

# Chemie životního prostředí II – Znečištění složek prostředí

## Pedosféra

(01)

## Základní charakteristiky

Ivan Holoubek

**RECETOX, Masaryk University, Brno, CR**

[holoubek@recetox.muni.cz](mailto:holoubek@recetox.muni.cz); <http://recetox.muni.cz>

# Pedosféra

„Půda je přírodní útvar, který se vyvíjí z povrchových zvětralin kůry zemské a ze zbytků ústrojenců a jehož stavba a složení jsou výsledkem podnebí a jiných faktorů půdotvorných“.

V. Novák

Současnost – ve značné míře výtvor antropogenní

**Půda:**

- ↪ „nezničitelná“ – její kvalita se může lidskou činností měnit
- ↪ je možné ji opakovaně využívat

# Pedosféra

## Půda:

Vznikla v procesu historického (časového) vývoje v důsledku přeměn minerálních složek při vzájemném působení klimatických, biologických a krajinných faktorů na určitém místě – půdotvorné faktory

# Půdotvorné faktory

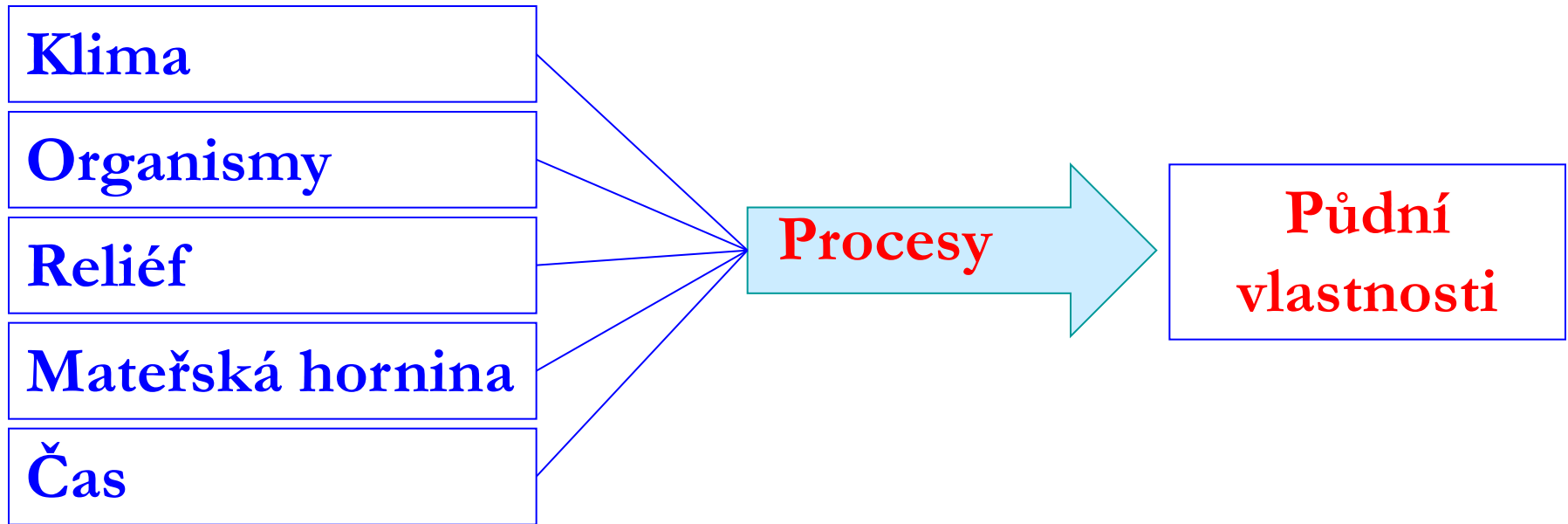
- ↪ **Geologické faktory (m)** – půdotvorný substrát – jeho minerální a chemické složení a jeho fyzikálně-mechanické parametry; reliéf – jako výsledek geomorfologického vývoje a režim podzemních vod v přípovrchových vodonosných horizontech
- ↪ **Klimatické faktory (k)** – přísun sluneční E, srážky, teplota a jejich časové průběhy, některé prvky hydrologického režimu
- ↪ **Biologické faktory (o)** – fauna, flóra, mikroorganismy, antropogenní činnost
- ↪ **Čas (t)**

**Půda je tedy funkcí:**

$$P = f (m, k, o, t)$$



# Půdotvorné faktory a půdotvorné procesy



**Půdotvorné procesy** – soubor procesů a jimi podmíněných změn a reakcí, které se mohou vyskytnout při přeměně mateřské horniny na půdu – jsou kombinací fyzikálních, chemických, biologických a antropogenních vlivů na půdotvorný substrát.

# Pedosféra

## Půda:

- ↪ rozhraní atmosféry, hydrosféry a litosféry
- ↪ třífázový polydisperzní systém
- ↪ substrát s genetickými horizonty
- ↪ zóna intenzivní interakce mezi biosférou a geosférou
- ↪ určuje řadu biologických i nebiologických koloběhů a toků látek a energie
- ↪ reguluje biotické procesy
- ↪ ovlivňuje chemickou, vlhkostní a teplotní bilanci atmosféry
- ↪ reguluje hydrologické toky v krajině a chemické složení vod
- ↪ nenahraditelný přírodní zdroj
- ↪ základ potravního řetězce člověka
- ↪ zajišťuje ochranu litosféry před destrukčními procesy

# Geochemie půdy

- ↪ je **vzácný přírodní zdroj**, která je pro život stejně důležitá jako vzduch a voda a stejně tak je citlivá na znečištění posloupnost vrstev (půdní profil); složení je závislé na klimatu (T, srážky atd.), vegetaci, času, podložní hornině
- ↪ zdrojem obilí, zeleniny a ovoce jsou rostliny, které rostou na půdě; jejich chemické složení: C, H, O, P, N, K, Na, Ca
- ↪ rostliny extrahují tyto složky z půdy; každá má vlastní požadavky
- ↪ „zdravá“ půda: kořeny snadno pronikají do půdy, vysoká výměnná kapacita, vhodné chemické podmínky (pH, Eh) = zásobník živin
- ↪ organické látky (humínové a fulvo kyseliny = výměnná místa), důležitá součást půdy (regulace pH – karboxykyseliny, rychlá výměna ionů)

# Geochemie půdy

## Makrosložky, mikrosložky:

- ↪ přítomny ve stopových koncentracích, důležité pro zvláštní procesy (transport kyslíku, transport elektronů)
- ↪ nezbytné (esenciální) – nutné pro růst rostliny
- ↪ doplňkové – jejich úloha je nejasná

Prvek	Symbol	Chemická forma v půdě
Vápník	Ca	$\text{Ca}^{2+}$
Uhlík	C	$\text{HCO}_3^-$ , $\text{CO}_3^{2-}$
Vodík	H	$\text{H}^+$
Hořčík	Mg	$\text{Mg}^{2+}$
Dusík	N	$\text{NO}_3^-$ , $\text{NH}_4^+$
Kyslík	O	$\text{HO}^-$
Fosfor	P	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , $\text{HPO}_4^{2-}$
Draslík	K	$\text{K}^+$
Sodík	Na	$\text{Na}^+$

# Mikrosložky

## Nezbytné - esenciální

Prvek	Symbol	Chemická forma v půdě
Bor	B	$H_3BO_3$
Chlor	Cl	$Cl^-$
Měď	Cu	$Cu^{2+}$
Železo	Fe	$Fe^{2+}, Fe^{3+}$
Mangan	Mn	$Mn^{2+}$
Molybden	Mo	$MoO_4^{2-}$
Síra	S	$SO_4^{2-}$
Zinek	Zn	$Zn^{2+}$

## Doplňkové

Prvek	Symbol	Chemická forma v půdě
Hliník	Al	$Al^{3+}, Al(OH)_2^+$
Kadmium	Cd	$Cd^{2+}$
Kobalt	Co	$Co^{2+}$
Olovo	Pb	$Pb^{2+}$
Rtuť	Hg	$Hg^{2+}$
Nikl	Ni	$Ni^{2+}$
Selen	Se	$SeO_4^{2-}$
Křemík	Si	$SiO_2$

# Půda - rozhraní atmosféry, hydrosféry a litosféry

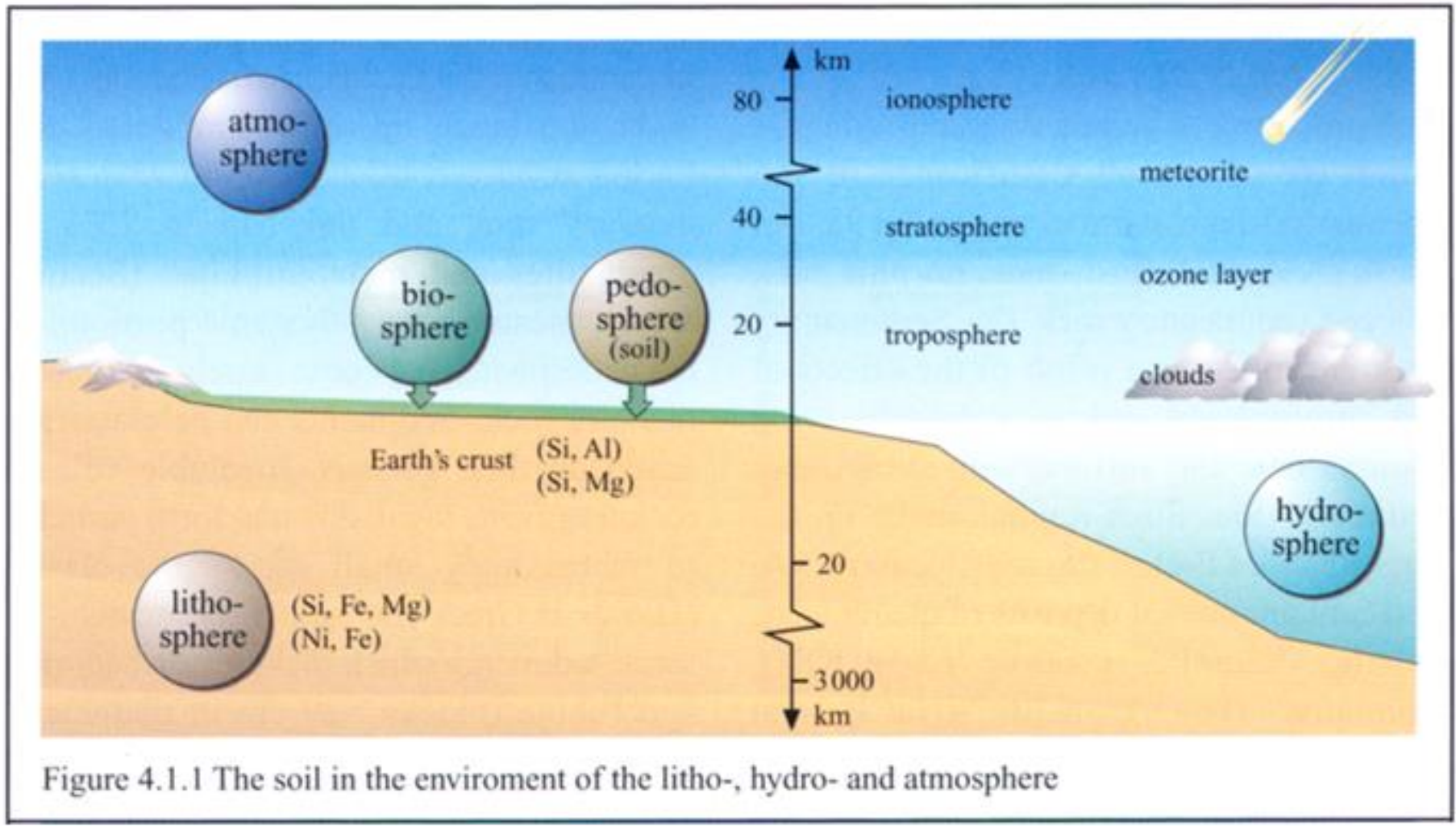


Figure 4.1.1 The soil in the environment of the litho-, hydro- and atmosphere

# Půda – postavení ve vztahu k jednotlivým geosférám

## Atmosféra

O, N, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O,  
znečišťující látky,  
prachové částice

## Biosféra

Rostliny, organismy,  
mikroorganismy, produkty  
metabolismu a rozkladu

**Pedosféra**  
Průniky  
všech látek

## Hydrosféra

H<sub>2</sub>O, vodné roztoky,  
plyny (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S,  
CH<sub>4</sub>)

## Litosféra

Primární a sekundární  
minerály

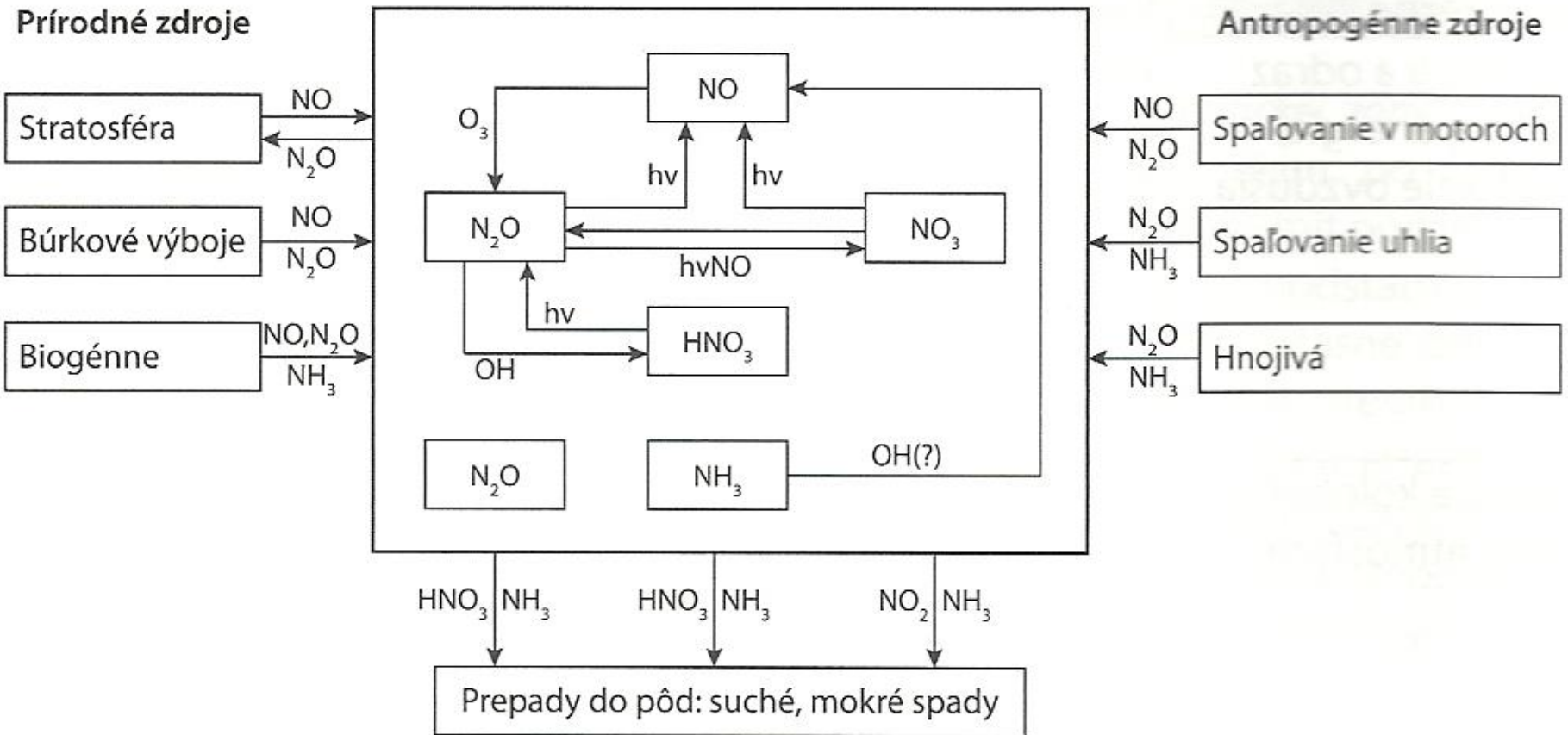
**Půda je geneticky a funkčně spojena s dalšími složkami prostředí**

# Globální funkce půdy

Atmosférické	Hydrosférické	Biosférické	Litosférické
Kumulace a odraz sluneční energie, ohřívání ovzduší	Vyluhování, transport a vylučování látek do vodonosných horizontů (v systému půda-voda)	Prostředí pro život organismů a zdroj potřebných živin a energie	Geochemická přeměna vrchní části litosféry, procesy zvětrávání
Regulace koloběhu vody v atmosféře	Regulace průtočnosti, bilance povrchových a podzemních vod	Ochranná bariéra a medium pro fungování biosféry	Zdroj látek pro tvorbu sedimentárních hornin a nových minerálních fází v půdě
Výměna plynů a regulace jejich režimu v atmosféře (CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> )	Transformace povrchových vod na podzemní	Spojovací článek biologického a geochemického koloběhu látek	Přenos sluneční energie do hlubší částí litosféry
Zdroj některých plynů (N <sub>2</sub> O, NO <sub>2</sub> ), bariéra před únikem některých plynů do kosmu	Ochrana čistoty povrchových podzemních vod (sorpce, filtrace, neutralizace)	Faktor biologického vývoje a zachování biodiverzity	Ochrana litosféry před nadměrnou erozí a denudací
Zdroj plynných a partikulárních složek a mikroorganismů do ovzduší	Faktor bioproduktivity vodních ekosystémů prostřednictvím přínosu živin z půd		Propojení mezi biohydrologickým a geochemickým koloběhem látek
Propad polutantů z ovzduší	Kontaminace vod a půd při interakci		



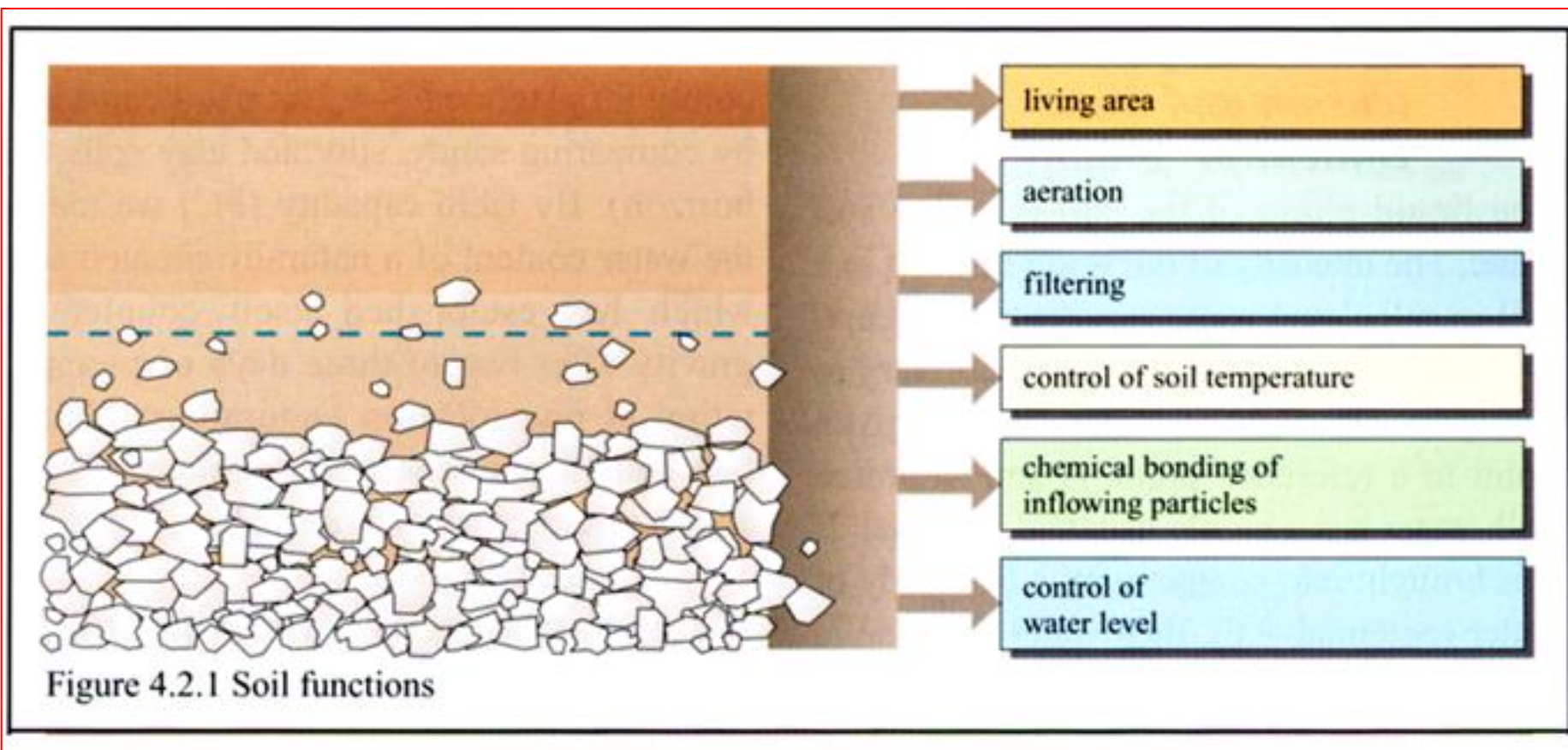
# Cesty přechodu z atmosféry do půdy



# Základní funkce půd

- ↪ **tlumí nepříznivé vlivy** využití i obhospodařování půd a vlivu průmyslu, dopravy a sídelních aglomerací:
- ⇒ **filtrační funkce** – znečišťující látky jsou půdou mechanicky zadržovány – hlavně částice pod 2 mm – ty mohou být důležité při zasakování vody,
- ⇒ **pufrovací funkce** – rozpustné látky jsou imobilizovány adsorpcí na půdu nebo tvorbou nerozpustných sraženin; vysokou pufrovací schopnost mají půdy s vysokým obsahem organické hmoty, jílových částic a oxidů Fe, Al,
- ⇒ **transformační funkce** – určena především aktivitou mikrobiální složky – mineralizace; oxidace, redukce, biomethylace, fotodestrukce na povrchu,
- ↪ **receptor škodlivin** – sorpční, retenční a transportní procesy – imobilizace, snížení biodostupnosti, degradace.

# Základní funkce půd



# Specifické funkce půd

**Funkce prostředí života (habitatu)** – životní prostor pro živé organismy žijící v a na půdě a přírodním stanovištěm pro rostliny - jsou zodpovědné za syntézu, přeměnu a rozklad organických látek v půdě; zdroj živin, vláhy a kyslíku pro vegetaci. Odbourávají toxické složky z půd.

