

Minerogenetické procesy

Prof. RNDr. Milan Novák, CSc.

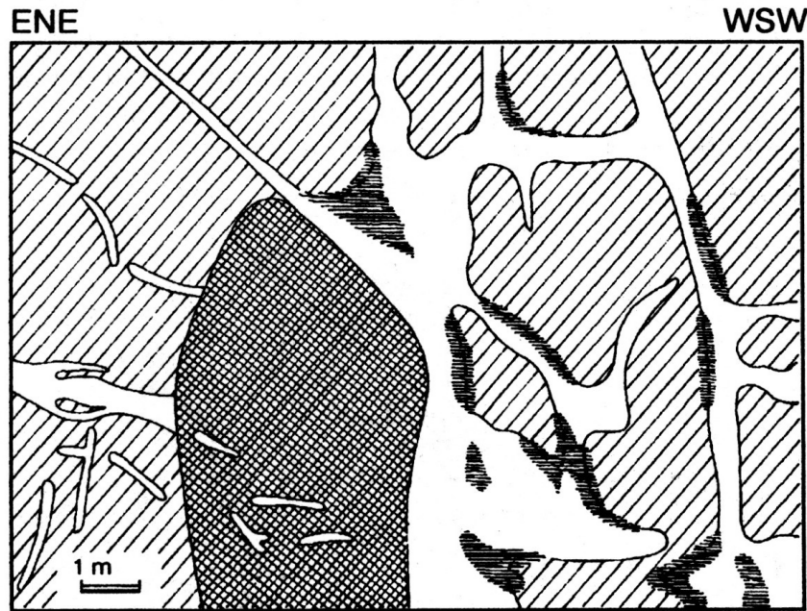
Granitické pegmatity I

Granitické pegmatity

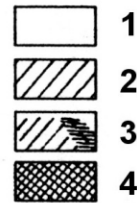
Existuje několik definicí od různých autorů, které více či méně zvýrazňují texturní, mineralogické a/nebo geochemické rysy pegmatitů. Jako granitické pegmatity označujeme

- magmatické horniny (všechny nebo téměř všechny minerály pegmatitů vznikly utuhnutím ze silikátové taveniny), jejichž celkové složení (celého tělesa) je blízké granitu
- typickým znakem je zonální stavba pegmatitových těles, především těch více frakcionovaných (jen vzácně jsou pegmatity téměř homogenní)
- charakteristická je také přítomnost pegmatitových textur (např. grafické srůsty křemene a K-živce případně křemene a jiných minerálů, velké krystaly minerálů o objemu až několik m³; viz. termín **Texturní diferenciaci**).
- pegmatity tvoří spíše malá (maximálně zhruba 100 m mocná, většinou pouze několik m), převážně žilná tělesa (mohou mít také čočkovitý i zcela nepravidelný tvar)
- jako nejvíce frakcionované členy vývoje magmatických komplexů se ve složení granitických pegmatitů uplatňují ve větší míře tzv. inkompatibilní (litofilní) prvky a obsahují řadu vzácných v jiných horninách téměř neznámých minerálů (viz. termín **Geochemická frakcionace**).

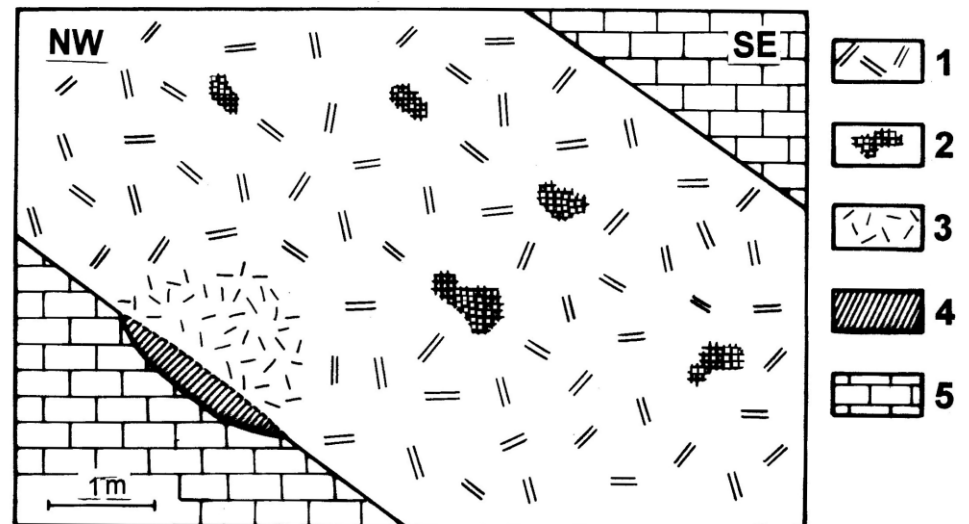
Granitické pegmatity – stavba pegmatitových těles



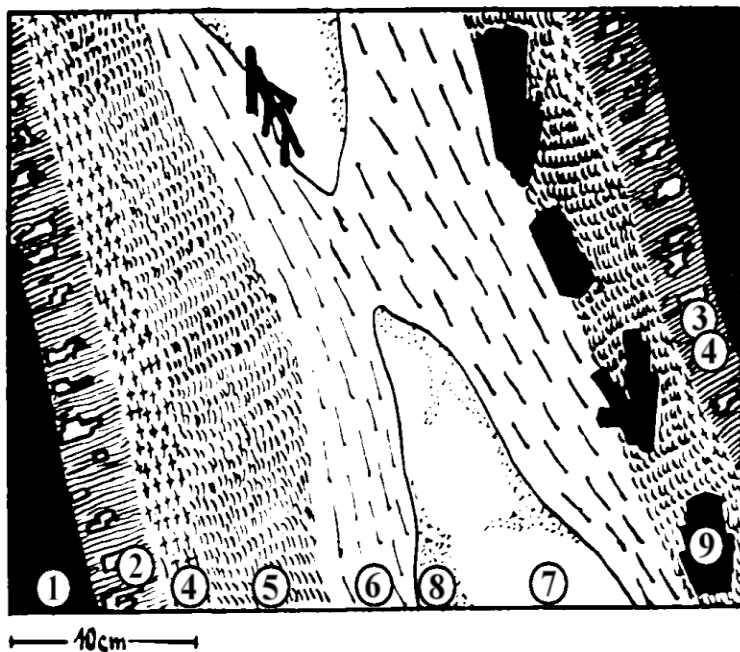
Vlastějovice (Novák a Hyršl 1992)



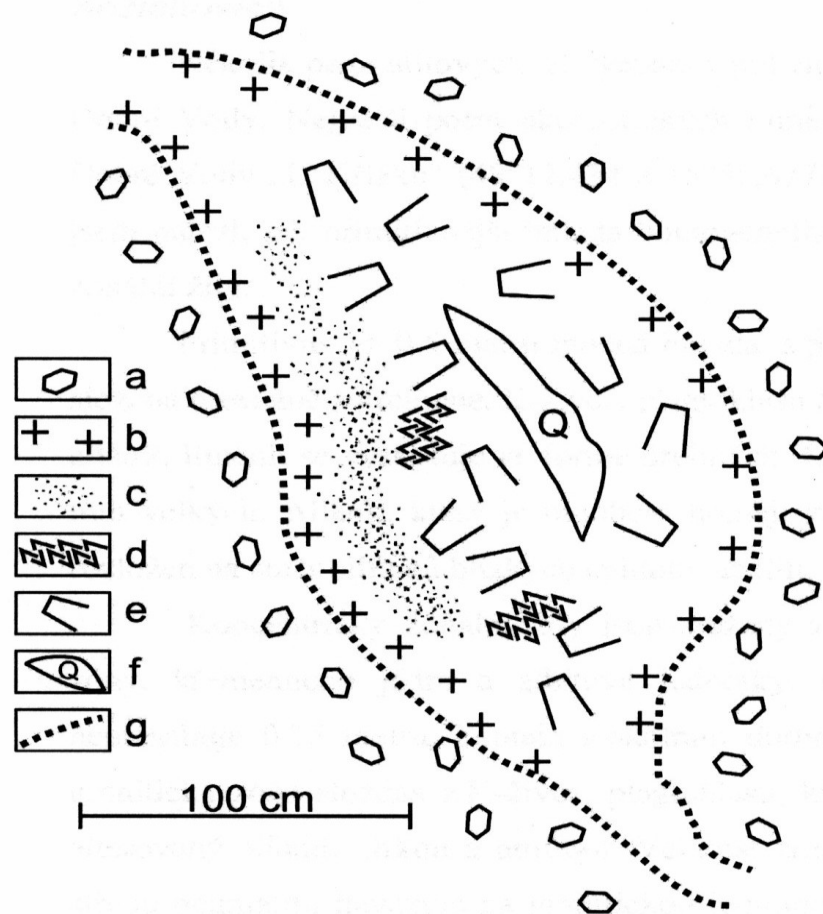
Bližná I (Novák et al. 1997)



Granitické pegmatity – stavba pegmatitových těles



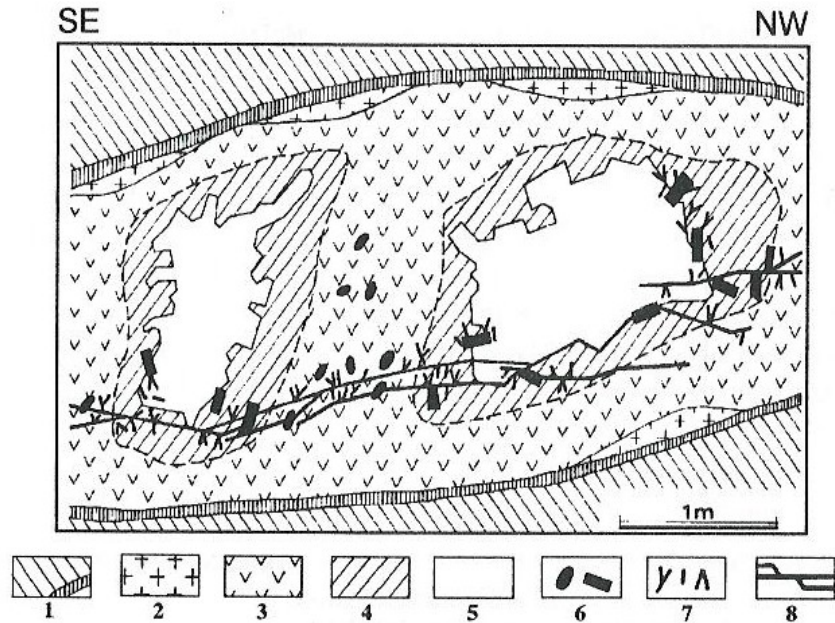
Drahonín, Černý (1956)



Vladislav, Škoda (2002)

