

# **Karsologie**

**Jiří Faimon**

rozsah 2/0

3 kredity

**Litologie**

# Litologie krasových oblastí

## *Obecná klasifikace hornin z hlediska možností tvorby krasového reliéfu*

### **1) podle odolnosti vůči denudačním pochodům**

- horniny odolné (masivní vápence, dolomity)
- horniny málo odolné (horniny nedostatečně zpevněné, tenké vrstevnaté, břidličnaté, silně rozpukané, rozpadavé)

### **2) podle rozpustnosti a propustnosti**

- rozpustná je celá hornina nebo jen některá její složka
- hornina je nerozpustná
- do horniny může puklinami nebo póry pronikat voda a cirkulovat v ní (horniny propustné)
- voda stéká po celistvém nebo nepropustném povrchu a vytváří povrchové toky (horniny málopropustné a nepropustné)

# Krasové horniny

karbonátové horniny (vápence, dolomity a různé klastické sedimenty s karbonátovým tmelem) • evapority (kamenná sůl, sádrovec) • další horniny (kvarcity)• led?

## Typy a subtypy krasu (Cigna 1978):

Počet složek	Typ	Subtyp	Příklady
3	kras	holokras	čisté vápence
		merokras	dolomity, nečisté vápence
2	parakras	bradykras	kvarcit, peridotit, tuf
		tachykras	sádrovec, kamenná sůl
3	hyperkras	–	hydrotermální prostředí
1	hypokras	–	led, lávové proudové jeskyně
0	pseudokras	syngenetický	lávové bublinové jeskyně
		epigenetický	tektonické a erozní jeskyně

**Chemická složka, fáze****Systemy****Stavy systému**

- Všechny minerály/horniny jsou rozpustné!
- Rovnováha při interakci s vodou – součin rozpustnosti



$$K_s = a_{A^+} a_{B^-}$$

$$SI > 0$$

$$SI = 0$$

$$Q \text{ (IAP)} = a_{A^+} a_{B^-}$$

$$SI = \log_{10} (Q/K_s)$$

$$SI < 0$$

Hodnota součinu rozpustnosti určuje rozpustnost minerálu

Čím nižší je součin rozpustnosti, tím nižší je rozpustnost

Při rozpouštění se dosáhne nasycení! (nasycení roztoku minerálem)

- Nenasycené roztoky minerál dále rozpouští
- Nasycené roztoky jsou v rovnováze
- Z přesycených roztoků se minerál sráží

# Mineralogie „rozpuštěných“ hornin

## Kalcit ( $\text{CaCO}_3$ )

Vznik:

- přímým vysrážením z roztoku za vhodných fyzikálních a chemických podmínek
- biochemicky - vylučováním z vody za spoluúčasti organismů
- diageneticky - vylučováním z roztoků cirkulujících sedimenty nebo z roztoků v sedimentech obsažených
- přeměnou méně stabilní modifikace  $\text{CaCO}_3$  - aragonitu


## Aragonit ( $\text{CaCO}_3$ )

- biogenní
- chemogenní
- bakteriální

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

- chemogenní
- diagenetický
  - ranně diagenetický
  - pozdně diagenetický
- metasomatický

### • ***Stabilita karbonátů (vzrůstající stabilita):***

- 
- Mg-kalcit (obsah 11- 19 mol. %  $\text{MgCO}_3$ )
  - aragonit
  - čistý kalcit (bez  $\text{Mg}^{2+}$ )
  - Dolomit

**Halit ( $\text{NaCl}$ ), sádrovec ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), křemen ( $\text{SiO}_2$ )**

## Litologie rozpustných hornin

### Rozpustné horniny:

- karbonátové horniny (vápenec, dolomity)
- evapority (sádrovec, anhydrit, halit)
- křemence, kvarcity

### Krasové horniny

hornina	minerální složení
vápenec	kalcit: $\text{CaCO}_3$
dolomit	dolomit: $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
evapority	halit ( $\text{NaCl}$ ), anhydrit ( $\text{CaSO}_4$ ), sádrovec ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )
kvarcit	křemen + křemitý tmel: $\text{SiO}_2$

# Vápenec

Vápenec je litifikovaný sediment tvořený kalcitem. Podíl cizích klastických příměsí nepřesahuje 10 %. Při vyšším podílu se pojmenování řídí poměrným zastoupením, např. u jílu:

