

Úvod do geologie

HYDROGEOLOGIE



LITERATURA:

Schwartz, F. W. – Zhang, H. (2003): Fundamentals of ground water. John Wiley and Sons, Inc.

Šráček, O. – Kuchovský, T. (2003): Základy hydrogeologie . Skripta PŘF MU v Brně.

Domenico, P. A. – Schwartz, F. W. (2000): Physical and Chemical Hydrogeology. John Wiley and Sons, Inc.

Fetter, C.W. (1994): Applied Hydrogeology, 3rd Edition, Prentice Hall, New York.

Freeze, R. A. – Cherry, J. A. (1979): Groundwater. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

Šilar, J. – Pačes, T. – Dovolil, M. – Sarga, K. (1983): Všeobecná hydrogeologie, SPN Praha.

Šilar, J. (1996): Hydrologie v životním prostředí, učební texty projektu PHARE, UJEP Ústí nad Labem.

POZICE HYDROGEOLOGIE

MEZI OSTATNÍMI VĚDAMI

interdisciplinární věda

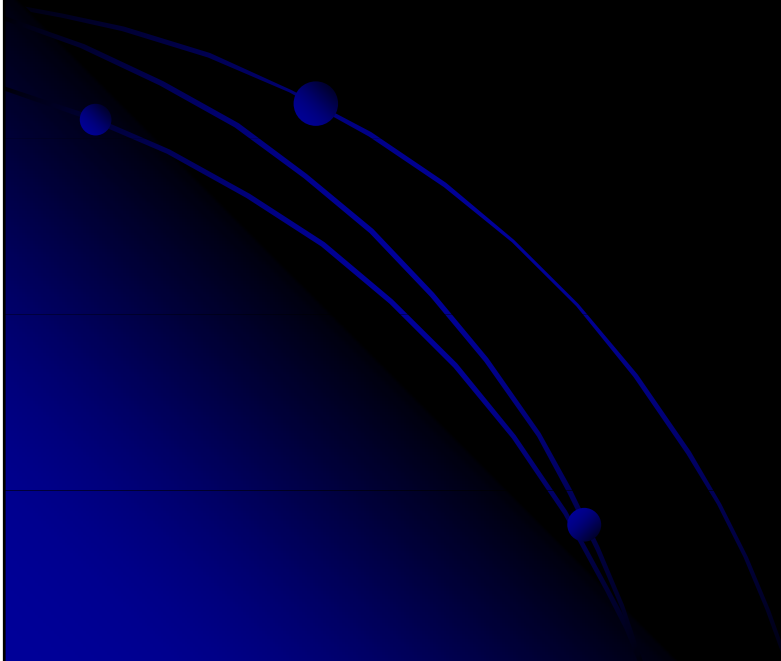
geologie

hydrologie

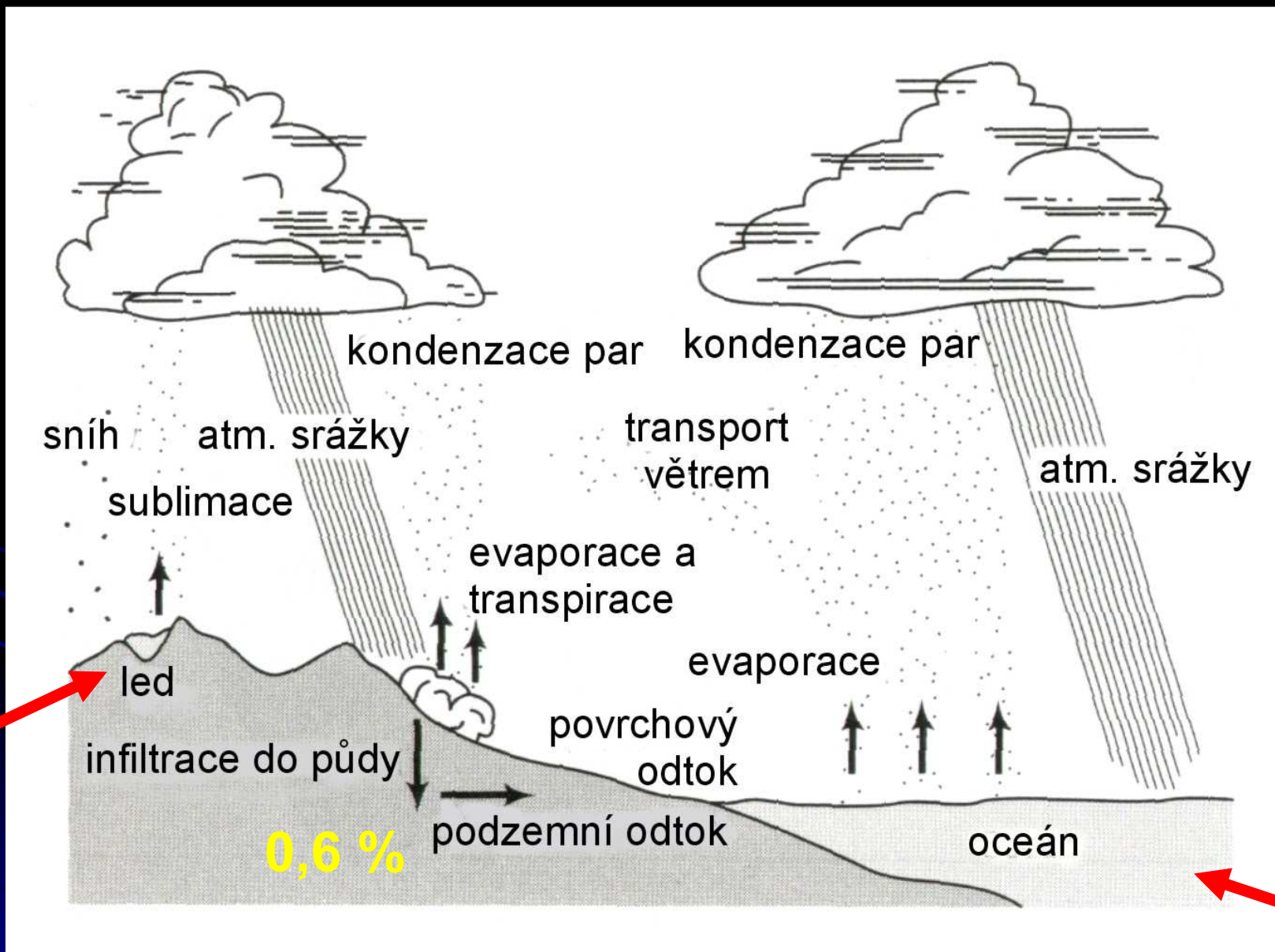
matematika

chemie

fyzika



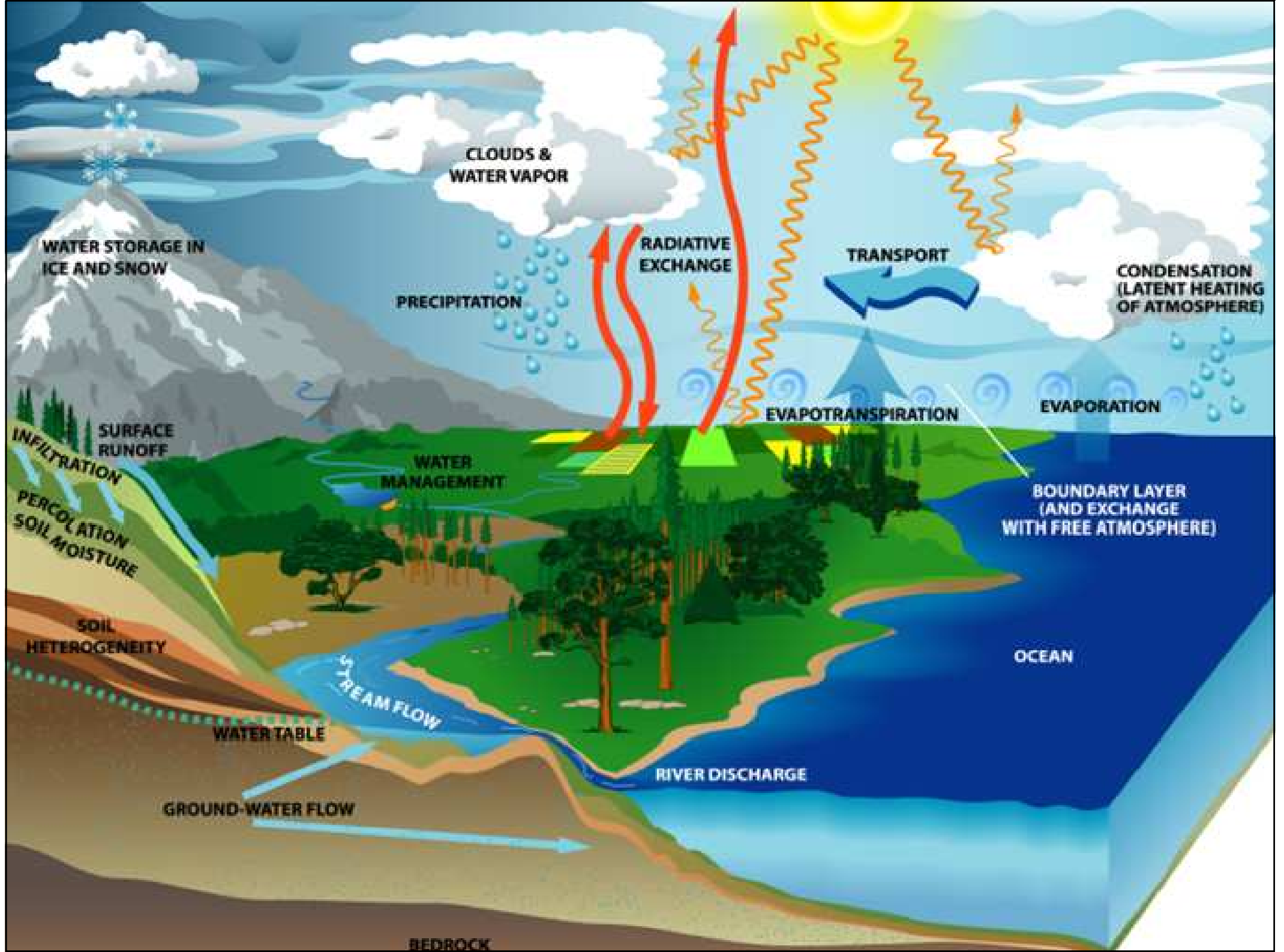
Podzemní voda a hydrologický cyklus



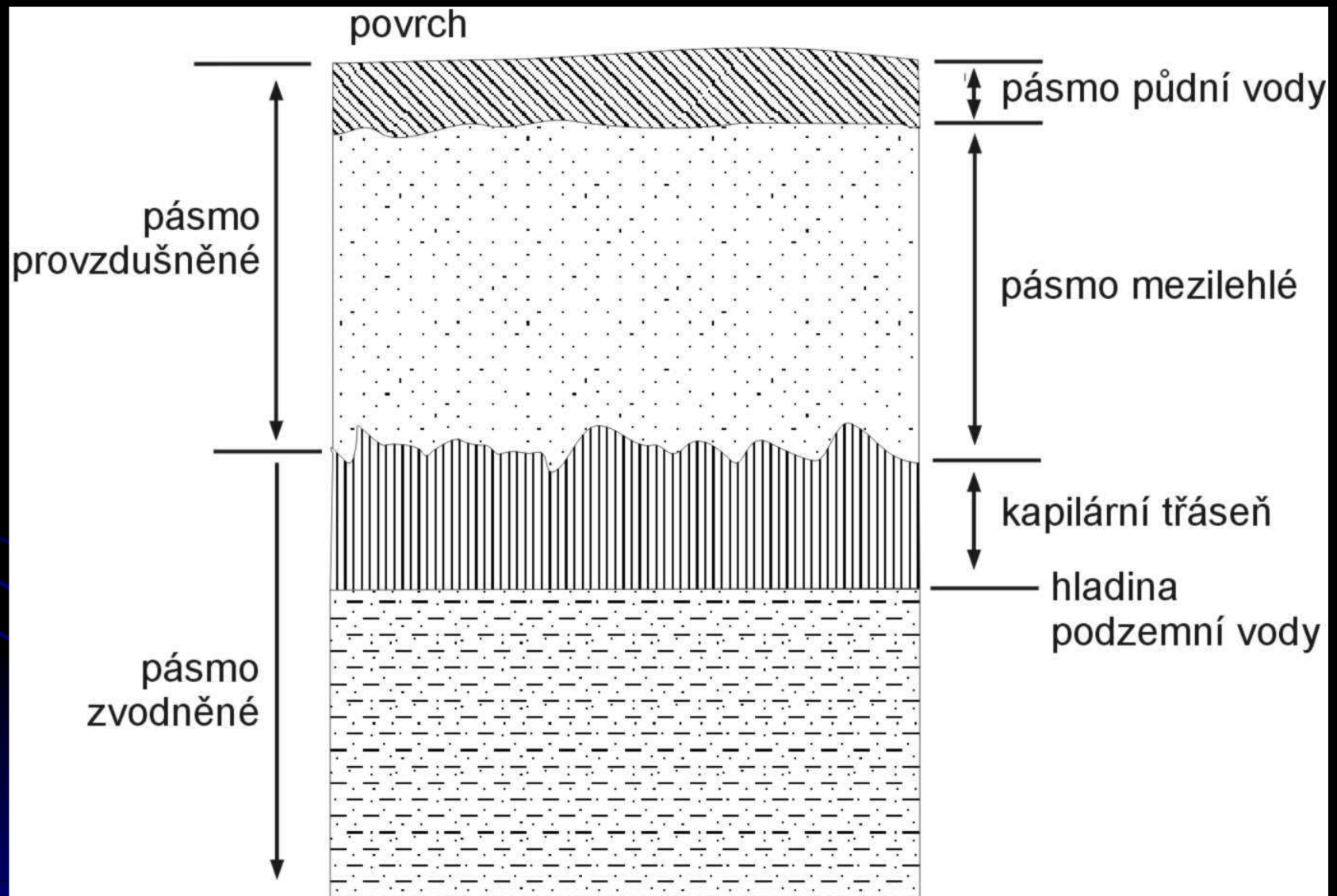
1,8 %

0,6 %

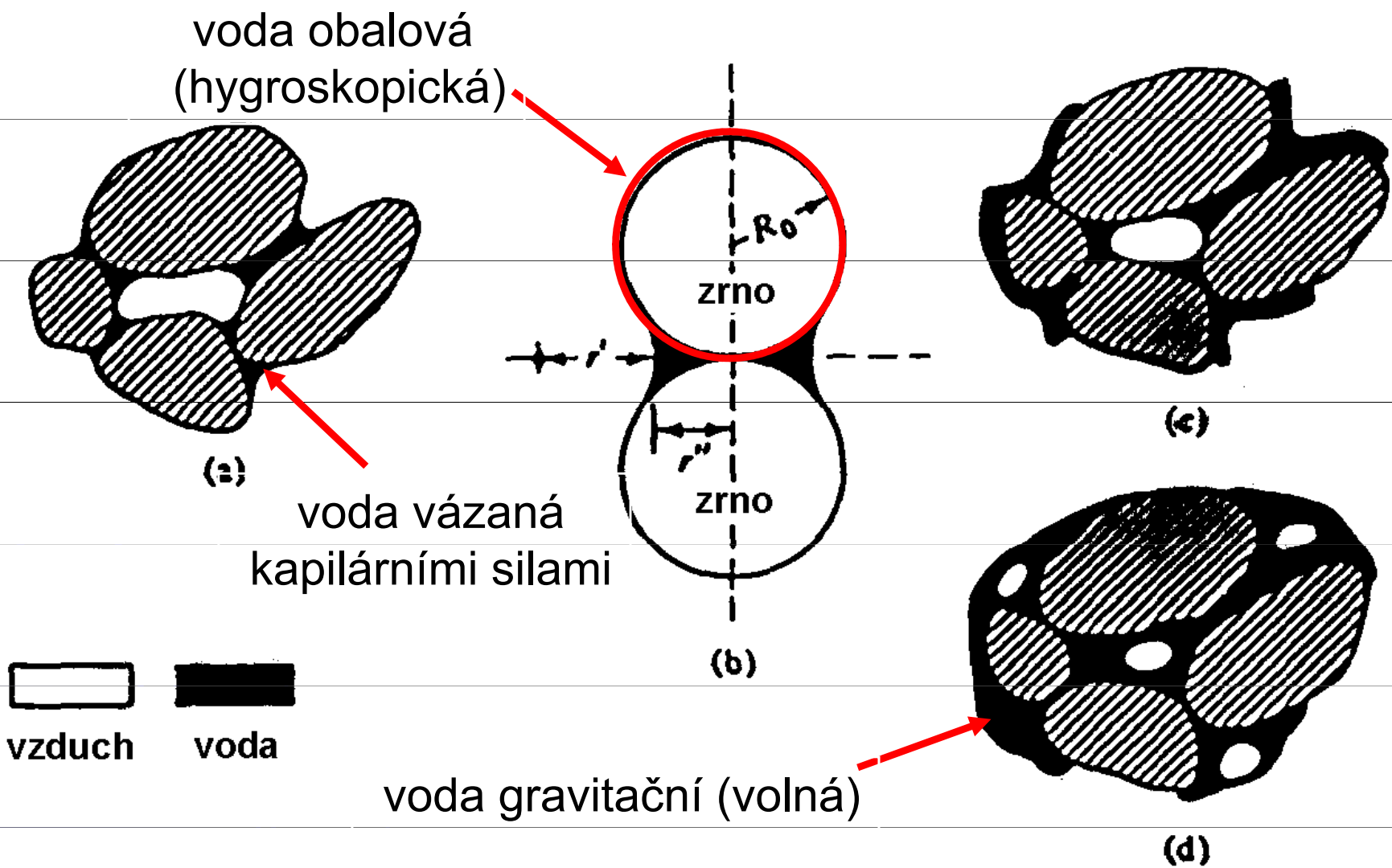
97,6 %



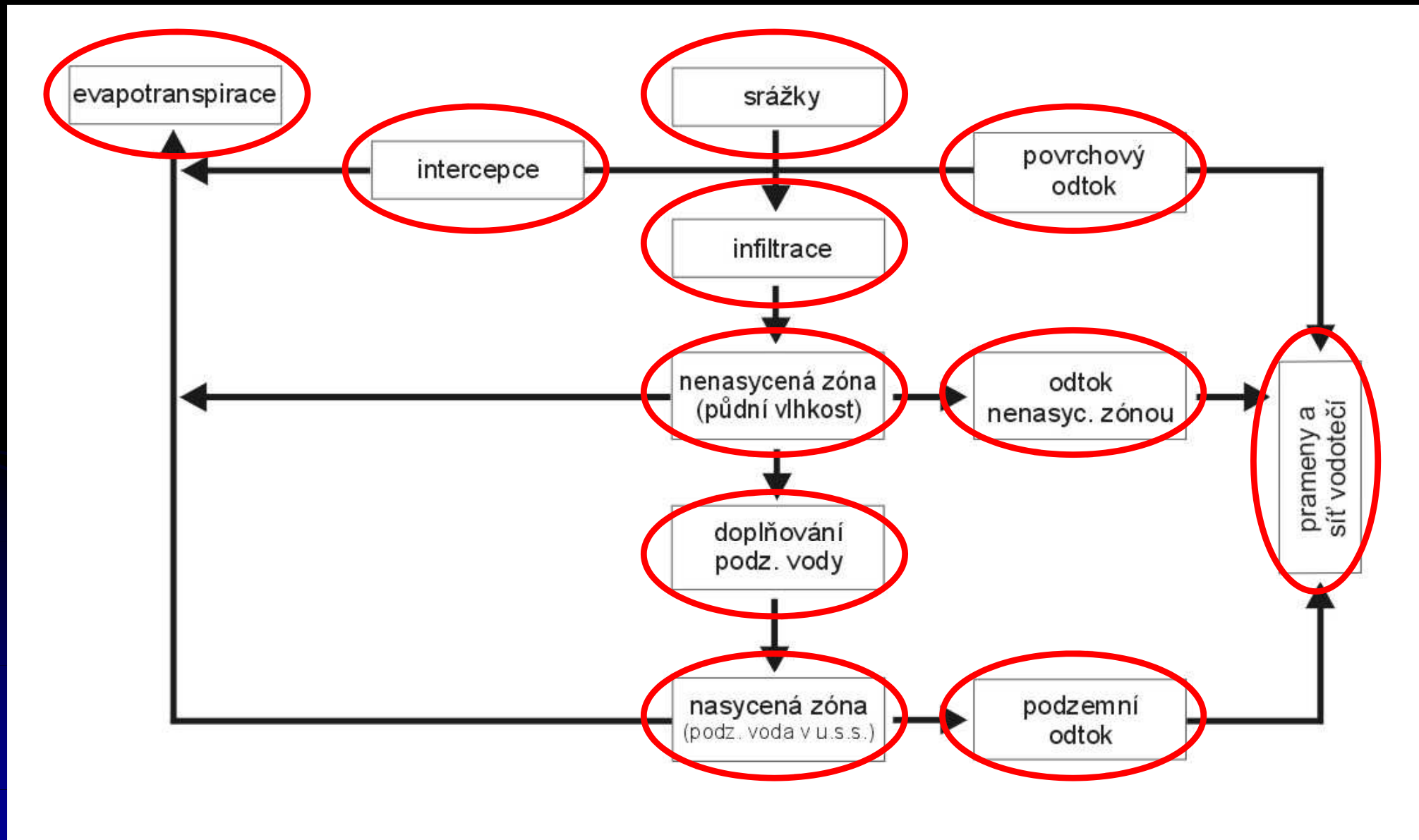
zóny výskytu podzemní vody



FORMY VÝSKYTU VODY V KAPALNÉM SKUPENSTVÍ V HORNINOVÉM PROSTŘEDÍ



Složky oběhu vody v rámci jednoho povodí



HYDROLOGICKÁ BILANCE

1. v rámci jednoho povodí

VSTUPY (+)