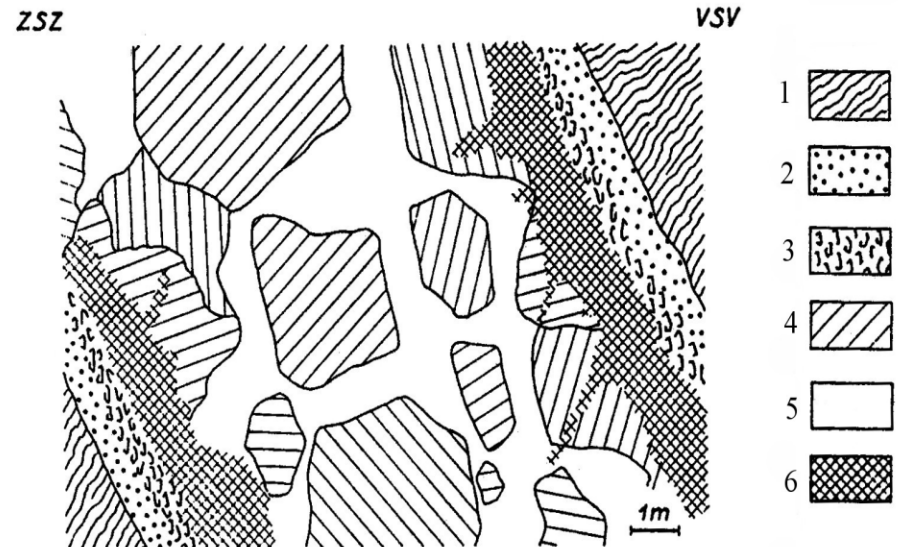
Granitické pegmatity – stavba pegmatitových těles

Věžná I, Černý (1965)



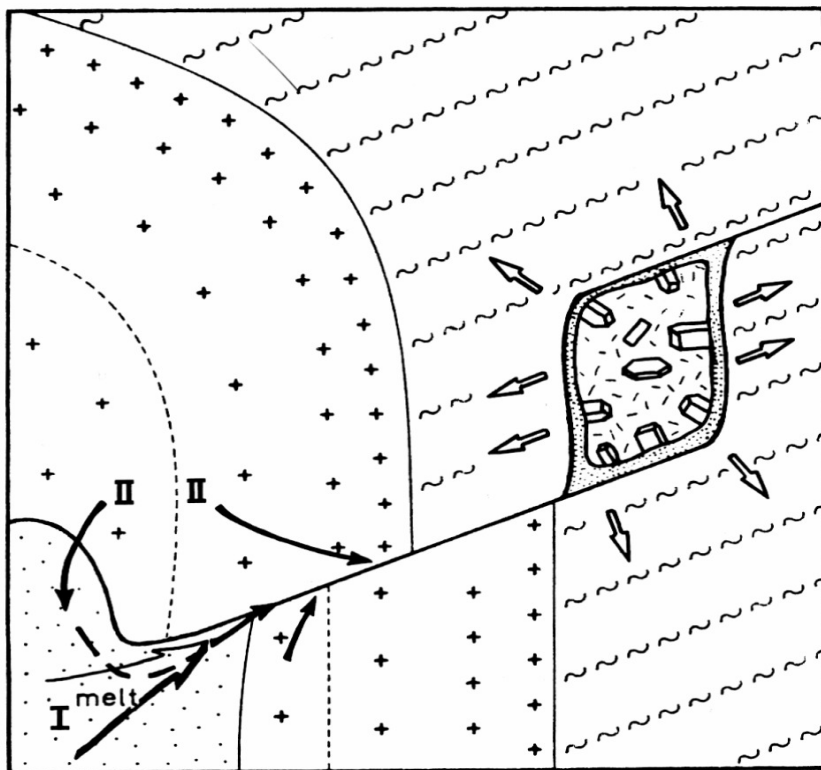
- 1 - serpentinite with anthophyllite, tremolite-actinolite and phlogopite rim
- 2 - granitic border zone
- 3 - graphic wall zone
- 4 - intermediate blocky zone
- 5 - quartz core
- 6 - graphic intergrowths of cordierite + quartz and tourmaline + quartz (ellipses) and anhedral to euhedral beryllian cordierite (rectangles)
- 7 - niobian rutile and beryl
- 8 - fractures

Figure 7 Subvertical section through a typical zoned segment of the Věžná I pegmatite (modified from Černý and Povondra 1967)

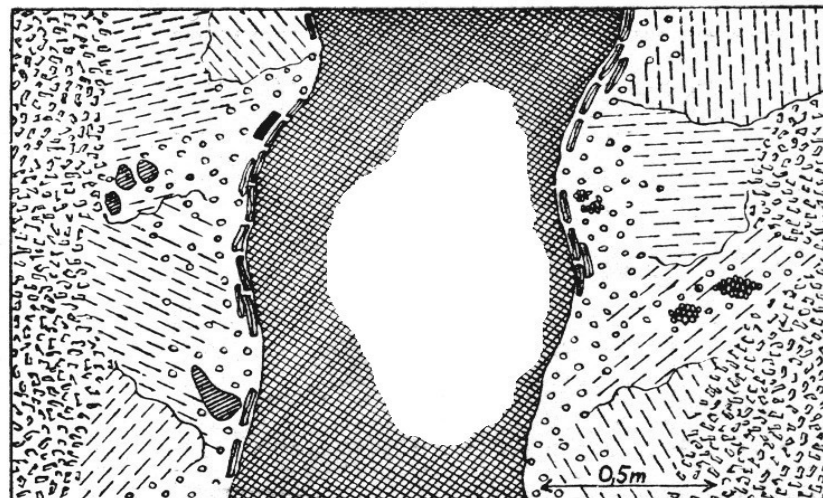


Dolní Bory, Staněk (1954)

Granitické pegmatity – stavba pegmatitových těles



Moeller (1989)



VSV		ZJZ	
	pís. pegmatit		K-živec
	muskovit		křemen
	cordierit		albit, zona
	biotit		turmalin

Dolní Bory, Staněk (1954)

Granitické pegmatity – stavba pegmatitových těles

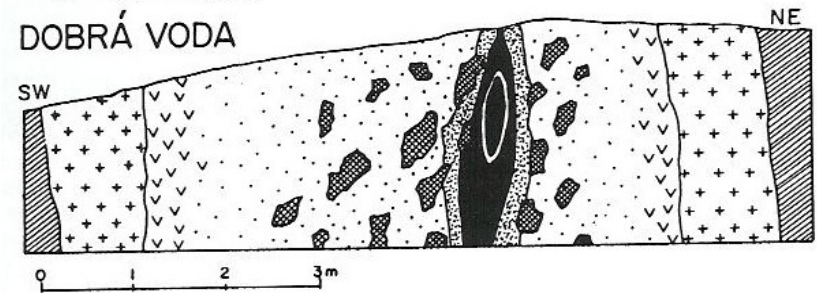
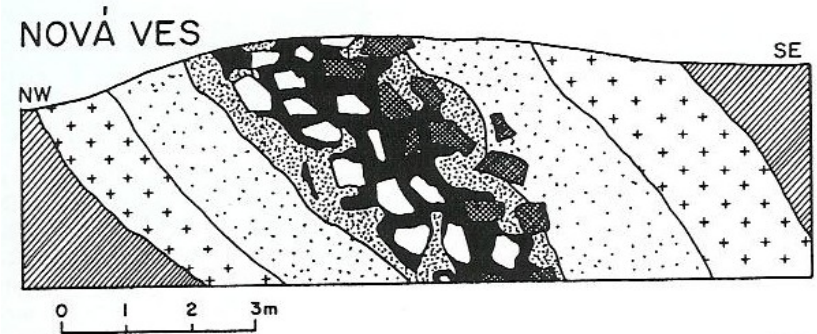
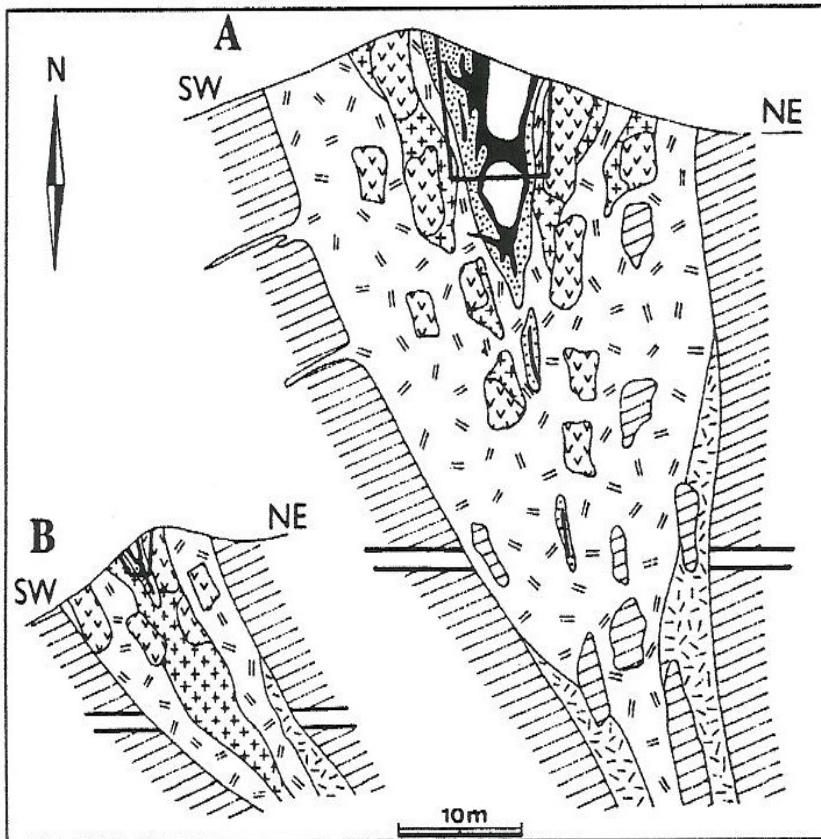
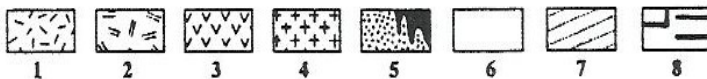


FIG. 2. Sections across the Nová Ves and Dobrá Voda pegmatites. Crosses: fine- to medium-grained granitic unit; check marks: graphic unit, open stipple: coarse-grained albite – quartz – tourmaline – mica unit, cross-hatched: blocky K-feldspar, white: blocky petalite, dense stipple pattern: albite-rich unit, black: lepidolite unit, subdivided into an outer and inner part at Dobrá Voda.

