

Chemie životního prostředí II – Znečištění složek prostředí

Hydrosféra

(07)

Podzemní vody

Ivan Holoubek

RECETOX, Masaryk University, Brno, CR

holoubek@recetox.muni.cz; <http://recetox.muni.cz>



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

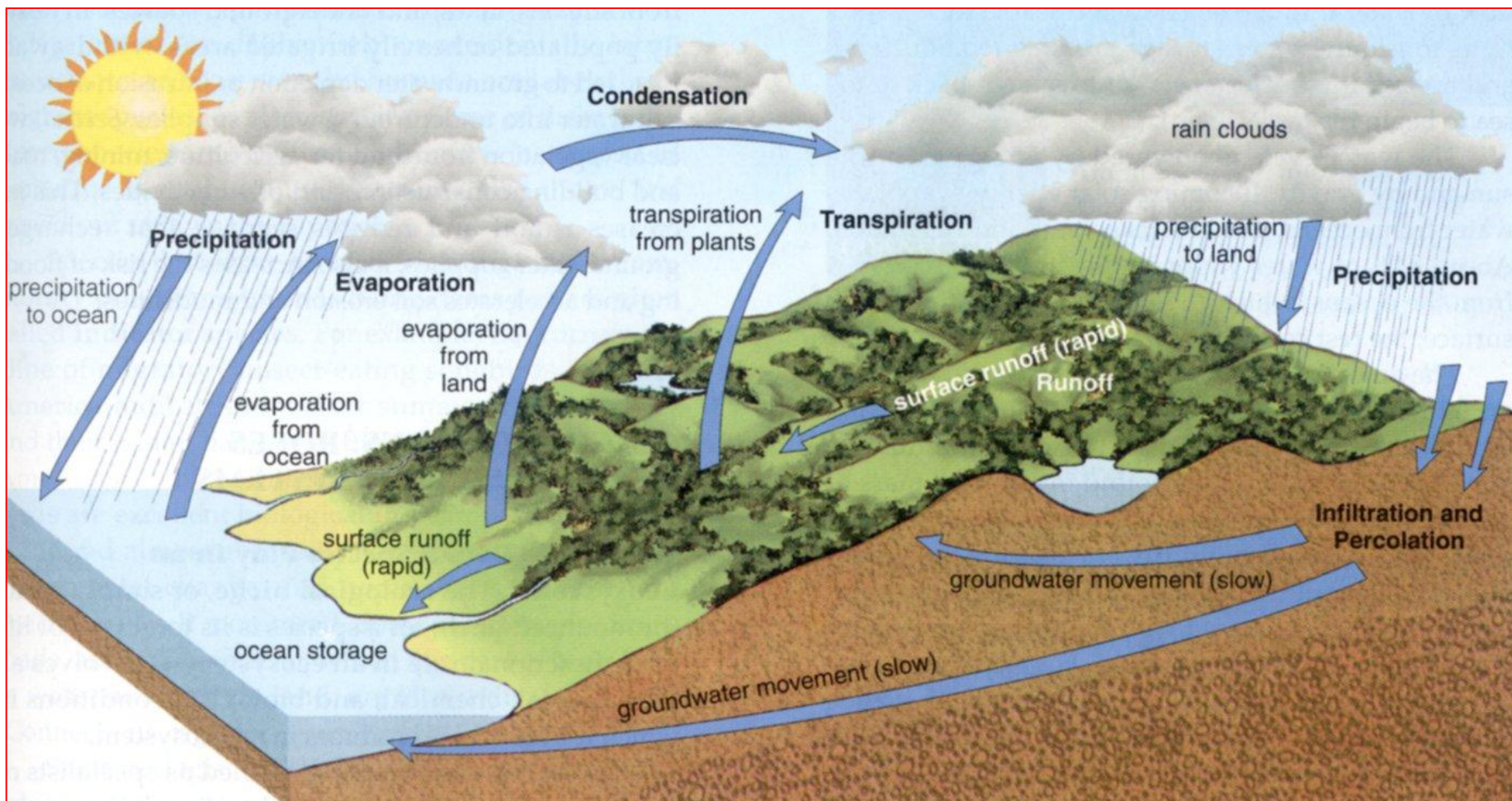


OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Hydrologický cyklus

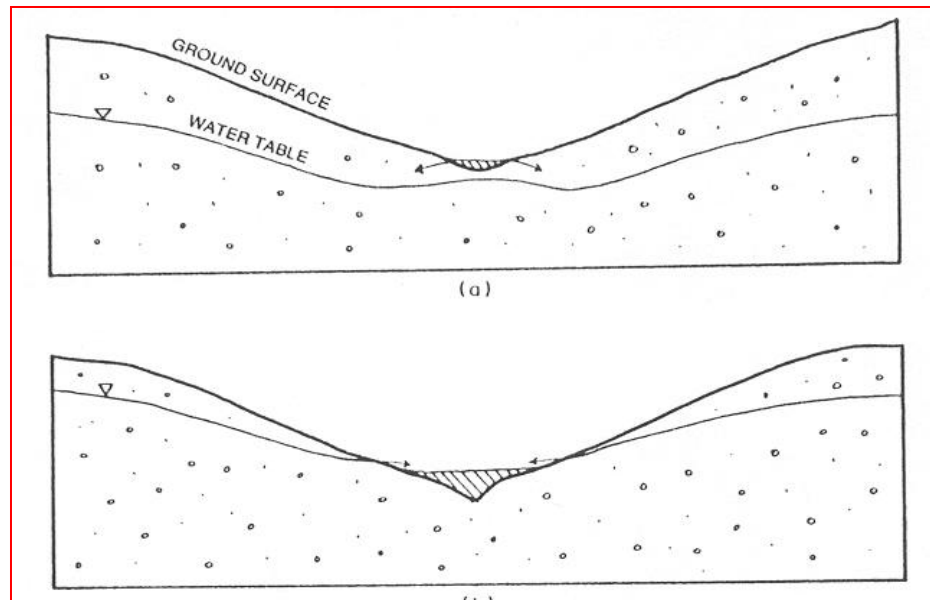


Podzemní vody

V hydrosystému patří značná úloha vodním tokům, které splňují především tři hydrologické funkce:

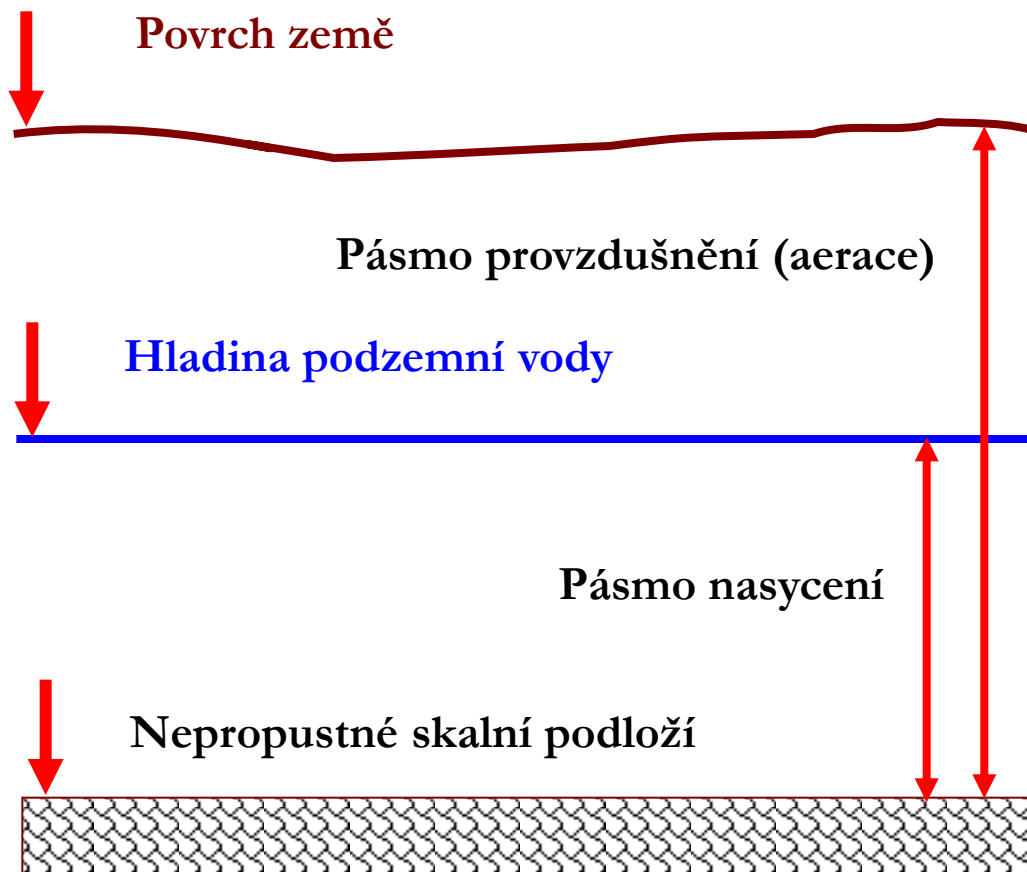
- ↙ odvádí povrchovou a srážkovou vodu
- ↙ v místech, kde je hladina podzemní vody nízká, zavlažují okolí
- ↙ v místech, kde je hladina podzemní vody vysoká, odvádějí přebytečnou vodu

Dva poslední uvedené body zobrazuje obrázek:



Podzemní vody

Rozdělení podpovrchové vody



Podzemní vody

Pod zemským povrchem, všechny formy a skupenství.

Podle původu:

- ↪ **vadózní** - průsakem (infiltrací) srážkových a povrchových vod, kondenzací vodní páry atmosférického původu pod povrchem,
- ↪ **juvenilní** - kondenzace par unikajících z chládnoucí magmy (termické prameny, zřídla, gejzíry).

Podzemní vody

Podpovrchová voda:

- ↪ **vázaná chemicky (krystalická)** - hydrologicky nevyužitelná,
- ↪ **vázaná mechanicky:**
 - v pásmu nasycení - podzemní,
 - v pásmu aerace - půdní

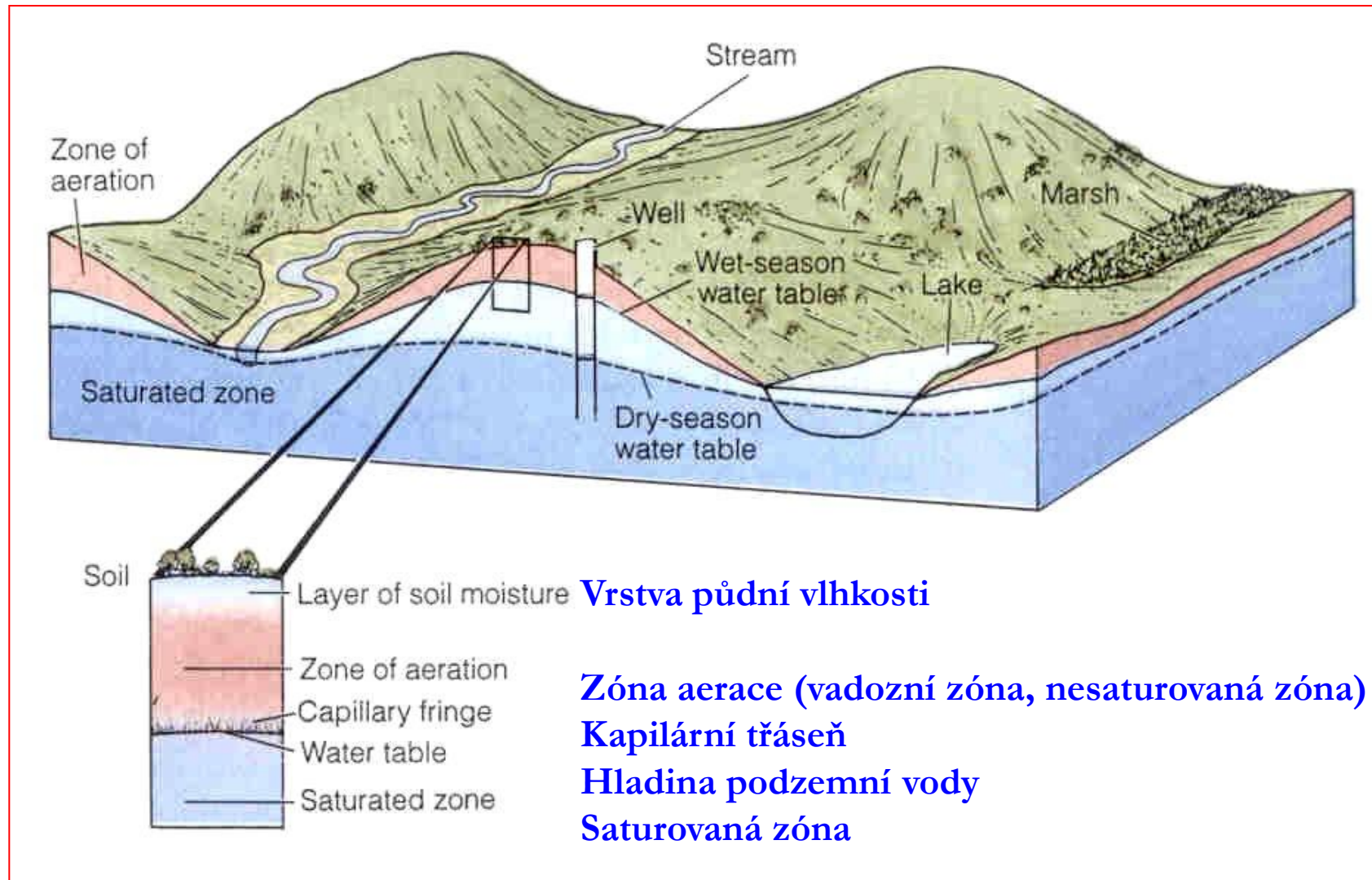
Půdní:

- ↪ **gravitační** - pohyb a účinek dán působením gravitačních sil,
- ↪ **kapilární** - kapilární síly v malých pórech - závěsná, podepřená

Podzemní:

- ↪ **obyčejné,**
- ↪ **minerální.**

Podzemní vody



Podzemní vody

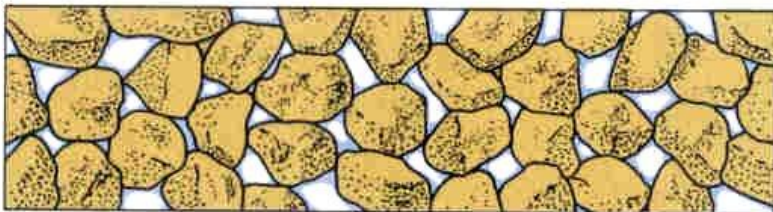
Většina podzemní vody je v pohybu.