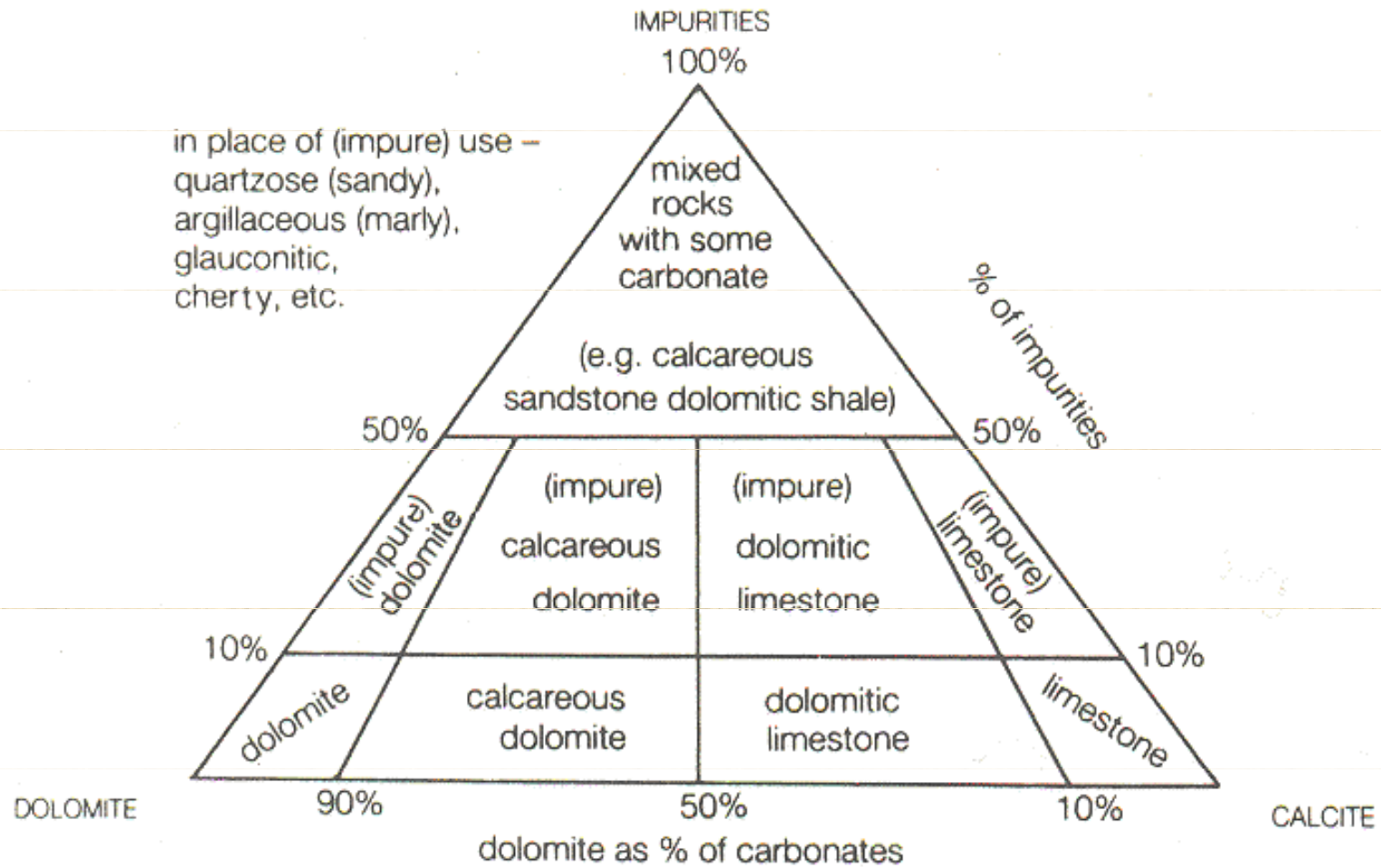
- nad 90 % kalcitu – vápenec
- 50–90 % kalcitu – jílovitý vápenec
- 10–50 % kalcitu – vápnitý jílovec nebo vápnitá břidlice
- pod 10 % kalcitu – jílovec nebo jílová břidlice

V závislosti na složení karbonátů může vápenec přecházet např. do dolomitu:

- nad 90 % kalcitu – vápenec
- 50–90 % kalcitu – dolomitický vápenec
- 10–50 % kalcitu – vápnitý dolomit
- pod 10 % kalcitu – dolomit



# Karsologie



**Carbonate Karst: Figure 2.** Bulk classification of carbonate rocks (from Leighton & Pendexter, 1962).

# Karsologie



Vápenec. Lokalita Mladeč, mladečský devon.

## Karsologie

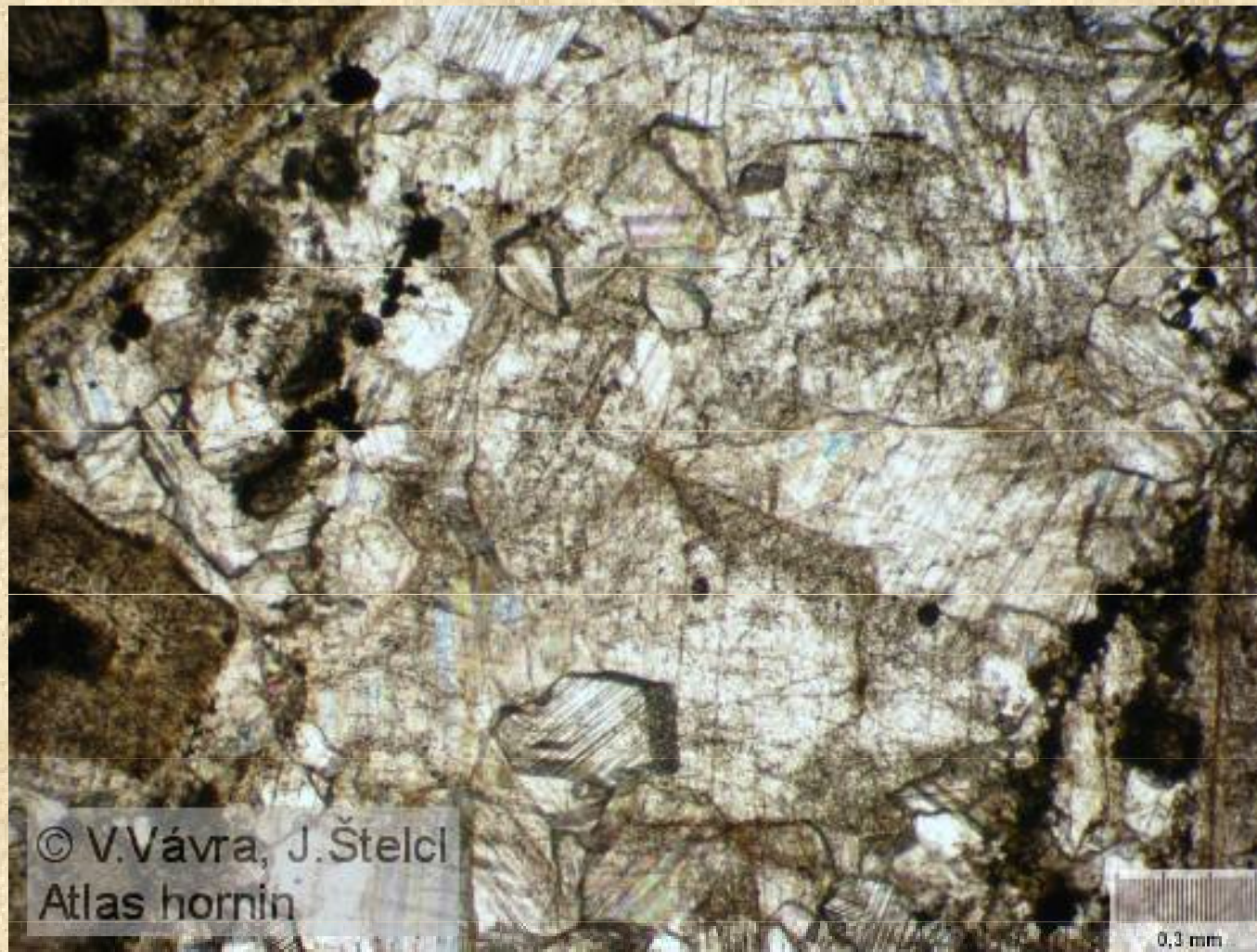


Písčitý vápenec. Lokalita Bezděkov u Police nad Metují, křídový pokryv vnitrosudetské pánve.