Nová Ves, Grym (1975)

Dobrá Voda (Staněk 1965)

Rožná, Sekanina (1946)



Granitické pegmatity – stavba pegmatitových těles

Maršíkov, Scheibengraben Novák et al. (2003)

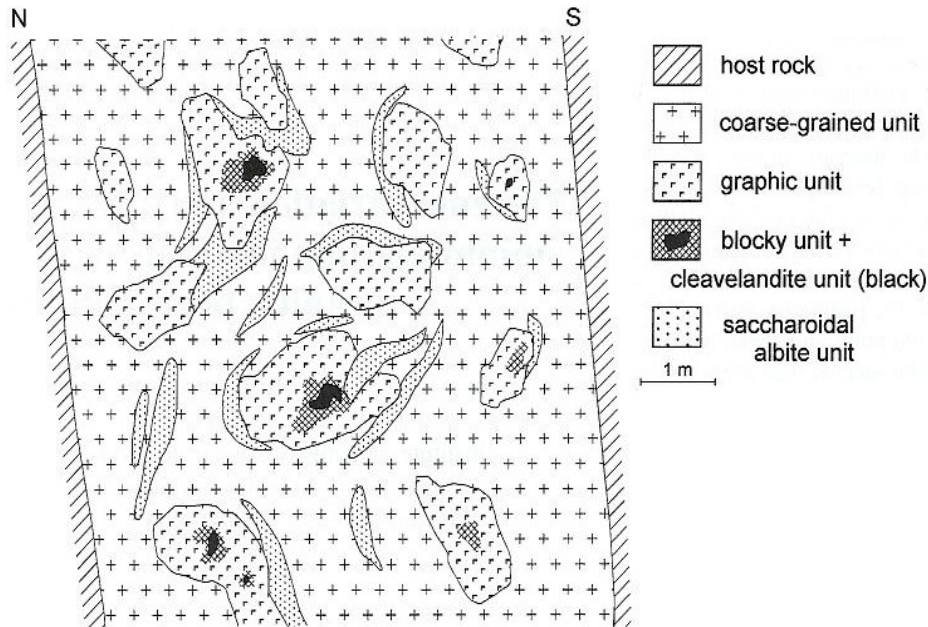
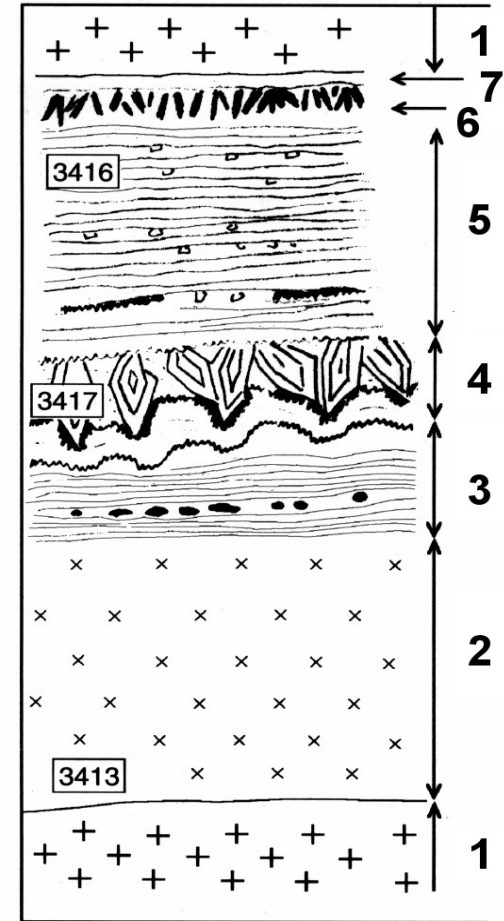


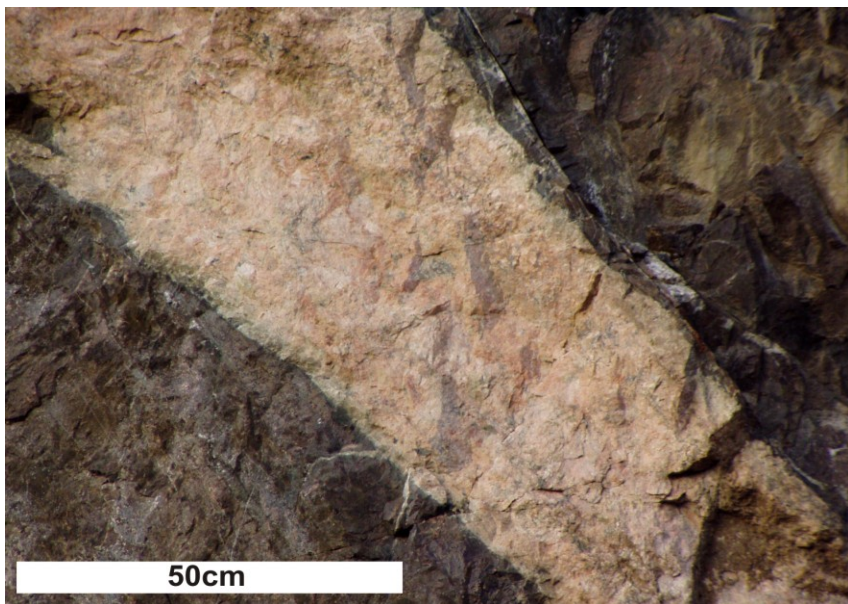
Fig. 2. Idealized cross-section through the Scheibengraben pegmatite.



Podlesí, Breiter (1998)

Granitické pegmatity – stavba pegmatitových těles

Vlastějovice



Strzegom

Granitické pegmatity – stavba pegmatitových těles

Strzegom



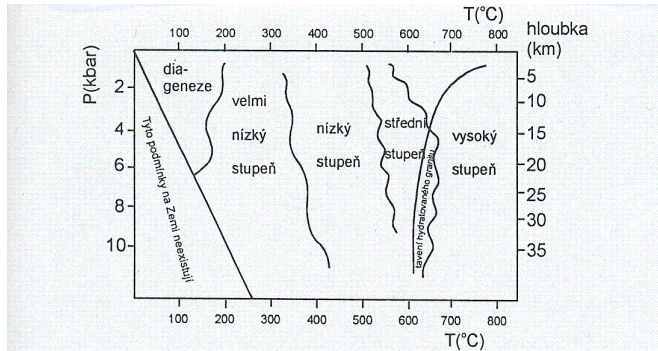
Granitické pegmatity

2. Procesy produkující granitické taveniny

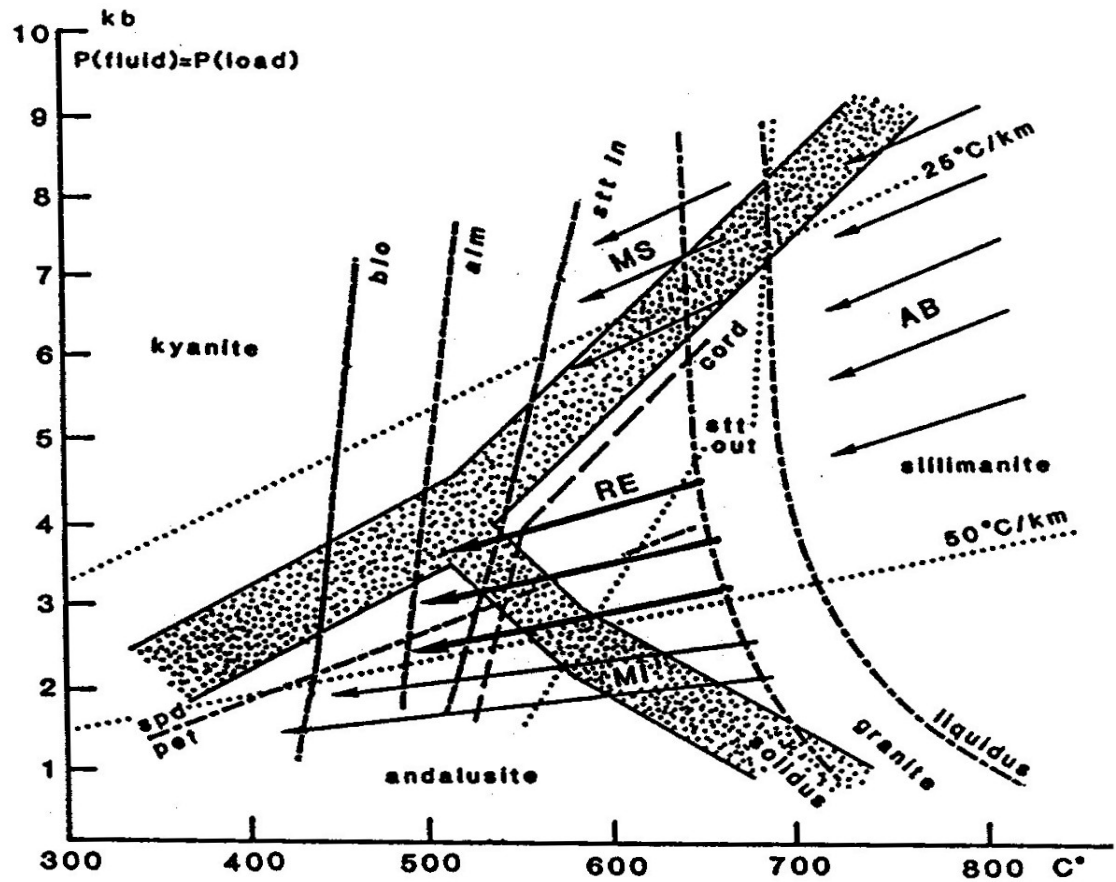
Podle původu taveniny můžeme pegmatity rozdělit do dvou hlavních skupin:

- (i) pegmatitová tavenina je produktem diferenciacce a frakcionace granitické taveniny (magmatogenní pegmatit). Svým vznikem i složením jsou magmatogenní pegmatity příbuzné pegmatoidním granitům, od nichž jsou často odvozeny, u nás např. Čertovy kameny u Jeseníku nebo Příbyslavice u Čáslavi, a dále vysokoteplotním žilným ložiskům Sn, popř. W a Mo a greisenům (např. amblygonitový žilník s kasiteritem z Vernéřova u Aše).
- (ii) pegmatitová tavenina je produktem natavení (metamorfogenní pegmatit) jiné horniny (hlavně metapelitů) a k procesům diferenciacce a frakcionace zde nedošlo vůbec nebo jen v malé míře. Některé metamorfogenní pegmatity jsou blízké metatektům v migmatitech (např. cordieritem bohaté hrubozrnné partie metatektu v Horních Borech) nebo i vysokoteplotní alpské paragenezi (např. primitivní „pegmatitové“ žíly s hojným křemenem, s andalusitem, turmalínem, chloritem, muskovitem a karbonáty z Horních Borů).

Granitické pegmatity



Obr. 1-1. Schematický PT (tlak, teplota) diagram s vyznačením polí pro stupně metamorfózy a diagenezi. V diagramu je také vyznačena křivka tavení hydratovaného granitu a pole podmínek, které na Zemi neexistují.



Černý (1991)

Granitické pegmatity – texturní diferenciaci

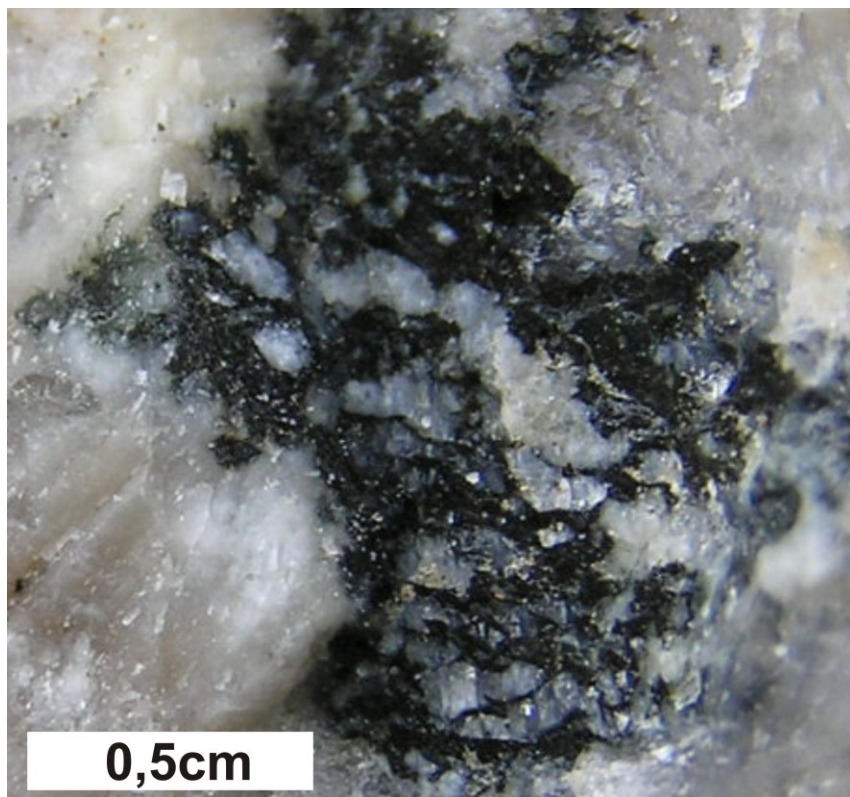
- 3. Procesy probíhají při vzniku pegmatitů
- Při vzniku pegmatitů se uplatňují dva hlavní procesy (lépe komplexy procesů): texturní diferenciaci (stavba, textury) a geochemická frakcionace (chemické složení)
- *Texturní diferenciaci* – typickým znakem většiny granitických pegmatitů (hlavně magmatogenních ale vzácně i metamorfogenních) je zonální stavba. Ta je produktem texturní diferenciaci, kdy během krystalizace vznikají postupně jednotlivé jednotky (zóny) s odlišnou texturou, velikostí zrna i mineralogickým (chemickým) složením. Tyto jednotky mohou tvořit jasně definovatelné a souvislé zóny (hlavně granitická jednotka nebo křemenné jádro) nebo jen nepravidelné partie i značných rozměrů (např. albitová nebo lepidolitová jednotka). Termín jednotka je obecnější než termín zóna, která nám už jasně definuje způsob vystupování v pegmatitovém tělese. Příkladem je zonálnost běžně vyvinutá od okraje do středu na pegmatitových žilách:

Granitické pegmatity – texturní diferenciacie

- **granitická zóna (velikost zrna ~ 0,1-2 cm, křemen + K-živce + kyselý plagioklas + biotit ± muskovit)**
 - **grafická zóna (velikost zrna ~ 0,5-5 cm, křemen + K-živce)**
 - **bloková zóna (velikost zrna až několik m, K-živce)**
 - **křemenné jádro.**
-
- **Ve více diferencovaných pegmatitech se objevují také**
 - **albitová jednotka jako jasně definovaná zóna nebo jen partie, ale někdy i značných rozměrů,**
 - **lepidolitová jednotka popř. blokový spodumen nebo blokový petalit většinou situované mezi blokovým K-živcem (zóna blokového K-živce) a křemenným jádrem.**

Granitické pegmatity – texturní diferenciacce

Grafické textury

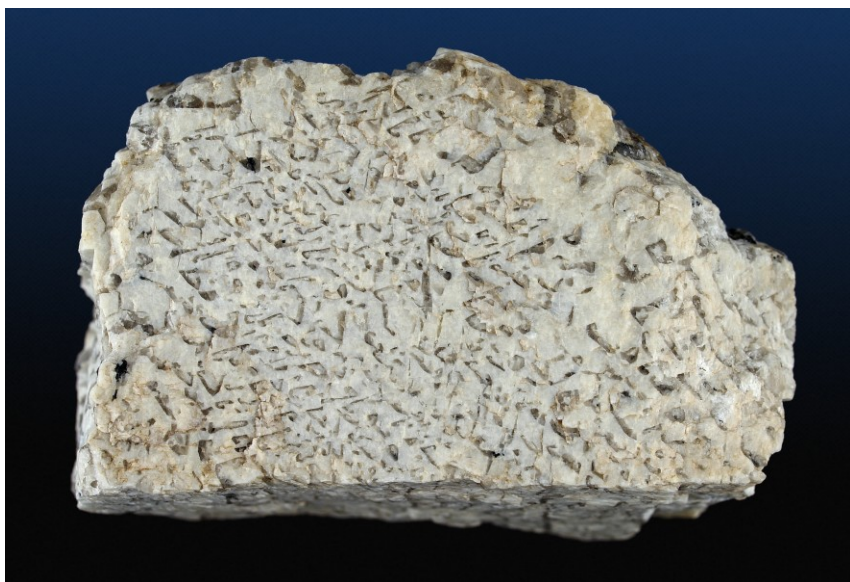


Turmalín+křemen Vlastějovice



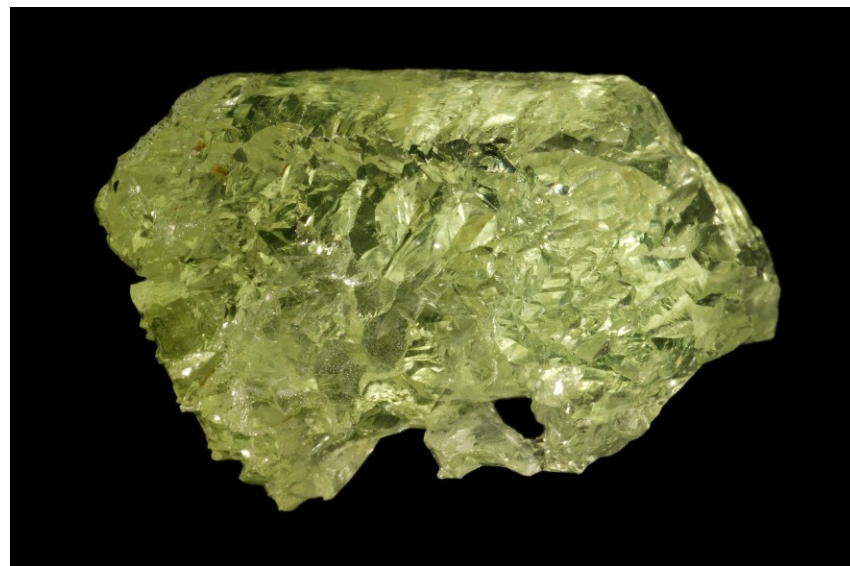
Spessartin+křemen Bližná II

Granitické pegmatity – texturní diferenciacce



Grafický pegmatit, Písek

Krystal berylu, Písek



Granitické pegmatity – texturní diferenciace



Obrovské krystaly turmalínu,
Aqua Santa, Brazílie



Obrovský krystal berylu (asi 3 m),
Assuncao, Portugalsko

Granitické pegmatity – texturní diferenciacce



Andalusit Dolní Bory



K-živec Vlastějovice

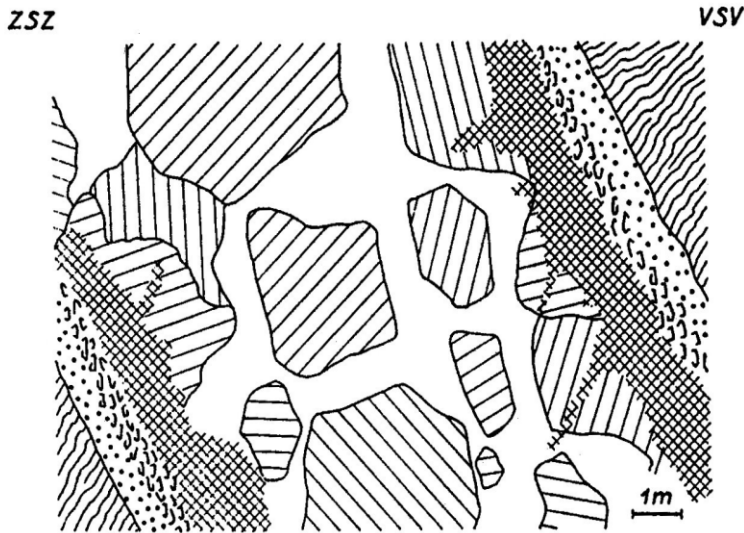
Granitické pegmatity – texturní diferenciacie

Blokový K-živec a petalit
Cova Barroso

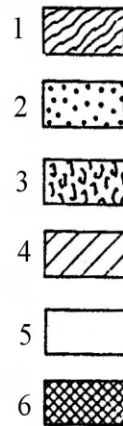


Krystal elbaitu do dutiny, Pakistan

Granitické pegmatity – texturní diferenciacie



Dolní Bory,
Staněk (1954)



Maršíkov, Scheibengraben
Novák et al. (2003)

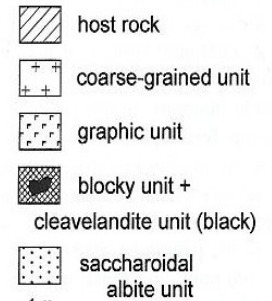
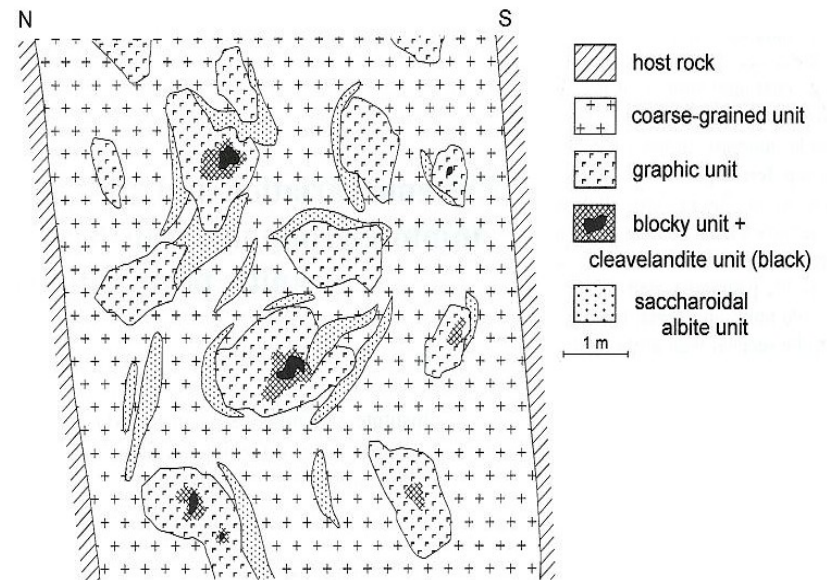


Fig. 2. Idealized cross-section through the Scheibengraben pegmatite.

Granitické pegmatity – geochemická frakcionace

Geochemická frakcionace – během frakční krystalizace v taveninách dochází ke koncentraci některých prvků (bývají označovány jako inkompatibilní) v závěrečných fázích krystalizace. Tento vývoj lze velmi dobře dokumentovat poměry vybraných prvků, např. K/Rb, K/Cs, Fe/Mn, Mg/Fe, Al/Ga, Zr/Hf, Nb/Ta a řada dalších, které se s nárůstem frakcionace snižují, (často se používají také jiné poměry Ta/(Ta+Nb), Mn/(Mn+Fe) aj.), a dále také zvýšenou koncentrací některých prvků, např. Li, Be, Sn, Ta, Rb a Cs. Stupeň frakcionace se odráží jak ve vzniku nových fází, např. Be-minerálů (beryl, hambergit, fenakit aj.), Li-minerálů (trifylín, lepidolit, petalit, spodumen, elbait, amblygonit-montebrazit), Cs-minerálů (polucit), tak ve změně chemického složení u jednotlivých skupin minerálů s nárůstem stupně frakcionace,

Granitické pegmatity – geochemická frakcionace

slídy: biotit → muskovit → trilithionit → polyolithionit,

granáty: almandin → spessartin,

**columbit-tantalit: ferrocolumbit → manganocolumbit →
manganotantalit,**

turmalíny: dravit → skoryl (foitit) → elbait → rossmanit.

