

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

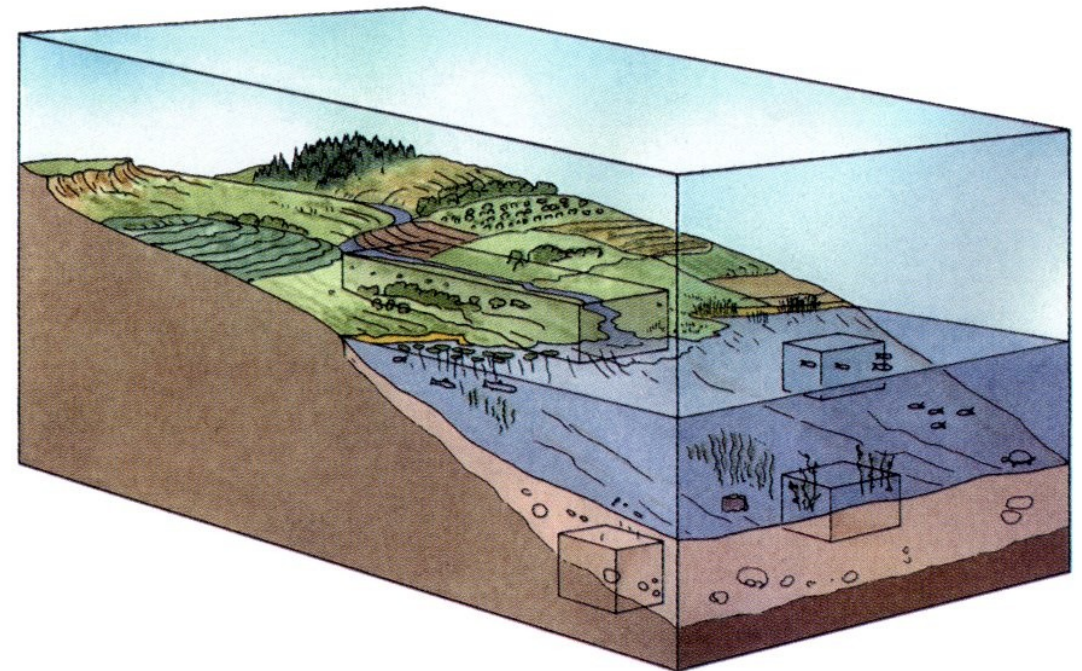
**Složky
prostředí,
základní
charakteristiky**

**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.

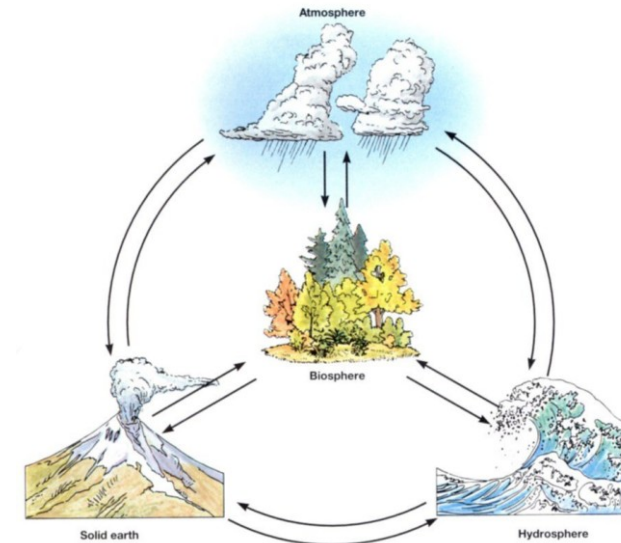


Zemský systém

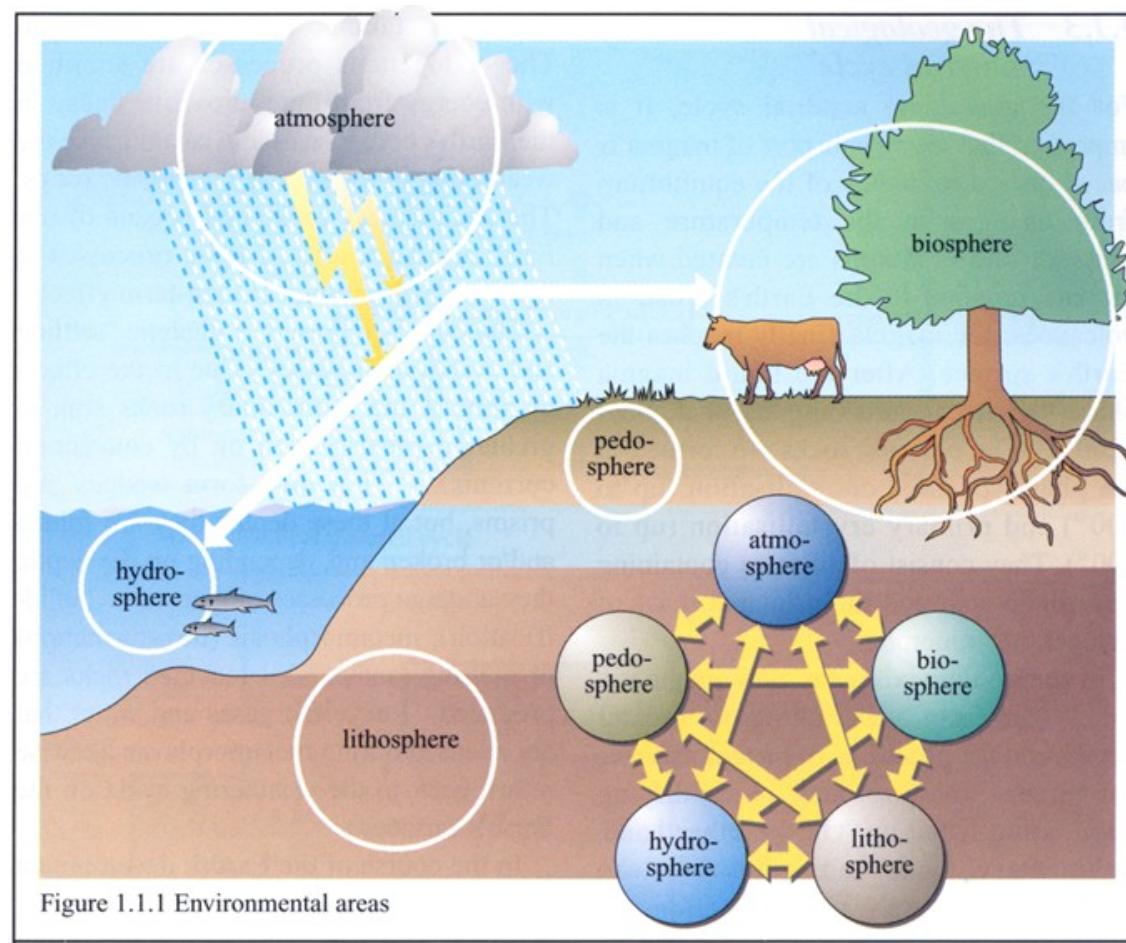
Zemský systém se skládá z menších podsystémů, které spolu intenzivně „komunikují“

- atmosféra
- hydrosféra
- biosféra
- litosféra

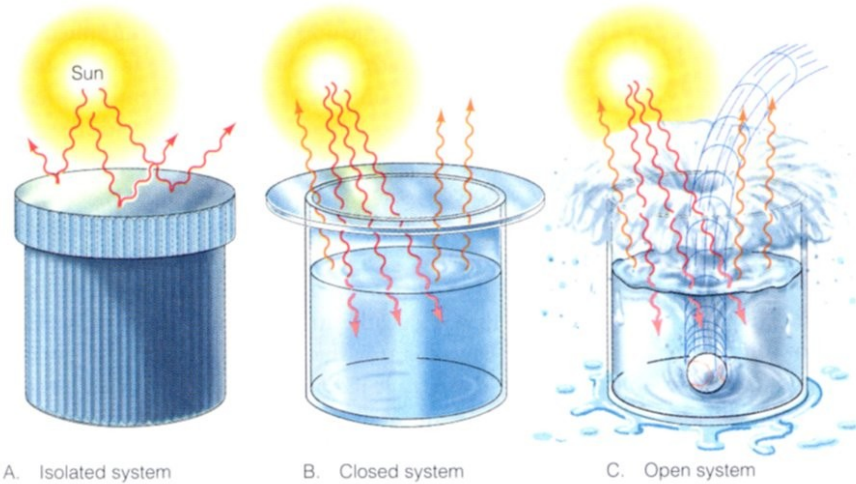
Ty mohou být rozděleny na další podsystémy – hydrosféra = oceány, ledovce, vodní toky, podzemní voda.



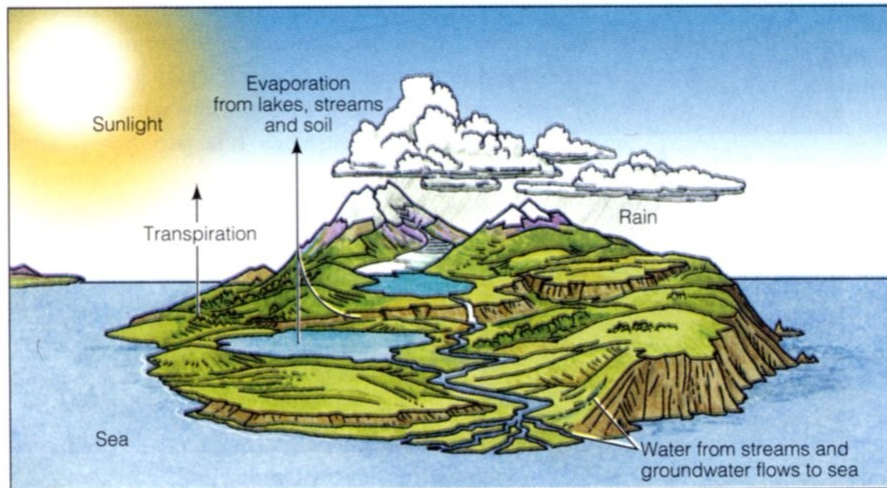
Složky prostředí



Systemy



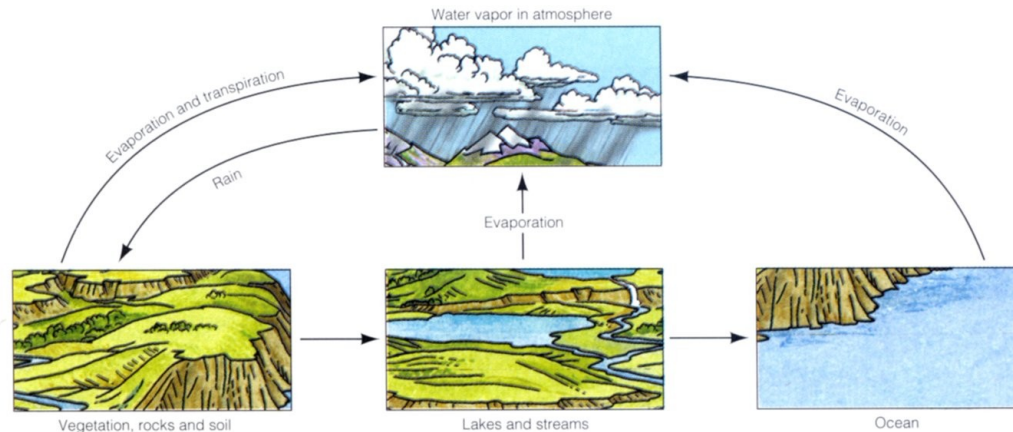
- ↔ Izolovaný
- ↔ Uzavřený
- ↔ Otevřený



- ↔ Otevřený

„Box“ modely

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



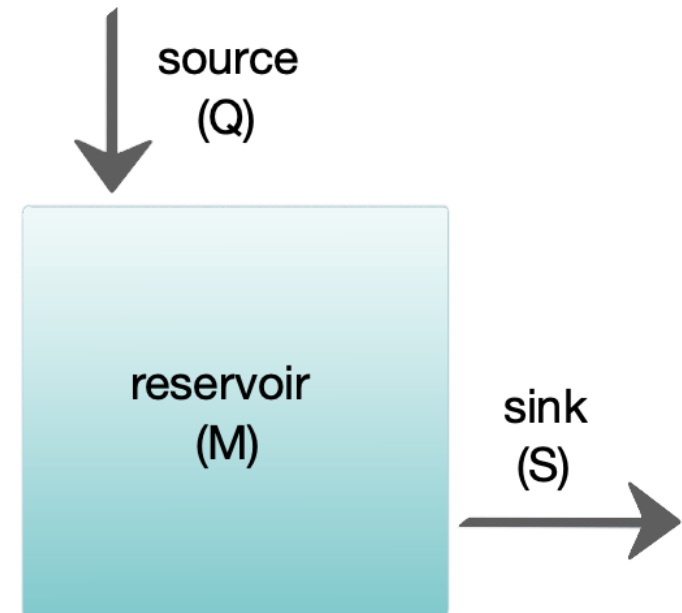
**rychlost toků hmoty a energie z a do systémů
celkové množství hmoty a energie v systému**

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

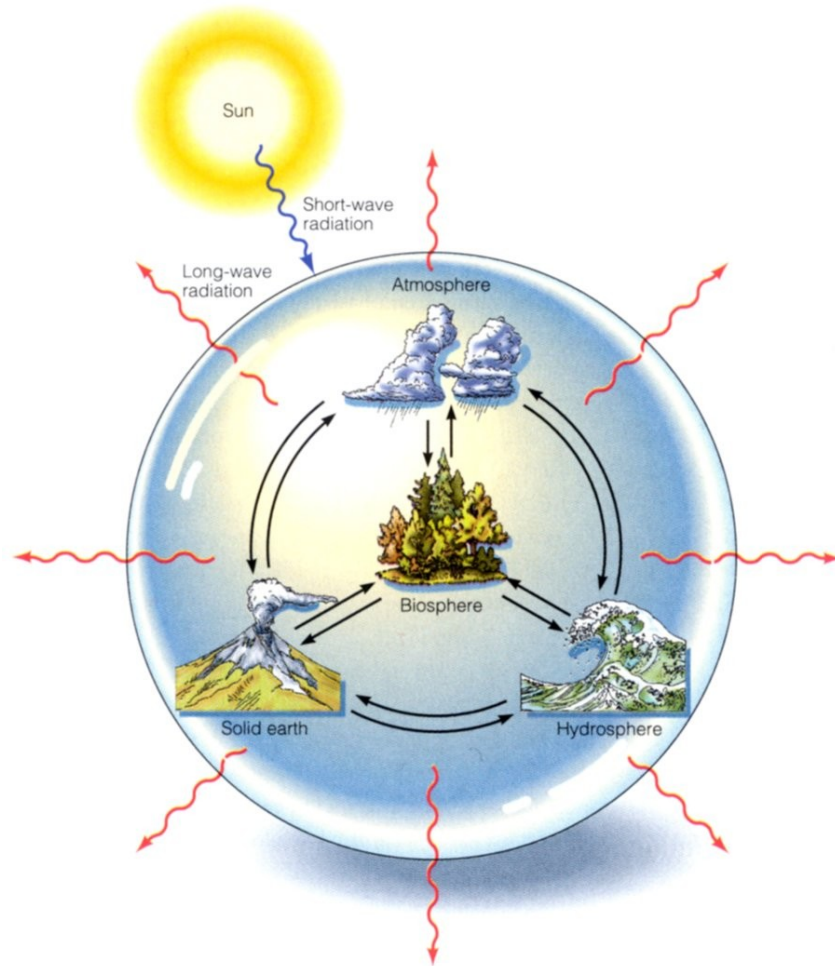
Velikost rezervoáru je dána celkovou bilancí (vstupy – výstupy)

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 ??

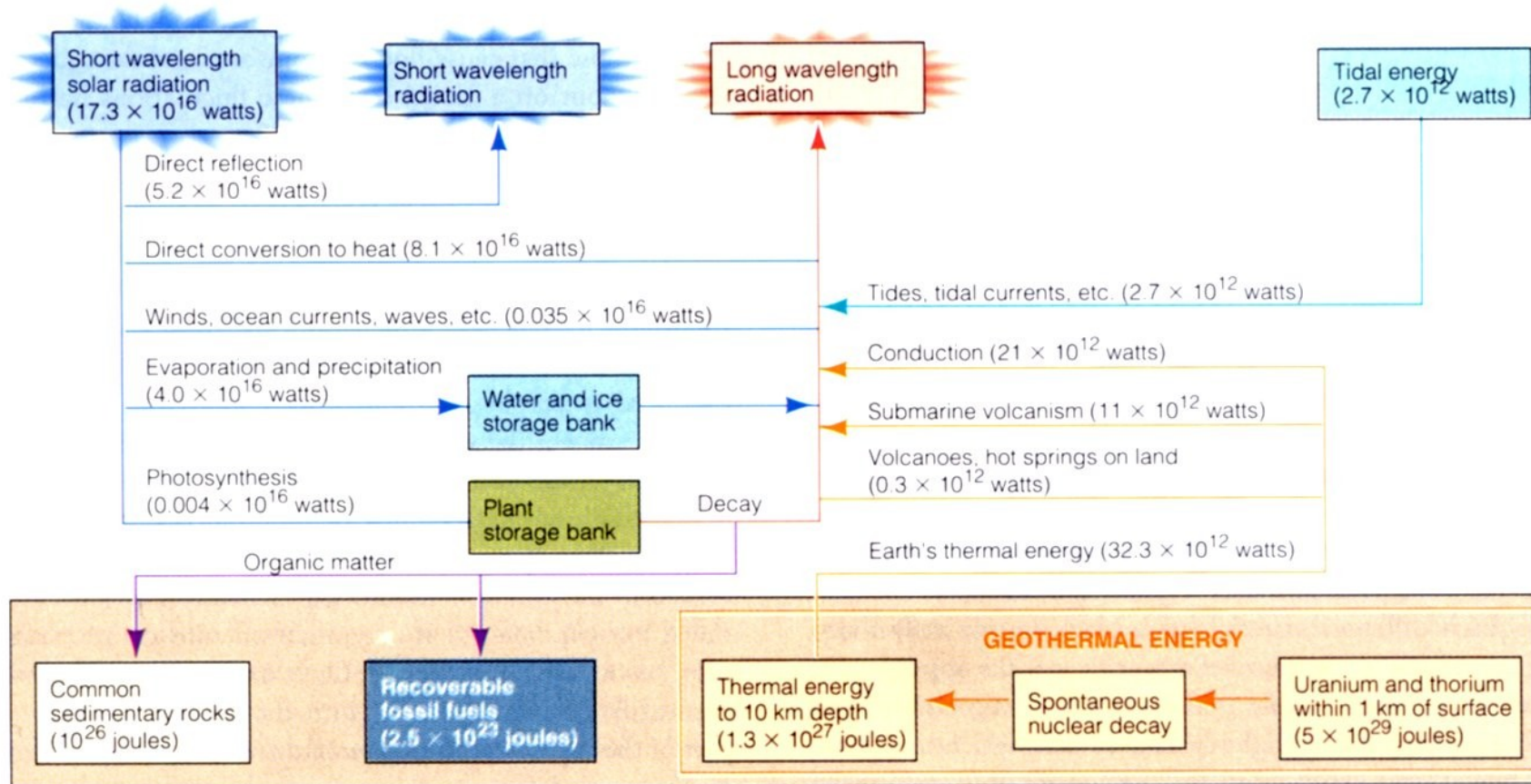
Přirozený tok hmoty na Zemi – cykly.