Pohyb závisí na:

- ↪ **porozitě** (procentické zastoupení pórů)
- ↪ **permeabilitě** (měřítko snadnosti pohybu vody)



In very small spaces water is held by molecular attraction.



Water can move through larger spaces, although some is held.

Molekulární přitažlivost

Při stejné porozitě různá permeabilita

Podzemní vody

K pochopení hydrogeologických podmínek je nutné znát fyzikálně-chemické vlastnosti horniny v zájmové oblasti.

Nejdůležitější vlastností pro tok podzemní vody je **porozita horniny**.

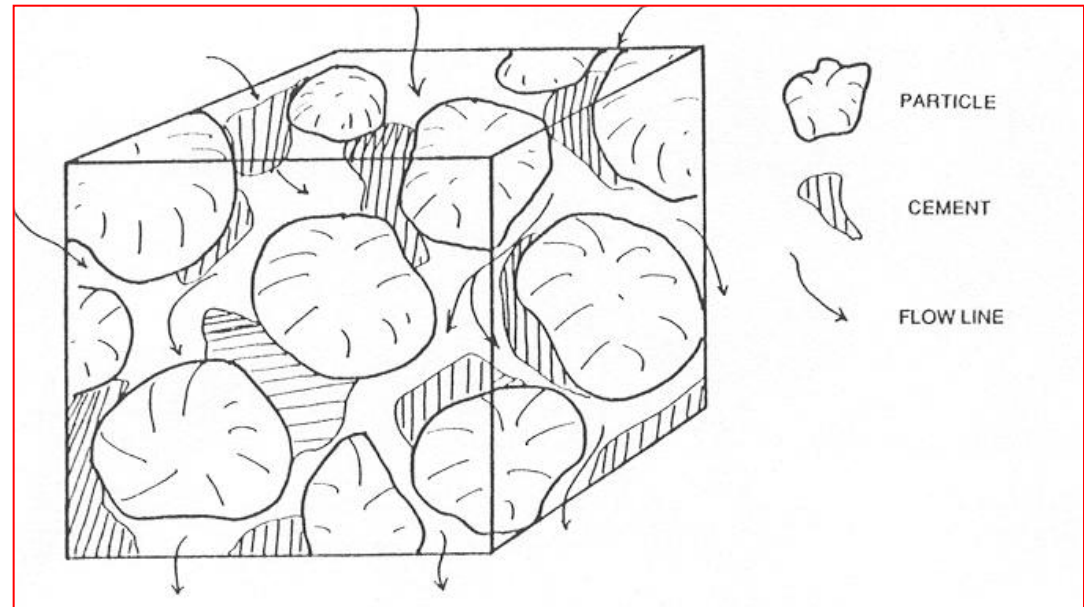
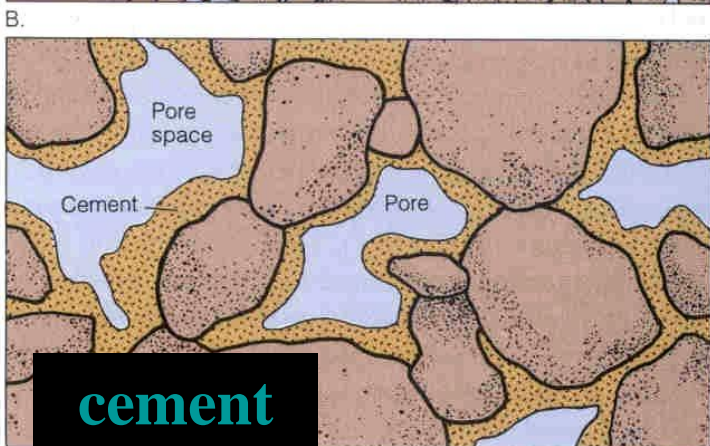
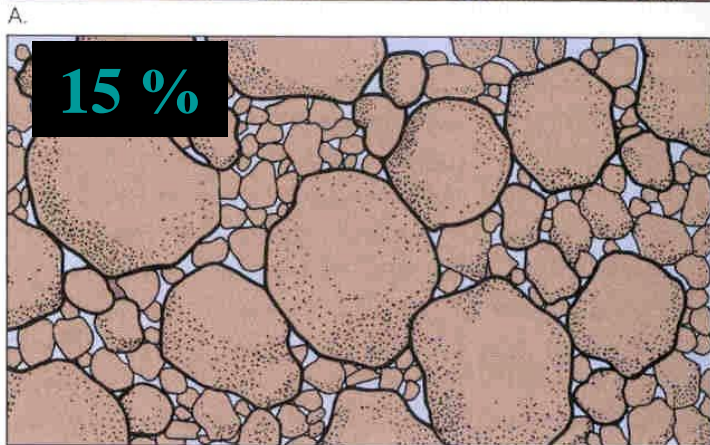
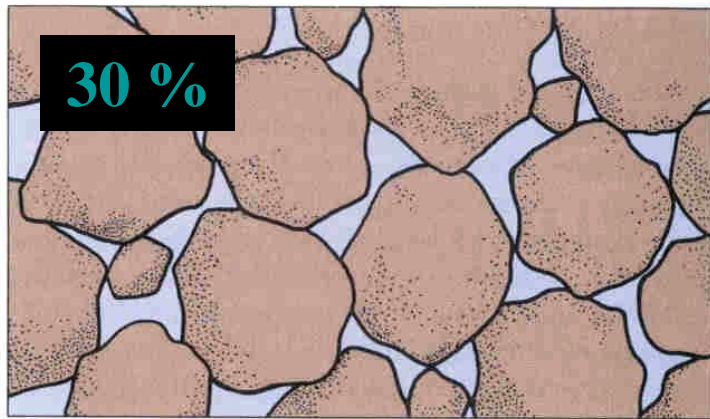
Pokud je celkový objem krychle horniny V_t , objem pevných částic V_s a objem volného prostoru V_v , potom je **porozita N** definována následujícími vztahy:

$$V_t = V_s + V_v$$
$$N = V_v/V_t = 1 - (V_s/V_t)$$

Podzemní vody

Porozita je velmi důležitý parametr pro odhad rychlosti šíření kontaminace v podzemí.

Závislost prolínání vody horninou v závislosti na její struktuře



Podzemní vody

Porozita závisí na struktuře horniny.

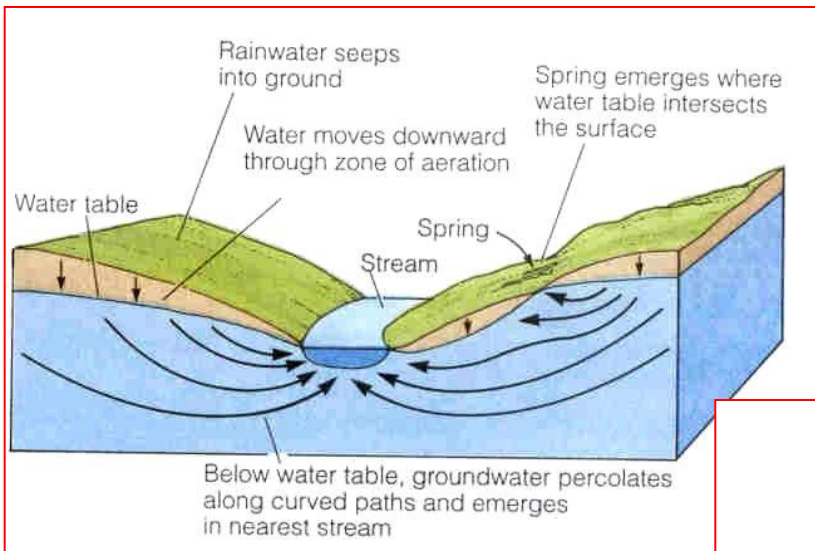
Kubická struktura má průměrně 32 % volného prostoru,
hexagonální struktura kolem 26 %.