- **Právě v granitických pegmatitech (magmatogenních) byly popsány nejvyšší stupně frakcionace v magmatických horninách a také výrazný nárůst frakcionace v měřítku několika m (v rámci pegmatitového tělesa) nebo jen několika mm (v rámci jednoho zrna).**

Granitické pegmatity – geochemická frakcionace

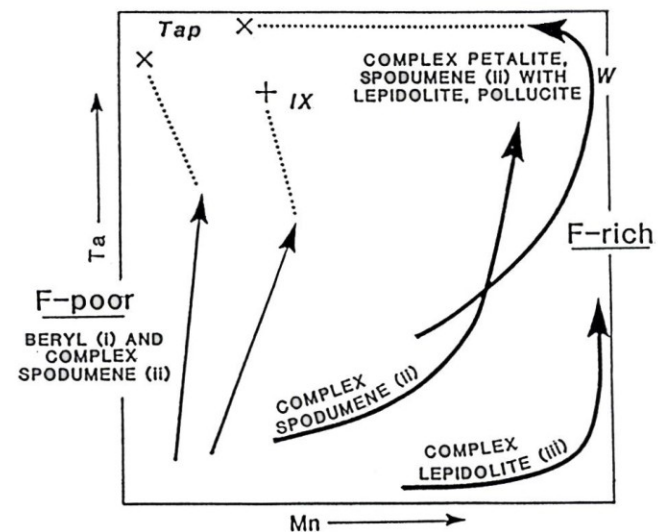
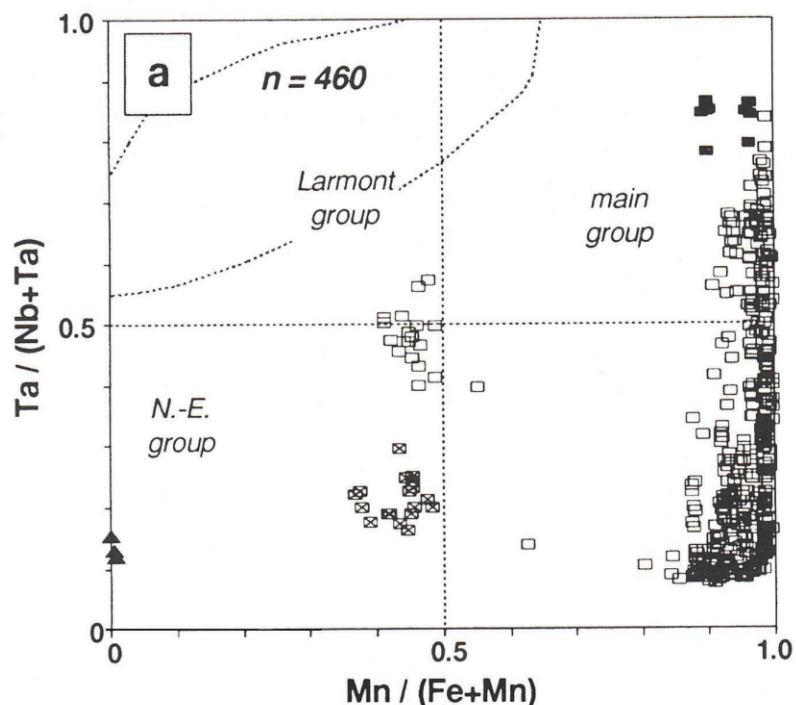
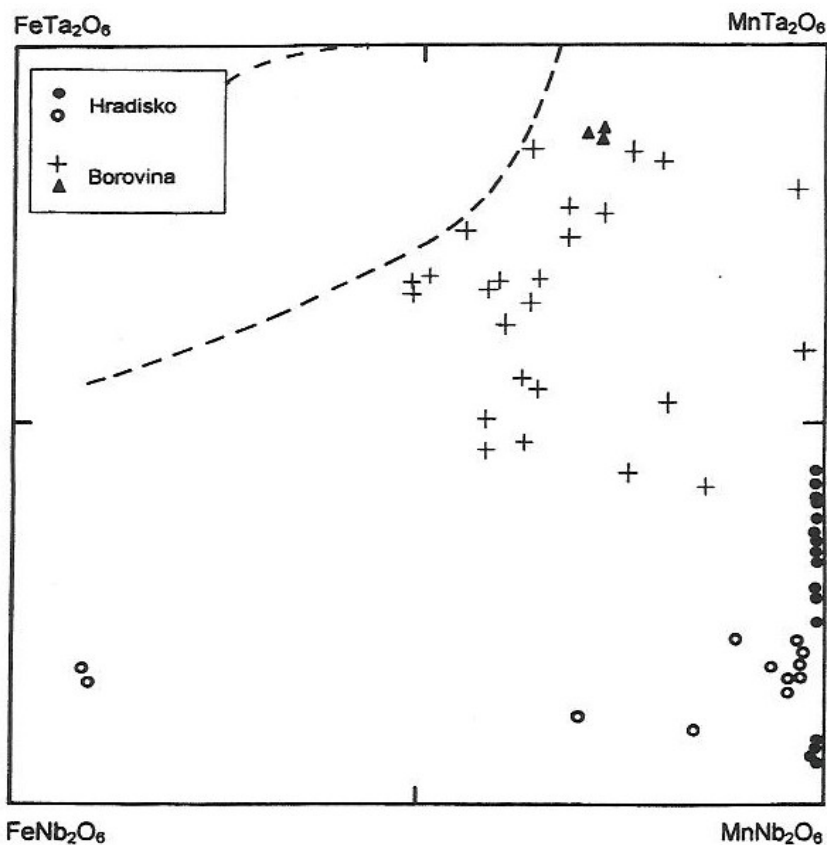
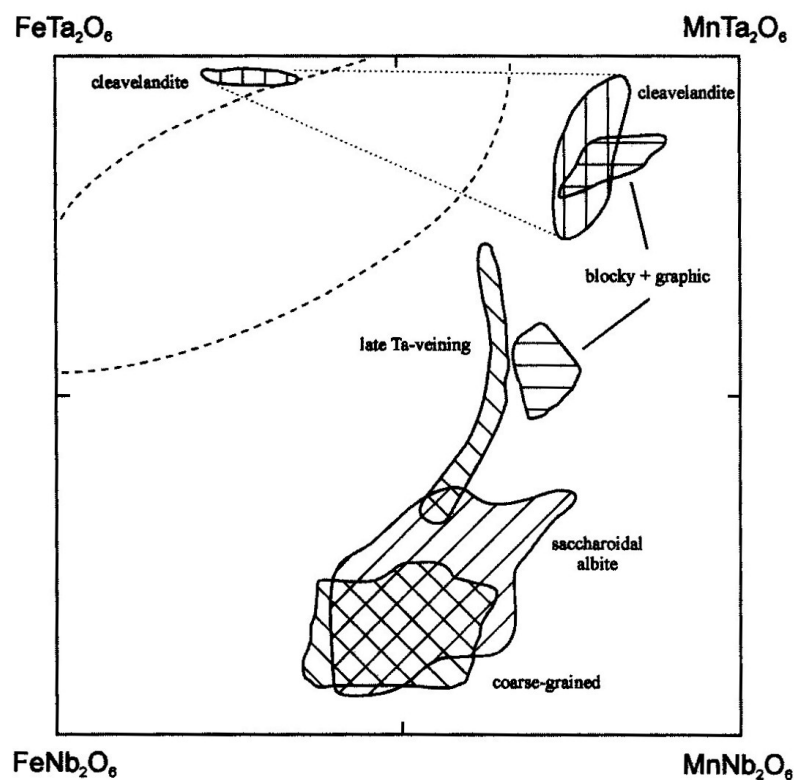


Fig. 18 General fractionation trends of columbite-tantalite and related phases in the columbite quadrilateral (atomic ratios). Tap - tantalite; IX - ixiolite; W - wodginite. Mineral assemblages and compositions are distinctly influenced by the activity of fluorine. Based on data of Černý and Ercit (1985 and unpublished).

Granitické pegmatity – geochemická frakcionace

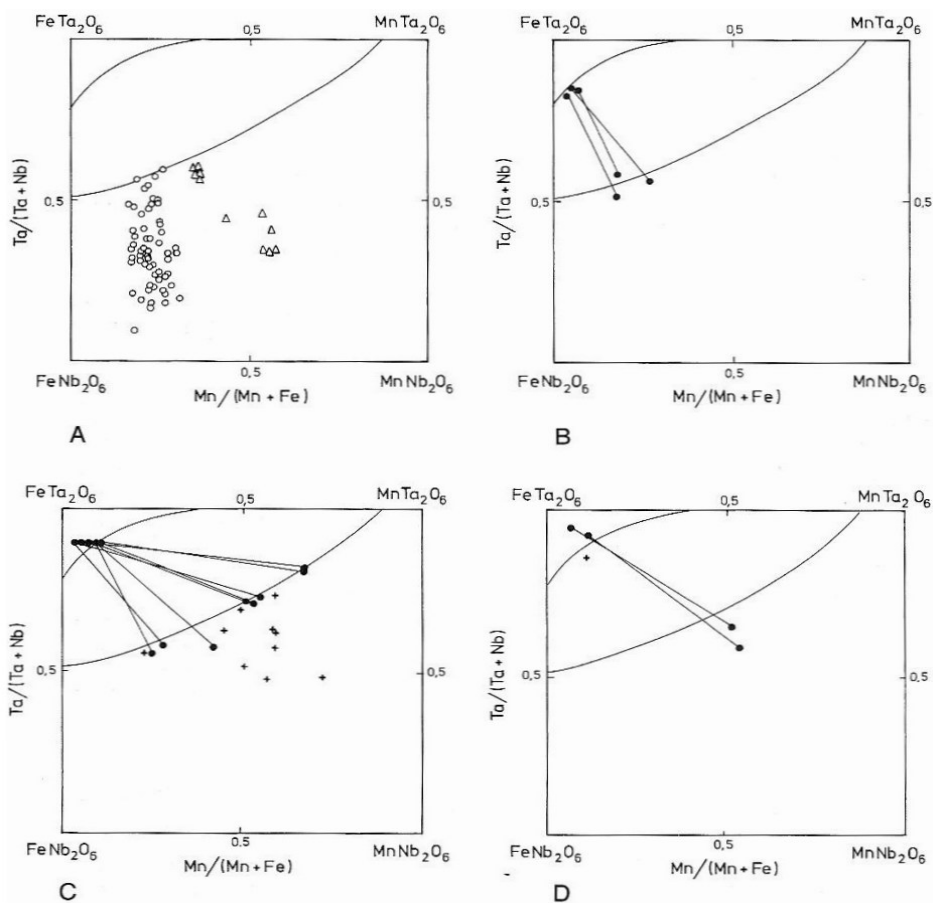


Rožná, Novák a Černý (2000)



Maršíkov, Scheibengraben
Novák et al. (2003)

Granitické pegmatity – geochemická frakcionace



Moravany nad Váhom, Novák et al. (2000)

