

MUNI | RECETOX

# Složky prostředí – základní charakteristiky

Doc. Ing. Branislav Vrana, PhD.  
branislav.vrana@recetox.muni.cz

RECETOX  
Přírodovědecká fakulta  
Masarykova univerzita  
Brno, Česká republika

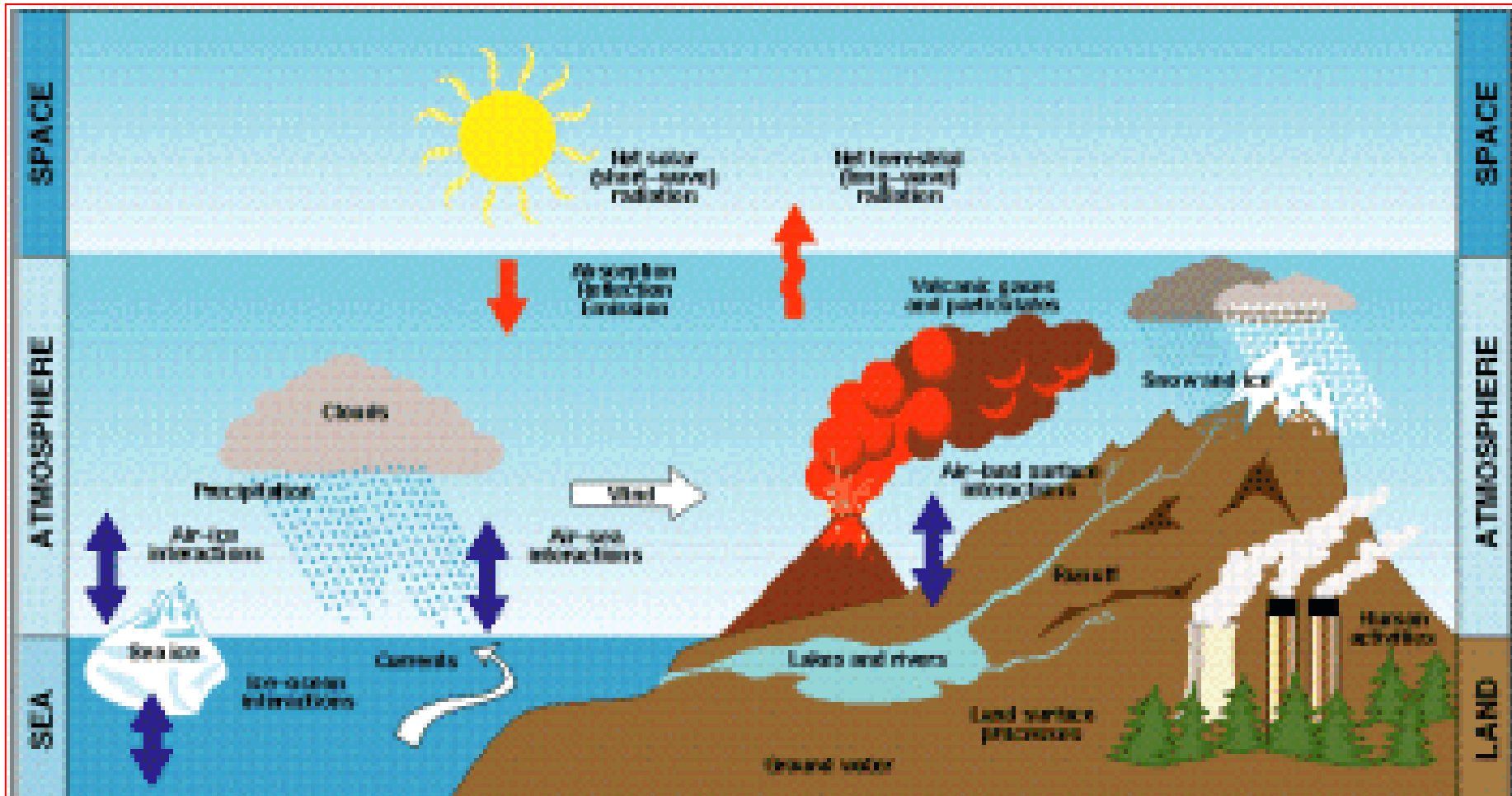


# Složky prostředí – základní charakteristika

**Složky  
prostředí,  
základní  
charakteristiky**

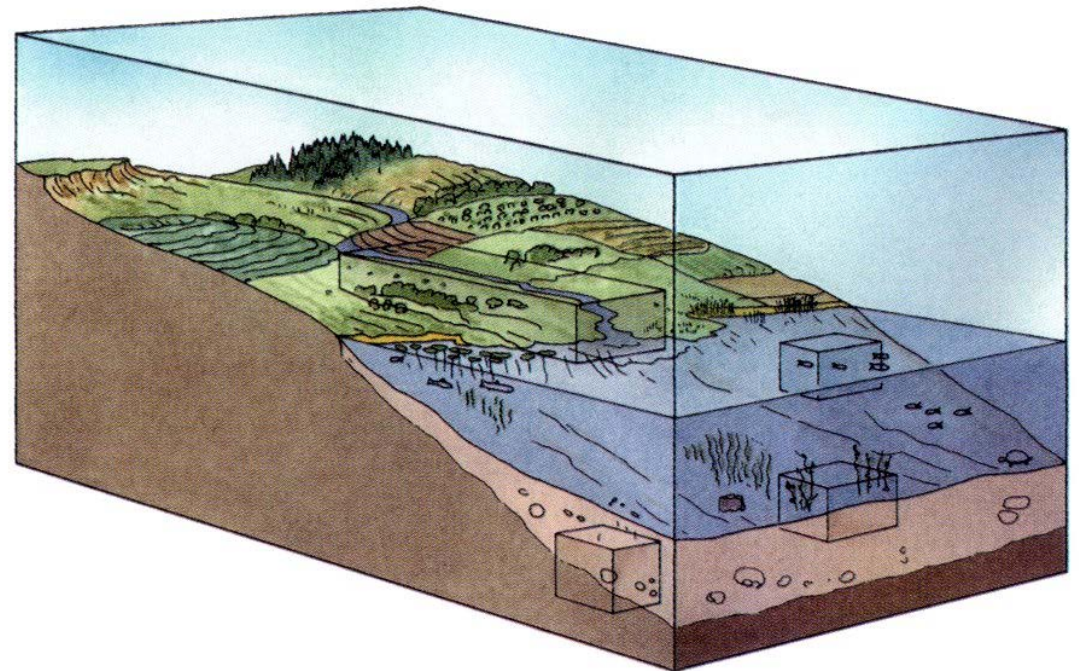
**Ekosystémy –  
definice,  
vztahy**

# Osud chemických látek v prostředí



# Koncepce systémů

- ↪ Systém je jakákoliv část Vesmíru („Všehomíru“), kterou pozorovatel vymezí (velký, malý, jednoduchý, složitý – od atomů po celý Vesmír): jezero, vzorek horniny, oceán, sopka, horský hřbet, kontinent, celá planeta; list je součástí stromu, strom je součástí lesa.
- ↪ Začínáme od malých podsystémů, pochopení jejich funkce je však možné jen v kontextu celého systému.

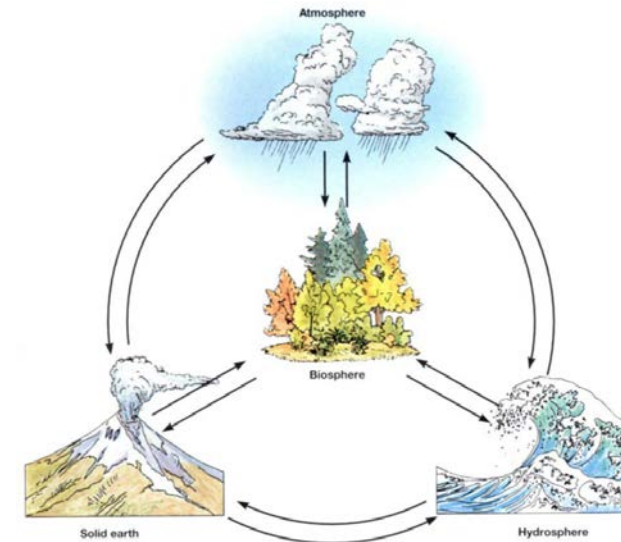


# Zemský systém

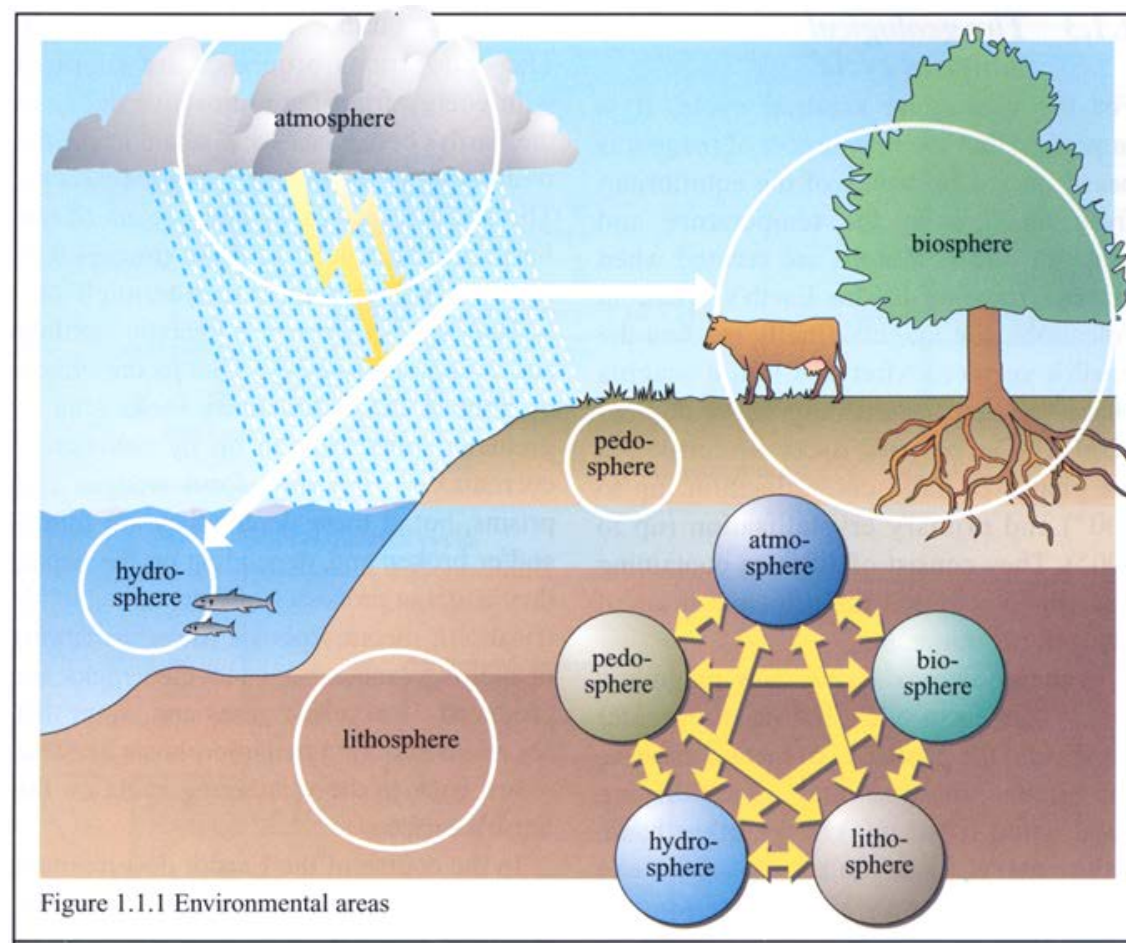
Zemský systém se skládá z menších podsystémů, které spolu intenzivně „komunikují“

- atmosféra
- hydrosféra
- biosféra
- litosféra

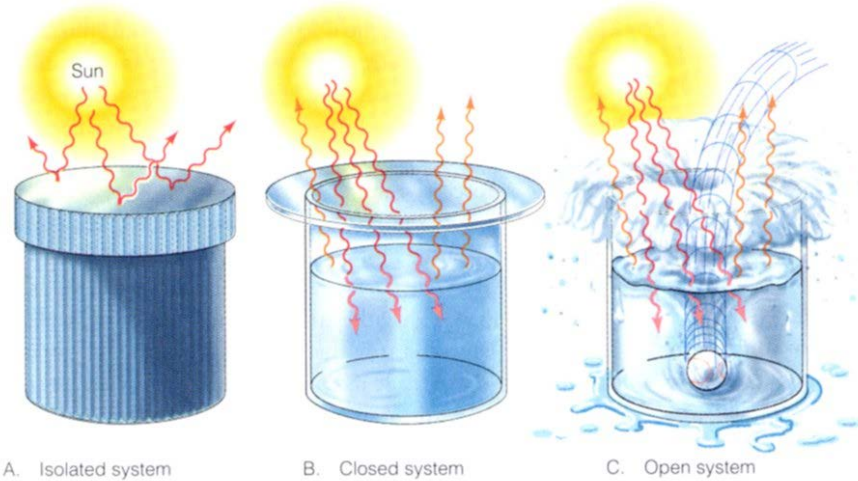
Ty mohou být rozděleny na další podsystémy – hydrosféra = oceány, ledovce, vodní toky, podzemní voda.



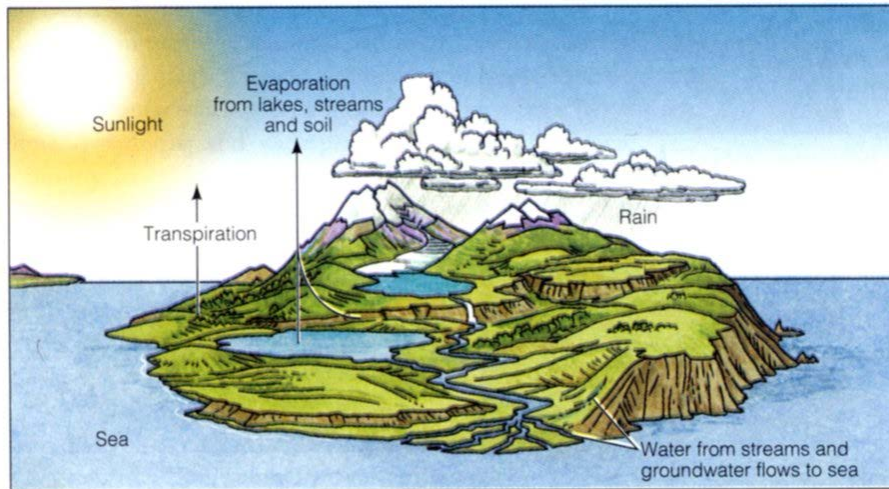
# Složky prostředí



# Systemy



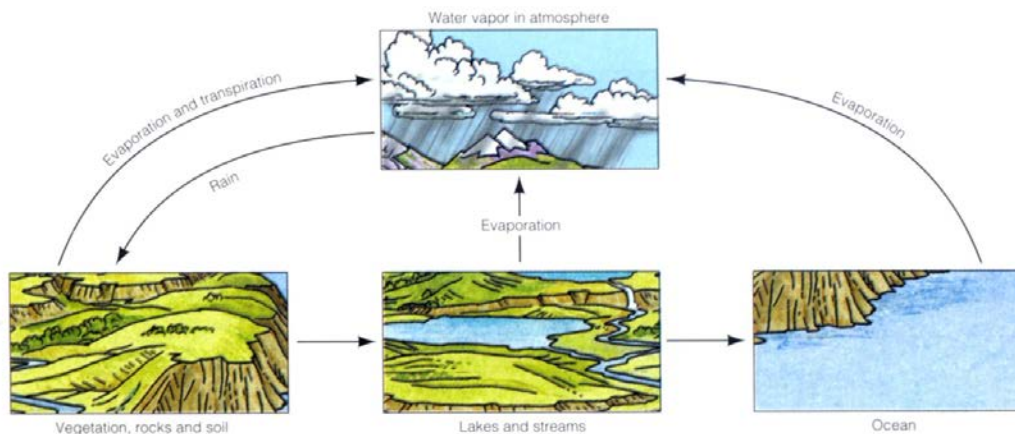
- ↔ Izolovaný
- ↔ Uzavřený
- ↔ Otevřený



- ↔ Otevřený

# „Box“ modely

**Systémy se obvykle zobrazují jako „box“ modely (snad „krabičkové“).  
Výhodou je jednoduchost a pohodlí. Ukazují:**



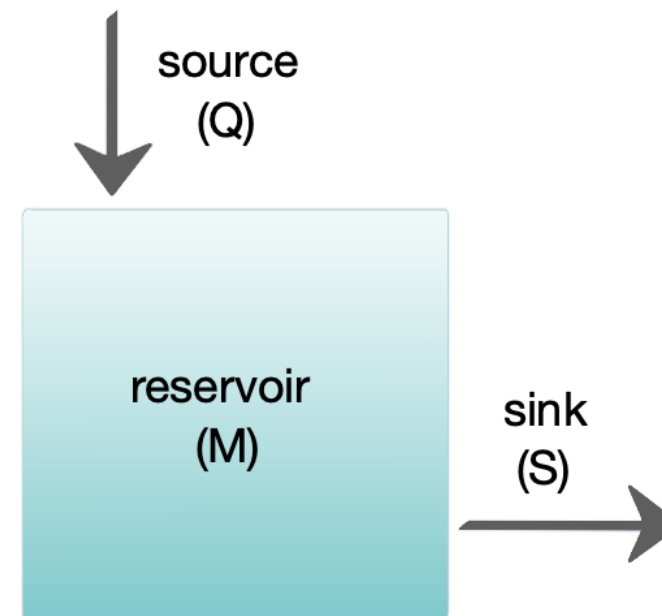
↺  
↺  
**rychlost toků hmoty a energie z a do systémů  
celkové množství hmoty a energie v systému**

**Rezervoáry, doba zdržení, vstupy, výstupy, stacionární stav.**

**Velikost rezervoáru je dána celkovou bilancí (vstupy – výstupy)**

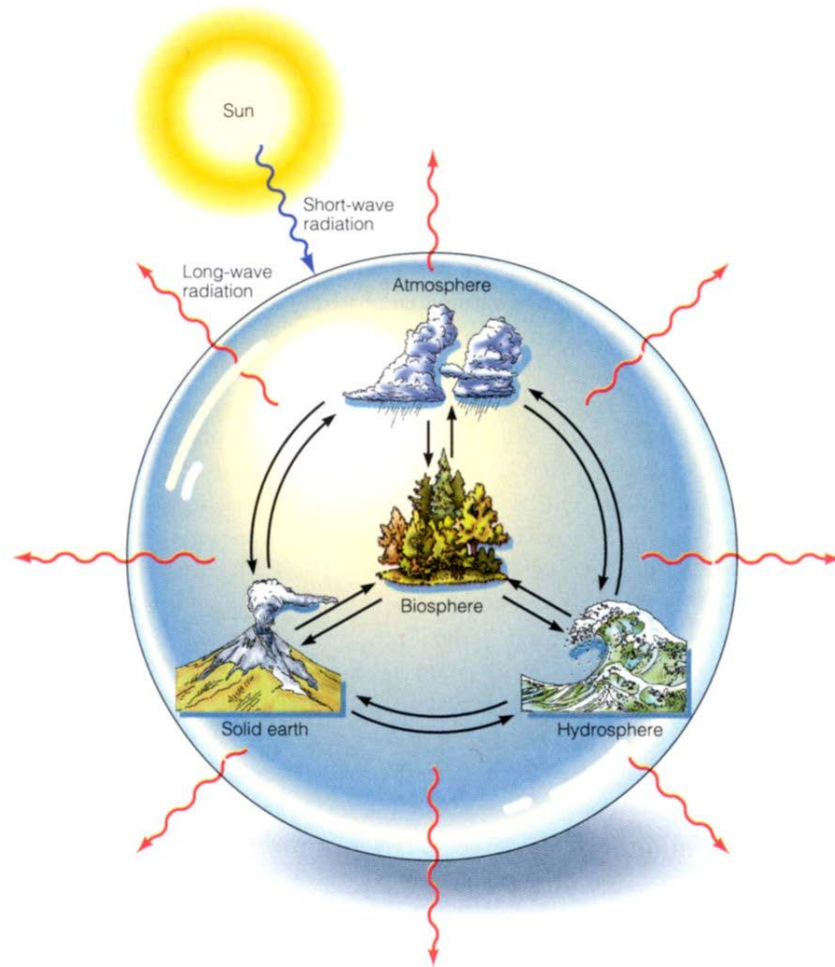
**Čím provázanější jsou podsystemy a čím jich je víc, tím vyšší stabilita (mnoho cest, jak reagovat na vnější vychylování).**

**Mnoho cyklů a cest se vzájemně překrývá.**





# Život v uzavřeném systému



↪ **množství hmoty je stálé a konečné (omezené zdroje, omezené možnosti zbavit se nepohodlných látek)**

↪ **změny v jedné části systému se projeví v ostatních částech (podsystemy jsou otevřené) – stavy jemně vybalancovaných a provázaných stacionárních stavů (řetězové přizpůsobení: vulkanická erupce v Indonésii může uvolnit tolik popela do atmosféry, že může dojít ke změně klimatu a záplavám v Jižní Americe a suchům v Kalifornii a tím ovlivnit cenu obilí v západní Africe).**

# Dynamické interakce mezi systémy

## Cyklování a recyklování

Neustálý tok hmoty mezi rezervoáry. Jak to, že...

