

Struktura přednášky

Úvod - REE

Monazit LREEPO_4 - monoklinický

- Krystalochemie monazitu
- Přepočítání chemických analýz monazitu a grafické zpracování
- CHIME datování monazitu
- Monazit v magmatických horninách
- Monazit v metamorfovaných horninách
- Monazit v sedimentárních horninách

Rhabdofán $\text{LREEPO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ - hexagonální

Allanit - monoklinický

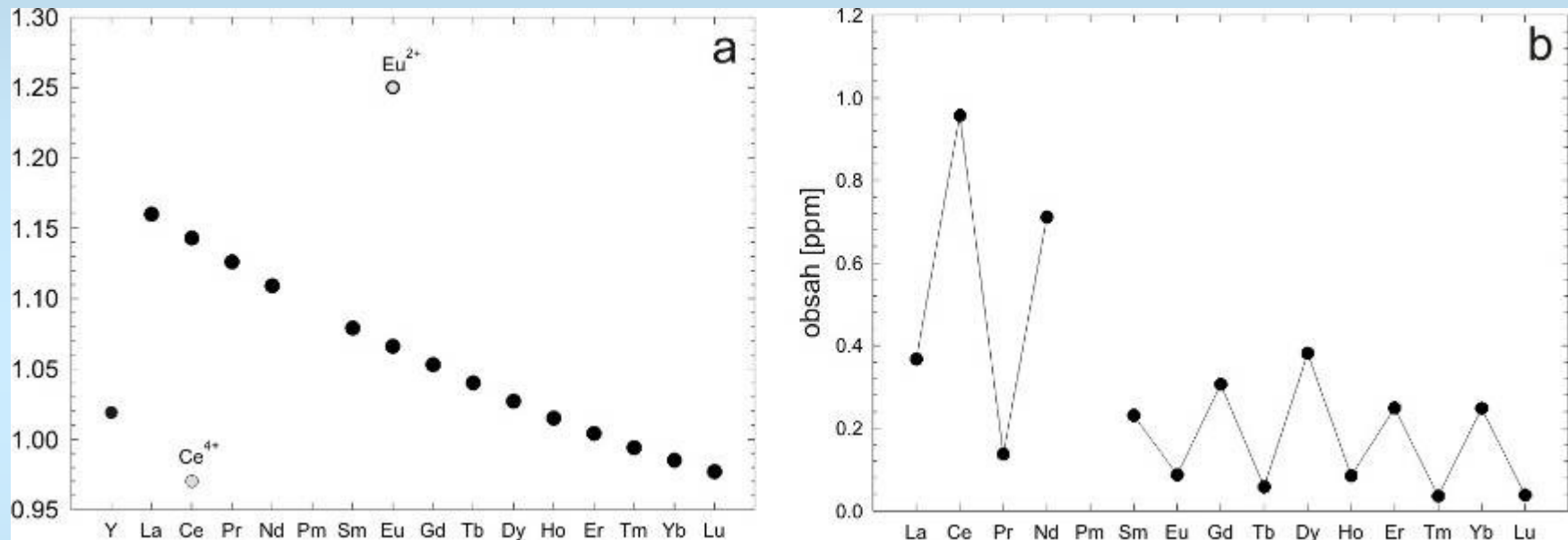
- Krystalochemie a vlastnosti allanitu

Prvky vzácných zemin - REE

- Lanthanoidy - prvky vzácných zemin (REE, Rare Earth Elements) jsou geochemicky významnou skupinou prvků.
- „Pravé“ vzácné zeminy - Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb a Lu
- K „pravým“ vzácným zeminám jsou často vzhledem ke svým podobným chemickým vlastnostem a podobné elektronové konfiguraci (s výjimkou 4f slupek) přiřazovány také La, Y a někdy i Sc
- V odborné geologické literatuře termín REE obvykle zahrnuje lanthanoidy společně s La.
- Převažující valence REE je Ln^{3+} , ovšem Ce a Eu se vyskytují i v oxidačním stavu Ce^{4+} a Eu^{2+}
- Poměr $\text{Ce}^{4+}/\text{Ce}^{3+}$ a $\text{Eu}^{2+}/\text{Eu}^{3+}$ závisí na oxidačně-redukčním potenciálu prostředí
- Rozměry a náboj umožňují Eu^{2+} vstup do struktury plagioklasu, jenž lze vyjádřit homovalentní substitucí $\text{Eu}^{2+}(\text{Ca}^{2+})_{-1}$
- Při analýze celkového složení horniny se toto chování projeví jako negativní/pozitivní europiová anomálie
- Velikost Ce^{4+} je blízká Lu, což způsobuje vstup Ce^{4+} do minerálů upřednostňujících HREE - např. v zirkonu, jehož struktura preferuje vstup HREE a Y, může projevit pozitivní cerová anomálie

Prvky vzácných zemin - REE

Na základě rostoucí atomové hmotnosti se REE obvykle dělí na 2 skupiny (LREE La-Gd a HREE Tb-Lu) nebo na 3 skupiny (LREE La-Nd, MREE Sm-Ho a HREE Er-Lu) Henderson (1996).



Iontový poloměr plynule klesá od La^{3+} k Lu^{3+} (a), tzv. lanthanoidová kontrakce. Iontový poloměr Y^{3+} dosahuje největší shody s Ho^{3+} a Dy^{3+} .

Oscilace koncentrací jednotlivých vzácných zemin (b) vysvětluje Oddo-Harkinsonův efekt, tj. větší produkce a stabilita prvků se sudým atomovým číslem při nukleosyntéze. Abychom odstranili vliv tohoto jevu a zpřehlednili grafické výstupy, provádíme normalizaci obsahů REE chondritem.

Prvky vzácných zemin - REE

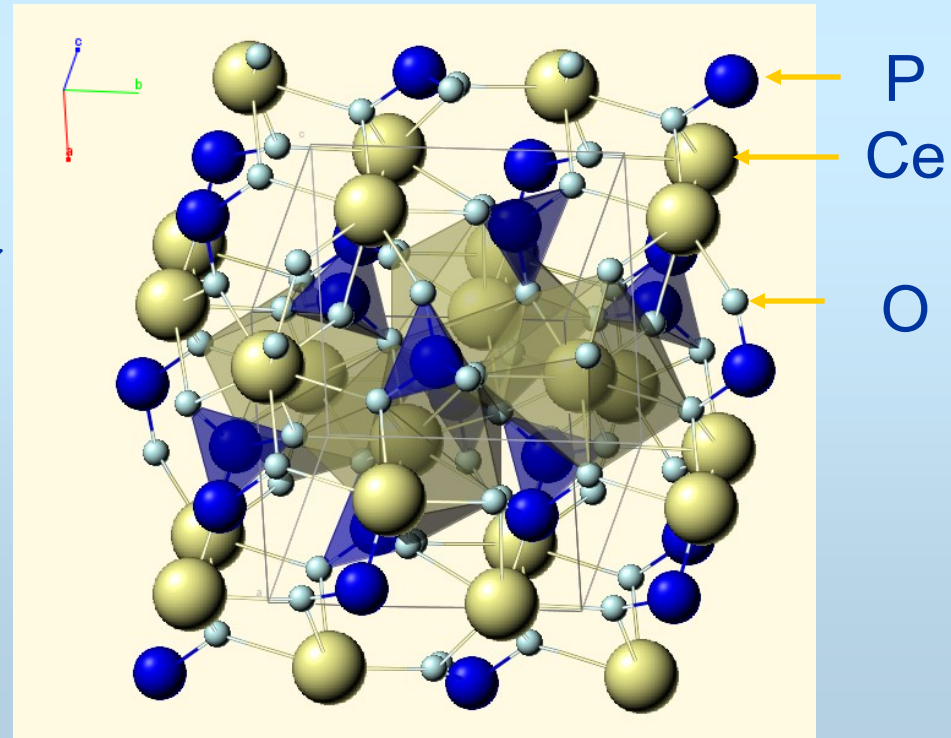
- Hlavní faktor určující chemické vlastnosti všech prvků je jejich elektronová konfigurace. Obsazování vnitřních orbitalů namísto vnějších způsobuje značnou uniformitu v chování REE.
- Rozdělení prvků mezi jednotlivé koexistující minerály je především funkcí iontového poloměru.
- Množství, které do minerálu vstoupí, závisí na míře shody velikosti daného iontu s velikostí koordinačního polyedru ve struktuře minerálu.
- Na základě strukturních vlastností některé minerály preferují vstup LREE (monazit-(Ce), allanit-(Ce)),
MREE (apatit, titanit)
HREE (xenotim-(Y), fergusonit-(Y)).
- Vzhledem k mnohem vyšším obsahům Y než MREE a HREE v korových horninách je Y u minerálů preferujících MREE a HREE téměř vždy převažující prvek (Gramaccioli et al. 1999).

