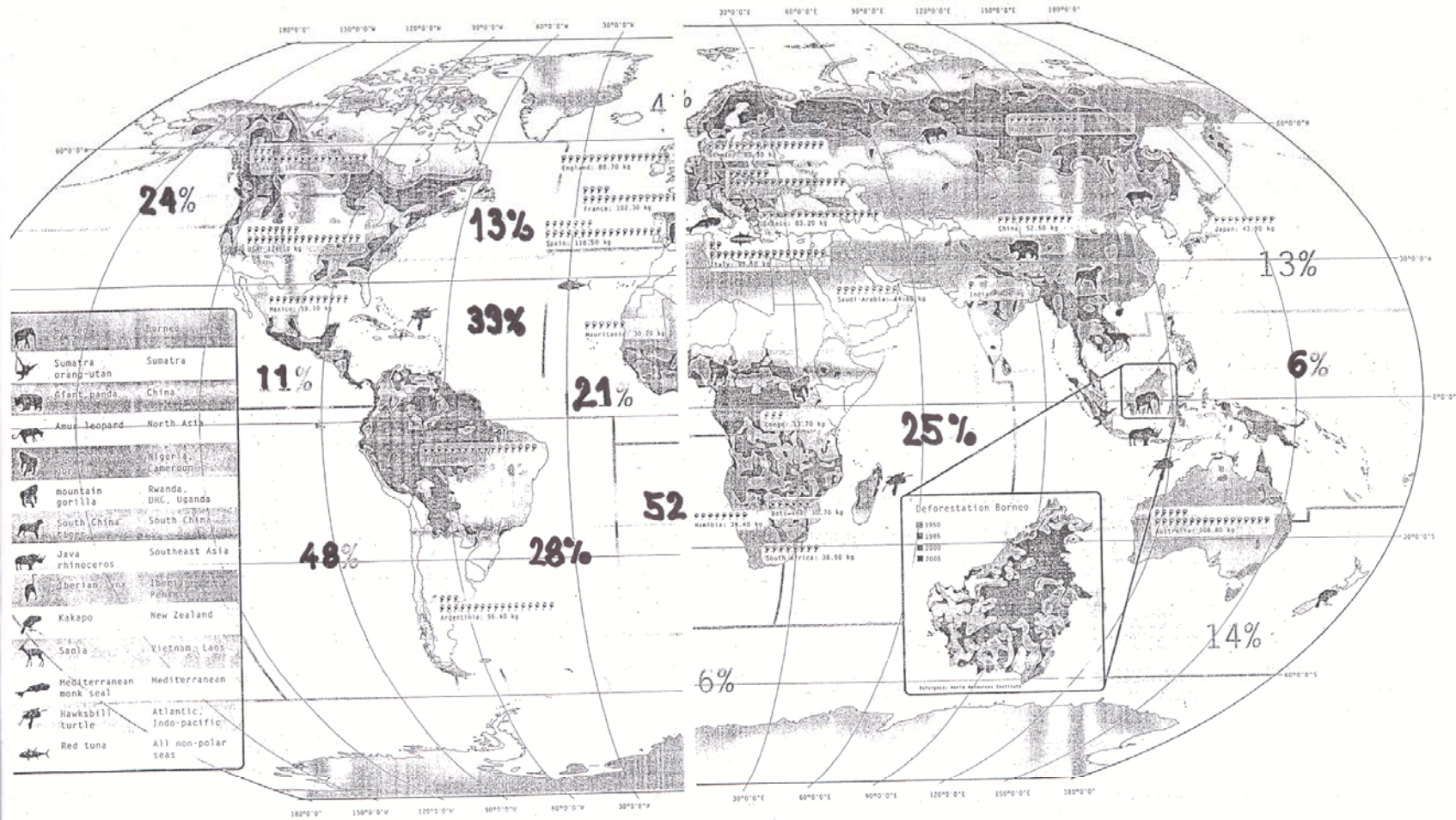
spotřeba masa a produkce masa

transport potravin, překračování limitů lovu ryb

velkochovy

mimo sezónní energeticky náročná produkce ovoce, zeleniny

produkce potravin ve sklenících a mimo půdy



World Map/Biosphere

Endangered species

% Overfished stock

5kg meat consumption per year and inhabitant

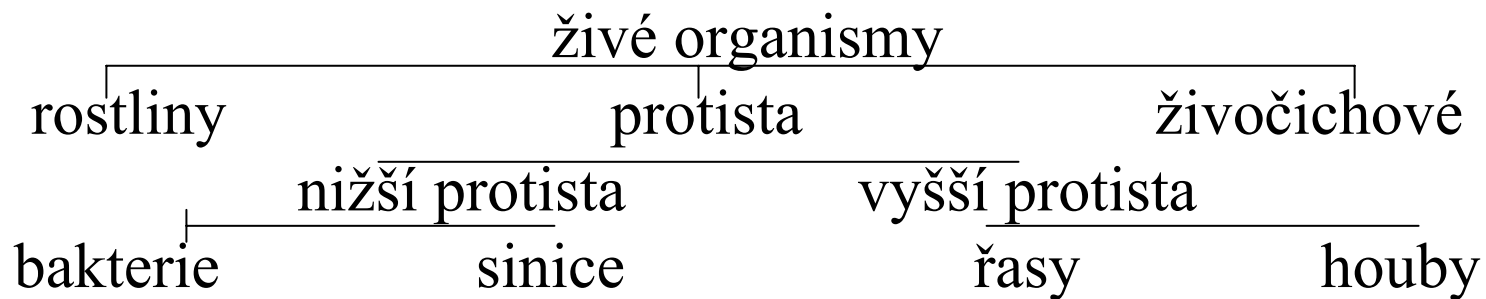
Forest stand:

original
 current

1,500 3,000 6,000 Kilometers

1,500 3,000 6,000 Miles

živé organismy se dělí na tři říše



Z hlediska základního metabolismu však můžeme živé organismy rozdělit:

	organismy			
	fotolithotrofní	fotoorganotrofní	chemolithotrofní	chemoorganotrofní
zdroj energie	světlo	světlo	oxidace	oxidace
zdroj H^+ e^-	H_2O (H_2S)	org.látka	H_2O (H_2S)	org.látka
zdroj C	CO_2	CO_2	CO_2	org.látka

zelené rostliny

bakterie
sirné, Fe, nitrifikační

větš. živoč.

autotrofní organismy (zejména zelené rostliny) zdrojem energie je **sluneční záření** (minimálně anorganické živiny) **zdrojem protonů a elektronů** pro biochemické oxidoredukční reakce je **voda**, zdrojem uhlíku je **CO₂**

Základním procesem jejich látkové výměny je fotosyntéza:



zelené rostliny, řasy a ostatní fotosyntetizující protisti jsou **organismy producentského typu**

Ve druhé skupině (organismů **fotoorganotrofních**) jsou pouze bakterie **jediné čeledi** (*Athiordoaceae* - prim. fotosyntéza redukce CO₂ oxidace alkoholu nebo jedn. org. kyseliny)

organismy **chemolithotrofní** tvoří opět pouze **některé bakterie** (nitrifikační (oxidace NH₃ --- NO₂⁻ ---- NO₃⁻), sírné (oxidace elementární síry a jejích sloučenin) železité (oxidace Fe^{II} --- Fe^{III}))

organismy **heterotrofní**, které potřebují **organické látky jako zdroj látkový** (uhlík, vodík, elektrony a další chemické prvky a sloučeniny) i **energetický** - to jsou všichni živočichové a většina protistů

chemoorganotrofní (heterotrofní) organismy nemusí při oxidaci využívat pouze kyslík ale také **SO₄**, nebo **NO₃** (bakterie denitrifikační), nebo **organické látky (fermentace)**

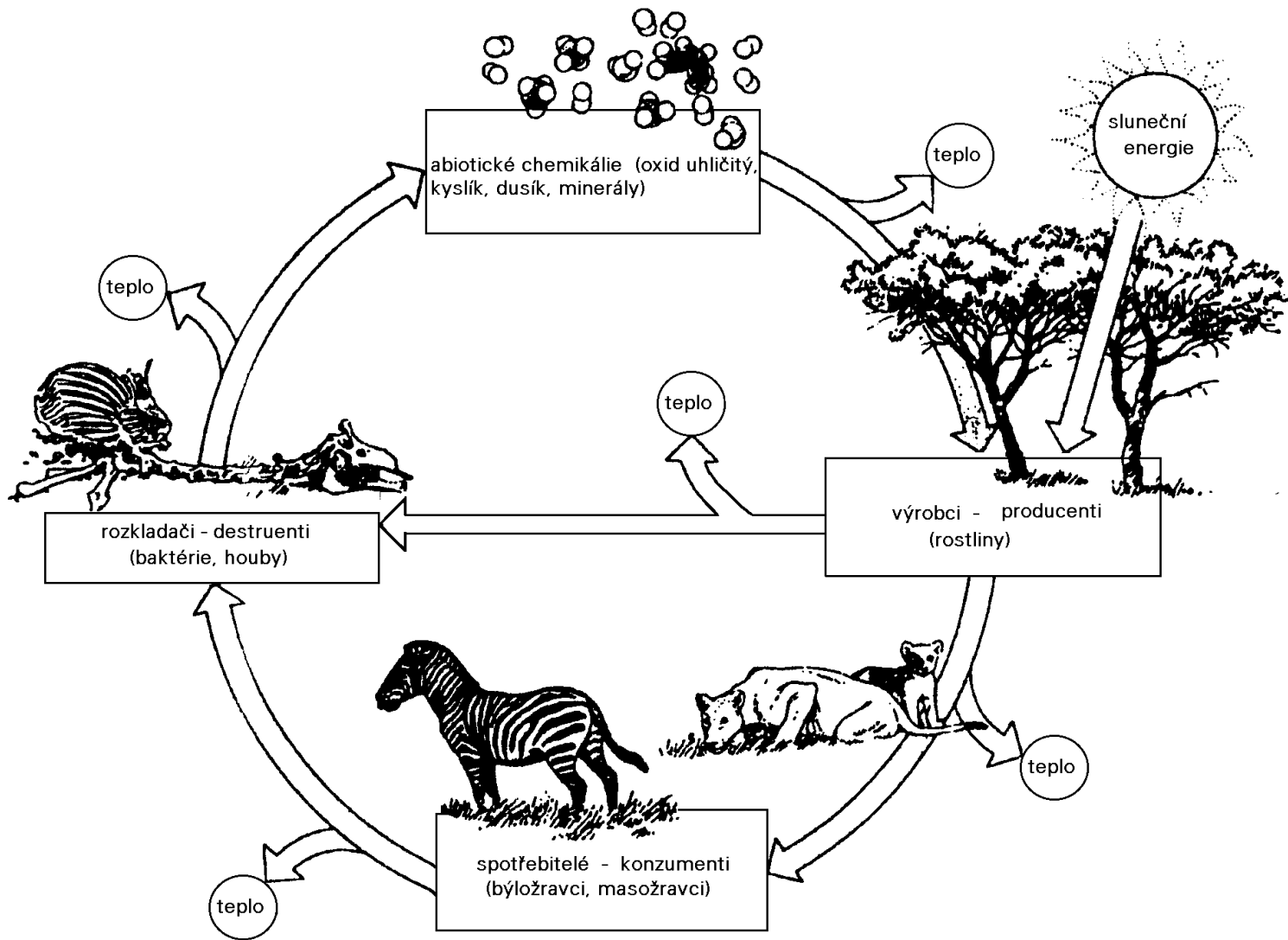
fermentace je metabolický proces velmi starý, málo produktivní, který se uplatňoval v raných stádiích vývoje biosféry
většina chemoorganotrofních využívá jako zdroj energie dýchání (druhý základní nejdůležitější metabolický proces na Zemi)

heterotrofní organismy se dělí na konzumenty (žíví se biomasou živou) a destruenty (žíví se biomasou mrtvou)

- někteří zástupci protistů - zejména **baktérie** - představují řadu **zvláštních metabolických typů.**

např. baktérie a sinice vážící dusík

-mnohé baktérie jsou schopné rozložit pevné stabilní organické látky (díky těmto baktériím se v biosféře nehromadí inertní materiály)



producenti - zdrojem energie je sluneční záření.
rostliny jsou schopny využít 1-5 % dopadající energie
využitelného záření je obsaženo ve slunečních paprscích asi 45 %.

1/2 asimilované energie rostliny opět ztrácejí při dýchání,
druhá polovina - tedy asi 0,5-3 % z celkové dopadající sluneční
energie vytvoří „čistou produkci biomasy“

zbývající část energie se odrazí (10-25 %),
část je rostlinami absorbována a přeměněna na tepelnou energii
(vypařování vody, vyzáření tepla) 80 %

konzumenti se živí těly producentů (rostlinami),
primární konzumenti (**býložravci**), jsou kořistí konzumentů
sekundárních, terciárních nebo ještě vyšších řádů.

V přirozeném lesním ekosystému je primárními konzumenty spotřebováno méně než **10 % energie**, vázané producenty; na obhospodařované pastvině to může být i více než **60%**.

Býložravci využijí jen asi **polovinu přijaté potravy** - zbytek je přeměněn na výkaly.

V **dalších stadiích** potravního řetězce, kdy dravci požírají svou kořist, je **účinnost** využití přijaté potravy zpravidla **vyšší**.

Destruenti (rozličné typy živočichů, rostlin i mikroorganismů) žijí z těl a odpadů jiných organismů.

Důležitá vlastnost ekosystémů je **produkce biomasy**

- hrubá je veškerá vyprodukovaná organická hmota za časovou jednotku
- čistá znamená přírůstek biomasy za zvolenou časovou jednotku



Ekosystém je ucelený a homogenní soubor organismů a jejich prostředí, který existuje na určitém místě a je přirozeně ohraničen.

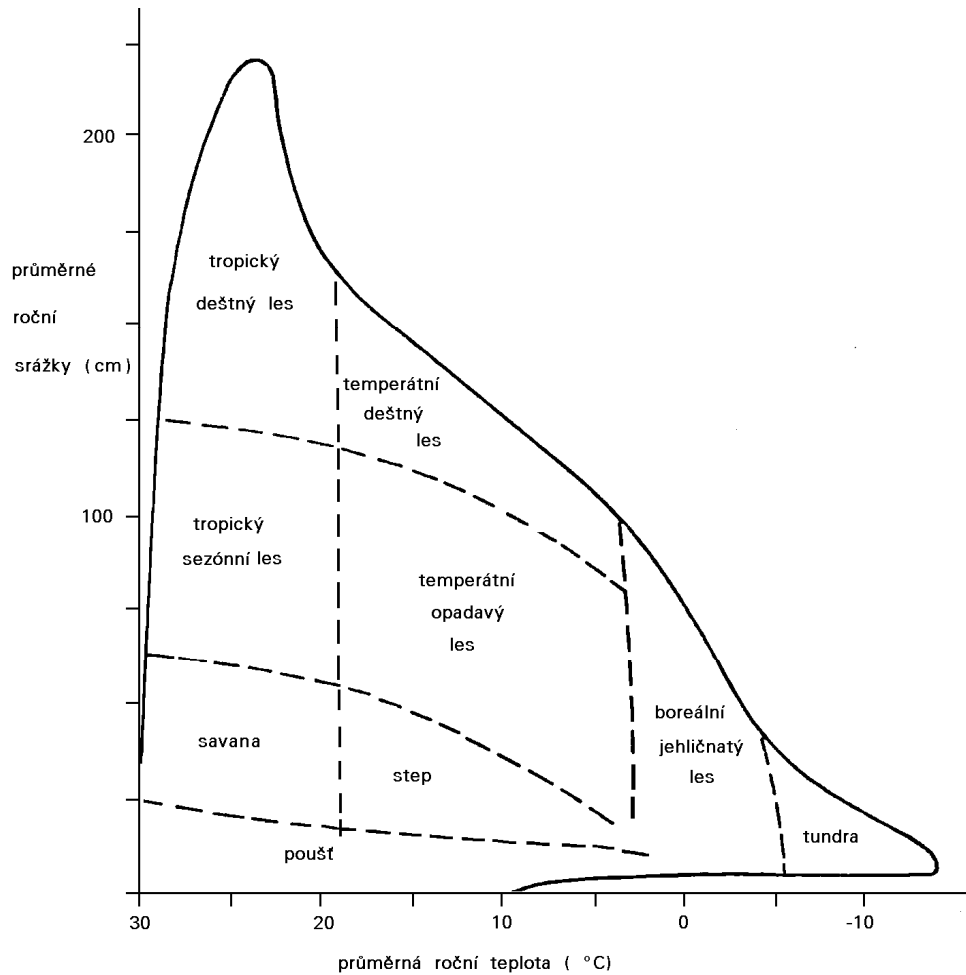
Až na malé výjimky jsou v ekosystému vyváženy metabolické funkce producentů, konzumentů a rozkladačů.

- podstatnou součástí ekosystému je prostředí a klima

- **ekosystémy** tvoří dohromady větší celky - **biomy**

Ekosystémy - zralé vs nezralé

Nezralé ekosystémy se pozvolna vyvíjejí, řadu let v závislosti na druzích, jednotlivé druhy se postupně střídají v závislosti na stanovištních podmínkách (živiny, voda, světlo, teplota) až vznikne ekosystém zralý



hlavní biomy světa závisí na klimatu většina biomů je ovlivněna člověkem

"Konečné stádium ekosystému, je už v zásadě stabilní, je určeno souhrnem vnějších podmínek, především klimatem,

klimaxové, stádium zralosti ekosystému (bez zásahu člověka a bez prudkých změn vnějších podmínek, které můžeme nazývat přírodními katastrofami, by na pevninách existovaly většinou ekosystémy klimaxové)

- kvůli lidské činnosti existují tyto ekosystémy jen omezeně
- tento ekosystém má minimální vstupy (srážky) a výstupy (odtok povrchové vody

ze zralého ekosystému nemůžeme nic odebírat aniž bychom ho nepoškodily (to věděli některé indiánské pralesní kmeny, střežili si své území a kořistili ze systému poměrně málo)

Klimaxový ekosystém vyniká bohatstvím životních forem, rozmanitostí rostlinných a živočišných druhů, složitými vztahy mezi společenstvy

z hlediska zemědělské nebo lesní produkce jsou klimaxové ekosystémy zcela nezajímavé



Ekosystém	Doba předzemědělská (mil.km ²)	Nyní (mil.km ²)	Redukce nebo nárůst (mil.km ²)
Uzavřený tropický prales	12,8	12,3	-0,5
Ostatní lesy	33,5	27	-6,5
Lesy celkem	46,3	39,3	-7
Ostatní lesnatý terén	15,2	13,1	-2,1
Prérie, savany, pampy	13	12,1	-0,9
Pastviny	33,9	27,4	-6,5
Tundra	7,3	7,3	0
Poušť	15,8	15,6	-0,3
Obdělávaná půda	0,9	17,6	16,6

Nejvíce (asi ze 60 %) byl v historických dobách **odlesněn mírný pás**; ve střední Evropě se přibližně mezi léty 900 - 1 900 snížilo zalesnění z 80 % na 25 %. Ve středomoří začalo odlesňování asi před 2 500 lety, v severní Africe, na Středním Východě a v Číně před 4 000 -5 000 lety. v současnosti nejrychlejší tempo odlesňování probíhá v tropech

Odlesňování

Jižní Amerika	4,2
Afrika	3,4
Asie	2,7
Oceánie	0,5
Stř. Amerika	0,3
Sev. Amerika	0,3 mil ha/rok

biom	rozloha 10⁶ km²	vegetace	půda	celkem
tropický les	17,6	212	216	428
les mírného pásu	10,4	59	100	159
boreální les	13,7	88	471	559
savana	22,5	66	264	330
step	12,5	9	295	304
pouště	45,5	8	191	199
tundra	9,5	6	121	127
mokřady	3,5	15	225	240
pole	16	3	128	131
celkem	151,2	466	2011	2477

Globální rezervoáry uhlíku v biomase a v půdě do hloubky 1m, Gt C (IPCC, 2001)

Biologickou rozmanitost (biodiverzitu) chápeme na třech úrovních:

Úroveň ekosystémů.

Ekosystémy v rámci

jednotlivých biomů (například jehličnatých lesů severského typu) mají mnohé **vlastnosti společné**, avšak **některé specifické**.

Tyto **unikátní vlastnosti** činí většinu ekosystémů jedinečnými, jejich existence je **vázána na danou konkrétní lokalitu** a na podmínky v určitých mezích stálé.

Úroveň druhů. Jejím nejzřetelnějším aspektem je **počet druhů** živých organismů v ekosystémech.

Úroveň populací. Stojí na **genetickém bohatství** jednotlivých druhů. Genetická základna každého druhu, vyjádřená genetickou variabilitou **poddruhů** i jednotlivých jejich příslušníků, je v podstatě úměrná celkové **velikosti populace** daného druhu.

Počet jednotlivých druhů na Zemi se pouze odhaduje
popsáno asi 1,5 miliónu druhů,
1/2 - asi tři čtvrtě miliónu - jsou členovci, především hmyz.
rostlin je asi čtvrt miliónu druhů.
obratlovců je pouhých 41 tisíc druhů

nižší organismy jako jsou houby nebo bakterie nejsou rozrůzněny
do přílišného počtu druhů. Celkově se odhaduje počet druhů asi okolo
14 miliónů, avšak některé odhady jdou až ke stu miliónů druhů,

ne všechny ekosystémy jsou druhově bohaté
biologická rozmanitost obecně vzrůstá od pólu k rovníku
ani v rámci jednotlivých klimatických pásů nebo biomů není
úroveň diverzity stejná
druhově nejbohatší oblasti jsou tropické lesy
v tropických lesích žije více než polovina druhů živých organismů na
ploše menší než je 6 % z celé plochy suché země

z vodních ekosystémů jsou biologicky nejbohatší **mořské korálové útesy**

jejich nejvážnějším **ohrožením je změna** biogeochemických vlastností **vody šelfových moří**, kde se korálové útesy vyskytují, zejména nadměrný přísun živin

v současnosti se ztrácí asi 30 tisíc druhů ročně

od roku 1600 jsme ztratili zatím jen **0,15 %** rostlin, **1,2 %** ptáků a **2 %** savců

ke ztrátě druhů dochází vlivem

- **redukce území ekosystémů**
- **dělení ekosystémů** na menší jednotky
- **snižováním počtu jedinců** téhož druhu vede ke snižování genetické variability
- **redukované populace** jsou **zranitelnější vůči stresům** případně mimořádným událostem
- v současnosti je přibližně **10 % savců a ptáků** je vážně ohroženo a totéž se týká zhruba **7 % rostlin**.

ochrana biodiverzity se provádí několika způsoby

nejdůležitější

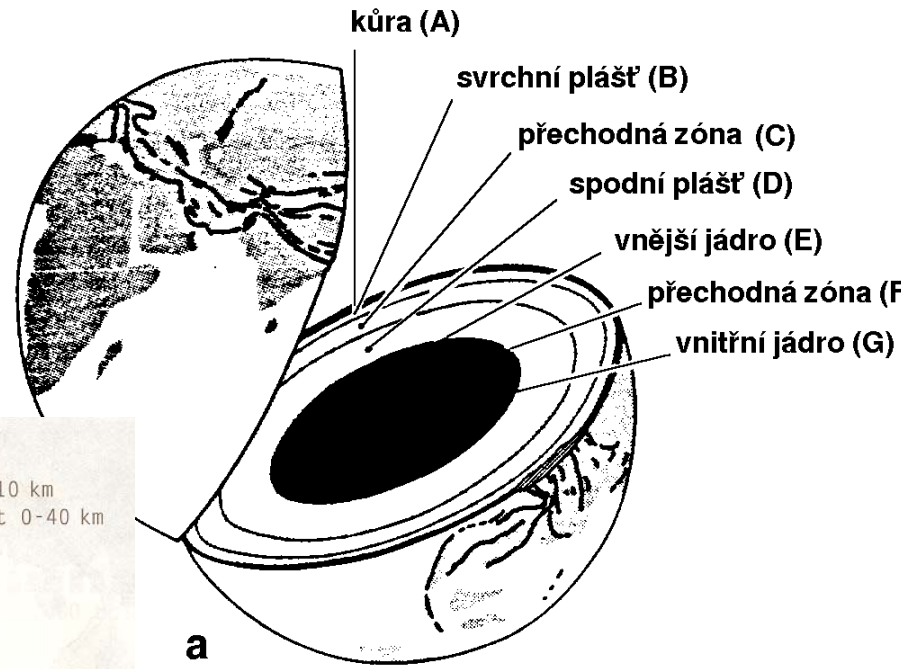
ochrana „**in situ**“ která má řada stupňů a je významnější než ochrana „**ex situ**“ např. zoologické zahrady, genetické banky, obory atd.

ochrana biodiverzity má i ryze praktické důvody

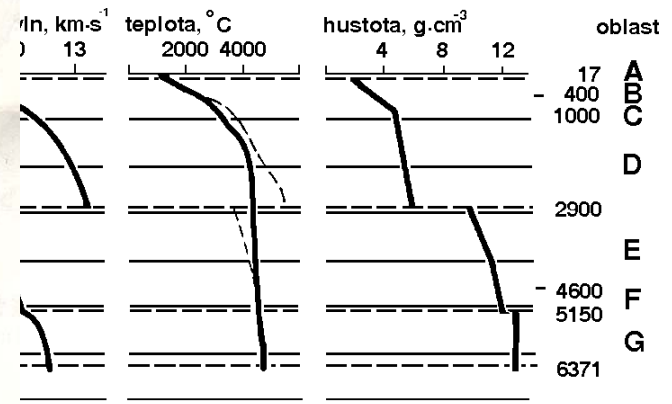
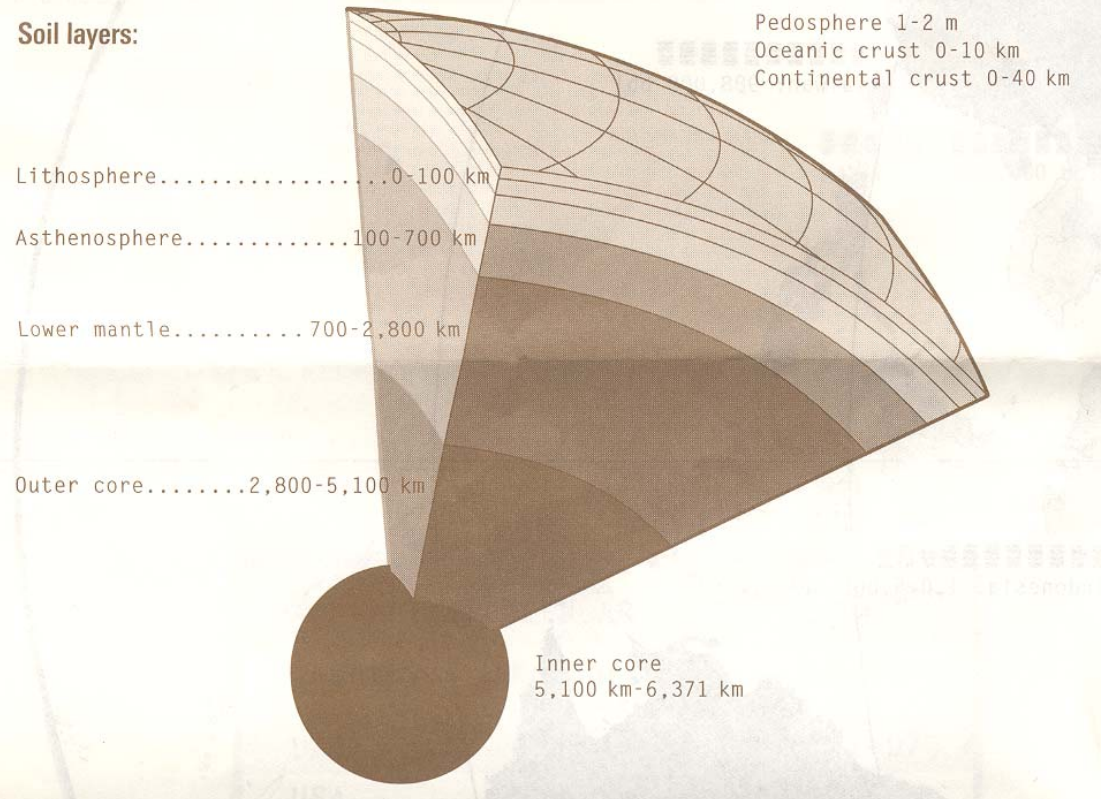
Biosféra je

- zdroj potravin
- léků (např. pouze 10 % léčiv se syntetizuje ostatní jsou extrakty z živých organismů), paliva, významných mikroorganismů atd.
- chem.látek, paliva
- tkanin
- má sociální funkci, estetickou etc

Litosféra



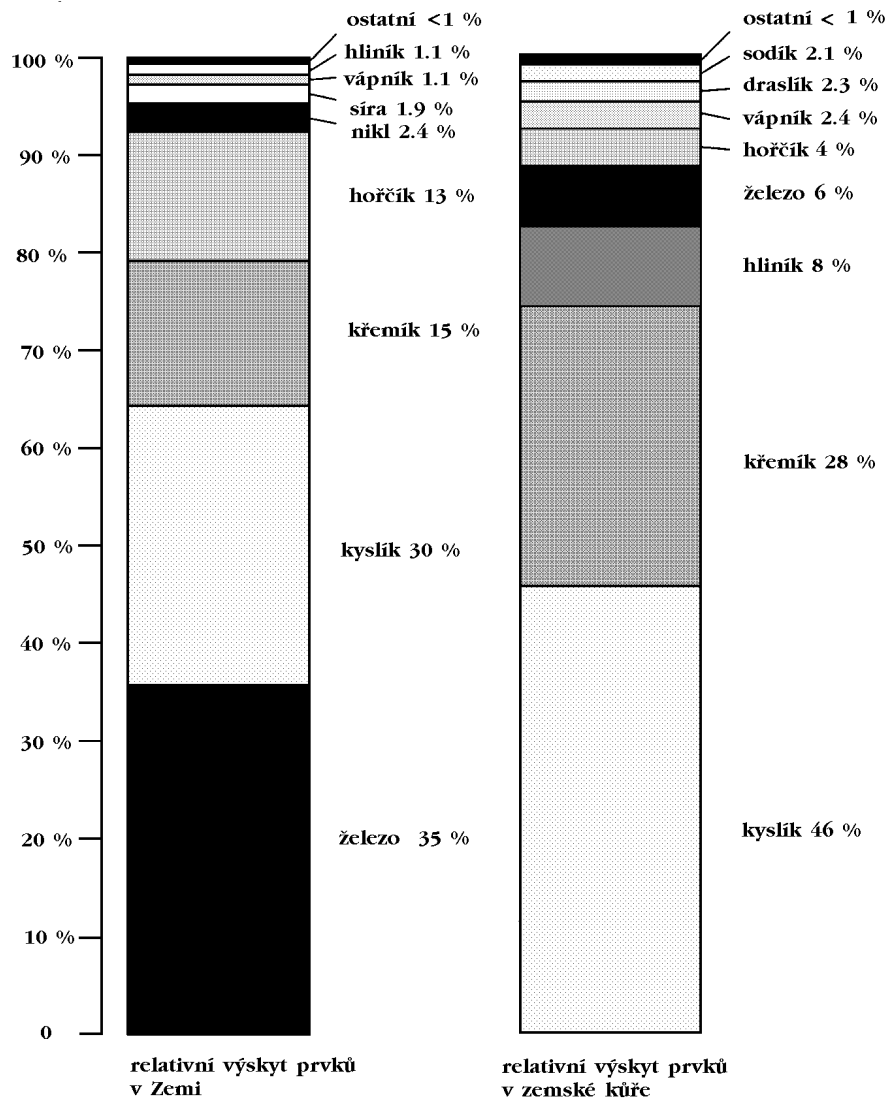
Soil layers:

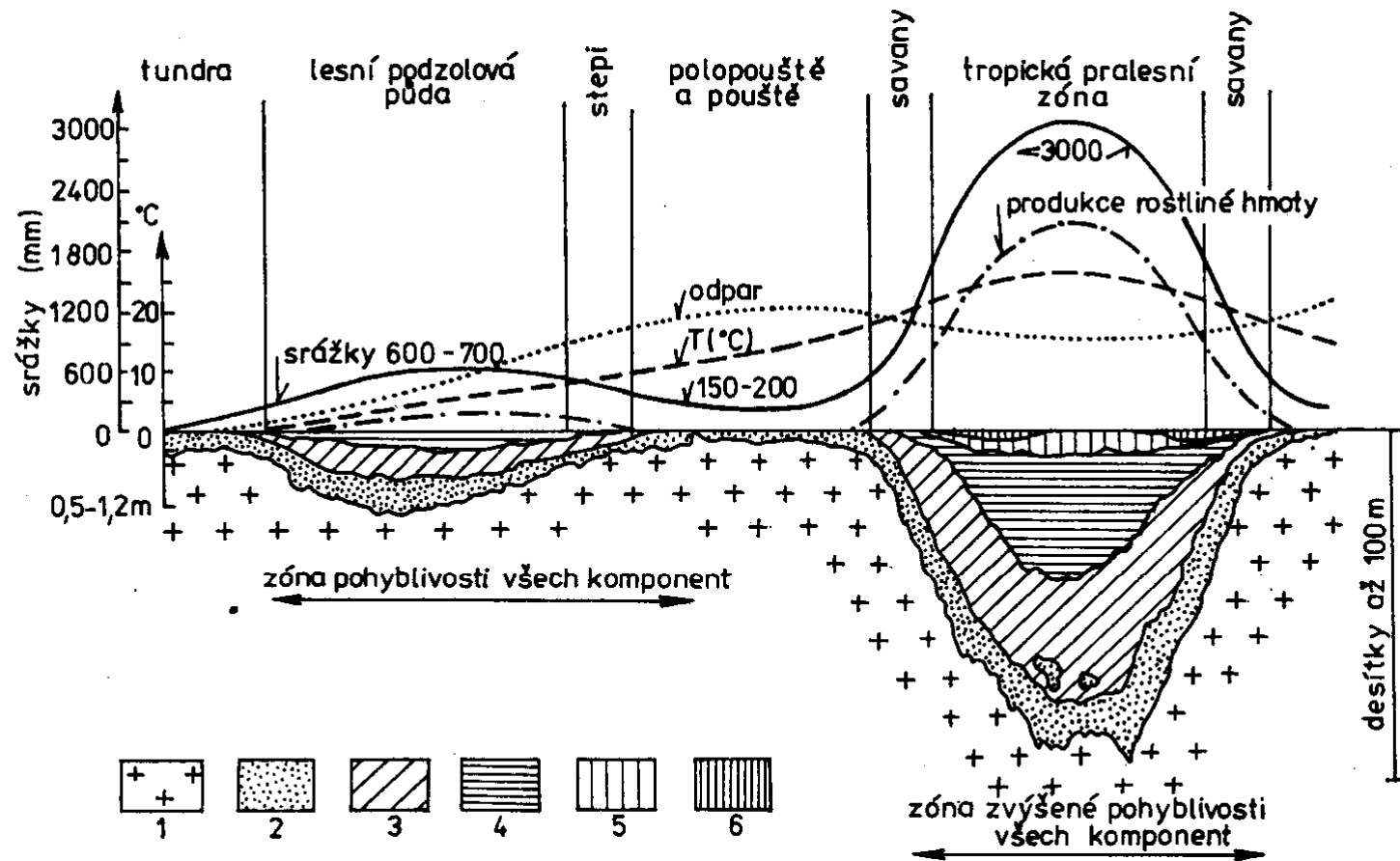


b

If everyone on the planet lived like an average Austrian we would need approx. 2.8 Earths to meet our resource requirements:







87. Schéma zonálního rozdělení kůry zvětrávání na souši v závislosti na klimatických pásmech v oblastech tektonicky neaktivních. Vertikální zonálnost profilů: 1 – čerstvá hornina, 2 – zóna dezintegrace, 3 – zóna hydroxidů a montmorillonitu, 4 – zóna kaolinitu, 5 – okry (se zvýšenými podíly oxidů nebo hydroxidů železa a hydroxidů hliníku), 6 – lateritové reziduum (pancíř $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$). (Strachov 1962.)