Porozita kolísá v širokém rozmezí,
hodnotu menší než 1 % má
beztvará krystalická břidlice,
porozitu 50 % tvořící se jíl.

Typické hodnoty porozity pro různé
typy hornin:

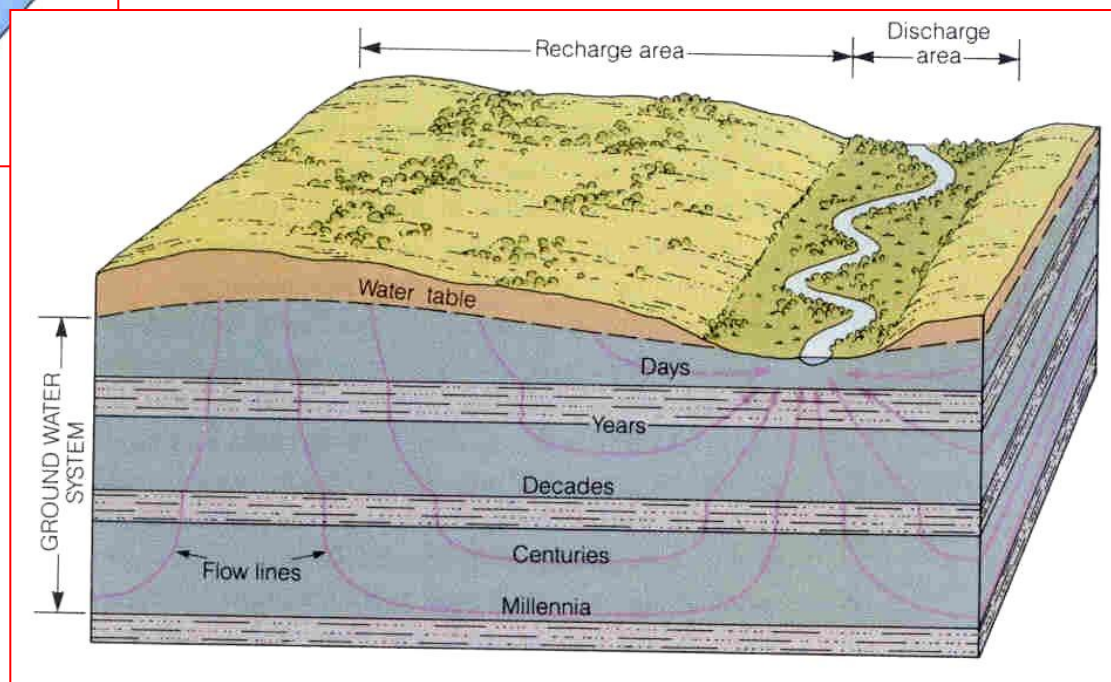
Materiál	Porozita (%)
štěrk	25-40
písek	25-50
bahno, naplavenina	35-50
jíl	40-70
pískovec	5-30
vápenec	5-30
břidlice	1-10
krystalická hornina	1-10

Pohyb podzemní vody



Pohyb v zóně aerace (půdní vlhkost)

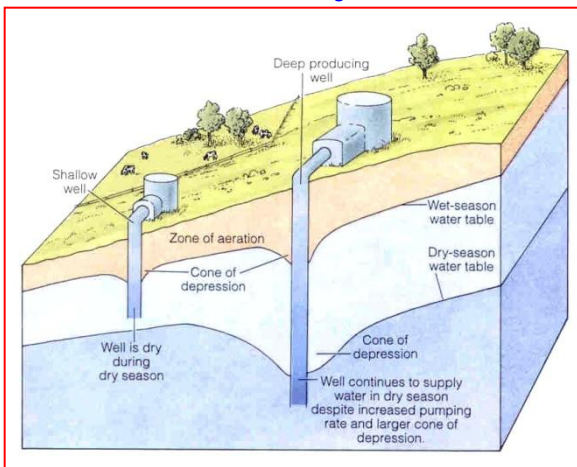
Pohyb v saturované zóně (perkolace)



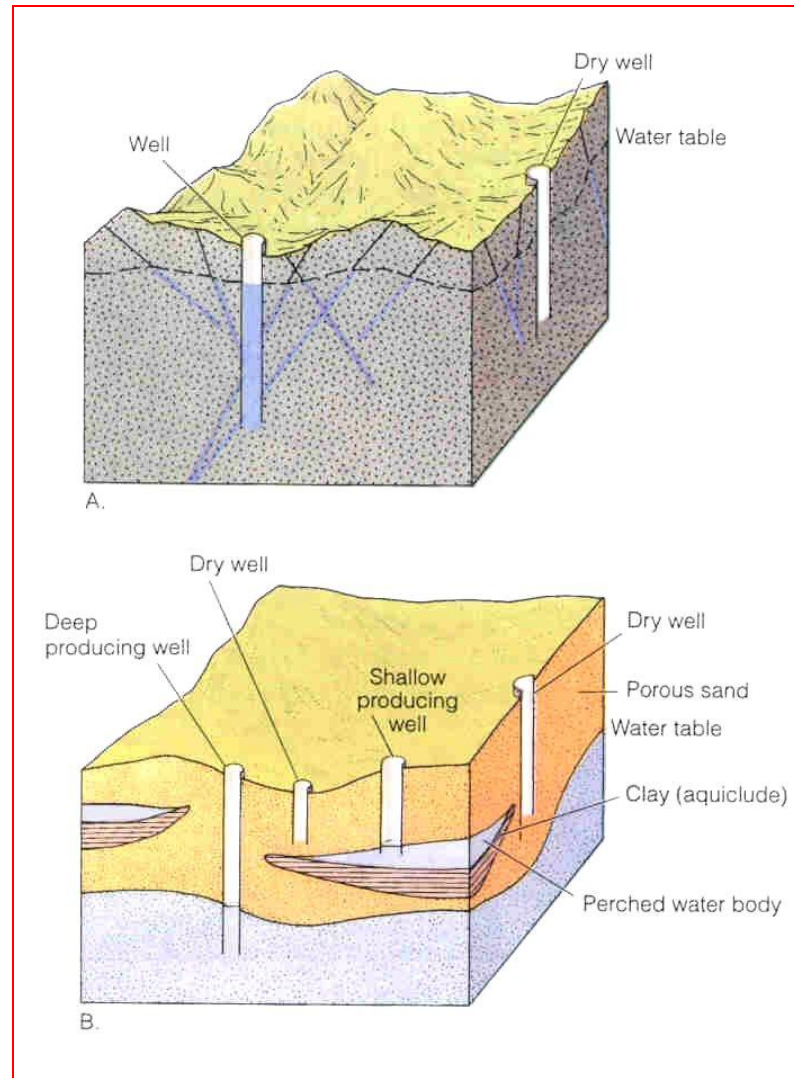
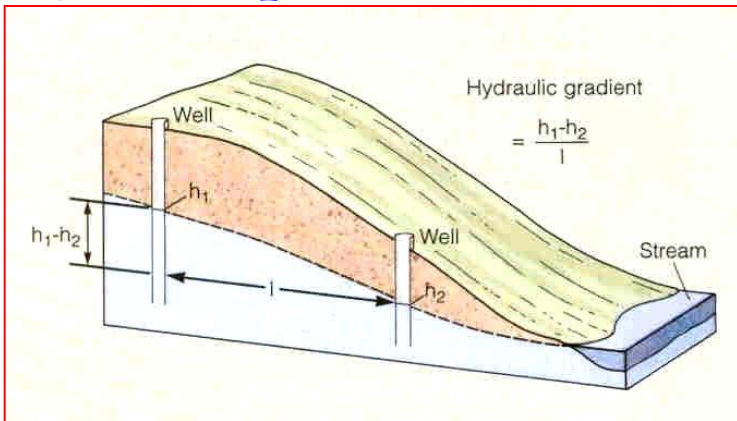
Oblast doplňování a odvodňování – časový režim

