

Jeskynní výplně

Mgr. Milan Geršl, Ph.D.

A: cave fill, c. deposit, speleothem

Obecné označení látek, které se vyskytují
v jeskynním prostoru.

Jedná se o látky pevné, kapalné i plynné.

OBSAH

- Přednáška
- Diskuze
- Písemný test

1. blok

2. blok

- Úvod, aneb proč to děláme
- Kras, Speleogeneze, Krasové horniny
- J.V. klastické
- J.V. kapalné
- J.V. plynné
- J.V. chemogenní – speleotémy
- Ochrana jeskyní a J.V.
- Výzkum a případové studie

Existence „tajemství“ naprosto neznamena, že poznatky, které získává věda či jiné nauky, jsou nicotné, nýbrž právě jen tolik, že jsou nekompletní a nezahrnují úplně všechny dimenze přírody i člověka a jeho světa.

S. Komárek, 2008

PROČ

Zkoumat jeskynní výplně

Tady by měla být odpověď

Ale tu musí znát každý geolog,
který se pro studium jeskynních výplní rozhodl

PROČ ???

PROČ

Zkoumat jeskynní výplně

Tady by měla být odpověď...



PROČ ???

kras a Kras

(s malým poč. písmenem) je výsledek exogenního přetváření kontinentální zemské kůry.

Kras je termín pro krajinu na vodorozpustných resp. vodopropustných horninách s výskytem specifických povrchových a podzemních útvarů a se specifickou hydrografií (vertikálním odvodňováním).

- odnos materiálu v roztoku
- zanedbatelná akumulace
- vertikální odtok srážkových vod

Kras a kras

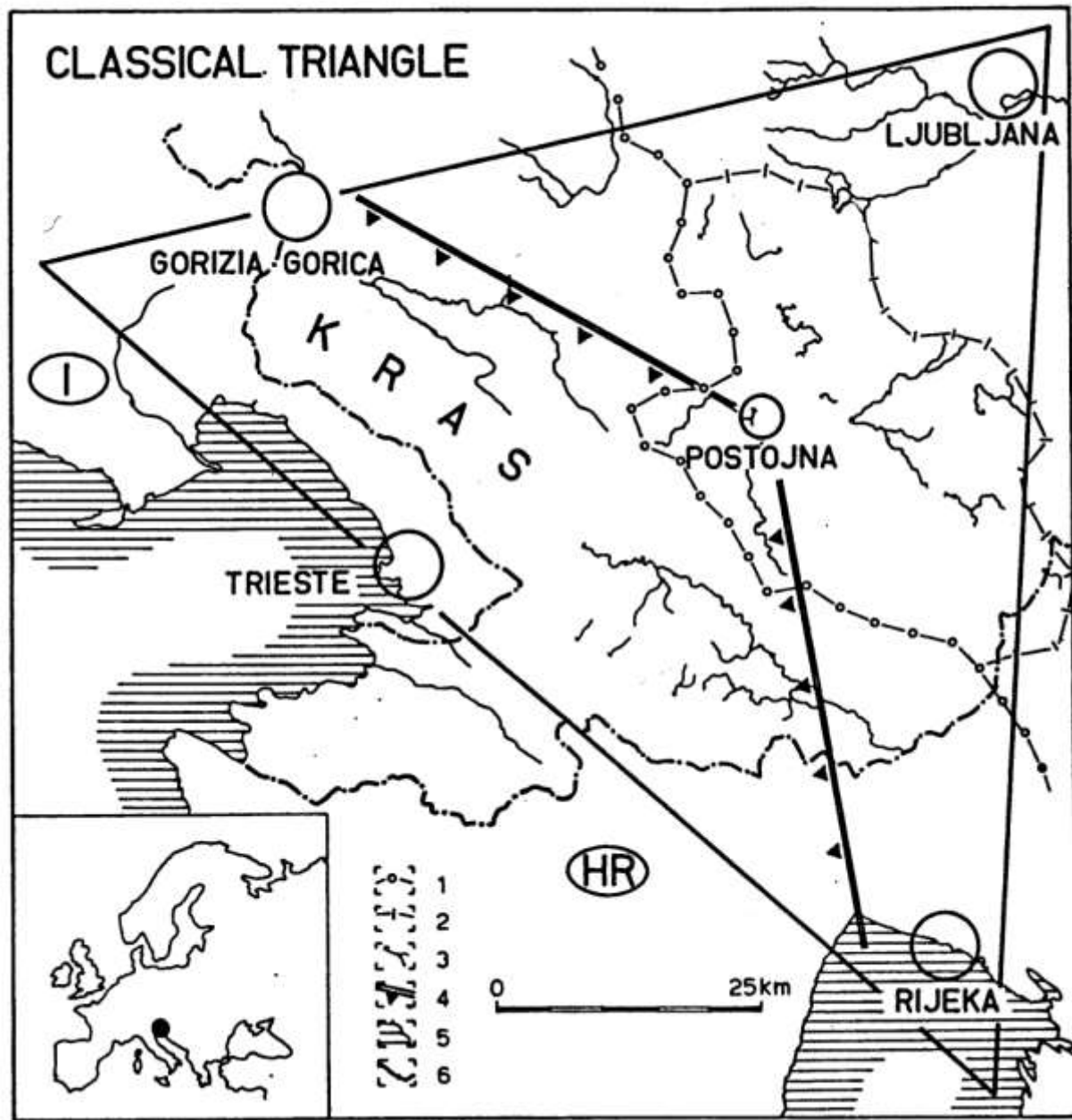
(s velkým poč. písmenem) Termín Kras pochází ze starého slovinského toponyma “Kras”, označujícího území se specifickým skalnatým reliéfem na vápencích sz. části Dinárského krasu (na nynějším území jz. Slovinska a sv. Itálie).

Kras a kras

The Karst Plateau or the Karst region (Italian: Carso; Slovene: Kras), also simply known as the Karst, is a limestone plateau region extending across the border of southwestern Slovenia and northeastern Italy.

It lies between the Vipava Valley, the low hills surrounding the valley, the westernmost part of the Brkini Hills, northern Istria, and the Gulf of Trieste. The western edge of the plateau also marks the traditional ethnic border between Italians and Slovenes. The region gave its name to the karst topography. For this reason, it is also referred to as the Classical Karst.

CLASSICAL TRIANGLE









XVIIth century map of Kras region

Map from monograph "KRAS Pokrajina-zivljenje-ljudje,, IZRK ZRC SAZU, 1999, Ljubljana, ISBN 961-6182-93-5



Typical rural Karst houses in Štanjel (municipality of Komen), Slovenia

https://en.wikipedia.org/wiki/Karst_Plateau

KRAS

Terminologie

Jovan Cvijić

– zásluha o ukotvení termínu “kras” v mezinárodní terminologii – “*Das Karstphänomen*” (1883).

(Cvijić – ć: [tʃ], měkké č)





U.S. Karst Map

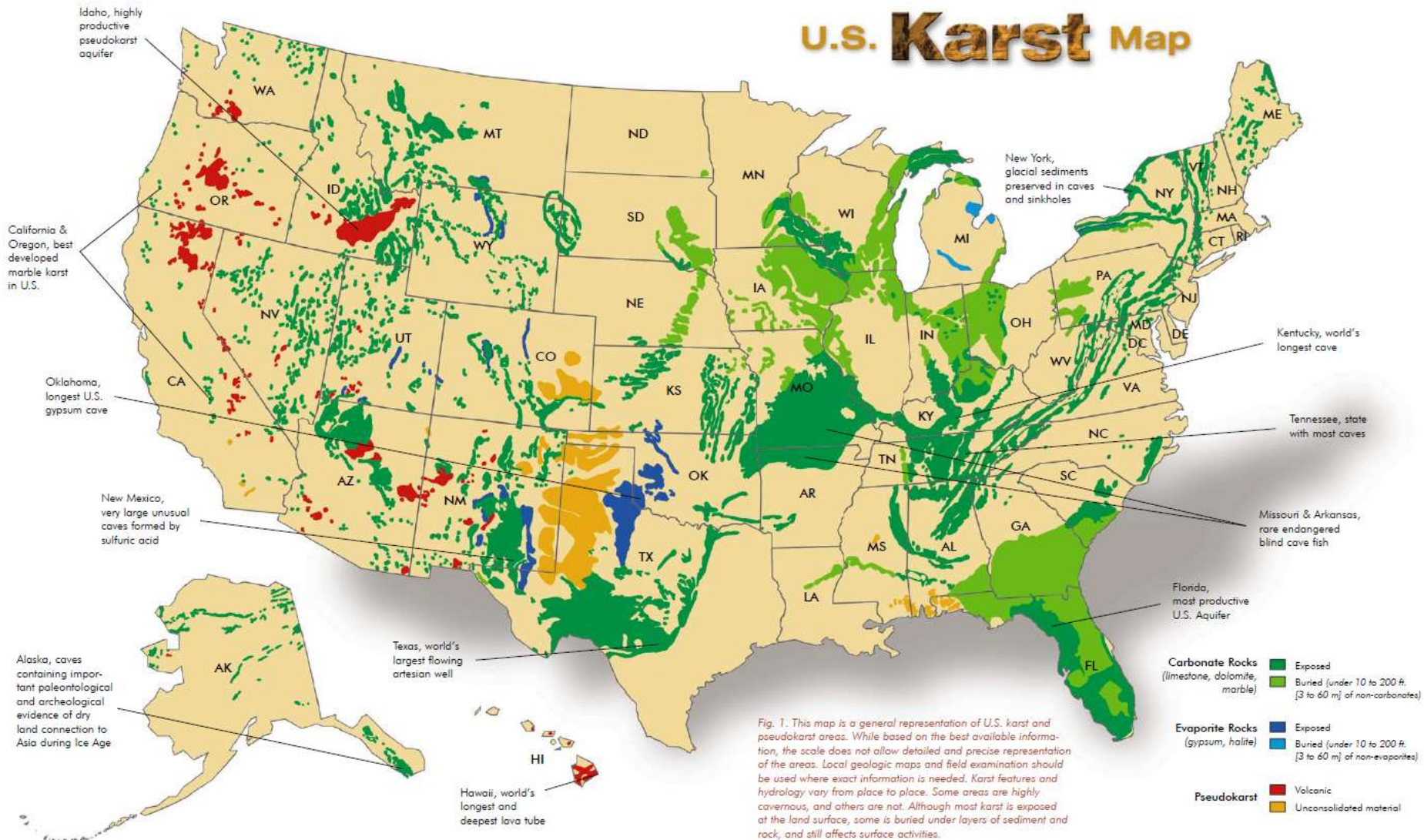


Fig. 1. This map is a general representation of U.S. karst and pseudokarst areas. While based on the best available information, the scale does not allow detailed and precise representation of the areas. Local geologic maps and field examination should be used where exact information is needed. Karst features and hydrology vary from place to place. Some areas are highly cavernous, and others are not. Although most karst is exposed at the land surface, some is buried under layers of sediment and rock, and still affects surface activities.

Jeskynní výplně

Vztah k dalším oborům

Geologie	Paleontologie	Hydrogeologie
Sedimentologie	Archeologie	Vodárenství
Mineralogie	Ekologie	Energetika
Geochemie	Klimatologie	Balneologie
Ložisková geol.	Botanika	Speleoterapie
Tektonika	Zoologie	Turistický ruch
Seizmologie	Mikrobiologie	Zemědělství

Co mohou vědět o Anglii lidé, kteří znají jenom Anglii?

J. R. Kipling

A další...

Má-li se zrodit město, dobří počtáři se najdou vždycky. Jsou ale pouze služebníky. Postavíte-li počtáře na první místo a budete čekat, až se z jeho rukou začnou rodit města, žádné město z písku nevyvstane. Počtář ví, jak se město rodí, ale neví, proč.

Antoine de Saint-Exupéry
Citadela





Speleothem Science

From Process to Past Environments

Ian J. Fairchild and Andy Baker

WILEY-BLACKWELL



Geochemical and Biogeochemical Reaction Modeling

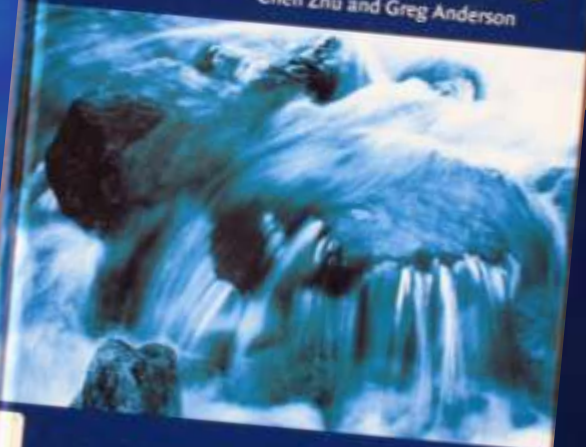
Craig M. Bethke

Second Edition



Environmental Applications of Geochemical Modeling

Chen Zhu and Greg Anderson



CAMBRIDGE

Encyclopedia of Caves AND Karst Science

John Gunn, Editor



ORIGIN OF CARBONATE SEDIMENTARY ROCKS

Noel P. James and Brian Jones



AGU

WILEY

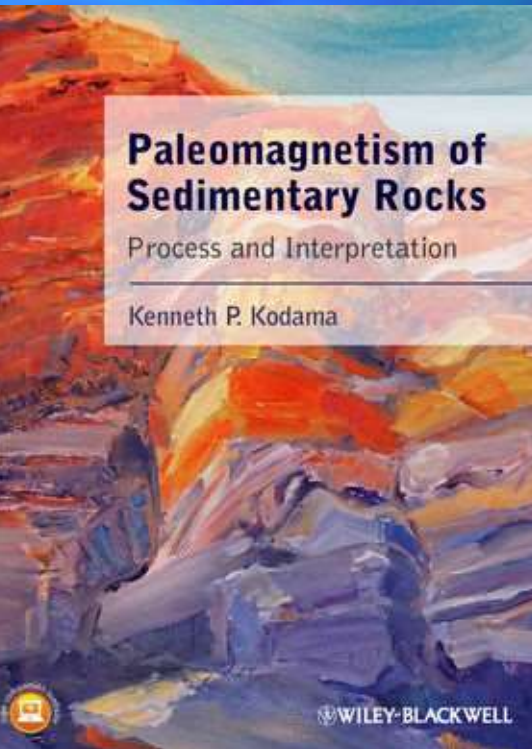


ISOTOPE GEOCHEMISTRY

William M. White

AGU

WILEY



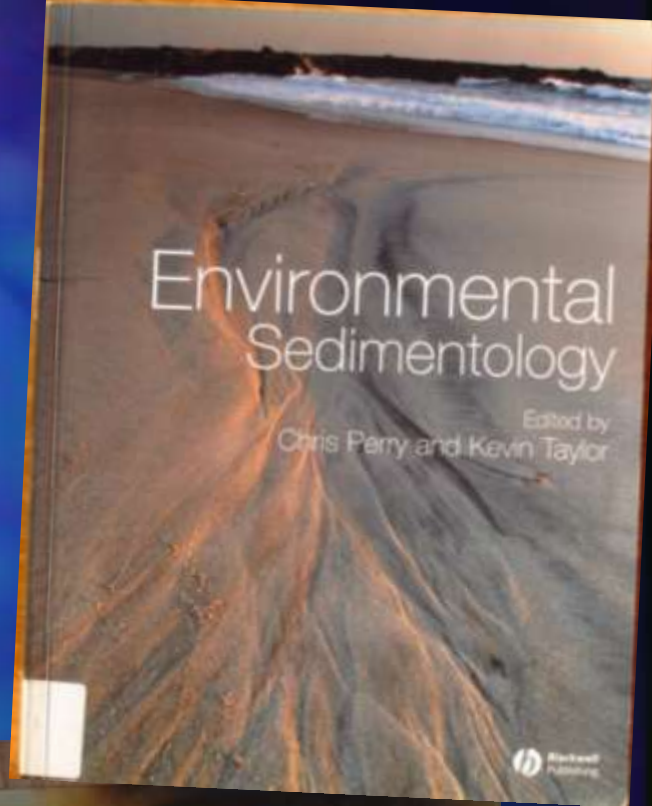
Paleomagnetism of Sedimentary Rocks

Process and Interpretation

Kenneth P. Kodama



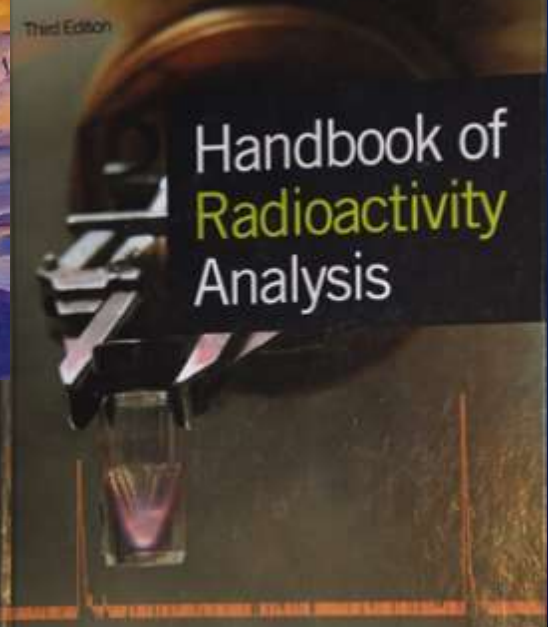
WILEY-BLACKWELL



Environmental Sedimentology

Edited by
Chris Perry and Kevin Taylor

WILEY
Publishing



Third Edition

Handbook of Radioactivity Analysis

SPELEOGENEZE

Krasové horniny

Krasové horniny

Hornina rozpustná vodou nebo-li podléhající krasovění.
Hornina přechází do roztoku frontálně, bez ohledu na strukturu. Nesmí nastat *Zogovičův efekt*.

To znamená:

- Hornina musí být rozpustná beze zbytků, které by svou velikostí přesahovali dimenze počátečních vodních cest.
- Např.: oolitový vápenec. přednostně se rozpouští pojivo. Poté jíl zaplní póry a krasovění se zastaví = *Zogovičův efekt*. Podobně dolomit aj.

SPELEOGENEZE

Krasové horniny

Magmatické: karbonatity

Sedimentární: karbonáty

(vápence, dolomity, křída)

síranové a chloridové evapority

(sádrovec, kamenná sůl, anhydrit, síra aj.)

(křemenné pískovce)

Metamorfní: mramory

(kvarcity)

Granitoidy a kyselá mag. hor. žilné: krasovění je otázkou.

Teoreticky může krasovět i např. křemen, ale tektonický klid by musel trvat miliardy let. Možné jsou krápníky např. z opálu.

Monomineral environment



SPELEOGENEZE

Minerály krasových hornin

Podstatné:

Kalcit CaCO_3

Dolomit $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$

primární

ranně diagenetický

pozdně diagenetický

KARBONÁTY PŘEDSTAVUJÍ 12 % KONTINENT. POVRCHU.

Anhydrit

CaSO_4

Sádrovec

$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Halit

NaCl

(Křemen

SiO_2)

SPELEOGENEZE

Minerály krasových hornin

Akcesorické:

křemen

hydroxidy Fe a Al

slídy

jílové minerály

živce

těžké minerály

pyrit a další sulfidy

SPELEOGENEZE

Minerály jeskynních výplní

Druhotné krasové minerály jsou minerály sedimentů v krasových depresích. Podle původu je dělíme na:

Autochtonní: vznikají z komponent libovolného původu v jeskynním prostředí.

Paraautochtonní: přesedimentované z původní hor. (sintr).

Alochtonní: transportovány do krasového území z nekrasu. *Alochtonní je každý minerál, který je dostatečně odolný pro transport vodní nebo eolickou cestou.*

SPELEOGENEZE

Minerály jeskynních výplní

Druhotné krasové minerály jsou minerály sedimentů v krasových depresích. Podle původu je dělíme na:

Autochtonní: aragonit, sádrovec, opál.

Paraautochtonní: kalcit, halit, ankerit
Žilný kalcit není krasový minerál.

Alochtonní: transportovány do krasového území z nekrasu.
Alochtonní je každý minerál, který je dostatečně odolný pro transport vodní nebo eolickou cestou.

SPELEOGENESE

Dissolution mechanism

The carbonic acid that causes these features is formed as rain passes through the atmosphere picking up carbon dioxide (CO₂), which dissolves in the water. Once the rain reaches the ground, it may pass through soil that can provide much more CO₂ to form a weak carbonic acid solution, which dissolves calcium carbonate. The primary reaction sequence in limestone dissolution is the following:



SPELEOGENESE

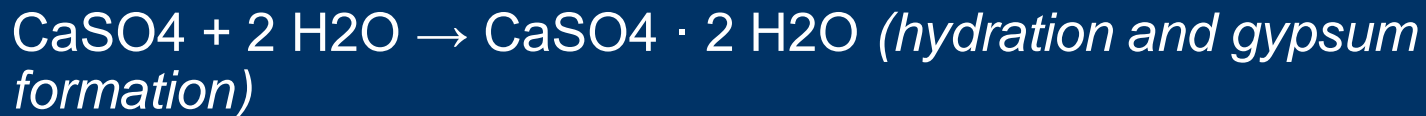
Dissolution mechanism

In particular and very rare conditions such as encountered in the past in Lechuguilla Cave in New Mexico (and more recently in the Frasassi Caves in Italy), other mechanisms may also play a role. The oxidation of sulfides leading to the formation of sulfuric acid can also be one of the corrosion factors in karst formation. As oxygen (O₂)-rich surface waters seep into deep anoxic karst systems, they bring oxygen, which reacts with sulfide present in the system (pyrite or H₂S) to form sulfuric acid (H₂SO₄). Sulfuric acid then reacts with calcium carbonate, causing increased erosion within the limestone formation.