Pedosféra

je složená z

O, Si, Ca, Al, Fe, Na, Mg, Ti, H, C

Řadou anorganických procesů, působením rostlin, živočichů, mikroorganismů vzniká na zemském povrchu oživená vrstva sedimentu zvaná **půda**.

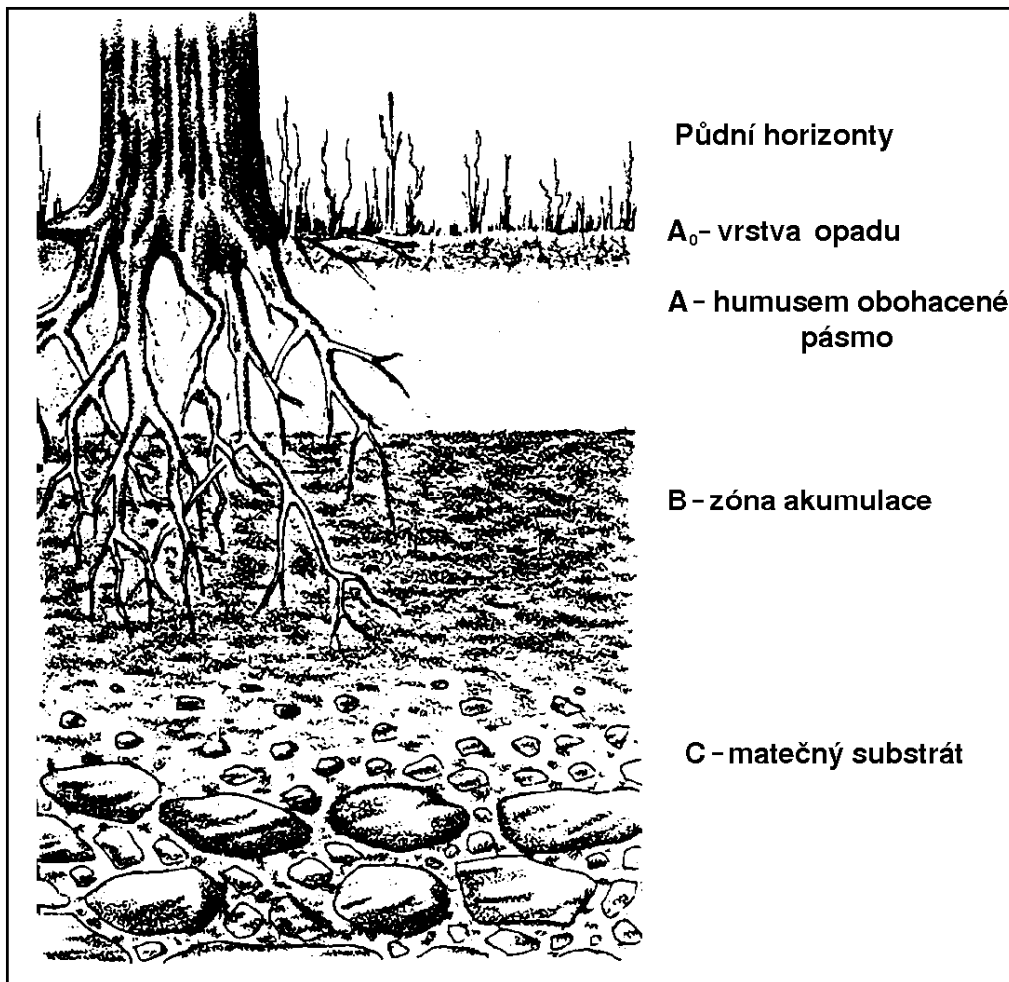
půda vzniká podle následujícího schématu

hornina + vstup z atmosféry → alterovaná hornina + roztok

vstup z atmosféry představuje voda, CO_2 , O_2 a řada dalších látek rozpuštěná ve srážkách, ale i suchá depozice atmosférických plynů a aerosolových částic (oxidy síry, oxidy dusíku, částice solí atd.).

hmotnost pedosféry je cca 1.5×10^{20} g

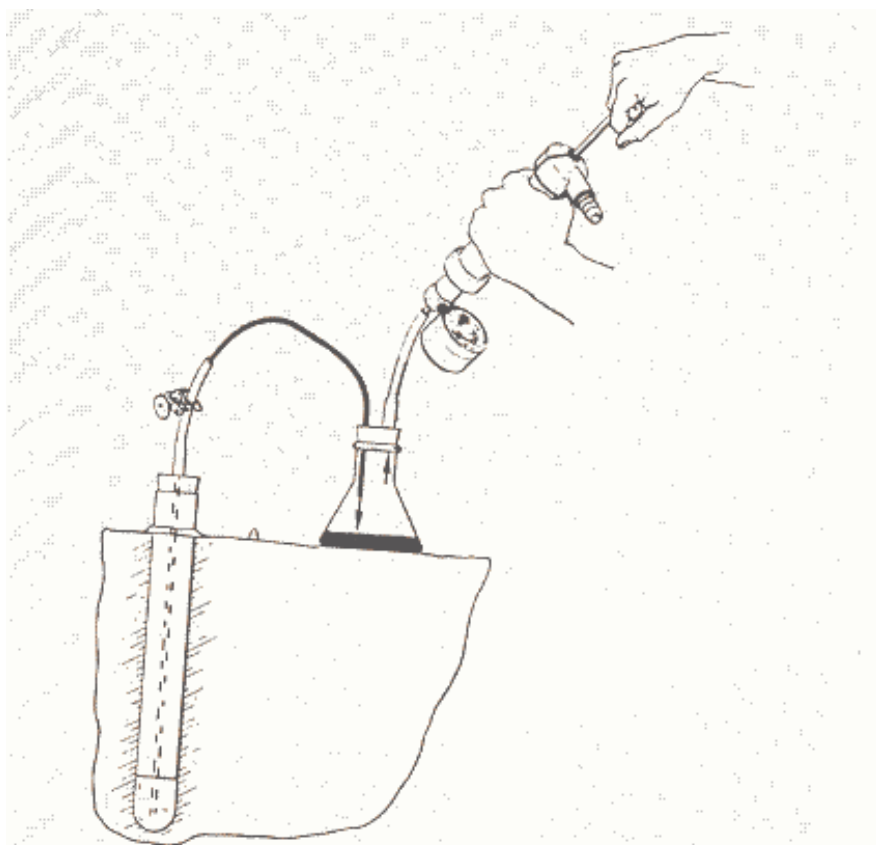
procesy, kterými půda vzniká, dochází i k její další stratifikaci a vzniku půdního profilu.

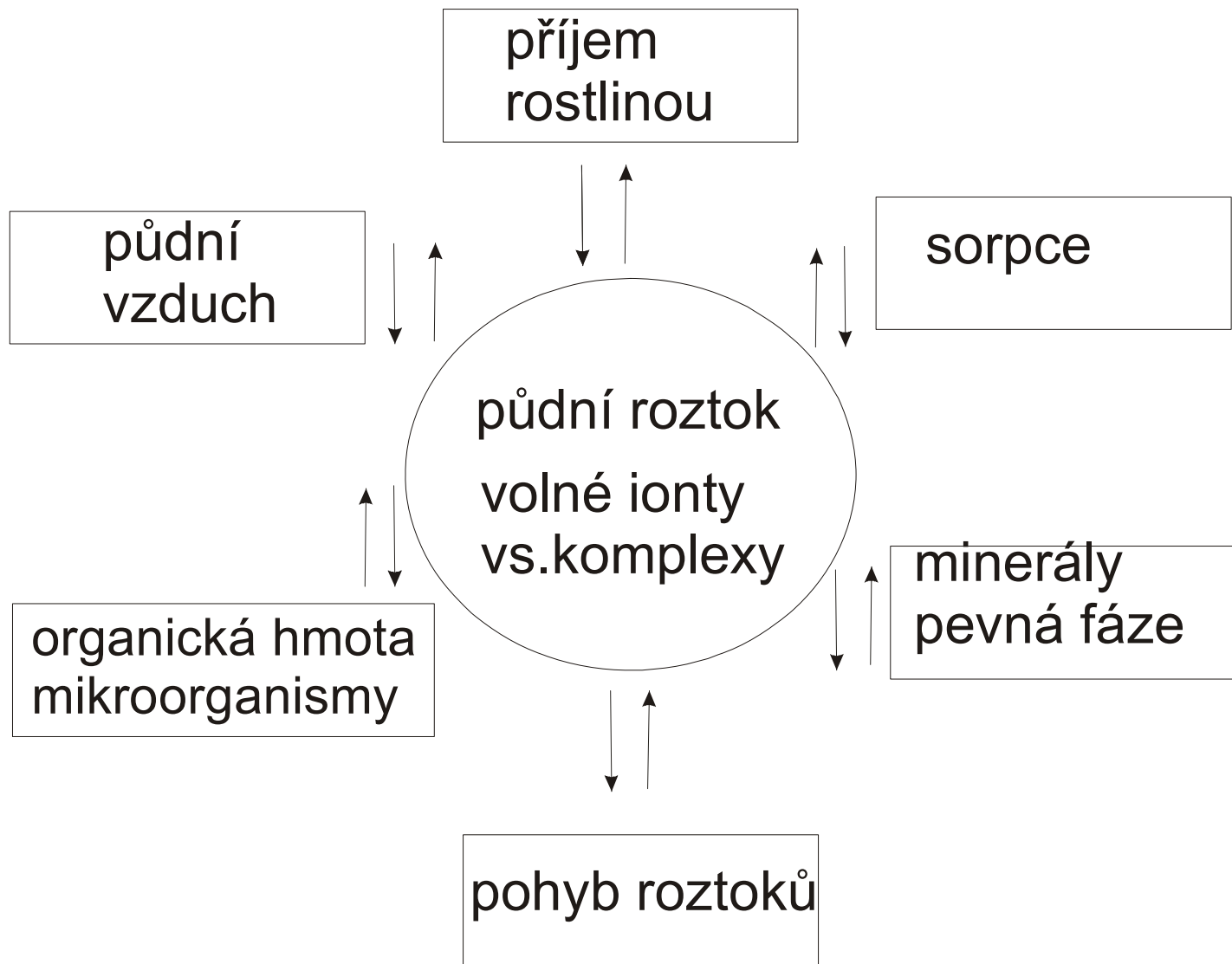


Obr. 2.10. Schéma půdního profilu s vyznačením nejvýznamnějších horizontů. A₀ - vrstva opadu, A - humusem obohacený horizont, B horizont - iluvium, zóna akumulace, C horizont - matečný substrát.

Půda obsahuje tyto hlavní anorganické a organické součásti:

- 1. Zbytky matečné horniny** chemicky a fyzikálně přeměněné zvětrávacími procesy. Nejdůležitější anorganickou složkou půdy jsou **křemen, jílové minerály, zbytky původních horninotvorných minerálů, oxidy a hydroxidy železa, manganu a hliníku**. Na jejich povrchu dochází k procesům adsorbce a vázání nutričně důležitých hlavních i stopových prvků, které jsou ve formě přístupné pro rostliny.
- 2. Půdní roztoky**, které vznikají jako výsledek interakce mokré a suché depozice, činnosti bioty a horninového prostředí. Půdní roztoky obsahují sloučeniny hlavních i stopových prvků, organických látek ve formě přístupné rostlinám.
- 3. Půdní plyn** podobného složení jako vzduch obohacený o CO_2 , uhlovodíky a další zplodiny rostlinného a živočišného metabolismu.
- 4. Humus**, soubor neživých organických látek nahromaděných v půdách. Skládá se z řady jednoduchých i složitých organických kyselin. V půdě se vyskytuje ve stavu čistém i ve stavu smíšeném s minerální hmotou.
- 5. Půdní mikroorganismy** (řasy, sinice, houby a prvoci)
- 6. Vyšší rostliny** (zejména jejich kořenové systémy) a **vyšší živočichové** (červy, hlísti, chvostoskoci, hmyz a obratlovci).





Příklady složení vybraných půdních roztoků

půda	pH	Ca mM	Mg mM	K mM	Na mM	NH ₄ mM	Al mM	Si mM	HCO ₃ mM	SO ₄ mM	Cl mM	NO ₃ mM
Kalifornie 1	7.43	12.8	2.48	2.29	3.84	0.86			3.26	5.01	3.07	21.4
Georgia 2	6.15	0.89	0.29	0.07	0.16		0.0004	0.13		1.18	0.21	0.1
UK 3	7.09	1.46	0.12	0.49	0.31		0.01	0.34		0.32	0.75	0.69
Austrálie 4	5.75	0.27	0.40	0.38	0.41	2.60			0.85	0.87	1.67	0.32

kov	volny	CO3	SO4	Cl	PO4	NO3	OH	
Ca	91.36	2.26	5.03	0.43	0.23	0.68		
Mg	91.95	1.6	4.02	0.35	0.33	1.72	0.03	
K	99.29	0.14	0.36	0.08		0.12		
Na	98.97	0.27	0.58	0.12	0.01	0.05		
Cu	1.86	95.26	0.13		1.68		1.06	
Zn	42.38	49.25	2.94	0.06	0.87	0.16	4.34	
ligand	volny	Ca	Mg	K	Na	Cu	Zn	H
CO3	0.5	3.26	0.38	0.06	0.44	0.06	0.24	95.05
SO4	76.07	18.7	2.43	0.36	2.4		0.04	
Cl	98.8	0.8	0.1	0.04	0.25			
PO4	38.22	9.19	0.38	0.38	1.98	0.13	0.5	49.6
NO3	98.45	1.01	0.41	0.05	0.08			

Speciace prvků v půdní vodě (%) - termodynamický model

Jaký je význam komplexů ?



Organická hmota

opad uhlíku z biosféry na zem

2 kg C m² /rok v tropech

1 kg C m² /rok v mírném pásu

0 - 0,1 kg C m²/rok v pouštích a tundře

nejčastější sloučeniny cukry, polyfenoly, aminosloučeniny, lignin

mikrobiálně se transformují na huminové látky

SOM působí - komplexaci kovů a ligandů, propojování částic, sorbuje organické látky (pesticidy), působí rozpouštění minerálů

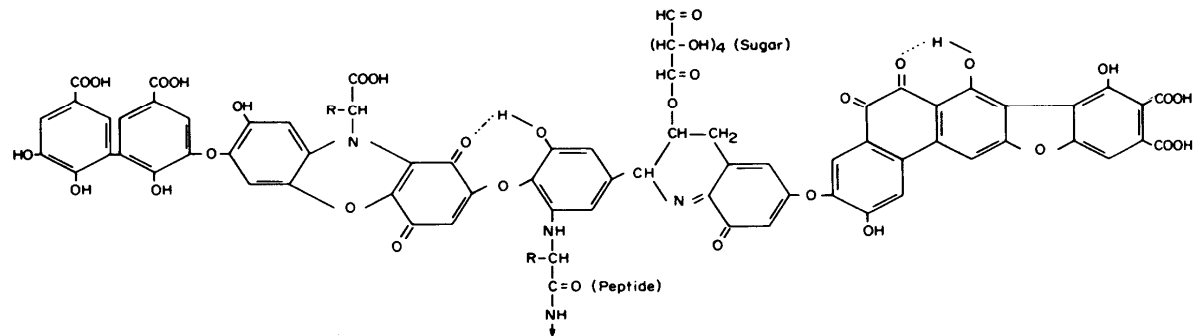
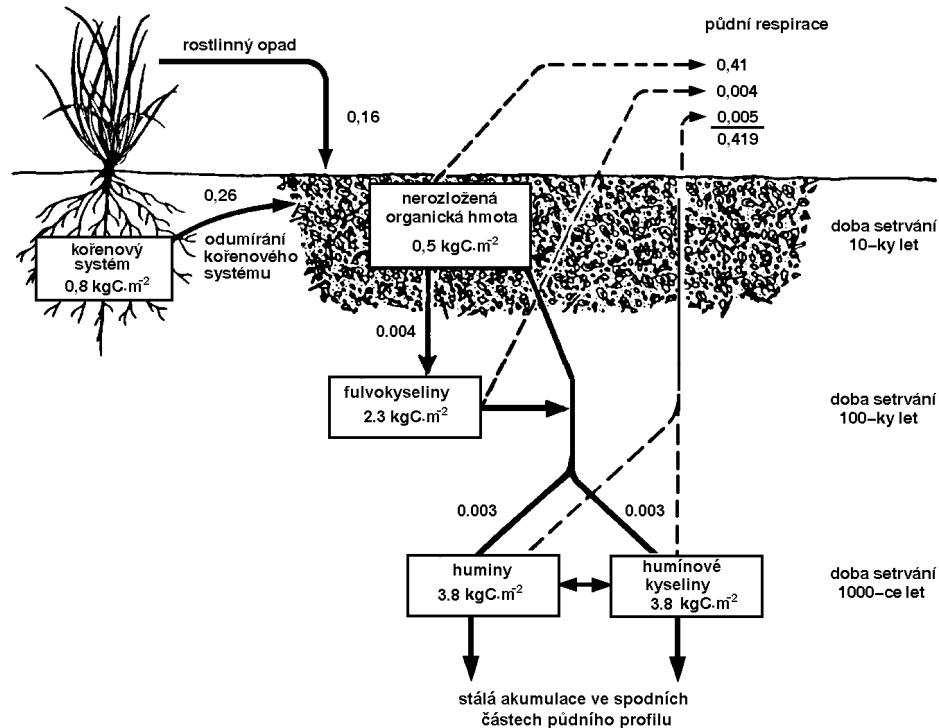


Fig. 5.5 Hypothetical structure of humic acid. (From J. J. Mortvedt, P. M. Giordano, and W. L. Lindsay (Eds.), *Micronutrients in Agriculture*, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, 1972.)

Huminové látky -humin, huminové kyseliny, fulvokyseliny

jsou stabilní v exogenním prostředí, sorbují a komplexují

celou řadu látek, tmelí dohromady jednotlivá minerální zrna



Eroze, salinizace, desertifikace, acidizace



Změny v půdách vyvolané člověkem

- **eroze**
- **desertifikace, salinizace**
- **acidifikace**
- **změny ve složení**

eroze - přirozený jev, závisí pouze na její rychlosti, je ovlivněná typem pokryvu, eroze probíhá vodou méně větrem
příčiny **nevhodný rostlinný pokryv**, nevhodné ovlivnění jednotlivých **forem reliéfu**, používání **nevhodné techniky** v **nevhodnou dobu**

důsledky - **ztráta vlastního substrátu**, vliv na jeho skladbu, **úbytek organického uhlíku**, možný **transport kontaminantů** na větší vzdálenosti větrem, možnost **svahových pohybů**, **nevhodné členění terénu**, **snížená schopnost zadržovat vodu**

V Evropě ovlivněno 115 mil ha vodní erozí (cca 12 %) a 42 mil ha je ovlivněno větrnou erozí (4 %)

náchylnost k erozi závisí na

- **strukturu půdy, zrnitosti, množství org. hmoty, inf. koeficientu**
- **vnějších faktorech** (topografie, klima, vegetace, využití, hustota osídlení)

nápravy: technologická opatření, změny v dosavadní nevhodné agro- silvo- pastorální rovnováze

Desertifikace

znamená odstranění rostlinného pokryvu, změna složení a struktury půdy (zejména ztráta organické hmoty)

pouště - nízký srážkový úhrn, nízká vlhkost, relativně vyšší prům. teplota, některé oblasti pobřežní mají vyšší srážkový úhrn přesto nemají pokryv vzhledem k pohybu dun a salinizaci

Salinizace

je způsobená nevhodným zavlažováním, pronikáním mořské vody do půd, případně pronikáním solanek z fosilních zdrojů salinní půdy mohou mít velké množství NaCl, vyměnitelného Na, nebo kombinaci obou faktorů

Na výměnný

nastává zejména v suchých oblastech kde **výpar** **převažuje nad evapotranspirací**

NaCl v půdě pochází z mořské vody, intruze solanek, spray, nevhodné zalévání

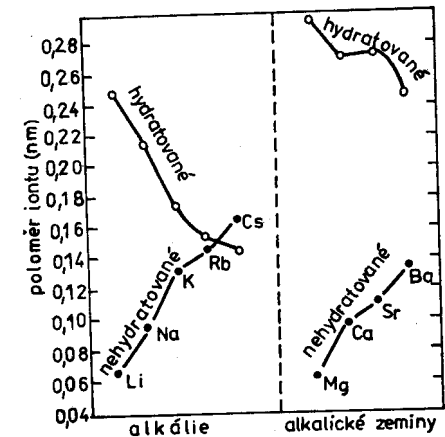
důsledky salinizace

- vliv na kvalitu půdní vody, kompetici živin,
- rozšíření halofyt či ruderálních rostlin

v Evropě je ovlivněno salinizací **0.4 %** rozlohy orné půdy zejména

Maďarsko, Rusko, Rumunsko

nápravy jsou možné, finančně velmi náročné



	salinní (NaCl)	Na ex	celk.
S. Amerika	6.2	9.6	15.8
Stř. Amerika	2.0		2.0
J. Amerika	69.4	59.6	129.0
Afrika	53.5	27	80.5
J. Asie	83.3	1.8	85.1
S a Centr. Asie	91.6	120.1	211.7
JV Asie	20.0		20.0
Austrálie	17.4	340	357.4
Evropa	7.8	22.9	30.7
Celkem	351.5	581	932.2

Salinní půdy mil ha
deposice solí z mořského spraye je cca 100 - 200 kg /ha/rok na pobřeží
a cca 10 - 20 kg/ha/rok
sodium hazard se vyjadřuje jako ESR (exchangeable sodium ratio) =
 $\text{Na soil} / (\text{CEC} - \text{Na soil})$



Půdy postižené solemi (Sparks, 2003)

Vliv salinity na půdní prostředí

- změna osmotických vlastností půdních roztoků
- změna v bilanci živin
- změny v hydraulických vlastnostech půd (Na půdy mají nízké infiltrační koeficienty)

náprava

- vhodná zálivka
- sledování složení irigační vody vzhledem ke kompetici bazí s Na

Acidifikace - nadměrný přísun protonu do půd

1. Proton nereaguje s primárními půdními konstituenty a pH půdy klesá s rostoucí koncentrací H^+

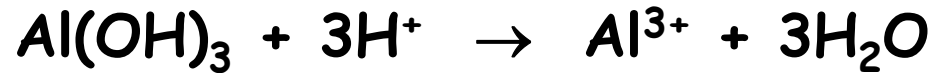


2. Proton vytěsňuje bazické kationty (Na, K, Mg, Ca) adsorbované na jílových minerálech, oxyhydroxidech a organické hmotě



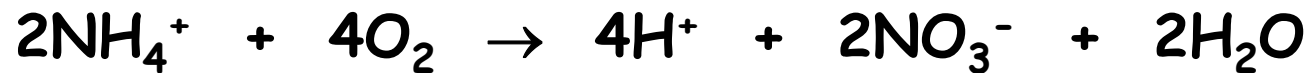
Jílové minerály, hydratované oxidy nacházející se v půdách mají na svém povrchu řadu elektronegativních míst, které vážou adsorpčními silami důležité nutriční prvky.

3. Protony mohou reagovat s primárními a sekundárními půdními minerály. Výsledkem jsou některé toxické prvky v půdních roztocích a povrchových vodách (Al^{3+}), či ztráta sorpčních pozic pro toxické prvky v půdách a jejich následné uvolnění do povrchových vod.



V neacidifikovaných oblastech je obvykle rychlost vyluhování bazických kationtů stejná, jako jejich uvolňování z primárních půdních součástí.

V acidifikovaných oblastech loužení bazických kationtů převažuje nad jejich uvolňováním z primárních půdních minerálů. V prostředí s velkým přísunem amonných iontů do půdy (v důsledku depozice amonných iontů nebo intenzivního hnojení amonnými hnojivy) může docházet k okyselování půdy v důsledku následujícího procesu



Acidifikace

Acidifikace půd je přirozený proces, který však byl lidskou činností mnohonásobně ovlivněn. Mezi nejdůležitější mechanismy, které způsobují půdní acidifikaci patří:

1. **přirozené procesy**, jakými jsou disociace kyseliny uhličitě a organických kyselin a loužení bazických kationtů srážkami
2. **ochuzování** půdy o bazické kationty např. při těžbě dřeva
3. **nevhodné používání hnojiv**, zejména dusíkatých
4. **zalesňování jehličnany**
5. **odvodňování zamokřených půd**
6. **atmosférická depozice oxidů síry, dusíku a amoniaku**

CO₂



Organické kyseliny

oxalová, octová, vinná atd

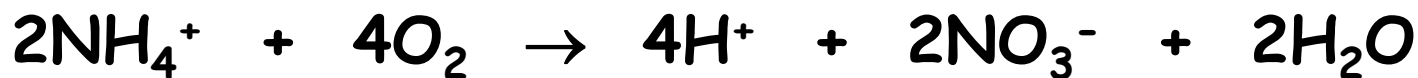
humínové kyseliny, fulvokyseliny,

bazické kationty jsou

Ca, Mg, K, Na,

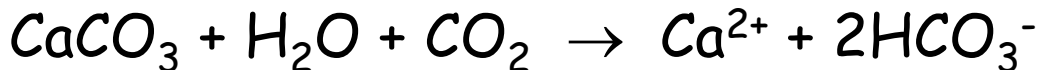
nevhodné používání hnojiv

nitrifikace uvolňuje H⁺

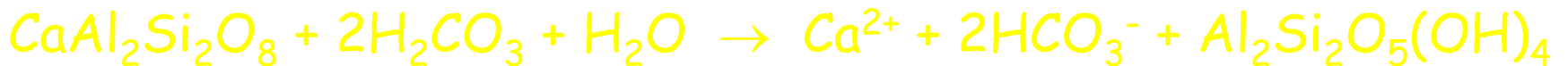


Acidifikace půdního ekosystému lze chápat jako projev výměnných **pufračních reakcí**, které zadržují, nebo naopak produkují vstupující vodíkové ionty. V půdě existuje **několik puфраčních systémů**, využívajících různé mechanismy zadržování protonu a pracujících v **různém rozmezí pH**

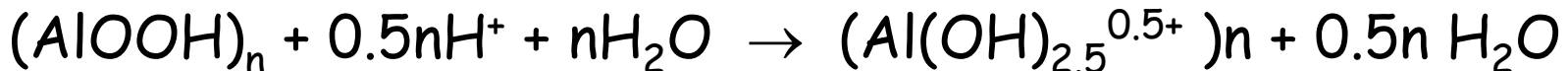
1. puфраční interval **karbonátů** v rozmezí **pH 6.2-8**



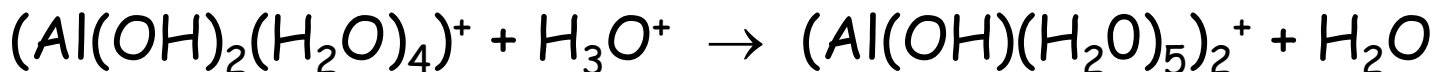
2. puфраční interval **silikátů** v rozmezí **pH 5 - 6.2**



3. **Kationtově výměnný** puфраční interval v rozmezí **pH 4.2-5**

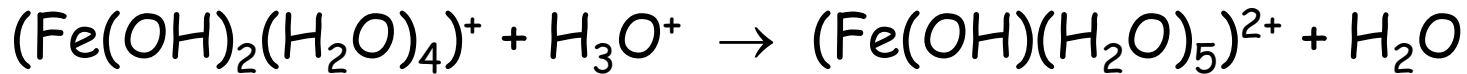


4. puфраční interval **hliníku** v rozmezí **pH 3.8-4.2**



5. puфраční interval **hliník-železo** v rozmezí **pH 3-3.8**

6. pufrční interval železa v rozmezí 2.4-3.8



7. pufrční intervaly organické hmoty pokrývající široký rozsah pH.

