

Karsologie

Jiří Faimon

rozsah 2/0

3 kredity

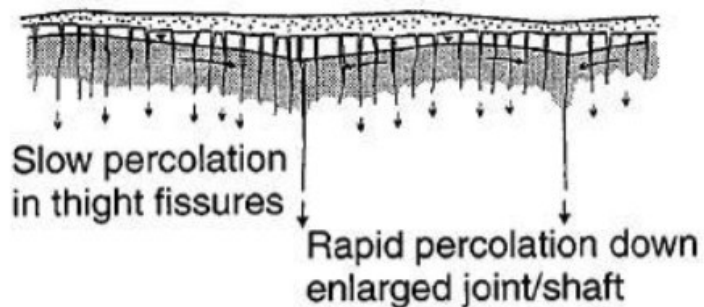
Vývoj krasu C

Vývoj krasu

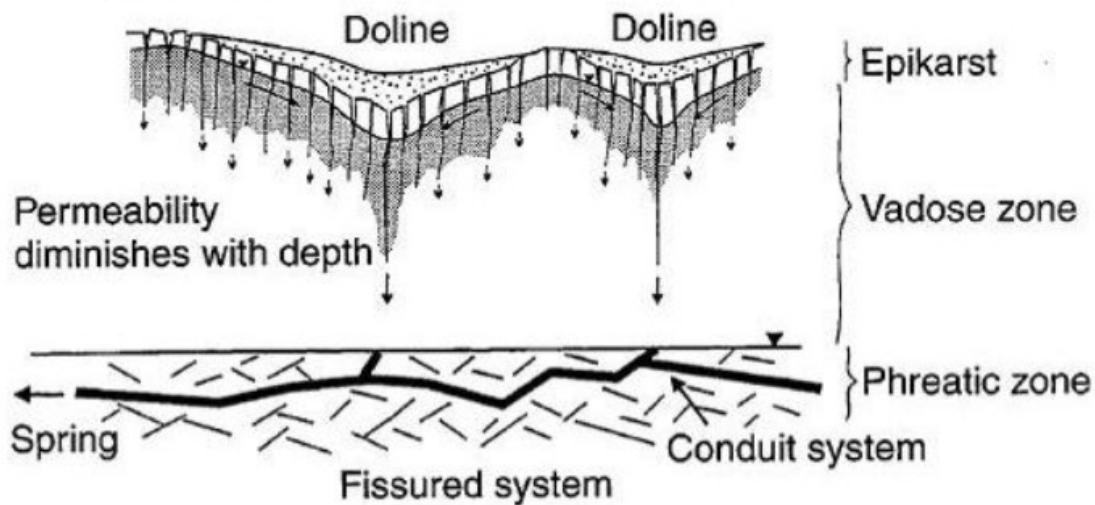
Vertikální struktura:

- epikras
- vadózní (nesaturovaná) zóna
- freatická (saturovaná) zóna

Ranné stádium vývoje krasu

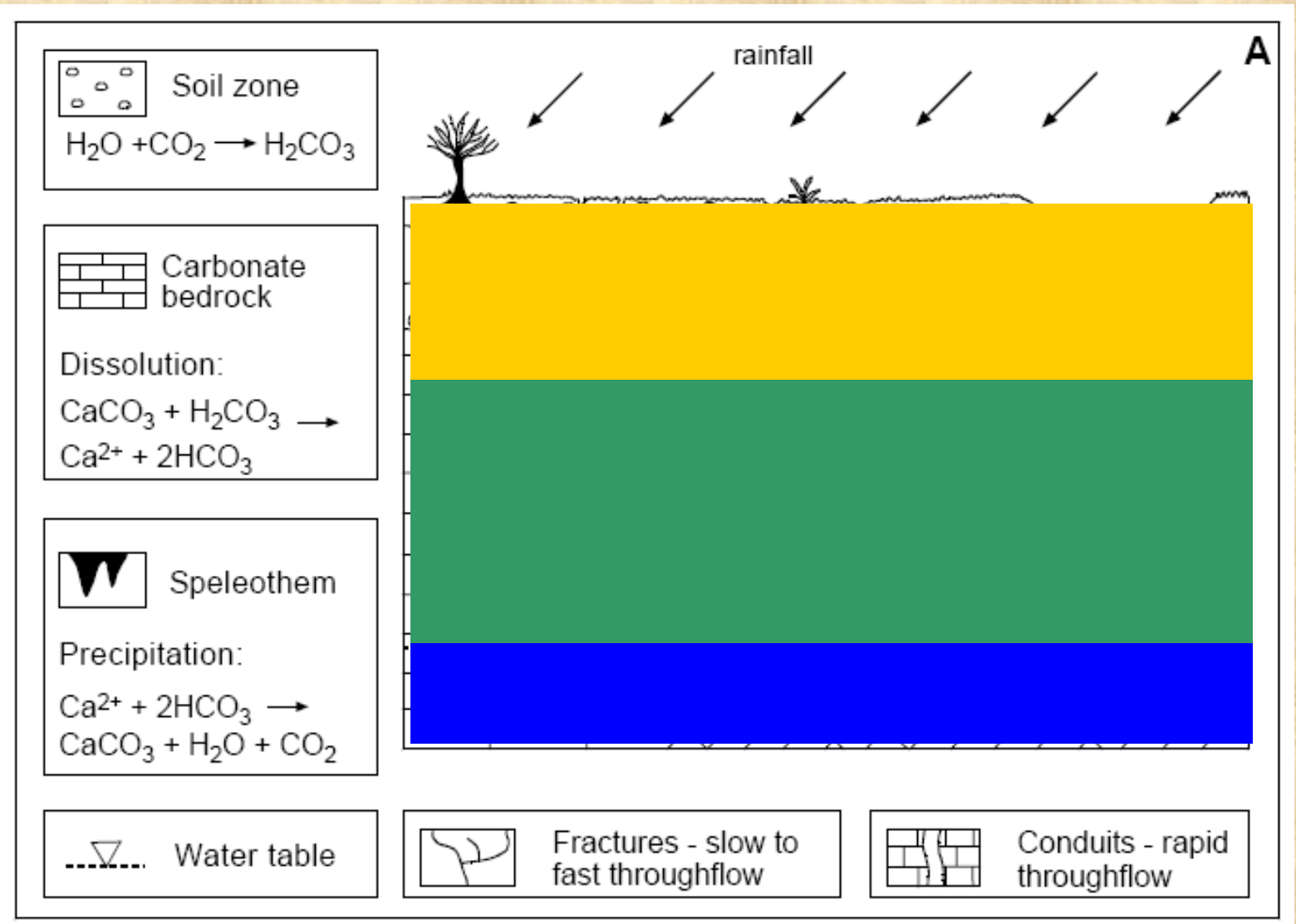


Pokročilé stádium



Podle Williamse, 1983

Vertikální profil krasu



Epikras

Nejvyšší vrstva zkrasovělých hornin (poloha hornin mezi půdní bází a vadózní zónou).

- systém puklin rozšířených rozpouštěním
- od povrchu krasu níže k vadózní zóně
- extrémní pórovitost

(Drew, 1995).

Tichá dohoda,
Moravský kras



Foto: M. Schwarzová

Vlastnosti/rysy epikrasu

- intenzivní zvětrávání karbonátů.
 - vznik štěrku/písku/prachu/jílu
 - vznik škrapů (pyramidy a prohloubeniny v hornině na povrchu)
 - sítě protínajících se kanálů, rozšířených puklin, dutin a otvorů
- zvýšená a rovnoměrněji vyvinutá porozita/propustnost
- Propustnost variuje v širokých mezích
- Deprese epikrasu částečně/úplně vyplněny sedimenty < 5% až > 95%.

Tichá dohoda, Moravský kras



Foto: M. Schwarzová

Hydrologie epikrasu

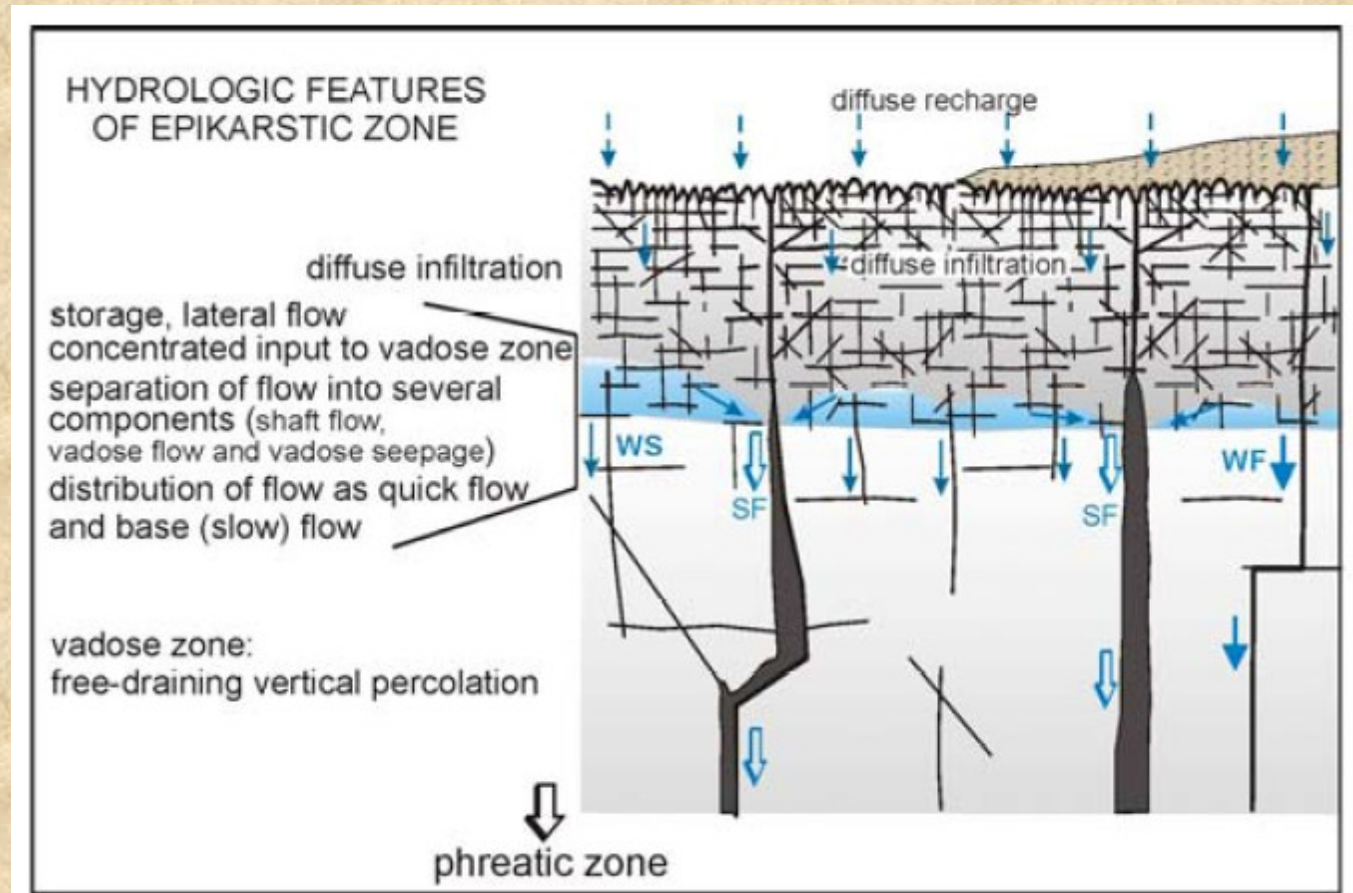
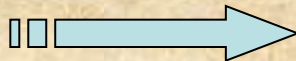
- Rychlost infiltrace většinou převyšuje rychlost odtoku (drenáže)
- Báze epikrasu tvoří **hydrologickou bariéru**
- Efekt *úzkého hrdla* - shromažďování infiltrační vody, vývoj lokální hladiny, vytvoření **vysutého kolektoru** (a perched epikarstic aquifer)
- Epikras - **zásobník krasové vody** pro vadózní zónu