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

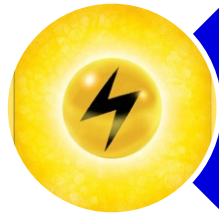
Množství hmoty, které „přiteče“ je rovno množství hmoty, které „odteče“.

Energetický cyklus

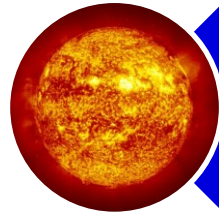
Zahrnuje externí a interní zdroje energie – pohání globální systém a všechny jeho podcykly. Celkový „rozpočet“ (příjmy a výdaje) energie je vyrovnaný. Pokud by nebyl, Země by se buď přehřívala nebo chladla až do dosažení rovnováhy.



Energetické vstupy



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



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

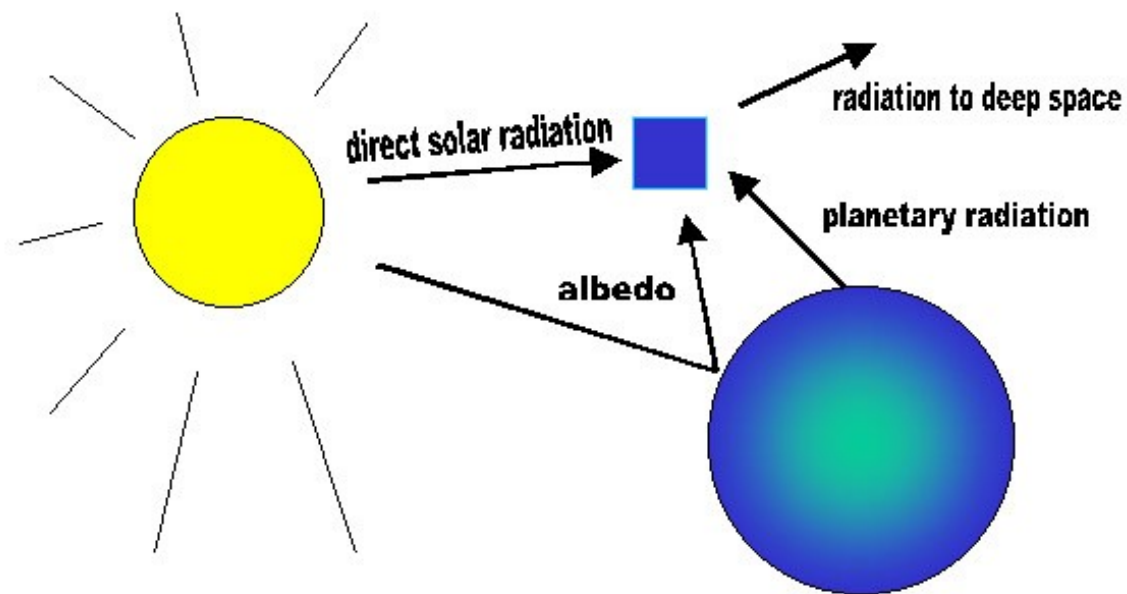
Energetické výstupy



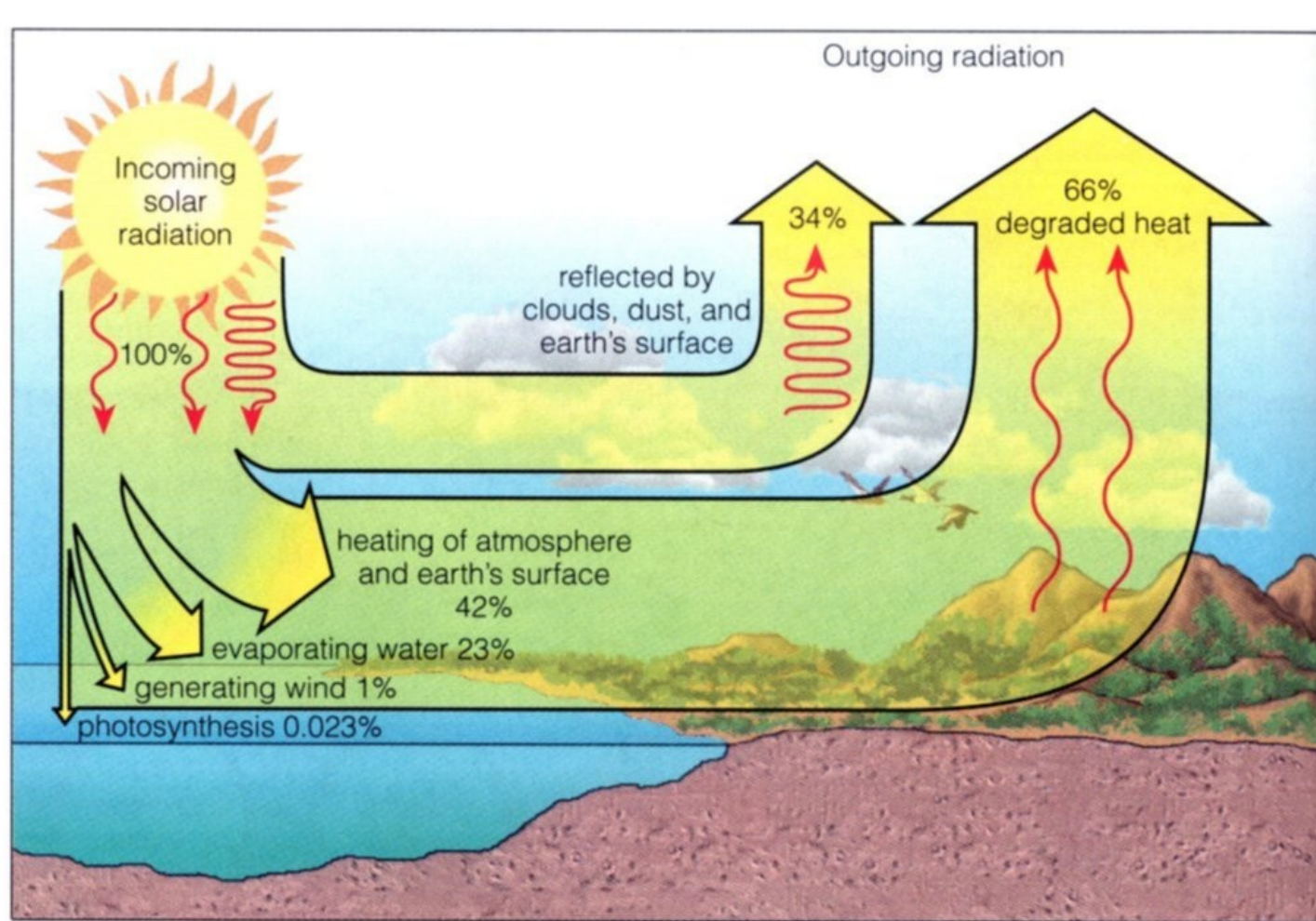
Odraz kolem 40 %
slunečního záření je
nezměněno odraženo zpět
(albedo)



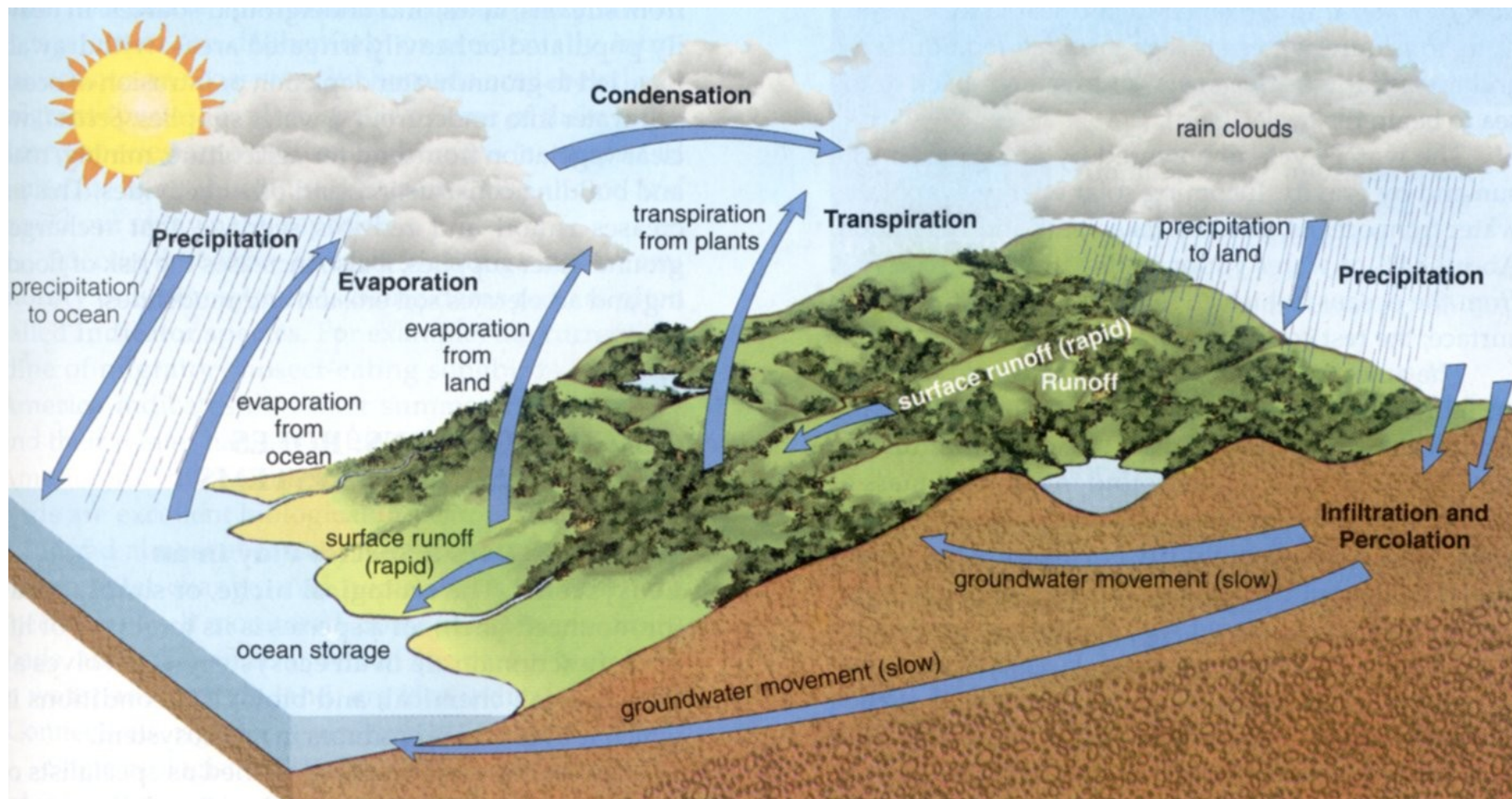
Degradace a znovuvyzáření
60 % slunečního záření
absorbováno, přechází
nevratně z jednoho
rezervoáru do druhého až
skončí jako teplo, které je
opět vyzářeno
v dlouhovlnné
(infračervené) oblasti.