Karboxylové skupiny jsou zodpovědné za aciditu v rozmezí pH 3-7, fenolové skupiny v rozmezí pH 8-12, aminové skupiny působí v oblasti

tohoto překryvu 7-8 (Turchenek et al. 1987).

parametry sledované v půdách

pH,

CEC kationtová výměnná kapacita Σ (Na, K, Ca, Mg, Mn, H, Al)

EA výměnná acidita Σ (Al, H)

$BS = CEC - EA / CEC$

kritická zátěž = takové množství deponovaných škodlivin, které způsobuje

nárůst koncentrace dané škodliviny v rezervoáru

pro vyměnitelný Al 0.2 mol/m³ - v Evropě již 28 % zalesněných území

pro poměr Al/ Σ CEC = 1 v Evropě 14 % rozlohy lesů

Problém Al

Zvětrávání alumosilikátů v „normálním“ pH

normální zvětrávání

živce + H^+ = jílní minerál + K^+

jílní minerál vzniká sorbcí Al forem na tetraedrickou SiO_4 síť

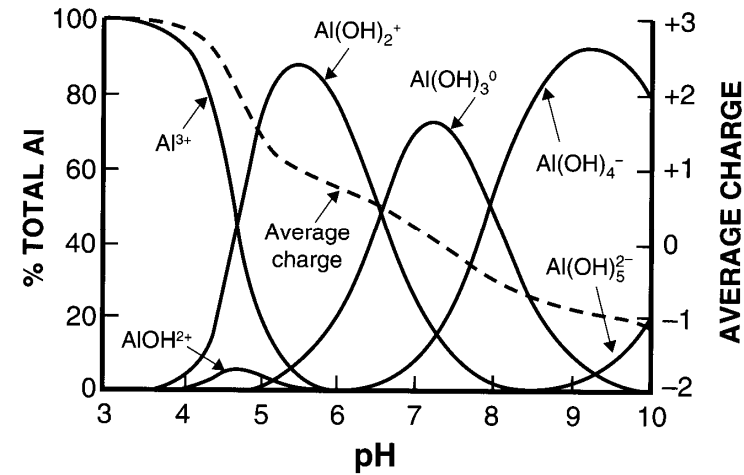
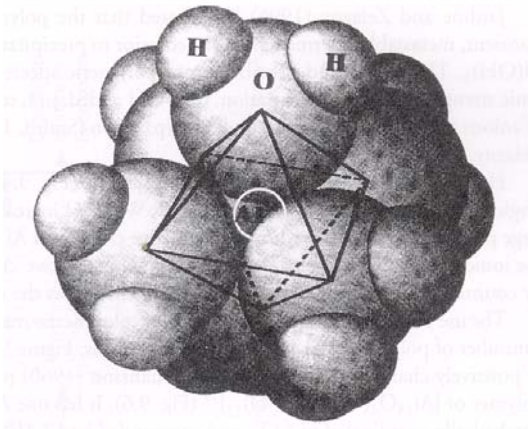
v kyselém prostředí

škodlivé zvětrávání

živce + nadbytek H^+ = silicit - protonizovaný + K^+ + Al^{3+}

Formy Al

polymerní formy hliníku vznikají v závislosti na



Al monomerní rozpustné OH formy

Polymerní formy Al jsou přechodný stav vedoucí ke stabilnímu $Al(OH)_3$

nejvýznamnější následky acidifikace

- změna kvality půd, změna složení porostů, zánik lesa, eroze půdy
- změna složení podzemní a povrchové vody (snižování pH, nárůst koncentrací Al, Be případně dalších stopových prvků)

Zánik jehličnatého lesa

(vizuální symptomy žloutnutí, opad jehlic, oslabení jedinci náchylní k mechanickému poškození, změněné poměry živin či energetických sloučenin)

- první odborné zprávy se objevují v 80 letech
- různé stupně intenzity
- vysloveny tři základní hypotézy

? jedná se o přirozený vývoj jehličnatého lesa

? způsobují tyto změny biotické či abiotické faktory

? jakým způsobem zajistit opětovné zlepšení stavu

? můžeme očekávat zlepšení v rámci 1, 2, 3 lidských generací









jednotlivé stupně poškození

stupeň	vitalita	ztráta jehlic	% žloutnutí
0	zdravý les	0-10	0-25
1	mírně poškozený	11-25	<60 při ztrátě jehlic 0-10% <25 při ztrátě jehlic 11-25%
2	středně poškozený	26-60	>25 při ztrátě jehlic 11-25% <25 při ztrátě jehlic 26-60%
3	vážně poškozený	61-99	>25 při ztrátě jehlic 26-60% >25 při ztrátě jehlic 61-99%

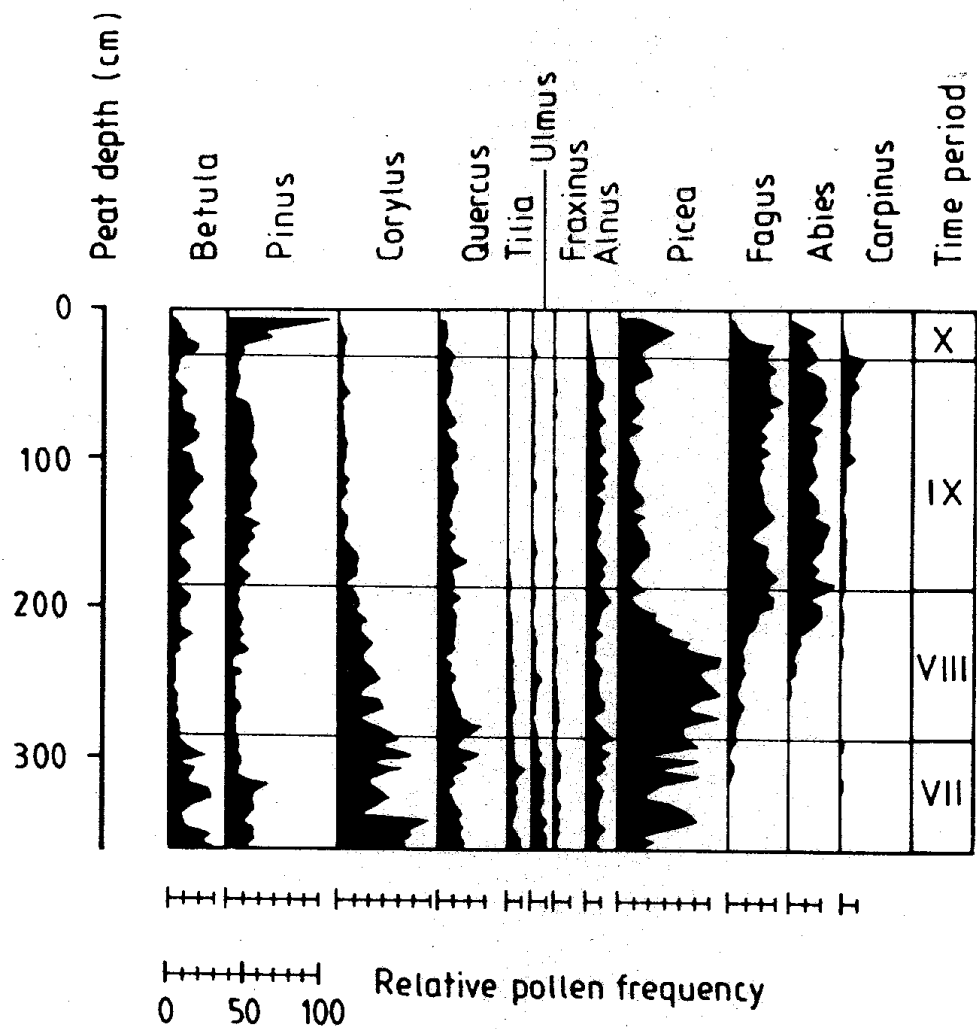
4 zanikající 100

první studie Německo, Švédsko, Spojené státy, Francie, ČR,

Vegetační sukcese Smrčin

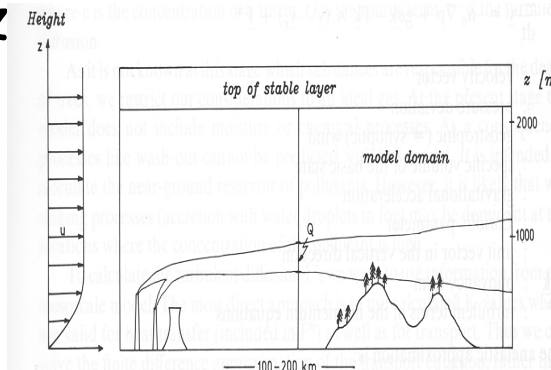
(rekonstrukce vývoje na základě palynologie rašelinného profilu)

- po ukončení glaciálu (i když nebylo území zaledněno) začíná
- invaze dřevin, kterou lze rozdělit do šesti období)
- **6800** př.n.l. kolonizace **břízou** (*Betula pendula*) a **borovicí** lesní (*Pinus silvestris*.c. invaze **lísky** (*Corylus avellana*), **dubu letního** (*Quercus robur*) a **jilmu** (*Ulmus glabra*)
- **5500 - 4000** př.n.l. růst průměrné teploty doprovázen zvýšeným výskytem **dubu, jilmu, méně lípy, javoru**. Přítomné jsou rovněž olše a smrk
- **4000 - 2500** př.n.l. dominantní **smrk, jedle, dub**
- recent **jedle, smrk, buk**
- středověk převažuje **buk, jedle, jírovec, borovice, smrk**
současné zalesnění **96 % smrk, 2 % buk, 1 % jedle**



Klimatické faktory (uplatňují se zejména 700m nad mořem)

- velké rozdíly denních a nočních teplot zejména v jarních měsících
- nedostupnost vody vzhledem k promrzlé půdě, mechanické
- poškození námraz

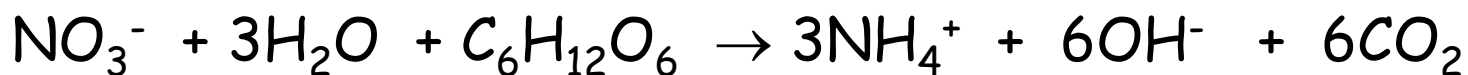


Plynné polutanty

- SO_2 , NO_x , O_3 , H_2O_2 , VOC

- mokrá kyselá atm. deposice - loužení živin z tkání, vliv na strukturu tkání

většina silných oxidovadel musí být po vstupu do tkání a cytoplazmy redukována



nejsilnější oxidans O_3 rozkládá lipidy buněčných membrán



evapotranspirace

intercepce

asimilace rostlinou loužení

opad biomasy

podkorunové srážky

pohyb rostlinou

kořenový příjem

depozice
mokrá a suchá

gravitační depozice

povrchový odtok

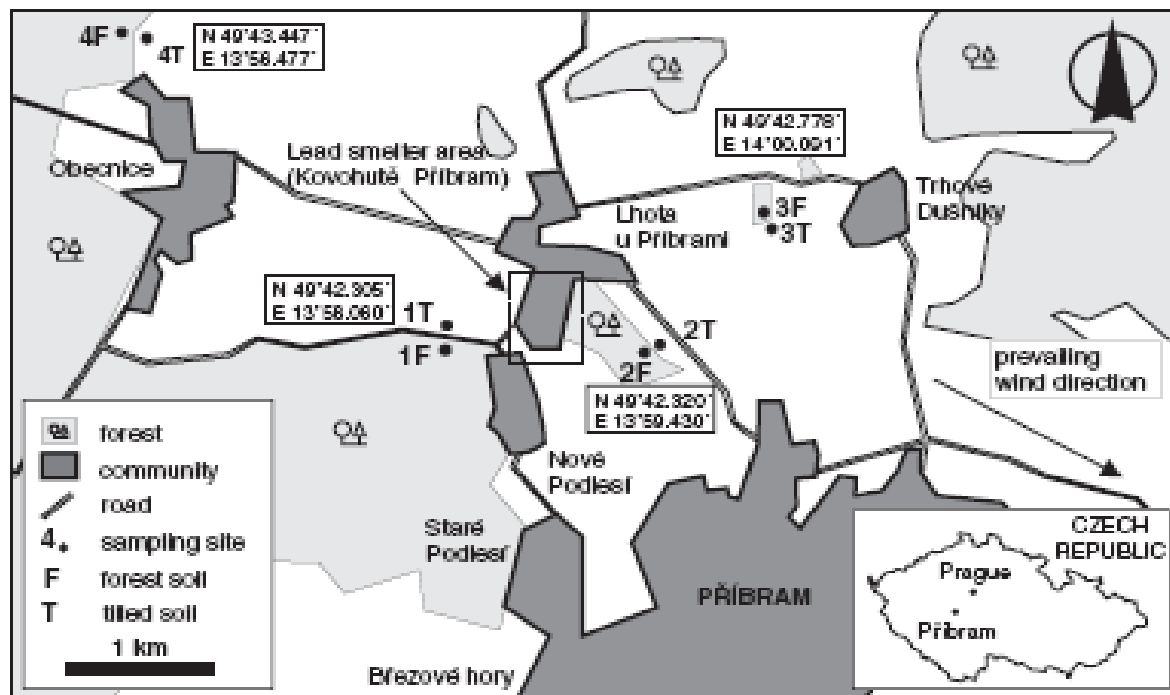


Fig. 1. Location of the study area and the soil profiles.

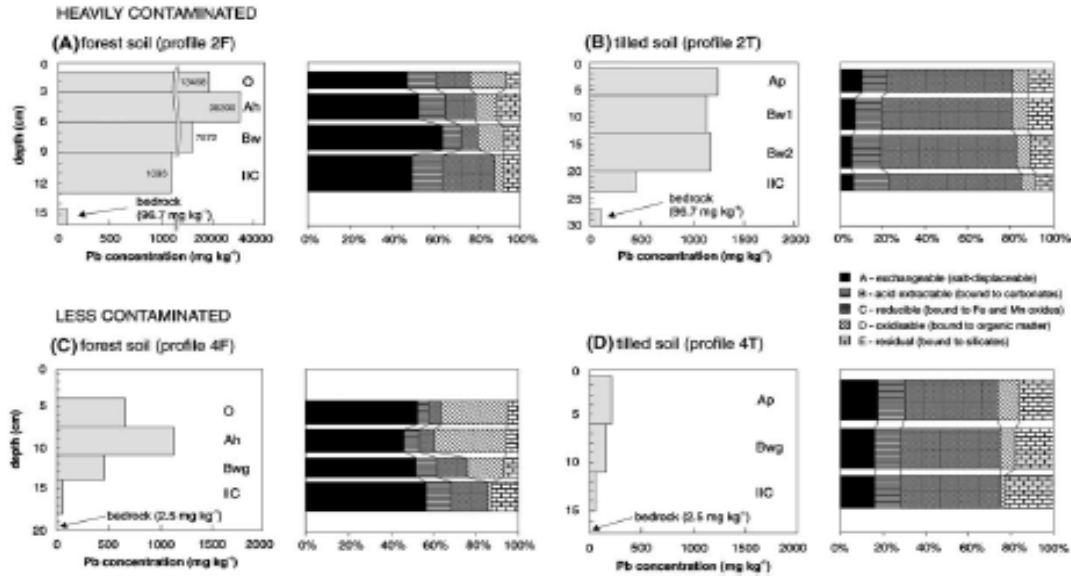


Fig. 2. Lead concentration and SE analysis results for of studied soil profiles (site 2—heavy contamination, site 4—lowest contamination).



horizontální vs. vertikální deprese



Půdní chemismus

- přebytek sloučenin dusíku, nedostatek bází zejména Mg, Ca stopových prvků např. B
- toxické vlastnosti některých prvků (zejména Al), poškození mykorrhizy
- pomalý cyklus bází způsobený obtížnou mineralizací jehlic (na rozdíl od listů)

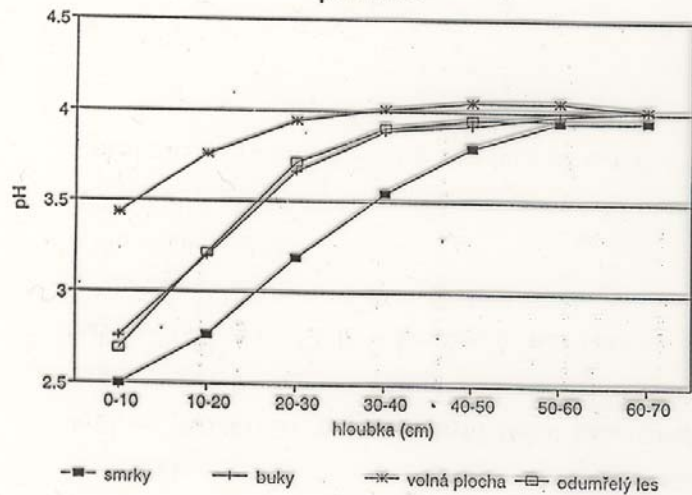
Biotické faktory

- hmyz, houbová a virová - parazitická poškození kutikul
- viry bakterie - virulentní (infekční) poškození (někteří autoři uvádějí že působí vliv těchto škůdců na nadzemních částech stromů je větší než vliv půdních členovců)
- poškození mykorrhizálních společenstev
- působení přemnožené vysoké

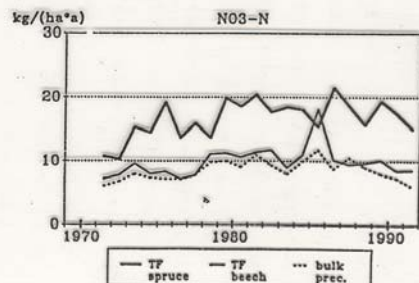
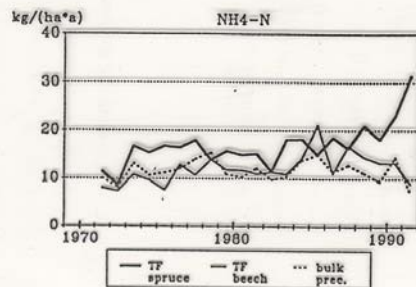
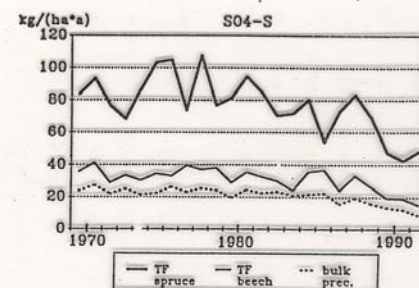
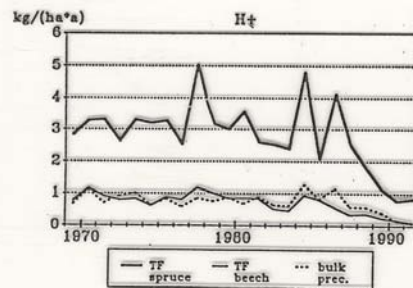
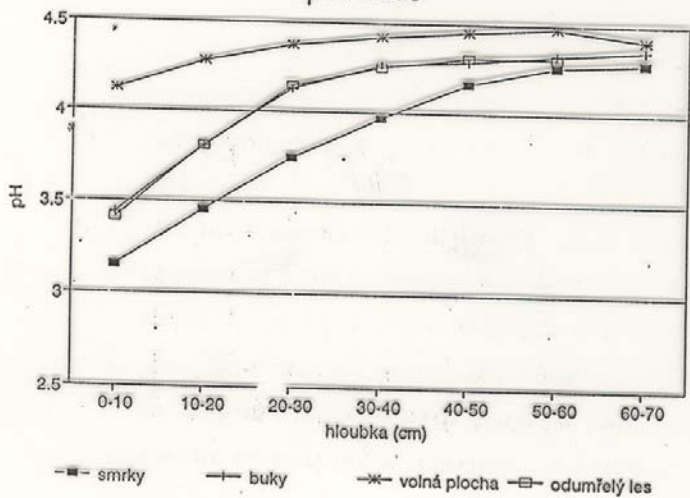
ASCOCALYX ABIETINA parazitická houba na napadených a již odumřelých jedincích smrku *Picea Abies* pozorovaná hojně v Orlických horách



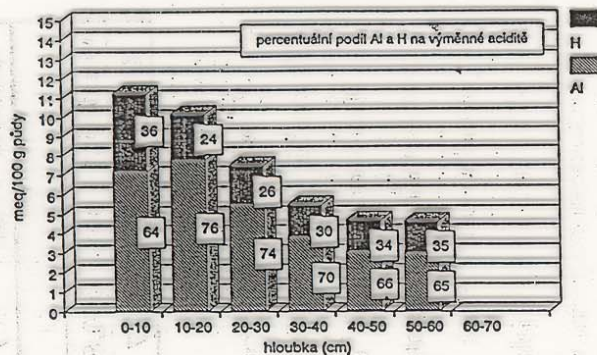
pH KCl



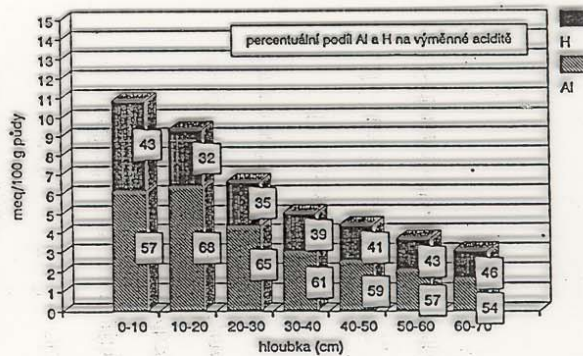
pH H2O



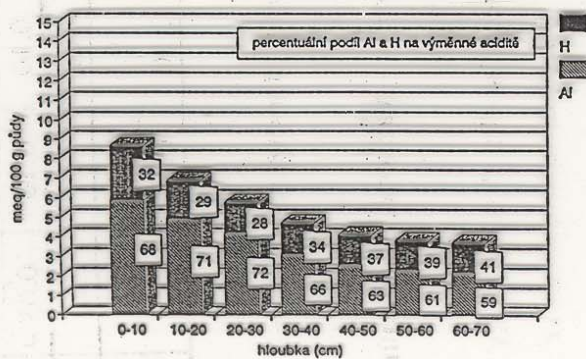
Výměnná acidita odumřelý les



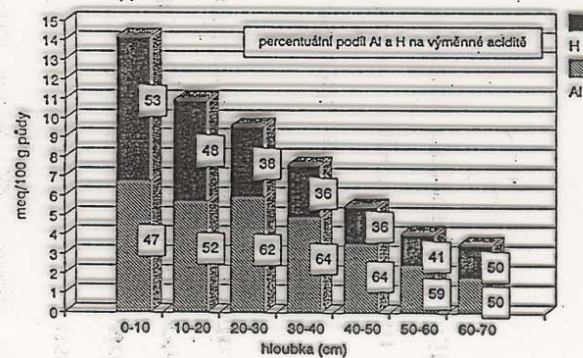
Výměnná acidita buky



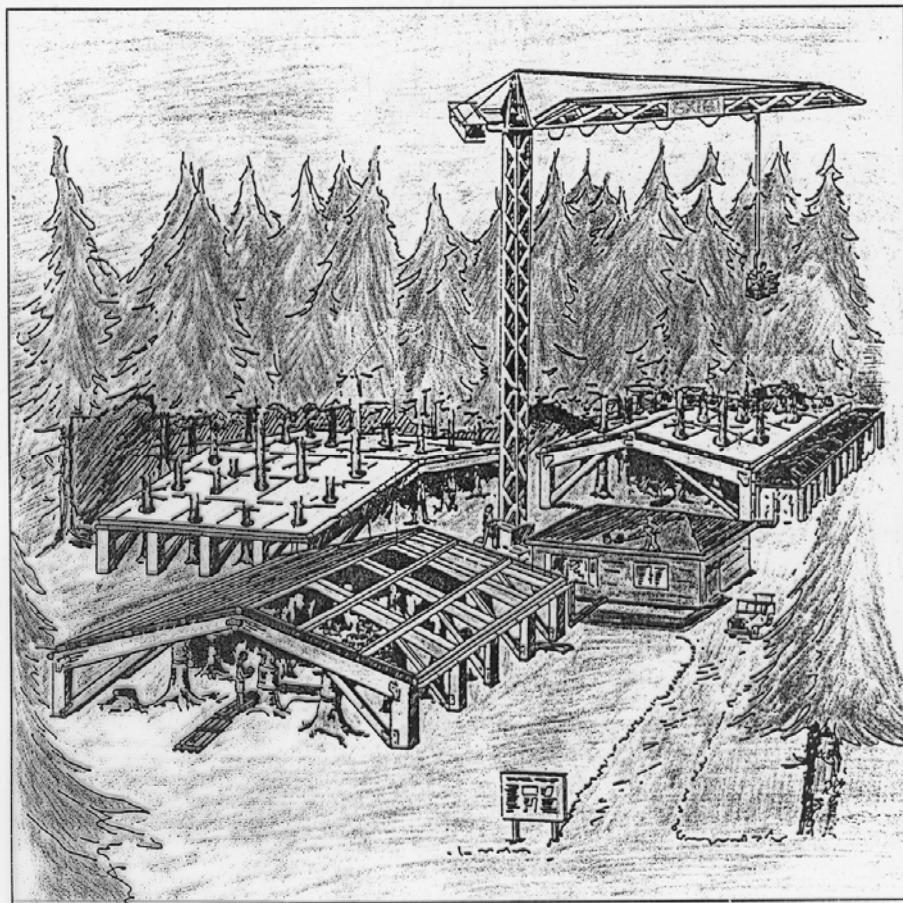
Výměnná acidita volná plocha



Výměnná acidita smrky



	pH KCl	CEC meq/kg	EA meq/kg	E Al meq/kg
humus	2,79	166	160	99
0-10 cm	3,32	70	72	36
10-20 cm	3,48	56	53	34
20-40 cm	3,92	31	30	17
40- 80cm	4,12	23	26	12



Experimentální plocha v pohoří Solling Německo

podkorunové srážky jsou
zachytávány na polypropylénové
střeše, demineralizovány a odváděny
zpět do půdy

Přebytek sloučenin dusíku

v řadě míst s relativně nízkou depozicí reaktivních sloučenin dusíku dochází k eutrofizaci, proč ?

souvisí se změnami v hospodaření v lesních ekosystémech

př.: jasanodubový les jižní Morava roční vstup N prostřednictvím srážek
5 kg N ha⁻¹ rok⁻¹

příjem prostřednictvím rostlinného opadu 95 kg N ha⁻¹ rok⁻¹.

opad se rozkládá na NH₄ a NO₃ v závislosti na teplotě, vlhkosti a charakteru substrátu a charakteru porostu 1 - 3 roky

v minulosti byla velká část dusíku z ekosystémů odstraňována zejména (výmladkováním, pastvou a hrabáním steliva např. využívání hrabanky způsobuje odstraňování dusíku
20 - 50 kg N ha⁻¹ rok⁻¹

v 30 letech 20 stol. byly hrabanky odstraňovány na území 200 000- 500 000 ha býv. Československa

v současnosti cca 50 % sloučenin dusíku pochází z automobilových emisí vzhledem k převažujícímu JZ proudění se většina ocitá na hřebenech Orlických hor

ZMĚNA STABILITY EKOSYSTÉMU:

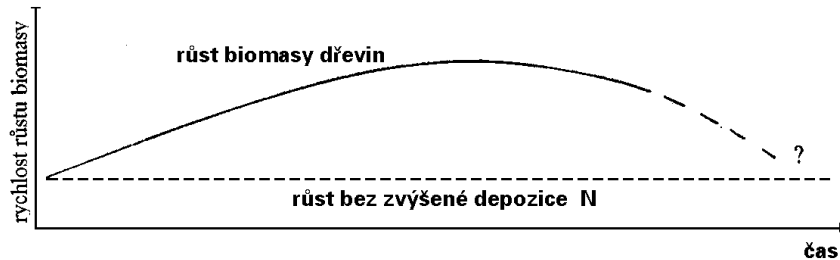
produkcční fáze | destabilizační fáze | fáze zániku

zvyšování produkce

vegetační změny

neaktivní akumulace N v biomase

acidifikace půdy



změna bilance N v ekosystému :

limitace N | saturace N | nadbytek N

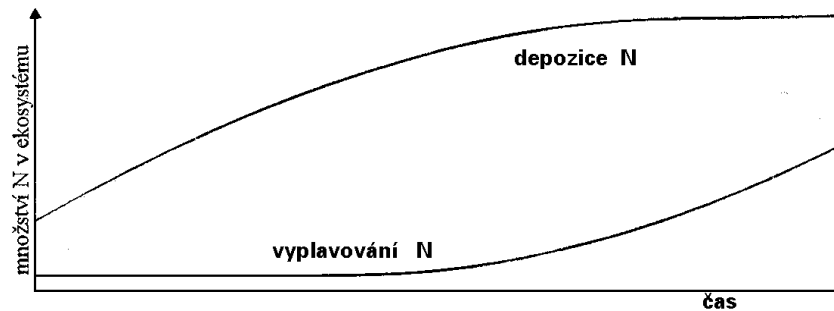


Schéma chování ekosystému
pod zátěží nadbytku dusíku

(Gundersen 1991)

Příčiny nejčastěji sledovány v malých povodích, na zalesněných plochách postižených a nepostižených oblastí (možné několika stupňové dělení)

významné studium in „vitro“

experimenty se dělí na

- **plánované** (dlouhodobé sledování abiotických i biotických faktorů)

- **neočekávané** (např. klimatické situace, smogové situace atd.)

Nápravy

- smířit se s faktem, že bude dlouhodobá, množství sloučenin dusíku bude přibývat

- **omezení plyných škodlivin**

- **vysazování listnatých a smíšených kultur**

- „odpovídající vápnění a hnojení“ včetně využívání porostu

znečištění půd stopovými (rizikovými) prvky

- primární pocházející z atmosféry, hydrosféry případně biosféry ovlivněné člověkem

- sekundární např. způsobené acidifikací

v obou případech dlouhá oba setrvání oproti atmosféře či hydrosféře

nejaktivnější zdroje

metalurgie, energetika, chemie ale i zemědělství

transport a hromadění v daném místě závisí na charakteru zdroje a půdních vlastnostech, reliéfu, druhu rostlinného pokryvu
pro posouzení míry kontaminace počítány kritické zátěže

nastává pokles v depozičních rychlostech vybraných kovů vzhledem k:

- sledováním kvality hnojiv (snižováním absolutních množství) a krmiv,

- využívání pesticidů na bázi organických látek,

- omezování hnojení popílkou a odpadními kaly

ztráta kovů z půd

eroze, pohyb profilem, vstup do půdního roztoku, vstup do rostlin, remediace

znečištění půd pesticidy a organickými látkami

organické látky vstupují do půd

- **přímou aplikací** většinou ve formě pesticidů
- z kalů, odpadních vod, uniklých uhlovodíků atd.