**Regulační funkce** – transport, akumulace a přeměna látek.

# Pedosféra – negativní vlivy, tvorba

**Negativní vlivy se projevují:**

- ↪ degradací až destrukcí půdního pokryvu
- ↪ ovlivněním vodního režimu krajiny
- ↪ kontaminací až intoxikací půd

**Produkt dlouhodobého biofyzikálního přetváření hornin.**

**Přeměna matečné horniny na půdu – 1 cm – 100 až 400 let.**

**Přeměna = f (klimatických podmínek, druhu a množství půdních mikroorganismů, vegetačního krytu, reliéfu, a podloží, činnosti člověka)**

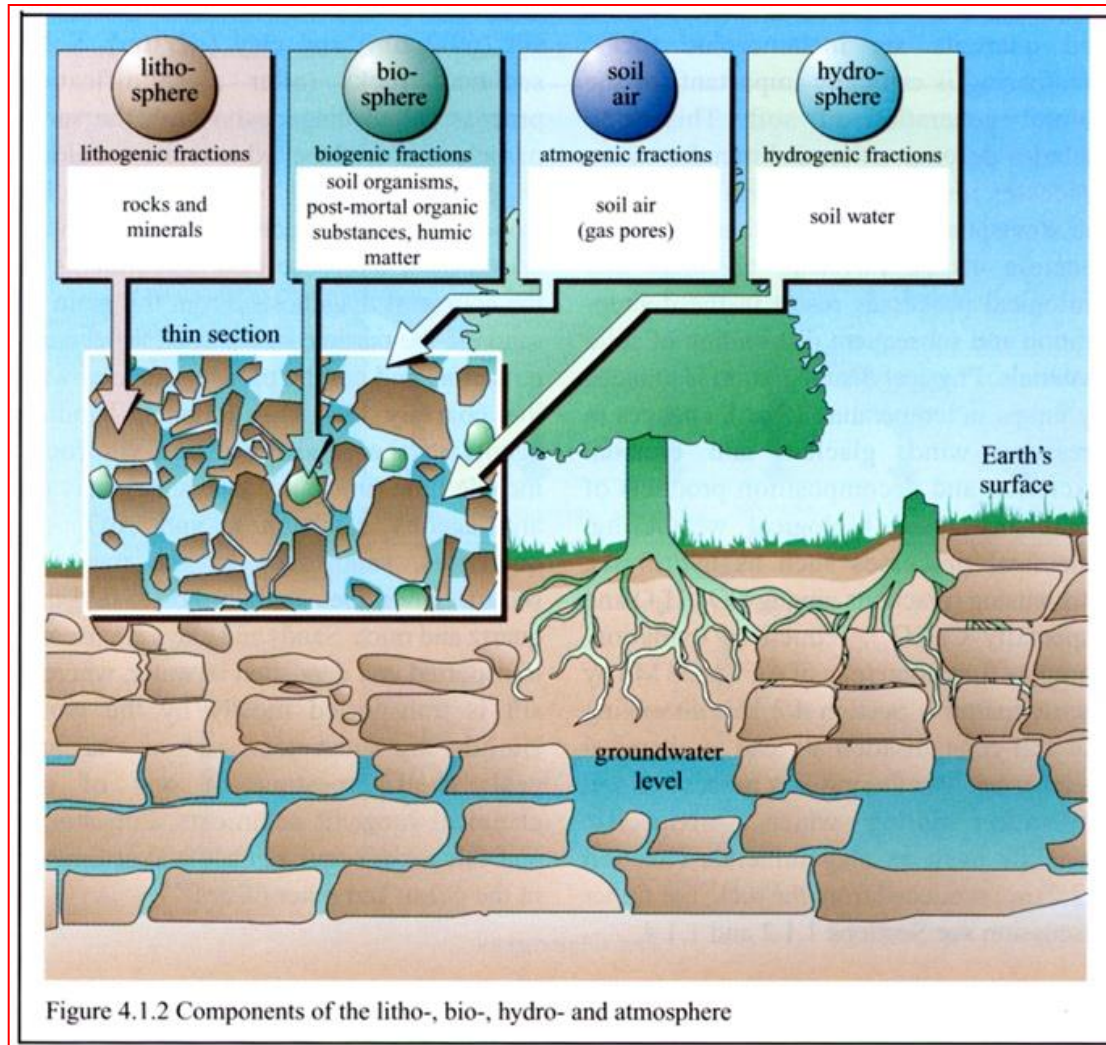
# Složky půdního systému

## Abiotické:

- ↪ **tuhá fáze** – zbytky matečné horniny z větší části chemicky a fyzikálně přeměněné procesem zvětrávání; nejdůležitější anorganickou složkou jsou jílové minerály – výměna iontů, adsorpce; 35 – 45 % objemu půdy;
- ↪ **kapalná fáze (půdní roztok)** – transport živin vegetaci, transport polutantů; 15 – 35 % objemu půdy;
- ↪ **plynná fáze (půdní plyn)** – v podstatě stejné složení jako vzduch obohacený o CO<sub>2</sub>, HCs a další produkty rostlinného a živočišného metabolismu, 15 – 35 % objemu půdy;
- ↪ **humus** – půdní organická hmota - neživá biomasa v různém stupni rozkladu; 5 – 15 %



# Složky půdního systému



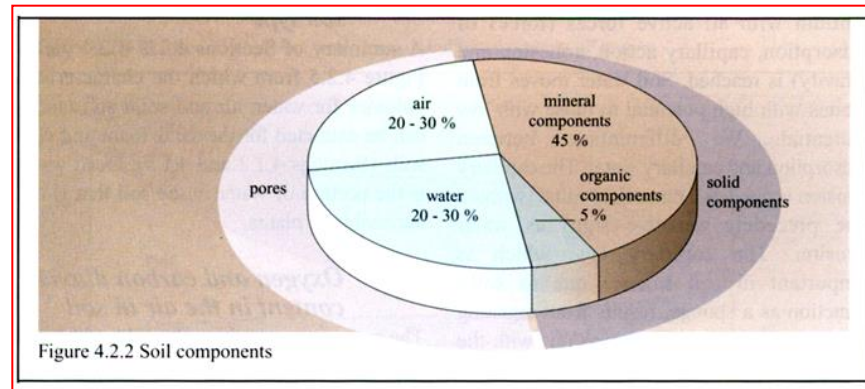
# Složky půdního systému

## Biotické:

- ↪ **edafon** – společenstvo všech mikroorganismů, rostlin a živočichů žijících v půdě
  - fytoedafon – bakterie, plísně, houby, sinice, řasy,
  - zoodafon – všechny formy živočichů od prvoků až po obratlovce
- ↪ **kořenový systém rostlin**

Suma živých organismů - < 0,1 %

## Bio-organo-minerální komplex





# Úrodnost půd

**Úrodnost půd (bonita)** – vyjadřuje stupeň intenzity a schopnosti poskytovat vegetaci příznivé prostředí, tj. vodu, živiny, půdní mikroorganismy..

**Úrodnost je podmíněna:**

- ↪ vnějšími činiteli – světlo, teplo,
- ↪ vnitřními činiteli:
  - ⊙ množství vody a rostlinných živin v půdě,
  - ⊙ formou živin a vody z hlediska využitelnosti rostlinami,
  - ⊙ celkovým prostředím, ve kterém probíhá proces přeměny organických a minerálních látek,
  - ⊙ vyspělosti soustavy zpracování půdy

**je ovlivněna:**

- ↪ vlastnostmi půdy,
- ↪ činností člověka.

**ČR:** velmi dobré a dobré produkční schopnosti – 64,9 % zemědělského půdního fondu

# Samočistící schopnost půdy

- ↪ Humifikace
- ↪ Mineralizace
- ↪ Filtrace
- ↪ Sorpce
- ↪ Oxidace
- ↪ Redukce
- ↪ Mikrobiální aerobní a anaerobní procesy

# Mechanické vlastnosti půd, půdní voda

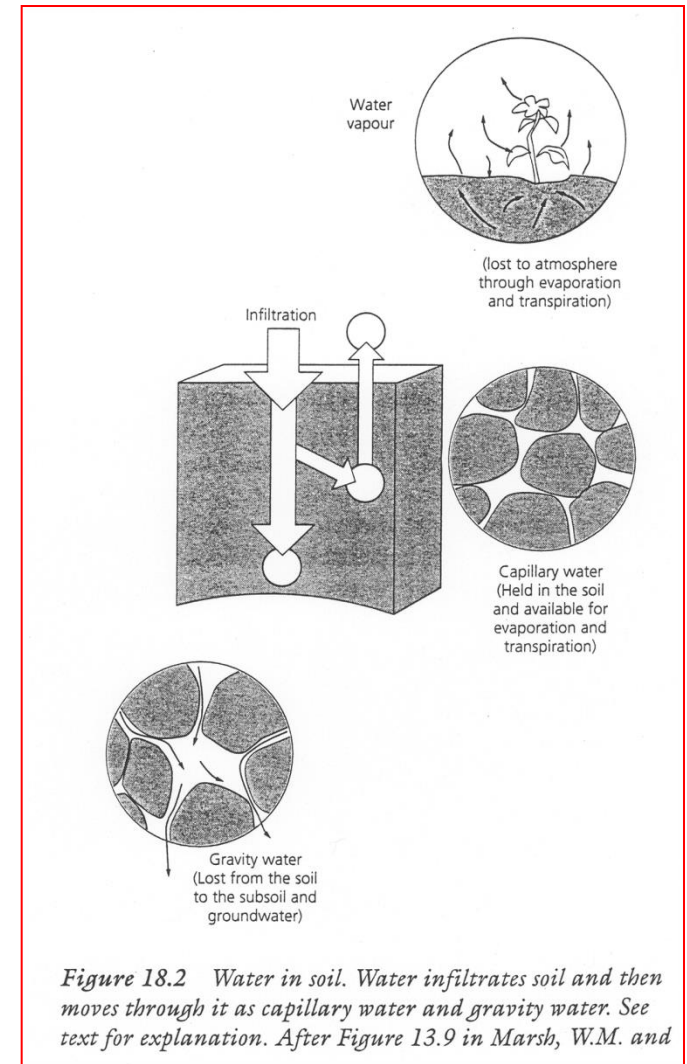
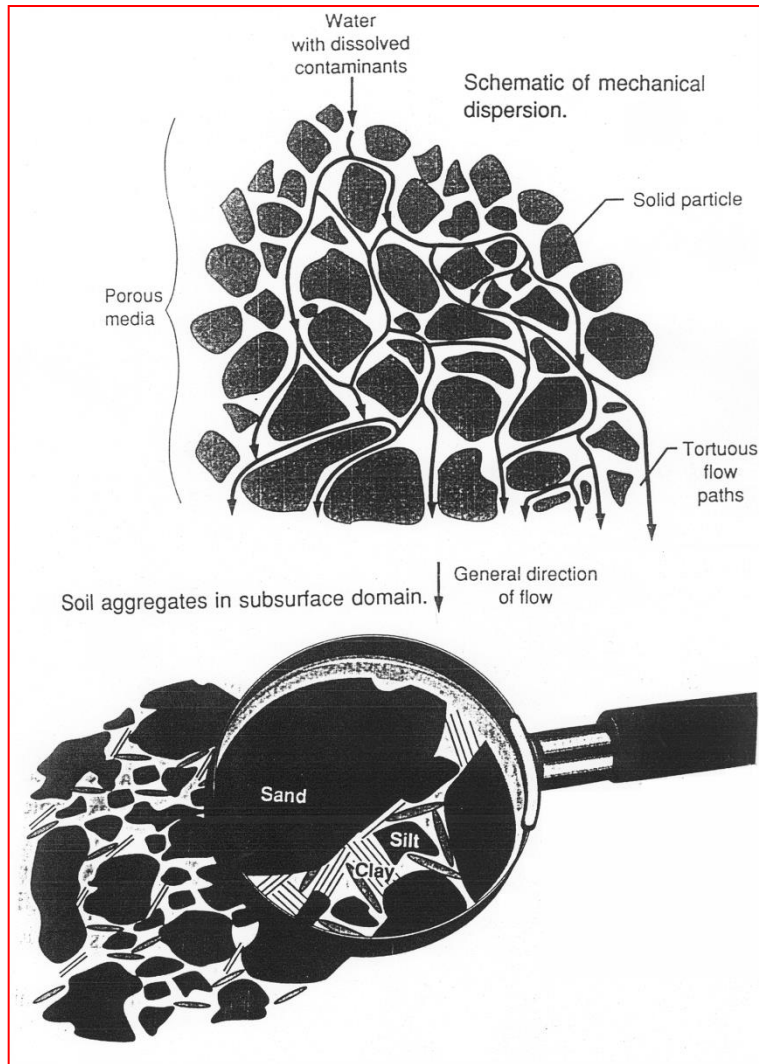
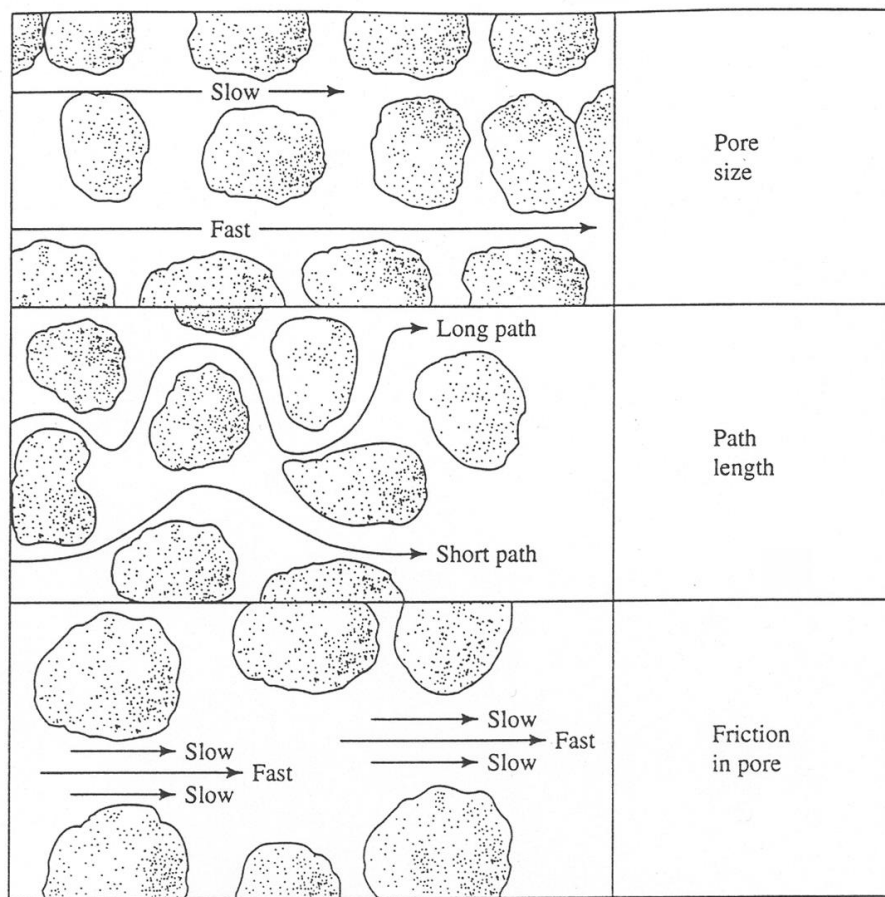
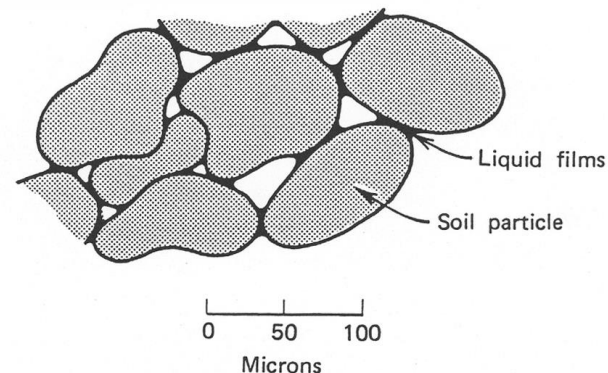


Figure 18.2 Water in soil. Water infiltrates soil and then moves through it as capillary water and gravity water. See text for explanation. After Figure 13.9 in Marsh, W.M. and

# Půdní voda



**FIGURE 2.4** Factors causing longitudinal dispersion at the scale of individual pores. Source: C. W. Fetter, *Applied Hydrogeology*, 2d ed. (New York: Macmillan Publishing Company, 1988).



3-3. Soil water and internal pore structure. (Reprinted by permission from *Journal of Geology*, vol. 75, p. 100, 1967, by Macmillan Publishing Co., Inc.)

# Vztahy mezi typy hornin

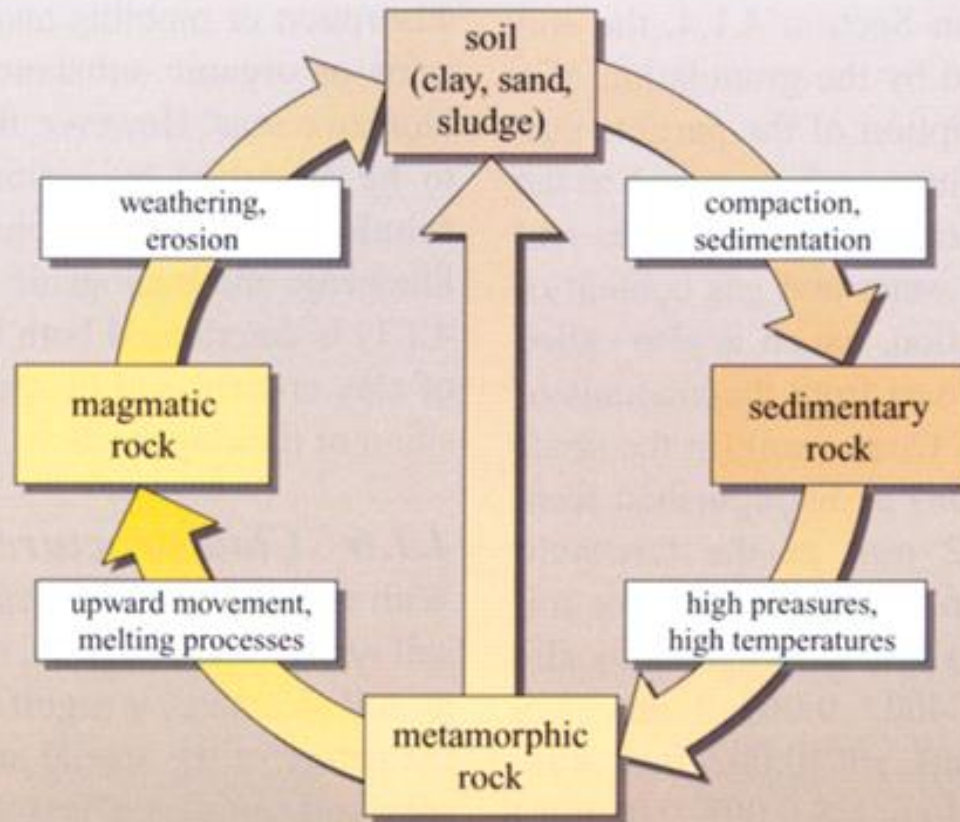
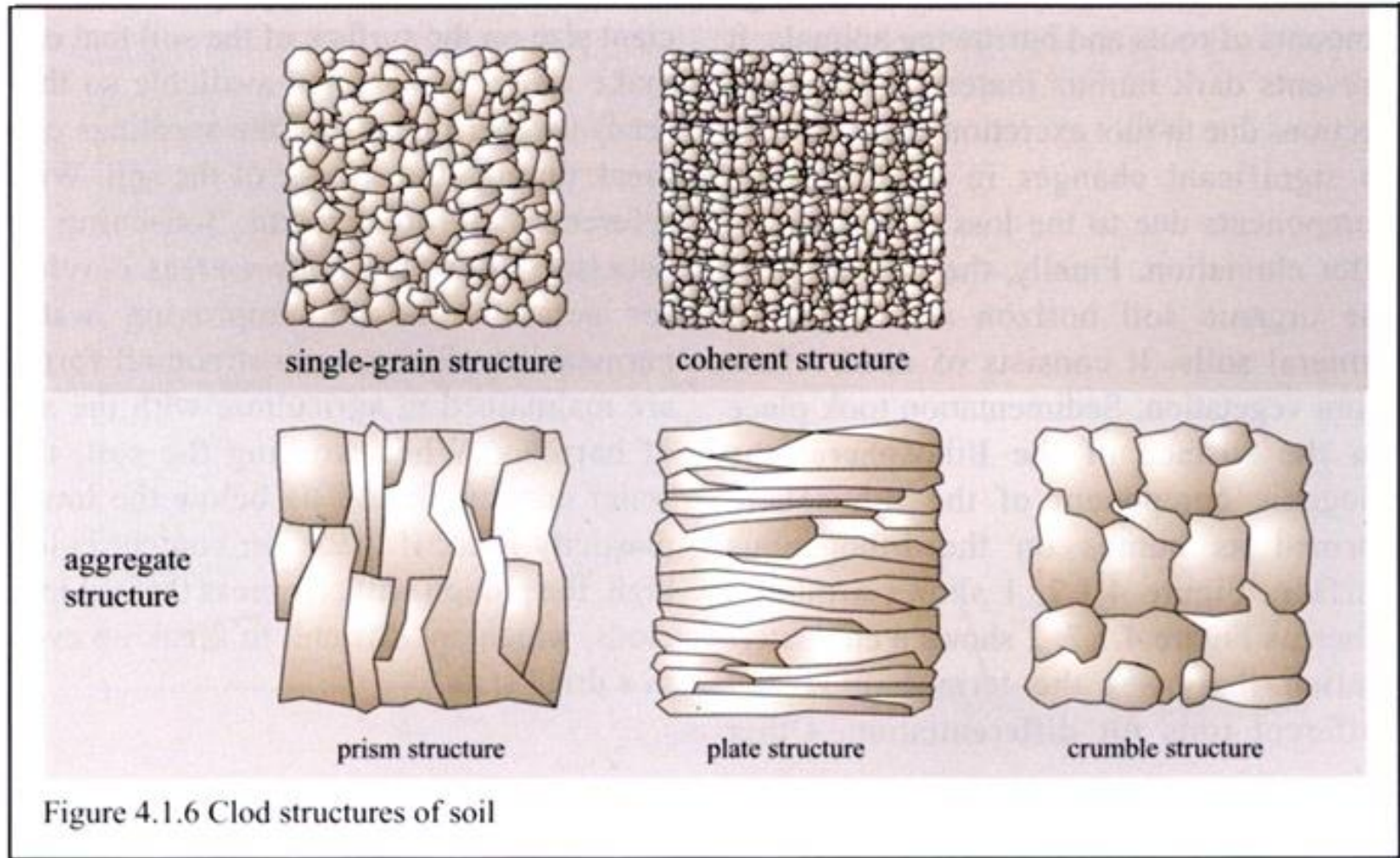


Figure 4.1.3 Interrelationships among types of rock





# Mechanická struktura půdy



# Mechanická struktura půdy

Closer to source



Farther from source

## Angularity



Angular



Subangular



Subrounded



Rounded

(a) Individual clasts tend to become more rounded and smoother.