SF = shaft flow
(šachtový tok),

WF = vadose flow
(vadózní tok),

WS = vadose seepage
(vadózní prosakování)

Klimchouk A.
*Speleogenesis and
Evolution of Karst Aquifers.*
The Virtual Scientific
Journal



- **koncentrování polutantů z bodových zdrojů na povrchu**

Hydrologické procesy při bázi epikrasu distribuují polutanty do vadózní zóny. Důsledkem jsou pulzy v koncentracích polutantů ve vývěrech (Tyc 1996)

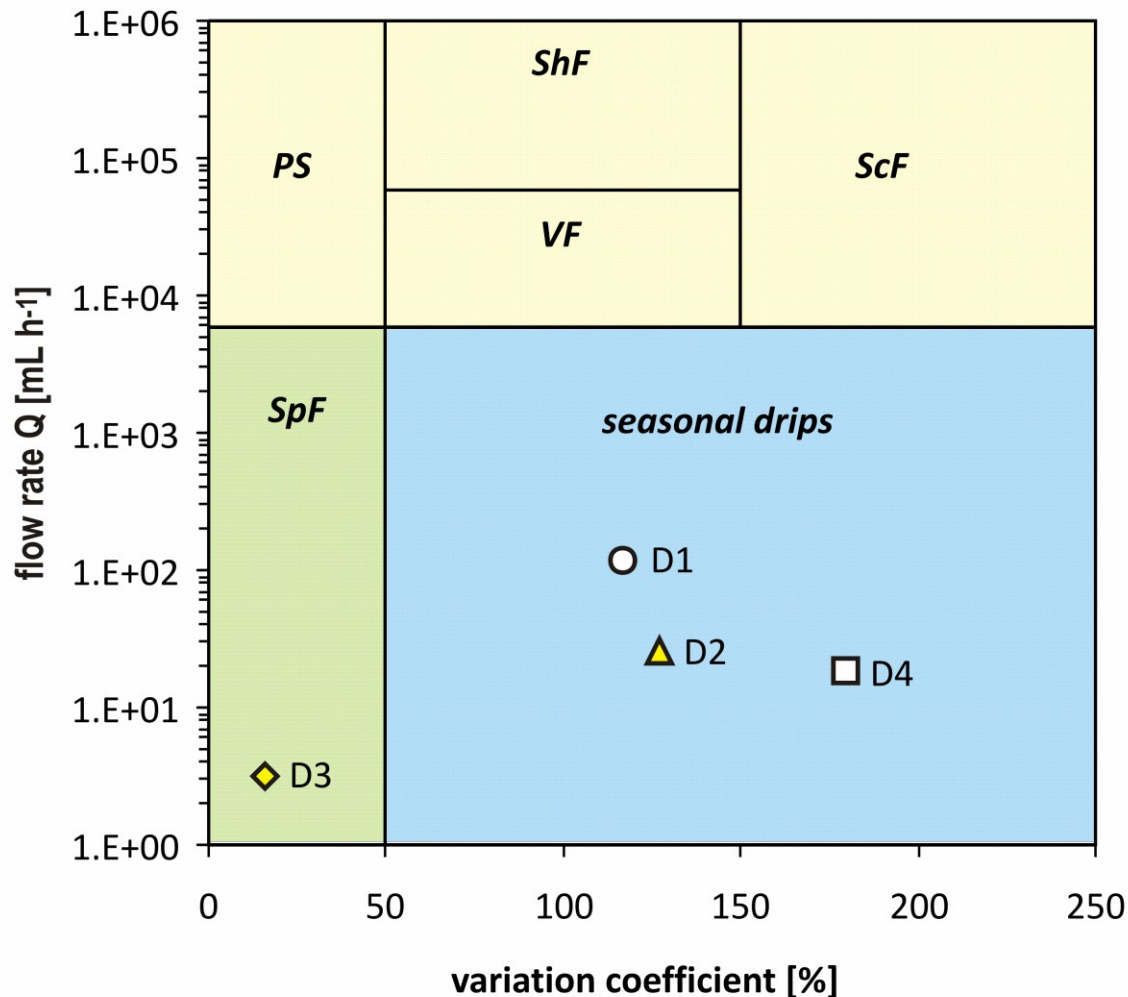
- **mocnost epikrasu je v rozmezí několika cm až do desítek metrů**

Je ovlivněna

- klimatem,
- časem od posledního zalednění,
- povahou a hloubkou cirkulace podzemní vody,
- vlastnostmi podloží
- vegetační historií dané lokality.

Intenzita vývoje epikrasu klesá s jeho rostoucí hloubkou.

- **distribuce infiltrující vody do struktur vadózní zóny**
 - mikroskopické trhliny
 - makroskopické pukliny
 - úzké šachty



Hydrological classification of the dripwaters based on their mean discharge and variability

PS - percolation stream,
ShF - shaft flow,
VF - vadose flow,
ScF - subcutaneous flow,
SpF - seepage flow.

Based on Smart and Friedrich (1986) and Baker et al. (1997)

Conduit flow

Matrix flow

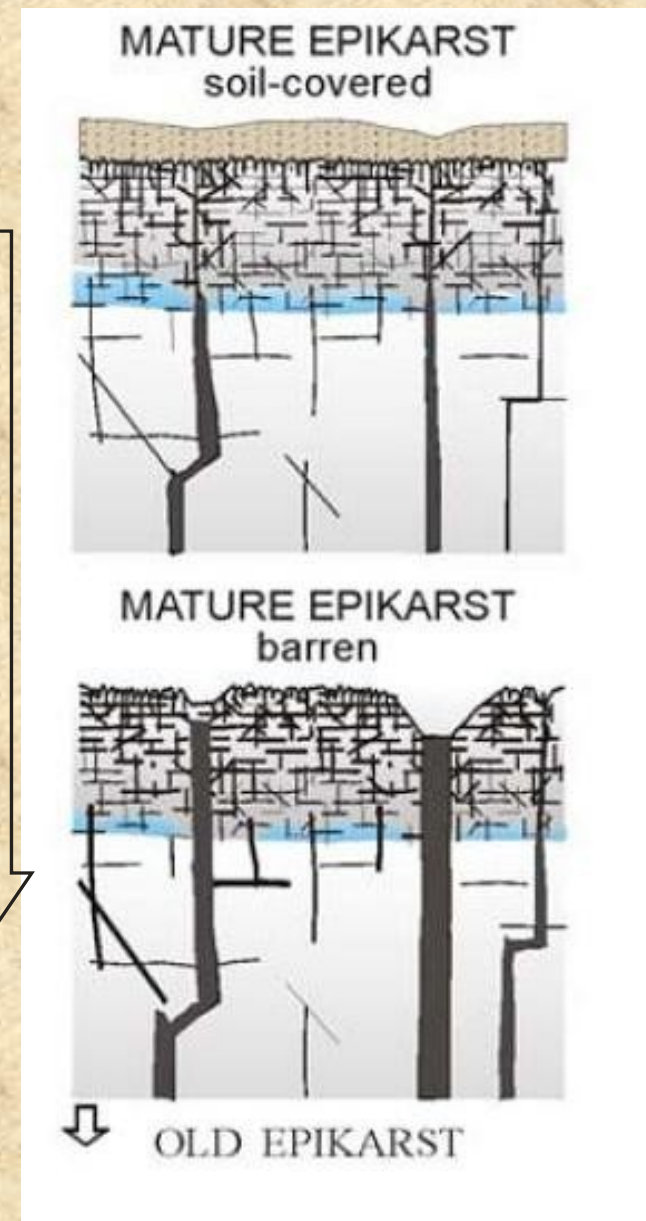
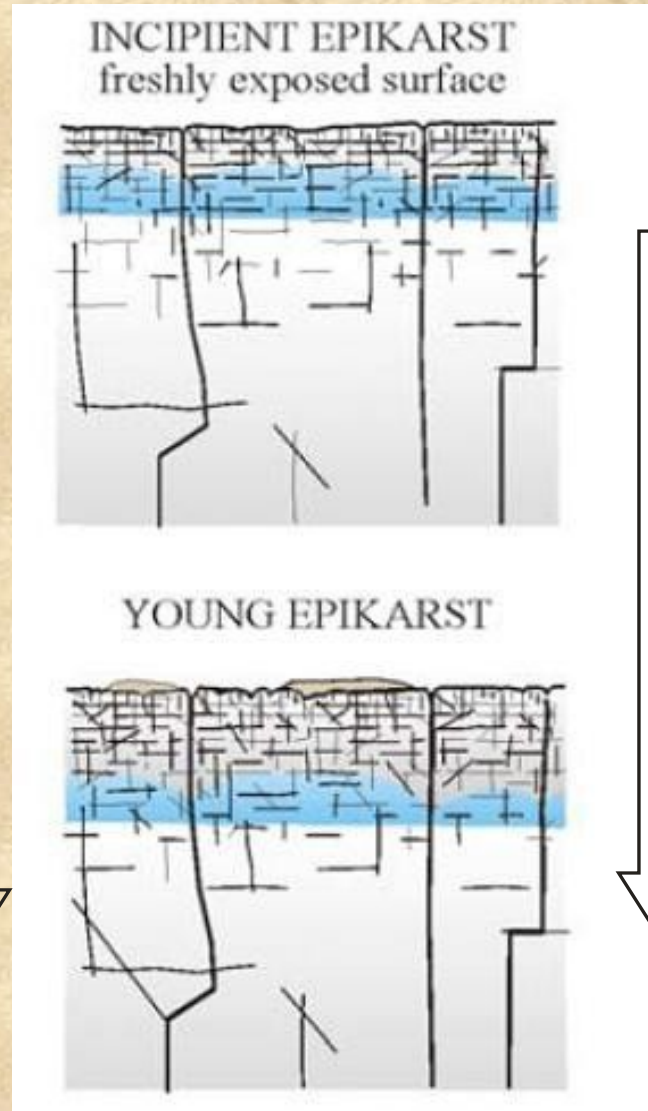
Vývoj epikrasu v čase

Karsologie I

**Epikras je
výsledkem**

- rozpouštění
- zvětrávání
- uvolnění pnutí
v horninách

**Epikras je
dynamický systém
- stále se vyvíjí!**



Faktory ovlivňující vývoj epikrasu

- složení, struktura a textura mateřských hornin, náchylnost k mechanickému rozpadu a rozpouštění
- tektonická struktura: litostratigrafie, strukturních rysy, struktura puklin, horizontální a vertikální variabilita hornin
- lokální topografie: odvodňování, drcení, pukliny
- přítomnost a mocnost půdního profilu: Biogenní produkce CO₂ a organických kyselin
- klimatické vlivy:
 - (1) poměr fyzikálního a chemického zvětrávání
 - (2) rychlosti rozpouštění.