Monazit - proč je monazit intenzivně studovaný?

- Monazit je jedním z hlavních nositelů LREE v kontinentální kůře
- Je to běžný akcesorický minerál v kyselých magmatických horninách (S-typové granity), v metamorfovaných horninách, i jako detritický v sedimentárních horninách
- Možnost datování monazitu - CHIME - relativně rychlé a levné
- Možné využití keramiky s monazitovou strukturou pro uložení radioaktivního odpadu

Struktura monazitu

- **monazit** - monoklinický fosfát LREE
- strukturní vzorec **LREEPO₄**
- V přírodě jsou známé monazity s dominancí La, Ce, Nd a Sm, přičemž nejhojnější je monazit-(Ce)
- Ve struktuře se střídají izolované **tetraedry PO₄** propojené přes **polyedry REE₉**. Atomy kyslíku jsou koordinovány dvěma atomy REE a jedním atomem P (Ni et al. 1995).
- Krystalochemické vlastnosti monazitu jsou v posledních letech intenzívně studovány, vzhledem k možnému využití keramiky s monazitovou strukturou pro uložení radioaktivního odpadu Krauskopf 1986, Boatner a Sales 1988



Struktura monazitu

- Struktura monazitu upřednostňuje vstup větších REE (La-Gd), naopak xenotim s tetragonální strukturou zirkonového typu upřednostňuje vstup menších REE (Tb-Lu, + Y)

Monazit

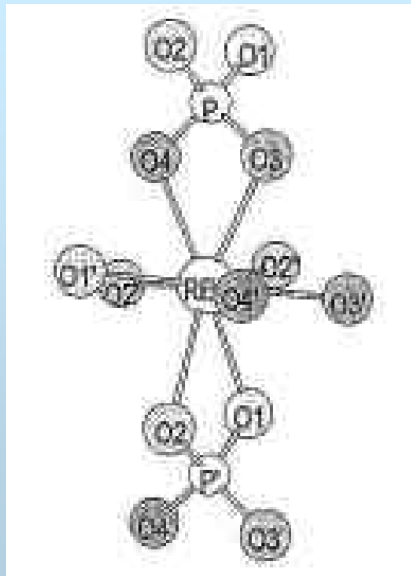
Monoklinický

struktura monazitového typu

$\alpha = 90^\circ$, $\beta = 103-104^\circ$, $\gamma = 90^\circ$

prostorová grupa $P2_1/n$

REO_9 polyedr



Xenotim

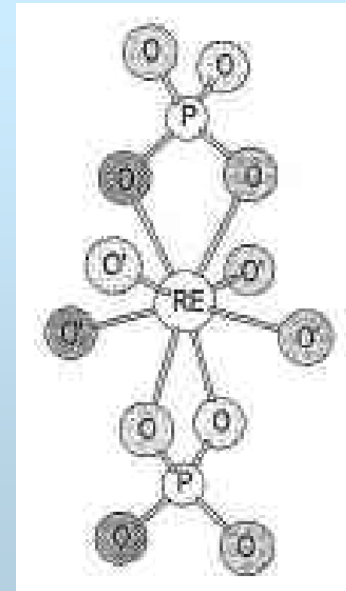
Tetragonální

struktura zirkonového typu

$\alpha = 90^\circ$, $\beta = 90^\circ$, $\gamma = 90^\circ$

prostorová grupa $I4_1/amd$

REO_8 polyedr



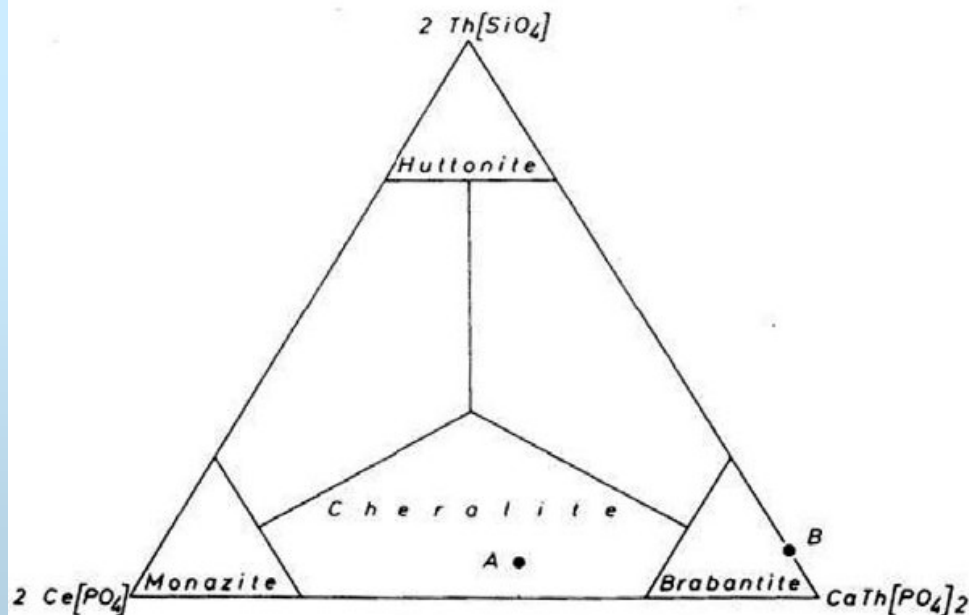
Izostrukturní minerály

- Monazit-(Ce): CePO_4
- Monazit-(La): LaPO_4
- Monazit-(Nd): NdPO_4
- Monazit-(Sm): SmPO_4
- Huttonit: ThSiO_4
- Cheralit: $\text{CaTh}(\text{PO}_4)_2$
- Gasparit-(Ce): CeAsO_4

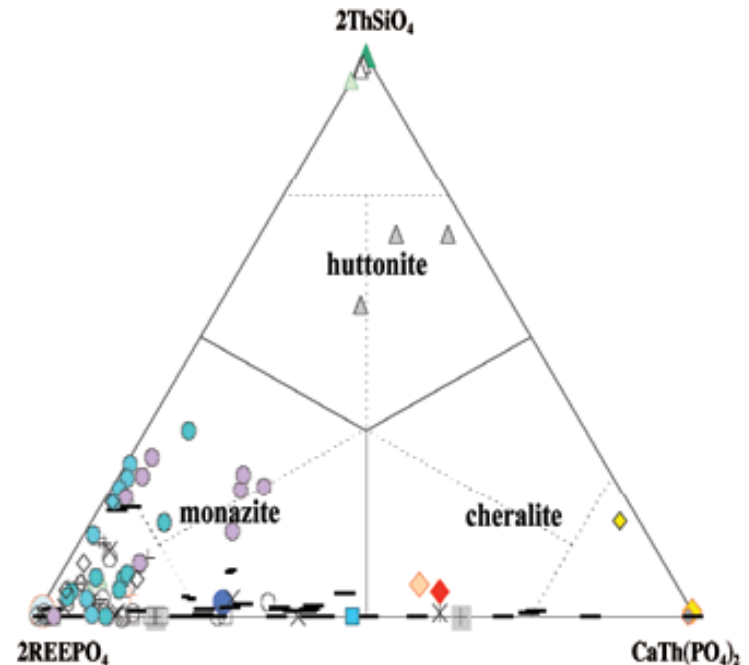
MONAZIT - CHEMICKÉ SLOŽENÍ

- Podíl jednotlivých REE je závislý na podmínkách vzniku a chemickém složení horniny
- Vstup HREE a Y do monazitu roste s rostoucí teplotou jeho vzniku (van Emden 1997)
- Monazit často obsahuje několik procent Th, U, Ca a Si
- Th a U vstupují do struktury monazitu cheralitovou substitucí CaThREE_{-2} , či huttonitovou substitucí $\text{ThSiREE}_{-1}\text{P}_{-1}$

Klasifikační diagram pro systém $2\text{REEPO}_4 - \text{CaTh}(\text{PO}_4)_2 - 2\text{ThSiO}_4$