### Složky vápenců:

- **alochemy** - klasty různého typu:
  - fosílie (bioklasty)
  - peloidy (pelety) – hlízy různého původu
  - polyagregáty – stmelený agregát mikritu
  - ooidy – kulovitá/oválná tělesa do velikosti 2 mm
  - pisoidy – kulovité/oválná tělesa o velikosti nad 2 mm
  - intraklasty – klasty pocházející ze sedimentační pánve
  - extraklasty – klasty pocházející mimo sedimentační pánev (terrigenní materiál)
- **mikrit** - nejjemnější součást vápenců, zrna kalcitu 0,004 mm
- **dismikrit** – mikritová hmota s hnízdy hrubšího kalcitu
- **sparit** – zrnitý/krytalický kalcit

# Karsologie



Vápenec - Beroun-Jarov. Sparitový karbonát, PPL.

# Karsologie



Mikritový a sparitový vápenec - Ochoz u Brna

## Karsologie

Detailnější rozlišení vápenců se běžně provádí podle jejich struktury.

Klasifikačních principů je celá řada, zde zjednodušená forma Folkovy klasifikace (1959, 1962).

**Vápence** se dělí na tři rozsáhlé skupiny:

- **Alochemické:** alochemy se sparitovým nebo mikritovým pojivem (tmelem)
- **Ortochemické** (pod 1% alochemů): mikritové nebo dismikritové (mikrit s hnízdy zrnitého kalcitu)
- **Autochtonní** (biolitové) produkované na místě organismy (korálové, řasové vápence)

## Karsologie

Vápence je možné rozdělit i **podle jejich vzniku**. Z tohoto pohledu můžeme vápence dělit na:

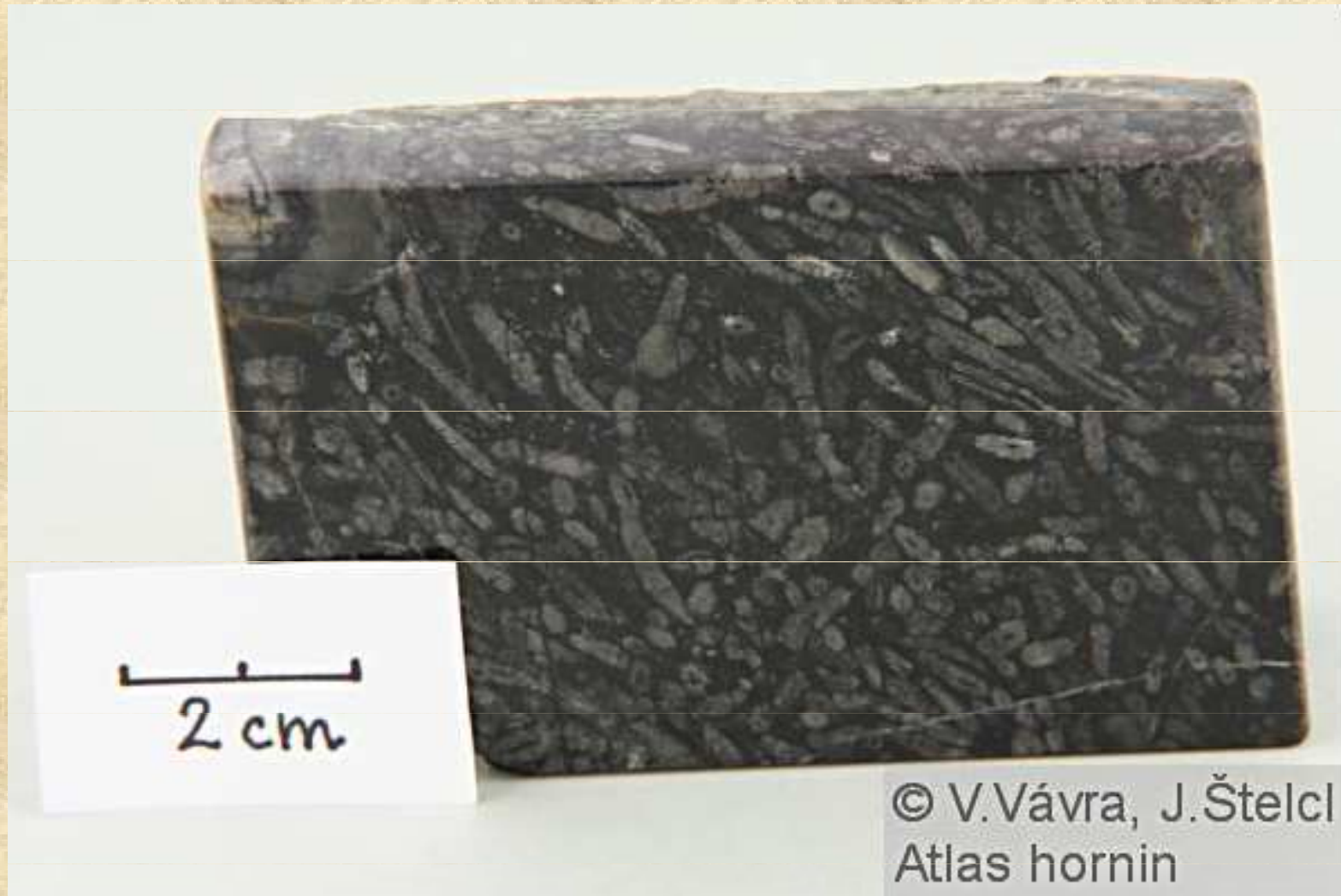
- **chemogenní** - vznikají chemickým nebo biochemickým srážením kalcitu. Řadíme sem sintry, krápníky, vřídlovce, hrachovce, travertiny a některá typy jezerních vápenců
- **organogenní** - vznikly akumulací schránek horninotvorných organismů
- **detritické** - vznikají sedimentací intraklastů, pisolitů, oolitů nebo pelet

Vápence vznikají v **různých typech prostředí**, mohou to být zejména

- hydrotermální prameny,
- jezera, bažiny,
- jeskyně,
- laguny, mělká moře nebo
- hlubší části mořského prostředí.