- Je složení atmosféry konstantní ??
- Se nezvyšuje ani nesnižuje salinita oceánů ??
- Je složení hornin 2 miliardy a 2 miliony starých stejné ??

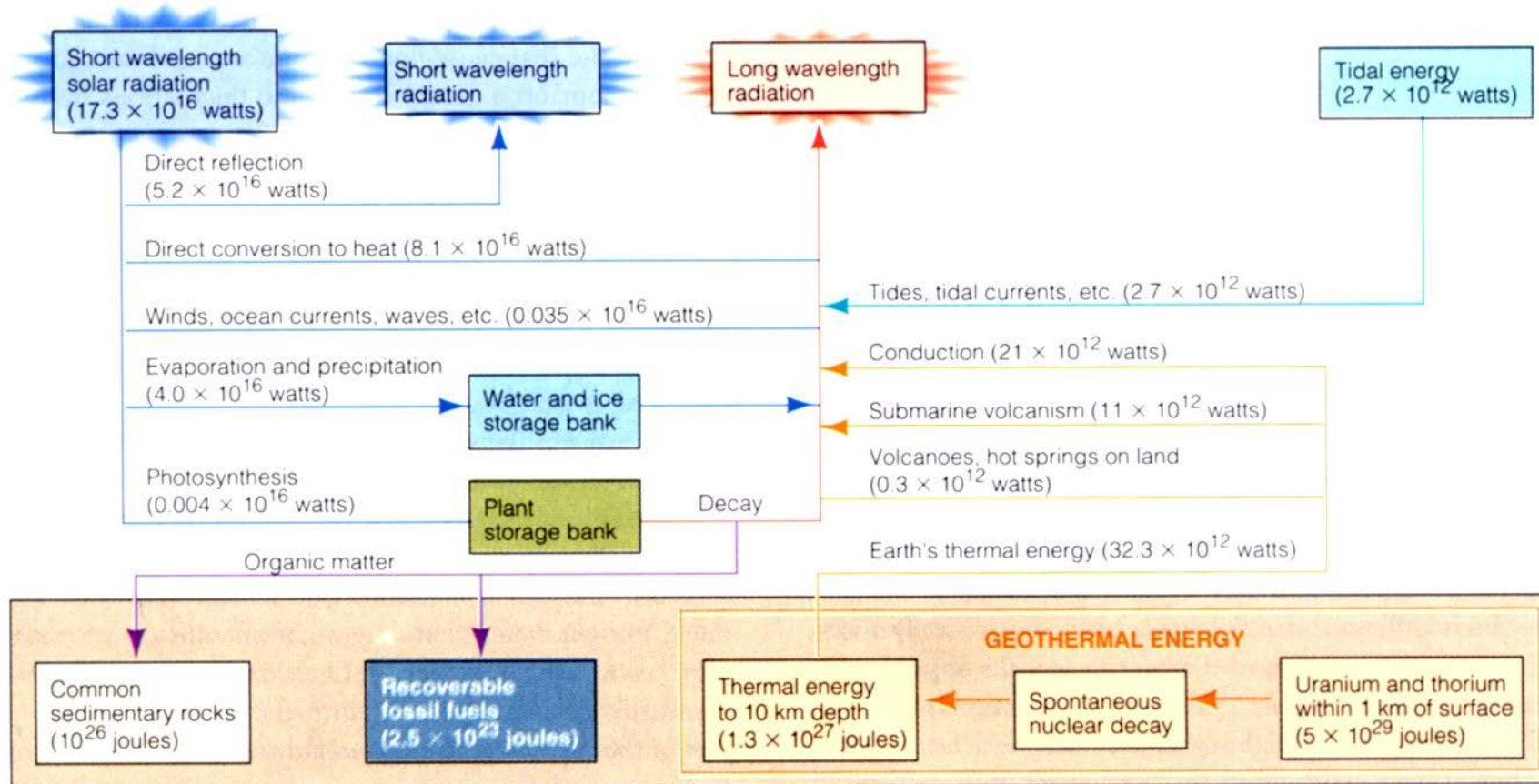
Přirozený tok hmoty na Zemi – cykly.

Hmota přechází mezi rezervoáry, různé části toků se vzájemně vyrovnávají (jsou obsaženy zpětné vazby):

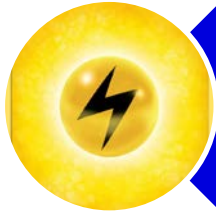
Množství hmoty, které „přiteče“ je rovno množství hmoty, které „odteče“.

# Energetický cyklus

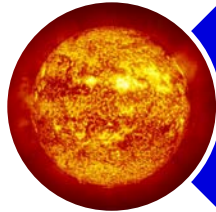
Zahrnuje externí a interní zdroje energie – pohání globální systém a všechny jeho podcykly. Celkový „rozpočet“ (příjmy a výdaje) energie je vyrovnaný. Pokud by nebyl, Země by se buď přehřívala nebo chladla až do dosažení rovnováhy.



# Energetické vstupy



**Celkový příjem: 174 000 teraW ( $174\,000 \times 10^{12}$  J/s)**  
(člověk užívá 10 teraW za rok)



**Sluneční záření: 99,986 % z celkového množství –**  
pohání vítr, déšť, oceánské proudy, vlny; fotosyntézu.



**Geotermální energie: 23 teraW (0,013 % z celkového**  
příjmu) – vulkanická činnost, horninový cyklus



**Energie přílivu: 3 teraW (0,002 % z celkového příjmu)**  
– rotace Země a gravitační přitažlivost Měsíce; pohyb  
vodní hmoty vůči horninám působí jako „brzda“  
zemské rotace

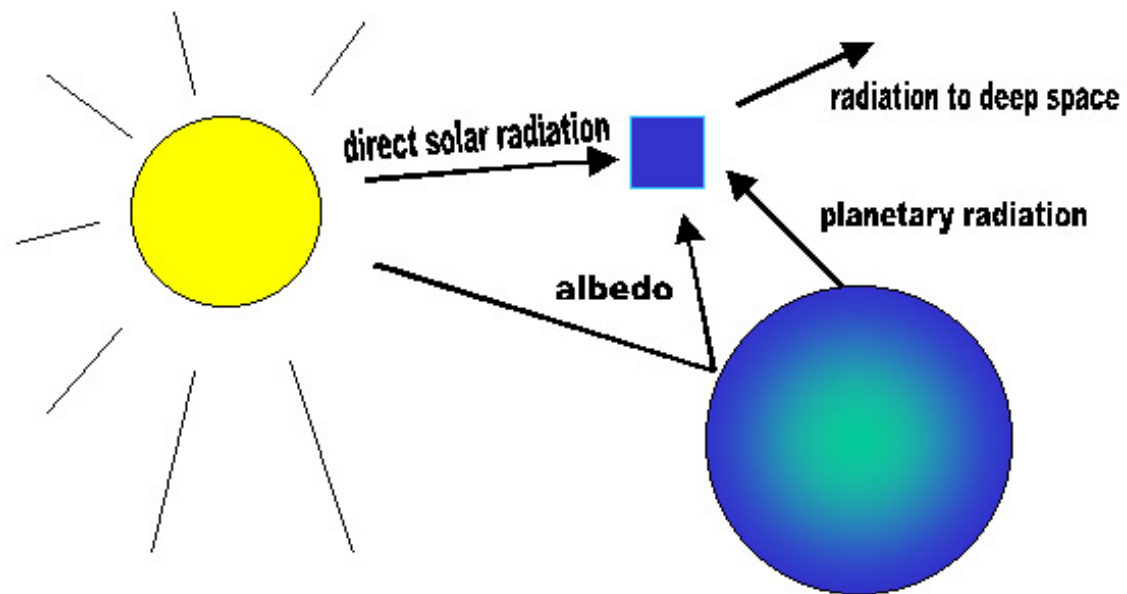
# Energetické výstupy



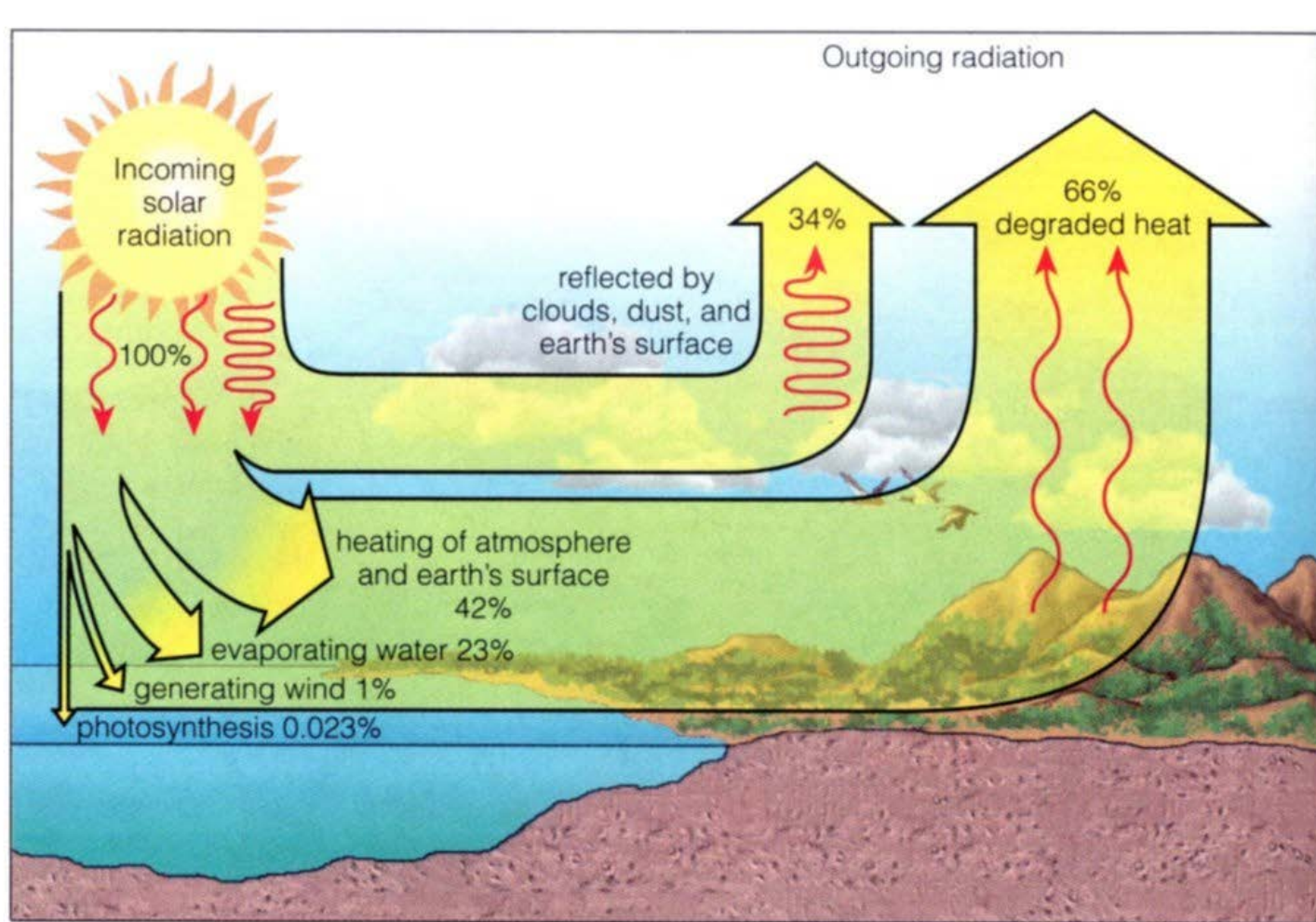
Odraz kolem 40 %  
slunečního záření je  
nezměněno odraženo zpět  
(albedo)



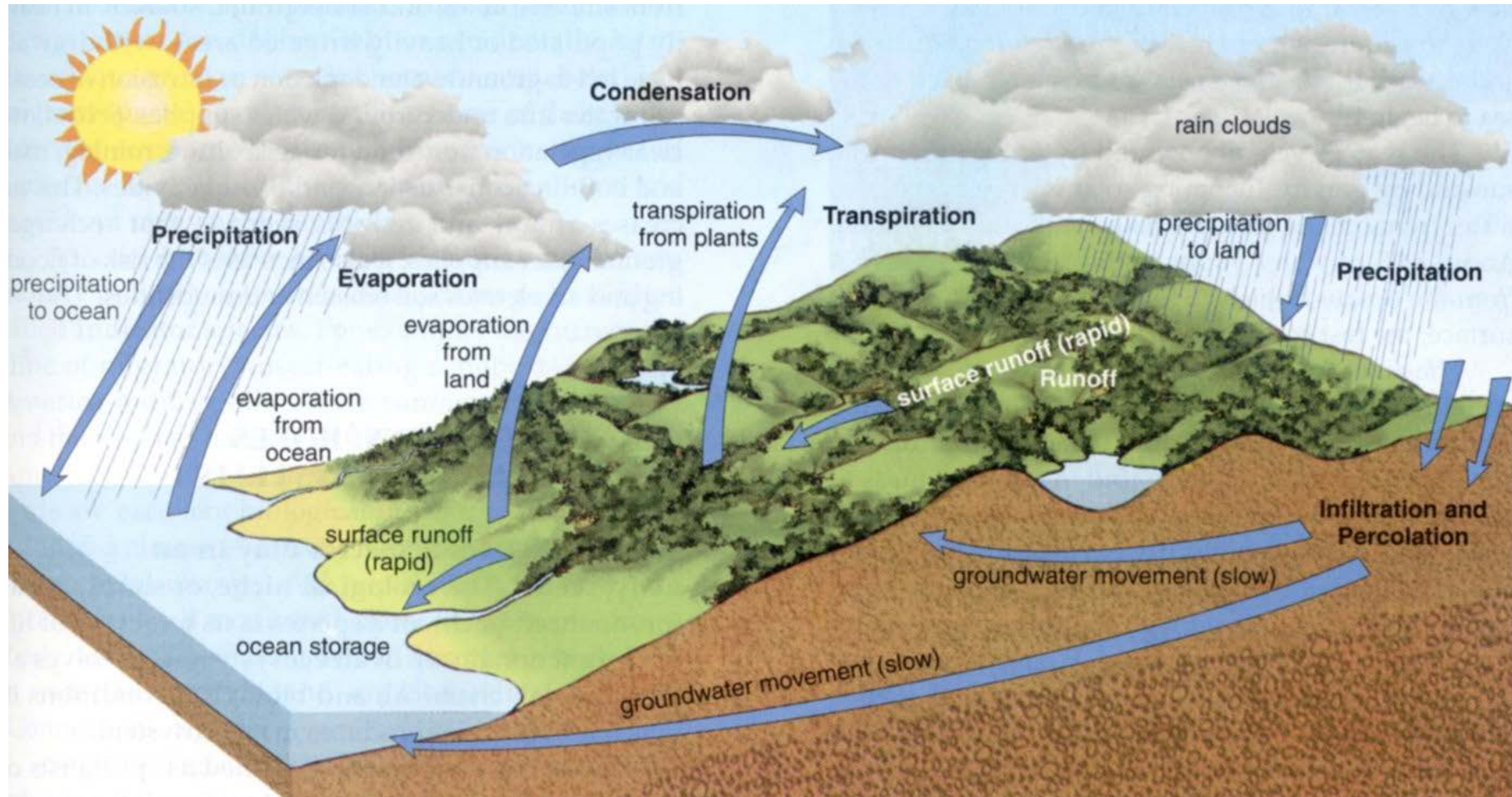
Degradace a znovuvyzáření  
60 % slunečního záření  
absorbováno, přechází  
nevratně z jednoho  
rezervoáru do druhého až  
skončí jako teplo, které je  
opět vyzářeno  
v dlouhovlnné  
(infračervené) oblasti.