Chemické zvětrávání je nejintenzivnější v horkém a vlhkém tropickém klimatu. Fyzikální zvětrávání dominuje v polárních a aridních oblastech. Další faktory jsou srážky, teplota, vegetace a biologická aktivita.
- mikroklimatické vlivy: lokální odlišnosti v půdách a vzorech epikrasu
- tektonický režim: Rychlost zdvihu nebo pokles hornin, ovlivnění denudace a pnutí hornin
- povaha denudačních procesů: rychlost vystavení podloží povrchovým podmínkám
- čas vývoje

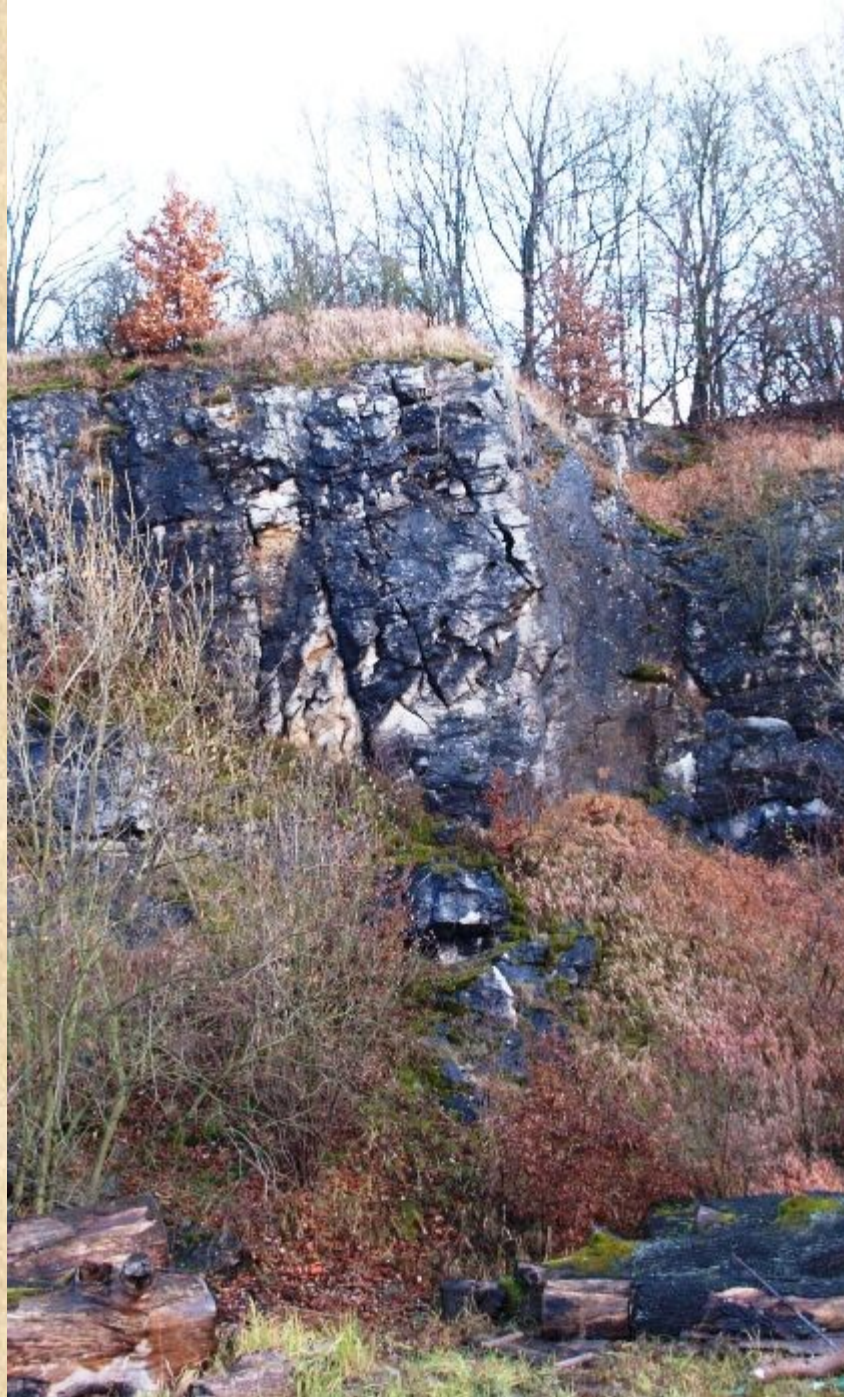
Slabě vyvinutý epikras

Vavřinecké vápence, Moravský kras

Paradox: nestarší vápence
Moravského krasu

Význam primární predispozice
hornin ke krasovění!

Foto: M. Schwarzová



Vavřinecké vápence, Moravský kras



Foto: M. Schwarzová

Charakteristika epikrasu podle hydrologických kritérií

Zóny epikrasu lze rozdělit do tří hydrologických typů podle schopnosti shromažďovat vodu

- rychle odvodňovaný epikras
- sezónně saturovaný epikras
- trvale saturovaný epikras

V mocnějších zónách epikrasu se mohou lokálně uplatnit více typů nebo všechny typy. Rychle odvodňovaný epikras se může vyskytovat v horních partiích, sezónně nebo trvale saturovaný epikras může být v nižších zónách epikrasu.

Rychle odvodňovaný epikras

vyznačuje se malým množstvím zón nasycených vodou, saturace nevydrží déle než několik hodin po intenzivních srážkách nebo po tání sněhu.

Nízká zásoba vody.

Dutiny v hornině jsou málo vyplněny jemnými sedimenty.

Vody odtékají do vadózní zóny z mnoha míst na bázi epikrasu.

Typické příklady:

- (1) alpské krasové oblasti
- (2) oblasti s vysokým topografickým reliéfem
- (3) oblasti s vysokou čistotou karbonátových hornin (nízké reziduum) a zanedbatelnými externími zdroji sedimentu

Sezónně saturovaný epikras

- sezónní zásoba vody (po srážkovém období a tání sněhu)
- Zásoby vody mohou vydržet týdny až měsíce
- Dutiny jsou z části nebo téměř zcela vyplněny jemným sedimentem
- Preferenční cesty odvodu vody, ne zcela vyplněné vodou

Typické příklady:

(1) vlhké oblasti

(2) oblasti se středně zvlněným reliéfem

(3) oblasti s horninou poskytující dostatek rezidua pro vznik púd a sedimentů o dostatečné mocnosti

Trvale saturovaný epikras

většina zón epikrasu je trvale nasycena vodou.

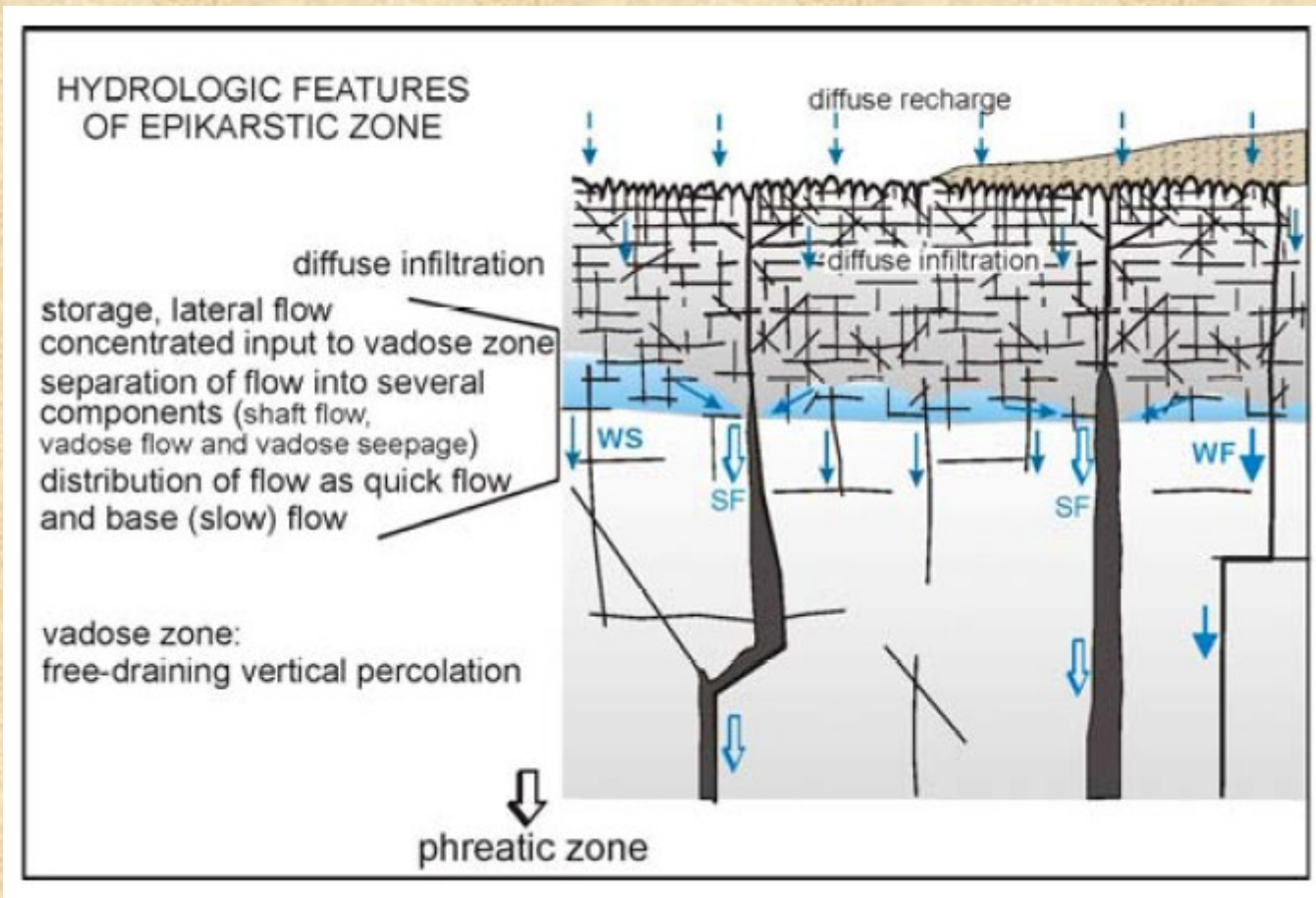
- (1) humidní oblasti
- (2) oblasti s plochým reliéfem
- (3) oblasti v úrovni hladin trvalých vodotečí
- (4) všechny dutiny jsou vyplněny jemným sedimentem (Aley, 1997)

Vadózní zóna

- Nesaturovaná zóna vodou.
- Póry v hornině jsou zčásti vyplněny vzduchem.
- Voda póry prosakuje díky gravitačním silám směrem k freatické zóně.
- Převládající směry proudění ve shodě s gravitačním gradientem (vertikální).

Rychlosti... (?)

- Doba zadržení týdny až roky (?)



SF = shaft flow (šachtový tok),

WF = vadose flow (vadózní tok),

WS = vadose seepage (vadózní prosakování)

Klimchouk A. *Speleogenesis and Evolution of Karst Aquifers*.

The Virtual Scientific Journal

Freatická zóna

- Saturovaná zóna vodou - zóna definovaná hladinou podzemní vody
- Pod touto linií jsou všechny póry hornin zcela vyplněny vodou
- Převládající směry proudění jsou laterární (horizontální)
- **Rychlosti v závislosti na hloubce!**

Doba zadržení:

- hodiny-dny-týdny při hladině (v závislosti na průtoku)
- roky až X0 let v hlubších partiích

Epifreatická zóna

Karsologie I

Punkevní jeskyně, Moravský kras

Punkva - vodní plavba



Hladina podzemní vody

Foto: J. Štelcl

Karsologie I

Punkevní jeskyně, Moravský kras

Punkva - výtok



Hladina podzemní vody

Foto: J. Štelcl

JESKYNĚ

Definice: Přírodní dutina v hornině spojená s povrchem, která je dostatečně velká, aby do ní mohl vstoupit člověk.

