

**Příklady frakcionace
granitoidních plutonů
2. část**

Karel Breiter

PřF MU Brno 15.5.2014

Magmatické systémy A-typu

A-granity

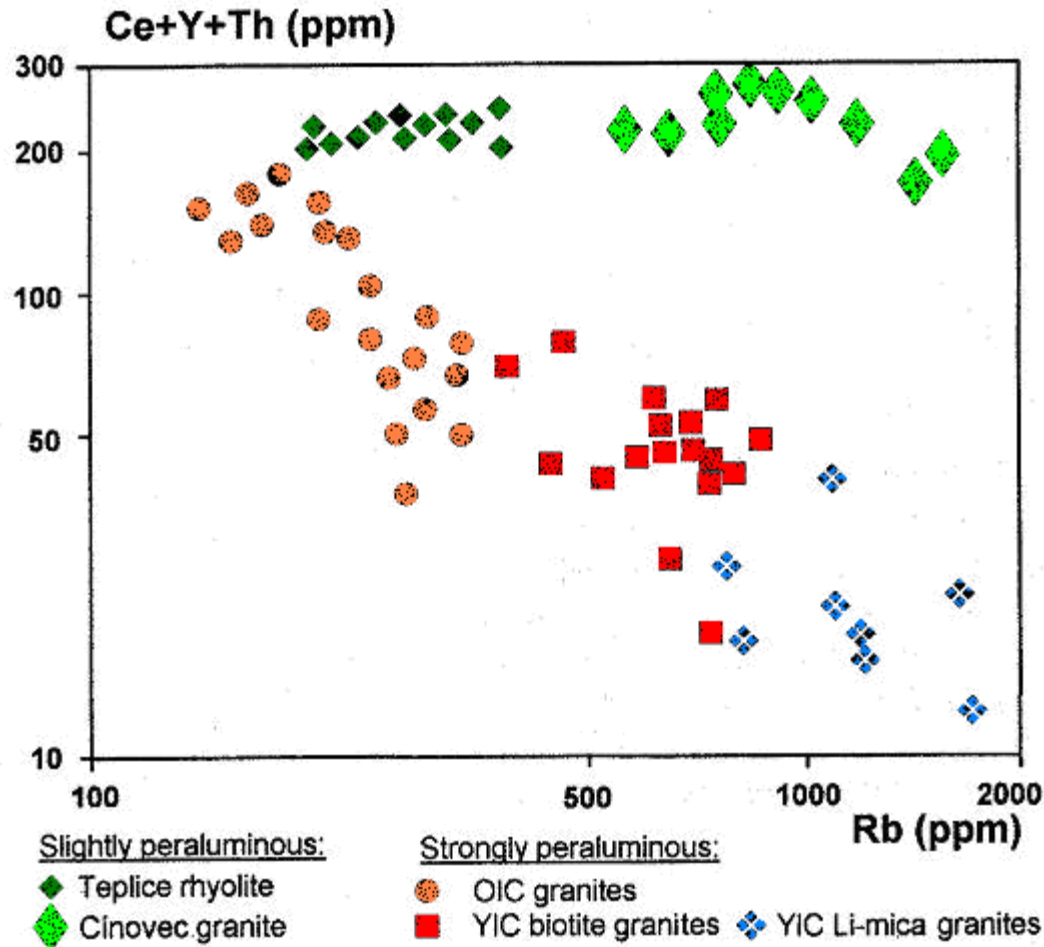
„anorogenní“, Loiselle and Wones (1979)

ASI~1, P<<, Fe/Mg>, HFSE>>

Varianty alkalické i peraluminické, většinou menší plutony (ringový tvar), často silně diferenciované a rudonosné

Nigerie, Arabský poloostrov, Egypt, Namibie, Zabajkalí, Teplická kaldera

Rozlišení S- a A-typových granitů



A-granity:

HFSE

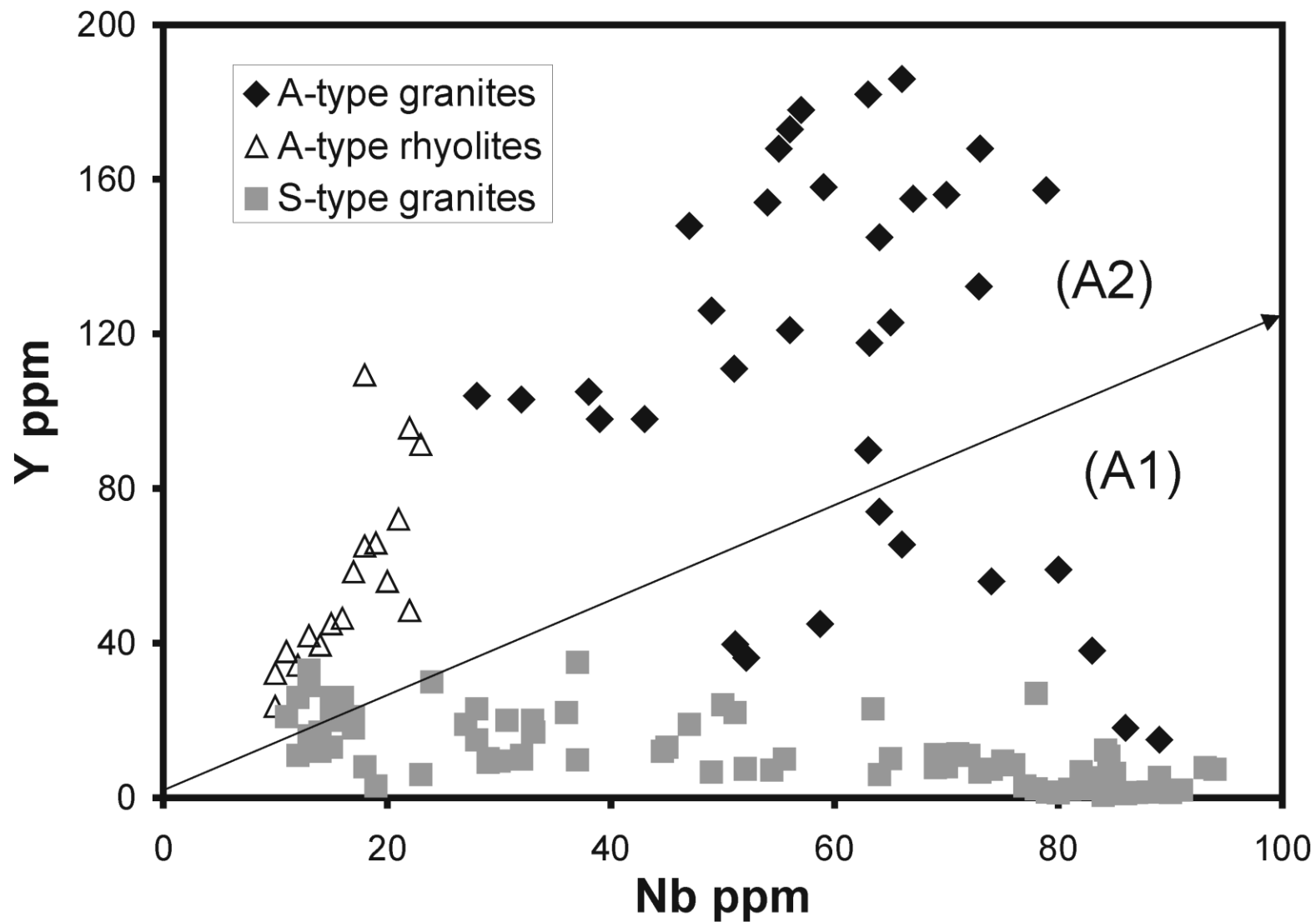
Zr, Hf, Th, HREE,
Nb,

S-granity: P, Ta, Cs,
U

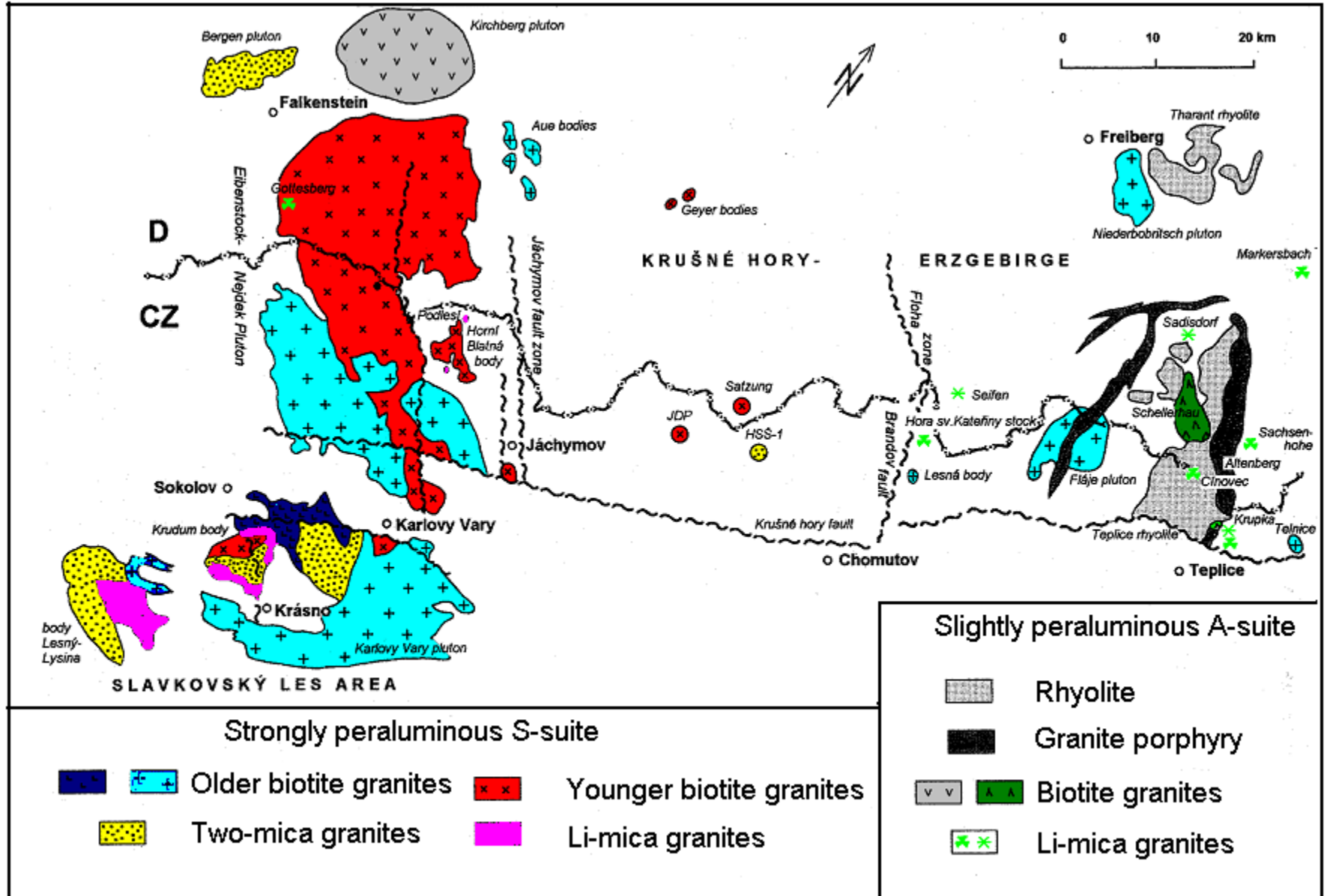
Oboje:

F, Li, Rb, Sn, W

Rozdíly frakcionovaných S- a A-magmat



Variské granity Krušných hor



Shody mezi S- a A-typy granitů

- Stáří kolem 320 mil. let
- Tvoří složité plutony
- Pozdní intruze tvoří malé pně se strmými kontakty
- Obohacené o F, Li, Rb, Sn, Nb, Ta, U
- Věžně obsahují topaz a zinnwaldit
- Sn-W mineralizace greisenového typu

→ krušnohorské granity studovány od roku 1850,
jejich dualita rozpoznána až po roce 1990

Základní chemické rozdíly

S-granity

A-granity

P ₂ O ₅	0.5 – 1.5 %	0.05-0.1 %
Zr	5-20 ppm	100-200 ppm
Th	5-10 ppm	30-70 ppm
Yb	0.1-4 ppm	4-20 ppm

Characteristické minerály

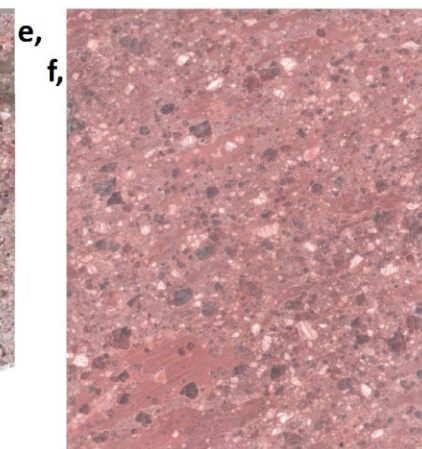
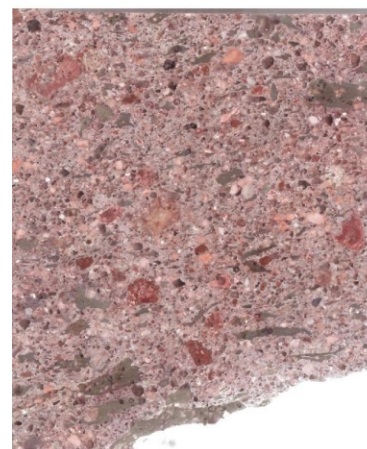
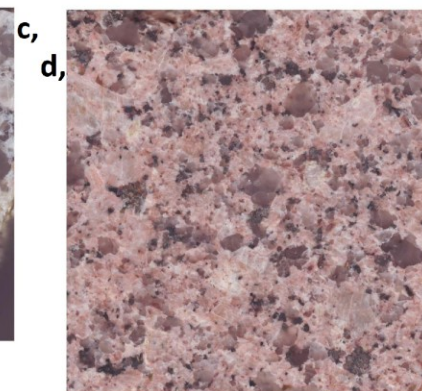
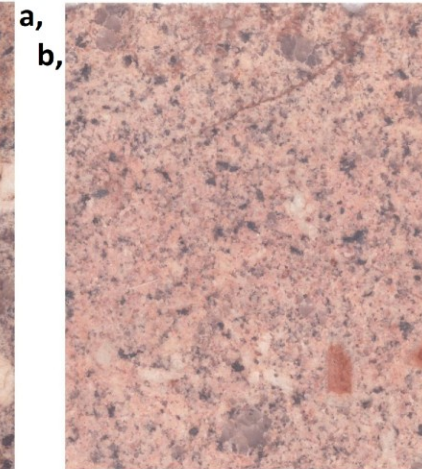
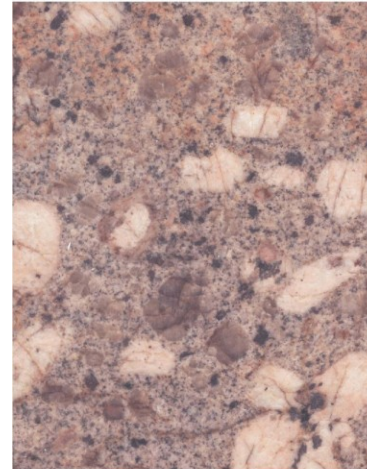
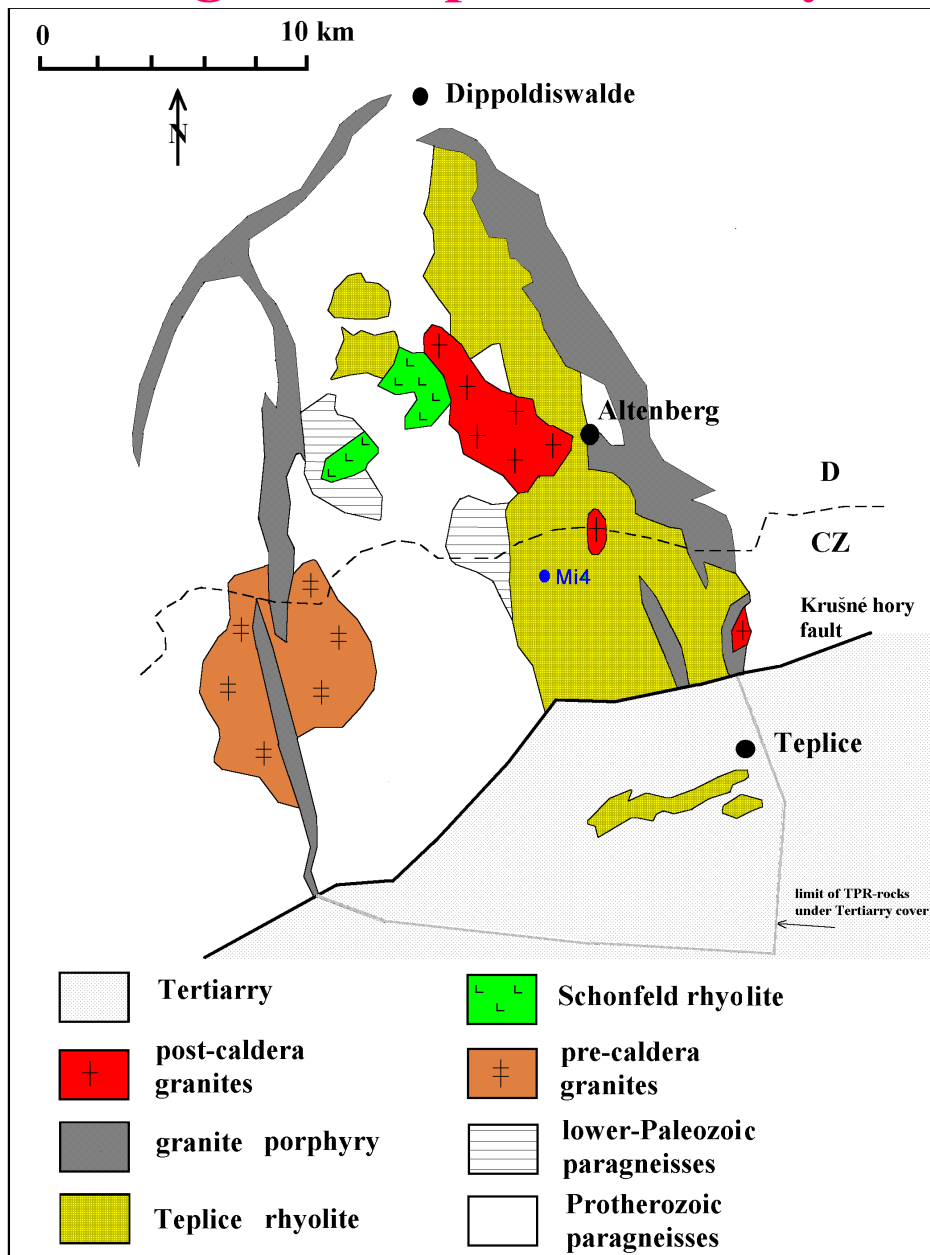
S-granity