SPELEOGENESE

Dissolution mechanism

This chain of reactions is:



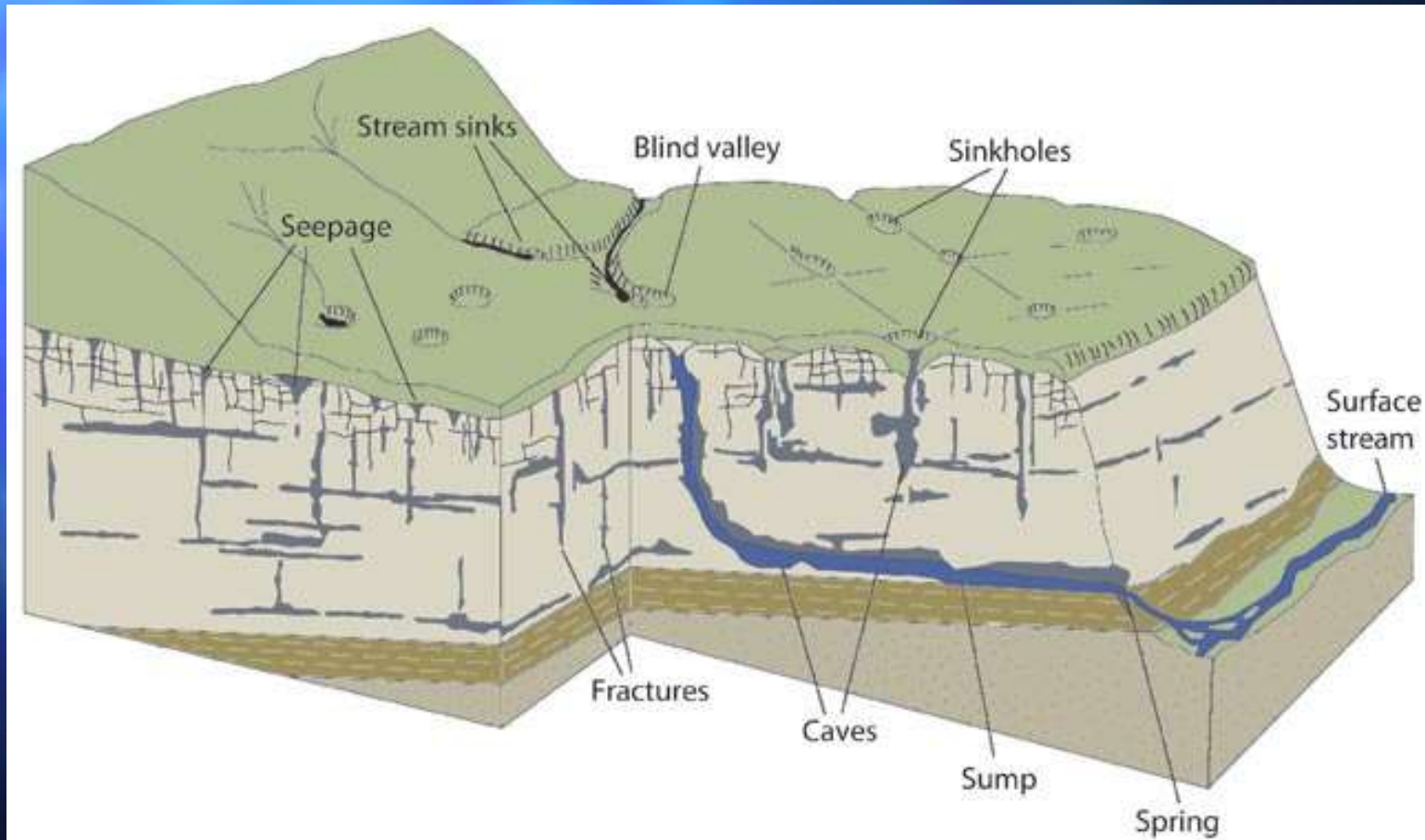
This reaction chain forms gypsum.

SPELEOGENEZE

“Karst” is a landscape created when water dissolves rocks. In Wisconsin, dolomite and some limestone are typical soluble rocks. The rocks are dissolved mostly along fractures and create caves and other conduits that act as underground streams. Water moves readily through these openings, carrying sediment (and pollutants) directly into our groundwater.

Karst landscapes may have deep bedrock fractures, caves, disappearing streams, springs, or sinkholes. These features can be isolated or occur in clusters, and may be open, covered, buried, or partially filled with soil, field stones, vegetation, water or other miscellaneous debris.

SPELEOGENESE



SPELEOGENEZE

Sinkholes

Sinkholes are holes or depressions that form when water washes sediment down into cracks and voids in karst bedrock. Sinkholes form from the bottom up as the sediment immediately above the bedrock is the first to be washed into the voids. The land above a sinkhole often appears normal until a critical amount below has been washed away. When the soil surface can no longer support the weight, it collapses.

Not all sinkholes are the result of karst. Manmade sinkholes occur when a water main break washes sediment out of the area, creating a large cavity.

SPELEOGENESE

Sinkhole formation

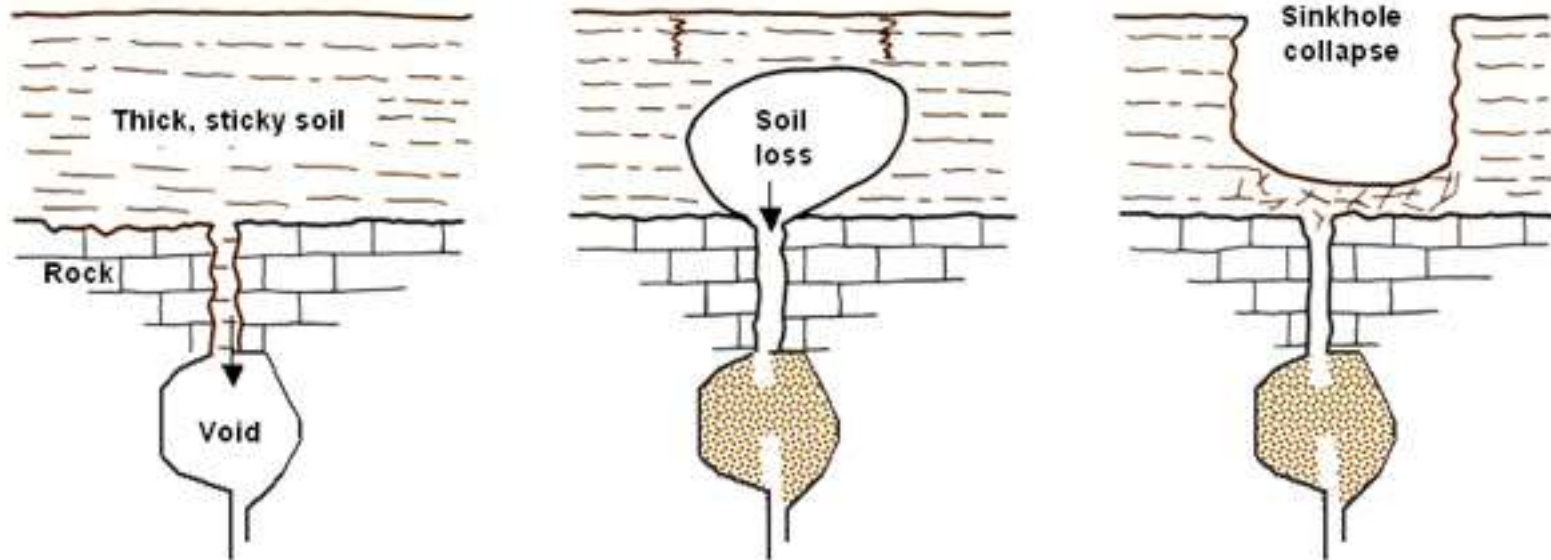


Illustration courtesy the Pennsylvania Department of Environmental Protection.

SPELEOGENESE

SPELEOGENEZE

Minerály jeskynních výplní

Přítomnost cizích iontů (Na^+ , K^+ , Cl^- aj.) zřetelně snižuje aktivitu Ca^{2+} , HCO_3^-
= zvýší rozpustnost kalcitu.

Atkinsonův paradox
Čím víc je voda nasycená,
tím méně času je
korozivní



ANTROPOGENNÍ J. V.

Využívání jeskyní



ANTROPOGENNÍ J. V.

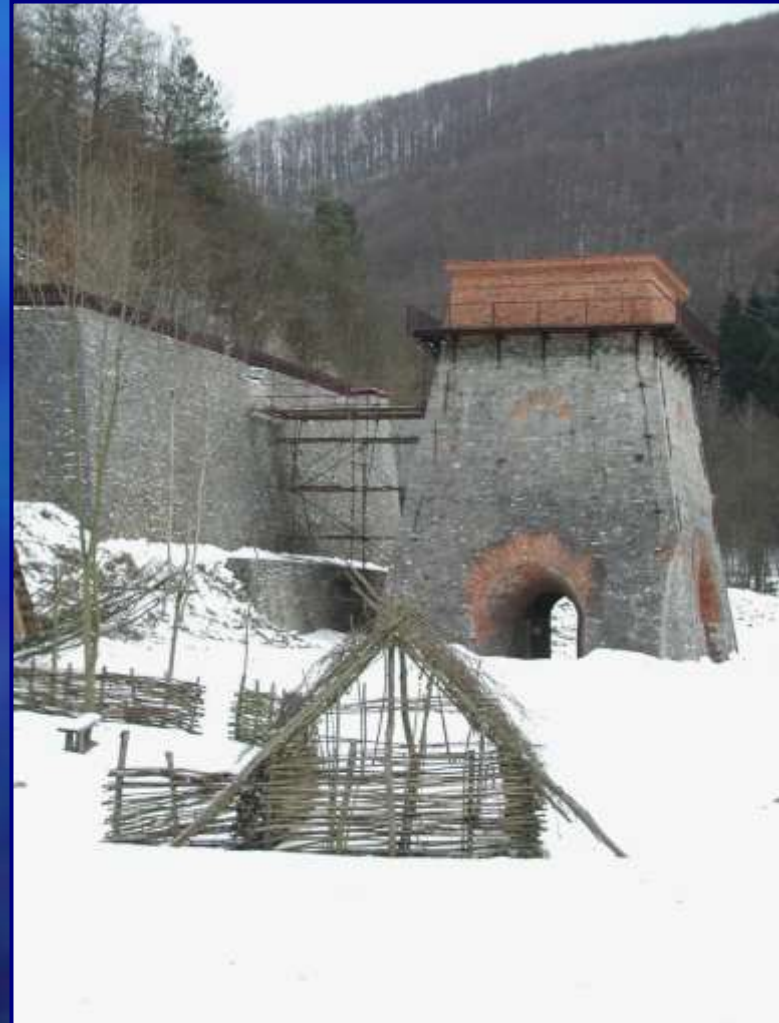
Využívání jeskyní



*J. Sloupsko-šošůvské
– Chodba u řezaného
kamene*

ANTROPOGENNÍ J. V.

Využívání jeskyní



Josefov
– Zpracování železné rudy

ANTROPOGENNÍ J. V.

Využívání jeskyní



*J. Výpustek –
strojovna generátorů*

JESKYNNÍ VÝPLNĚ

System

Alochtonní

Výplň vzniklá jinde, než jeskynním prostředím
pevná, kapalná, plynná

Alochtonní

výplně vstupní facie

Alochtonní

výplně vnitrojeskynní facie

Autochtonní

Výplň vzniklá přímo v jeskynním prostředí
pevná, kapalná, plynná.

Autochtonní

výplně vstupní facie

Autochtonní

výplně vnitrojeskynní facie

JESKYNNÍ VÝPLNĚ

System



Alochtonní
výplně vstupní facie

Alochtonní
výplně vnitrojeskynní facie

Autochtonní
výplně vstupní facie

Autochtonní
výplně vnitrojeskynní facie

JESKYNNÍ VÝPLNĚ

System

Aloctonní výplně vstupní facie

Eolické (primárně navátá spraš), fluviaální, limnické, marinní, dejekční (svahoviny a bahnotoky), tefrické, antropogenní. V některých územích jsou jeskynní vchody jediným nalezištěm těchto sedimentů, neboť místo je chráněno vstupním portálem.

Aloctonní výplně vnitrojeskynní facie

Hlavní složkou jsou fluviaální sed.

JESKYNNÍ VÝPLNĚ

System

Autochtonní výplně vstupní facie

Navazují na povrchové sed., plynule přecházejí do j. Ponechávají si znaky povrch. hornin, z nichž pocházejí. Přesunutím do chráněné části j. jsou často konzervovány (chráněny před povrch. atm. vlivy).

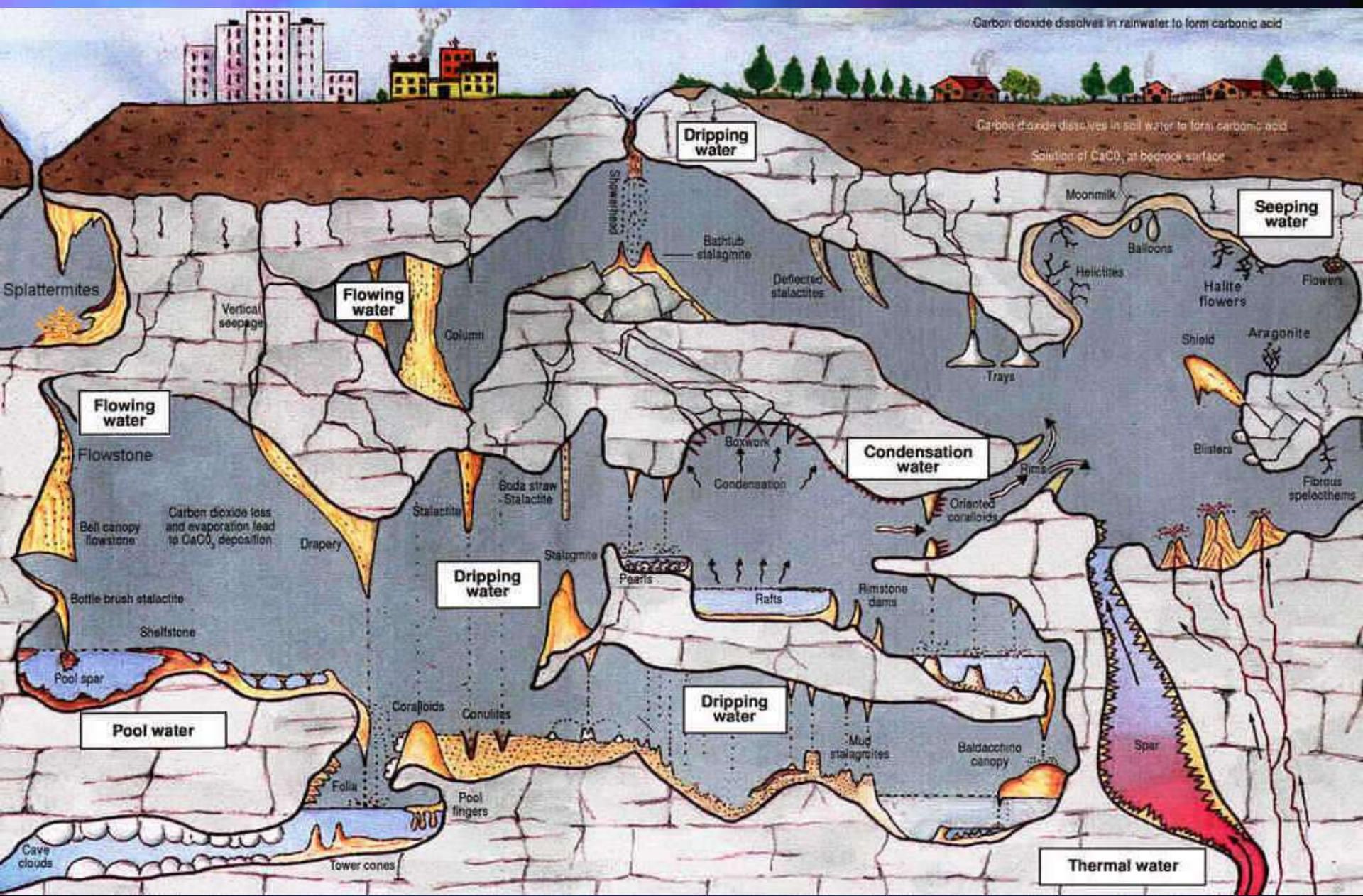
Specifická geneze sintrů ve fotické zóně. Spoluúčast nižších rostli (mechy, lišejníky, řasy), které na svých tělech srážejí CaCO_3 .

Autochtonní výplně vnitrojeskynní facie

Mnohonásobně přemístěný sed. materiál. Transportem zanikají původní znaky i fosílie – nízký stratigrafický a palografický význam. Sutě (rozpad a opad stěn apod.)

Zvláštní význam mají vyústění komínů a propastí – přechody k povrchovým faciím, hromadění fosilií (plazi, obojiživelníci, savci).

Nejdůležitějšími sedimenty jsou sed. chemogenní – sintry.



Carbon dioxide dissolves in rainwater to form carbonic acid

Carbon dioxide dissolves in soil water to form carbonic acid

Solution of CaCO_3 at bedrock surface

Dripping water

Flowing water

Seeping water

Condensation water

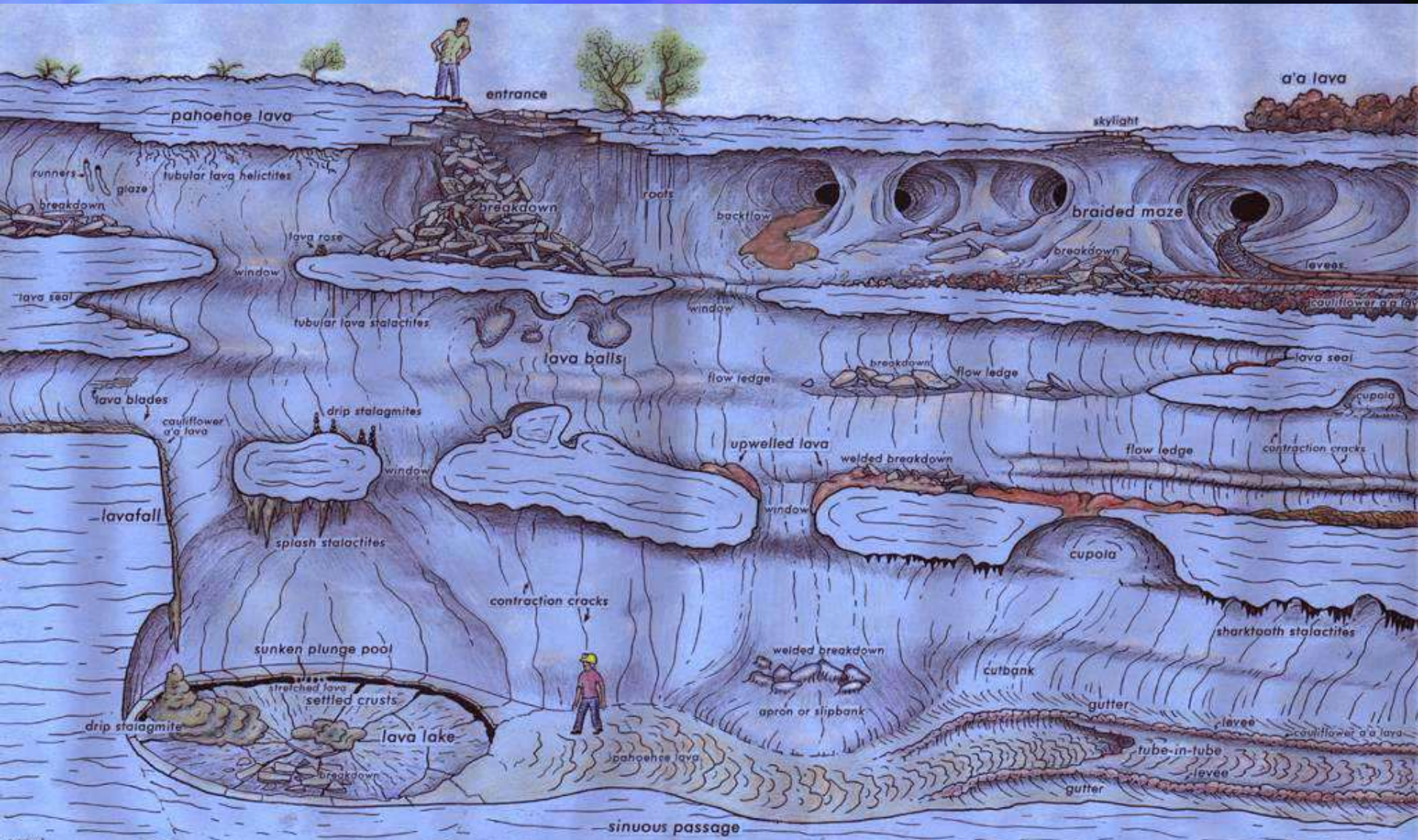
Dripping water

Dripping water

Flowing water

Pool water

Thermal water



Sintrové útvary - spelotémy ???