Pesticidy a ostatní organické látky mají vliv zejména na :

- poškození mikroflóry, mikro a mezo fauny
- dostupnost organické hmoty (ovlivňují zejména herbicidy)
- růst následujících kultur po vegetačním období aplikace pesticidů
- poškození rezervoárů podzemních vod

snižování negativních vlivů:

- používání pesticidů úzkospektrých s malou rezistencí
- zdokonalovat aplikaci aby bylo využíváno minimální množství

„critical loads - kritické zátěže“

Způsoby dekontaminace

- „in situ“ a „non in situ“ metody

in situ

volatilizace - pro organické látky, sorpce volatilizované škodliviny \ na např.

aktivní uhlí, rel. náklady jsou nízké

biodegradace - přeměna organických látek na netoxické formy, omezení

pH, org. hmota, teplota, Eh, mikrobiální populace, středně nákladné

phytoremediace - různé rostliny přijímají různé kovy As, U, Cd (kapradiny,

vrby, topoly atd, nízko až středně nákladné

loužení - (voda, povrchově aktivní látky) sbírání výluhu, omezení množstvím

loužidla, porovitostí, homogenitou, mineralogií (reálně se nepraktikuje)

vitřifikace - nově vyvíjená metoda, kontaminant immobilizován el. proudem,

velmi nákladné

izolace - spot je izolován od okolí např. bariérou jílu, kombinace org. látek,

surfaktantů nízko až středně nákladné

pasivní remediace

non in situ

odtěžení, ředění na povrchu (residua, plocha, limity....) středně nákladné

termální zpracování, organické látky, kovy, velmi nákladné, účinné

solidifikace v asfaltu, betonu, keramice nákladné, omezené na velmi nebezpečné

škodliviny

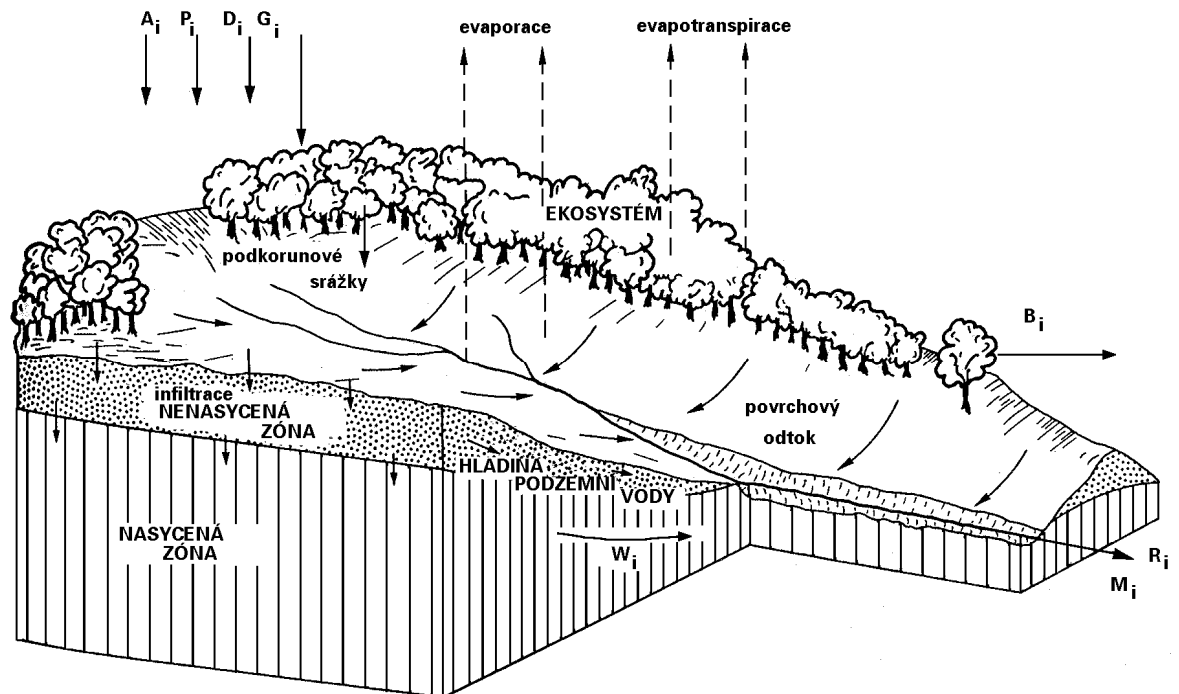
loužení odtěžená škodlivina je loužena vodou, povrchově aktivní látkou, velmi

nákladné

odtěžení, skládkování

Malé povodí

- povodí o ploše obvykle menší než 5 km^2 (existují mikropovodí několik m^2)
- jasně rozeznatelné přirozené hranice dané rozvodími se sousedními povodími
- situováno v horách, v zemědělských oblastech, v městském území, na Jezeře atd.



- MP musí mít **stálý tok**, mnohá mají na toku jezero
- význam studium **hydrologických vlastností**, **biogeochemických procesů**
- procesy v malých povodích jsou **určovány:**
velikostí, tvarem, reliéfem, orientací, nadmořská výška, klimatem fyzikálním (teplota, srážky, větrné charakteristiky) a klimatem chemickým (složení ovzduší a srážek)
- charakterem anorganického a organického **pokryvu** (půd a vegetace)
- studium se provádí během hydrologického roku (tj. od 1. listopadu)
- největší pozornost se věnuje stálým a dlouhodobým vlivům

Vegetace:	hlavní vegetační typy a jejich rozložení v prostoru, objem nadzemní biomasy hlavních vegetačních typů. Chemické složení biomasy hlavních druhů lesních stromů (C, N, P, Na, K, Mg, Ca) v tříletých intervalech.
Půda:	popis hlavních půdních typů a druhů a jejich rozložení. Pro hlavní typy půd charakteristiky půdních horizontů, kationtová výměnná kapacita, nasycení bázemi, kationty, obsah humusu, celkový obsah C, N, formy sloučenin N, absorpce SO_4^{2-} .
Horniny:	petrologie a mineralogie hlavních typů hornin, tektonika, chemické složení
Atmosféra:	teplota (měsíční průměry), srážky (na několika místech povodí), mokrá a suchá atmosférická depozice (celkové srážky, podkorunové srážky, alespoň týdenní).
Odtok:	Denní měření množství odteklé vody. Týdenní vzorky vod. Minimální rozsah analýz: pH, vodivost, Ca, Mg, Na, K, NH_4 , NO_3 , Cl, SO_4 , Al (po filtraci), alkalinita (platí pro odtok i srážky).





NADP/NTN: Siting Criteria

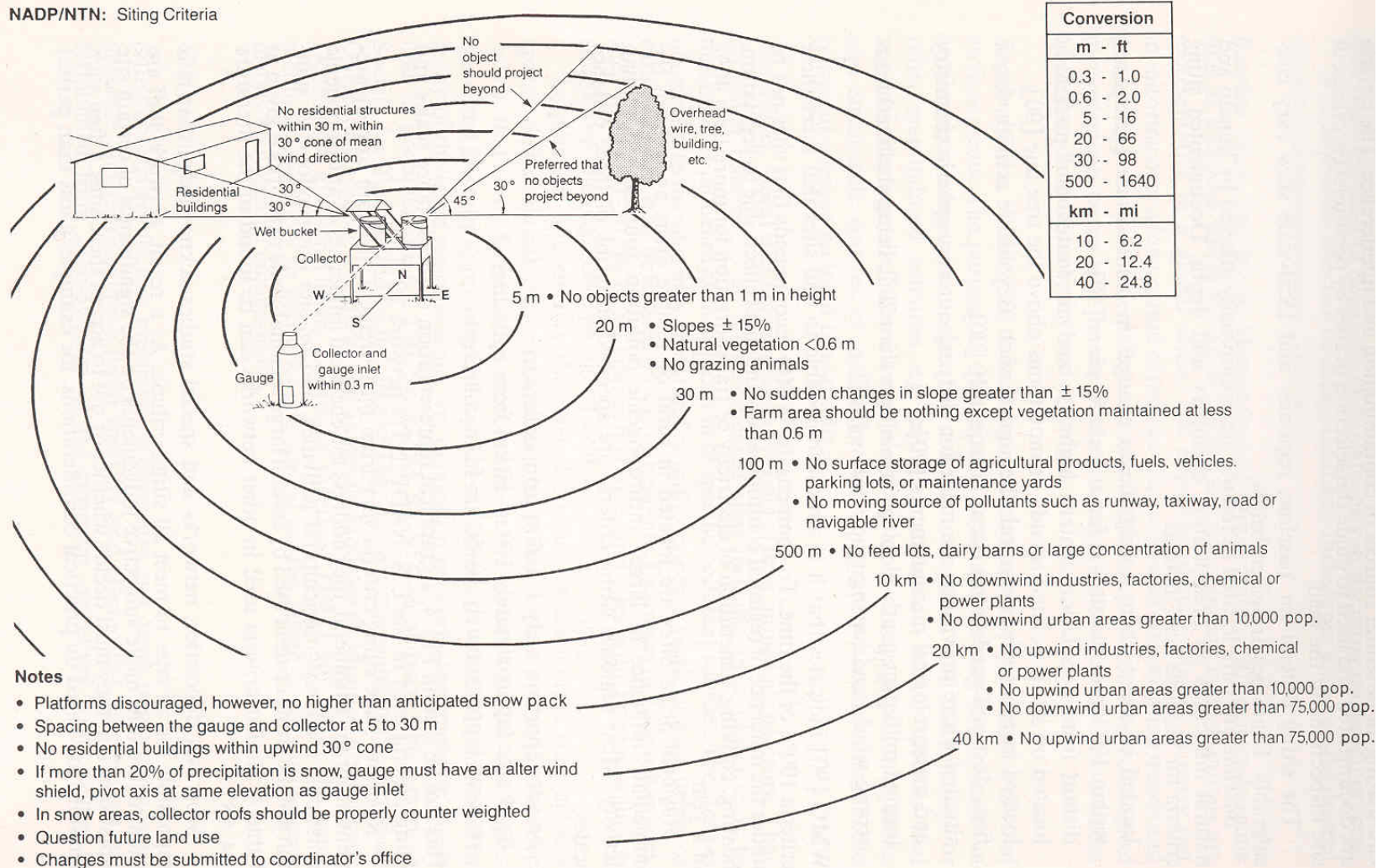
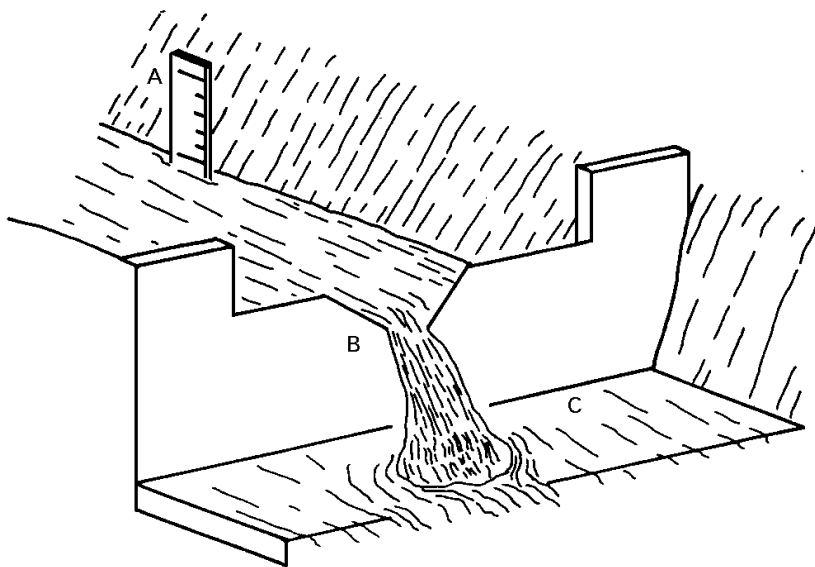


Fig. 4. Schematic of NADP/NTN Siting Criteria [97]

základním zařízením je měrný přepad (osazený limnigrafem),
a odběrové zařízení na různé typy vzorků.



- některá povodí jsou plně zastřešena (například jezero Gardsjon ve Švédsku)
- známá povodí Hubbard Brook, Coweeta v USA, Skandinávii, Solling a Lange Brancke v Německu.
- u nás se výzkumu malých povodí věnuje hlavně ČGÚ (Trnávka, Krušné hory, Šumav, na Křivoklátsku), ČHMÚ (Košetice) a další Instituce např GÚ ČAV

Význam:

- rychlost zvětrávání

- výpočet prvkových bilancí (živin, škodlivin)

- posuzování vlivu člověka, episod, speciálních procesů (např. volatilizace sloučenin) posuzování akumulace, transformací sloučenin,

- porovnání párových povodí při kterých je např. 1 podmínka změněna ostatní zůstávají stejné

- studium se provádí dlouhodobě

- modeluje se budoucí vývoj

HYDROSFÉRA









Voda v pT podmínkách v blízkosti trojného bodu je výjimečností Země
- vlastnosti hydrosféry vyplývají z anomálních vlastností vody:

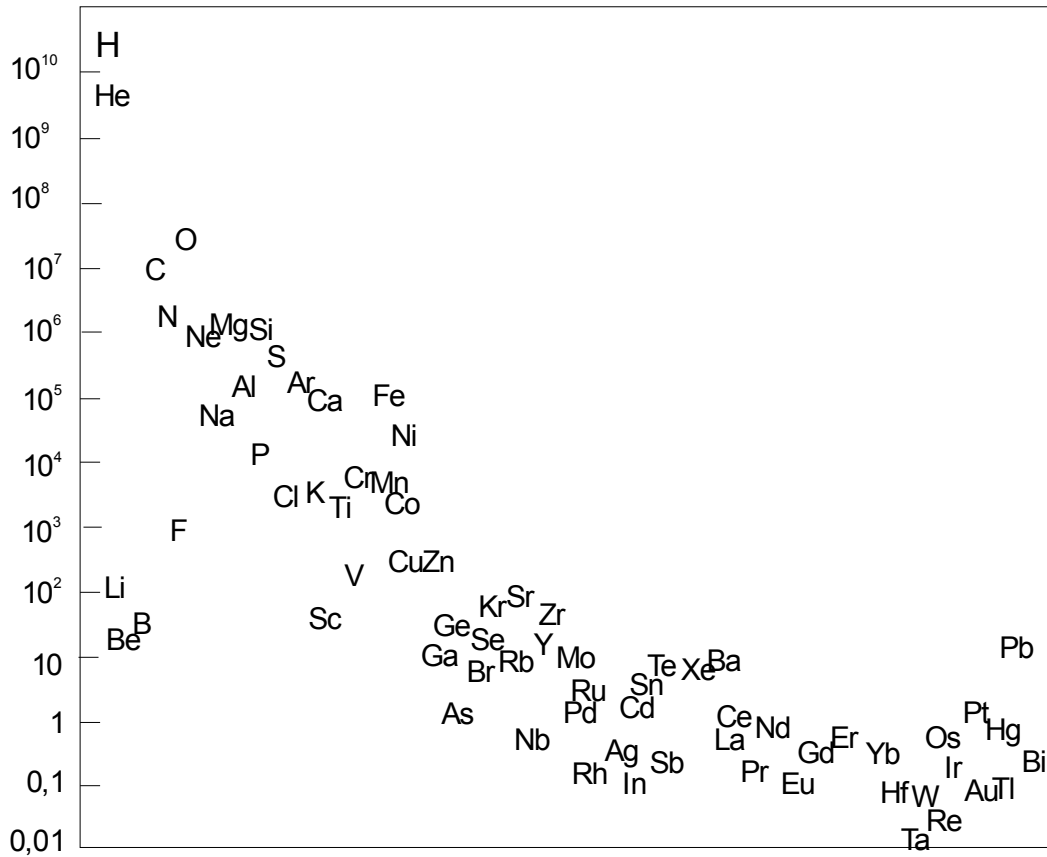
Jak se liší sousední planety, které nemají kapalnou vodu ?

- (i) menším objemu kapaliny než pevné fáze,
- (ii) v hustotním maximu při 4 °C,
- (iii) řadě krystalických polymorfóz ledu,
- (iv) vysoké dielektrické konstantě,
- (v) vysoké teplotě varu a kritické teplotě vzhledem k malé molekulové váze vody,
- (vi) vysoké schopnosti transportovat H^+ a OH^-

Voda je výjimečné rozpouštědlo, transportní médium, prostředí vzniku a existence života

Hydrofilie vs hydrofobie,

Geochemické vlastnosti vody ovlivňují látky ve vodě rozpuštěné a pohlčené: látky hlavní, podřadné, stopové, organické, radionuklidy

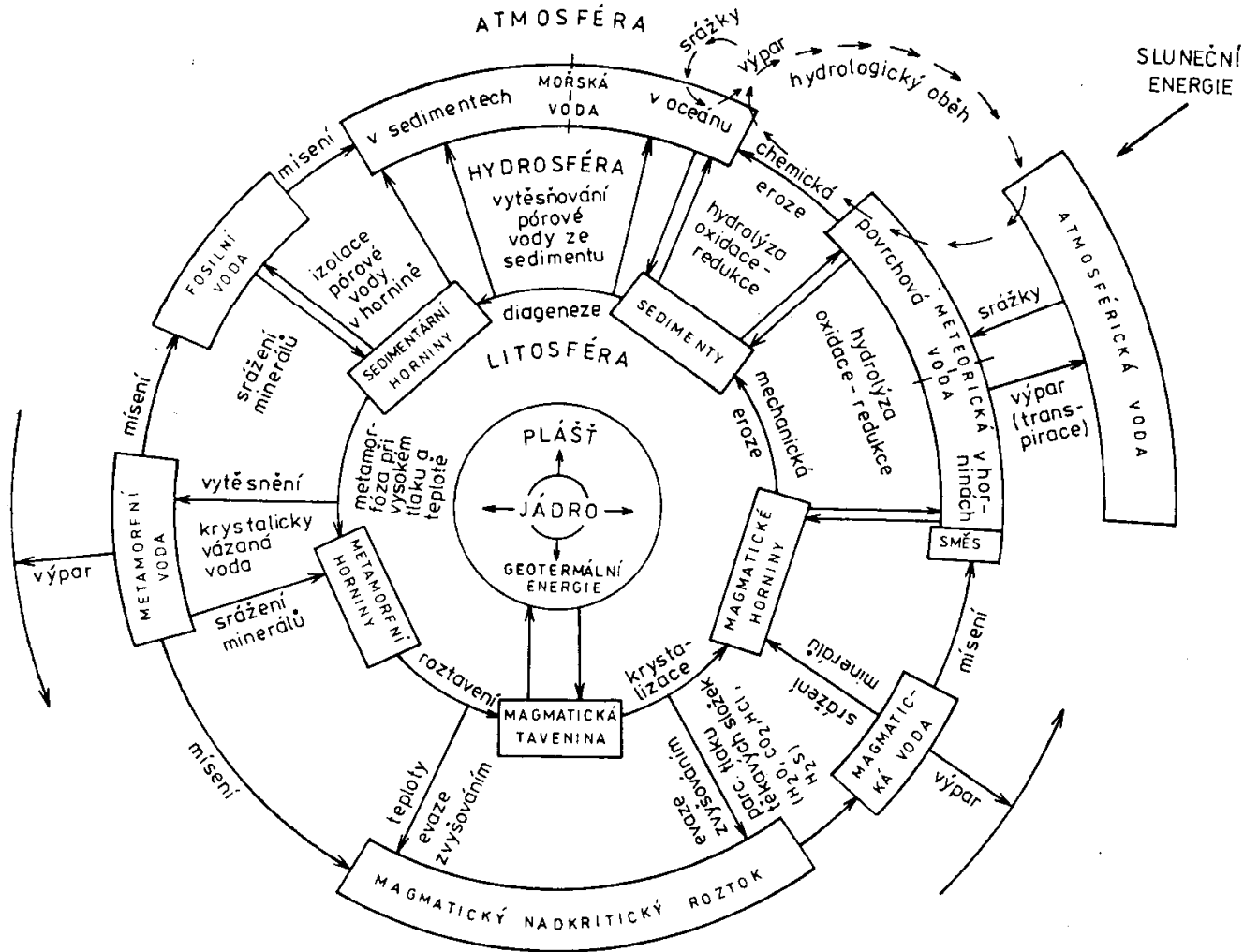


relativní zastoupení
prvků v kosmu

Potenciální konkurenti - substituenti H₂O

	t_t °C	t_v °C
H ₂ S	-85,5	-60,75
CH ₄	-182,5	-161,5
CO ₂	-78,5	-56,6

Schéma geologického a hydrologického cyklu a výměny látek mezi atmosférou, hydrosférou a litosférou



Voda podle vzniku

a. Juvenilní

b. Recirkulovaná

Recirkulované vody (většina):

1. magmatické oddělené při vzniku magmatu
2. metamorfní
3. fosilní uzavřené v pórech sedimentárních hornin
4. mořské
5. meteorické

Voda se na Zemi nevyskytuje čistá, obsahuje rozpuštěné látky

pět základních typů chemických procesů způsobuje mineralizaci vody

rozpouštění vs. srážení

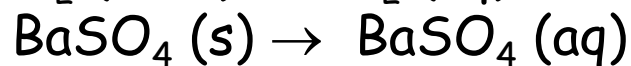
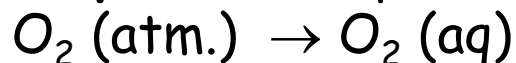
hydrolýza a hydratace

oxidace a redukce

adsorbce, desorbce

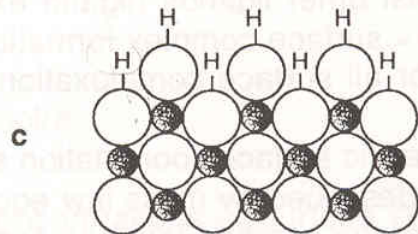
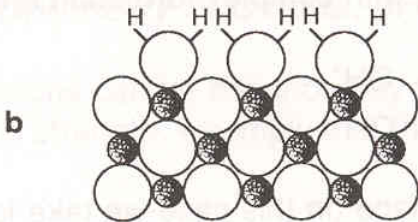
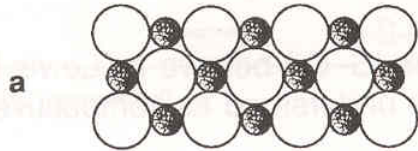
reakce s organickými látkami

rozpouštění např.



hydratace a hydrolýza (významnější než prosté rozpouštění)

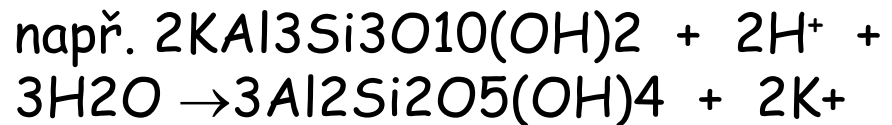
povrch na kontaktu s vodou je hydratován



- A) povrch Me oxidu
- B) sorbované vodní molekuly
- C) energeticky favorizovaný stav

hydratace obvykle přerůstá v hydrolýzu

hydrolytické reakce H^+ nahrazuje kationt ve struktuře pevných látek



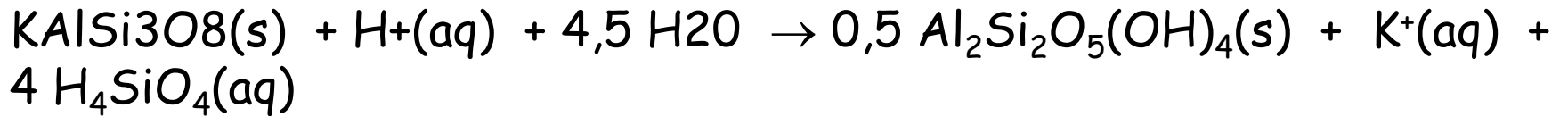
muskovit \rightarrow kaolinit

kongruentní rozpouštění



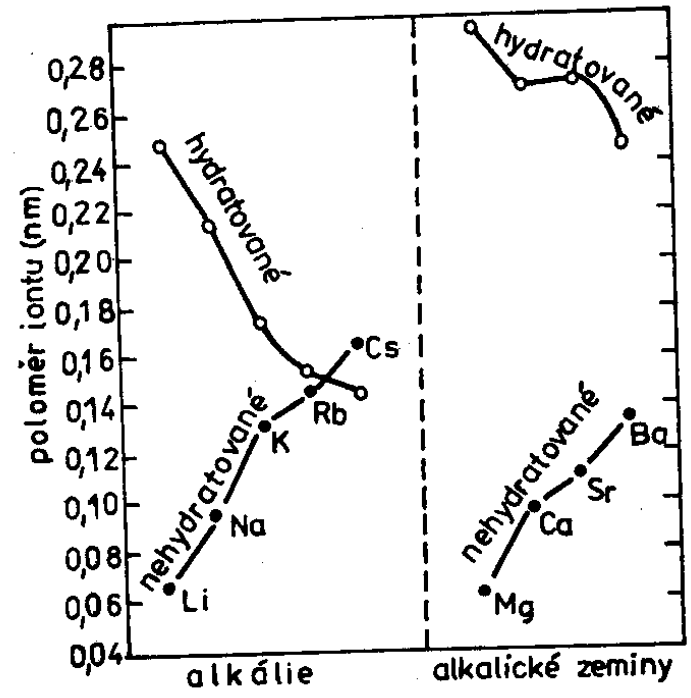
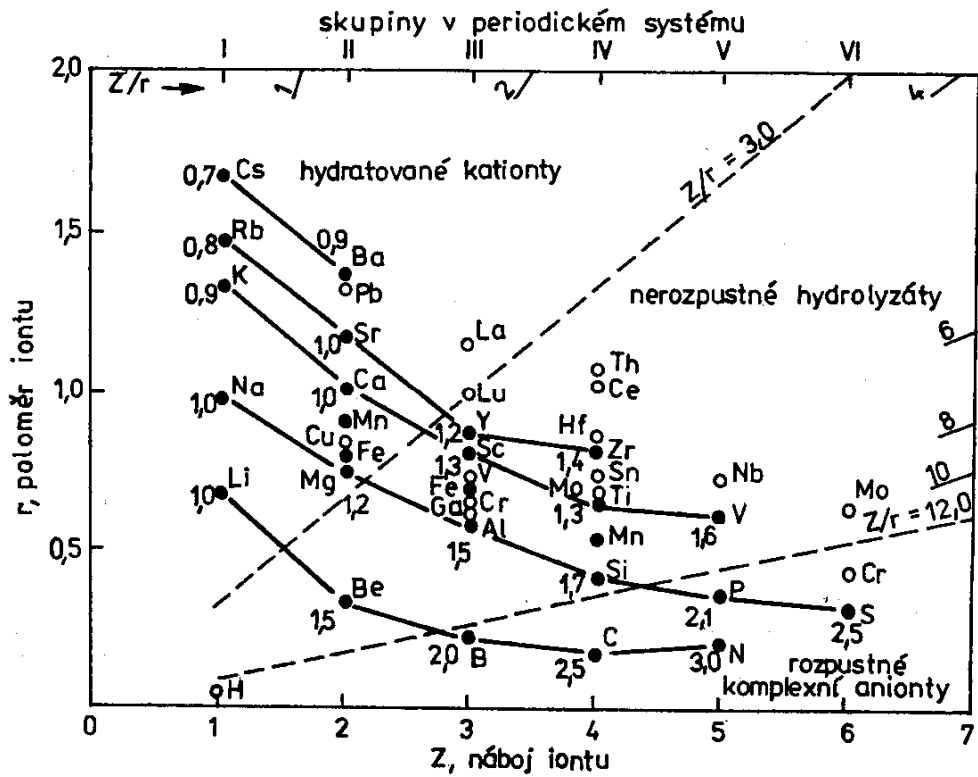
nevzniká nová pevná fáze, stechiometrie

nekongruentní rozpouštění



vzniká nová pevná fáze, stechiometrie Si/Al roztoku, neodpovídá původní pevné fázi

Co se děje s volnými ionty v roztoku o náboji Z a poloměru r ? Ve vznikajícím roztoku se podle Z/r hydratují.



Hydrolýzu ovlivňuje množství H^+ iontů v roztoku tj. pH

$$pH = -\log a_{H^+}$$

podobně

$$p(OH) = -\log a_{OH^-}$$

$$a_{H^+} \times a_{(OH^-)} = 10^{-14}$$

$$pH + pOH = 14$$

silné kyseliny (zásady)

HCl, HNO₃, H₂SO₄, HClO₄, HF

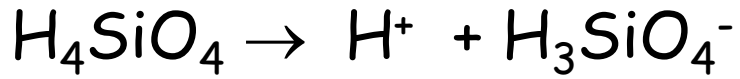
NaOH, KOH,

disociují 100 %



slabé kyseliny (zásady)

disociace není úplná



$$K = 10^{-9,5}$$

slabá kyselina

jaké formy budou převládat v kyselém prostředí, jaké v alkalickém ?

slabé kyseliny (zásady) se silnými zásadami (kyselinami) tvoří

pH regulátory - pufry

nejdůležitější přírodní pufry



kyseliny boritá, hydroxid hliníku, organické kyseliny, kyselina

boritá v mořské vodě

Oxidace vs. redukce

v přírodě velmi důležité, tepelně zabarvené, určují formy látek jejich mobilitu, rozpustnost, toxicitu

$4\text{Fe}^{3+} + 4\text{e}^- = 4\text{Fe}^{2+}$ redoxní půlreakce redukce železitých iontů

$\text{C} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$

redoxní půlreakce oxidace uhlíku

v přírodě půlreakce neexistují (hromadil by se náboj) redukcí vždy musí doprovázet oxidací a naopak) tak aby se produkované elektrony současně použily

obě půlreakce můžeme teoreticky sloučit do

$4\text{Fe}^{3+} + \text{C} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{Fe}^{2+} + \text{CO}_2 + 4\text{H}^+$

kompletní redoxní reakce

Adsorpce- složitý proces, kterým se váže hmota na povrchu na povrch pevné fáze

adsorpce ovlivňuje:

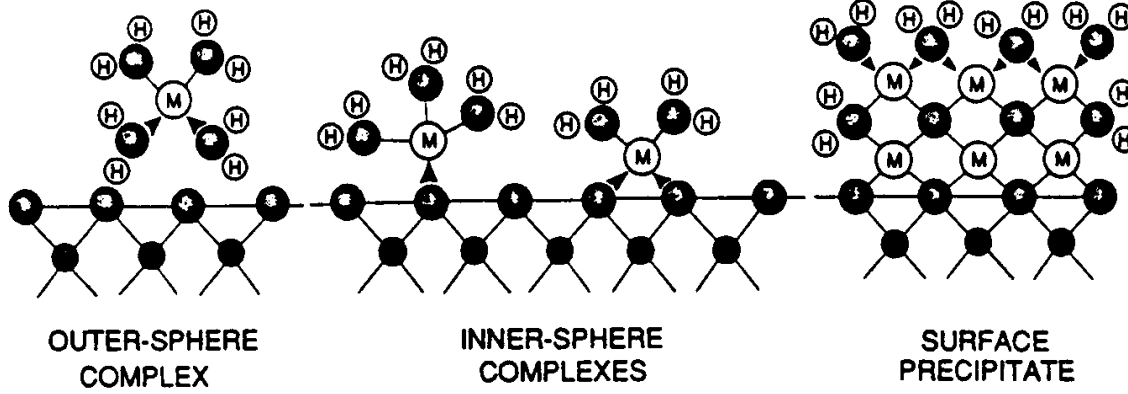
- složení sorbentu i roztoku
- elektrostatické vlastnosti povrchu fází
- reaktivitu povrchů

rozsah adsorpce popisuje adsorpční isoterma - vztah mezi koncentrací látky v roztoku a mezi adsorbovaným množstvím konstanty této křivky záleží na teplotě, typu sorbentu, jeho povrchu, pH,

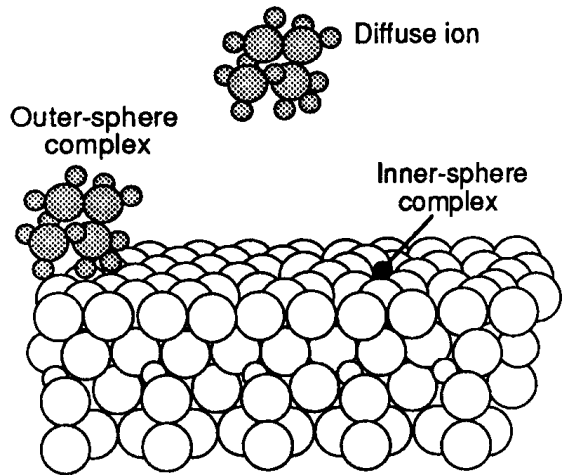
nejdůležitější přírodní sorbenty

amorfni alumosilikáty, jílové minerály, hydratované oxidy Fe, Mn, Al, organická hmoty

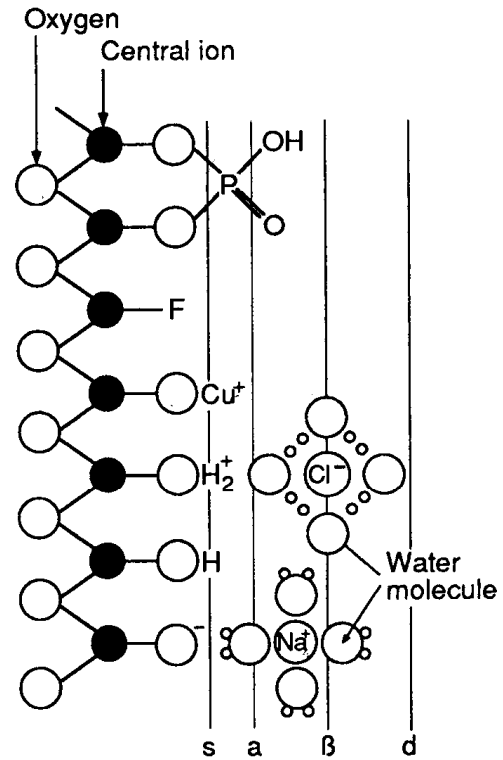
(a)



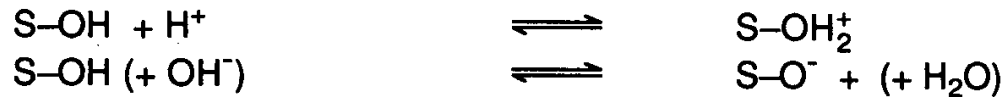
a



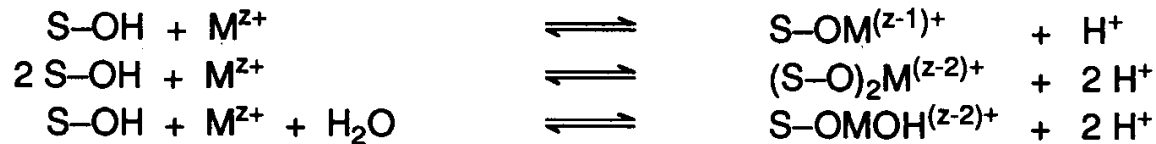
b



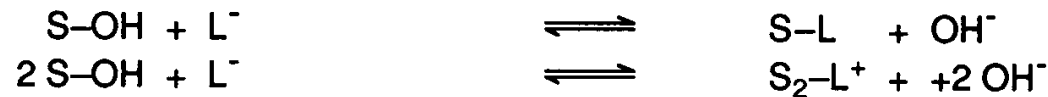
Acid base equilibria



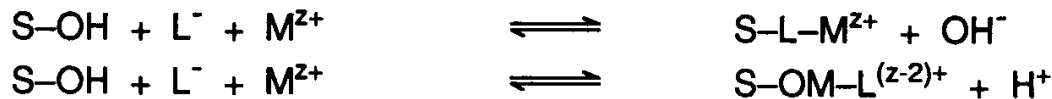
Metal binding



Ligand exchange ($L^- = \text{ligand}$)



Ternary surface complex formation



From Schindler and Stumm, 1987 (modified)

Parametry látek ovlivňující sorpční schopnosti

spec. povrch - m²/g

náboj resp. ZPC některé látky mají permanentní neg. náboj

(např. montmorillonit)

ZPC je pH při kterém je počet protonizovaných a hydroxylovaných skupin na povrchu pevné fáze ekvivalentní resp.