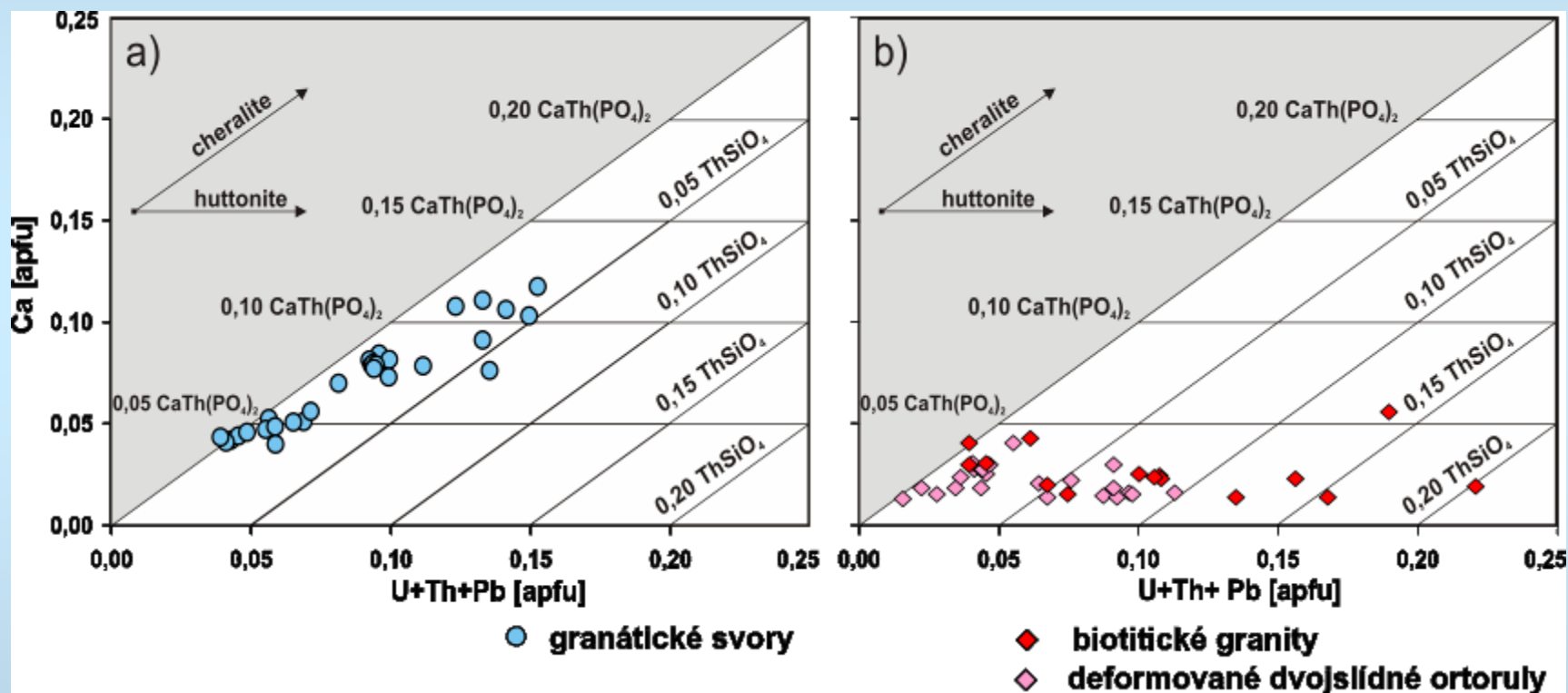


verze podle Bowie a Horne (1953)



nová klasifikace podle Linthout (2007)

- V řadě monazit - cheralit velmi dobrá mísitelnost
- Další možné znázornění vstupu cheralitové a huttonitové komponenty do monazitu



Vstup cheralitové a huttonitové komponenty do monazitu z vybraných typů valounů račických slepenců

Monazit

- Popsán i vstup některých jiných prvků do struktury monazitu - As, V, S...
- As - gasparitovou substitucí $As^{5+}P^{5+}_{-1}$ (Ondrejka a Uher 2005)
gasparit $LREEAsO_4$
- S - klinoanhydritovou substitucí $Ca^{2+}S^{6+}LREE^{3+}_{-1}P^{5+}_{-1}$ (Tracy 2004, Ondrejka Uher 2005) anhydrit $CaSO_4$
- Nově popsán vstup Sr do struktury monazitu (až 10 hm.% SrO) - Uher P (ústní sdělení)
- Přepočít chemických analýz monazitu na 4O
P-pozice: P, Si, As, S
REE-pozice: REE, Th, U, Pb, Ca

někdy dopočít lichých HREE např. Tb*, Ho*, Tm*, Lu* - z tvaru normalizované křivky REE v monazitu chondritem - těch REE, které se neanalyzují EMP

Monazit

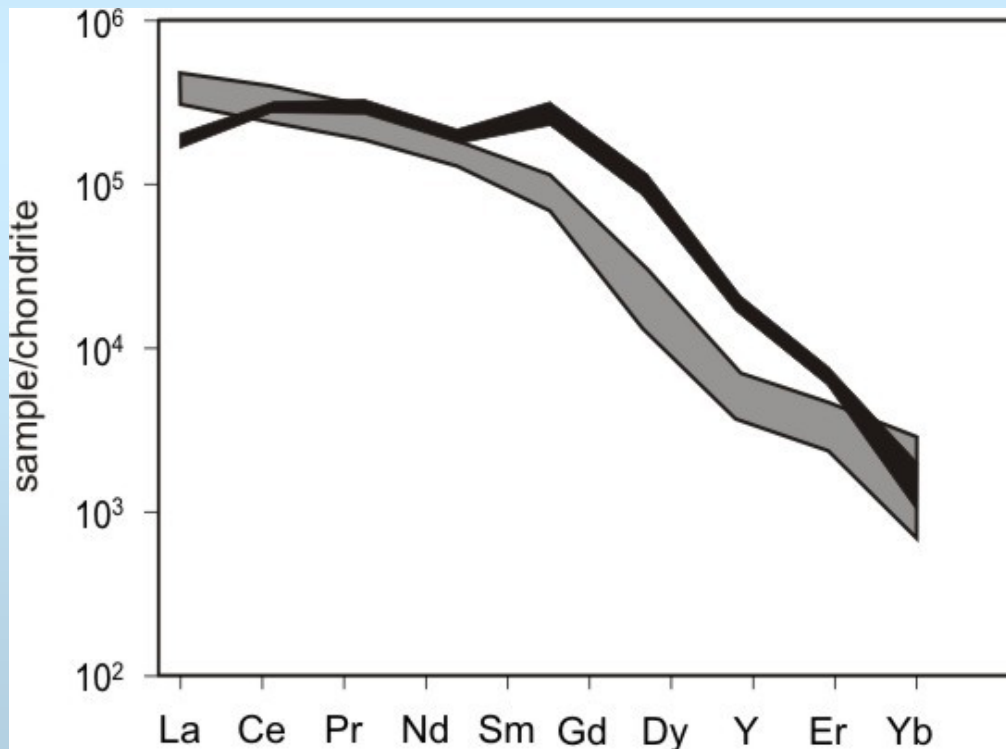
REE v monazitech - grafické zobrazení

La, Ce, Pr, Nd, Sm, **Eu**, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb a Lu

Normalizace REE v monazitu chondritem

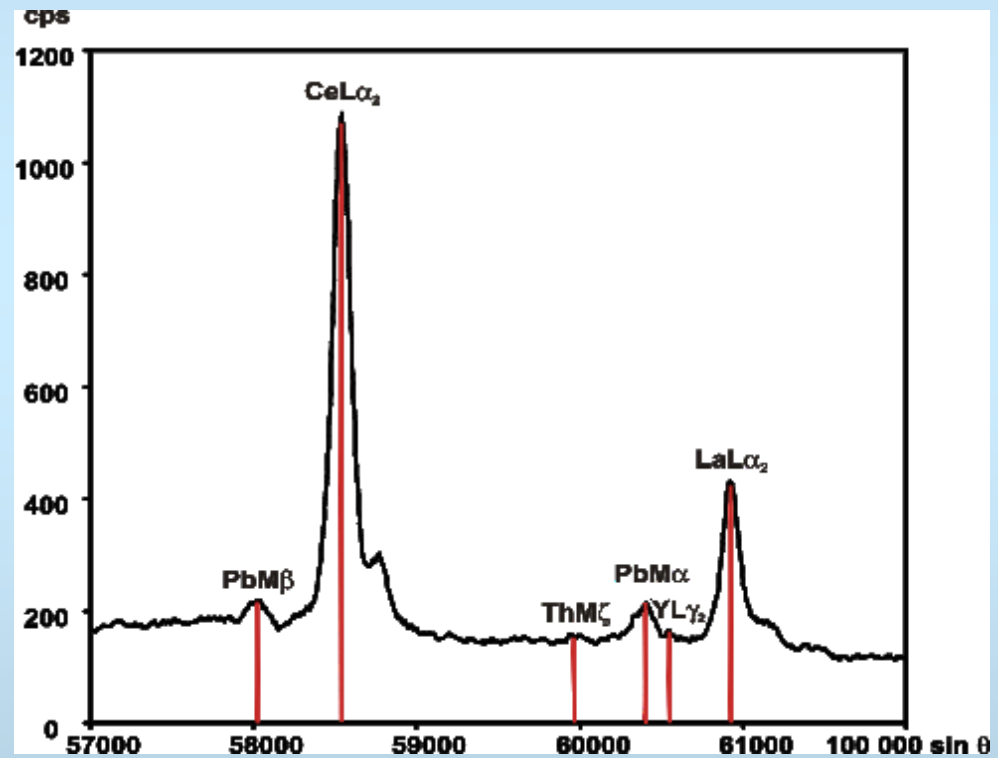
Eu je obvykle pod mezí detekce EMP

Černá křivka - monazit s tzv. tetrádovým efektem - nejlépe patrný na tzv. první tetrádě (La, Ce, Pr, Nd)