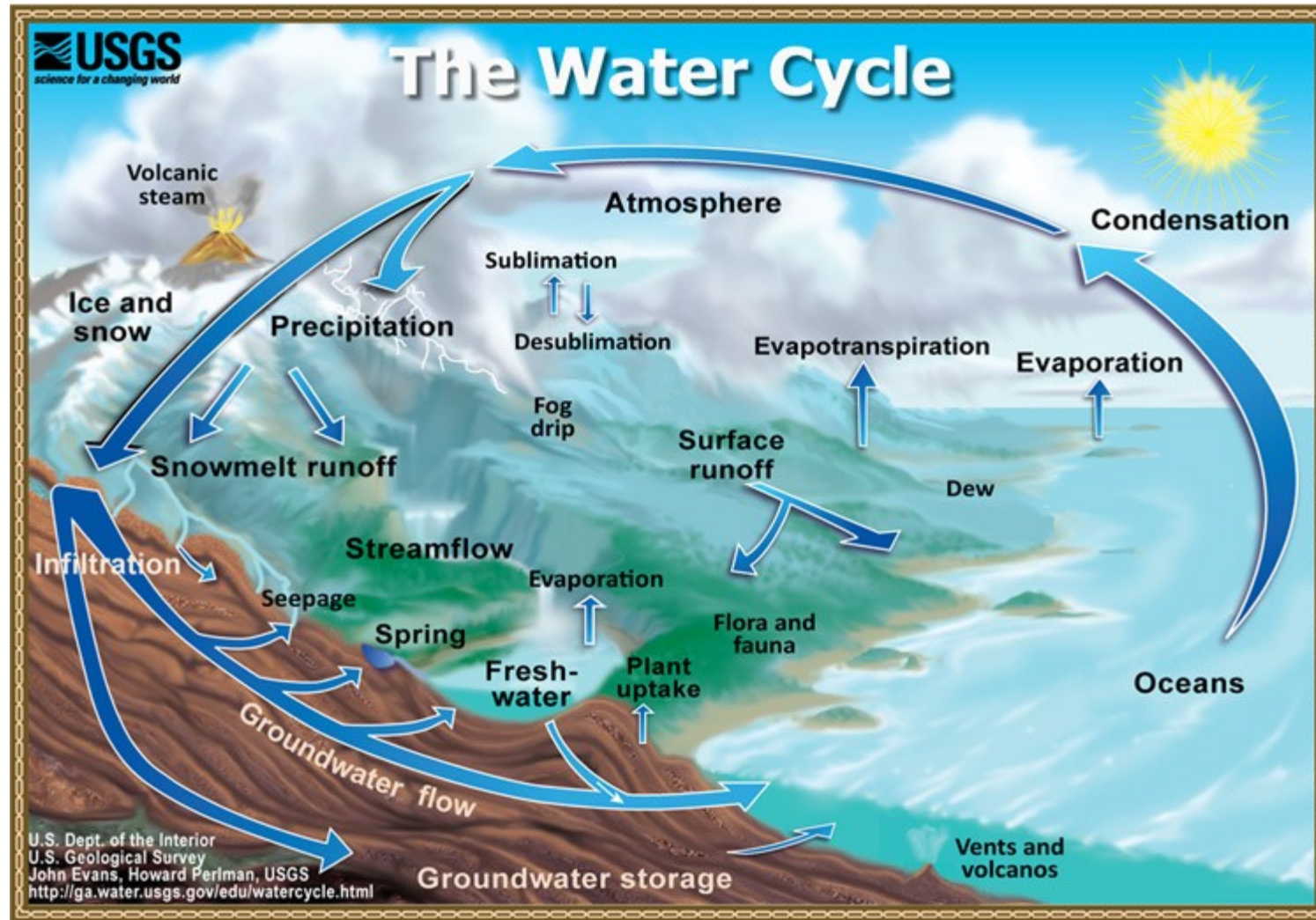
Energetický cyklus



Hydrologický cyklus



Hydrologický cyklus



Hydrologický cyklus

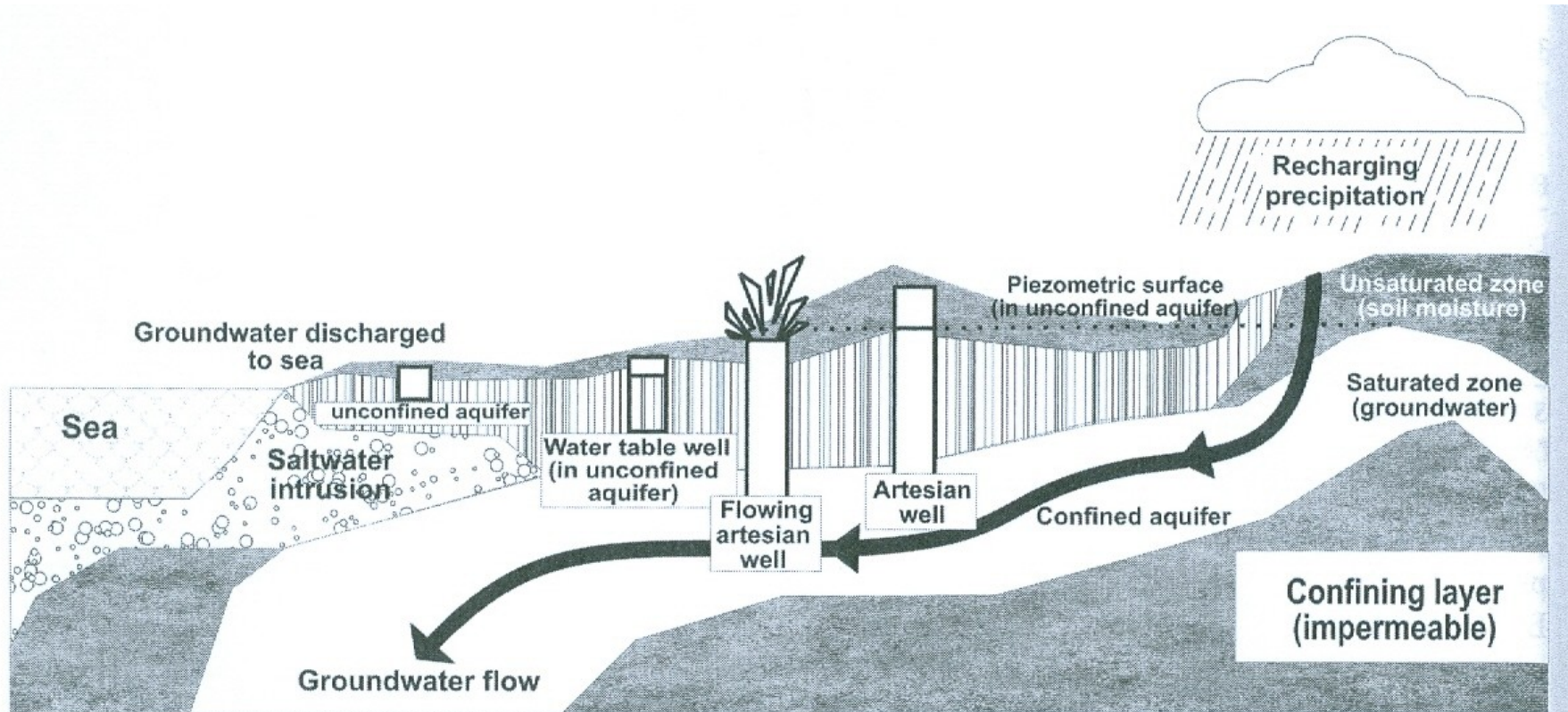
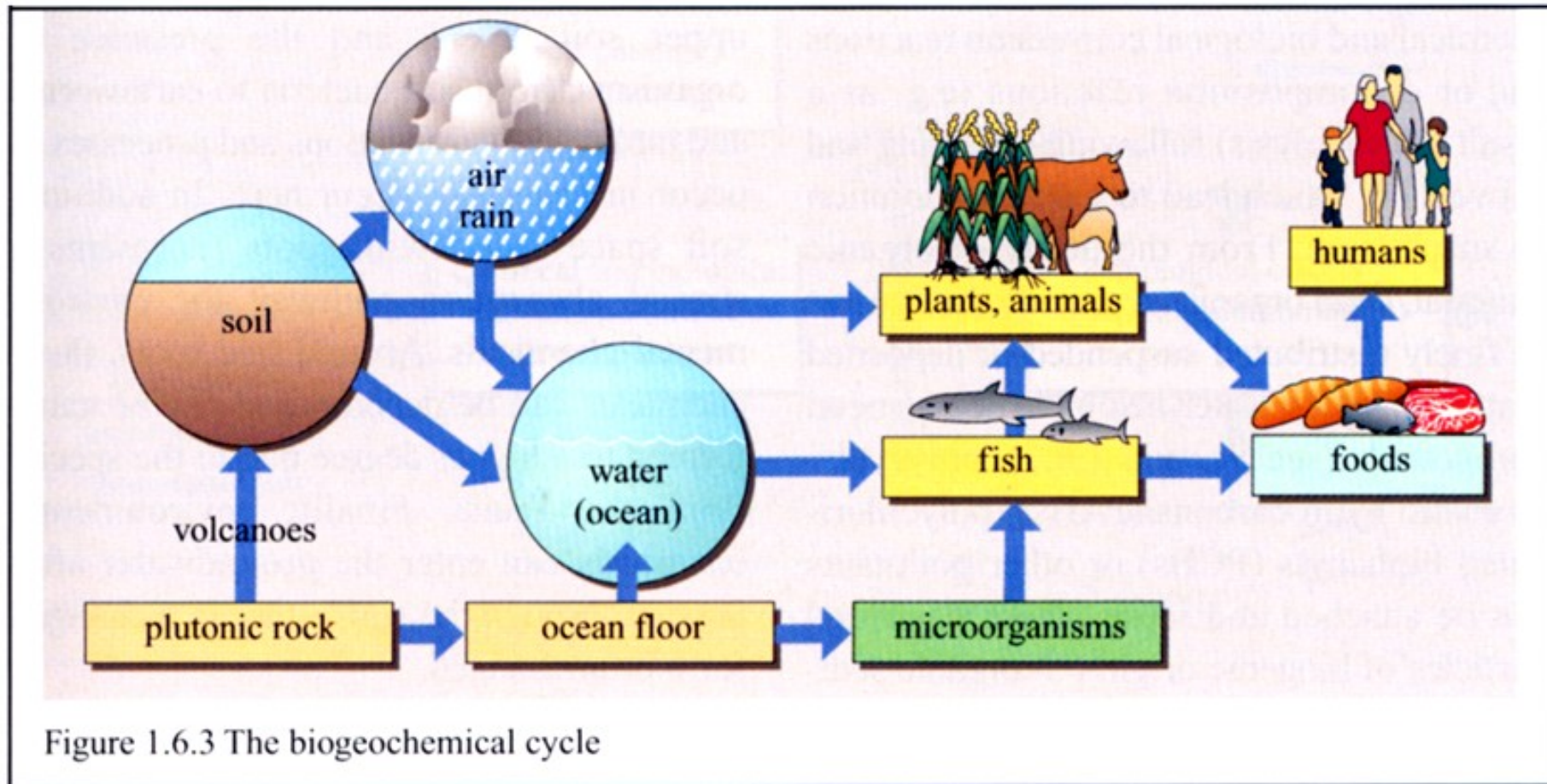
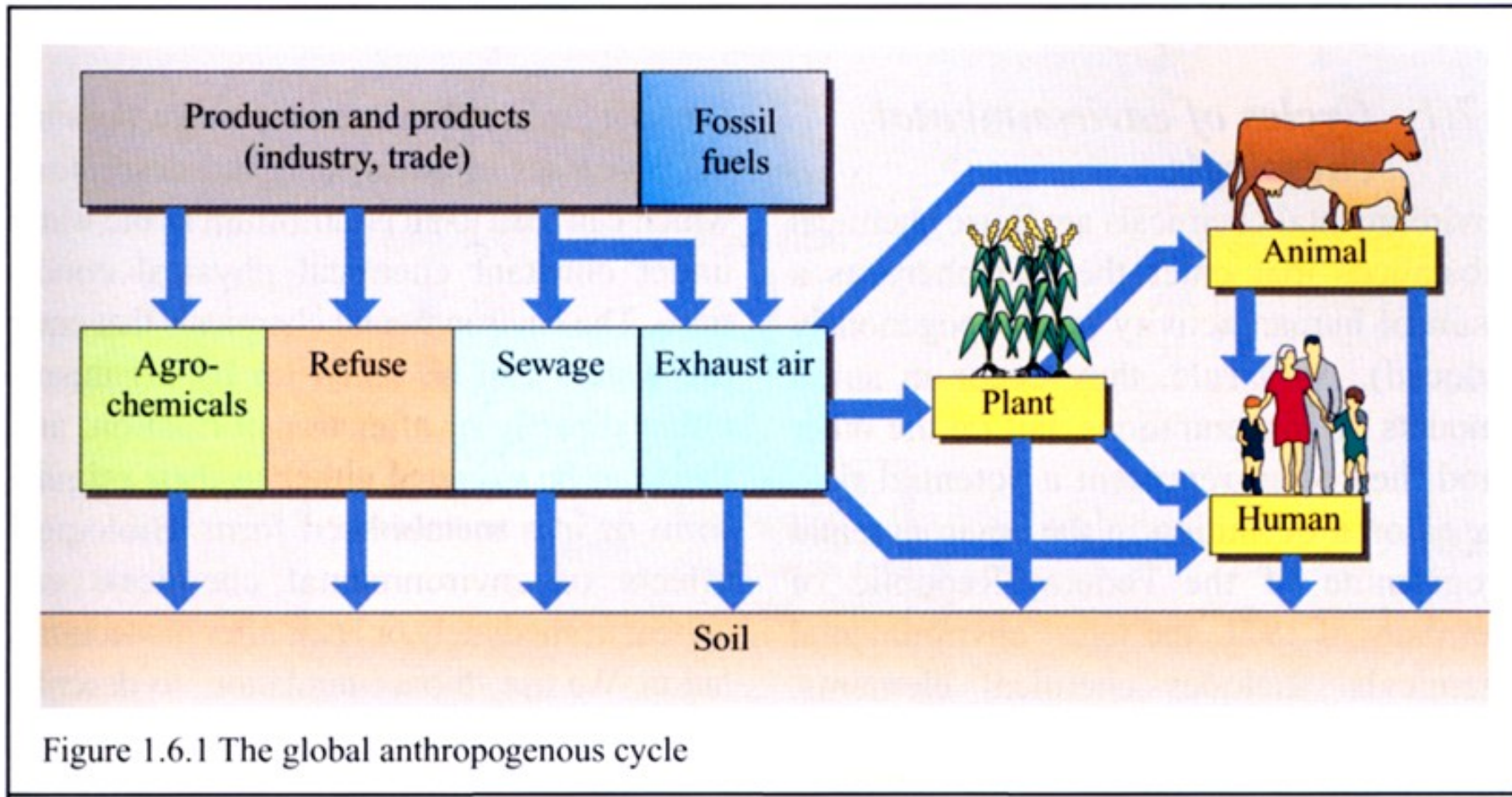


FIGURE 6.4. Types of aquifers, wells, and groundwater flow. (Adapted from: Environment Canada).

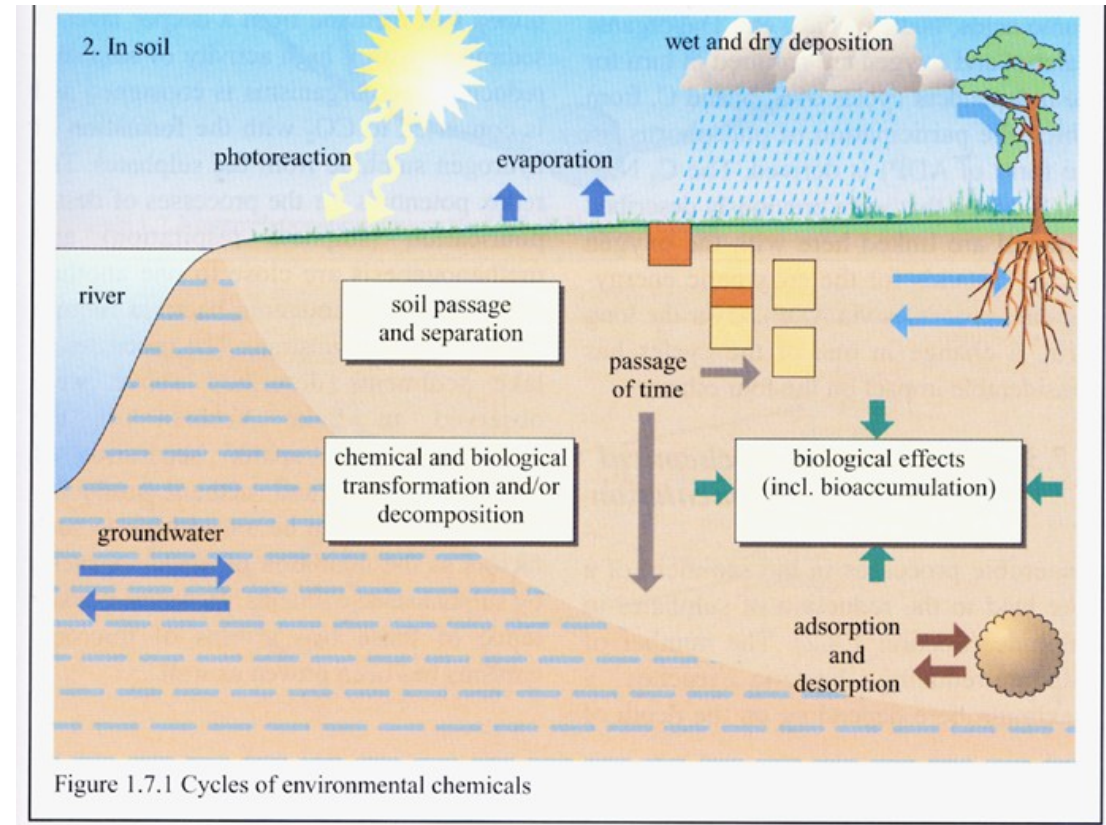
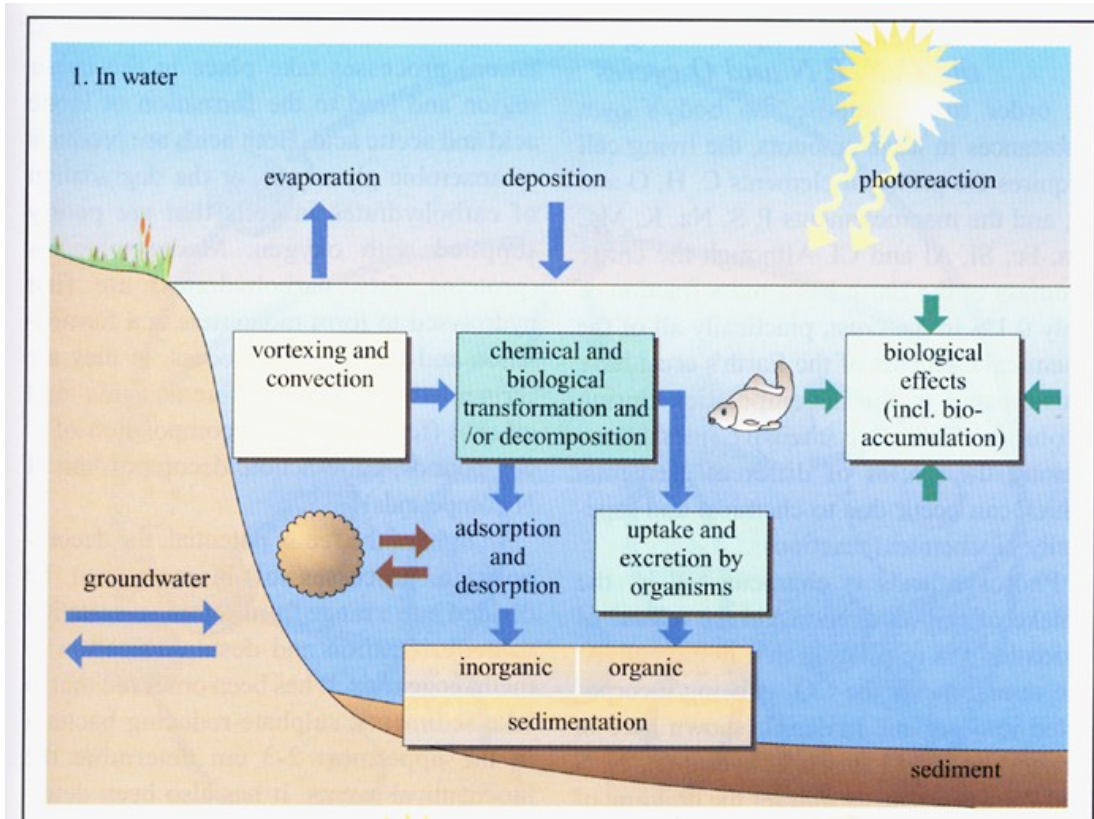
Biogeochemický cyklus