## Sorting

Very poorly sorted



Poorly sorted



Moderately sorted



Well sorted



Very well sorted



(b) If transport sifts grains, carrying smaller ones farther and leaving coarser ones behind, grains in a sediment tend to be the same size.



Sediment → Lithification → Sedimentary rock

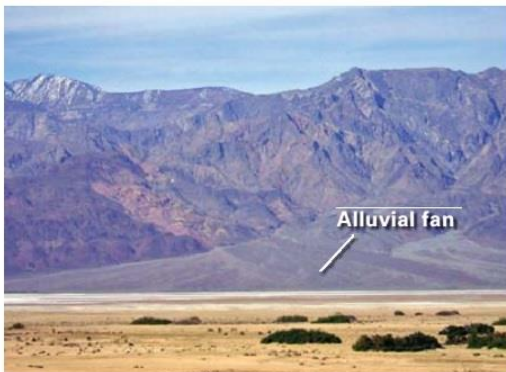
body



(a) Lithification of an accumulation of angular clasts yields breccia.



(b) Layers of river gravel lithify into conglomerate.



(c) Sediment deposited in an alluvial fan, close to its source in an arid climate, can be feldspar rich. Lithification of this sediment yields arkose.

Environment

# Mechanická struktura půdy

Sediment

Lithification

Sedimentary rock



(d) Layers of beach or dune sand lithify into sandstone.



(e) Layers of mud, exposed beneath marsh grass, lithify to form shale. Here, the thin-bedded shale is interbedded with sandstone.







# Fyzikální stavy půdy

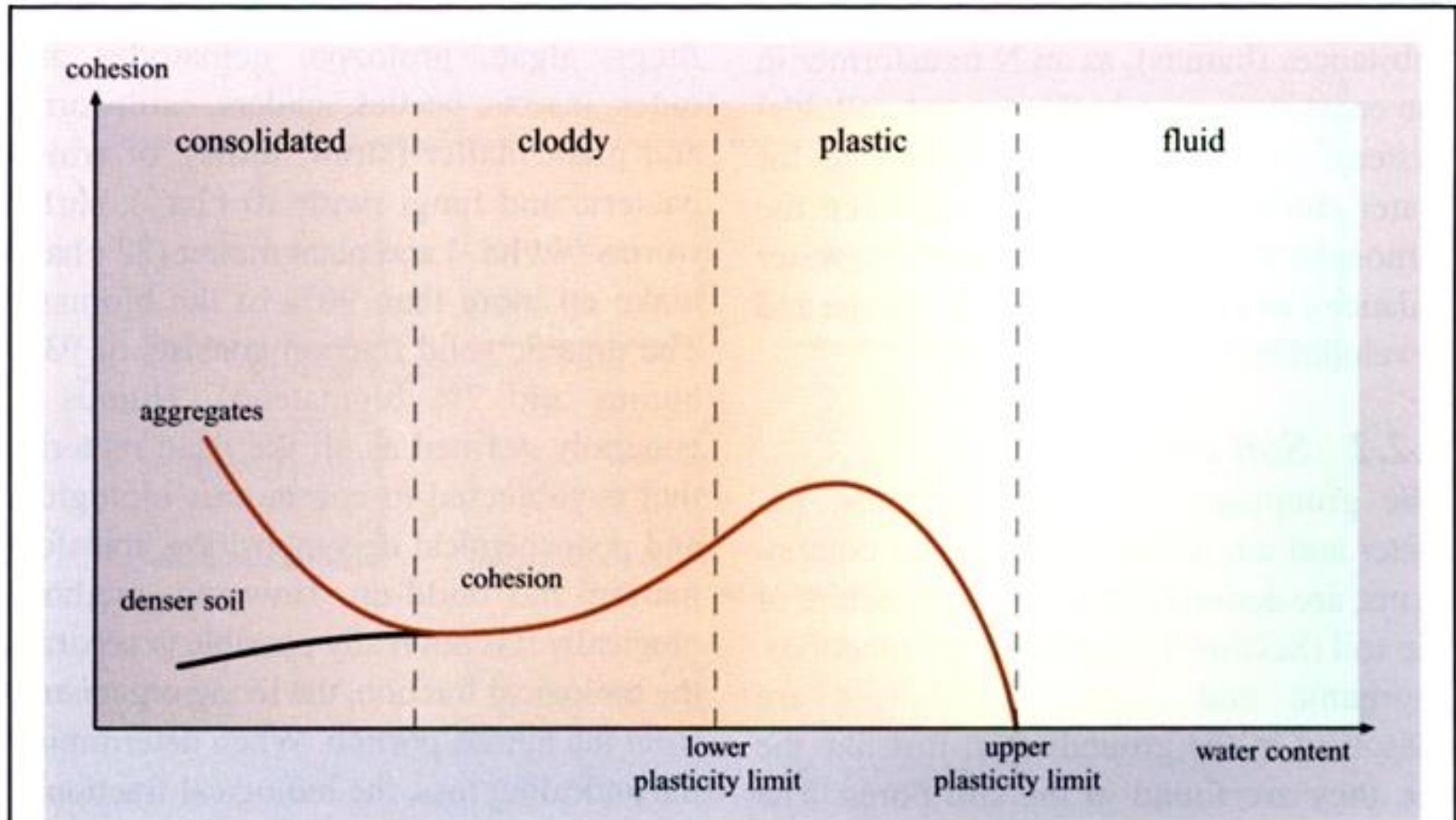
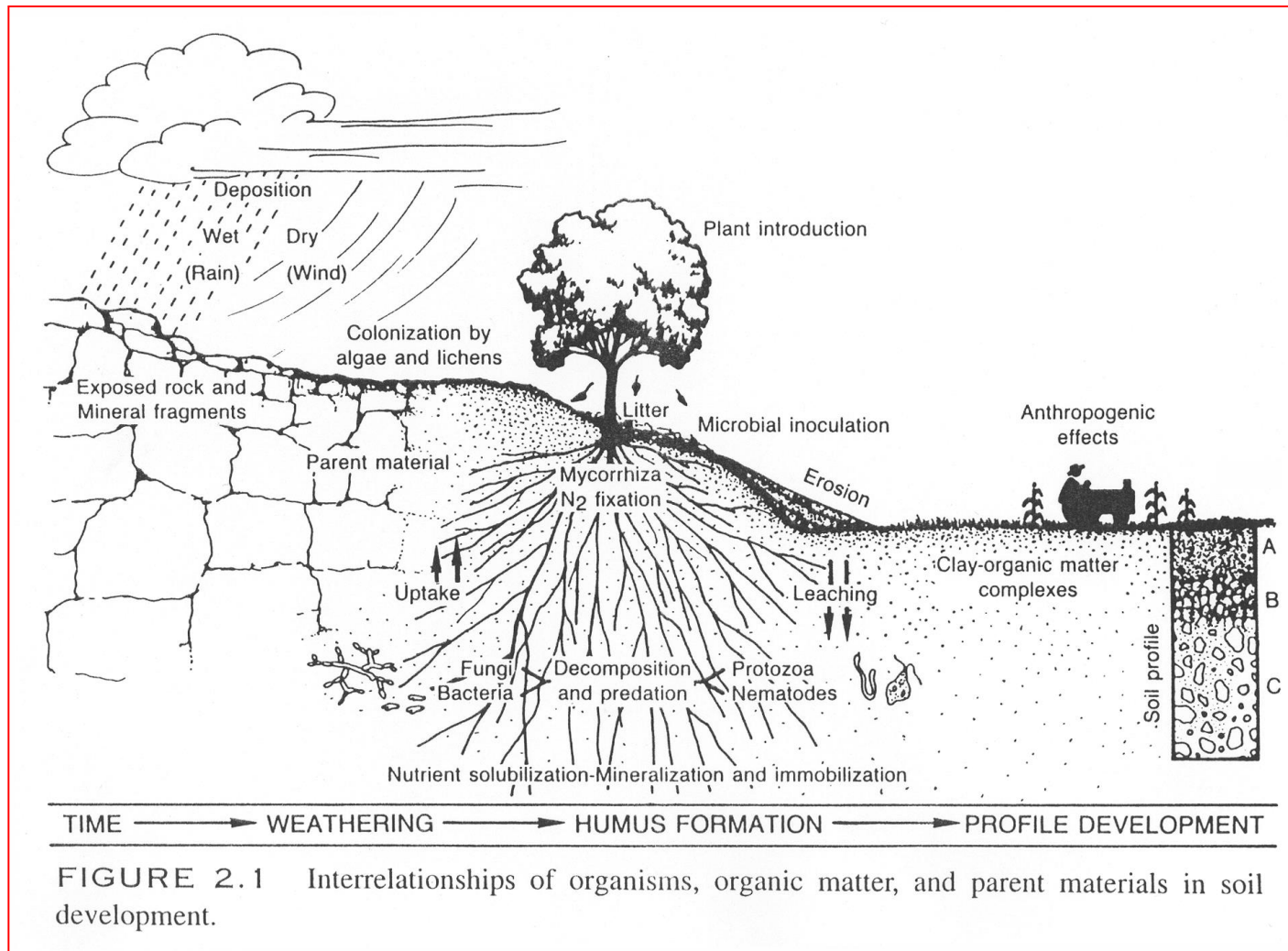


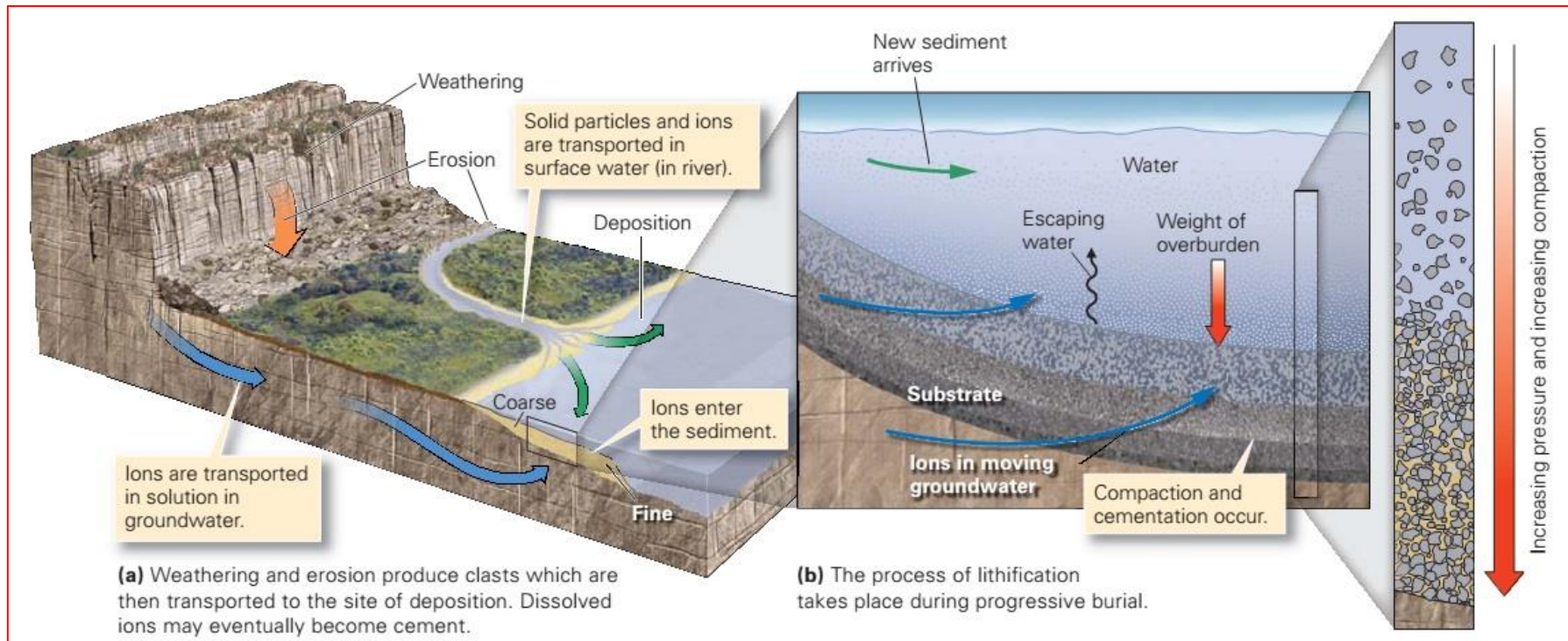
Figure 4.1.8 The four physical states of soil

# Vztahy mezi organismy, organickou hmotou a horninami

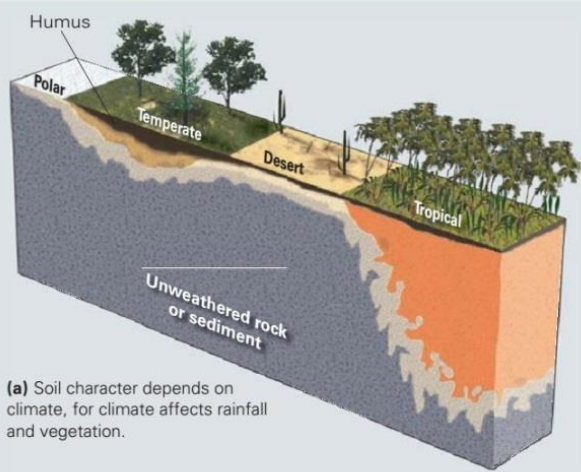




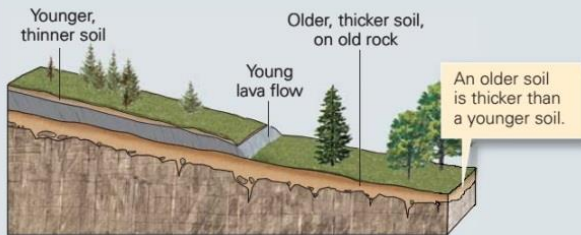
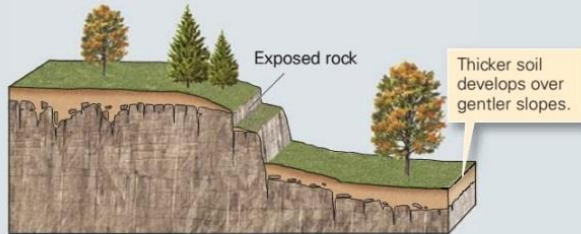
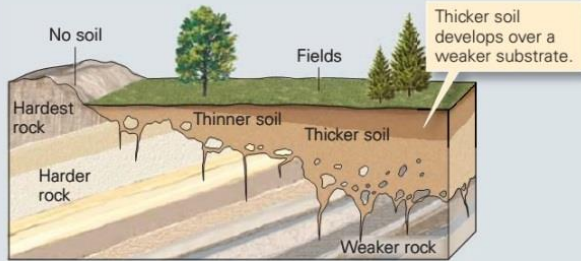
# Zvětrávání a eroze



# organismy, organickou hmotou a horninami

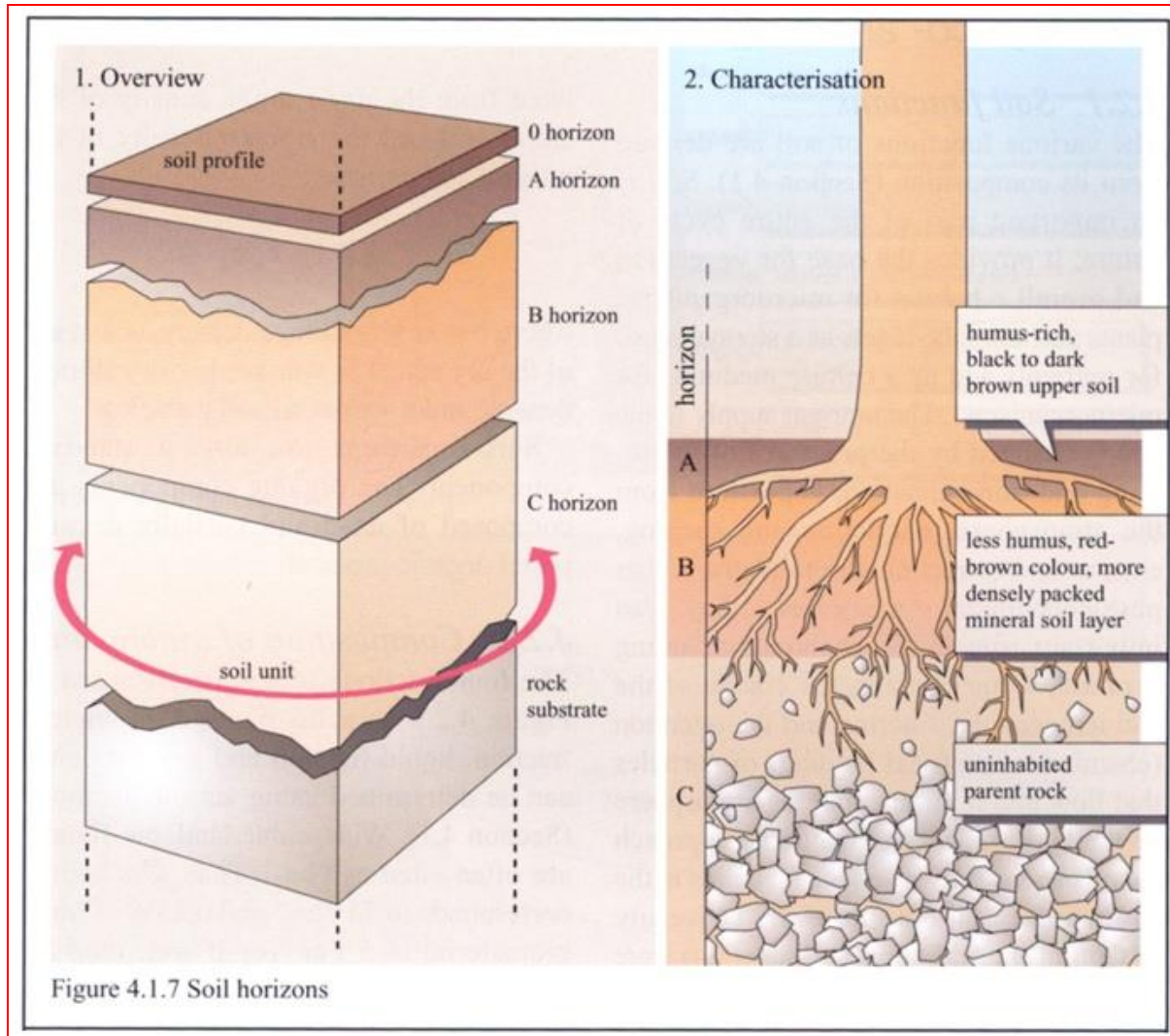


(a) Soil character depends on climate, for climate affects rainfall and vegetation.



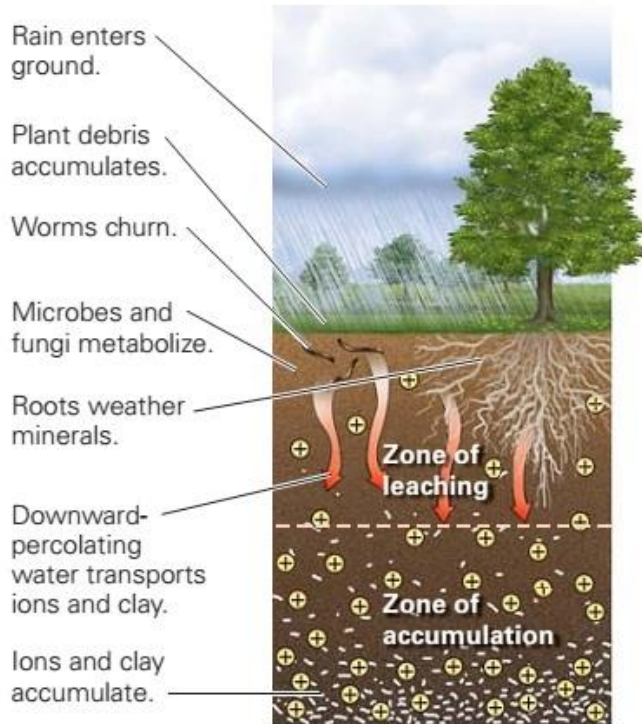
(b) Soil character also depends on the strength of the substrate, the steepness of the slope, and the length of time soil has been forming.

