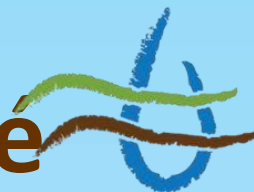




# VIZP – Vodohospodářské inženýrství a životní prostředí



## Přednáška č.4 – Půda a voda

Vývoj půd, pohyb vody a látek v půdě.

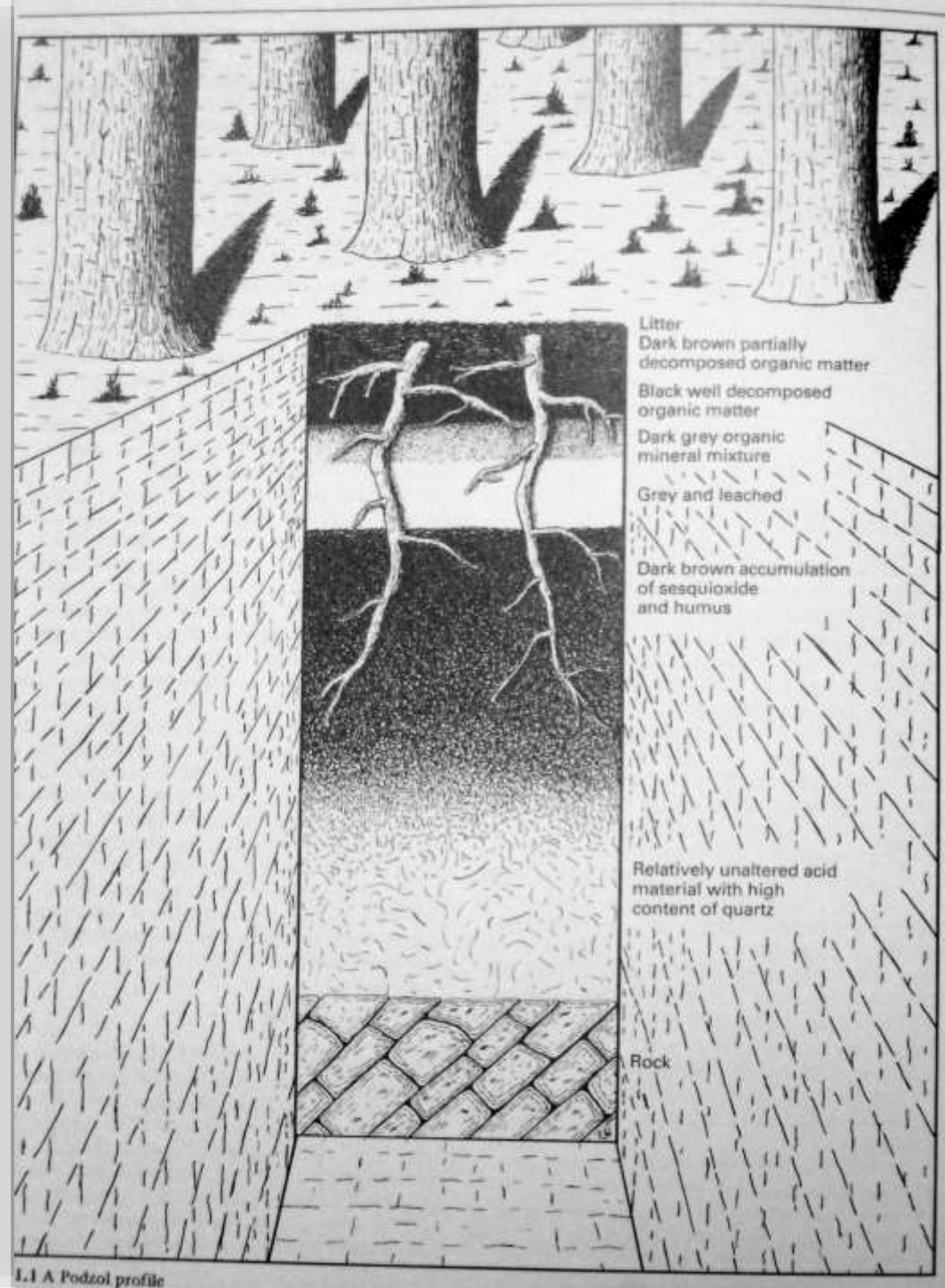
Vliv člověka na půdu – využívání, degradace,  
znečištění, zlepšování kvality půd.



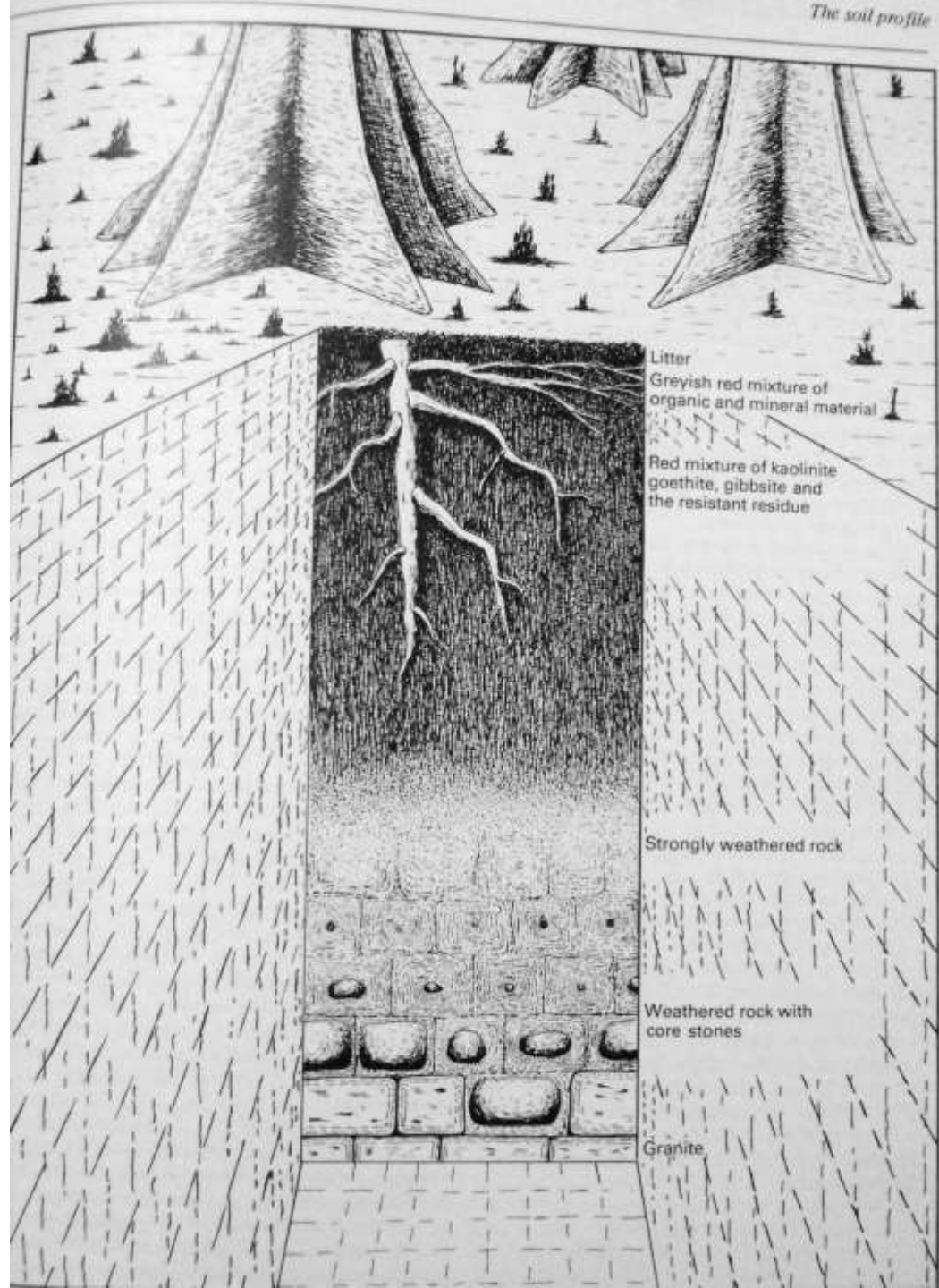
**Co je to půda?**



# Příklad: půdní typ PODZOL



# Příklad: půdní typ FERRALSOL



# Půdotvorba

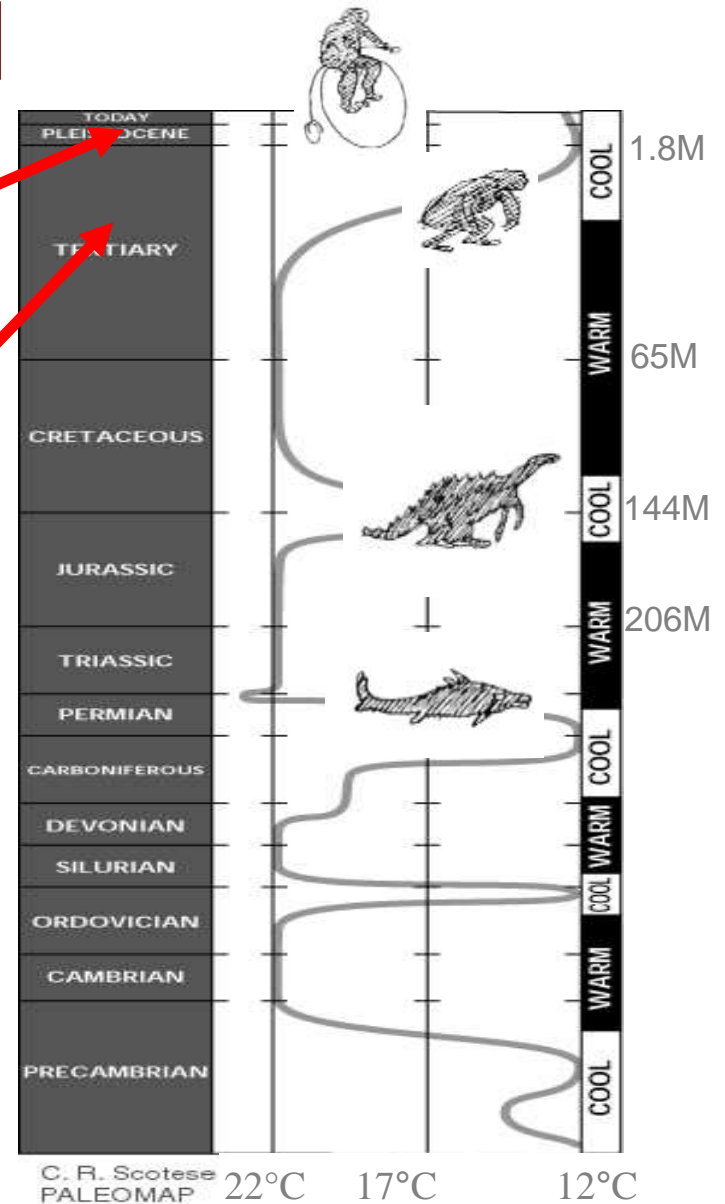
Vývoj půdy je určen působením následujících faktorů:

- Mateční substrát
- Podnebí
- Působení organismů
- Topografie
- Čas

*Protože jednotlivé faktory působily na pevninách různou intenzitou, vytvořily se různé půdy*

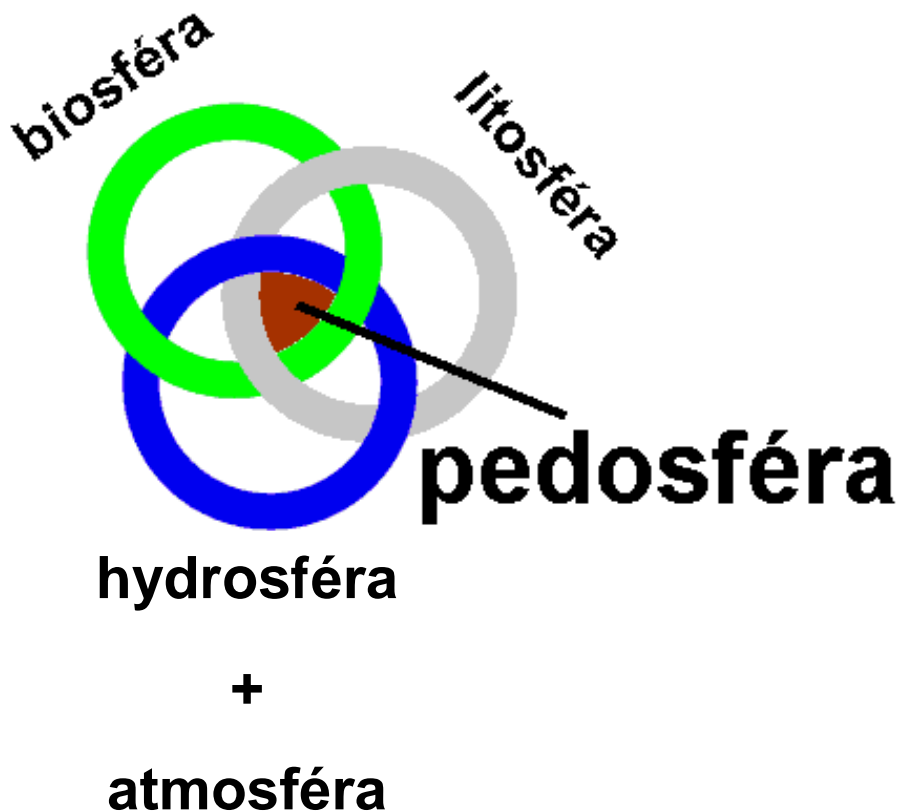


# Stáří půd



Průměrná roční teplota

# Půda – rozhraní mezi systémy



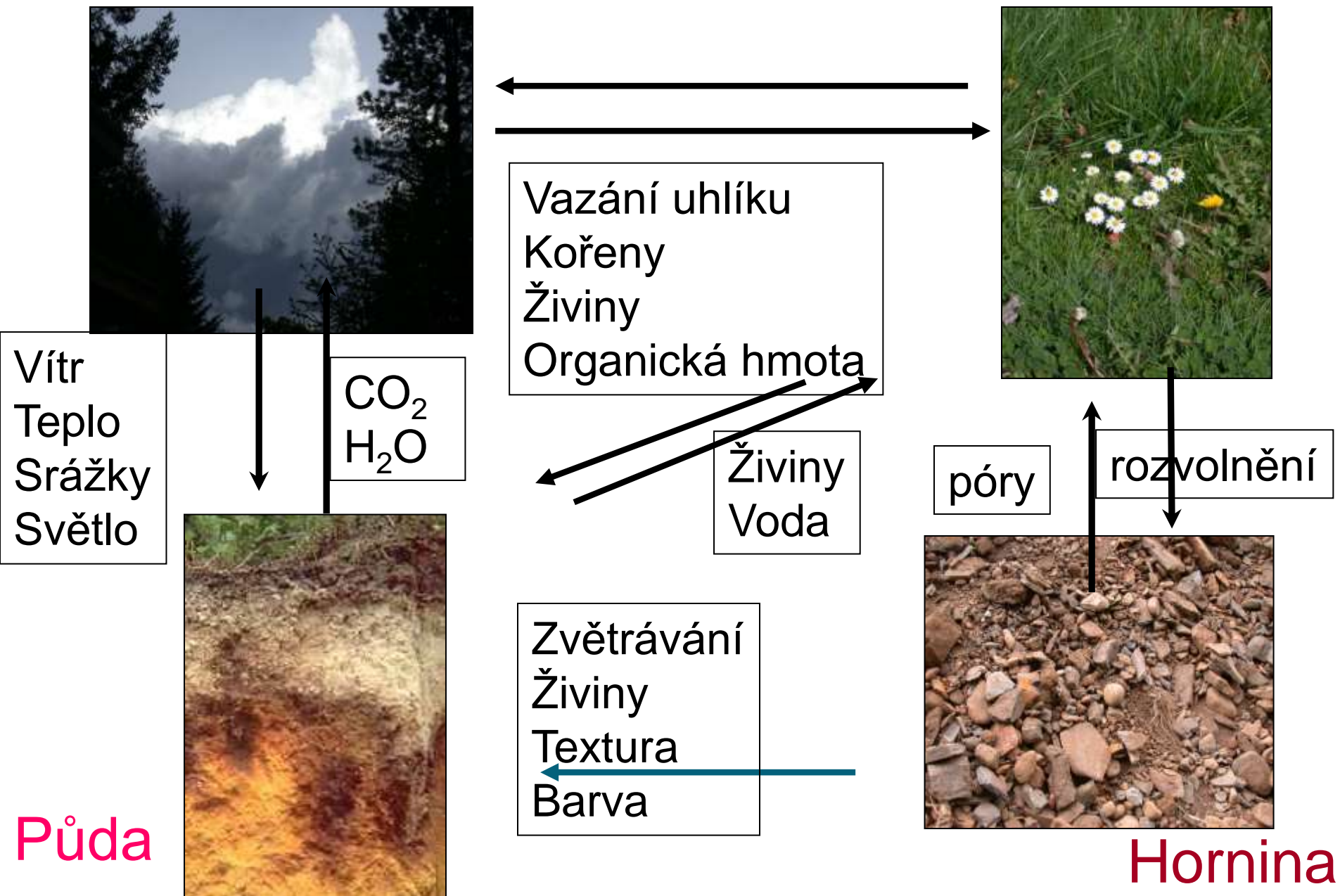
přírodní útvar vzniklý na rozhraní litosféry s atmosférou součinností půdotvorných faktorů.

půda je spojujícím prvkem mezi anorganickou hmotou a živými organismy na Zemi

je biologicky oživená a členěná na horizonty

# Atmosféra

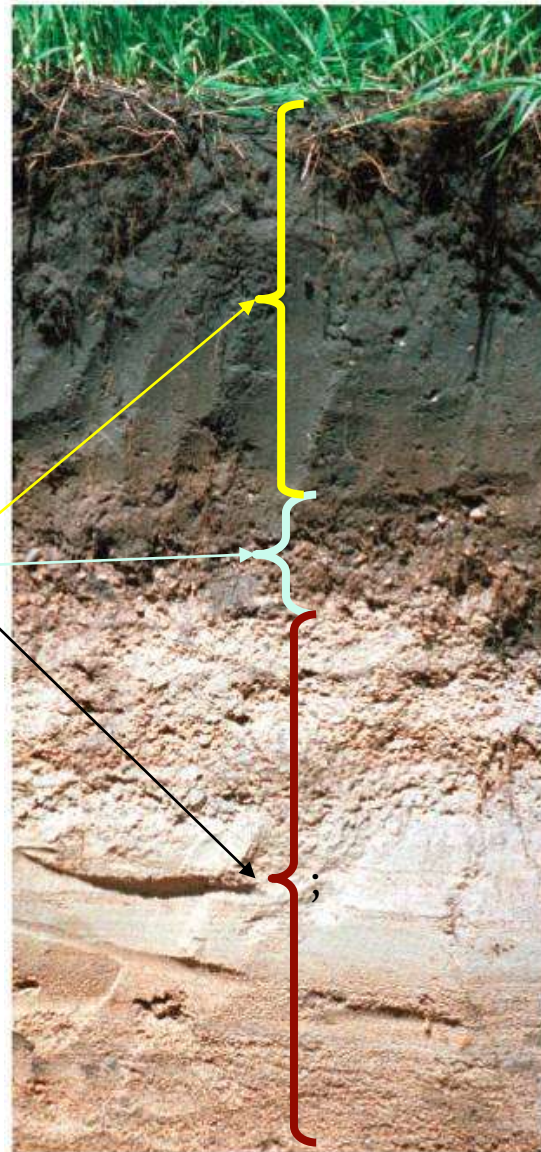
# Vegetace



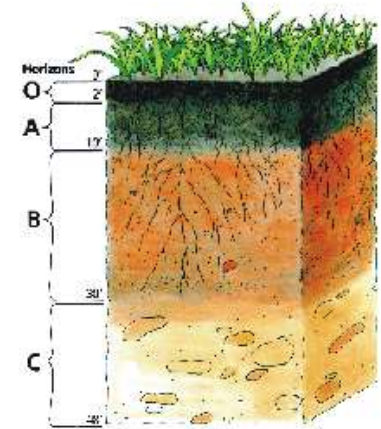


# Půdní profil, půdní horizonty

**Půdní horizonty**  
vrstvy v nichž se  
půdní vlastnosti  
odlišují od  
sousedících vrstev



Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.