- atm. srážky (P)
- ± zavlažování
- ± potrubí

infiltrace (I)

VÝSTUPY (-)

- povrchový odtok (PO)
- podzemní (bazální) odtok (D)
- hypodermický odtok (HO)
- evaporace + transpirace (ET)

2. v rámci více povodí

musíme navíc uvažovat i přítok vody (podzemní a povrchový) z jiných povodí

další VSTUPY (+)

- povrchový přítok (PP)
- podzemní přítok (DP)

ZÁKLADNÍ PRINCIPY PROUDĚNÍ PODZEMNÍ VODY

porozita (pórovitost) hornin

velikosti od rozměrů krystalů \longrightarrow obrovské kaverny

pórovitost (celková pórovitost)

$$n = \frac{V_V}{V_{celk}}$$

bezrozměrné číslo < 1 ,
často vyjádření v %

číslo pórovitosti

$$e = \frac{V_V}{V_{zrn}}$$

současně platí

$$V_{celk} = V_V + V_{zrn}$$

$$n = \frac{e}{e+1}$$

efektivní pórovitost

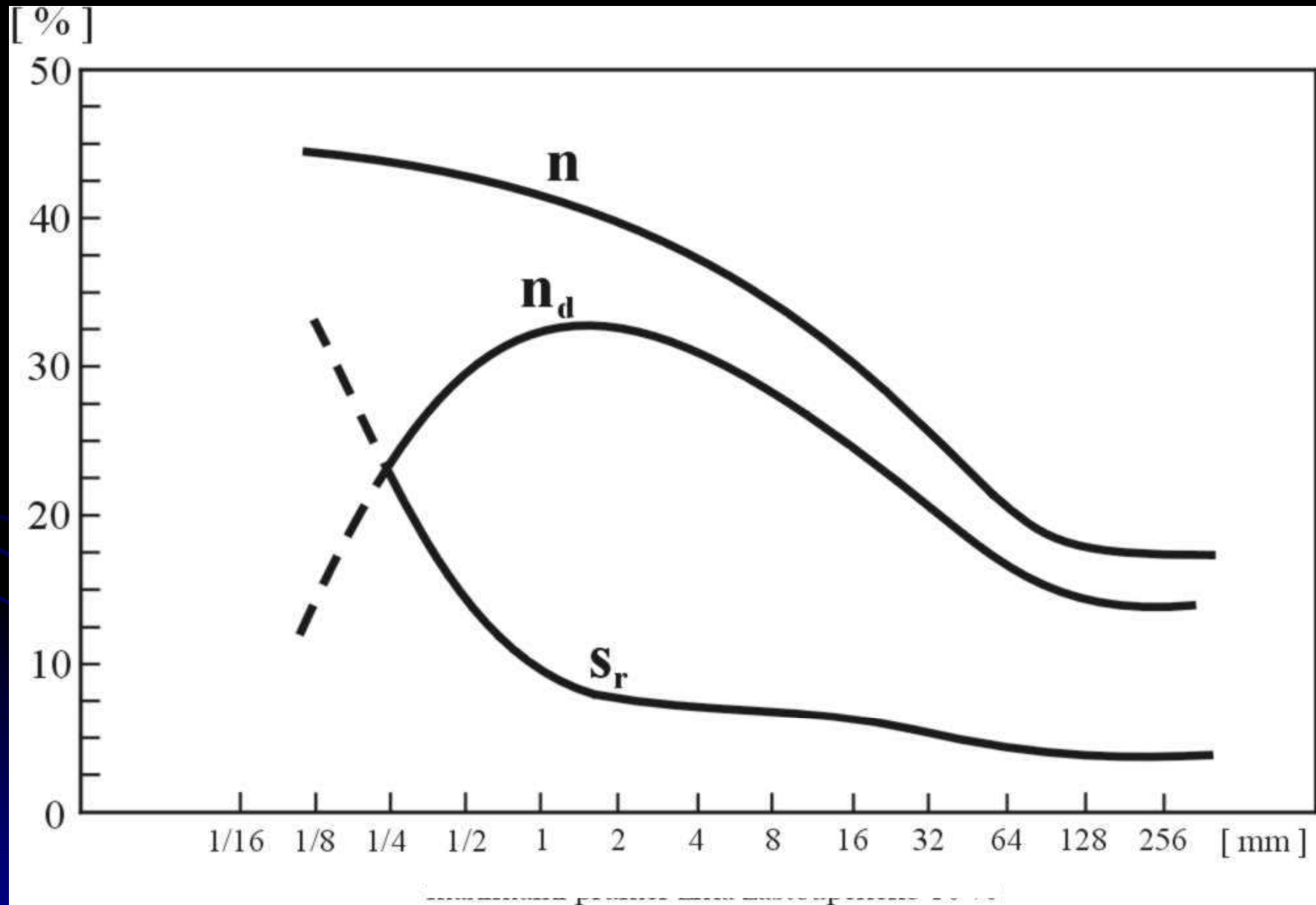
$$n_e = \frac{V_{cv}}{V_{celk}}$$

uvažuje zastoupení pórů, kterými může proudit voda gravitační silou

drenážní pórovitost a reziduální nasycení

$$n = n_D + S_r$$

$$n_D \cong n_e$$



jíly

písky

šterky

nezpevněné sedimentární horniny

celková pórovitost

šterky hrubozrnné	24 – 36 %
šterky jemnozrnné	25 – 38 %
písky hrubozrnné	31 – 46 %
písky jemnozrnné	26 – 53 %
hlíny prachovité	34 – 61 %
jíly	34 – 60 %

efektivní pórovitost

- hrubozrnné písky 20 – 35 %
- jíly 1 – 5 %

zpevněné sedimentární horniny

- diagenéze – změna struktury zrn sedimentů + vysrážení minerálů
- obecně nižší celková pórovitost než u nezpevněných ekvivalentů

pískovce	5 – 30 %
prachovce	21 – 41 %
vápence, dolomity	0 – 40 %
zkrasovělé vápence	0 – 40 %
jílovce	0 – 10 %

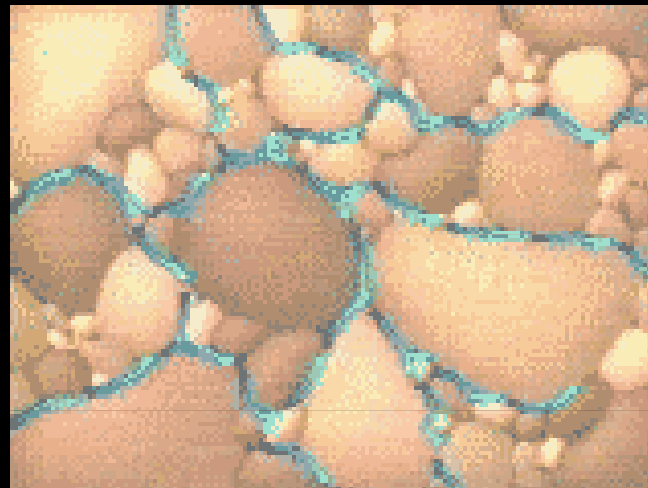
krystalinikum

- extrémně proměnlivé hodnoty
- exogenní procesy – vznik tzv. zóny přípovrchového rozvolnění a rozpukání

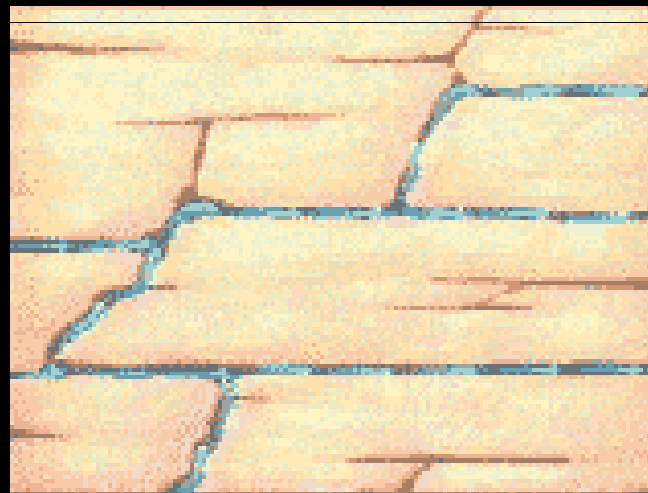
tektonicky porušené krystalinické horniny	5 – 30 %
tektonicky téměř neporušené krystalinické horniny	0 – 5 %
bazalty	3 – 35 %
zvětralé granity	34 – 57 %
zvětralé gabro	42 – 45 %

česká terminologie

- **průlinová porozita**
(pórovitost, propustnost)



- **puklinová porozita**
(pórovitost, propustnost)



- **krasová porozita**
(pórovitost, propustnost)



Proč se podzemní voda pohybuje ?

proudění probíhá z místa s vyšším potenciálem
do místa s nižším potenciálem

hydraulický potenciál

mírou potenciálu (energie) podzemní vody je její ***hydraulická výška***

určení hydraulické výšky

- piezometry – „bodové hodnoty“
- hydrogeologické vrty – „průměrné hodnoty“

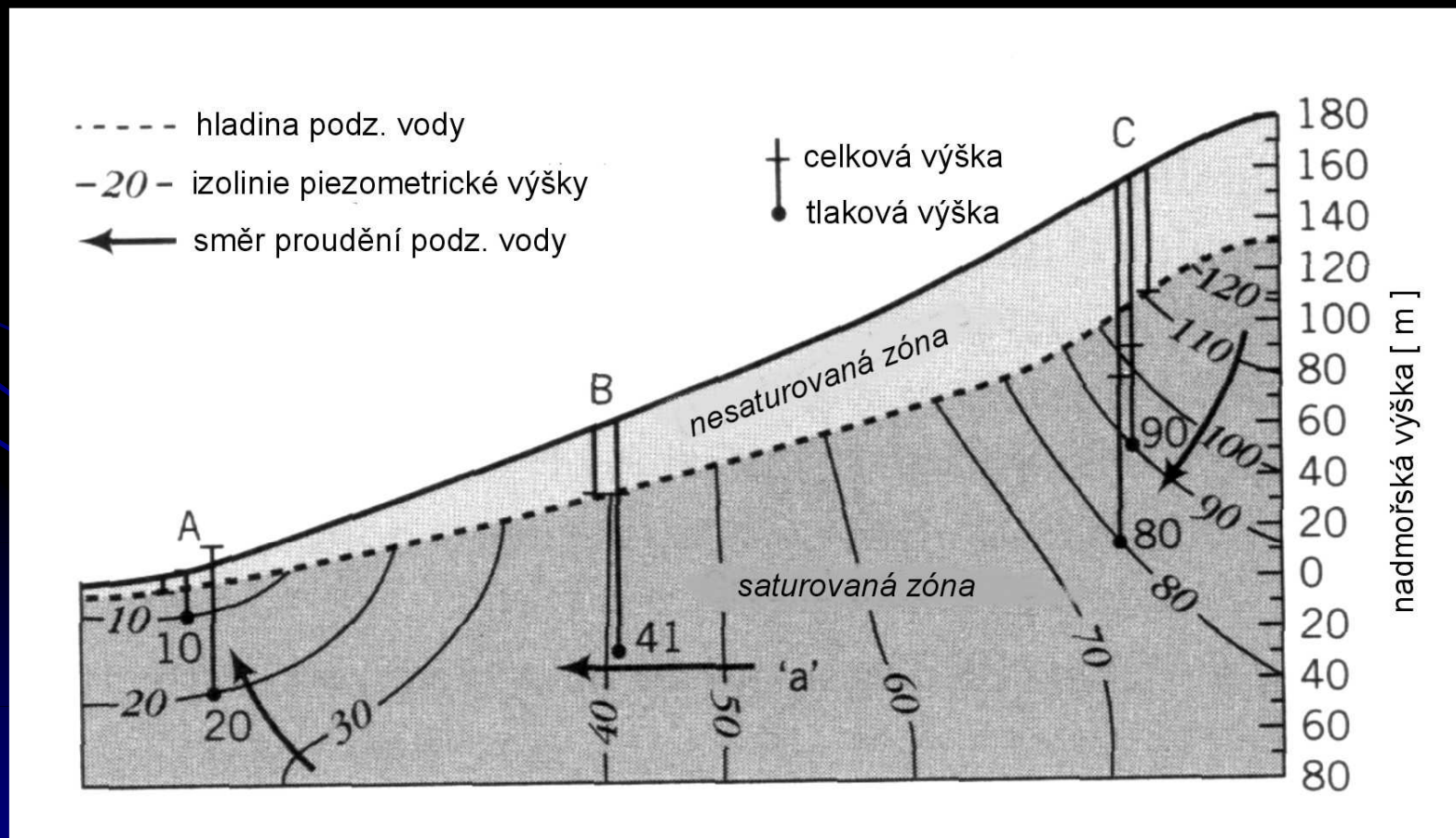
eqipotenciály (eqipotenciální linie)

- spojují místa se stejnou hodnotou hydraulické výšky
- směry proudění podzemní vody jsou na ně kolmé

hydroizohypsy (volná hladina)

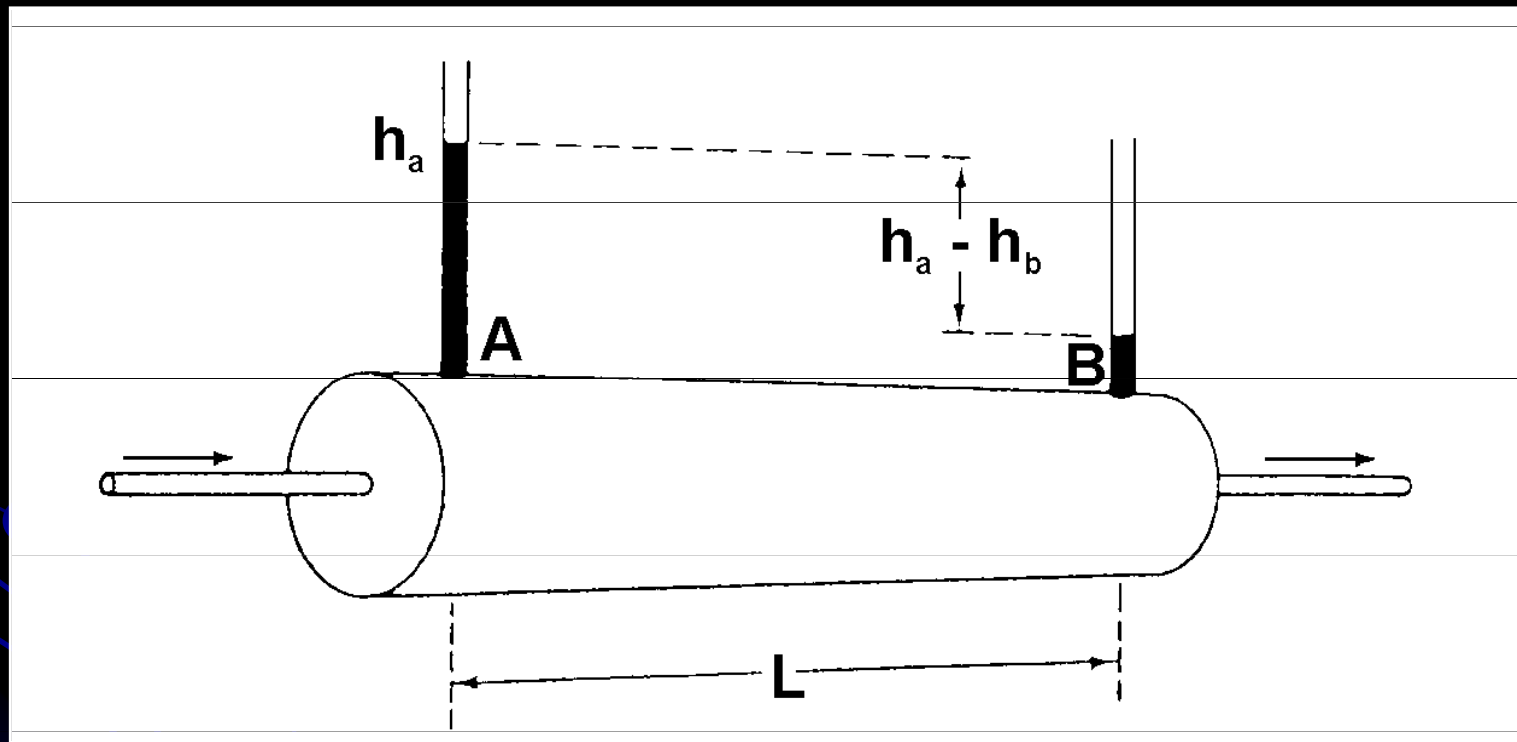
- průmět eqipotenciálních linií na povrch terénu

hydroizopiezy (napjatá hladina)



DARCYHO ZÁKON

$$Q \propto (h_A - h_B) \quad Q \propto 1/L \quad Q \propto k$$



$$Q = k \cdot A \cdot \frac{h_A - h_B}{L}$$



$$Q = -k \cdot A \cdot \frac{dh}{dl}$$

konstanta ***k*** – **hydraulická vodivost** (koeficient filtrace - k_f) – [m/s]

- charakterizuje vlastnost prostředí propouštět vodu
- je tedy vlastností prostředí i proudící kapaliny

$$k = - \frac{Q}{A \cdot (dh / dl)}$$

K – **koeficient propustnosti** (někdy k_p) – [m²]