Pohyb podzemní vody

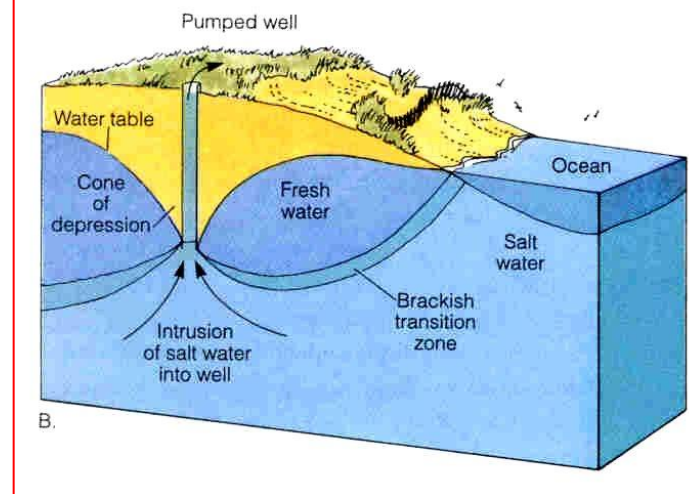
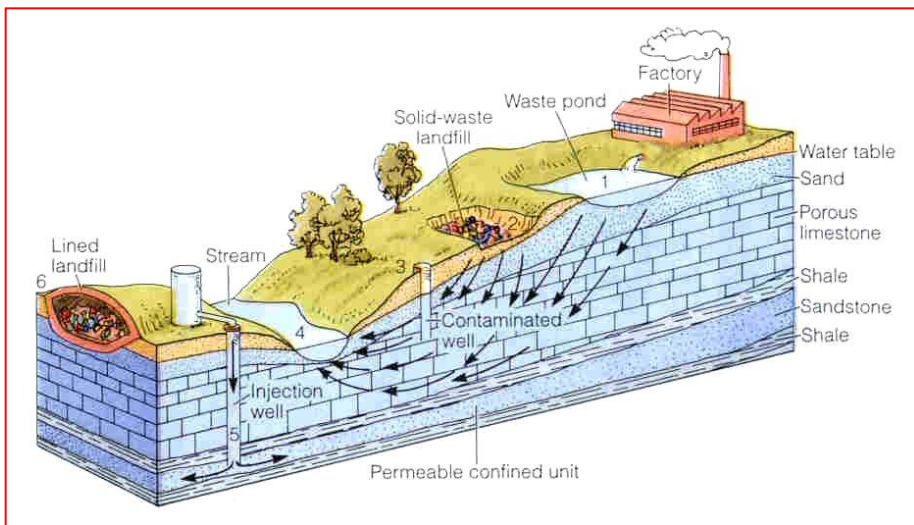
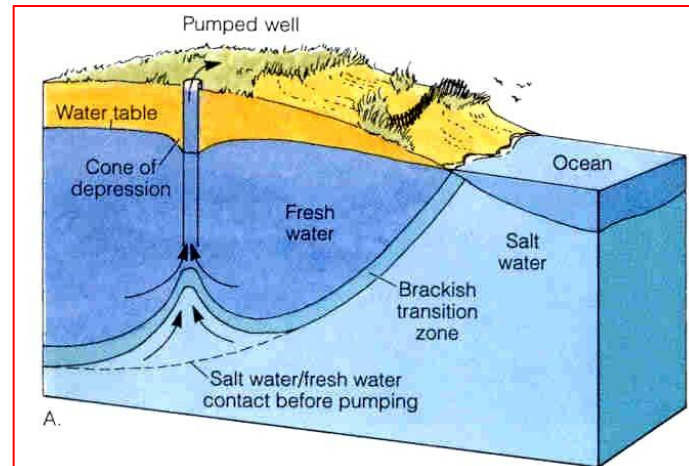
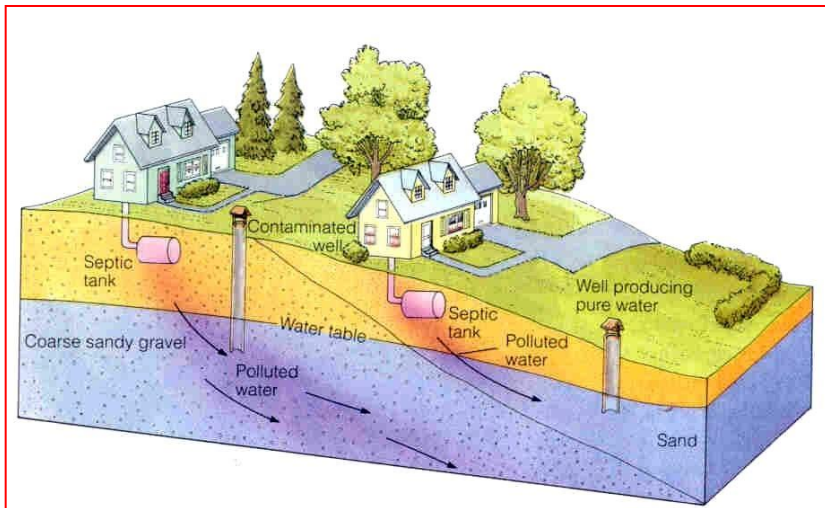
Sezónní vlivy