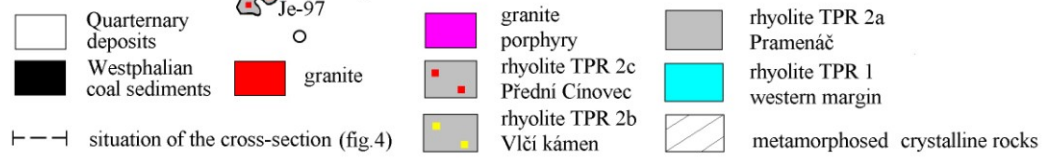
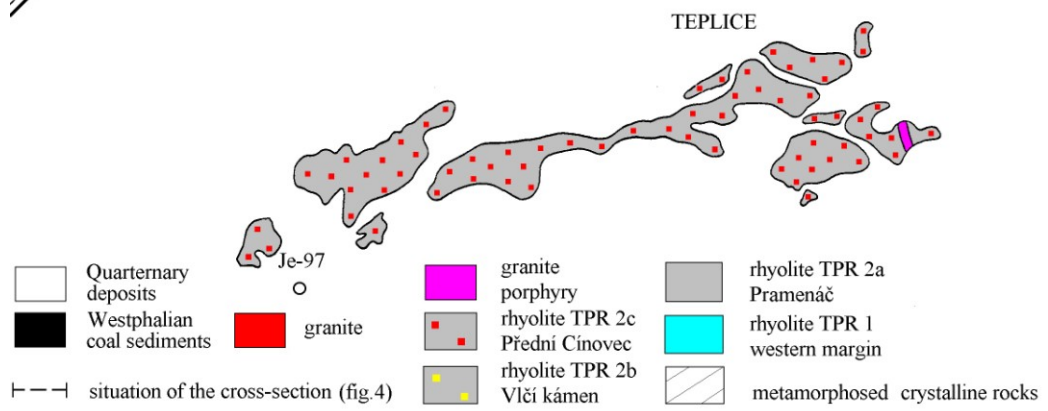
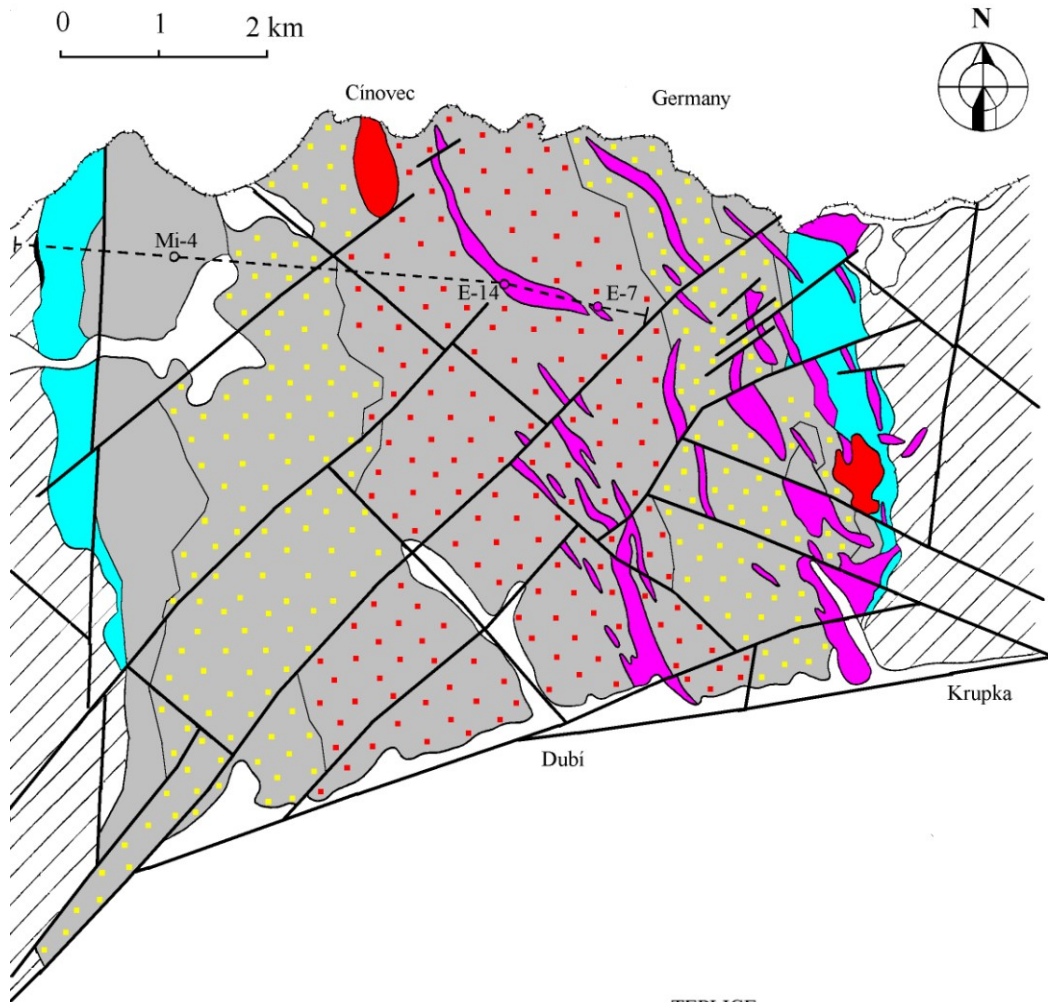
- Křemen
- Alkal. živce (obohacené P)
- Li-Fe slídy
- Topaz (obohacený P)
- **Apatit**
- **Zirkon**
- Monazit

A-granity:

- Křemen
- FAlkal. živce (bez P)
- Li-Fe slídy
- Topaz (bez P)
- **Fluorit**
- **Zirkon**
- (Monazit), Xenotim
- Thorit

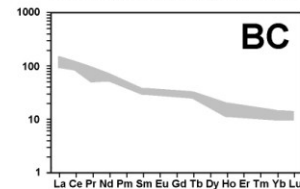
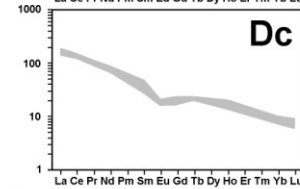
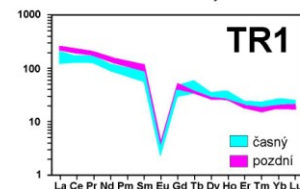
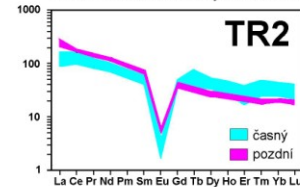
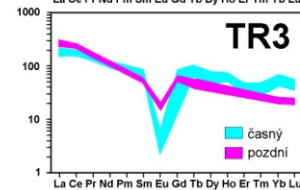
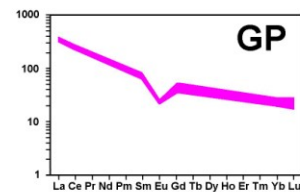
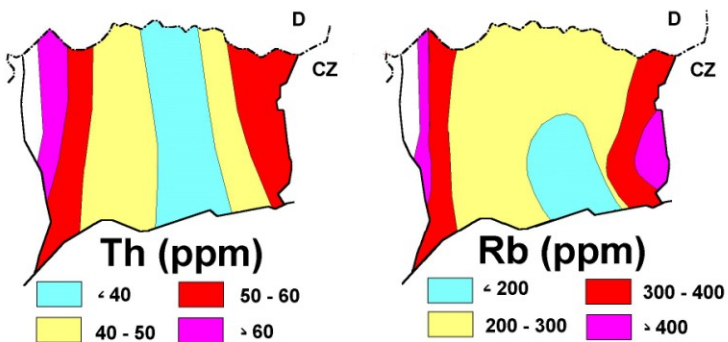
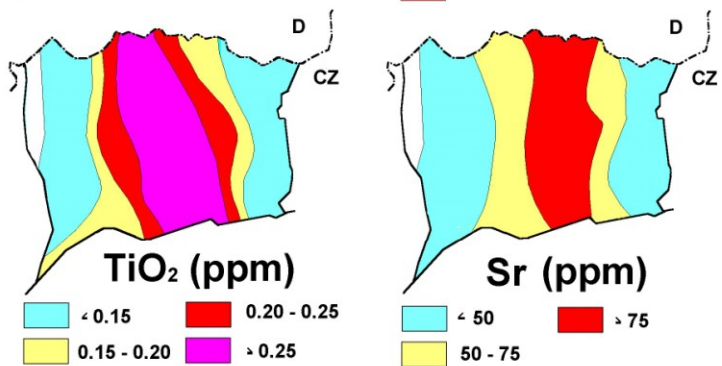
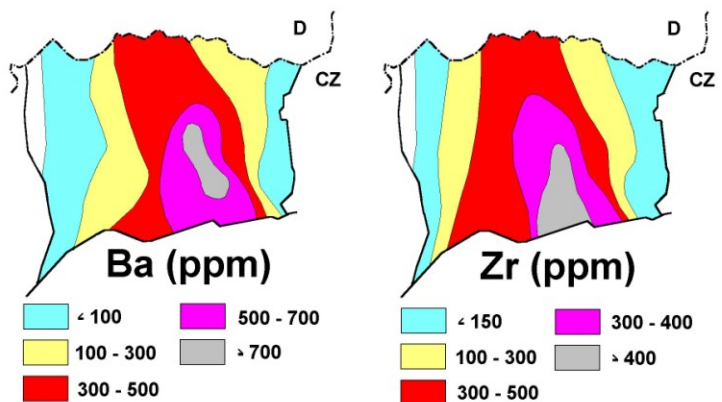
A-magmata Teplické kaldery



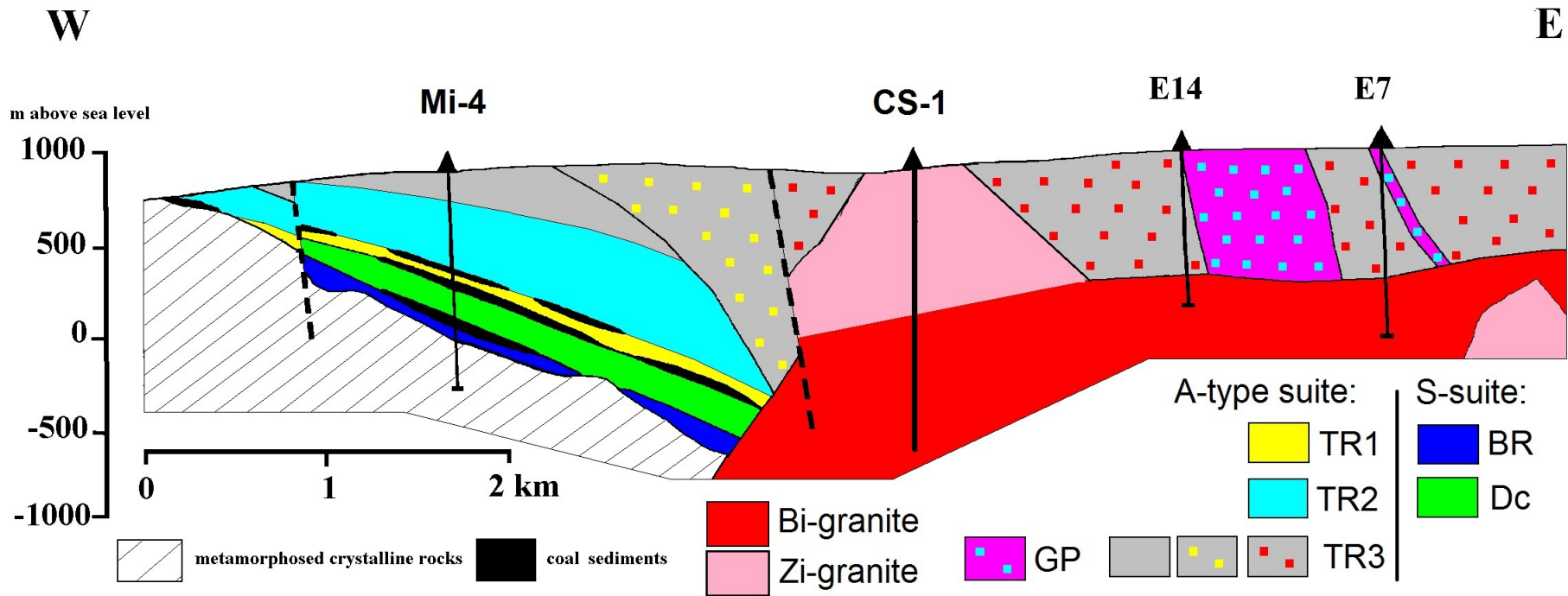


- předkalderové rhorniny (ruly, S-granity)
- 1. Peraluminický ryolit
- 2. Peraluminický dacit
- 3. A-type ryolit 1
- 4. A-type ryolit 2
- 5. A-type ryolit 3
- 6. Granitové porfyry
- 7. Biotitový A-granit
- 8. Zinnwalditový A-granit

Laterální zonalita ryolitu



Simplified section through the Altenberg-Teplice Caldera



Mi-4

Kaldera:

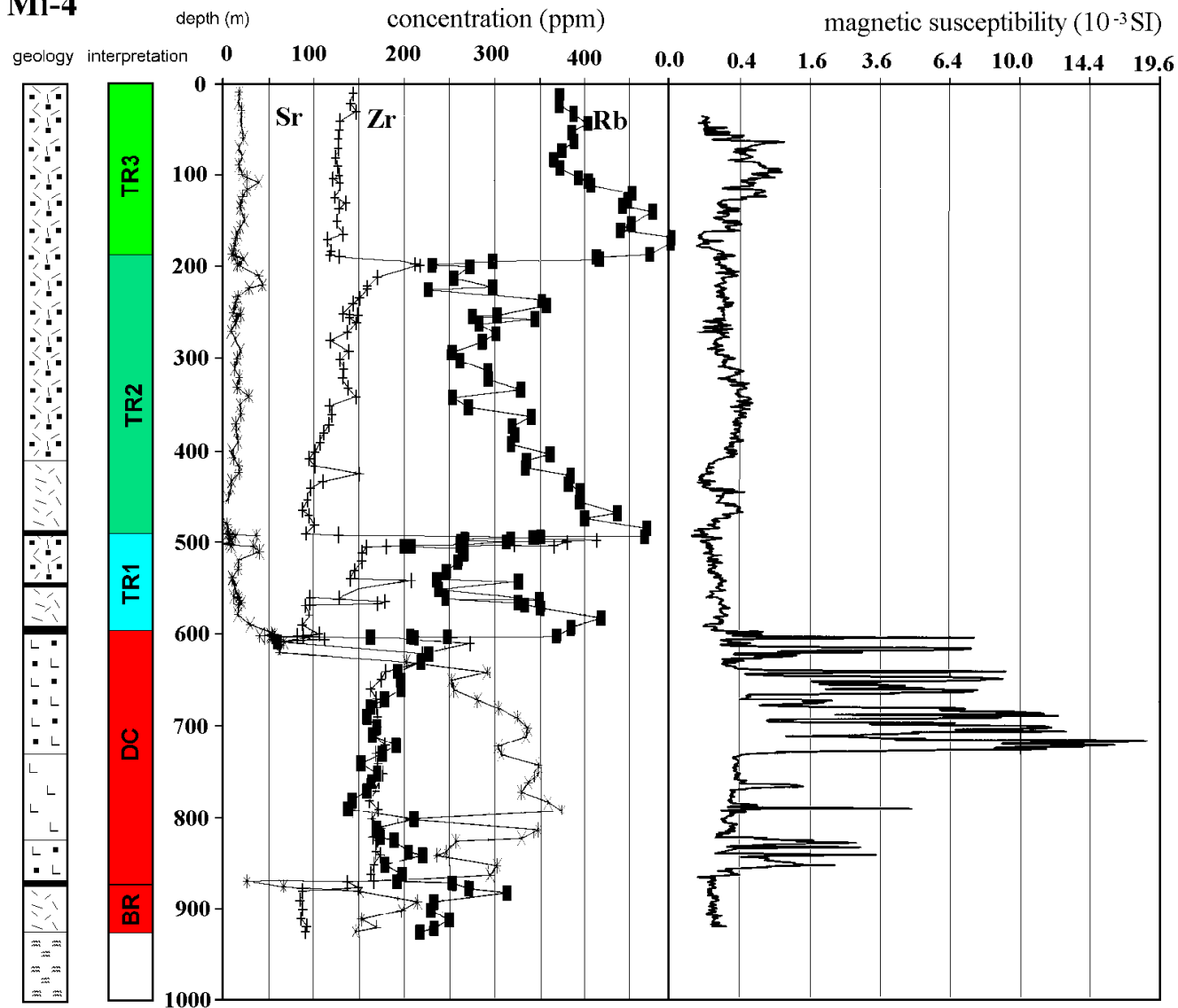
A-typ







Teplický rholit

Pre-kaldera:

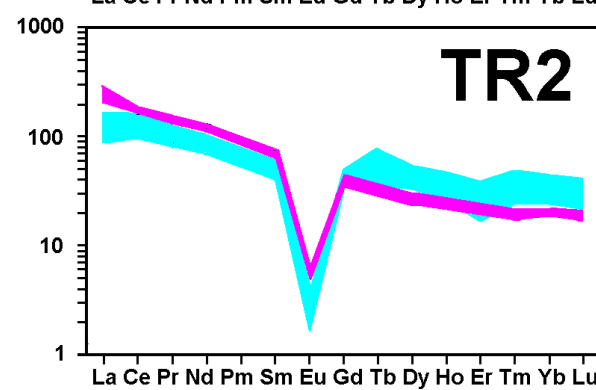
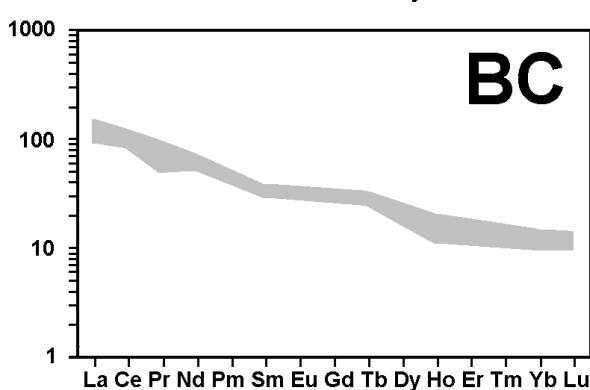
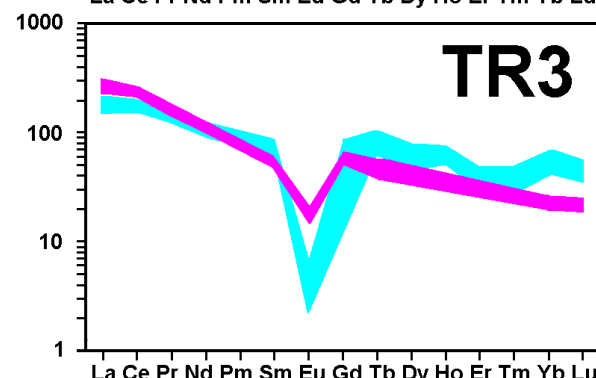
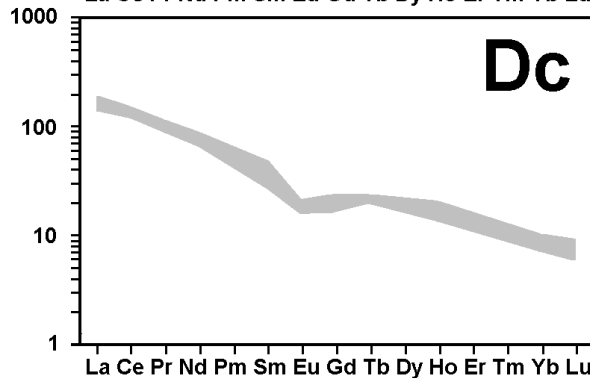
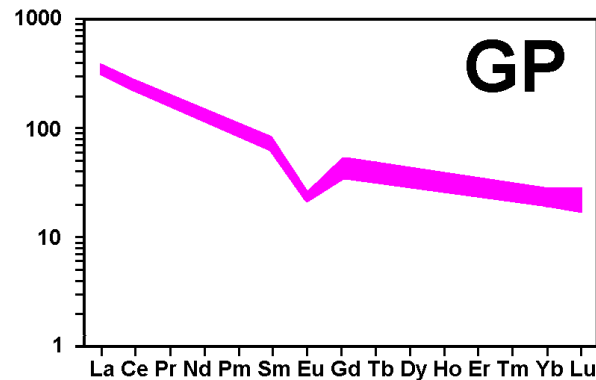
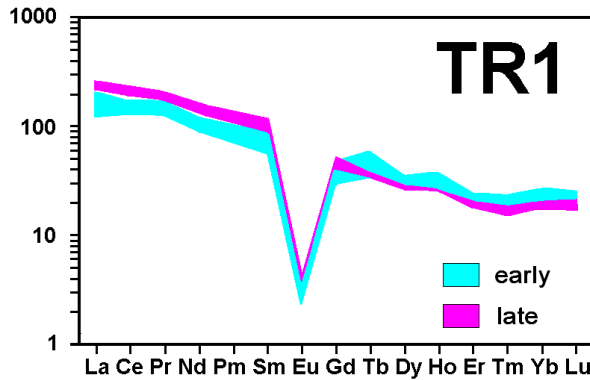
S-typ