- charakterizuje vlastnost prostředí propouštět jakoukoliv kapalinu a plyn
- je tedy vlastností prostředí
- v praxi používaná jednotka – Darcy – 1D = 9,87 x 10⁻⁹ cm²

$$k = K \cdot \frac{\rho \cdot g}{\mu}$$

kolektor

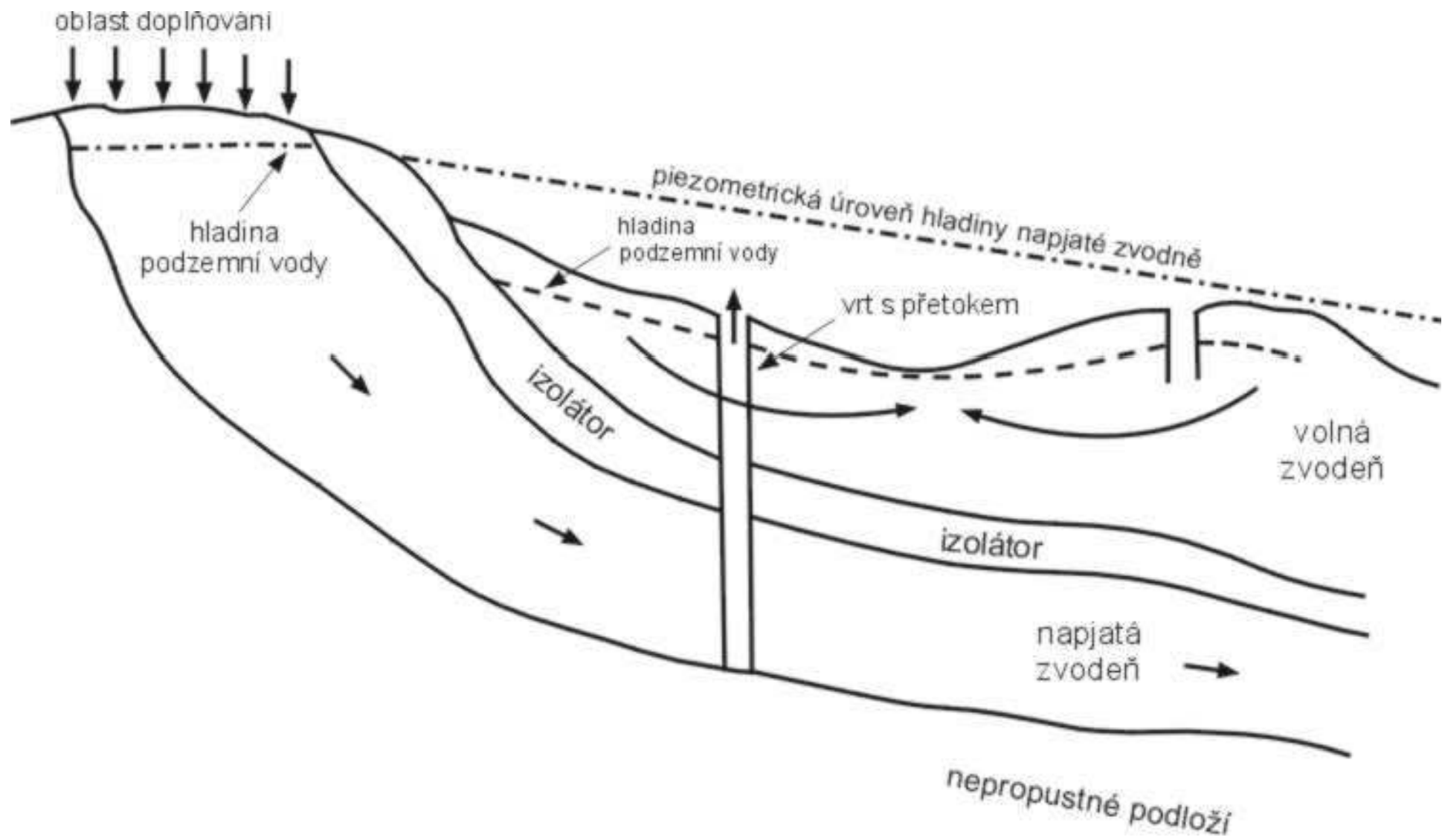
- hornina, která má ve srovnání s okolními horninami vyšší propustnost

izolátor

- hornina, která má ve srovnání s okolními horninami nižší propustnost
- stropní izolátor X bazální izolátor

poloizolátor

- hornina (izolátor), přes kterou může do kolektoru přetékat nezanedbatelné množství vody (= mezivrstevní přetékáání)



zvodeň

- těleso podzemní vody – hydraulicky spojitá akumulace podzemní vody

zvodněný systém

- jeden nebo více zvodněných kolektorů s přilehlými izolátory a poloizolátory

zvodeň napjatá

- shora omezená izolátorem
- má napjatou hladinu – tlak je vyšší než tlak atmosférický
- piezometrická hladina – hladina, na kterou by napjatá
● hladina vystoupila (výtlačná hladina = event. kladná nebo záporná)
- tzv. artéská podzemní voda, artéské systémy

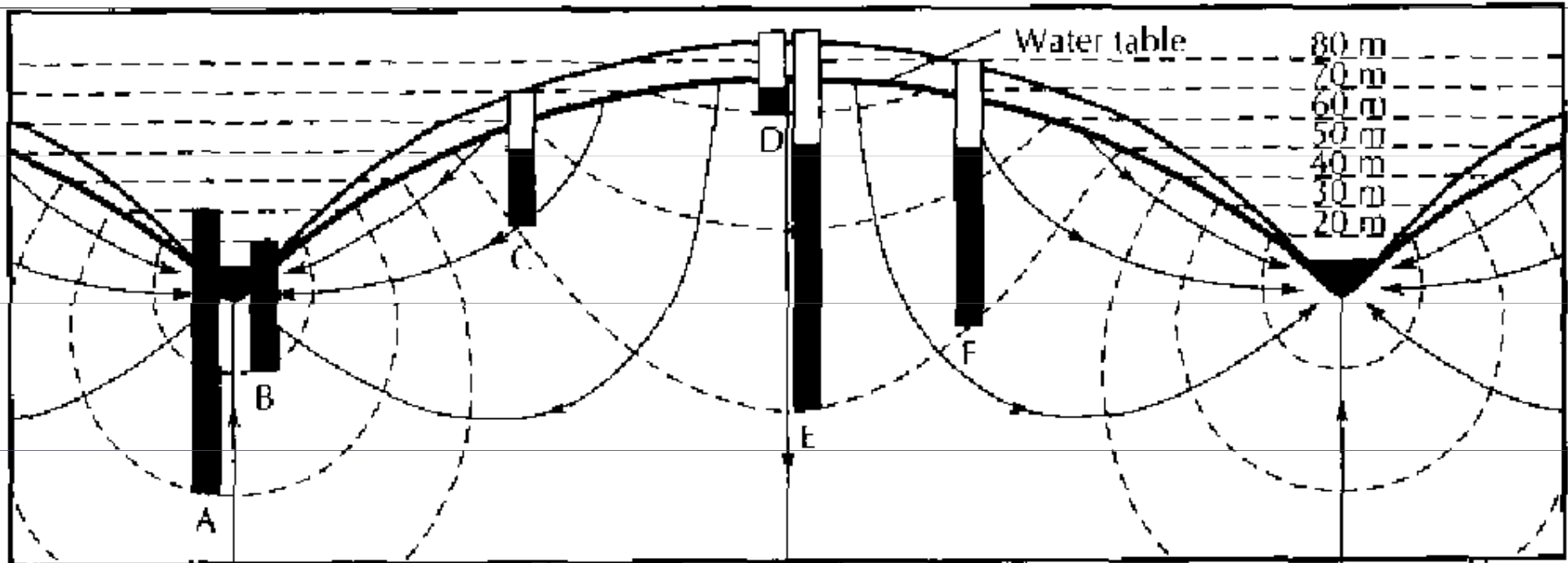
zvodeň volná

- shora není omezená
- má volnou hladinu – tlak je roven tlaku atmosférickému

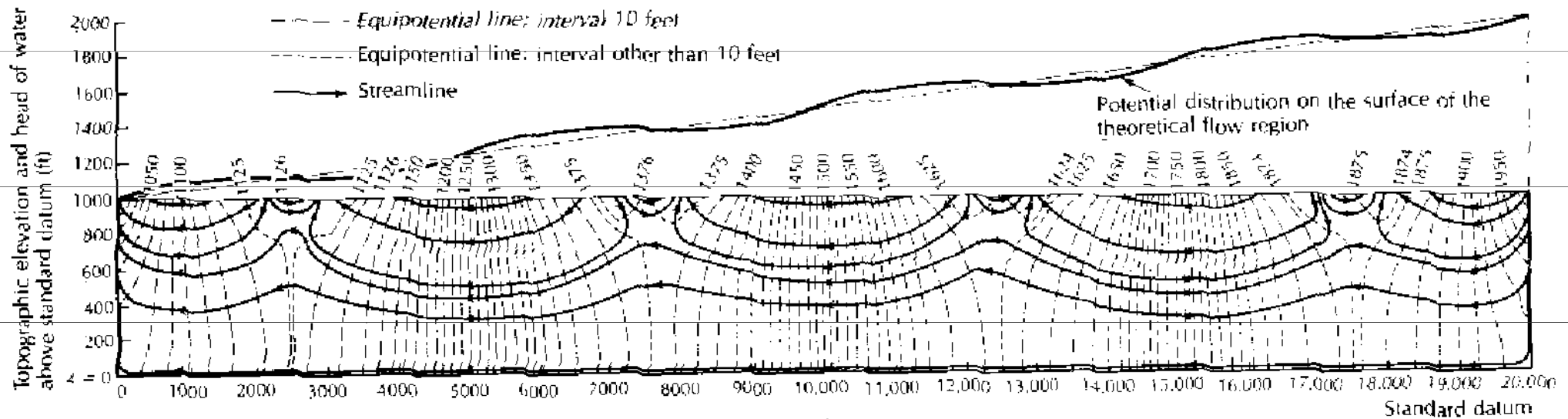
PROČ SE PODZEMNÍ VODA POHYBUJE V REGIONÁLNÍM MĚŘÍTKU ?

Hubbert (1940)

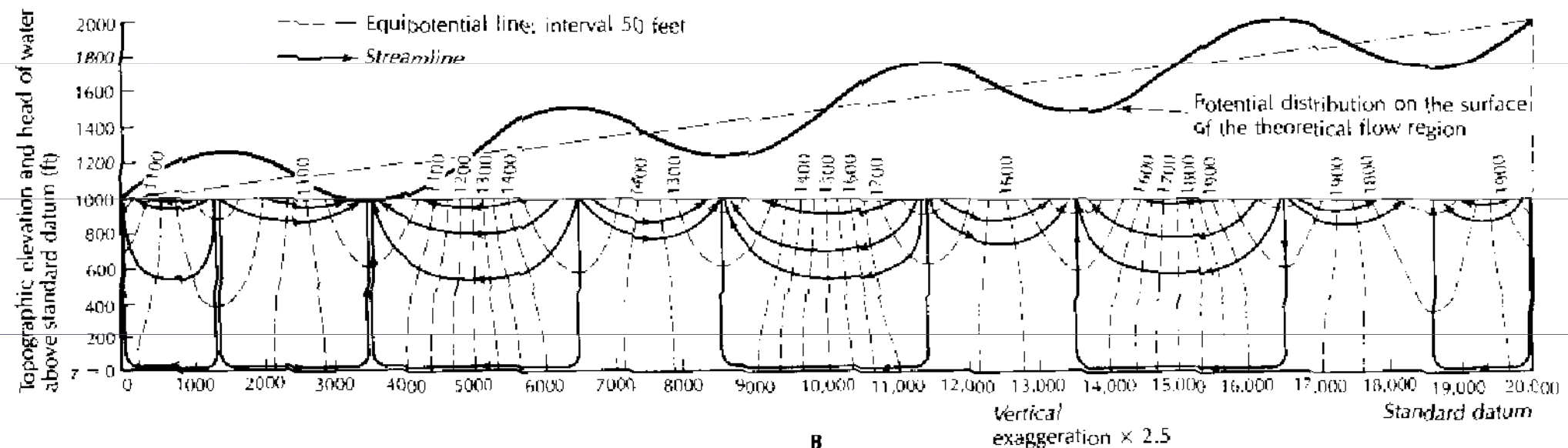
- formuloval topograficky řízené proudění podzemní vody
- hybná síla – hydraulický potenciál
- upřesnění starších prací – konstrukce proudnic a equipotenciál



Intenzita zvlňnění terénu v kombinaci s celkovou hloubkou systému určují, jaký typ proudění se v systému vytvoří