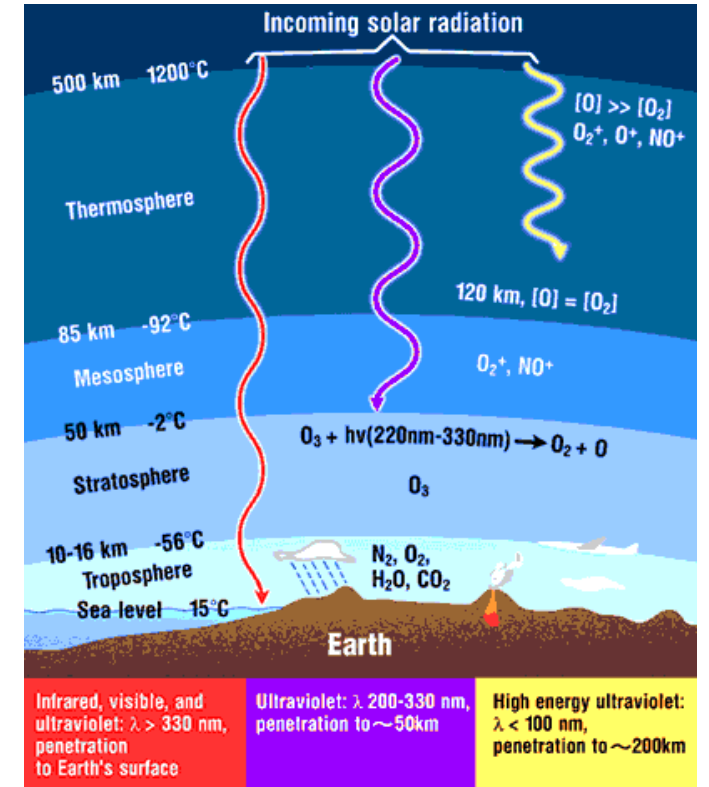
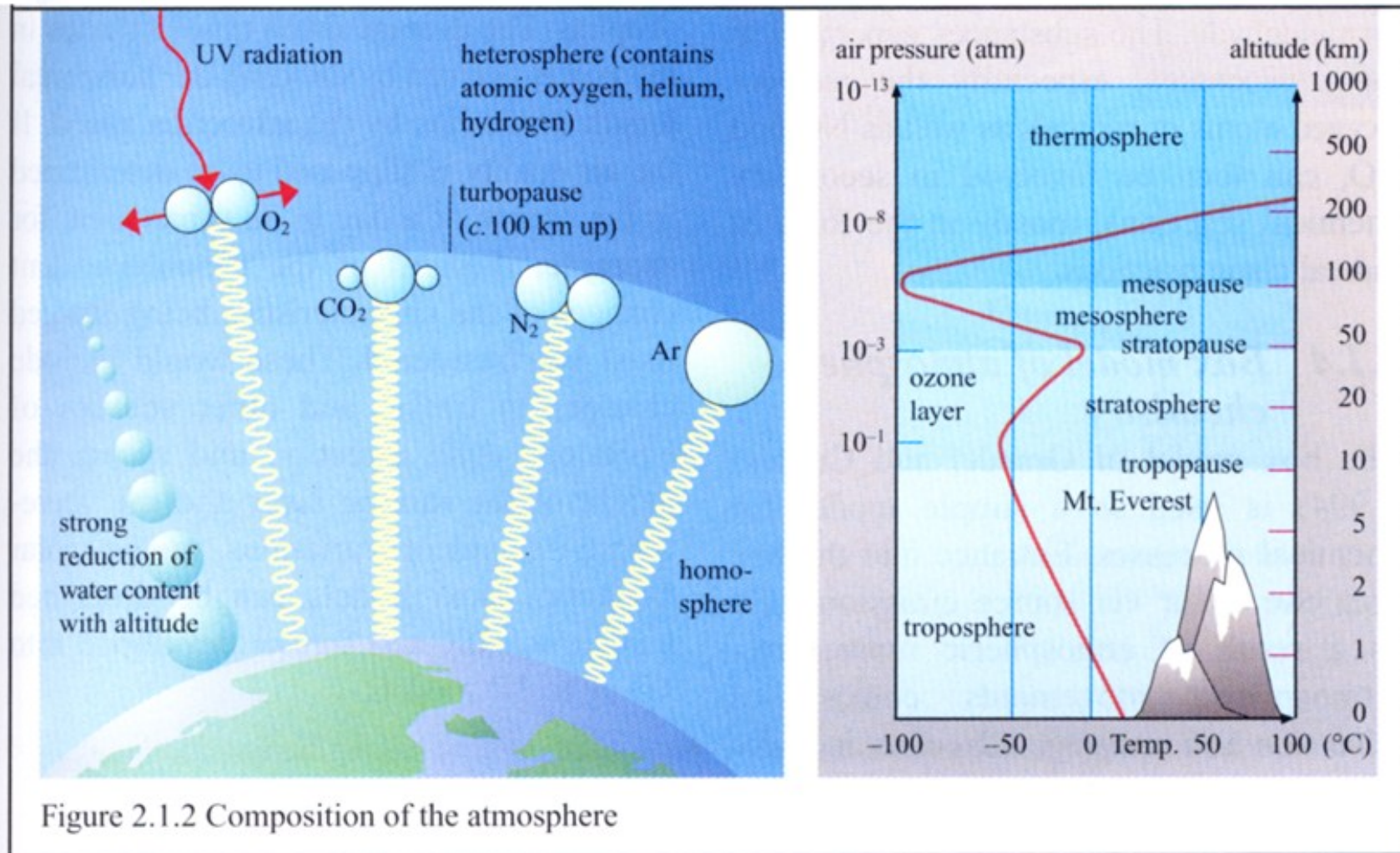
Globální antropogenní cyklus



Cyklus látek v prostředí



Ovzduší - atmosféra



Otevřený oceán

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

Koncentrace plynná fáze

Výměna plynů

Atmosférická hmota a srážky

Suchá a mokrá depozice

Mořský sprej

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

Rozpuštěná fáze

C re-cycling

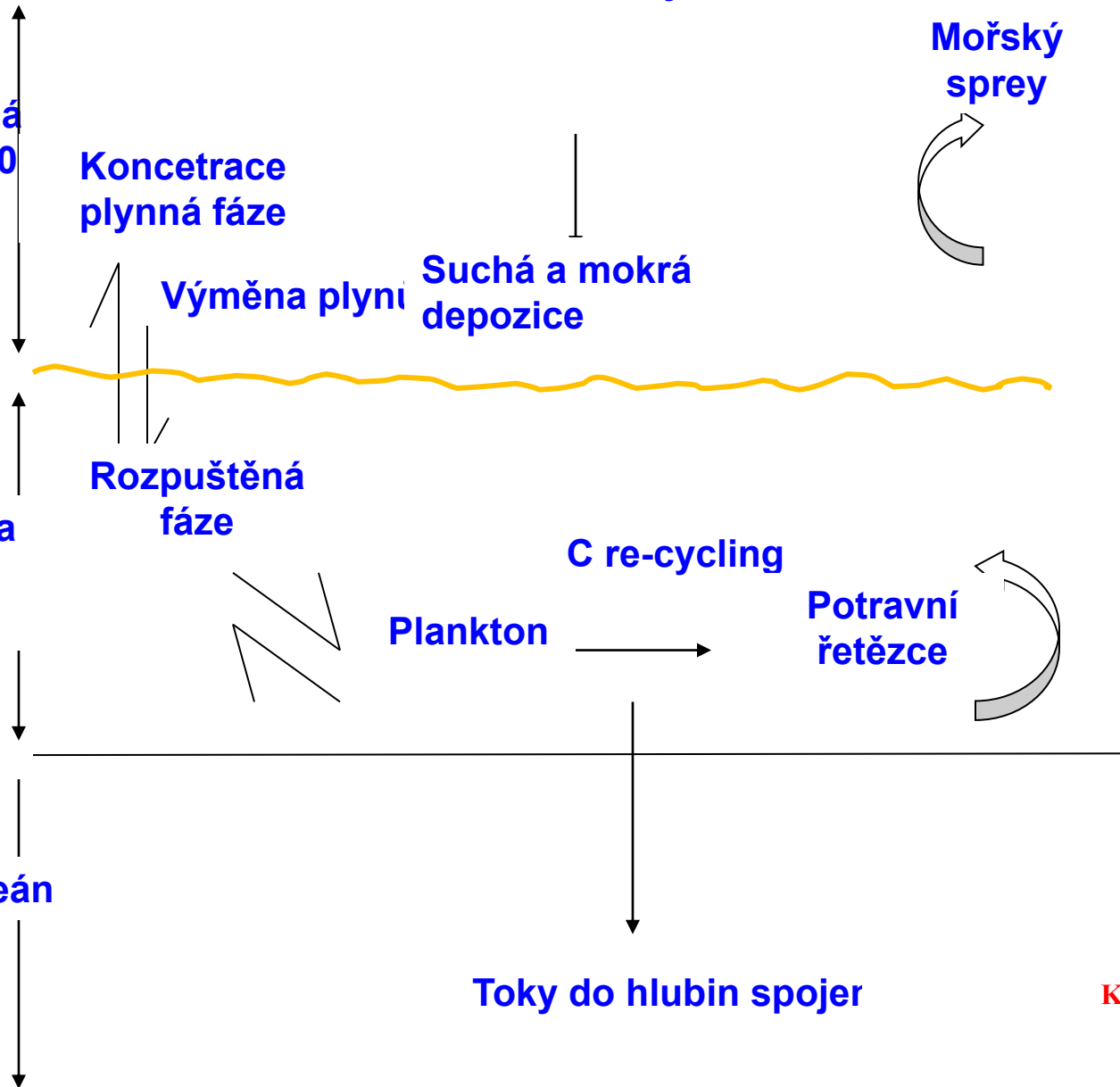
Plankton

Potravní řetězce

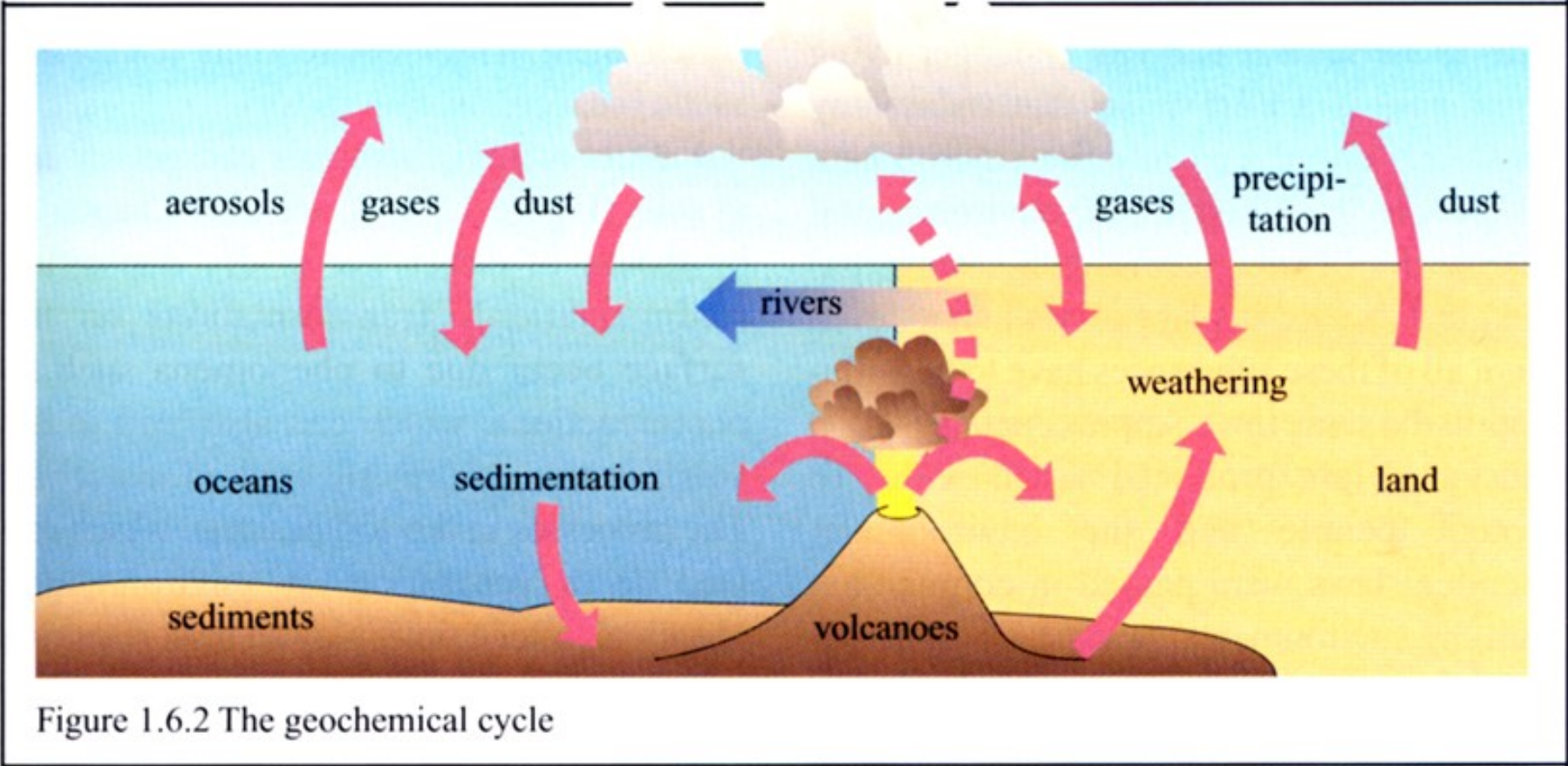
Hluboký oceán

Toky do hlubin spojer

K. C. Jones

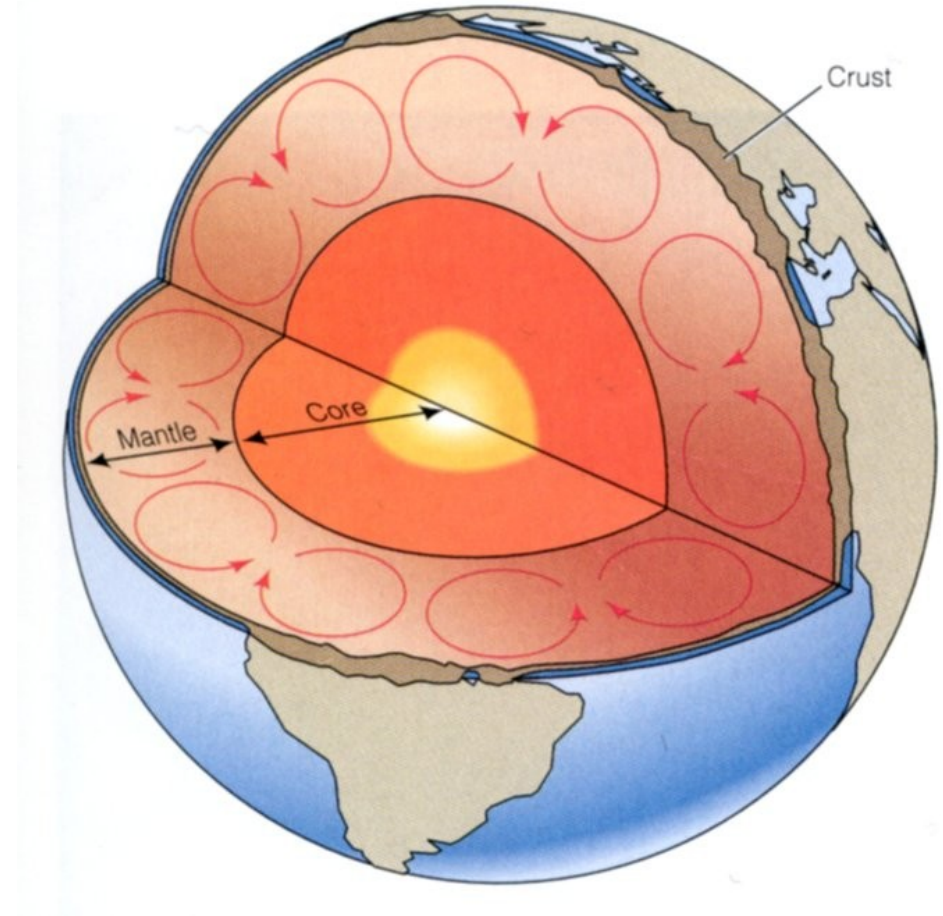


Geochemický cyklus

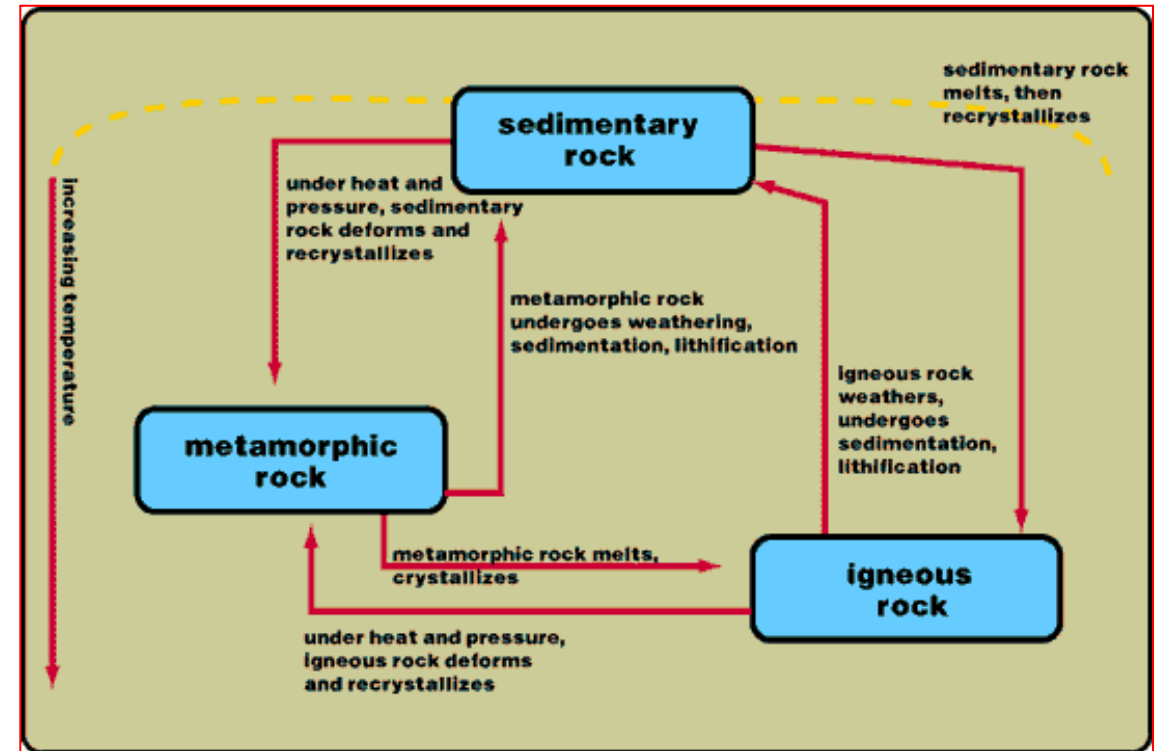
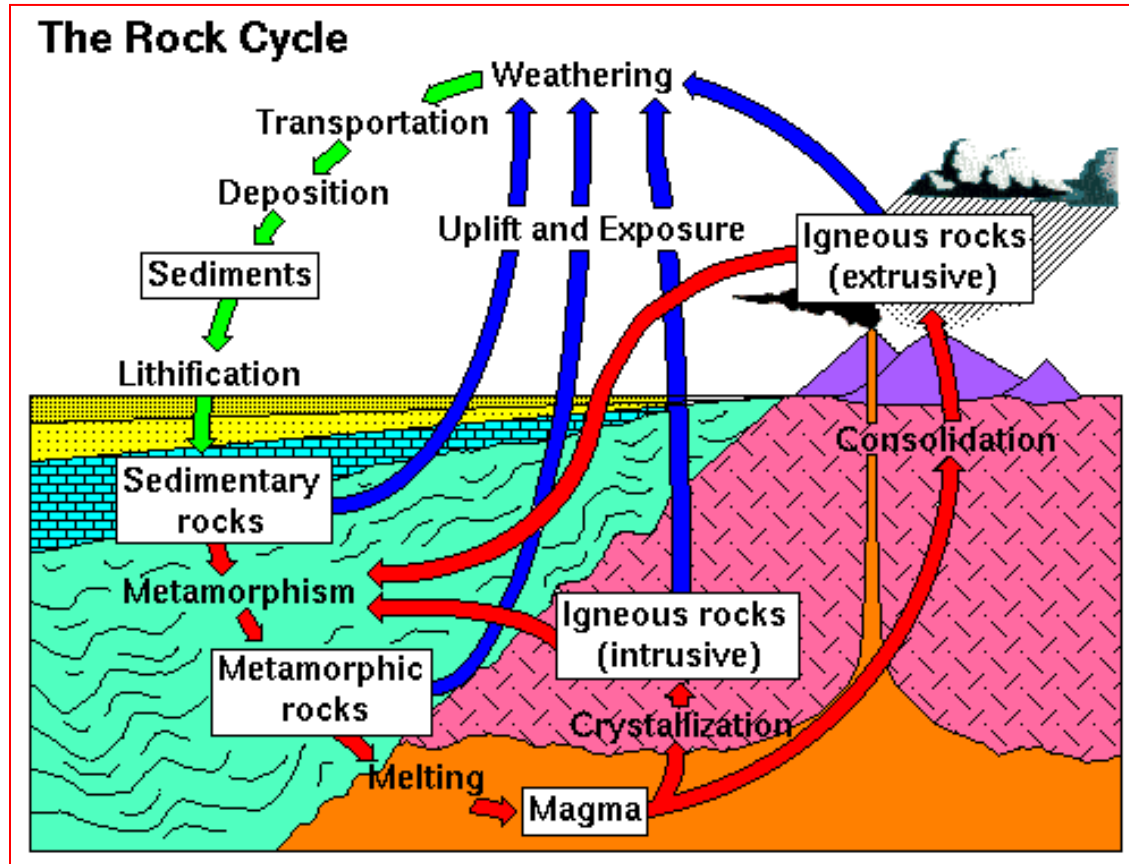