**Půdní profil** –  
vertikální  
úsek  
obsahující  
všechny jeho  
horizonty

**Proč se vůbec zajímat o půdu na fakultě  
stavební?**



# Proč se zabývat půdou na fakultě stavební?

- Inženýrské úlohy:
  - Odvodňování, závlahy
  - Revitalizace
  - Protierozní ochrana
  - Sanace, dekontaminace půdy
  - Půda jako součást staveb
  - Modrozelená infrastruktura

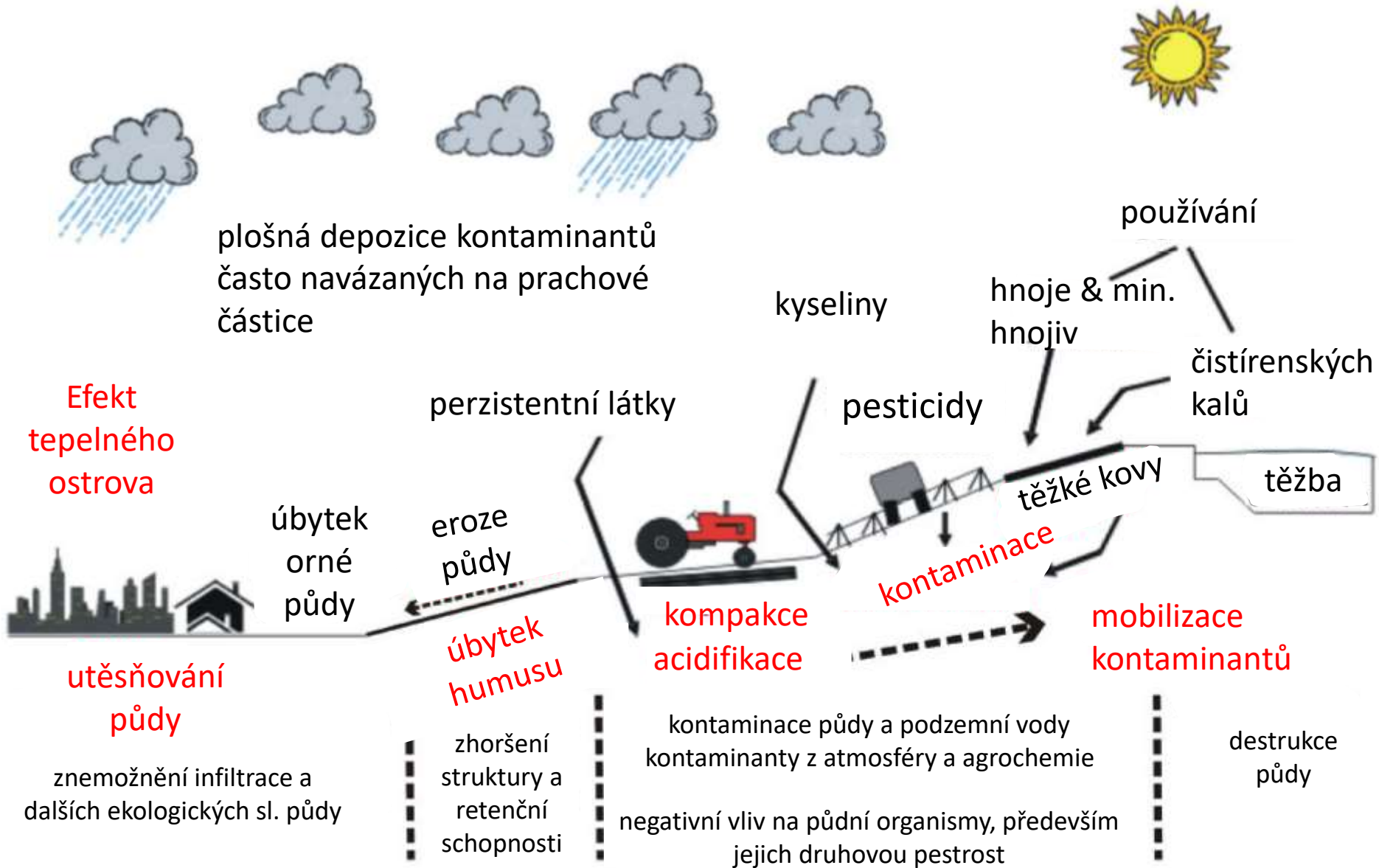
Všechny vyžadují znalosti  
z oblasti **věd o půdě**



Zelená fasáda



# Co ohrožuje půdu?



# Kontaminace půd

- ✓ z plošných a bodových zdrojů
- ✓ další osud kontaminantů v půdě jejich pohyb a degradaci lze předpovídat
- ✓ Předpovědi jsou založeny na modelování pohybu kontaminantů **numerickými modely**



# Kompakce půdy

- ✓ globální problém
- ✓ způsobují pojezdy zemědělskou technikou
- ✓ zatížení kola se za 20 let zvýšilo u nejtěžších strojů z 5 na 13 tun
- ✓ zhutňování půdy až do hl. 90 cm pod povrchem
- ✓ snižuje infiltraci do půdy
- ✓ řešení: obtížné, minimalice orby, pojezdy ve stejných drahách



# Utěsňování půdy

## Soil sealing

- ✓ těsnění povrchu  
nepropustnými vrstvami při  
rozvoji urbanizovaných území
- ✓ Snižuje se retenční schopnost  
povodí
- ✓ řešením je výstavba na  
brownfieldech, využívání  
stavebních prvků, které  
umožní infiltraci – porézní  
asfalty, modrozelená  
infrastruktura



# Klasifikace půd a půdní charakteristiky





# Pedologický průzkum

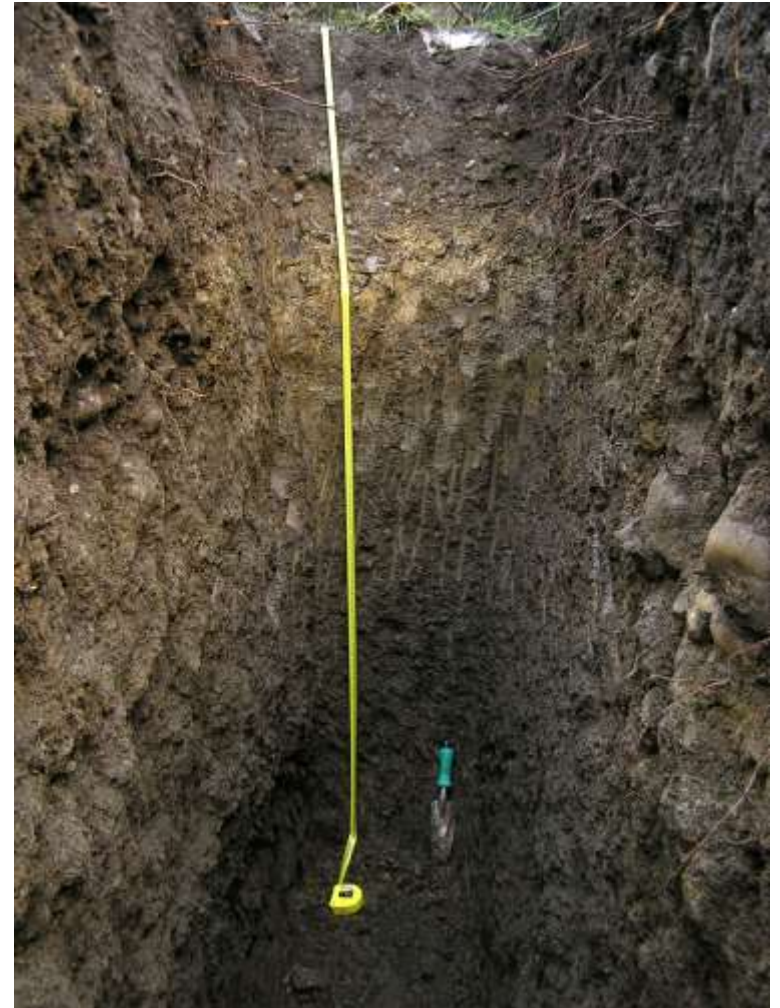
Kopané sondy:

- půdorys ~160 x 60 cm
- hloubky 150 – 200 cm.
- na jedné krátké svislá stěna
- přístupové schůdky

Na čelní stěně jsou odhaleny a

popisovány **horizonty**

**půdního profilu**



# Popis půdního profilu

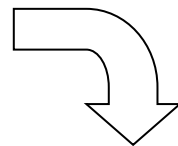
Zapíše se do pedologického zápisníku A5. Zaznamenává se především:

- hloubka rozhraní horizontů
- barva (subjektivně nebo dle Munsellova systému)
- zrnitost, provádí se makroskopický posudek třením mezi prsty (půdní druh: např. hlinitopísčítá, jílovitohlinitá zemina)
- Struktura – je určena uspořádáním půdních částic do agregátů



## Půdní typ

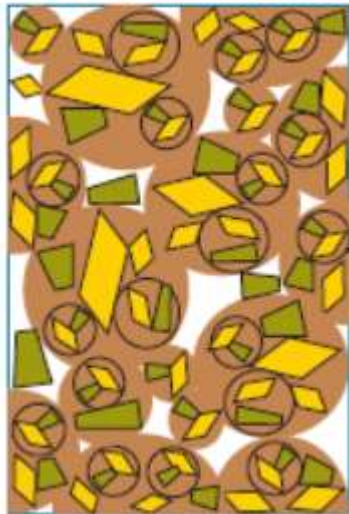
Podzol; hnědozem; černozem....



# Půdní textura a půdní struktura

↓  
= zrnitost (%jíl, prach, písek)

dáno, nelze ovlivnit

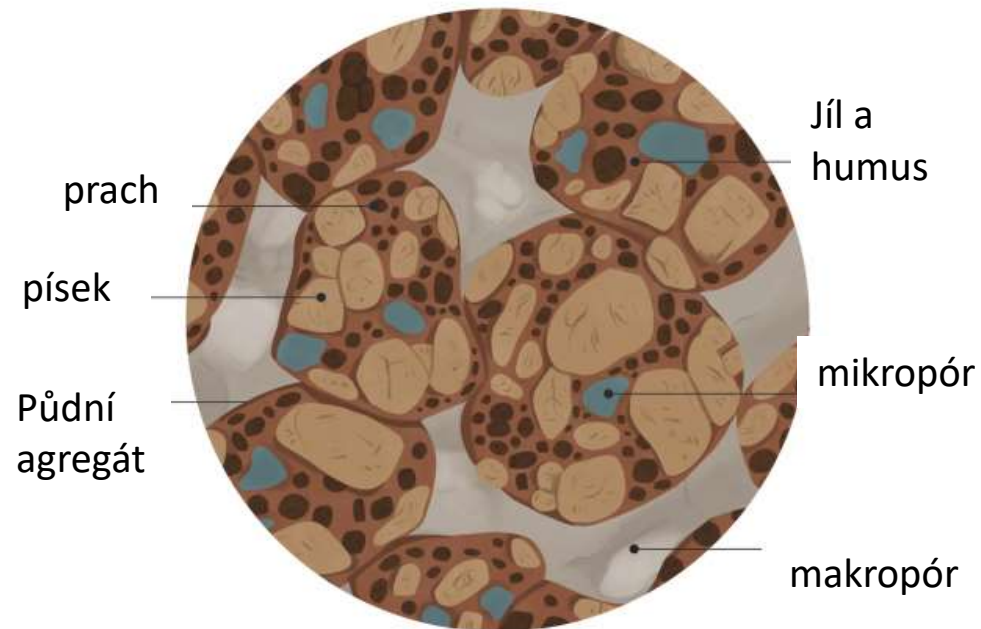


půdní druhy

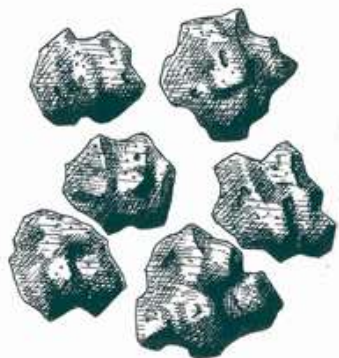
↓  
agregáty – prostorové  
uspořádání

chemická vazba humusových složek na  
jílové částice

Ize ovlivnit pozitivně i negativně



# Třídy půdní struktury (příklady)



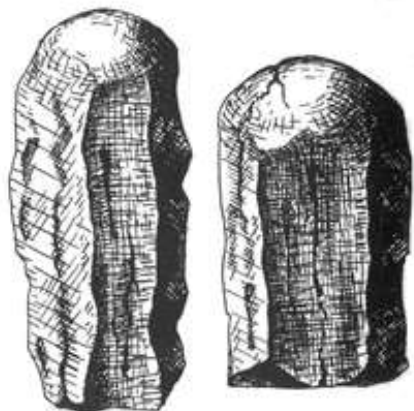
polyedrická



kostkovitá



hrudkovitá



sloupcovitá



destičkovitá

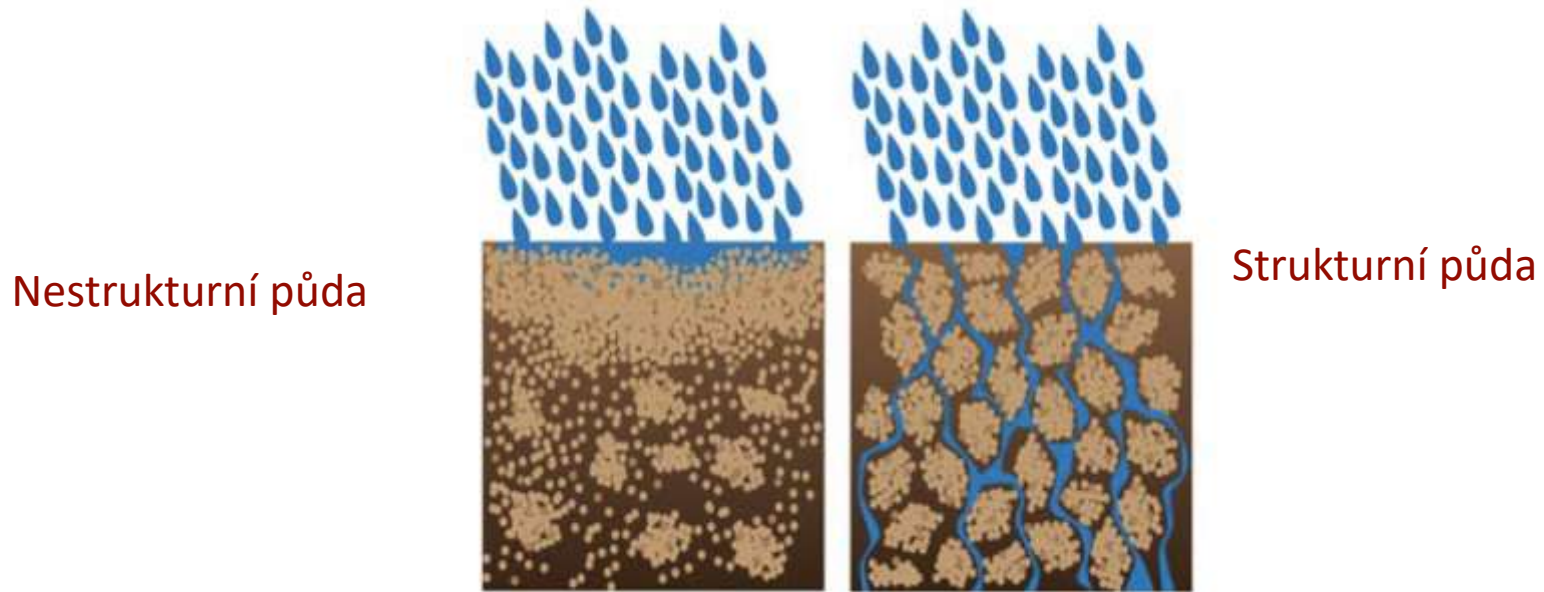


zdroj: Tomášek, M; Atlas půd České Republiky ČGÚ, Praha 1995

zdroj: Sulzman

# Agregáty a půdní póry

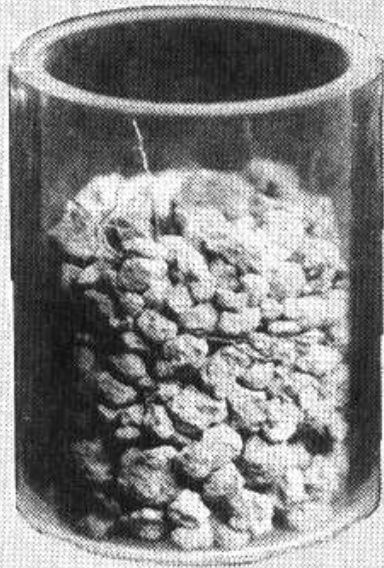
- Agregáty obsahují mnoho malých pórů, meziagregátové prostory vyplňují velké póry



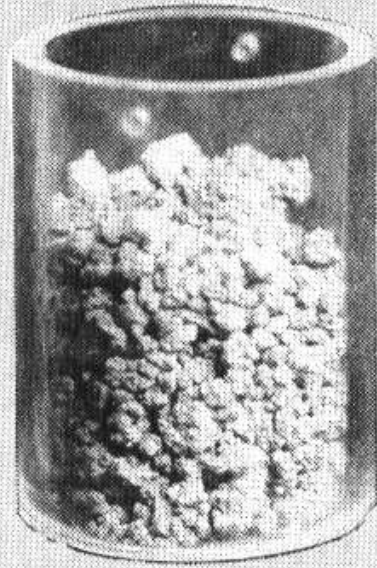
- zvyšují pórovitost, infiltrační a drenážní schopnost, retenční kapacitu půdy pro vodu, provzdušněnost
- snižují povrchový odtok, erodovatelnost

# Půdní agregáty a voda

před zvlhčením

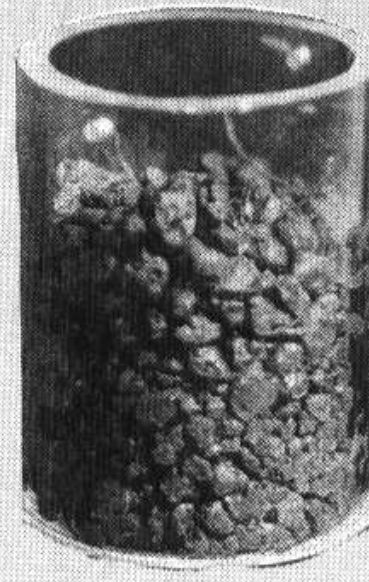


vysoký obsah  
organické hmoty

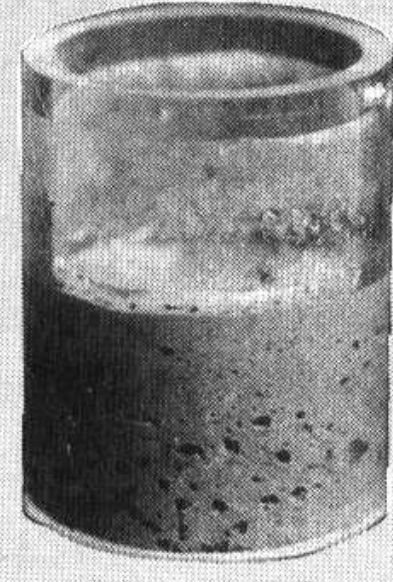


nízký obsah  
organické hmoty

po zvlhčení



vysoký obsah  
organické hmoty



nízký obsah  
organické hmoty

zdroj: Sulzman

agregáty jsou ve vodě stabilní  
ve strukturní půdě probíhá infiltrace vody účinněji  
nestabilní agregáty-náhodné shluky půdy-pseudoagregáty

# Půdní biologie





# Oživení půd

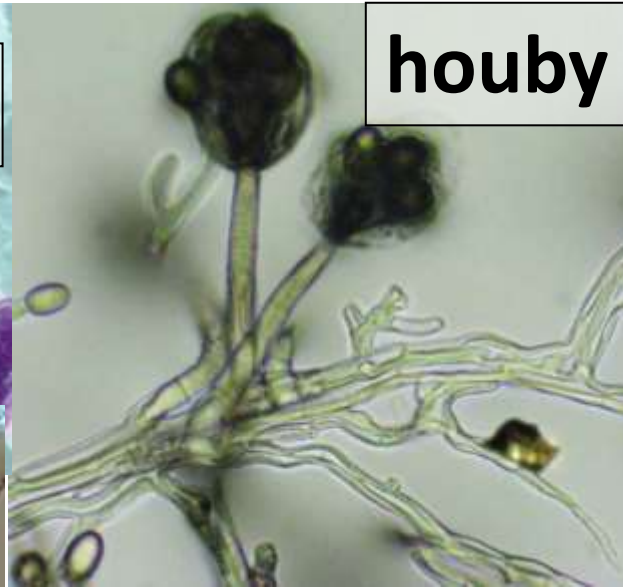
- **fytoedafon** – bakterie, aktinomycety, plísně, sinice, řasy – vliv na mineralizaci a humifikaci, biochemické procesy, např. denitrifikace
- **zoedafon** – oživení nižšími a vyššími živočichy – zkyprování, hnojení půd
- antropogenní vlivy – vliv člověka