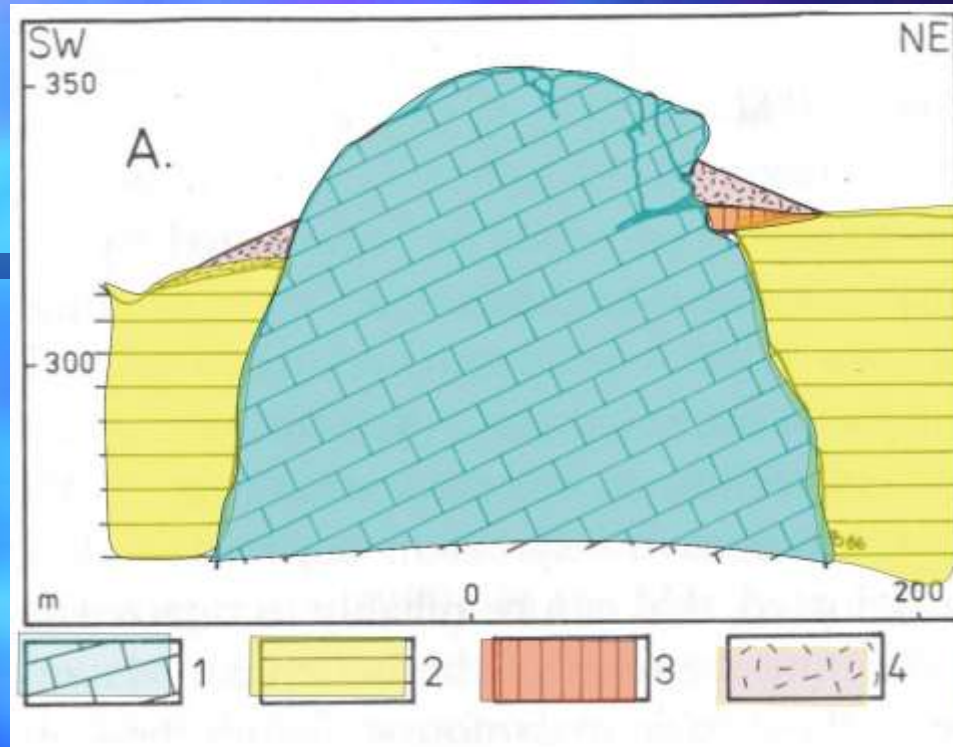


*Rudické vrstvy
- Rudice-Seč*



Rudické vrstvy
- ZAJ, za Vodopádem





Mogotový kras dle Tyráčka 1962

Velká Kobylanka

1 = devonské vápence

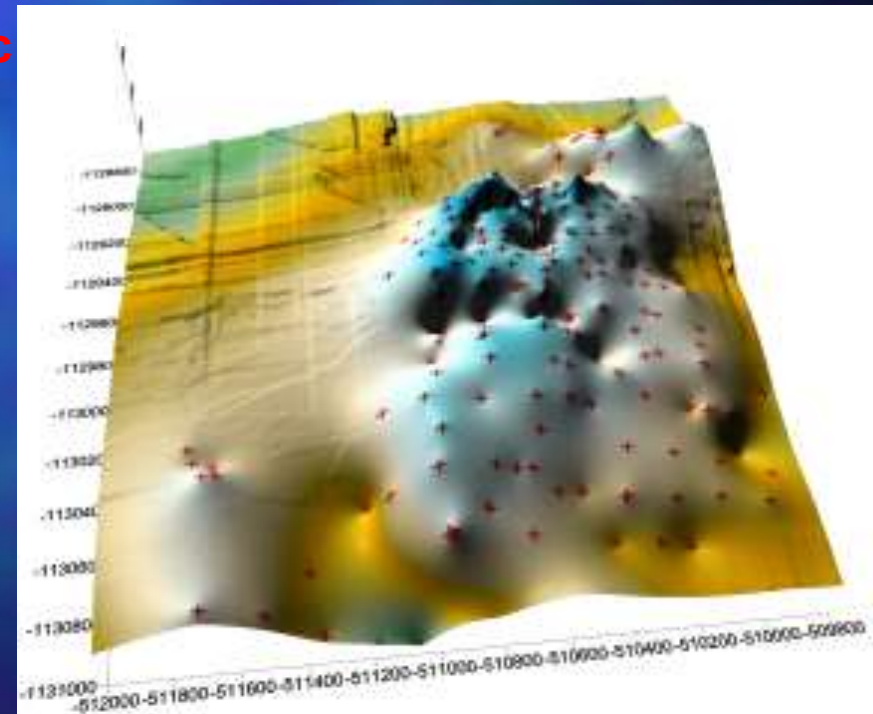
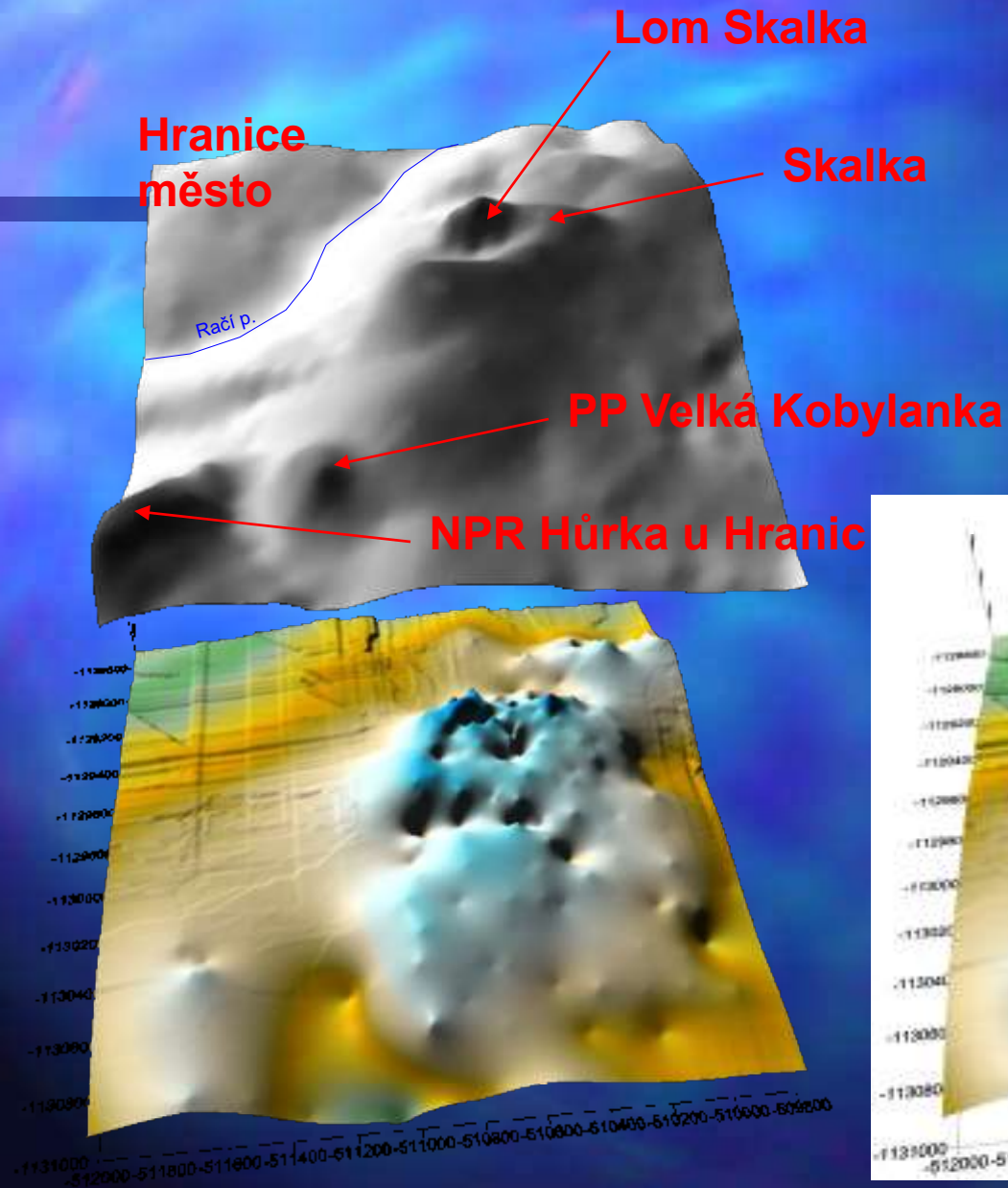
2 = miocénní sedimenty

3 = spraše

4 = svahové ssutě

Model paleoreliéfu v oblasti kry Maleníku

Zuzana SKÁCELOVÁ





Kapalné jeskynní výplně

Alochtonní





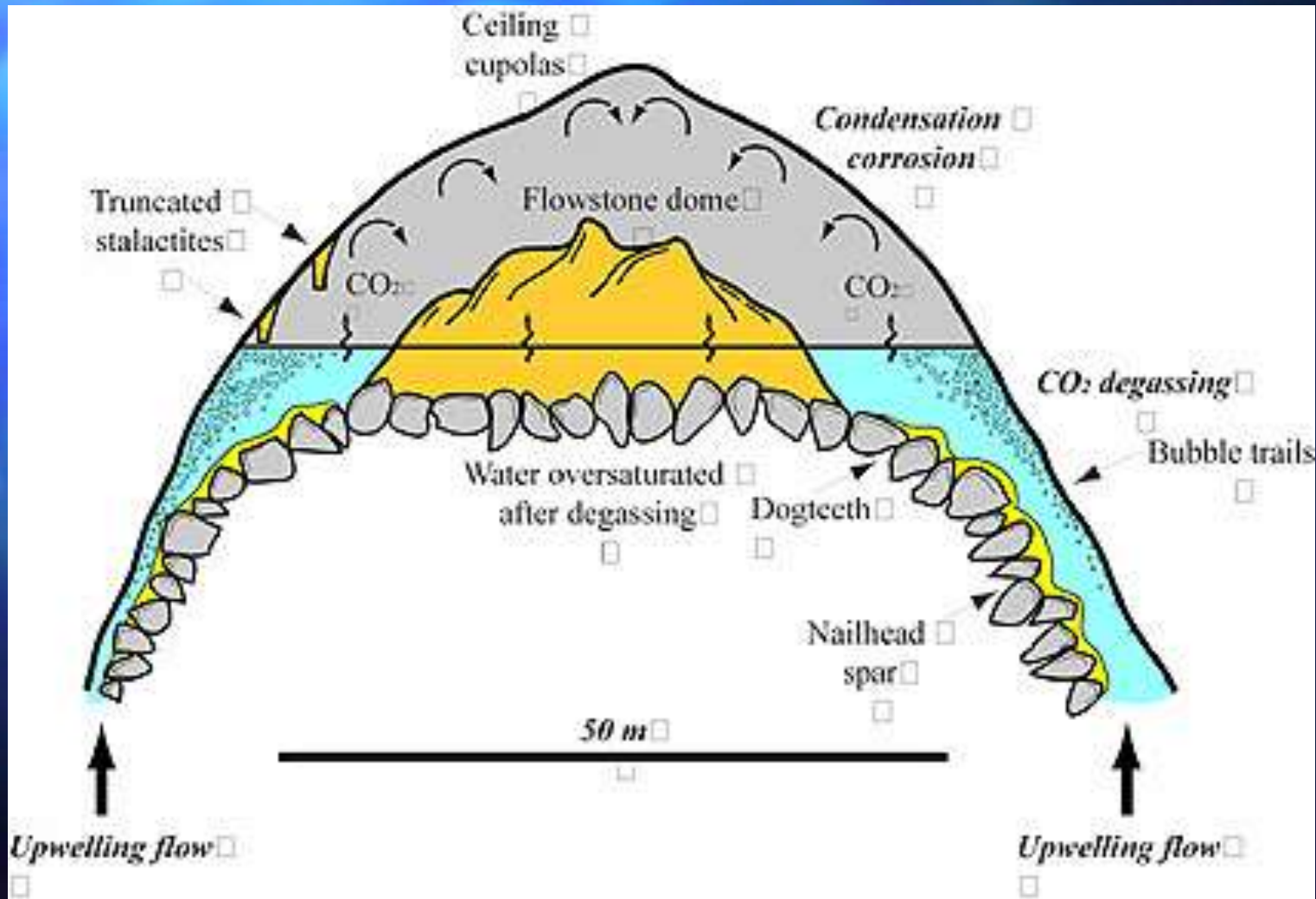


Kapalné jeskynní výplně Alochtonní ?



Kapalné jeskynní výplně

Autochtonní



Kapalné jeskynní výplně

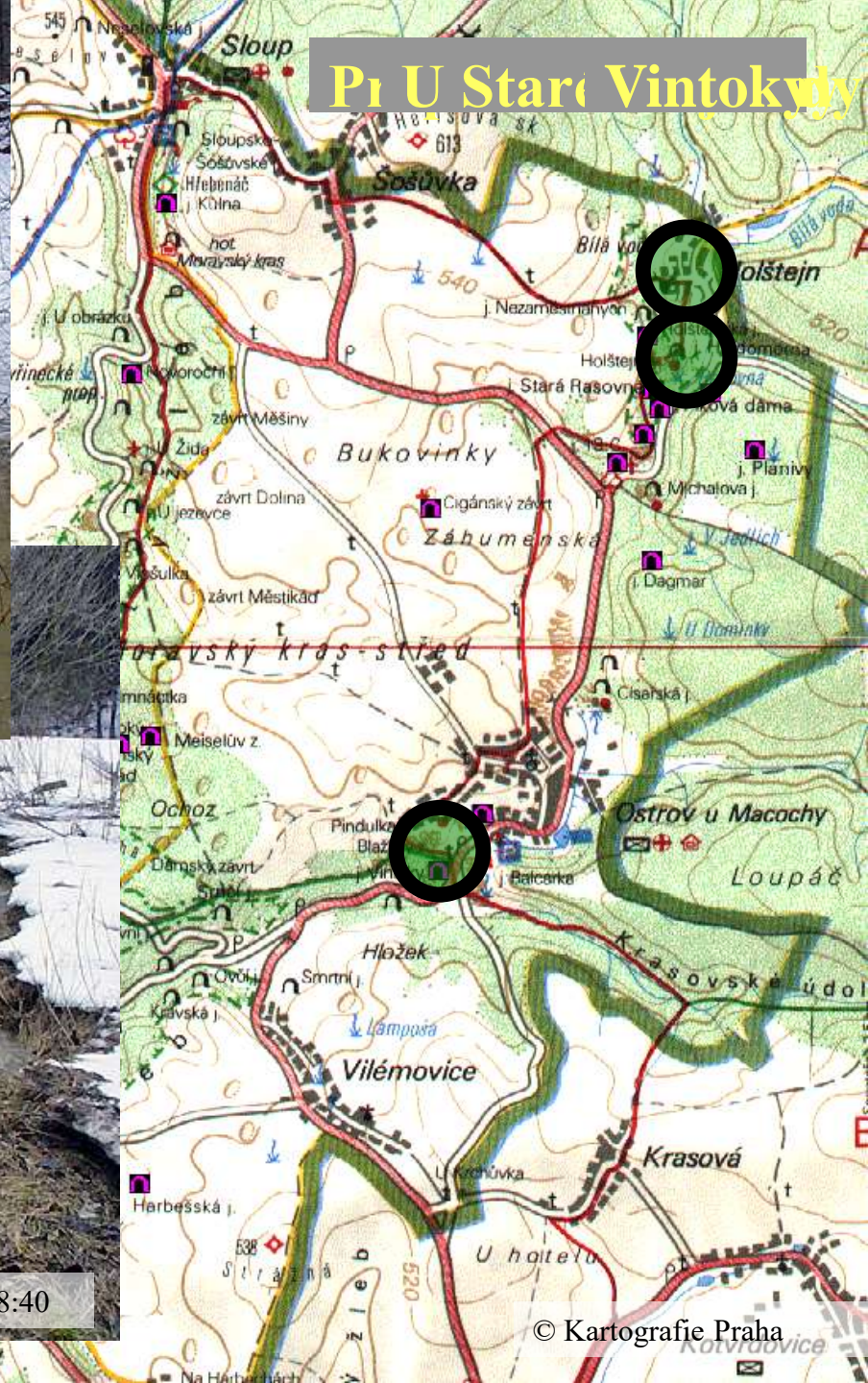
Povodně v M.K.

- Severní části MK
 - Bílá voda
 - 3. největší povodeň v historii (mlýn v Holštejně)
 - Kulminace – Holštejn 220 cm
 - Zaplavení jeskyní v oblasti 30-50 m
 - Sloupský potok
 - Zatopení vchodu Sloupských jeskyní, situace nedosahuje hodnot předchozích let
 - Punkva
 - Poprvé aktivní povodňová úroveň Amatérské jesk. – hladina stoupla cca. o 20 m
 - Dno Macochy zcela zaplaveno – 8 m nad počvu návštěvní trasy
 - Punkevní jeskyně silně zasaženy – destrukce zpříst. trasy, přístaviště neexistují
 - Krasovský potok
 - Ponory nestačí pobírat vody Před Vintokami se vytváří jezero



Foto: Jan Flek





Pi U Staré Vintokvy

P. Polák 19.3. 8:00

P. Polák 19.3. 16:00

P. Polák 19.3.

19.3. 8:40

SPELEOGENEZE

Minerály jeskynních výplní



Kapalné jeskynní výplně

Stopovací zkoušky



Plynné jeskynní výplně



Plynné jeskynní výplně

20-98 % CO_2



Mastné fleky
Exhalace plynů
NPR Hůrka



Plynné jeskynní výplně

- Atmosféra = homogenní systém, známé konc. a známé izotpy (relativně): N_2 , O_2 , H_2O , He, Ne, Ar, Kr, Xe
- Infiltrující vody obsahují plyny rozpuštěné s atmoféry
- Parciální tlak, hydrostatický tlak
- Z okolních hornin
- - radiogenní He, až 1000x více než atm.
- - ^{40}Ar (rozpadem ^{40}K), $^{40}Ar/^{36}Ar$ 295x více než atm.
- Poměr He/Ar
- Poměr Ne, Ar, Kr
- Poměr $^3He/^4He$
- T, hlubinné solanky T=0, poločas. rozp. = 12,43 let
- ^{222}Rn
- Tzv. freony CFC (**Chlor-fluorované uhlovodíky**), SF_6