Table 2.2 Point of Zero Charge caused by Binding or Dissociation of Protons ^{a)}

Material	pH _{pznpc}	Material	pH _{pznpc}
α -Al ₂ O ₃	9.1	δ -MnO ₂	2.8
α -Al(OH) ₃	5.0	β -MnO ₂	7.2
γ -AlOOH	8.2	SiO ₂	2.0
CuO	9.5	ZrSiO ₄	5
Fe ₃ O ₄	6.5	Feldspars	2 – 2.4
α -FeOOH	7.8	Kaolinite	4.6
α -Fe ₂ O ₃	8.5	Montmorillonite	2.5
"Fe(OH) ₃ " (amorph)	8.5	Albite	2.0
MgO	12.4	Chrysotile	>10

^{a)} The values are from different investigators who have used different methods and are not necessarily comparable. They are given here for illustration.

Specifický povrch příklady:

kaolinit 35 m²/g

montmorillonit 120m²/g

Q písek, frakce 5-2 mm 1 m²/g

CEC je veličina udávající množství kationtů, které lze uvolnit neutrální solí z daného sorbentu

$$CEC = \Sigma K + Na + Mg + Ca + Al + H^+ \quad (\text{mmol})/\text{kg}$$

$$EA = \Sigma H + Al \quad (\text{mmol}/\text{kg})$$

Organické látky v exogenním prostředí

-sloučeniny uhlíku se hromadí v těkavých obalech (voda atmosféra)

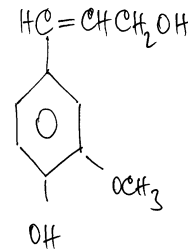
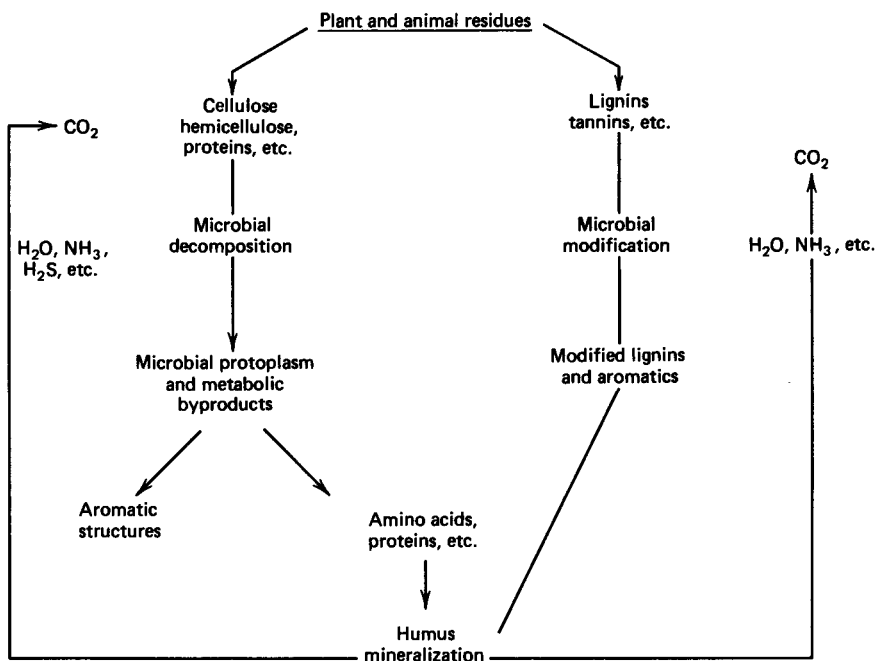
-organické sloučeniny jsou různě stabilní v exogenním prostředí (některé jsou stabilní málo, některé více)

to uhlíku z biosféry na zem

2 kg C m² /rok v tropech

1 kg C m² /rok v mírném pásu

0 - 0,1 kg C m²/rok v pouštích a tundře



koniferylalkohol
od něhož je
odvozen lignin

Fig. 5.1 Organic matter decomposition and formation of humic substances. (From F. E. Bear (Ed.), *Chemistry of the Soil*, ACS Monograph Series No. 160, 1964, p. 258.)

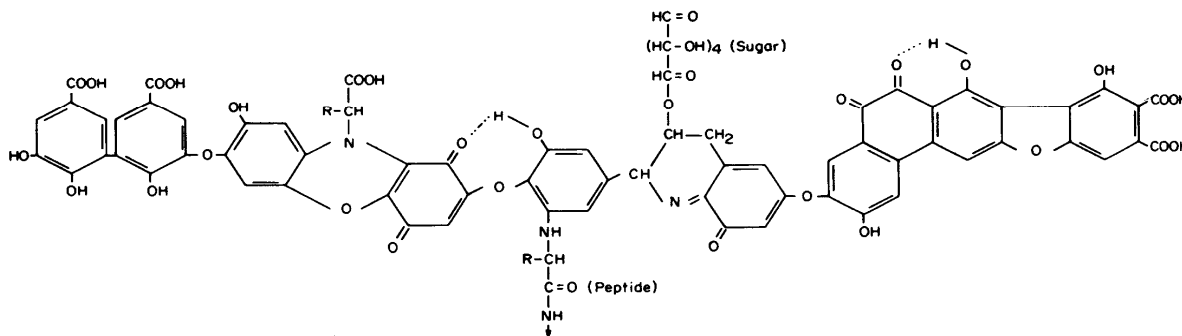
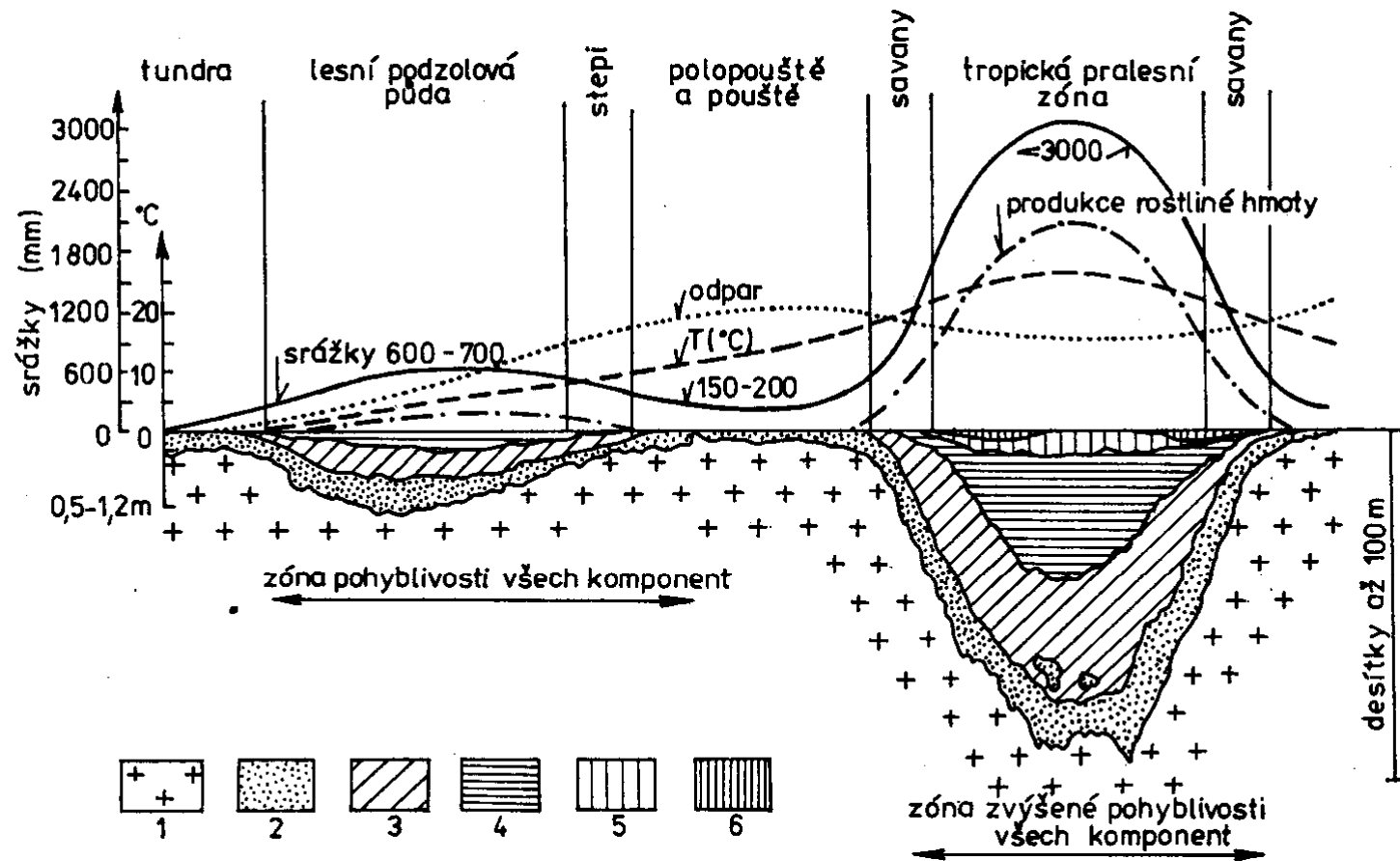


Fig. 5.5 Hypothetical structure of humic acid. (From J. J. Mortvedt, P. M. Giordano, and W. L. Lindsay (Eds.), *Micronutrients in Agriculture*, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, 1972.)



87. Schéma zonálního rozdělení kůry zvětrávání na souši v závislosti na klimatických pásmech v oblastech tektonicky neaktivních. Vertikální zonálnost profilů: 1 – čerstvá hornina, 2 – zóna dezintegrace, 3 – zóna hydroslíd a montmorillonitu, 4 – zóna kaolinitu, 5 – okry (se zvýšenými podíly oxidů nebo hydroxidů železa a hydroxidů hliníku), 6 – lateritové reziduum (pancíř $Fe_2O_3 + Al_2O_3$). (Strachov 1962.)

Vlastnosti vodního prostředí vzhledem k množství a dostupnosti hlavních živin

V závislosti na geologickém podloží, klimatu, látkovém hospodaření a dalších přírodních podmínkách vznikají vodní nádrže s určitou produkcí fytoplanktonu, který ovlivňuje růst dalších vodních živočichů, ale např. i čistotu a vzhled vody:

oligotrofní,
eutrofní
saprotrofní.

Oligotrofní nádrže

větší nadmořské výšky,
neúrodný podklad kyselých hornin
úzký pás pobřežního rostlinstva

Voda je čistá, průhledná, bez vegetačního zákalu nebo zbarvení bez vodního květu. nádrže vody pitné, užitkové atd., nemají velkou produkci fytoplanktonu a proto se nehodí se k chovu kaprovitých ryb

Nádrže obsahující větší množství nutričních látek (fosforečnanů a dusičnanů) důležitých pro vývoj fytoplanktonu označujeme jako nádrže **eutrofní**. Intenzivnější prosvětlení vodní hladiny, zvýšené obsahy živin podmiňují zvýšený růst plovoucích a vznášejících se makrofyt, diatomitů a zejména zelených řas a sinic

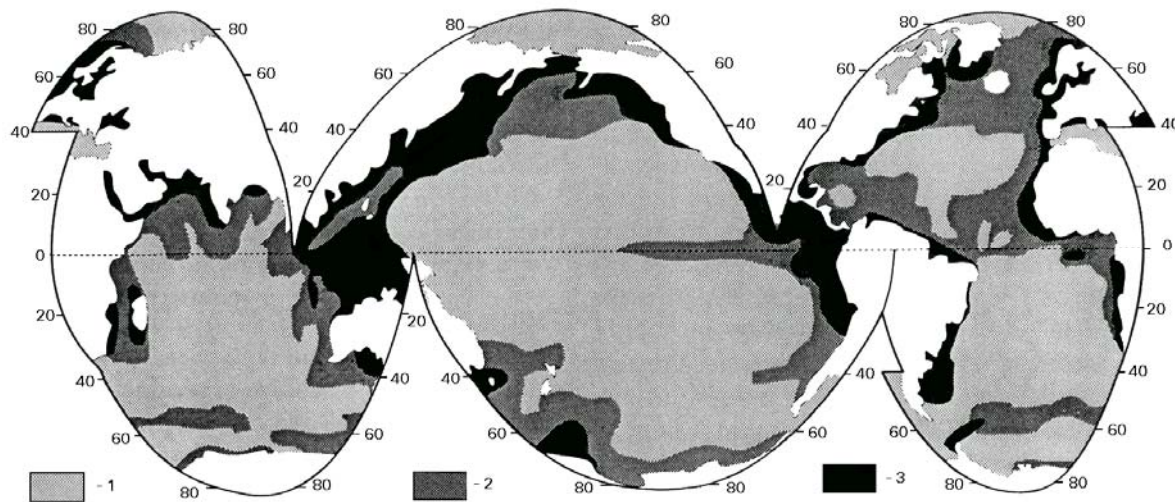
Řada druhů řas a sinic obsahuje plynné vakuoly, vznášejí se a vytvářejí tzv. vodní květ. Nejčastěji sinice *Aphanizomenon flos-aque* vlivem jejich toxinů dochází zjednodušení zooplanktonu (planktonní zónu ovládnou velké perloočky), velké přírůstky kaprovitých ryb (v rybníkařské praxi je většina chovných nádrží uměle eutrofizována aby byla zvýšená produkce ryb

-**saprotrofní** nádrže jsou malé nádrže jejichž voda je bohatá na organické látky (zdrojem těchto látek bývají nejčastěji splaškové a odpadní vody)

mezi jednotlivými stupni existuje celá řada mezistupňů

Produktivita oceánu limitující sloučeniny dusíku a fosforu

- dusík N_2 vážící sinice (*nitrogenasa* enzym obsahující Fe a Mo)
- P výstupné proudy z hlubších partií oceánu



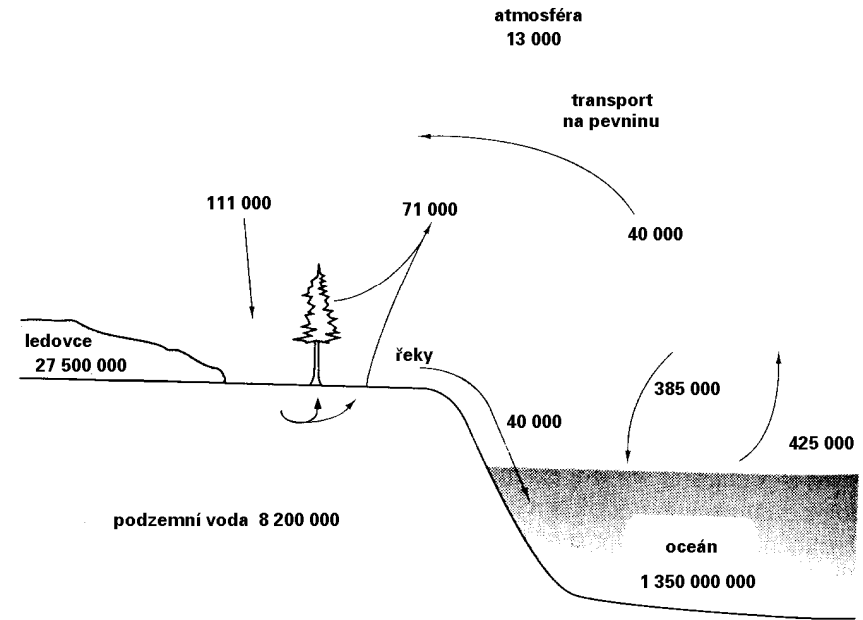
Průběh rozmístění primární produktivity světových oceánů. 1 - < 50 gC. m⁻².rok⁻¹, 2 - 50-100 gC. m⁻².rok⁻¹, 3 - >100 gC. m⁻².rok⁻¹

Hydrologický cyklus

- nejrozsáhlejší pohyb hmoty na povrchu země
- závisí na teplotě-indikátor klimatu
- určuje odtok

Hlavní rezervoáry vody

typ zásobníku	objem (km ³)	hloubka na pravidelném glóbu (m)
voda v atmosféře	<2x10 ⁴	0,3
organismy	1,6x10 ⁵	0,3
řeky a jezera	5,1x10 ⁵	1
podzemní voda	5,1x10 ⁶	10
ledovce	2,3x10 ⁷	45
zemská kůra (volná + silikáty)	6x10 ⁸	1180
oceán	1,37x10 ⁹	2685



Hydrogický cyklus (km³ nebo km³/rok)

Změny ve vodním cyklu byly významné zejména v kvartéru -geologický cyklus s vodou je mnohem pomalejší než Hydrologický cyklus

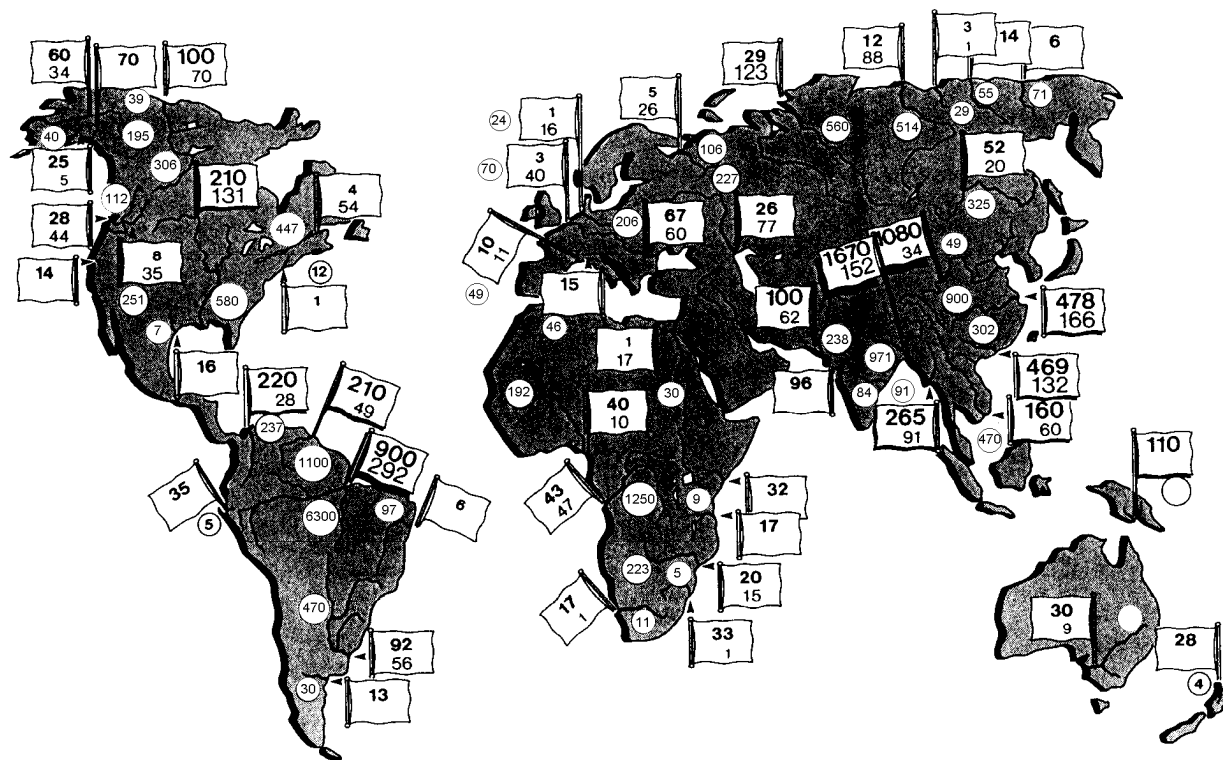
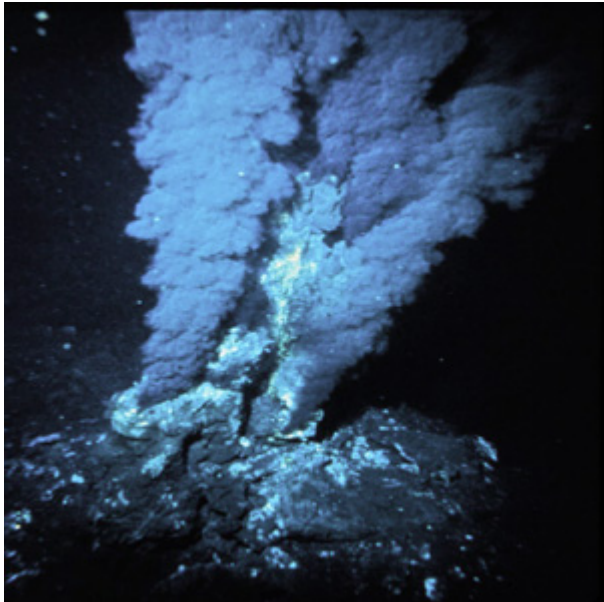
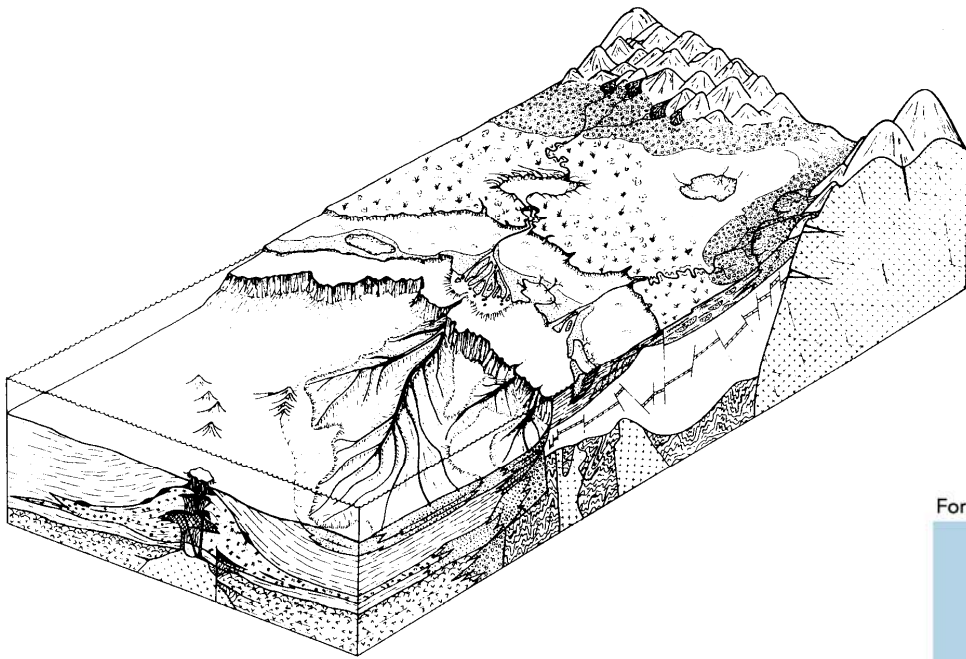


Schéma poměru odnosu materiálu světovými řekami v suspenzi (tučné číslice) a v roztoku (obyčejné číslice). Množství jsou v milionech tun za rok. V kruhu je uveden odtok v km³ za rok (zdroj: Baumgartner a Reichel, 1975).

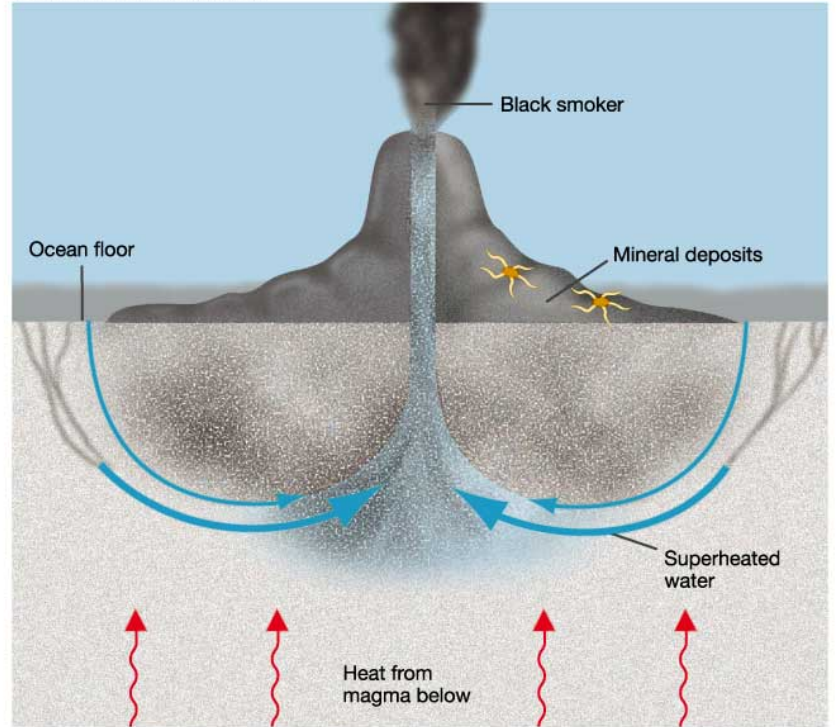
Oceán

Vznik složení mořské vody

- I. Přínos materiálu v rozpuštěné a suspendované formě řekami.
- II. Výměna iontů mezi vodou a sedimentem.
- III. Magmatická činnost - výlevy bazaltů na středoocéánských hřbetech jsou doprovázeny řadou reakcí mezi magmatem a mořskou vodou.
- IV. Recentní hydrotermální systémy vznikající v místech zvýšené tepelného toku a přinášející silně mineralizované roztoky.
Vulkanická činnost na mořském dně přispívá k mineralizaci mořské vody zejména těmito látkami: S^{-2} , CO_2 , CH_4 , Mn^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{2+} , Cu^{2+} a H^+ . Děje se tak reakcí mořské vody a bazaltového magmatu.
- V. Biologická činnost rostlin a živočichů způsobující propad řady biogenních prvků a ovlivňující bilanci rozpuštěných plynů v mořské vodě.
- VI. Znečištění oceánu i kontinentů.

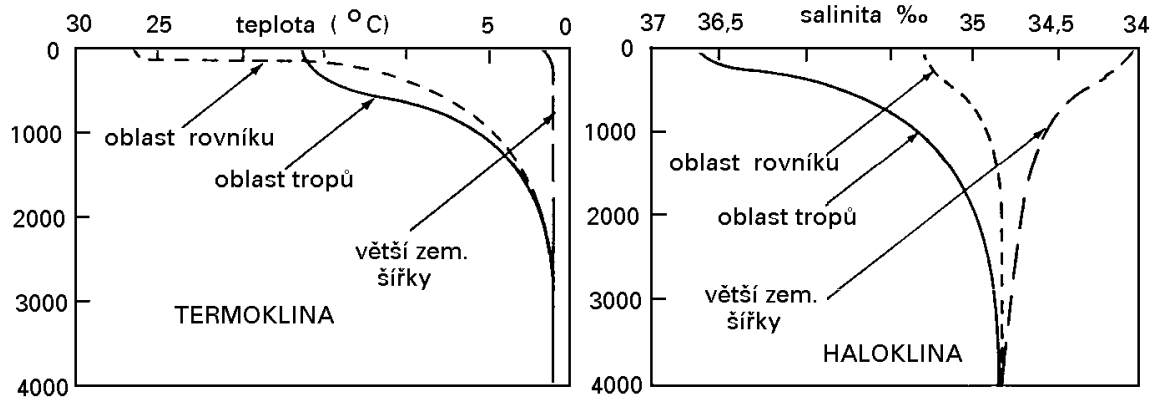
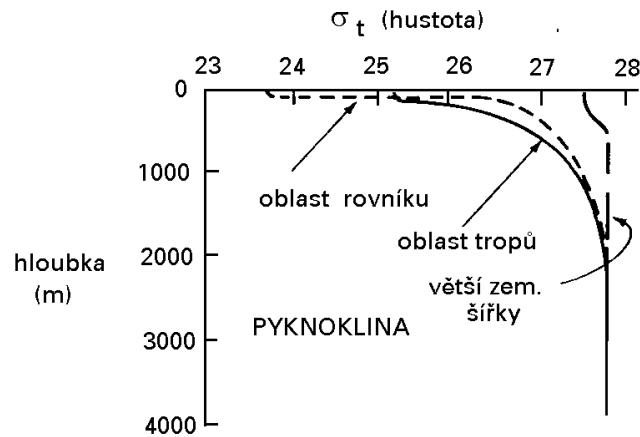


Formation of black smokers



prvek	koncentrace v mořské vodě (mg.l ⁻¹)	koncentrace v tocích (mg.l ⁻¹)	celková hmotnost v hydrosféře (g)
H	1.105	1.105	1,4.10 ²³
B	4,5	0,01	6,2.10 ¹⁸
C (anorg)	28	11	4,5.10 ¹⁹
C (org)	0,5		7.10 ¹⁷
N (N ₂)	14		2,2.10 ¹⁹
NO ₃ ⁻ (NO ₂ ⁻ , NH ₄ ⁺ , Norg)	0,7	0,23	1,1.10 ¹⁸
O (O ₂)	6		8,4.10 ¹⁸
F	1,3	0,1	1,8.10 ¹⁸
Na	1,1.10 ⁴	6,3	1,5.10 ²²
Mg	1300	4,1	1,8.10 ²¹
Al	0,001	0,4	1,5.10 ¹⁶
Si	2,9	6,1	4,2.10 ¹⁸
P	0,08	0,07	1,2.10 ¹⁷
S	880	5,6	1,3.10 ²¹
Cl	1,9.10 ⁴	7,8	2,7.10 ²²
K	390	2,3	5,5.10 ²⁰
Ca	410	15	5,8.10 ²⁰
Fe	0,003	0,67	2,9.10 ¹⁶
Br	67	0,02	9,4.10 ¹⁹
Sr	8,1	0,07	1,1.10 ¹⁹
I	0,064	0,007	9.10 ¹⁶

Koncentrace rozpuštěných látek ve vodách a celkové množství v hydrosféře.



Průběh hustoty, teploty a salinity v závislosti na hloubce oceánu a zeměpisné šířce (Thurman, 1988). Veličina $\sigma_t = [(hustota\ mořské\ vody / hustota\ čisté\ vody) - 1] \times 1000$ představuje

zkrácenou formu vyjadřování hustoty mořské vody.