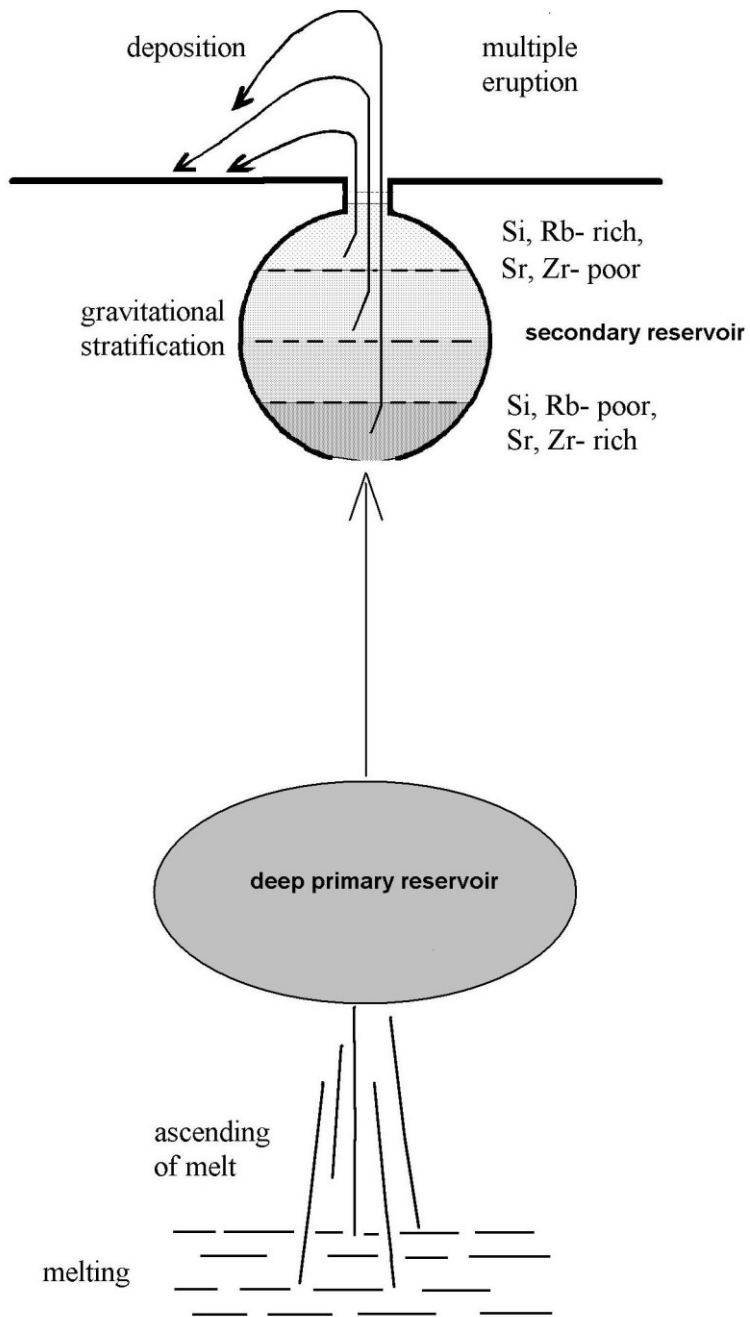
Schonfeldská
jednotka



-  sediments
-  dacite tuff
-  dacite ignimbrite
-  rhyolite tuff
-  rhyolite ignimbrite
-  crystalline

REE v horninách kaldery

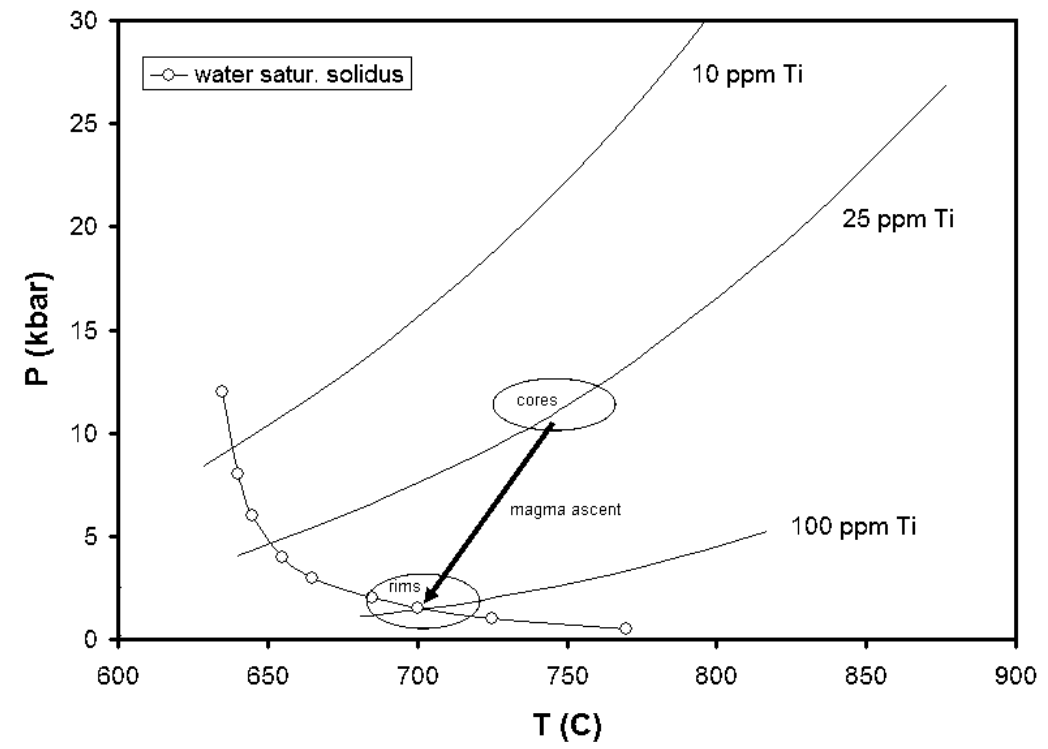
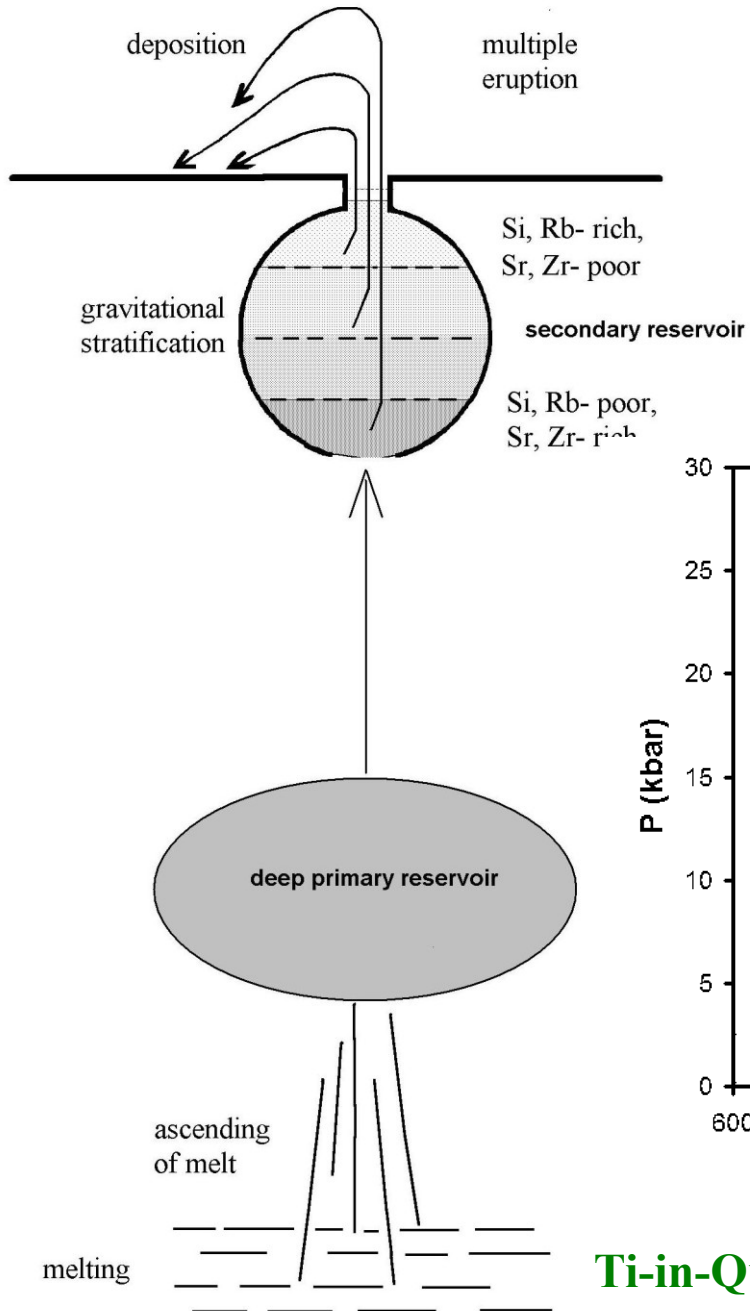




Opakovaná erupce ze stratifikovaného magmatického krbu

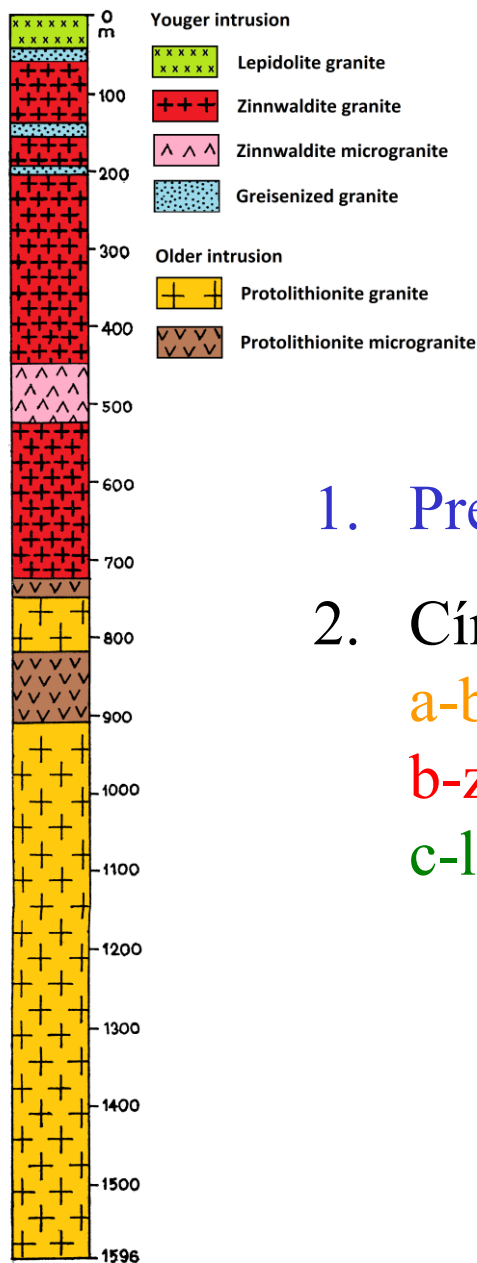
250 km³ ryolitu

Opakovaná erupce ze stratifikovaného magmatického krbu



Ti-in-Quartz thermobarometr (Huang and Audetat 2011)

Post-kalderové A-granity



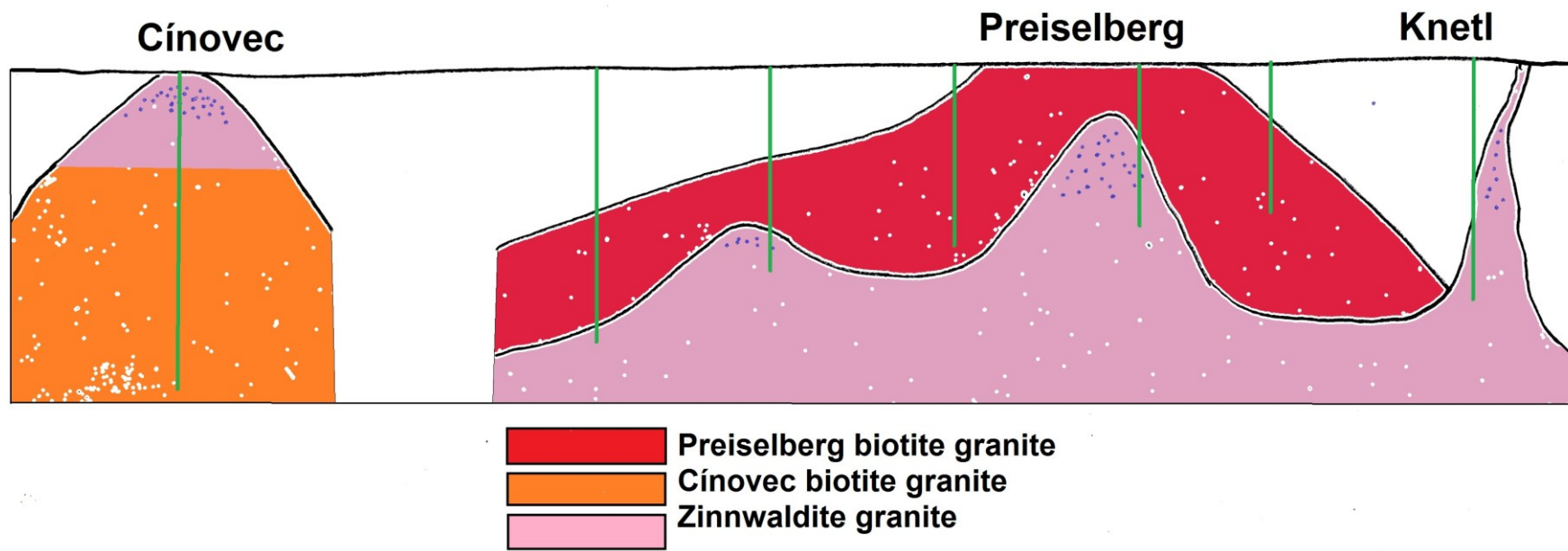
1. Preiselberský biotitový granit

2. Cínovecká intruze:

a-biotitový granit v hloubce,

b-zinnwalditový granit výše,

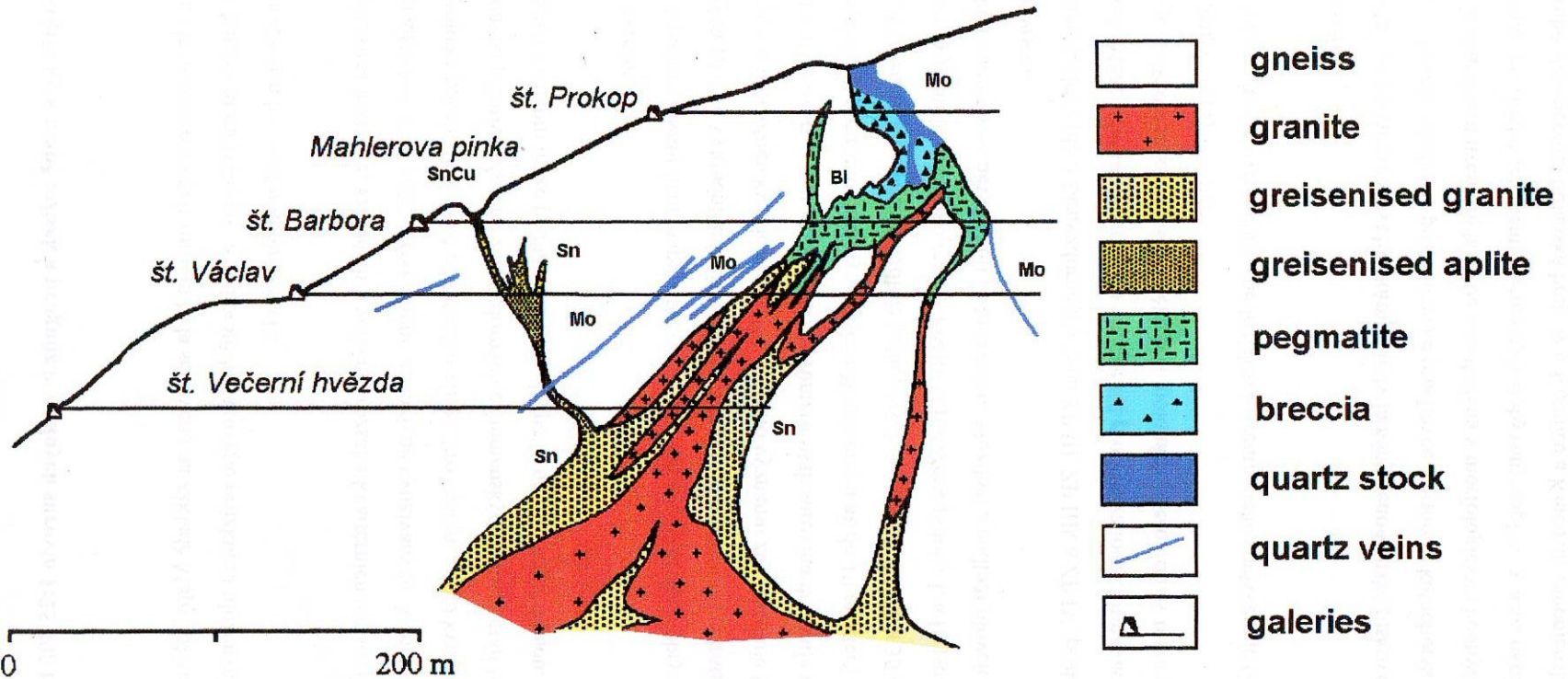
c-lepidolitový granit ve vrchlíku kopole