# Půdní horizonty

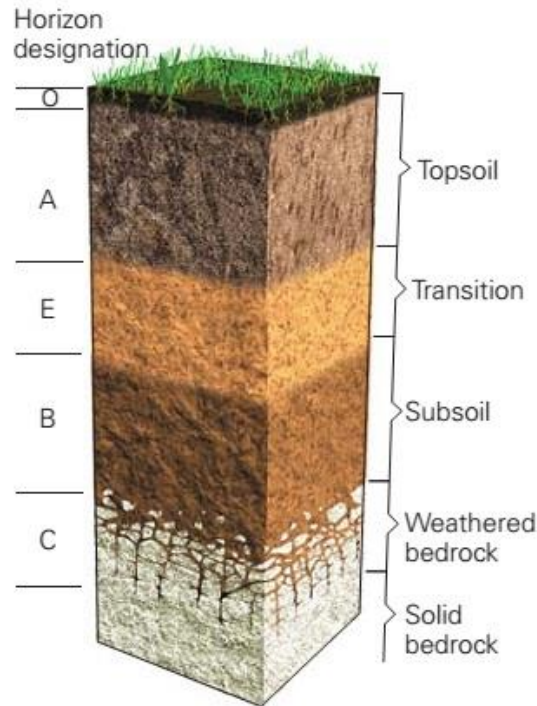




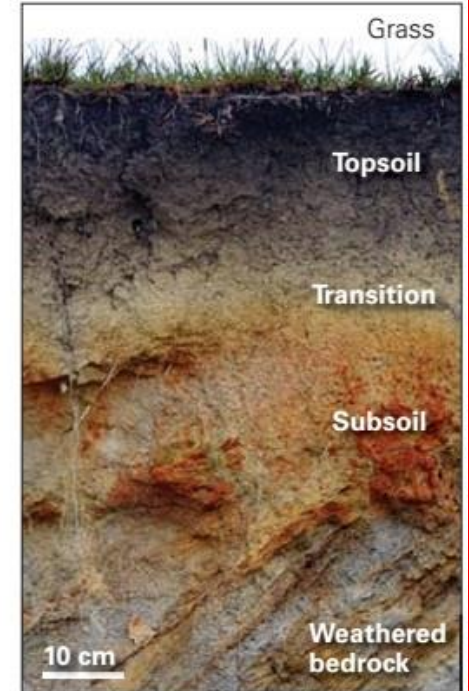
# Půdní horizonty



**(a)** Soil character depends on climate, for climate controls rainfall and vegetation.

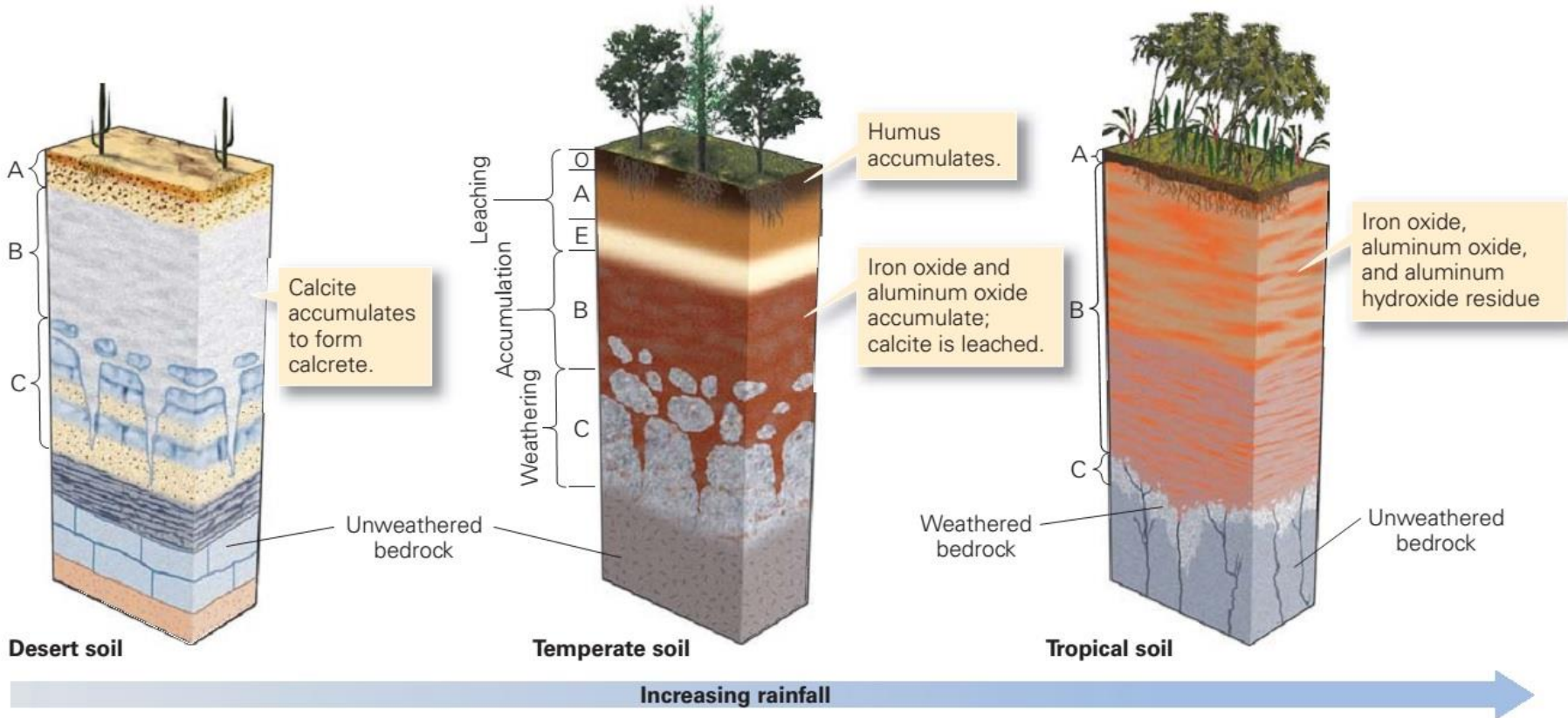


**(b)** Distinct soil horizons develop, each with a characteristic composition and texture.



**(c)** Soil horizons exposed on the wall of a gully in eastern Brazil.

# Půdní horizonty

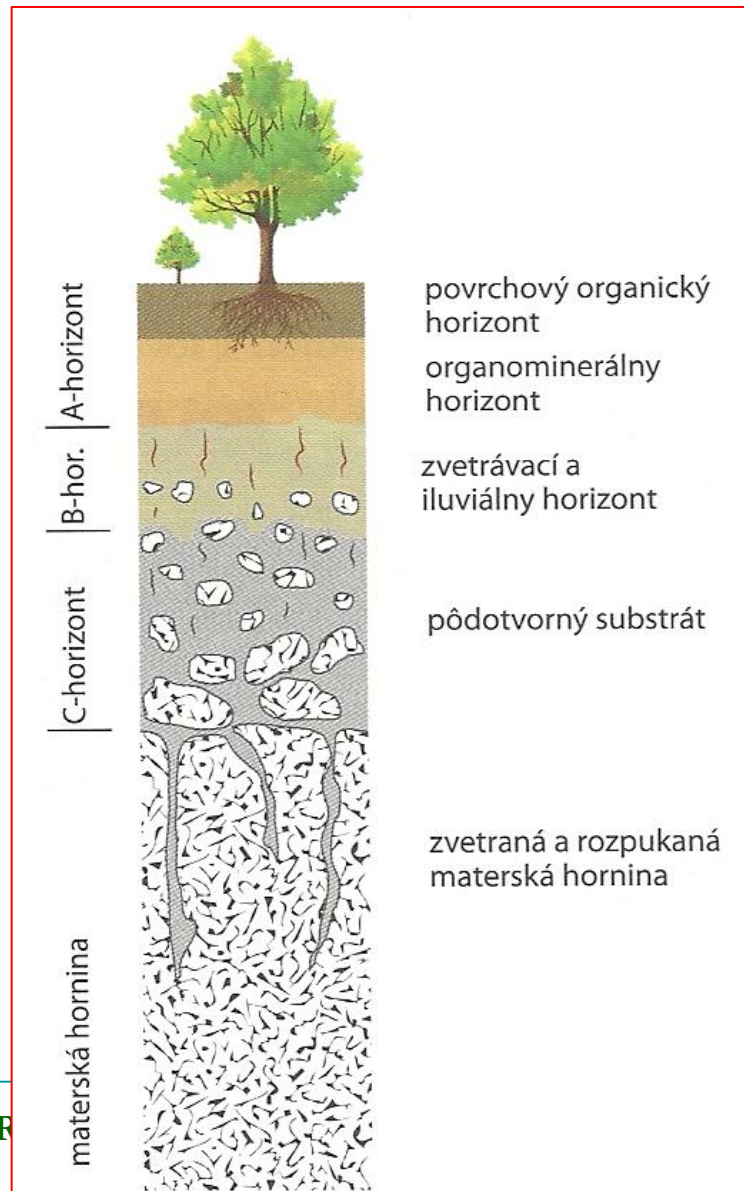


**(a)** Aridisol forms in deserts. Rainfall is so low that no O-horizon forms, and soluble minerals accumulate in the B-horizon.

**(b)** Alfisol forms in temperate climates. An O-horizon forms, and less-soluble materials accumulate in the B-horizon.

**(c)** Oxisol forms in tropical climates where percolating rainwater leaches all soluble minerals, leaving only iron- and aluminum-rich residues.

# Půdní horizonty





# Složení orných půd

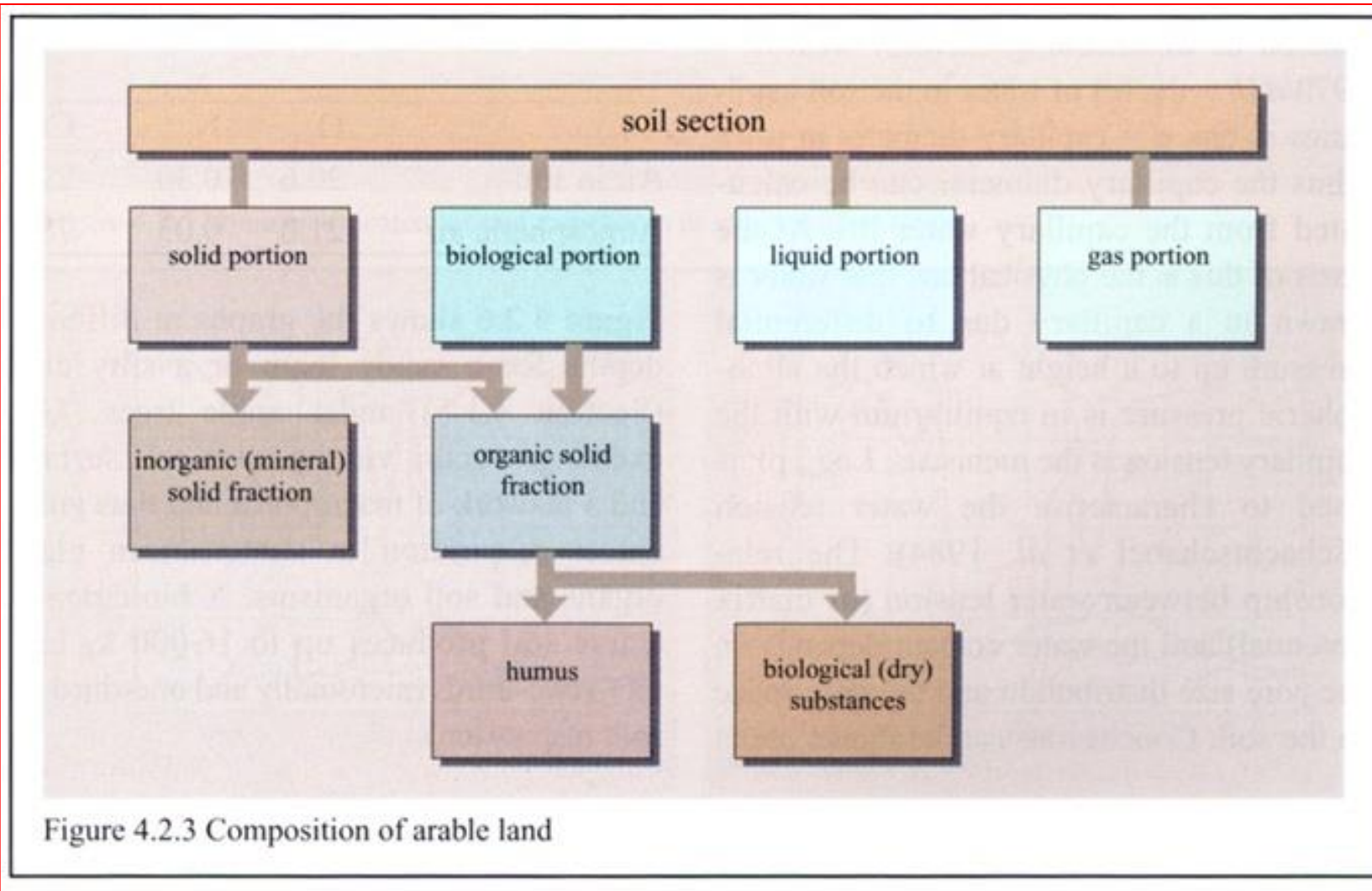


Figure 4.2.3 Composition of arable land

# Objemy vody, vzduchu a látek jako faktor určující půdní typ

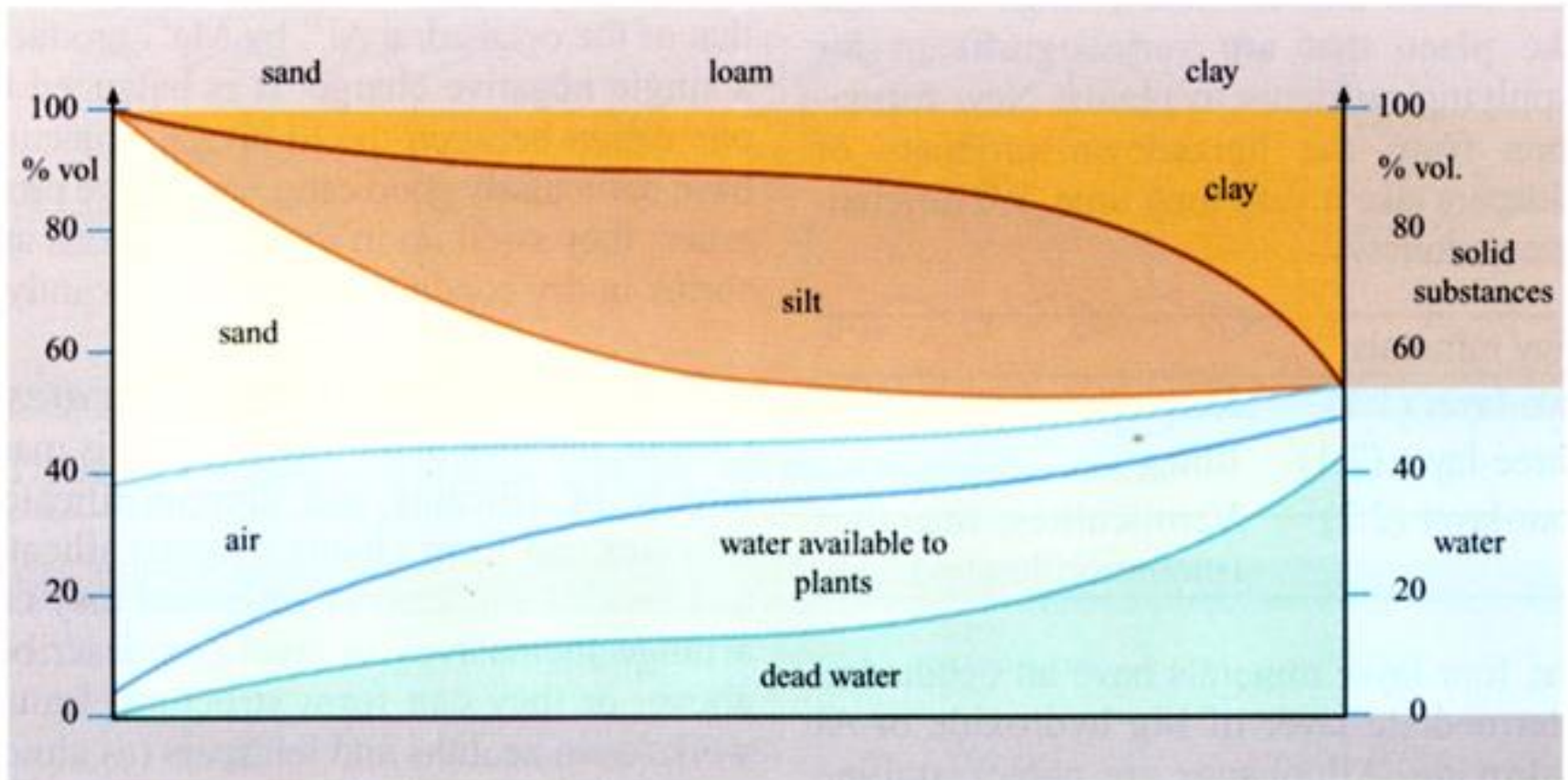


Figure 4.2.5 Volumes of water, air and substances as a factor of soil type

# Půda jako zdroj

Od 50. let dramaticky roste zemědělská produkce (1950–90 trojnásobek) – produkce 29 milionů tun ročně

„Zelená revoluce“ :

- ↗ zvětšení rozlohy obdělávané půdy
- ↗ zavlažování
- ↗ vysoce produktivní a rezistentní typy
- ↗ chemická hnojiva, herbicidy, pesticidy

**Současnost**

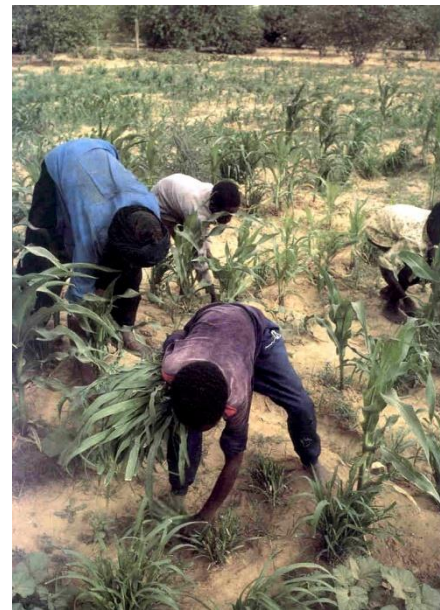
- ↗ Půda: Kritický zdroj
- ↗ Je třeba živit 90 milionů lidí navíc každý rok

# Půda jako zdroj

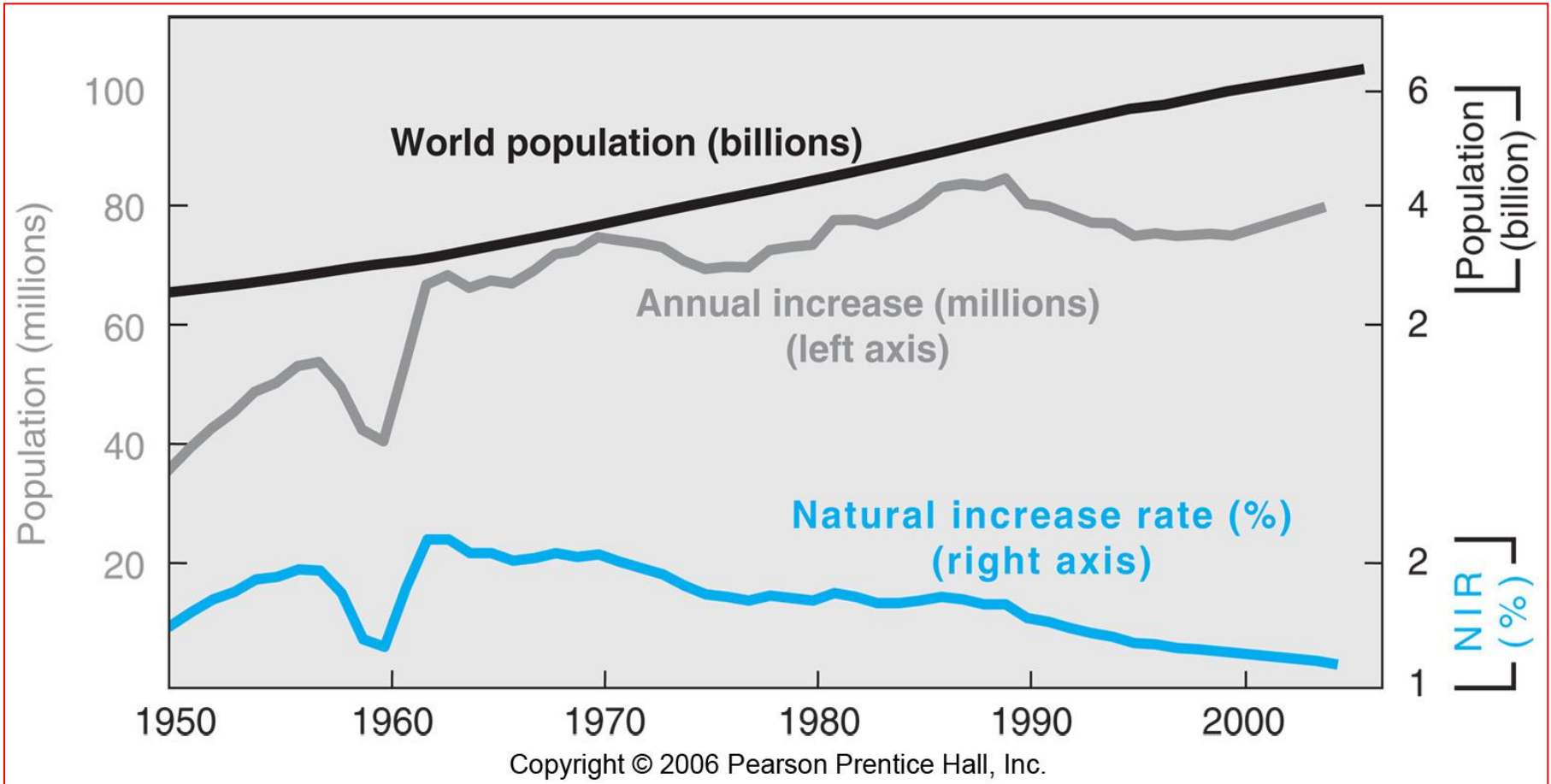
## Provázeno:

- ↪ **Kontaminace**
- ↪ **Degradace**
- ↪ **Člověkem vyvolaná eroze: 4,3 miliardy tun ročně Indie, 1 miliarda tun ročně USA**
- ↪ **není to obnovitelný zdroj v lidské časové škále**
- ↪ **10 cm půdy – 100 až 10 000 let**

**Tuaregové, okraj Sahary, Niger**



# Populační dynamika

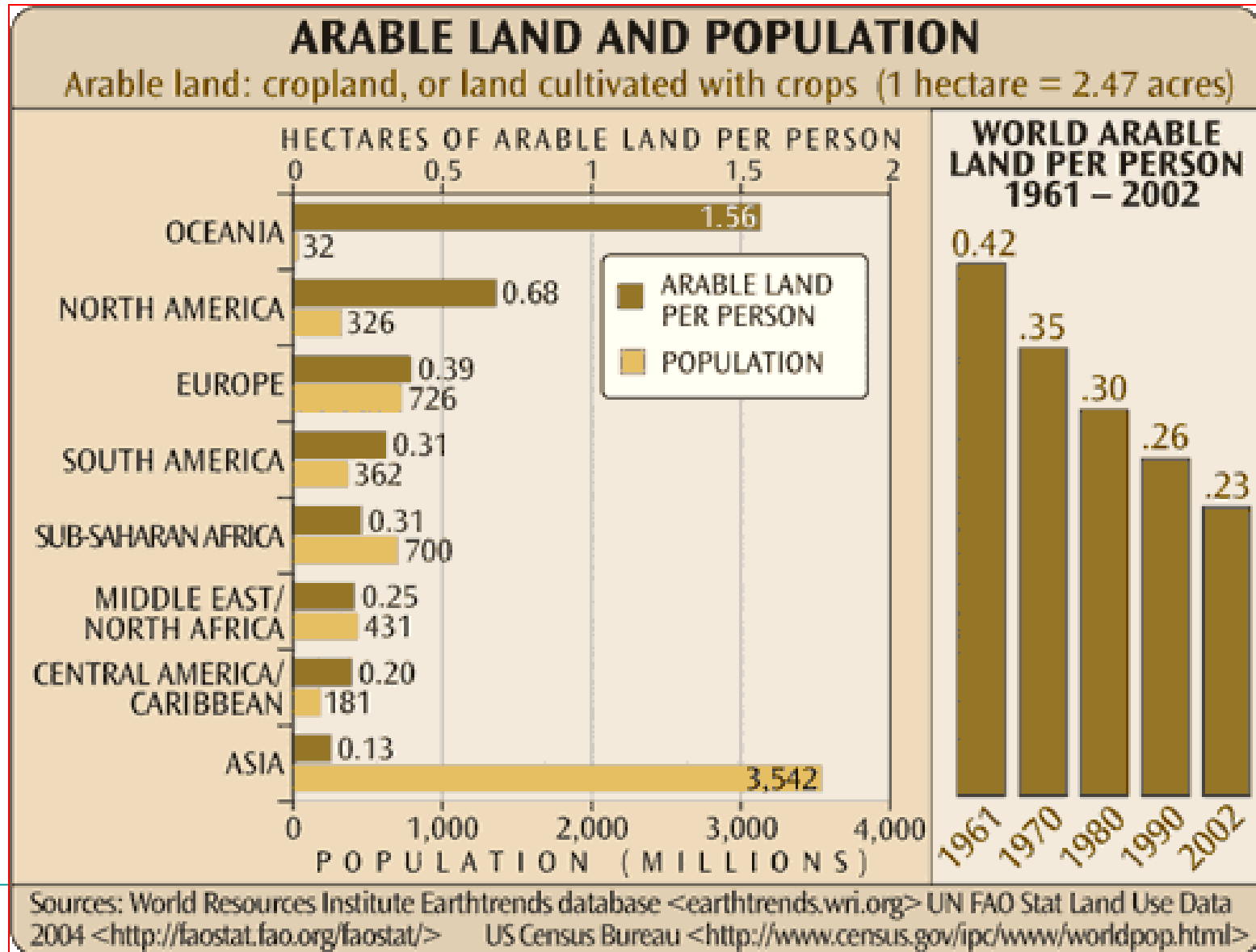




# Populace a zemědělsky využitelná půda

- ↪ **Zemědělsky využívaná půda** dnes zaujímá 40% povrchu pevnin (v r. 1700 to bylo 7%)
- ↪ **Další plocha už k zemědělství** není dostupná ani vhodná
- ↪ **Na osobu dnes připadá méně než 0.2 hektaru orné půdy:** podle FAO je k běžné výživě nutná plocha 0.5 hektaru na osobu
- ↪ **„Kapacita“ Země** je z tohoto hlediska kolem **3 miliard lidí** (záleží na způsobu stravování, náročná na zdroje je hlavně produkce masa)
- ↪ **Za posledních 40 let** byla degradována třetina zemědělské půdy, tempo degradace je 100 000 km<sup>2</sup> / rok (rozloha ČR je 79 000 km<sup>2</sup> )