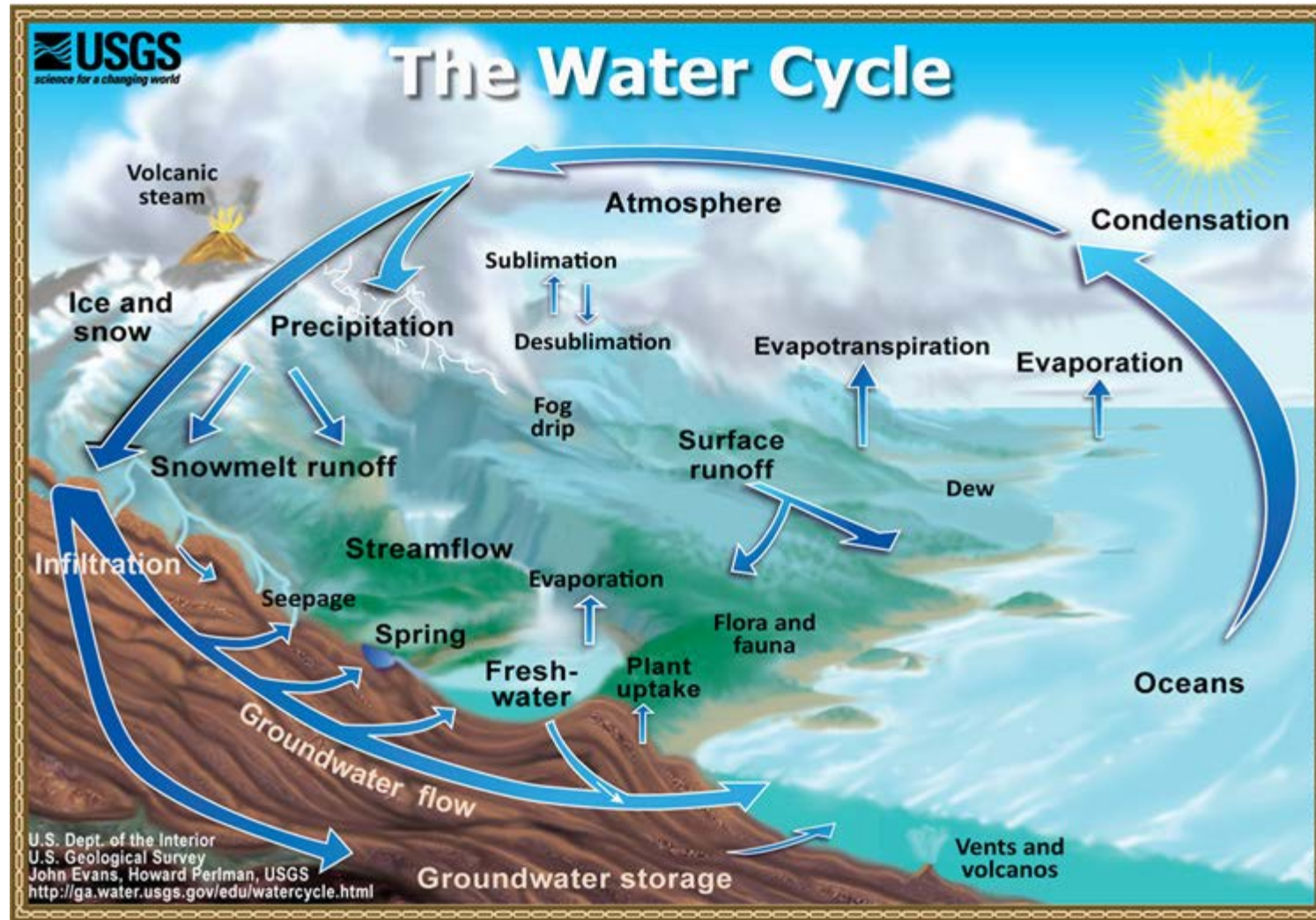
# Energetický cyklus



# Hydrologický cyklus



# Hydrologický cyklus





# Hydrologický cyklus

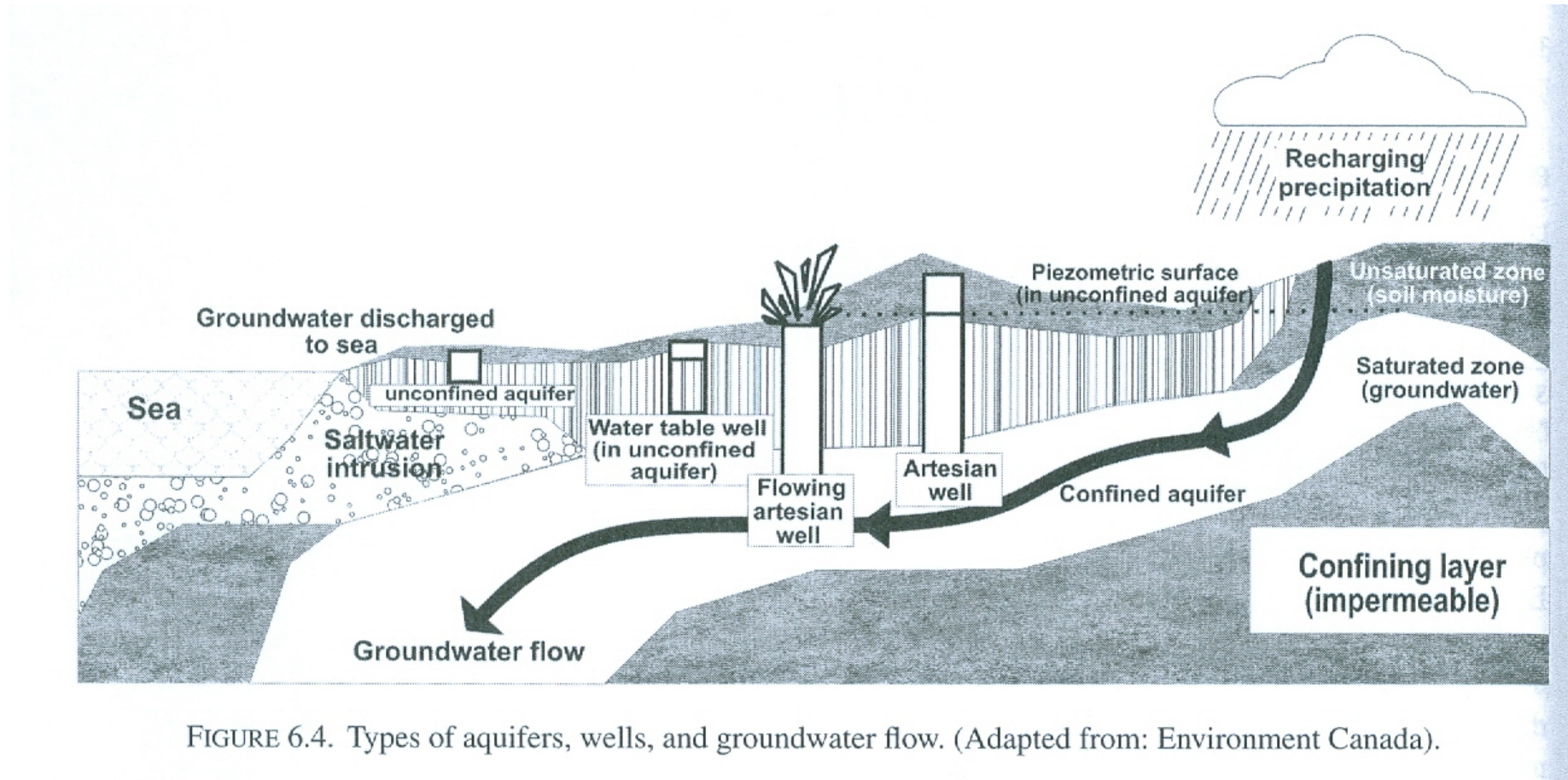
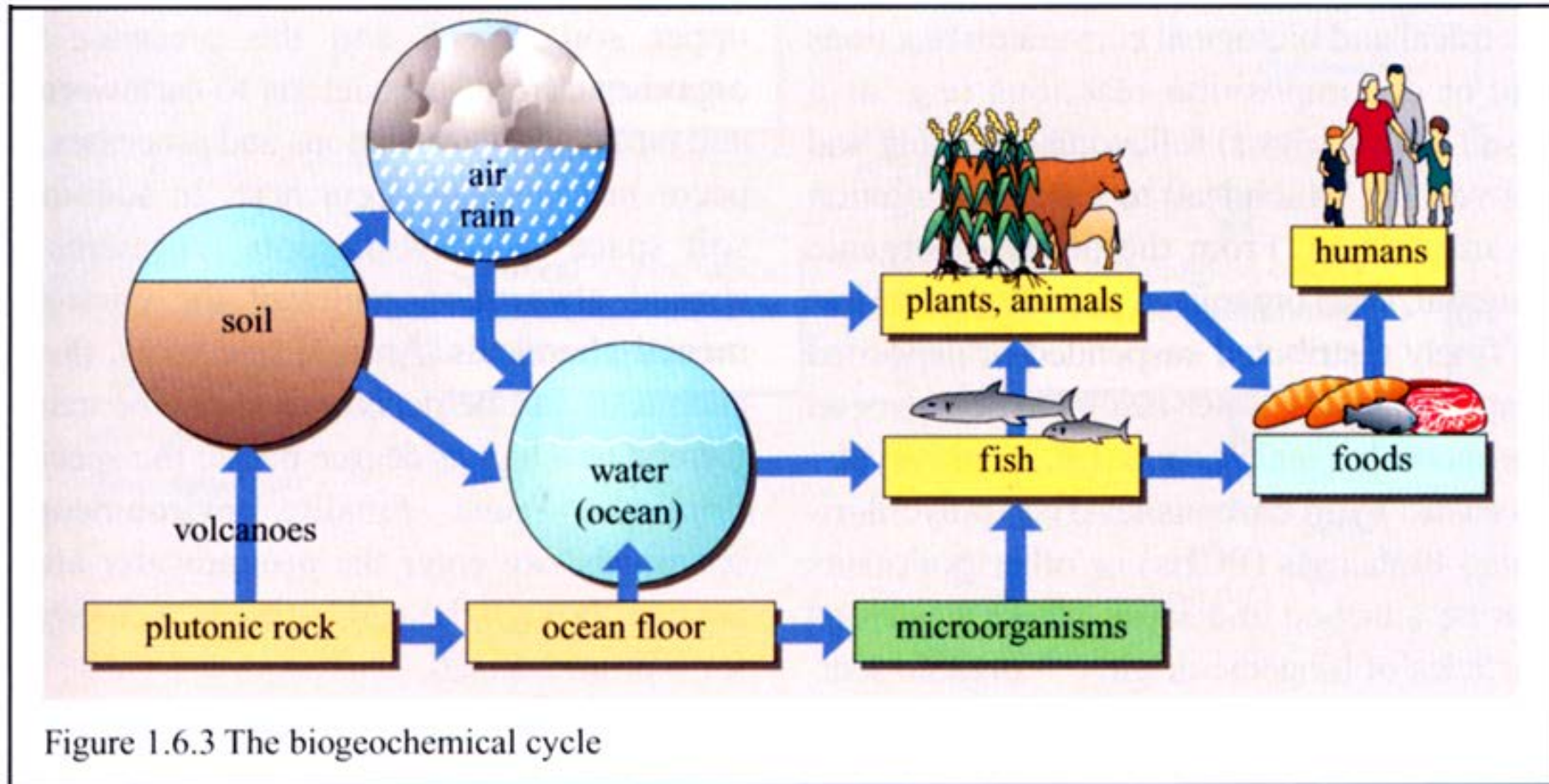
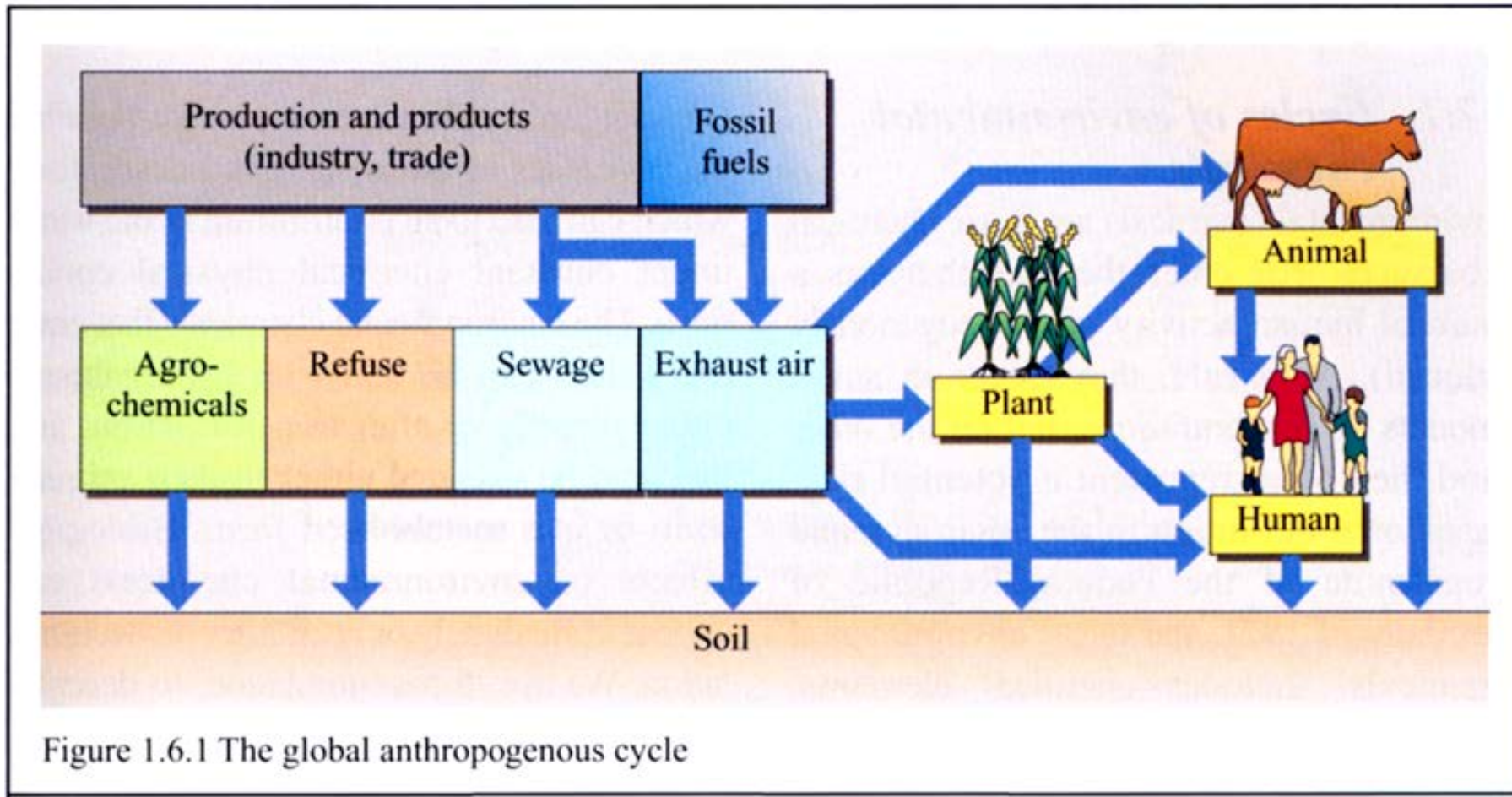


FIGURE 6.4. Types of aquifers, wells, and groundwater flow. (Adapted from: Environment Canada).

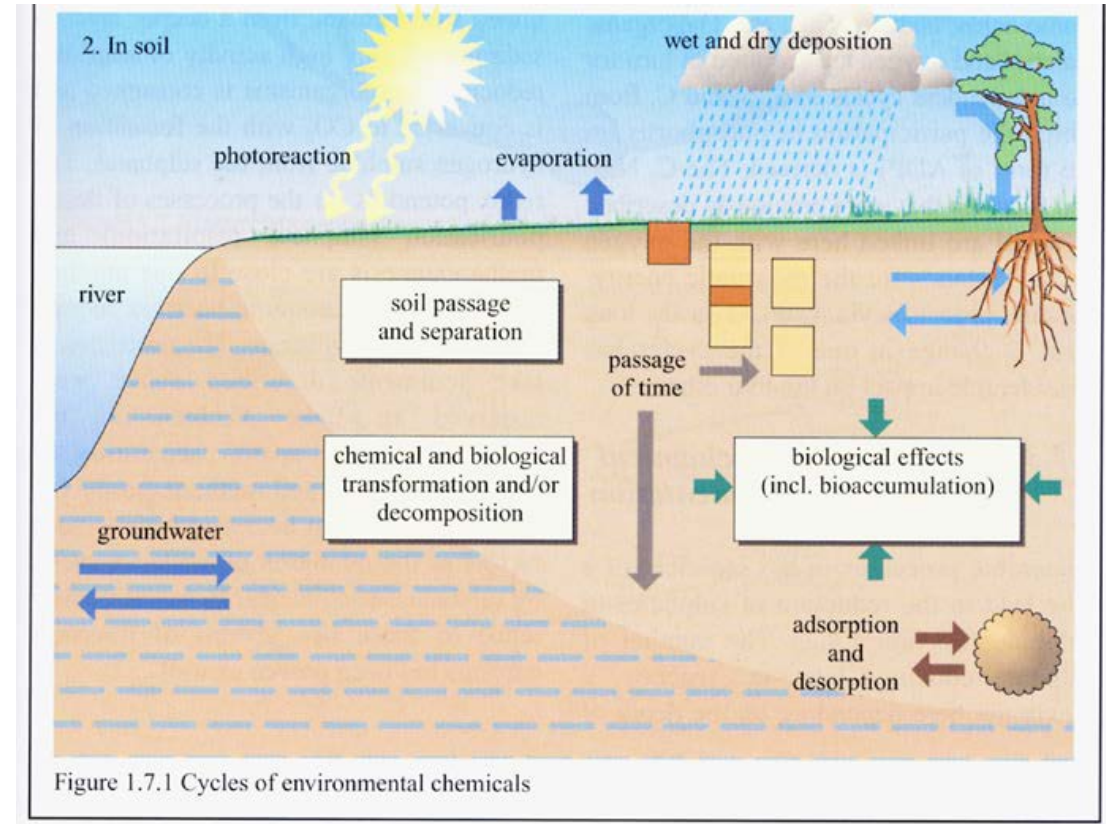
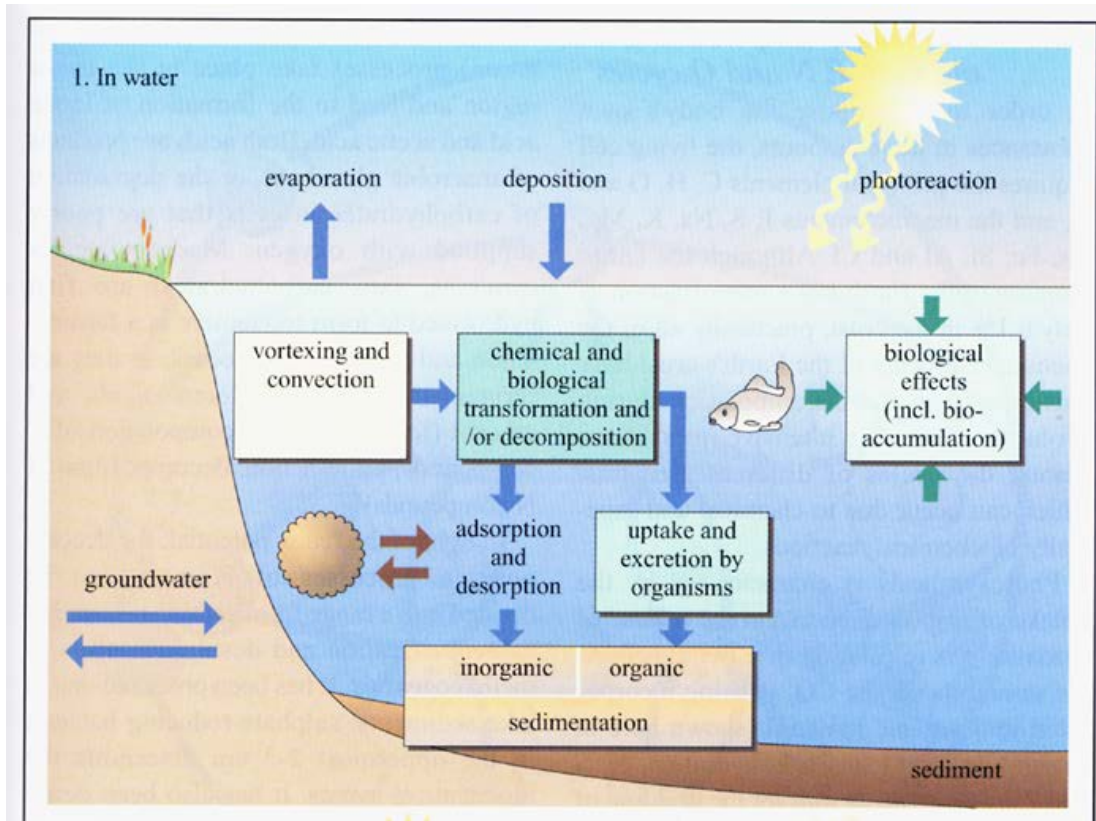
# Biogeochemický cyklus



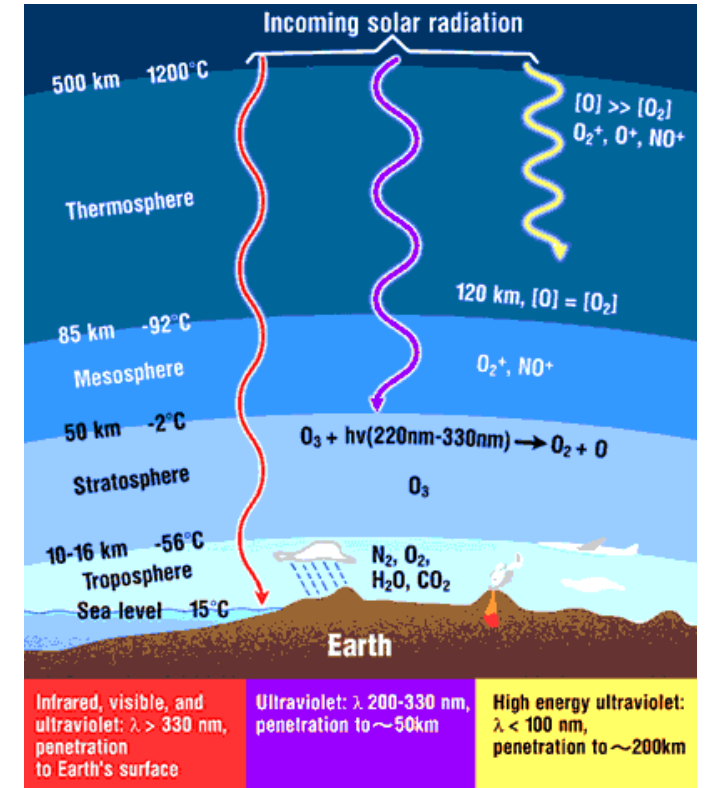
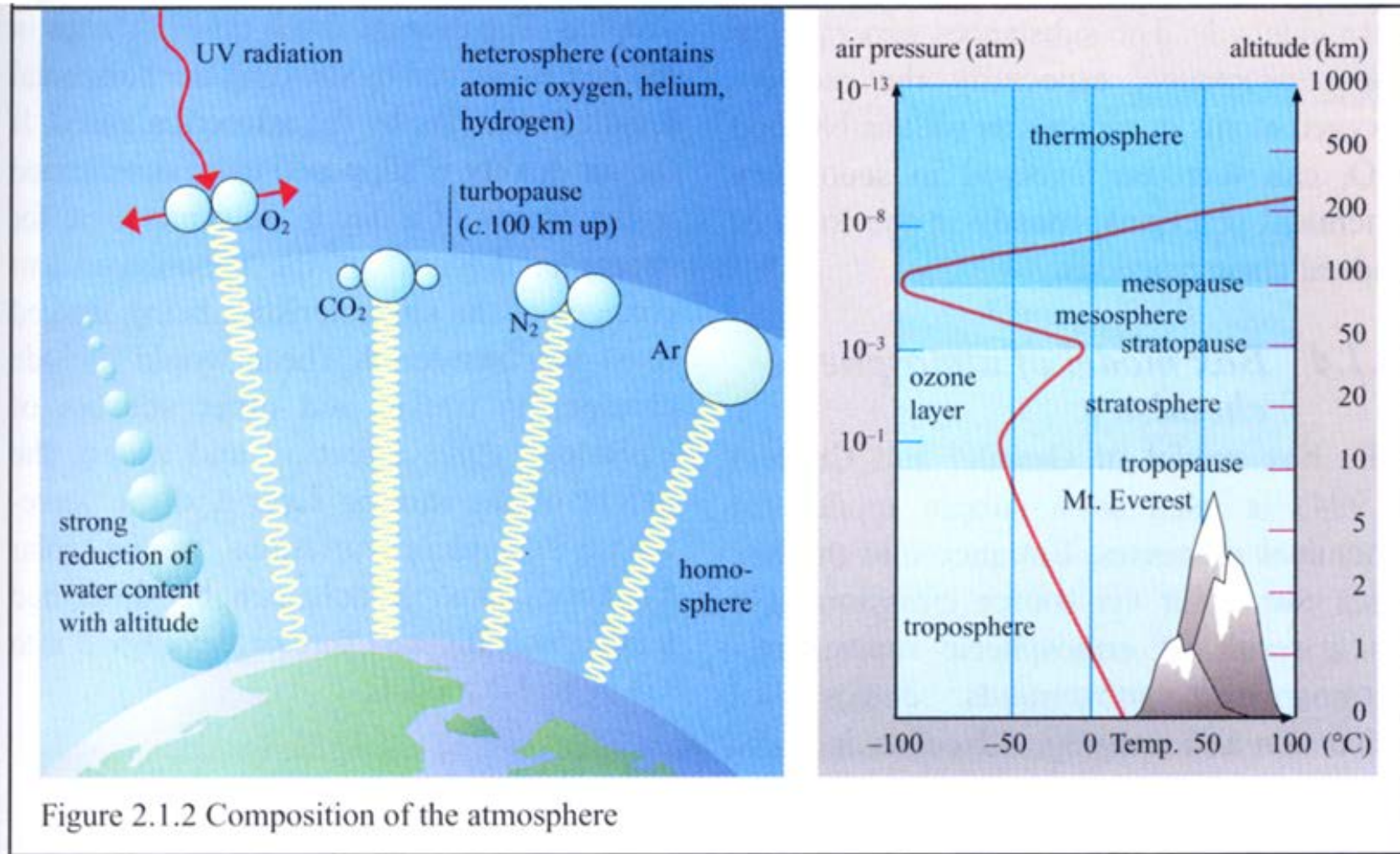
# Globální antropogenní cyklus