Table 7.3 Classification of karst solution caves

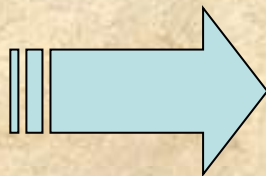
A Normal meteoric waters	<p>Unconfined circulation in karst rocks (= hypergene caves)</p> <p>Confined circulation in karst rocks, or partial circulation in non-karstic rocks; includes some hypogene caves</p>	<p>1 Branchwork caves (80% of known caves?)</p> <p>2 Maze caves and outlet basal injection caves</p> <p>3 Combinations of types 1 and 2</p>
B Deep enriched waters	<p>Enriched by exhalative CO₂ (normally, thermal waters); hypogene caves</p> <p>Enriched in H₂S, etc. (basin waters, connate waters)</p>	<p>4 Hydrothermal caves (~10% of known caves?)</p> <p>5 Carlsbad-type cavities and gypsum replacement caves</p>
C Brackish waters	<p>Chiefly marine and fresh waters mixing</p>	<p>6 Coastal mixing zone cavities</p>
D	<p>Combinations of B or C with A, developing in sequence</p>	<p>7 Hybrid caves</p>

Tři základní modely vzniku jeskyní

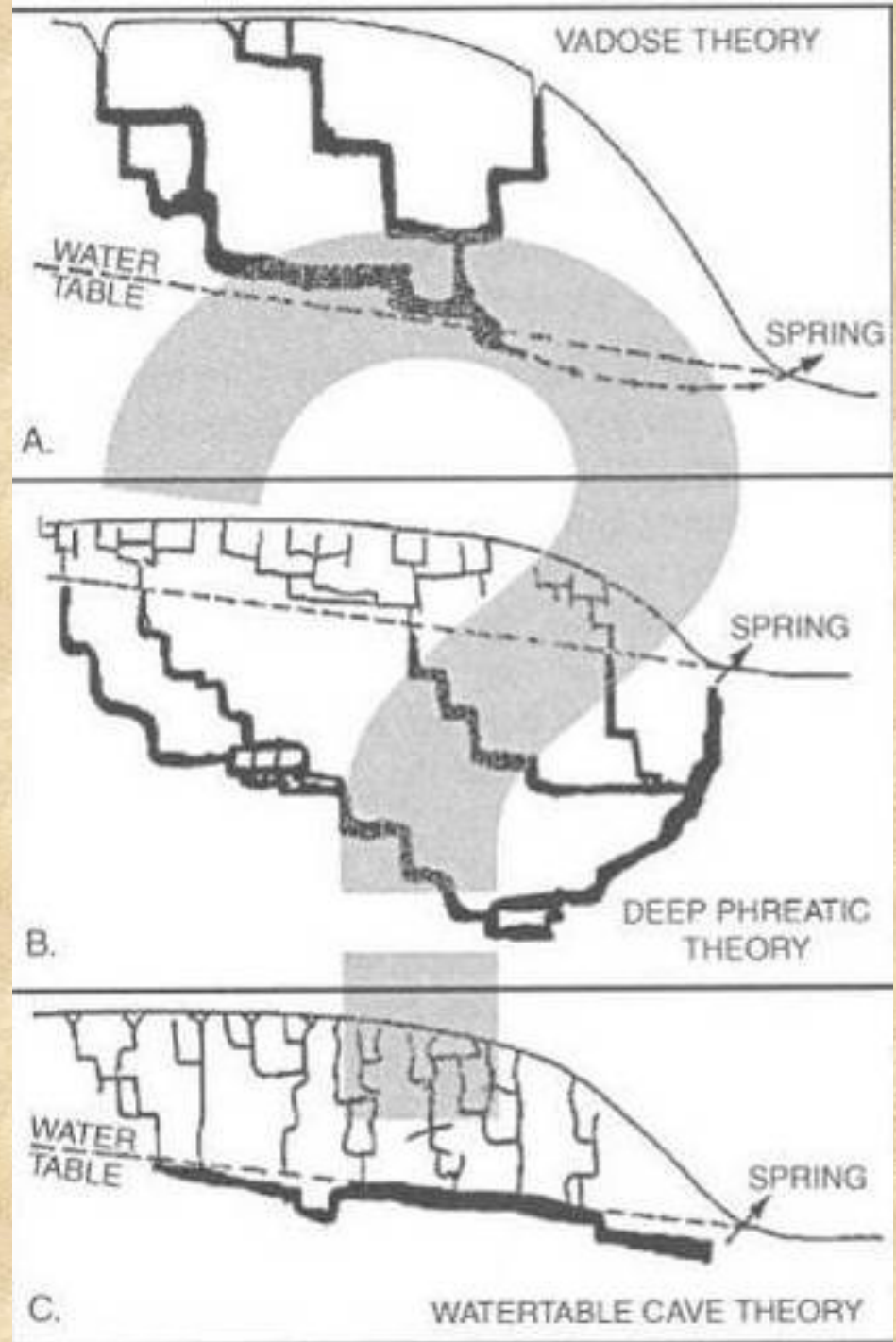
- **Vadózní** (vznik ve vadózní zóně agresivními prosakujícími vodami, převažuje vertikální směr)
- **Mělce freatický** (formovaný při hladině volně proudící podzemní vody, převládající horizontální směry) (watertable cave)
- **Hluboce freatický** (vznik pod hladinou podzemní vody proudící pod hydrostatickým tlakem) (phreatic - and bathyphreatic caves)

Konfliktní modely vývoje jeskyní z 50-tých let:

- vadózní (A)
- hluboce freatický (B)
- mělce freatický (C)



(Podle Ford, D.C. Perspectives in karst hydrogeology and cavern genesis. Bulletin d'Hydrogeologie, 16,9-29 1998, Universite de Neuchitel Centre d'Hydrogeologie, Rue Emile-Argand 11, CH-2007 Neuchitel).



Vadózní teorie

- zdá se být logická
 - nenasycení vertikálně proudících vod
 - role CO₂

Řada jeskyní však leží/ležela pod hladinou podzemní vody

Mělce freatická teorie (watertable cave theory)

- Zdá se být logická
 - řada velkých jeskyní téměř vodorovný směr
 - nenasycení alochtonních vod (zdroj mimo kras)
 - mechanický vliv tekoucí vody (otěr hornin suspenzí)

Teorie hluboce freatických jeskyní

Malý pohyb

Voda rozpouštějící vápenec musí být nenasycená ke kalcitu!!! $SI_{\text{kalcit}} < 0$

Jaká je rovnovážná koncentrace?

V závislosti na obsahu CO_2 :

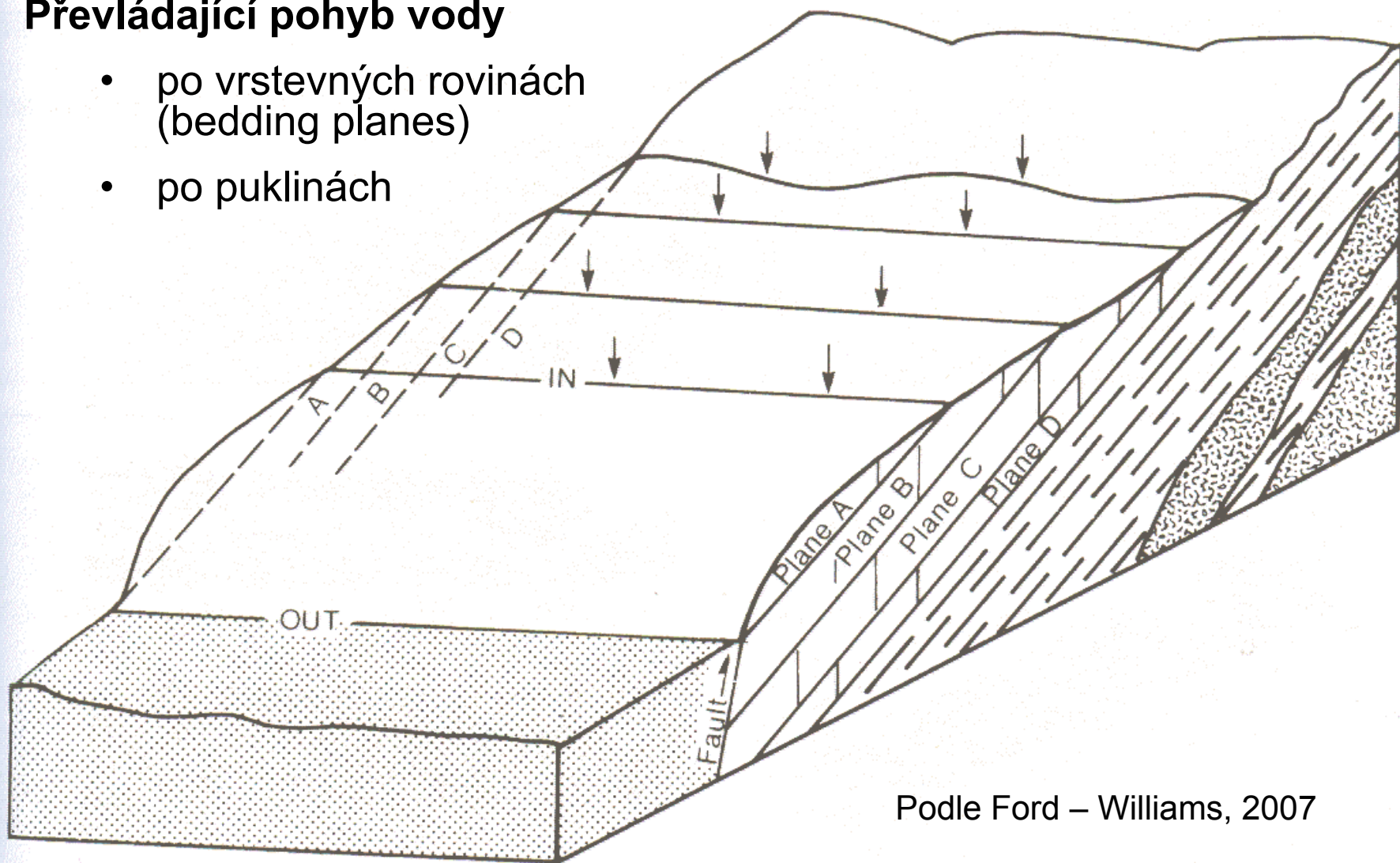
- V 1 L vody v rovnováze s vnější atmosférou $p_{\text{CO}_2} = 10^{-3,5}$ se rozpustí kolem $6 \cdot 10^{-4}$ molu , tj., 0,06 g kalcitu!
- V 1 L vody v rovnováze s půdní atmosférou $p_{\text{CO}_2} = 10^{-1,5}$ se rozpustí kolem $3 \cdot 10^{-3}$ molu , tj., 0,30 g kalcitu!

Jaká je dynamika?

- V závislosti na velikosti mezifázového rozhraní - doba nutná k přiblížení do rovnováhy - řádově dny až týdny!
- Voda v rovnováze kalcit nerozpouští, bez ohledu na dobu interakce!
- Rychlost pohybu vody ve freatické zóně klesá a doba zadržení roste s hloubkou. **Jak dochází k rozpouštění a vytvoření hluboce freatického systému?** Určitý posun s objevem směšovací koroze...

Převládající pohyb vody

- po vrstevných rovinách (bedding planes)
- po puklinách



Podle Ford – Williams, 2007

Figure 7.3 Conceptual model structure to explain the development of unconfined cave systems in penetrable bedding planes A to D and joint systems in between them.