# Populace a orná půda



# Některé novodobé hladomory

<b>Období</b>	<b>Epicentrum</b>	<b>Způsobená úmrtnost</b>
<b>1943</b>	<b>Bengálsko</b>	<b>2.7 až 3.0 milionů osob</b>
<b>1958-62</b>	<b>Čína</b>	<b>16.5 až 29.5 milionů</b>
<b>1972-75</b>	<b>Etiopie</b>	<b>200 tisíc</b>
<b>1972-74</b>	<b>Bangladéš</b>	<b>1.5 milionů</b>
<b>1973</b>	<b>Sahel</b>	<b>100 tisíc</b>

# Nedostatek potravin v současnosti – kde a proč

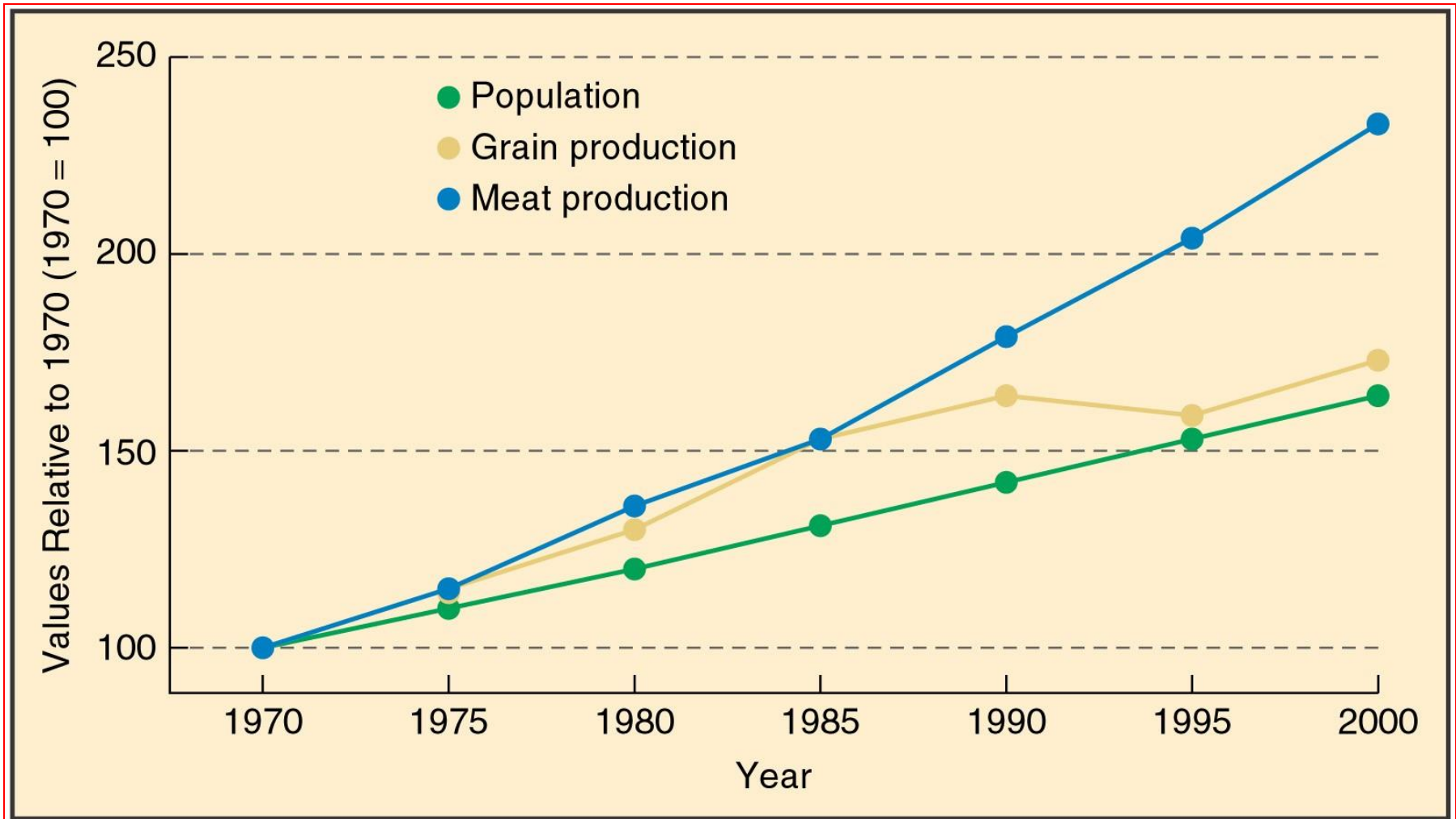


Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

- ↪ Občanské války
- ↪ Dlouhodobé sucho
- ↪ Nekompetentní vlády
- ↪ Degradovaná půda

ends in the Environment

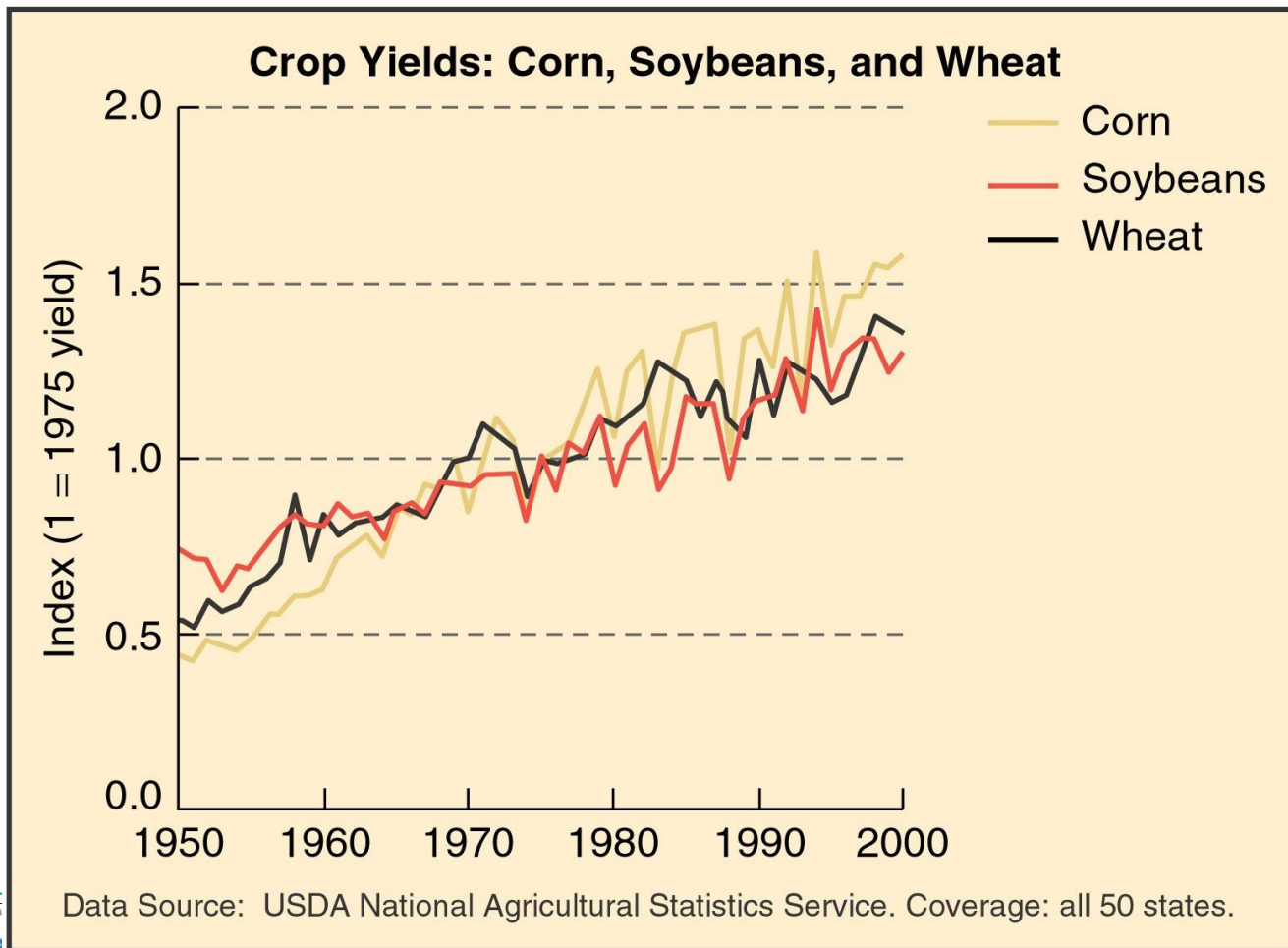
## ...a dosavadní realita



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

# Co je příčinou?

Růst výnosů hlavních zemědělských plodin na jednotku obdělávané plochy půdy za posledních 50 let



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

<http://recetox.muni.cz>

# Změny v zemědělství

## Tradiční zemědělství

- ↪ malé farmy
- ↪ využití zvířat k práci
- ↪ hnojení organickými hnojivy
- ↪ omezené použití zavlažování
- ↪ vysoká diverzita plodin

## Industriální zemědělství

- ↪ velké farmy
- ↪ těžká mechanizace
- ↪ intenzivní využívání umělých hnojiv a pesticidů
- ↪ rozsáhlé zavlažovací systémy
- ↪ omezené množství plodin s vysokým výnosem

# Zelená revoluce

- ↪ **Pozitivní vliv na výživu ve světě**, především v Asii (Indie, Thajsko, Čína...). Zvýšila se produkce potravin, snížil populační přírůstek
- ↪ Propagátor Green Revolution Norman Borlaug získal v roce 1970 Nobelovu cenu za mír
- ↪ **Spotřeba vody, minerálních hnojiv a pesticidů a používané zemědělské techniky** akcelerovaly problémy s pitnou vodou, půdní degradací a kontaminací prostředí
- ↪ **Nízký účinek Zelené revoluce v Africe**
- ↪ **Negativní vliv na ekonomickou a sociální strukturu venkova a diverzitu využívaných plodin**



# Výživa populace

- ↪ **Produkce obilovin na osobu od konce 80. let klesá**
- ↪ **Miliarda lidí trpí podvýživou (Jihovýchodní Asie, subsaharská Afrika...)**
- ↪ **Miliarda lidí trpí nadváhou (55% Američanů, 36% Brazílie, 41% Kolumbie, Evropa...)**
- ↪ **80% podvyživených dětí žije v zemích s přebytky jídla (problémy jsou distribuce a sociální rozdíly)**
- ↪ **40% úrody obilovin spotřebují zvířata chovaná pro maso, v průmyslových zemích 70% (v Číně 30%)**

# Půdní degradace

**Podstatné snížení biologické produktivity nebo využitelnosti půdy, zapříčiněné lidskou činností.**

**Ke krátkodobé degradaci dochází při zemědělském využívání půdy stále, používají se konzervační techniky:**

- ↪ hnojení,
- ↪ orba po vrstevnici, mulčování,
- ↪ budování teras,
- ↪ střídání plodin,
- ↪ stavba mezí, větrolamů...

# Půdní degradace

Zvláště **náchylné** k degradaci jsou málo stabilní ekosystémy - tropy, aridní a semiaridní oblasti.

**Degradace je nevyhnutelná**, problémem je její (ne)udržitelnost.

Příklady udržitelné a neudržitelné degradace: Nabateanská kultura a starověká Mezopotámie.

# Půdní degradace

## Mechanismy půdní degradace:

- ↪ Eroze
- ↪ Desertifikace
- ↪ Zasolování
- ↪ Nadměrná exploatace zdrojů vody
- ↪ Chemická kontaminace
- ↪ Vypásání půdy
- ↪ Urbanizace

# Strukturně-mechanická degradace půdy

↪ Eroze

↪ Sesuvy

↪ Zhutnění

# Eroze a sesuvy

- ↪ Vodní eroze
- ↪ Větrná eroze
- ↪ Specifické formy eroze resp. transportu půdního materiálu (např. soliflukce, ledovcová eroze)
- ↪ Sesuvy

Ve všech čtyřech případech jde o **přírozenou záležitost**: tektonické procesy reliéf vyvyšují, zatímco vlivem větru, vody, teplotních změn a gravitace dochází k jeho zarovnávání resp. poklesu.



# Eroze a sesuvy

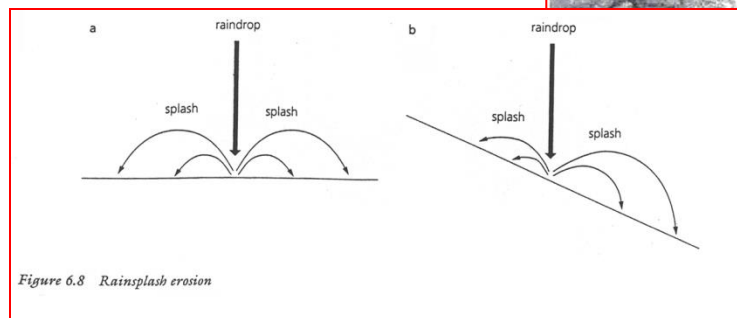
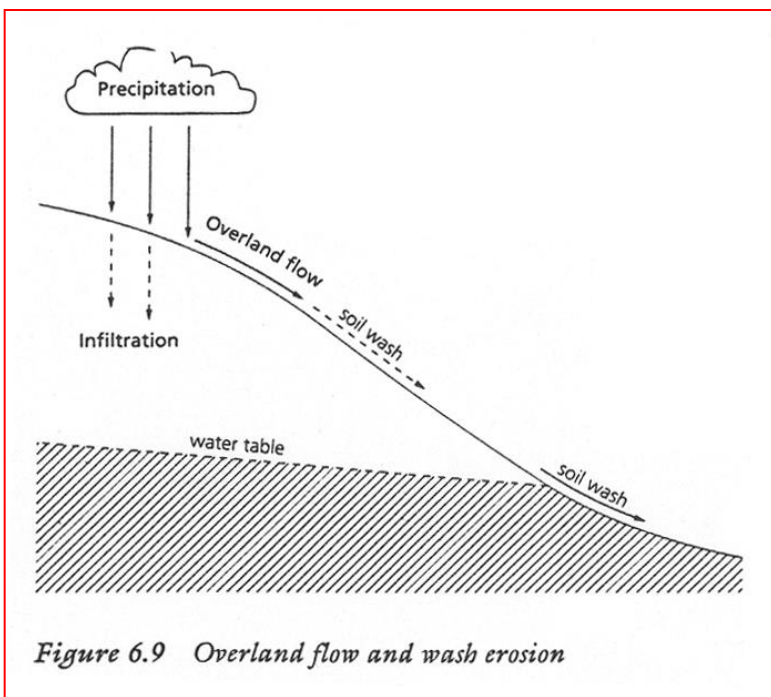
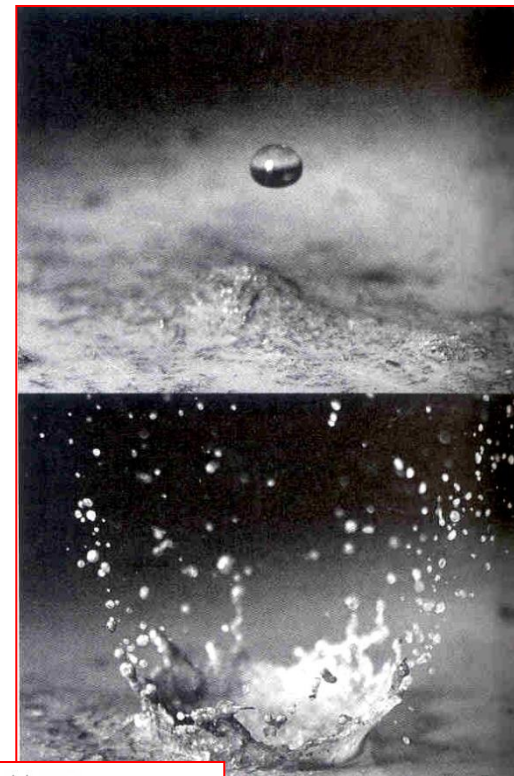
- ↪ I když **rozdíl mezi erozí a sesuvem** není striktně definovaný, obvykle se uvedené dva pojmy chápou odlišné.
- ↪ **Eroze** probíhá zpravidla pomaleji (postupně) v porovnání se sesuvem, který je na rozdíl od eroze poměrně náhlým jevem/procesem (není to však pravidlo).
- ↪ **Sesuv** je vždy vyvolaný přímo gravitací a má víc plošný charakter; často vzniká v důsledku nasycení půdních pórů vodou na nezpevněných svazích, např. při déle trvajících deštích, případně v důsledku tání sněhu.
- ↪ V globálním měřítku je rozloha území, na kterých se významně uplatňuje eroze větší, v porovnání s plochami které byly/jsou zasažené sesuvy.

# Vodní eroze

Ve většině případů vzniká v důsledku tvorby povrchového odtoku srážkových vod, t.j. když rychlost infiltrace srážkové vody do půdy je nižší než intenzita srážky (více naprší než infiltruje), jiným případem je říční nebo mořská eroze.

# Eroze půdy

- ↪ Dopad dešťových kapek
- ↪ Povrchový splach
- ↪ Eolická eroze (Aeolus – řecký bůh větru)
- ↪ Abraze
- ↪ Deflace

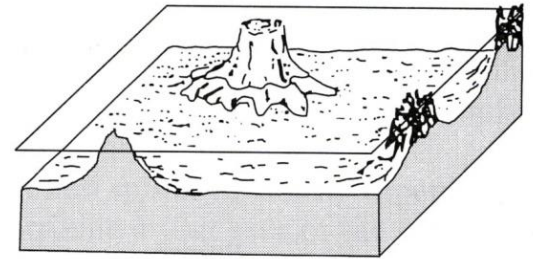


# Vodní eroze

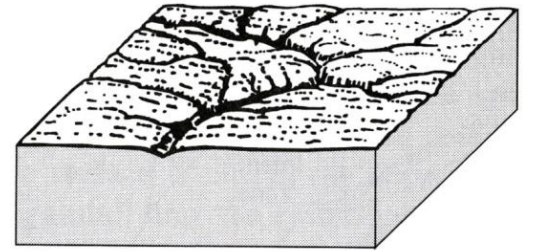
Rozeznáváme následující typy vodní eroze:

- ↪ **Plošná** (specifická forma vodní eroze, např. po lesních požárech, nemusí být vždy nápadná)
- ↪ **Stružková, rýhová** – když se na určitém území uplatňuje dostatečně dlouho přechází do výmolové eroze (brázdy hluboké 0,05 - 2 m)
- ↪ **Výmolová, stržová** (rýhy a rokliny 1 - 20 m i více)
- ↪ **Říční a mořská** – abraze (podmývání, rozrušování břehů)

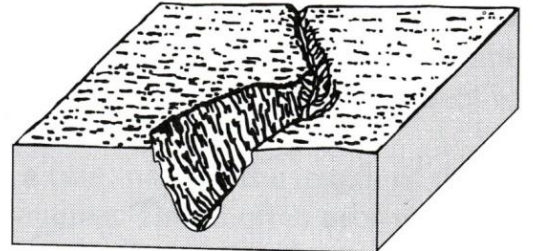
Plošná erózia



Ryhová (stružková) erózia



Výmolová erózia



# Mechanismy půdní degradace - eroze

**Eroze** – rozrušování a odnos svrchní úrodné půdy (vodou, větrem)

Zásadní roli hraje **množství a intenzita srážek**: problémy nastávají tam kde je srážek málo nebo kde naopak mají vysokou intenzitu.

Erozi **urychluje** odhalená půda, svažité pozemky, nevhodné zemědělské techniky (hluboká orba, ponechání bez rostlinného krytu, orba po spádnici).



# Faktory ovlivňující vznik vodní eroze

**Voda má dostatečně velkou hustotu** (přibližně 700-krát větší než vzduch) → v případě pokud se dostatečně velký objem vody dostane do pohybu je schopný strhávat různé pevné částice (půdu..)

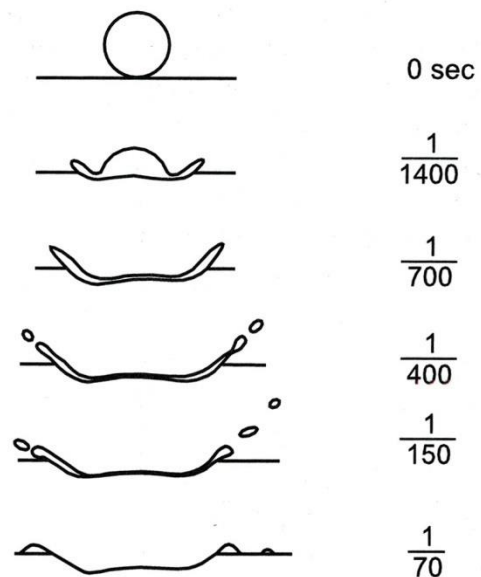
I vzdušné masy jsou schopné transportu pevných částic, avšak je na to potřebná řádově vyšší rychlost větru v porovnání s pohybující se vodou.

**Příčiny vzniku vodní eroze** - fyzikální faktory - stabilita půdní struktury, zrnitostní složení půdy, pórovitost půdy, stupeň nasycení pórů vodou/vzduchem, průměr pórů a jejich hydraulická vodivost, intenzita srážek a jejich celkové množství (objem).

**Kromě půdních a meteorologických parametrů jsou rovněž důležité** - členitost reliéfu, sklon svahů, míra urbanizace - zastavěnost území, pokryvnost území vegetací, charakter vegetace, způsob využívání krajiny (zemědělství, průmysl).