# fyto- a zoo-edafon - příklady



baktérie



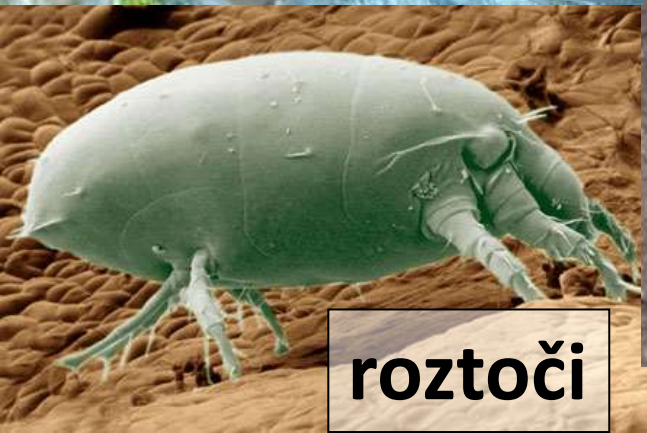
houby



prvoci



aktinomycety



roztoči



červi



obratlovci

# Vegetace

byliny přírodní, kulturní plodiny:

pole, louky, pastviny, lesy



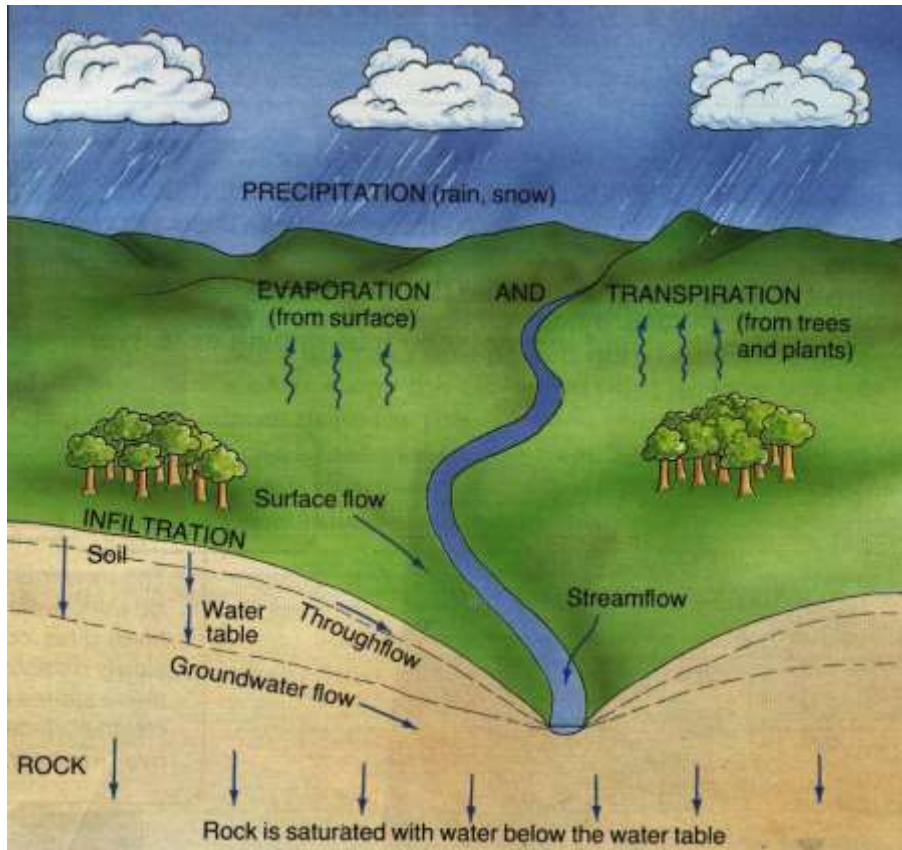
stromy – lesy, deštné pralesy



# Voda v půdě



# Význam půdy v hydrologickém cyklu



EN-CZ slovník velmi základních pojmů:

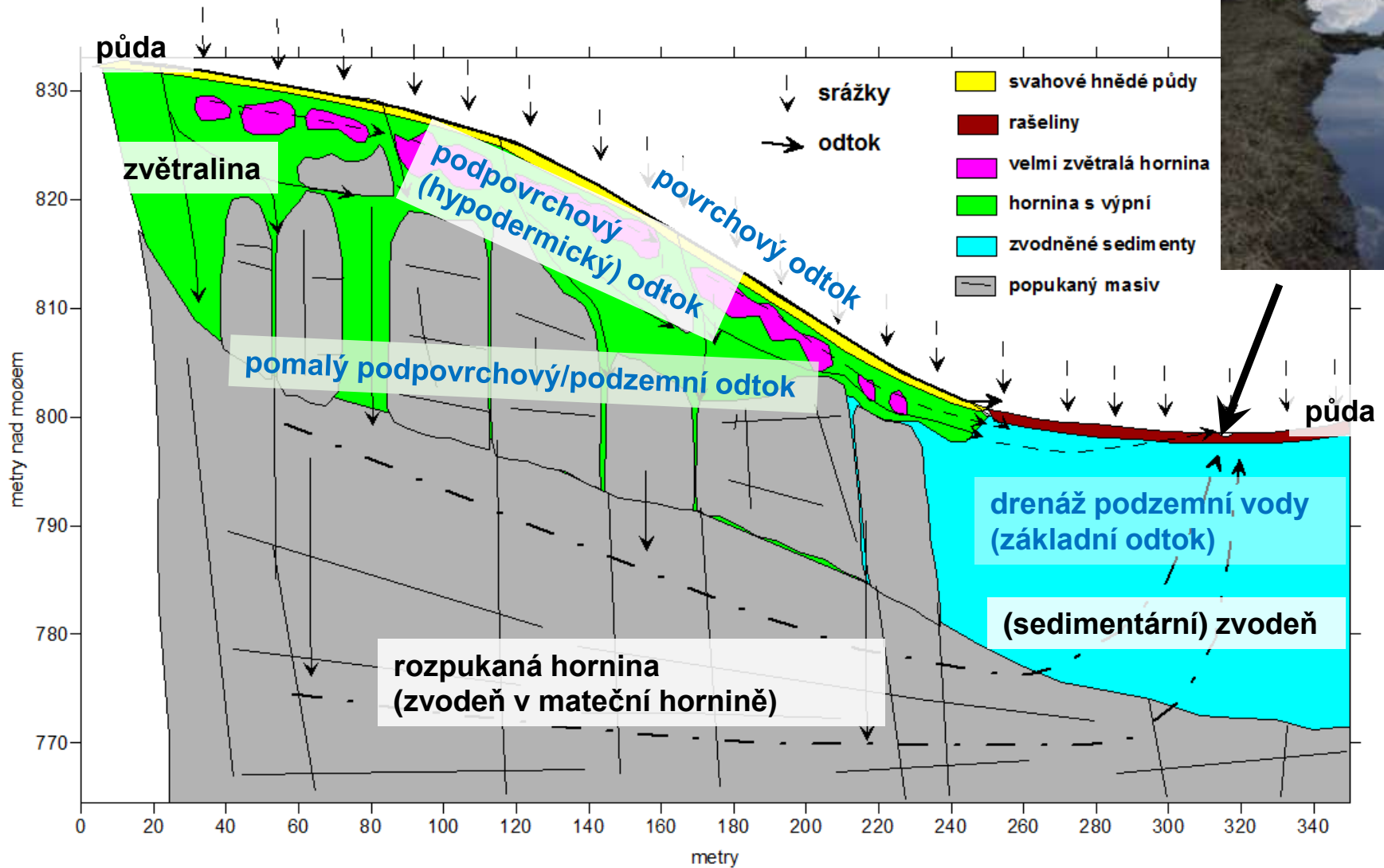
soil	půda
rock	hornina
precipitation	srážky
evaporation (from surface)	výpar (z povrchu)
transpiration (from trees and plants) –	transpirace – dýchání (stromů a rostlin)
water table	hladina vody
surface flow	povrchový odtok
stream flow	odtok v toku
through flow	odtok v půdním prostředí

hornina, půda je pod hladinou vody plně nasycena vodou, nad hladinou vody je nasycení částečné a objem vody je proměnlivý v čase (limitně plně nasycení)  
to je nenasyčená zóna (vadose zone)

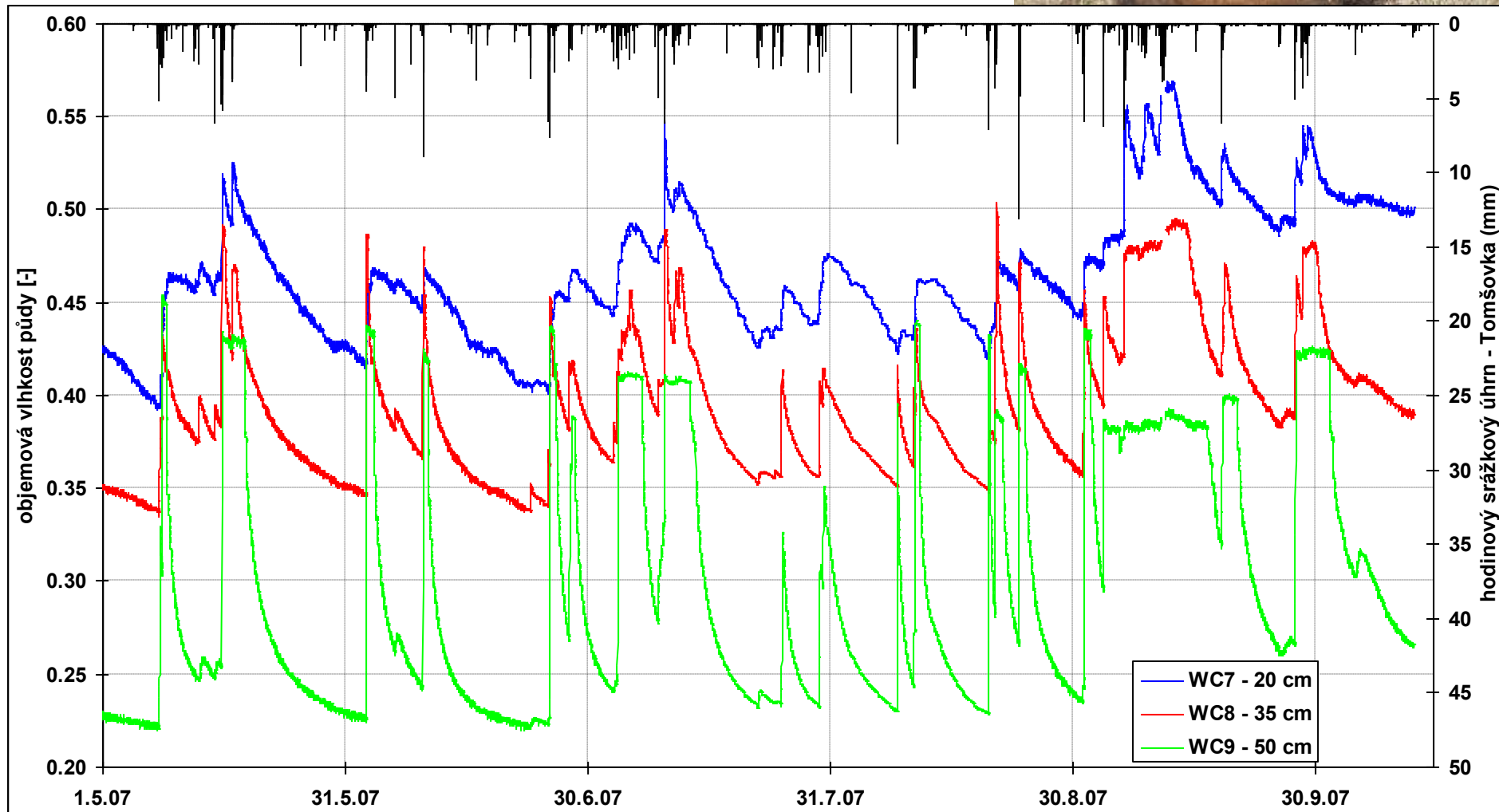
zdroj: <http://atschool.eduweb.co.uk/nelthorp/room8/intra/geograph/tests/watercyclec.htm>

- celosvětová zásoba sladké vody v půdním a horninovém prostředí je cca 10x než objem vody v řekách a jezerech,
- vyrovnávání extrémů na odtoku vody, snižování erozního účinku vody
- zásobárna vody pro rostliny