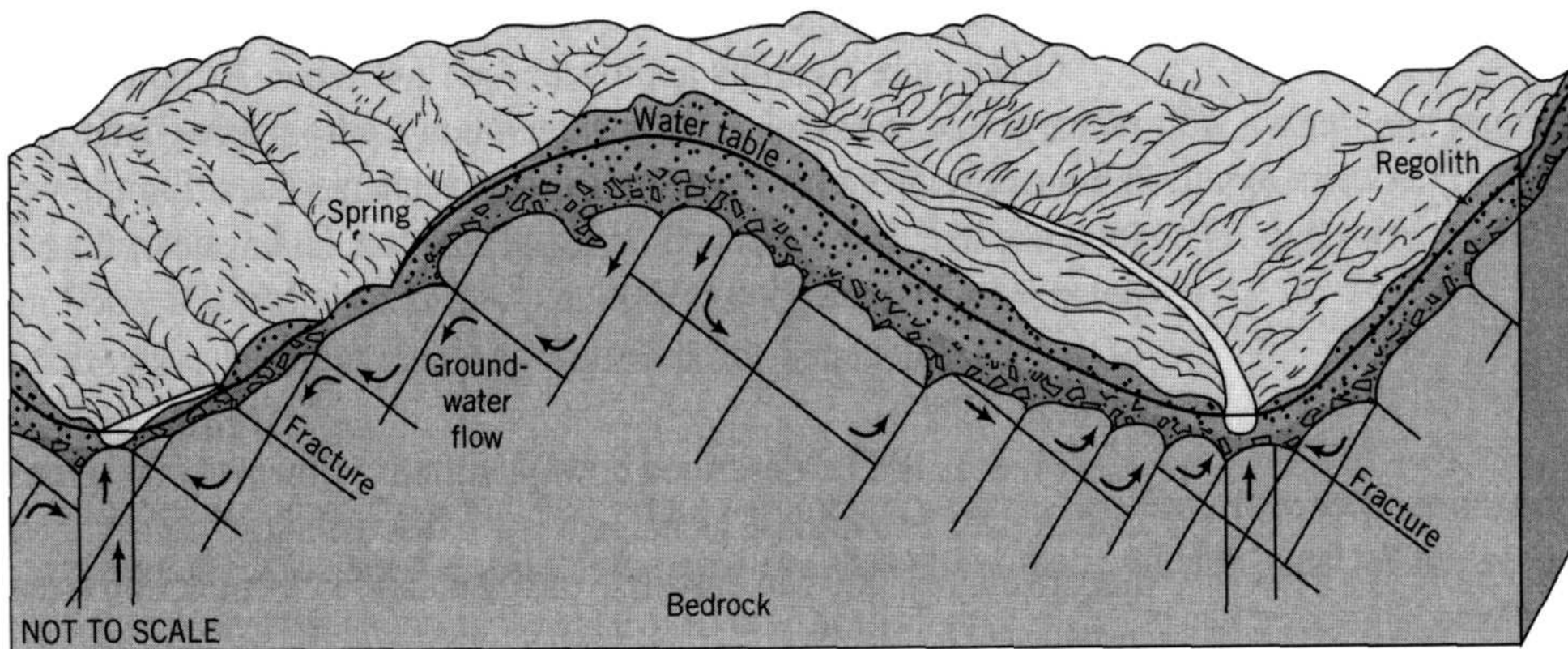


A

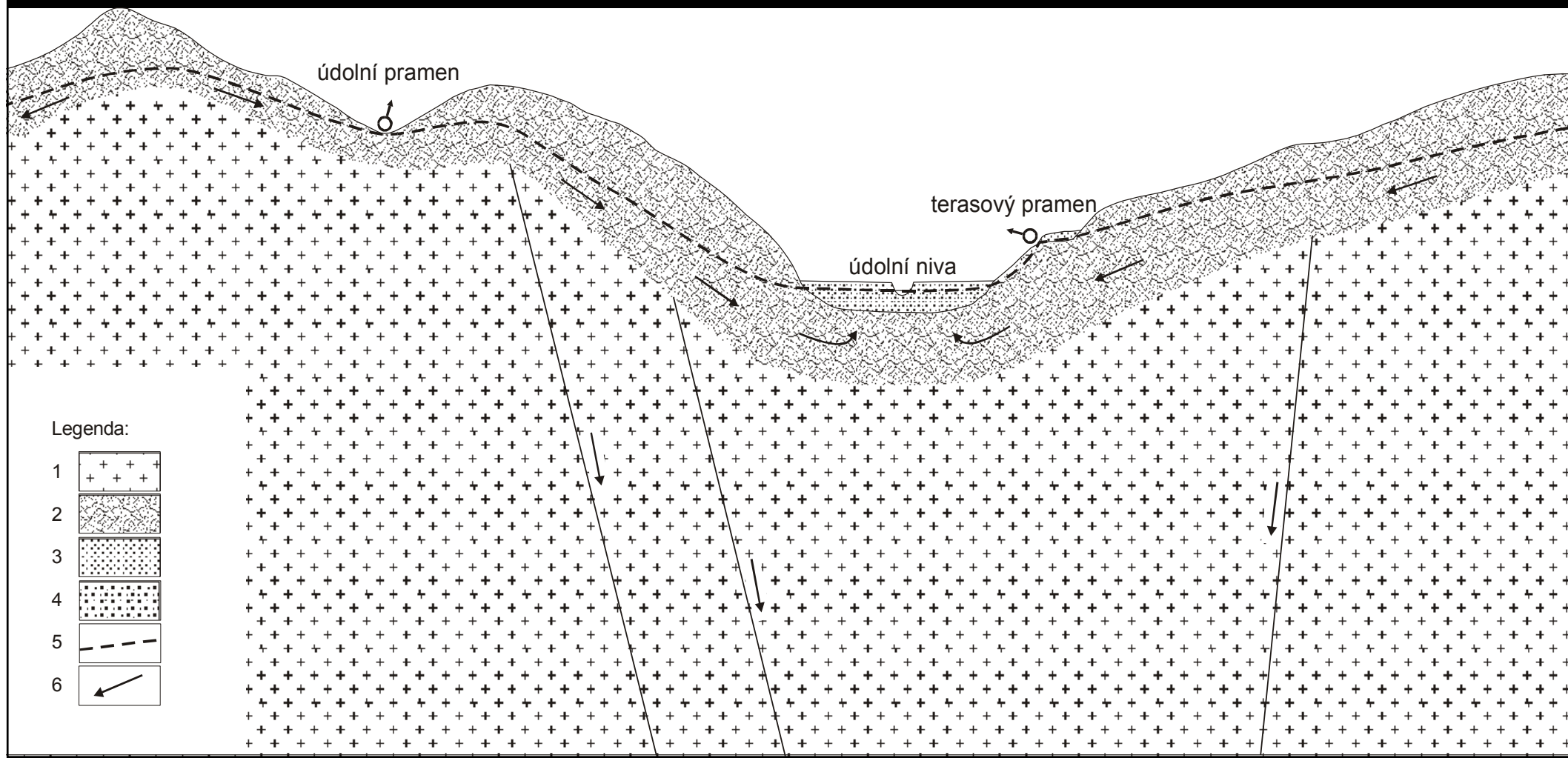


B

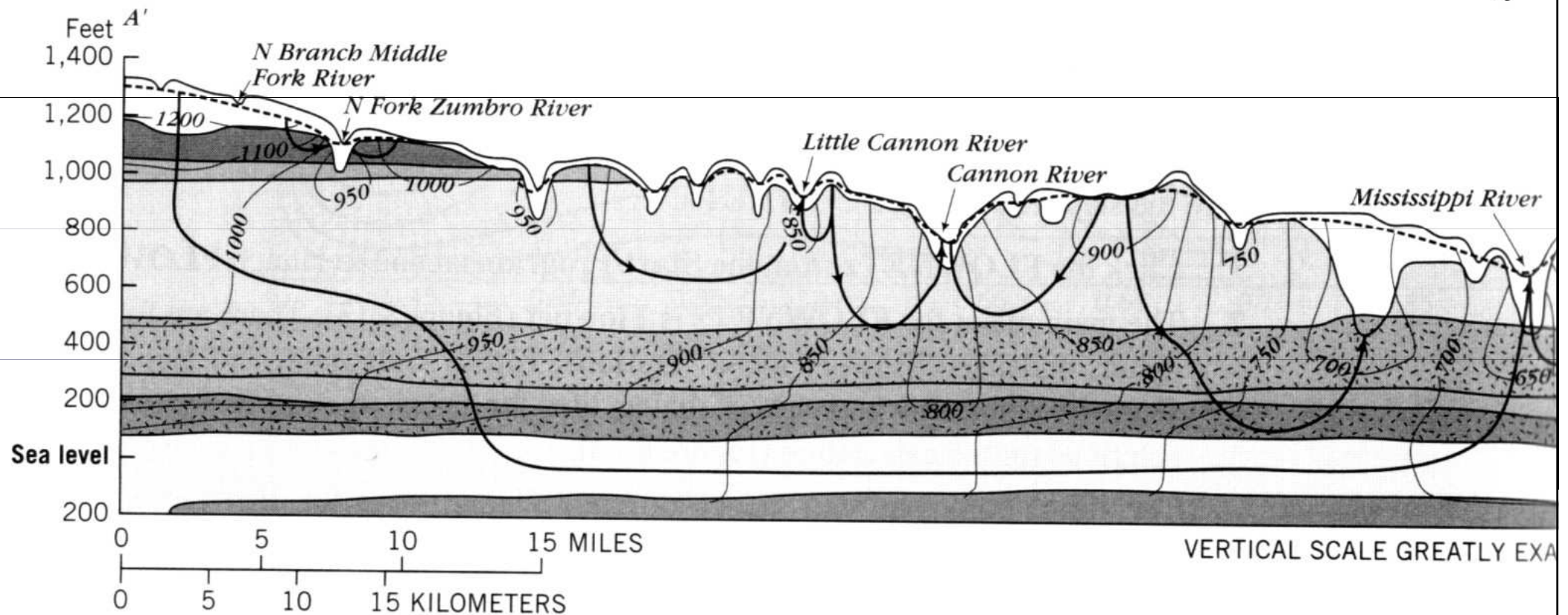
MODELOVÝ PŘÍKLAD MĚLKÉHO OBĚHU PODZEMNÍ VODY V OBLASTECH KRYSTALINIKA



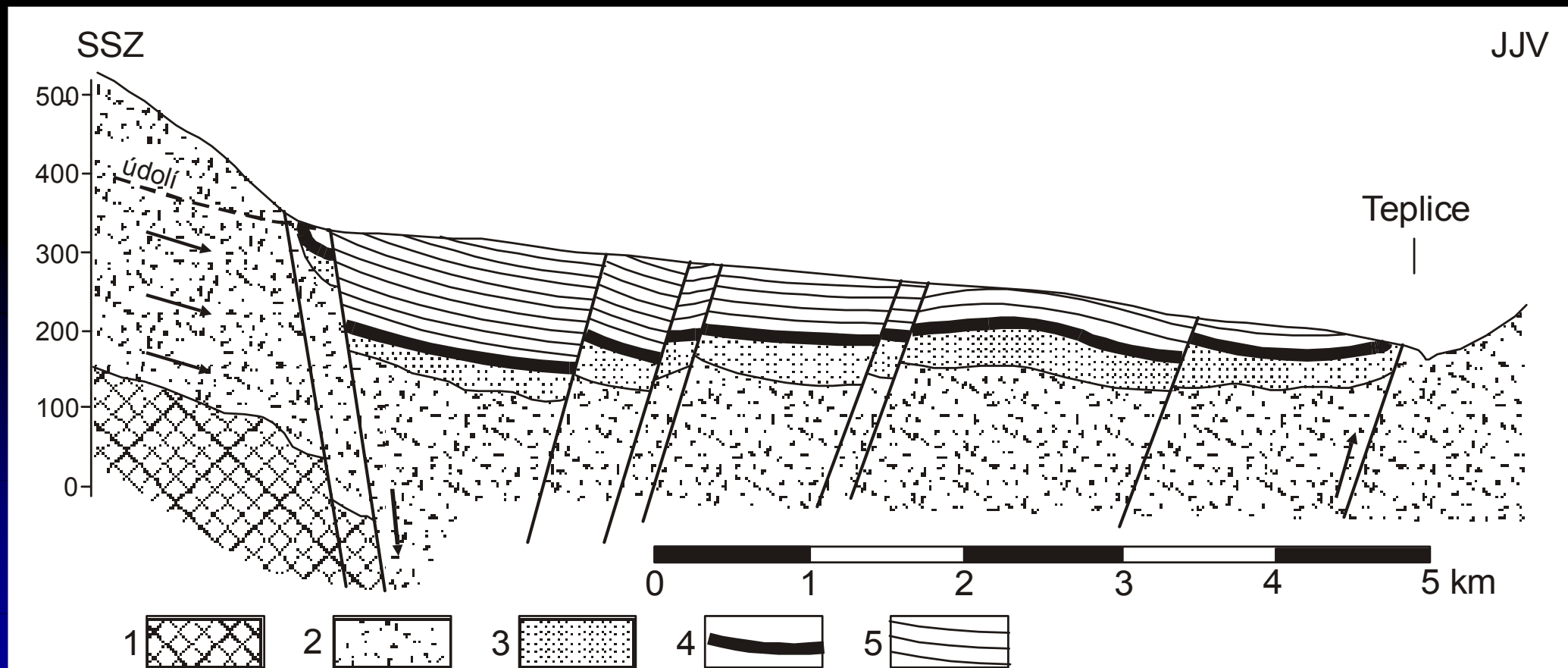
MODELOVÝ PŘÍKLAD VZTAHU ZVODNĚNÍ KRYSTALINIKA A NEZPEVNĚNÝCH SEDIMENTŮ



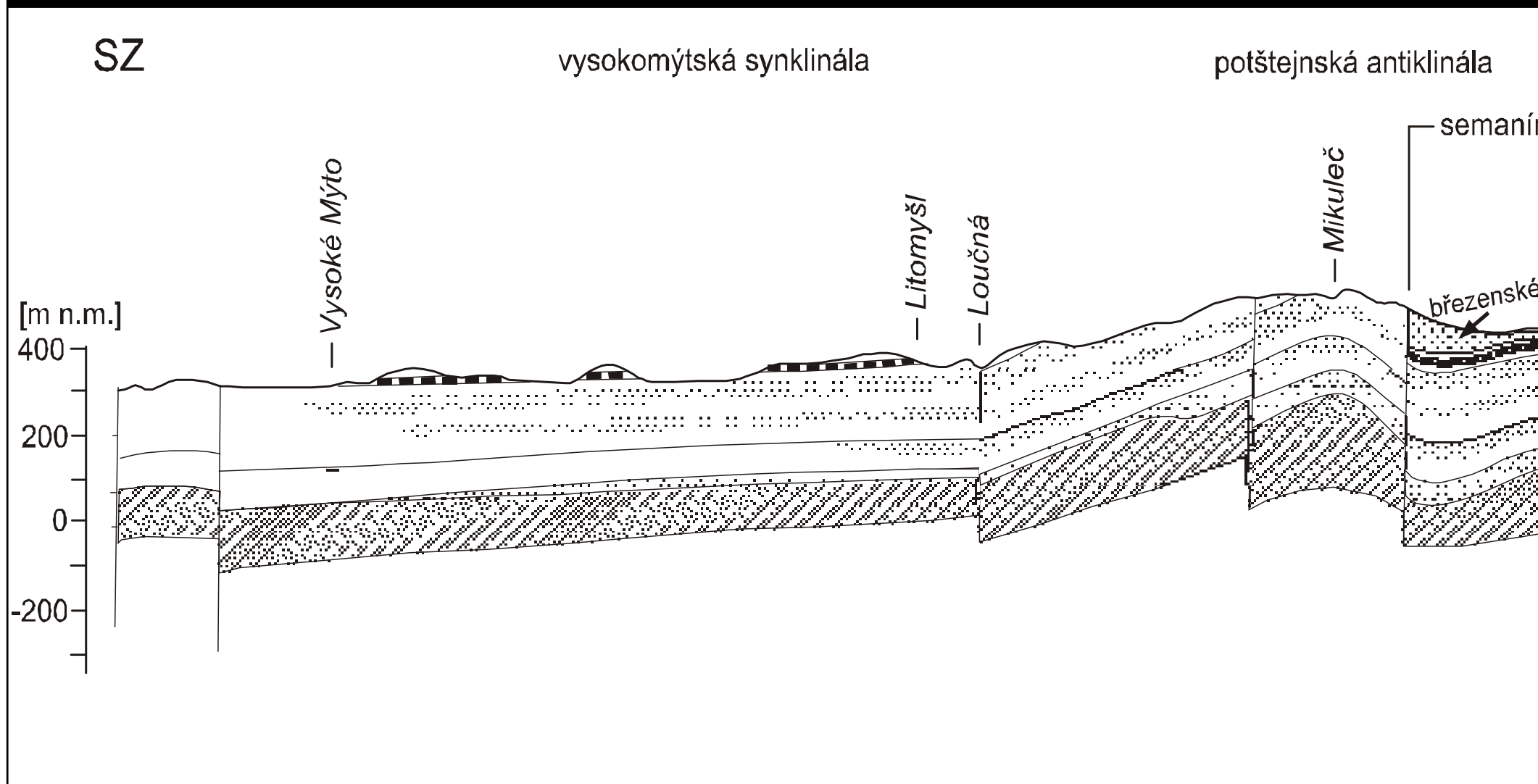
PŘÍKLAD OBĚHU PODZEMNÍ VODY V ČÁSTI SEDIMENTÁRNÍ PÁNVE S LOKÁLNÍMI A REGIONÁLNÍM SYSTÉMEM PROUDĚNÍ



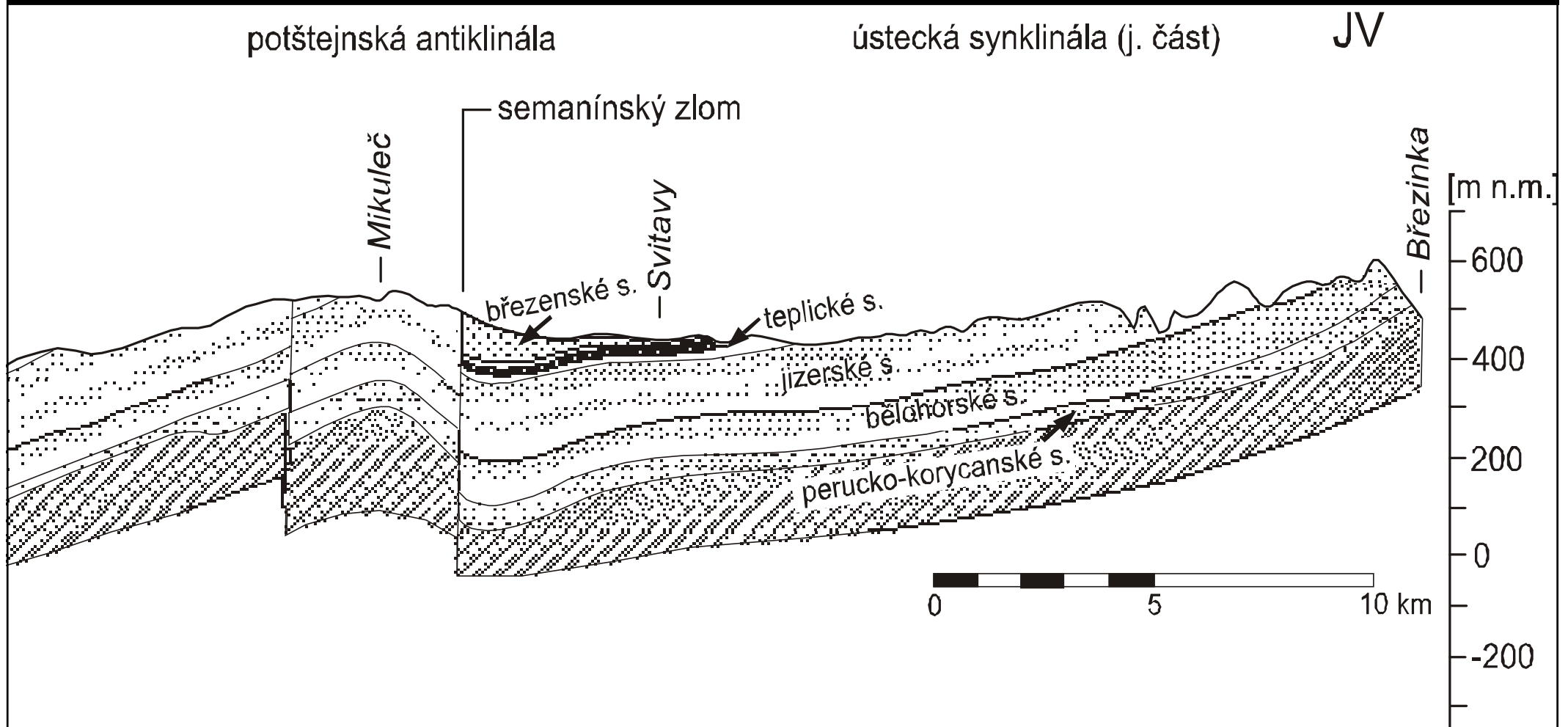
PŘÍKLAD OBĚHU PODZEMNÍ VODY V PODKRUŠNOHORSKÝCH PÁNVÍCH



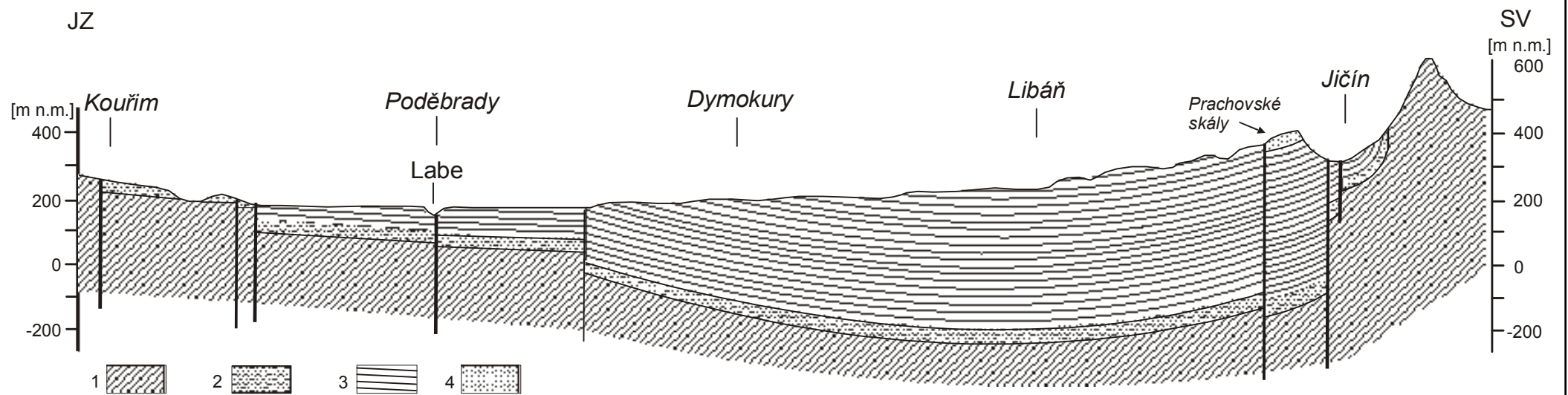
PŘÍKLAD OBĚHU PODZEMNÍ VODY V ČESKÉ KŘÍDOVÉ PÁNVI (VYSOKOMÝTSKÁ SYNKLINÁLA)



PŘÍKLAD OBĚHU PODZEMNÍ VODY V ČESKÉ KŘÍDOVÉ PÁNVI (ÚSTECKÁ SYNKLINÁLA)



PŘÍKLAD OBĚHU PODZEMNÍ VODY V ČESKÉ KŘÍDOVÉ PÁNVI (CENTRÁLNÍ ČÁST PÁNVE)



PŘÍKLADY APLIKACÍ

NUMERICKÉ POČÍTAČOVÉ MODELOVÁNÍ

- proudění podzemních vod
- transportu látek (kontaminantů)

VÝPOČTY ZÁSOB PODZEMNÍCH VOD (bilanční rovnice)