# Erozní účinek deště

Ke vzniku vodní eroze  
přispívá i přímý kontakt  
kapek dešťové vody s  
povrchem půdy →  
mechanické rozrušování



**Fig. 15.6.** Impact of a raindrop on an erodible soil surface.



**Fig. 15.7.** Splash erosion on a sloping soil surface.

# Následky vodní eroze

- ↪ **Odnos půdy** → ztráta biotopů, dočasná destrukce stanovišť a - od rozsahu eroze se odvíjí schopnost organismů postihnuté území opět osídlit.
- ↪ **Snižování zemědělské produktivity půd** - zásah do povrchové nejúrodnější části půdy → odnos živin.
- ↪ **Erozní sediment**, který voda nese se ve variabilní vzdálenosti od jeho zdroje usazuje, což často vede k zanášení vodohospodářských soustav, vodných toků a kanalizace.
- ↪ Vodní eroze může přispívat k **eutrofizaci vod**, vzhledem k tomu, že dochází často k odnosu nejen půdních částic, ale i agrochemikálií.

# Plošná eroze po požáru (Austrálie, Španělsko)



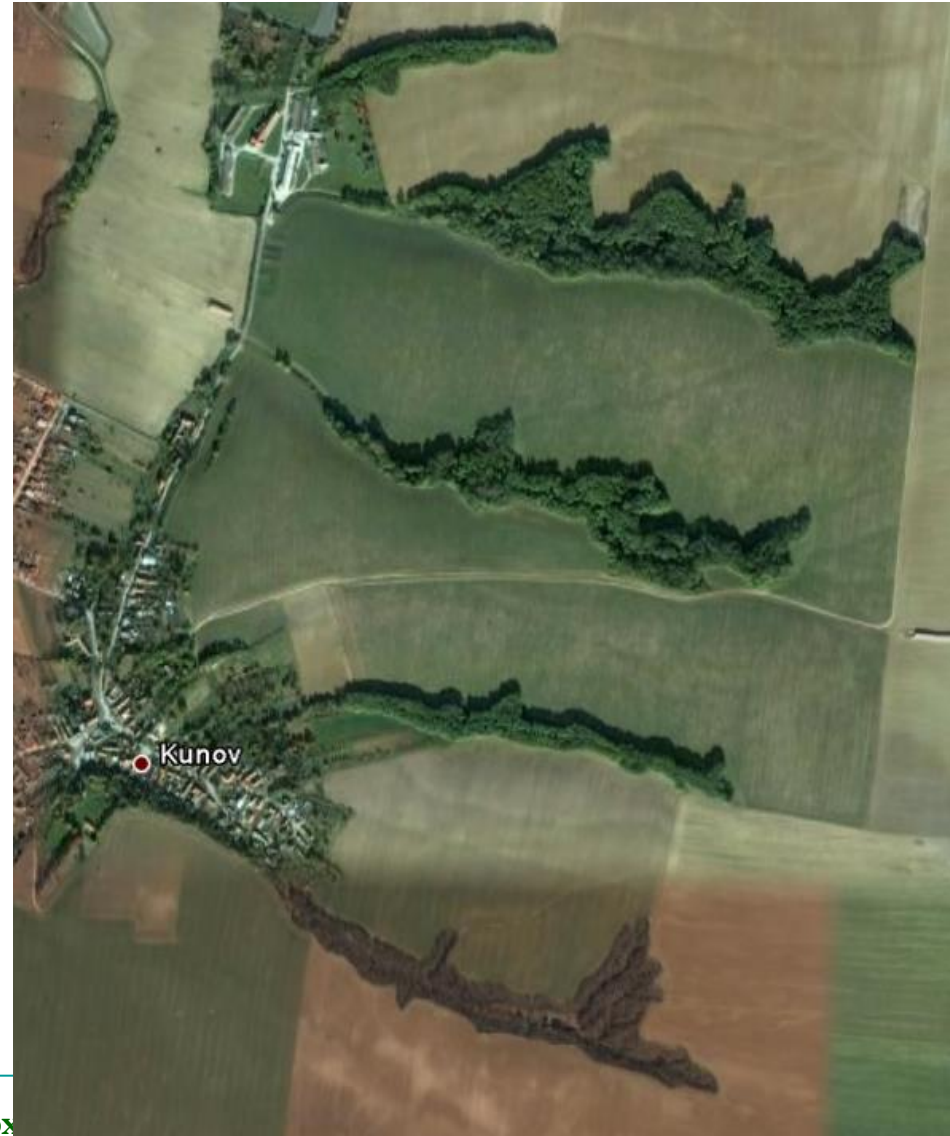
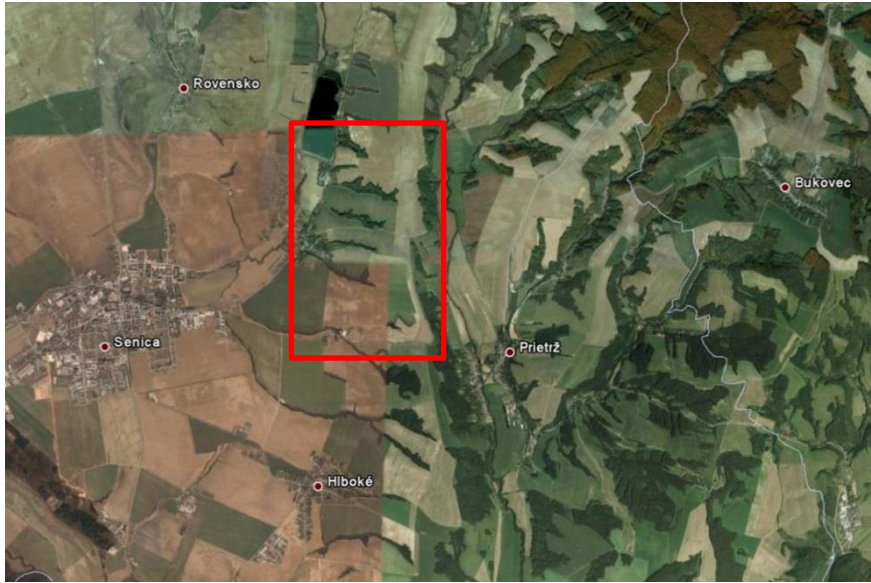


# Stružková (rýhová) eroze (Šobov – Bánská Štiavnice)





# Výmolová eroze (Myjavská pahorkatina – velké množství zalesněných výmolů)





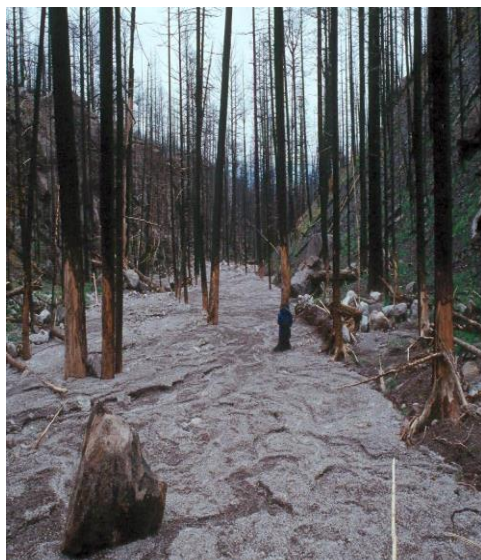
# Výmolová eroze – stabilizace svahů vegetací (akáty)





# Eroze po lesních požárech

**Eroze po lesních požárech** - příčiny: destrukce vegetace a nadložního horizontu půd → půda není před rušivým vlivem dešťových kapek chráněná; kromě toho k tvorbě povrchového odtoku přispívá i hydrofóbní charakter půd zasažených požárem



# Mechanismy půdní degradace - eroze

**Příklady eroze vodou: Haiti, Madagascar.**

**Příklady větrné eroze: Velké pláně v USA (Dust Bowl, 30., 50., 80. léta), Ukrajina.**

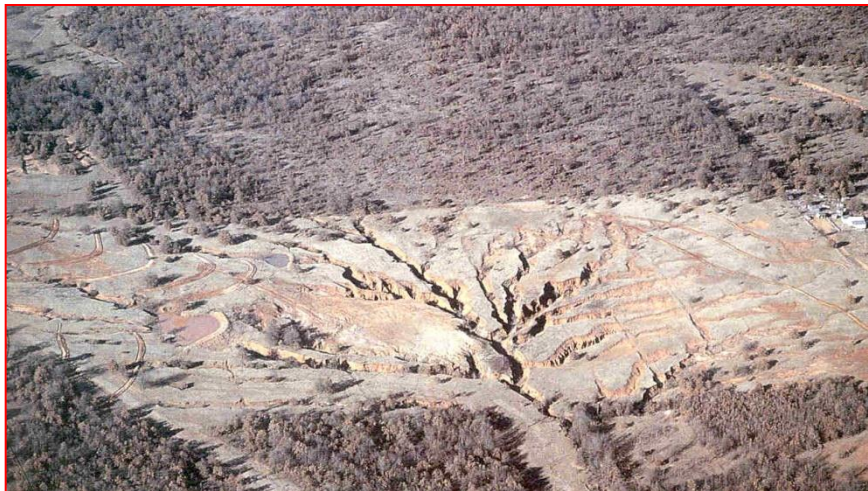
**Dalším faktorem eroze je teplota, která ovlivňuje rychlost chemických a biologických procesů (v teplejších oblastech je rychlejší zvětrávání a spotřebovávání organické hmoty).**

# Eroze: vodní a větrná eroze





# Eroze půdy



Eroze, Shawnee, Oklahoma



Písečné duny, Danakii, Egypt

# Větrná eroze

**Pravděpodobnost, že půda bude erodovaná větrem narůstá:**

- ↪ se snižováním půdní vlhkosti
- ↪ s poklesem rozlohy vegetačního krytu
- ↪ pokud je soudržnost půdních částic nedostatečná

I v případě větrné eroze je **jednou z příčin oddělení částic od povrchu půdy** turbulentní proudění s tím rozdílem, že v tomto případě ide o proudění vzdušných mas v přízemní části atmosféry

**Riziko větrné eroze** je, vedle počasí resp. klimatu, významně ovlivňované charakterem reliéfu krajiny; z tohoto pohledu budou ohroženější rozlehlé rovinnaté území; naopak s **narůstající výškovou členitostí terénu klesá riziko větrné eroze**

Research Centre for Toxic Compounds in the Environment

<http://recetox.muni.cz>

# Negativní změny v půdní struktuře

- ↪ Tvorba zhutněných vrstev v půdním profilu
- ↪ Rozpad půdní struktury

# Mechanismy půdní degradace - zhutňování půdního horizontu

**Zhutňování půdního horizontu – při používání těžké techniky a nedostatku organických hnojiv**

- ↪ **Důsledkem je zvyšování hustoty půdy ⇒ nepříznivé podmínky pro růst rostlin, snižuje se produkce o 10-20%**
- ↪ **Snížená retenční schopnost, zvýšený povrchový odtok a eroze, zvyšuje se vysychání půd, omezen koloběh živin a plynů**
- ↪ **Přirozené odbourávání - promrznutí půdy do hloubky 50-60 cm. Zkompaktnění je rizikové zejména v oblastech kde k cyklickému promrzání nedochází.**

# Tvorba zhutněných vrstev v půdním profilu

(Nadměrná) kompakce půdy: zvyšování objemové hmotnosti půdy v důsledku těsnějšího uspořádání půdních částic (snižování objemu pórů).

Vznik zhutněných (nedostatečně propustných) půdních vrstev vždy souvisí s jílem (případně prachem), jeho zvýšeným obsahem resp. transportem směrem do hloubky profilu.

Ke kompakci hlinitých/jílových půd přispívá už samotné vysoušení půdního materiálu → přirozený faktor

Jiným případem je kompakce vyvolaná způsobem orby; vzniká v důsledku translukace jílových a prachovitých částic (rozpad agregátů a přesun částic směrem do hloubky); jak se při poklesu v hloubce půdy o 7,5 cm obsah jílu více než zdvojnásobí (→ nárůst zhutnění) půda se považuje za degradovanou - kritérium FAO

Kompakce půdy je mnohem větší problém než se původně předpokládalo.



# Tvorba zhutněných vrstev v půdním profilu

## Přirozená

- ↪ Ke **kompakci půdy** dochází v rámci **přirozeného vývoje** (geneze) půd např. při ilimerizaci, slancování nebo laterizaci.
- ↪ Příkladem přirozené kompakce půdy je např. **tvorba kůry na jejím povrchu**; půda bez vegetačního krytu je vystavená mechanickému (rušivému) vlivu dešťových kapek → kůra na povrchu, vzniká na rovinných územích vlivem periodického promíchávání a následné konsolidace částic při vypařování srážek. Ve výjimečných případech může být tento zhutněný horizont v suchém stavu značně tuhý (výskyt v tropech a subtropích).

# Tvorba zhutněných vrstev v půdním profilu

## Podmíněná lidskou činností

- ↪ **Vlivem aplikace těžkých dopravních prostředků** používaných na těžbu dřeva nebo na různé agrotechnické opatření (např. traktory, kombajny).
- ↪ **Vlivem obrábění a zúrodňování** - běžná je tvorba tzv. zhutněného podorničí v určité hloubce pod úrovní přeorávání půdy; v rámci povrchového kultizemního horizontu dochází (vlivem mechanického - periodicky opakujícího se pohybu) k rozrušování agregátů a přesunu jemnějších částic směrem do hloubky kde se akumulují a vytvářejí zhutněnou, slabě propustnou vrstvu (at' už pro kořeny rostlin, pro vodu nebo vzduch).

# Rozpad půdní struktury

**Struktura půdy** → agregáty: shluky částic menších než 0,002 mm; organo-minerální komplex, který drží pohromadě díky Van der Waalsovým silám, vodíkovým můstkům a i kovalentním vazbám.

**Tvorba půdní struktury** je komplexní záležitost - vzájemné sladění chemických, fyzikálních a biologických procesů a faktorů:

- ↪ **Biologické faktory:** prostorová spleť kořenů; kořeny a mikroorganismy vylučují látky stmelující půdní částice
- ↪ **Fyzikální faktory:** optimální hydro-termický režim půd, střídání vysušování a zvlhčování, střídání teplot (např. v létě 25°C, v zimě < 0 °C), střídání nabobtnávání a smršťování
- ↪ **Chemické faktory:** produkce organických látek - přírodních polymerů a koloidů (polysacharidy, lignocelulóza, lignin, huminové kyseliny), vlastnosti sorpčního komplexu půd (T, S, V, H) → množství a typ kationtů přítomných v sorpčním komplexu

# Rozpad půdní struktury

## Faktory příznivě ovlivňující charakter půdní struktury:

Dostatečný podíl ionů  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  v sorpčním komplexu, obsah těchto prvků v geologickém substrátu, neutrální pH, optimální vlhkostní režim (Eh) a teplotní režim, optimální intenzita humifikačních procesů - ne nadměrná akumulace půdní organické hmoty ani jej příliš intenzivní mineralizace.

## Faktory nepříznivě ovlivňující charakter půdní struktury:

Zvýšený podíl jednomocných kationů v sorpčním komplexu:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{H}^+$ , příliš suchá a teplá nebo naopak příliš studená a humidní klima, půdotvorný substrát chudobný na  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$

Příklad rozpadu půdní struktury: zasolení půd - vysoký obsah  $\text{Na}^+$  v sorpčním komplexu stimuluje peptizaci půdních koloidů, přechod gel  $\rightarrow$  sol

# Mechanismy půdní degradace - desertifikace

**Desertifikace** – půda bez humusu v aridních a semiaridních oblastech snadno přechází v poušť

**Antropogenní pouště** vznikají spásáním vegetace, velkým odběrem povrchové vody, vypalováním, zasolením...

Jedná se o **málo stabilní ekosystémy** zpravidla na okrajích přirozených pouští, na stepích a savanách.

**Příklady:** Blízký Východ (už ve starověku), Sahel (2. polovina 20. století).



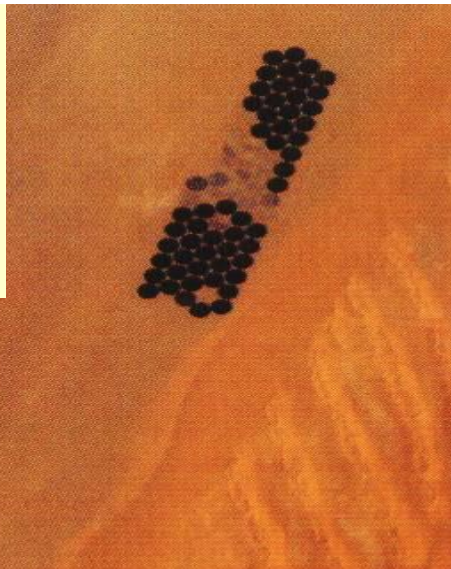
# Desertifikace: příčiny

Pastevectví –  
především kozy



Odlesňování

Nadměrné  
využívání  
podzemní vody –  
centrální pivotní  
zavlažování



Nadměrná  
zátěž oblastí u  
studní

or Toxic Co

<http://recetox.muni.cz>

# Desertifikace

- ↪ Snižování nebo ničení biologického potenciálu půdy a krajiny vedoucí v konečném důsledku k tvorbě „pouštních“ podmínek
- ↪ Poměrně všeobecná definice, ale ani termín „poušť“ není exaktně definovaný
- ↪ Soubor na sebe navazujících dílčích událostí – procesů, které vyvolávají negativní změny v biologické aktivitě ekosystémů aridních a semiaridních oblastí



# Desertifikace vs. sucho

- ↪ Je vhodné rozlišovat mezi těmito termíny a současně pochopit jejich vzájemný vztah
- ↪ **Sucho** – stav nedostatku vody v ekosystému (může být krátkodobé, nebo naopak přetrvávat dlouho)
- ↪ **Desertifikace** – proces, který v důsledku dlouhého resp. častého výskytu suchých a horkých období způsobuje dlouhodobé negativní změny v biologické produktivitě ekosystémů postiženého území.

# Příčiny desertifikace

## Změny klimatu:

- ↙ je problematické určit míru vplyvu člověka na proměnlivosti klímatu Země; významné zvýraznění skleníkového efektu atmosféry vlivem emisí CO<sub>2</sub> a dalších plynů není zatím dostatečně prokázáno; možný vliv velkých sopečných erupcí, v porovnání s předcházejícími mezi-ledovými obdobími (interglaciálními) je ten současný v průměru o několik stupňů chladnější
- ↙ Je pravděpodobné, že kromě vlivu emisí antropogenního původu se na rozšiřování rozlohy pouští podílejí i nadměrná pastva dobytka, odlesňování (zejména v tropických oblastech, např. vypalování tropických deštných pralesů) jako i narůstající míra urbanizace ve světě (fyzikální vliv a nechemický)

# Příčiny desertifikace

- ↪ **Vliv požárů** nemusí být nutně negativním jevem; v aridních oblastech sa vyskytují (rostlinná) společenstva, která se poměrně lehko zotavují ze zásahu území požárem (v popelu jsou přítomné P a K → je podstatné kde skončí popel).



# Území ohrožené dezertifikací

- ↪ Vykazuje dlouhodobě tendenci klesající vodoretenční schopnosti (nemá schopnost zadržovat vodu)
- ↪ Má nedostatečný přísun vody (zejména srážkové)
- ↪ Je dlouhodobě vystavené působení vysokých teplot
- ↪ Uplatňuje se na něm výparný hydro(pedo)logický režim (hrozí riziko zasolení půd)

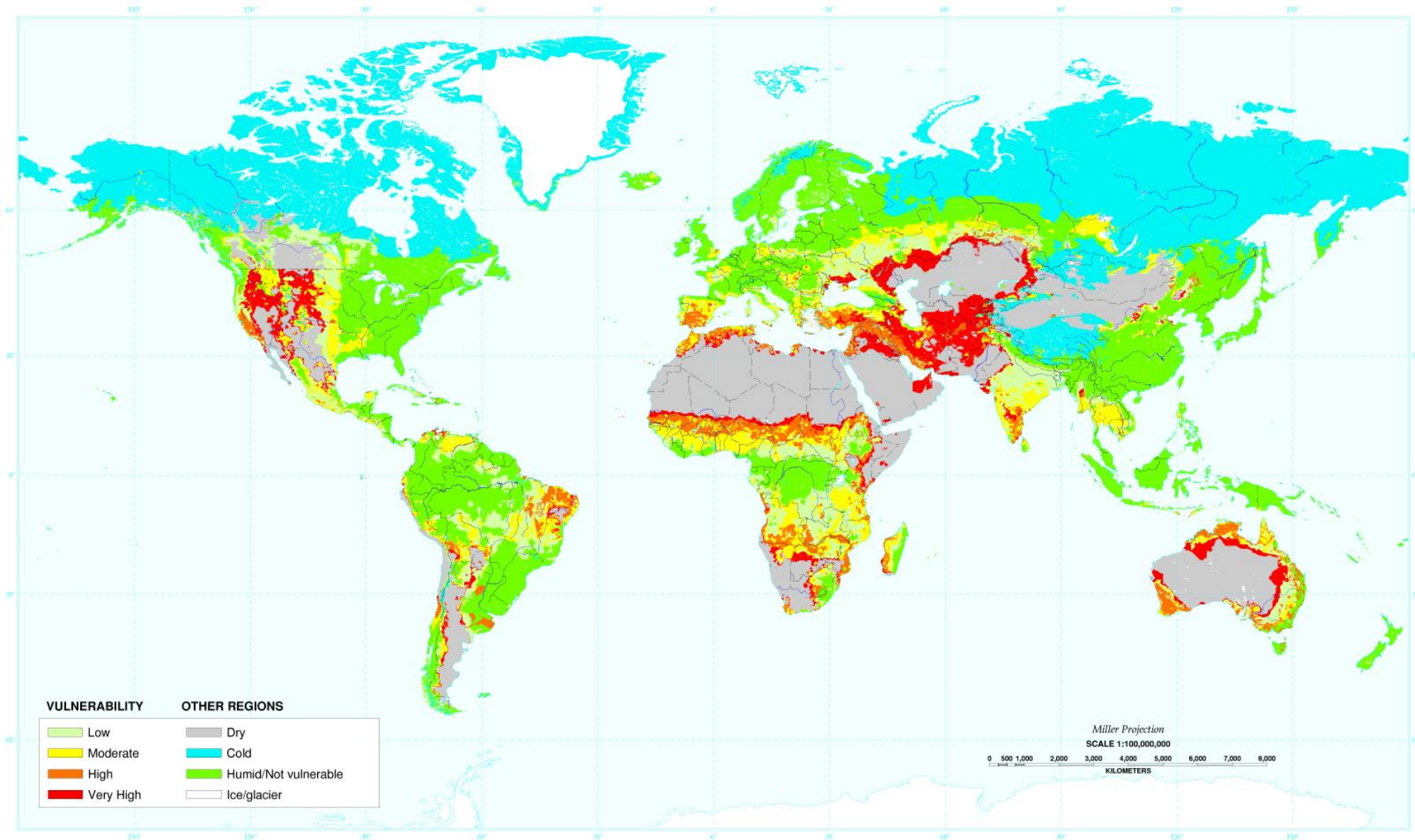
## Jde o primární příčiny dezertifikace

Samotná dezertifikace spočívá v uplatňování se více dílčích procesů, které jsou následky vyše uvedených příčin, mezi tyto dílčí procesy patří např. intenzivní mineralizace půdní organické hmoty, eroze, pokles biologické aktivity půdy, výskyt požárů (ne vždy je jejich vliv na ekosystém negativní).