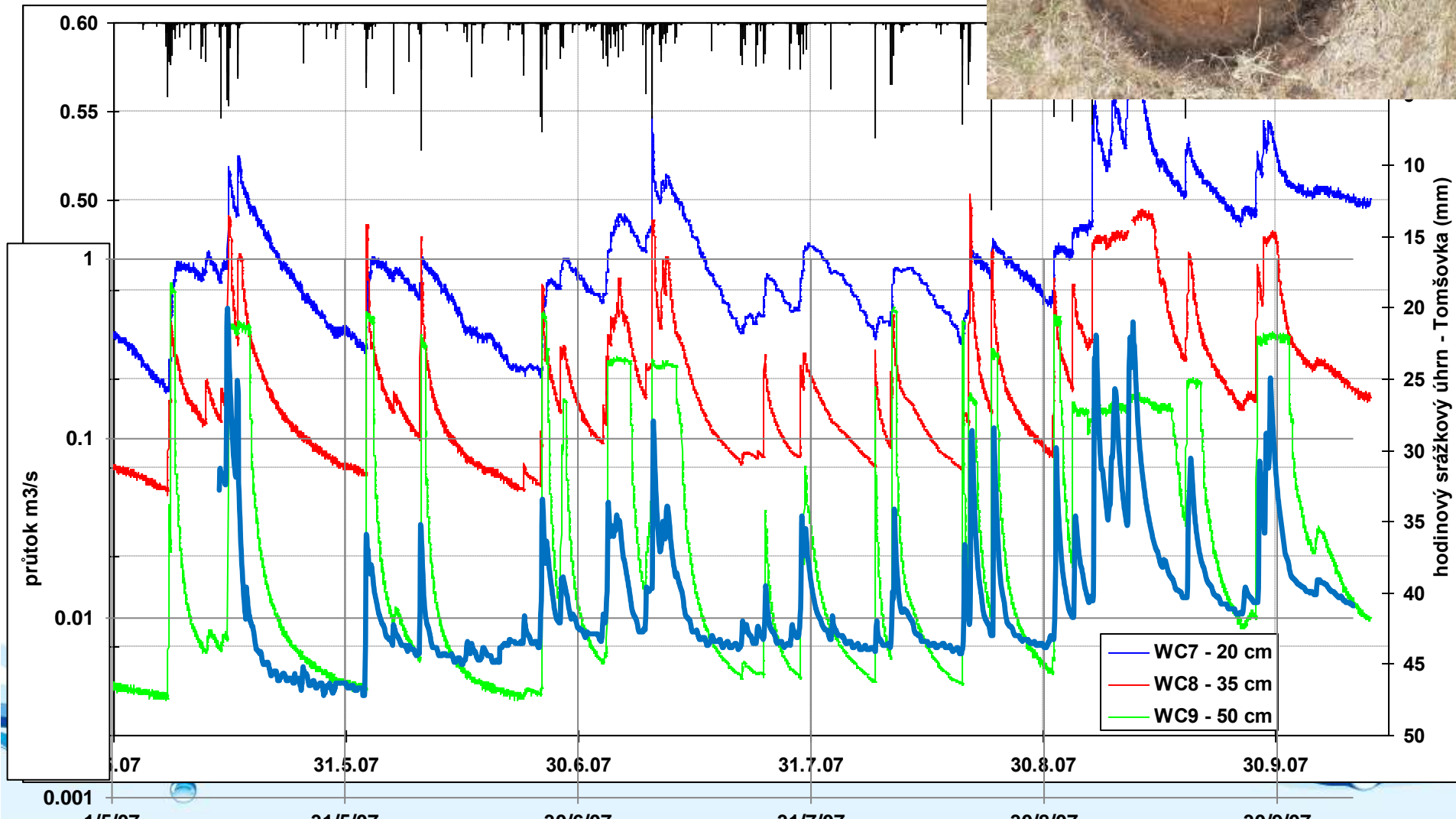
# Cesty proudění vody



# Vlhkost půdy – automatická měření



# Vlhkost půdy – automatická měření

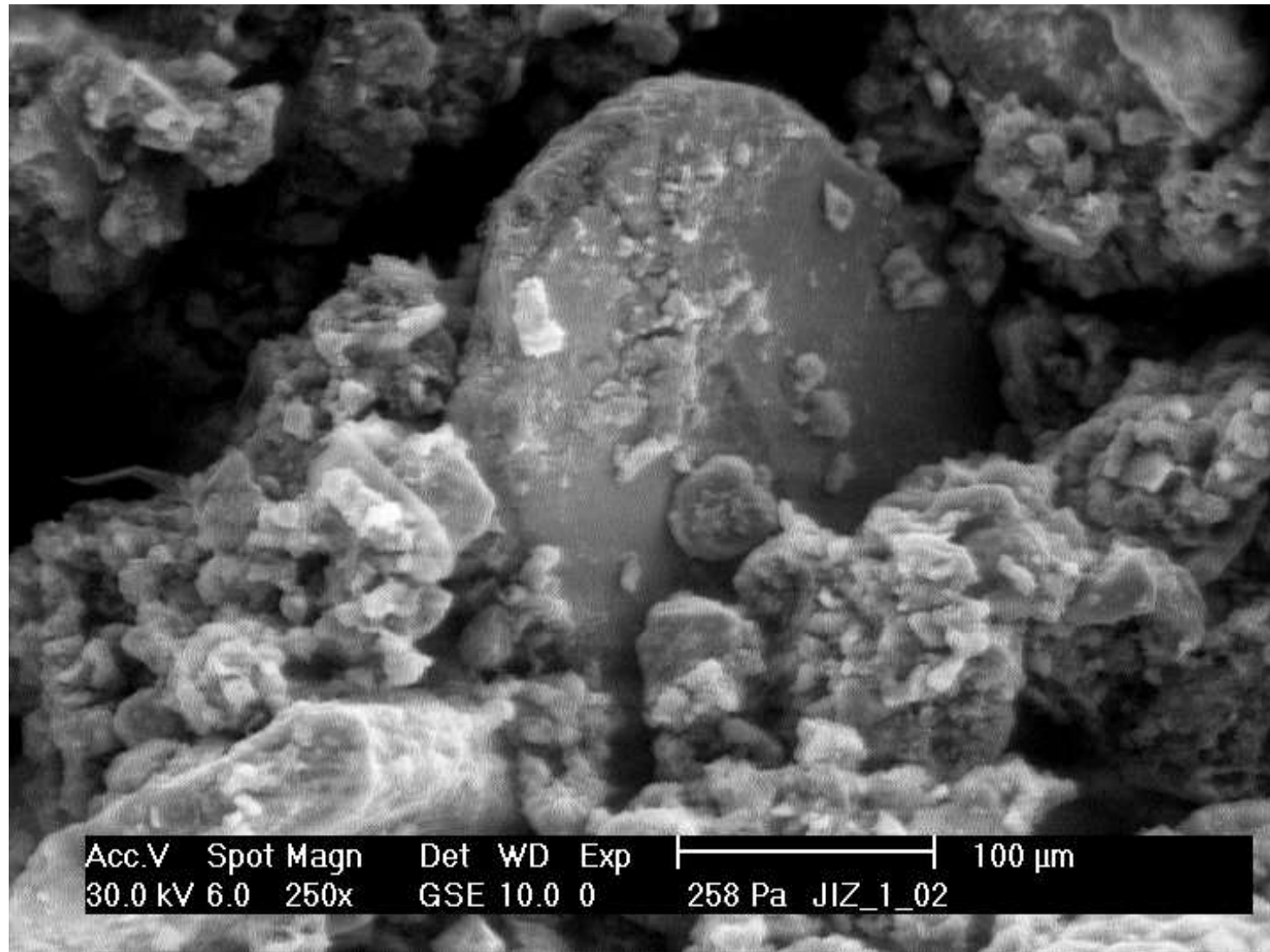


# Modelování pohybu vody v půdě

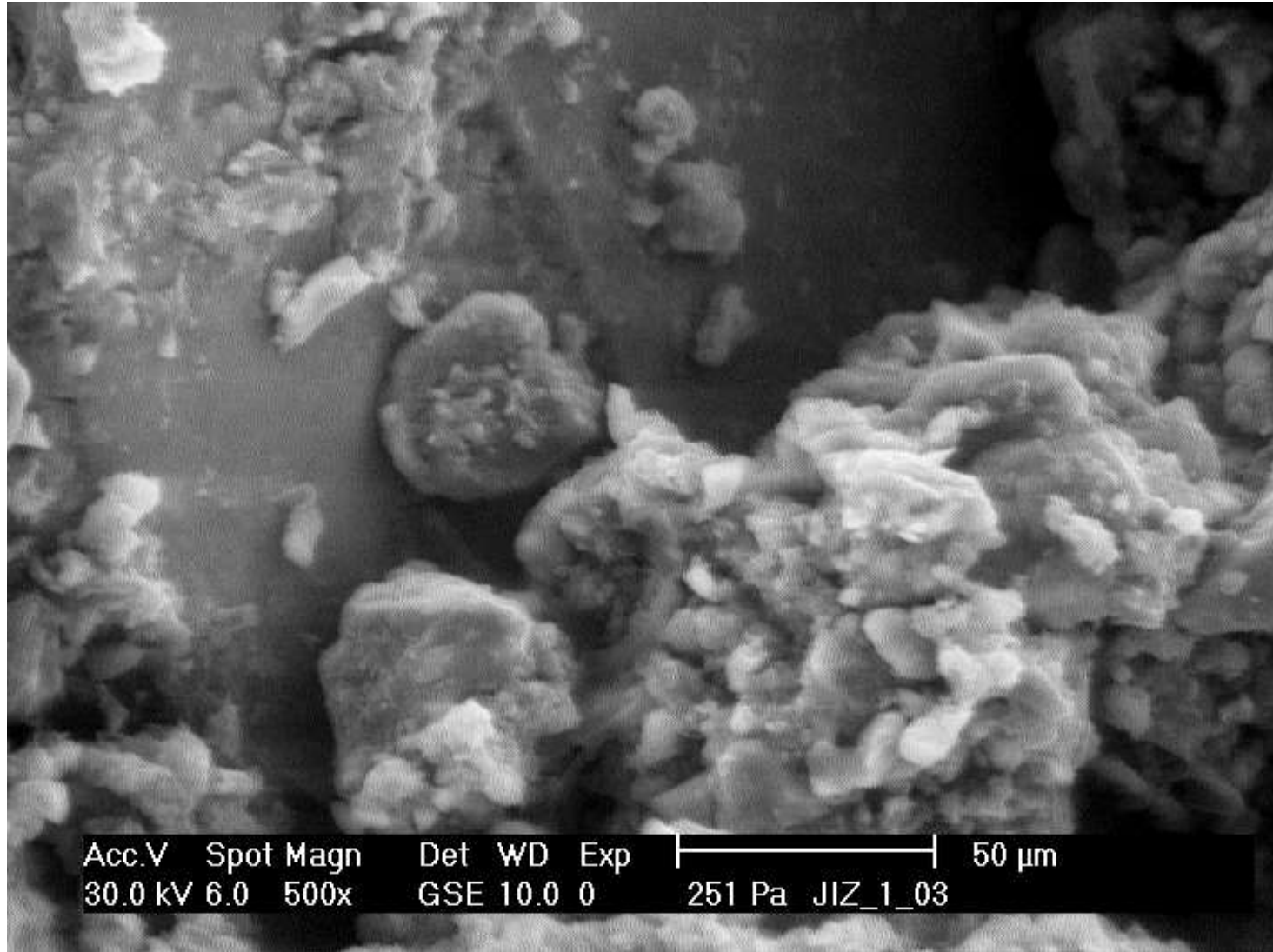




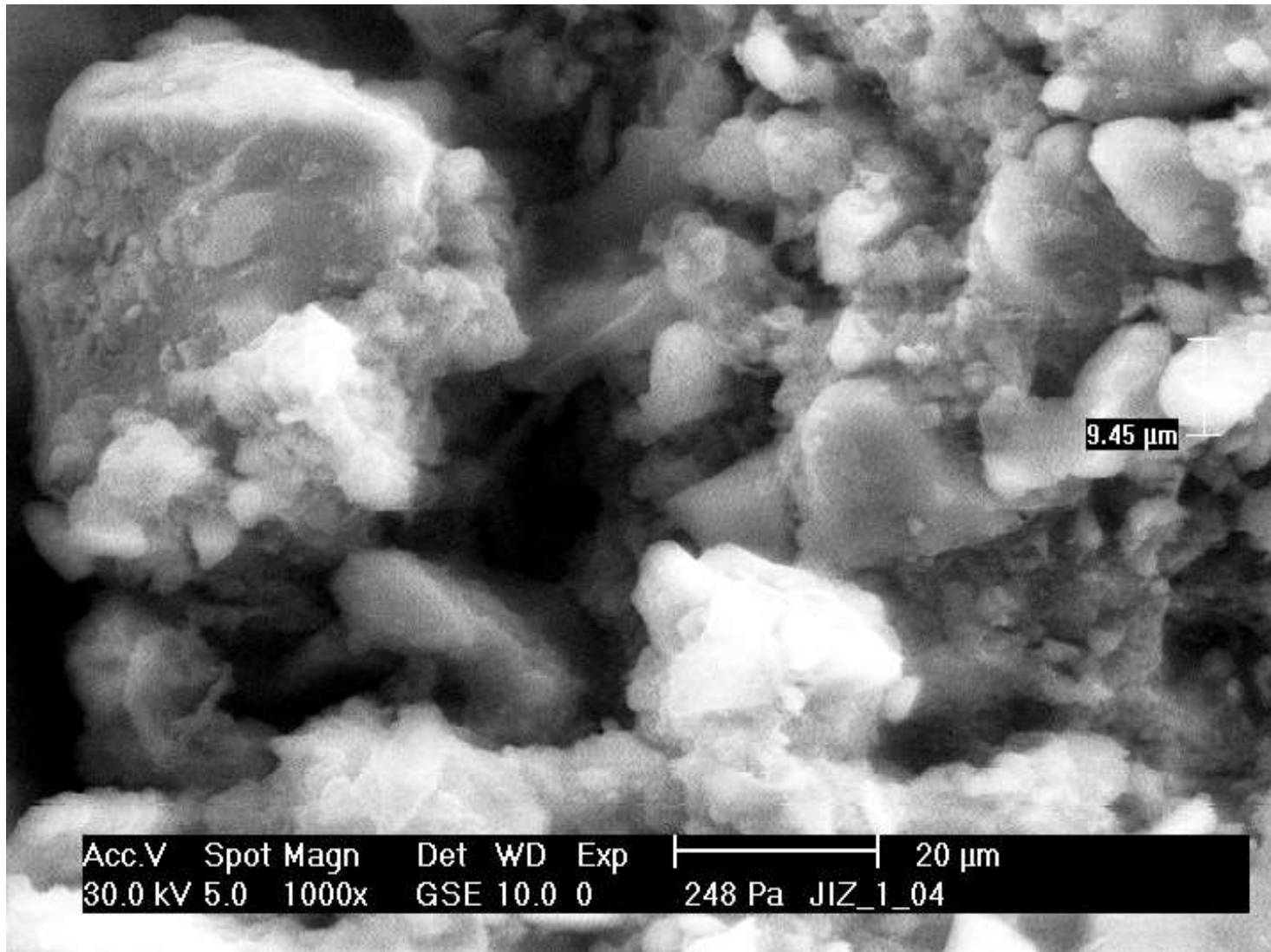
# Mikroskopický pohled na půdu



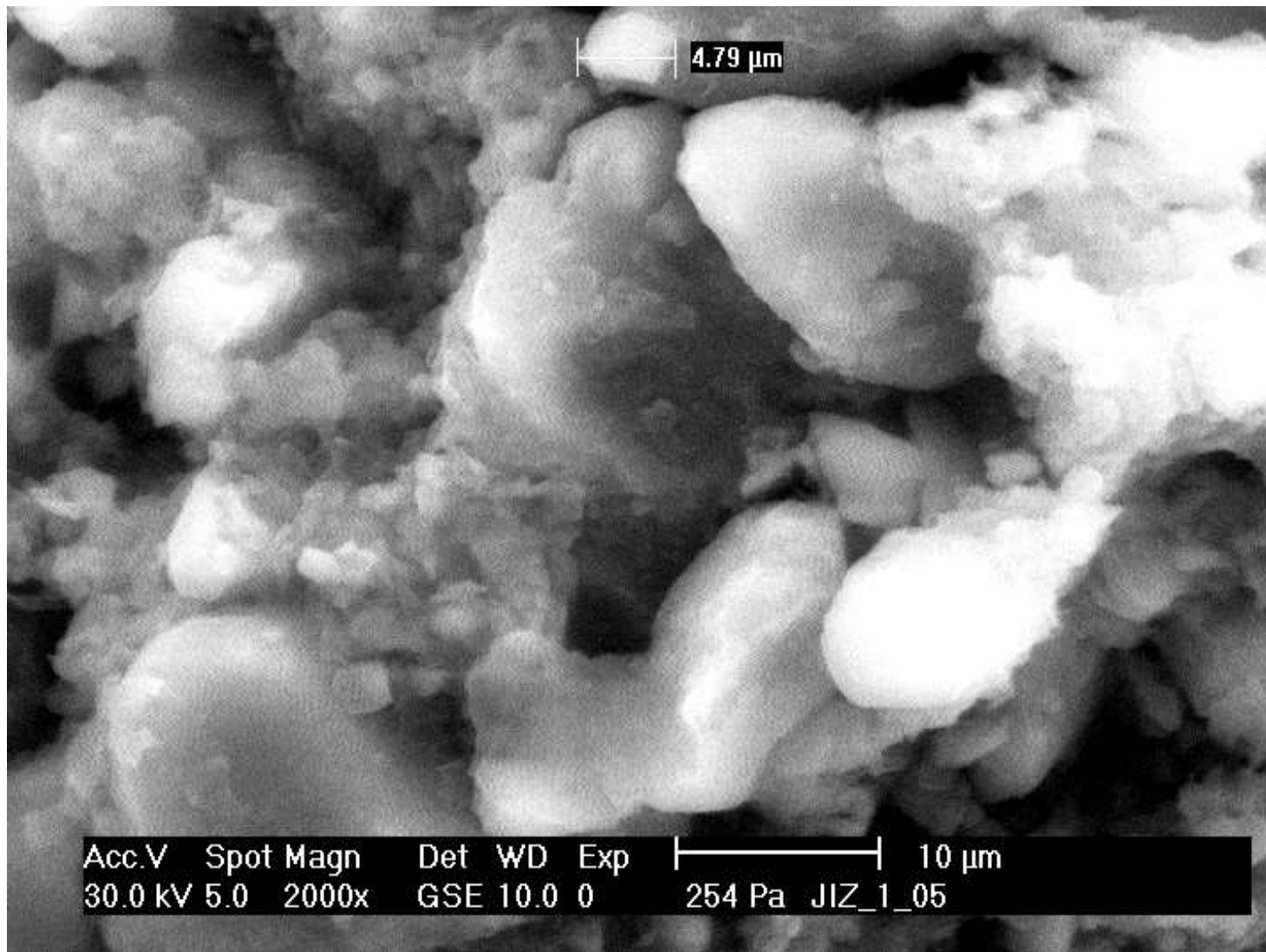
# Mikroskopický pohled na půdu



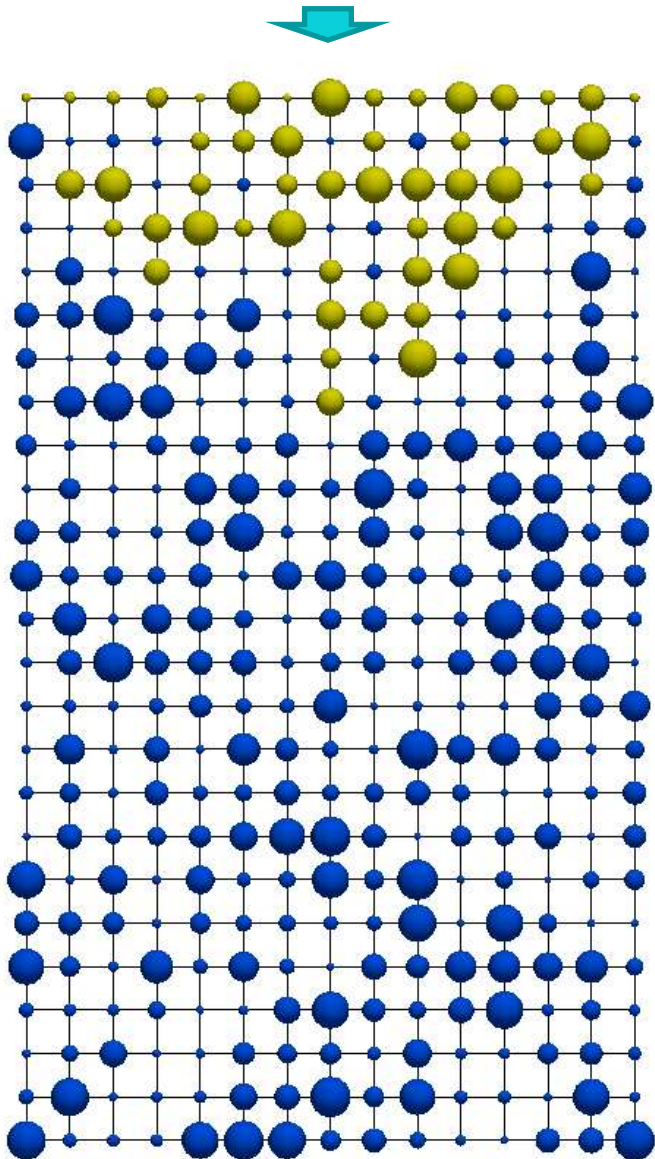
# Mikroskopický pohled na půdu



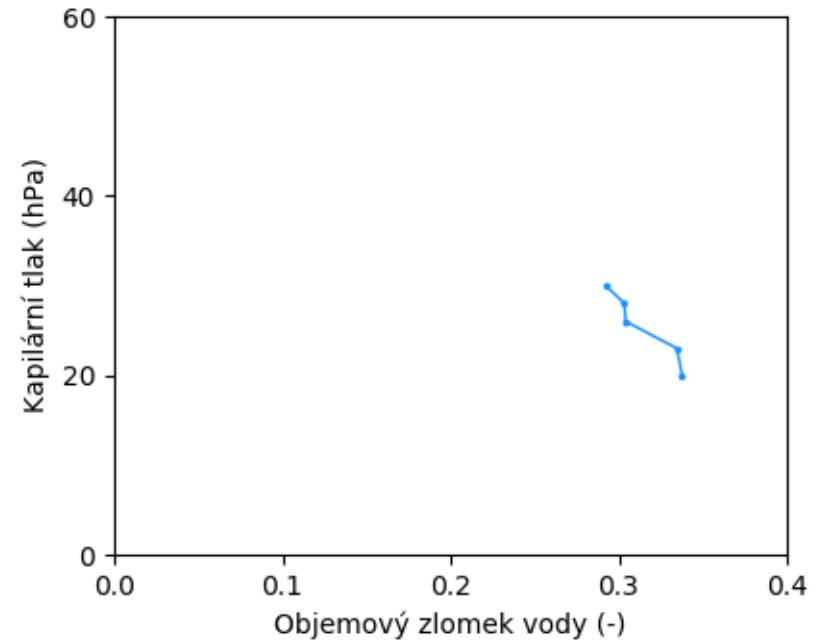
# Mikroskopický pohled na půdu



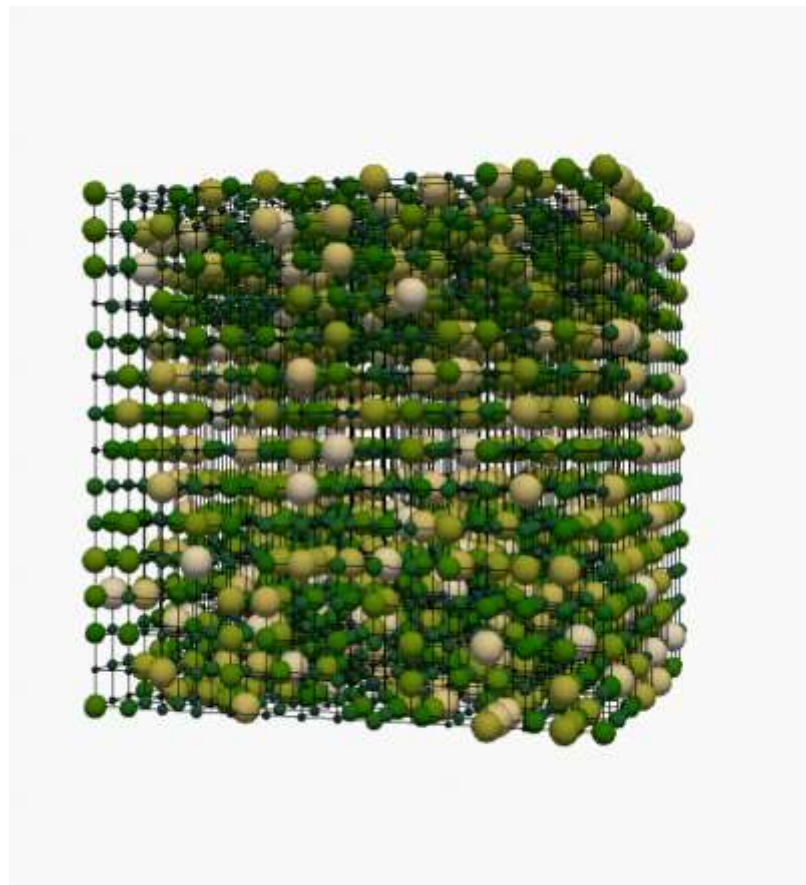
# Pore-network modelování

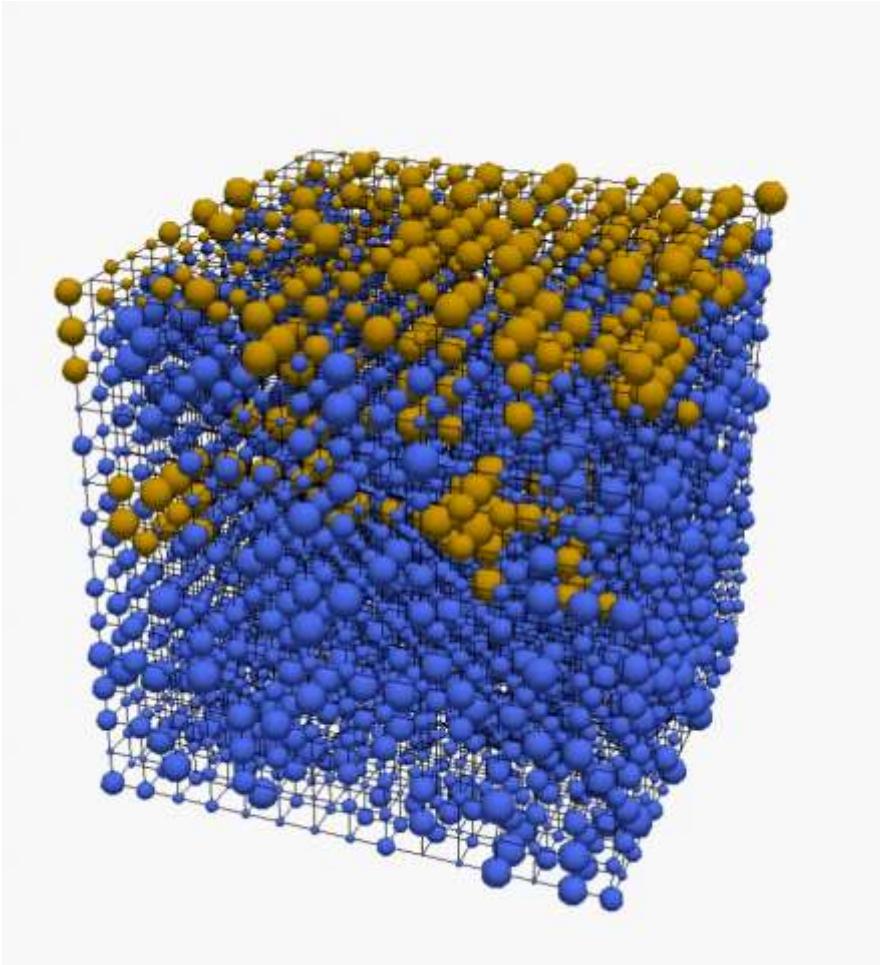


Retenční čára  
primární drenážní větev

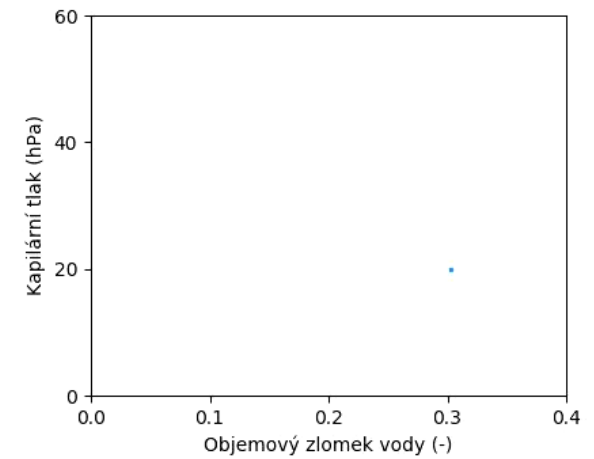


- Použití 3D sítě s větším množstvím pórů vede k získání reprezentativnějších výsledků





Retenční čára  
primární drenážní větev



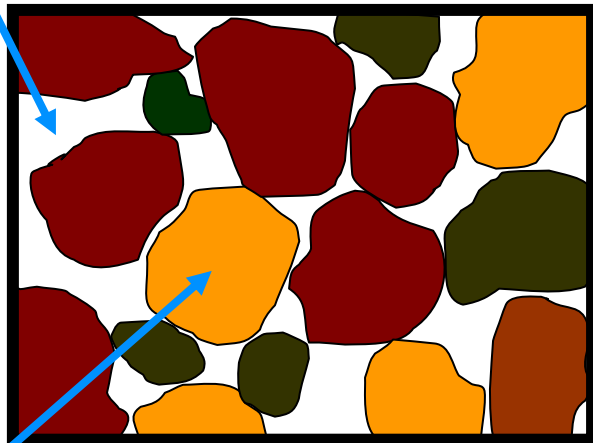
(video drenáže pórové sítě a  
tvorba retenční křivky  
předvedeny v přednášce)

# Makroskopický přístup

Proudění vody, transport tepla, transport látek v půdě = pórovitém prostředí nejsme pro praktické účely schopni popsat na úrovni jednotlivých pórů.