Plynné jeskynní výplně





Přístrojové vybavení

Ecoprobe RS Dynamics

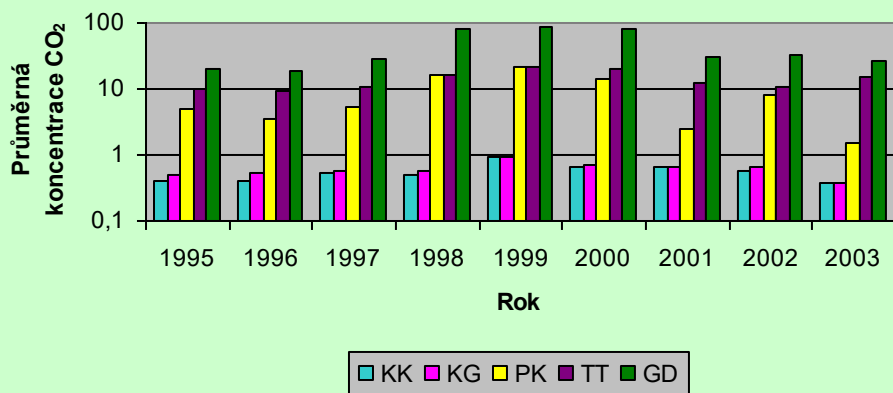
Dräger X-am 7000

Vzorkovací vaky na plyny

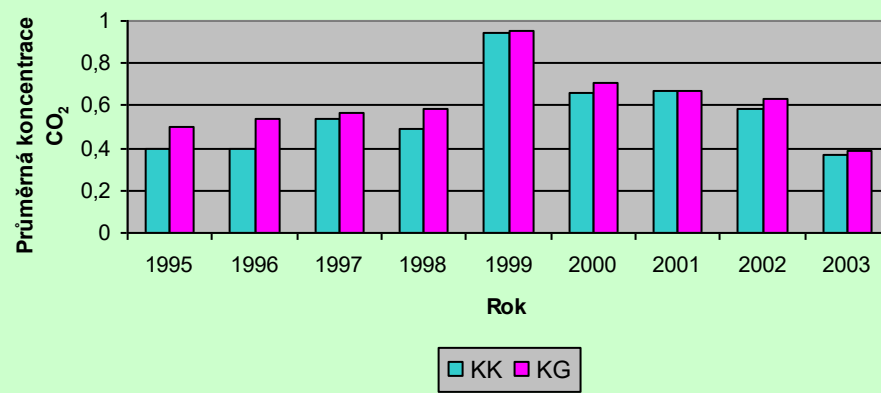


Průměrná koncentrace CO₂

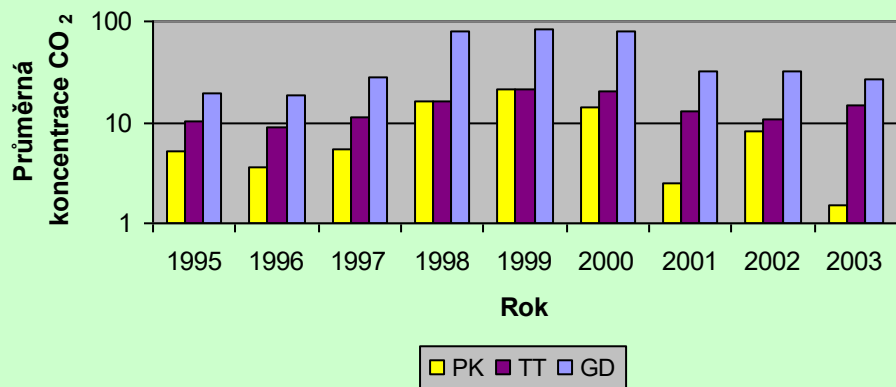
Průměrná koncentrace CO₂ v letech



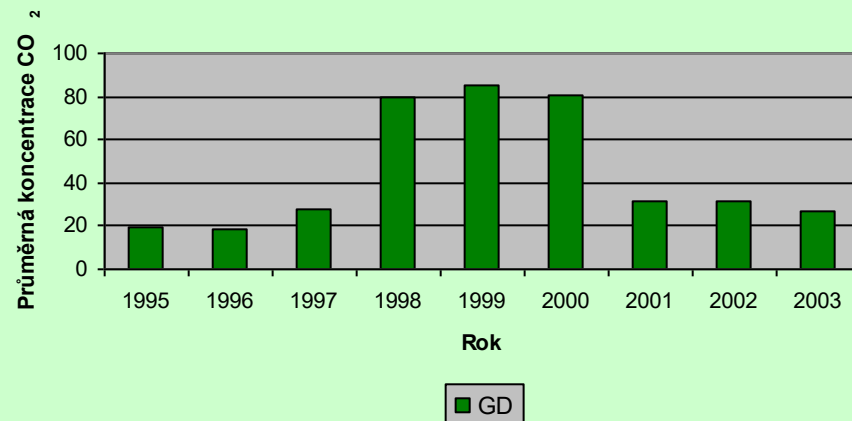
Průměrná koncentrace CO₂ v letech



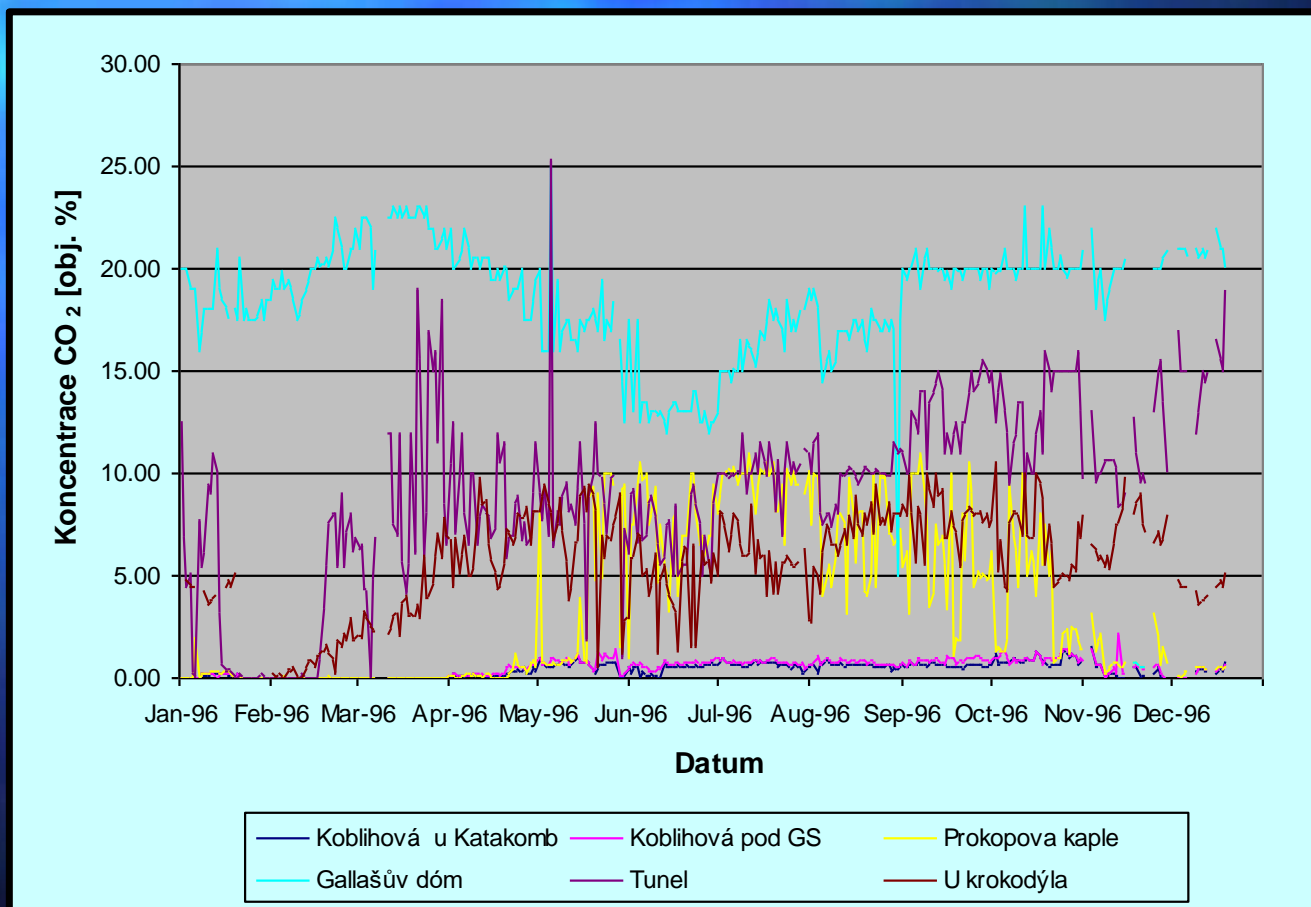
Průměrná koncentrace CO₂ v letech



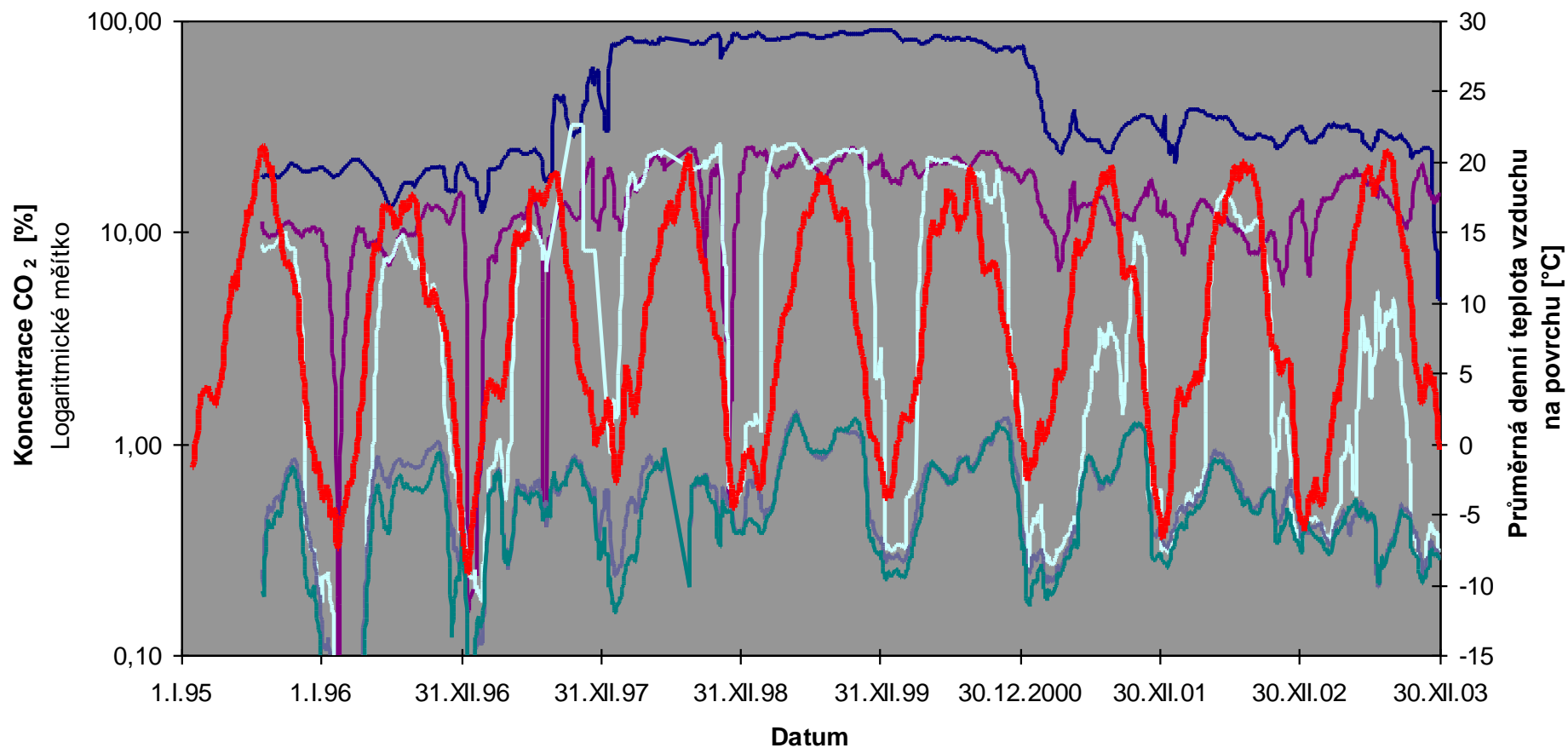
Průměrná koncentrace CO₂ v letech



Koncentrace CO₂ na vybraných lokalitách v ZAJ



Koncentrace CO₂ na jednotlivých lokalitách a průměrná denní teplota vzduchu na povrchu



— Klouzávý průměr/30 (GD)

— Klouzávý průměr/30 (TT)

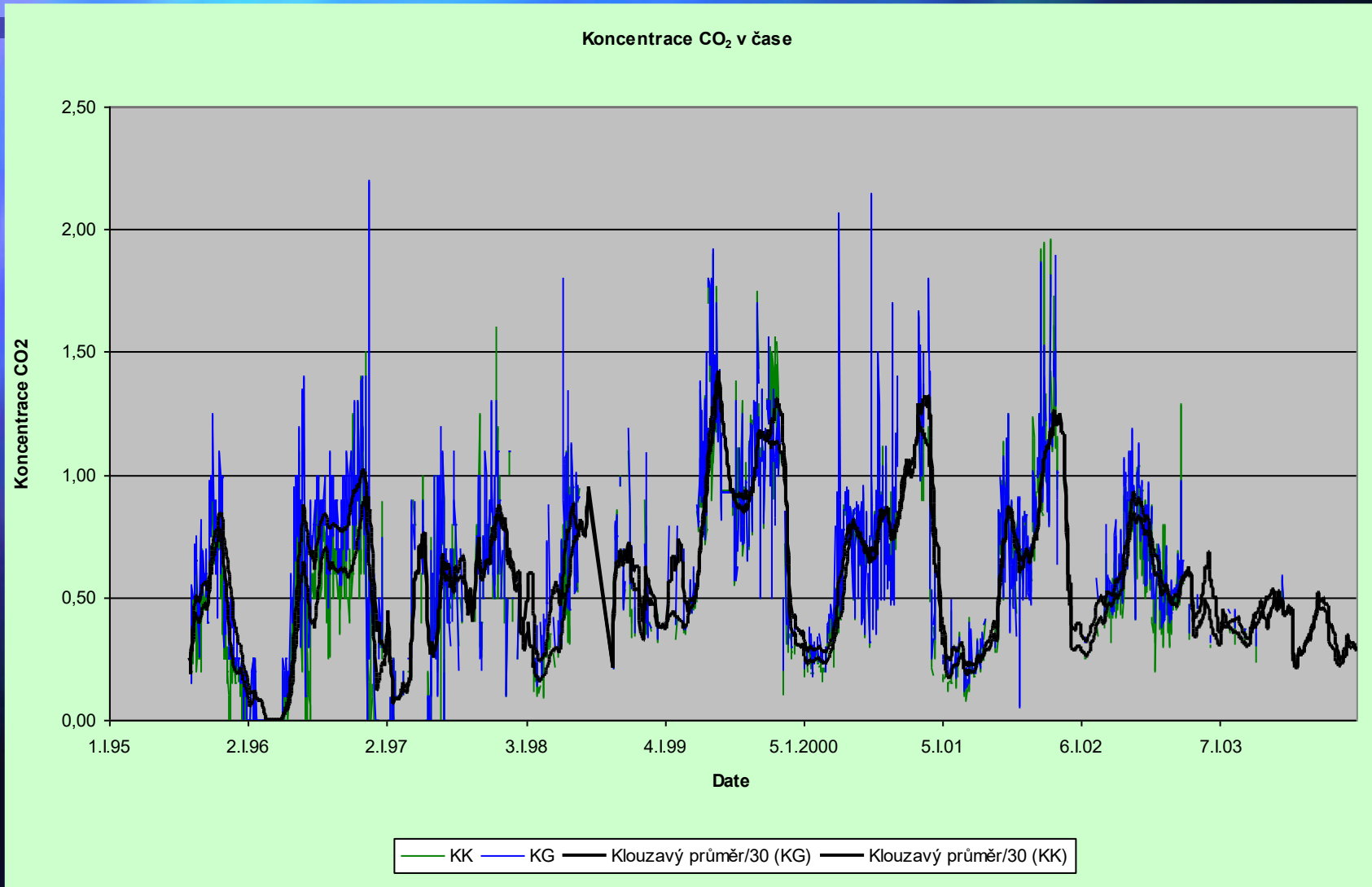
— Klouzávý průměr/30 (PK)

— Klouzávý průměr/30 (KG)

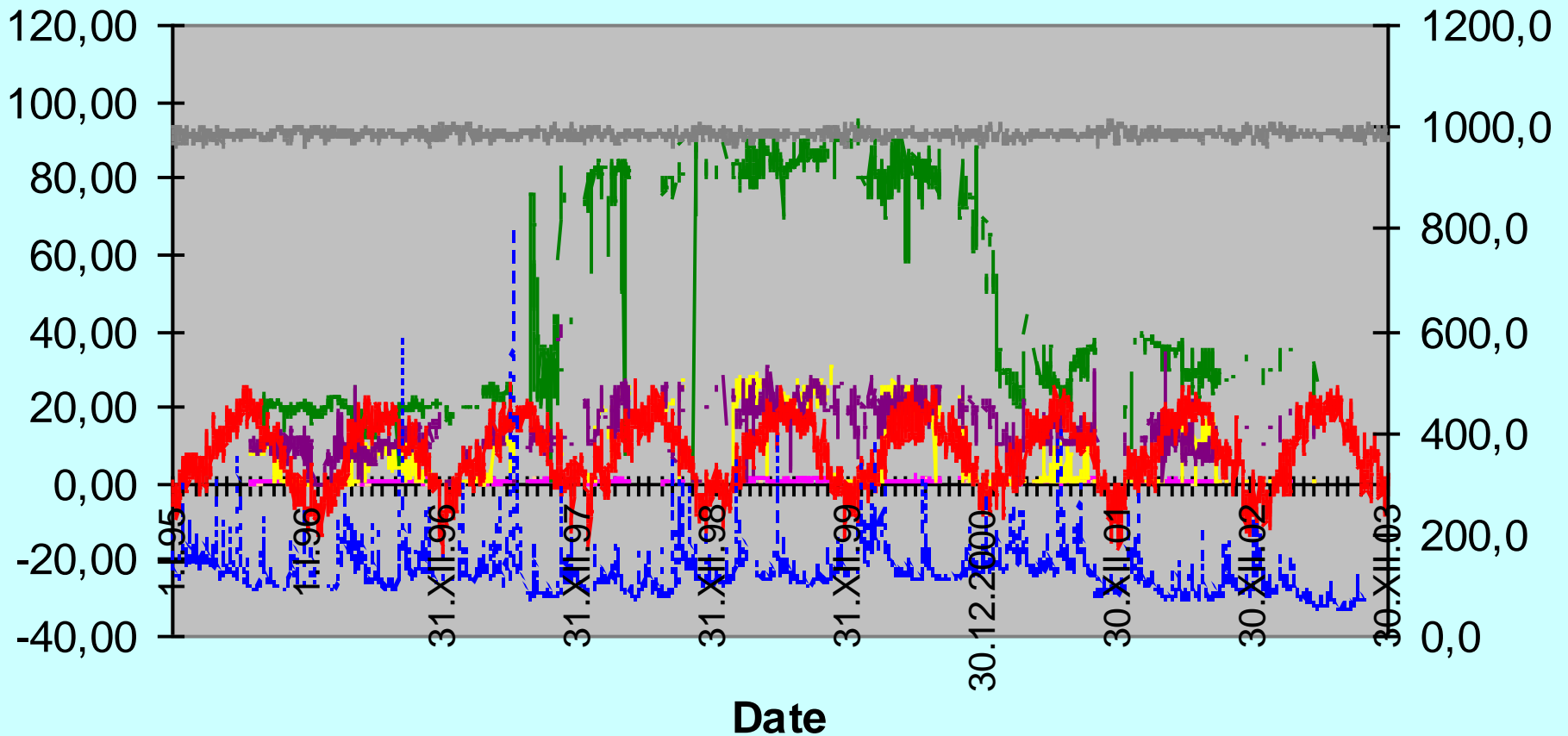
— Klouzávý průměr/30 (KK)

— Klouzávý průměr/30 (T)

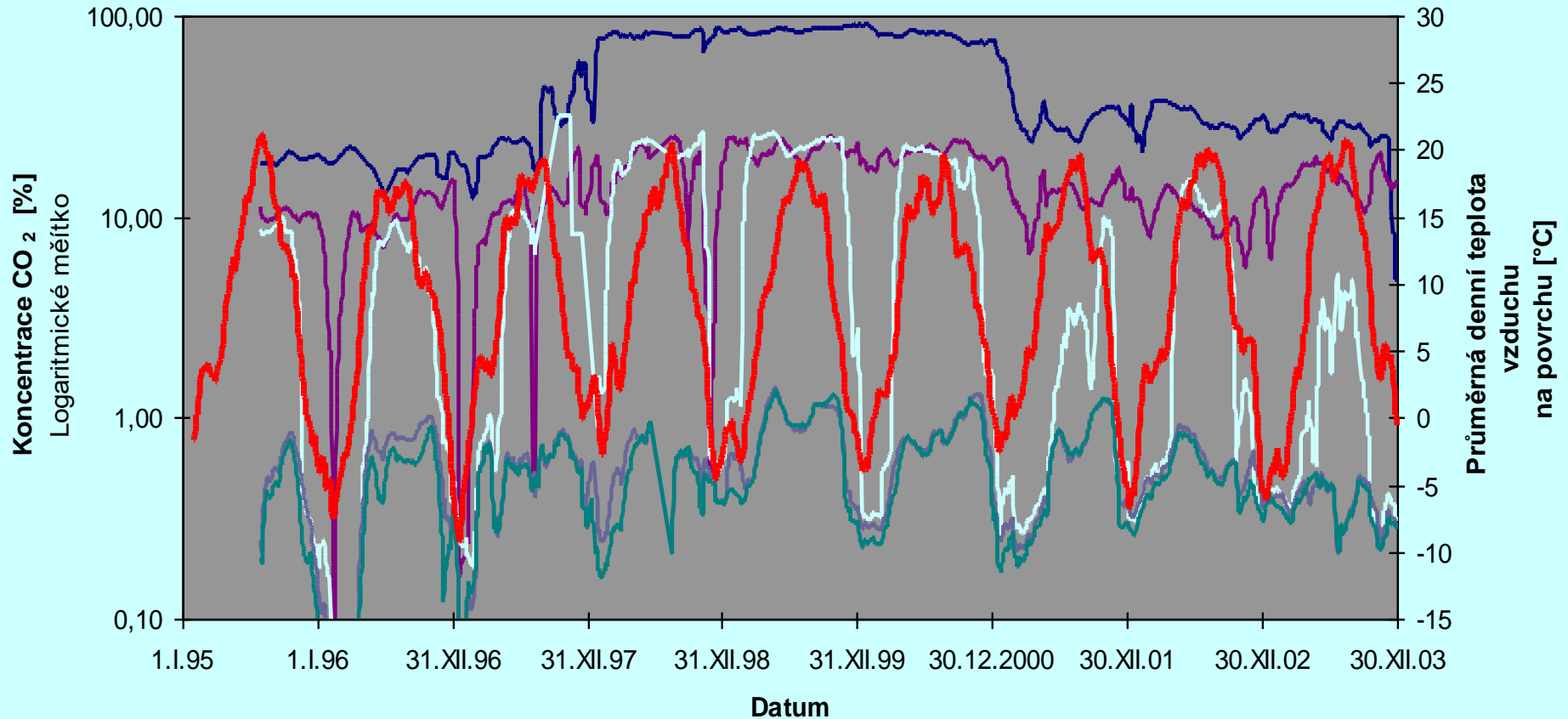
Fenomén krátkodobých epizod



35 let monitoringu CO₂ - první výsledky



Koncentrace CO₂ na jednotlivých lokalitách a průměrná denní teplota vzduchu na povrchu



— Klouzavý průměr/30 (GD)

— Klouzavý průměr/30 (TT)

— Klouzavý průměr/30 (PK)

— Klouzavý průměr/30 (KG)

— Klouzavý průměr/30 (KK)