## Karsologie



Organodetrický vápenec. Lokalita Ochoz u Brna, devon moravského krasu.

## Karsologie



Organogenní vápenec. Lokalita Beroun - Jarov, kopaninské souvrství, silur barrandienu.

# Dolomit

Dolomit je hornina tvořená více jak 90 % dolomitem. Nejčastěji tvoří horninovou řadu s vápencem podle schématu:

- nad 90 % dolomitu – dolomit
- 50–90 % dolomitu – vápnitý dolomit
- 10–50 % dolomitu – dolomitický vápenec
- pod 10 % dolomitu – vápenec

Často obsahují dolomity i jílovité, prachovité nebo písčité klasy.

- Primární textury bývají zničeny druhotnou dolomitizací, vrstevné struktury bývají špatně zřetelné, často textury skvrnité, šmouhovité nebo čočkovité.
- Pokud dolomit vznikl velmi časnou dolomitizací během sedimentace, lze pro tyto horniny používat obdobnou strukturní klasifikaci jako pro vápence.

Většina dolomitů ale vznikla procesem postupné dolomitizace během diagenese a zde je potřeba používat označení pouze sekundárních struktur. Většinou dolomity vykazují kryptokrystalické až hrubě krystalické struktury.

# Evapority

Evapority jsou chemogenní sedimenty vzniklé vysrážením některých minerálů během odpařování mořské nebo kontinentální vody.

Pojmenovávají se podle převládajícího minerálu (např. sádrovec, halit), obsah jiných složek by neměl překročit 10 %.

Evapority často tvoří horninové řady s jílovými sedimenty nebo karbonáty. Barva evaporitů je zpravidla šedá, nejčastějšími texturami je masivní nebo vrstevnatá. Struktura může být vláknitá, krystalická, oolitická, sférolitická nebo krustifikační.

- Mořské evapority vznikají odpařováním mořské vody v lagunách nebo izolovaných pánvích a jsou spojeny s mořskou regresí.
- Kontinentální evapority vznikají při odpařování v jezerech, jejichž voda obsahuje dostatek rozpuštěných iontů. Tyto horniny často tvoří přechody do karbonátových hornin.
- V aridních oblastech mohou vznikat solné sedimenty jako zvětralinový profil hornin s dostatkem vhodných iontů nebo v okolí vývěrů silně mineralizovaných pramenů.

## Karsologie

Hlavními minerály bývají halogenidy (nejčastěji **halit**, sylvín, karnalit), sulfáty (nejvíce **sádrovec**, **anhydrit**, mirabilit, trona, epsomit, kieserit), boráty (borax) nebo nitráty (dusičnan sodný a draselný). Do větších skupin můžeme evapority rozdělit na základě geneze.

- **Halite**                      NaCl
- **Carnallite**                 $\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
- **Sylvite**                     KCl
- **Gypsum**                  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- **Anhydrite**                 $\text{CaSO}_4$

Díky rozpustnosti jsou téměř neznámé na zemském povrchu. Vyskytují se na relativně velkých plochách pod povrchem kontinentů a okrajových mořských bazénů.

# Karsologie



Evaporitový sediment - sádrovec. Lokalita Kobeřice u Opavy, terciární sedimenty opavské pánve.

# Karsologie



Sádrovec, Kobeřice (foto J. Jirásek).

# Karsologie



Hlíznatý anhydrit v sebchových sedimentech.



## Karsologie

**Kompletní odpaření** 1000 m vrstvy mořské vody by poskytlo asi 15 m evaporitů. **Teoretické odpařování mořské vody poskytuje následující sekvenci:**

- Ca a Mg karbonáty (kalcit, dolomit)
- Síran vápenatý (sádrovec, anhydrit)
- Chlorid sodný (halit)
- K a Mg soli (*kainite*,  $\text{KMgSO}_4\text{Cl} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ; *carnallite*,  $\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ; *sylvite*,  $\text{KCl}$ ; and *kieserite*,  $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ).

Některé evapority vykazují *kompletní sekvenci*

Některé sekvence obsahují jen hlavní minerály (kalcit, dolomit, sádrovec a anhydrit). To naznačuje, že *odpařování nebylo dokončeno*.

Recentně lze sledovat tvorbu halitu v zálivu Kara Bogaz Kaspickém moři.

Extrémní vrstvy evaporitů ve starých sedimentárních bazénech tak zřejmě vznikaly opakovanou invazí mořské vody. **Cyklická sekvence** odpovídá této představě.

## **Sádrovcový kras**

Velmi vzácný. Závisí na přítomnosti hornin, **sádrovce** a **anhydritu/alabastru**. Velmi mladý, brzy zaniká.

Jeskyně jsou často velké! Nejdelší sádrovcová jeskyně je **Optimisticheskaya jeskyně** na Ukrajině s délkou 165km.

Další významné jeskyně:

### **Barbarossahöhle, Germany**

- Classification: gypsum cave, Zechstein anhydrite.
- Dimension: L = 1100m, 154m asl, T=9°C, biggest lake: L=50m, D=3m



Barbarossahöhle in Germany.



Barbarossahöhle in Germany.



Barbarossahöhle in Germany.



Barbarossahöhle in Germany.

## Heimkehle, Germany

Classification: [Karst cave](#), [gypsum cave](#), horizontal cave

- A7 exit Seesen (Harz), B243 66km to Nordhausen, B80 16km to Berga, turn left towards Stolberg (north), between Ufrungen and Rottleberode, 9km south of Stolberg. Turn left on road 2km to the cave. Signposted. (30,Lf40)



Heimkehle, Germany



Heimkehle, Germany





Heimkehle, Germany

# Metamorfované horniny

hlavní zástupci metamorfovaných hornin:

<i>hornina</i>	<i>charakteristika</i>
fylit	vznik z jílovitých břidlic, slabá metamorfóza, štěpný na destičky
svor	vznik silnou metamorfózou jílovitých břidlic, foliace = důsledek působení střížných napětí
<b>kvarcit!</b>	<b>pískovec metamorfně zpevněný oxidem křemičitým</b>
mramor	rekrytalizované vápence a dolomity
rula – ortorula, pararula	silně metamorfované vyvřeliny nebo klastické sedimenty