Převládající směry vrstev a puklin Predispozice pro krasovění

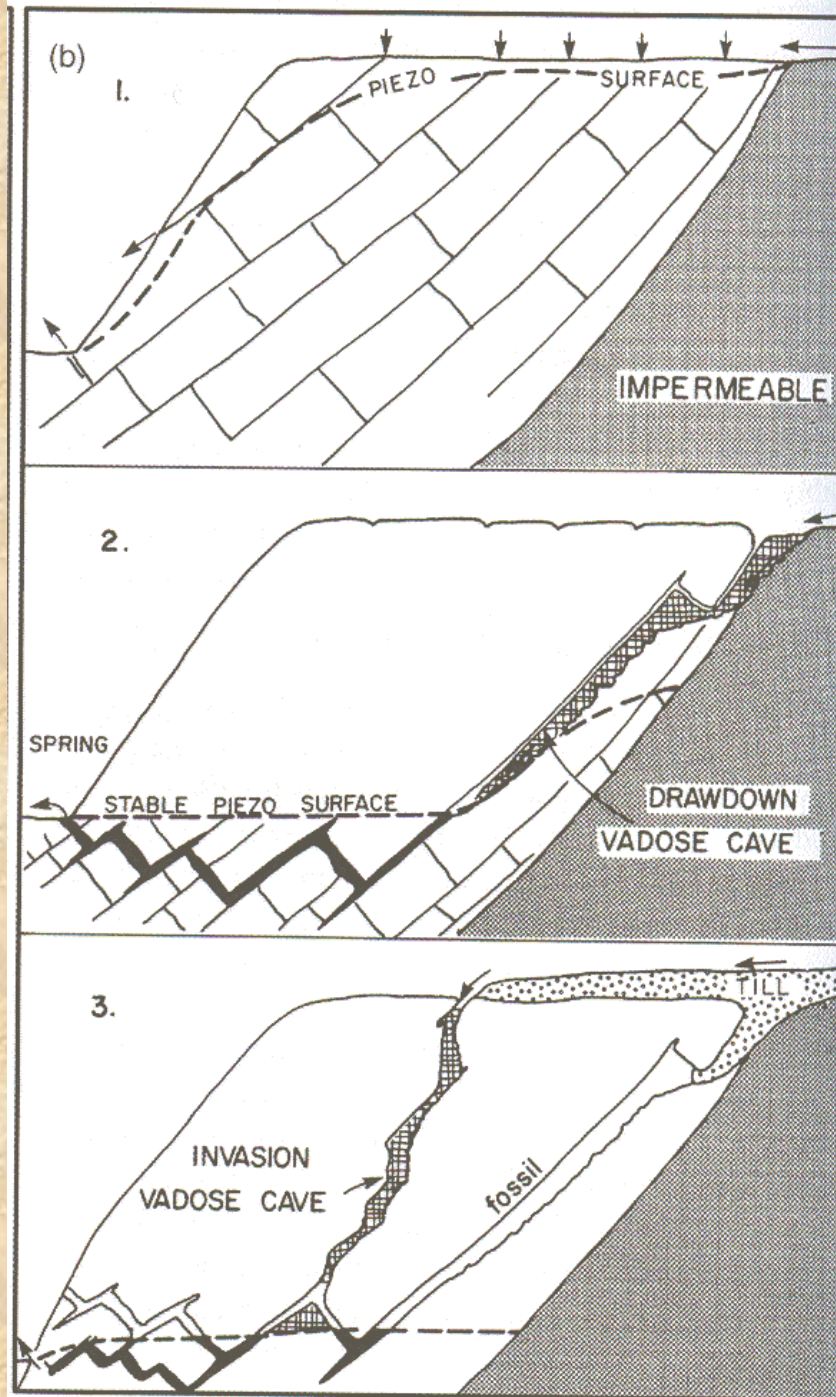


Lesní lom,
Moravský kras

Foto: J. Štelcl

Karsologie I

- Vznik vadózní a freatické jeskyně (2)
- Zahlubování freatické jeskyně
- vznik invazivní vadózní jeskyně (3)



Čtyřfázový model:

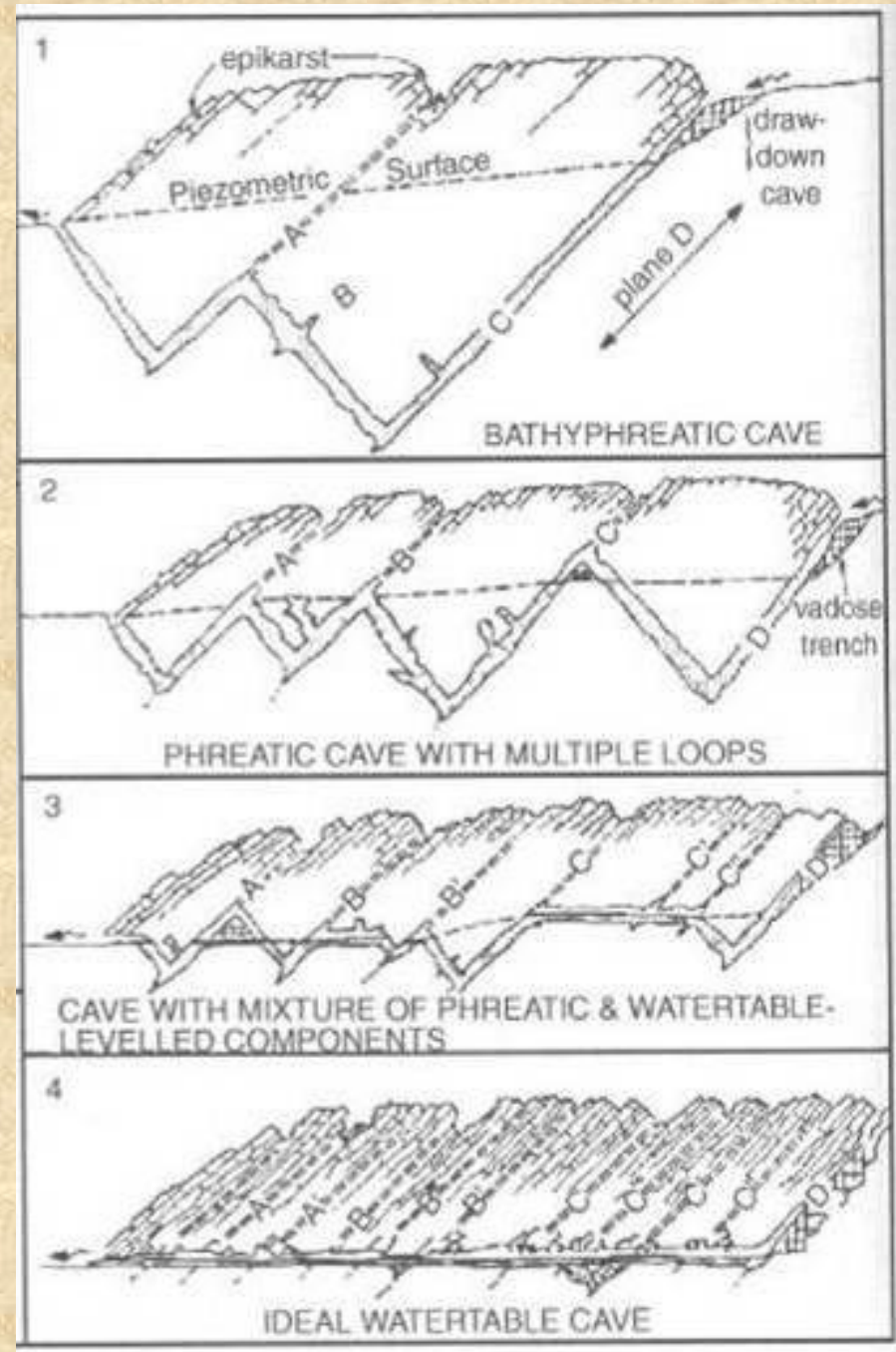
Vadózni, hluboce freatický (bathypheatic) i mělce freatický (water-table) mechanismus se mohou uplatňovat současně!

Degradace povrchu krasu, relativní výstup freatické zóny

Aktuální stav vývoje závisí na

- hustotě, propustnosti, systému puklin
- orientaci vrstev podloží
- a hydraulickém gradientu

(Podle Ford, D.C. Perspectives in karst hydrogeology and cavern genesis. Bulletin d'Hydrogeologie, 16,9-29 1998, Universite de Neuchitel Centre d'Hydroge ologie, Rue Emile-Argand 11, CH-2007 Neuchiltel).



JESKYNNÍ BLUDIŠTĚ SLOUPSKO – ŠOŠŮVSKÉ NA MORAVĚ

(SITUACE V ROCE 1945)

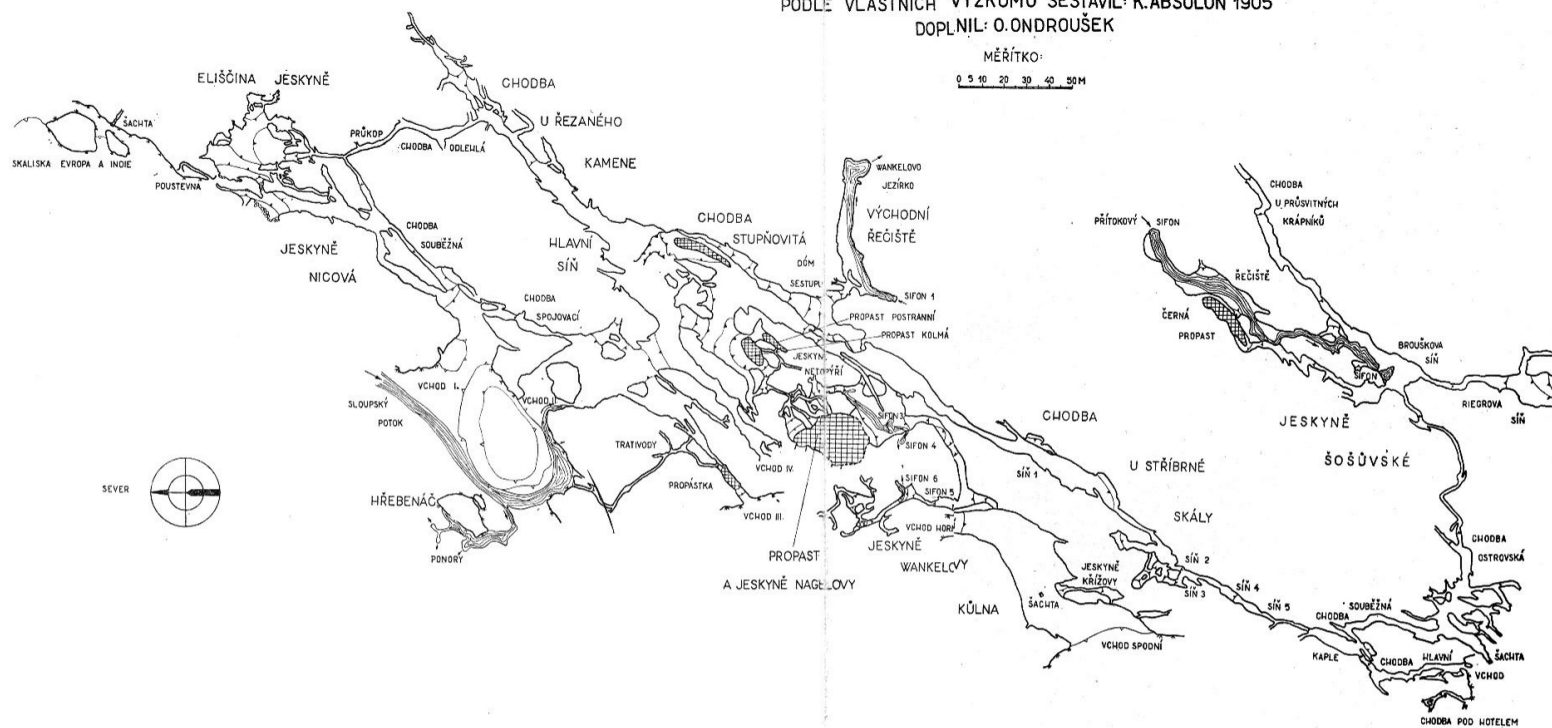
PODLE VLASTNÍCH VÝZKUMŮ SESTAVIL: K. ABSOLON 1905

DOPLNIL: O. ONDROUŠEK

MĚŘÍTKO:

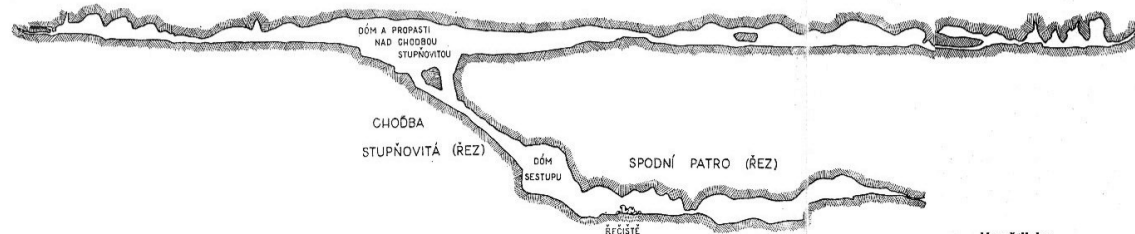
0 5 10 20 30 40 50 M

Karsologie I



CHODBA U ŘEZANÉHO KAMENE (ŘEZ)

CHODBA U STŘÍBRNÉ SKÁLY (ŘEZ)