PŘEHODNOCOVÁNÍ OCHRANNÝCH PÁSEM VODNÍCH ZDROJŮ

ŘEŠENÍ KONKRÉTNÍCH ENVIROMENTÁLNÍCH PROBLÉMŮ

VLIV PROJEKTOVANÉHO ZANOŘENÍ UL. OPUŠTĚNÉ NA REŽIM PODZEMNÍCH VOD

STÁVAJÍCÍ HLAVNÍ
OSOBNÍ
VLAKOVÉ
NÁDRAŽÍ

HLAVNÍ
POŠTA

OBCHODNÍ
DŮM
TESCO

NAVRŽENÝ
OBJEKT V RÁMCI
URBANISTICKÉ
STUDIE

OBCHODNÍ
GALERIE
VAŇKOVKA

KATASTRÁLNÍ
ÚŘAD

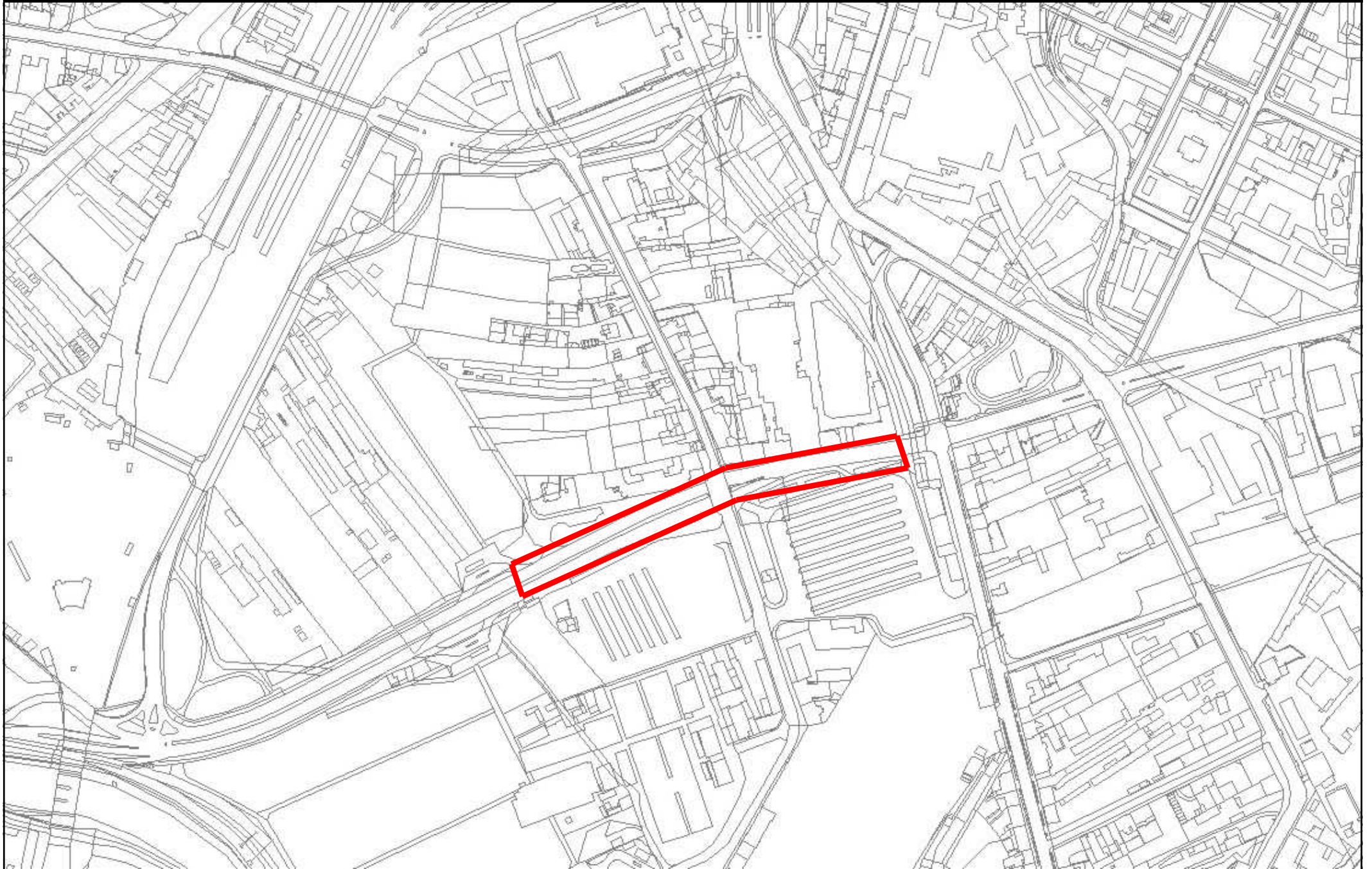
NOVÉ HLAVNÍ
OSOBNÍ
VLAKOVÉ
NÁDRAŽÍ

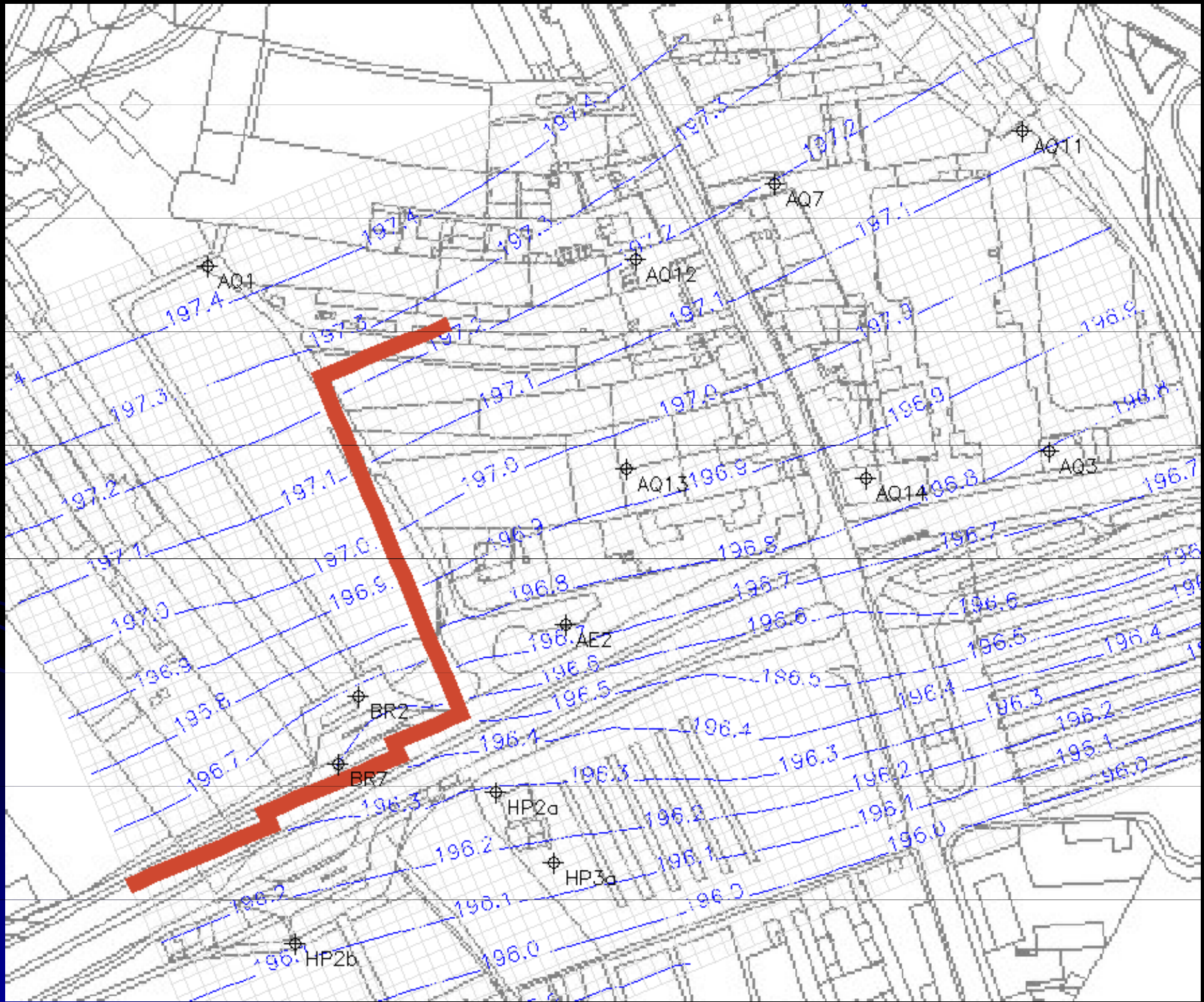
NAVRŽENÝ
BULVÁR

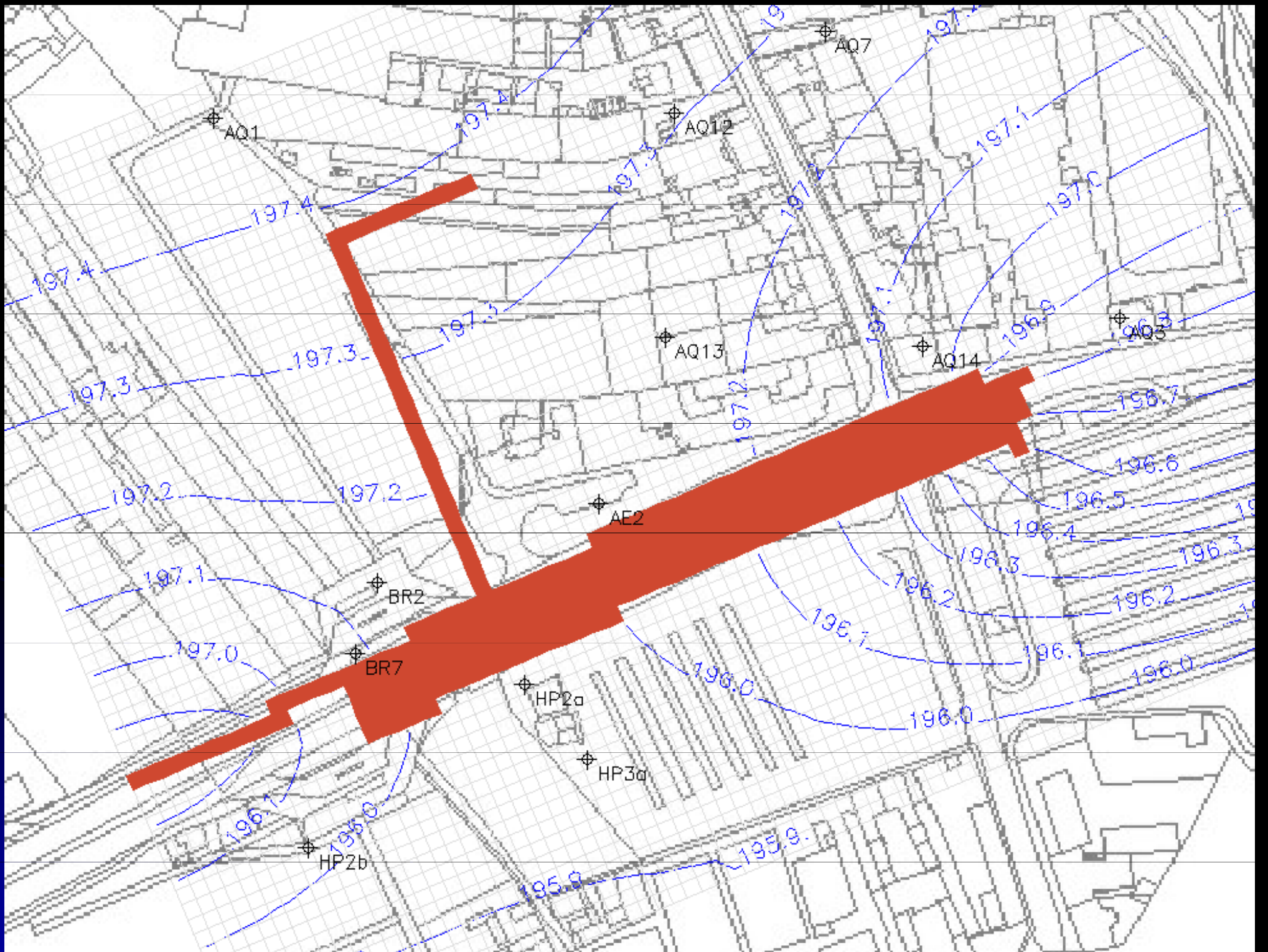