# Nejvíce ohrožené typy ekosystémů

- ↪ Savany, prémie, trávnaté a křovinné porosty tropických a subtropických oblastí (bush, chaparral)
- ↪ **Příčiny** - kromě dlouhodobého nedostatku vody, resp. uplatňování nevhodného hydrologického režimu na daném území, jsou tyto typy spoločenstev ohrožované intenzívní pastvou dobytka,... v menší míře požáry
- ↪ Jak intenzita rušivých faktorů dosáhne určité **kritickou úroveň** - vegetace (trvalky např. trávy) už není schopná obnovy

# Oblasti nejvíce ohrožené dezertifikací



# Mechanismy půdní degradace - zasolování (salinizace)

**Zasolování půdy** – zanášení svrchní části půdy rozpustnými solemi, které brání růstu většiny kulturních plodin

K salinizaci povrchovou vodou jsou náchylné **aridní zavlažované oblasti** (voda se odpařuje, soli zůstávají v půdě – např. údolí Nilu po stavbě Asuánské přehrady).

K salinizaci podzemní vodou dochází **při nadměrném zavlažování nebo odlesnění v nížinách s vysokou hladinou podzemní vody** (např. jižní Irák, západní Austrálie).

# Zasolení půd

**Vysoká akumulace rozpustných solí v kořenové zóně (rizosféře) půd např. NaCl (ale i další sodné soli a minerály),  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{CaSO}_4$**

**Příklady minerálů, které jsou přítomny v zasolených půdách - např. soda ( $\text{NaHCO}_3$  resp.  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ), trona ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), nahcolit ( $\text{NaHCO}_3$ ) a hydromagnezit ( $\text{Mg}_5(\text{CO}_3)_4(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ).**



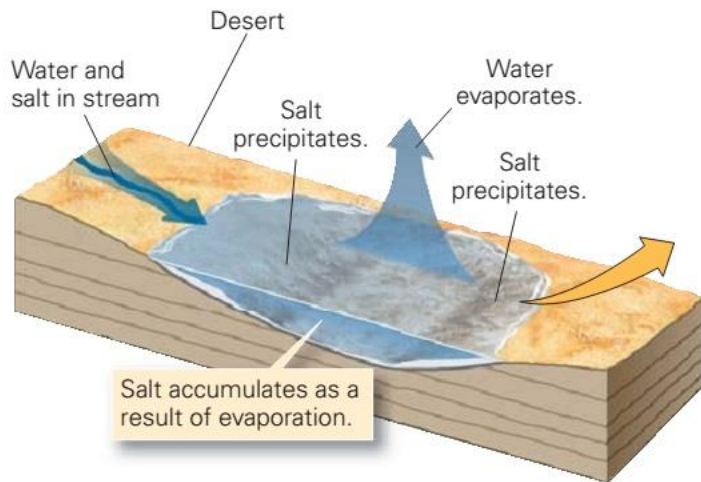
# Výskyt zasolených pŕd

Podmínkou výskytu zasolených pŕd je **výparný hydrologický režim** (aridní a semiaridní oblasti), **mineralizovaná podzemní voda** a její hladina situovaná blízko povrchu.

Na nížinách, nivních a deltových plošinách, na nízkých terasách řek a jezer, na pobřežních terasách v přímořských oblastech, na místech, kde sa pŕdy vyvinuli na mořských sedimentech.

Odhaduje se, že v globálním měřítku je cca. 932 mil. ha pŕd ovlivněných buď salinitou nebo sodicitou.

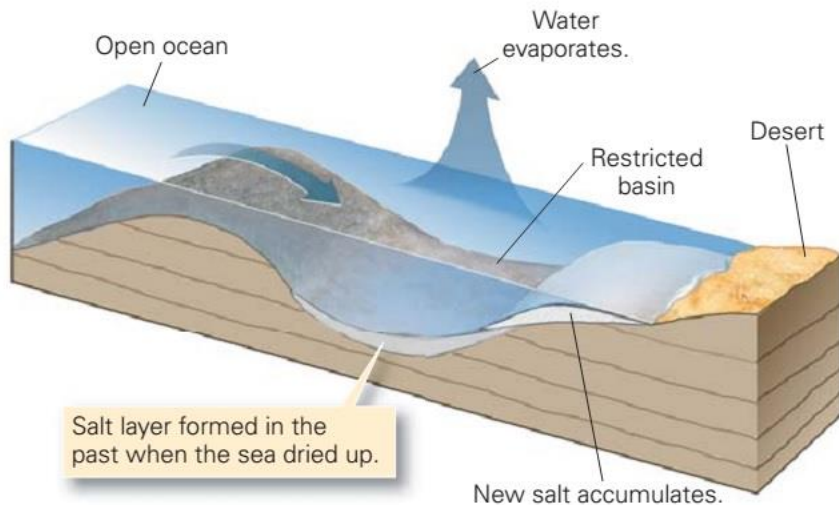
- ↪ **Salinita:** stav pŕdy vyvolaný akumulací vysoce rozpustných solí v pŕdě
- ↪ **Sodicitá** - slancování: stav pŕdy vyvolaný akumulací zásaditých vysoce rozpustných solí v pŕdě; vysoký obsah výměnného Na



Salt on the floor of Death Valley, California

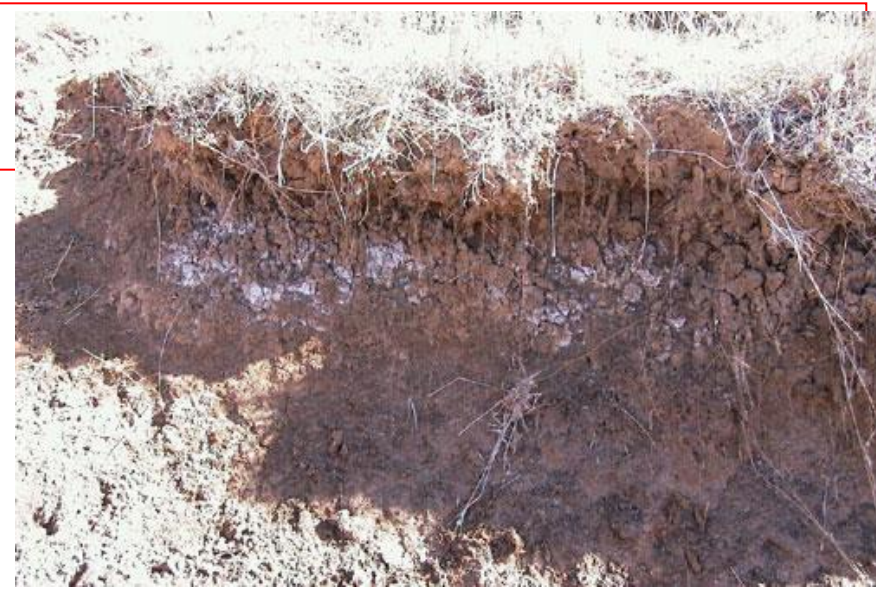


**(a)** In lakes with no outlet, tiny amounts of salt brought in by streams stay behind as the water evaporates. When the water evaporates entirely, a white crust of salt remains.



**(b)** Salt precipitation can also occur along the margins of a restricted marine basin, if saltwater evaporates faster than it can be resupplied.









**(a)** Travertine accumulates in terraces at Mammoth Hot Springs in Yellowstone Park, Wyoming.



**(b)** Travertine speleothems form as calcite-rich water drips from the ceiling of Timpanogos Cave in Utah.

# Jak škodí zasolení půd organismům

## Přímý vliv:

Roztoky vysoce rozpustných anorganických solí se vyznačují značným **osmotickým tlakem** → rostliny a mikroorganismy trpí nedostatkem vody navdory dostatečně vysoké úrovni půdní vlhkosti.

**Toxicita některých chemických forem** - např. bór, chloridy (v některých i fluoridy), ale zejména Na

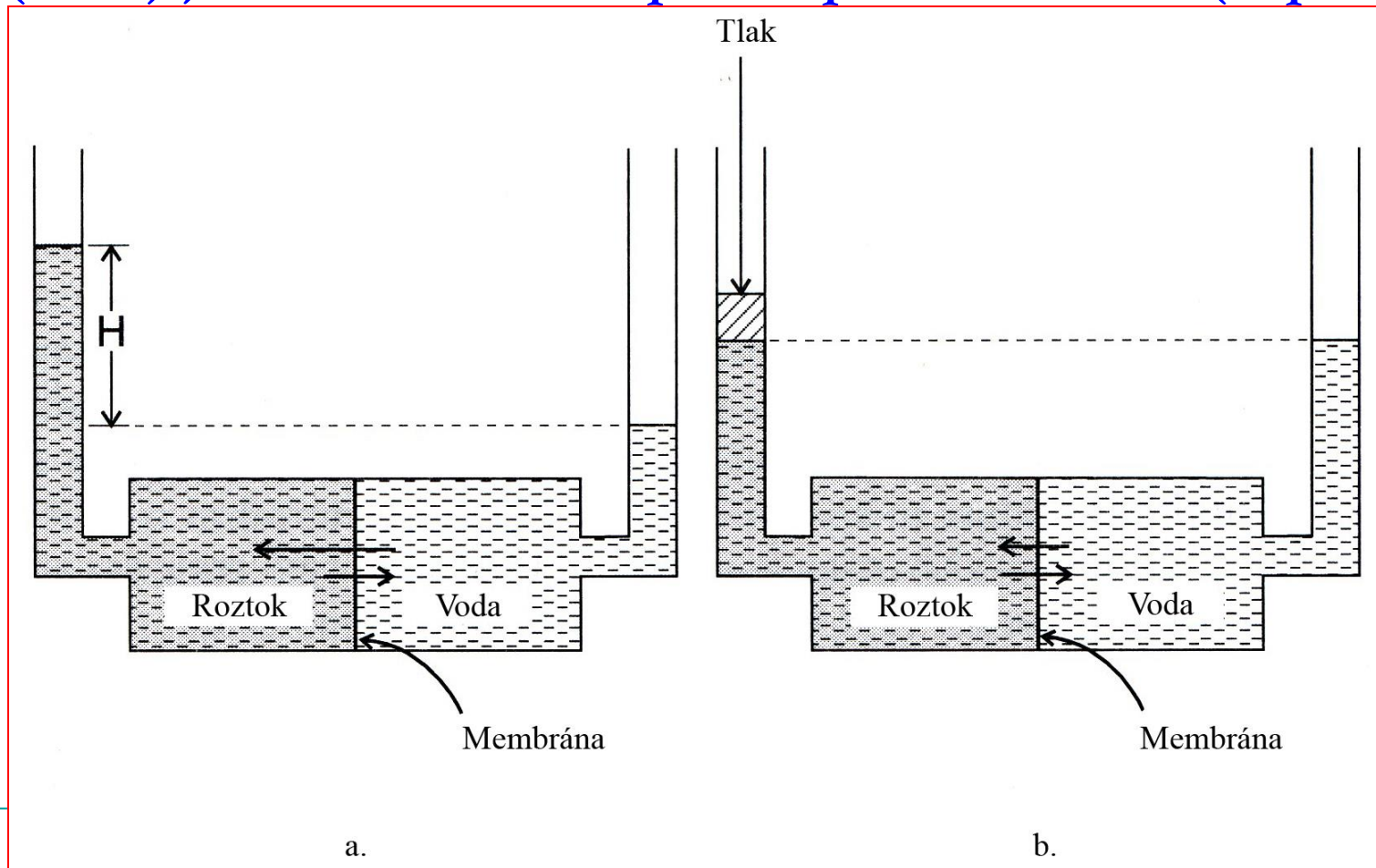
## Nepřímý vliv:

**Zhoršení fyzikálních vlastností půdy** - peptizace půdních koloidů, tvorba prizmatické a zlaté struktury, vysoké zhutnění - zejména v suchém stavu, nízká hydraulická vodivost a rychlost infiltrace



# Osmotický tlak půdního roztoku

Rozhraní buňka/půdní roztok je možné přirovnat k **membráně se selektivní propustností** → propustnost pro rozpouštědlo (vodu) je řádově větší než pro rozpuštěnou látku (např. NaCl)



# Rozpuslnost – vyluhovatelnost iontů z půd

- ↪ Velmi silně vyluhovatelné ionty:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$
- ↪ Silně vyluhovatelné ionty:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$
- ↪ Vyluhovatelné ionty:  $\text{SiO}_3^{2-}$ , P, Mn
- ↪ Slabě vyluhovatelné ionty:  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$
- ↪ Nevyluhovatelné ionty:  $\text{SiO}_2$  v křemenu

# Zasolení půd - ukazatele

- ↪ **Elektrická vodivost - EC** ( $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ )
- ↪ **Nasycenost sorpčního komplexu sodíkem (exchangeable sodium percentage = ESP)**  $V_{\text{Na}}$  (%)
- ↪ **Poměr absorbovaného  $\text{Na}^+$  (sodium absorption ratio = SAR)**

$$\text{SAR} = [\text{Na}^+] / ([\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}])^{1/2} \quad \text{v mmol.l}^{-1}$$

# Zasolení půd – salsodické půdní typy

- ↪ **Slabě alkalické** ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} < 8,4$ ); nižší el. vodivost – **Slanisko** - obsah vodorozpustných solí 0,3-1%; el. vodivost 4-15  $\text{mS.cm}^{-1}$
- ↪ **Solončak a Slanec**: silně alkalické ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} > 8,4$ ); vyšší el. vodivost; vysoká hodnota osmotického tlaku  $> 4-8 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ; toxický účinek boru a chloridů, vysoká koncentrace iontů  $\text{Na}^+$  negativně ovlivňuje příjem jiných prvků, víc jako 15 % z výměnných bazí je  $\text{Na}^+$

## Solončak:

- ↪ Zasolená vrstva sahá až k povrchu půdy, což je provázeno tvorbou „kůry“ z krystalů (např.  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) na jejím povrchu
- ↪ Hladina podzemní vody je blízko povrchu, větší část roku převažují vlhké podmínky → „zlatá“ (elementární) struktura

## Slanec:

- ↪ Ochrický al. umbrický humusový A horizont na povrchu
- ↪ Na rozdíl od solončaku je přítomný  $\text{B}_n$  horizont; za vlhka též „zlatá“ (elementární) struktura; během suššího období sloupcovitá resp. prizmatická struktura povrchového případně podpovrchového horizontu

# Zasolené půdy – vliv na rostliny

Rostliny trpí **deficitem vody** z důvodu osmotického tlaku vysoce rozpustných solí  $\Rightarrow$  vysychání.

Kromě toho v některých případech soli pronikají do rostlinných buněk ve velkých množstvích, kde **blokují funkčnost enzymů**; dochází k zastavování růstu a k odumírání rostliny.

**Halofyty** - rostliny adaptované na podmínky zasolených půd

- $\Rightarrow$  V případech některých rostlin je plazmatická membrána buněk kořenového systému schopná větší selekce (např. magrovníkové porosty) - rozlišení mezi  $K^+$  a  $Na^+$
- $\Rightarrow$  Většina halofytů se však významnější selekce iontů netýka  $\rightarrow$  akumulace solí např. v listech rostliny (ukládají se ve vakuole a apoplastu - vyšší osmotický tlak musí být kompenzován zvýšenou koncentrací jiných osmoticky aktivních látek např. sacharidů), někdy dochází i k vylučování solí na povrchu listů.



# Meliorační techniky zlepšující vlastnosti zasolených půd

- ↗ **Chemická meliorace** sádrou (40-90 t.ha<sup>-1</sup>), sírou (1-2 t.ha<sup>-1</sup>), síranem železnatým, vápencem (vytěsnění Na<sup>+</sup> a jeho náhrada Ca<sup>2+</sup>)
- ↗ **Zvýšení biologické aktivity** organickým hnojením
- ↗ **Hloubkové přeorávání** kombinované s jeho promýváním
- ↗ **Meliorační pěstování ryže**
- ↗ **Meliorace slanců a solončaků** je značně nákladná

## Mechanismy účinku sádrovce/sádry:

- ↗  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (sádra)  $\rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$
- ↗  $\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaCO}_3(\text{s}) + 2\text{H}^+$
- ↗ pH klesne na 7,5 - 8
- ↗ stoupne koncentrace Ca<sup>2+</sup>
- ↗ dojde k vytěsnění Na<sup>+</sup> a jeho vyplavení

# Salinizace - podíl zasažené půdy ve vybraných zemích

Country	% Affected	Country	% Affected
Algeria	10 - 15	Iraq	50
Egypt	30 - 40	Israel	13
Senegal	10 -15	Jordan	16
Sudan	< 20	Pakistan	< 40
India	27	Sri Lanka	13
Iran	< 30	Syrian Arab Republic	30 - 35

# Salinizace - typická krajina postižená zasolením



# Mechanismy půdní degradace - nadměrná expolatace vodních zdrojů

Třetina lidí nemá přístup k bezpečnému zdroji pitné vody a tlak na existující zdroje se zvyšuje.

- ↪ Čerpání a kontaminace podzemních zdrojů (Gabčíkovo, Středozápad USA, centrální pivotní zavlažování – Severní Afrika, Severní Amerika)
- ↪ Likvidace povrchových zdrojů (Aralské jezero – úbytek 90% vody, údolí řeky Colorado)
- ↪ Stavby přehrad které vedou k přesouvání obyvatel, zanášení sedimenty, kontaminaci půdy a vody (Asuán, Tři soutěsky)



# Nadměrná expolatace vodních zdrojů - Aralské jezero



Research Centre for Toxic Compounds in the Environment

<http://recetox.muni.cz>



# Nadměrná expolatace vodních zdrojů - zavlažování



- ↪ 70% globální spotřeby vody
- ↪ 17% obdělávané půdy (275 miliónů ha, 200 miliónů v rozvojových zemích)
- ↪ Zajišťuje 40% světové produkce potravin (57% produkce obilí)
- ↪ Do roku 2030 FAO předpovídá zvětšení zavlažované plochy o dalších 50 miliónů ha

# Mechanismy půdní degradace: kontaminace

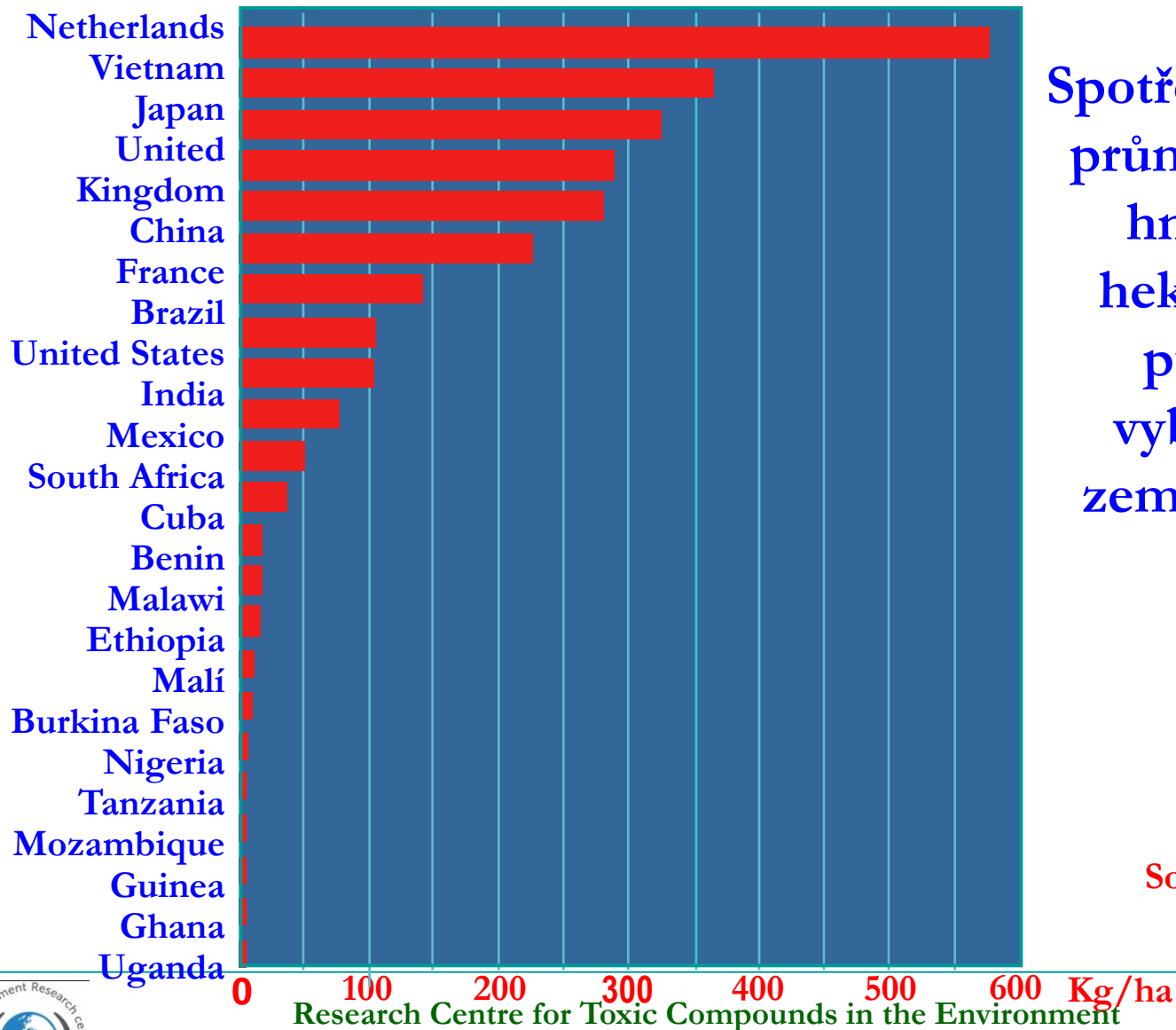
**Chemická kontaminace** – pesticidy a průmyslovými hnojivy

**Pesticidy** jsou látky, které chrání rostliny během růstu před nákazami a napadením živočichů, zamezují konkurenci jiných rostlin a zabraňují posklizňovým ztrátám (insekticidy, herbicidy, fungicidy...) Za posledních 50 let **desetinásobný nárůst použití**, podíl zničené úrody zůstává stále kolem 1/3 – škůdci si rychle vyvíjejí rezistenci.

**Průmyslová hnojiva** - zejména dusíkatá (ledek sodný, amonný, draselný) a fosfáty.

Zbytky pesticidů a hnojiv se ukládají v půdě, rostlinách a vodě.