CHIME DATOVÁNÍ MONAZITU

- **C**hemical Th-U-total Pb **I**sochron **M**ethod
- založeno na obsahu U, Th a Pb v monazitu za předpokladu, že monazit neobsahuje žádné nebo jen nepatrné množství neradiogenního Pb (Parrish 1990).
- Vzhledem k tomu, že analytická čára Pb $M\alpha$ je částečně ovlivněná interferencí s čárou Y $L\gamma_2$ a čárami Th $M\zeta_1$ a Th ζ_2 , bylo potřeba provést korekci na interferenci Y a Th na obsah Pb stanoveného na čáře $M\alpha$.
- Analytická přesnost stanovení Pb na čáře $M\alpha$ je i po korekci na tyto interference vyšší, než analytická přesnost dosažitelná při použití čáry Pb $M\beta$, kde k žádné interferenci nedochází.



CHIME DATOVÁNÍ MONAZITU

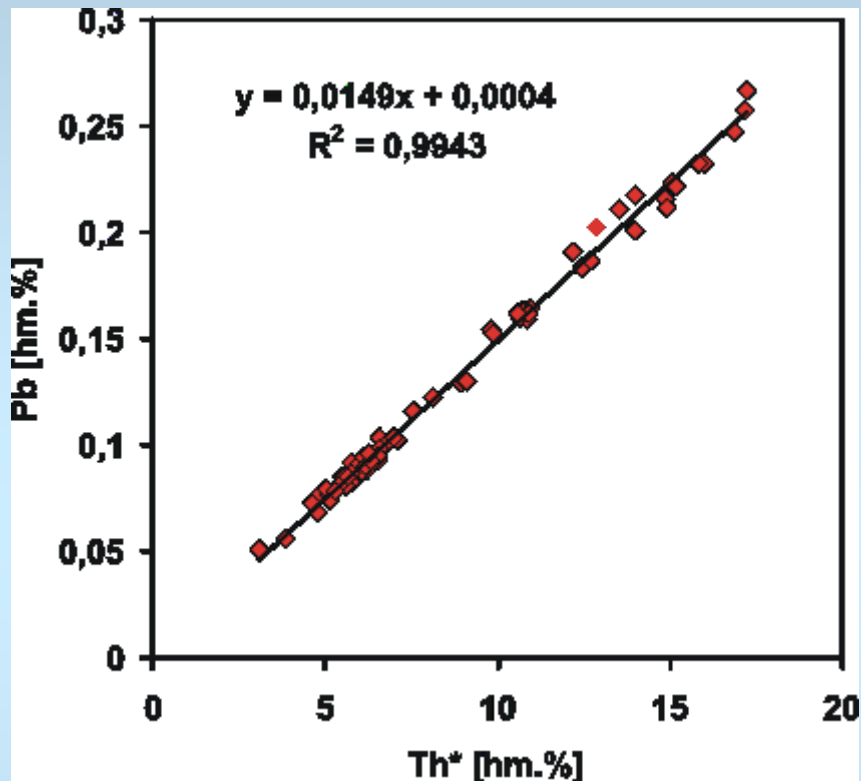
- **Analytické podmínky**
urychlovací napětí 15 kV,
proud svazku 80 nA,
velikost svazku <1 μm

U - U $M\beta$ čára (t 60 s, det. limit 270 ppm)

Th - $M\alpha$ čára (t 40 s, det. limit 250 ppm)

Pb - $M\alpha$ čára (t 240 s, det. limit 130 ppm)

CHIME DATOVÁNÍ MONAZITU



Isochrona Th*-Pb pro detritické monazity viséského stáří

- Homogenita dat je ověřována pomocí konstrukce isochron Th*-Pb, která pomůže odhalit, zda zkoumaná hornina (ne)obsahuje monazity dvojího stáří.
- Th* je součet naměřeného obsahu Th a teoretického Th, které by vyprodukovalo stejné množství Pb jako stanovený obsah U.
- Tímto jsou zohledněny rozdílné rozpadové konstanty pro ^{232}Th , ^{238}U a ^{235}U , tudíž vzorky stejného stáří musí ležet na jedné přímce, která prochází počátkem souřadnicového systému.

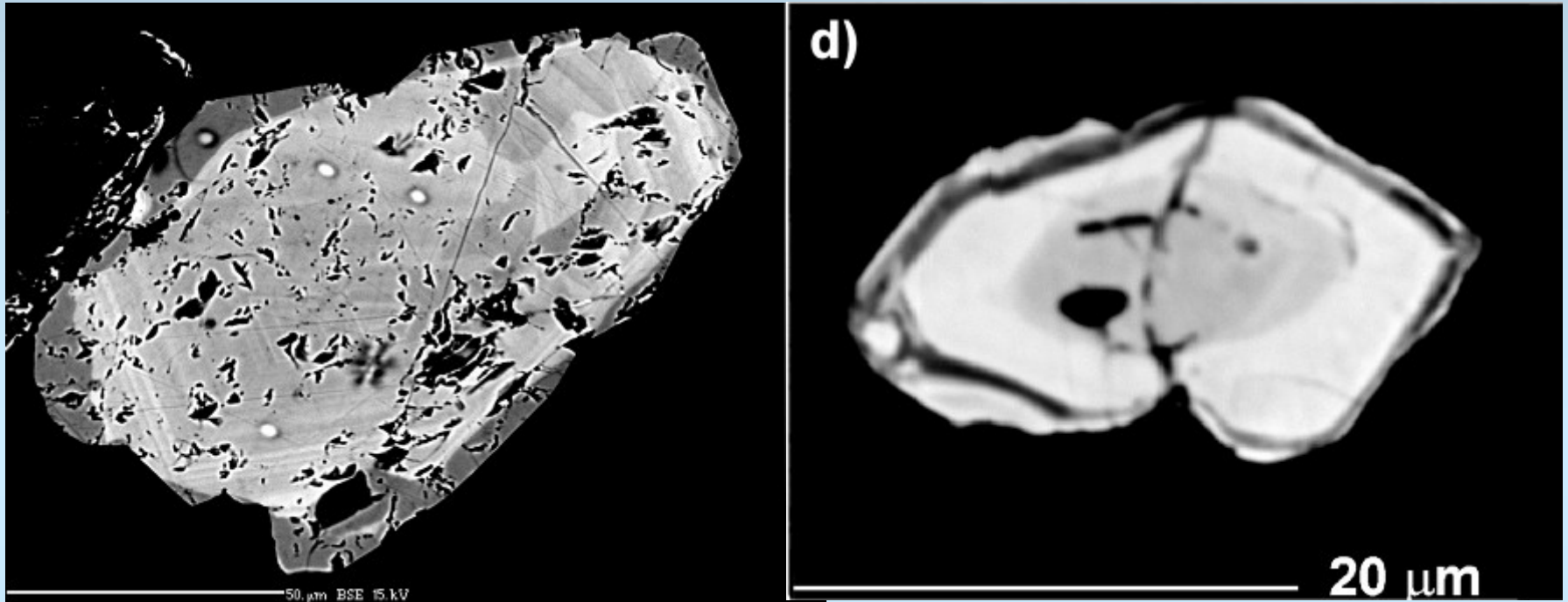
Monazit v magmatických horninách

- Běžný akcesorický minerál granitických pegmatitů, aplitů i granitů, granodioritů, tonalitů