OBCHODNÍ
GALERIE
VAŇKOVKA

NÁMĚSTÍ
POD
HOROU
SV. PETRA

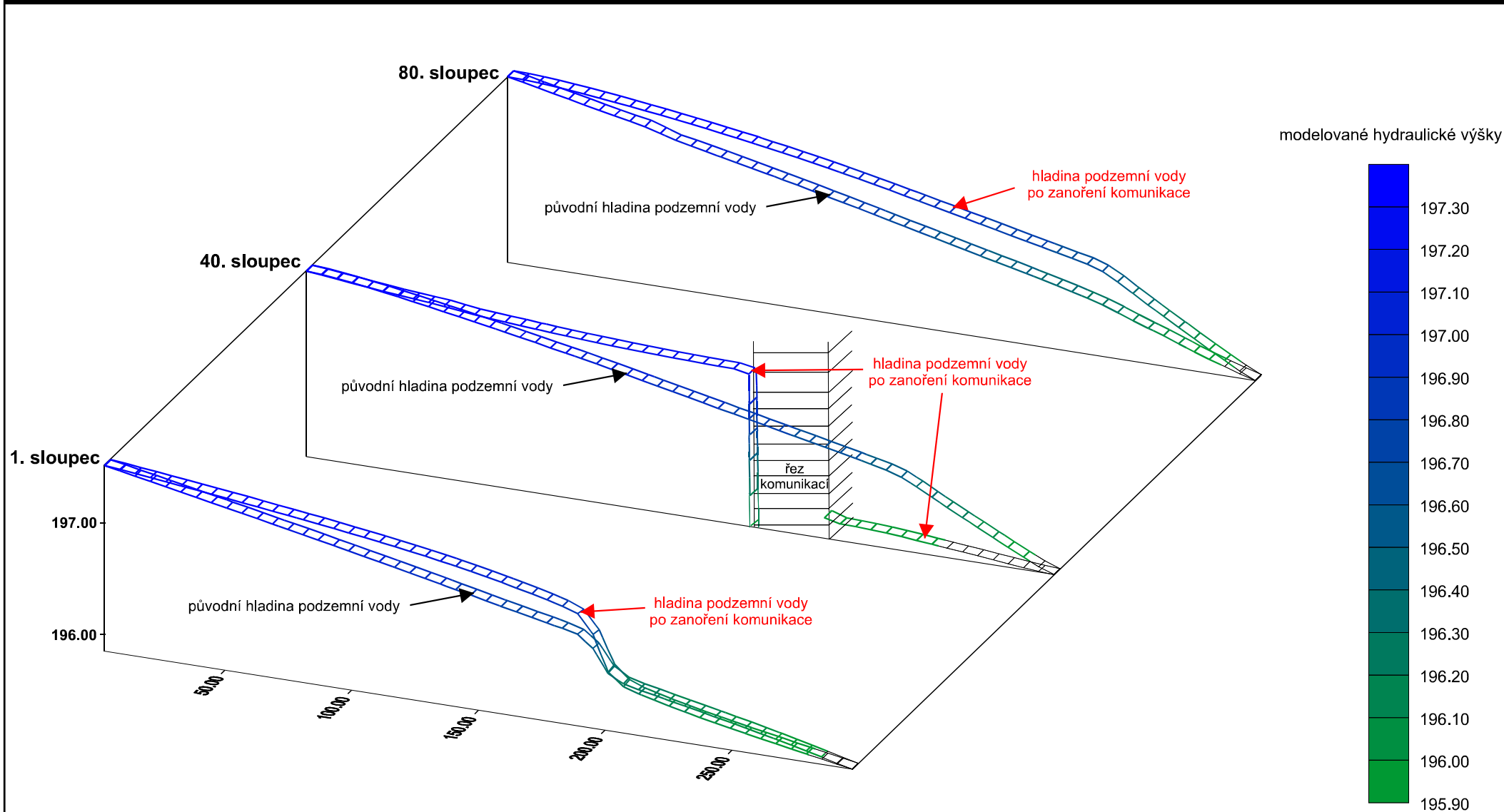






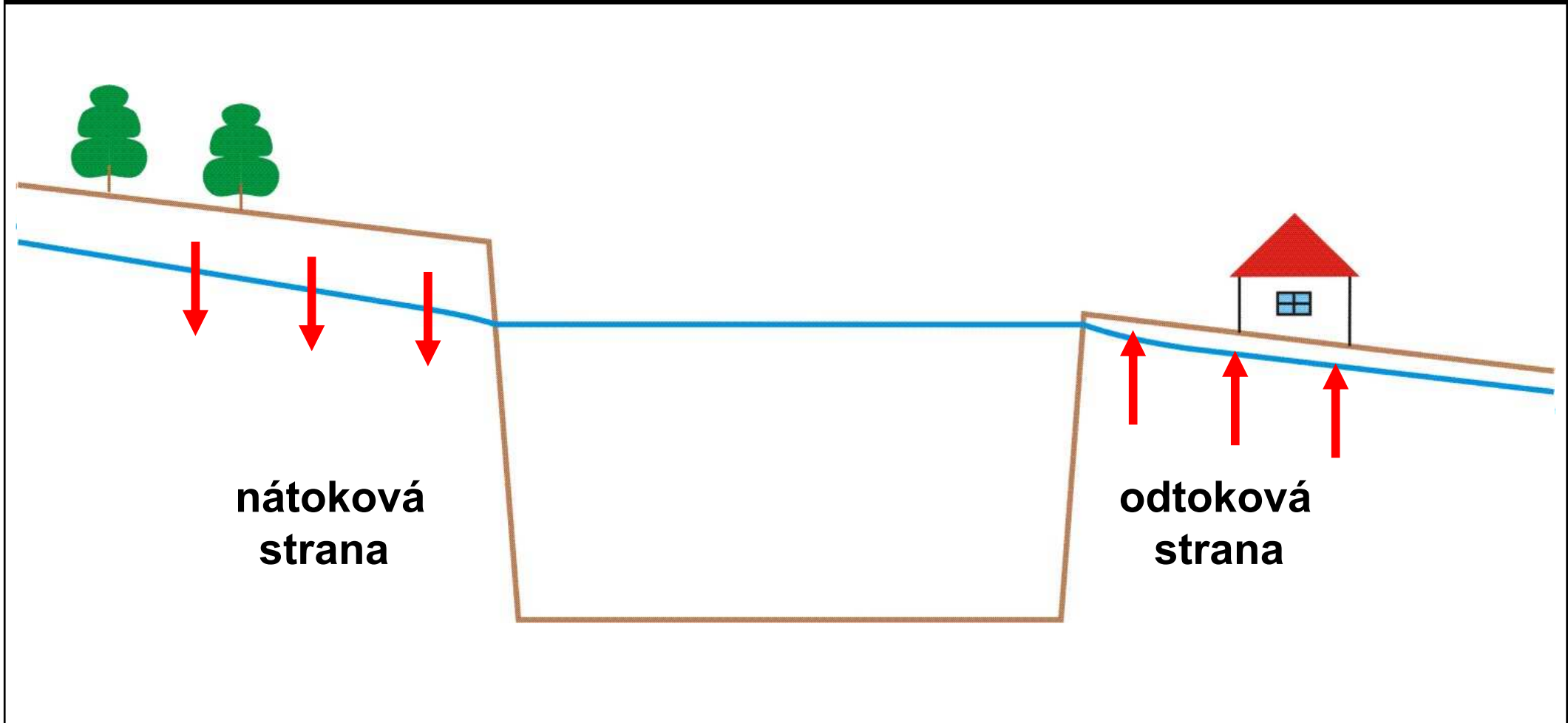


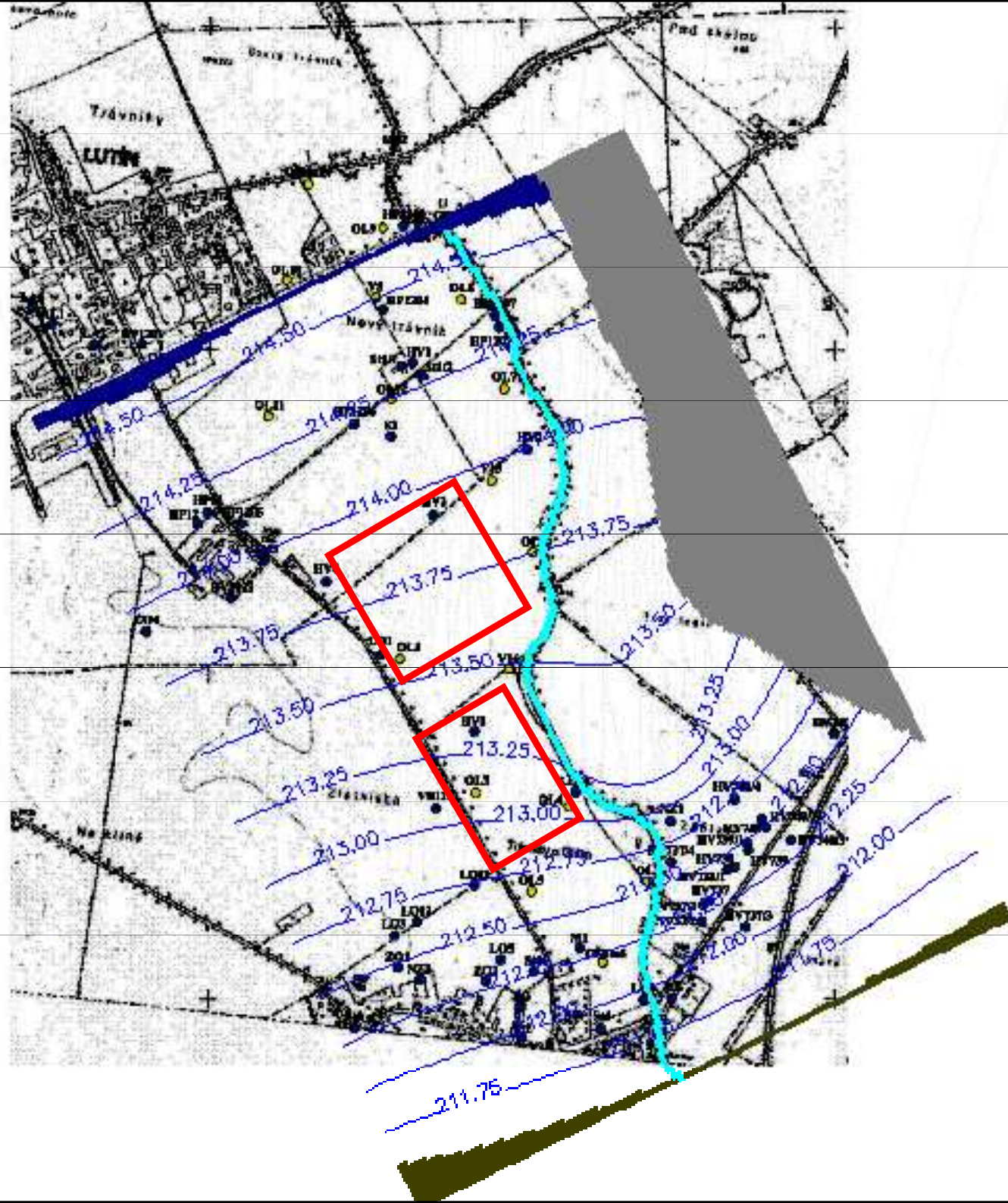
SROVNÁNÍ HLADIN V ŘEZU PARALELNÍM SE SMĚREM PROUDĚNÍ

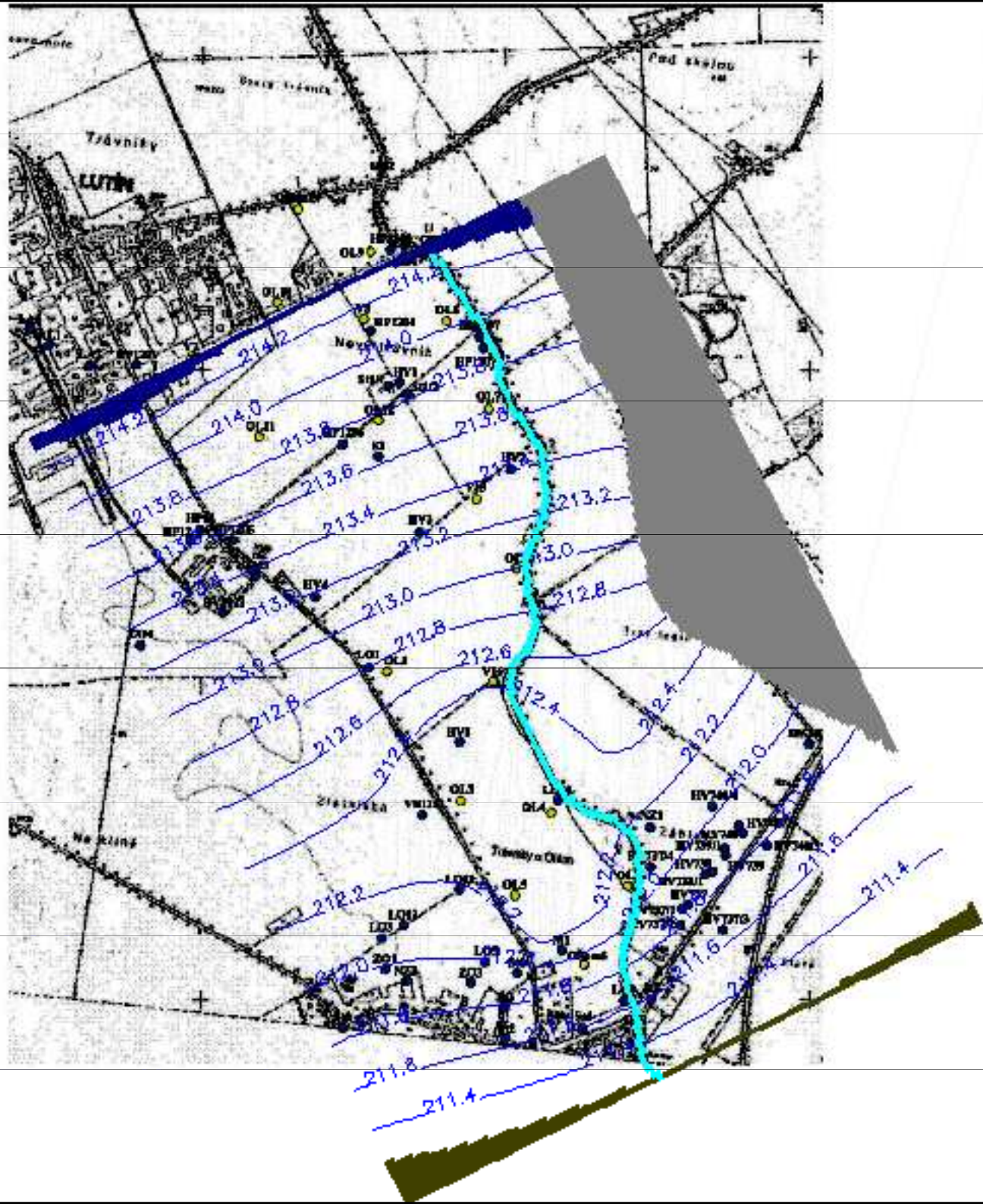


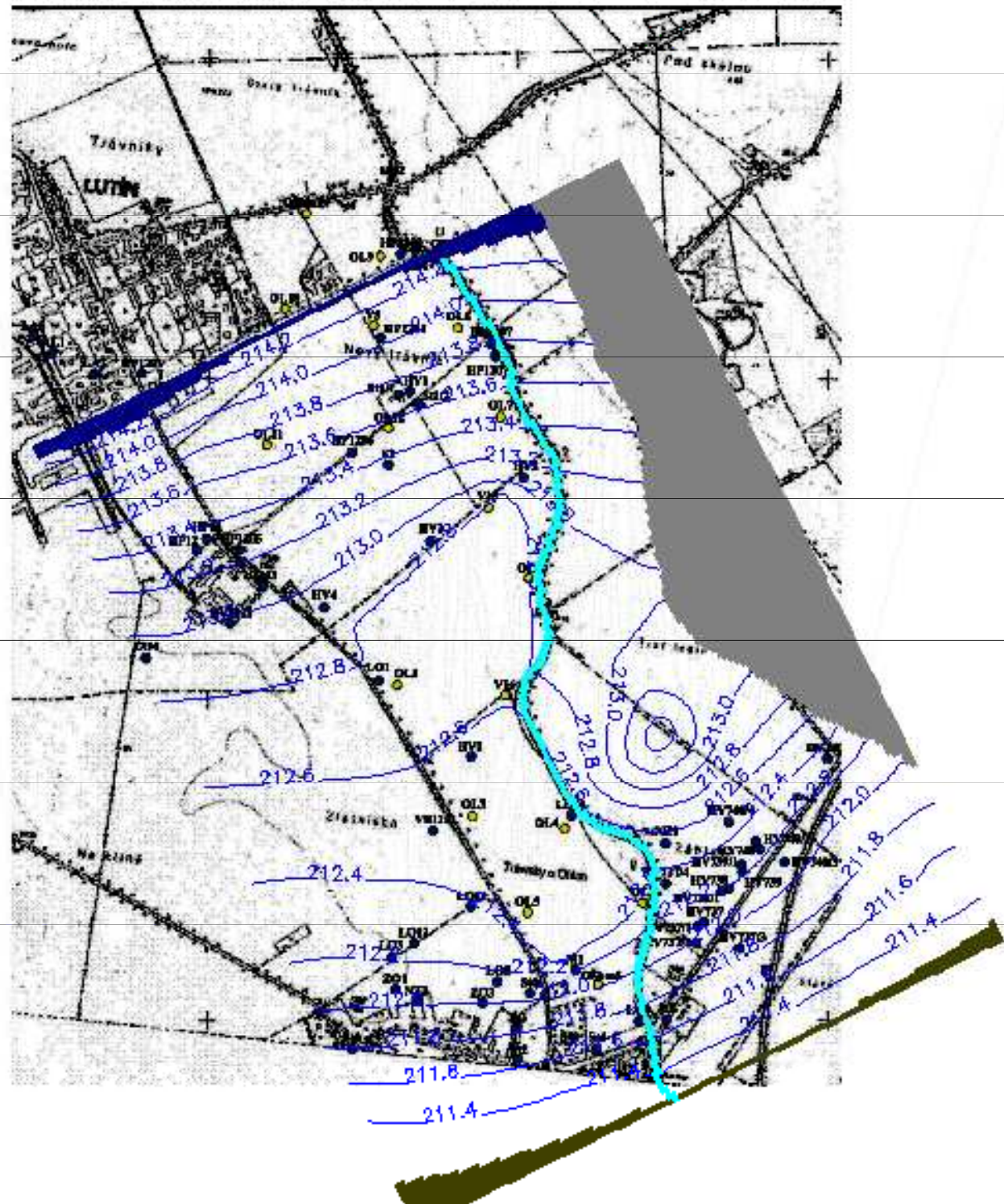
VLIV PROJEKTOVANÉ TĚŽEBNÍ JÁMY ŠTĚRKOPÍSKŮ NA REŽIM PODZEMNÍCH VOD

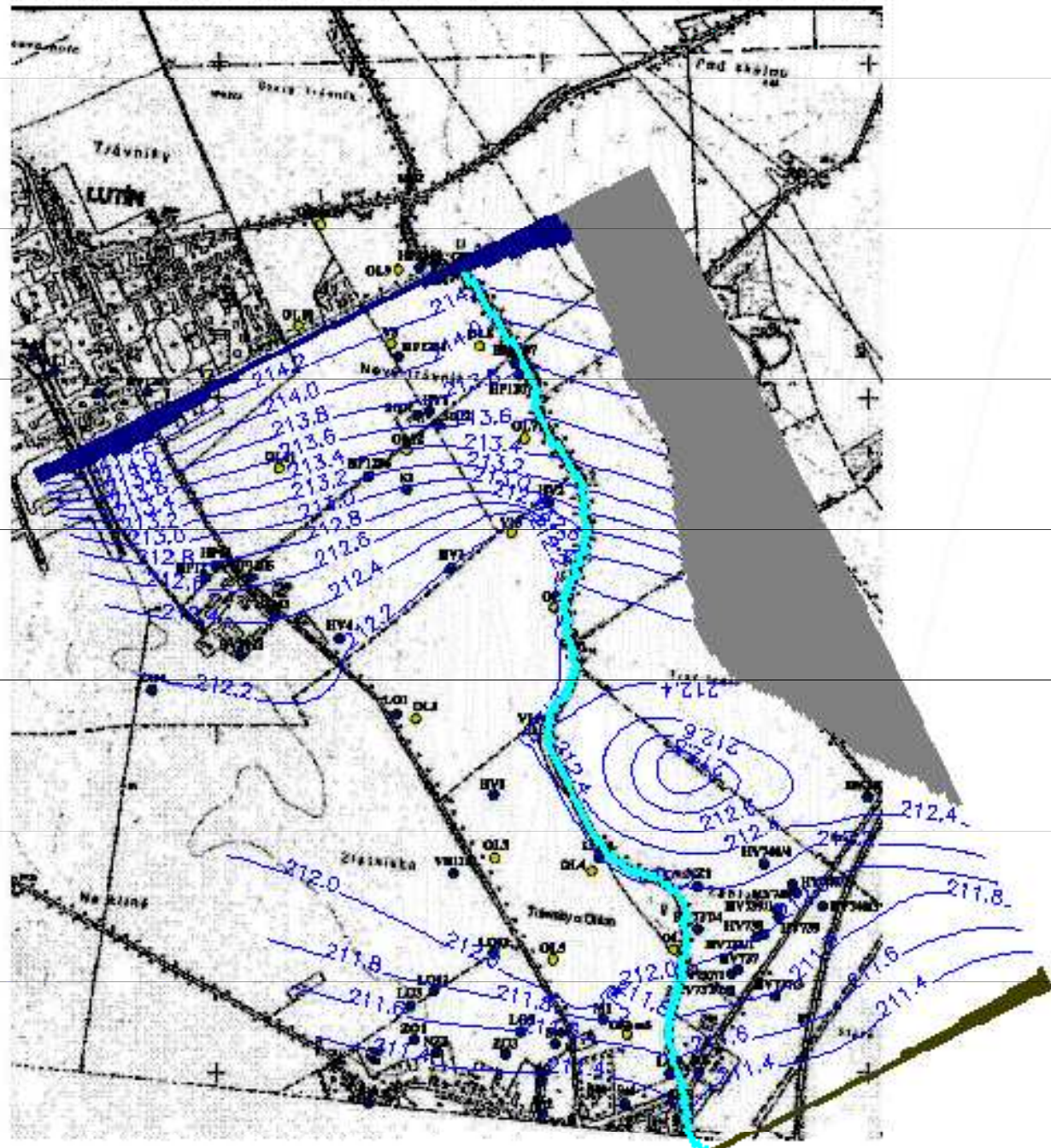
rizika vyplývají z ovlivnění úrovní hladin podzemních vod