Geosféry a horninový cyklus

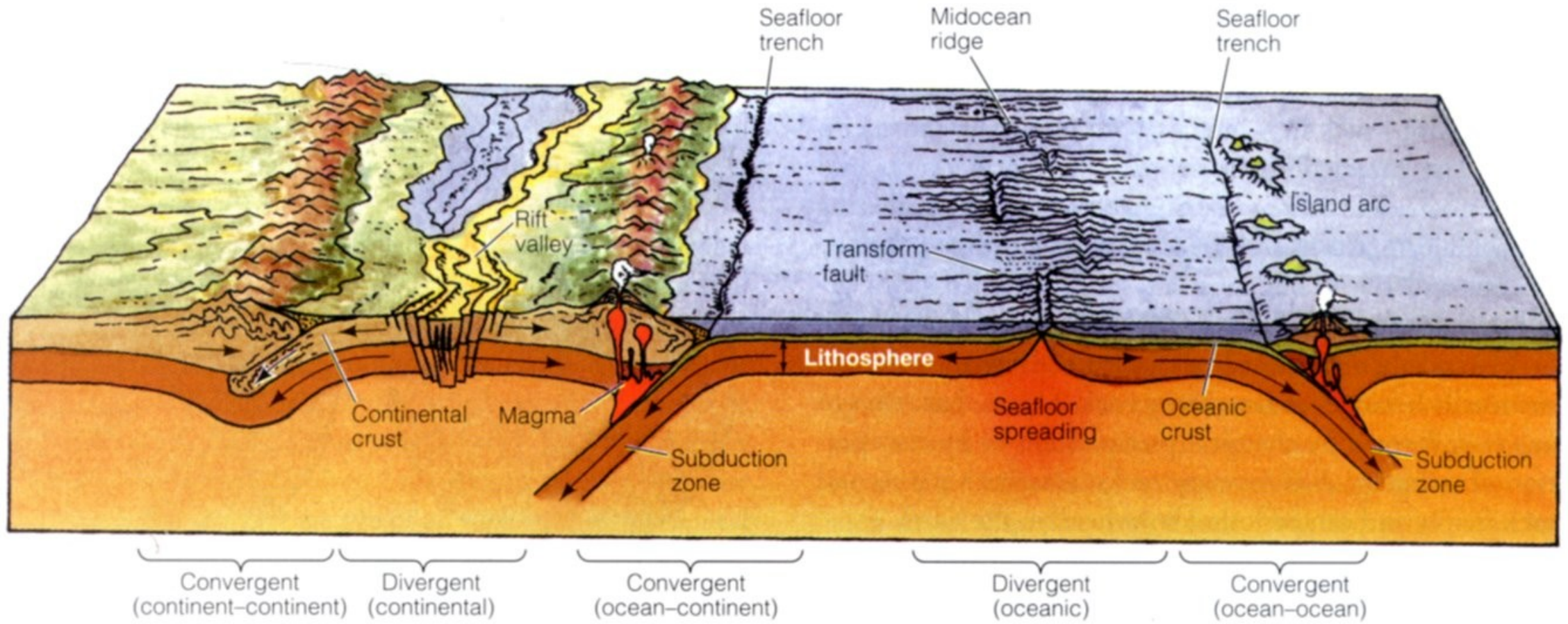
- ↻ **Geosféry**
- ↻ **Zvětrávání a půdy**
- ↻ **Ztráta půdy**



Geosféry a horninový cyklus



Geosféry a horninový cyklus



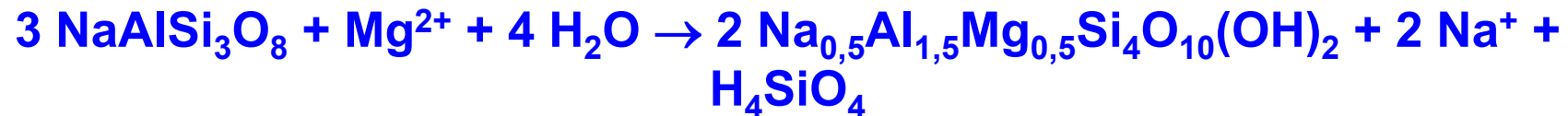
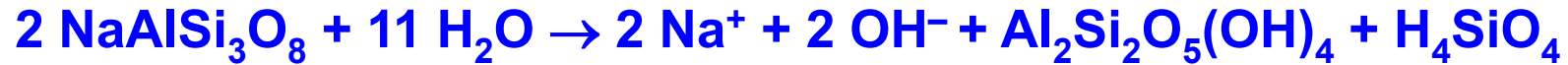
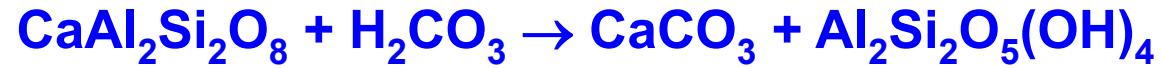
Zvětrávání



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

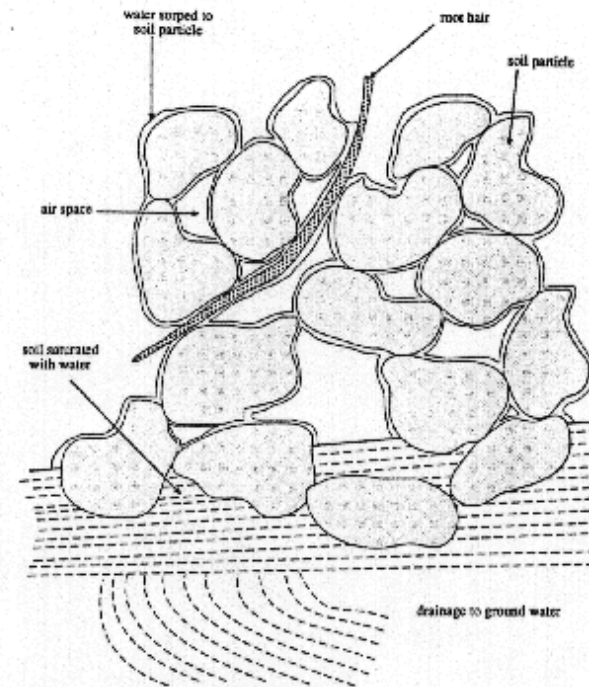
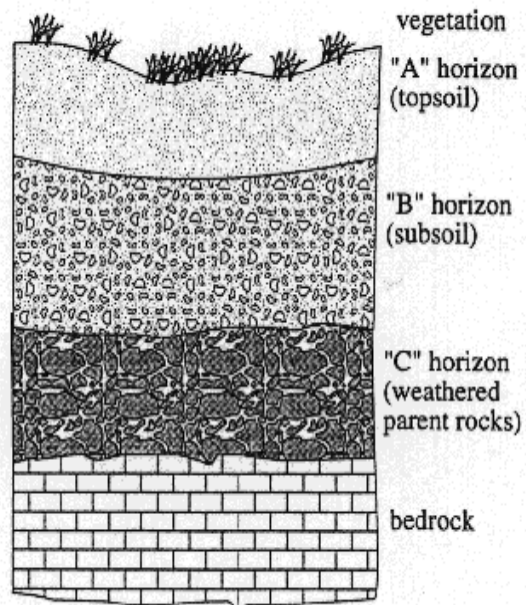
Zvětrávání



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

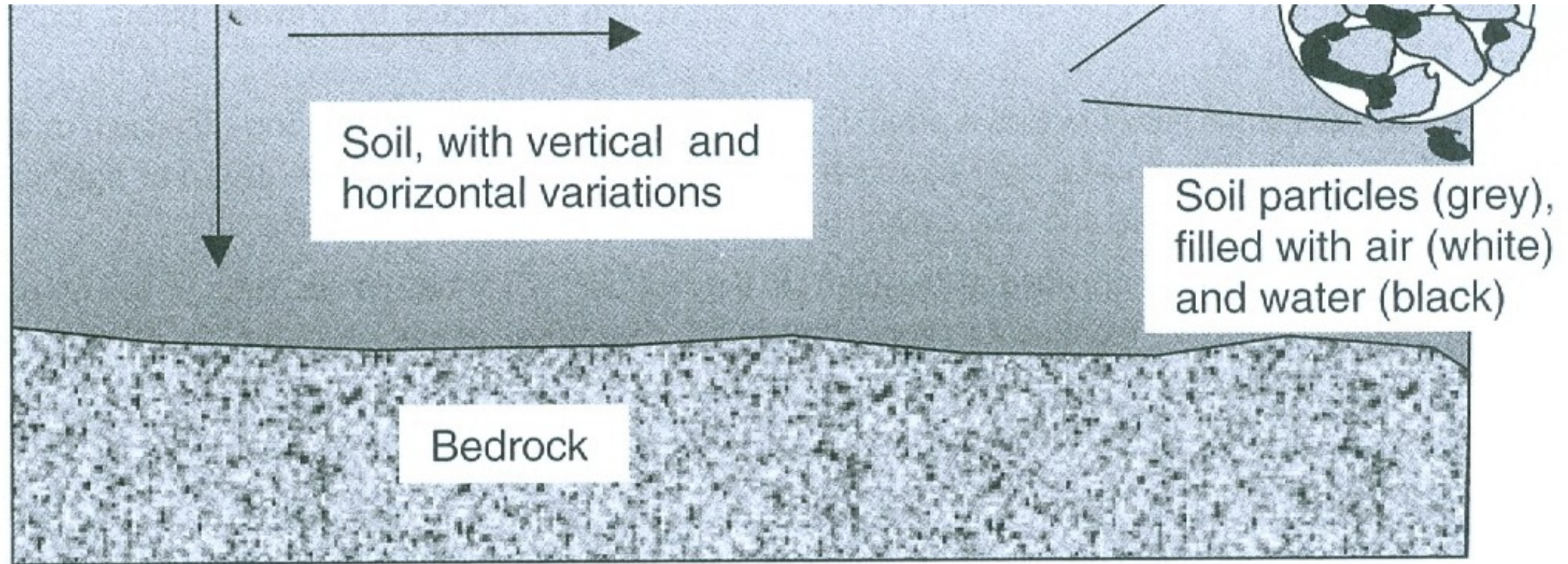
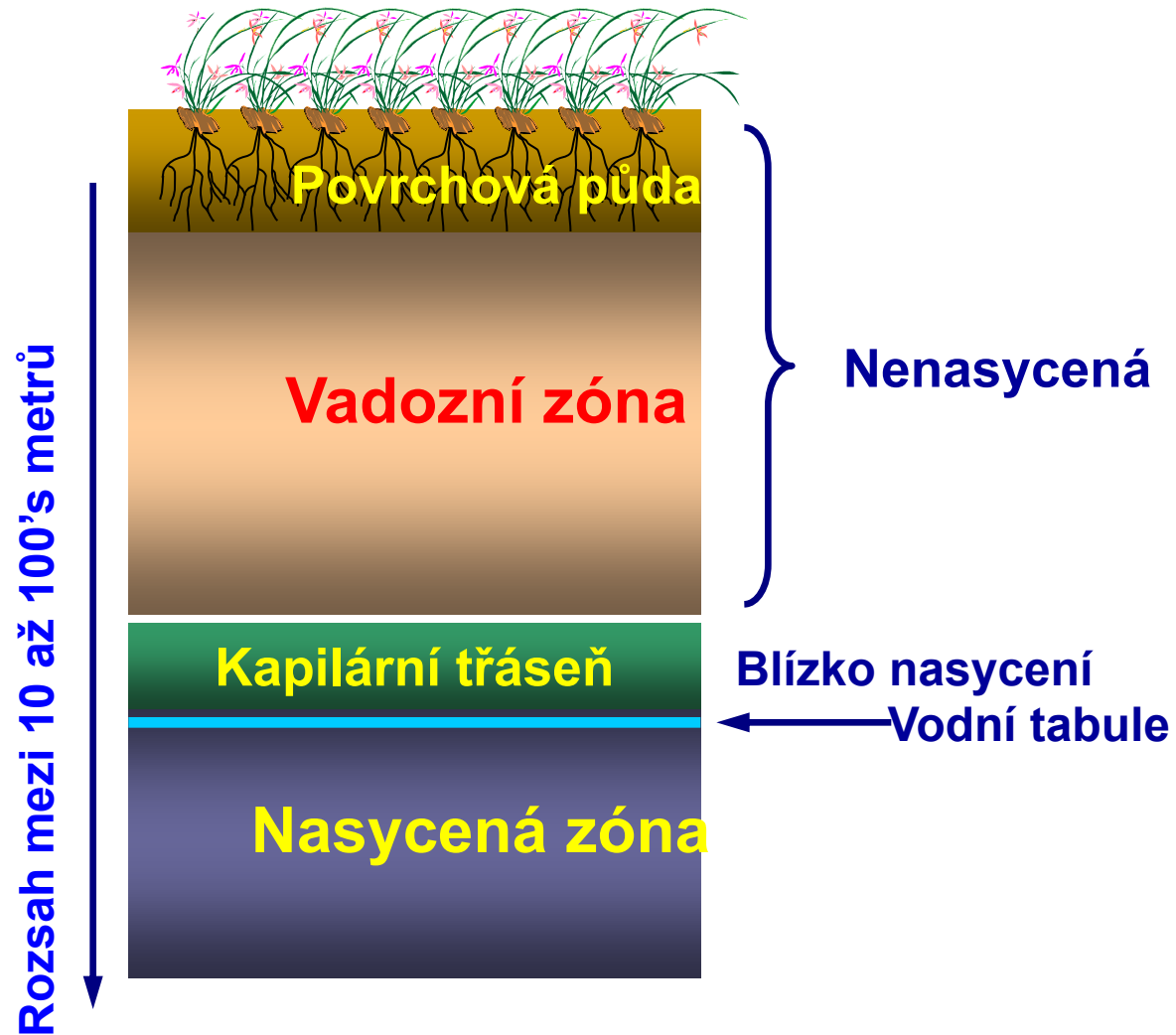


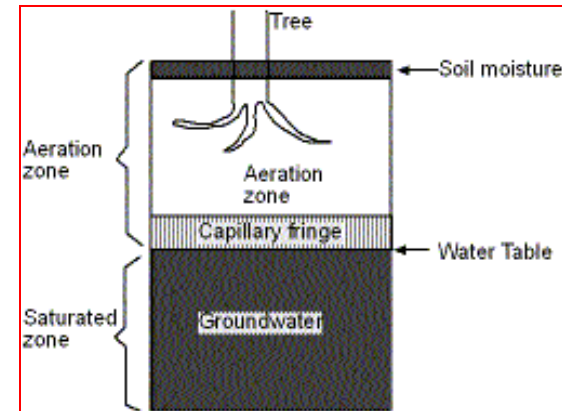
Fig. 17.2 Soil, the surface layer of much of the terrestrial environment. A three-phase mixture, it consists of finely divided organic and inorganic particles and pore spaces filled with water

Lito-ekosféra



Každá zóna obsahuje:

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



Geochemie půdy

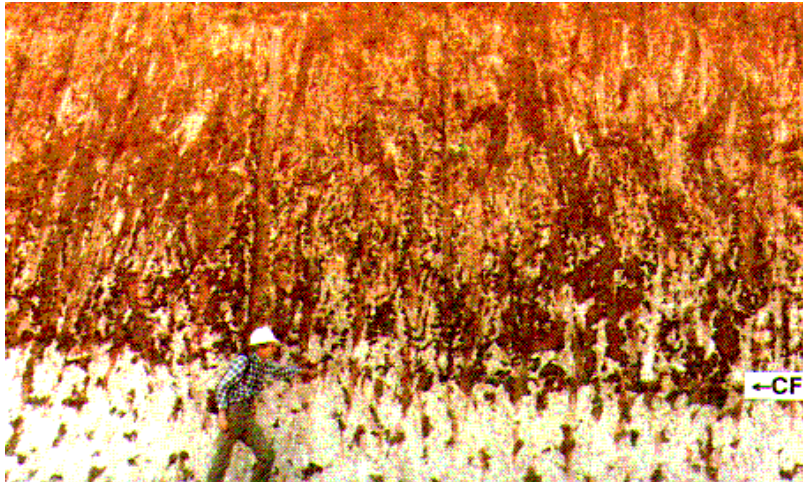


- **Acidobazické a výměnné reakce v půdách**
- **Makroživiny**
- **Mikroživiny**
- **Pesticidy a chemické odpady v půdách**
- **Ztráta půdy - dezertifikace**