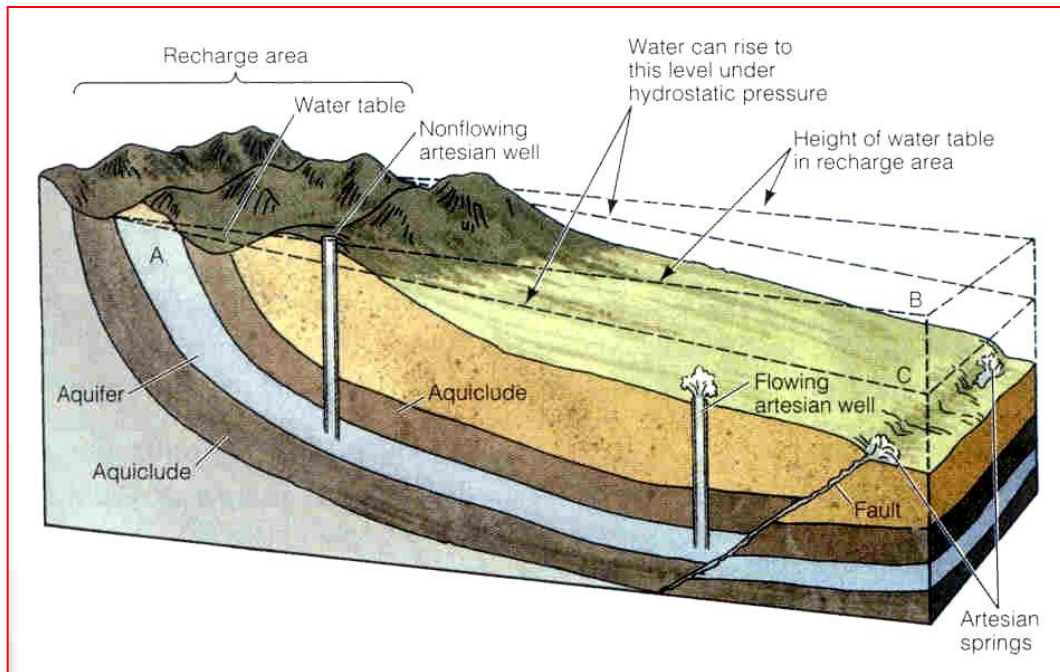
Rychlost proudění



Pohyb podzemní vody



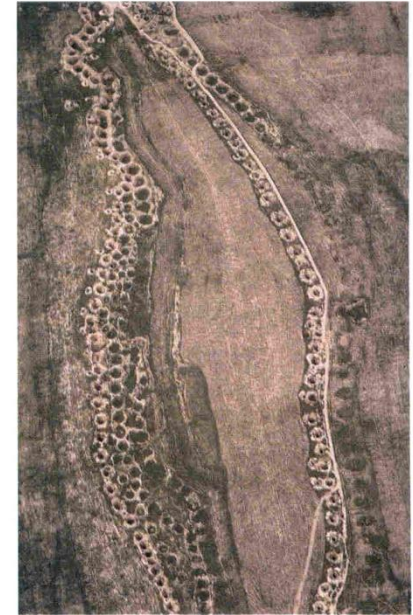
Artézské systémy



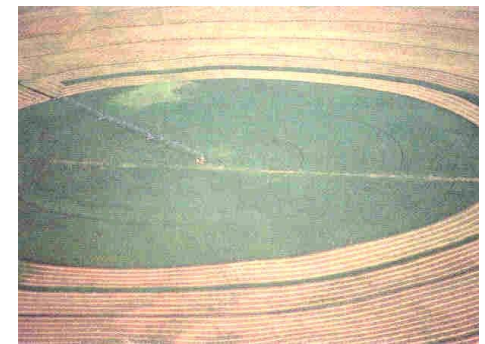
- Vlivy nadměrného čerpání
- Snížení hladiny podzemní vody
- Kompakce a poklesy
- Soupeření o povrchovou vodu
- Přenos mezi bazény

Dopady

- ↪ Amu Darja, Syr Darja (hranice mezi Kazachstánem a Uzbekistánem)
- ↪ Před třiceti lety bylo Aralské jezero čtvrtým největším jezerem světa (68 000 km², 16 m hloubka, 45 000 tun ryb ročně)
- ↪ Zavlažování: rybářské vesnice jsou 50 km od břehů, 40 000 km², 9 m hloubka



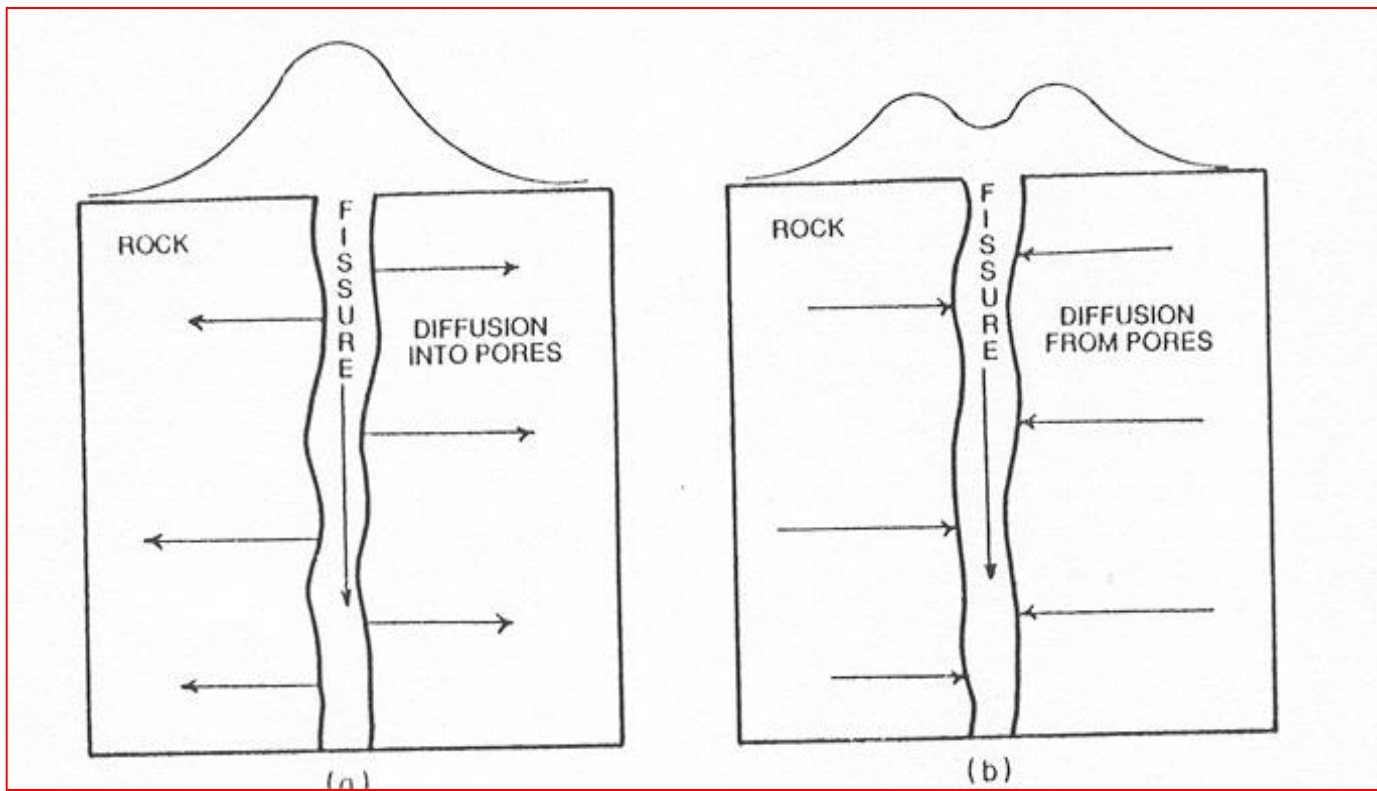
Zavlažovací systém v Iráku



Zavlažování v Kanadě

Podzemní vody

Hydrogeologické podmínky mohou ovlivňovat kontaminaci do nesaturované či saturevané zóny v závislosti tlakovém gradientu podzemní vody:



Znečištění podzemní vody

Přirozené znečištění:

- ↙ během infiltrace půdními a horninovými vrstvami - rozpouštění, vyluhování - Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , méně F^- , Br^- , I^- , PO_4^{3-} , stopové prvky
- ↙ za přítomnosti CO_2 a O_2 :
 - CO_2 : CaCO_3 (Mg, Fe, Mn) - málo rozpustné; HCO_3^- - lépe,
 - redox děje: $\text{S}^{2-} \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$,
 - biochemické děje - redox - aerobní biologický rozklad OL v provzdušněných vrstvách půdy, nitrifikace; anaerobní – redukce NO_3^- , SO_4^{2-}