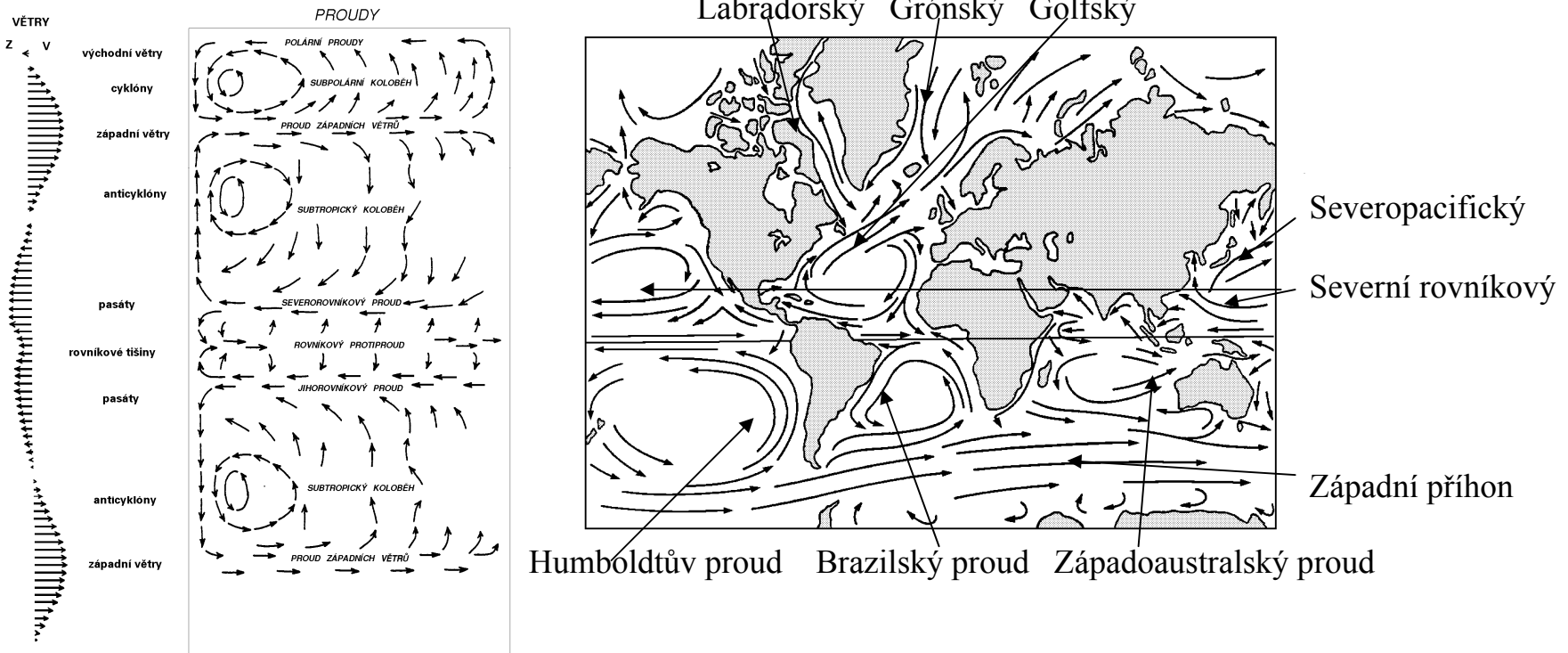
Salinita mořské vody je způsobena 11 hlavními ionty (Cl^- , SO_4^{2-} , Br^- , F^- , B , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Sr^{2+} , HCO_3^-).

-poměr Na, K, Cl, S, Br, F a B se s měnící salinitou nebo polohou se nemění

- obsah např. Ca, Sr, HCO_3^- je větší v hlubších částech oceánu

-vliv na salinitu, množství živin, produktivitu biomasy mají zejména oceánské proudy

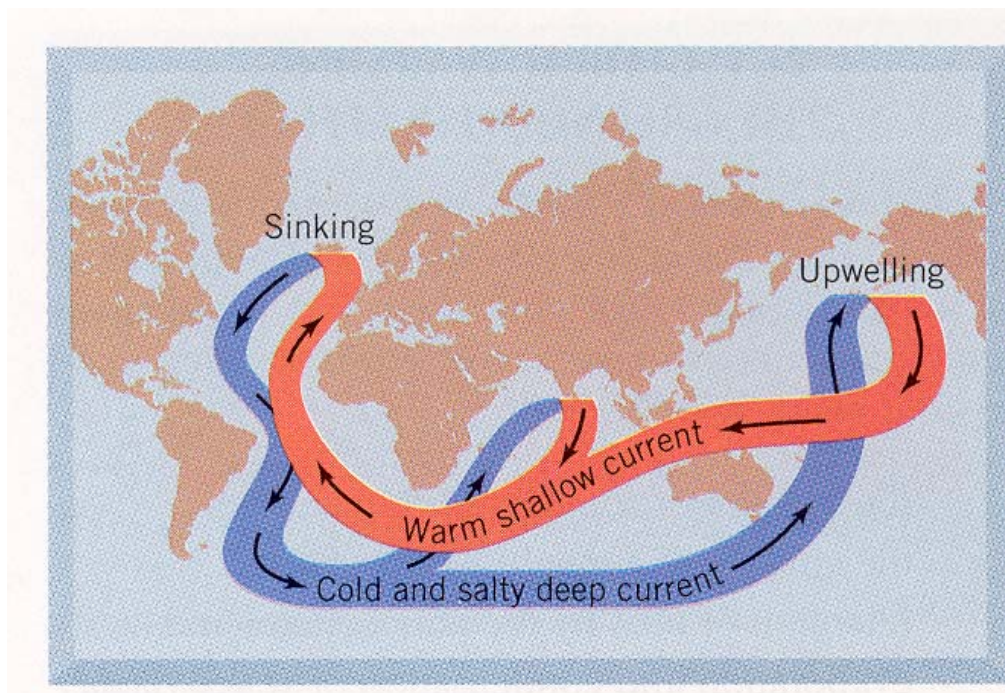
-proudění vzniká díky větru, Coriolisove síle, nehomogenitám teplotním a chemickým kompenzací přítoku, rozmístění kontinentů

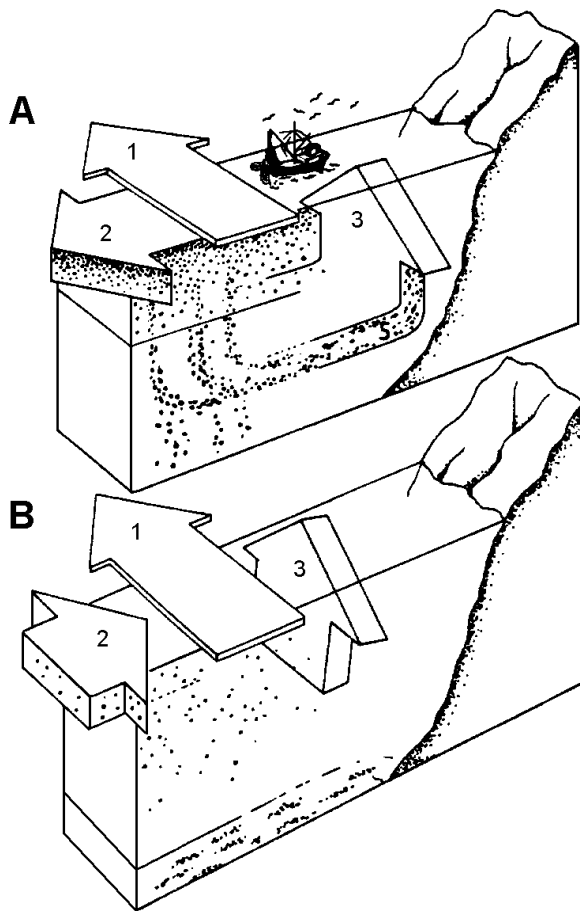


Globální termohalinní výměník (Broecker, 1987)

předpoklad:

- vzhledem k současné klimatické situaci má Atlantik větší evaporaci než dotaci sladké vody (v Atlantiku salinita roste, v Pacifiku klesá
- rozdíl je vyrovnáván zobrazeným prouděním
- vlastní proudění je zemský termální pufr
- proudění se zastaví v chladném období, je možné že tomuto zastavení může předcházet globální oteplení





Variace v oceánském proudění

El Niño. Za normálních podmínek (A) se pohybují vodní masy Humboltova proudu (1) podél peruánského pobřeží od jihu k severu a směrem z pevniny vanoucí pasáty (východní rovníkové větry) (2) odsouvají minerálních látek zbavené povrchové vrstvy oceánu směrem od kontinentu. Je tím umožněn výstup chladných mineralizovaných vod (3) na povrch oceánu při pobřeží.

V případě události El Niño (B) zeslábnou východní větry, ohřátá a o živiny ochuzená oceánská voda stagnuje podél pobřeží a malé množství fytoplanktonu nedokáže uživit hejna ryb.

Atmosféra - 1. úvod

- atmosféru mají všechny planety sluneční soustavy
- atmosféra je tvořena převážně plynnými složkami, které se v ní nahromadily v průběhu geologického vývoje
- atmosféra obsahuje: vzácné plyny, plynné sloučeniny lehkých prvků
- mimo inertní vzácné plyny v atmosféře není žádná složka trvale

Atmosféra - 1. úvod

- v porovnání s atmosférou ostatních planet je zemské ovzduší anomální výskytem O_2 a H_2O v podmínkách blízkých trojnému bodu
- obecným rysem atmosfér je velká cirkulace a rychlý pohyb mas daný rozdílným ohřevem

Atmosféra - 2. složení

constituent	average concentration (ppm v ⁻¹)	residence time
N ₂	780 840	10 ⁶ years
O ₂	209 460	5000 years
Ar	9 340	
Ne	18	
Kr	1.1	
Xe	0.09	
CO ₂	356	15 years
CO	0.1	65 days
CH ₄	1.65	7 years
H ₂	0.58	10 years
N ₂ O	0.33	20 years
O ₃	0.01 - 0.1	100 days
NO / NO ₂	10 ⁻⁶ - 10 ⁻²	1 day
NH ₃	10 ⁻⁴ - 10 ⁻³	5 days
SO ₂	10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁴	10 days
HNO ₃	10 ⁻⁵ - 10 ⁻³	1 day

Atmosféra - 2. složení

Rozdíly v uváděných obsazích vznikají

- vývojem analytických technik
- růstem koncentrací některých komponent (CH_4 , N_2O , CO_2)
- znečištěním ovzduší v některých oblastí

Atmosféra - 2. složení

- Obsah hlavních komponent v atmosféře úzce souvisí s „dobou setrvání“

$$t = \frac{m_i}{r_i}$$

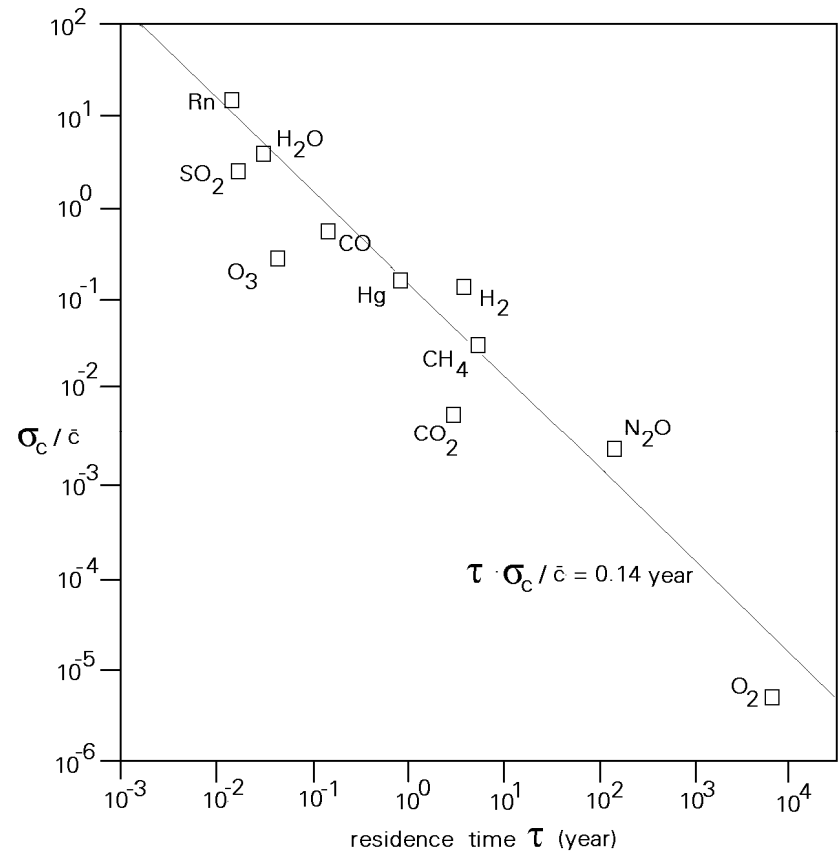
- Doba setrvání - residence time t (turnover time, lifetime)
- m_i ... množství látky v daném rezervoáru v daném čase
- r_i ... rychlost vstupu, výstupu

Atmosféra - 2. složení

- $t > 10\,000$ let
 - molekulární dusík
 - molekulární kyslík ($t - 10\,000$ let)
 - vzácné plyny (doba setrvání milióny - miliardy let, největší doba setrvání Ne)
- $t < 10\,000$ let
 - CO₂, oxidy síry a dusíku
 - amoniak, ozón
 - uhlovodíky

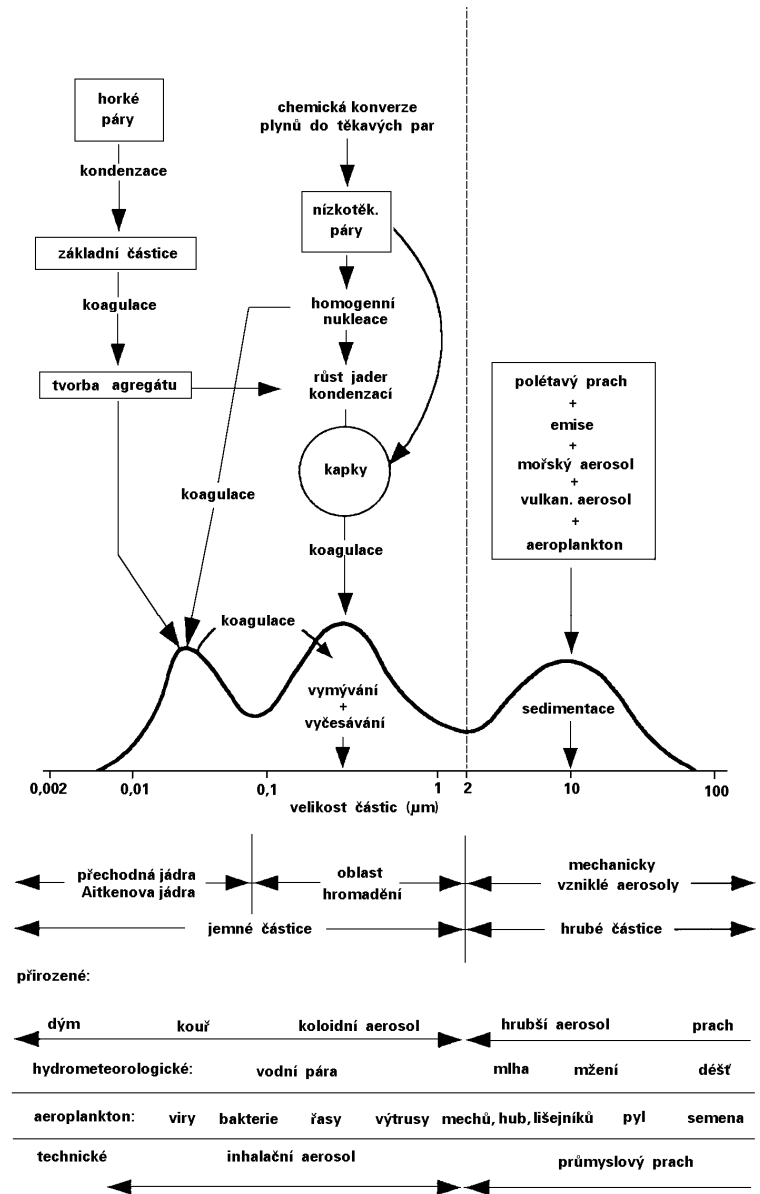
Atmosféra - 2. složení

Závislost mezi koeficientem variace stanovení koncentrace plynu a dobou setrvání v atmosféře (Junge, 1974)
Plyny s dlouhou dobou setrvání v atmosféře mají malou variabilitu v obsazích danou dokonalým mísením atmosféry.



Atmosféra - 2. složení

- Atmosférický aerosol
- aerodisperzní soustavy pevných a kapalných součástí
- liší se složením, vznikem, funkcí
- nejčastější složkou jsou organické látky a elementární uhlík (v čistých oblastech síran amonný)



Atmosféra - 2. Složení aerosol

- „pozitivní role“
- kondenzační jádra
oblačnosti (kapének 0,05 -
1 μm , sněhových vloček
5 - 50 μm)
- „plynulá“ kondenzace
vody
- optické jevy
- „negativní role“
- poškozování povrchů
přírodnin i lidských
produktů
- distribuce škodlivin
- vliv na biosféru

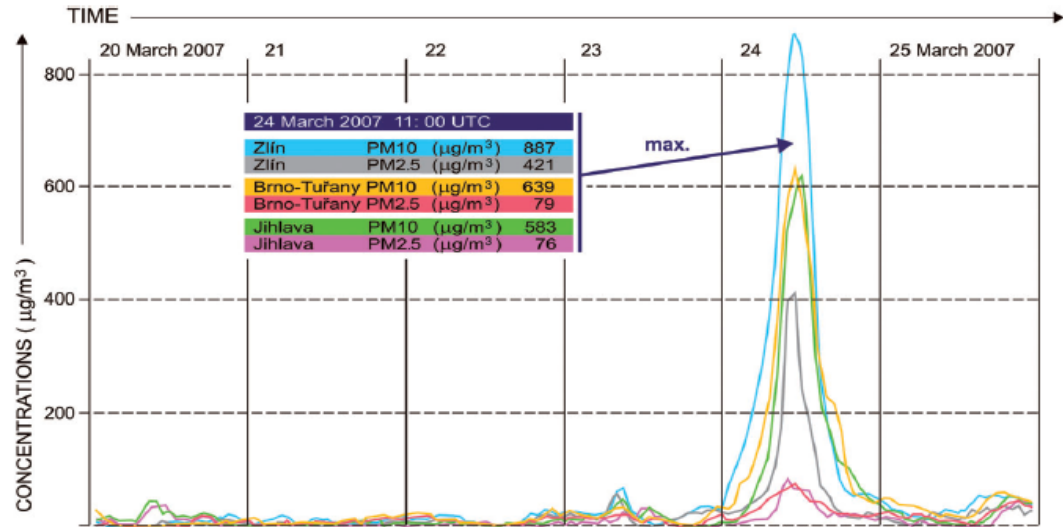


Figure 4. Concentrations of PM_{10} and $\text{PM}_{2.5}$ particles (*i.e.*, size up to $10\ \mu\text{m}$ and $2.5\ \mu\text{m}$, respectively) for the period of 20–25 March 2007, measured at Brno, Jihlava and Zlín air quality monitoring stations located in the eastern Czech Republic. [M. Sálek, © CHMI]

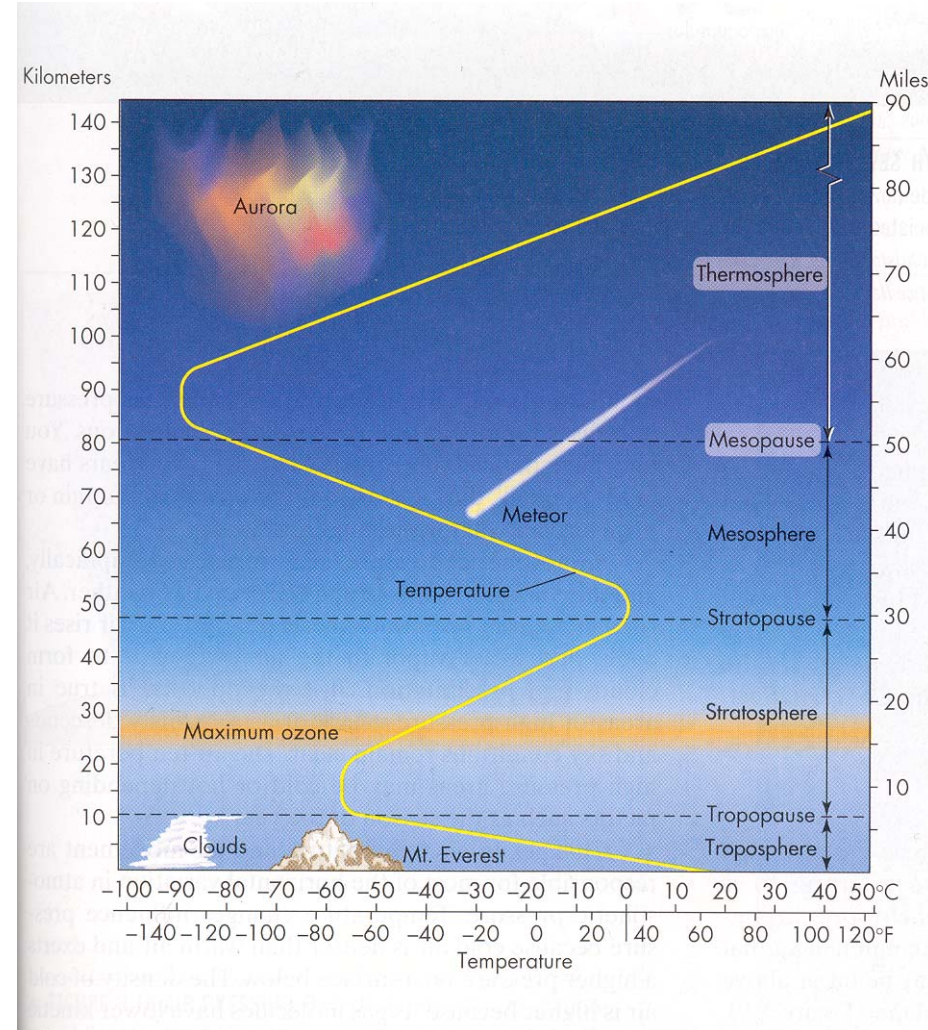




Atmosféra - 3. Stratifikace

Troposféra - sahá do 7 - 18 km,
-vzniká v ní klima, intenzivní
pohyb mas je dán ohřevem
zemského povrchu a pohybem
lehkého vzduchu směrem vzhůru

Opačné situace - chladný vzduch
je při zemi, teplejší nahoře
(inverze) nepříznivě ovlivňuje
konec troposféry je dán teplotním
minimem, které představuje
ledovou past pro vodu

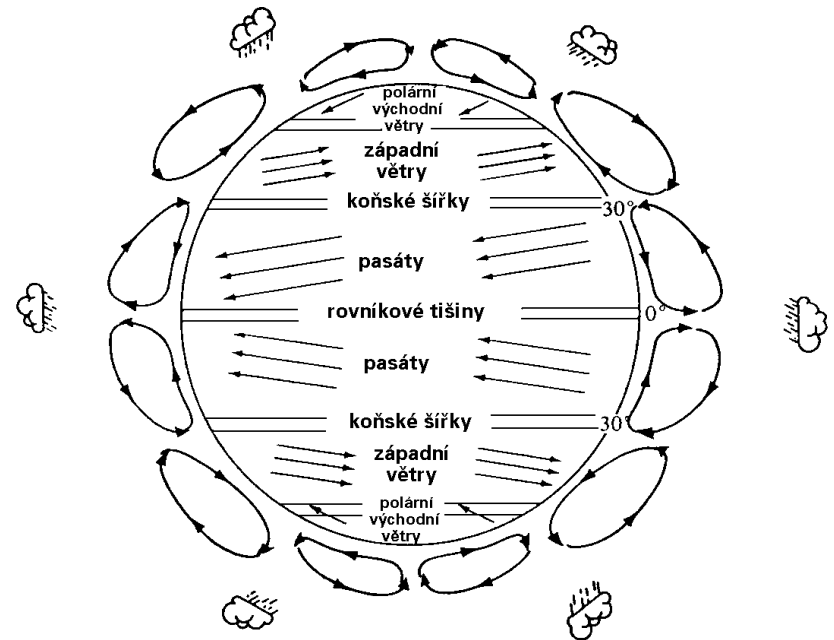


Atmosféra - 3. Stratifikace, proudění

- základní systém globální cirkulace ovzduší (Ferrelův model) tvoří dva subsystemy severní a jižní polokoule

- každý subsystem se skládá ze třech konvekčních buněk jejichž hranice jsou dány základními zeměpisnými šířkami (rovník, obratníky a pol. kruh)

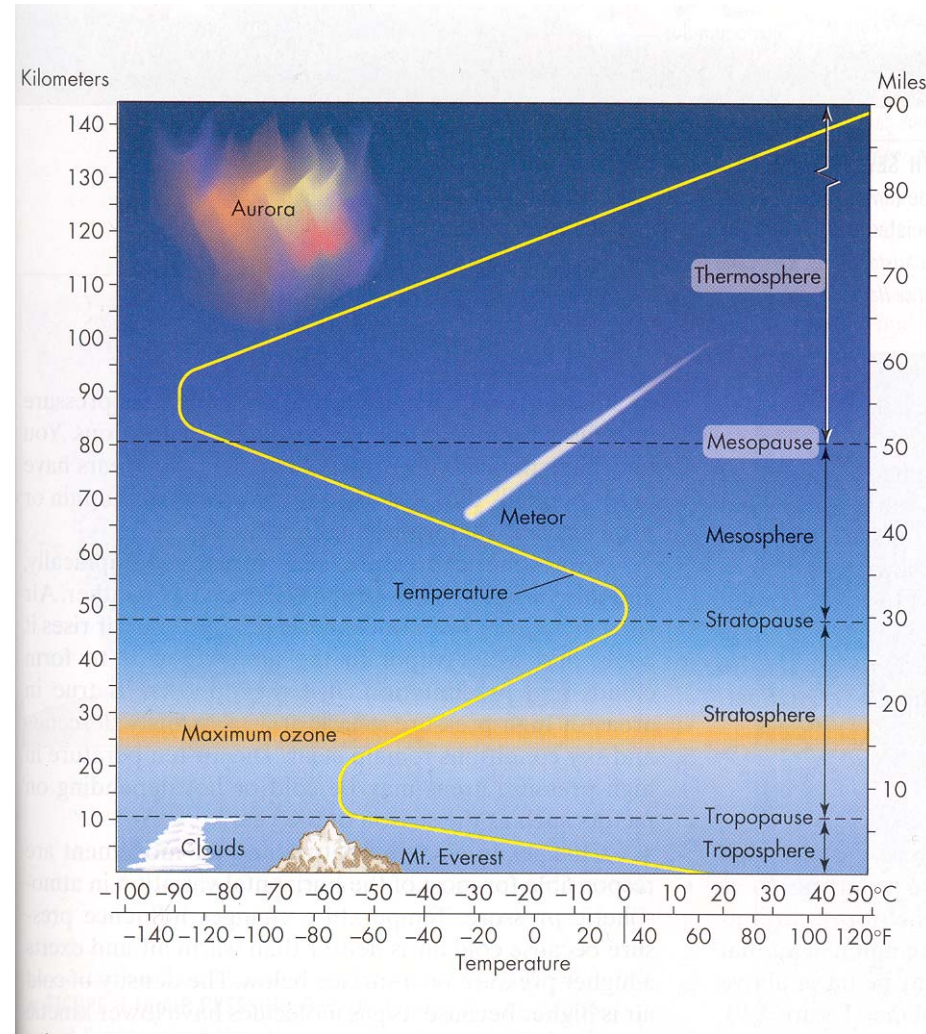
- základní směry proudění větru vznikají ohřevem vzduchu v oblastech rovníkových a jejich poklesem kolem obratníků



Atmosféra - 3. Stratifikace

Stratosféra

- na bázi se nachází ozónová vrstva, kde při radikálových reakcích dochází k produkci O_3 , pohlcování tvrdého záření
- méně intenzivní mísení mas, delší setrvání stabilních škodlivin
- více fotochemických reakcí
- hranice daná teplotním minimem v cca 50 km
- látková výměna mezi stratosférou a troposférou je omezená a episodická děje se variacemi v Hadleyove cele, při bouřích, vulkanických erupcích či difuzí



Atmosféra - 3. Stratifikace

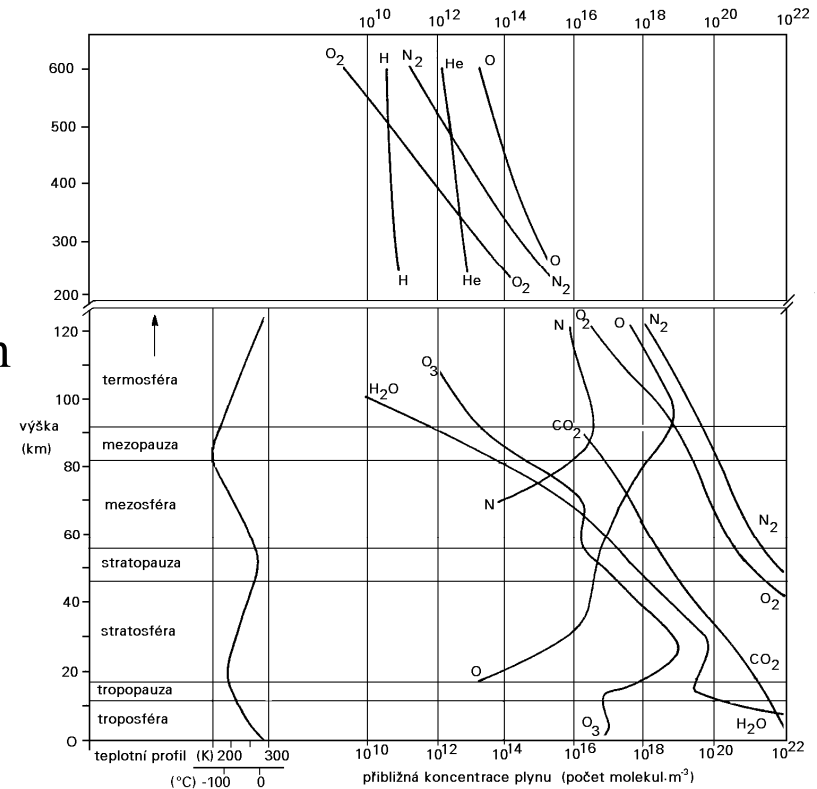
Ostatní sféry

- **mesosféra** pokles teploty daný menším vlivem fotochemických reakcí ve srovnání s ozonosférou, vzniká slabá vrstva mraků mezopauza cca 85 km

- **termosféra** nárůst teploty daný množstvím fotochemických reakcí sahá do cca 150 km

- vznik optických jevů (polární záře, světélkující oblaka

vertikální profil je závislý na zeměpisné šířce a mění se rovněž v závislosti na sluneční aktivitě



Atmosféra - 4. Vznik

N_2 - hromadění v atmosféře během geologických procesů z původních látek obsahujících NH_4^+ , NH_2 , nitridy

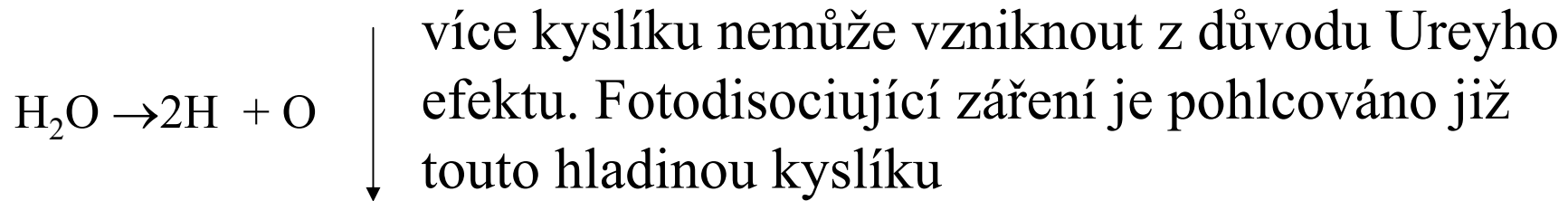
O_2 - fotochemický rozklad vody (méně významný) fotosyntéza