Granity

- Typický zejména pro S-typové granity (častěji huttonitová substituce)
- Méně běžný v I-typových granitech (častěji cheralitová substituce)
- Neplatí obecně - např. moldanubické S-typové granity obvykle s cheralitovou komponentou

Monazit v magmatických horninách



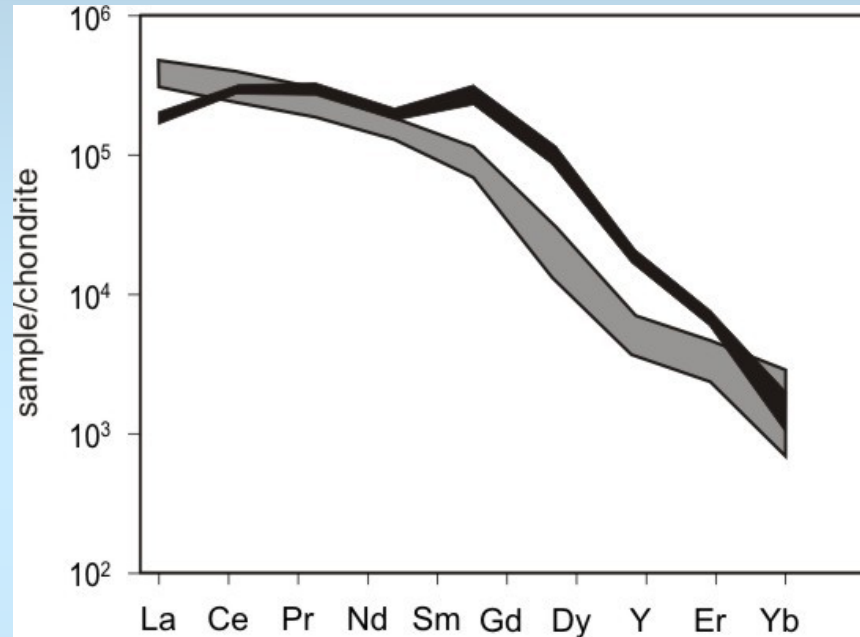
Často bez magmatické zonálnosti

Ale běžná i oscilační zonálnost (zonálnost nejčastěji souvisí s kolísáním obsahu Th případně U)

Zrno nalevo - tmavý lem při okraji monazitu souvisí s pozdější metasomatózou granitu fluidy

Monazit v magmatických horninách

Normalizované obsahy REE v monazitu



Šedé pole - běžné S a I typové granitoidní horniny

Černé pole - monazit z některých vysoce frakcionovaných hornin (pegmatity, aplity) - v moldanubiku např. v NYF pegmatitech

Monazit v metamorfovaných horninách

- V metamorfovaných horninách může vznikat v širokém rozmezí PT podmínek od facie zelených břidlic až po granulitovou facii (až do 800°C a 6 kbarů) (Watt 1995, Bingen et al. 1996, Lanzirotti a Hanson 1996, Forster et al. 2002).
- Cabella et al. (2001) našli novotvořený monazit již v metapelitech metamorfovaných v podmínkách pumpelleyit-aktinolitové facie (300-350°C a 3-4 kbar).

Monazit v metamorfovaných horninách

Monazit v horninách granulitové facie

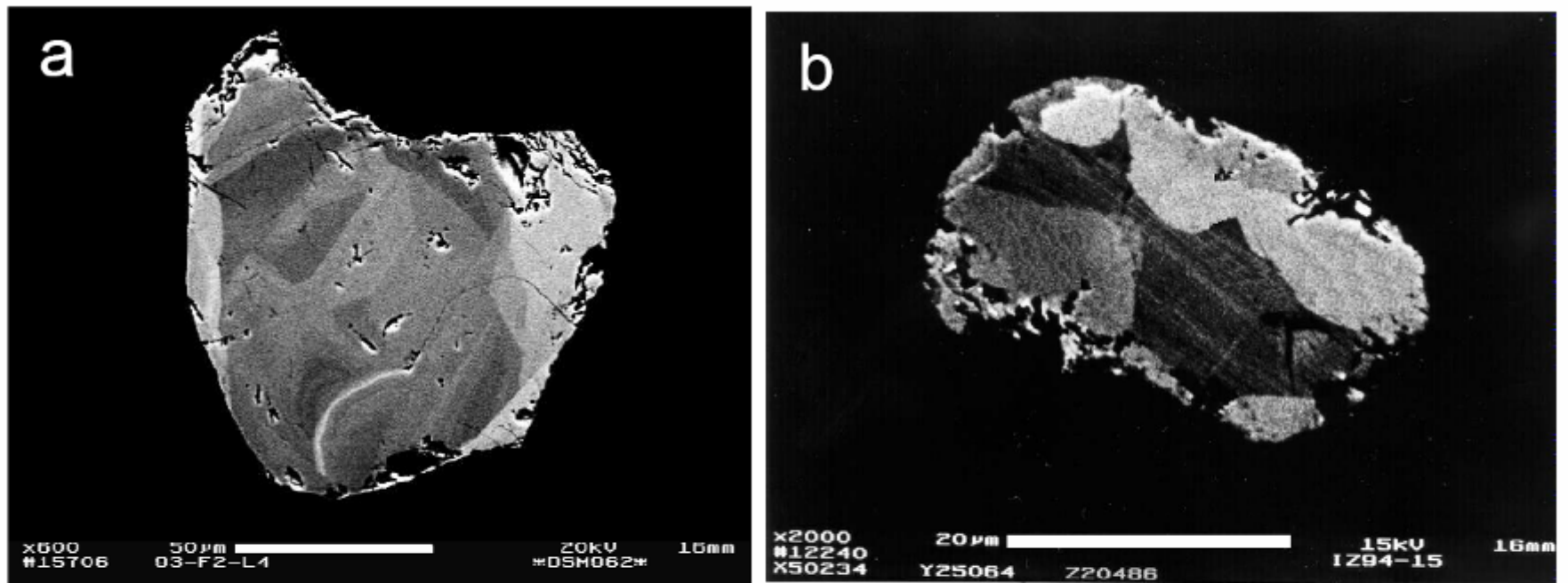
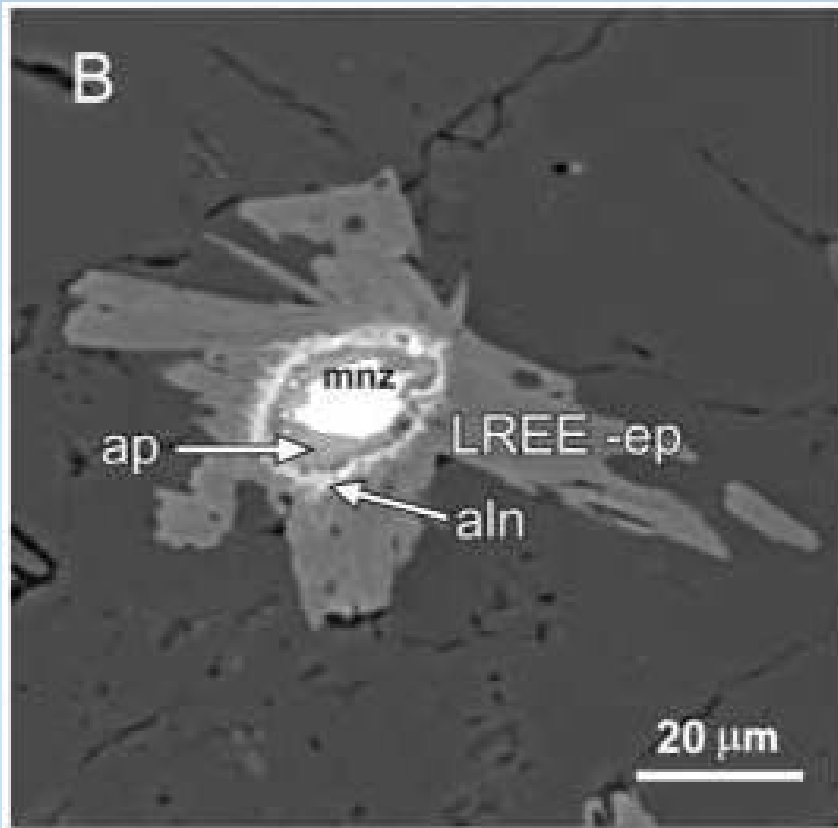
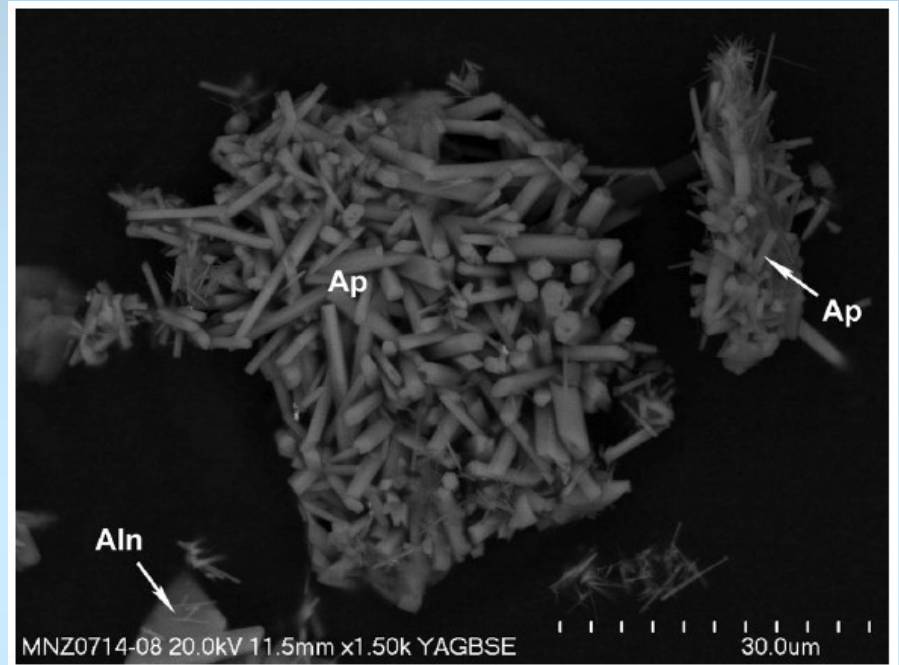