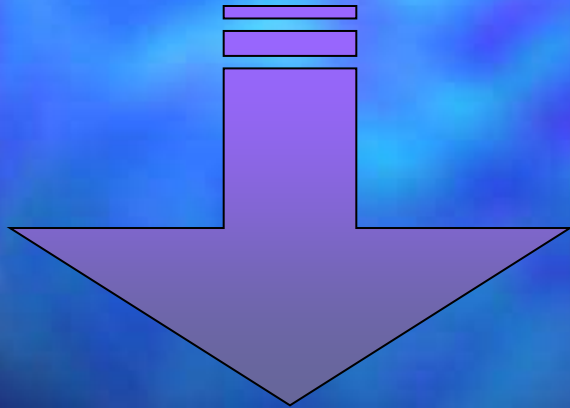
— Klouzavý průměr/30 (T)

Určení původu CO_2

na příkladu Hranického paleozoika

CO_2 v plynových jezerech

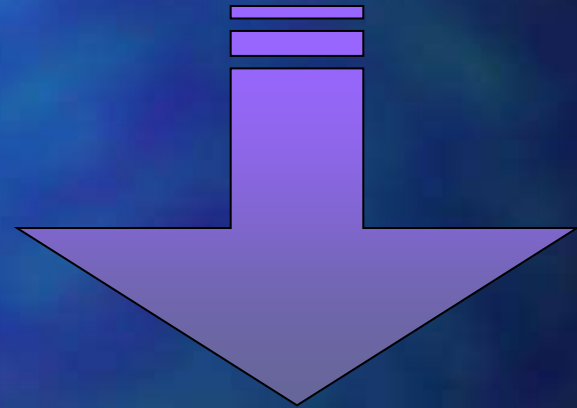
$\delta^{13}\text{C} = -4,9; -3,1 \text{ ‰ PDB}$ (Geršl)



Juvenilní původ CO_2

^3He a ^4He Hranická Propast

$^3\text{He}/^4\text{He} = 4,5 \cdot 10^{-6}$ (Meyberg a Rinne 1995)

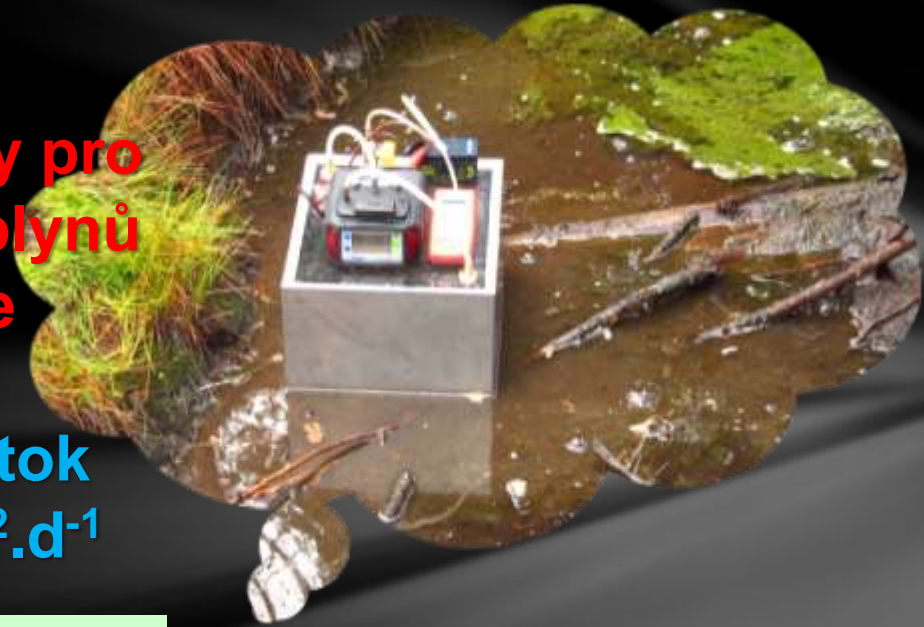


**Původ v hloubce cca 40 km
(svrchní plášť Země)**



Vývoj metodiky pro měření úniků plynů 4 generace

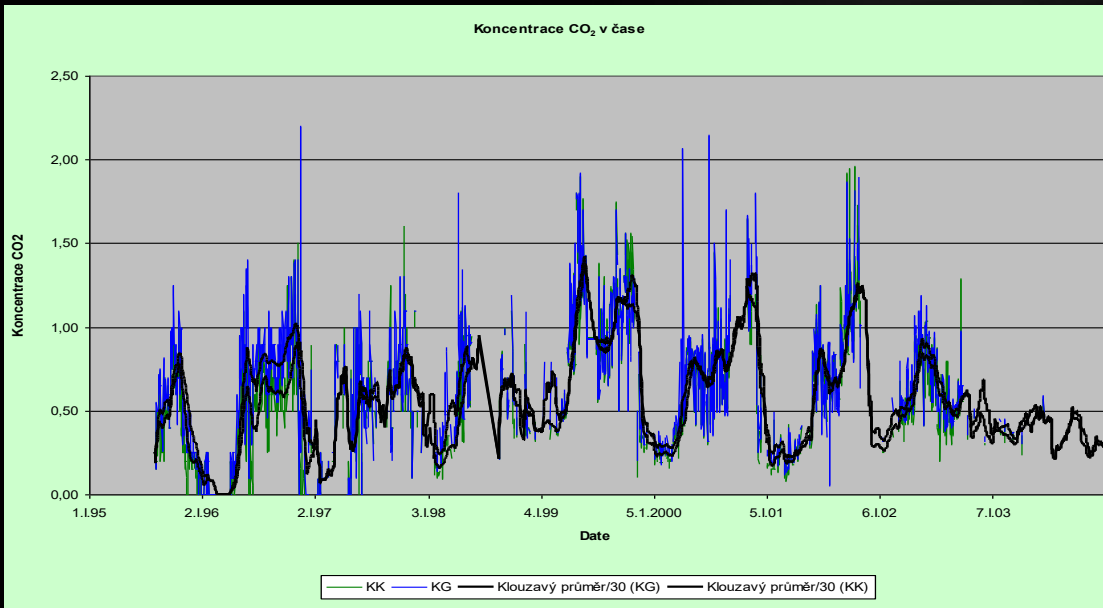
Hmotnostní tok
 $xx-xxx \text{ g.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$



CO₂ v Hranickém paleozoiku

$\delta^{13}\text{C} = -5,0 \text{ ‰ PDB}$

${}^3\text{He}$ a ${}^4\text{He} = 4,5 \cdot 10^{-6}$
= hloubka zdroje 40 km



Fenomén krátkodobých epizod



Aragonit



Aragonit

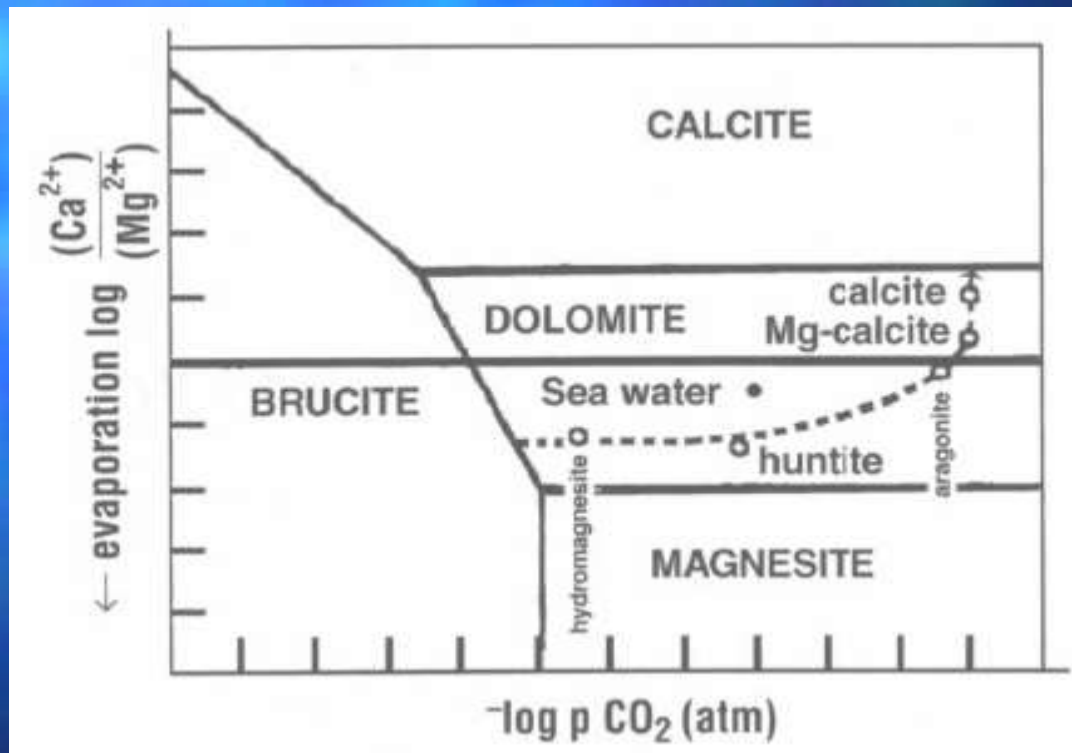


Aragonit



CD Autochtonní

Minerály jeskynných výplní

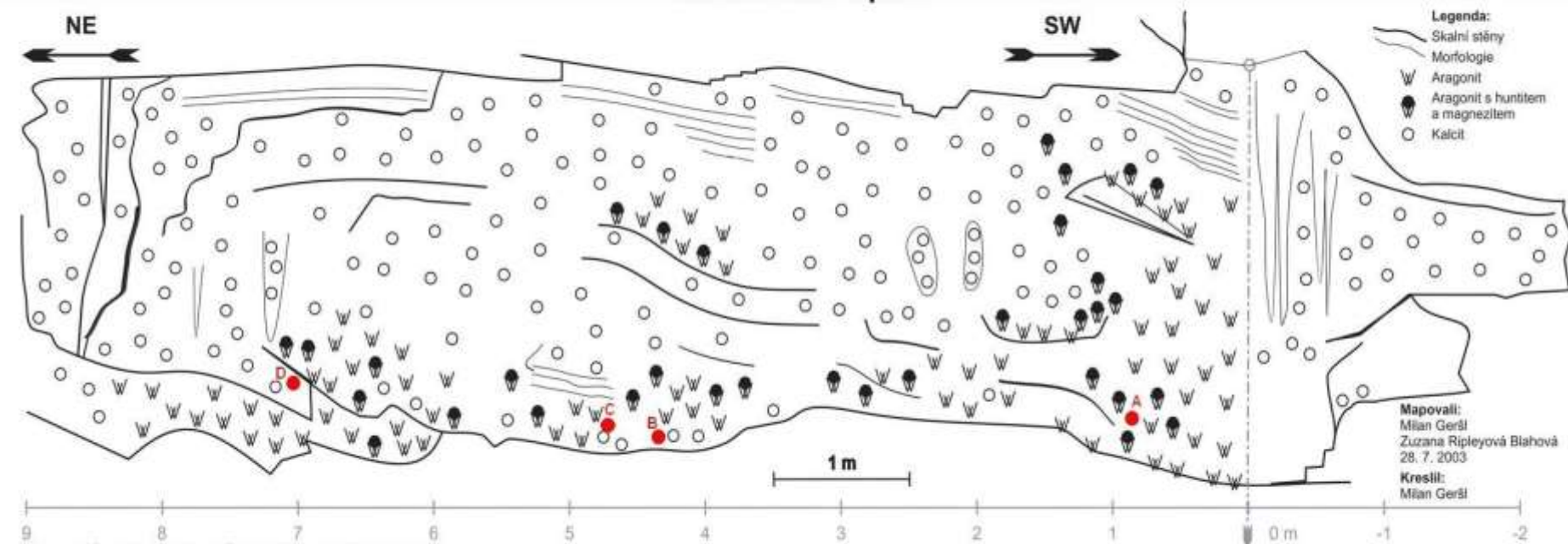


Historie řešení

2000 Mineralogická analýza Opony (Mgr. Milan Geršl, MU Brno)

Zbrašovské aragonitové jeskyně

Jurikův dóm - Opona



Místa odběrů kontrolních vzorků (označeno barevným drátem):

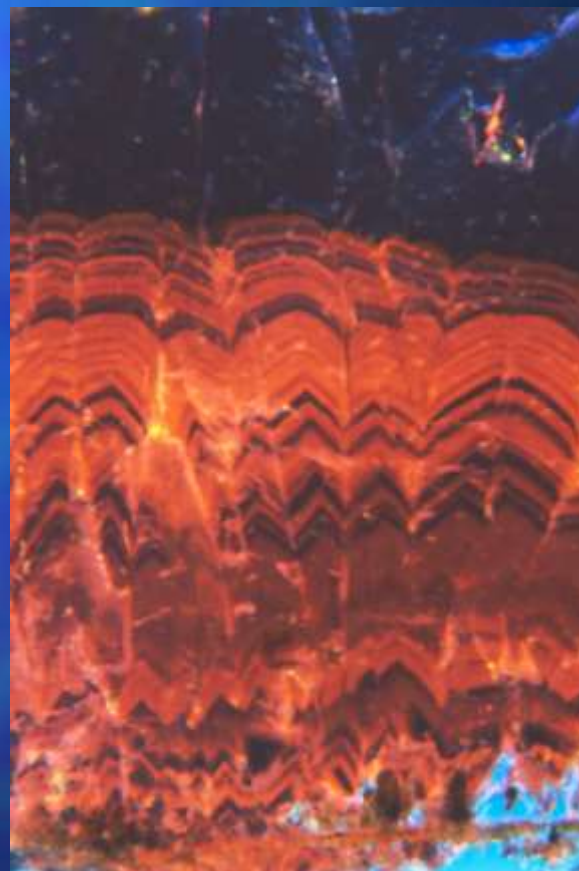
- A - zelený drát
- B - oranžový drát
- C - žlutý drát
- D - červený drát

Upravil:
Slavomír Černý 2007

Katodová luminescence sintrů



A-3A



A-2A CL

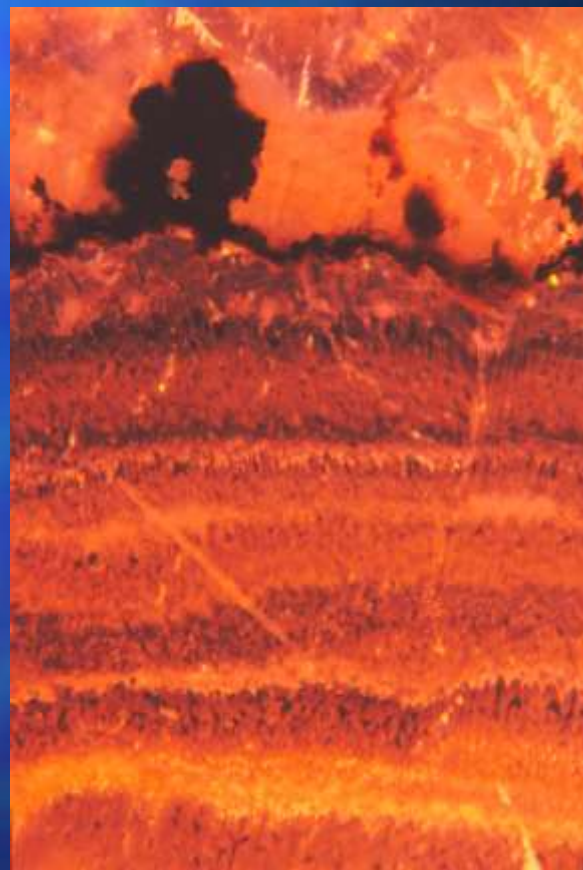
Delší strana snímku 3,2 mm

Katodová luminescence sintrů



07/00 a

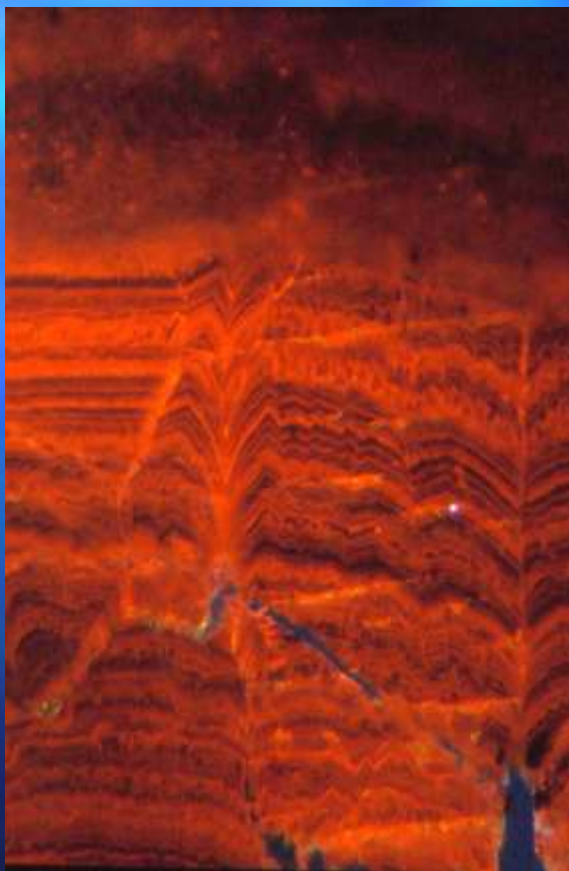
“Hranický onyx”, ZAJ - Jurikův dóm



07/00 a CL

Delší strana snímku 3,2 mm

Katodová luminescence sintrů



03/99

“Hranický onyx”, ZAJ – Koblihová síň

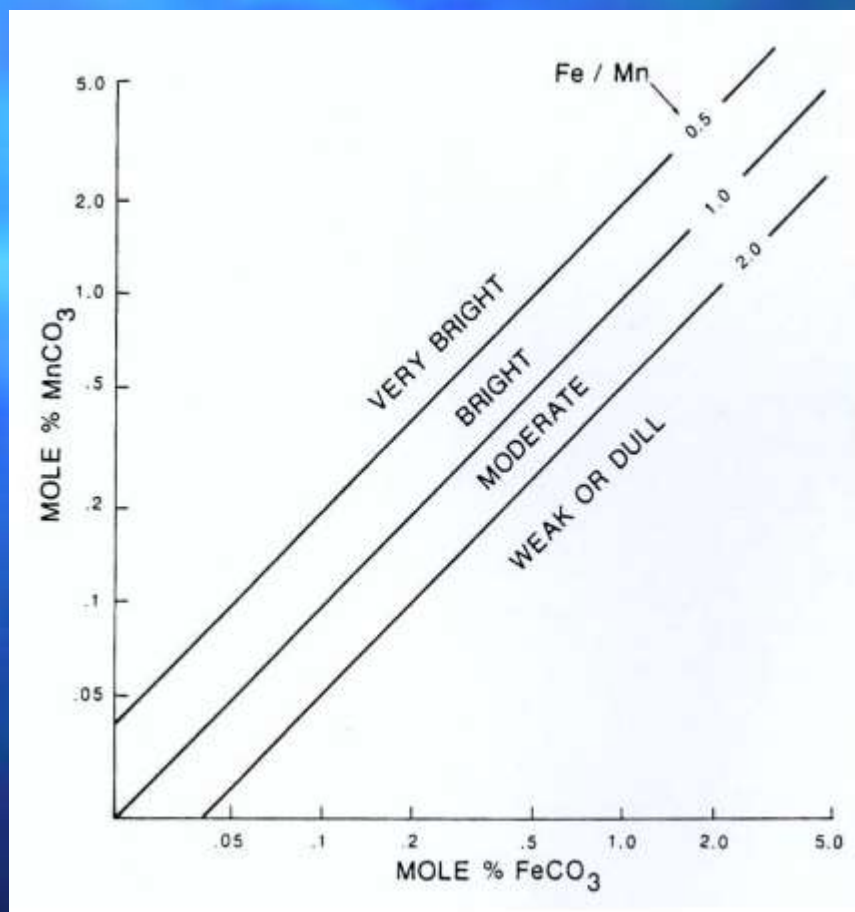


Delší strana snímku 3,2 mm

03/99 CL

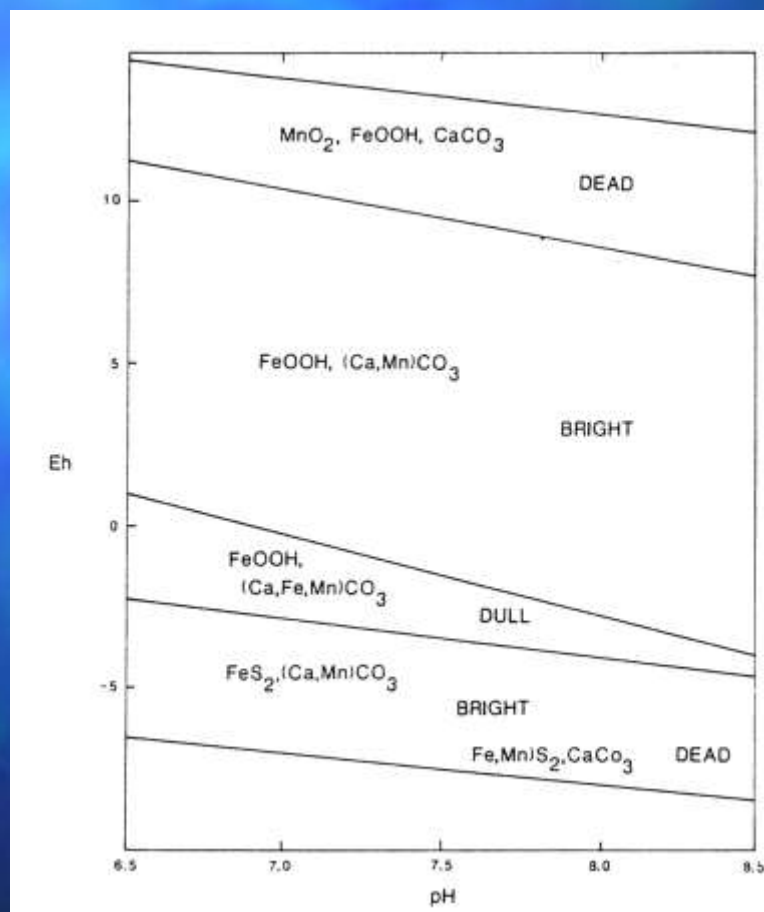
Závislost CL na poměru Fe / Mn

(Frank et al. 1982)



Závislost CL na poměru pH / Eh

(Frank et al. 1982)

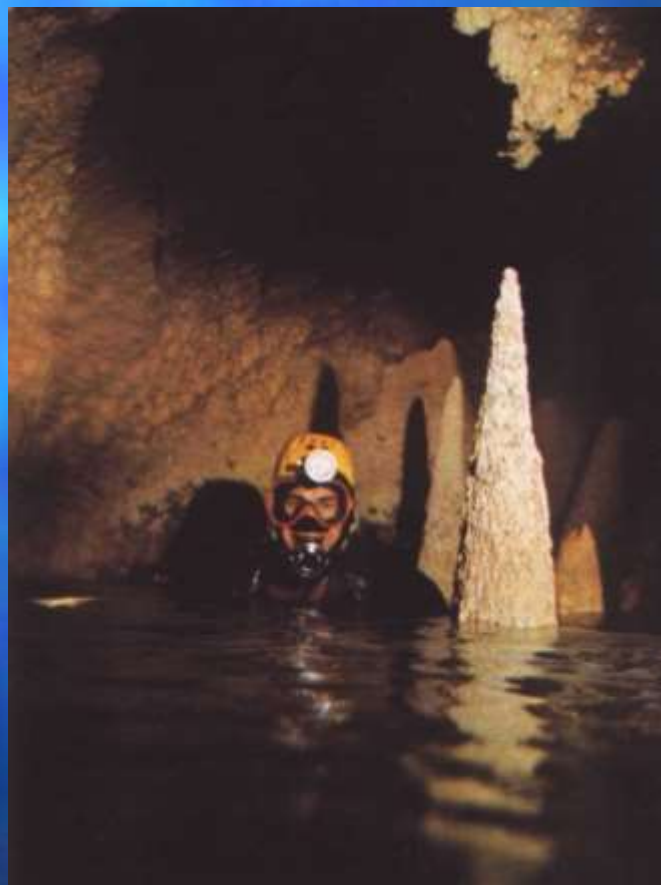




*Hranický onyx; ZAJ – Jeskyně u Krokodýla
(Skutečné rozměry 12 x 12 cm)*



2. Kenozoické chemogenní sedimenty - sintry



Gejírový stalagmit; Hranická propast, Nebe I.