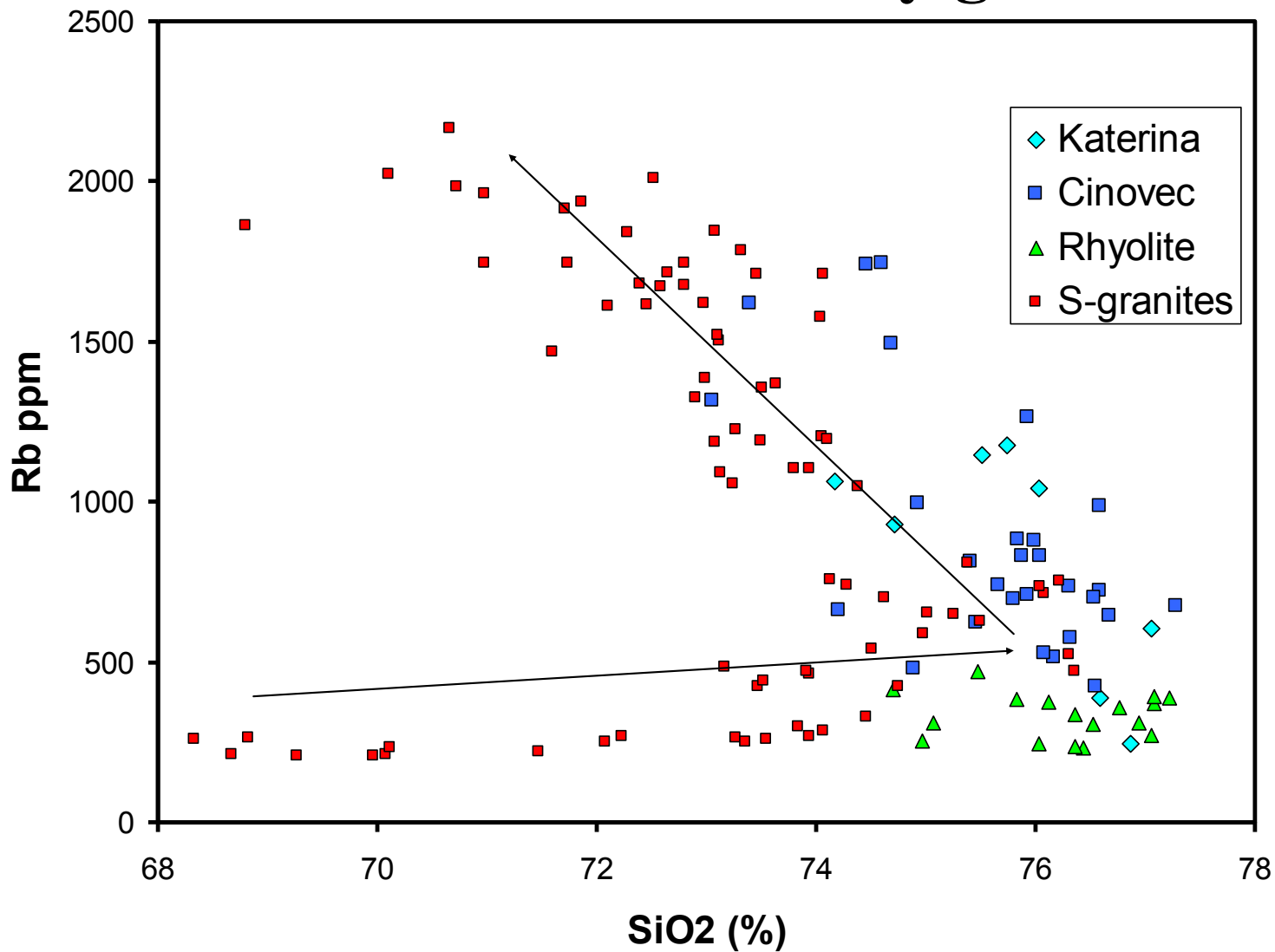
Řez granity mezi Čínovcem a Krupkou

Subvulkanické intruze granitu

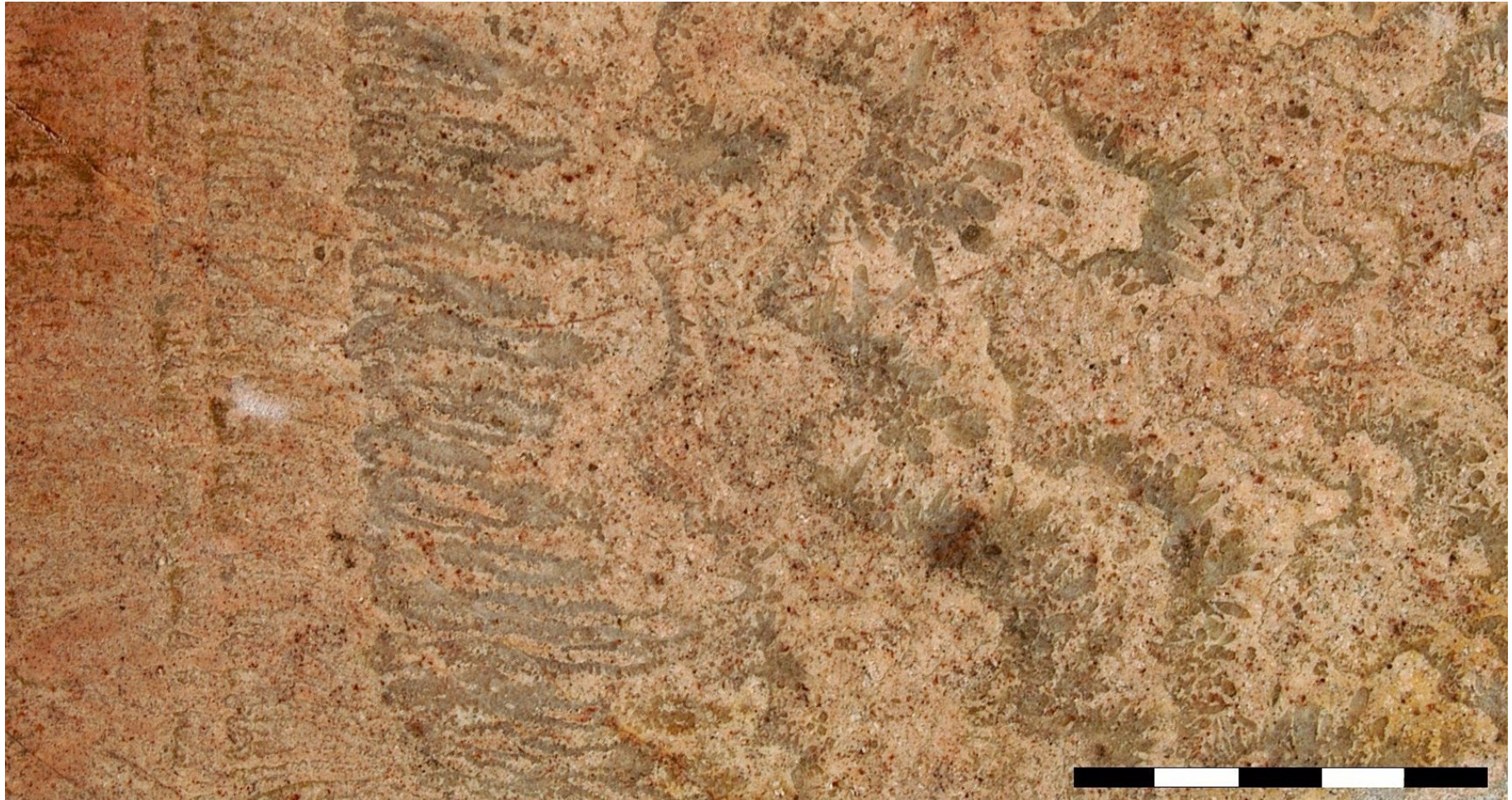
Krupka - Knotl



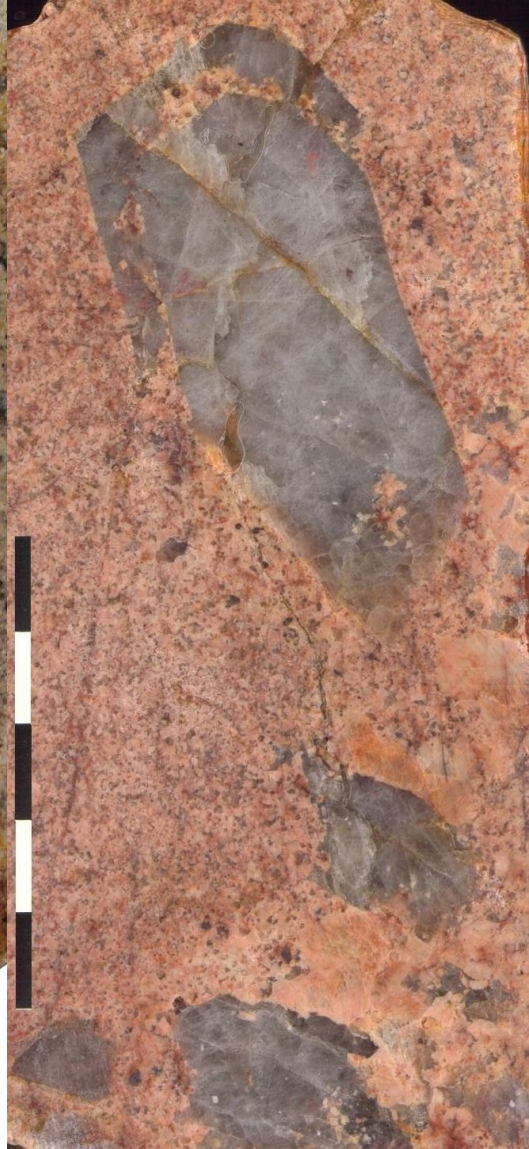
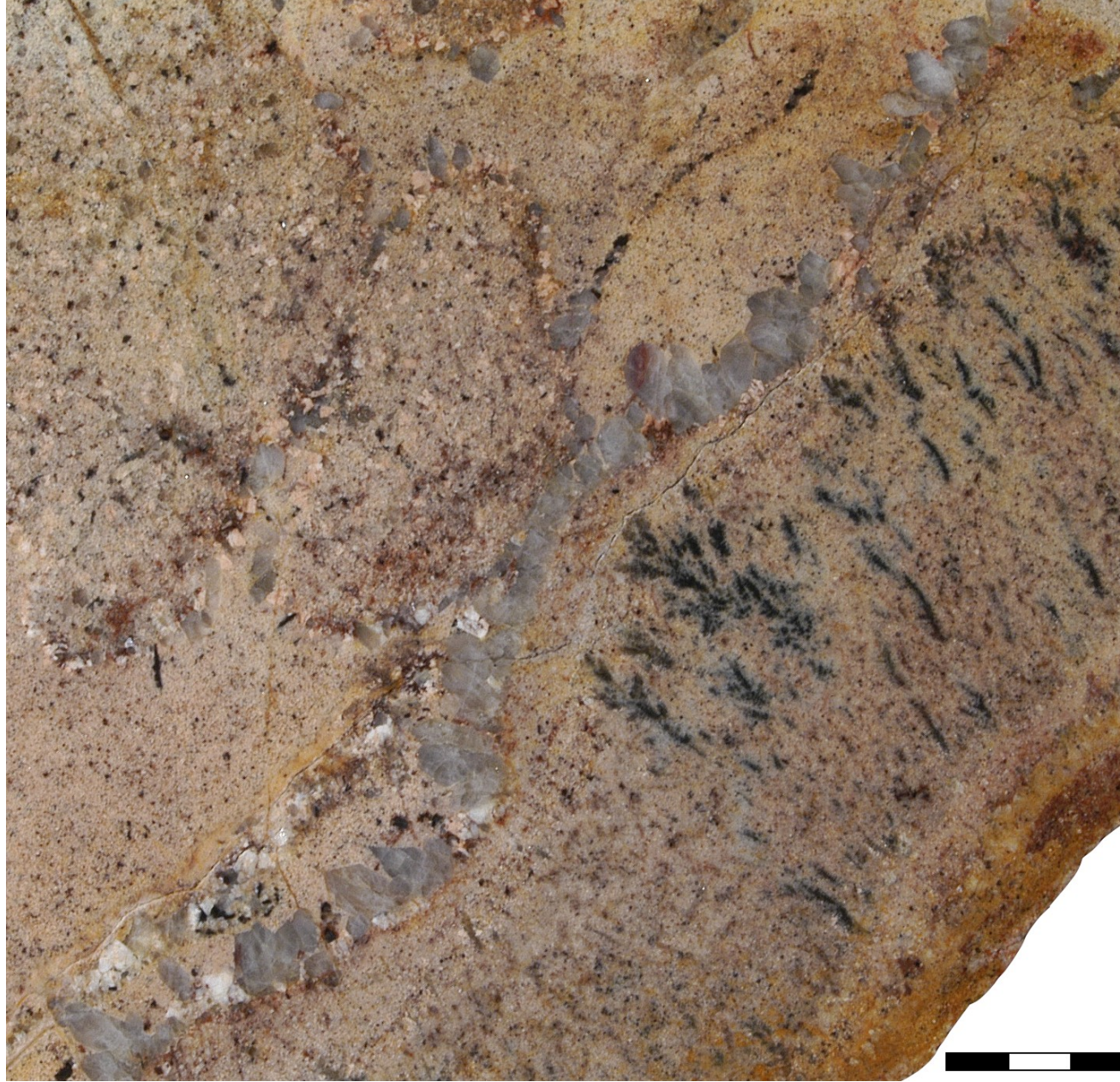
Frakcionační terndy granitu



A-granit Hora svaté Kateřiny



Foulded comb quartz layers



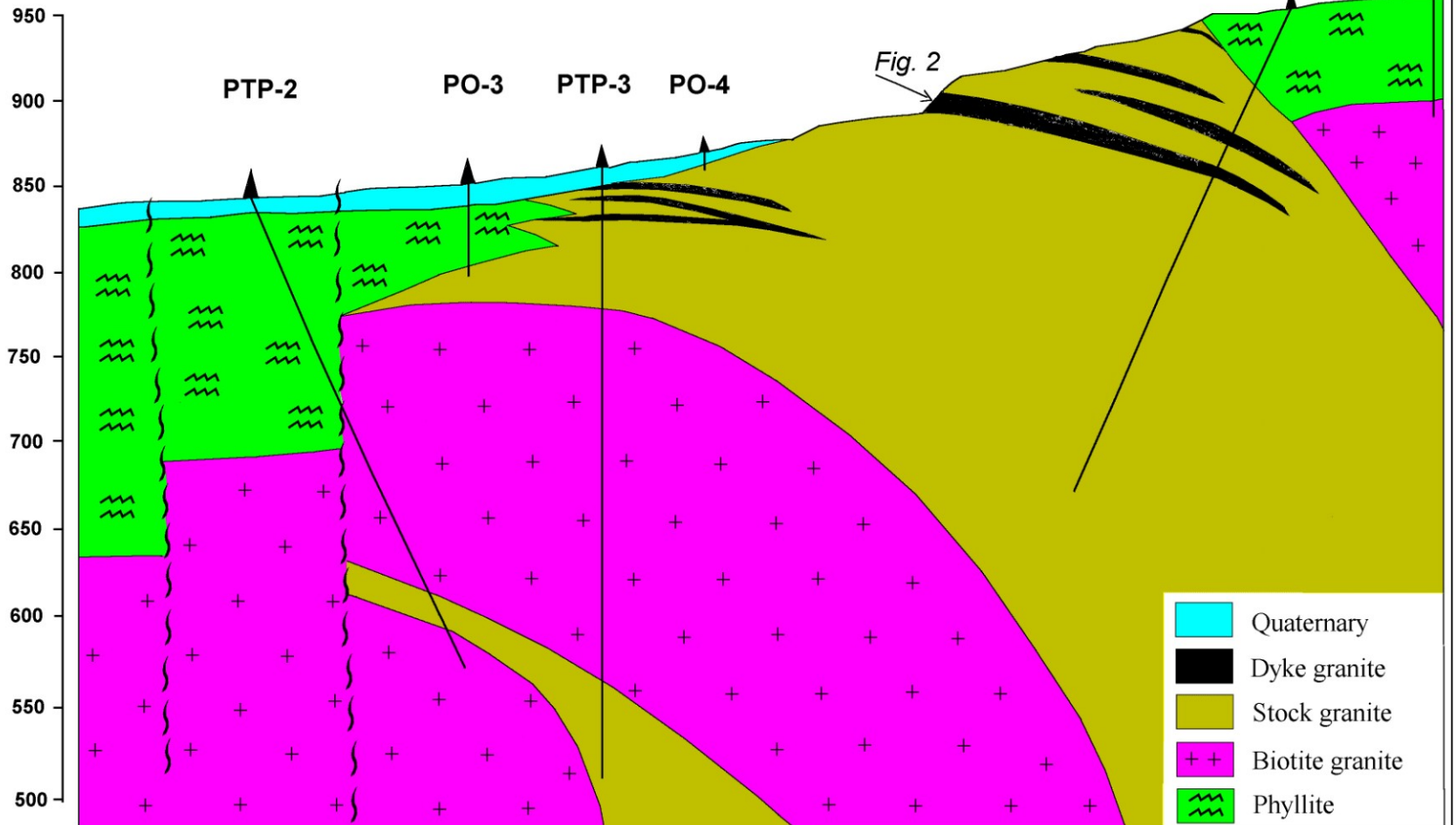
Extrémní frakcionace

- Tavenina bohatá H₂O, F, P, Li, (B)
- Často otevřený systém
- Překotný vývoj
- Nedojde k ustavení rovnováhy
- Systém je řízen kinetikou
- Otevřený systém – brekciace, degazace
- Systém může být podchlazený