Znečištění podzemní vody

- ↪ **Potenciálně nebezpečné**
- ↪ **Rozpustné ve vodě**
- ↪ **Resistentní vůči biodegradaci**
- ↪ **Užívané ve velkých množstvích**
- ↪ **Toxické nebo škodlivé člověku**

Znečištění podzemní vody

Antropogenní:

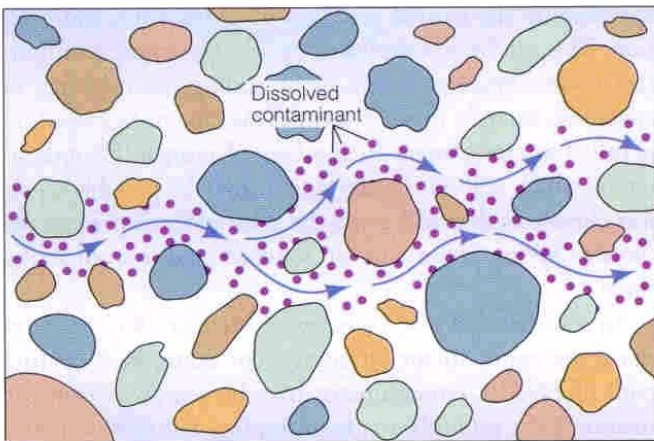
- ↪ Průsaky pesticidů a hnojiv ze zemědělsky obdělávaných půd
- ↪ Odpady (močůvka, silážní št'ávy, skládky..), domácí a komunální odpad - v pískách se rychle vyčistí – mechanická filtrace bakterií, oxidace bakteriemi, kontakt s organismy, které se živí bakteriemi
- ↪ Ropné produkty
- ↪ Detergenty
- ↪ Rozpouštědla
- ↪ Dioxiny (málo rozpustné ve vodě = problém s kontaminací sedimentů, malý problém pro podzemní vody)

Znečištění podzemní vody

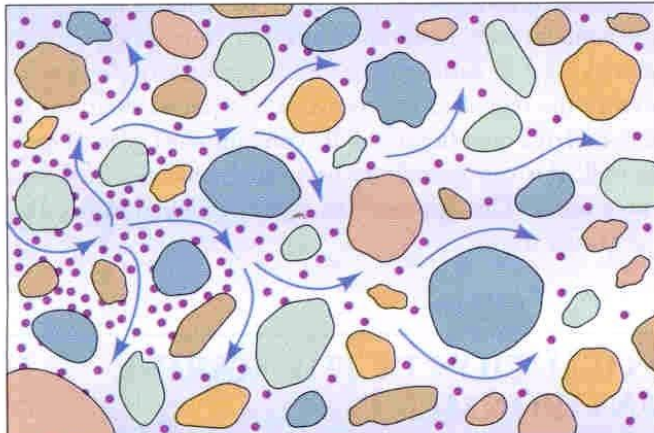
- ↪ Běžná kontaminace **dusičnany** (hnojiva, odpady, skládky) a další zemědělské chemikálie
- ↪ 20 z 25 nejzastoupenějších kontaminantů = **těkavé organické látky**
- ↪ Benzen, toluen, ethylen, xylen (BTEX – benzin)
- ↪ DCE, TCE, PCE
- ↪ Prosakující podzemní nádrže („LUST“ – leaking underground storage tanks)
- ↪ Nejméně 25 % nádrží v USA a Kanadě prosakuje
- ↪ Kontaminace slanou vodou

Chování kontaminantů pod povrchem

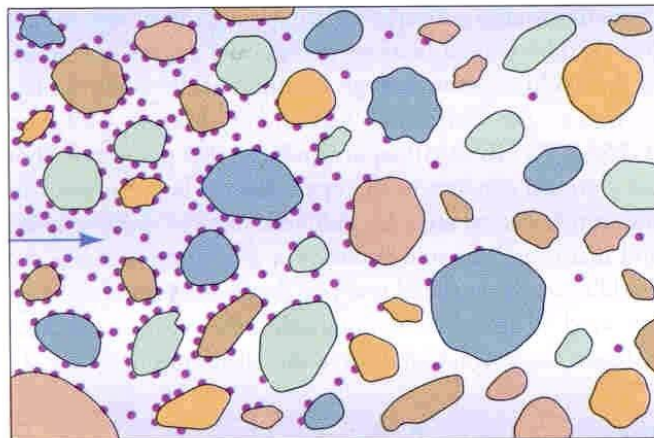
- ⇒ Chování kontaminantů pod povrchem
- ⇒ Porosita, permeabilita
- ⇒ Hladina podzemní vody, saturevaná a nesaturevaná zóna
- ⇒ Transport kontaminantů
- ⇒ Kontaminační mrak
- ⇒ Normální tok vody propustným prostředím – advekce



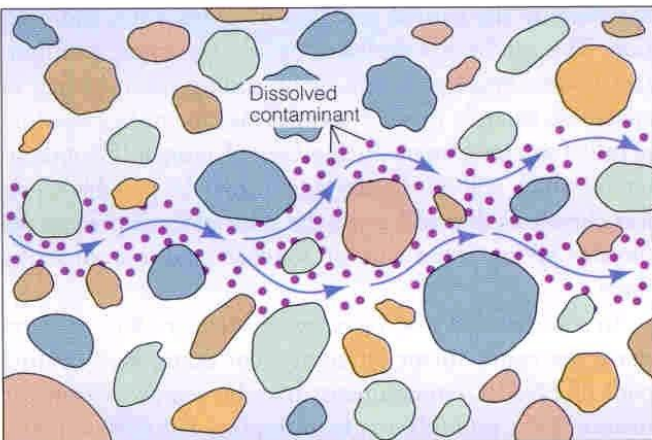
A. Advective flow



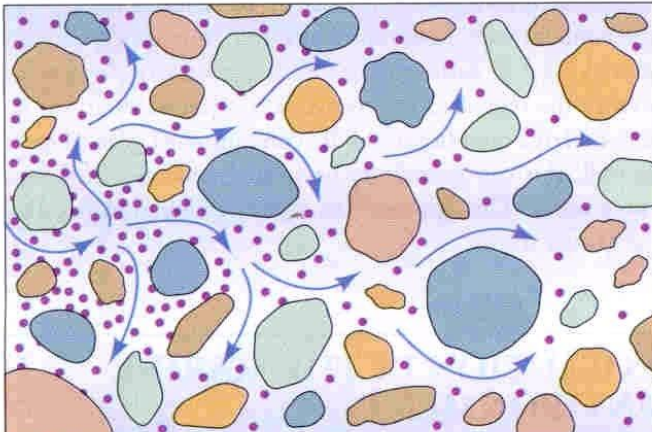
B. Dispersion



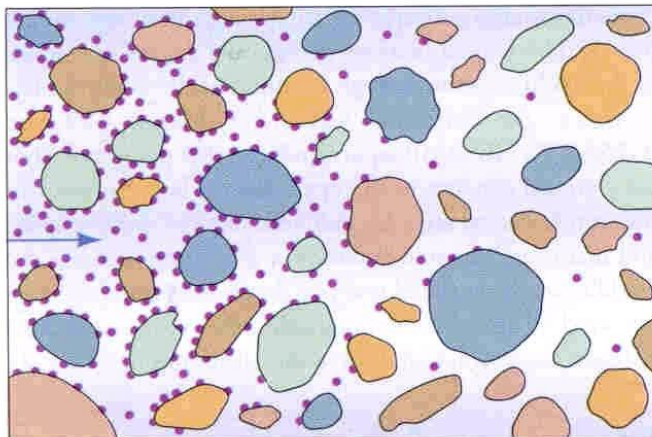
Chování kontaminantů pod povrchem



A. Advective flow



B. Dispersion



- ⇒ Kontaminant
- ⇒ Stejnou rychlostí – nezpomalený, neretardovaný
- ⇒ Pomaleji – zpomalení, retardace
- ⇒ **Retardační faktor $R = V_v / V_k$**

- ⇒ Retardace
- ⇒ Sorpce
- ⇒ Disperze
- ⇒ Biodegradace
- ⇒ Retardační faktor je možné zjišťovat sledováním pohybu nezpomalované složky (např. Cl^-), která je obsažena v kontaminačním mraku.