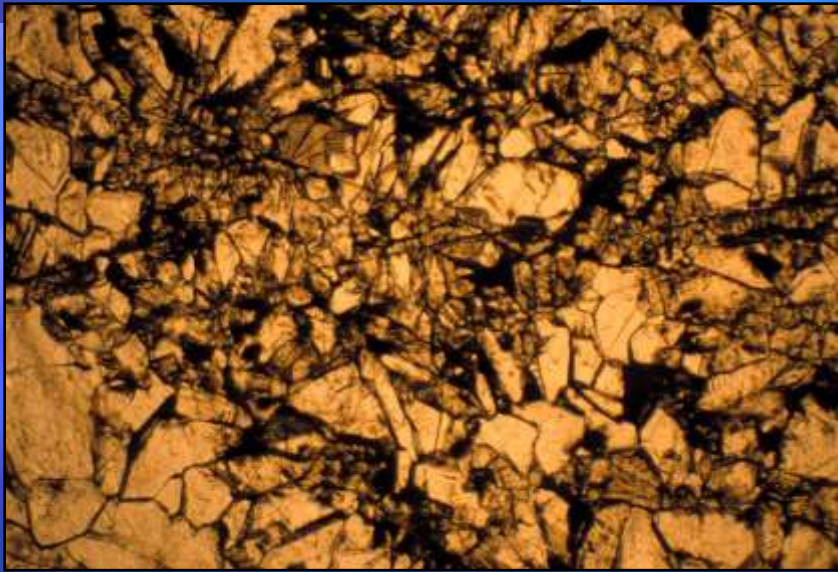
Gejírové stalagmity



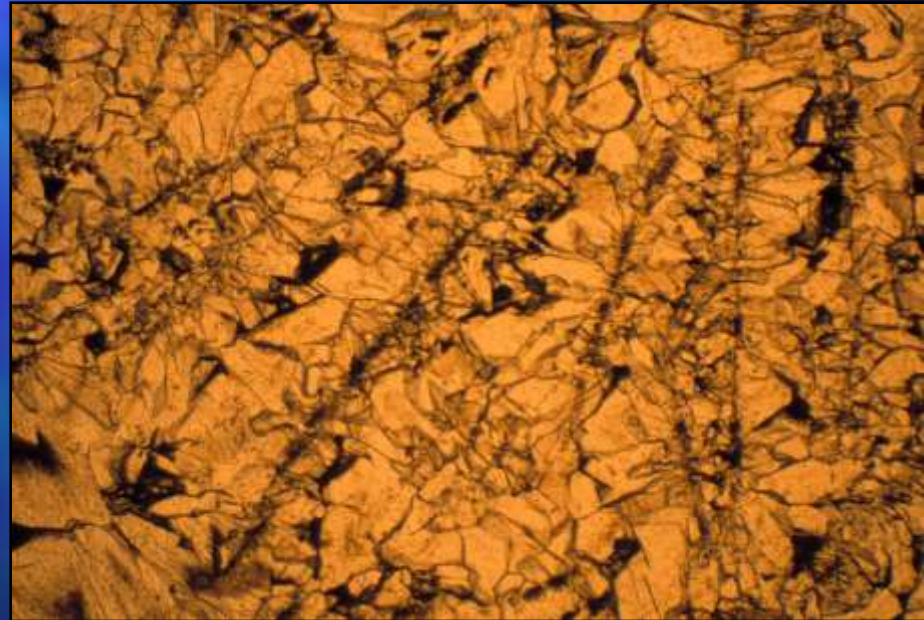
Rafty - Jeskyně Smrti



Stavba gejzírových stalagmitů



- Kalcit; brekciovitá struktura*
- *plošně paralelní orientace*
 - *vysoká porozita*

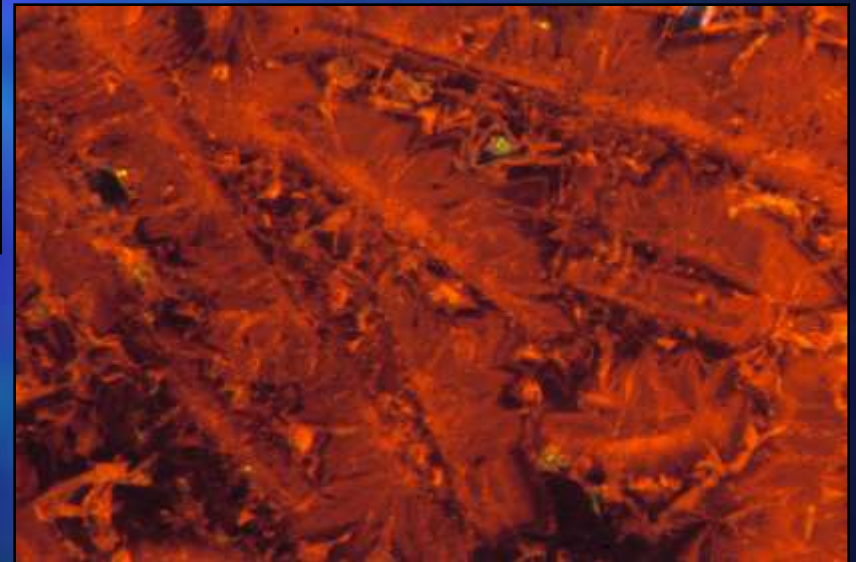


Stavba gejzírových stalagmitů

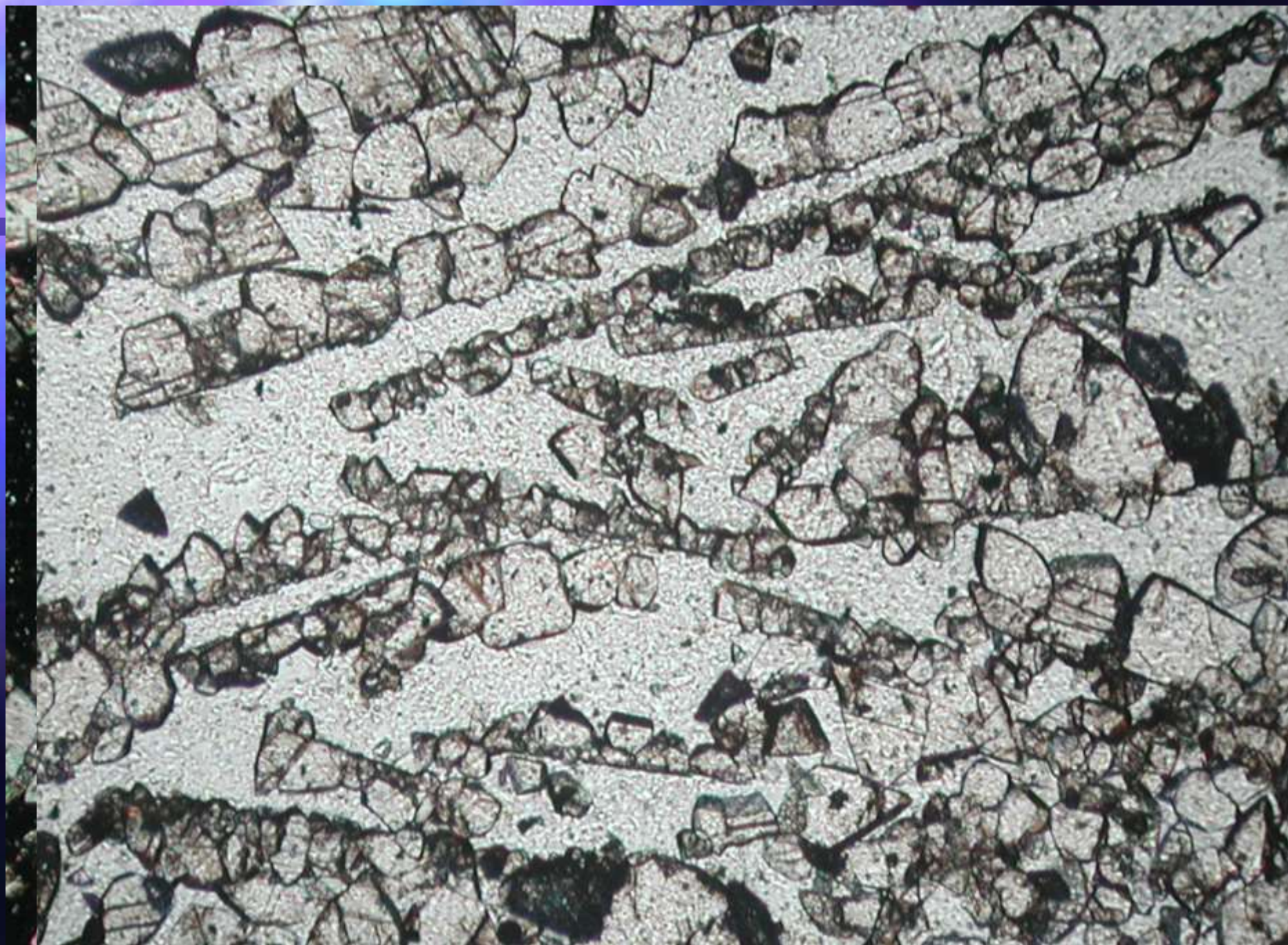


Zkřížené nikoly

Katodová luminescence



Delší strana snímku = 3,2 mm







Organické minerály

Minerál, vzorec	Krystal. soustava	Vlastnosti
Guanin $C_5H_3(NH_2)N_4O$	Monoklinická	2-amino-6-hydroxypurin. Bílý. Jemně zrnitý.
Melit $Al_2[C_6(COO)_6].18H_2O$	Tetragonální	Syn. medovec. Sůl kys. benzoové. Medově žlutý.
Oxamit $(NH_4)_2C_2O_4.H_2O$	Ortorombická	Oxalát amonný. Žluto-bílý. Průsvitný. V guanu.
Uricit $C_5H_4N_4O_3$	Monoklinická	Kys. močová, 2,6,8-trihydroxypurin. V guanu.
Urea $CO(NH_2)_2$	Tetragonální	Močovina. Žlutohnědé xx.
Weddellit $Ca(C_2O_4).2H_2O$	Tetragonální	Ca-oxalát. Bezb., bílý, žlutohnědý. Pyramid. xx.

Izotopová frakcionace kyslíku

- **Izotop** je označení pro nuklid v rámci souboru nuklidů jednoho chemického prvku. Jádra atomů izotopů jednoho prvku mají stejný počet protonů, ale mohou mít rozdílný počet neutronů. Mají tedy stejné atomové číslo a rozdílné hmotové číslo a atomovou hmotnost. Název pochází z řecké předpony *iso-* (stejno-) a *topos* (místo), protože v periodické tabulce se nacházejí na stejném místě.
- Izotopy téhož prvku mají prakticky totožné chemické vlastnosti; hlavní rozdíl spočívá v tom, že těžší izotopy reagují poněkud pomaleji. Tento efekt je nejvýraznější u lehkého vodíku a deuteria, které je dvakrát těžší. U těžších prvků s větším počtem nukleonů je relativní rozdíl mnohem menší a jeho vliv obvykle zanedbatelný.

Izotopy vodíku I

1H – protium (běžný vodík)
2
 1H – deuterium, též označované 2
1D
3
 1H – tritium, též označované 3
1T

Izotopy uhlíku

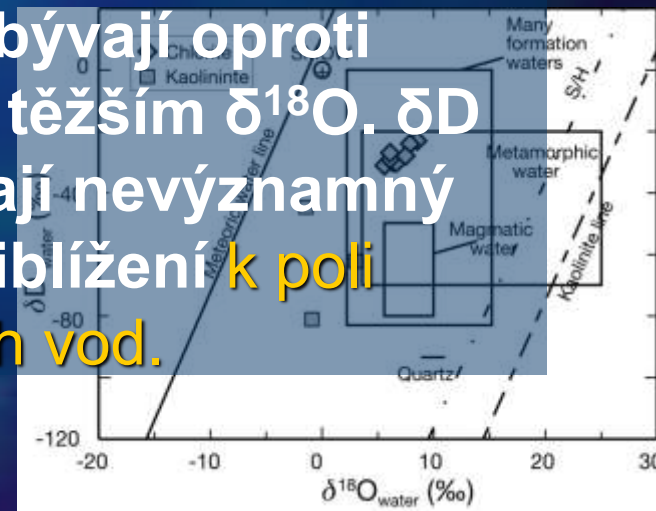
12
 6C – uhlík 12
13
 6C – uhlík 13, využívaný v NMR spektroskopii
14
 6C – uhlík 14 (radiouhlík)

$\delta^{18}\text{O}$ = delta

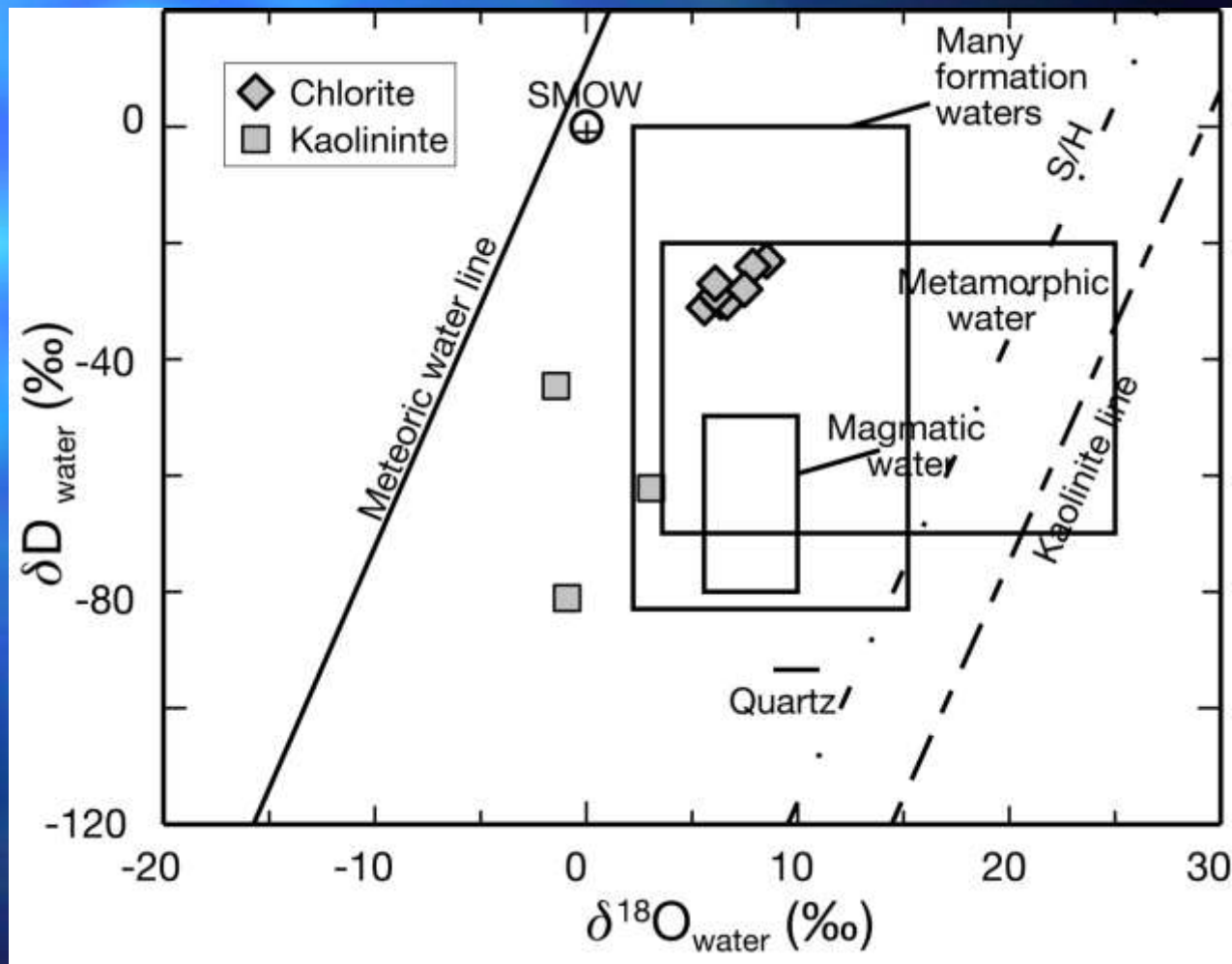
Izotopová frakcionace kyslíku

Craigova linie – pole prim. magmatických, metamorfních, oceánských, organogen. A meteorických vod. Hodnoty δD a $\delta^{18}O$ napájecích recentních vod obvykle pod ní.

Při cirkulaci fluid se při interakci voda-hornina mění $\delta^{18}O$ na vyšší; okolní horniny bývají oproti meteorickým v mnohem bohatší těžším $\delta^{18}O$. δD obvykle beze změny; hodniny mají nevýznamný obsah vodíku (D). Pozor na přiblížení k poli primárních magmatických vod.



Izotopová frakcionace kyslíku



Izotopová frakcionace kyslíku

Faktor izotopové frakcionace izotopů kyslíku v systému kalcit – voda je funkcí teploty.