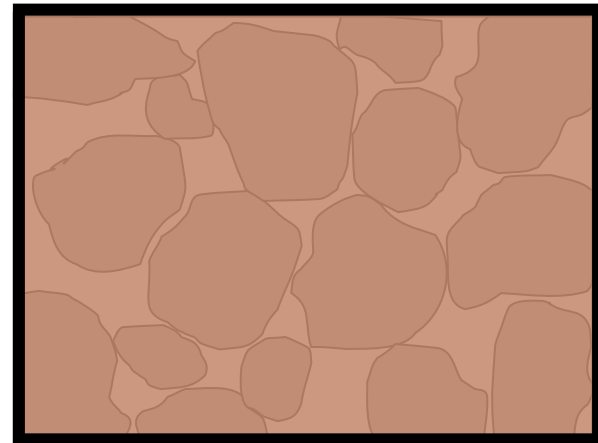
Pro řešení takových úloh používáme **makroskopický přístup**

Geometrie jednotlivých pórů



Tvar, hustota jednotlivých zrn....

Pórovitost, hydraulické charakteristiky..



Měrná a objemová hmotnost....

mikroskopické měř.

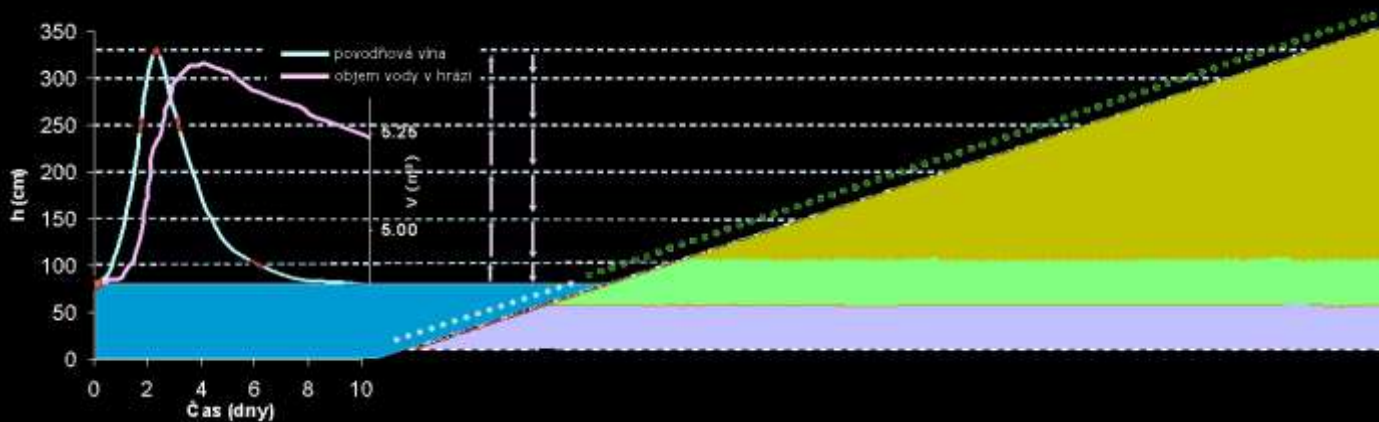
makroskopické měř.



# Příklad:

## Studie simulace neustáleného proudění v ochranných zemních hrázích a podloží

Císlarová a Zumr, katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství (Výzkumný záměr UDRŽITELNÁ VÝSTAVBA – MSM 6840770005)

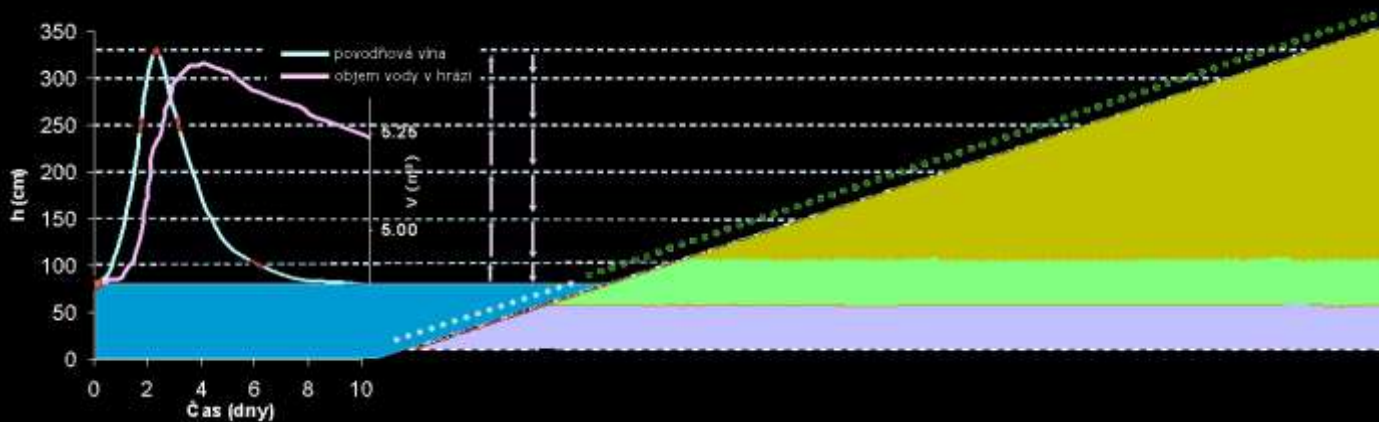


- VSTUPY

- Geometrie hráze a podloží
- Charakteristiky materiálů
- Návrhová povodeň


- VÝSTUPY

- Pórové tlaky
- Vlhkosti
- Rychlosti proudění

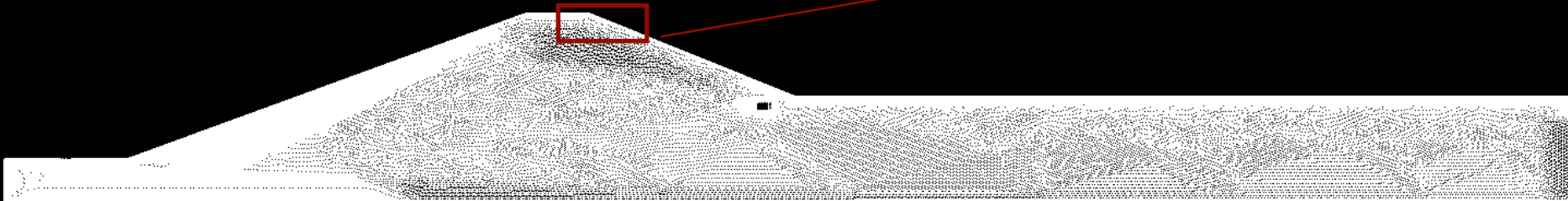
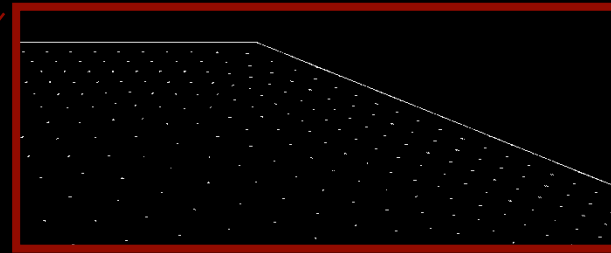


# Vodní režim v ochranné zemní hrázi

- 2D síť konečných prvků – program ARGUS ONE
- Matematický model **S2D\_DUAL** – proudění a transport obecně heterogenním porézním prostředím (prof. Vogel, ČVUT v Praze)

Mesh Information	
	Information about Finite Element Mesh:
<b>Number of nodes:</b>	45225
On boundary:	1355      Internal:43870
Selected:	0
BandWidth:	251
<b>Number of elements:</b>	89095
On boundary:	2710      Internal:86385
Selected:	0
Total Area:	1.00826e-
<b>Ruler units:</b>	cm
<b>Current scale:</b>	104.75
<b>Zoom Factor:</b>	1.39965

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[ K(h) \left( \frac{\partial h}{\partial z} + 1 \right) \right]$$



# Vodní režim v ochranné zemní hrázi

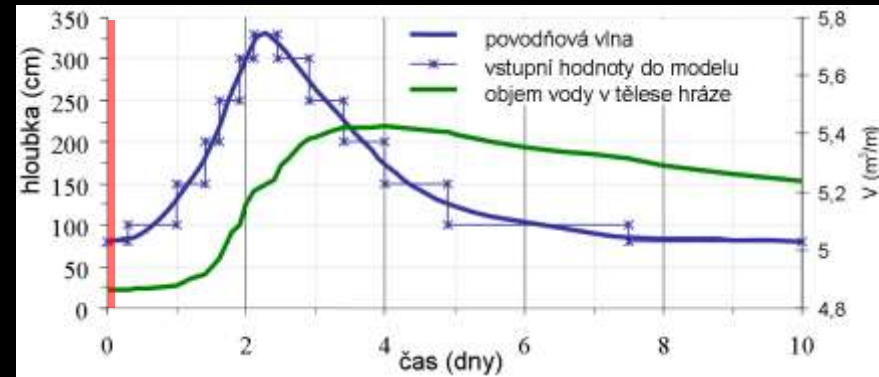
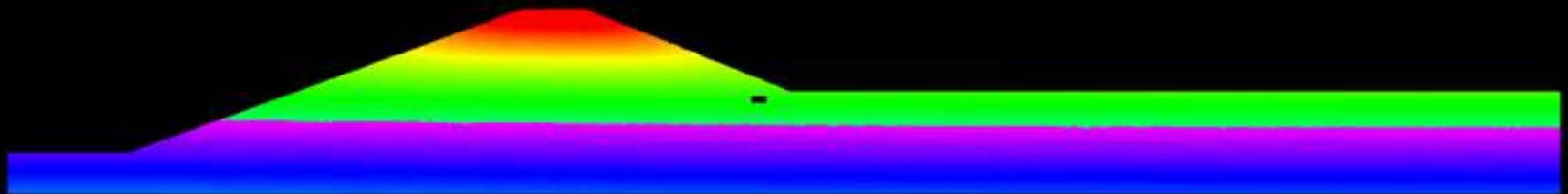
## Horizontální rychlosti

S\_20\_Dual.out\W\_ex.out, Time: 5.00



## Tlakové pole

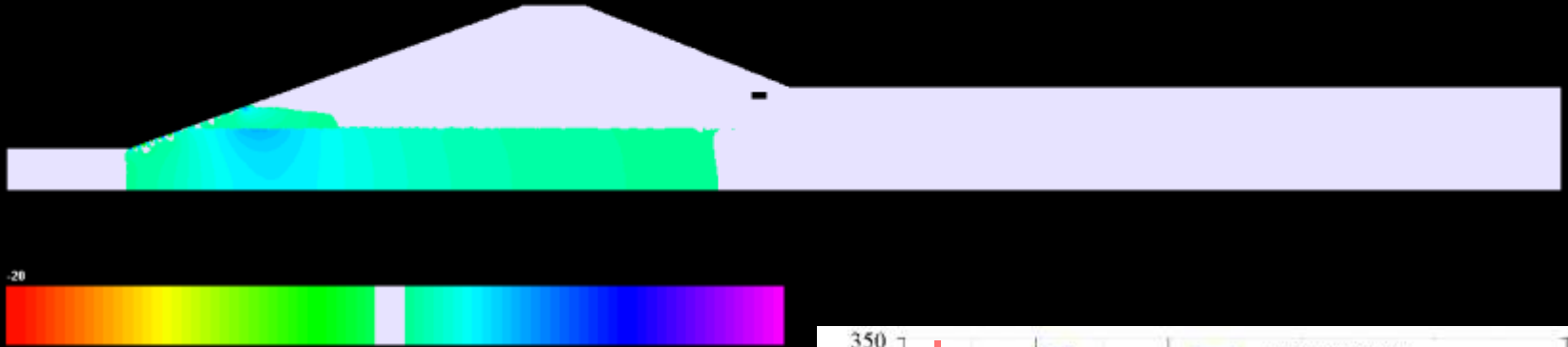
S\_20\_Dual.out\W\_h.out, Time: 5.00



# Vodní režim v ochranné zemní hrázi

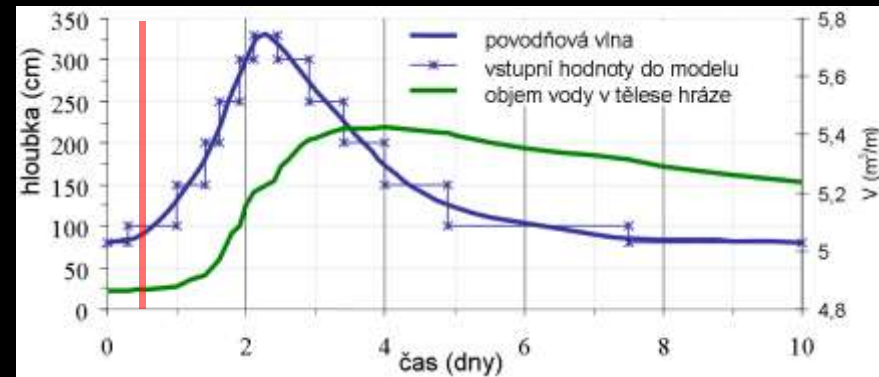
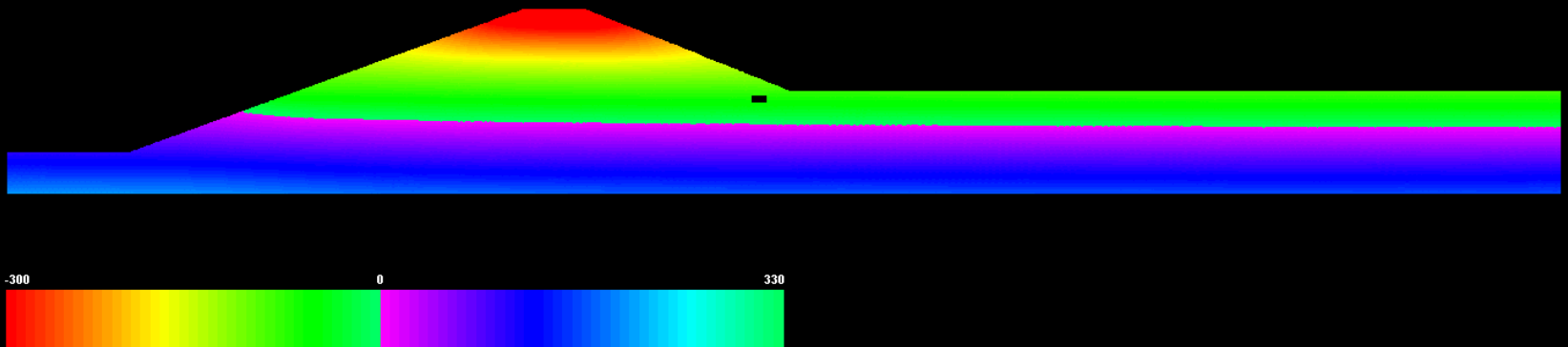
## Horizontální rychlosti

S\_20\_Dual.out\W\_ex.out, Time: .500



## Tlakové pole

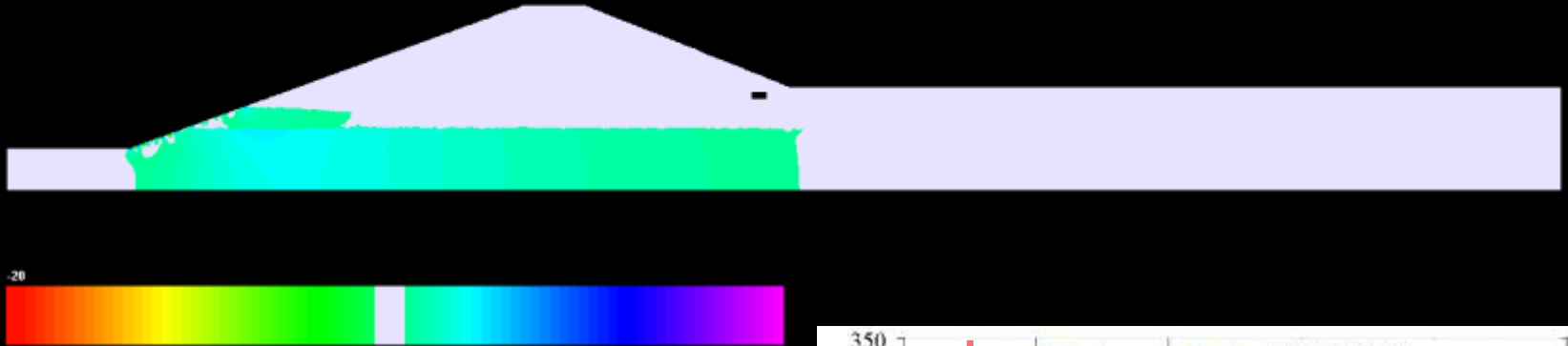
S\_20\_Dual.out\W\_h.out, Time: .500



# Vodní režim v ochranné zemní hrázi

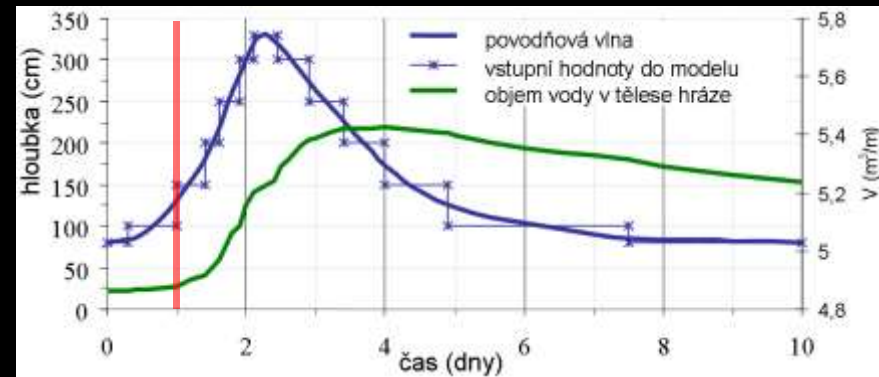
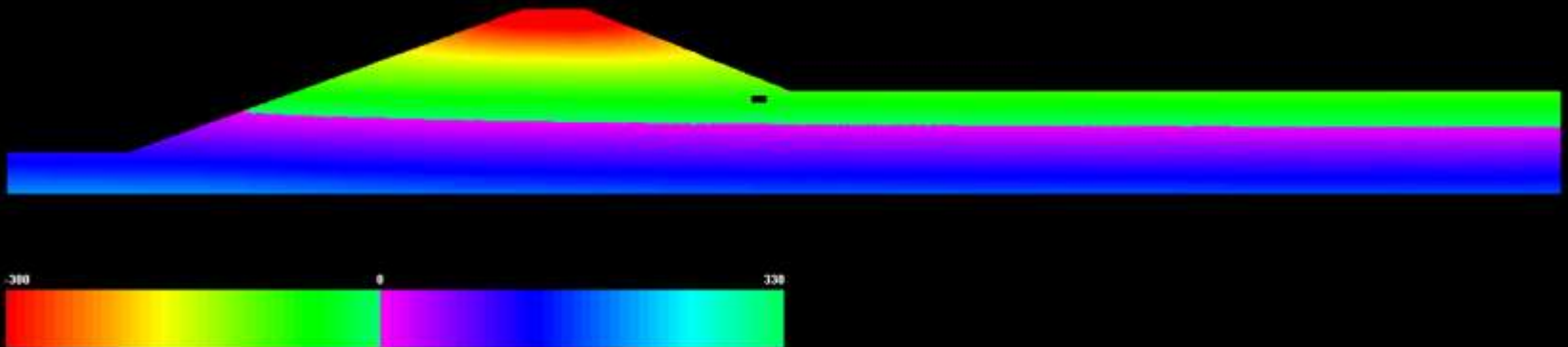
## Horizontální rychlosti