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

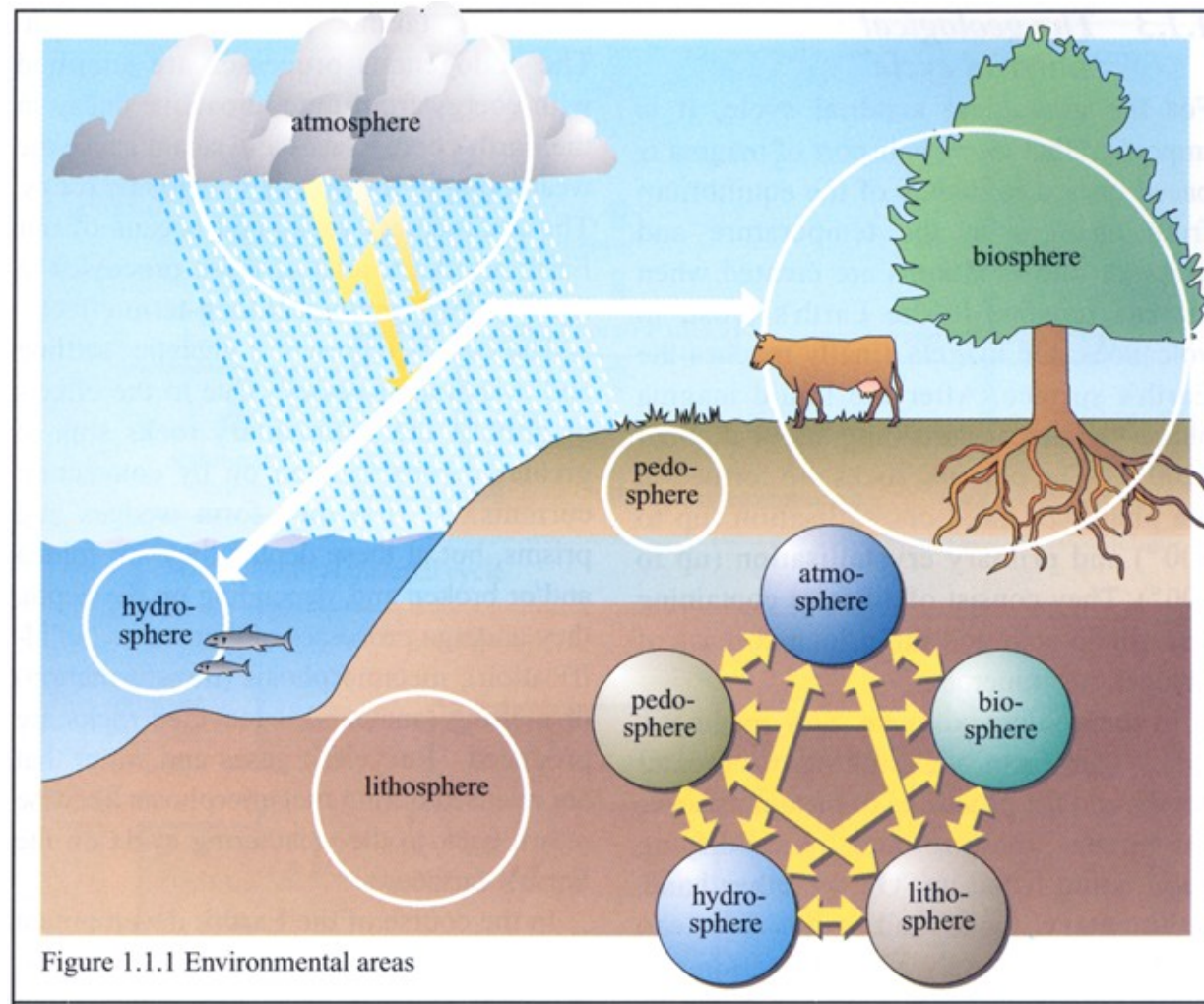


Organismy

- 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)

Ekosystém

```
graph LR; Ekosystém[Ekosystém] --> Biocenóza[Biocenóza – společenstvo druhů organismů]; Ekosystém --> Biotop[Biotop, ekotop – územní jednotka se stejnými půdními, klimatickými, tvarovými znaky];
```

Biocenóza – společenstvo druhů organismů

Biotop, ekotop – územní jednotka se stejnými půdními, klimatickými, tvarovými znaky

Typy ekosystémů

Podle míry ovlivnění člověkem rozlišujeme

↪ přírozené ekosystémy (bučina, rašeliniště aj.)

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

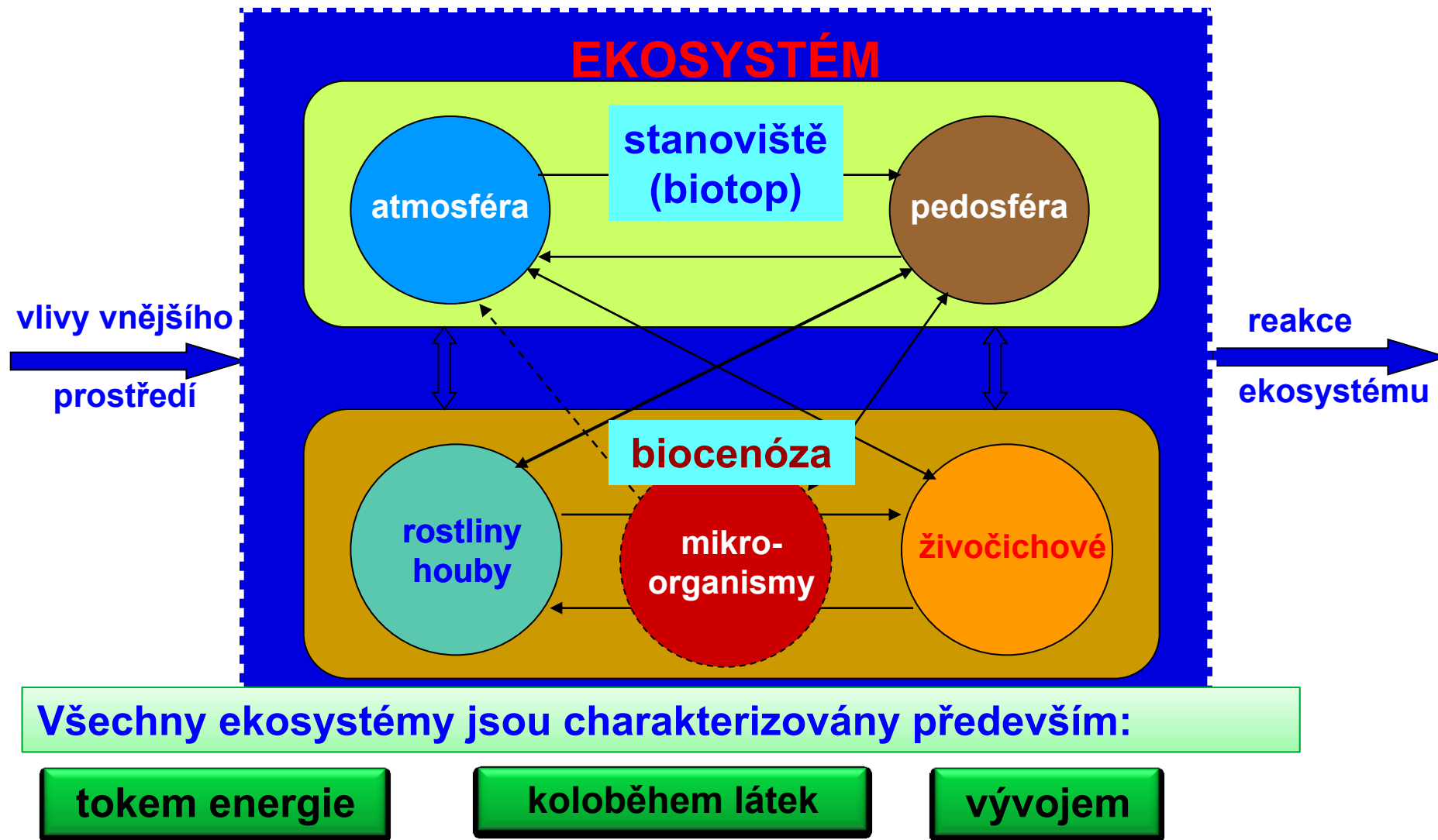


Typy ekosystémů (biotopů) v ČR

- **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**

Chytrý 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



Ekosystém – otevřený systém

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

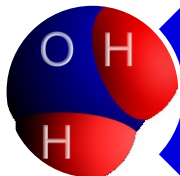
Vstupy:



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

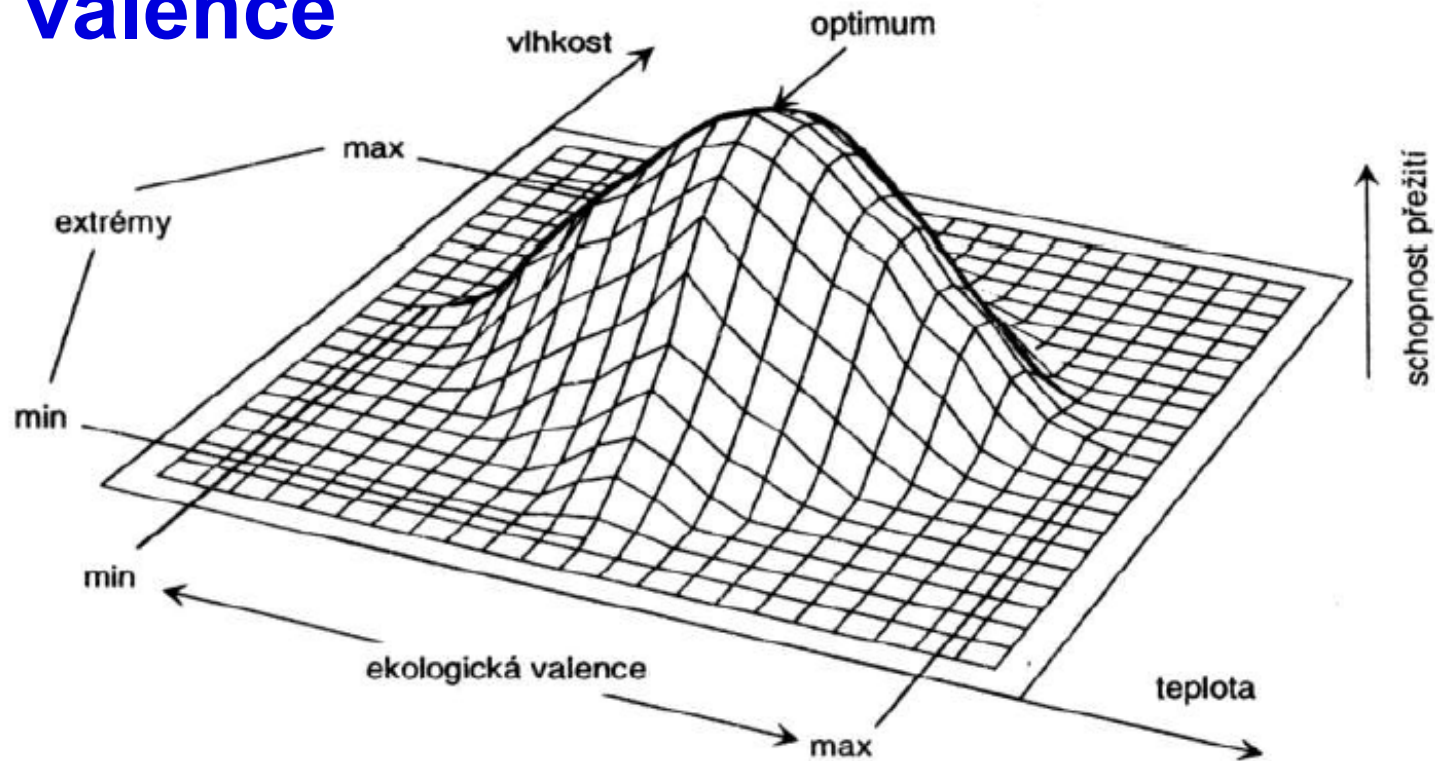
Úrovně biologické organizace: molekula – část buňky – buňka – tkáň – orgán – organismus – populace – společenstva organismů – ekosystém - biom

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

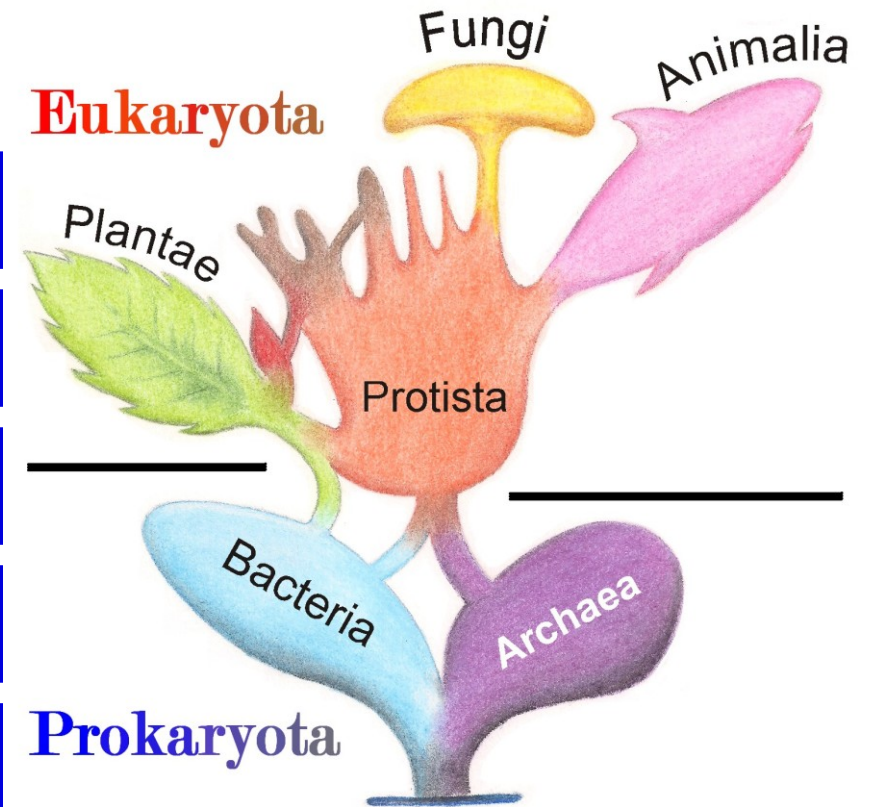
(*Monera*)

(*Protozoa*)

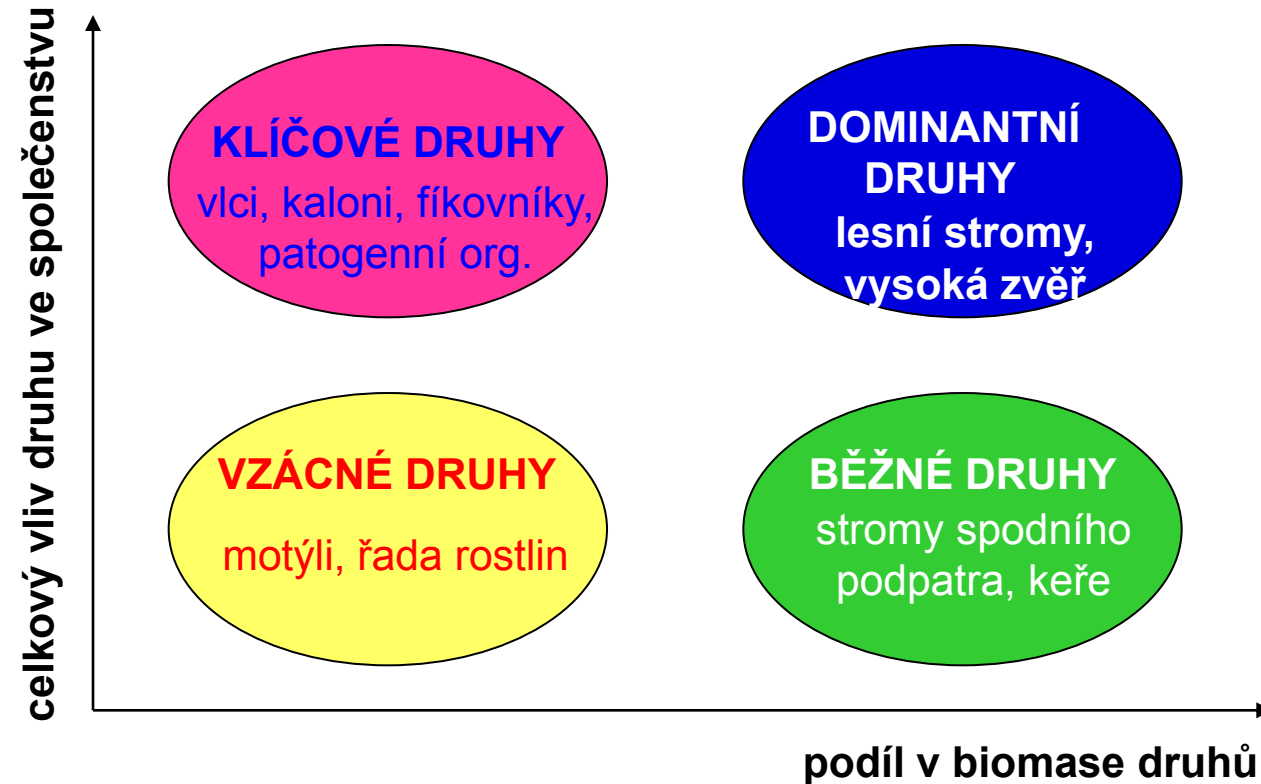
(*Plantae*)

(*Fungi*)

(*Animalia*)



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



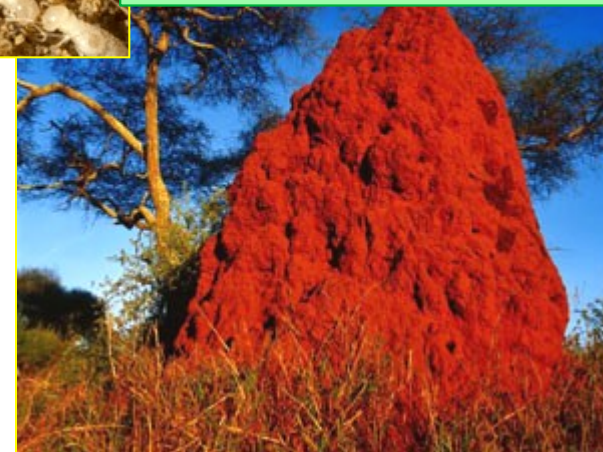
Odstranění jediného klíčového druhu může někdy vyvolat tzv. vymírací kaskádu (→ pokles biodiverzity)

Ekosystémoví stavitelé

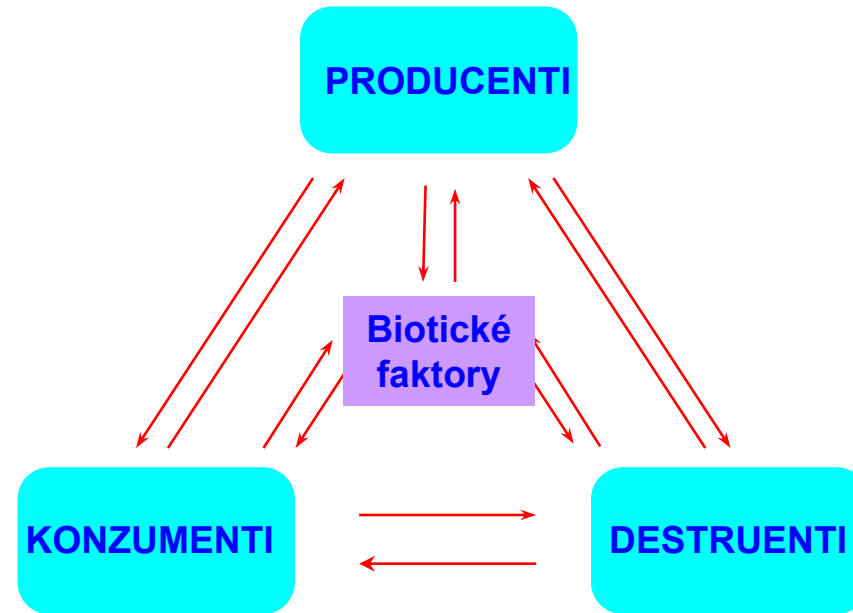
Samostatnou skupinu klíčových druhů představují tzv. ekosystémoví stavitelé (ecosystem engineers), kteří zásadním způsobem ovlivňují prostředí (fyzikální podmínky) společenstva i celé krajiny – např. bobři, žížaly, termiti aj.