PODLEŠÍ
spring 2001

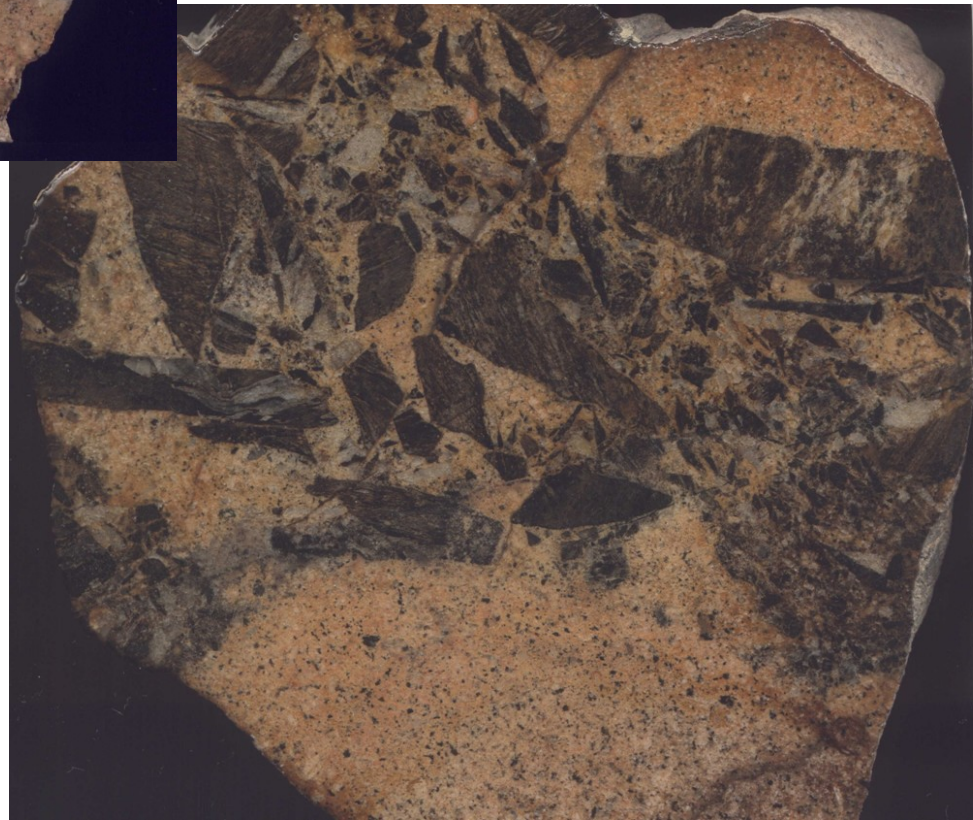
N - S

0 100 200 m



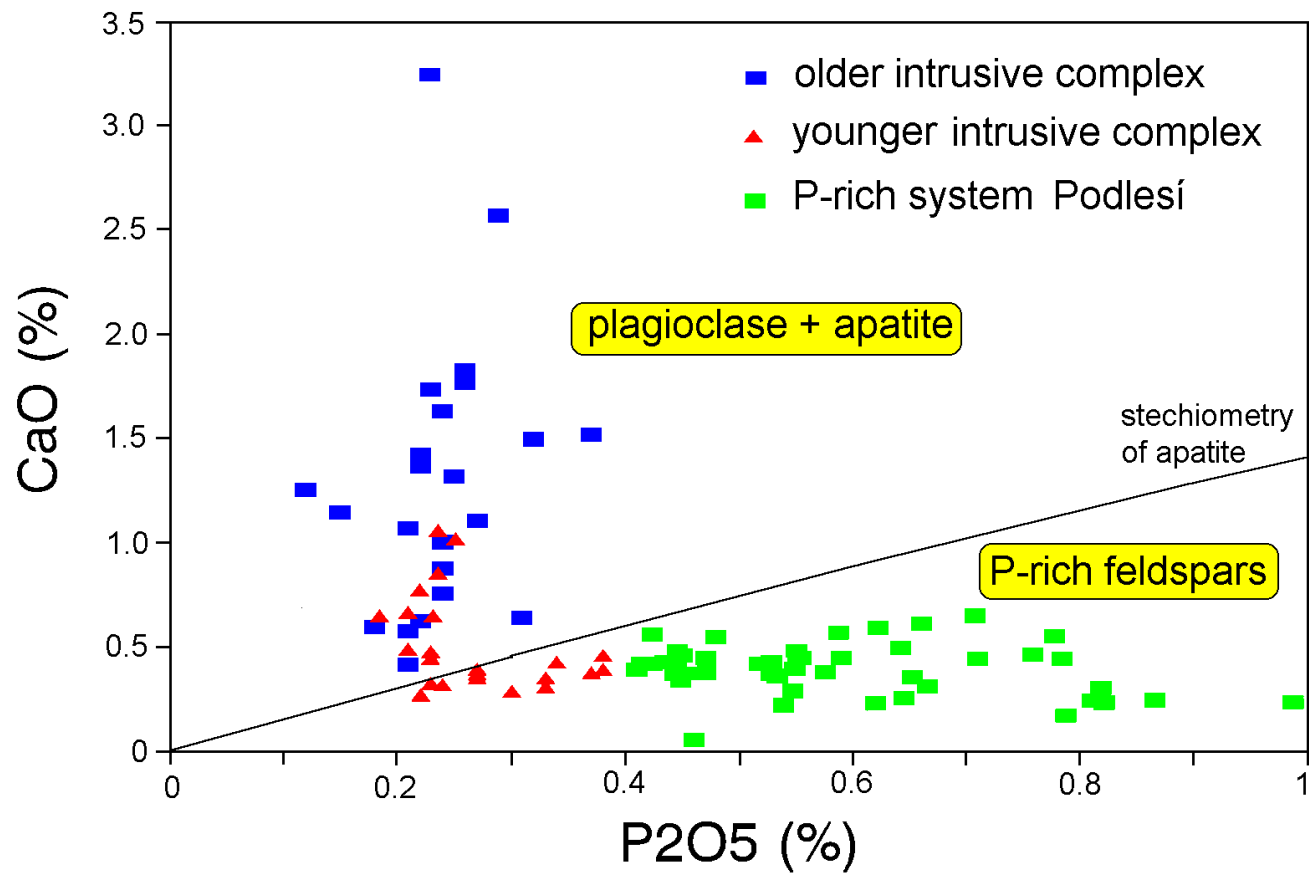


Stockscheider

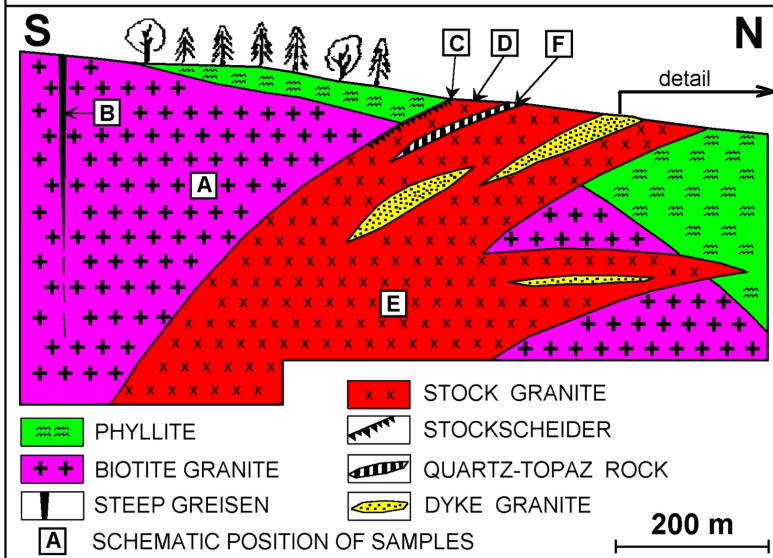


Časná brekcie v nadloží pně

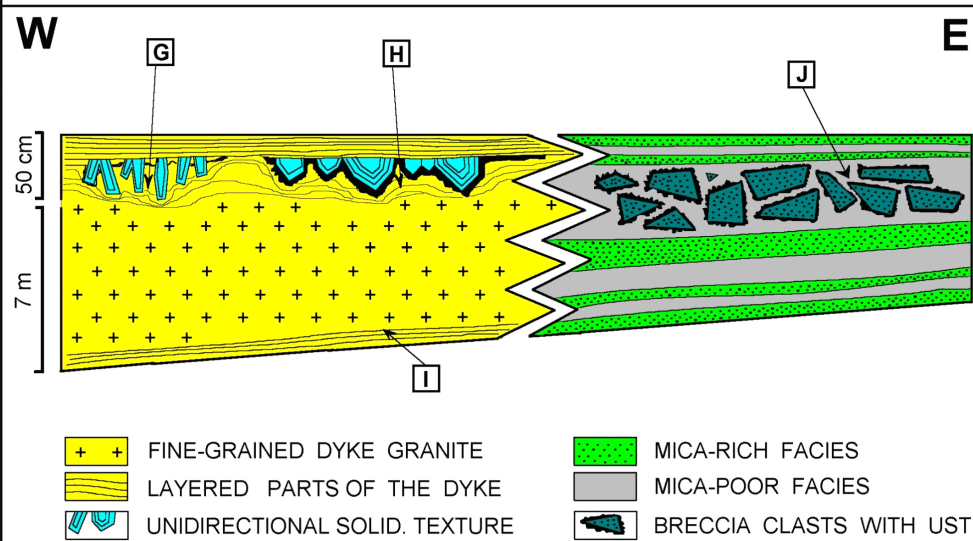
Principy hromadění fosforu



CROSS SECTION OF THE GRANITE STOCK



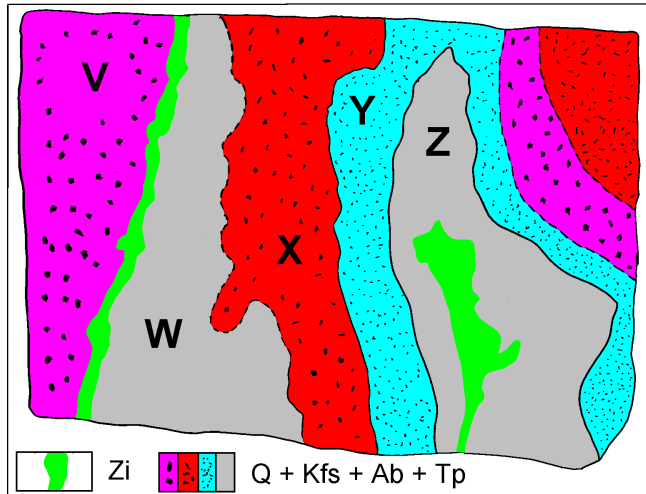
LONGITUDINAL SECTION OF THE MAJOR DYKE PROXIMAL PART DISTAL PART



Vrstevnatost, UST



Domain	V	W	X	Y	Z
SiO ₂	77,9	70,9	71,3	68,9	69,4
Al ₂ O ₃	13,0	17,8	17,4	16,6	18,4
FeO	0,4	0,1	0,6	0,2	0,2
CaO	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Na ₂ O	5,1	8,4	6,9	1,7	7,7
K ₂ O	3,0	1,8	3,1	11,4	3,1
P ₂ O ₅	0,4	0,7	0,6	1,2	1,0
Na/K	1,7	4,7	2,2	0,1	2,5



Na, F – obohacené vrstvy

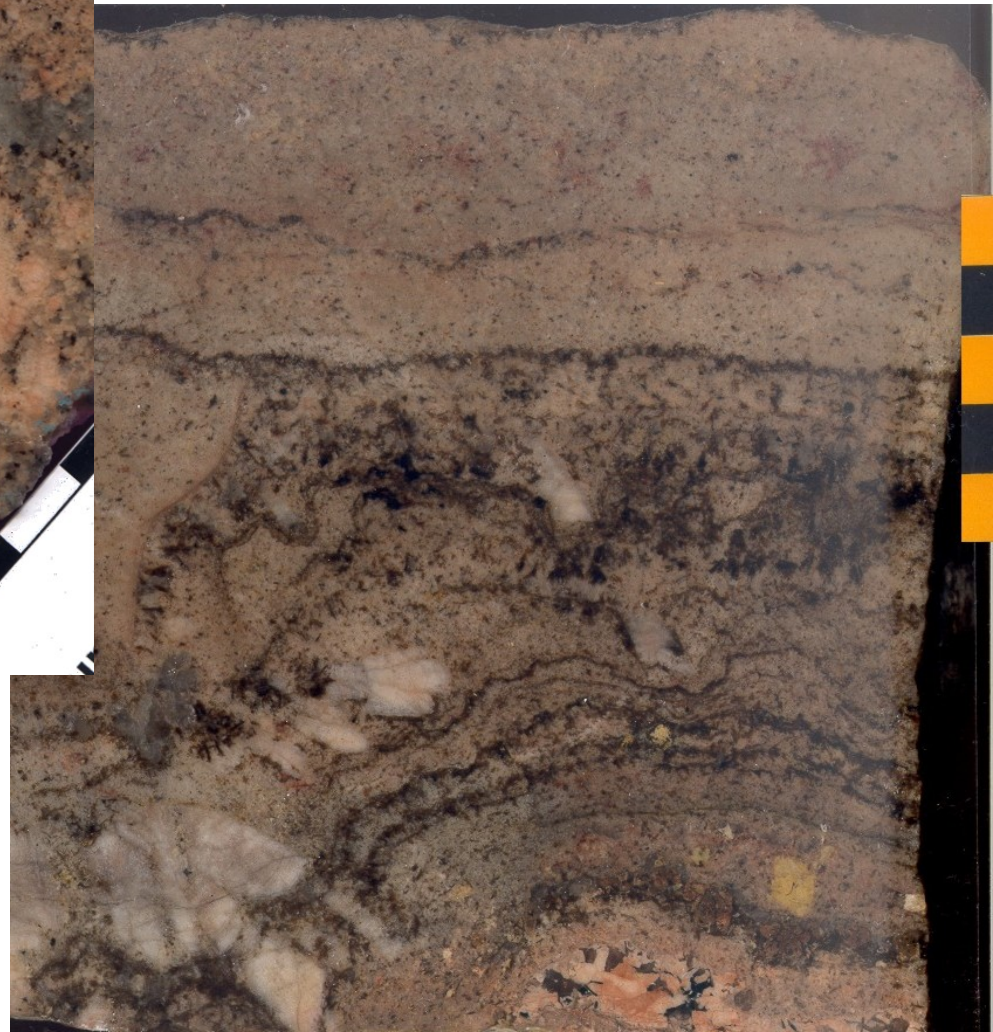
K, P – obohacené vrstvy

F- saturovaná slída

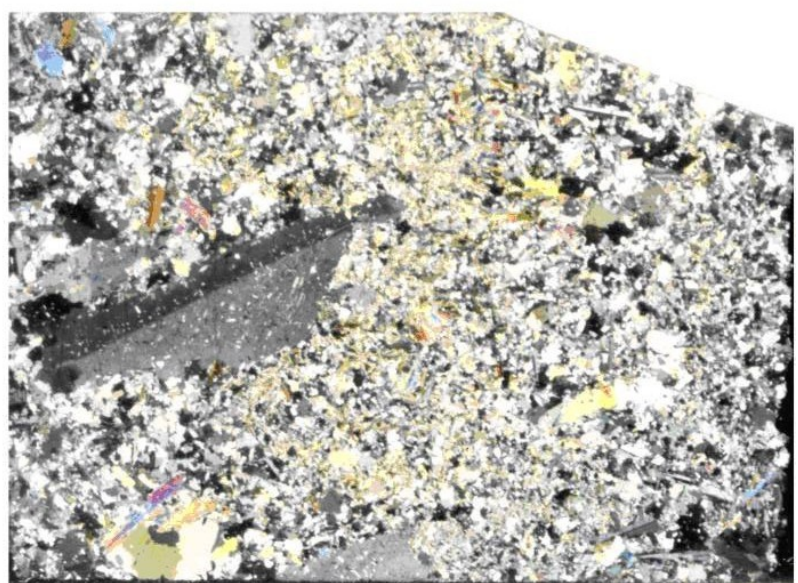
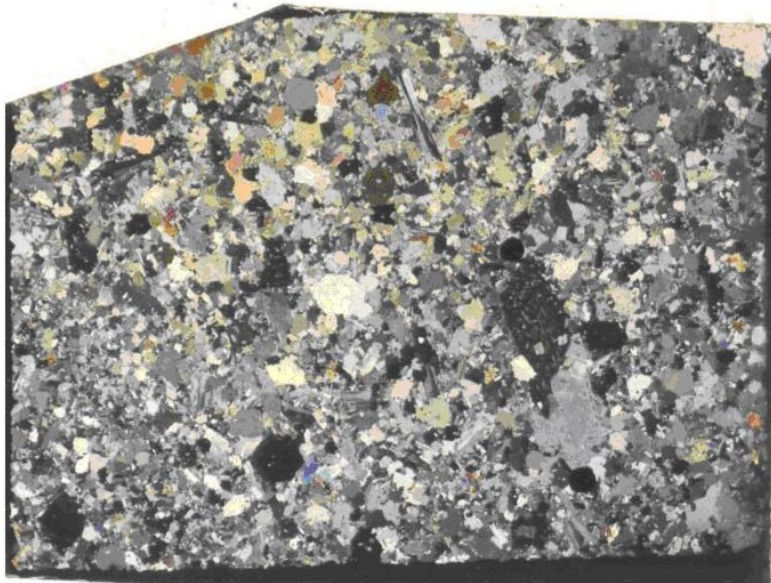
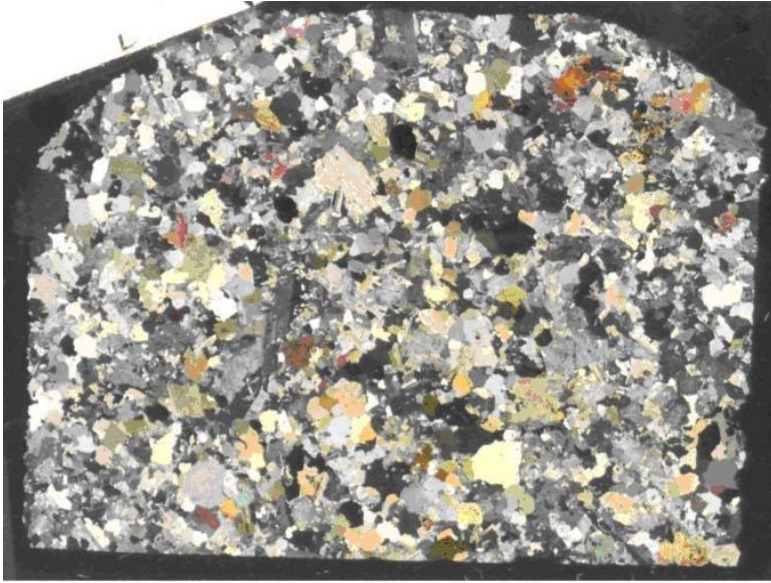
F-saturovaný topaz