# Cyklus látek v prostředí



# Ovzduší - atmosféra



# Otevřený oceán

Atmosférická směšná vrstva (e.g., 200-1000 m)

Koncentrace plynná fáze

Výměna plynů

Atmosférická hmota a srážky

Suchá a mokrá depozice

Mořský sprej

Směšná vrstva na povrchu oceánu (e.g., 50-100 m)

Rozpuštěná fáze

C re-cycling

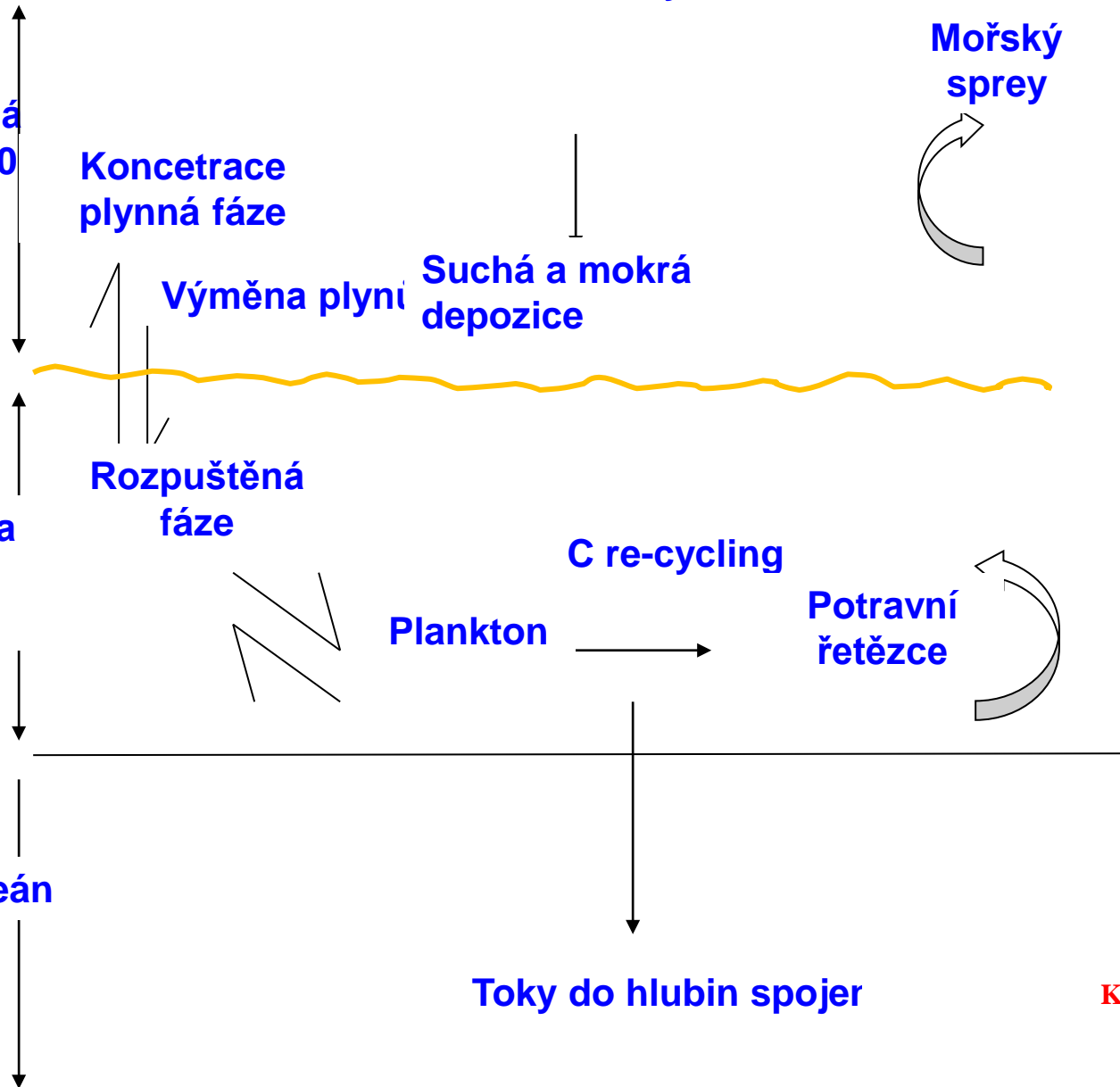
Plankton

Potravní řetězce

Hluboký oceán

Toky do hlubin spojer

K. C. Jones



# Geochemický cyklus

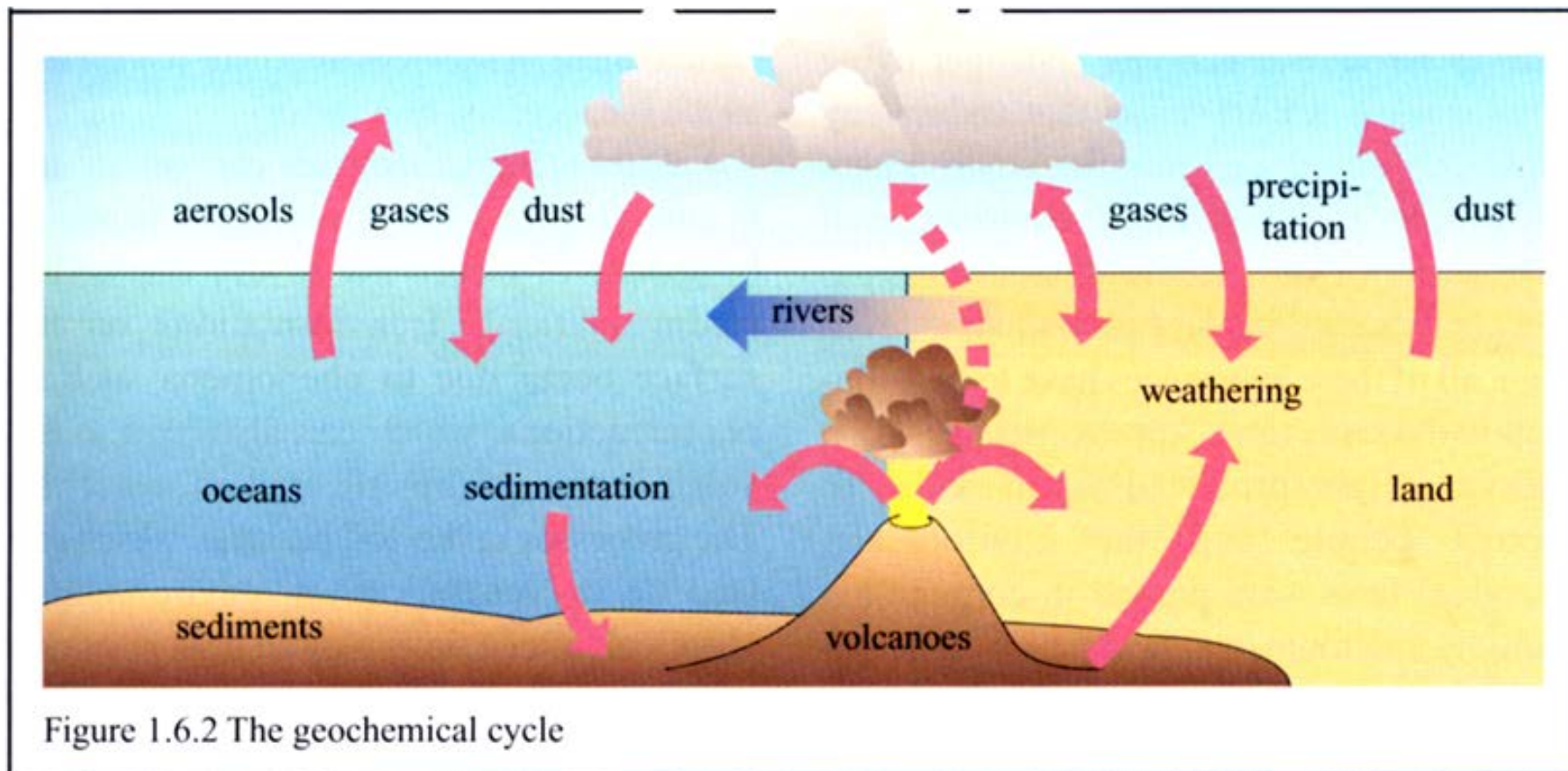
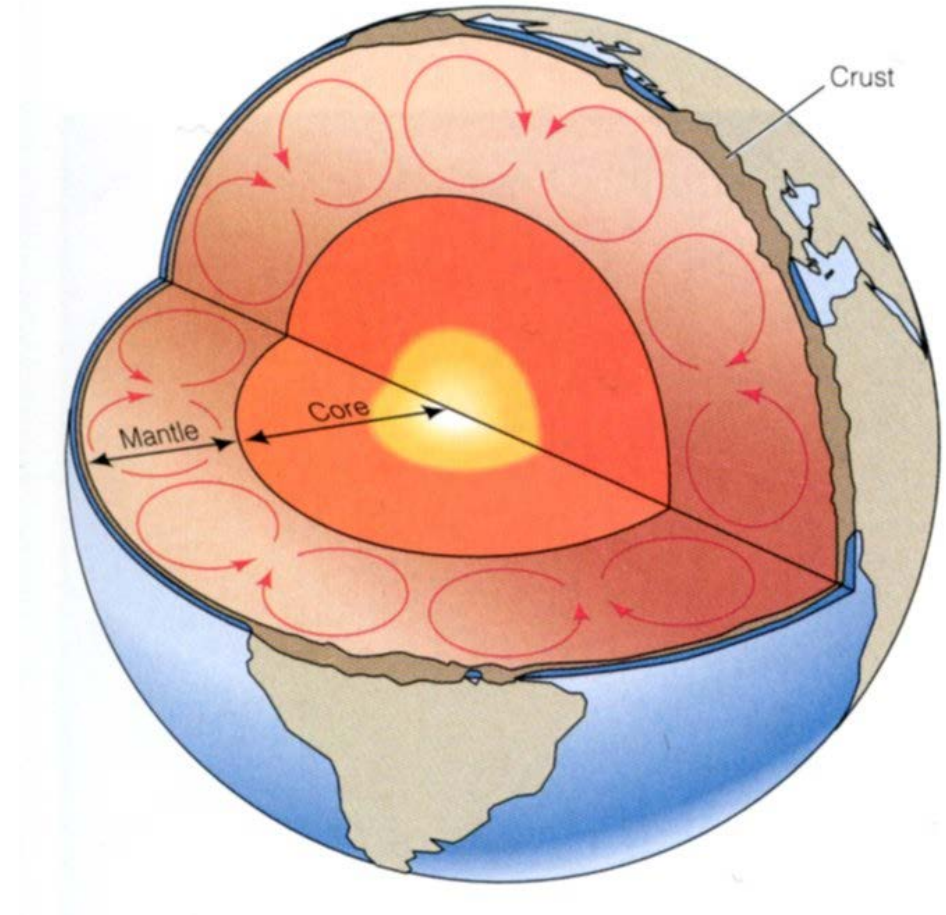


Figure 1.6.2 The geochemical cycle

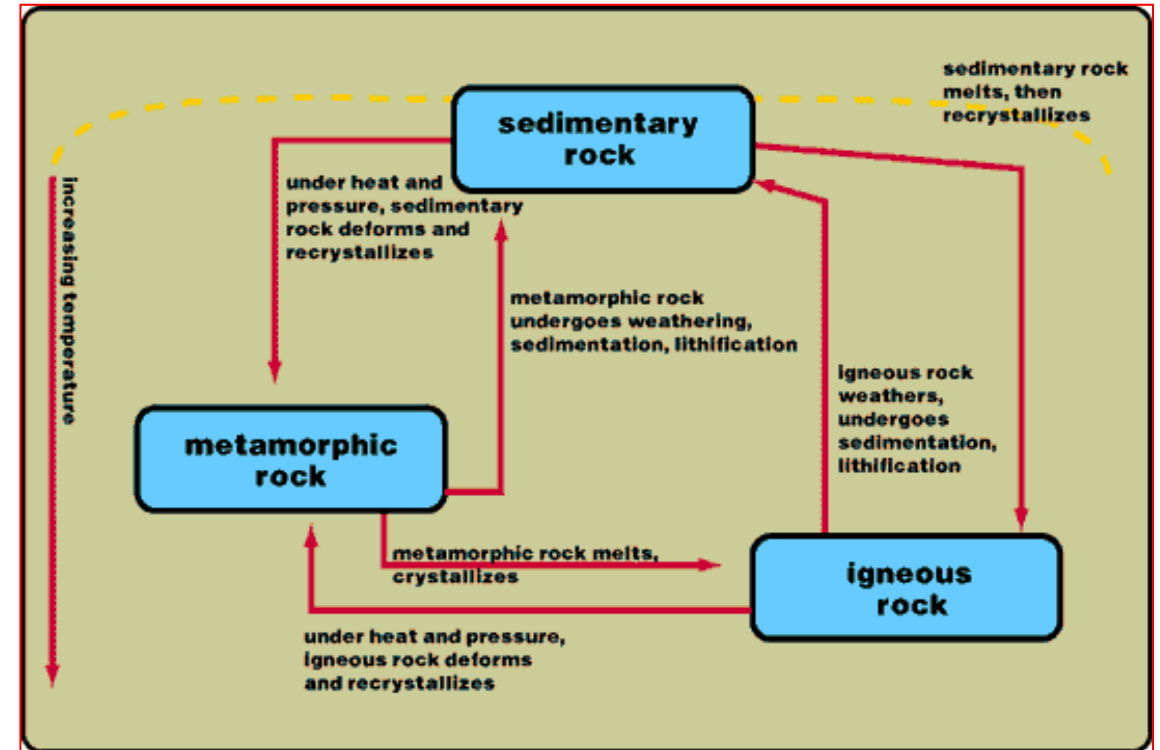
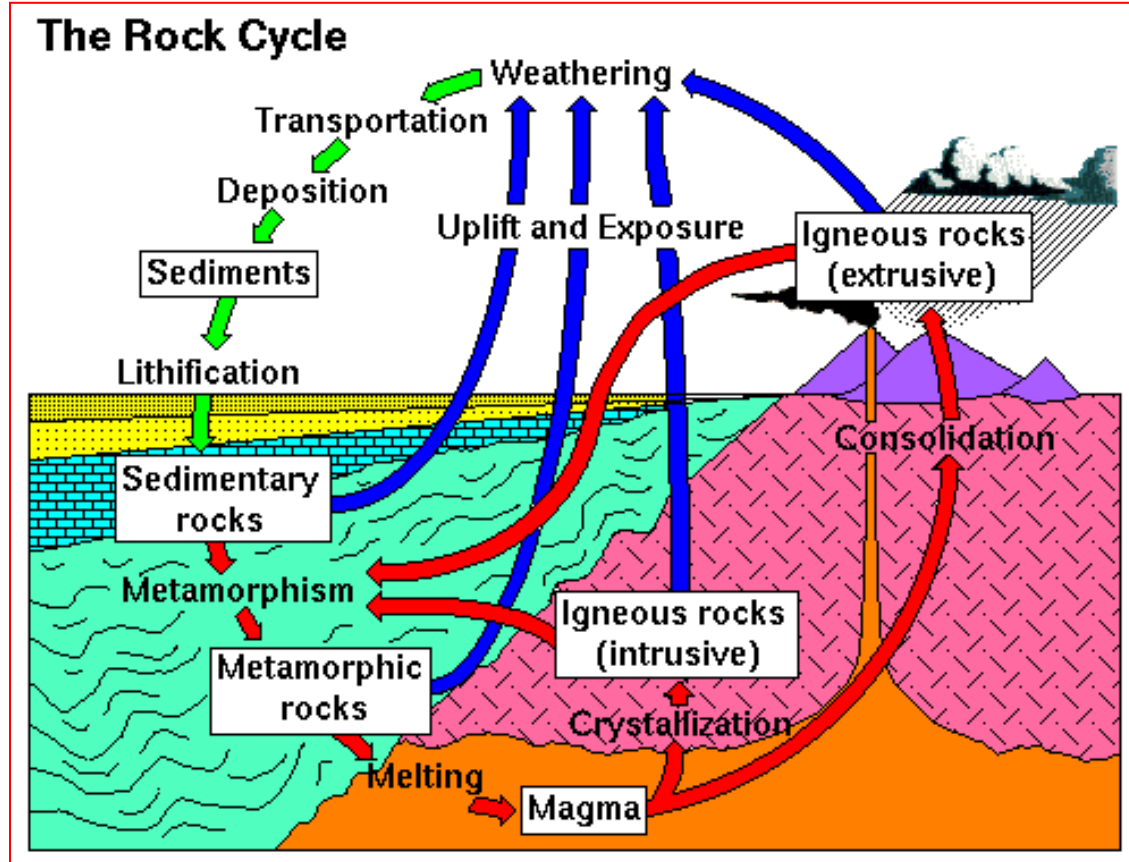
# Geosféry a horninový cyklus