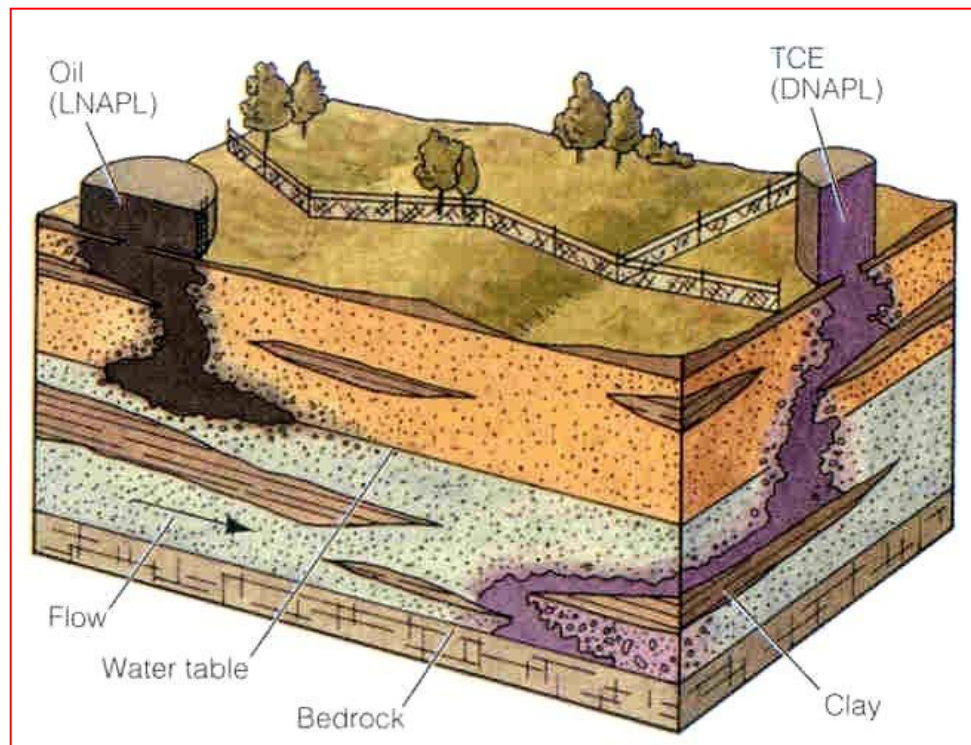
Chování kontaminantů pod povrchem

Důležité charakteristiky:

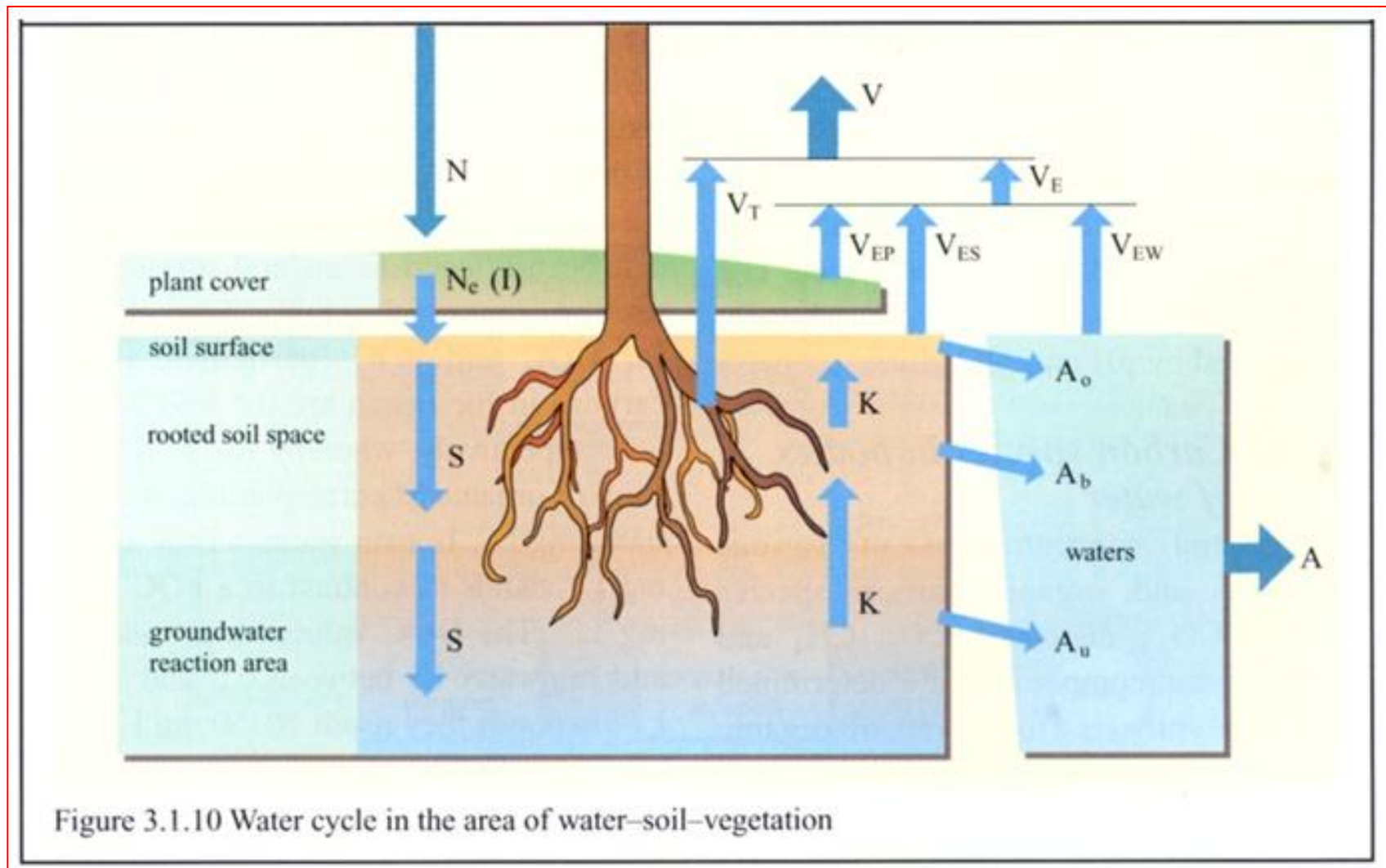
- ↪ Hustota kontaminantu ve vztahu k podzemní vodě
- ↪ Lehčí (LNAPL – light nonaqueous phase liquid) – benzin
- ↪ Těžší (DNAPL – dense ...) – TCE

Dekontaminace:

- ↪ Aktivní
- ↪ Pasivní („nulová“ varianta)
- ↪ Přirozená atenuace (zeslabení, útlum)
- ↪ Biostimulace



Cyklus vody v zóně voda – půda - vegetace





INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**Inovace tohoto předmětu je spolufinancována
Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem
České republiky**