Figure 1. Metasomatised monazite from (a) a granulite-facies tonalite, Tamil Nadu,, S. India (Hansen and Harlov, 2007) and (b) a granulite-facies metabasite, Val Strona area, Ivrea-Verbano, N. Italy (Harlov and Förster, 2002).

Monazit v metamorfovaných horninách



Monazit a produkty jeho rozpadu působením fluid během metamorfózy. Monazit (mnz) je nahrazovaný apatitem (ap), allanitem (aln) a epidotom obohaceným na LREE (ep), (Broska 2003)



Výsledky experimentů - působení fluid různého chemismu na monazit při 500°C a 4,5 kbar (Budzdyn a Harlov 2008)

Význam orientovaného růstu apatitu pro migraci REE skrze hexagonální dutiny ve struktuře apatitu??? - (Broska 2008)

Monazit v sedimentárních horninách

STABILITA MONAZITU V SEDIMENTÁRNÍM PROSTŘEDÍ

US Gulf Coast (Milliken 1988)	North Sea (Morton, Hallsworth 1999)
apatit, chloritoid, monazit , spinelidy	apatit, monazit , spinelidy
TiO ₂ minerály, turmalin, zirkon	TiO ₂ minerály, turmalin, zirkon
	chloritoid
granát	granát 3 500 m
	staurolit 2 400 m
	kyanit 1 800 m
titanit	titanit 1 400 m
epidot	epidot 1 100 m
kyanit	
Ca amfibol	Ca amfibol 600 m
	andalusit, sillimanit
pyroxen	pyroxen
	olivín

stabilní



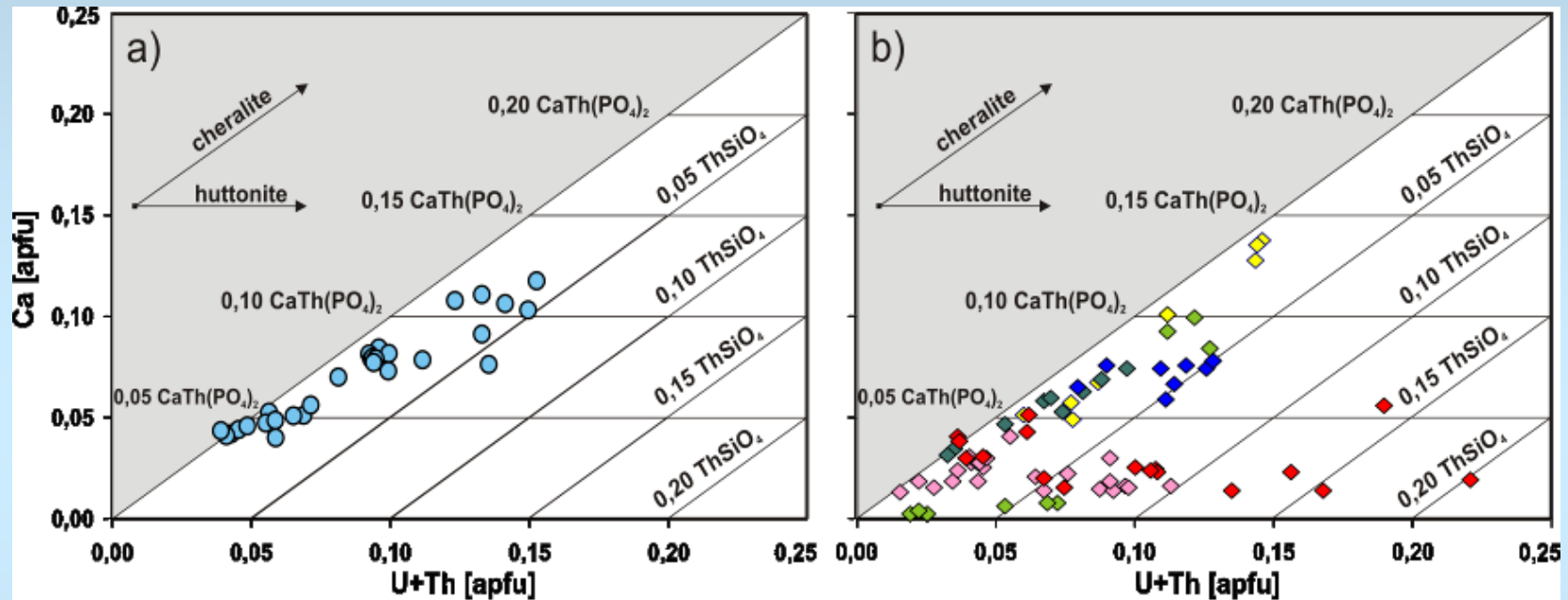
nestabilní

Stabilita TM při diagenézi sedimentů, u některých minerálů je uvedena hloubka vymizení z ATM

Nízkoteplotní hydrotermální alterace monazitu během diagenéze diskutovali (Mathieu et al. 2001). Popsali alterace monazitu na Th-OH-Si fáze působením nízkoteplotních fluid 140 C a 1 kbar bohatých Cl.