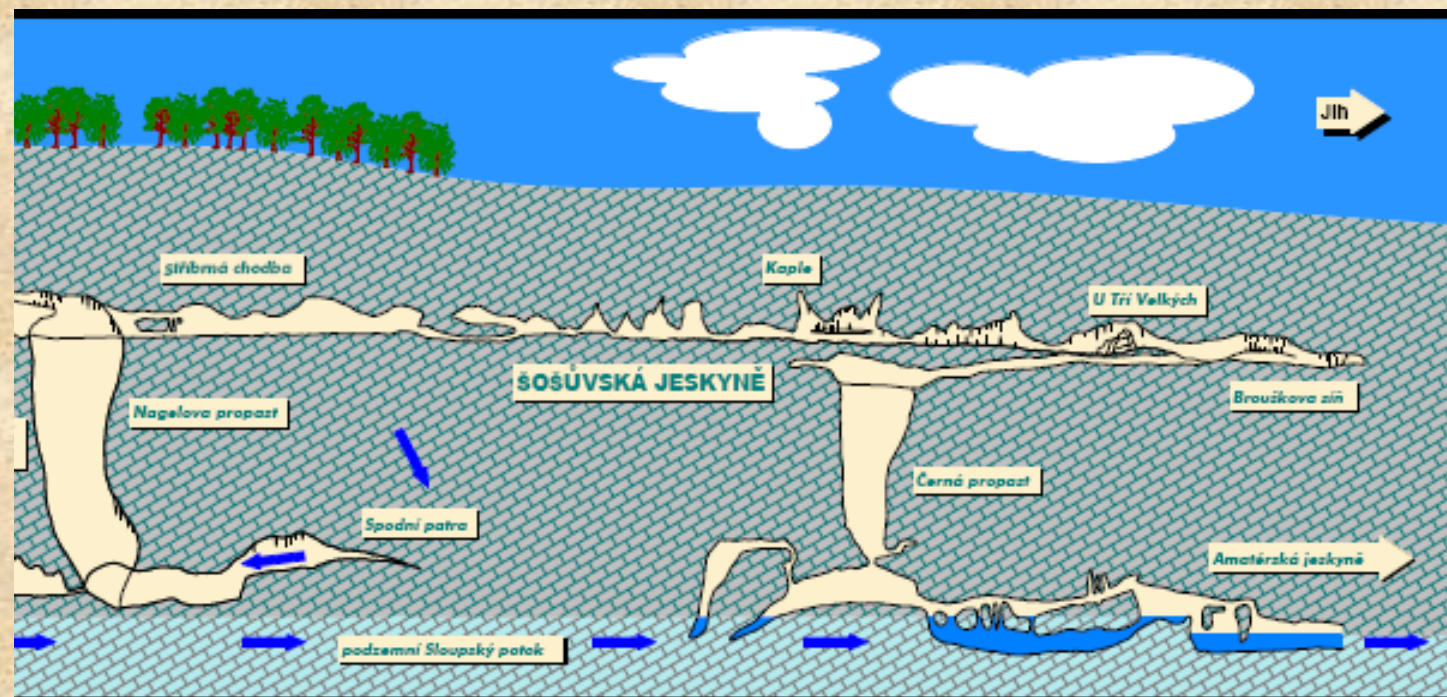
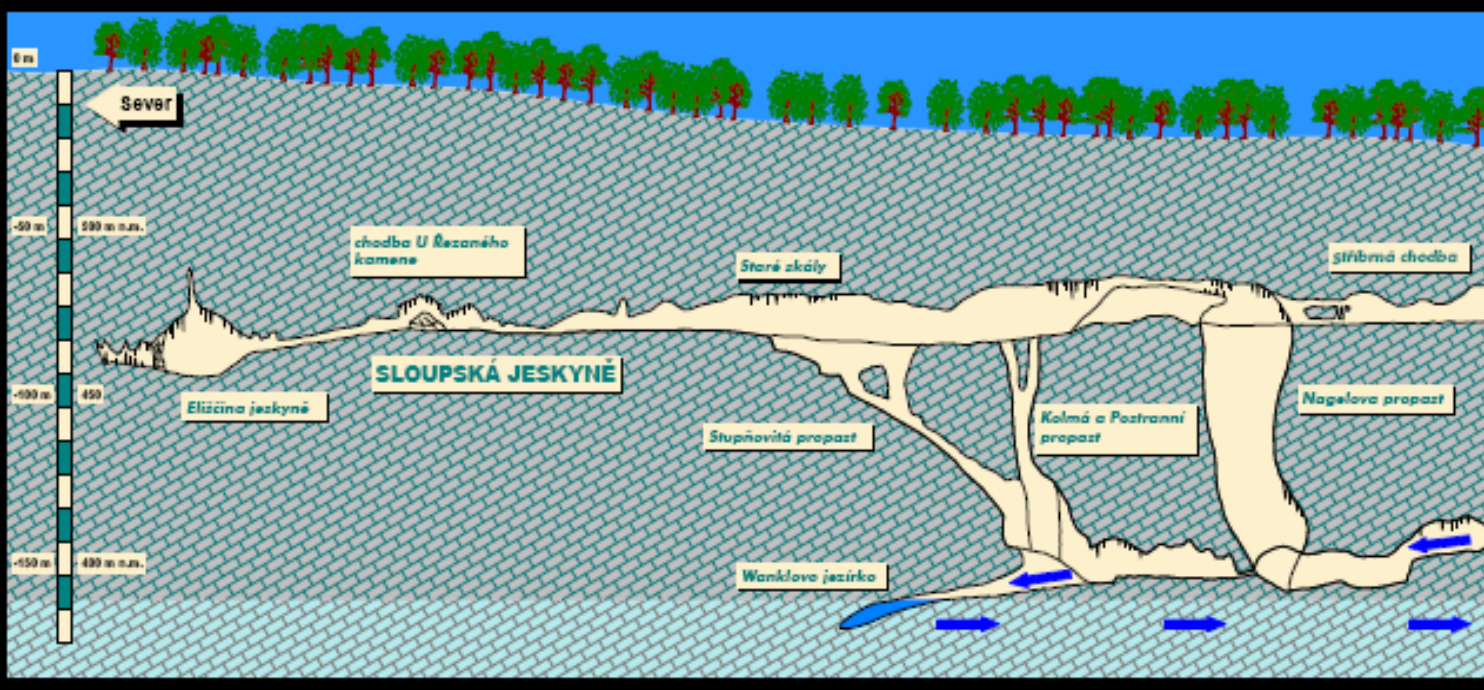


Vysvětlivky

k mapovým přílohám 1-6

VYSVĚTLIVKY

	OBRYSY JESKYNNÍCH STĚN / PŮDORYS /
	OBRYSY JESKYNNÍCH STĚN / ŘEZY /
	OBRYSY JESKYNNÍCH STĚN PŘEKŘÝVAJÍCÍCH SE PARTIÍ
	OBRYSY SKALNÍCH STĚN NA POVRCU
	VODNÍ TOKY, TŮNĚ, JEZÍRKA / PŮDORYS /
	VODNÍ TOKY, TŮNĚ, JEZÍRKA / ŘEZY /
	PROPASTI
	KOMÍNŮ
	BALVANY, ZÁVALY
	ZNAČENÍ SPÁDU V JESKYNÍCH
	ZNAČENÍ SPÁDU NA POCVRCU
	PRAVĚPODOBŇNÝ PŘEBĚH OBRYSŮ JESKYNNÍCH STĚN.