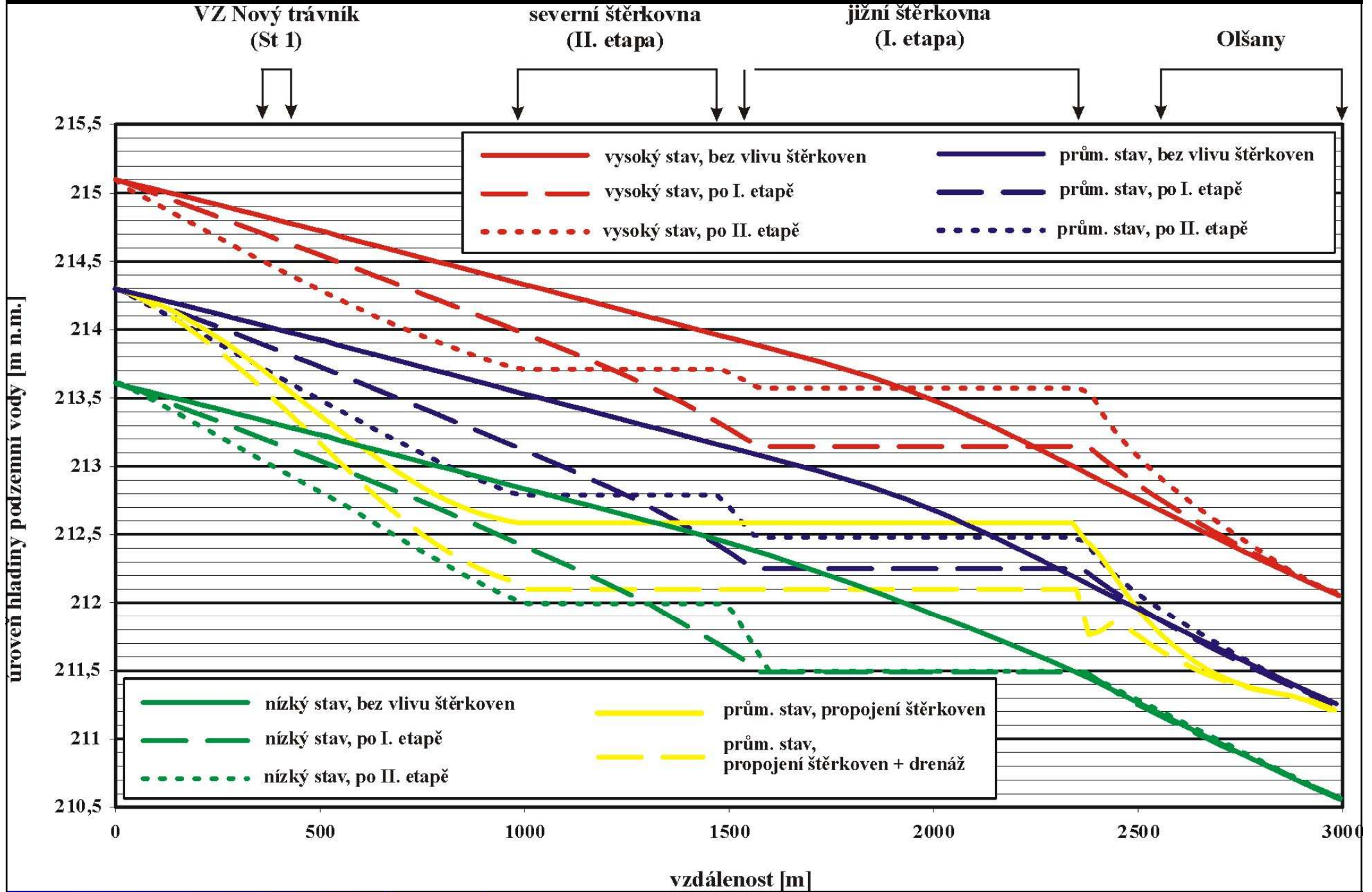




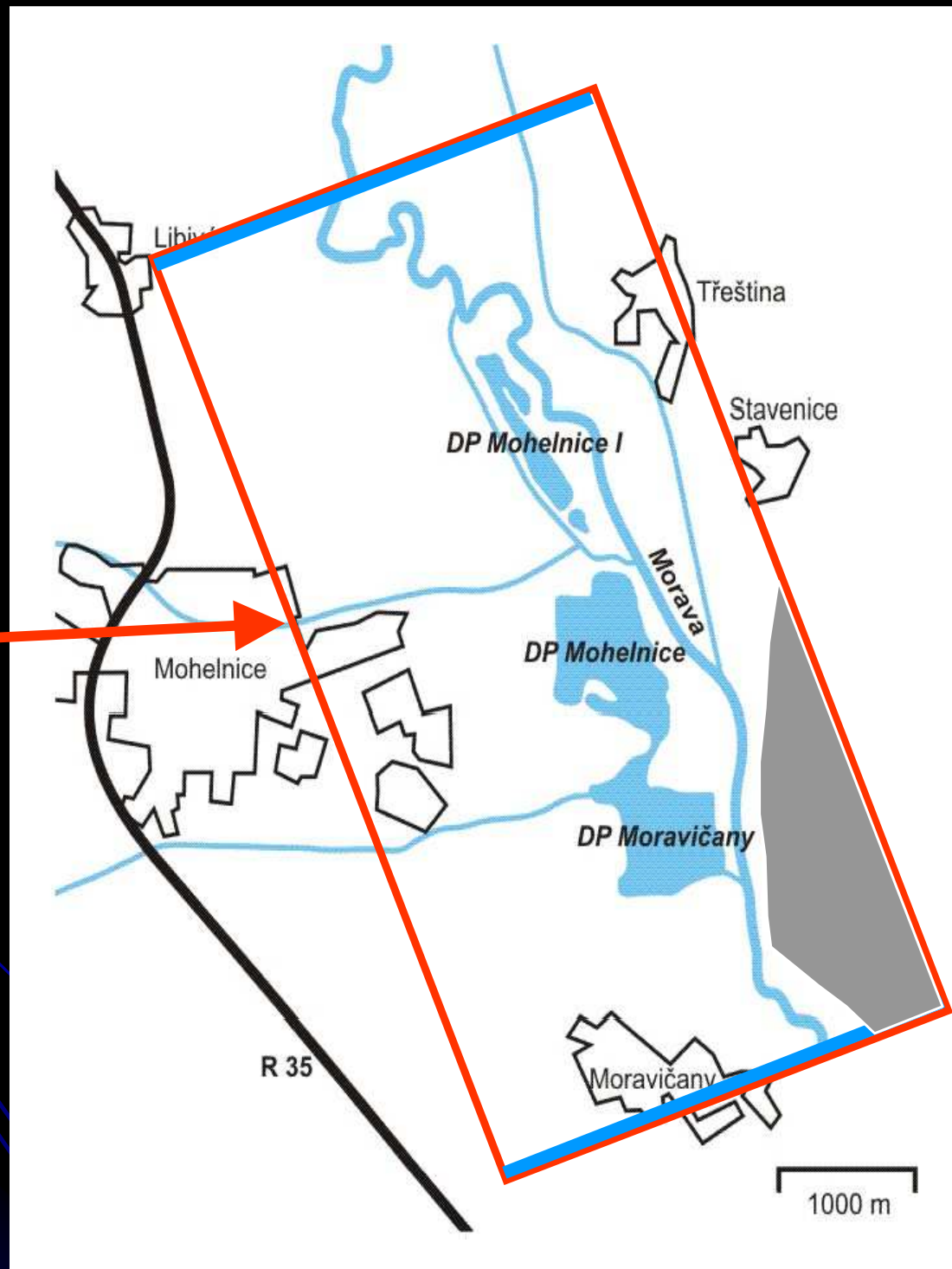








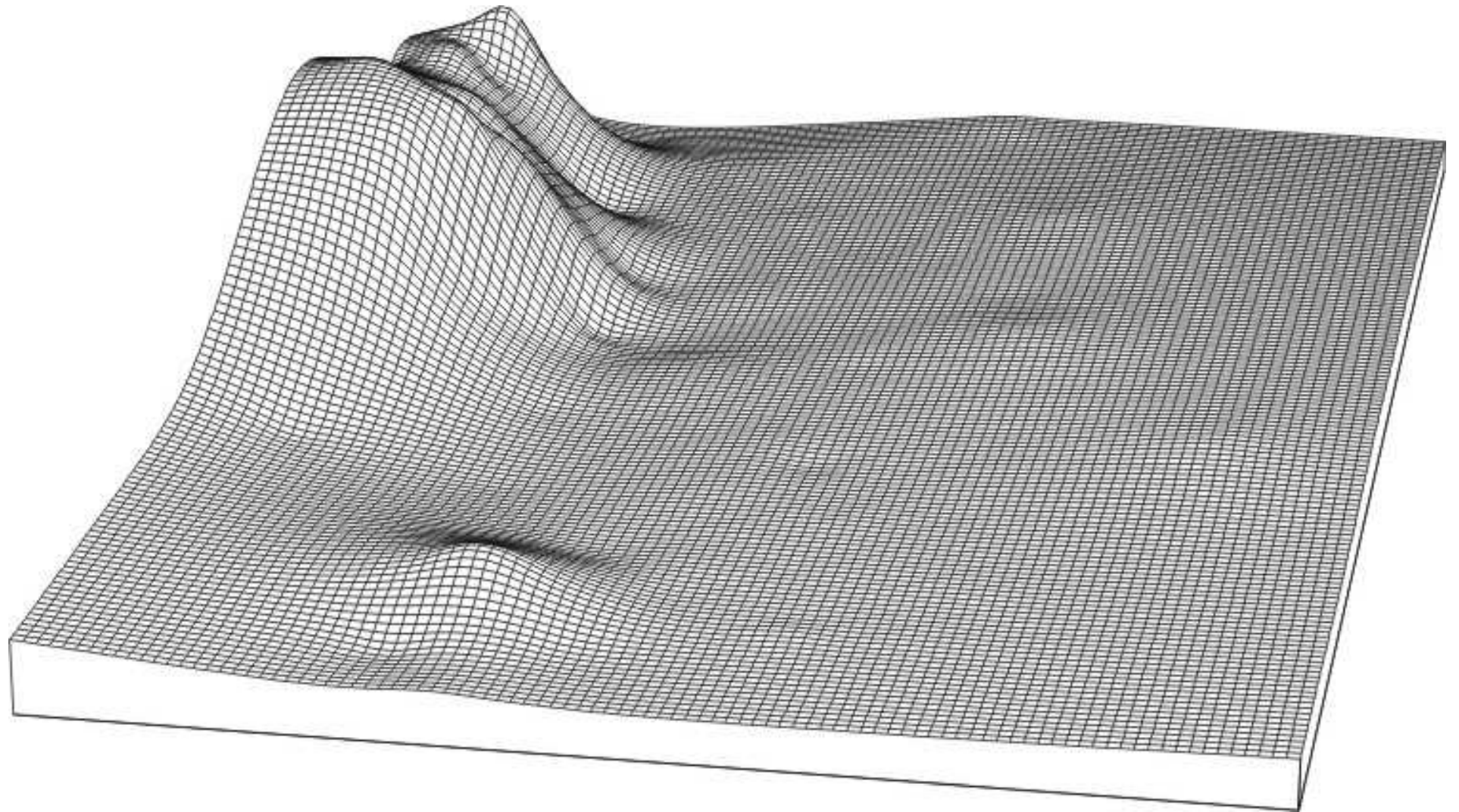
**oblast
numerického
modelu**

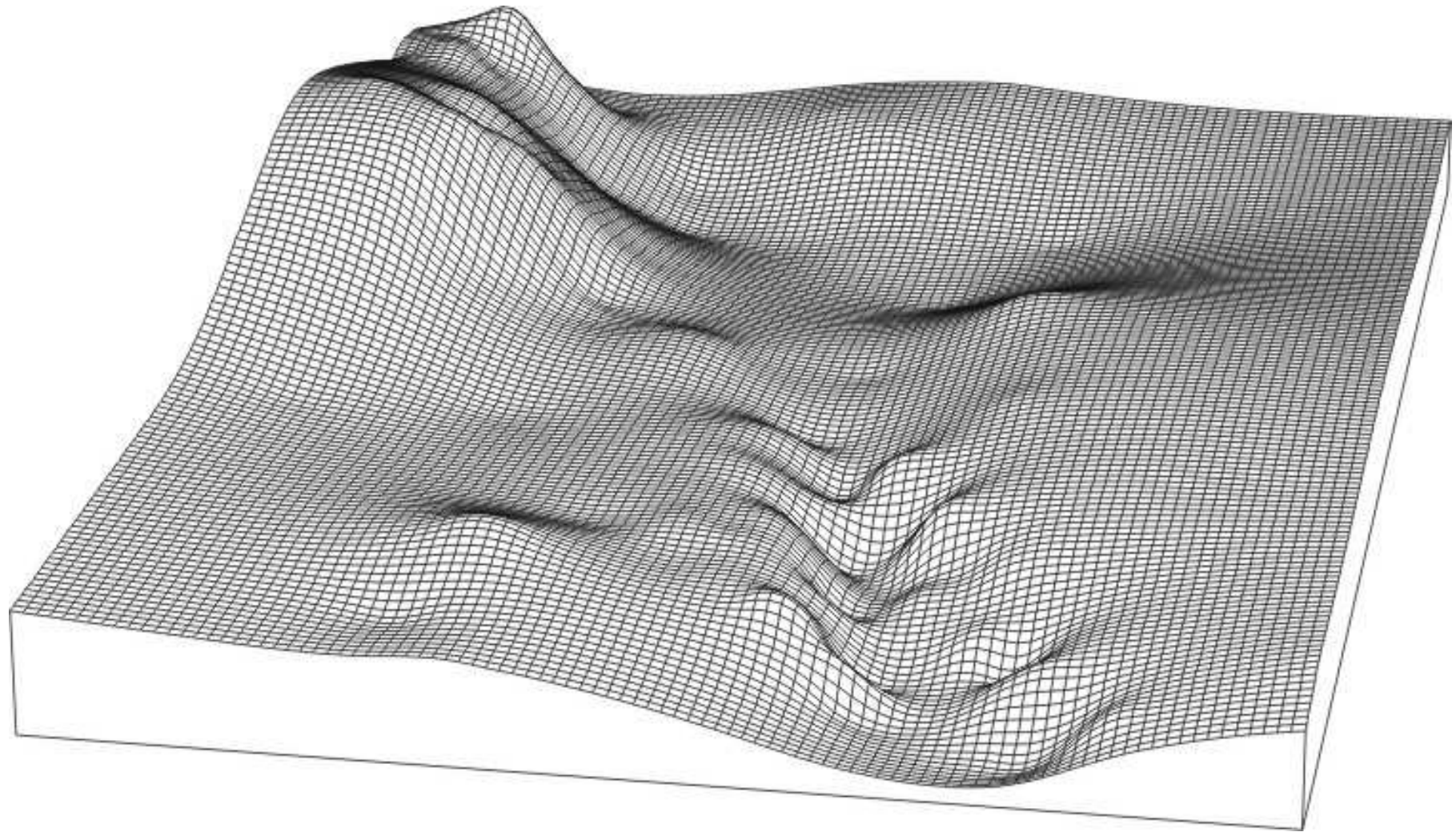


20 km²

45 600 cel

20 x 20 m





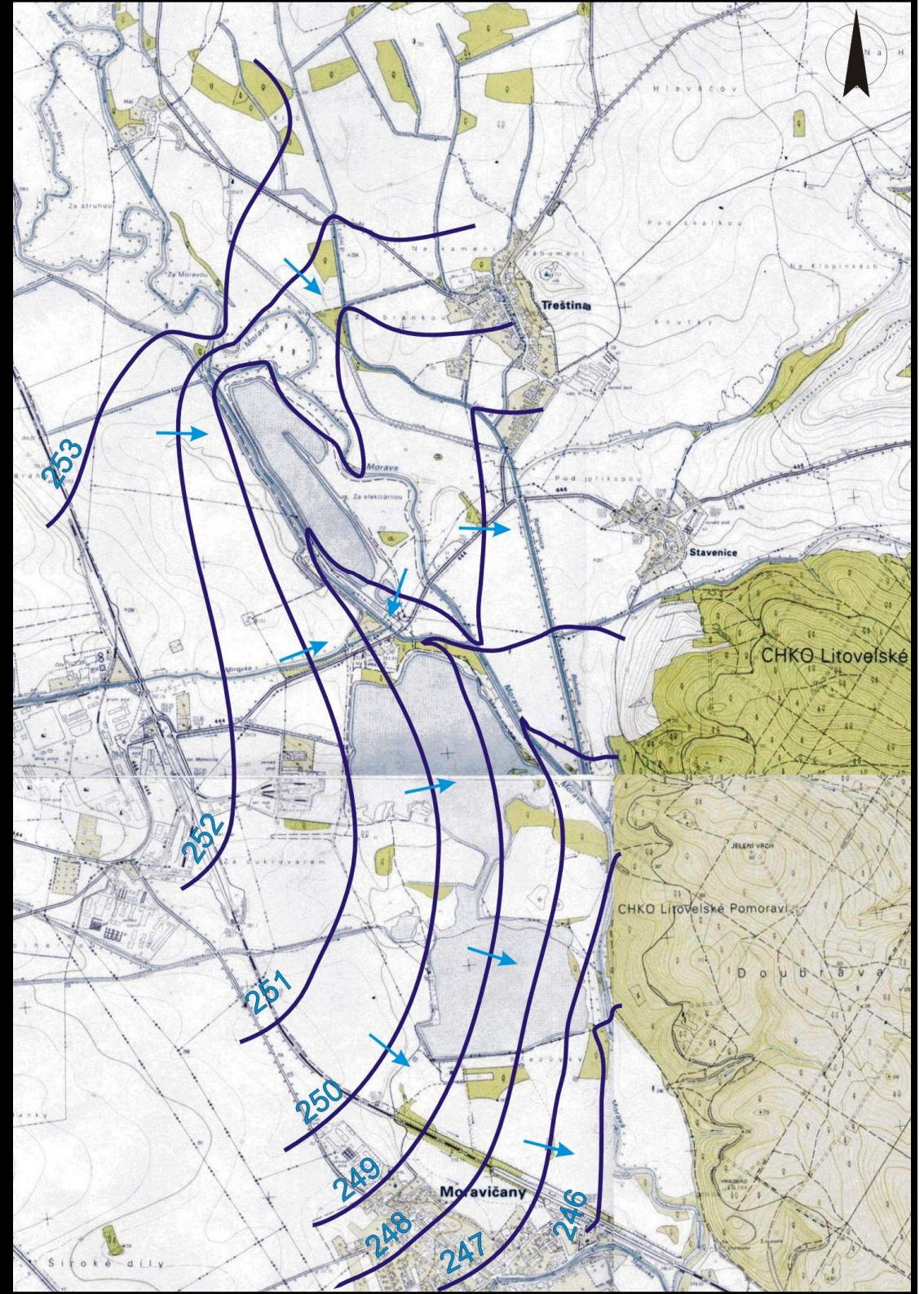
REKONSTRUKCE PŮVODNÍHO STAVU

1. polovina 20. století

řeka Morava
v původním korytě

regionální vliv
řeky Moravy

lokální vlivy
drenáží a náhonů



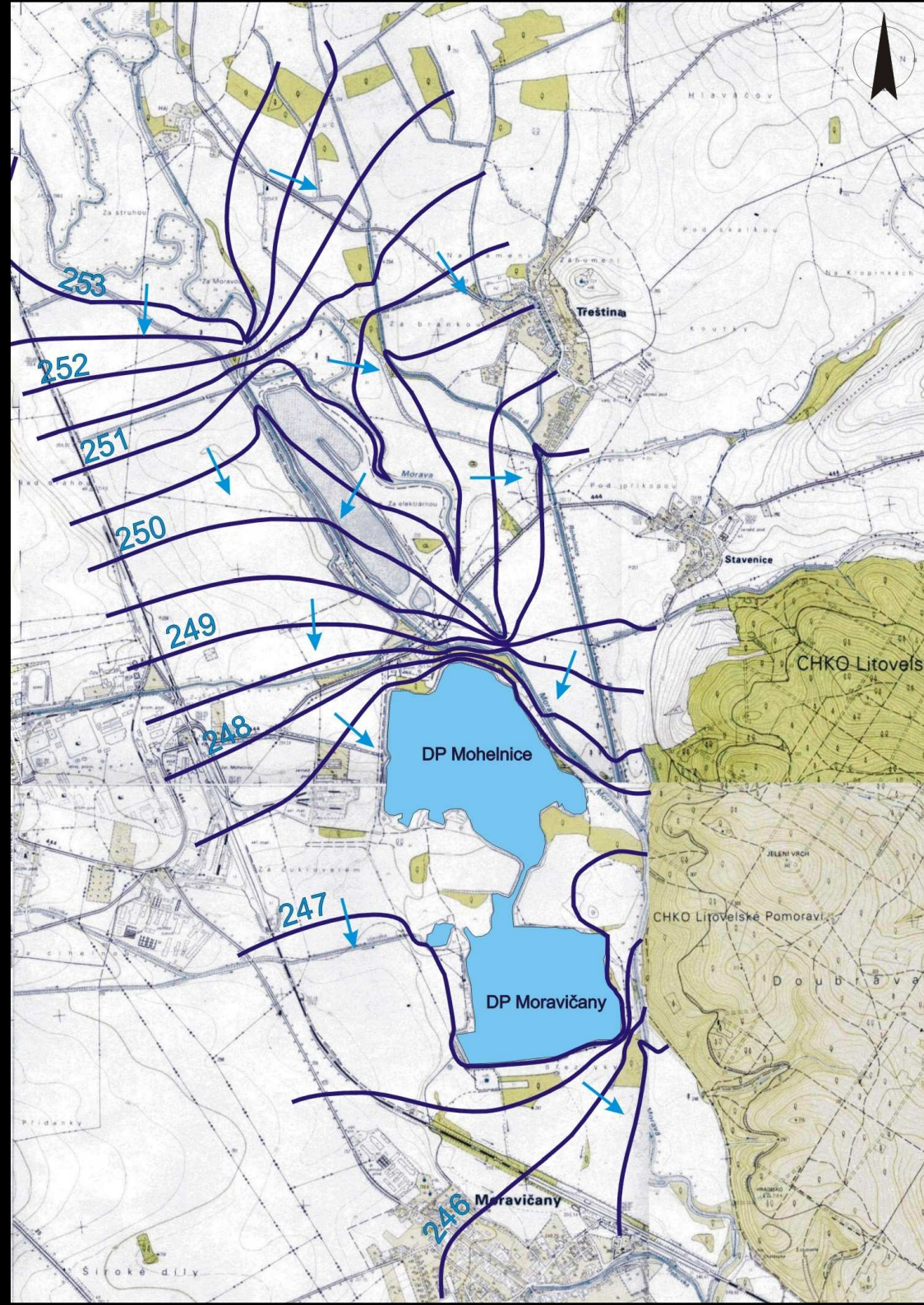
REKONSTRUKCE STAVU Z ROKU 1965

DP Moravičany a DP Mohelnice

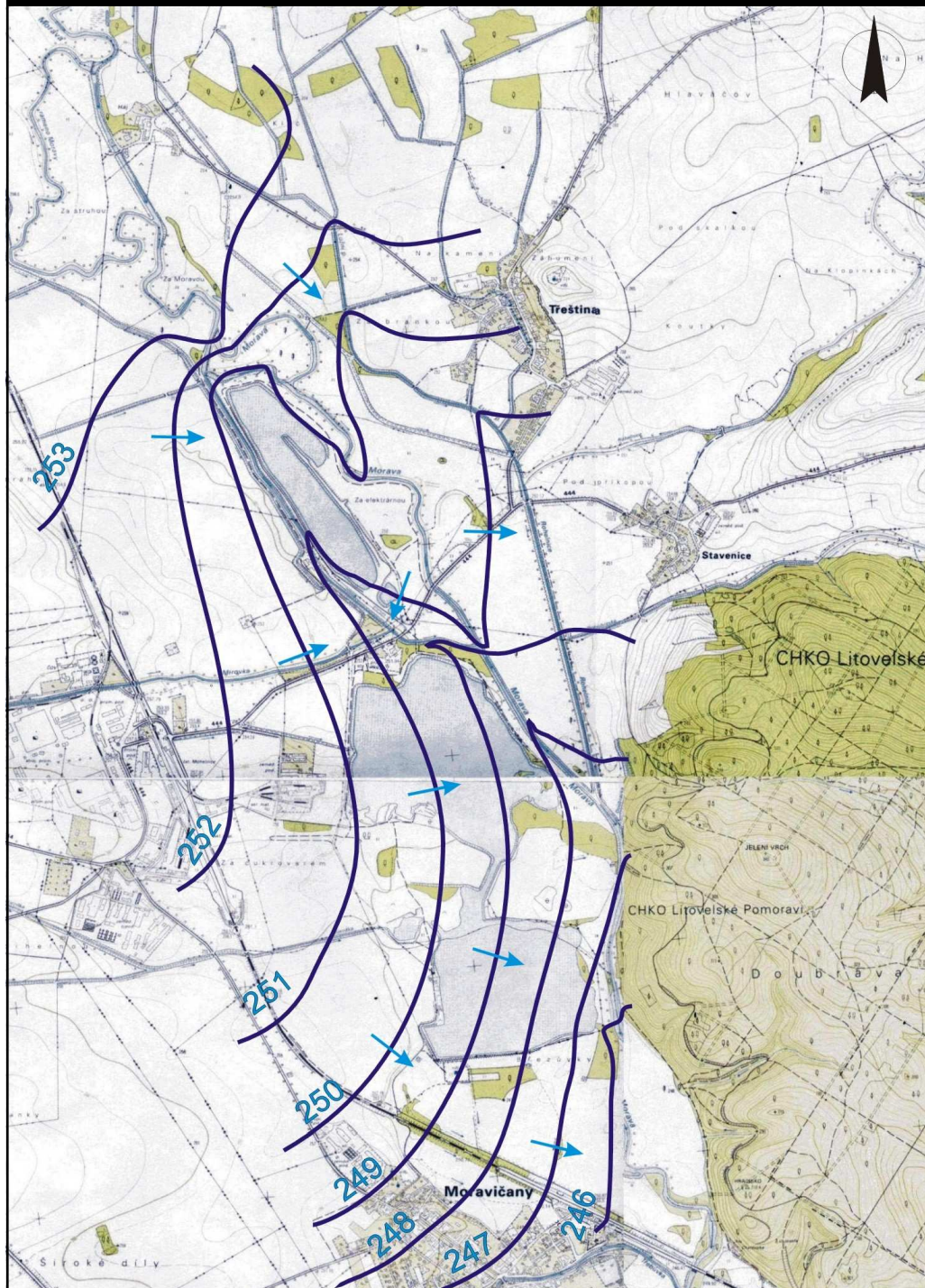
regulace koryta Moravy

formování nátokových a
odtokových stran

lokální výrazné zvýšení
hydraulických gradientů

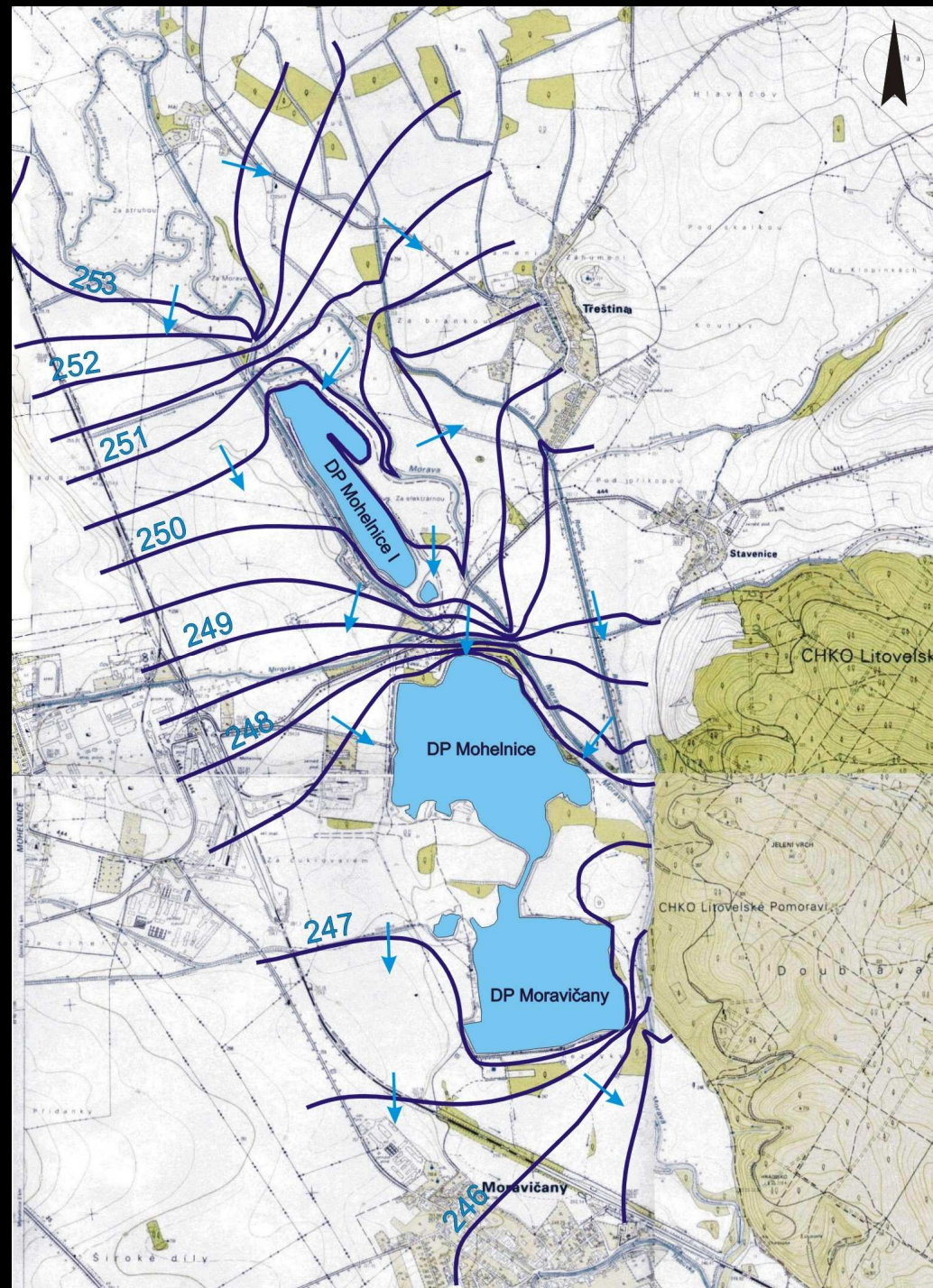


PŮVODNÍ STAV