- ↻ **Geosféry**
- ↻ **Zvětrávání a půdy**
- ↻ **Ztráta půdy**

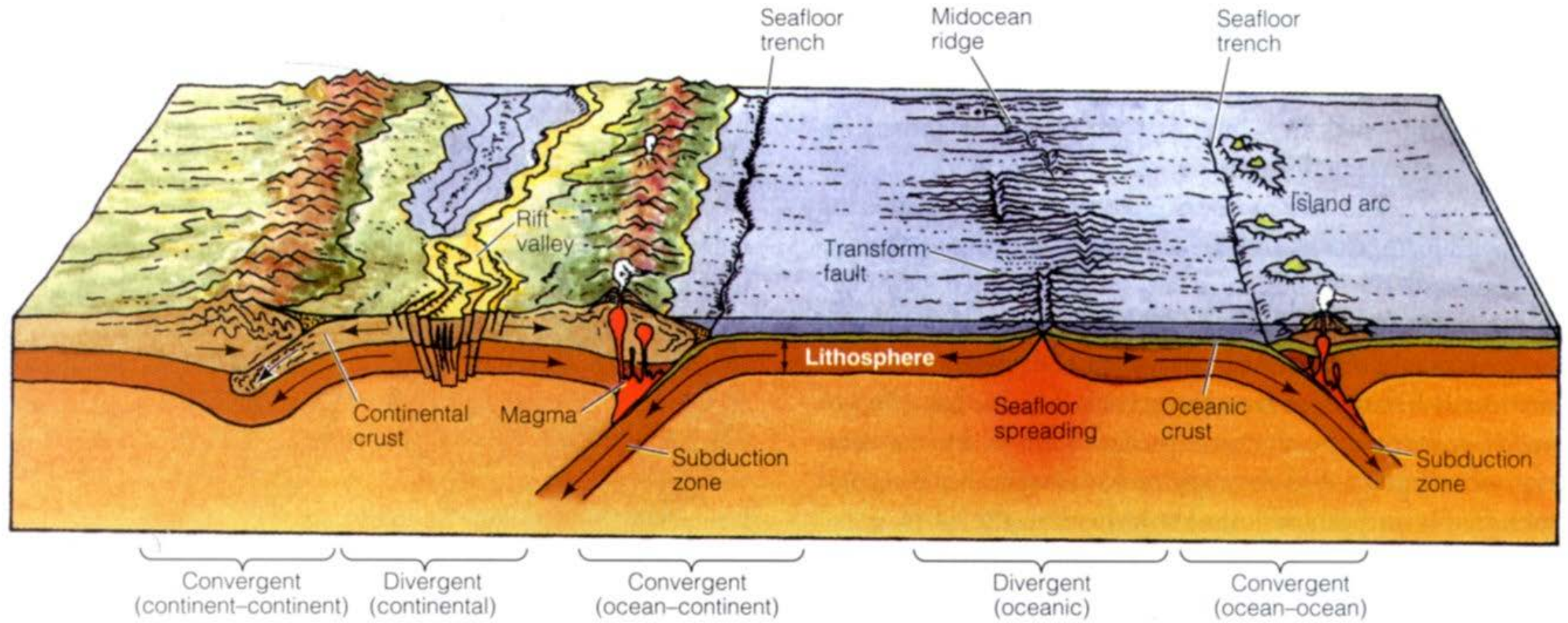




# Geosféry a horninový cyklus



# Geosféry a horninový cyklus



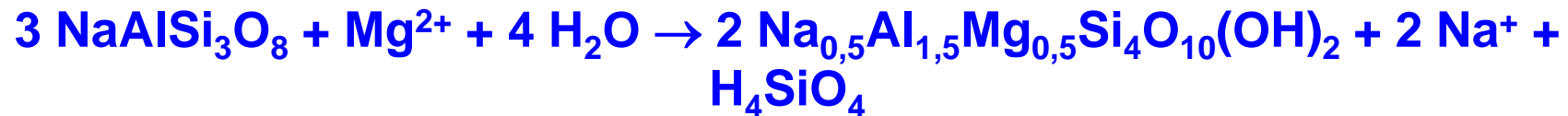
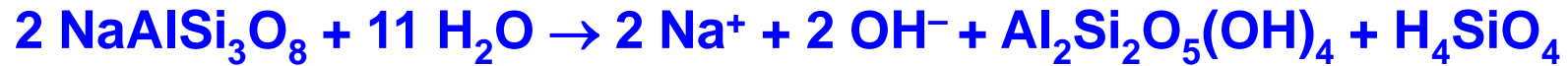
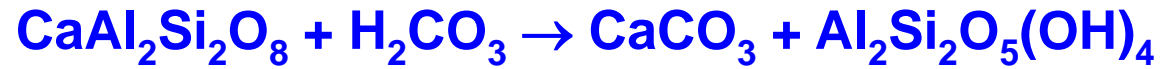
# Zvětrávání



Chemická a fyzikální degradace hornin na relativně jemné částice (půdy a sedimenty) a rozpuštěné látky, klíčový prvek exogenního geochemického cyklu

- ↪ salinita oceánů
- ↪ výživa pro biotu
- ↪ rudy
- ↪ transformace povrchu
- ↪ spotřeba  $H^+$
- ↪ spotřeba  $CO_2$

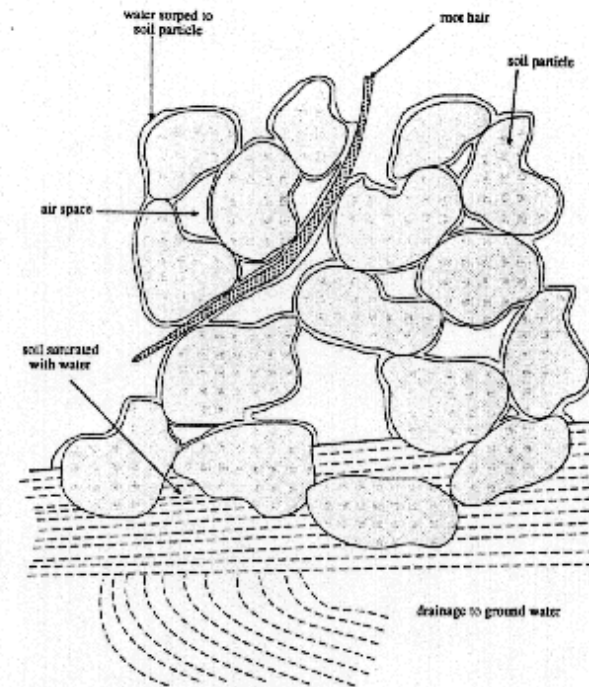
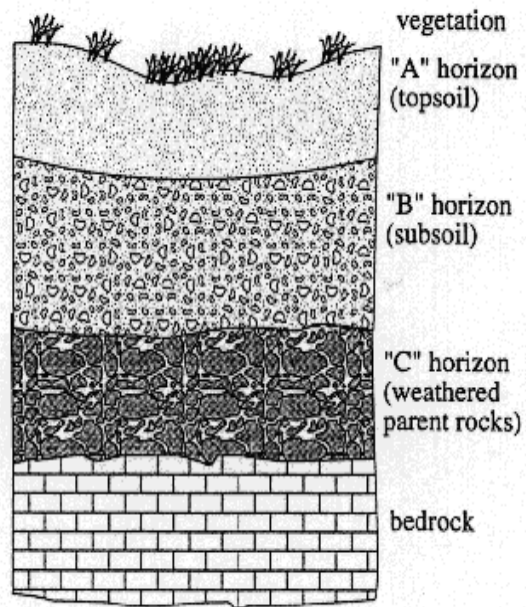
# Zvětrávání



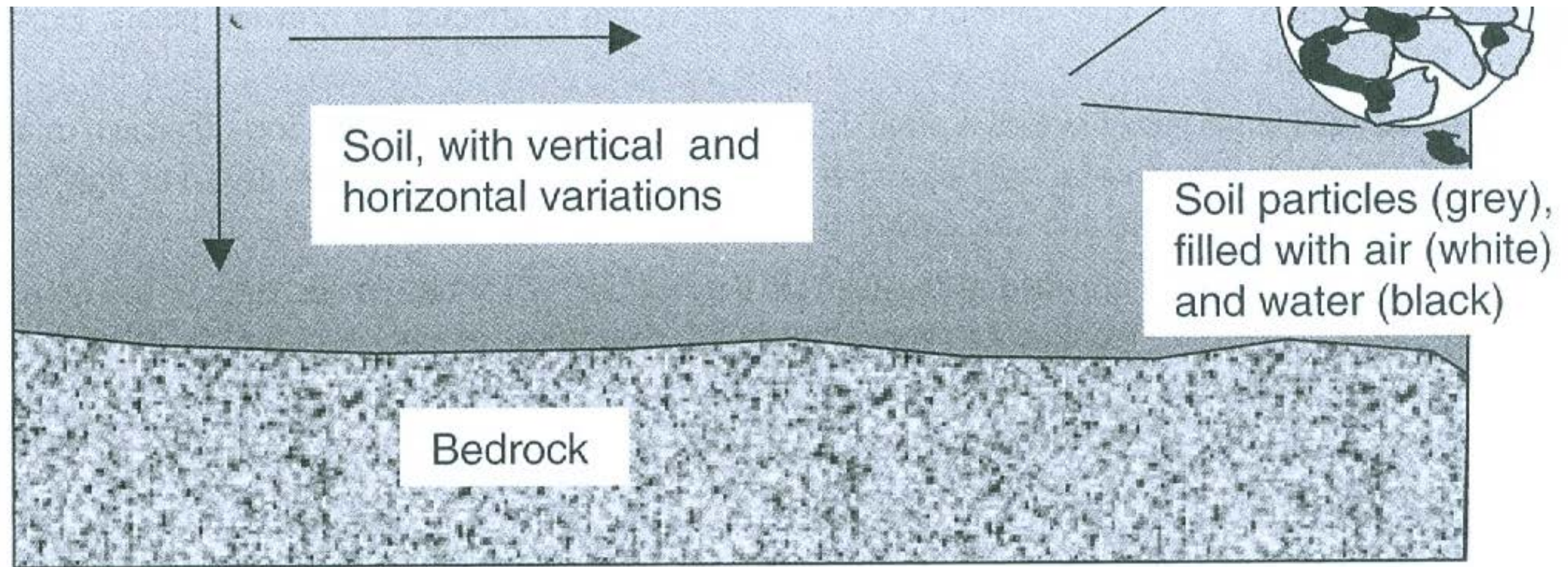
mnohotvárnost reakcí proti vysokoteplotním procesům

# Půda

- ↗ směs produktů zvětrávání, organických látek a zbytků původních hornin a vody
- ↗ typická půda 5 % organických látek, 95 % anorganických
- ↗ posloupnost vrstev (půdní profil); složení je závislé na klimatu (T, srážky atd.), vegetaci, času, podložní hornině

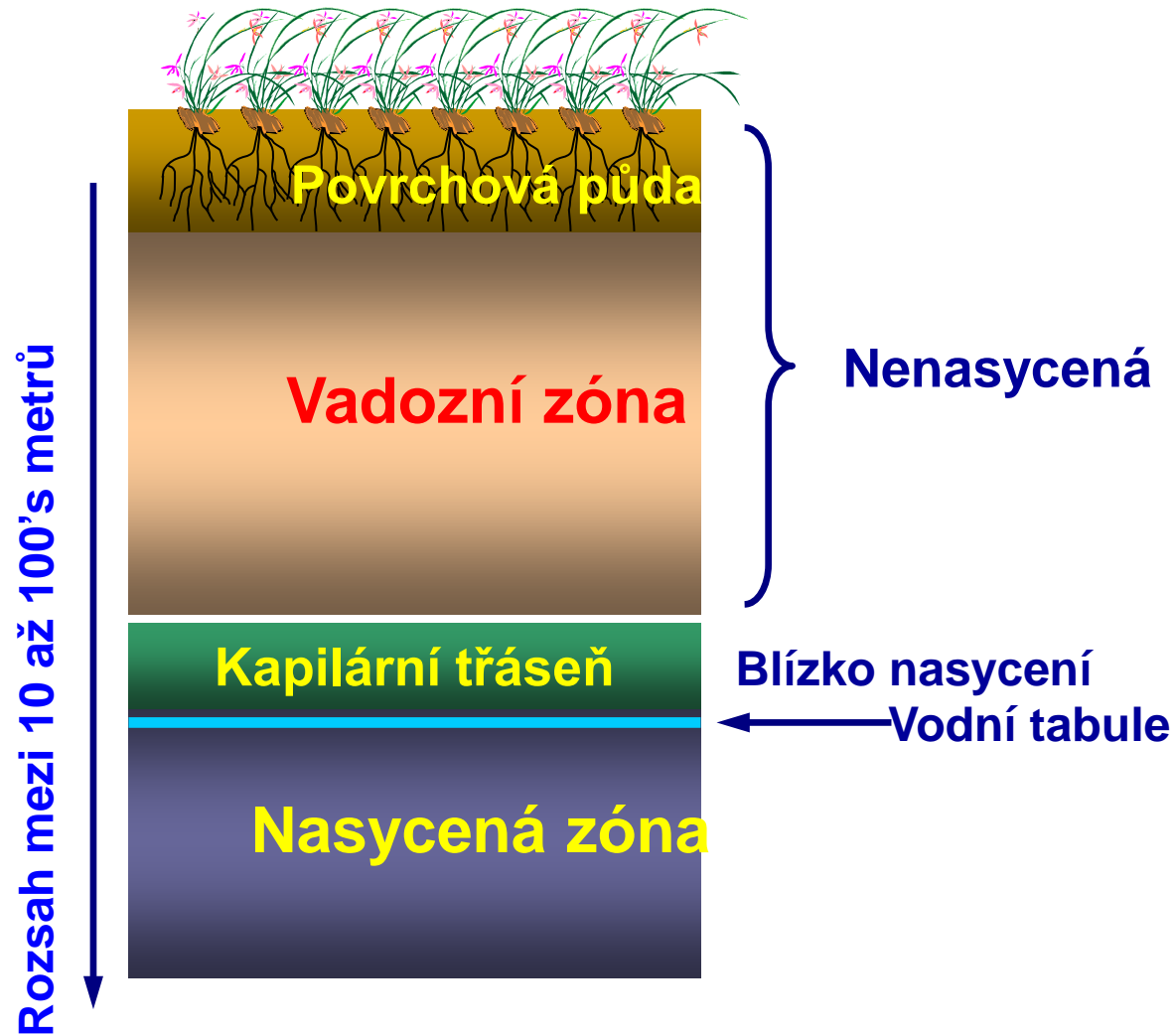


# Půdní povrchová vrstva



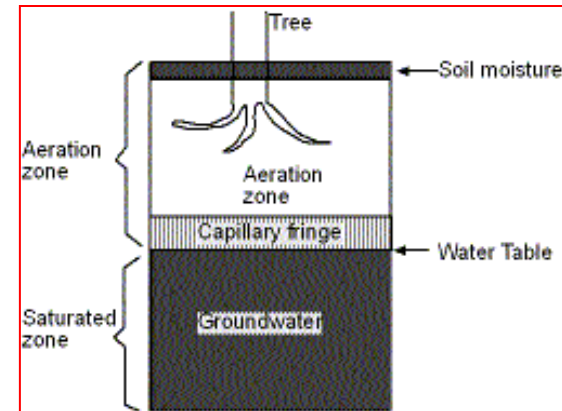
**Fig. 17.2** Soil, the surface layer of much of the terrestrial environment. A three-phase mixture, it consists of finely divided organic and inorganic particles and pore spaces filled with water

# Lito-ekosféra



Každá zóna obsahuje:

1. Minerální frakce
2. Organická frakce
3. Kapalná fáze
4. Plynná fáze



# Geochemie půdy



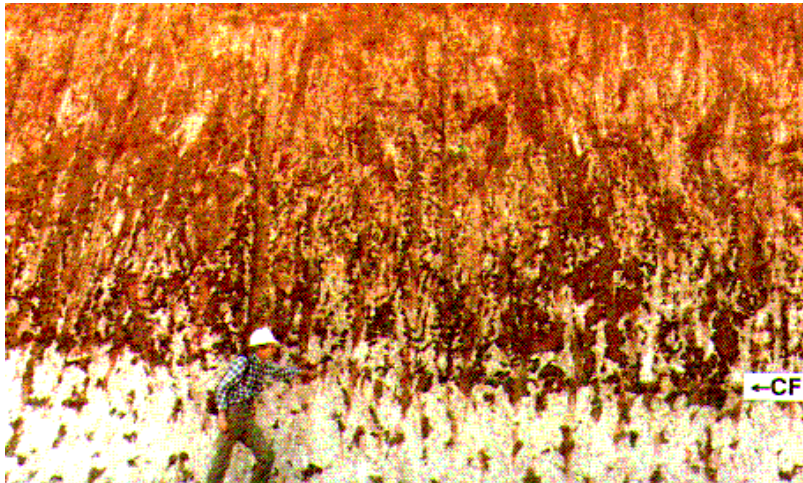
- **Acidobazické a výměnné reakce v půdách**
- **Makroživiny**
- **Mikroživiny**
- **Pesticidy a chemické odpady v půdách**
- **Ztráta půdy - dezertifikace**



# Ztráty půdy

↪ eroze

↪ dezertifikace



# Ekosystém

## Terestrický (suchozemský)

- louky, lesy, pole



## Akvatický (vodní)

- mořský

- sladkovodní

- řeky, rybníky, podzemní vody,

močály



# Ekosystém

## Neživé složky ekosystémů

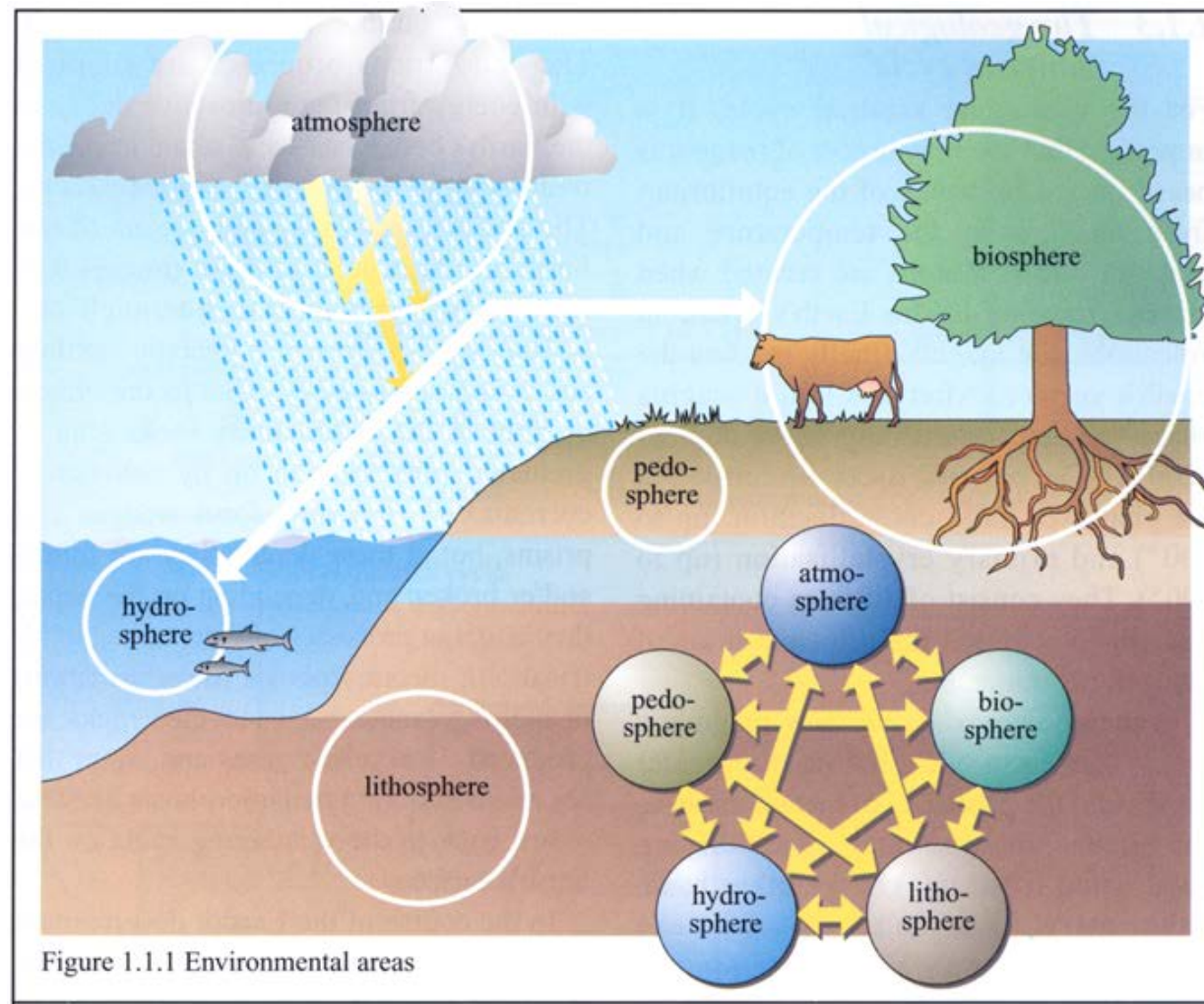
- Podloží
- Půda
- Voda
- Sedimenty
- Ovzduší
- Klima, krajina

## Organismy

- Viry
- Bakterie
- Houby
- Rostliny
- Živočichové
- + Člověk



# Složky prostředí



# Ekosystém

Ucelený soubor organismů a jejich prostředí – prostředí je zpravidla primární a určující.

Tvoří **základní strukturně funkční jednotku** krajiny i celé biosféry.

Je prostorový útvar, v němž biotické (živé) a abiotické (neživé) složky jsou vzájemně propojené rozmanitými **vztahy**

# Ekosystém

**Fyzikální parametry** – sluneční záření (zdroj E), T a její kolísání, vlastnosti okolního prostředí (A, W, S).

**Chemické parametry** – složení prostředí.

Vedle **živé složky** (biocenóza) zahrnuje i **neživé prostředí** (biotop)



# Typy ekosystémů

Podle míry ovlivnění člověkem rozlišujeme

↪ přírozené ekosystémy (bučina, rašeliniště aj.)

↪ umělé ekosystémy (smrková monokultura, pole, vinice atp.)