Monazit v sedimentárních horninách

Problém malé velikosti monazitu ve zdrojových horninách



● detritické monazity viséského stáří

Monazity z valounů

◆ aplity

◆ biotitické granity

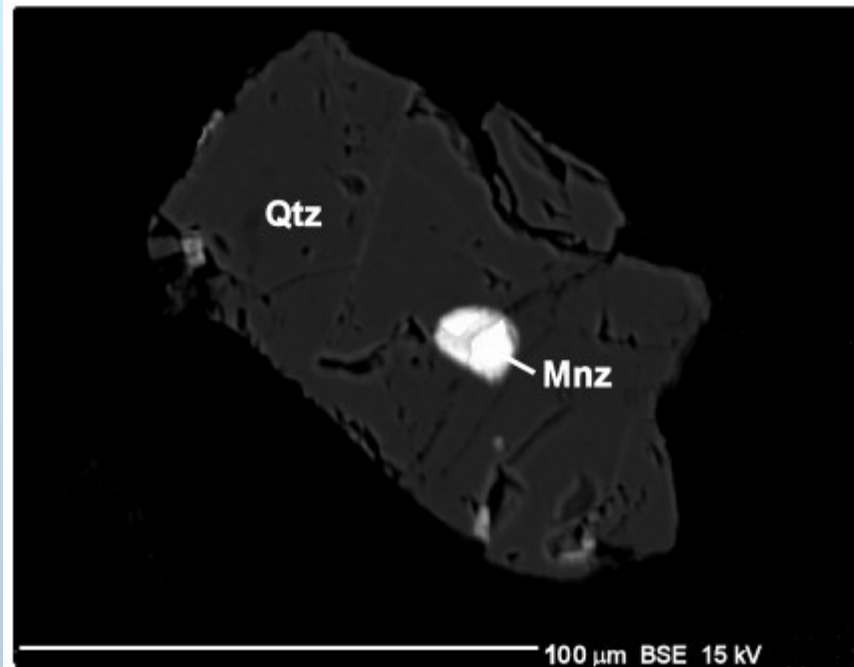
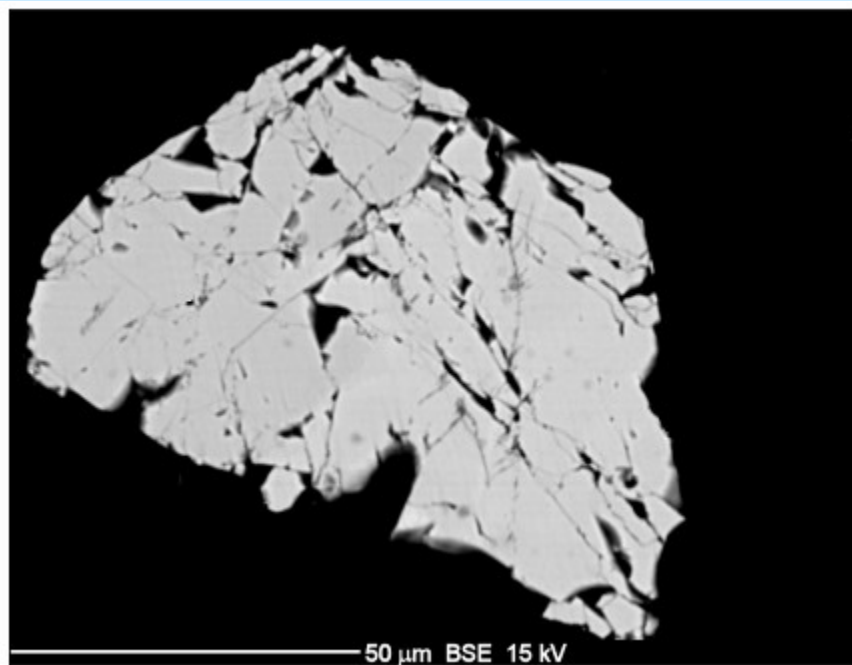
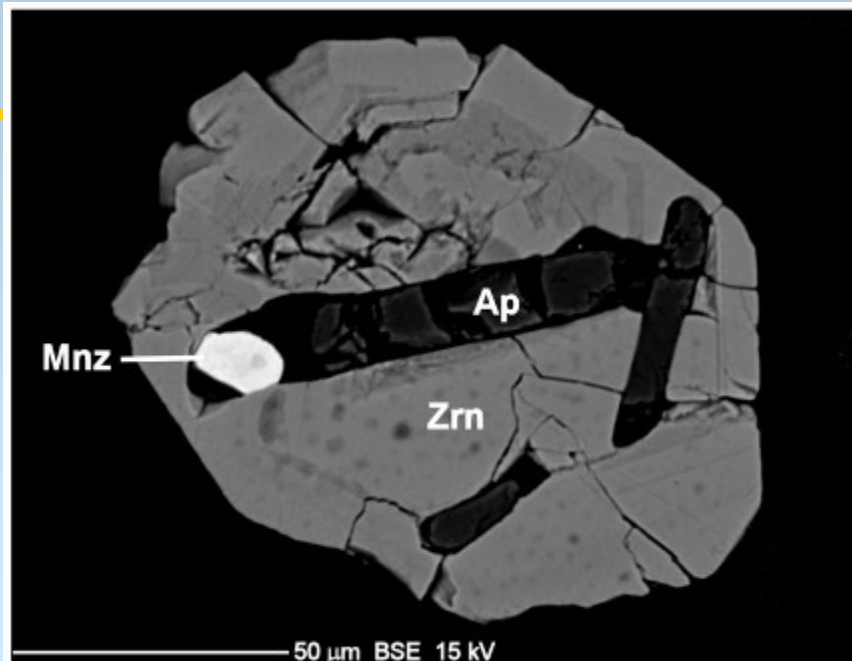
◆ deformované dvojslídne ortoruly

◆ dvojslídne ortoruly

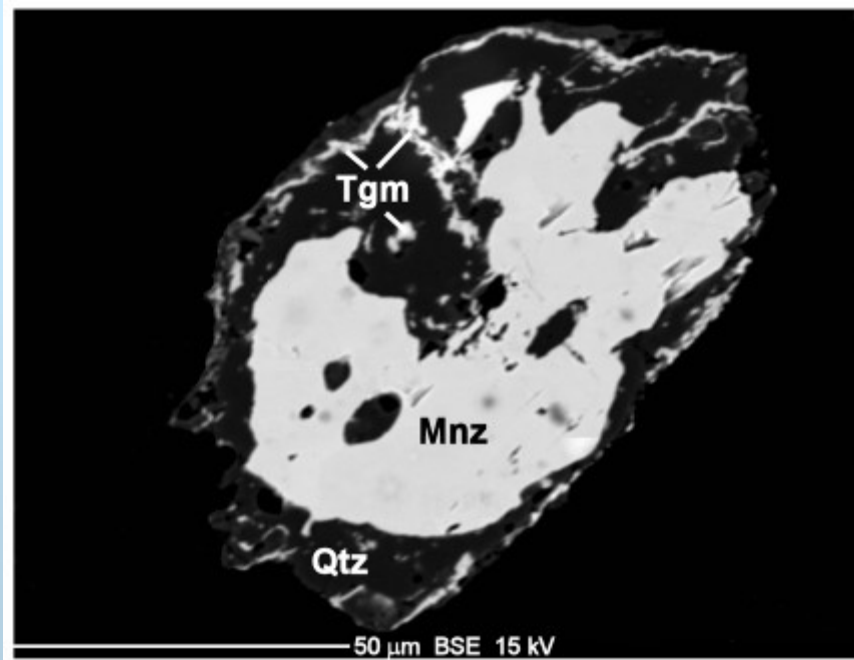
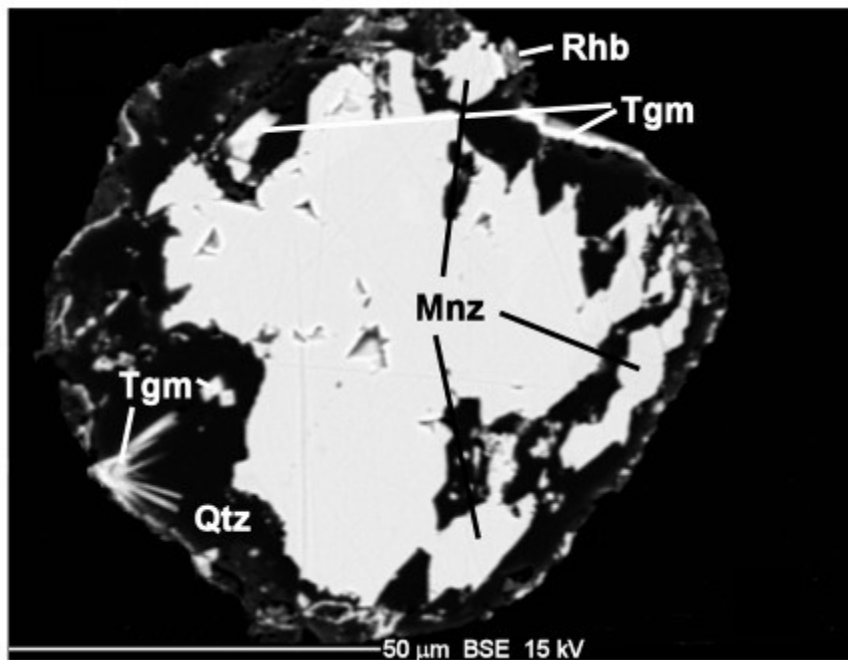
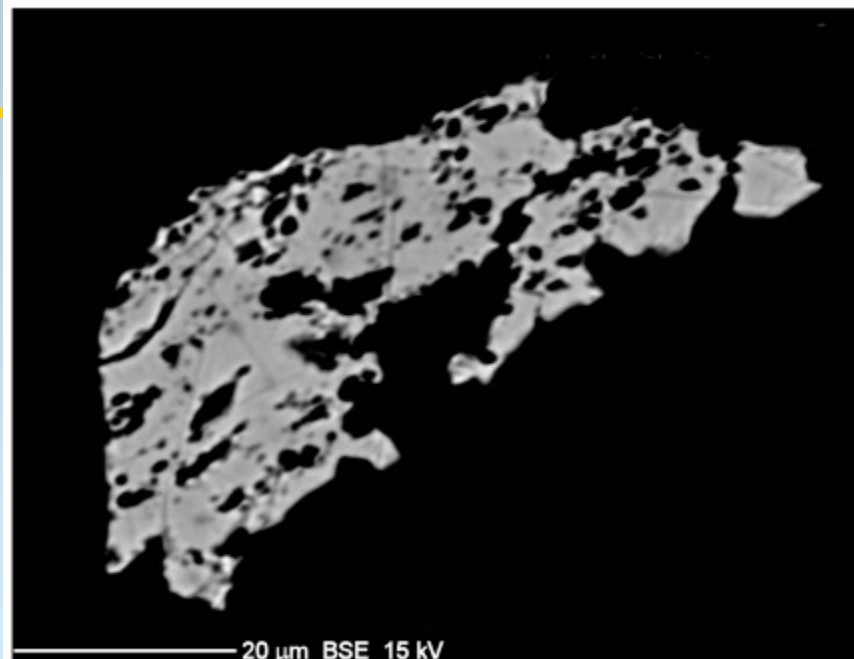
◆ biotitické ortoruly