Ar - produkt radioaktivního rozpadu K

Atmosféra - 4. Vznik, kyslík

Vývoj obsahu kyslíku v atmosféře

% dnešní koncentrace



začátek
fotosyntézy 0,1%

fotosyntéza

marinní flórou produkováný kyslík je spotřebováván ve svět. oceánu na oxidaci
 $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{e}^-$

Pasteurův
bod 1%

vysrážení Fe rud

dýchání místo

kyslík se uvolňuje do atmosféry, klesá množství dopadajících energetických fotonů

fermentace

10% *silur ?, některé práce uvádějí 100 % v kambriu*
odstíněna podstatná část škodlivého záření,
výstup života na souš

Atmosféra - 5. Procesy, kyslík

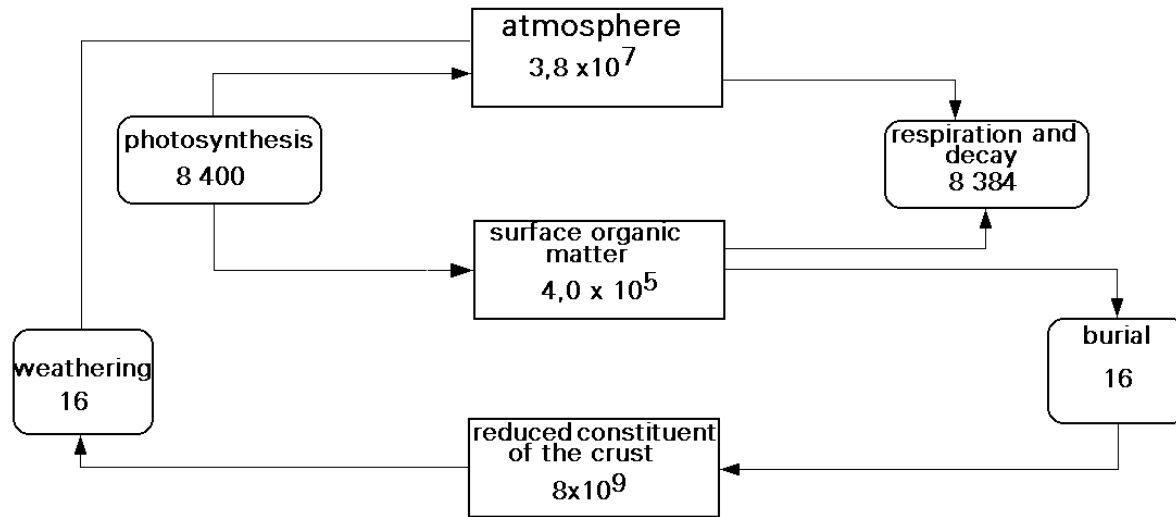


Schéma cyklu kyslíku (originál Walker, 1980), množství v 10^{12} mol O_2 nebo ekvivalentním množstvím oxidované organické hmoty, netýká se sloučenin kyslíku mobilizovaných v hydrologickém cyklu, při zvětrávání atd.

nejvýznamnější rezervoáry - atmosféra, organická hmota, hydrosféra

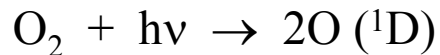
Atmosféra - 5. Procesy, kyslík

Kyslík - atmosféra

- vliv disociace vody UV zářením byl významný pouze v začátcích geologického vývoje, dominantní vliv má fotosyntéza

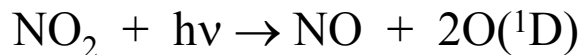
reakce:

disociace vlivem ultrafialového záření (vlnová délka menší než 300 nm)

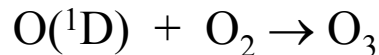


kde O (¹D) je excitovaný kyslíkový atom

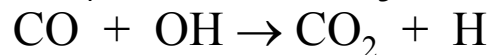
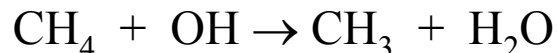
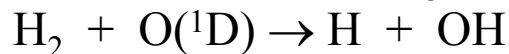
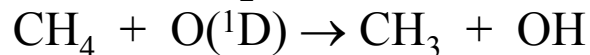
za přítomnosti oxidů dusíku může probíhat:



excitovaný kyslík reaguje za vzniku ozónu



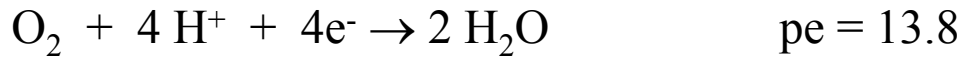
časté reakční členy tvoří vody, uhlovodíky, které při fotochemických reakcích produkují alkyl, hydroxo, peroxo a jiné radikály



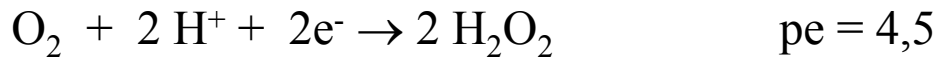
Atmosféra - 5. Procesy, kyslík

Kyslík - hydrosféra

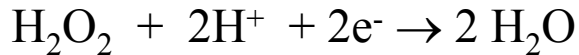
kyslík, který se rozpouští ve vodě je jednou z nejdůležitějších látek určujících Eh



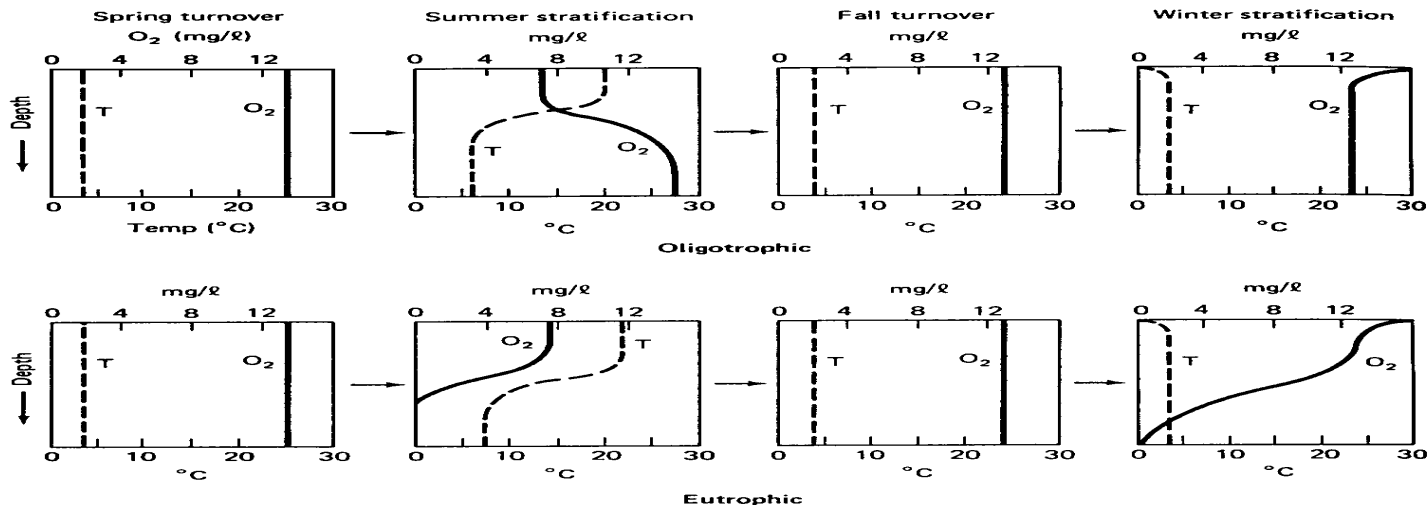
reakce probíhá ve dvou krocích



a



protože první reakční krok je mnohem rychlejší než druhý, stává se peroxid vodíku rovněž důležitou oxidační komponentou v přírodních vodách



Biogeochemické cykly

Cykly krátkodobé x dlouhodobé .. denní, roční, geologické

dnešní význam:

produkce potravin (C, N, P, S)

zemské klima, ozonoféra (O_2 , CO_2 , O_3 , CH_4 , etc)

biodiverzita

cykly živin (C, N, S, báze)

cykly škodlivin (Be, As, DDT, PAU etc.)

Dusík

mocenství	sloučenina	bod varu ° C	$\Delta H^{\circ}(f)$ kJ.mol ⁻¹	ΔG° kJ.mol ⁻¹
+5	N ₂ O ₅ (g),	11	115	
	HNO ₃ (g),	83	-135	-75
	CaNO ₃ (s),		-900	-720
	HNO ₃ (aq)		-200	-108
+4	NO ₂ (g)	21	33	51
	N ₂ O ₄		9	98
+3	HNO ₂ (g)		-80	-46
	HNO ₂ (aq)		-120	-55
+2	NO(g)	-152	90	87
+1	N ₂ O(g)	-89	82	104
0	N ₂ (g)	-196	0	0
-3	NH ₃ (g)	-33	-46	-16.5
	NH ₄ ⁺ (aq)		-72	-79
	NH ₄ Cl(s)		-201	-203
	CH ₃ NH ₂ (g)		-28	28
				-242

Mocenství a vybrané chemické vlastnosti sloučenin dusíku

HNO₃, silná minerální kyselina, příprava Haberovým procesem tj. oxidací amoniaku na **NO**, který je dále oxidován na **NO₂**.

Rozpuštěním tohoto plynu ve vodě vzniká HNO₃ z kyseliny produkce umělých hnojiv a výbušnin. Kyselina dusičná vzniká rovněž v troposféře přirozenou cestou zejména vlivem radikálů HO₂, RO₂ a OH.

Dusík

NO₂ je plyn žlutohnědé barvy, dráždivý, toxický součástí fotochemického smogu, vzniká zejména v městském prostředí.

NO oxid dusnatý je bezbarvý plyn rovněž součástí fotochemického smogu

N₂O - oxid dusný používán jako anestetikum či jako hnací plyn, řadou vlastností podobný CO₂ (strukturou, počtem elektronů, nízkou reaktivitou) výjimkou je velká rozpustnost CO₂ ve vodě a vznik významných rozpustných forem. Protože je poměrně málo reaktivní, má dlouhou dobu setrvání v troposféře a proniká i do stratosféry. Ve stratosféře může tento plyn mít vliv na koncentraci ozonu.

N₂ - molekulární dusík, je bezbarvý plyn, inertnost je daná velmi vysokou aktivační energií (přítomnost trojné vazby v molekule) a tudíž velice pomalou rychlostí při reakci této molekuly.

Kdyby složení Země bylo dané čistě termodynamickou rovnováhou, většina atmosférického dusíku a kyslíku by se vyskytovala v oceánu jako 0.1 M HNO₃ (Lovelock, 1979).

Díky kinetice chemických procesů se vyskytuje v koncentraci 78 % objemových v atmosféře. Získává se zkapalňováním a destilací vzduchu.

Dusík

NH_3 - amoniak - bezbarvý plyn, rozpustný ve vodě, silná báze..Organické deriváty amoniaku se nazývají **aminy**. nejjednodušší je metylamin - $\text{CH}_3\text{-NH}_2$.

Amidy jsou sloučeniny, které vzniknou jestliže nahradíme vodík v amoniaku skupinou R-CO, nejdůležitějších přírodních amidů je močovina $\text{NH}_2 - \text{CO} - \text{NH}_2$ - metabolit bílkovin a aminokyselin, dusíkaté hnojivo produkované vysokotlakou syntézou CO_2 a NH_3 .

Významnou skupinu dusíkatých látek tvoří **bílkoviny**- stavebním materiálem tkání a katalyzátory biochemických procesů, nebo mohou mít speciální funkce.

Z chemického hlediska jsou bílkoviny polymery **aminokyselin** - organických sloučeniny, které obsahují jak karboxylovou skupinu, tak i aminoskupinu

Existuje celá řada dalších organických sloučenin s dusíkem např. kyano sloučeniny, nitrosoaminy, nitridy aj.

Dusík

Cyklus dusíku bývá členěn na několik částí:

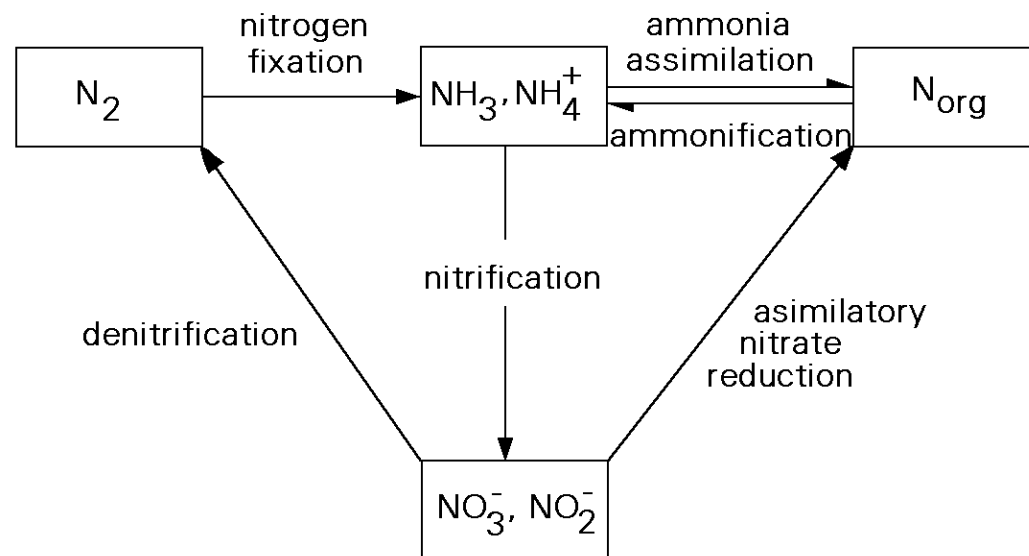
- **biologické procesy,**
- **abiotické transformace v atmosféře,**
- **na fyzikální procesy a transport sloučenin dusíku**



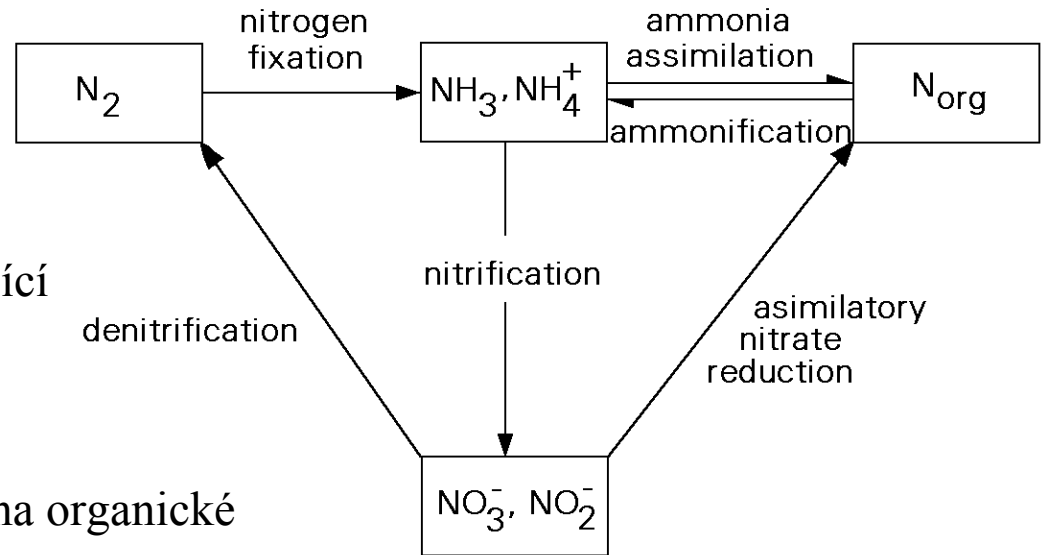
biologické procesy

prováděné mikroorganismy

- fixace dusíku
- asimilace amoniaku
- nitrifikace
- asimilační nitrátová redukce
- amonifikace
- denitrifikace



Dusík



fixace dusíku - klíčový proces, realizují symbiot. bakterie, sinice, proces umožňuje nitrogenu obsahující Mo-Fe metaloproteiny
Rhizobium na kořenech *Fabaceae*

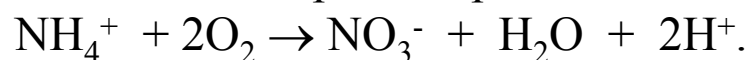
asimilace amoniaku - transformace na organické sloučeniny s dusíkem

amonifikace - první stupeň mineralizace sloučenin dusíku

nitrifikace je dvoustupňový proces



celková reakce probíhá podle schématu

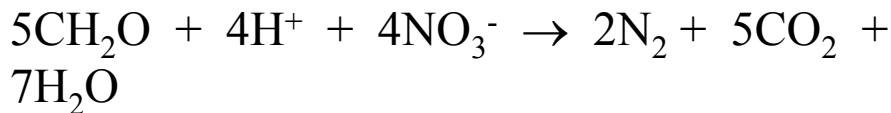


získaná energie slouží pro fixaci dusíku

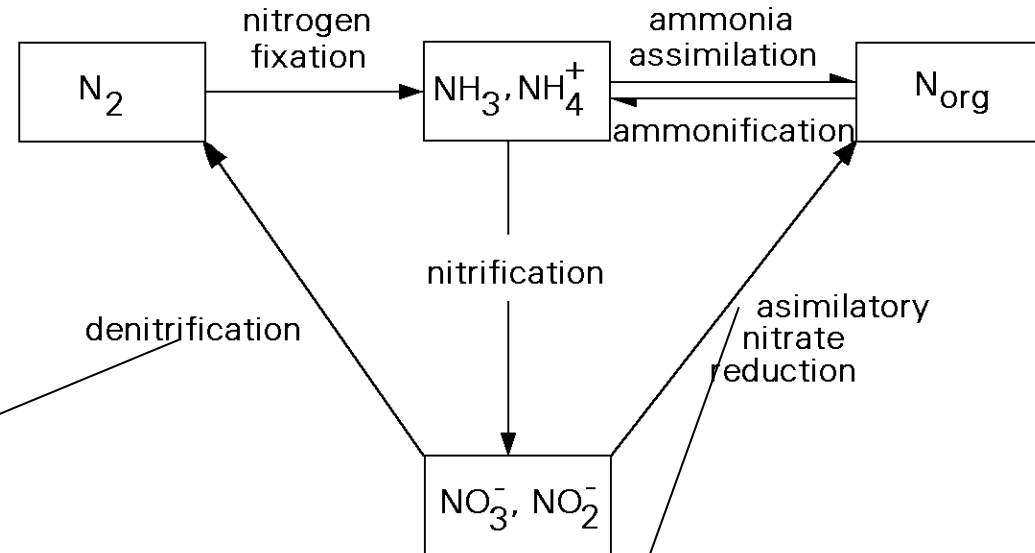
Dusík

Denitrifikace je proces redukce NO_3^- na řadu plynných forem dusíku zejména N_2 nebo N_2O .

Denitrifikace probíhá přes řadu mezistupňů, propadem elektronů jsou NO_3^- , namísto O_2 , probíhá v mokřadech, hlubokých nádržích



v oxických prostředí denitrifikační bakterie provádějí normální aerobní respiraci



Asimilace NO_3^- na N_{org} se nazývá **asimilační nitrátová redukce**, probíhá v aerobním prostředí s nižším množstvím amoniaku

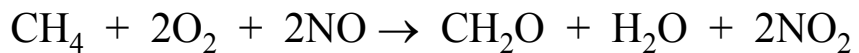
Dusík

abiotické procesy sloučenin dusíku

homogenní plynné reakce sloučenin dusíku

- nemají takový význam jako biologické (mikrobiální transformace)
- reakcí se účastní dále O₂, uhlovodíky, fotony
- vznikají radikály, ozon, voda, CO, CH₂O atd, alkylnitráty (hromadí se při fotochemnickém smogu)

např:



heterogenní reakce zahrnují

- rozpouštění plynů a solí ve vodě
- dissociace sloučenin ve vodě
- kondensace kapalin
- krystalizace sněhu a ledu

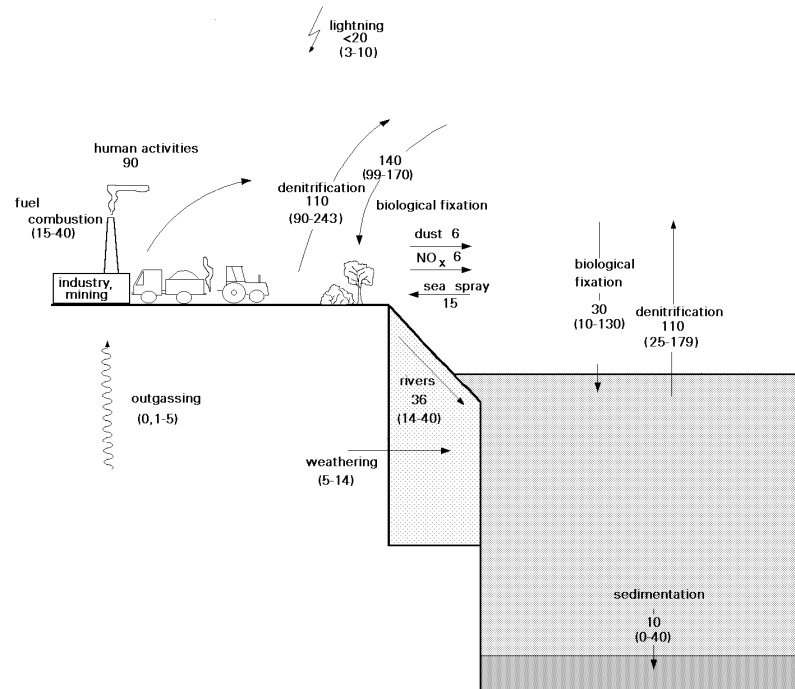
činnost člověka (pomezí biotických a abiotických procesů)

- fixace N₂ z atmosféry, výroba NH₃, HNO₃
- produkce NO_x během spalovacích procesů
- změny v charakteru krajiny, vliv na fixaci, denitrifikaci, nitrifikaci

Dusík

Cyklus, nejdůležitější toky:

- biologická fixace
- spalování fosilních paliv
- emise z půd
- výboje v atmosféře
- spalování biomasy
- fotochemická oxidace NH_3
- emise z letadel
- produkce amoniaku v zemědělství



odhady denitrifikace se značně liší,
vliv člověka na denitrifikaci je způsoben
meliorováním mokřadů a naopak
budováním umělých nádrží

Fosfor

-jediný prvek připravený z živočišného materiálu (alchymista Hennig Brandt 1669 z moči)
v ZK 1,12 g/kg fosforu (jedenáctý v pořadí)

-důležitý biogenní prvek přítomný v energetických a reprodukčních sloučeninách (ATP
nukleové kyseliny

-na rozdíl od CNS monoizotopní látka ^{31}P , netvoří významné plynné sloučeniny (pouze PH_3 (malý transport atmosférou), neúčastní se významných mikrobiálních transformací
nemá významný vliv na redox potenciál

Anorganické formy fosforu

-kyselina fosforečná a její soli, v pH 6-7 je nejhojnější HPO_4^{2-}

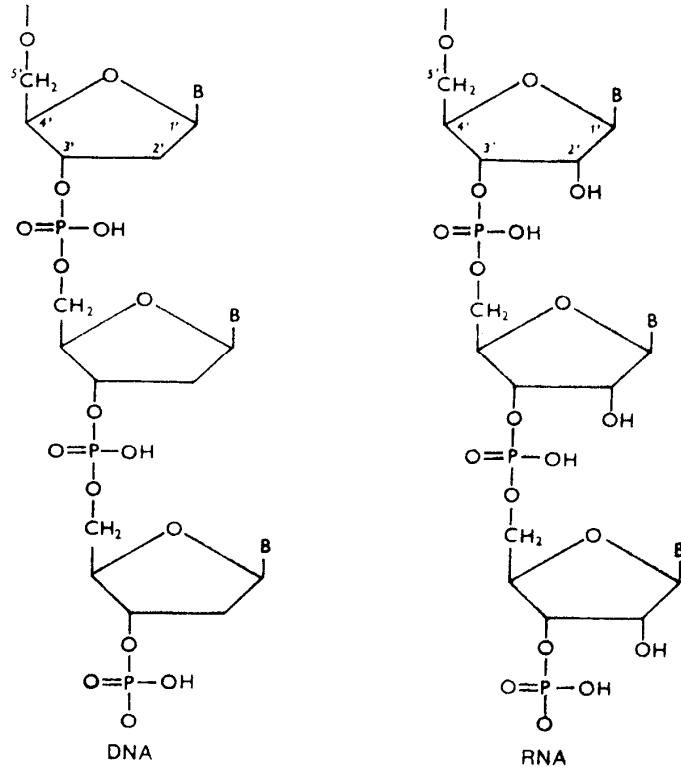
z minerálů je nejhojnější apatit (vzniká řadou procesů od magmatických až po biologické)
fluor-, chlor-, hydroxoapatit tvoří kosti, zuby (samotný nebo směs s karbonáty) mladé kosti
obsahují brushit $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Organické formy

-nukleové kyseliny makromolekulární látky (tvořící řetězce) složené z nukleotidů (spojení
dusíkaté báze, sacharidu pentózy a skupiny PO_4

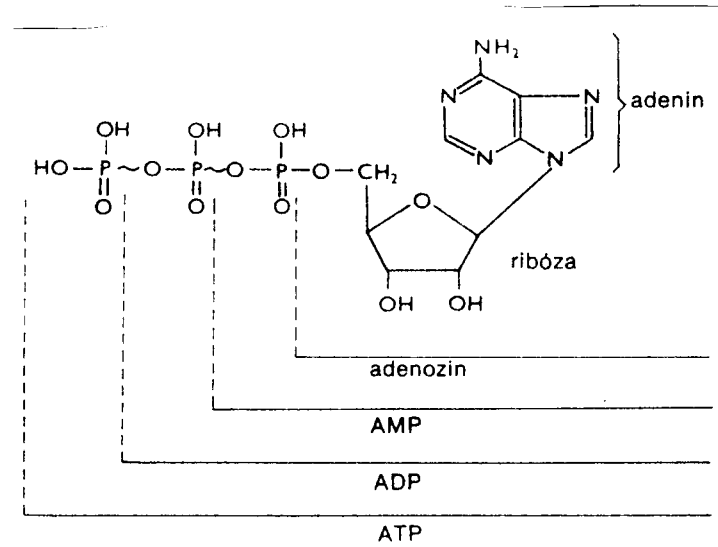
- ATP

a funkce živých soustav

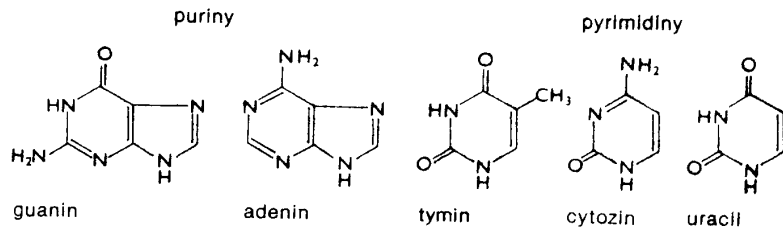


nukleové kyseliny

13/ Polynukleotidové řetězce: jedno vlákno DNA (vlevo), RNA (vpravo); B báze



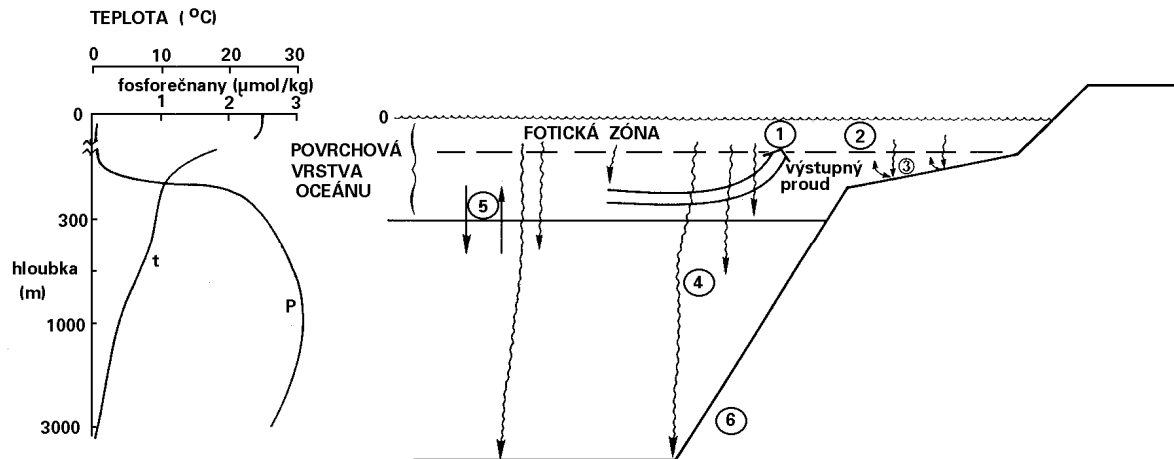
kyselina adenosin trifosforečná



Cyklus fosforu

-začíná zvětráváním hornin obsahujících apatit (v povrchových vodách se část fosforu vyskytuje v rozpuštěné formě cca 10 %, většina je vázána ve formě částic vlastních fosfátů ale i běžných přírodních sorbentů Fe, Mn, Al hydroxidů, jílových minerálů)

-v sladkovodních nádržích i moři je koncentrace fosforečnanů stratifikovaná)
fotická zóna bývá o fosforečnanů ochuzená



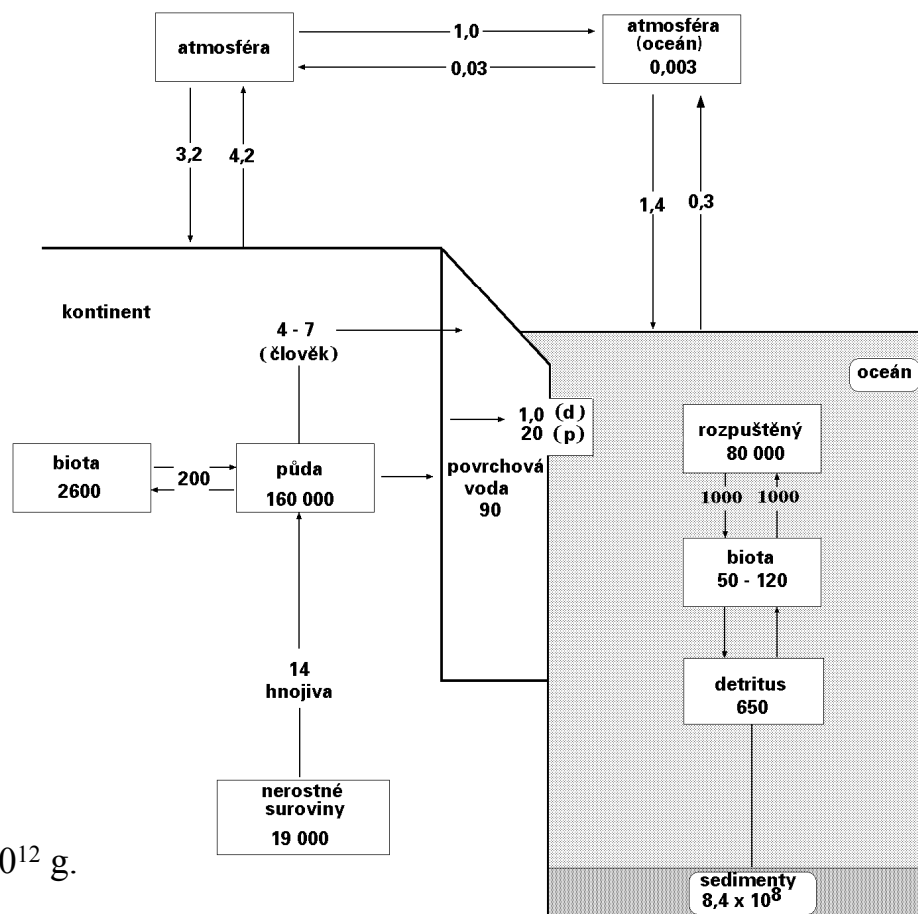
Průběh teploty a množství rozpuštěných fosforečnanů s hloubkou, Tichý oceán 21° 21' sev. šířky a 122° 15' záp. délky a nejdůležitější procesy určující koncentraci fosforu v oceánské vodě. 1. výstupný proud, 2. biologická aktivita jako propad rozpuštěných sloučenin fosforu, 3. rozklad organické hmoty sedimentů a uvolňování sloučenin fosforu v mělkých částech oceánu, 4. rozklad částic a uvolňování fosforu pod termoklinou, 5. pomalá výměna mezi povrchovými a hlubinnými vodami, 6. ukládání fosforu v mořských sedimentech (Zdroj: Jahnke , 1992)