F-bohatý amblygonit

Usměrněné textury

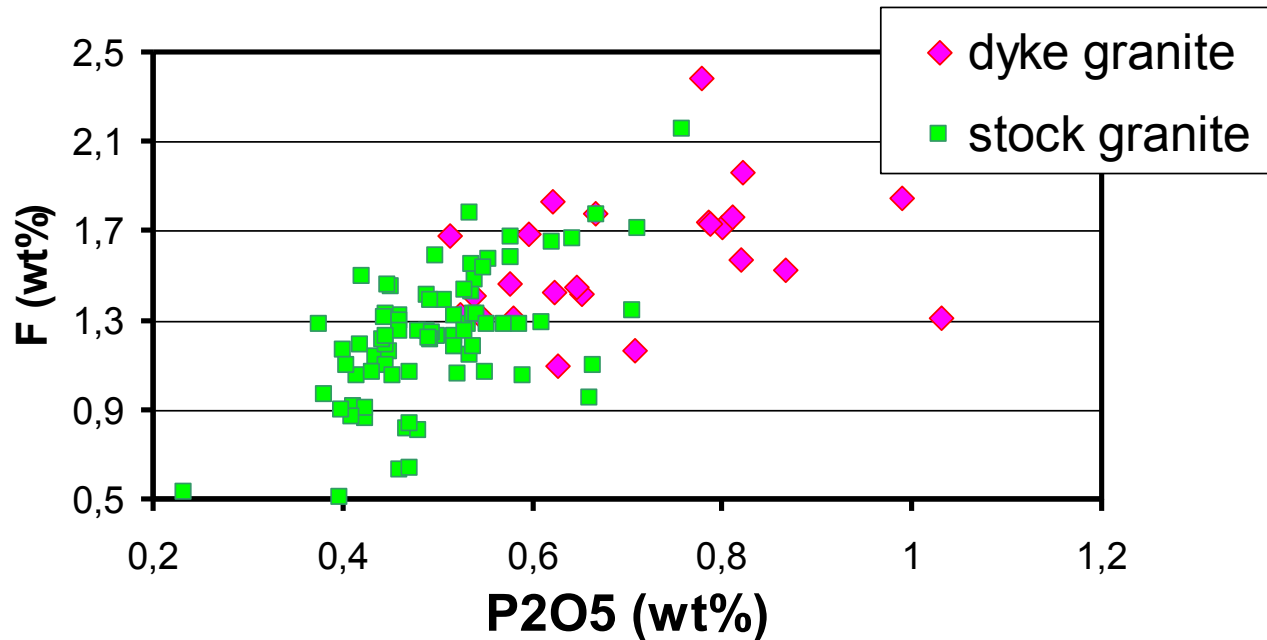


Mikroskopické znaky usměrněných textur a vícefázové krystalizace



Volatilní prvky ve frakcionovaném granitoidním systému

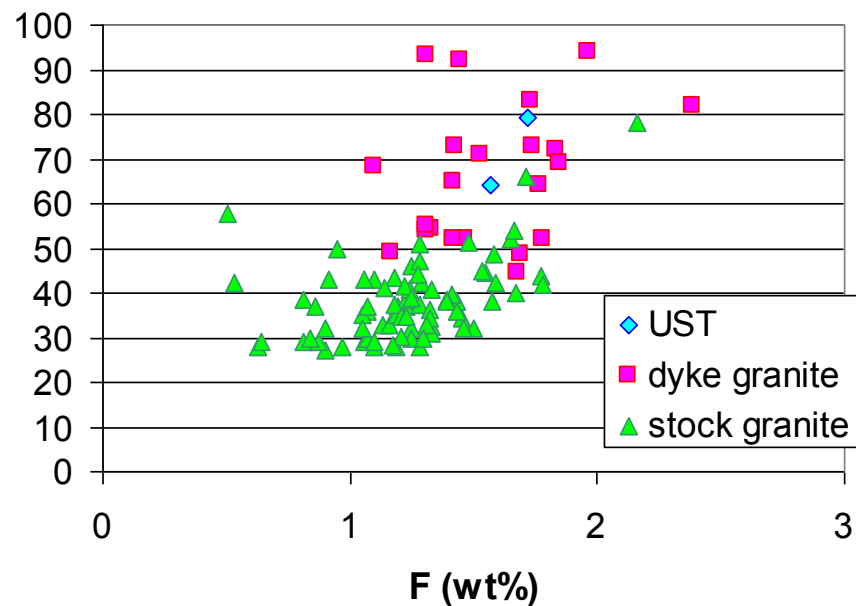
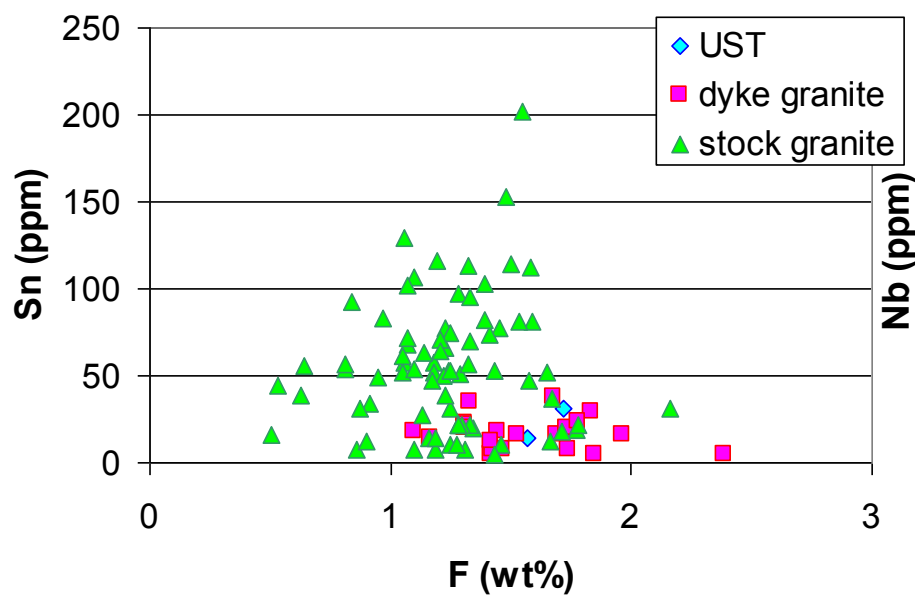
Nahromadění fluoru a fosforu



- **Topaz** – about 20 wt% F (90-95% of total fluorine saturation)
- **Protolithionite** (5-7 wt% F) – **Zinnwaldite** (8-9 wt% F)
- **Amblygonite** (9-10 wt% F)

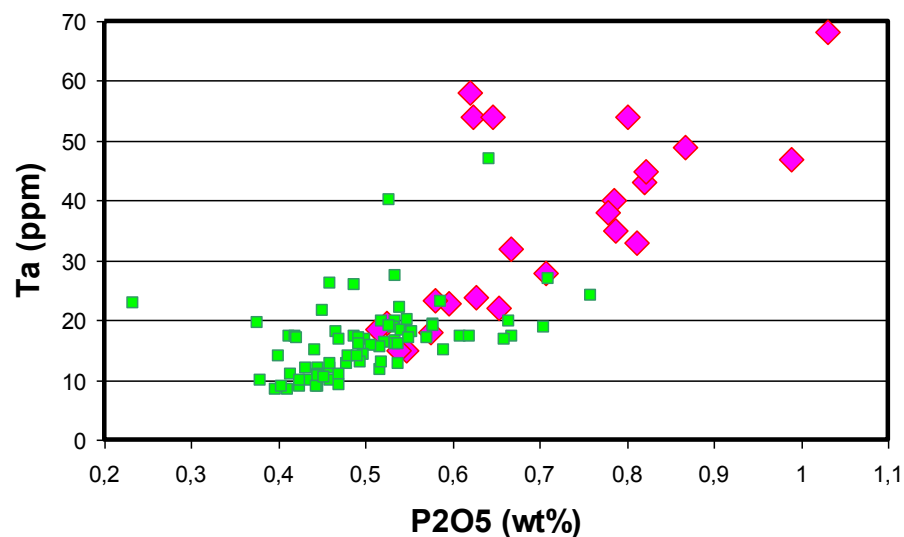
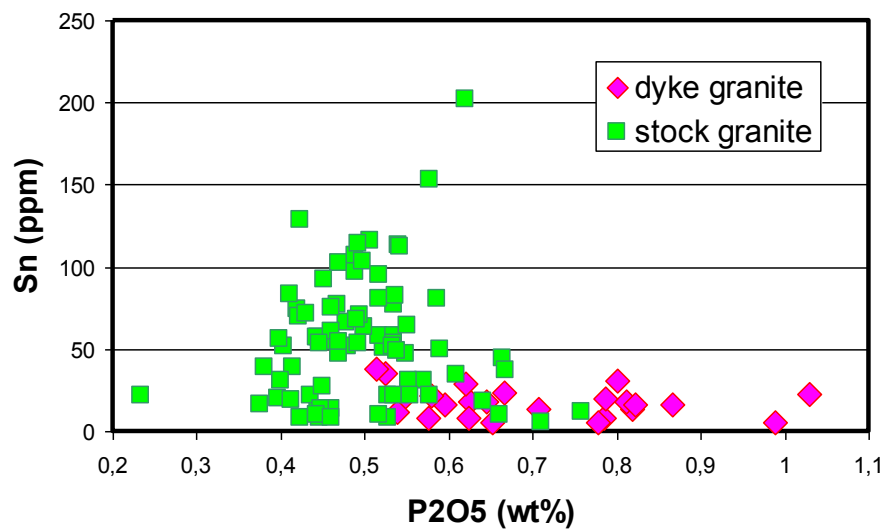
Volatilní prvky ve frakcionovaném granitoidním systému

Vliv fluoru na koncentrace kovů

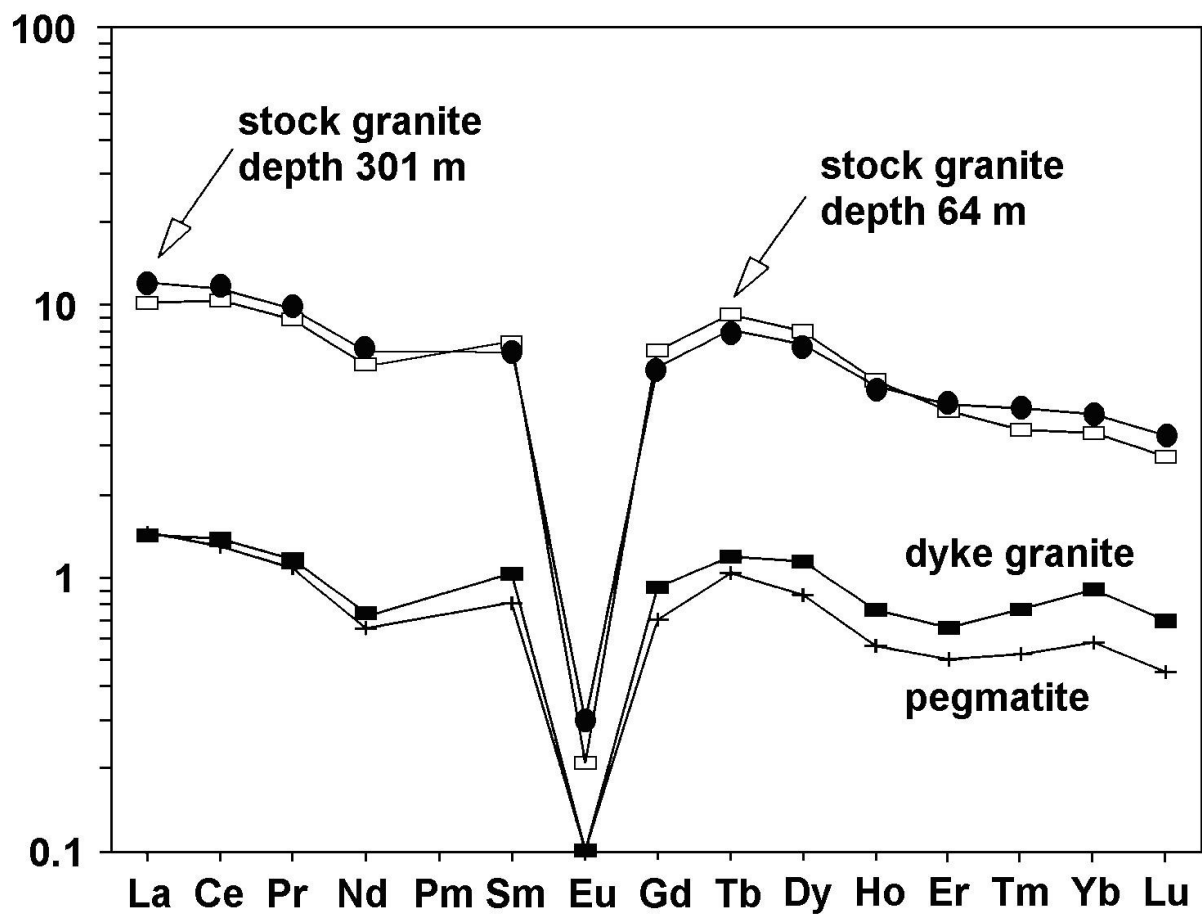


Volatilní prvky ve frakcionovaném granitoidním systému

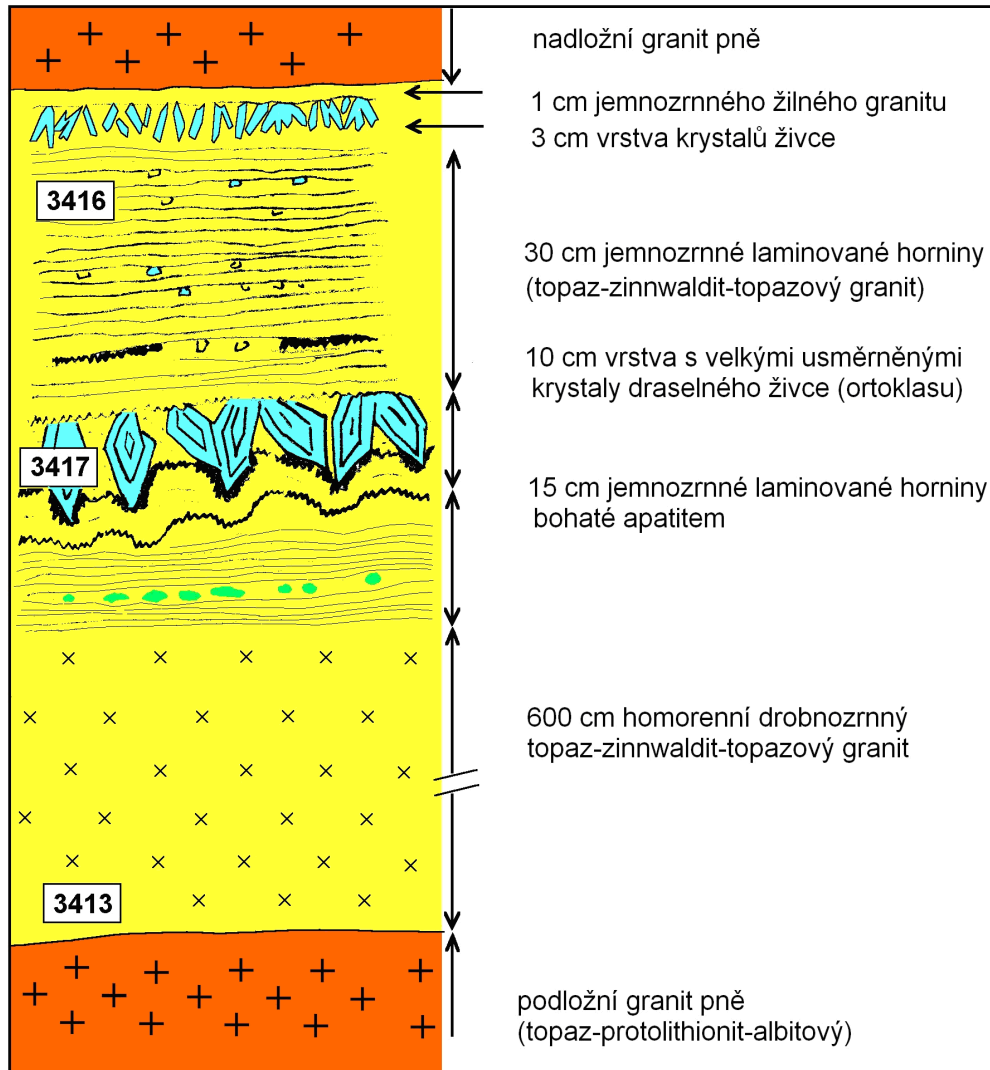
Vliv fosforu na koncentrace kovů



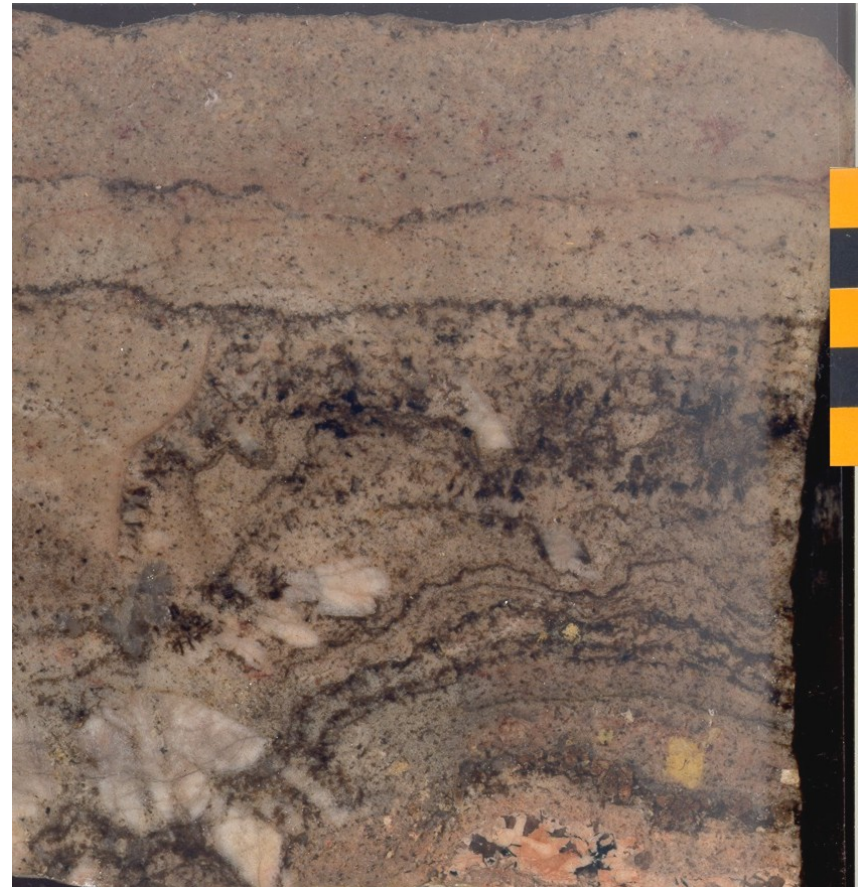
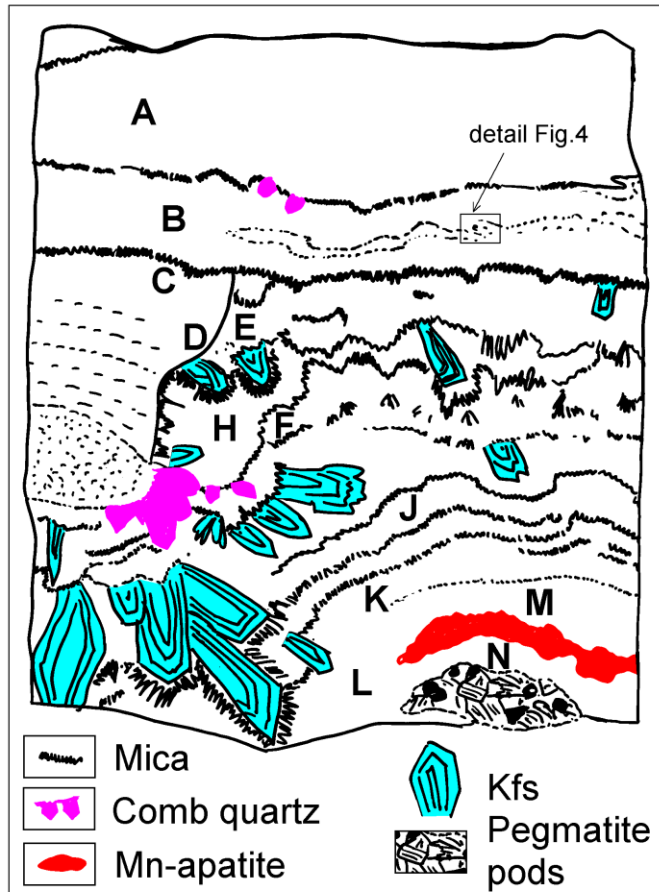
Vývoj REE během extrémní frakcionace