## Kvarcit

- vznik → regionálně metamorfovaný pískovec (psamit) bohatý  $\text{SiO}_2$
- složení →  $\text{SiO}_2$  (dominantní), muskovit, biotit
- světlý, šedý až hnědošedý (dle příměsí), textura → břidličnatá,
- struktura → granoblastická



*Kukenan Tepui*



<http://en.wikipedia.org/wiki/Tepui>

*Roraima Tepui*



## Kvarcitový kras

Stolové hory, tepui  
Kukenan/Auyan-tepui,  
Roraima Tepui  
Gran Sabana, Venezuela

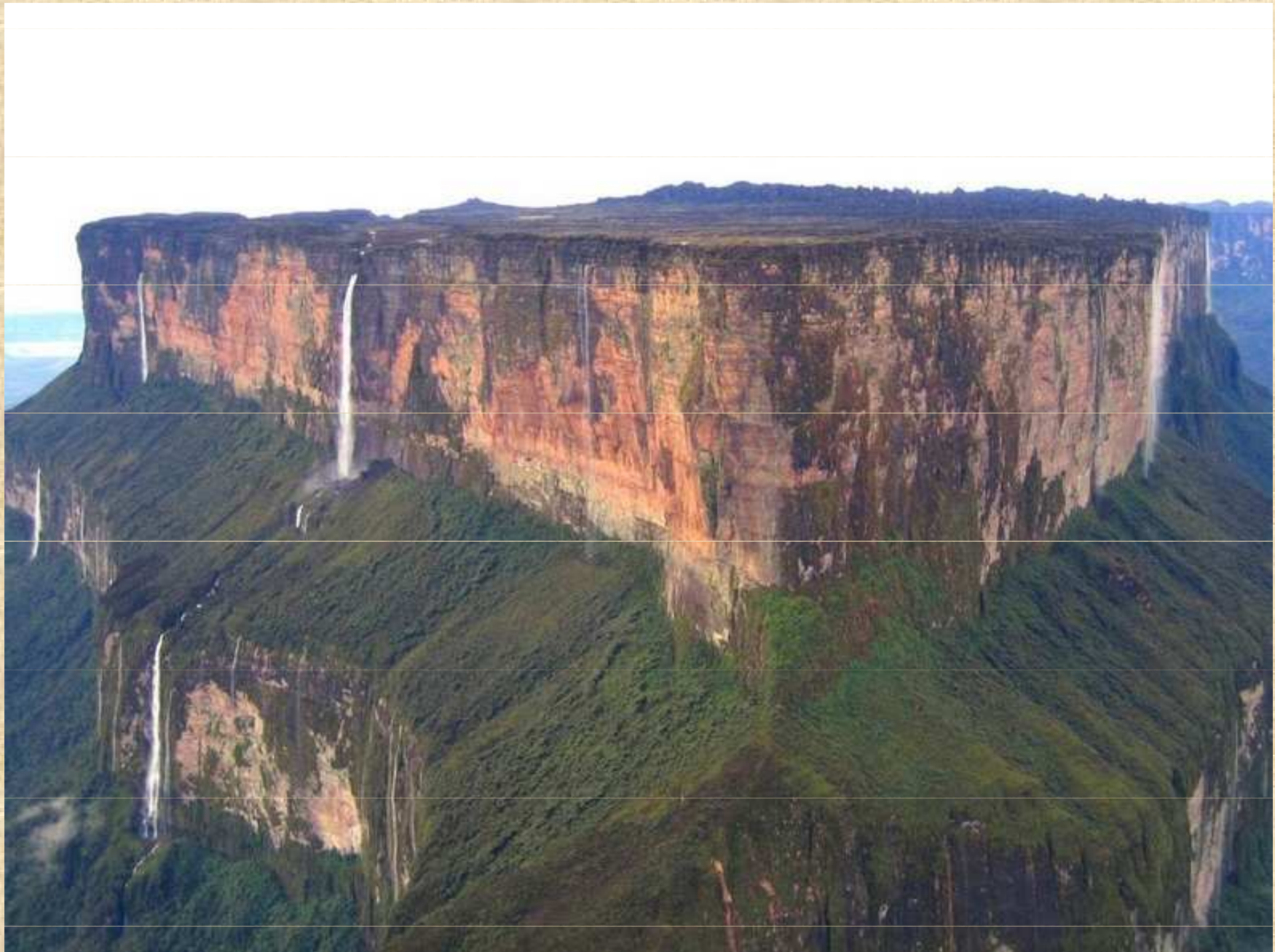
- The Roraima System
- Kvarcity a další silikátové horniny the Roraima Group (stáří Proterozoic - Precambrian).
- Síť podzemních pasáží o celkové délce 10,8 km, mocnost nadloží až 72 m.
- Stáří jeskyní – víc než 10 milionů let, počátek formování ještě starší (několik desítek milionů let)



Aspect of last section of the *Galería Central* in subsystem 1 (Photo: R. Carreño).

The other famous tepui is Auyantepui, home to Angel Falls, the highest waterfall in the world. Auyantepui is also the largest of the tepuis with a surface area of 700 km<sup>2</sup>.





<http://www.amusingplanet.com/2013/05/tabletop-mountains-or-tepuis-of.html>

Srolové hory – tepui: V celé Guyanské vysočině je dnes 115 takovýchto hor. Největší koncentrace je v oblasti [Gran Sabana](#) v jihovýchodní Venezuele, při hranici s Guayanou a [Brazílií](#). Jejich strmé stěny převyšují [deštný prales](#) o více než 1 000 metrů.



**Roraima** foto: Yosemite



Příkré srázy Roraimy

Photographed by Jeff Johnson. German Wikipedia.