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

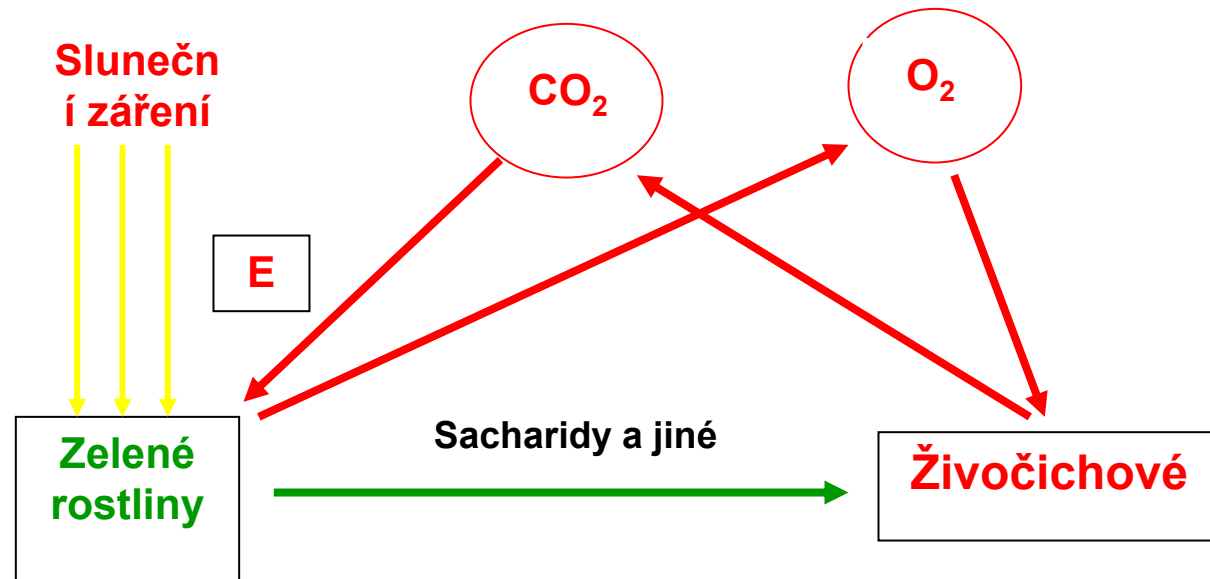
Základní typy metabolismu

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

Základní metabolismus

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

Základní proces látkové výměny: fotosyntéza (asimilace 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 S^0 a jejich sloučenin

↙ železité – oxidace Fe^{2+} na 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:

↙ SO_4^{2-} - redukce na H_2S

↙ NO_3^- - denitrifikace na N_2 , N_2O

↙ CO_2 – redukce na 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 neobyčejně pevnou vazbu molekulárního dusíku a vázat jej do organických nebo anorganických molekul

Bakterie schopné rozložit pevné, stabilní organické látky: CH₄, 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

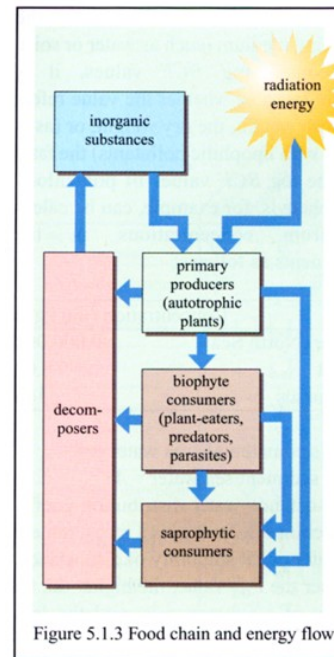
Polovina asimilované energie se ztrácí při dýchání a polovina (0,5 – 3 % dopadající E) je využito ke tvorbě biomasy

Zbytek sluneční E

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

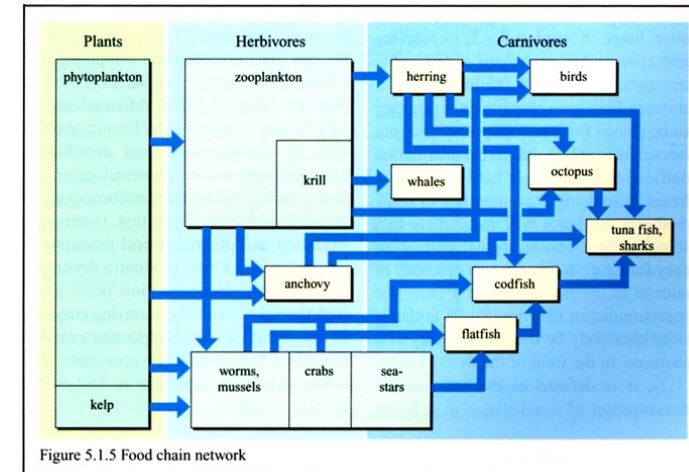
Živí se těly producentů:

- primární (býložravci)
- sekundární
- terciární



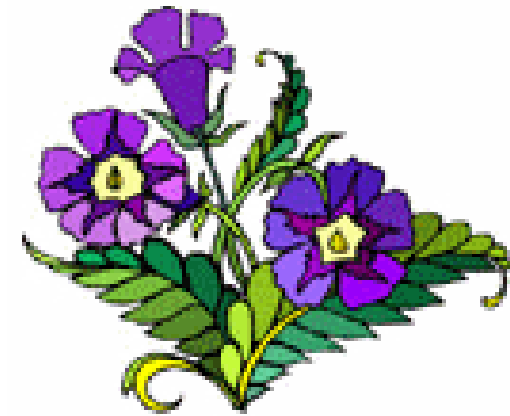
Žijí z těl a odpadů jiných organismů (zbytky, odumřelé organismy)

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).

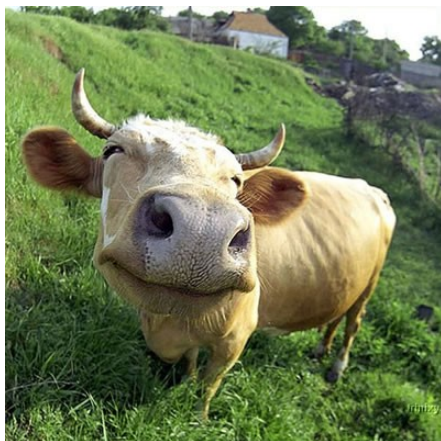


Konzumenti

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 – CO_2 , H_2O , 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

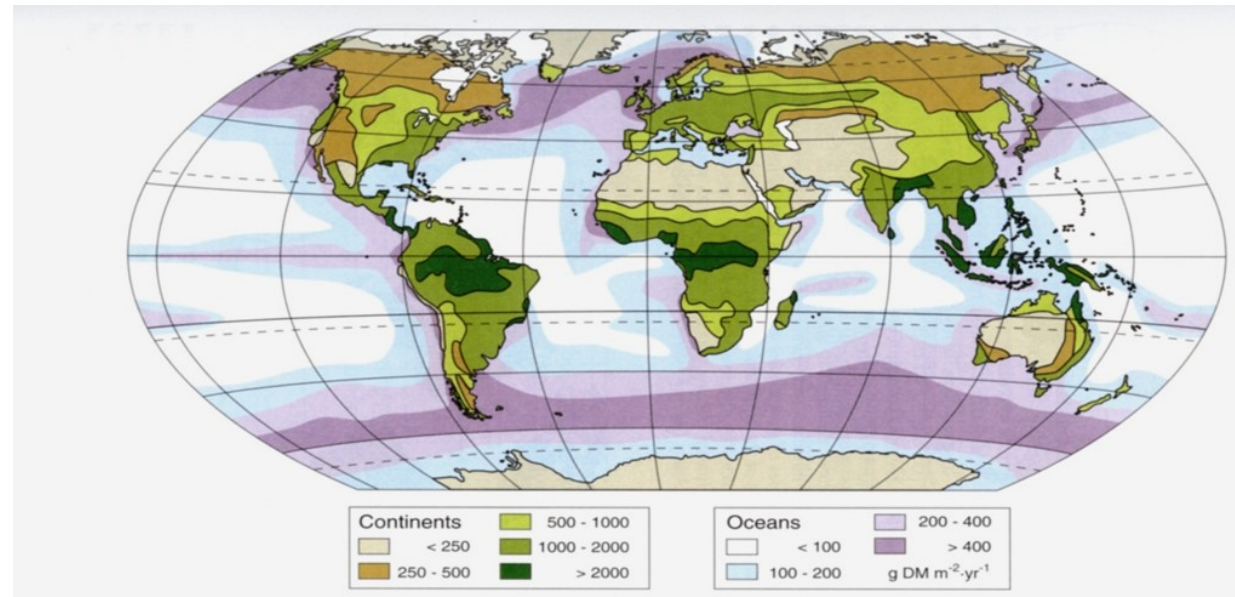
P_N - čistá primární produkce

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⁻². rok⁻¹)



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) vztahované 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.

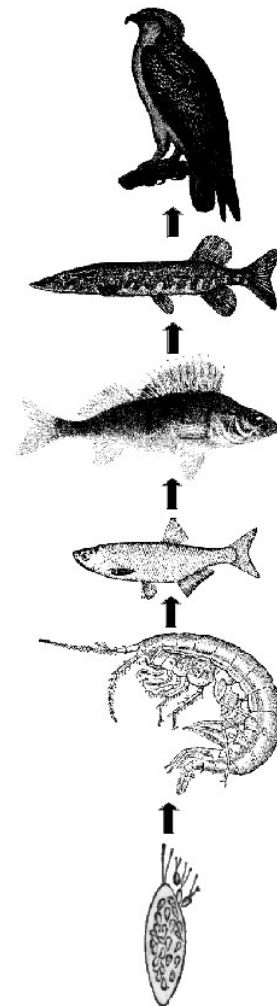
Potravní řetězce

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.



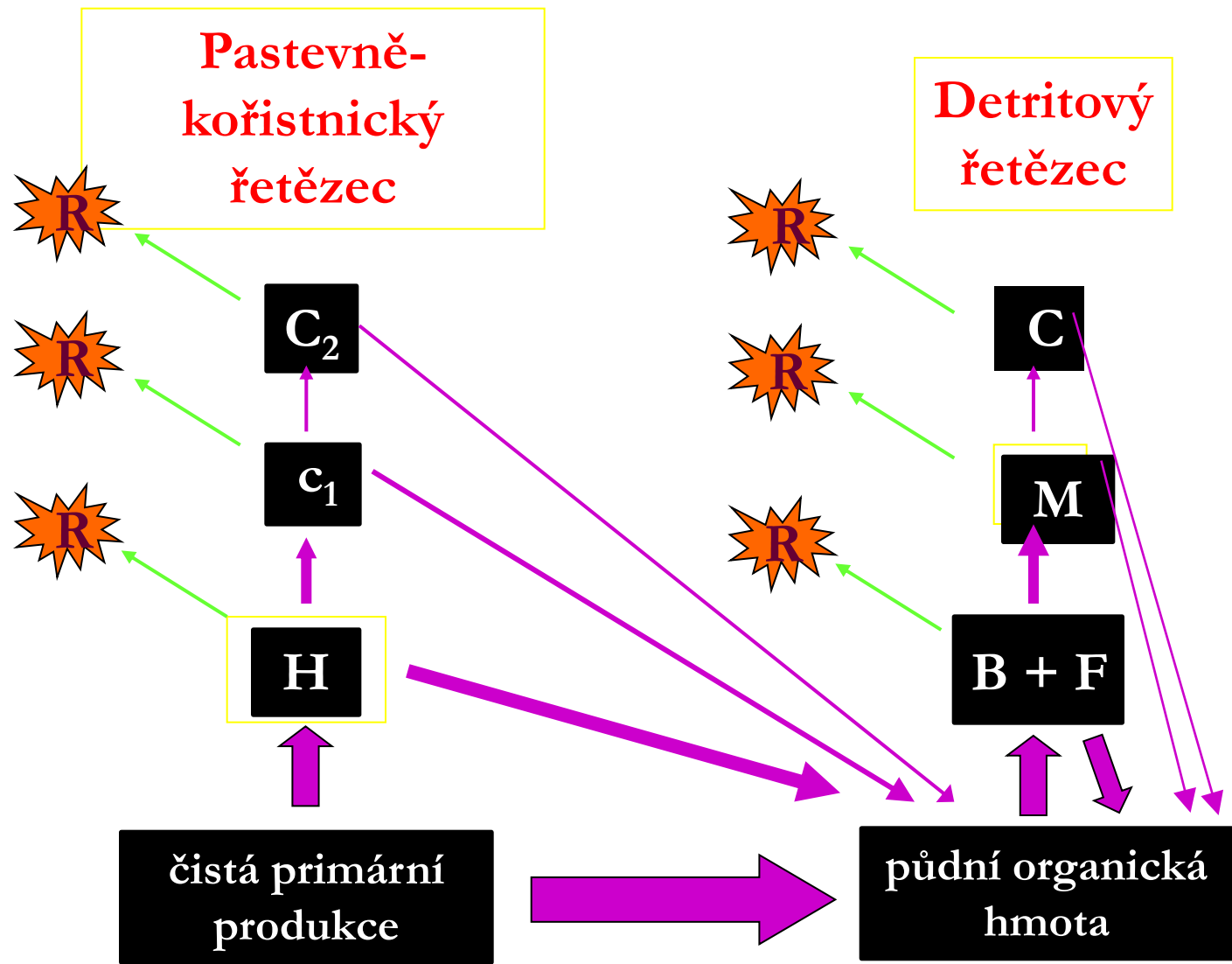
Potravní řetězce

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)