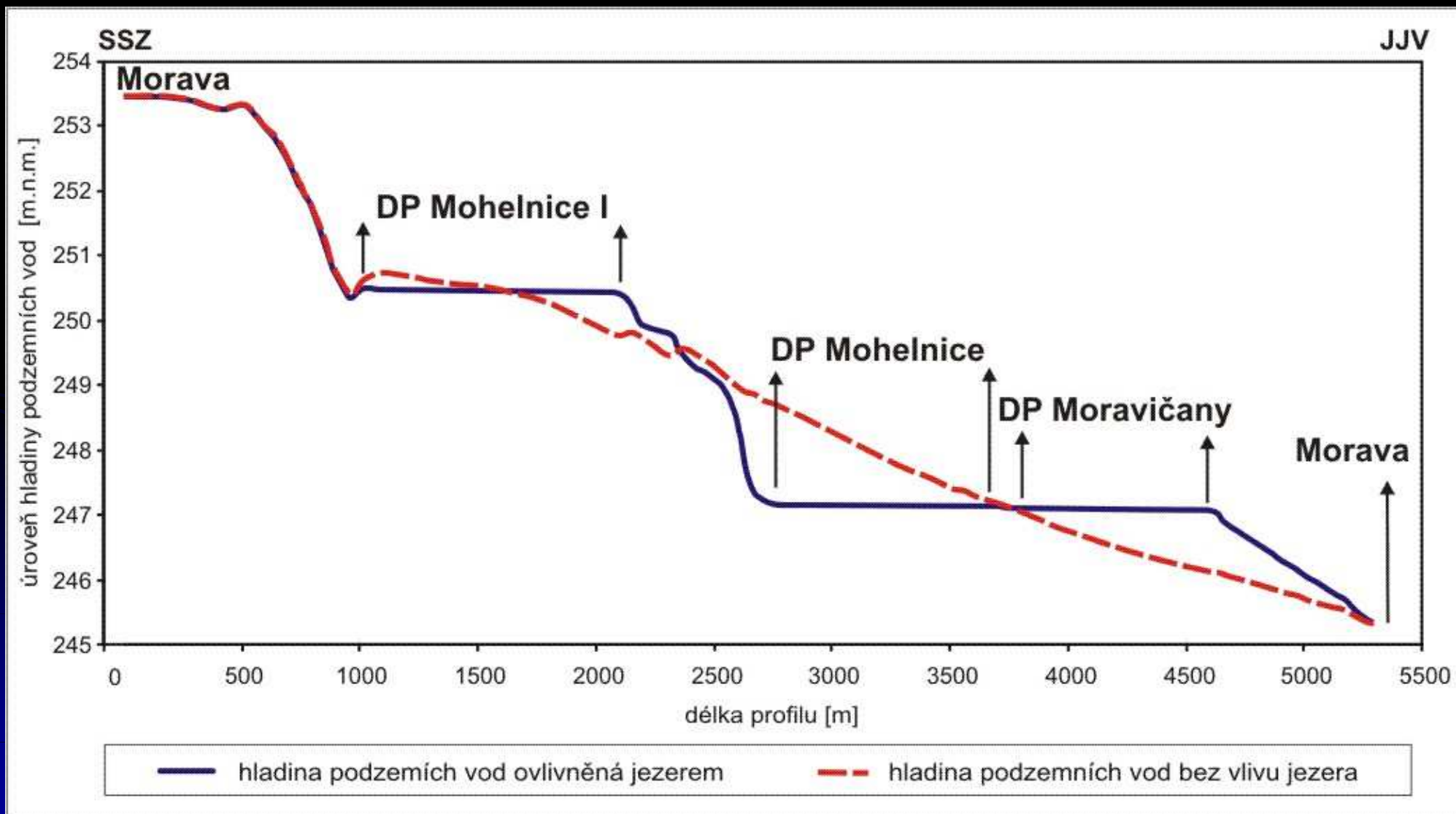
X

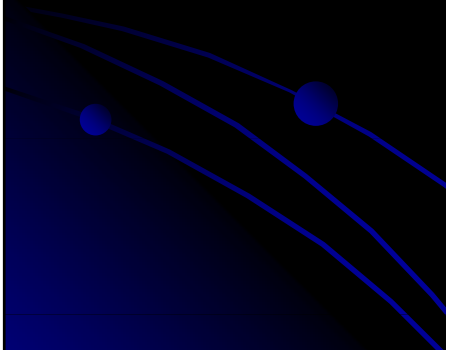
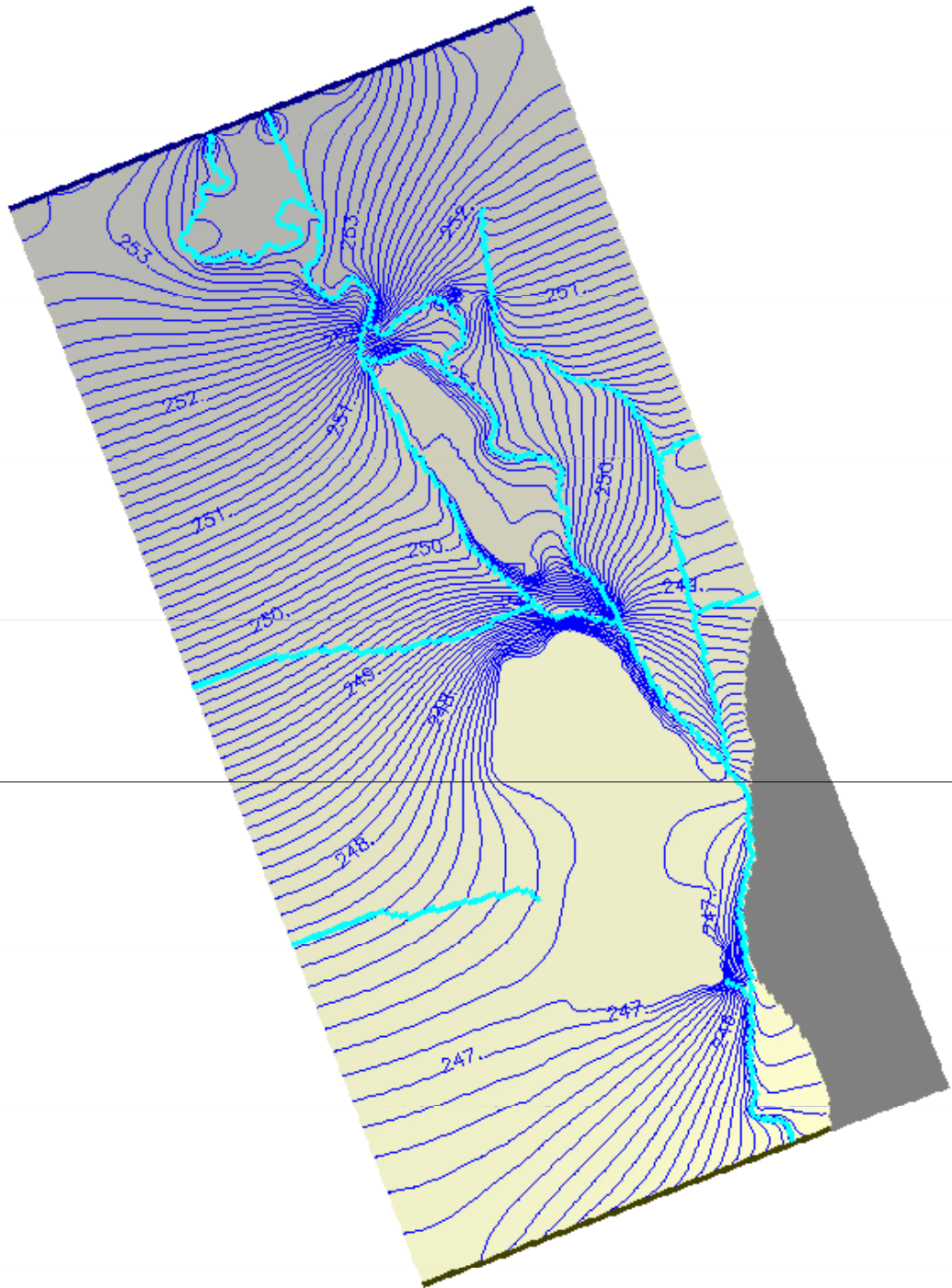
SOUČASNÝ STAV



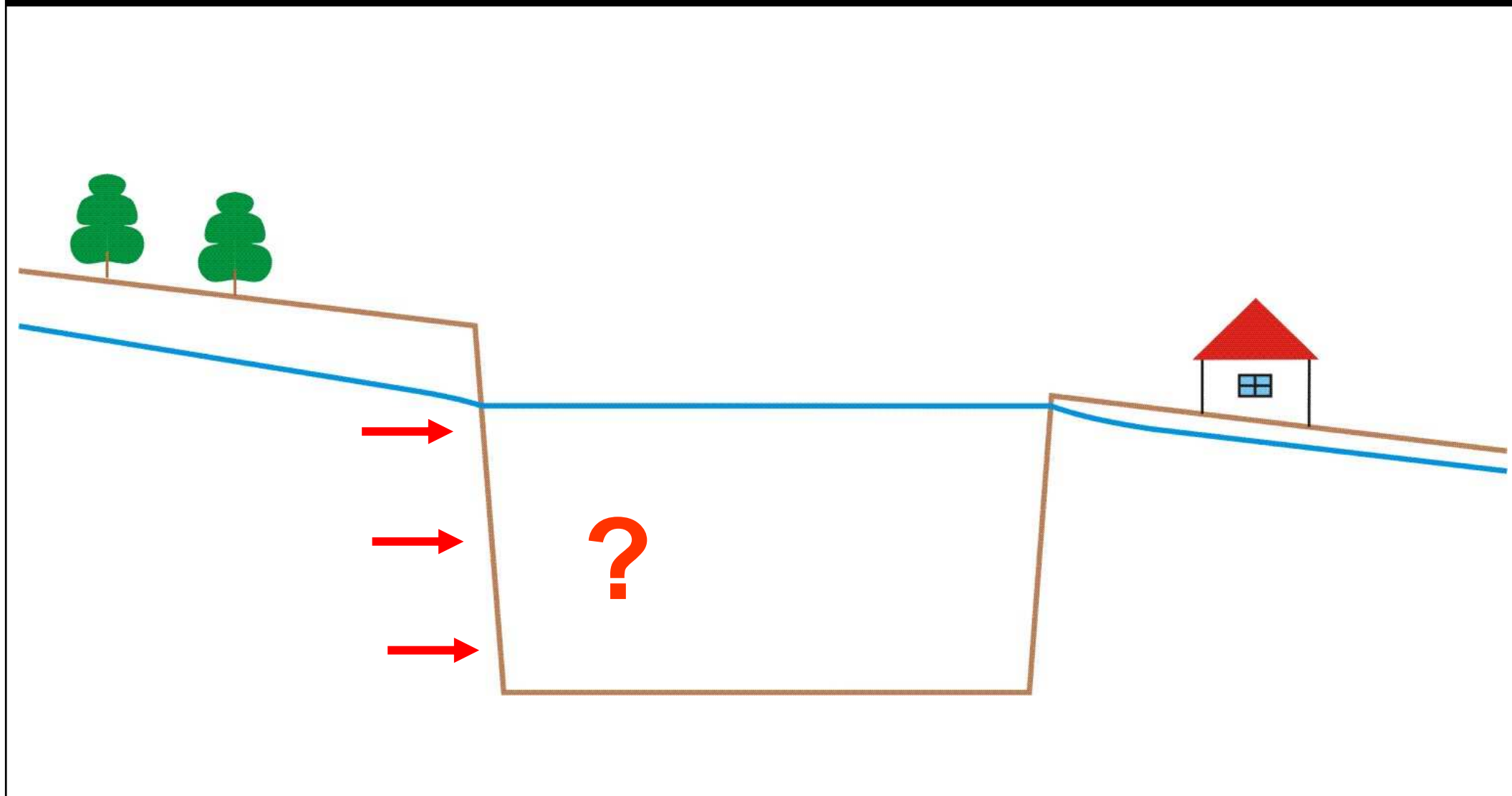
SOUČASNÝ STAV

srovnání hladin podzemních vod v podélném řezu





GEOCHEMICKÉ MODELOVÁNÍ

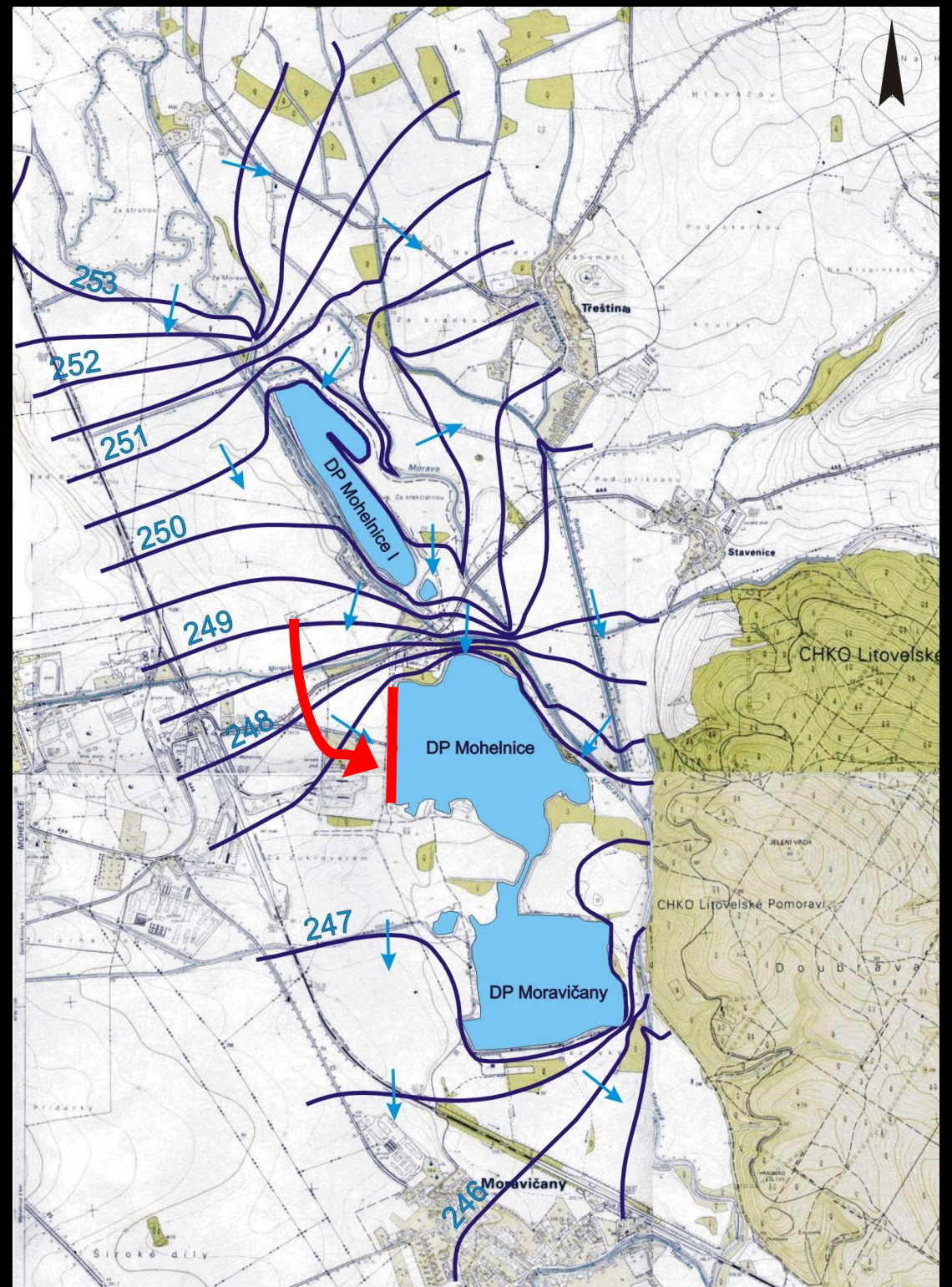


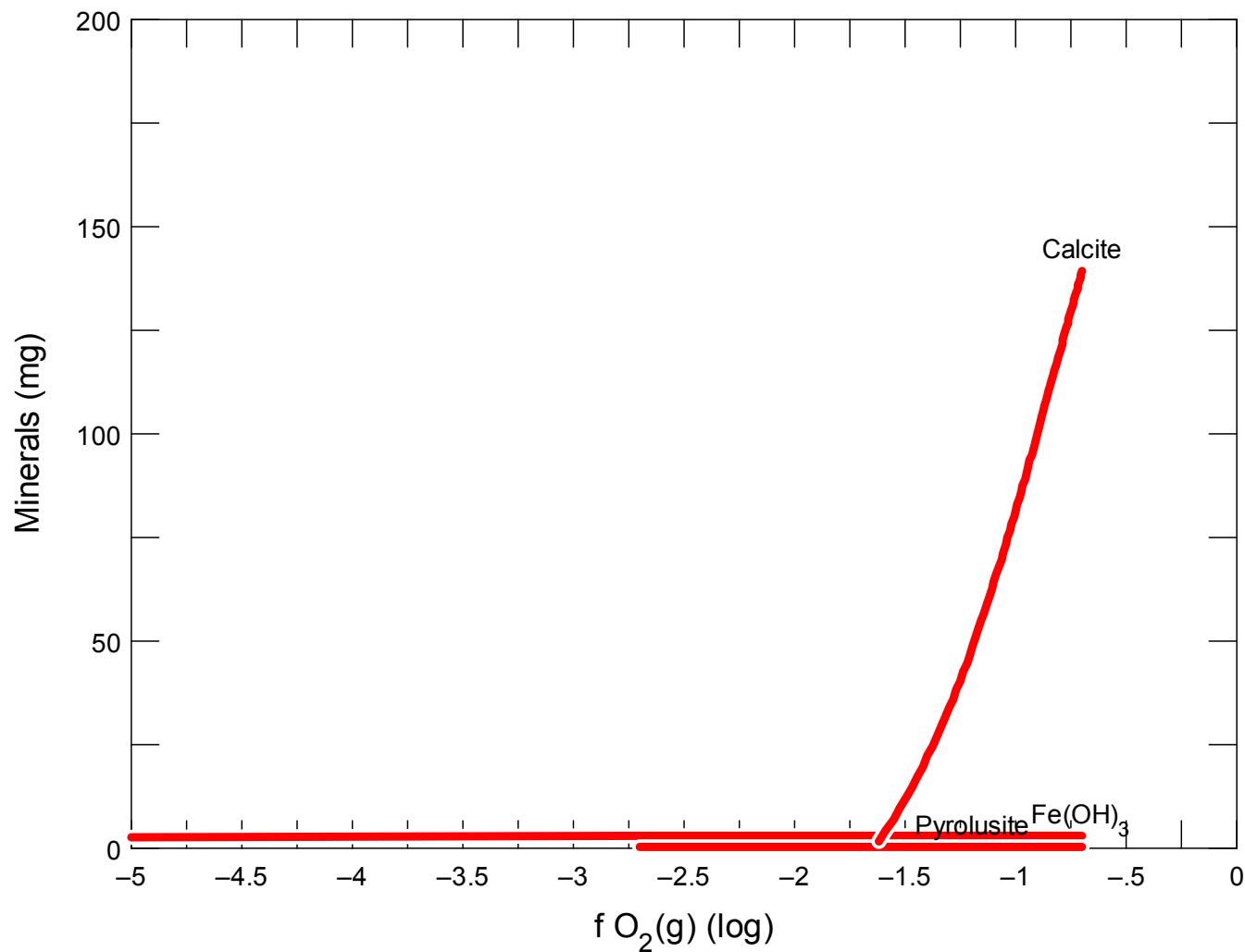
nárůst parciálního tlaku O_2
na atmosférickou hodnotu

pokles parciálního tlaku CO_2
na atmosférickou hodnotu

Eh 150 → 754 mV

??? rovnováha ???



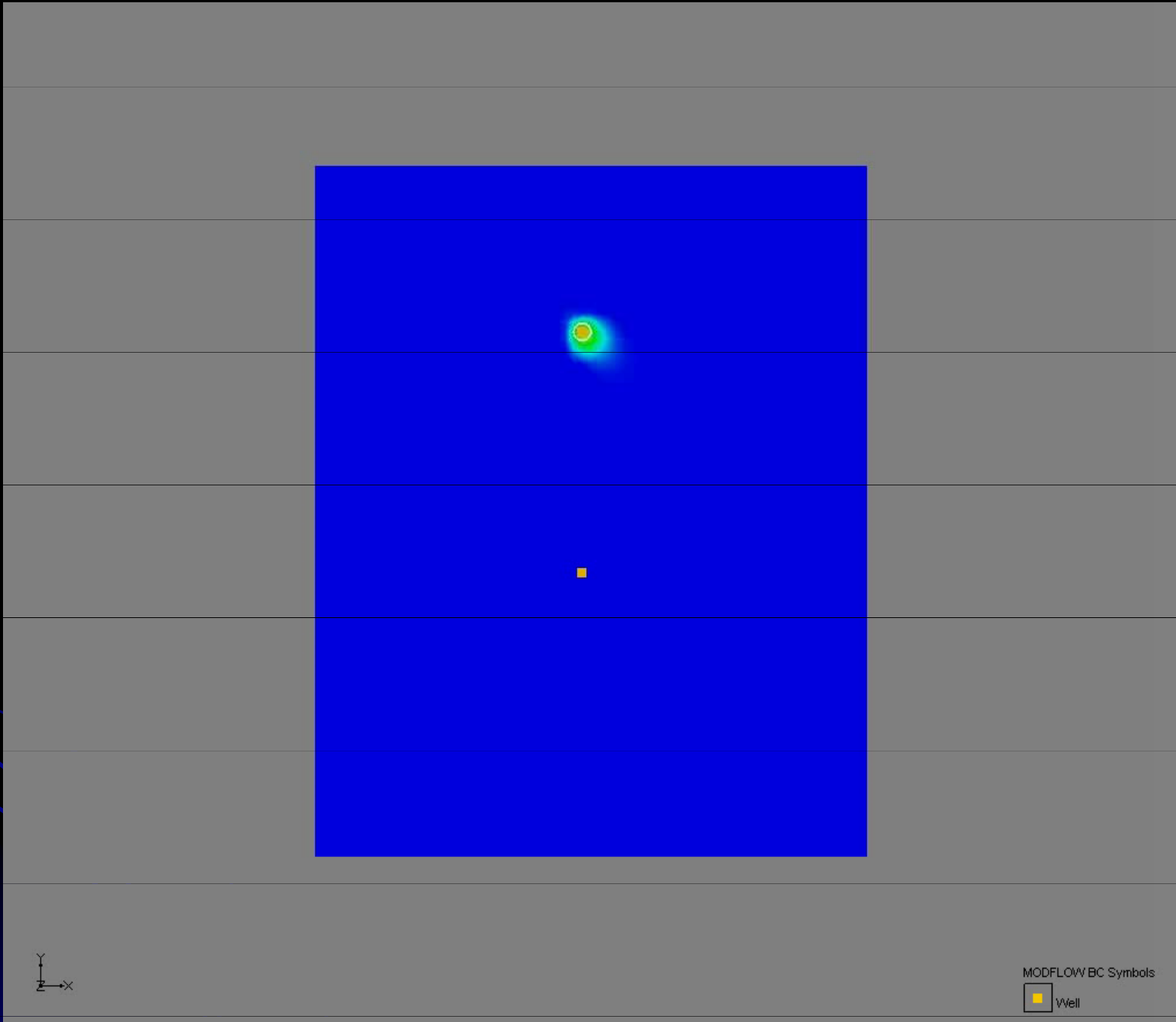


Josef Fri Jun 09 2006

1 litr vody: vysrážení 139 mg kalcitu, 2,9 mg amorfního $Fe(OH)_3$, 0,24 mg pyroluzitu

Fe: 1,54 \rightarrow $2,54 \times 10^{-9}$ mg/l

Mn: 0,149 \rightarrow $4,3 \times 10^{-12}$ mg/l



MODFLOW BC Symbols



Well