Granitické pegmatity – geochemická frakcionace

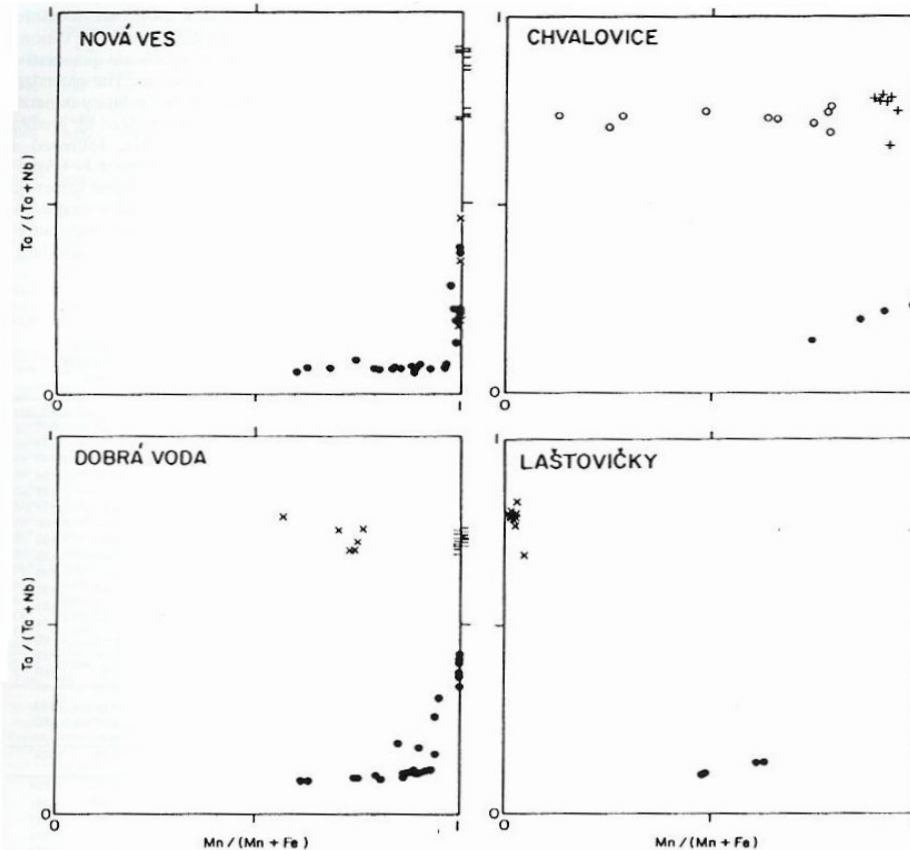
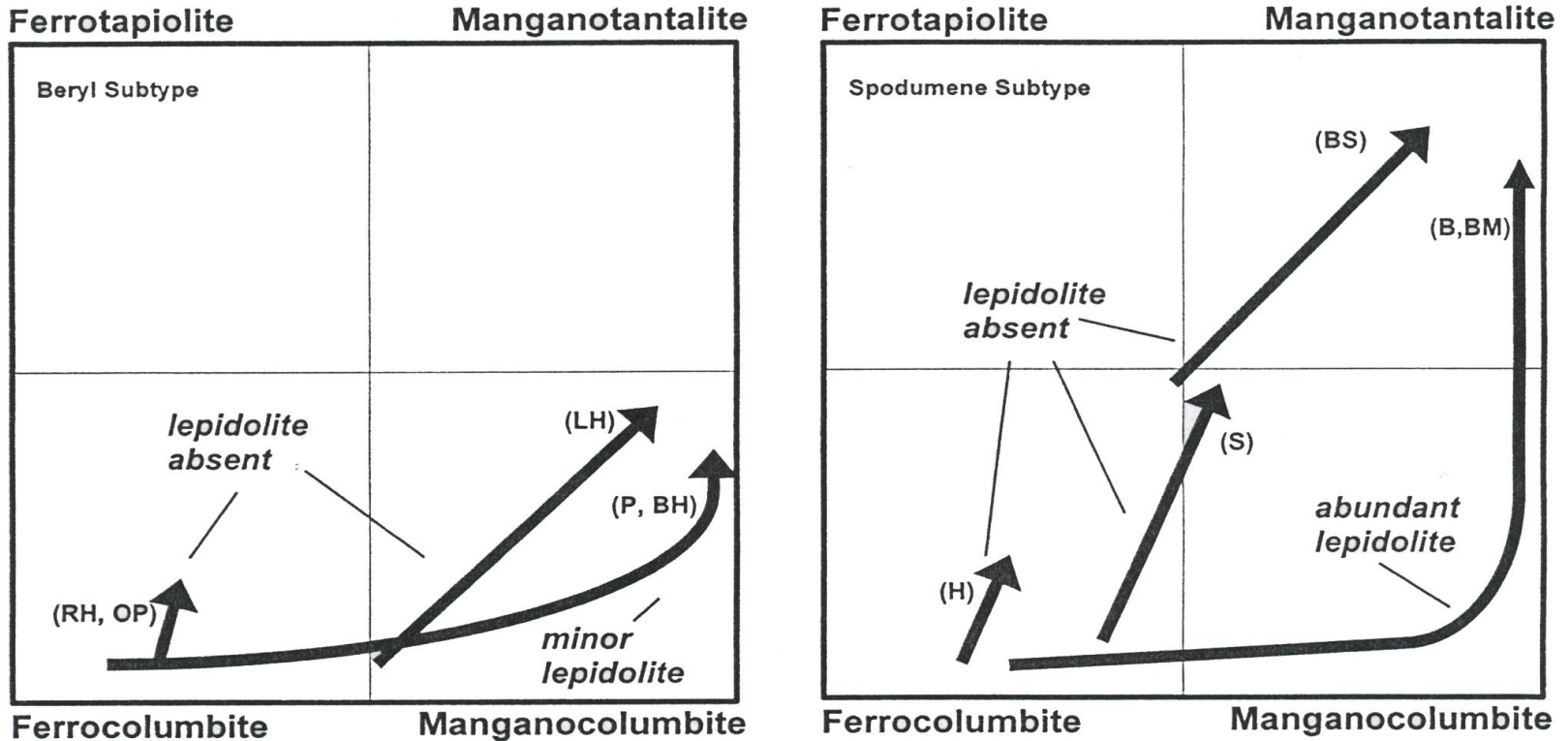


Fig. 4. Compositions of primary and secondary Nb,Ta-oxide minerals in the columbite quadrilateral. Horizontal dashes along the manganous side of the diagram mark only the Ta/(Ta + Nb) value, and are not related to the Mn/(Mn + Fe) scale. Symbols: ● primary columbite-tantalite, ○ secondary manganotantalite to ferrotantalite, × secondary manganocolumbite – manganotantalite (secondary ferrotapiolite at Laštovičky), + secondary manganotantalite, † primary stibiotantalite (primary microlite at Nová Ves, primary rhyersonite at Chvalovice), † secondary microlite (stibiomicrolite at Laštovičky).

Novák a Černý (1998)

Granitické pegmatity – geochemická frakcionace



Maine, Wise et al. (2004)

Granitické pegmatity – geochemická frakcionace

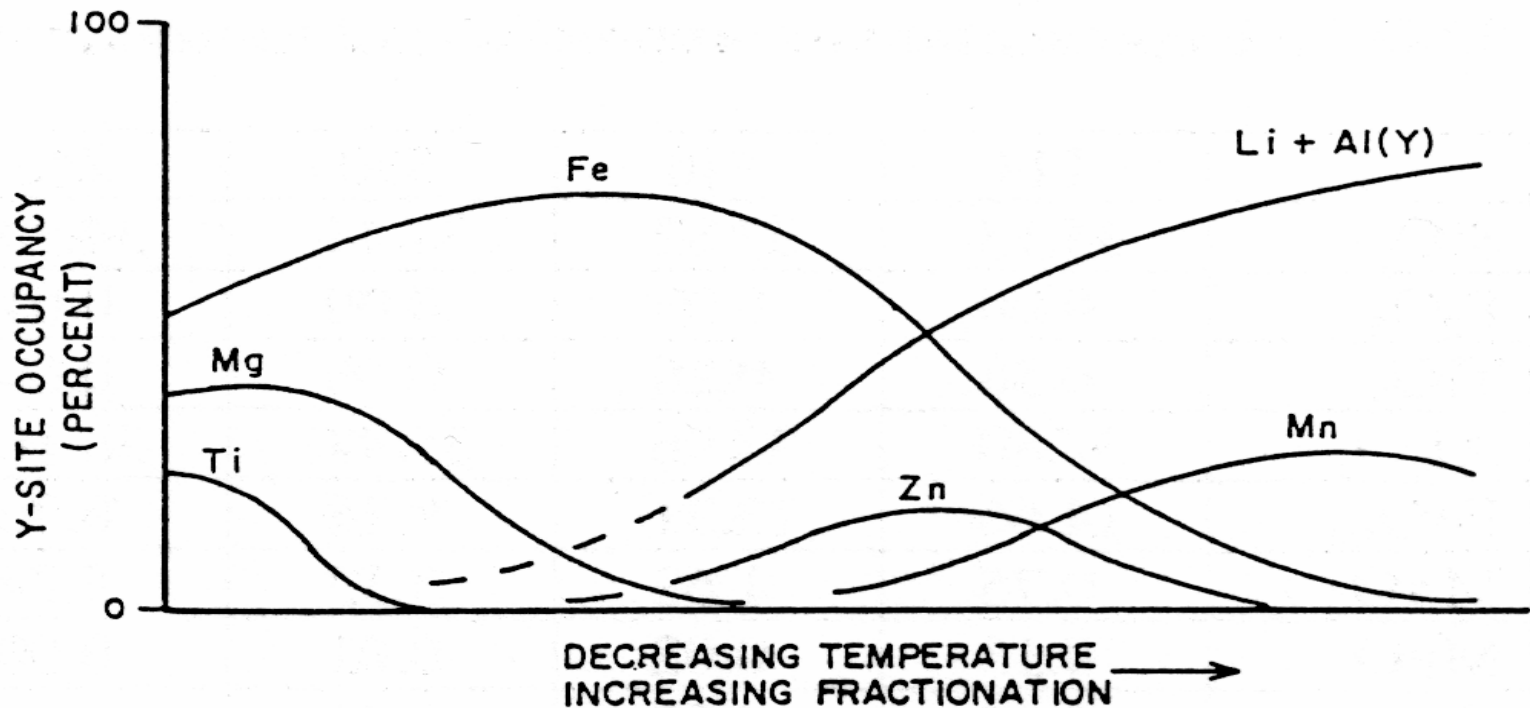


Fig. 6. Schematic illustration of ideal covariation of Y-site cations of tourmaline in response to decreasing temperature and increasing fractionation of melt (Jolliff *et al.* 1986).

Granitické pegmatity – geochemická frakcionace

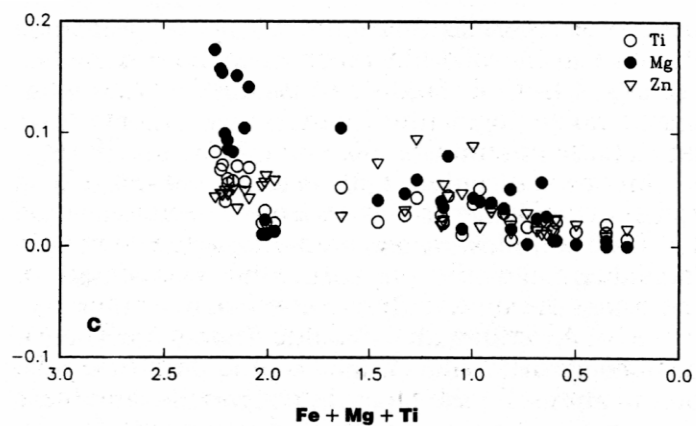
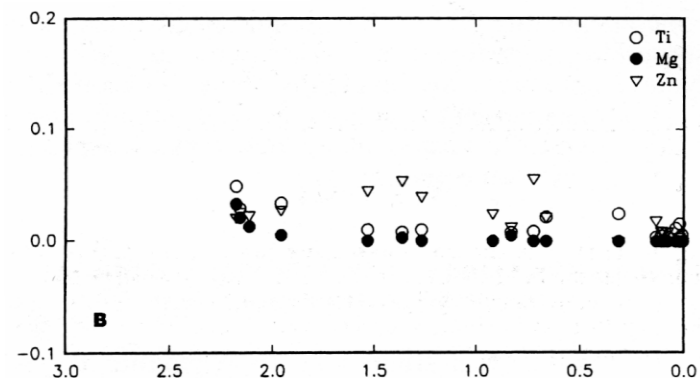
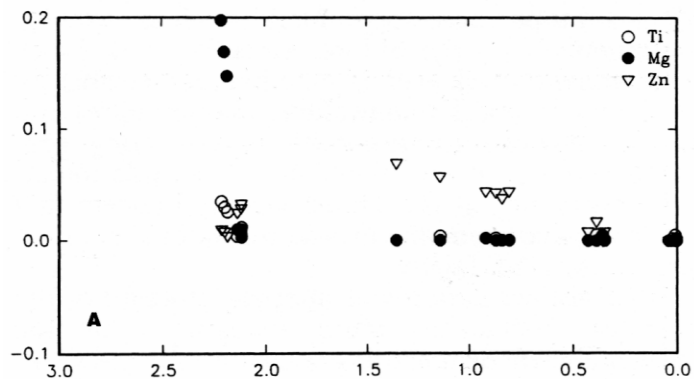


Fig. 2. Variation in concentrations of Ti, Mg and Zn per formula unit versus the FMT index. A - Lastovičky, B - Pikárec, C - Kravice.