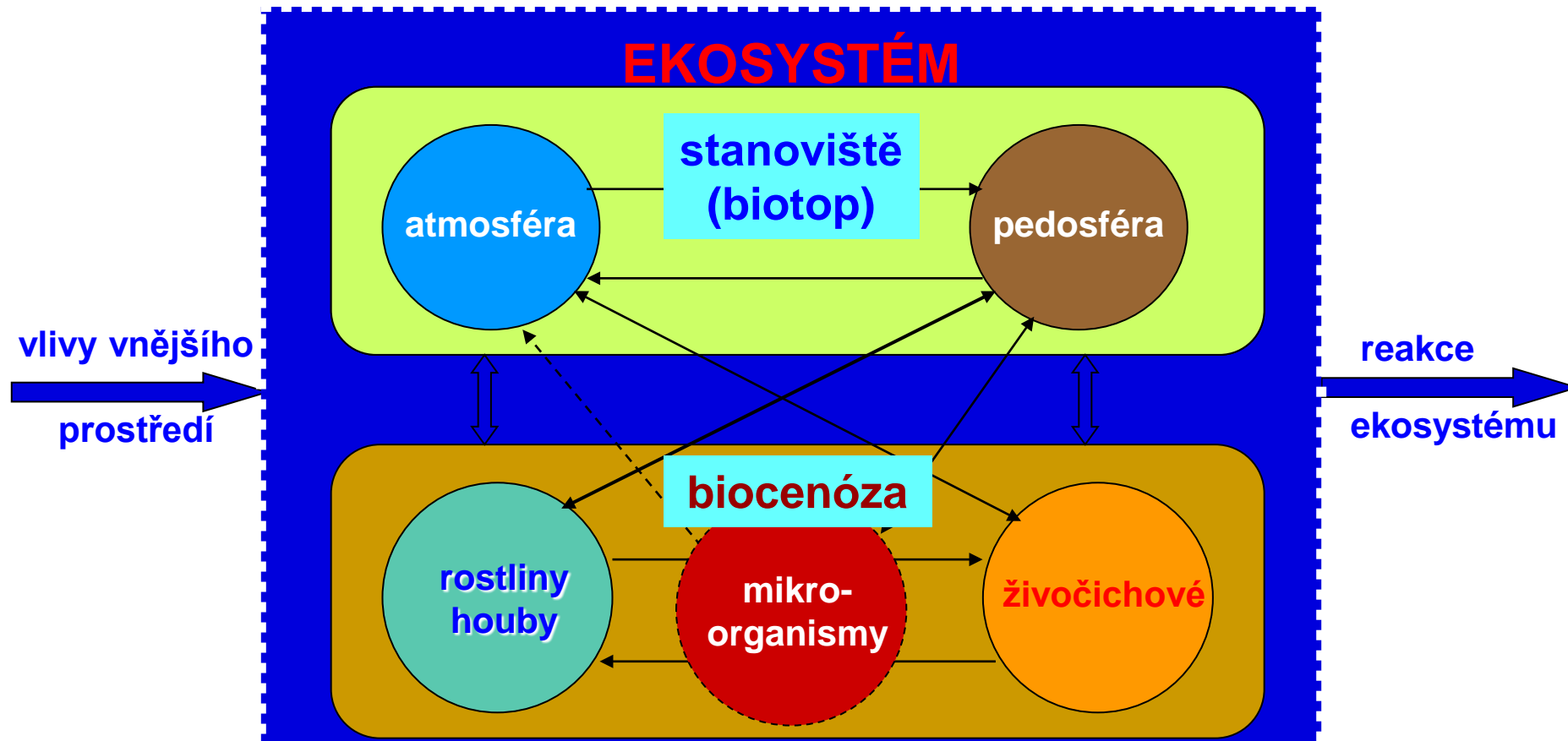
# Typy ekosystémů (biotopů) v ČR

- **Vodní toky a nádrže**
- **Mokřady a pobřežní vegetaci**
- **Prameniště a rašeliniště**
- **Skály, sutě a jeskyně**
- **Alpínské bezlesí**
- **Sekundární trávníky a vřesoviště**
- **Křoviny a Lesy**
- **biotopy silně ovlivněné nebo vytvořené člověkem**

Čhytrý M., Kučera T., Kočí M., Grulich V. & Lustyk P. (eds) (2010): Katalog biotopů České republiky. Ed. 2. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.



# Schéma ekosystémů



Všechny ekosystémy jsou charakterizovány především:

tokem energie

koloběhem látek

vývojem

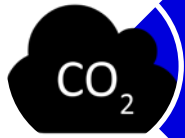
# Ekosystém – otevřený systém

Ekosystémy jsou **otevřené systémy**, které se svým okolím vyměňují energii i látky:

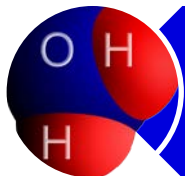
## Vstupy:



Sluneční záření



Oxid uhličitý



Voda



Živiny (minerály uvolňované do půdy zvětráváním horninového podloží, atmosférický spad nebo příchod nových druhů organismů či jejich diaspor)

# Ekosystém – otevřený systém

## Výstupy:

**Vyzařování (odpadní teplo)**

**Vymýváním látek z půdy**

**Povrchový odtok**

**Větrná eroze**

**Vystěhování organismů**

**Sklizeň biomasy z obdělávaných ekosystémů (pole, louky)**

# Ekosystém

**Ekosystém** – společenstva rostlin, živočichů a protistů – tvořená populacemi příslušníků jednotlivých druhů

**Biom**



Soubor ekosystémů podobných typů

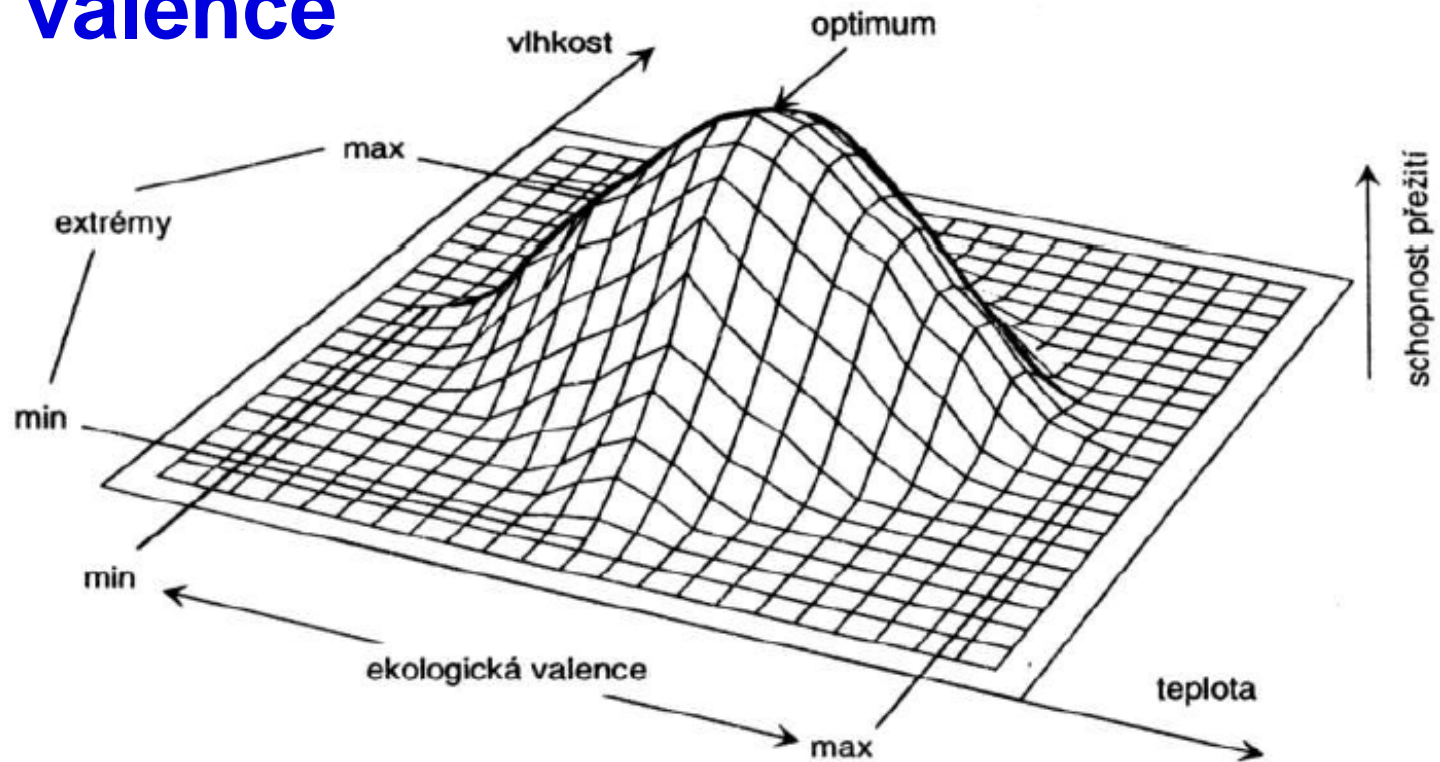
**Úrovně biologické organizace:** molekula – část buňky – buňka – tkáň – orgán – organismus – populace – společenstva organismů – ekosystém - biom

**Ekologická nika** – určitá funkce, kterou má ten či onen druh v daném ekosystému

# Biotické složky prostředí

## Ekologická nika - schéma

### Ekologická valence



# Základní rysy metabolismu jednotlivých živých organismů

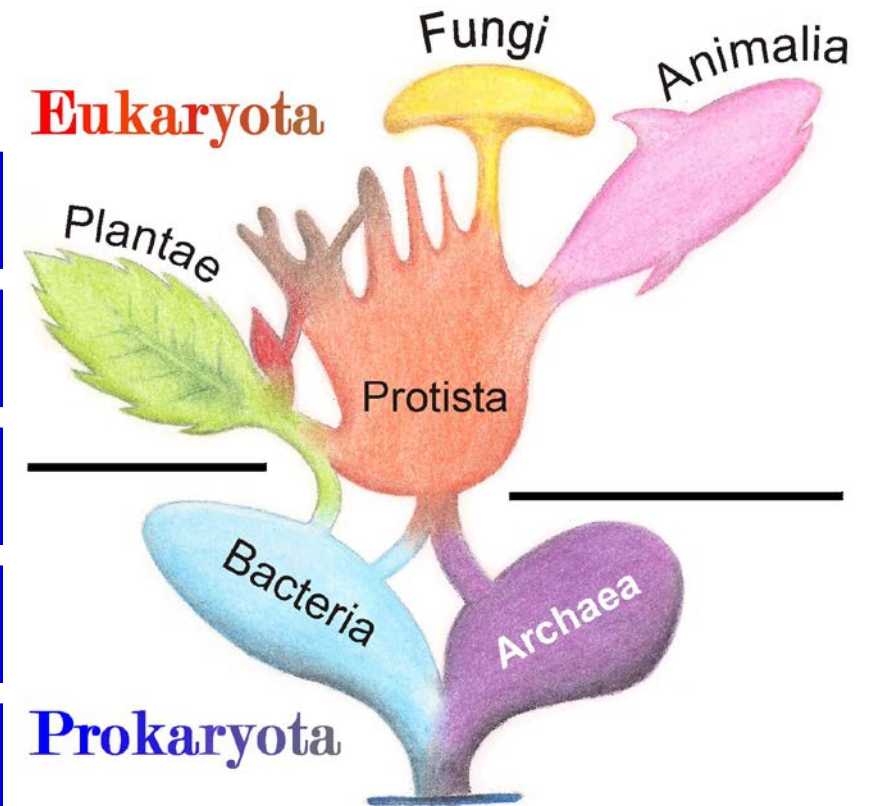
prokaryotní (*Monera*)

prvoci (*Protozoa*)

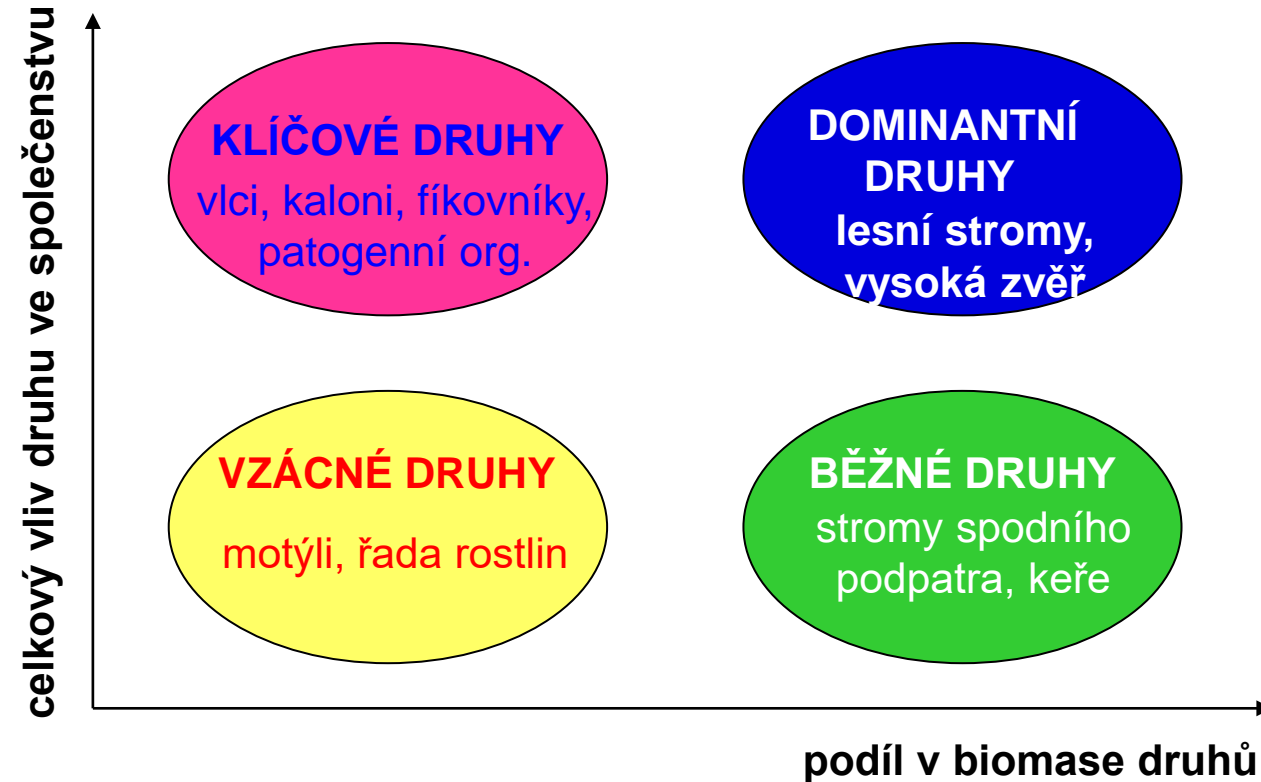
rostliny (*Plantae*)

houby (*Fungi*)

živočichové (*Animalia*)



# Klíčovými druhy mohou být i různé opylovači či roznašeči semen (plodů) nebo symbiotické organismy



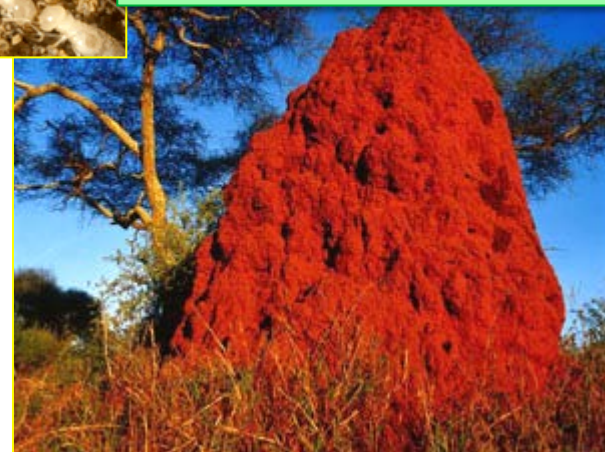
Odstranění jediného klíčového druhu může někdy vyvolat tzv. vymírací kaskádu (→ pokles biodiverzity)

# Ekosystémoví stavitelé

Samostatnou skupinu klíčových druhů představují tzv. ekosystémoví stavitelé (ecosystem engineers), kteří zásadním způsobem ovlivňují prostředí (fyzikální podmínky) společenstva i celé krajiny – např. bobři, žížaly, termiti aj.

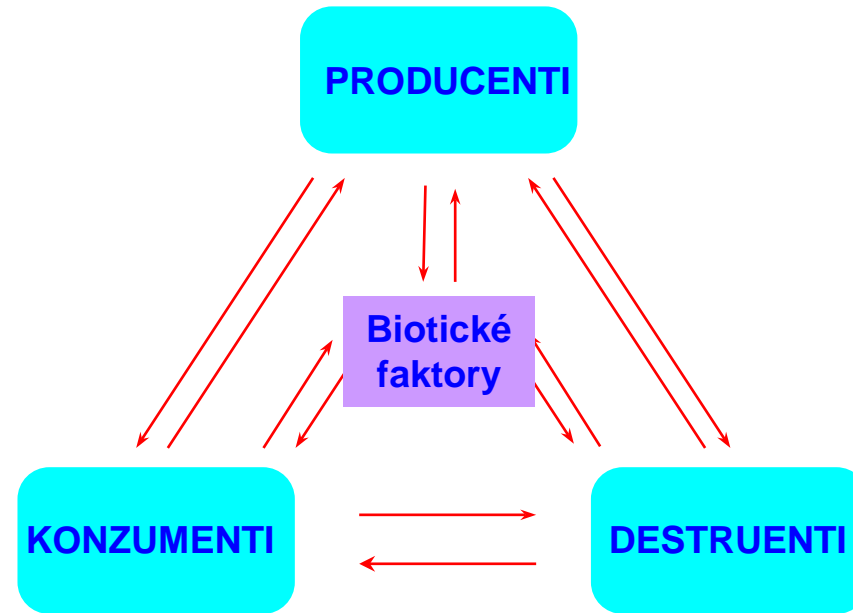


Termiti, kteří se vyvinuli již před 145 mil. lety, patří mezi nejvýznamnější ekosystémové stavitelé světa zvířat.





# Základní složky ekosystému a jejich vzájemné vazby



**Podle funkčního postavení v ekosystému a podílu na přeměně látek a energie lze organismy rozdělit na:**

*Producenty*

*Konzumenty*

*Destruenty*

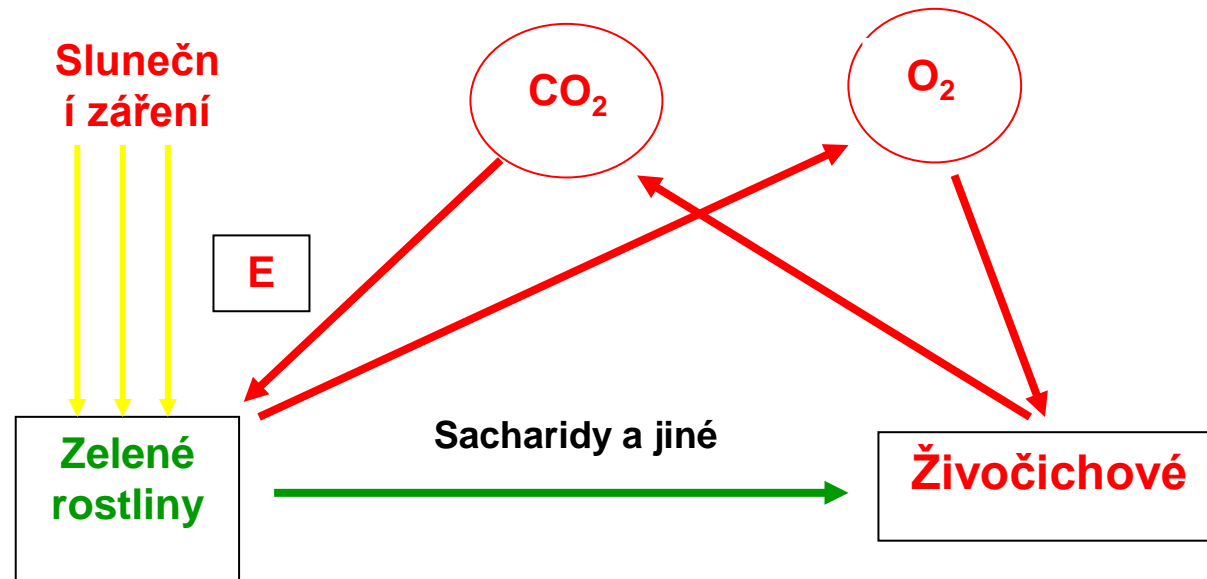
# Základní typy metabolismu

	Organismy			
	Foto-litotrofní	Fotoorga-notrofní	Chemo-litotrofní	Chemoor-ganotrofní
Zdroj E	Světlo	Světlo	Oxidace	Oxidace
Zdroj H <sup>+</sup> , e	H <sub>2</sub> O (H <sub>2</sub> S)	Organické látky	H <sub>2</sub> O (H <sub>2</sub> S)	Organické látky
Zdroj C	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Organické látky

# Základní metabolismus

**První skupina:** typicky autotrofní organismy (pouze světlo a anorganické živiny)

Základní proces látkové výměny: fotosyntéza (asimilace  $\text{CO}_2$ )



# Základní metabolismus

**Druhá skupina – fotoorganotrofní** – pouze bakterie jedné čeledi

**Třetí skupina – chemolitotrofní** – opět jen některé bakterie:

↪ nitrifikační – oxidace  $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$

↪ sírné – oxidace  $\text{S}^0$  a jejich sloučenin

↪ železité – oxidace  $\text{Fe}^{2+}$  na  $\text{Fe}^{3+}$

**Čtvrtá skupina – organismy heterotrofní** – všichni živočichové a většina protistů

Většina organismů potřebuje vzdušný kyslík.