S\_20\_Dual.out\W\_ex.out, Time: 1.00



## Tlakové pole

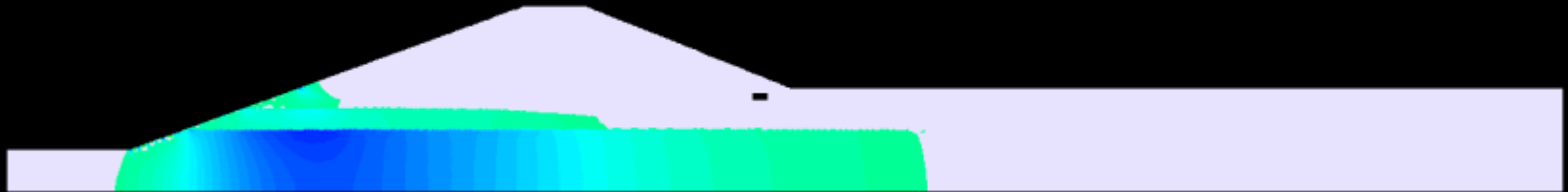
S\_20\_Dual.out\W\_h.out, Time: 1.00



# Vodní režim v ochranné zemní hrázi

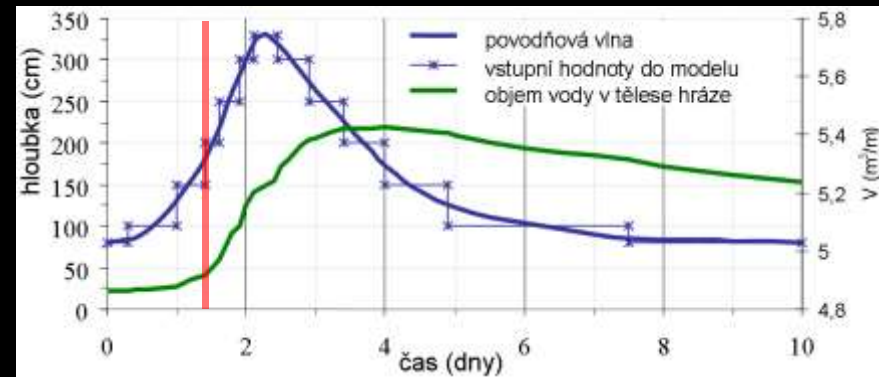
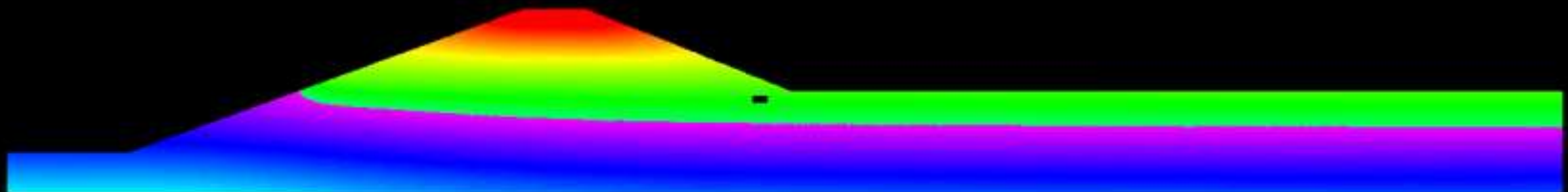
## Horizontální rychlosti

S\_20\_Dual.out/WV\_ex.out, Time: 1.40



## Tlakové pole

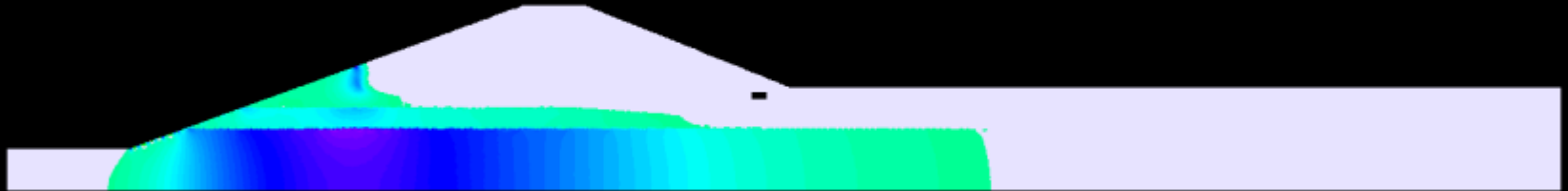
S\_20\_Dual.out/WV\_h.out, Time: 1.40



# Vodní režim v ochranné zemní hrázi

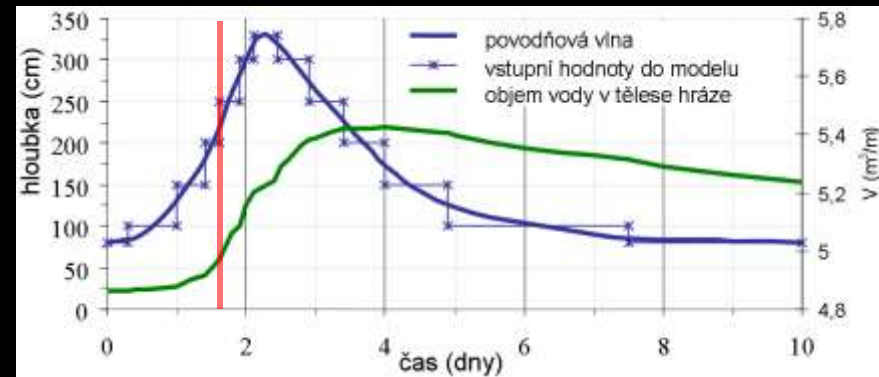
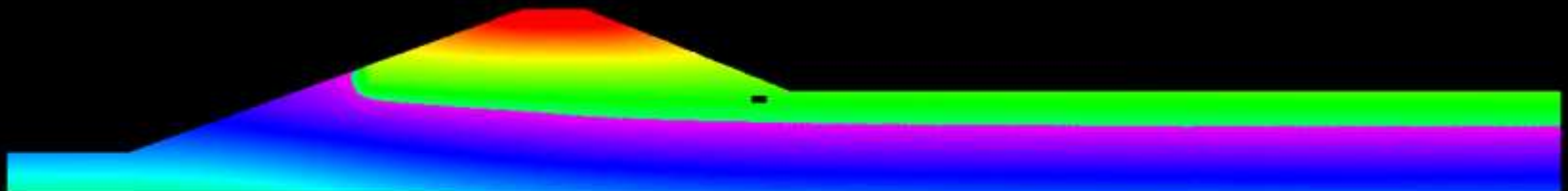
## Horizontální rychlosti

S\_20\_Dual.out\W\_ex.out, Time: 1.60



## Tlakové pole

S\_20\_Dual.out\W\_h.out, Time: 1.60

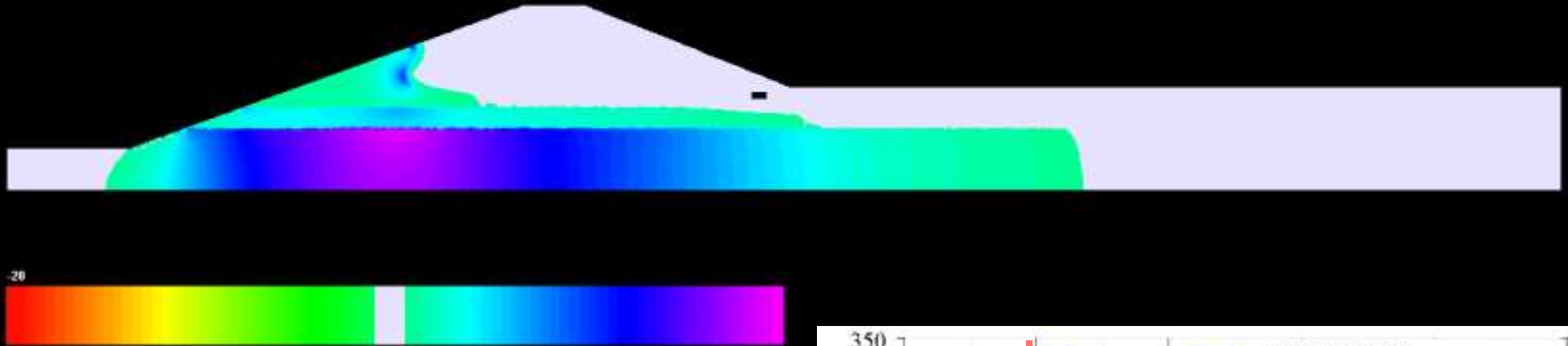




# Vodní režim v ochranné zemní hrázi

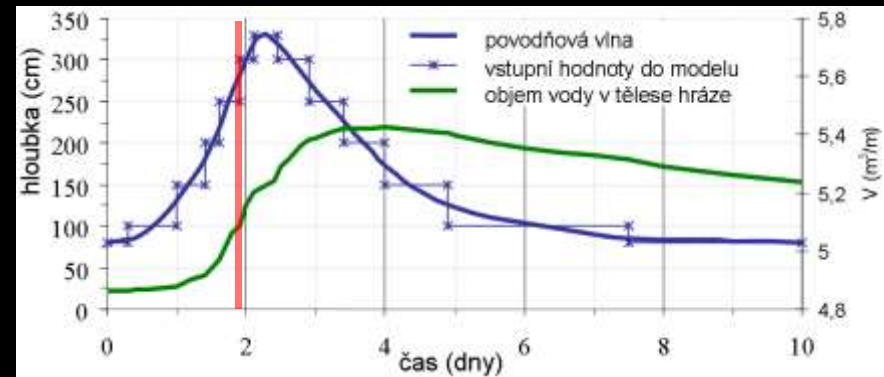
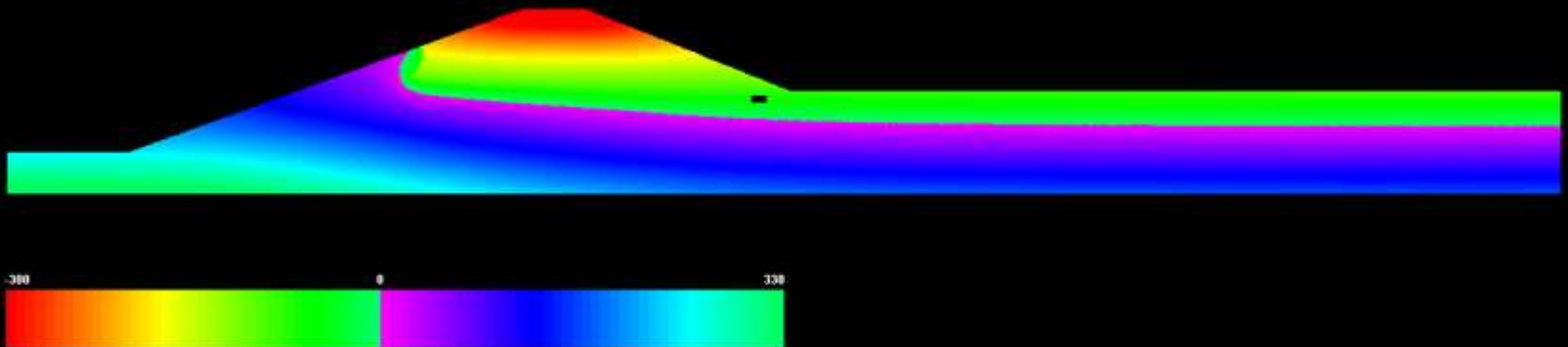
## Horizontální rychlosti

S\_20\_Dual.out/WV\_es.out, Time: 1.90



## Tlakové pole

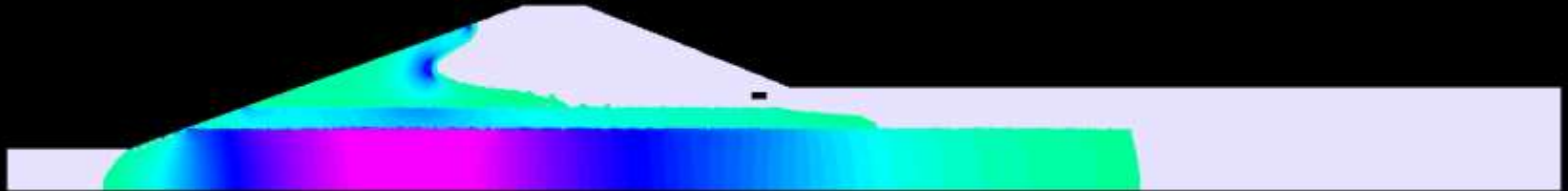
S\_20\_Dual.out/WV\_h.out, Time: 1.90



# Vodní režim v ochranné zemní hrázi

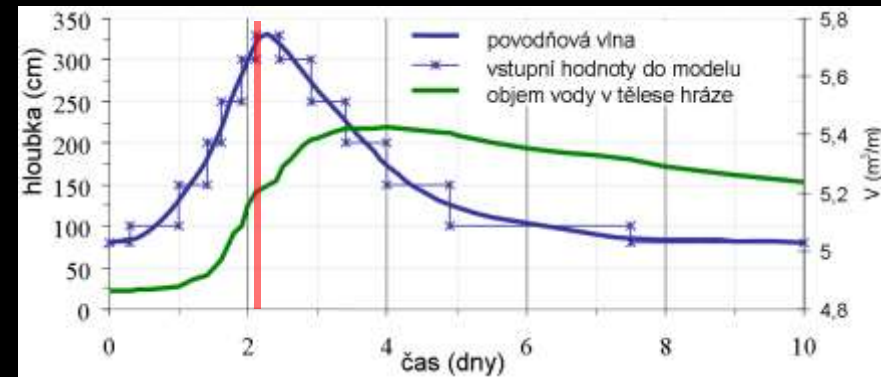
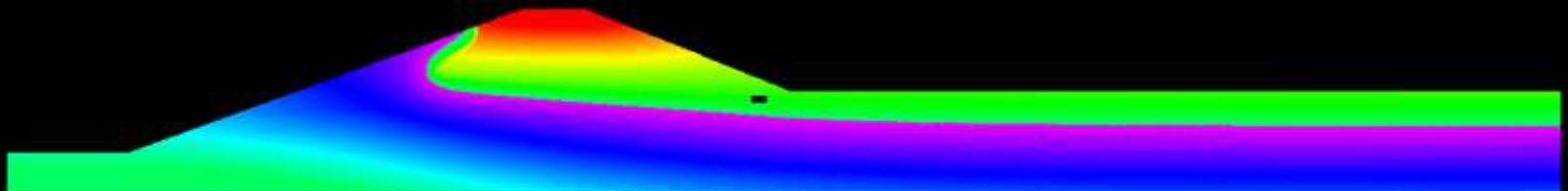
## Horizontální rychlosti

S\_20\_Dual.out/WV\_es.out, Time: 2.10



## Tlakové pole

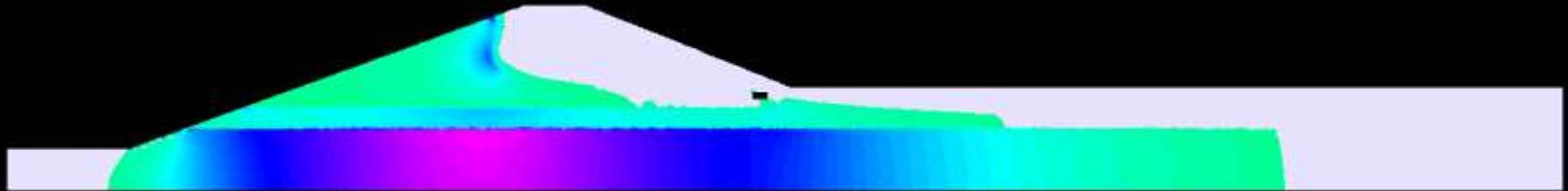
S\_20\_Dual.out/WV\_h.out, Time: 2.10



# Vodní režim v ochranné zemní hrázi

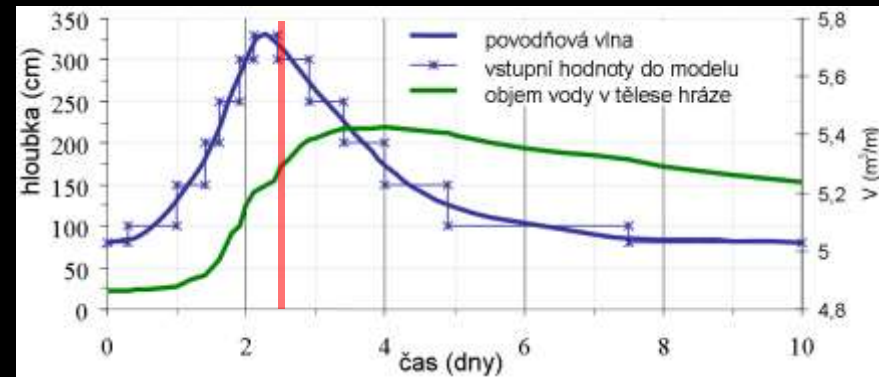
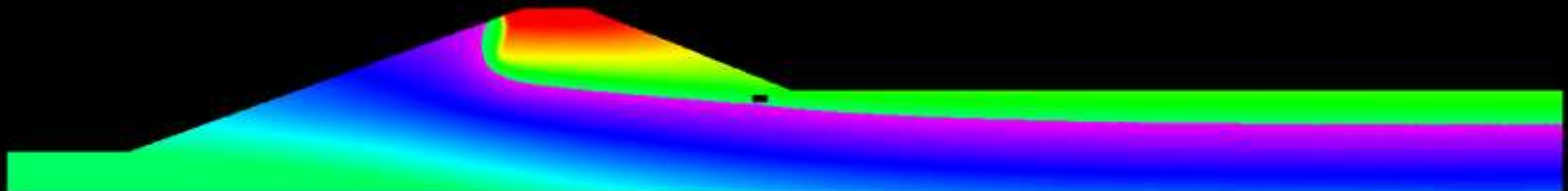
## Horizontální rychlosti

S\_20\_Dual.out/WV\_es.out, Time: 2.50



## Tlakové pole

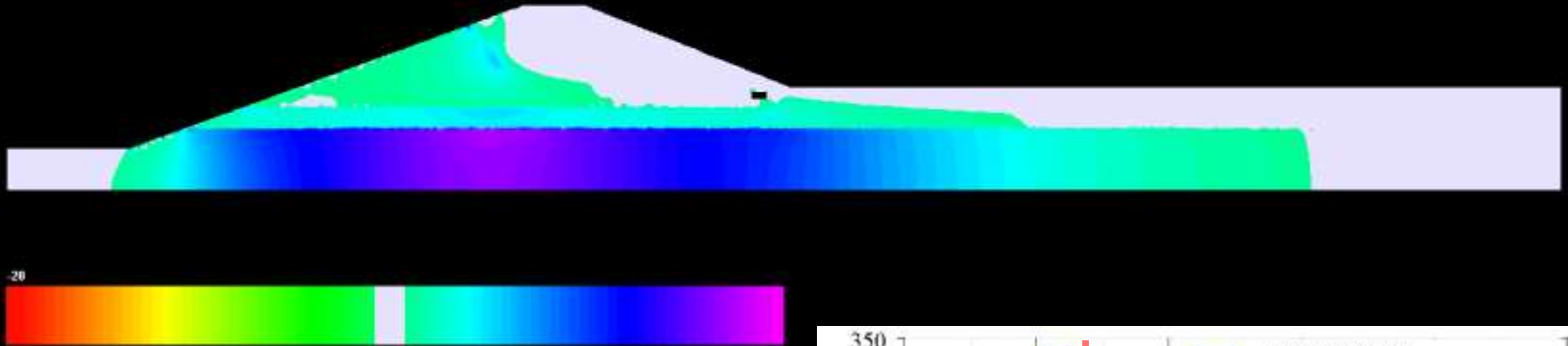
S\_20\_Dual.out/WV\_h.out, Time: 2.50



# Vodní režim v ochranné zemní hrázi

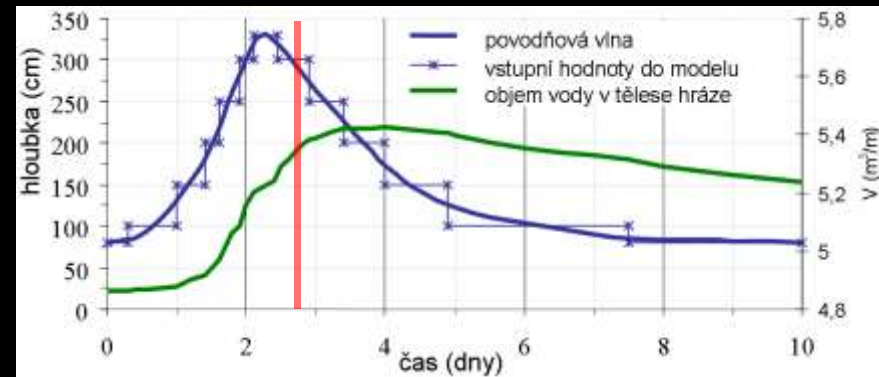
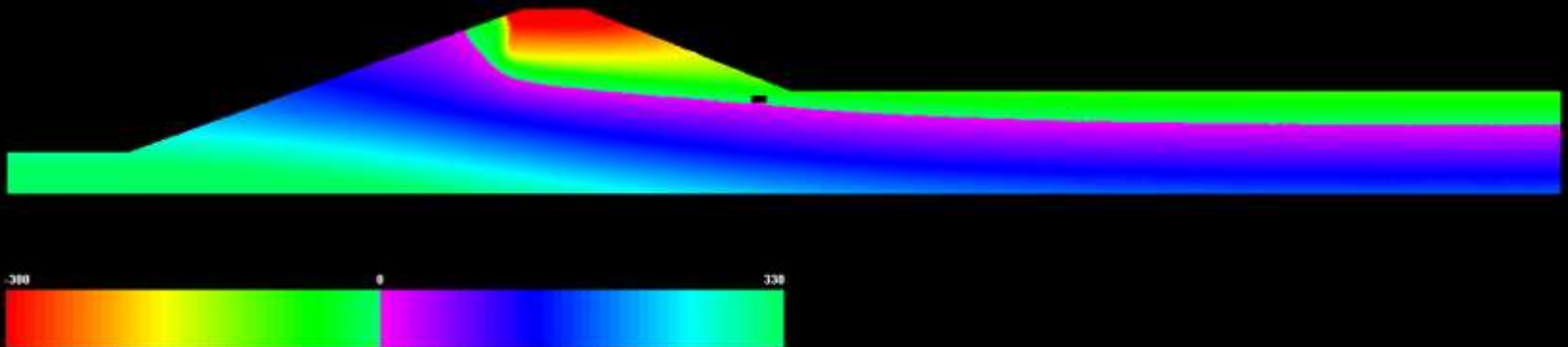
## Horizontální rychlosti