Granitické pegmatity – geochemická frakcionace

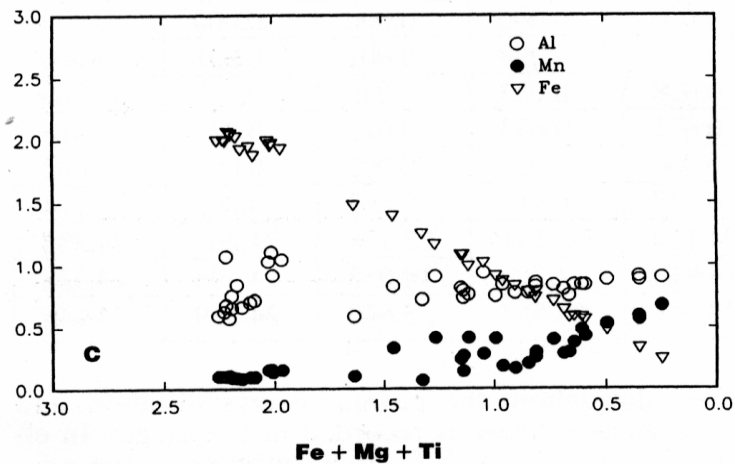
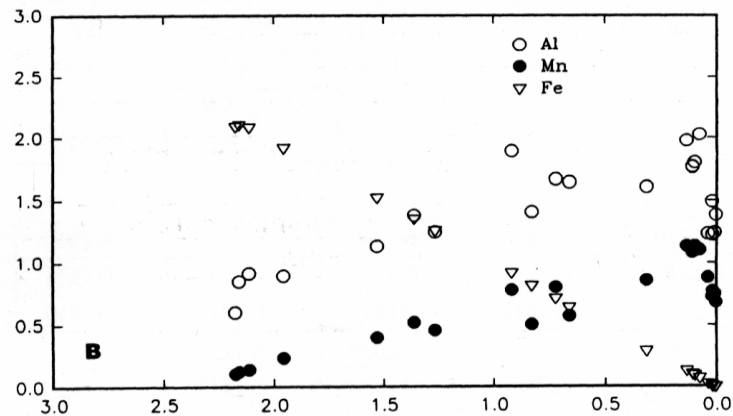
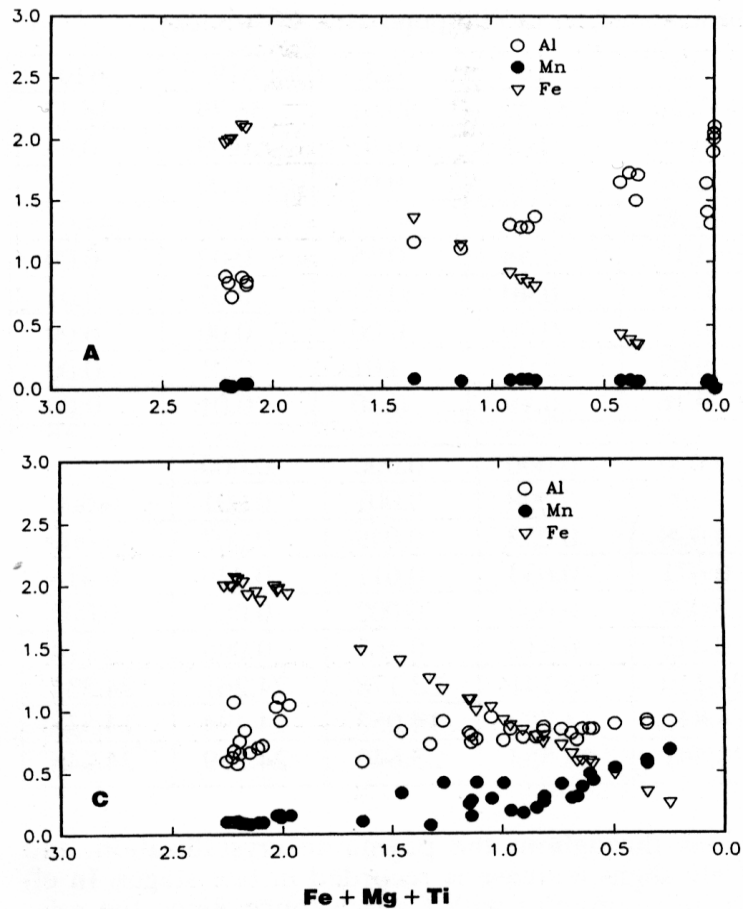


Fig. 3. Variation in concentrations of Fe, Mn, and Al per formula unit versus the FMT index. The same localities as in Fig. 2. Triangles (Fe) below imaginary line connecting sum $(\text{Fe} + \text{Mg} + \text{Ti}) = 0$ and sum Y-cations = 3 indicate Mg and Ti amount, increased particularly in early stages.

Granitické pegmatity – geochemická frakcionace

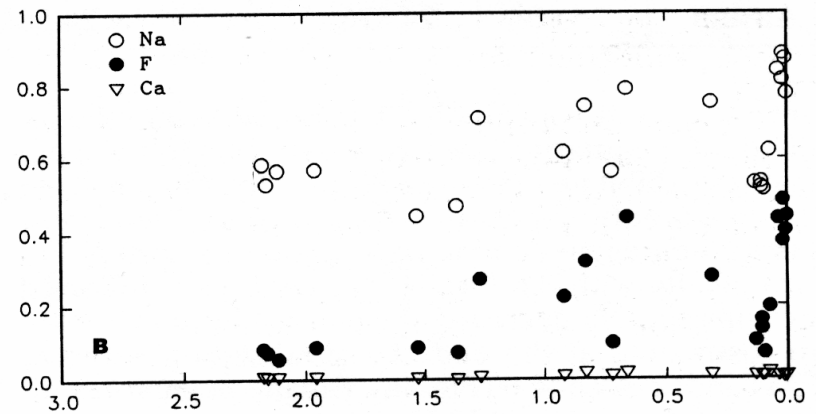
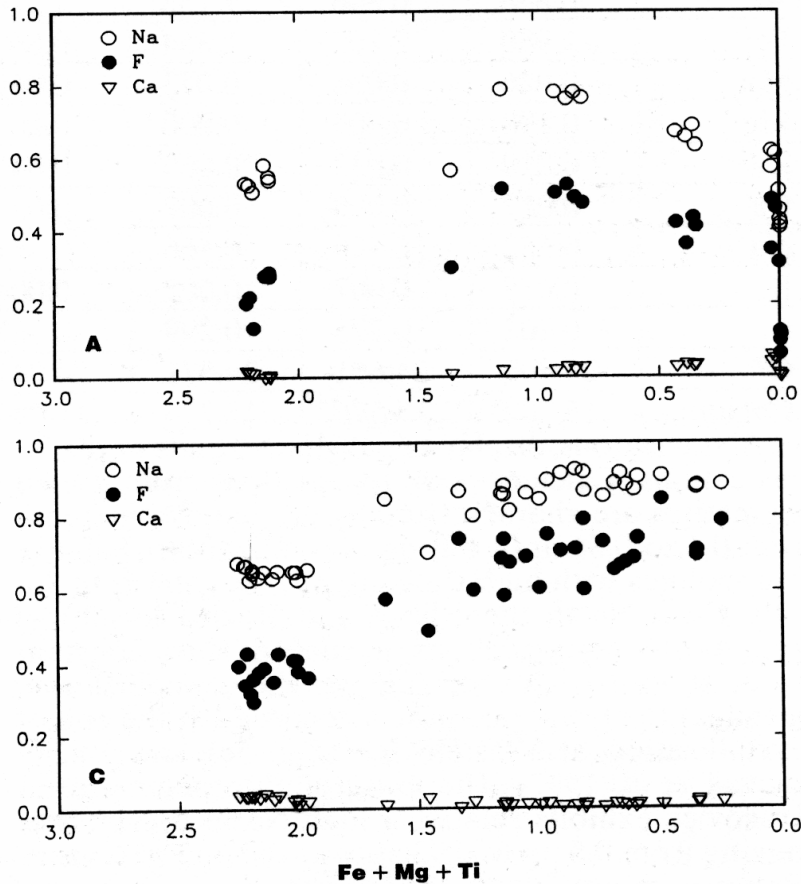
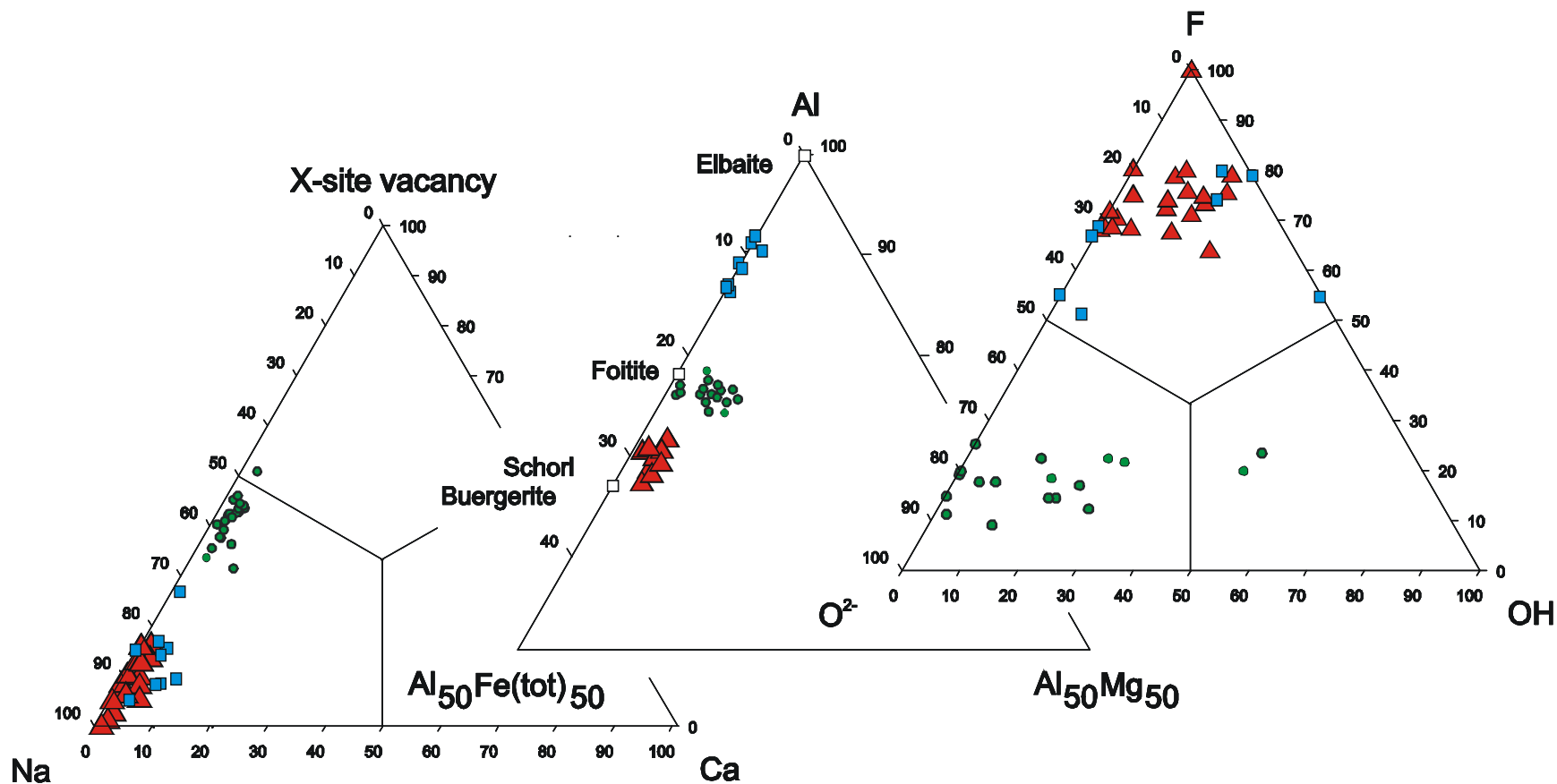