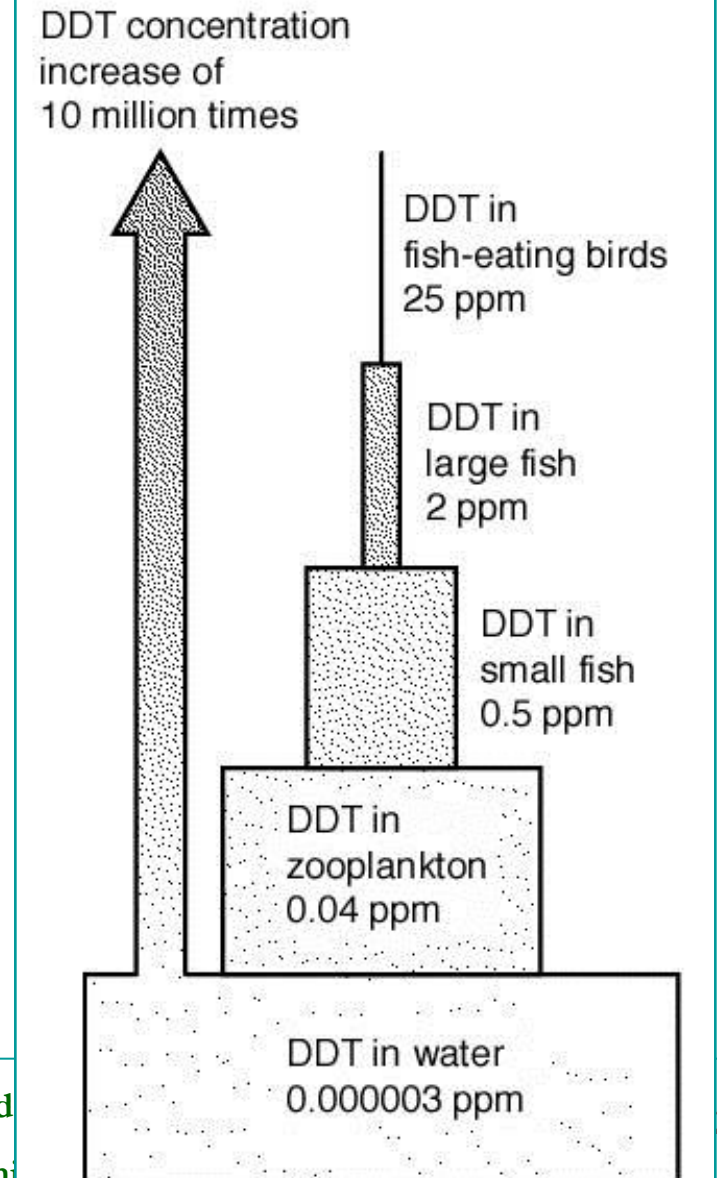
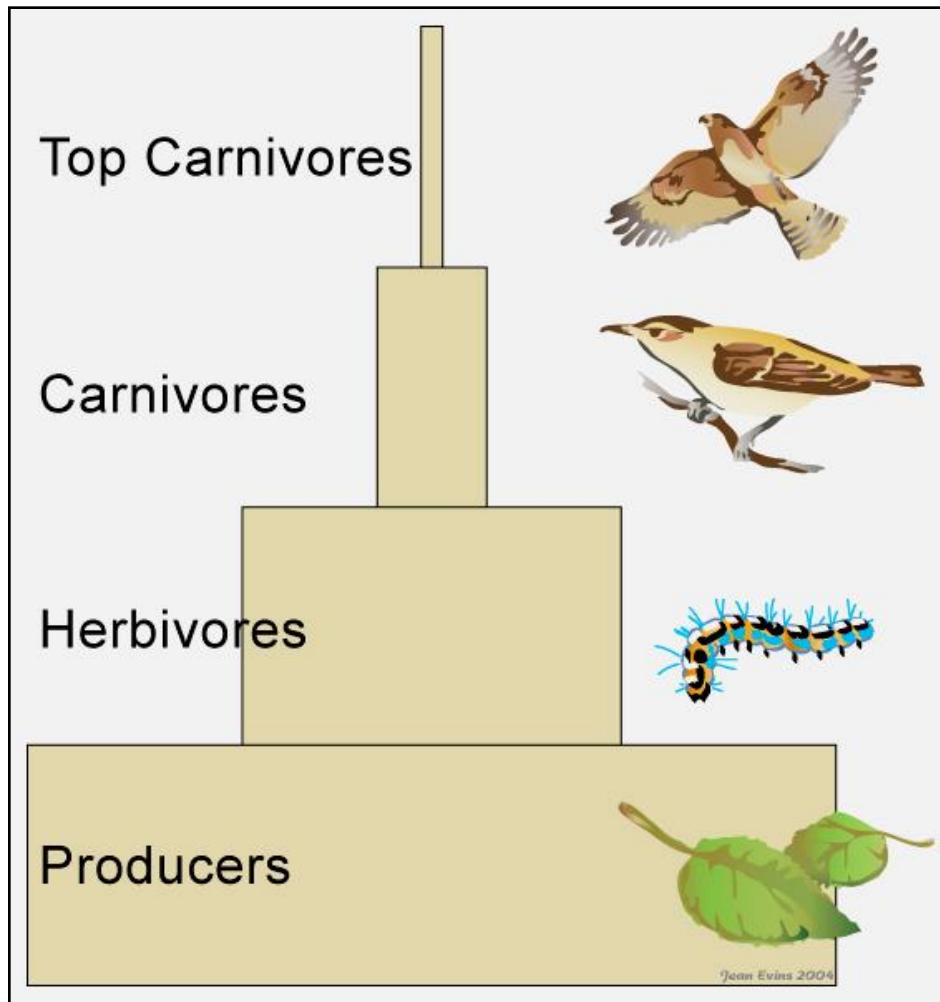
# Kontaminace - spotřeba průmyslových hnojiv



Spotřeba živin z průmyslových hnojiv na hektar orné půdy ve vybraných zemích, 2002

Source: FAOSTAT, July 2004

# Kontaminace - bioakumulace (potravní řetězec, příklad DDT)



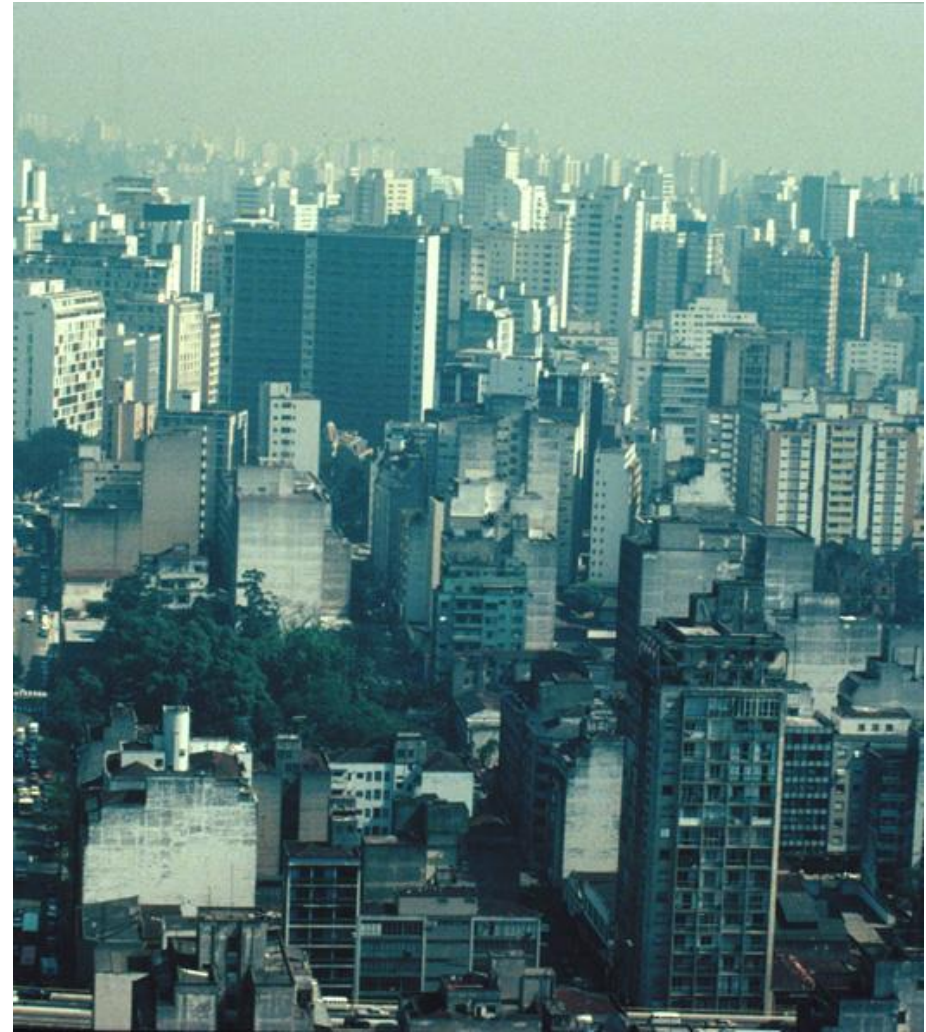
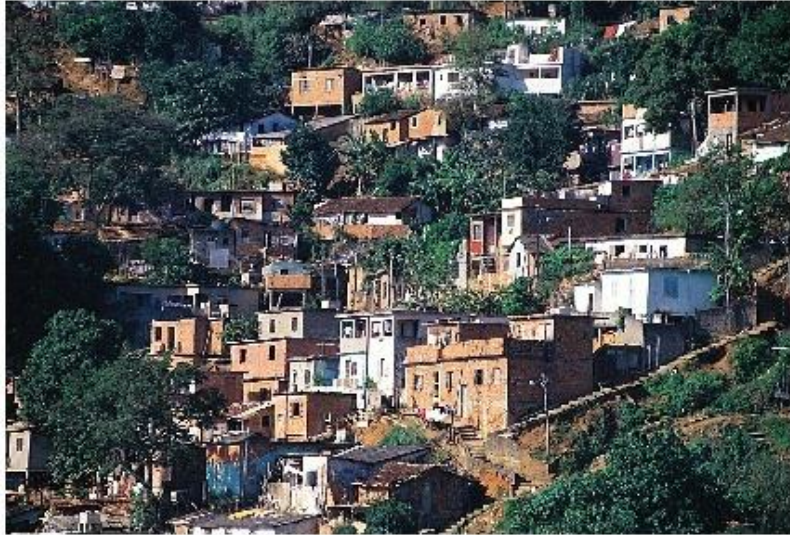
# Mechanismy půdní degradace - vypásání půdy a urbanizace

**Vypásání půdy** – v některých případech, zejména na suchých pozemcích, se může stát že zvířata spásají trávu rychleji, než stačí dorůst – udupávají půdu, ta nemůže vsakovat vodu – neroste tráva – mizení vegetace (Tragedy of Commons)

**Urbanizace** – dolování (výroba energie, stavební materiály), zástavba volné plochy (urban sprawl), nadměrné čerpání podzemní vody v okolí sídel (zhroucení studen), stavba přehrad



# Urbanizace - typy městského osídlení

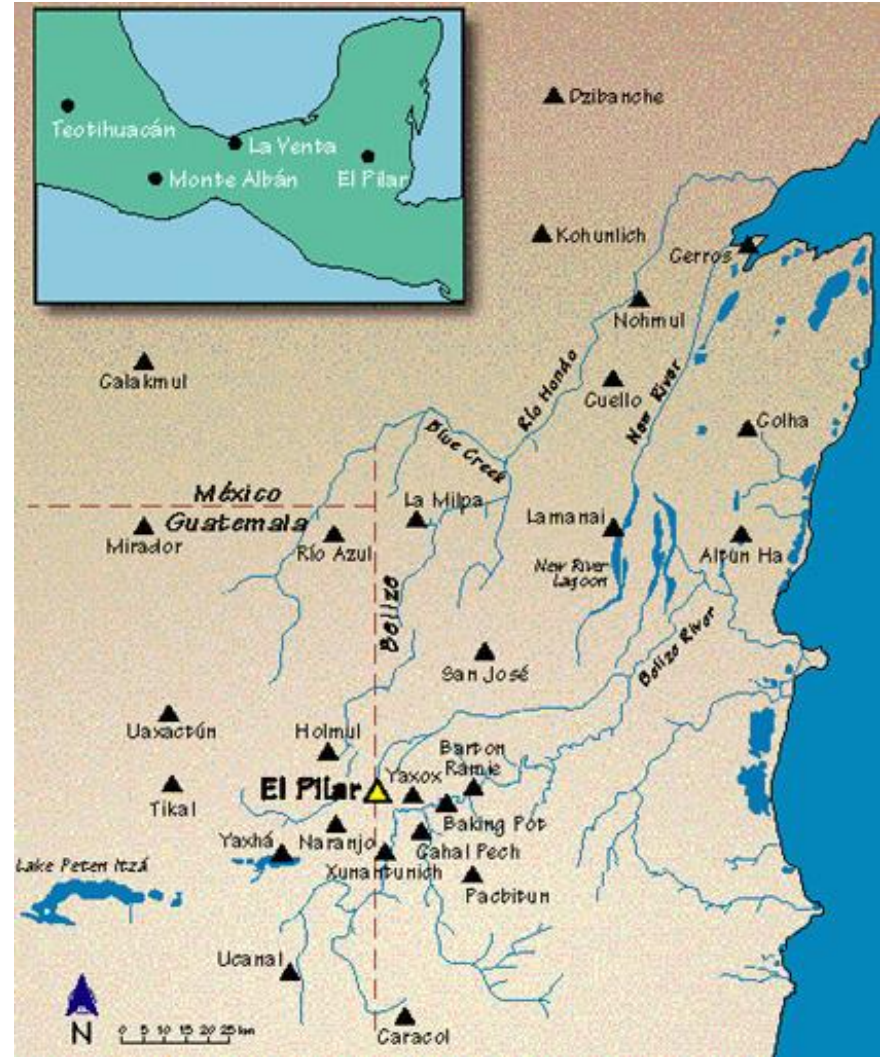


or Toxic Compounds in the Environment

<http://recetox.muni.cz>



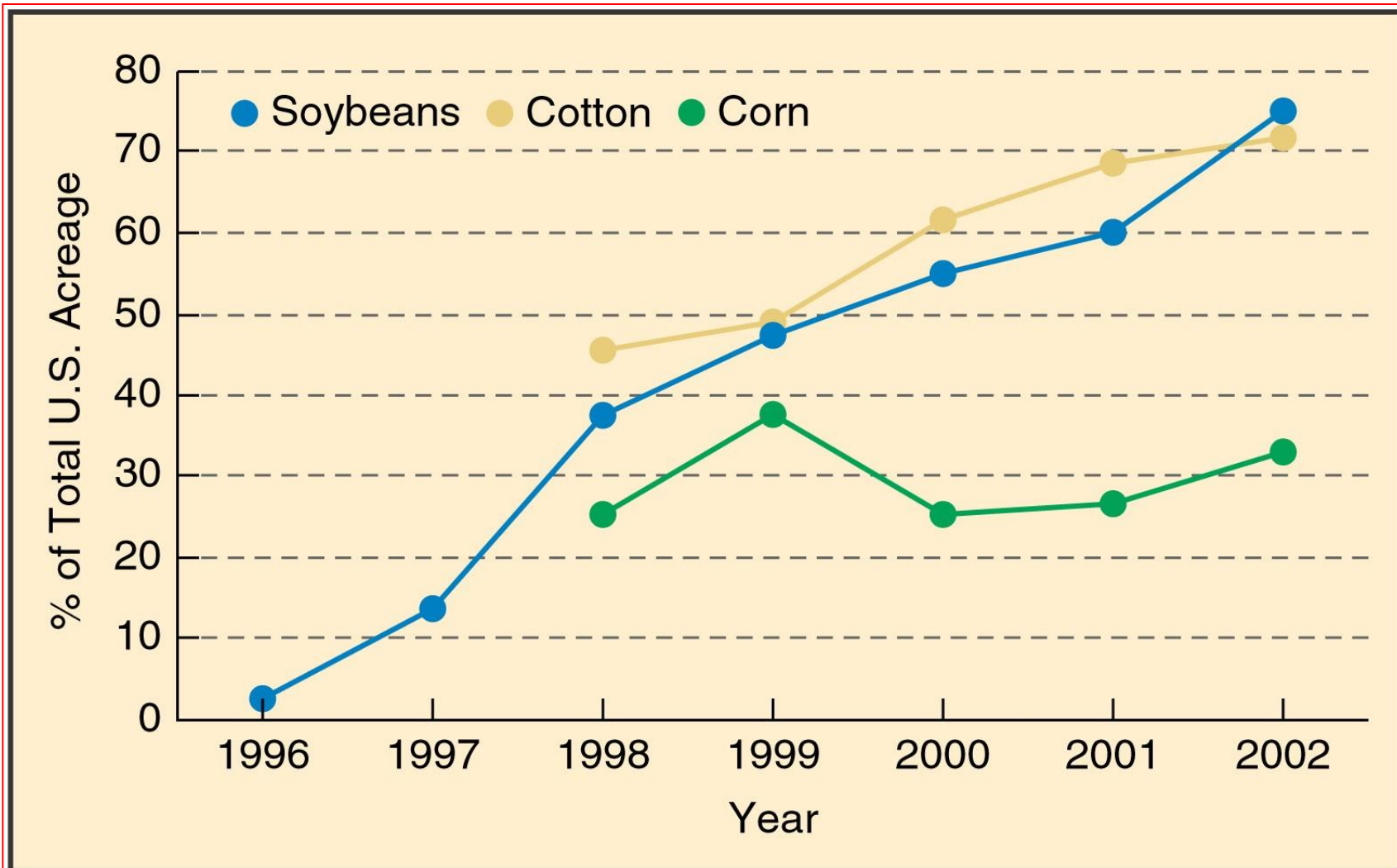
# Urbanizace v historii - Mayské osídlení na poloostrově Yucatan



# Geneticky modifikované organismy

- ↪ **Směr dalšího rozvoje Zelené revoluce: urychlení vývoje plodin pro větší výnos nebo jinak zvýhodněných**
- ↪ **Zásadní odlišnost od tradičního šlechtění – kombinace genetické informace organismů, které by se jinak nemohly křížit (např. rostlina x živočich x bakterie)**
- ↪ **Příklady vyvíjených žádoucích znaků**
  - odolnost proti hmyzu
  - odolnost proti herbicidům (např. Roundup Ready)
  - odolnost vůči horku / zasolení / suchu
  - lepší nutriční hodnoty (např. Golden Rice)

# GMO - rozšíření



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

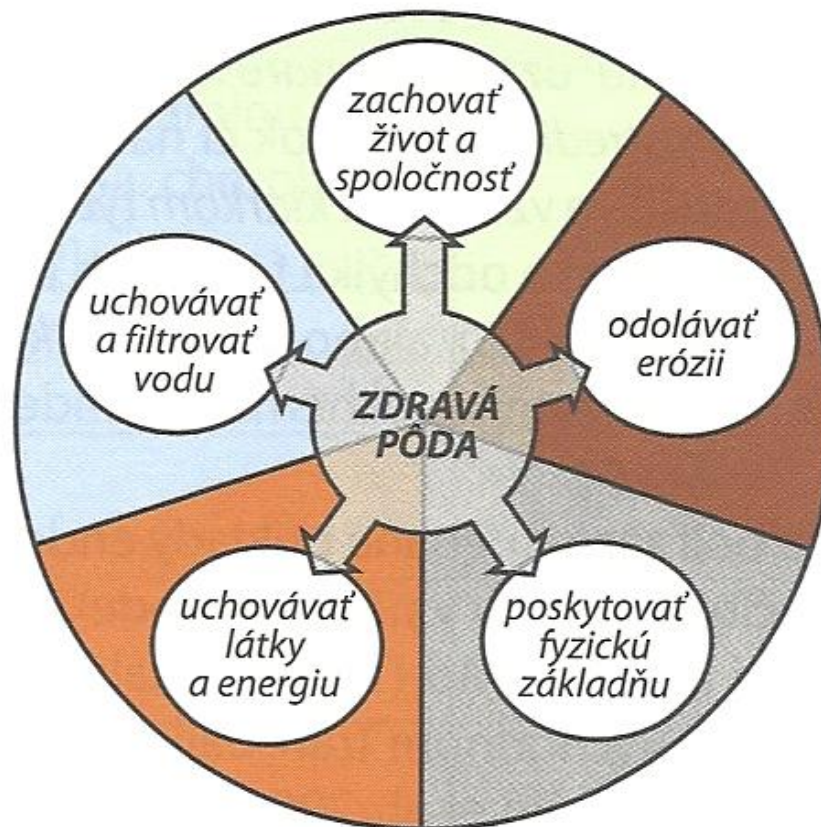


# GMO: pozitiva a negativa

- ↪ **Pozitiva** - plodiny mohou být modifikovány tak aby obsahovaly důležité mikronutrienty, zdravotně významné proteiny, být odolné proti škůdcům
- ↪ **Negativa** - plodiny mohou obsahovat pesticidy škodlivé lidem nebo přírodě, dodané proteiny mohou způsobovat alergie, nový znak se může šířit a způsobit např. vznik „super weeds“ (rezistentních plevelů), podporují závislost na biotechnologických firmách, protože pěstované plodiny neprodukují použitelné osivo.



# Hlavní funkce zdravé půdy



Schematický náčrt hlavných funkcií zdravej pôdy



# Ekologické zemědělství: zásady a postupy

- ↪ **Hospodařit v souladu s přírodou** - používat pouze statková hnojiva, využívat uzavřeného cyklu rostlinné a živočišné výroby, omezit těžkou mechanizaci
- ↪ **Problémům se škůdci a chorobami předcházet** a nesnažit se s přírodou „bojovat“ - nepoužívat pesticidy, ochranu rostlin postavit na rotaci plodin a jejich diverzitě, podpoře užitečných volně žijících rostlin a živočichů
- ↪ **Chovat domácí zvířata důstojným způsobem**, respektovat jejich přirozené požadavky a chování: pouze volný chov
- ↪ **Certifikované ekologické zemědělství je vázáno předpisy** a kontrolováno (KEZ). V ČR je takto obhospodařováno 12% plochy zemědělské půdy, Rakousko kolem 20%. Většinou jde ale o travnaté plochy

# Ekologické zemědělství - přínosy a problémy

## Přínosy:

- ↪ eliminuje znečištění potravin cizorodými látkami
- ↪ udržuje kvalitu půdy a zamezuje její degradaci
- ↪ odstraňuje hlavní etické výhrady k zemědělskému chovu zvířat
- ↪ zvyšuje zaměstnanost a osídlení venkova
- ↪ podporuje tvorbu a údržbu kulturní krajiny

## Problémy:

- ↪ náročné na lidskou pracovní sílu (zároveň může být výhoda – viz výše)
- ↪ o 10 - 30% méně efektivní než průmyslová zemědělská velkovýroba