S\_20\_Dual.out/W\_2s.out, Time: 2.75



## Tlakové pole

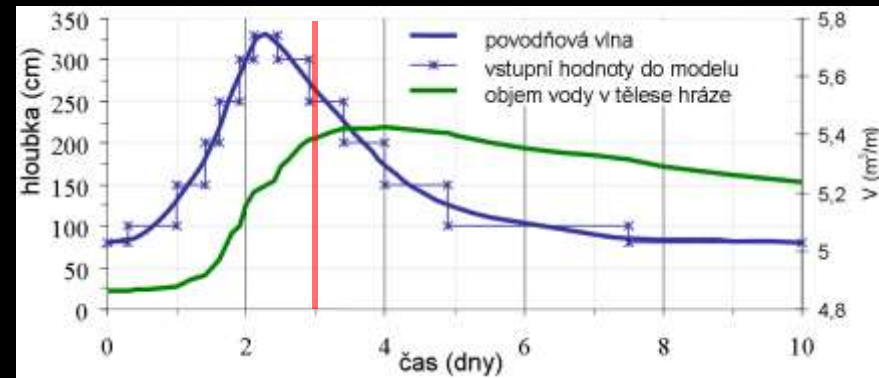
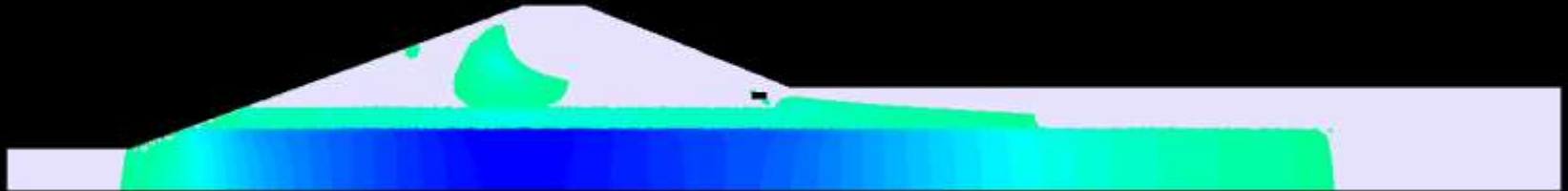
S\_20\_Dual.out/W\_h.out, Time: 2.75



# Vodní režim v ochranné zemní hrázi

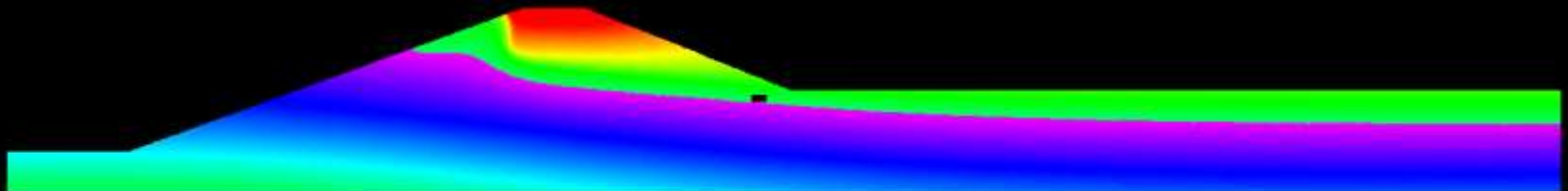
## Horizontální rychlosti

S\_20\_Dual.out/W\_2s.out, Time: 3.00



## Tlakové pole

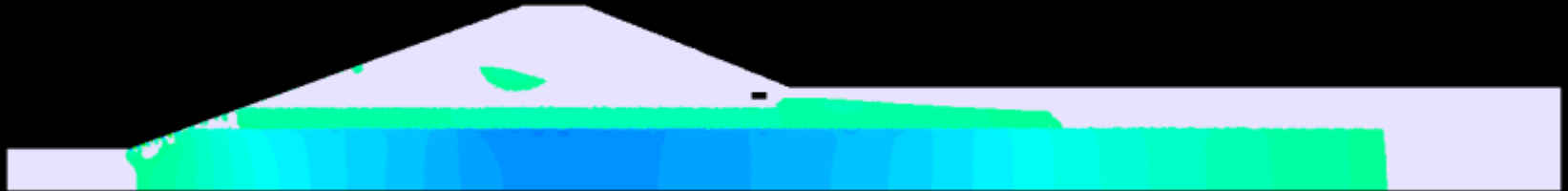
S\_20\_Dual.out/W\_h.out, Time: 3.00



# Vodní režim v ochranné zemní hrázi

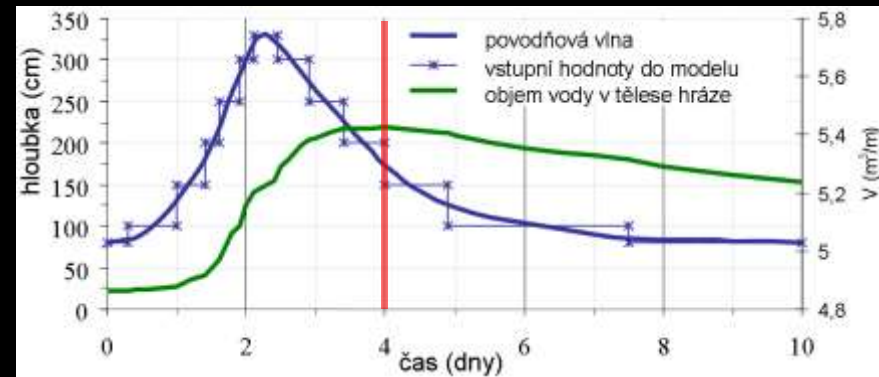
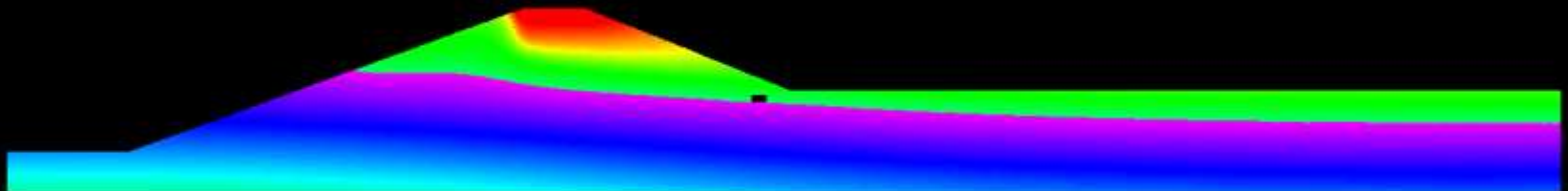
## Horizontální rychlosti

S\_20\_Dual.out\W\_ex.out, Time: 4.00



## Tlakové pole

S\_20\_Dual.out\W\_h.out, Time: 4.00



# Vodní režim v ochranné zemní hrázi

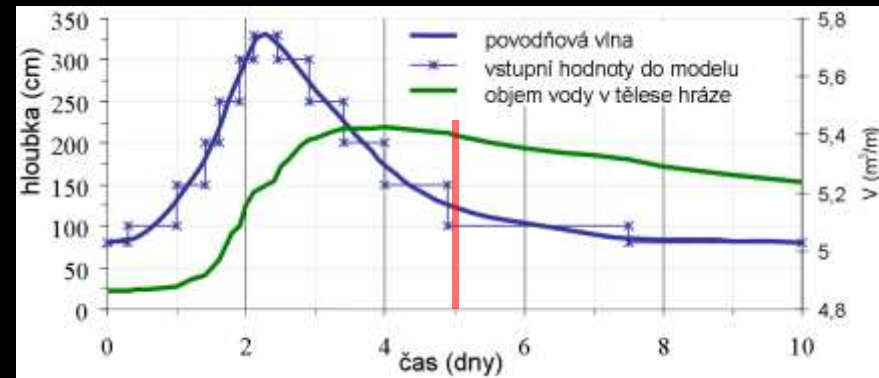
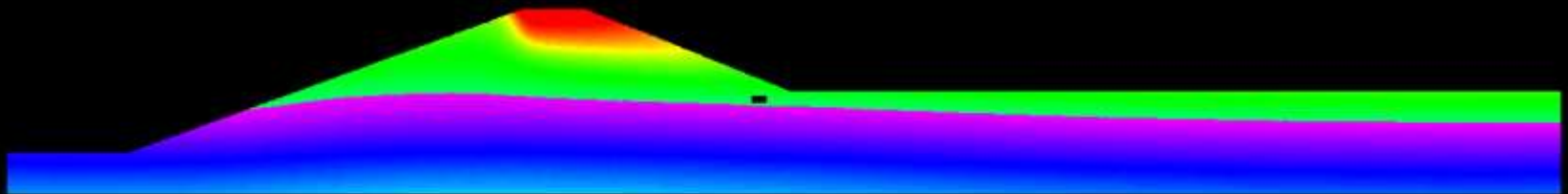
## Horizontální rychlosti

S\_20\_Dual.out/WV\_ex.out, Time: 5.00



## Tlakové pole

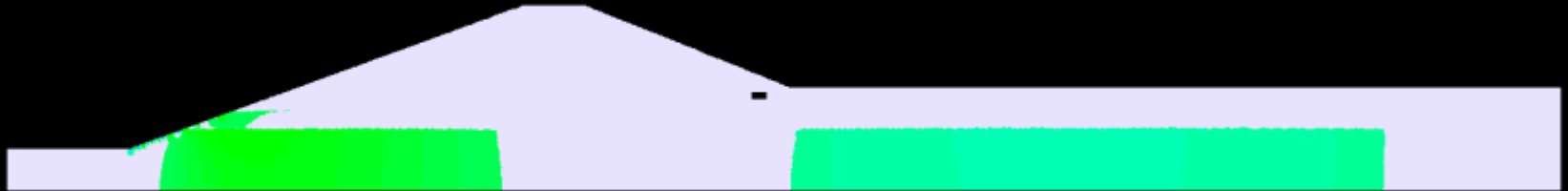
S\_20\_Dual.out/WV\_h.out, Time: 5.00



# Vodní režim v ochranné zemní hrázi

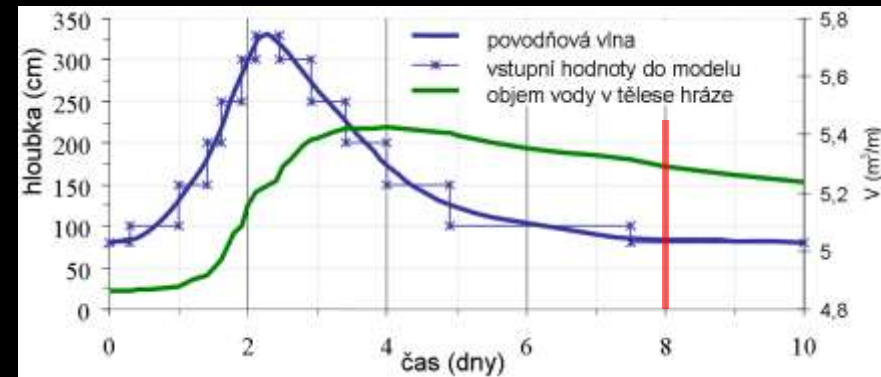
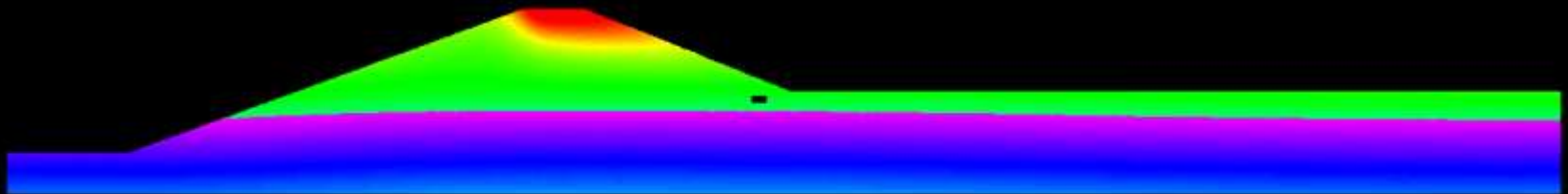
## Horizontální rychlosti

S\_20\_Dual.out\W\_ex.out, Time: 8.00



## Tlakové pole

S\_20\_Dual.out\W\_h.out, Time: 8.00





# Vodní režim v ochranné zemní hrázi

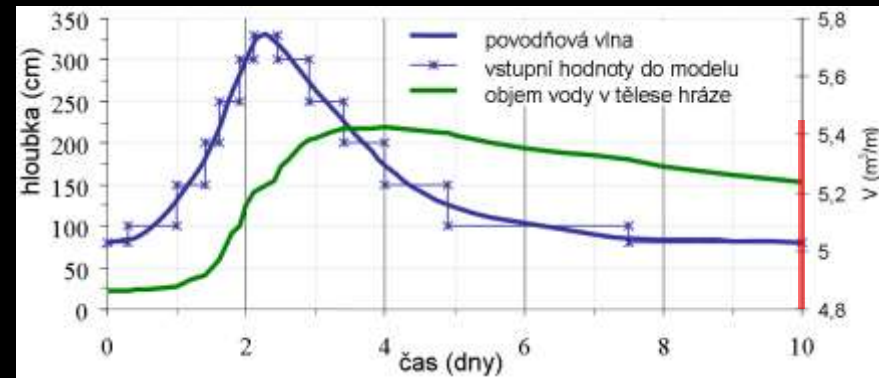
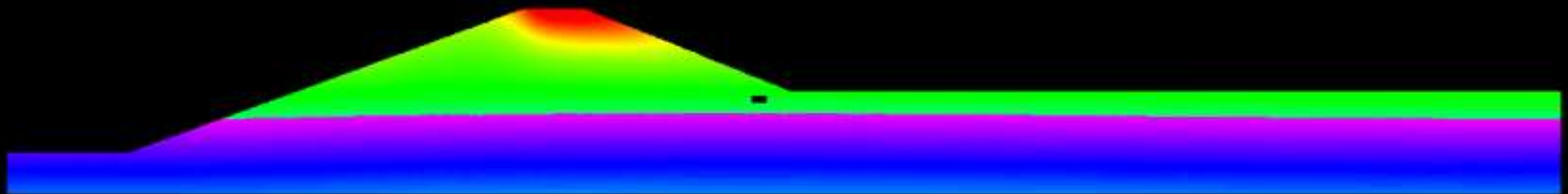
## Horizontální rychlosti

S\_20\_Dual.out\W\_ex.out, Time: 15.0



## Tlakové pole

S\_20\_Dual.out\W\_h.out, Time: 10.0



# Chemické procesy v půdě

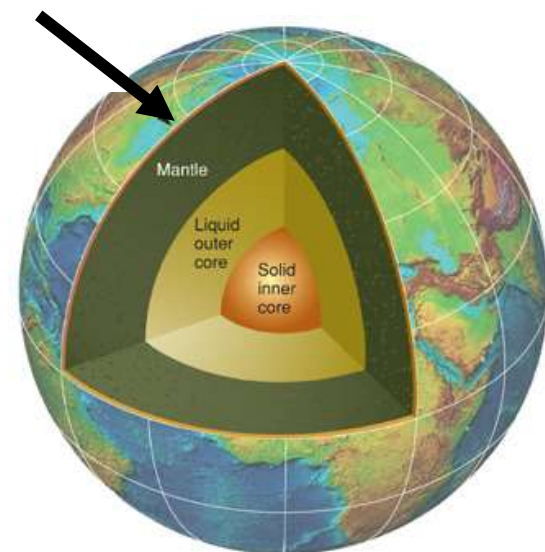


# Elementární složení půd

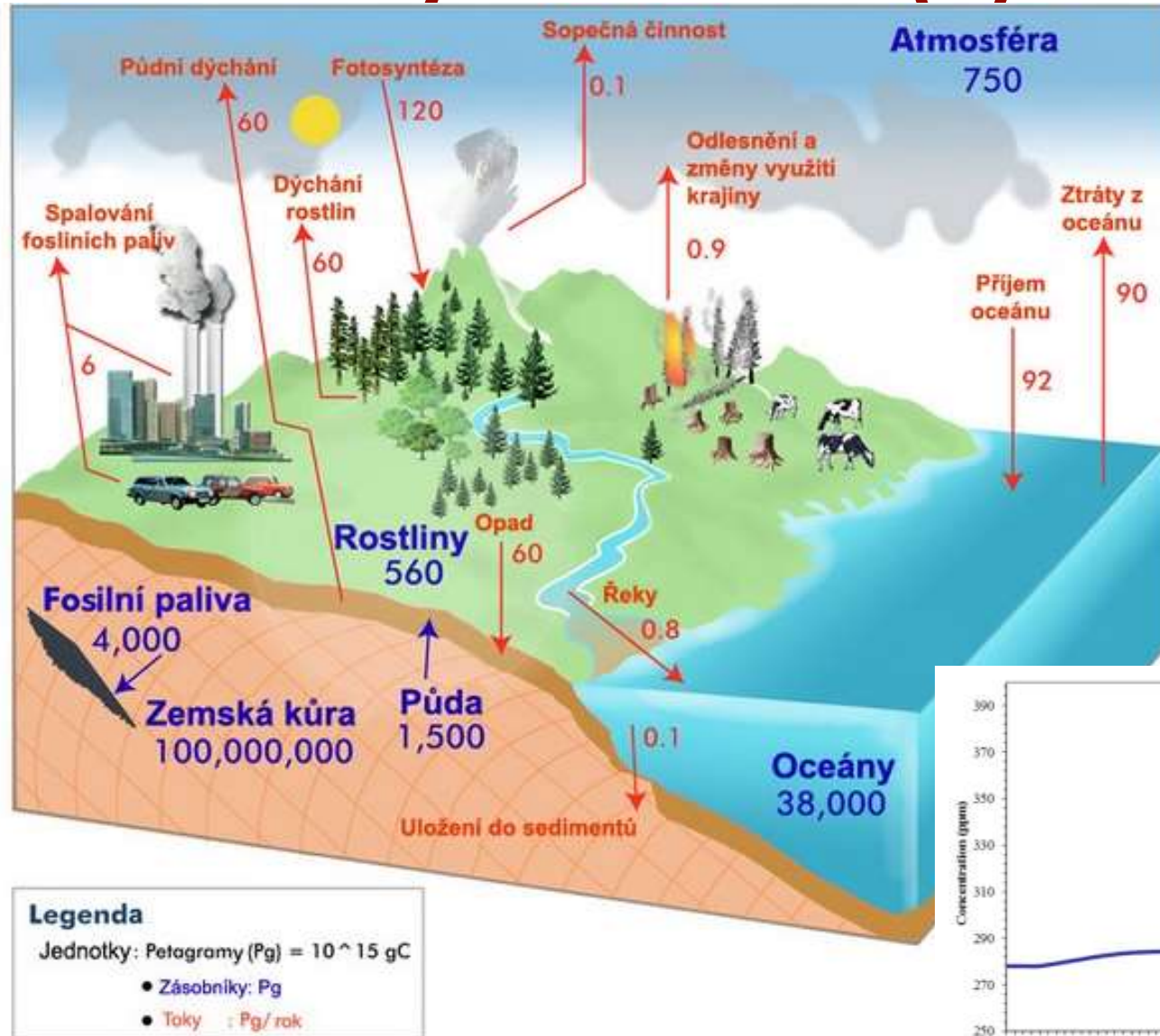
Prvek %	O 49,0	Si 33,0	Al 6,7	Fe 3,2	Ca 2,0	Na 1,1	Mg 0,8
Prvek %	K 1,8	Ti 0,5	P 0,08	Mn 0,08	S 0,04	C 1,4	N 0,2

(URE a BERROW, 1982)\_

- Hydroxidy, jíly
- Oxidy, hydroxidy, organické látky, půdní vzduch
  - Křemen, silikáty, jílové minerály



# Globální cyklus uhlíku (C)

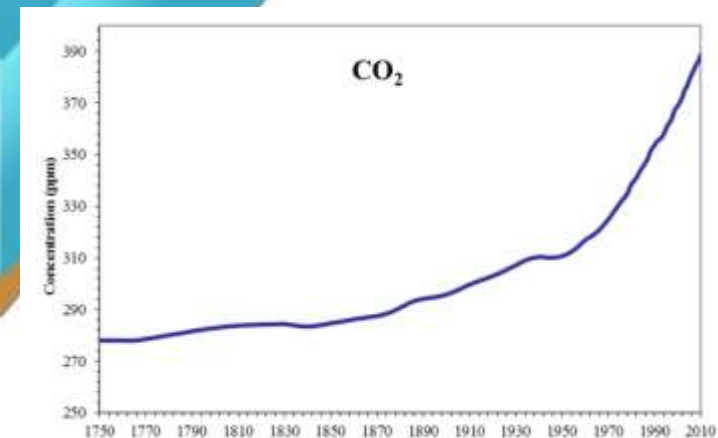


© 2007. GLOBE Carbon Cycle

Nárůst CO<sub>2</sub> v atmosféře za industriální období o 40% od 1750 z 280 na 390 ppm