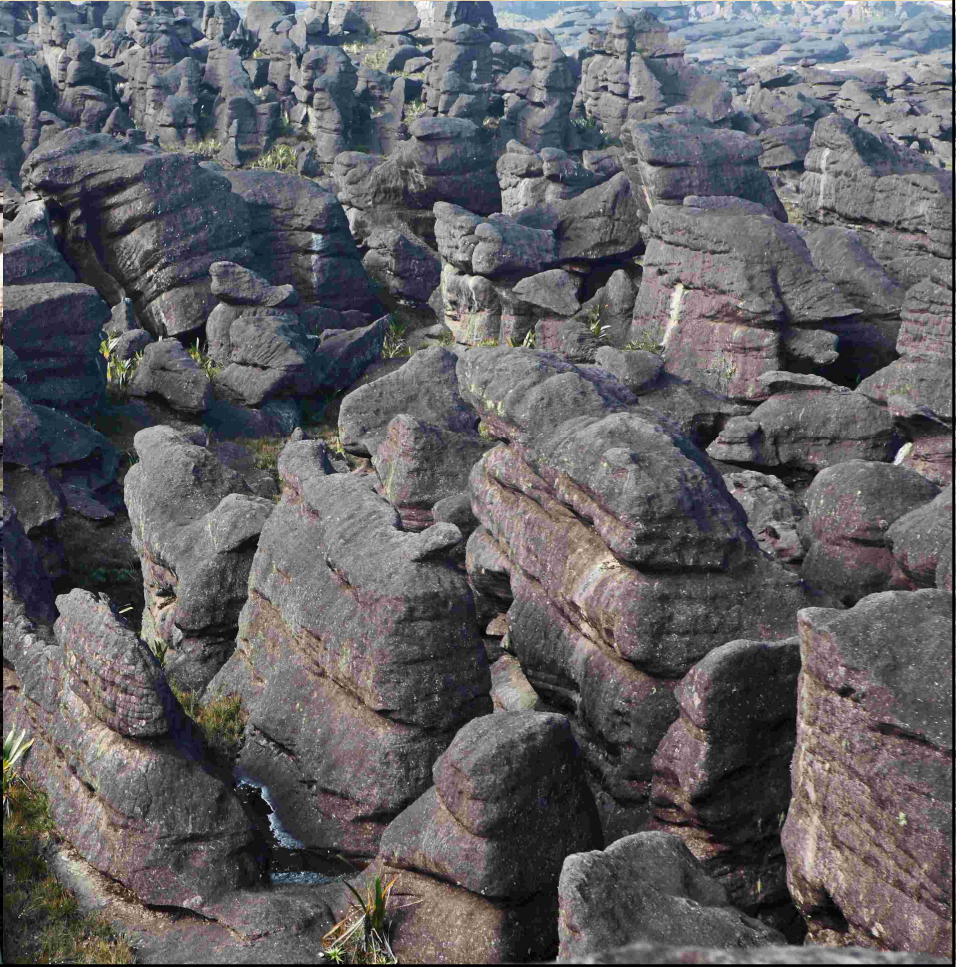
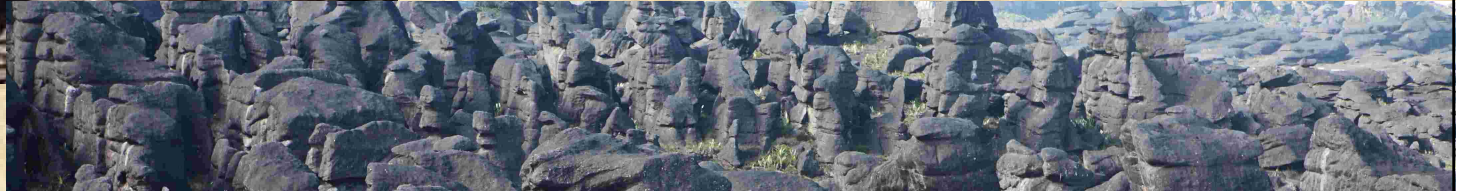


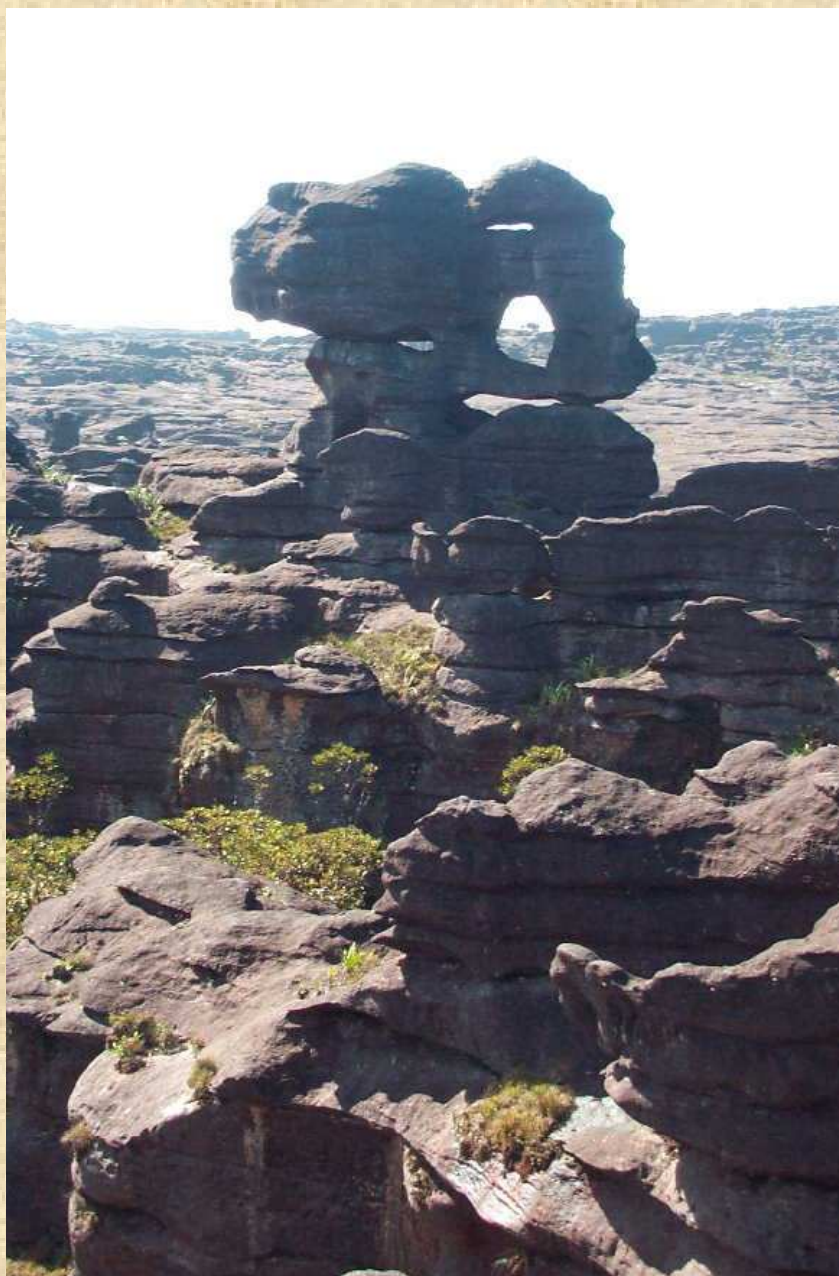


Aparaman-Tepui



**Roraima-tepui,  
Venezuela**





Plošina na tepui Roraima. Skalní útvary

Foto: Jeff Johnson – [http://www.woodskunk.addr.com/jbj/Mountains/mountain\\_page.html](http://www.woodskunk.addr.com/jbj/Mountains/mountain_page.html)