Kalcit, který vznikal z vodného roztoku při *vyšší teplotě je obohacen lehčími izotopy kyslíku,*
kalcit vznikající při *nižší teplotě je obohacen těžšími izotopy kyslíku.*

Izotopová frakcionace kyslíku - problémy

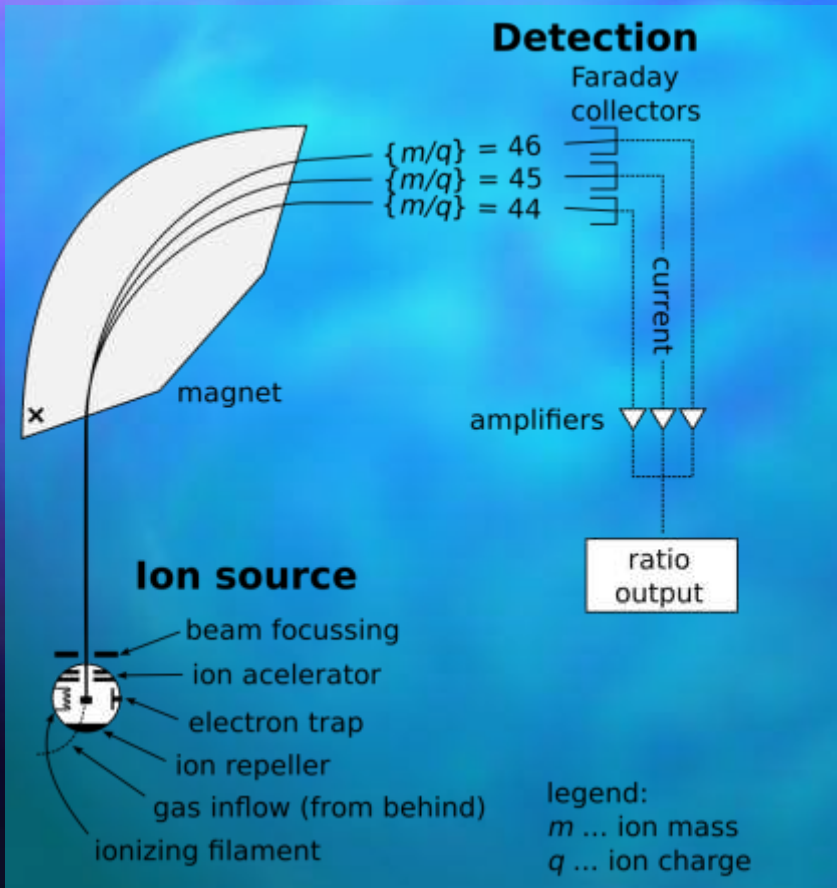
Izotopové složení kyslíku je ovlivněno především:

- Oddělením páry při adiabatické expanzi při poklesu tlaku
- Oddělení rozpuštěných plynů (CO₂)
- Ředění mělkými vodami

Také:

- Velké objemy hornin i fluid
 - Vysoké/nízké rychlosti proudění fluid
- = nerovnovážné systémy

Izotopová frakcionace kyslíku



Vzorce pro výpočet rovnovážné teploty

$$t [^{\circ}\text{C}] = 16,5 - 4,3 (\delta^{18}\text{O}_{\text{C/PDB}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{W/SMOW}}) + (\delta^{18}\text{O}_{\text{C/PDB}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{W/SMOW}})^2 \quad [1]$$

(Epstein et al., 1953)

$$t [^{\circ}\text{C}] = 10^3 \times \sqrt{\frac{2,78}{\Delta_{\text{SMOW}} + 3,39}} - 273,15 \quad \Delta_{\text{SMOW}} = \delta^{18}\text{O}_{\text{C/SMOW}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{W/SMOW}} \quad [2]$$

(O'Neil et al., 1966)

$\delta^{18}\text{O}_{\text{C}}$ – izotopické složení kyslíku v kalcitu (sintru)

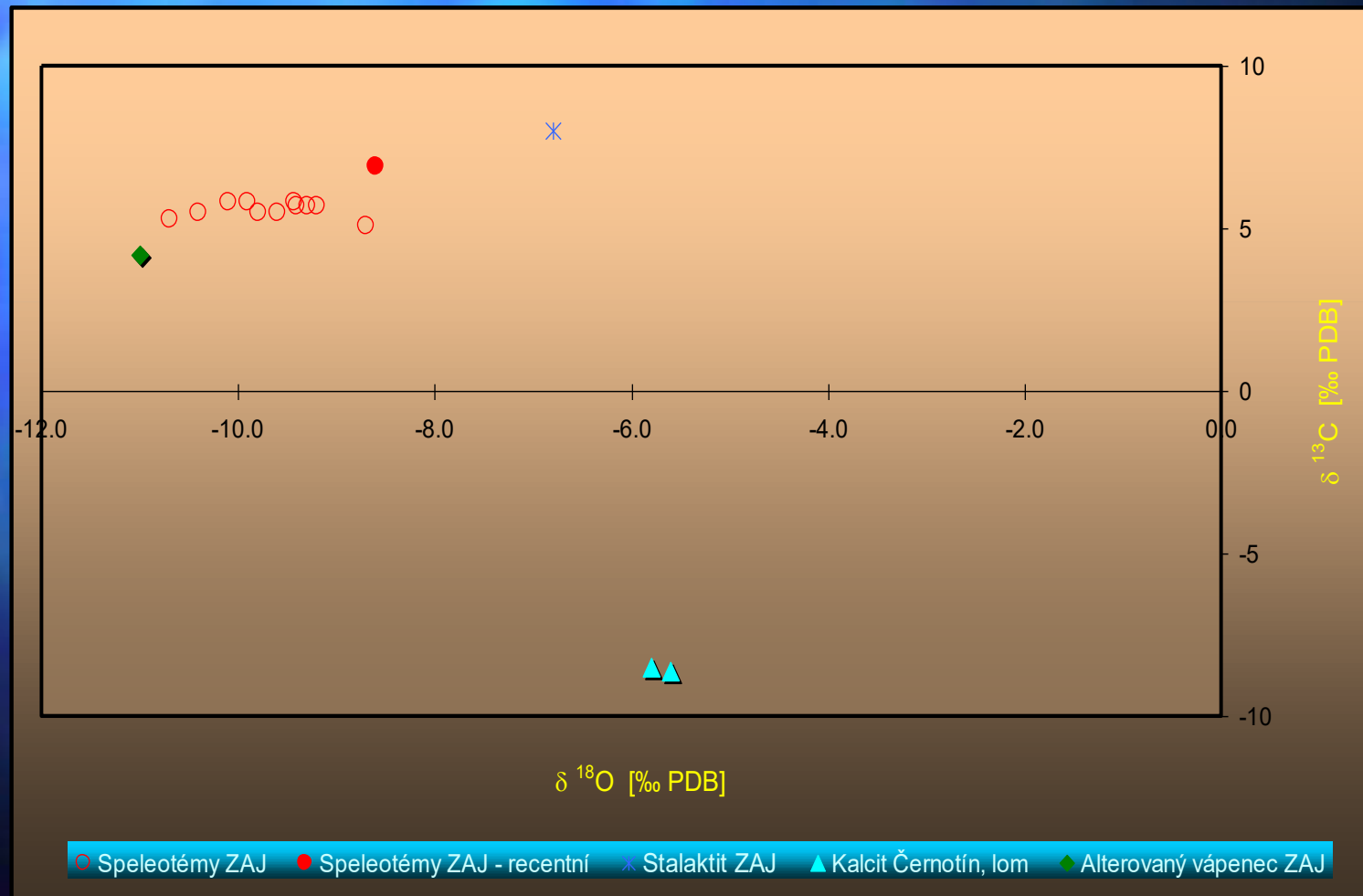
$\delta^{18}\text{O}_{\text{W}}$ – izotopické složení kyslíku ve vodě

$$\delta^{18}\text{O}_{\text{W}} = -10,3 \text{ ‰ PDB}$$

(Michalíček et al., 1994)

Analyzována recentní minerální voda z vrtu R I., hloubka 60,4 m. Ověřeno vzorkem 40/00.

Izotopické složení C a O sintrů Hranického krasu



Výpočet rovnovážné teploty

Číslo vzorku	$\delta^{13}\text{C}$ KALCIT [‰ PDB]	$\delta^{18}\text{O}$ KALCIT [‰ PDB]	$\delta^{18}\text{O}$ KALCIT [‰ SMOW]	Výpočet 1.: Epstein [°C]	Výpočet 2.: O'Neil [°C]	Lokalita; popis vzorku
ZJ03/99a	5.8	-9.9	20.7	14.9	11.2	ZAJ – Koblihová j.; “hranický onyx“ mladší
ZJ03/99b	5.5	-9.8	20.8	14.6	10.8	ZAJ – Koblihová j.; “hranický onyx“ mladší
ZJ04/99a	5.5	-9.6	21.1	14.0	9.5	ZAJ – Koblihová j.; “hranický onyx“ starší
ZJ04/99b	5.7	-9.2	21.4	13.0	8.3	ZAJ – Koblihová j.; “hranický onyx“ starší
ZJ04/99c	5.7	-9.4	21.2	13.4	9.1	ZAJ – Koblihová j.; “hranický onyx“ starší
ZJ05/00	5.8	-10.1	20.5	15.7	12.0	ZAJ – Koblihová j.; “gejzírový stalagmit“
ZJ07/00	5.7	-9.3	21.3	13.2	8.7	ZAJ – Jurikův d.; Fe-Mn sintř
ZJ09/00	5.8	-9.4	21.2	13.4	9.1	ZAJ – J. u Krokodýla; “hranický onyx“
ZJ13/00	5.1	-8.7	21.9	12.2	6.3	ZAJ – J. smřti; pizolity
ZJ13/00r ♦	4.2	-11.0	19.6			AJ – J. smřti; alterovaný vápenec
ZJ25a	5.3	-10.7	19.9	18.4	14.5	ZAJ – “gejzírový stalagmit“
ZJ25b	5.5	-10.4	20.2	16.9	13.3	ZAJ – “gejzírový stalagmit“
ZJ12/00 ♦	8.0	-6.8	23.9			ZAJ – J. smřti; běžný stalaktit
ZJ40/00	6.9	-8.6	22.0	12.1	5.9	ZAJ – Bezejmenná j.; recentní sintř
ZJ30/00a ♦	-8.6	-5.6	25.1			Černotín lom; kalcit
ZJ30/00b ♦	-8.5	-5.8	25.0			Černotín lom; kalcit

♦ - Jiný, než teplicový krasový systém. Neznámé hodnoty $\delta^{18}\text{O}$ vody.

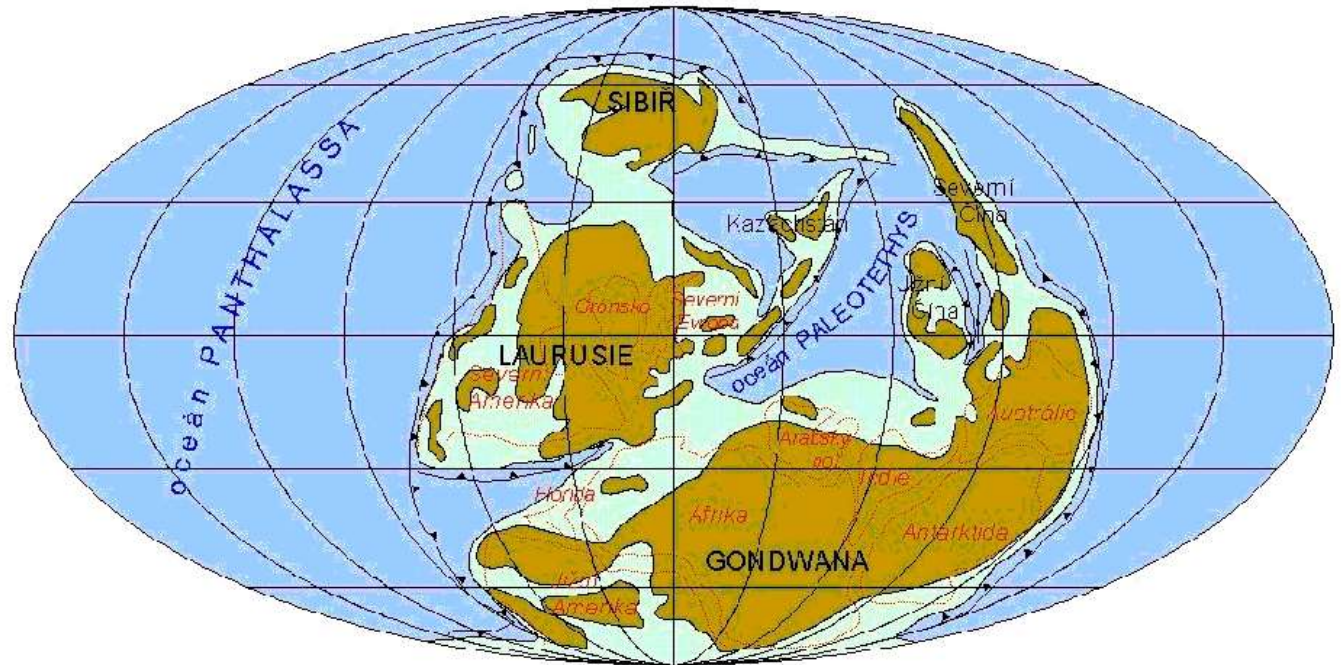
Jen teplicový krasový systém

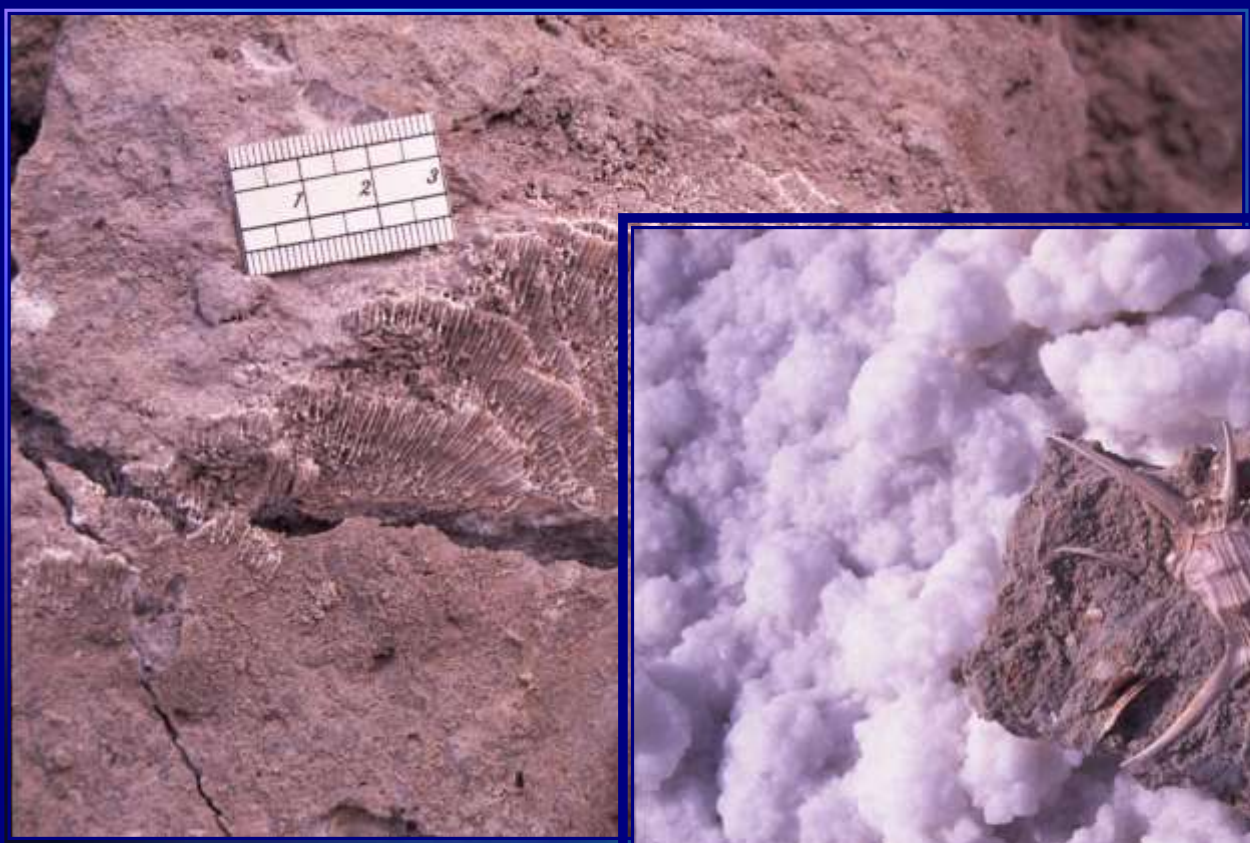
PRŮMĚR	4.3	-9.2	21.5	13.5	8.9	
MAXIMUM	6.9	-5.8	25.0	15.7	12.0	
MINIMUM	-8.5	-11.0	19.6	12.1	5.9	

PALEOPROSTŘEDÍ

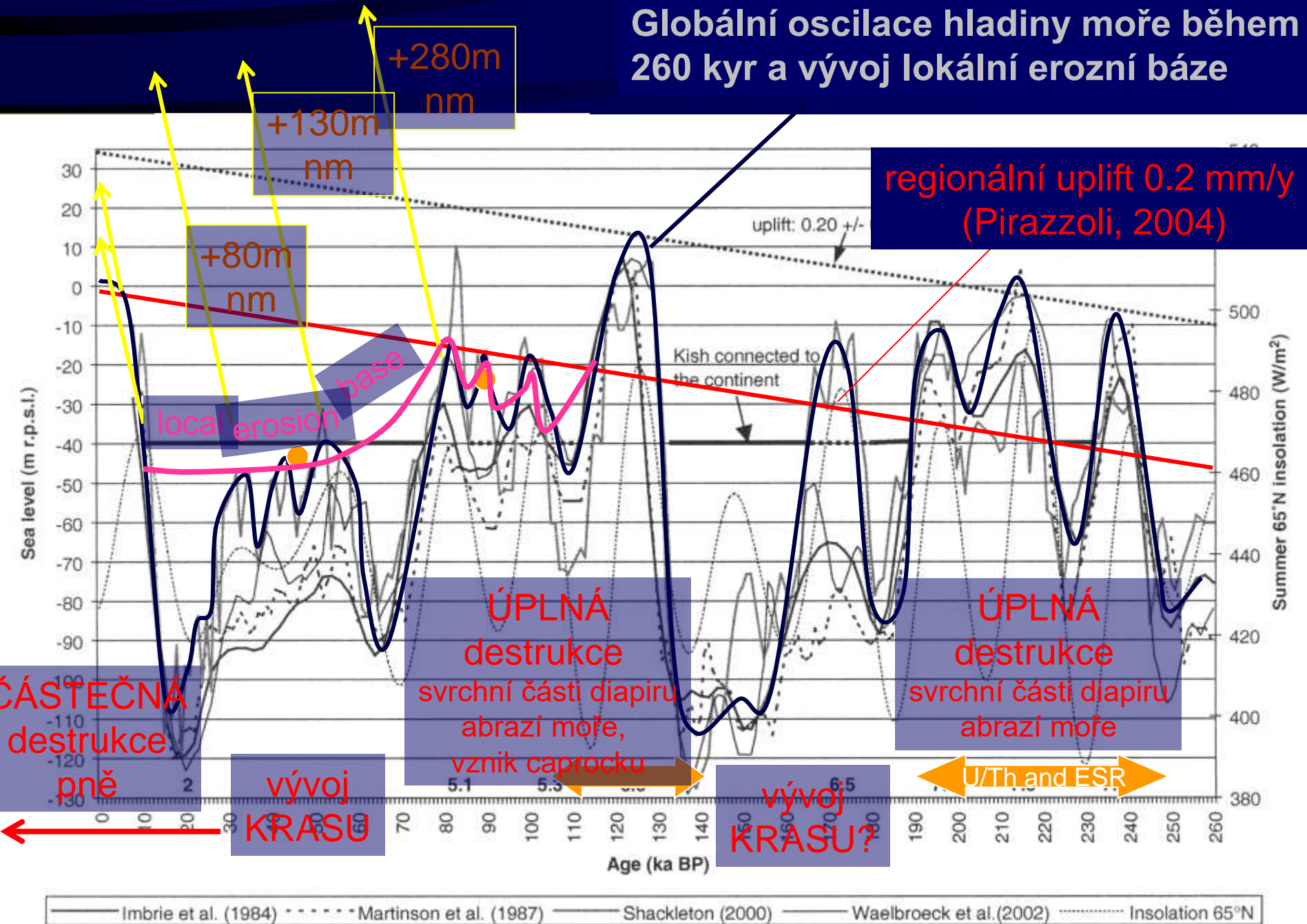
Pozice v historii Země

svrchní devon (363 Ma)