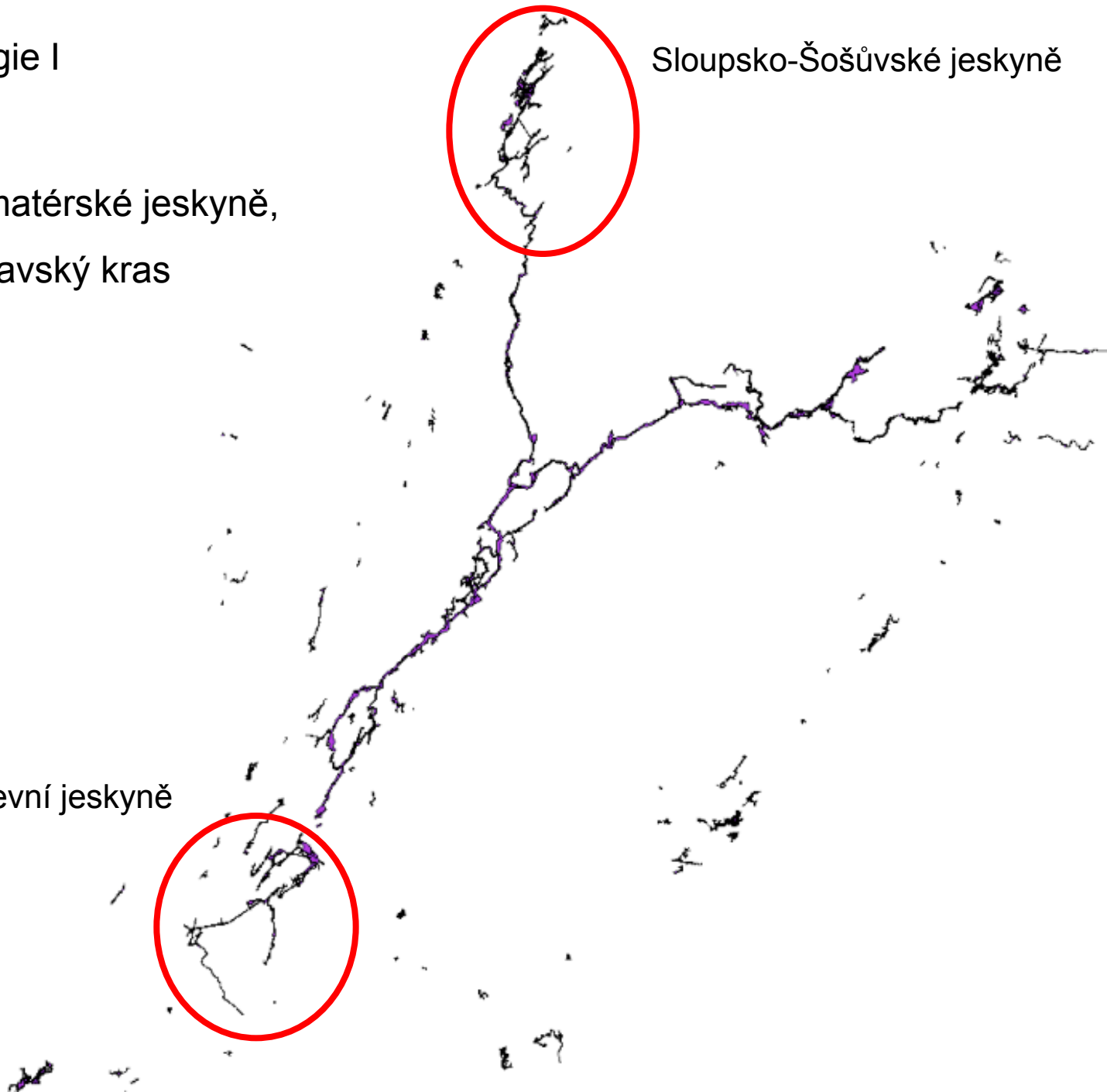


Karsologie I

Sloupsko-Šošůvské jeskyně

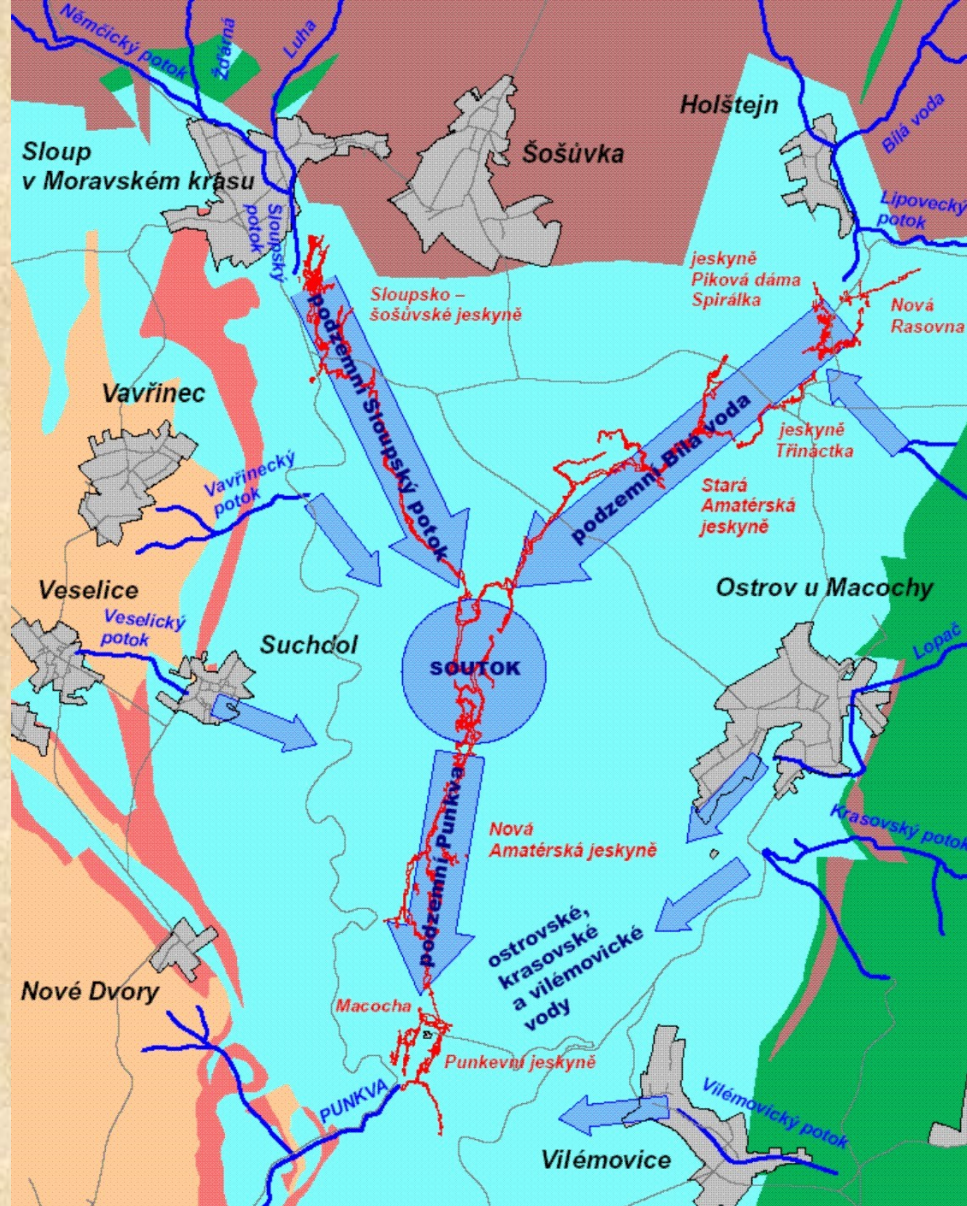
Systém Amatérské jeskyně,
Moravský kras

Punkevní jeskyně



Karsologie I

Hydrogeologické poměry Amatérské jeskyně, Moravský kras



I. Balák



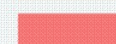
0 500 1000 m



PODZEMNÍ
TOK



ŽULA



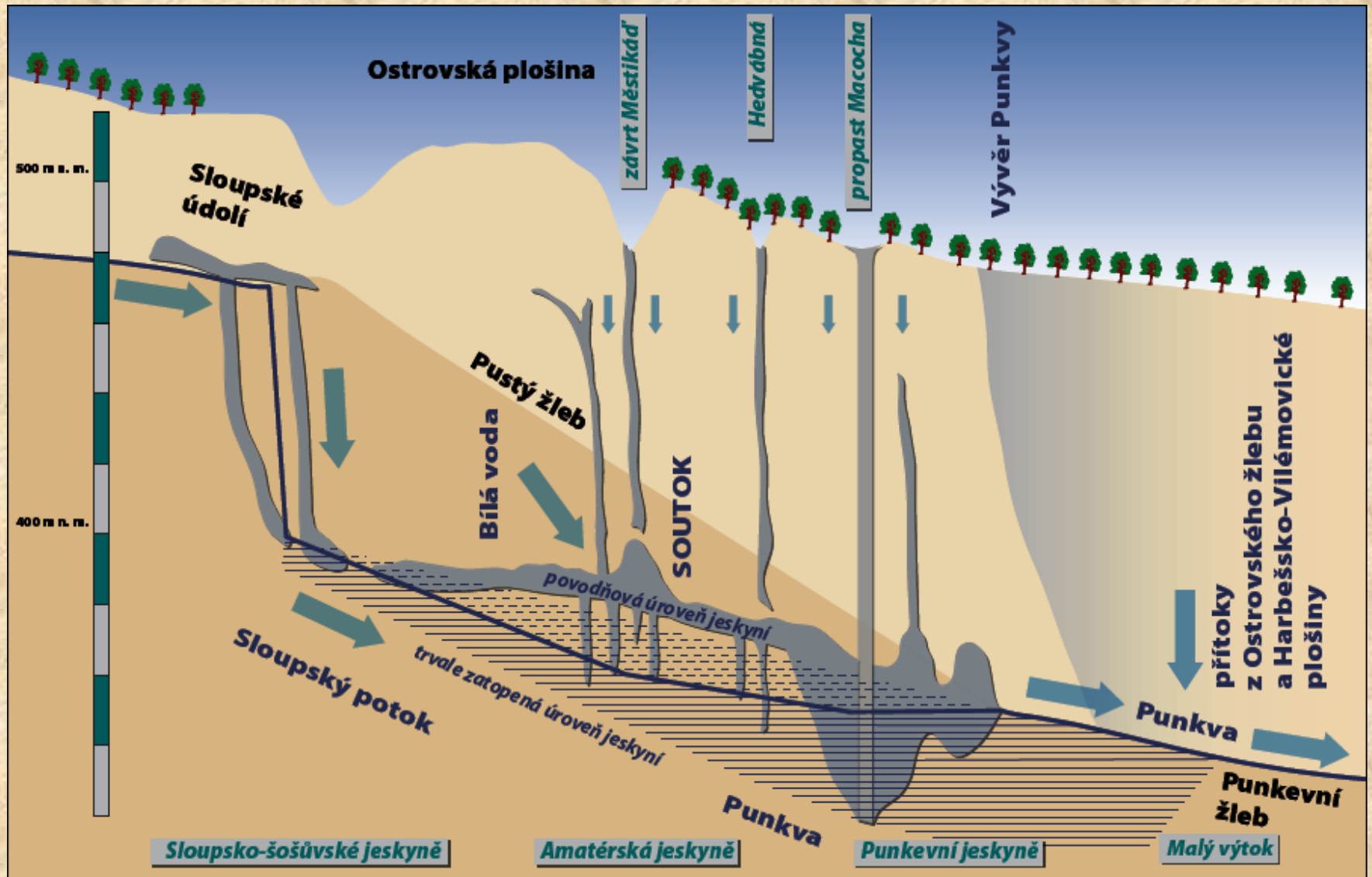
SLEPENEC

VÁPENEC
krasová hornina

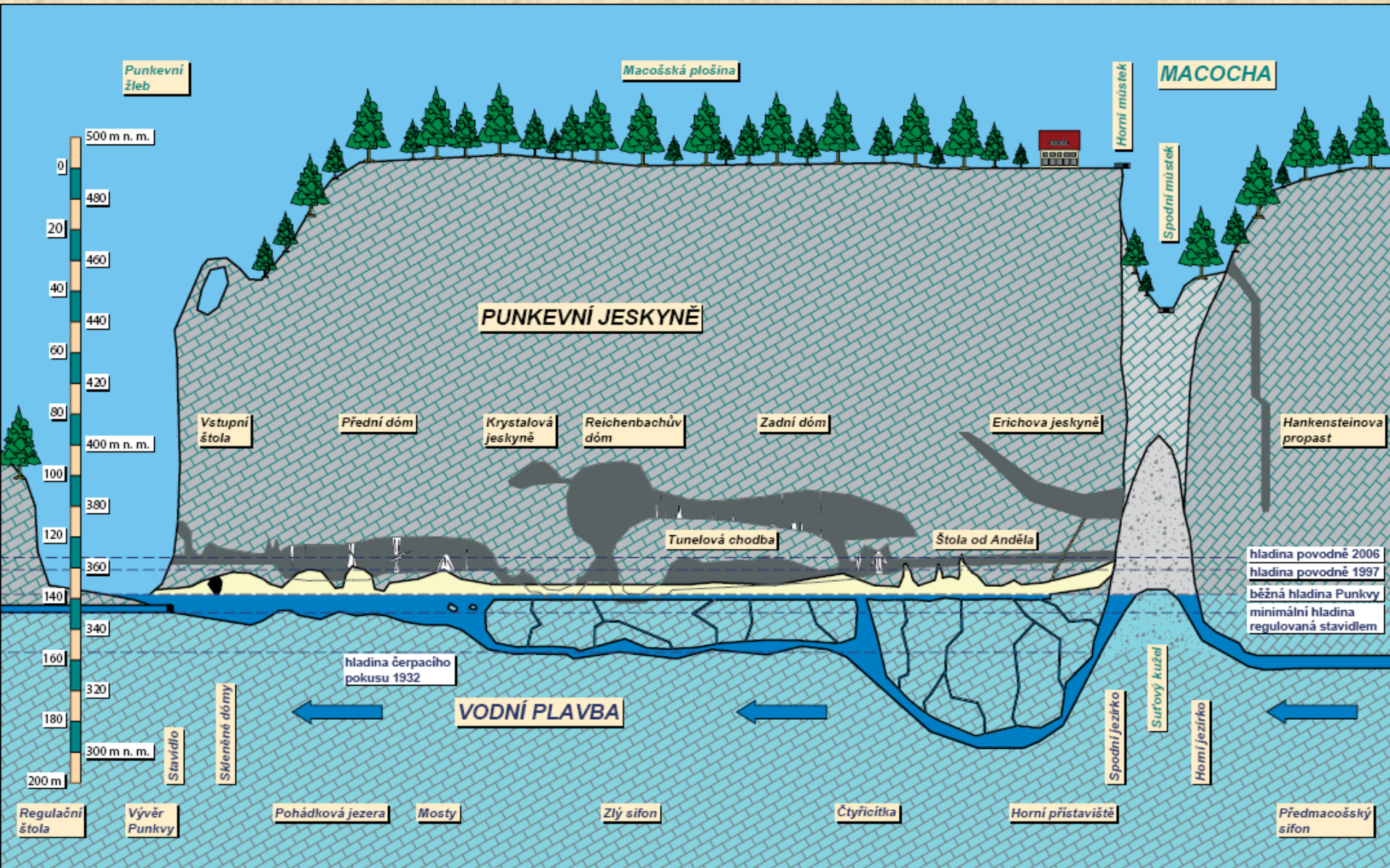
DROBA

BŘIDLICE

Karsologie I



Karsologie I

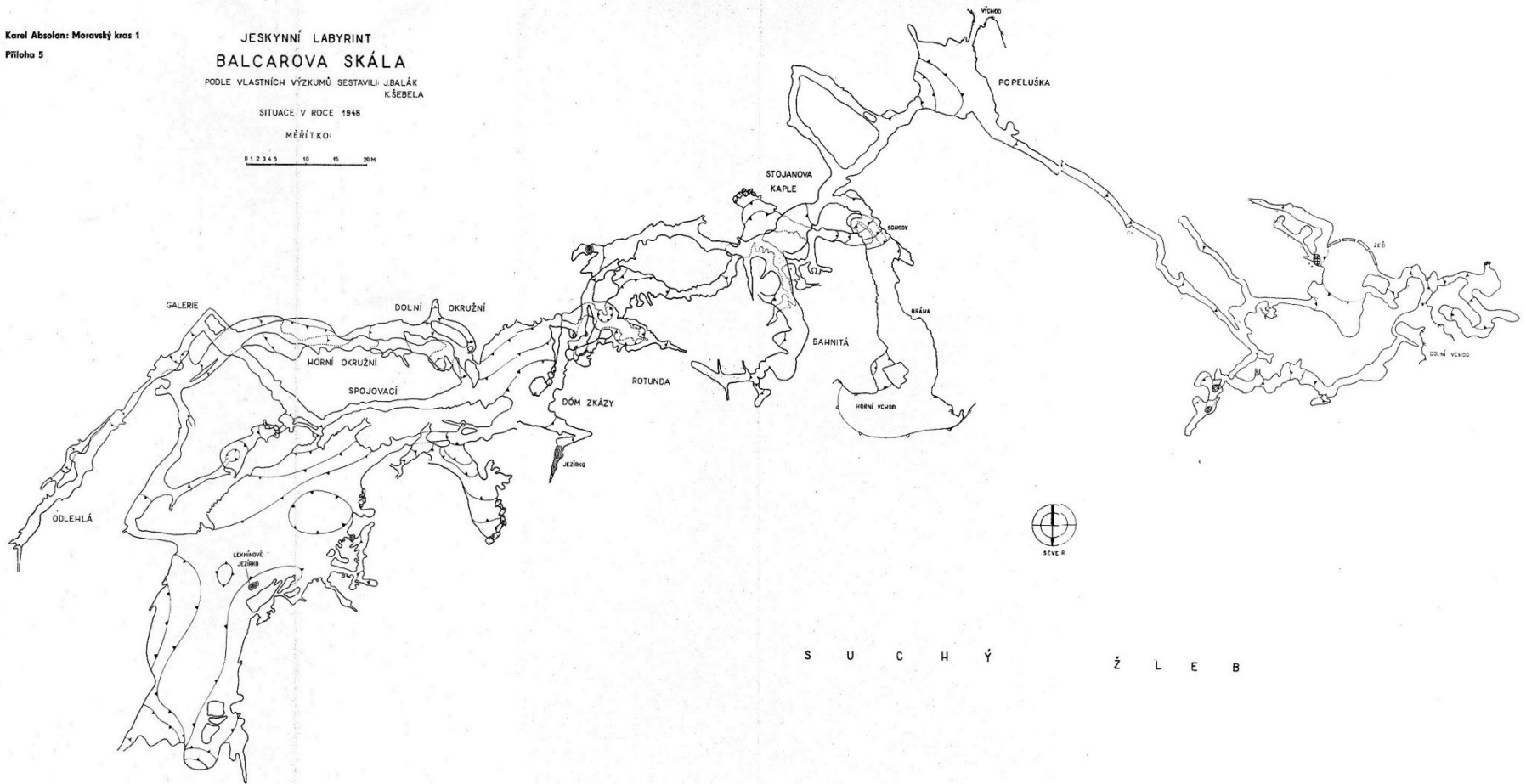


Karsologie I

Karel Absolon: Moravský kras 1
Příloha 5

JESKYNNÍ LABYRINT
BALCAROVA SKÁLA
PODLE VLASTNÍCH VÝZKUMŮ SESTAVILI J.BALÁK
K.ŠEBELA
SITUACE V ROCE 1948
MĚŘÍTKO:

0 1 2 3 4 5 10 15 20 M



Karsologie I

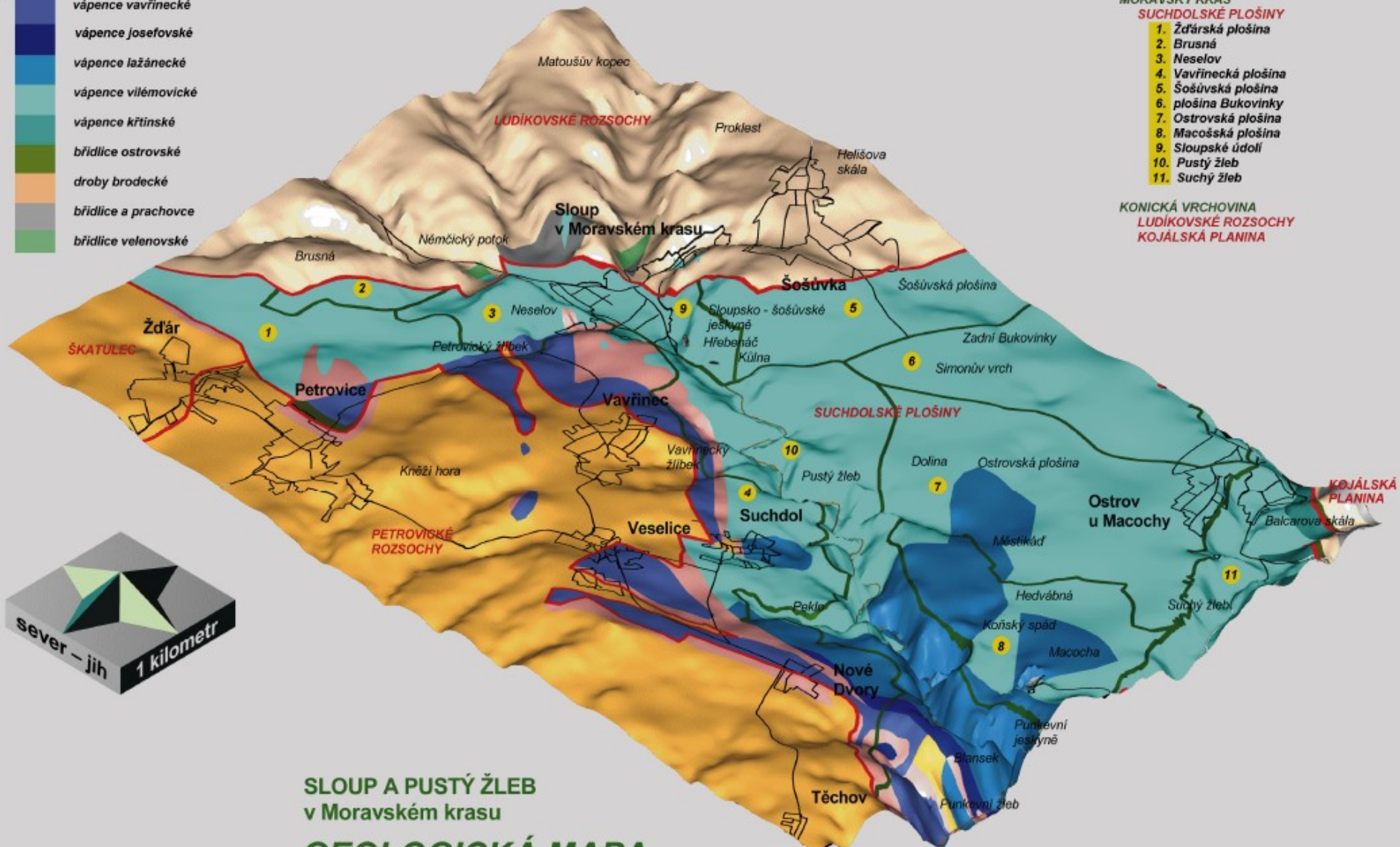
-  granitoidy brněnského masivu
-  bazální klastické souvrství
-  vápence vavřínecké
-  vápence josefovské
-  vápence lažánecké
-  vápence vlémovické
-  vápence křtinské
-  břidlice ostrovské
-  droby brodecké
-  břidlice a prachovce
-  břidlice velenovské

ADAMOVSKÁ VRCHOVINA
PETROVICKÉ ROZSOCHY
ŠKATULEC

MORAVSKÝ KRAS
SUCHDOLSKÉ PLOŠINY

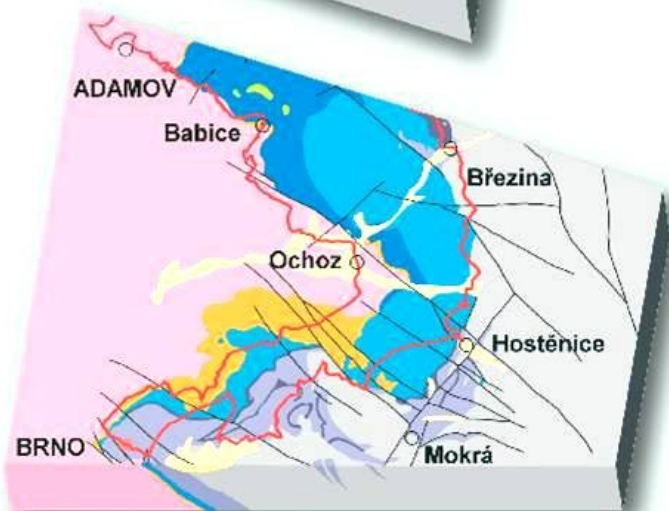
1. Žďárská plošina
2. Brusná
3. Nesešov
4. Vavřínecká plošina
5. Šošůvská plošina
6. plošina Bukovinky
7. Ostrovská plošina
8. Macošská plošina
9. Sloupské údolí
10. Pustý žleb
11. Suchý žleb

KONICKÁ VRCHOVINA
LUDÍKOVSKÉ ROZSOCHY
KOJÁLSKÁ PLANINA



SLOUP A PUSTÝ ŽLEB
v Moravském krasu
GEOLOGICKÁ MAPA

Karsologie I



ÉRA	PERIODA	EPOCHA	STÁŘÍ (milióny let)	POZNÁMKY
Prekambrium				
	archaikum (prahory)		>4000 – 2600	
	proterozoikum (starohory)		2600 – 570	intruze žul a granodioritů brněnského masivu
Paleozoikum (prvohory)				
	kambrium		570 – 500	
	ordovik		500 – 435	
	silur		435 – 395	