Závrt na Roraimě

Photo by Yosemite

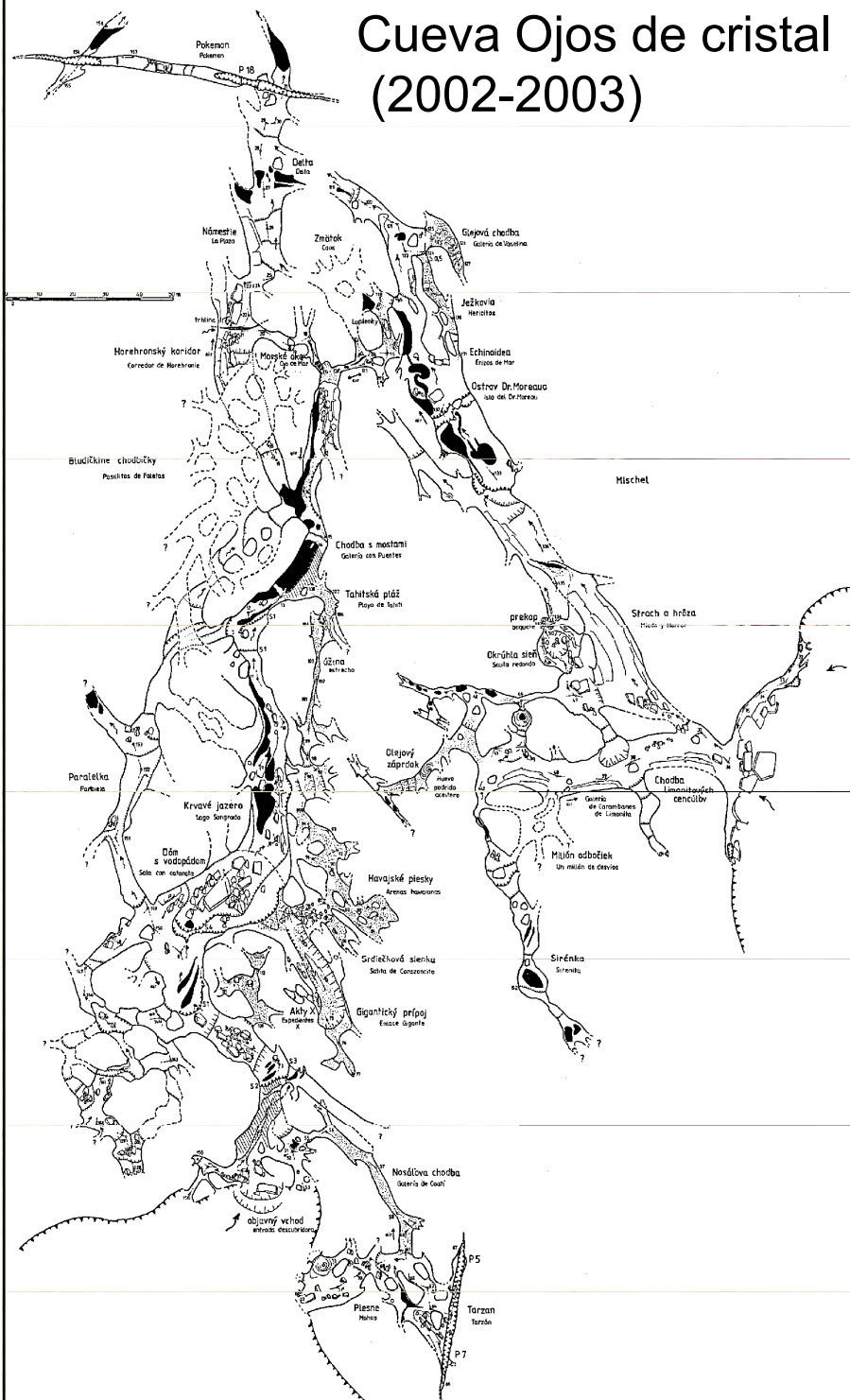


Aspect of Sima 2 in subsystem 2 (Photo: R. Carreño).



Galería del Río showing a typical quartzite cave morphology (Photo: R. Carreño).