Mezi bakteriemi existují i další metabolické typy (konečným akceptorem  $e^-$  – oxidace jiné látky:

↪  $\text{SO}_4^{2-}$  - redukce na  $\text{H}_2\text{S}$

↪  $\text{NO}_3^-$  - denitrifikace na  $\text{N}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$

↪  $\text{CO}_2$  – redukce na  $\text{CH}_4$

# Základní metabolismus

**Společný znak metabolismu heterotrofů – látkovým i energetickým zdrojem jsou organické látky z vnějšího prostředí**

**Konzumenti – konzumují živou biomasu (býložravci, masožravci)**

**Reducenti (destruenti, rozkladači) – konzumují biomasu mrtvou – heterotrofové z říše protistů – bakterie a houby**

## Zvláštní metabolické typy:

**Bakterie a sinice vážící N:** pomocí enzymu nitrogenázy dokáží rozbít neobvykle pevnou vazbu molekulárního dusíku a vázat jej do organických nebo anorganických molekul

**Bakterie schopné rozložit pevné, stabilní organické látky:** CH<sub>4</sub>, nasycené uhlovodíky, benzen..

**Organismy žijící v extrémních podmínkách:** horké prameny, Sahara, nasycený roztok NaCl, nízké pH..

# Ekosystém = producenti + konzumenti + destruenti

**Zdroj E – sluneční záření**

1-5 % dopadajícího slunečního záření využívají k asimilaci

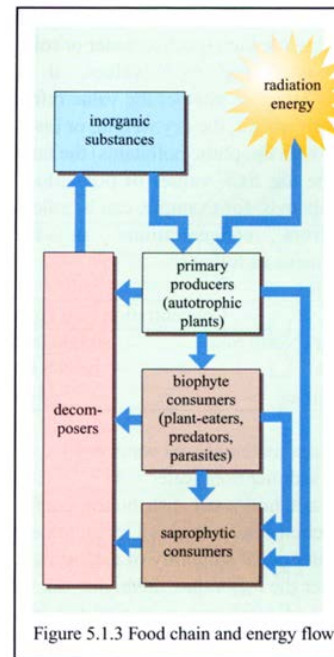
Polovina asimilované energie se ztrácí při dýchání a polovina (0,5 – 3 % dopadající E) je využito ke tvorbě biomasy

**Zbytek sluneční E**

- odraz (10-25 %)
- absorpce rostlinami – přeměna na tepelnou E – spotřeba jako výparné teplo vody – přebytek (80 %) vyzářen ve formě tepelného záření

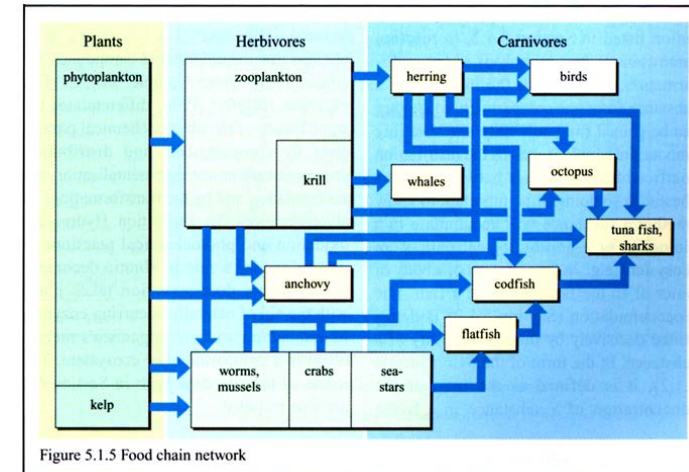
**Živí se těly producentů:**

- primární (býložravci)
- sekundární
- terciární



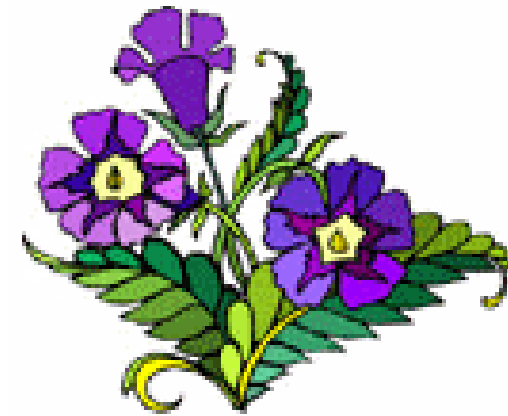
**Žijí z těl a odpadů jiných organismů (zbytky, odumřelé organismy)**

Výsledek činnosti destruentů – nic se neakumuluje, vše je znovu využito a znovu zapojeno do koloběhu látek



# Producenti

**Producenti (P)** – autotrofní organismy tvořící z jednoduchých anorganických látek látky organické, buď prostřednictvím fotosyntézy (zelené rostliny, sinice), nebo chemosyntézy (některé bakterie, např. sírné či nitrifikační).

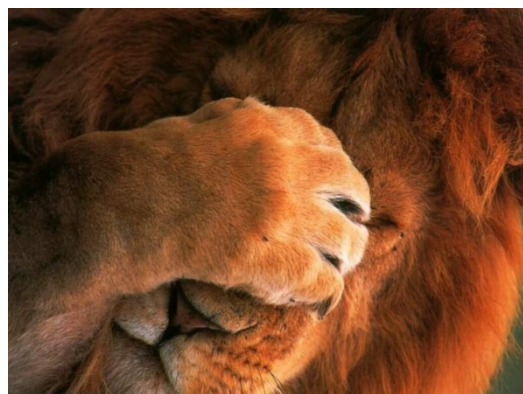
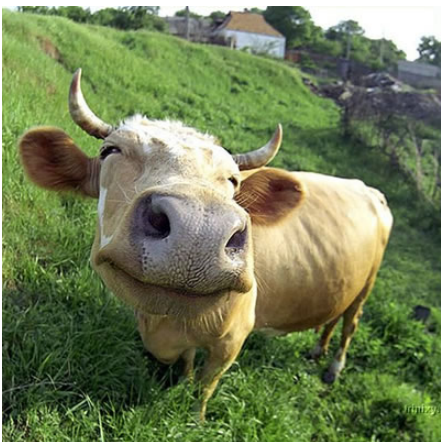


# Konzumenti

**Konzumenti (K)** – heterotrofní organismy (většina živočichů), živící se **přímo či nepřímo organickými látkami vytvořenými producenty.**

**Podle typu výživy se dělí na:**

- (1) býložravce (herbivoři, fytofágové, K1),**
- (2) masožravce (karnivoři druhého řádu - K2, třetího řádu - K3 atd.**
- (3) všežravce (omnivoři).**





# Destruenti (rozkladači, dekompozitoři)

**Destruenti (rozkladači, dekompozitoři, D)** – různé skupiny organismů živící se mrtvou organickou hmotou (**detritem**); tu postupně rozkládají až na jednoduché látky –  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , aminokyseliny, minerální živiny, které mohou být opět využity producenty.

Patří sem **heterotrofní organismy** makroskopických i mikroskopických rozměrů (hlavně houby a bakterie, dále žížaly, hmyz (např. chvostoskoci), prvoci, roztoči, mnohonožky, stonožky aj.)

**Žijí převážně v půdě** (kde tvoří součást edafonu), zčásti též na povrchu rostlin i na různých odumřelých organických zbytcích



stonožka  
a  
škvorová



chvostoskok

# Produkce ekosystému

**Autotrofními organismy (tj. producenty) vyprodukované organické látky tvoří primární produkci ekosystému.**

**Produkce** = vytvořená biomasa [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$ ]

**Fotosyntézou vzniká určité množství biomasy, tzv. hrubá primární produkce ( $P_G$ ), která je závislá na výkonnosti fotosyntetického aparátu porostu či rostliny; nelze ji však v přírodě přímo měřit, protože rostlina část asimilované energie ztrácí v podobě tepla dýcháním - v průměru kolem 50 [- 75] %.**

$$P_G = P_N + R$$

**R** – ztráty dýcháním rostlinných orgánů

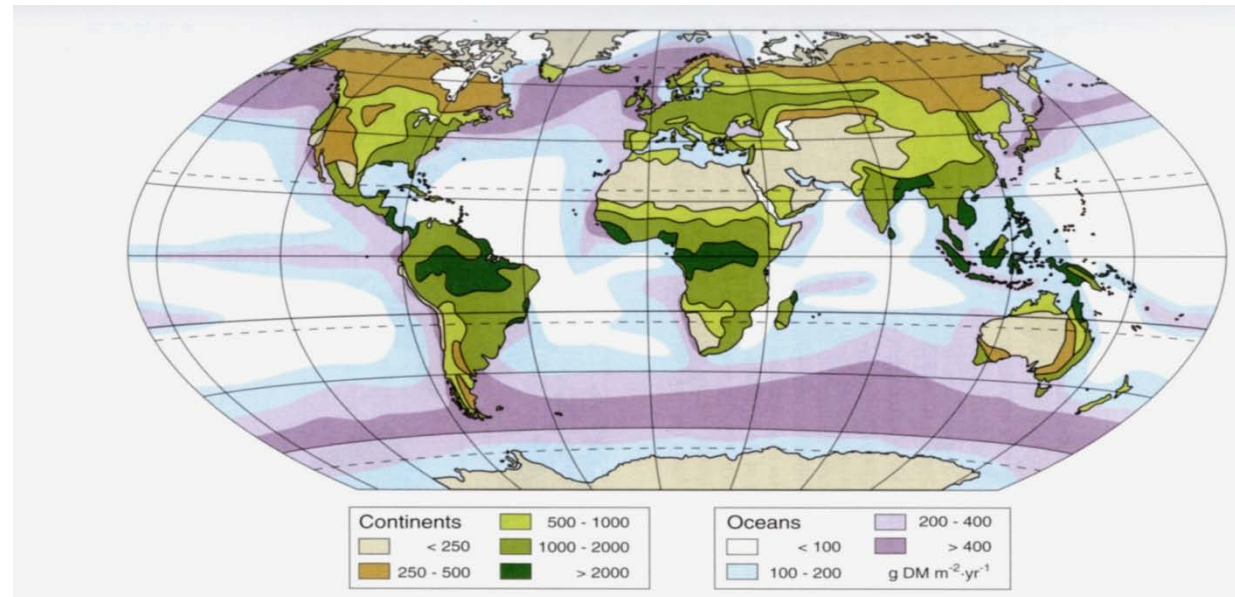
**$P_N$**  - čistá primární produkce

# Primární produkce ekosystému

**Primární produkce** obecně roste od pólů k rovníku  
v závislosti na růstu:

- ↻ Intenzity světla
- ↻ Průměrné teploty
- ↻ Délky vegetačního období

Roční čistá primární  
produkce Země  
(g sušiny. m<sup>-2</sup>. rok<sup>-1</sup>)



# Sekundární produkce ekosystému

Organické látky vytvořené v tělech všech heterotrofních organismů (konzumentů a destruentů) odpovídají **sekundární produkci ekosystému.**

**Produktivita** představuje **množství energie vázané do nové biomasy** (sušiny) vztažené na určitou plochu za jednotku času, např. za celý rok, nebo jen za vegetační periodu [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$ ;  $\text{g C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$ ].

- ↪ **V terestrických ekosystémech** produktivita obecně klesá s rostoucí nadmořskou výškou a rostoucí ariditou klimatu, a zpravidla stoupá s rostoucím množstvím dostupných živin (hlavně N, P, K)
- ↪ Asi 3/4 plochy Země pokrývají **málo produktivní ekosystémy** – otevřené oceány, pouště a polopouště, tundra, oligotrofní jezera
- ↪ **Nejvyšší produktivitu** mají tropické deštné lesy, monzunové lesy, korálové útesy; intenzivně obdělávaná půda

# Sekundární produkce ekosystému

**Vyšší produktivita** většinou úzce koreluje s vyšším druhovým bohatstvím; výjimkou jsou druhově velmi bohatá společenstva na chudých půdách v jižní Africe a v Austrálii

V mořích a oceánech jsou **nejproduktivnější vody při pobřeží** (dokonalé promíchání díky bouřím a mořským proudům), výstupné proudy lokálně výrazně zvyšují produktivitu mořského ekosystému !

Chladné vody jsou produktivnější než teplé (zřejmě proto, že jsou bohatší na živiny (např. fosfáty jsou více rozpustné v chladnější vodě))

**Energie se v ekosystému zpravidla nemůže výrazněji hromadit** (× fosilní paliva) → jednostranný tok energie, který je realizován prostřednictvím trofických vztahů.

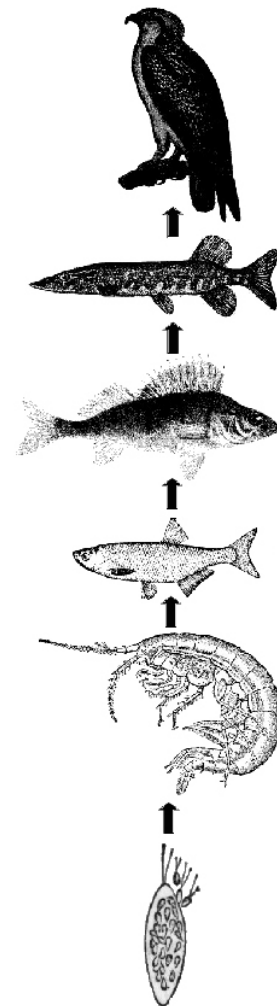
# Potravní řetězce

**Přenosy látek a energie v ekosystémech se uskutečňují v potravních (trofických) řetězcích, které propojují jednotlivé potravní úrovně.**

**Potravní řetězec představuje posloupnost (sled) organismů, které jsou ve vzájemných potravních závislostech, tj. jeden požívá druhého, přičemž sám se stává potravou v následující trofické úrovni.**

**Obecně:  $P \rightarrow K_1 \rightarrow K_2 \rightarrow K_3 \rightarrow \dots$**

**V každém ekosystému musí existovat minimálně 2 trofické úrovně.**



# Potravní řetězce

**Potravní řetězce** mívají v průměru **4 články**:

**Nejdelší trofické řetězce** jsou ve vodních ekosystémech,  
např. fytoplankton → zooplankton → drobné ryby →  
dravé ryby → draví kytovci → lední medvěd  
(maximálně kolem 10 článků)

Existují **3 typy potravních řetězců** (podle toho, zda začíná živou biomasou či mrtvou organickou hmotou):

- ↪ **pastevně-kořistnický**
- ↪ **detritový (= dekompoziční)**
- ↪ **parazitický – spojuje různé skupiny parazitů (cizopasníků)**

# Potravní řetězce

Potravní řetězce mívají v průměru 4 články:

Nejdelší trofické řetězce jsou ve vodních ekosystémech, např.

fytoplankton → zooplankton → drobné ryby → dravé ryby →  
draví kytovci → lední medvěd (maximálně kolem 10 článků)

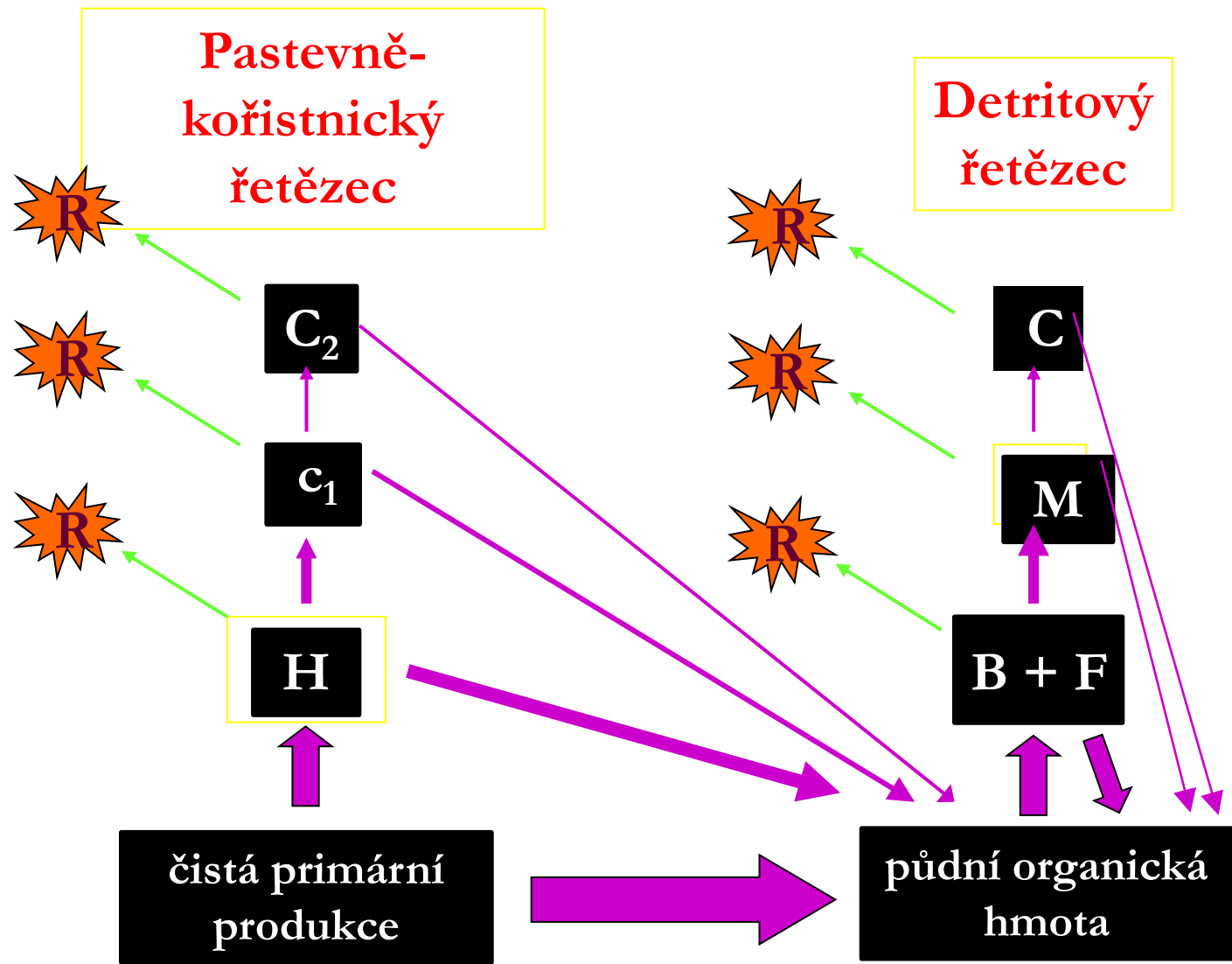
Existují 3 typy potravních řetězců (podle toho, zda začíná živou biomasou či mrtvou organickou hmotou):

↪ pastevně-kořistnický

↪ detritový (= dekompoziční)