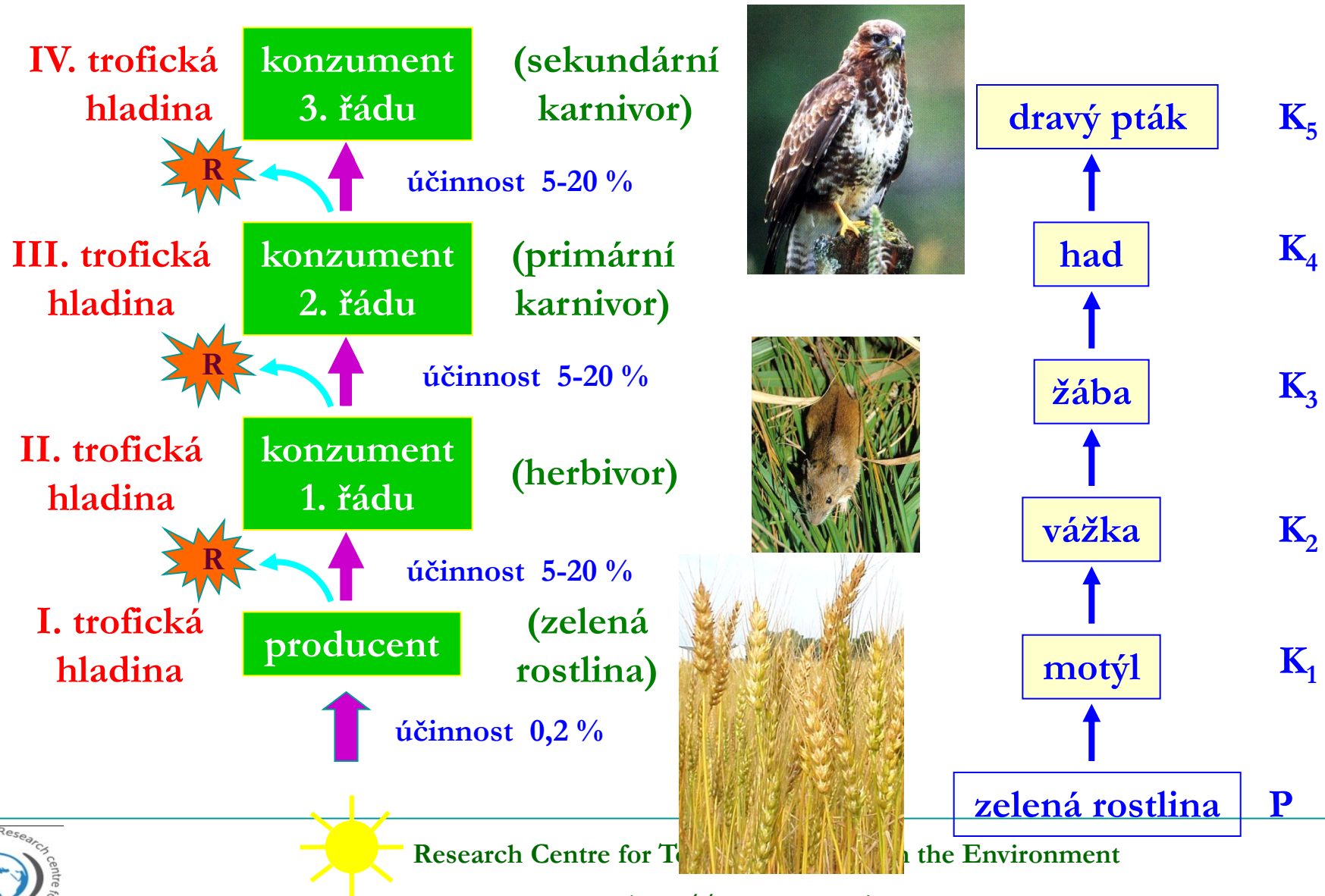
Existují 3 typy potravních řetězců (podle toho, zda začíná živou biomasou či mrtvou organickou hmotou):

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

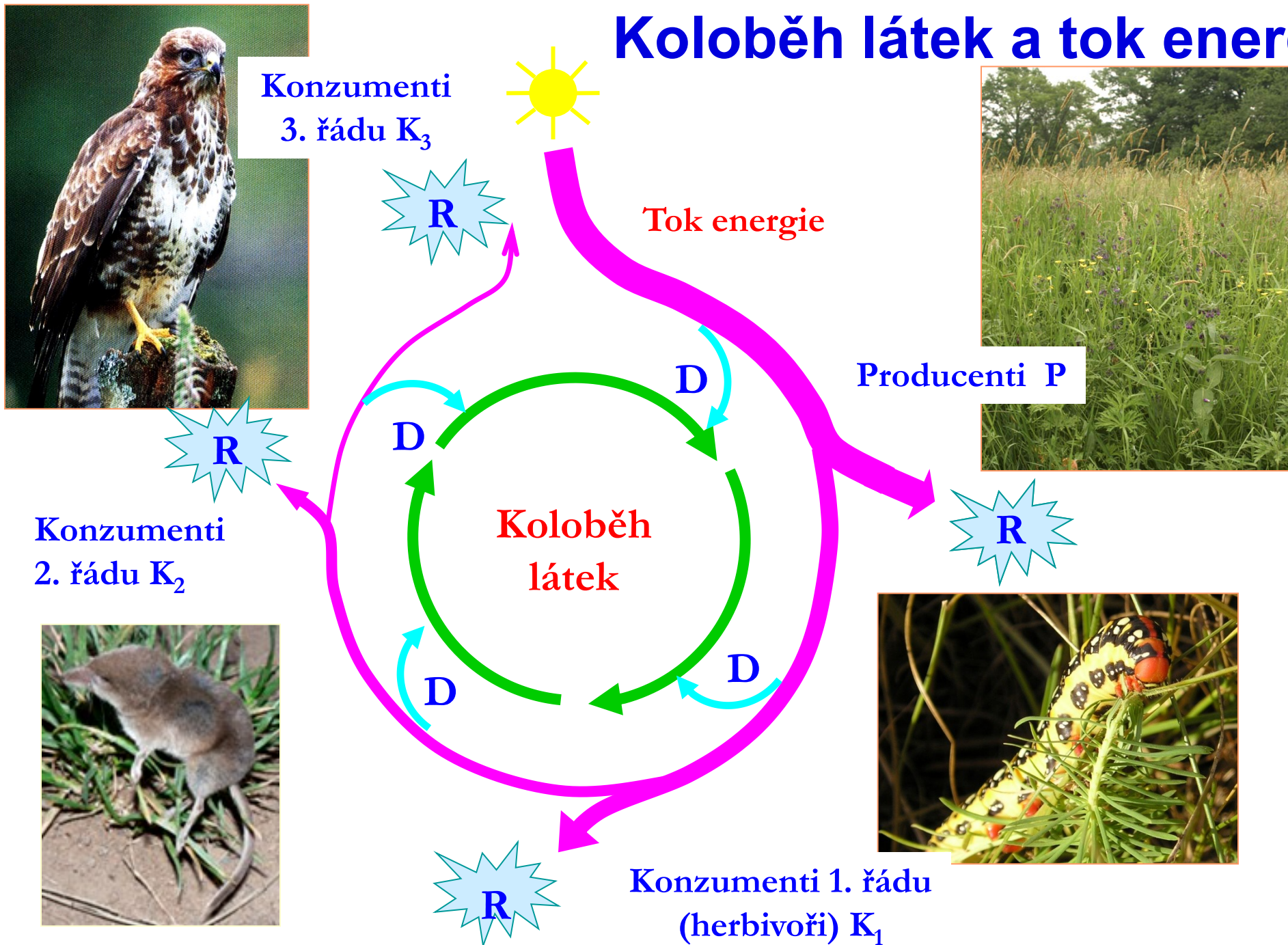


H – herbivoři, C₁- primární karnivoři, C₂- sekundární karnivoři; B – bakterie, F – houby, M – mikrobivoři (prvoci aj.), C – karnivoři, R – respirační ztráty

Pastevně-kořistnický řetězec



Koloběh látek a tok energie

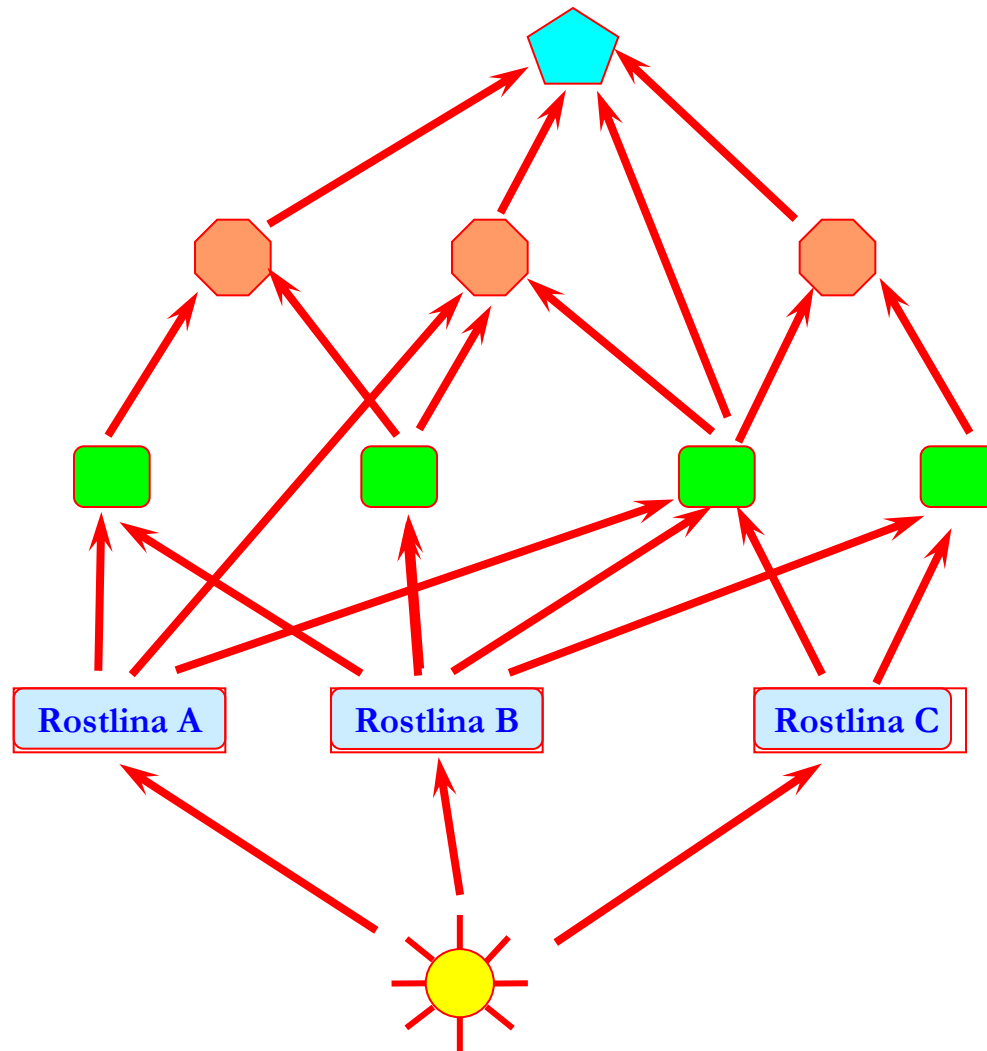


Potravní sítě

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

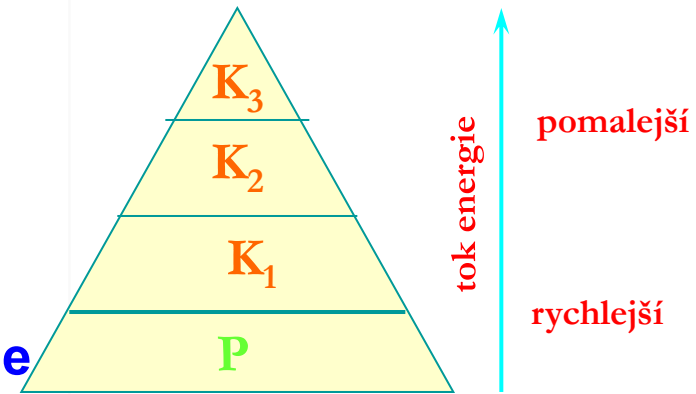
Konzumenti 1. řádu

Producenti

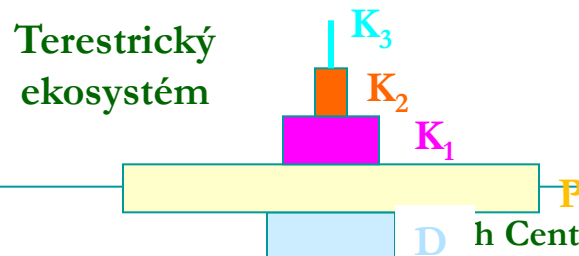
Ekologické pyramidy

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.

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

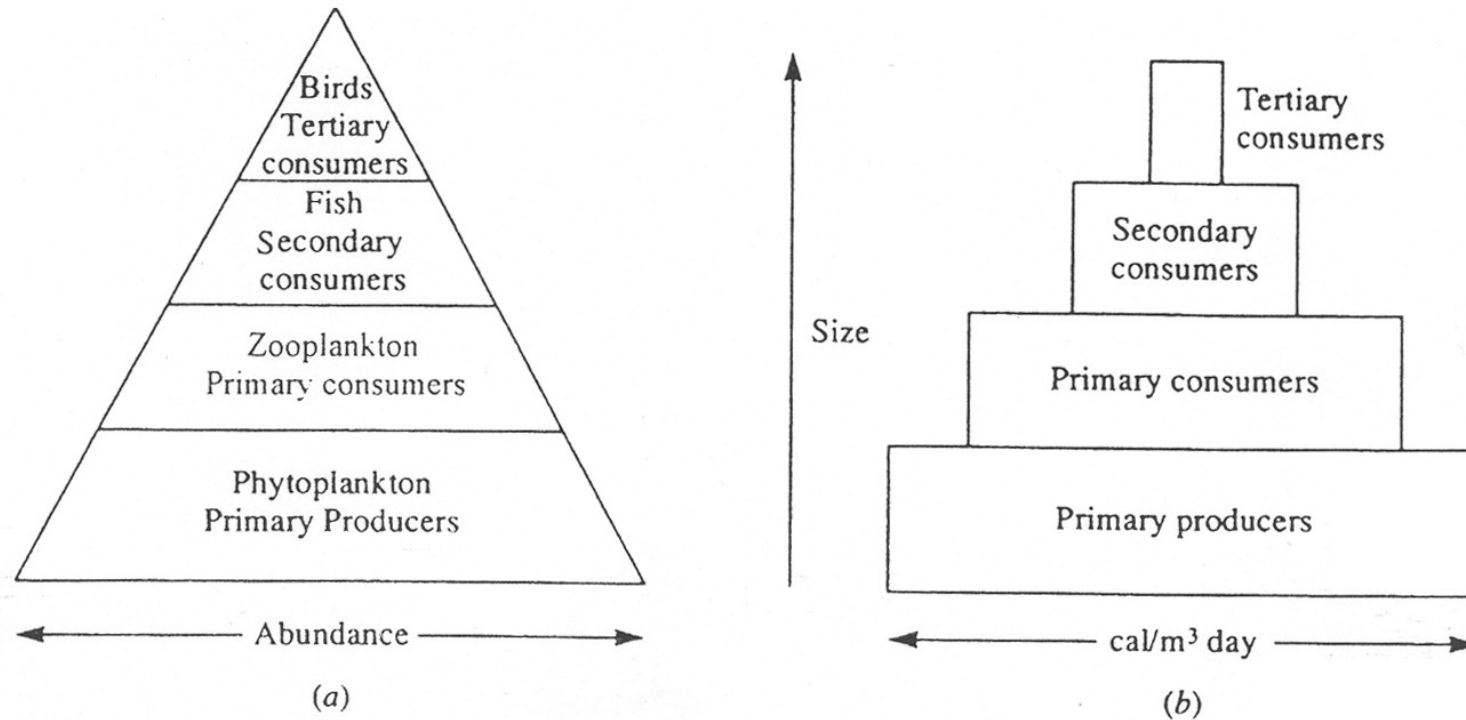


Figure 2.4 Pyramid of (a) numbers and trophic levels for an ecosystem and (b) the concept of the energy pyramid and individual size of a food chain.

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

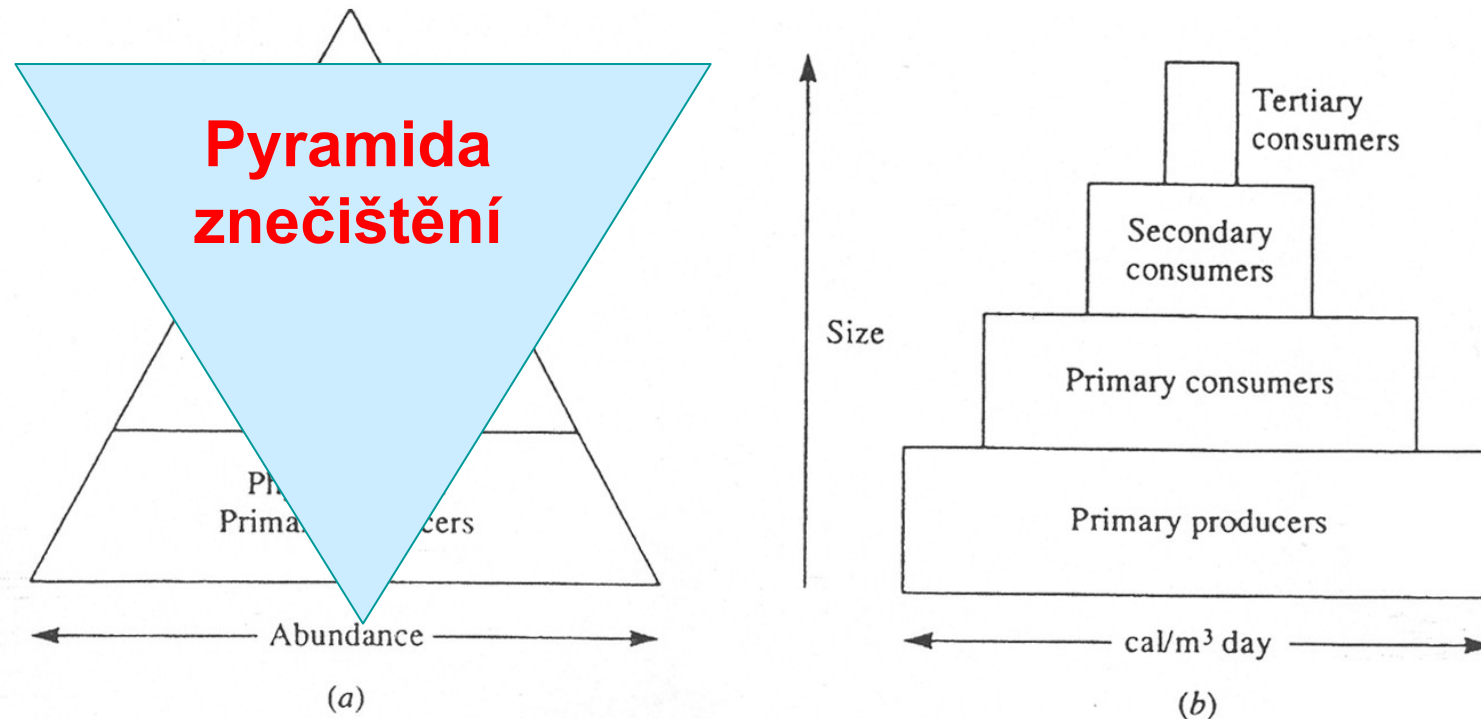


Figure 2.4 Pyramid of (a) numbers and trophic levels for an ecosystem and (b) the concept of the energy pyramid and individual size of a food chain.

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