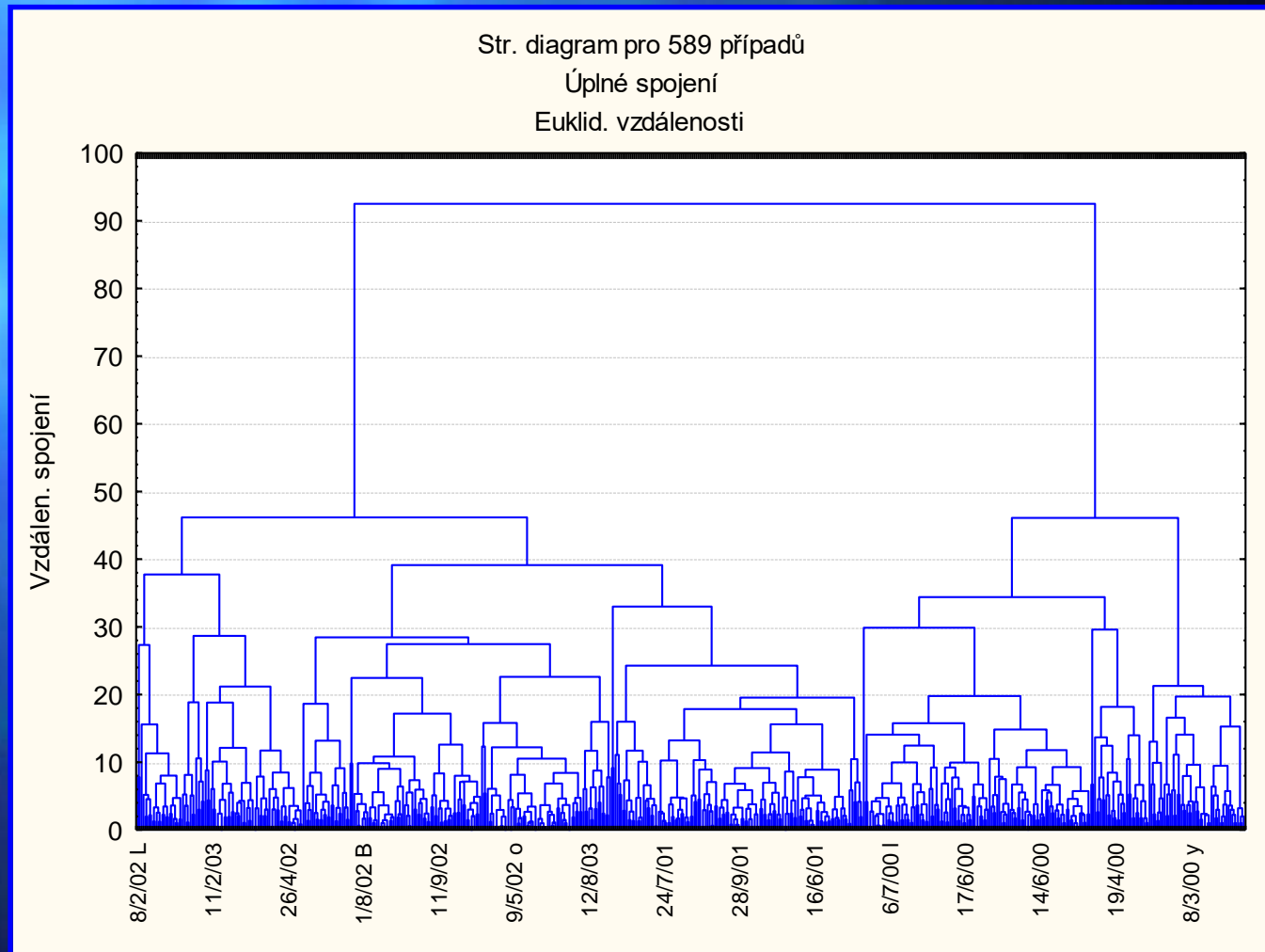
Globální oscilace hladiny moře během 260 kyr a vývoj lokální erozní báze



INTERPRETACE DAT

Clusterová analýza

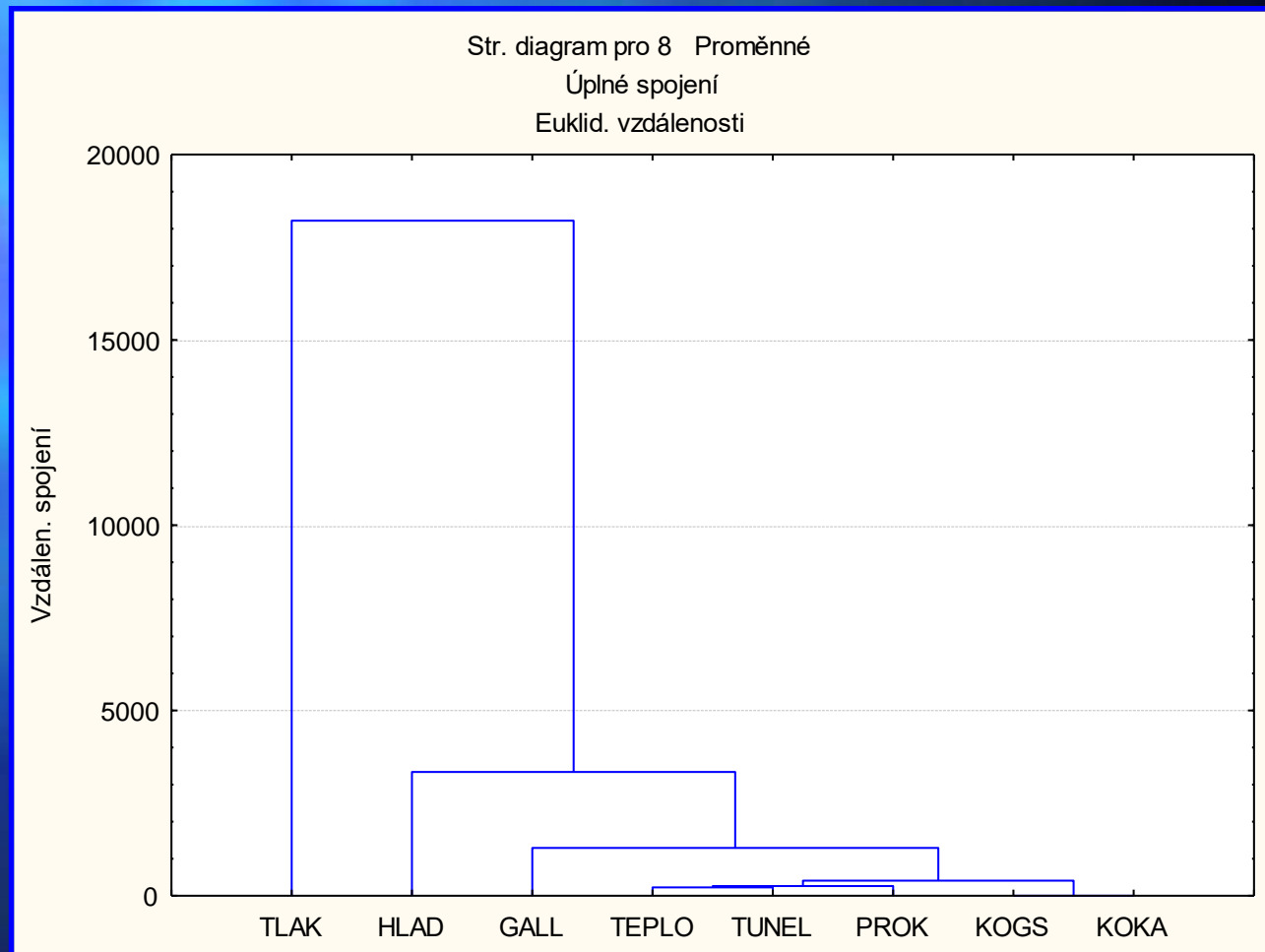
podobnost
měřená na
vybraných
lokalityách



INTERPRETACE DAT

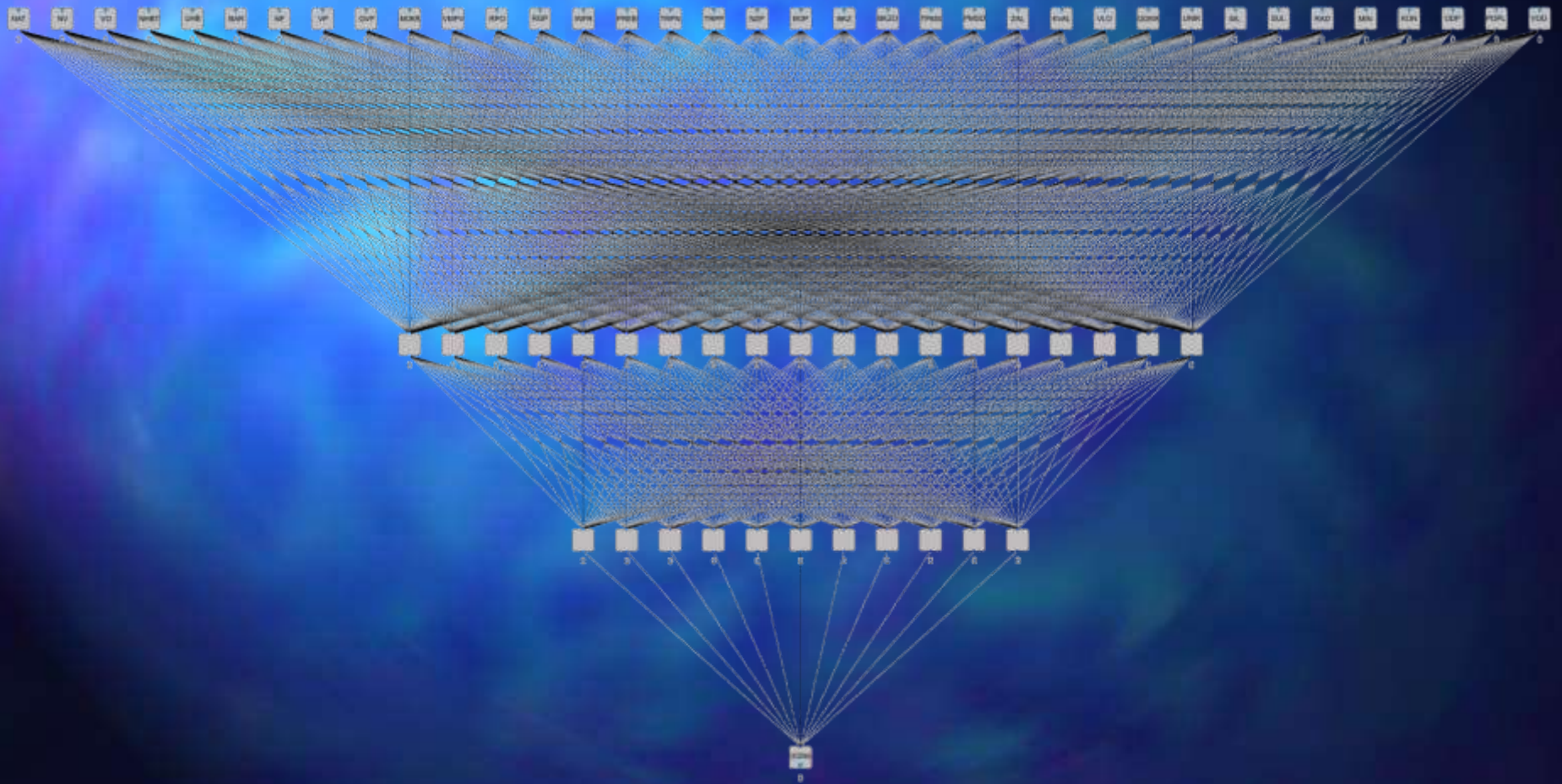
Clusterová analýza

vztah
proměnných
mezi sebou



INTERPRETACE DAT

Neuronové sítě



VÝZKUM

Laboratorní analýzy

- CHEMICKÁ ANALÝZA (klasická, AAS, ICP, INAA, XRF aj.)
- RTG PRÁŠKOVÁ DIFRAKCE (XRD)
- DIFERENČNĚTERMÁLNÍ ANALÝZA (DTA, TGA-MS)
- OPTICKÁ MIKROSKOPIE
- ELEKTRONOVÁ MIKROSKOPIE A ELEKTRONOVÁ (I.) MIKROSONDA
- KATODOVÁ LUMINISCENCE
- BARVENÍ KARBONÁTŮ
- ANALÝZA STABILNÍCH / NESTABILNÍCH IZOTOPŮ
- ANALÝZA FLUIDNÍCH INKLUZÍ
- PALEOMAGNETICKÁ ANALÝZA

*Dvě pravdy si nikdy nemohou odporovat.
Galileo Galilei*

A další...

Barvení sintrů



04/00
(3 x 4 cm)



09/00
(2,5 x 4,8 cm)



05/99
(3,7 x 2,8 cm)

VÝZKUM

Vzorkování

- **Vzorkovaný materiál – možnosti:**

Horniny, speleotémy, vody, plyny, biologický mat.

- **Vypracované a používané pokyny pro odběr a analýzu různých typů vzorků**



VÝZKUM

Chyby způsobené úpravou vz.



VÝZKUM

Chyby způsobené úpravou vz.



PLYNOKAPALNÁ FLUIDA

Geotermální systémy

*Geotermální – zde vnitřní tepelná energie Země.
Systémy, kde je tepelná e. Země koncentrována
tak, že vzniká využitelný zdroj energie.*

Aktivní (=recentní) X Fossilní

*Nositelem termální e. jsou převážně horniny, k
přenosu je potřeba fluidum (voda), které
rozptýlené teplo usměrní za vzniku geotermálního
rezervoáru.*

*Vysoká porozita, vysoká permeabilita (=hyd.
konduktivita)*

PLYNOKAPALNÁ FLUIDA

Geotermální systémy

Obsah prvků je řízen řadou teplotně závislých rovnováh mezi minerály a fluidy. Výskyt rovnovážných systémů je však mizivý.

Pravděpodobně se jedná o rovnováhy fluidum X novotvořená fáze, nikoliv fluidum a přítomné minerální fáze.

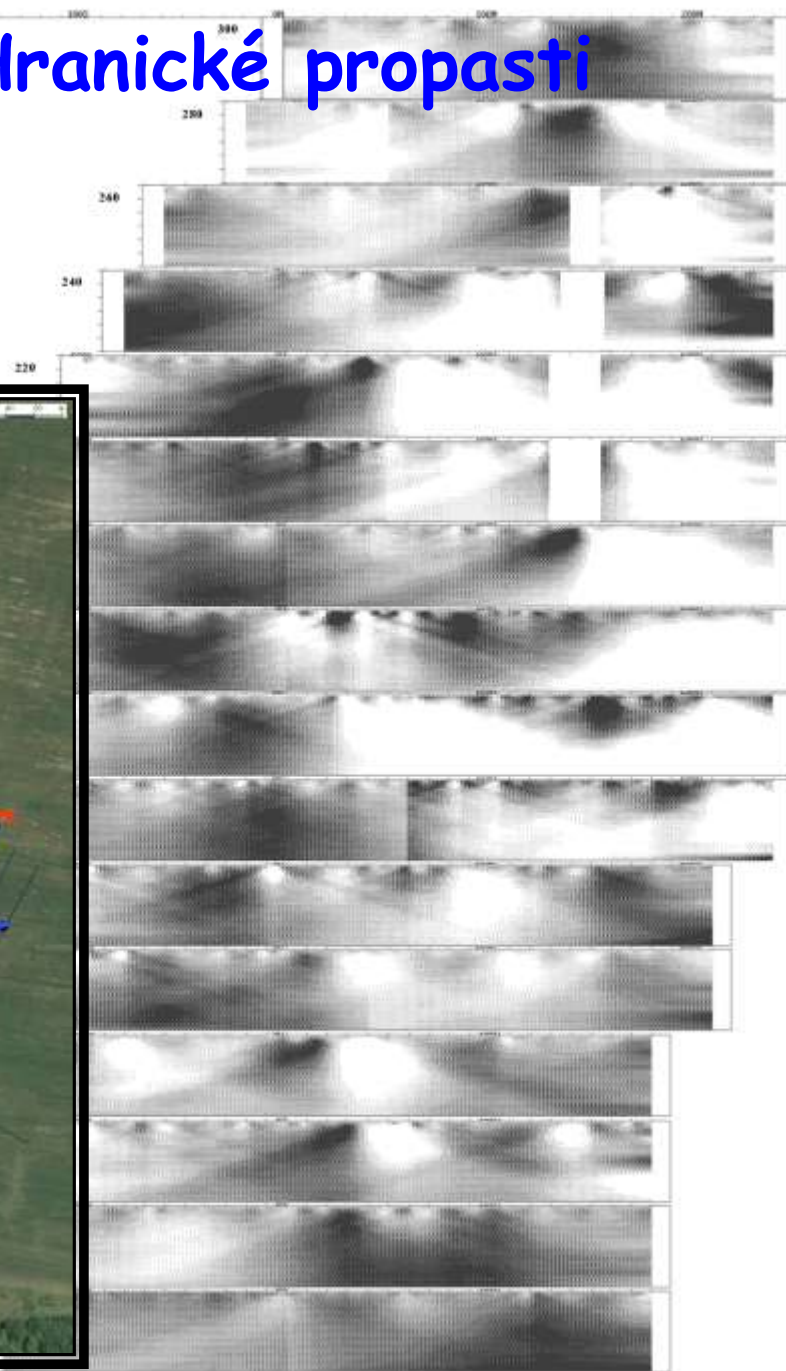
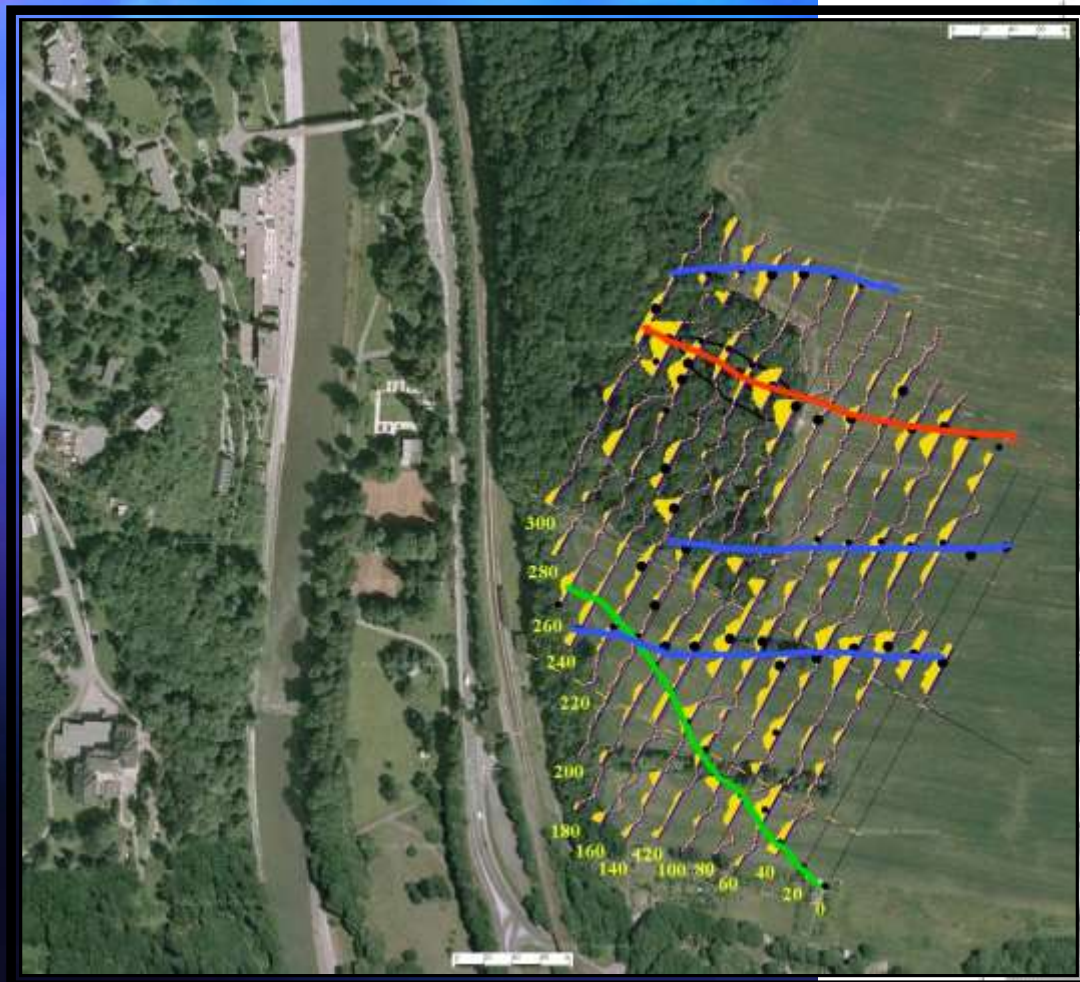
Vysokoteplotní fluida: obecně vys. obsahy Si, B, As, F, NH₃, podle okolí také Li, Rb, Cs.

Rozlišení geochemických typů vod – trilineární Piperův diagram (1944), nejvíce zastoupené ionty.

Geofyzikální průzkum okolí Hranické propasti

(VDV)

- Ing. P. Kalenda



Propast



Geotermální systémy

geneze

Geneze, tzv. konzervativní ionty, jejich koncentrace ve fluidu se nemění při vysokoteplotních reakcích s horninami. Tzv. chemická paměť fluid. Především Cl, Br, izotopy H.

Koncentrace prvků se mění (var, mísení) – musíme znát koncentraci ve fluidu v každém z možných zdrojů. Pokud je složité mísení / více než 1 solanka konzervativní ionty nestačí.

Cl/Br – byla solanka původně mořskou, vulkanickou, geotermální, evaporitovou vodou?

Také korelace: B Ba Cs Mn Na Li Pb Sr ai

Geotermální systémy termometry

Na-K-Ca

Konc. SiO₂

Na-Li

K/Mg, Li/Mg

SO₄-F

Ca-Mg

Datování

Arcibiskup Ussher

Jeskynní útvary jsou dílem božím.

*Vypočítal podle bible, že jeskyně byly stvořeny
v sobotu večer 22. října 4004 př.n.l.*

Literatura použitá a doporučená

Bruthans J., Filippi M.,
Geršl M., Zare M., Melková
J., Pazdur A., Bosák P.
(2006)

Fournier R.O. (1977)

Geršl M., Kalenda P.,
Havlín A., Duras R. (2007)

Geršl M., Bruthans J.,
Filippi, M. (2007)

Geršl M., Kosina M.,
Sedláček I., Nováková D.,
Travěnek F. (2007)

Geršl M., Melichar R.,
Koutecký B., Horáková H.
(2007)

Gunn J. (2004)

Henley R.W., Ellis A.J.
(1983)

Hladil J., Gersl M., Strnad L.,
Frana J., Langrova A.,
Spisiak, J. (2006)

Hoefs J. (1997)

Churáčková (2009)

Novák M. (1994)

Kalenda P., Geršl M., Havlín
A., Duras R. (2007)

Pecold L. (1992)

Piper A.M. (1944)

Rybach L. (1981)

Truesdell et al.(1981)



Konec