Fig. 4. Variation in concentrations of Na, Ca and F per formula unit versus the FMT index. The same localities as in Fig. 2.

Granitické pegmatity – geochemická frakcionace



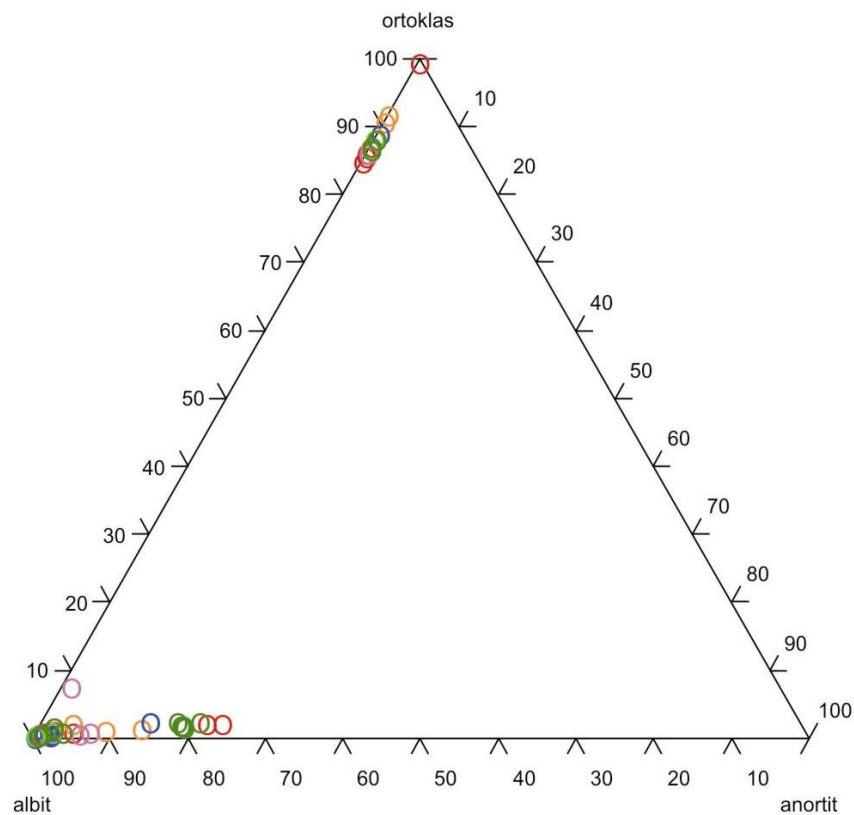
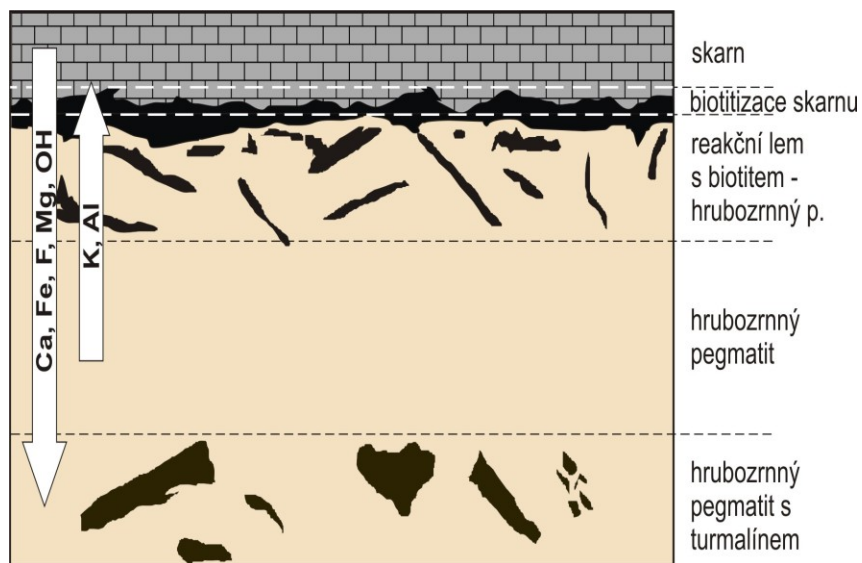
Granitické pegmatity - kontaminace

Dalšími procesy (lépe komplexy procesů) probíhajícími ve větší či menší míře v granitických pegmatitech jsou také kontaminace a desilikace.

Kontaminace – proces, při němž dochází k přínosu látek z okolních hornin do pegmatitu. Charakterickým rysem je přítomnost takových chemických látek, resp. minerálů, které tyto látky obsahují a které nemohou být produktem běžné frakcionace granitické taveniny. Typickým příkladem jsou např. pegmatity pronikající serpentinity, které jsou obohaceny Mg (obsahují např. hojný cordierit, dravit nebo biotit bohatý Mg), nebo pegmatity pronikající Fe-skarny, které jsou obohaceny Fe (obsahují Fe-bohaté amfiboly a pyroxeny nebo epidot). Vlastní proces kontaminace je ale jen velmi málo prozkoumaný. Nevíme přesně, ve kterých fázích vývoje pegmatitu a jakými mechanismy dochází ke kontaminaci. Protože se ukazuje, že hlavní část krystalizace více frakcionovaných granitických pegmatitů probíhá v uzavřeném nebo téměř uzavřeném systému, zdá se, že ke kontaminaci dochází především během pohybu pegmatitové taveniny od zdroje na místo krystalizace a/nebo okamžitě po vmístění taveniny do hostitelské horniny. Jakmile vznikne okrajová pegmatitová zóna, proces kontaminace se zastaví zhruba až do konce primární krystalizace z taveniny, potom se systém znovu otevře přínosu látek.

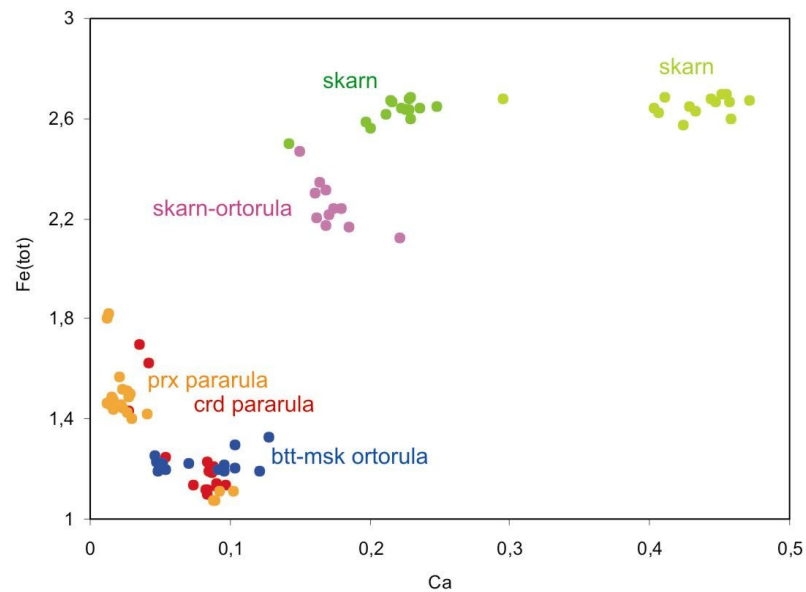
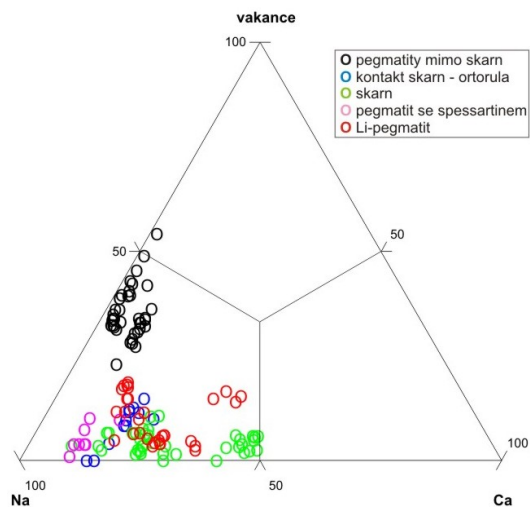
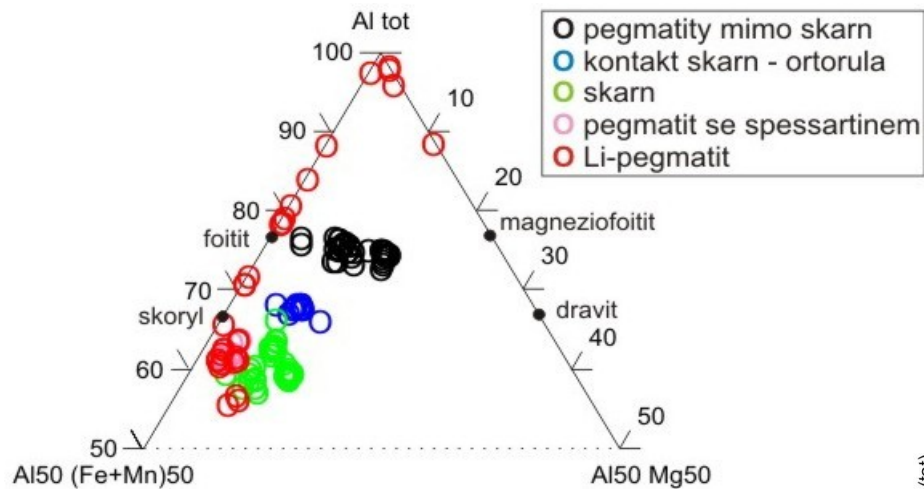
Granitické pegmatity - kontaminace

Vlastějovice



Granitické pegmatity – kontaminace

Vlastějovice



Granitické pegmatity – kontaminace

Bližná I a II