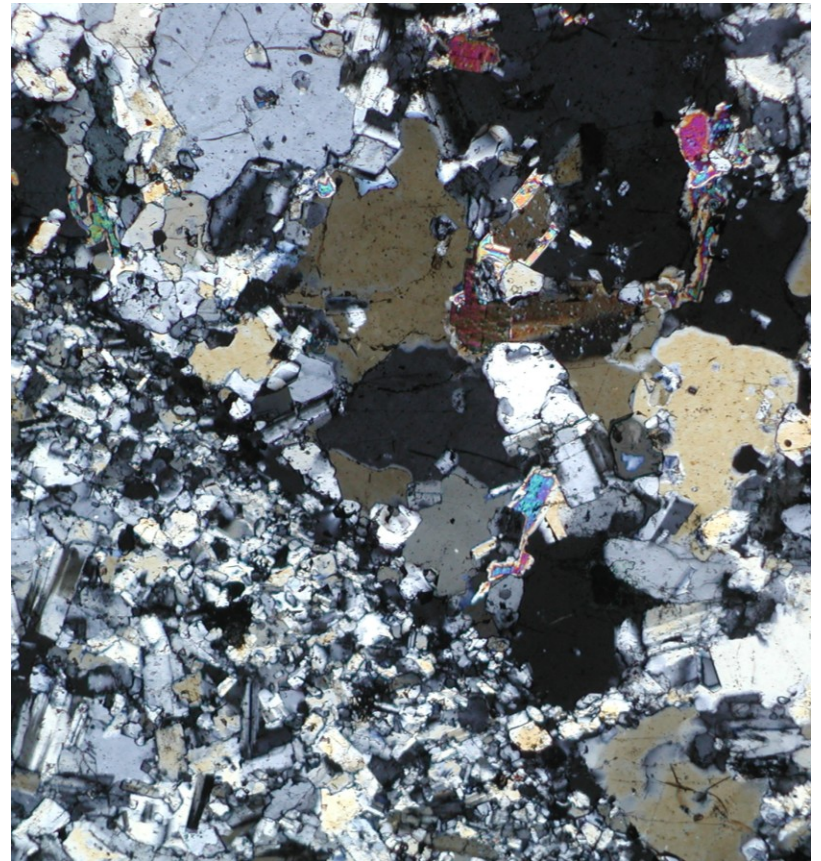
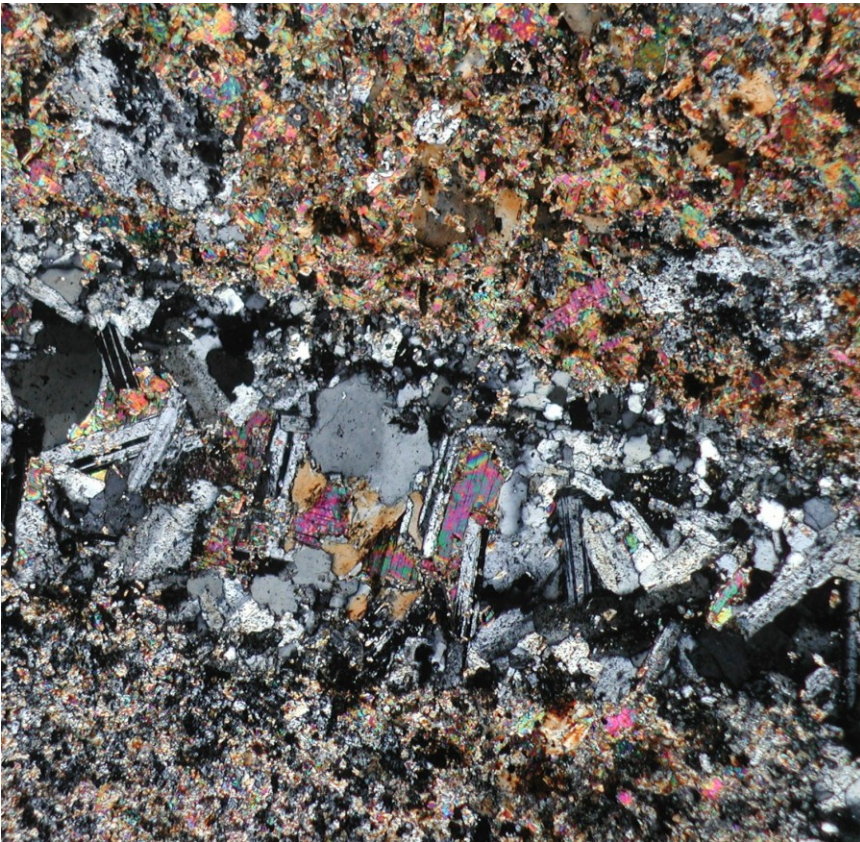
Vrstevnatost, UST



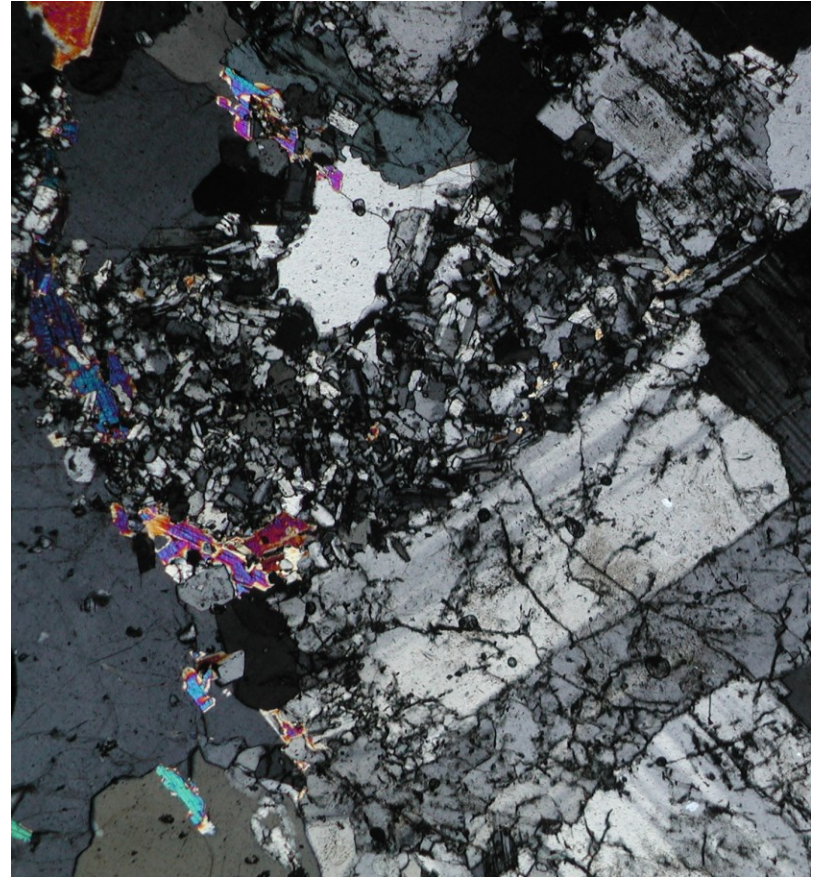
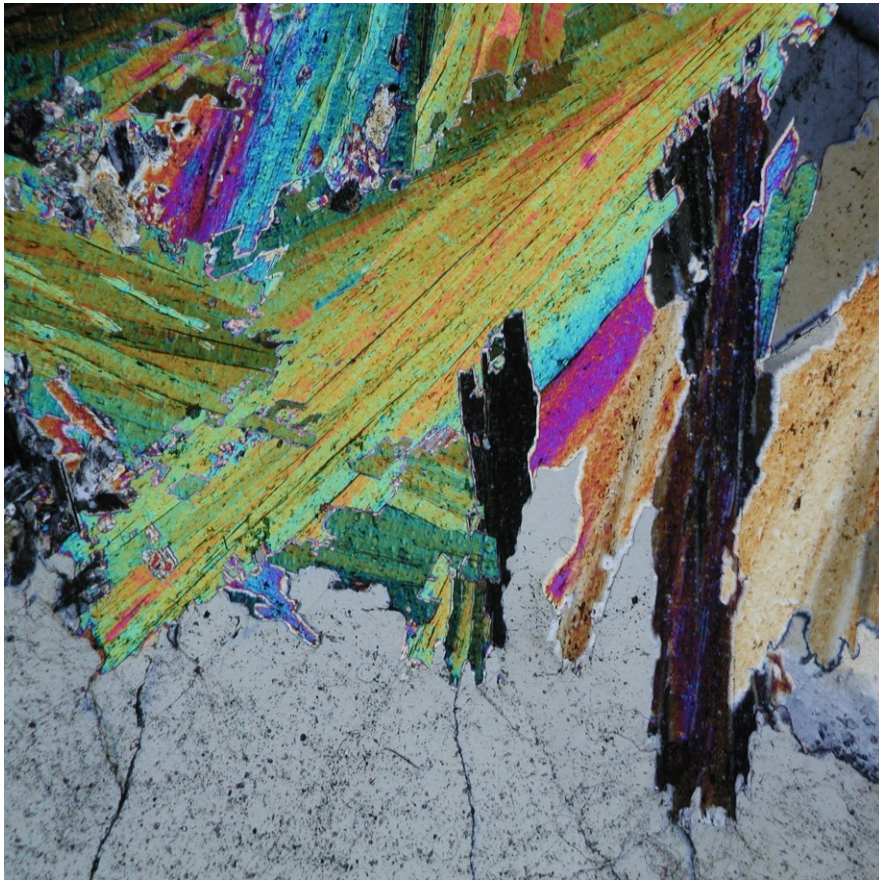
Vrstevnatost, UST



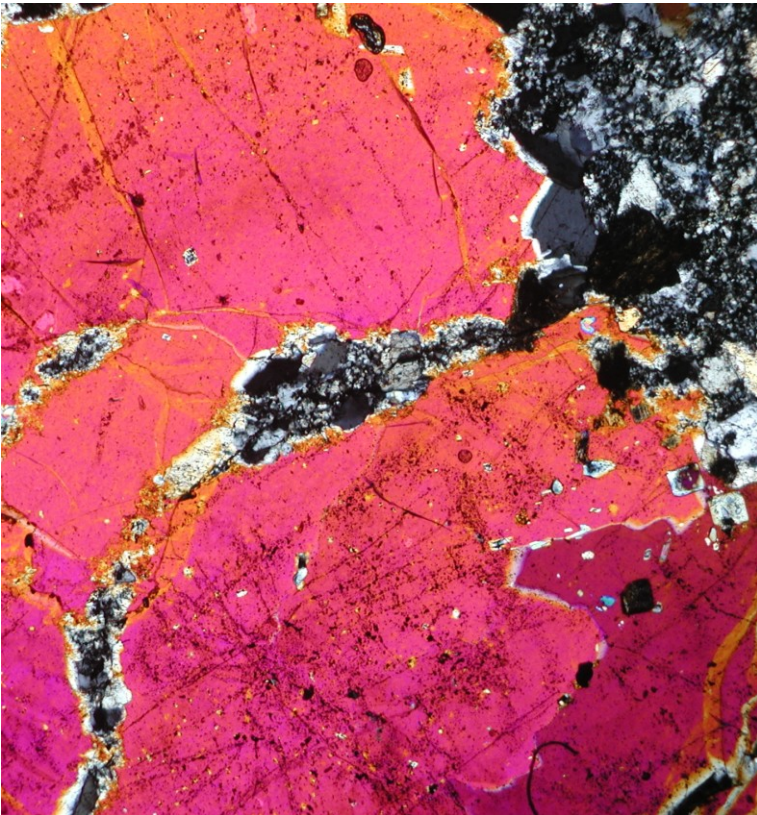
Vrstevnatost, UST



Vrstevnatost, UST

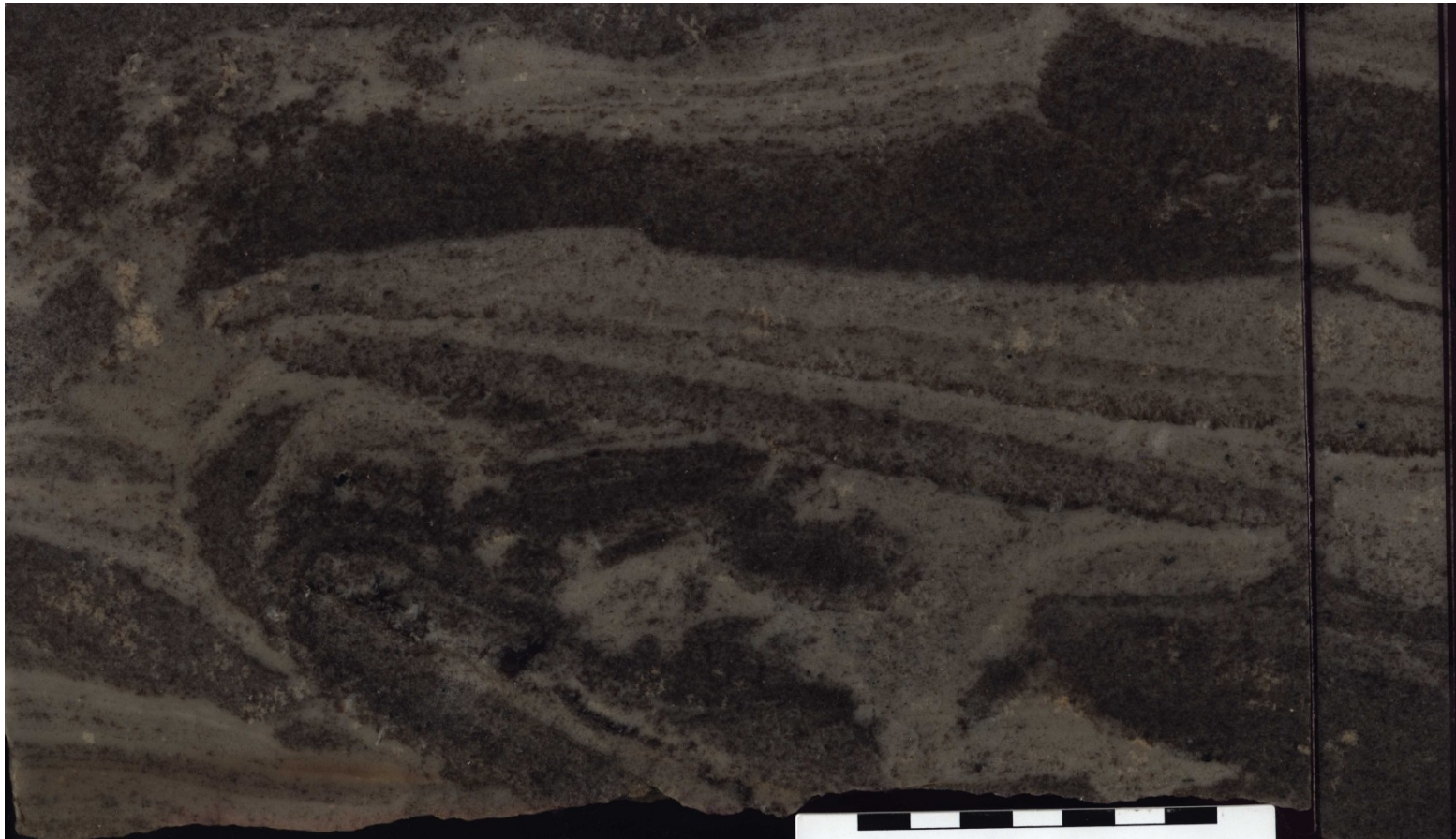


Pozdní brekcie, dekrepitace krystalů

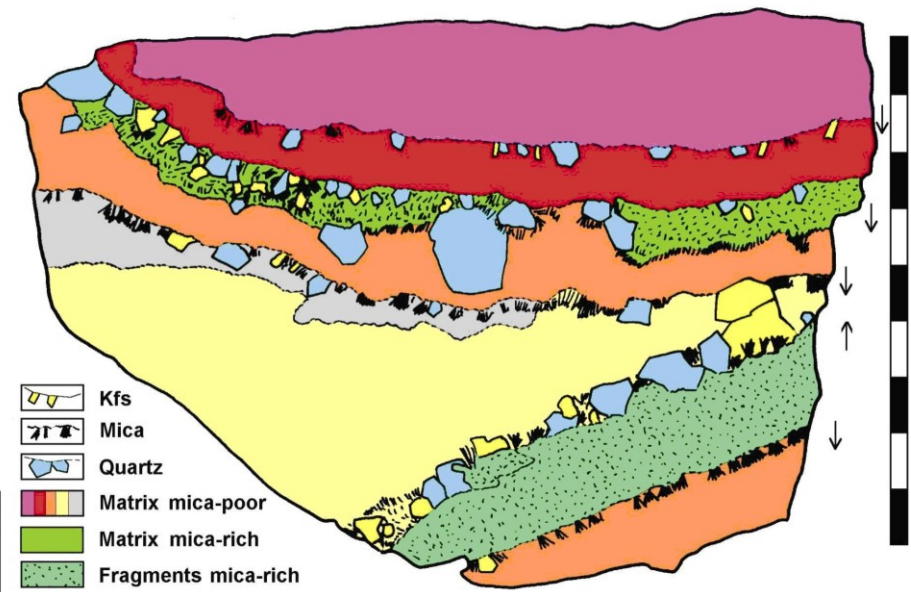
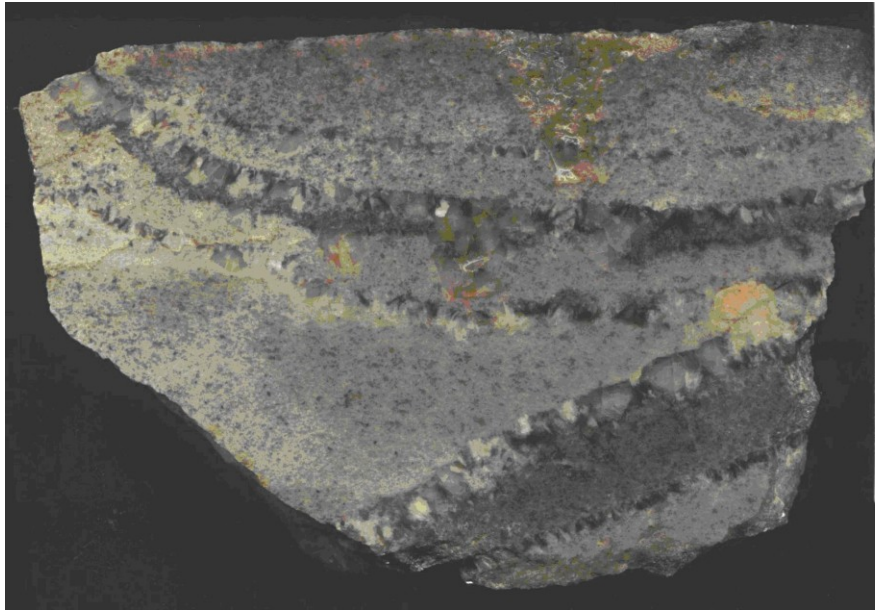


- Episodická brekciace distálních částí žil
- Dekrepitace krystalů křemene
- Residualní taveniny neobvyklého složení (Na,F and K,P) byly nasáty do puklin a rychle krystalizovaly

Pozdní brekcie



Pozdní brekcie



Interpretace

□ WR-composition of the laminated rock over the UST-layer

■ WR-composition of the UST

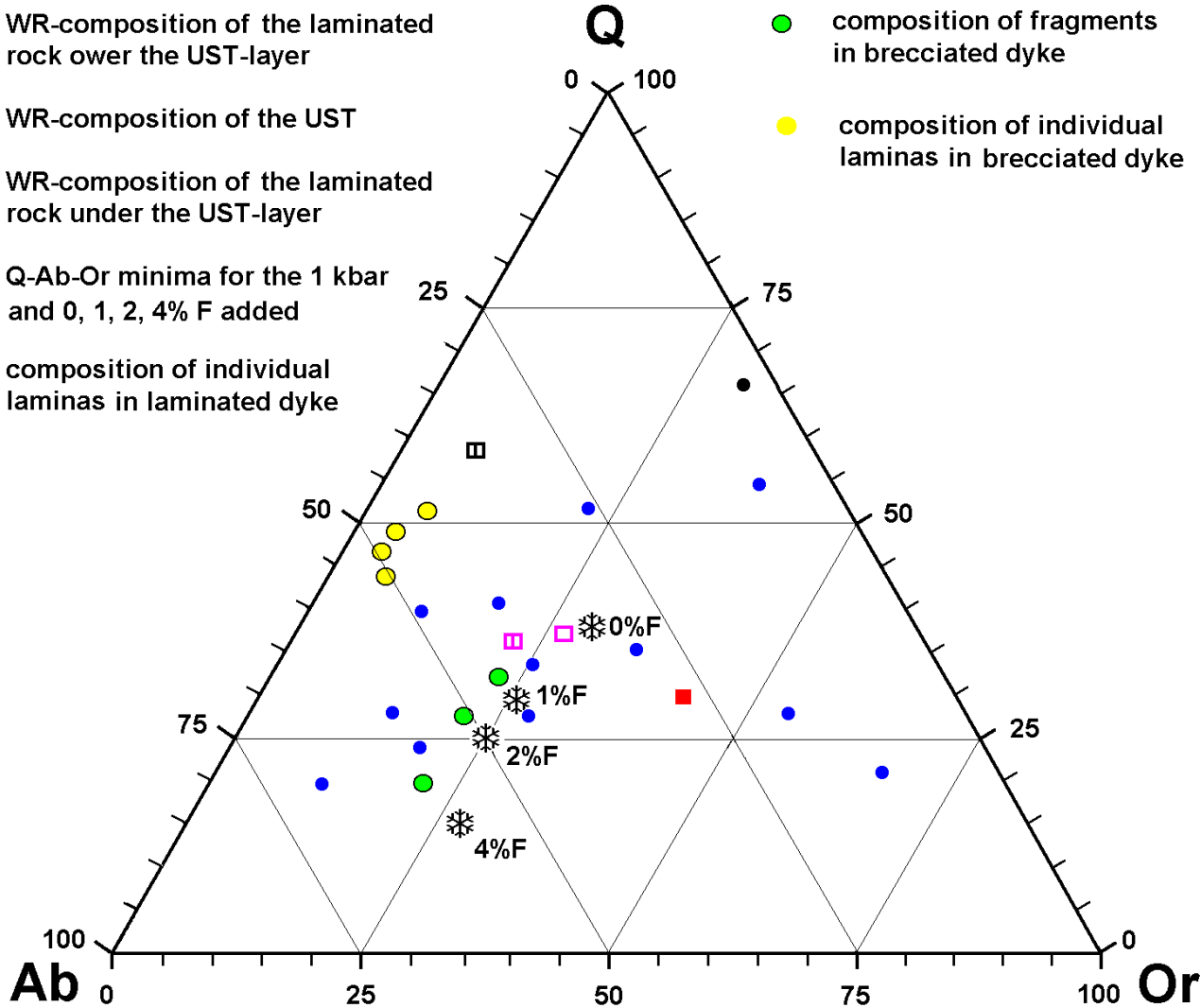
□ WR-composition of the laminated rock under the UST-layer