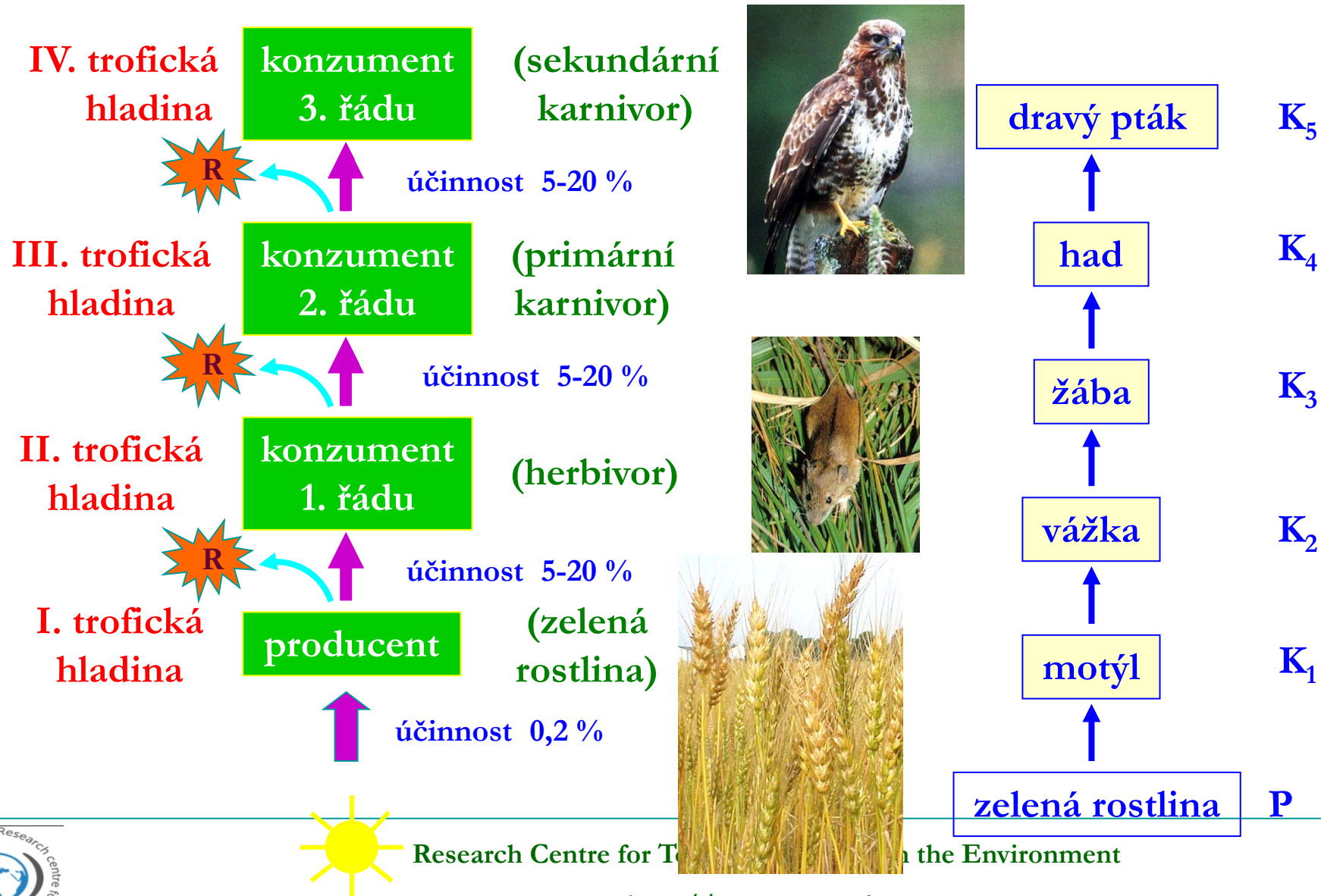
↪ parazitický – spojuje různé skupiny parazitů (cizopasníků)



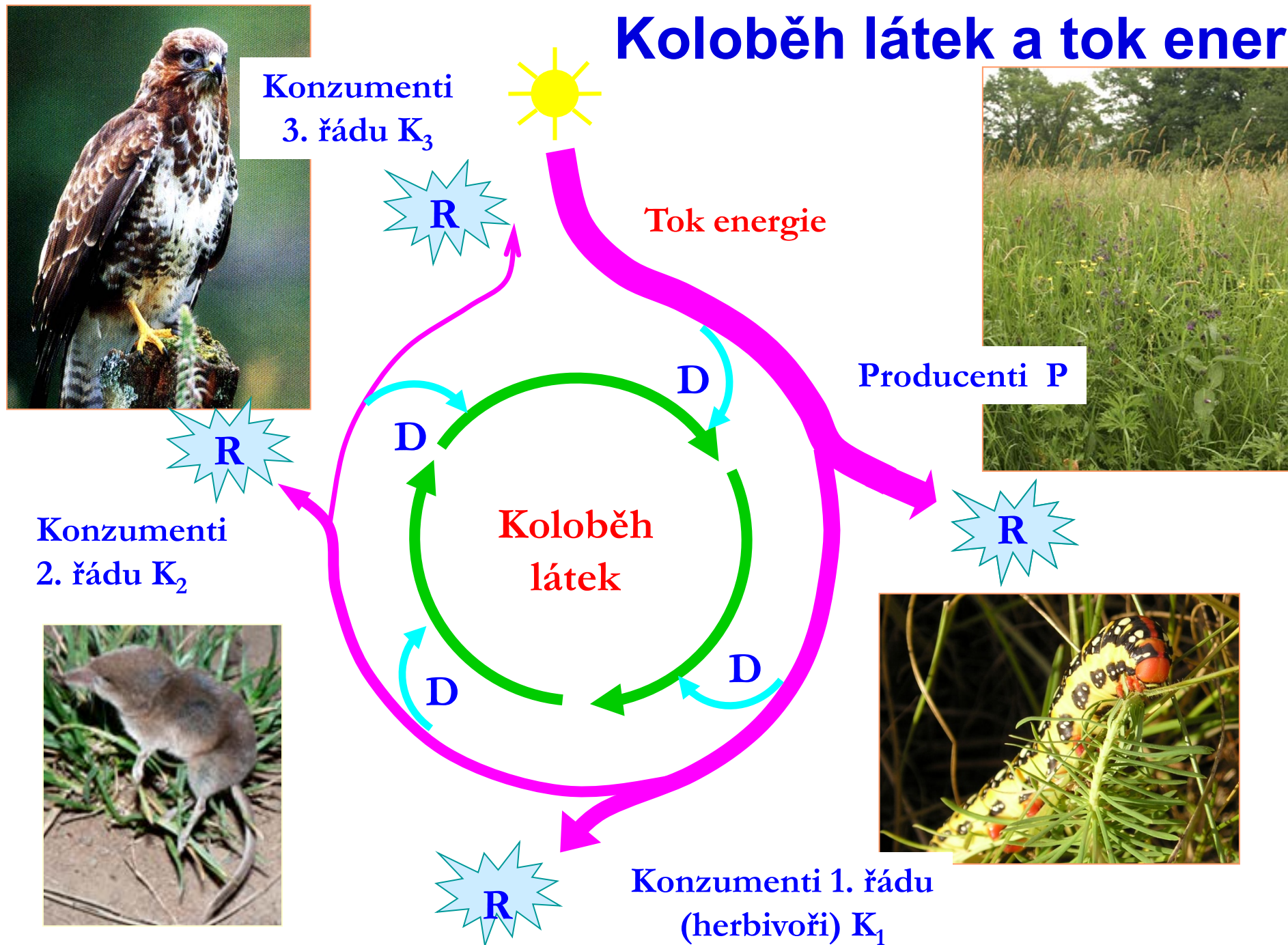


H – herbivoři, C<sub>1</sub>- primární karnivoři, C<sub>2</sub>- sekundární karnivoři; B – bakterie, F – houby, M – mikrobivoři (prvoci aj.), C – karnivoři, R – respirační ztráty

# Pastevně-kořistnický řetězec



# Koloběh látek a tok energie

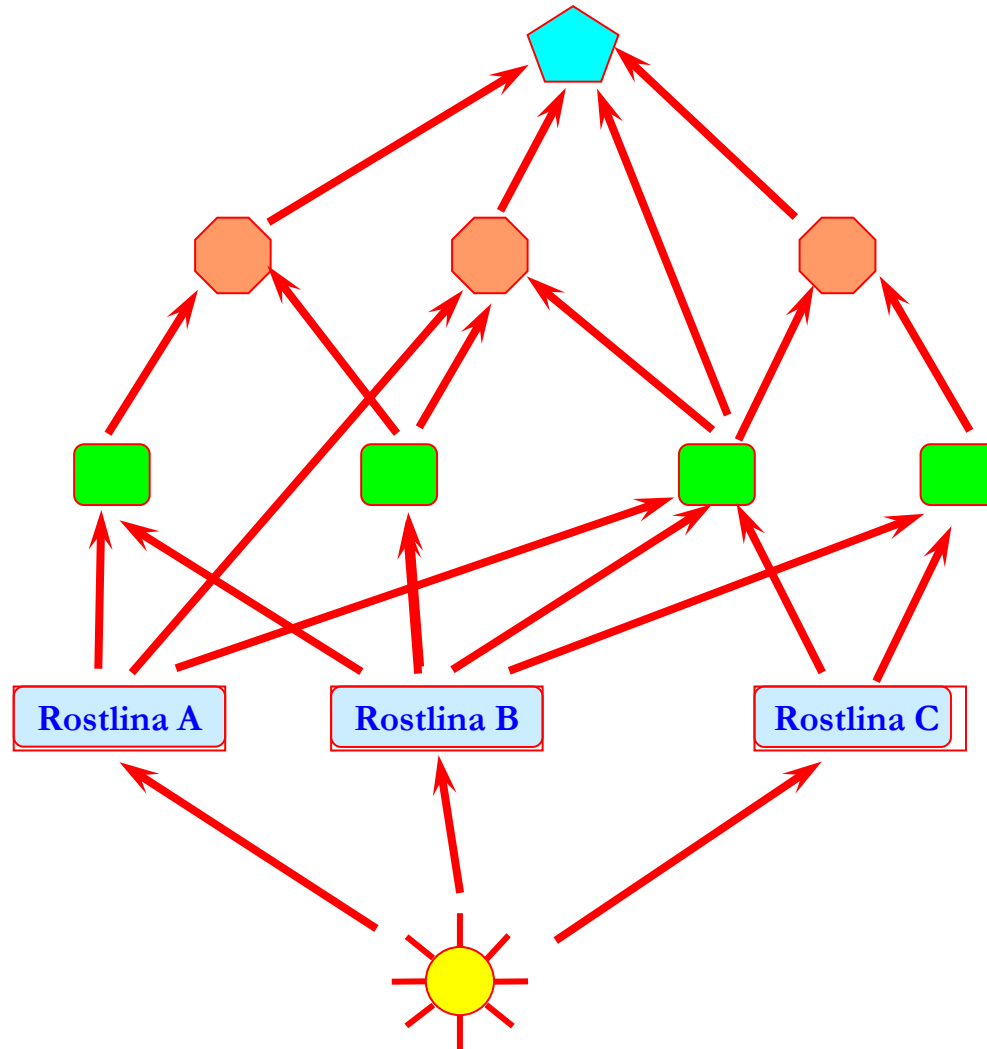


# Potravní sítě

Potravní (= trofická) síť představuje systém vzájemně propojených potravních řetězců (ukazuje, které druhy v rámci biocenózy jsou spolu potravně propojeny).

Čím je potravní síť určitého biotopu hustší, tím stabilnější zde bývá biologická rovnováha;

# Potravní síť



Konzument 3. řádu

Konzumenti 2. řádu

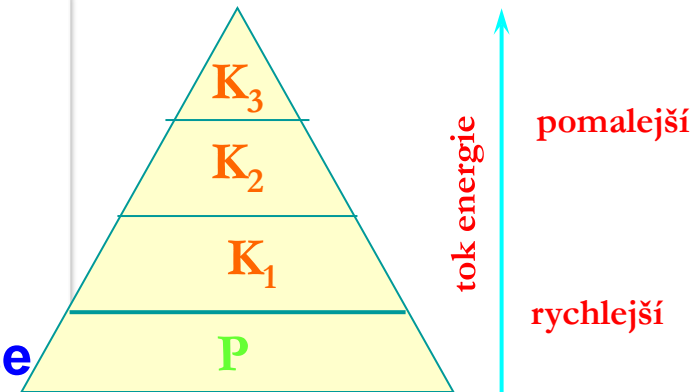
Konzumenti 1. řádu

Producenti

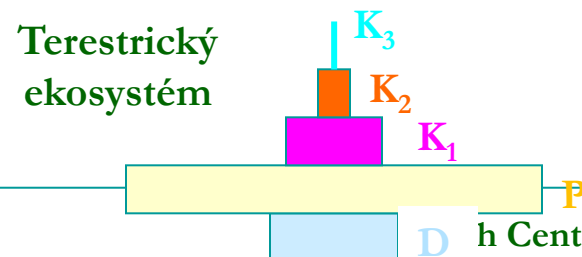
# Ekologické pyramidy

Potravní závislosti, tj. postupný pokles celkové biomasy, energie či počtu jedinců v jednotlivých trofických úrovních lze graficky znázornit pomocí ekologických pyramid.

**Pyramida energie** – představuje nejobektivnější způsob vyjádření trofické struktury ekosystému (je náročná na údaje ...); má vždy klasický tvar, protože všechny energetické přechody jsou spojeny se ztrátou energie



**Pyramida biomasy** – každou trofickou úroveň zastupuje biomasa organismů



**Biomasa producentů bývá nejméně 1000krát větší než biomasa K + D.**

Research Centre for Toxic Compounds in the Environment

<http://recetox.muni.cz>

# Pyramida (a) množství a trofických úrovní v ekosystému (b) energie a individuální velikosti potravního řetězce

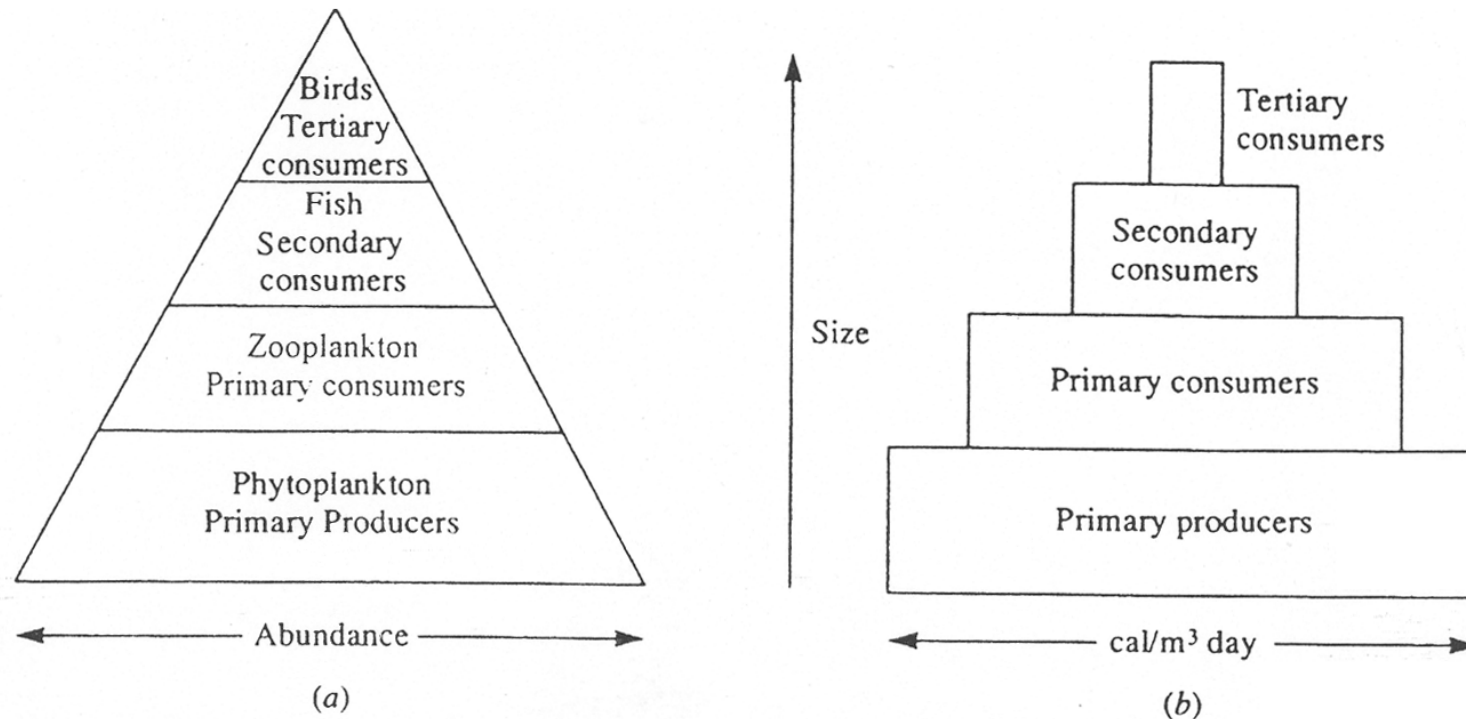


Figure 2.4 Pyramid of (a) numbers and trophic levels for an ecosystem and (b) the concept of the energy pyramid and individual size of a food chain.

# Pyramida (a) množství a trofických úrovní v ekosystému (b) energie a individuální velikosti potravního řetězce

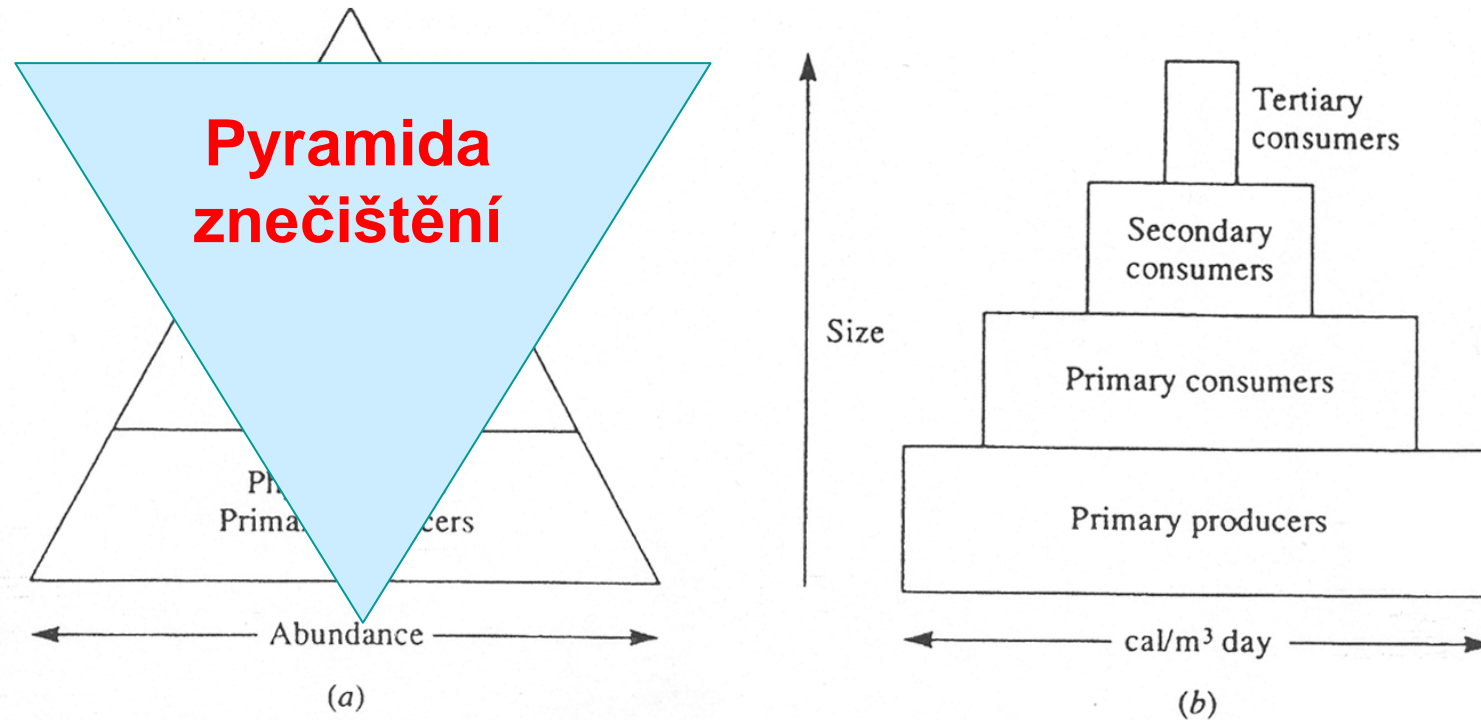


Figure 2.4 Pyramid of (a) numbers and trophic levels for an ecosystem and (b) the concept of the energy pyramid and individual size of a food chain.



# Pyramida četnosti

Pyramida četnosti – odráží jev, že počet jedinců od první k poslední trofické úrovni (vrcholoví predátoři) se obvykle strmě zmenšuje

↪ Při přechodu na vyšší trofickou úroveň je pokles početnosti doprovázen zvětšením rozměrů

↪ Obrácené poměry jsou u parazitických řetězců (parazité jsou menší a početnější než hostitel)

↪ Existují i „obrácené“ pyramidy četnosti – např. strom s velkým počtem herbivorního hmyzu