# Cueva Ojos de cristal (2002-2003)



© Marek Audi



© Marek Audi

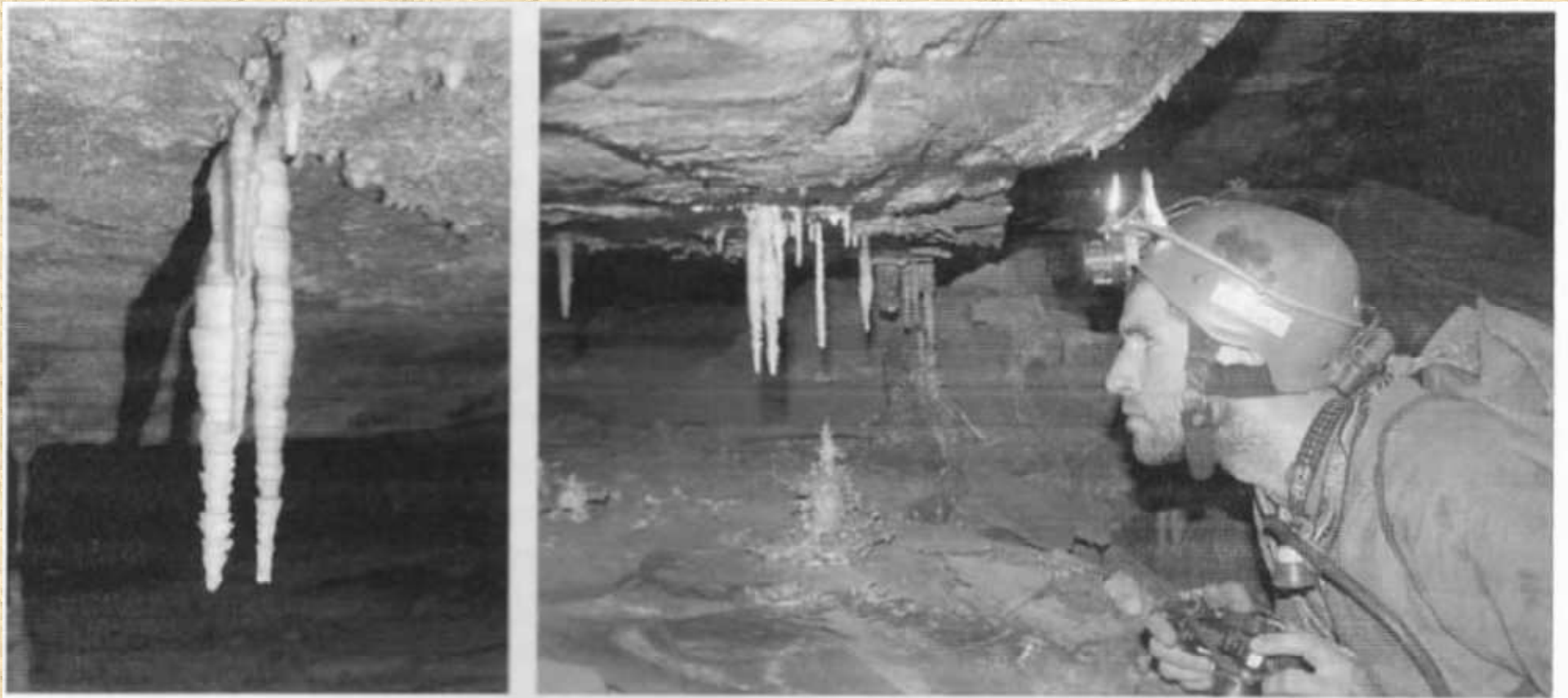
## Roraima – křemenné speleotémy



© Marek Audi

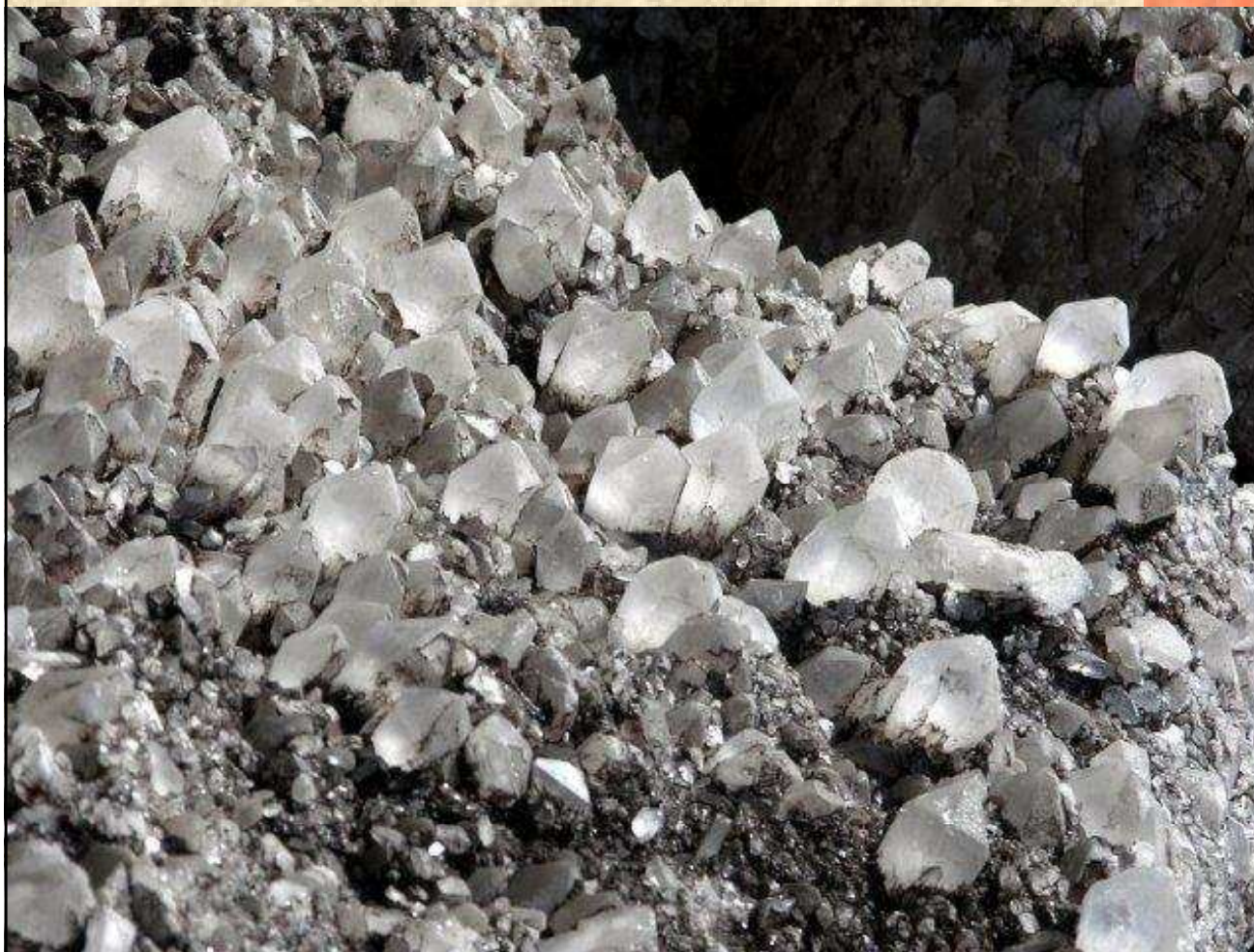


## Karsologie



Obr. 6. Niektoré opáľové stalaktity sa vyznačujú formou podobnou klasickým sintrovým kvapľom, charakteristickým pre jaskyne karbonátových oblastí. Ich vznik zatiaľ nie je detailne rozlúštený. Foto: B. Šmída

**Roraima - Valley of the Crystal**



**Ojos de cristal**

## Karsologie

- **V dalším se soustředíme výhradně na karbonátový kras!**