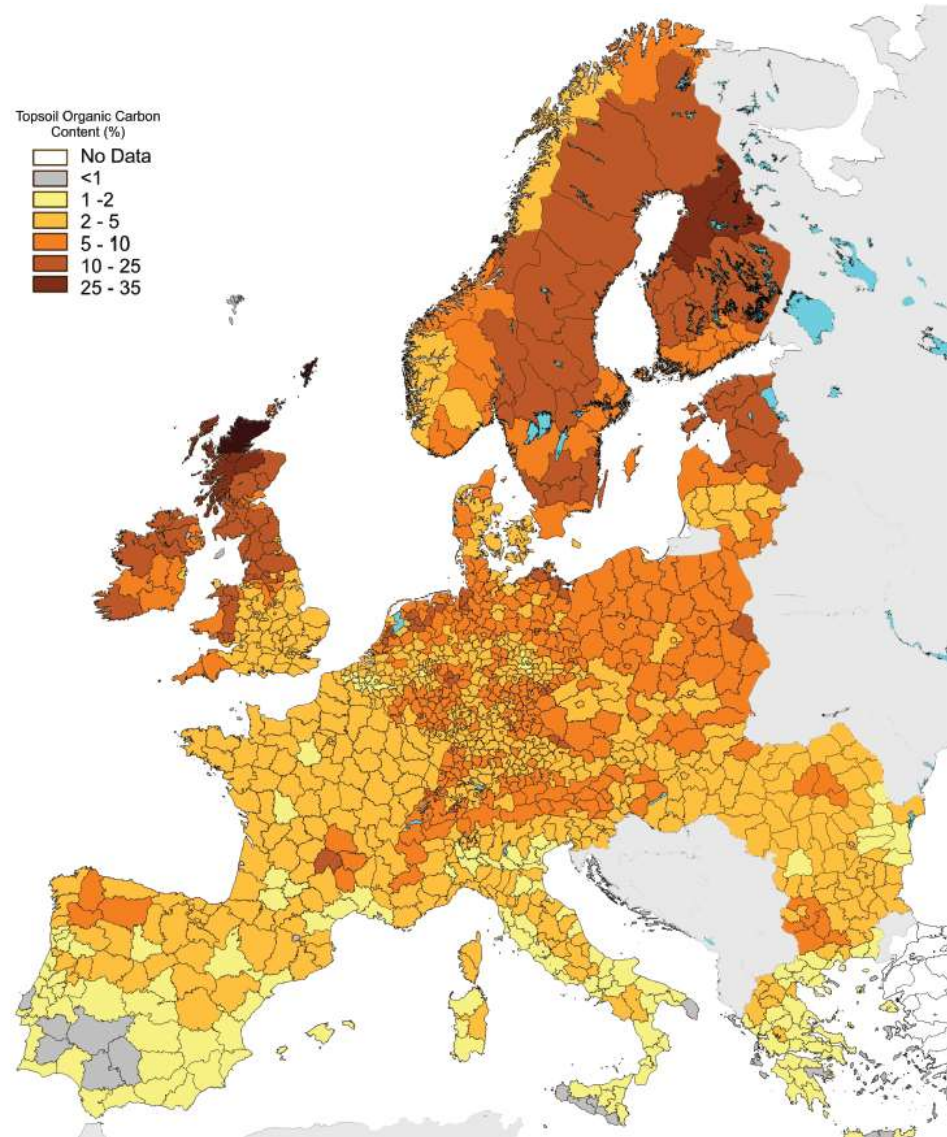
(o 30% od 1950) z 300 na 390 ppm

podíl na globálním oteplení – nejčastější skleníkový plyn



# Ztráta humusu

- ✓ nerovnováha mezi tvorbou organické hmoty a rychlostí jejího rozkladu
- ✓ negativně ovlivňuje strukturu půdy a schopnost
- ✓ kontaminanty jsou mobilnější



# Vázání (sekvestrace) uhlíku v půdě a rostlinách



vegetační pásy, meze



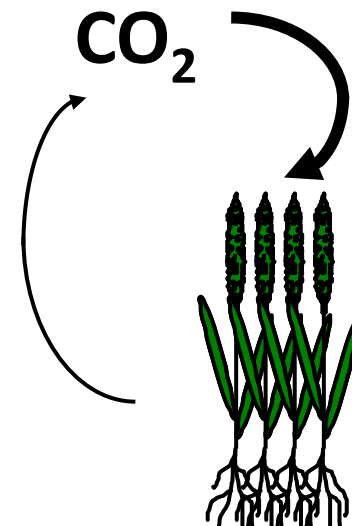
bezorebné technologie



mulčování, navrácení C z rostlin do půdy



rotace plodin



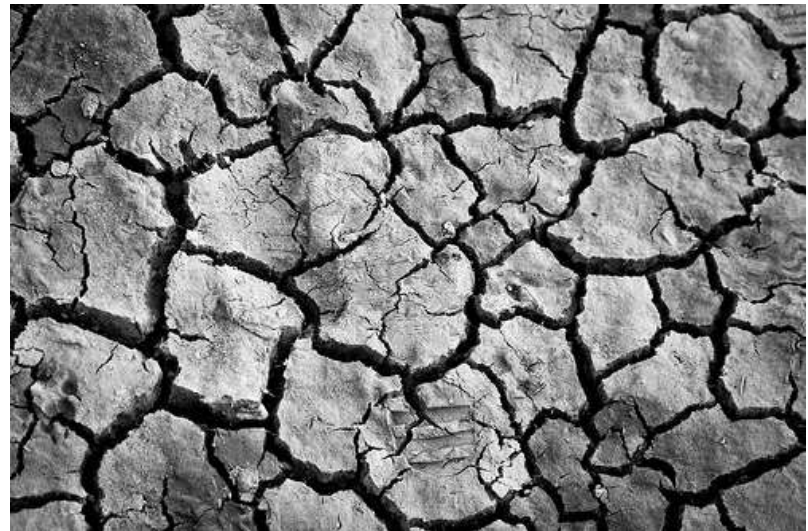
vazba organické hmoty v půdě z rostlin

vázání uhlíku do dřevní hmoty – výsadba stromů

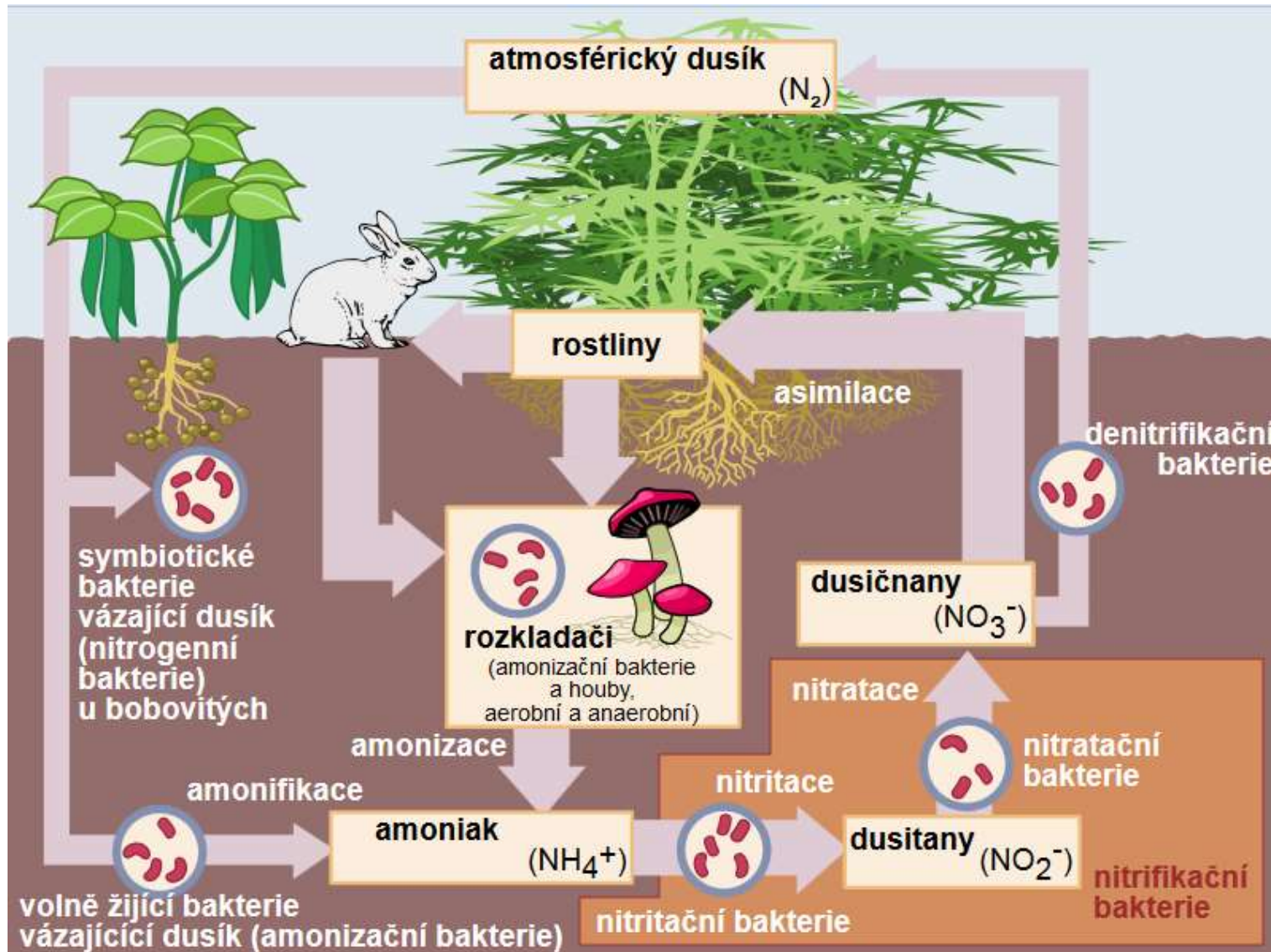


# Půdní struktura

- primární prostorové uspořádání půdy do shluků se nazývá **agregáty** nebo **pedony**
- spojující činitelé jsou **kořeny rostlin** (jejich výměšky), **organická hmota** a **jílové částice**,
- nejdůležitějším faktorem dobré půdní struktury je **organická hmota** – základem je **uhlík (C)**

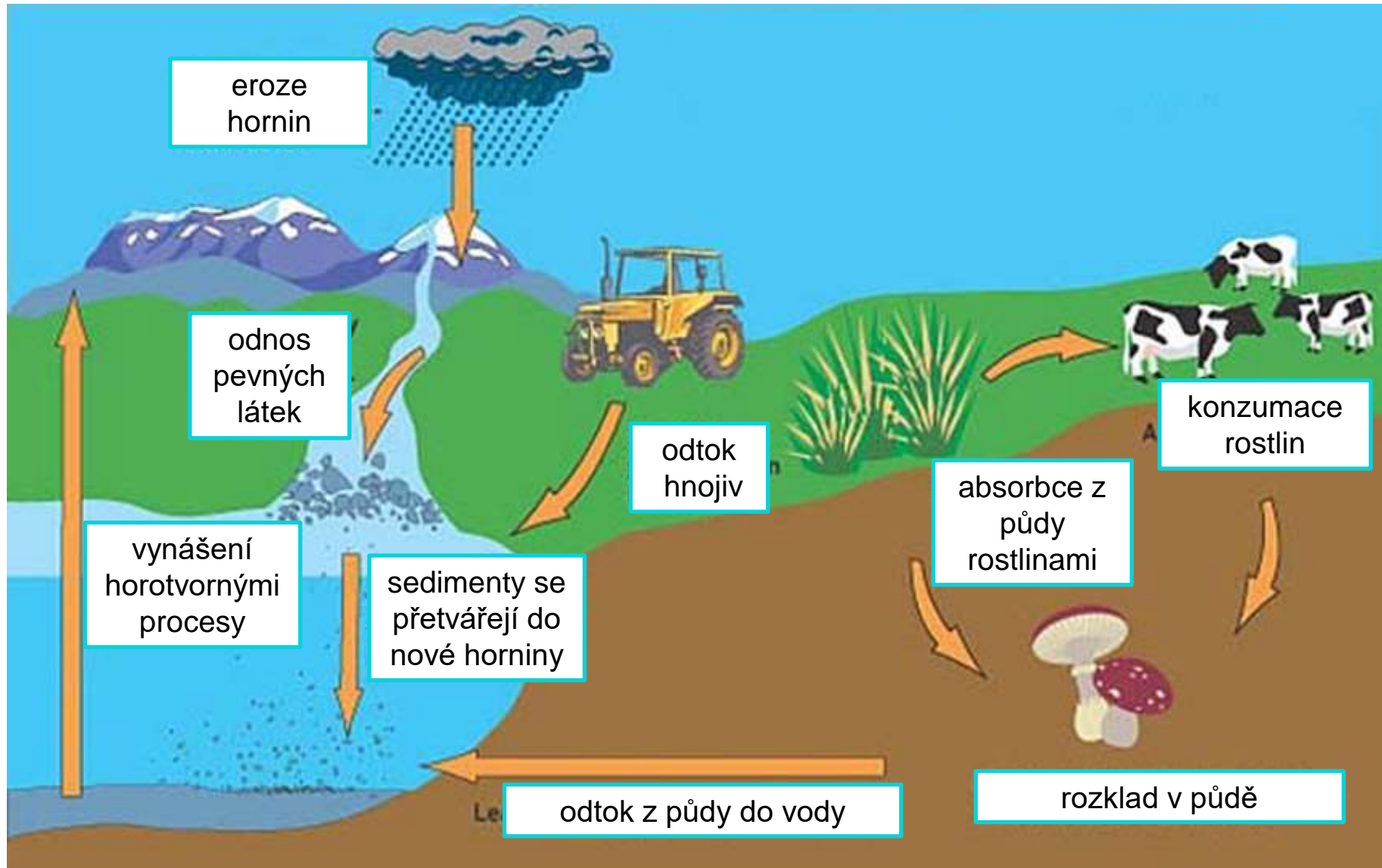


# Cyklus dusíku (N) v půdě

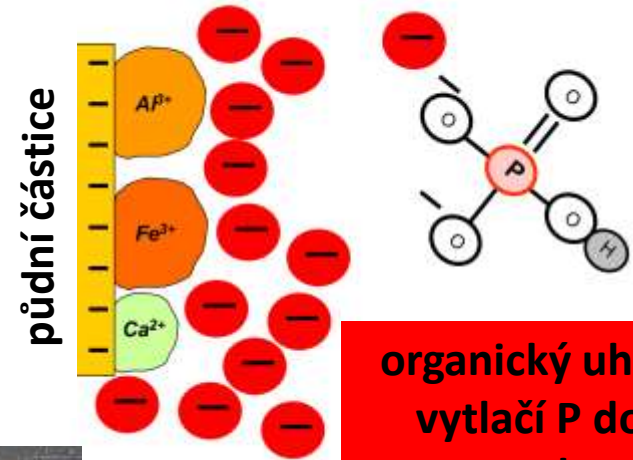
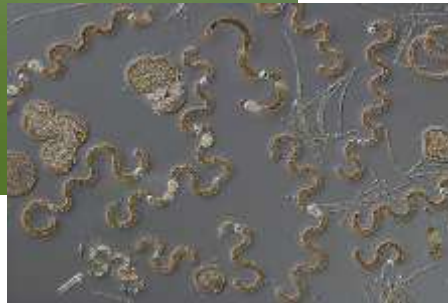




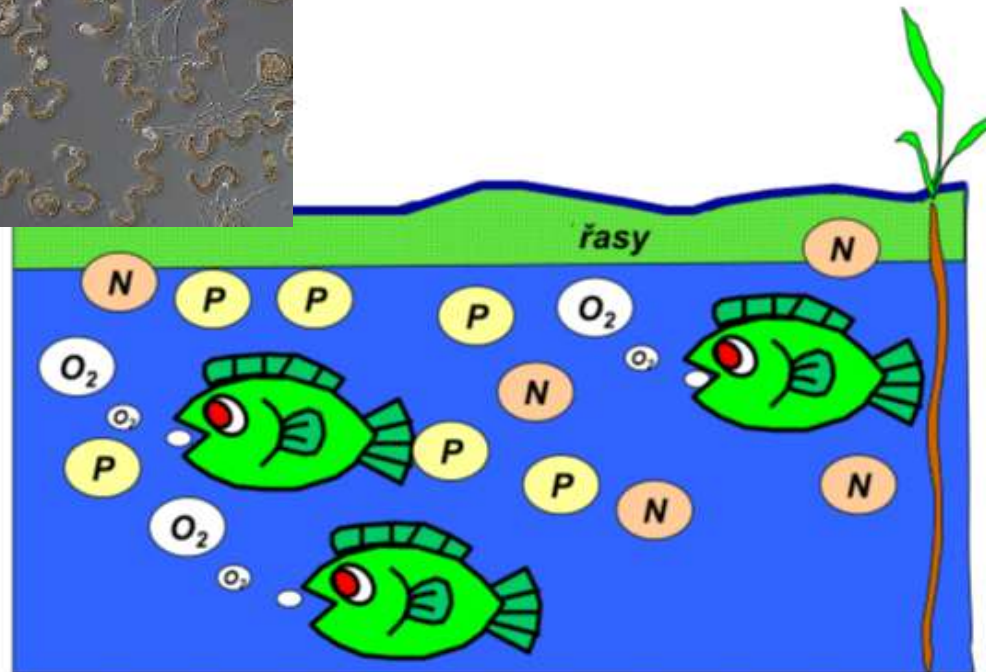
# Cyklus fosforu (P) v prostředí



# Fosfor v prostředí – eutrofizace vod



fosfor a dusík jsou  
hnojiva – nedostatek  
fosforu je limitujícím  
prvkem růstu rostlin a  
řas, dusík je  
všudypřítomný



# Aplikace věd o půdě



# Zlepšování kvality půdy (vyšší obsah C)

**Příklad:** obohacování půdy biouhlem (anglicky *biochar*)

- ✓ znovuobjevená metoda amazonských indiánů (používaná mezi 450 př. n. l. až 950 n.l.)
- ✓ omezuje vyplavování dusíku, snižuje emise NO<sub>x</sub> z půdy
- ✓ zlepšuje úrodnost, zlepšuje strukturu a retenční schopnost půdy
- ✓ zlepšuje podmínky pro mikroorganismy



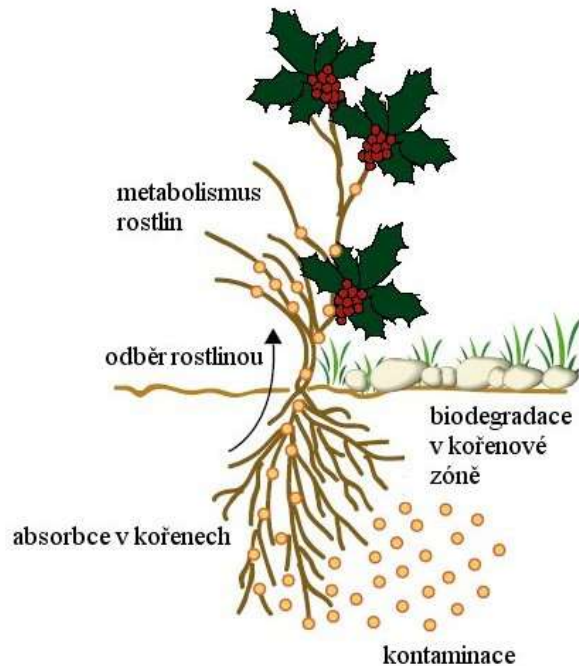
terra preta

zdroj: Int. Biochar Initiative

# Sanační opatření pro odstranění znečištění půdy

metody ex-situ a in-situ

příklady:



**fyto remediacce**



**řízené průmyslové kompostování**



**landfarming**

# Zelená infrastruktura

- ✓ půda se stává součástí staveb
- ✓ funkce tepelně-izolační, akumulace vody, zmenšení odtoku, odběr tepla výparem
- ✓ návrh lze optimalizovat přístupy půdní fyziky



Earth House Estate, Switzerland



výstavba zel. střechy UCEEDB, ČVUT



výstavba zel. střechy UCEEDB, ČVUT

# Modrozelená infrastruktura

**Zelené střechy**



**Vsakování vody přes půdní vrstvu**



# Zelené střechy





# Literatura

- Doporučené odkazy pro hlubší studium

Kutílek, M., Kuráž, V., Císlerová, M. Hydropedologie 10, skriptum ČVUT 200

Hillel, D. Soil in the environment, Crucible of terrestrial life, 2008

Němeček, J. a kol., Taxonomický klasifikační systém půd České republiky, 2001

Tomášek, M; Atlas půd České Republiky, Český geologický ústav, 1995

Česká geologická služba, Půdní mapy 1:50000

Soil atlas of Europe

[http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/projects/soil\\_atlas/download.cfm](http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/projects/soil_atlas/download.cfm)



Děkuji za pozornost,  
dotazy?...



Michal Sněhota