- množství fosforu je limitujícím faktorem pro produkci biomasy v řadě nádrží
- uvolňováním ze sedimentů, případně biomasy se vody v hlubších částech nádrží obohacují rozpuštěné formy fosforu a prouděním se dostávají do fotické zóny

Globální cyklus

nej důležitější rezervoáry

- půdní profil
- kontinentální biota (zejména lesní organismy)
- fosfor obsažený v oceánu
- fosfor v oceánské biotě (cca 1/30 hmoty kont. bioty)
- fosfor obsažený v atmosféře



Globální tok fosforu. Toky v 10^{12} g/rok, rezervoáry v 10^{12} g.
(Zdroj: Schlesinger, 1991)

Průběh cyklu a jeho ovlivnění člověkem

- cyklus probíhá zejména vodním prostředím
- aerosol obsahující sloučeniny fosforu vzniká spalováním org. hmoty a erozí kultivovaných půd (transport vzduchem je však málo významný)

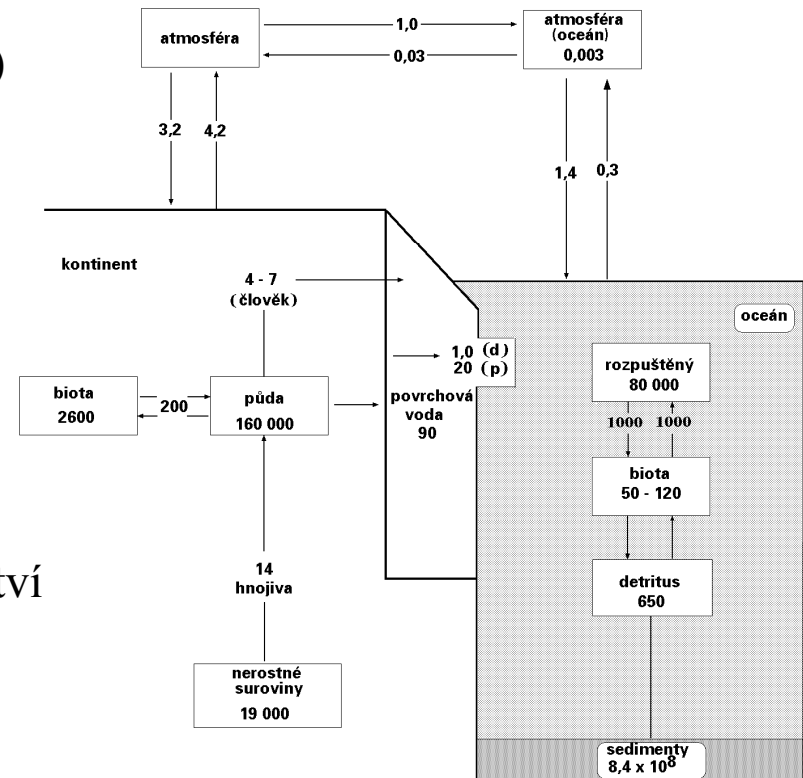
-pevninská část cyklu je ovlivněna mobilizací fosforu ze zpracovávaných surovin

-použitím strusek a sloučenin fosforu v zemědělství

-výrobou přípravků obsahujících fosfor a jejich používáním v domácnostech a zemědělství

-výrobou potravin a krmiv a jejich transportem do hustě osídlených míst

-rozvojem rybolovu a průmyslu zpracování ryb, těžba řas, měkkýšů a jejich spotřeba na souši



Uhlík

Cyklus uhlíku

Význam cyklu uhlíku vyplývá:

- z role uhlíku jako biogenního prvku
- z vlivu mocenství sloučenin uhlíku na jeho mobilitu a redox potenciál prostředí
- z významného vlivu člověka na cyklus uhlíku

Nejdůležitější izotopy, alotropní formy prvku a sloučeniny

7 izotopů, ^{12}C a ^{13}C jsou stabilní, ^{14}C vzniká ve svrchních vrstvách atmosféry reakcí:

$^{14}\text{N} + 1\text{n} \rightarrow ^{14}\text{C} + 1\text{p}$ (poločas rozpadu ^{14}C je 5726 let)

- grafit, diamant, lonsdaleite, fullereny, amorfní uhlík
- nejdůležitější sloučeniny - organické látky (cca 1 mil. sloučenin), CO_2 , uhličitanové a hydrogenuhličitanové ionty ve vodách a minerálech

obecně platí: redukované formy uhlíku (C, organické látky) jsou méně mobilní než formy oxidované CO_2 , CO_3^{2-} , HCO_3^{2-}

Uhlík

Uhlík v atmosféře

Uhlík v atmosféře je zastoupen zejména CO_2 , méně CH_4

- ovlivňuje skleníkový efekt

- úzce souvisí s fotosyntézou, cyklem kyslíku případně síry

Obsah CO_2 narůstá od dob průmyslové revoluce (nárůst zastavují pouze svět. války a hosp. krize)

nárůst obsahu CO_2 dokumentován z koncentrací v ledu, izotopovým složením přírůstkových zón korálů, dřevin preindustriální atmosféra obsahovala 200-290 ppm CO_2

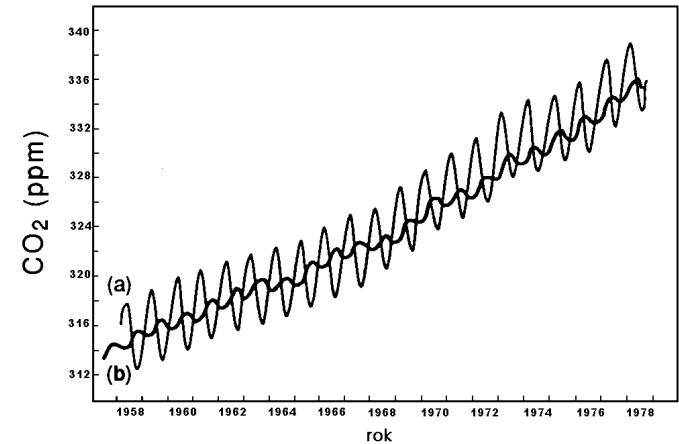
- současná koncentrace CO_2 360 ppm

CH_4

- vzniká při anaerobních procesech v rýžových polích, velkochovech dobytka, v termitištích

- uvolňuje se rovněž z fosilních paliv, rašelinišť, mokřadů

- jeho oxidací vzniká CO



Atmosférická koncentrace CO_2 - a) observatoř Muana Loa - Havajské Ostrovy
b) observatoř jižní pól (UNEP, 1993)
výkyvy jsou dané sezónními variacemi v produkci biomasy mezi severní a jižní polokoulí

Uhlík

Uhlík v hydrosféře

Uhlík v hydrosféře

- 4 odlišné formy

DIC (dissolved inorganic carbon) - rozpuštěné anorganické sloučeniny uhlíku

DIC (dissolved organic carbon) - rozpuštěný organické sloučeniny uhlíku

PIC (particulate inorganic carbon) - anorganické částice

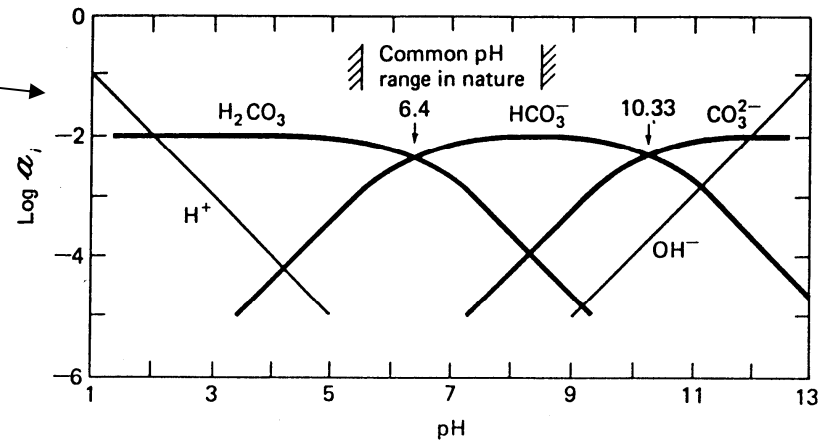
POC (particulate organic carbon) - organické částice

DIC - zejména ionty HCO_3^- , CO_3^{2-}
případně H_2CO_3 v závislosti na pH prostředí

DOC - organické kyseliny, tuky, uhlovodíky
fenoly

PIC - zejména částice karbonátů

POC - organická hmota pocházející ze zbytků
rostlin nebo živočichů

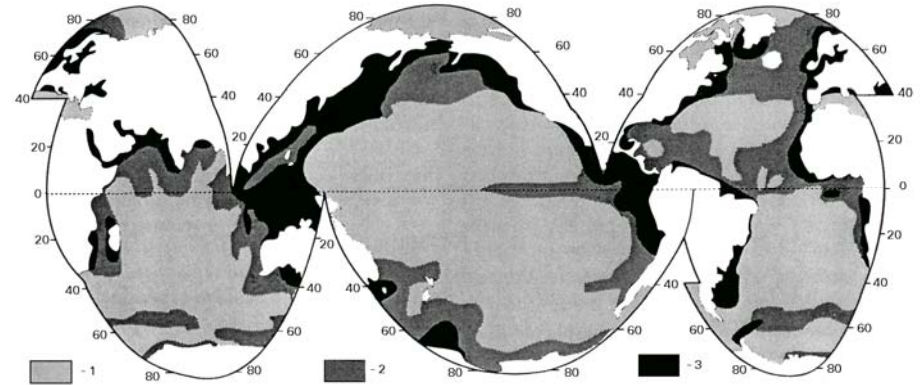


Distribuční diagram jednotlivých karbonátových forem vzniklých rozpouštěním CO_2 ve vodě (např. Drever, 1982)

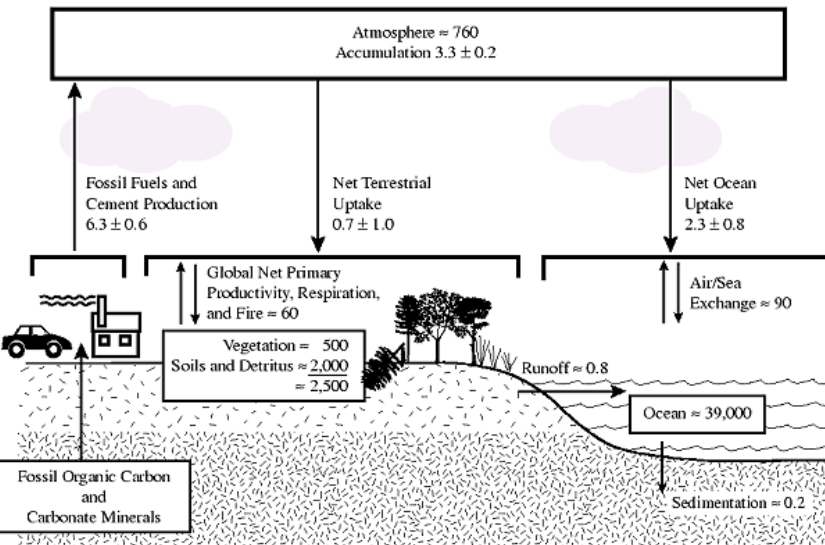
Uhlík

Uhlík v hydrosféře

Rozpuštění CO_2 v oceánu je ovlivněno termodynamicky
vznik organické hmoty je určován klimatickými podmínkami,
množstvím živin v mořské vodě a množstvím dopadajícího světla



Průběh rozmístění primární produktivity světových oceánů 1 - $< 50 \text{ gC. m}^{-2}.\text{rok}^{-1}$,
2 - $50-100 \text{ gC. m}^{-2}.\text{rok}^{-1}$, 3 - $>100 \text{ gC. m}^{-2}.\text{rok}^{-1}$



Globální cyklus uhlíku $\text{Gt C (} 10^{15}\text{g)}$ nebo $\text{Gt} \cdot \text{rok}^{-1}$, odpovídá měřené dekádě 1989 - 1998 (IPCC, 2001)

$\text{NPP} = \text{GPP} - \text{R}$
 NPP ... primární produkce
 GPP ... hrubá primární produkce
 R ... respirace

Uhlík

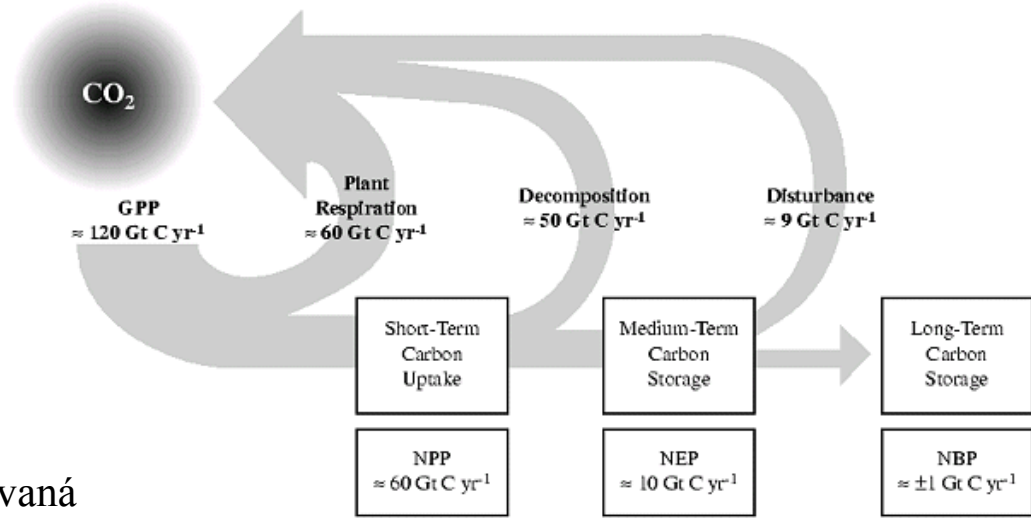
Uhlík v biomase a v litosféře

biomasa

Sloučeniny uhlíku v biomase
a v se liší dobou setrvání
v jednotlivých rezervoárech

- rozpětí doby setrvání jednotky až
tisíce let
velmi stabilní směs org. látek označovaná
jako humus
humus tvoří

- huminové kyseliny
- fulvokyseliny
- humin



GPP- hrubá primární produkce, množství uhlíku asimilované fotosyntézou
globální GPP 120 Gt C.

NPP- čistá primární produkce, $NPP = GPP - \text{respirace}$

NEP - čistá produkce ekosystému, $NEP = NPP - \text{rozpad organické hmoty}$

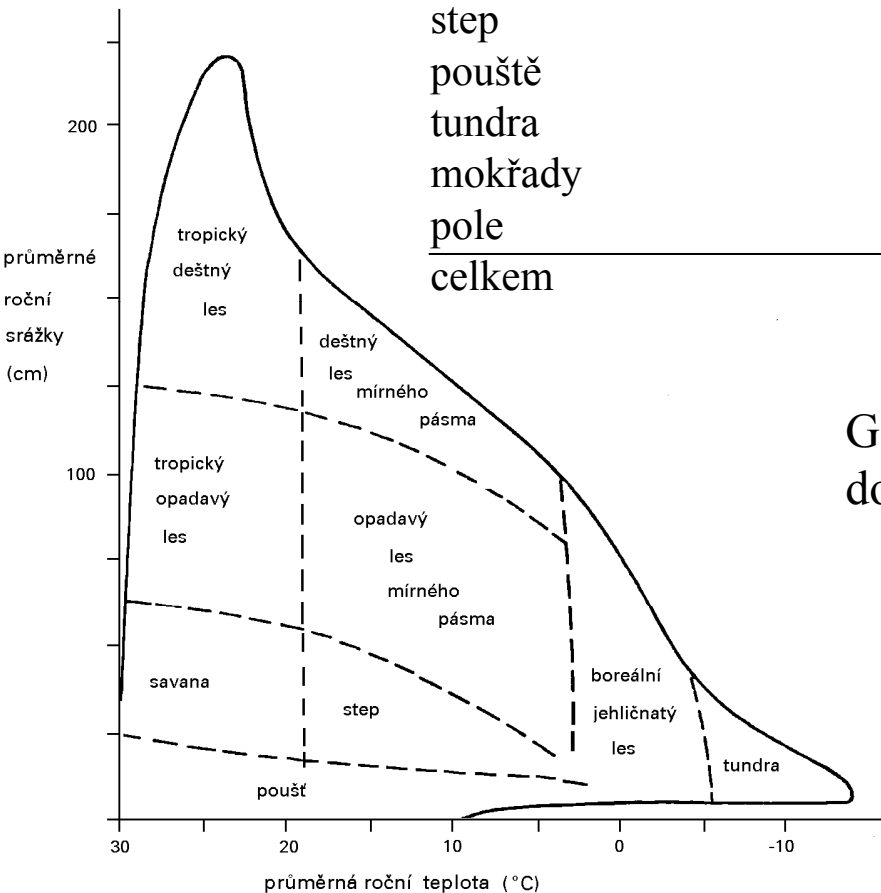
NBP - čistá produkce biomu (oblastí 100-1000 km²), $NBP = NEP - \text{těžba dříví mícení lesa, požáry atd.}$

NBP pro dekádu 1989-1998 bývá odhadováno na $0,7 \pm 1 \text{ Gt C rok}^{-1}$.

Uhlík v biomase a v litosféře

biomasa

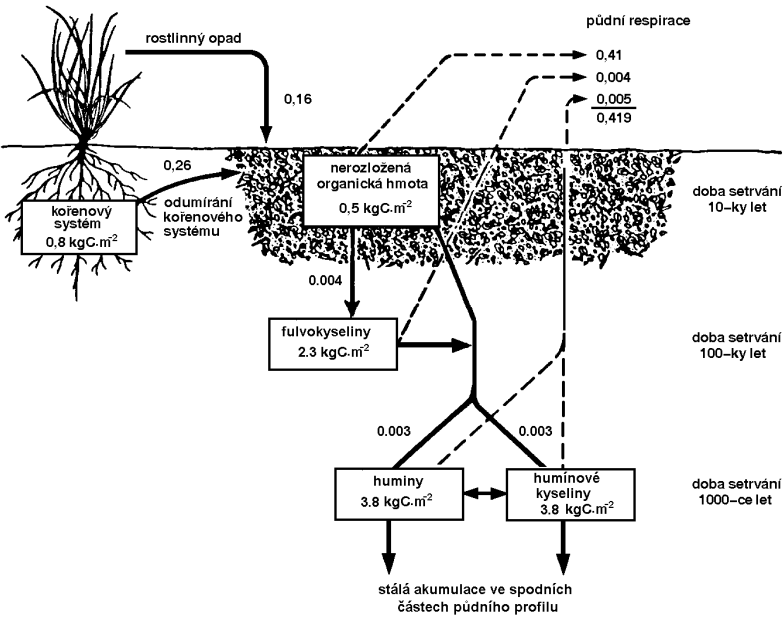
biom	rozloha 10 ⁶ km ²	vegetace	půda	celkem
tropický les	17,6	212	216	428
les mírného pásu	10,4	59	100	159
boreální les	13,7	88	471	559
savana	22,5	66	264	330
step	12,5	9	295	304
pouště	45,5	8	191	199
tundra	9,5	6	121	127
mokřady	3,5	15	225	240
pole	16	3	128	131
celkem	151,2	466	2011	2477



Globální rezervoáry uhlíku v biomase a v půdě do hloubky 1m, Gt C (IPCC, 2001)

Uhlík

Schéma transformací sloučenin uhlíku v lučném ekosystému a doba setrvání nejdůležitějších organických komponent (Schlesinger, 1977)



Uhlík v litosféře

- sedimentární horniny
- organická hmota hornin
- fosilní paliva

většinou stabilní formy, které mají malý vliv na globální cyklus

Sedimenty obsahují karbonáty, organické látky, ryzí uhlík

Uhlík

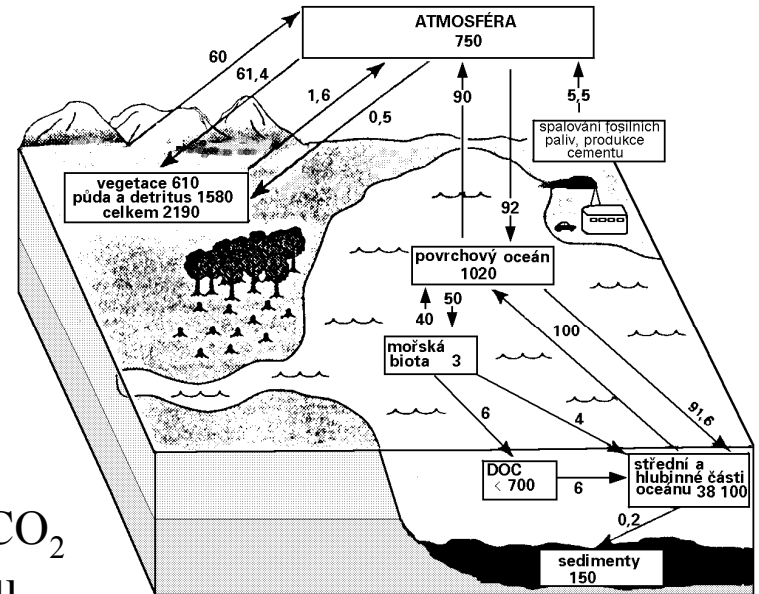
Globální cyklus uhlíku - nejdůležitější procesy:

- (i) výměna CO_2 mezi hydrosférou a atmosférou
- (ii) výměna CO_2 mezi povrchovými a hlubinnými částmi oceánů
- (iii) CO_2 uvolňovaný z antropogenních procesů
- (iv) pohlcování CO_2 asimilující biomasou

ad (i) oceán je velmi významný rezervoár, příjem CO_2 z atmosféry je omezený (zejména karb. rovnováhou a pomalým mísením povrchových a hlubinných částí

nebýt vody v kapalném stavu bylo by množství CO_2

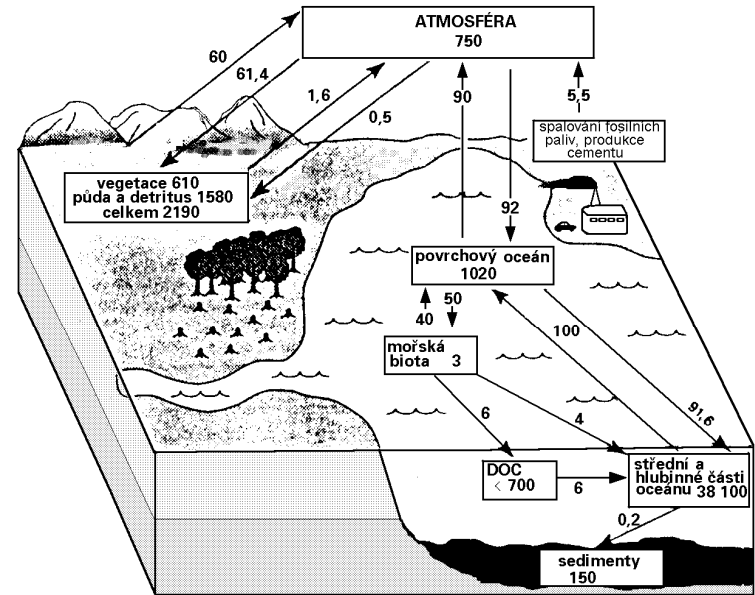
v atmosféře a jeho vliv na tepelnou bilanci mnohonásobně vyšší než v současnosti a situace by byla podobná stavu na Venuši.



Uhlík

ad (iii) - nejvýznamnější spalování fosilních paliv, produkce cementu, změny v charakteru krajiny, odlesňování, desertifikace atd.

ad (iv) hnojivý vliv vyšší koncentrace CO_2 se velmi obtížně prokazuje nicméně experimenty ukazují, že zvýšená koncentrace CO_2 může několikanásobně (2-3 krát) zvýšit asimilaci CO_2 a vázat uhlík v biomase zejména kořenových systémů, půdních mikroorganismů a mycorhizálních společenstev.



Síra

14 nejhojnější prvek v zemské kůře, její globální cyklus je nejvíce ovlivněn člověkem - antropogenní emise jsou stejného řádu jako přírodní existuje 9 běžných izotopů, 4 jsou stabilní ^{32}S - 95 %, ^{33}S - 0,76%, ^{34}S - 4,22%, ^{36}S - 0.014 %

izotopický poměr $^{32}\text{S}/^{34}\text{S}$ je důležitý indikátor frakcionačních procesů

oxidační stav	plyn	aerosol	roztok	půda	minerál	živá hmota
-II	H_2S , RSH , RSR , OCS , CS_2		H_2S , HS^- , S^{2-} , RS^-	S^{2-} , HS^- , MS	S^{2-}	methionin $\text{CH}_3\text{S}(\text{CH}_2)_2\text{CHNH}_2$ cystein $\text{HSCH}_2\text{CHNH}_2\text{COO}$ H
-I	RSSR		RSSR	SS^{2-}	FeS_2	
0	$\text{CH}_3\text{SOCH}_3^+$			S_8	S_8	
II			$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$			
IV	SO_2	$\text{SO}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$ HSO_3^-	$\text{SO}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$ HSO_3^- SO_3^{-2}	SO_3^{2-}		
VI	SO_3	H_2SO_4 HSO_4^- SO_4^{-2} MeSO_4	H_2SO_4 HSO_4^- SO_4^{-2} CH_3SO_3^-	CaSO_4	$\text{CaSO}_4\cdot 2$ H_2O MgSO_4	

Vybrané sloučeniny síry rozdělené podle mocenství a stavu

Nejběžnější sloučeniny síry jsou sulfidy, organické látky, ryzí síra, oxidy síry a sírany.

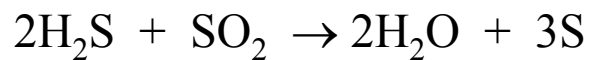
Síra

S(-II, -I) - sirovodík, sulfidy kovů a polokovů, vyskytují se všude kromě atmosférického aerosolu a aerobním prostředí vody

S(IV) SO_2 , SO_3^{2-} nestabilní formy

S (VI) SO_3 , SO_4^{2-}

řada různě mocných sloučenin může současně existovat vedle sebe např. ve vulkanických exhalacích



podobně thiosíranový iont $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ formální mocenství +II, ve skutečnosti je tento iont složen ze síry S^{2-} , SO_4^{2-}

Nejdůležitější toky probíhají atmosférou, mobilnější jsou oxidované formy síry
nejdůležitější toky

- degazace zemské kůry a pláště
- biologické procesy
- oxidace organické síry a sulfidů přirozenou cestou či spalováním fosilních paliv

Síra

1. Degazace zemské kůry a pláště (vulkanismus kontinentální, mořský H_2S , SO_2 , S)

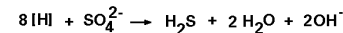
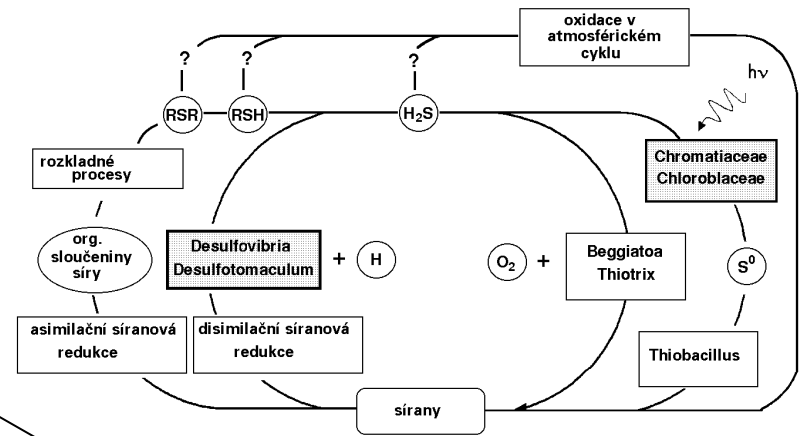
2. Biologické procesy

a) disimilační síranová redukce striktně anaerobní proces

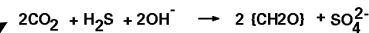
b) asimilační síranová redukce-přeměna síranů na organické sloučeniny síry (provádějí autotrofní nižší i vyšší organismy vznikají alkylované sloučeniny síry)

c) asimilační oxidace sulfidů (anaerobní fototrofní)

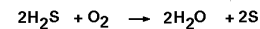
d) asimilační oxidace sulfidů (aerobní, chemoautotrofní)



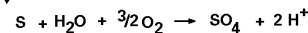
anaerobní



anaerobní fototrofní



aerobní



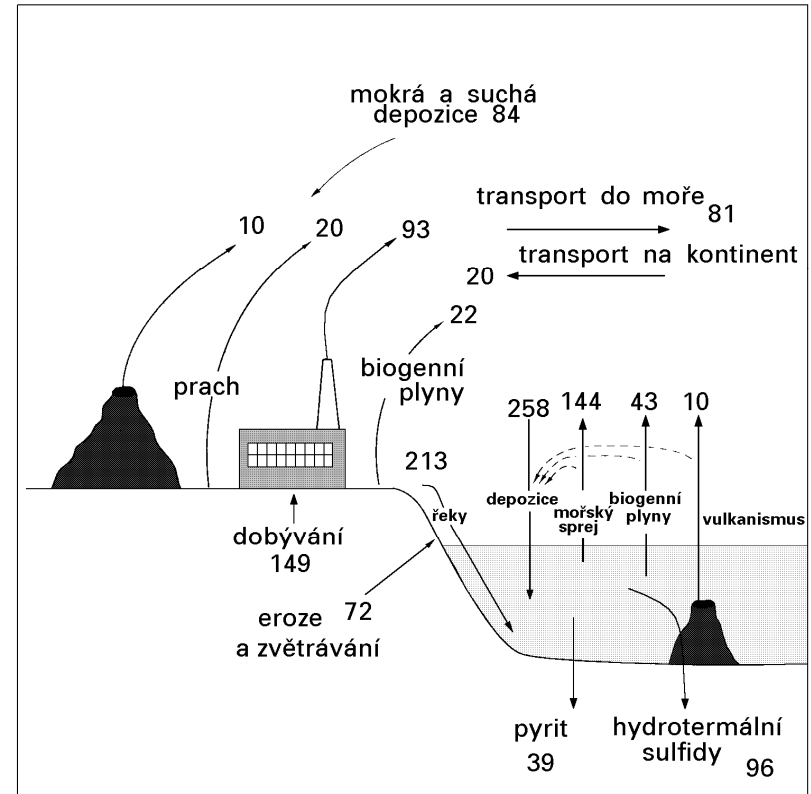
aerobní

Schéma nejdůležitějších mikrobiálních transformací sloučenin síry (Andreae a Jaschke, 1992)

Síra

3. Spalování fosilních paliv a zpracování sulfidických rud jsou největším zdrojem síry v atmosféře
- transformace SO_2 v atmosféře zahrnují
- oxidace reaktivními sloučeninami s kyslíkem
 - vznik SO_3 nebo H_2SO_4
 - vznik $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
- následuje transport
- propadem sloučenin síry je mokrá a suchá depozice
 - část SO_4 z kontinentů je odnášeno řekami

Propadem SO_4 iontů v oceánu jsou síranová redukce, sedimentace evaporitů, emise biogenních plynů se sírou, mořský sprej, interakce na středoocéánských hřbetech



Globální cyklus síry, jednotlivé toky v 10^{12} g S . rok $^{-1}$. (Brimblecombe a Lein, 1989)