	devon		395 – 354	vznik mořské pánve Moravského krasu
		spodní devon	395 – 370	sedimentace bazálních klastických sedimentů
		střední devon	370 – 360	sedimentace josefovských a lažáneckých vápenců macošského souvrství
	svrchní devon		360 – 345	sedimentace vilémovických vápenců macošského souvrství
	karbon		345 – 280	
		spodní karbon	345 – 325	sedimentace křtinských vápenců líšeňského souvrství sedimentace hádsko-říčských vápenců líšeňského souvrství
	svrchní karbon		325 – 280	sedimentace břídicí drob a slepenců drahanského kulmu
	perm		280 – 225	
Mezozoikum (druhovory)				
	trias		225 – 195	
	jura		195 – 141	
		spodní jura	195 – 178	
		střední jura	178 – 167	
	svrchní jura		167 – 141	mořská záplava, sedimentace vápenných sedimentů mezi Olomučany a Rudicí
	křída		141 – 65	
		spodní křída	141 – 100	fosilní tropické krasovnění, sedimentace rudických vrstev s obsahem železných rud v krasových depresích na Rudické a Babické plošině
		střední křída	100 – 88	
	svrchní křída		88 – 65	
Kenozoikum				
	terciér (třetihory)		65 – 0	
	paleogén (paleocén, eocén, oligocén)		65 – 25	tvorba říčních údolí s dalším členěním reliéfu, tvorba jeskynních soustav
		neogén (miocén, pliocén)	25 – 1,8	přehlubování údolní sítě, záplava badenského moře s výplní Lažáneckého žlebu, geneze nových jeskynních úrovní, odnos badenských sedimentů, obnovení funkce staré říční sítě, vznik nových jeskynních soustav
	kvartér (čtvrtohory)		1,8 – 0	
	pleistocén (starší čtvrtohory)		1,8 – 0,01	závěrečná modelace říční sítě, mrazové zvětrávání a následná akumulace sedimentů, vývoj krasu s tvorbou sintů, ukládání spraši a suti, osídlení území člověkem s paleolitickými kulturami
		holocén (mladší čtvrtohory)	0,01 – 0	neolit, eneolit, doba bronzová a železná, postupné osidlování území a využívání přírodních zdrojů