✱ Q-Ab-Or minima for the 1 kbar and 0, 1, 2, 4% F added

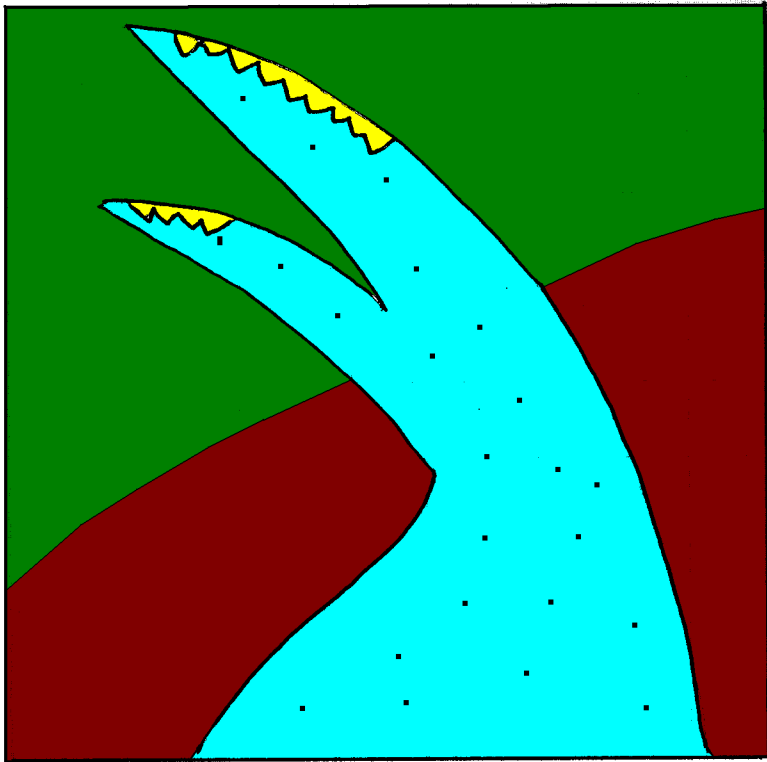
● composition of individual laminae in laminated dyke

● composition of fragments in brecciated dyke

● composition of individual laminae in brecciated dyke

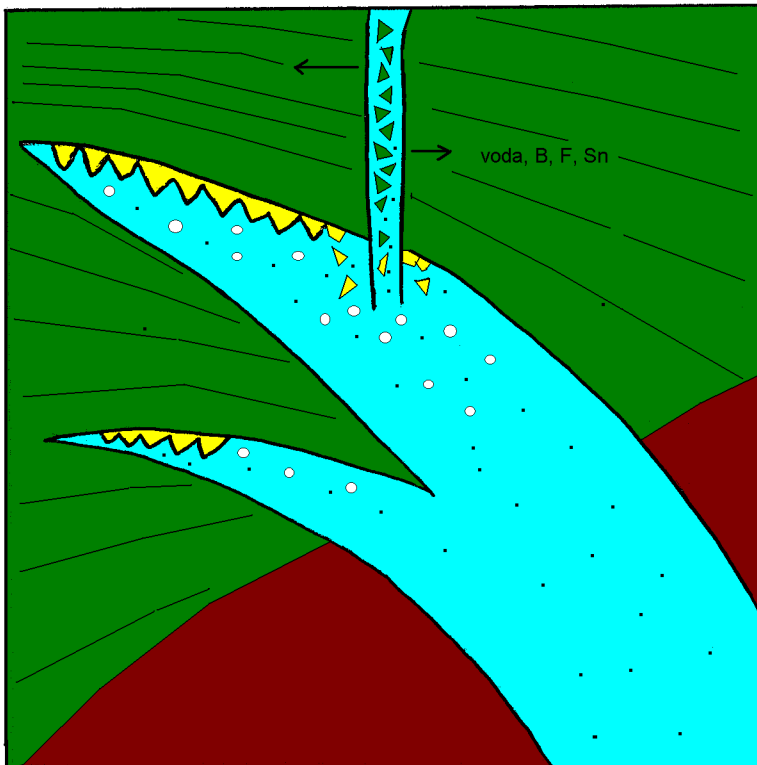


Pracovní model



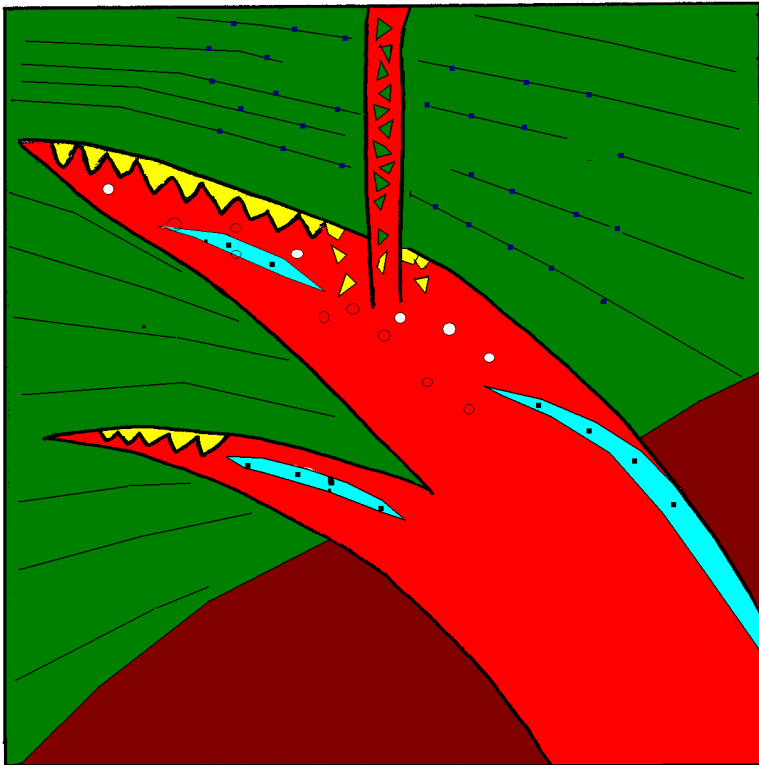
- intruze primární taveniny
- tavenina bohatá F, P, Li, B
- tavenina nesaturovaná vodou
- voda s B a F se hromadí nahore
- krystalizace stockscheideru

Pracovní model



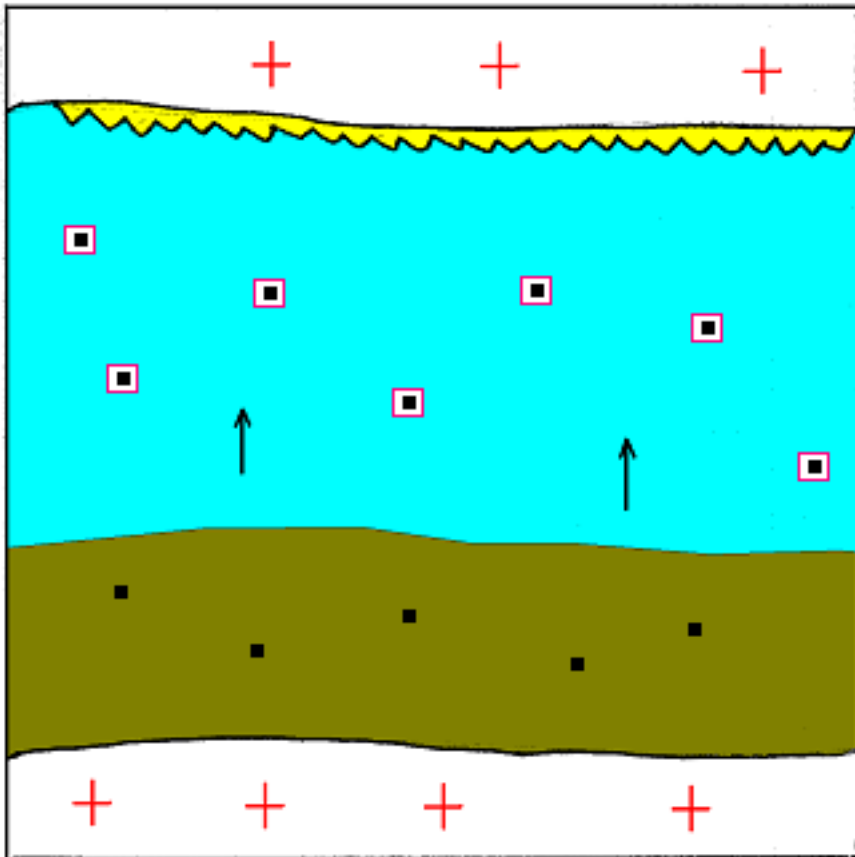
- Saturace taveniny vodou
- První degasace
- První brekciace
- Únik fluid s B (F, Sn)
- Turmalinizace pláště
- Krystalizují jádra zonárních krystalů

Pracovní model



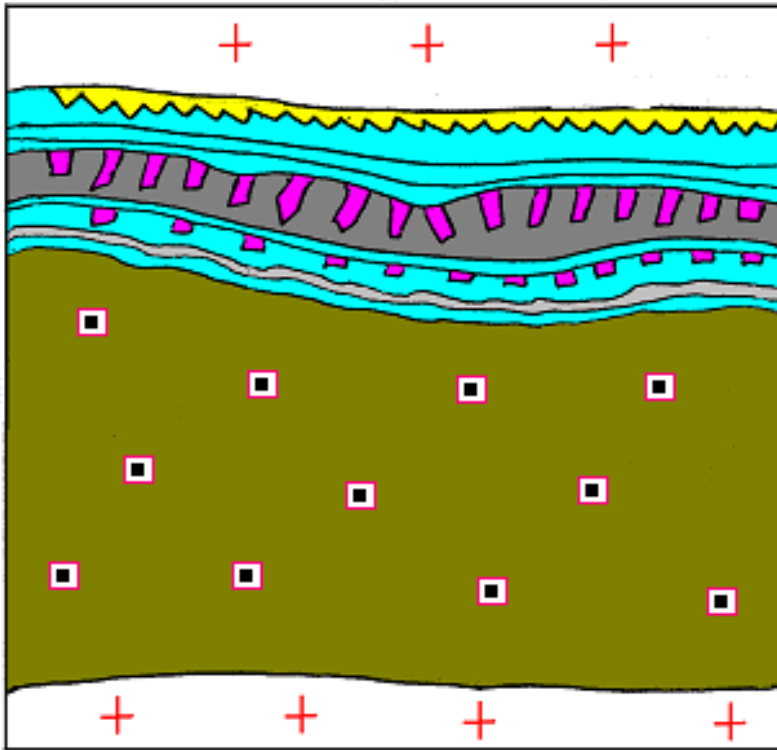
- Krystalizace svrchního pně
- Tvorba miarol
- Ochlazování do stavu křehké deformace
- Intruze zbytkové taveniny z hloubi pně
- Vznik plochých žil

Pracovní model



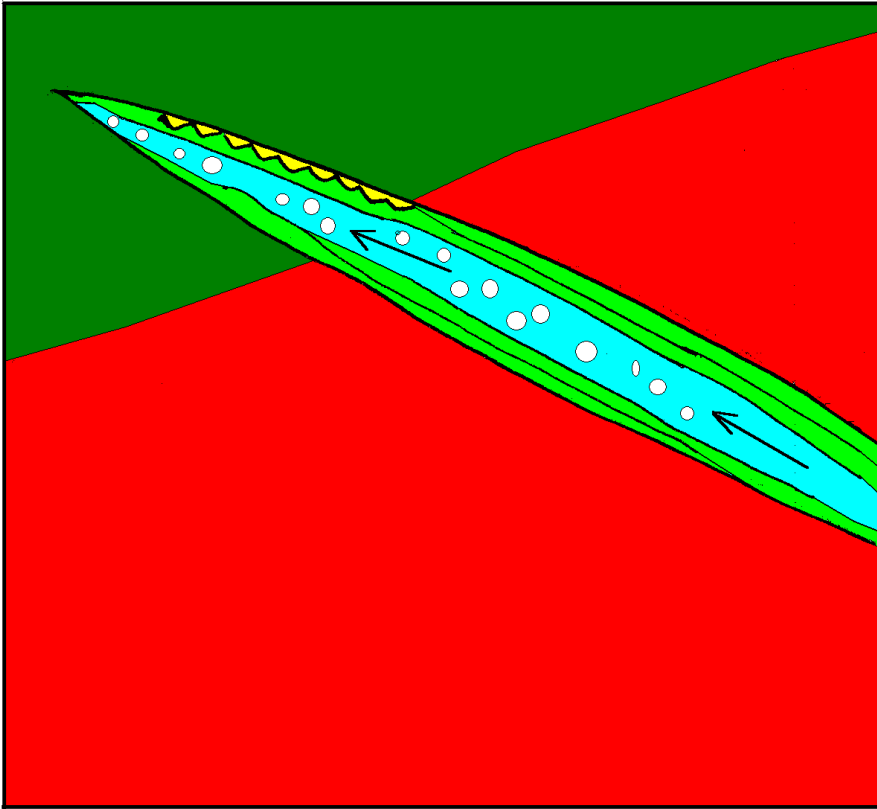
- Frakcionace v rámci žíly podélně i vertikálně
- Krystalizace od spodního kontaktu vzhůru
- Růst vnějších zón zonárních krystalů

Pracovní model

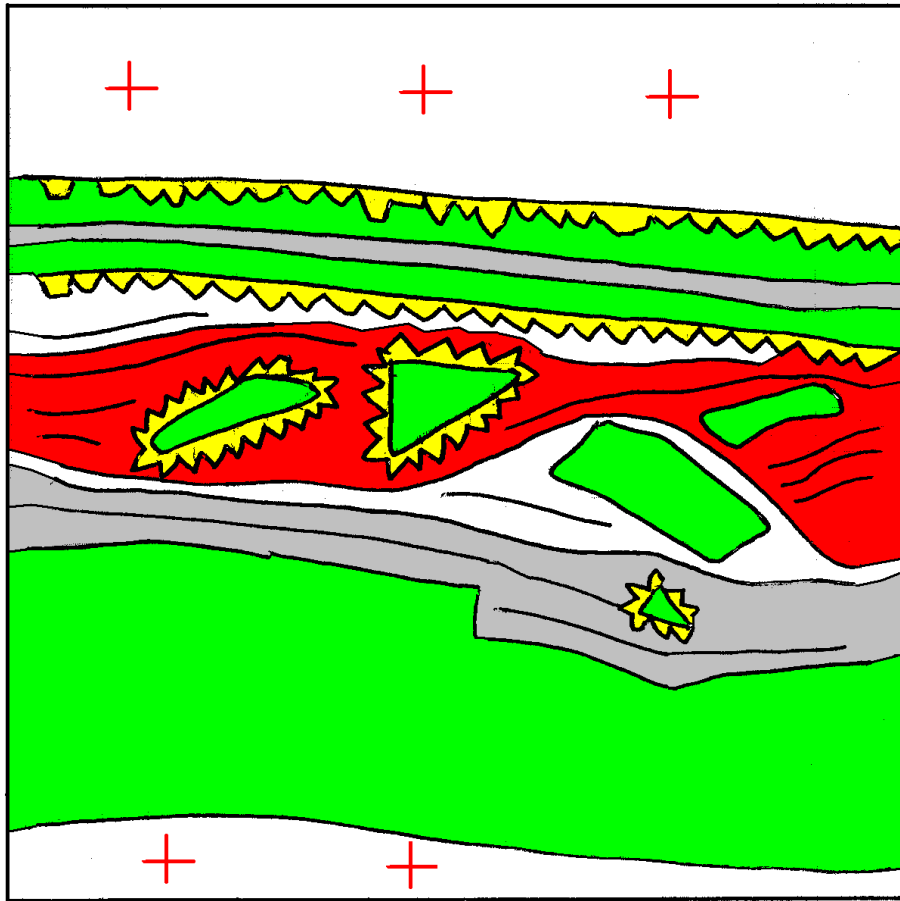


- Podchlazení
- Layering
- UST
- Adiabatický děj

Pracovní model



- Hromadění F a fluid v distální části žíly
- Tato část systému „přežívá“ do nižší teploty
- Krystalizace „greisenu“

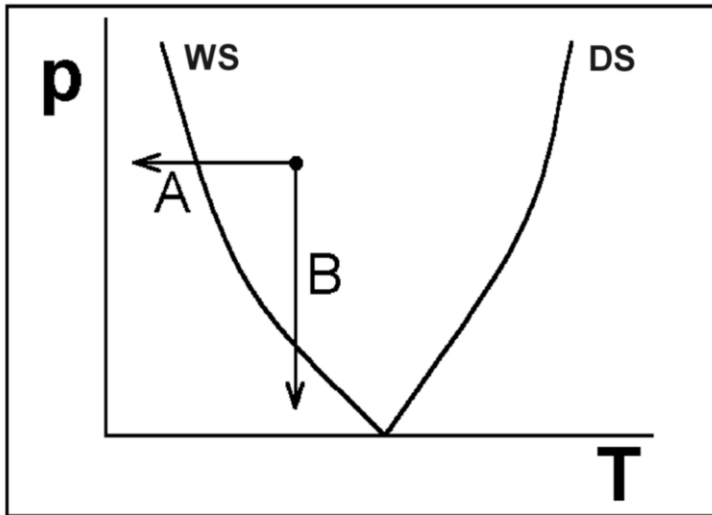


Pracovní model

- Druhá degasace
- Druhá brekciace
- Krystalizace UST okolo klastů
- Krystalizace komplementárních Ab-Q lamin

Rekapitulace

- Al-F tavenina (+Li,P)
- Dlouhá frakcionace v hloubce
- Subvulkanická intruze
- Adiabatické kolísání tlaku a teploty
- Podchlazení
- Kinetická krystalizace



isochorický vers. adiabatický děj