◆ dvojslídne svory

nealterovaný detritický monazit
v BSE obraze

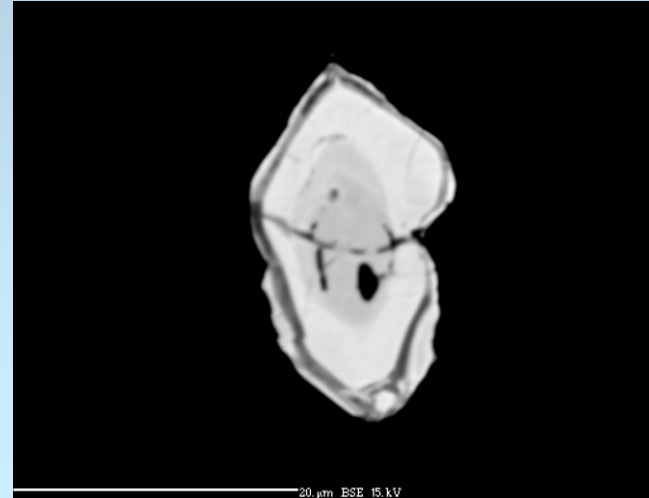
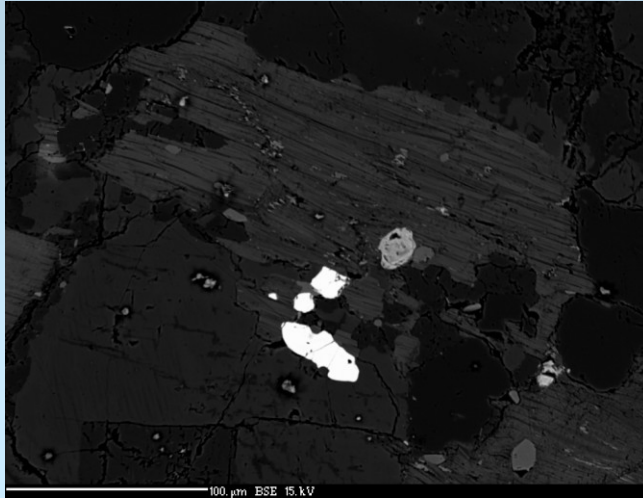


alterovaný detritický monazit
v BSE obraze

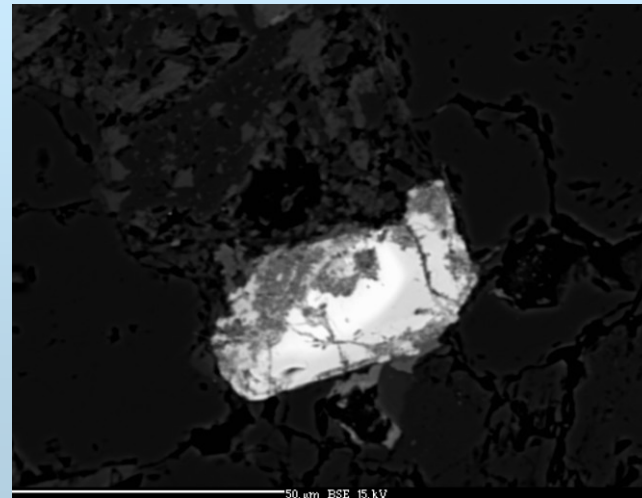
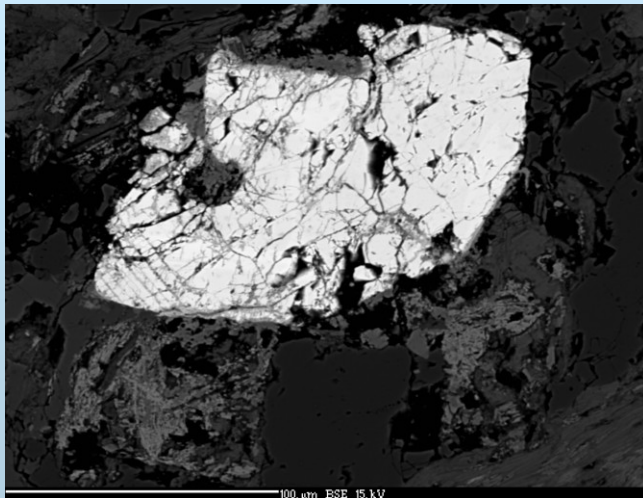


Alterace monazitu ve valounech

myslejovické souvrství (račické slepence) – valoun biotitického granitu

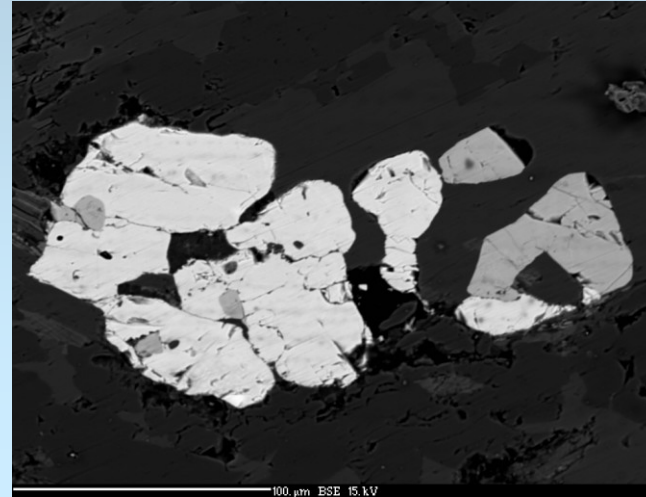
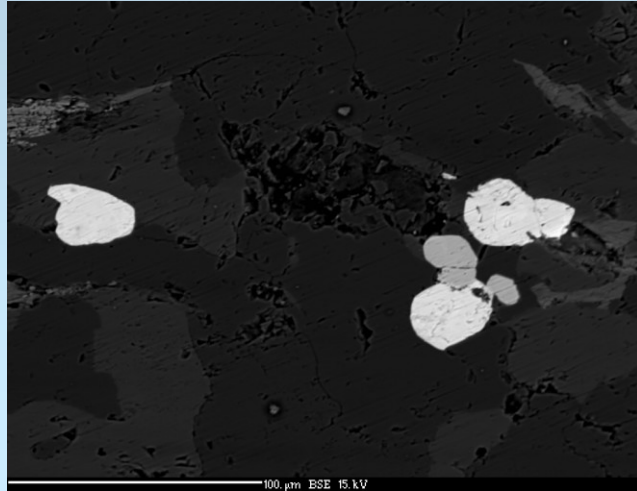


protivanovské souvrství (kořeňecký slepenec) – valoun biotitického granitu

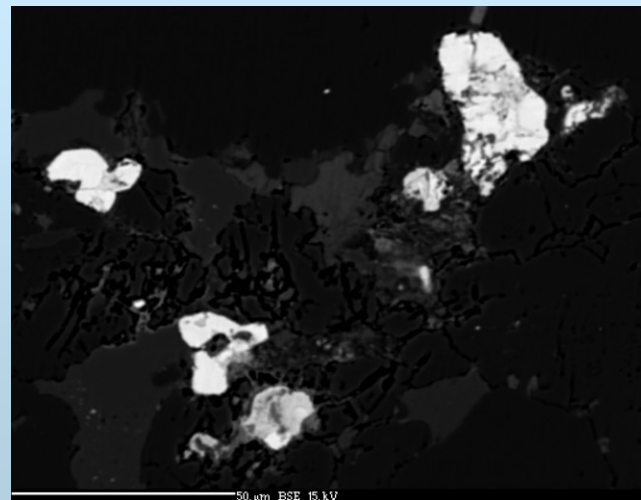
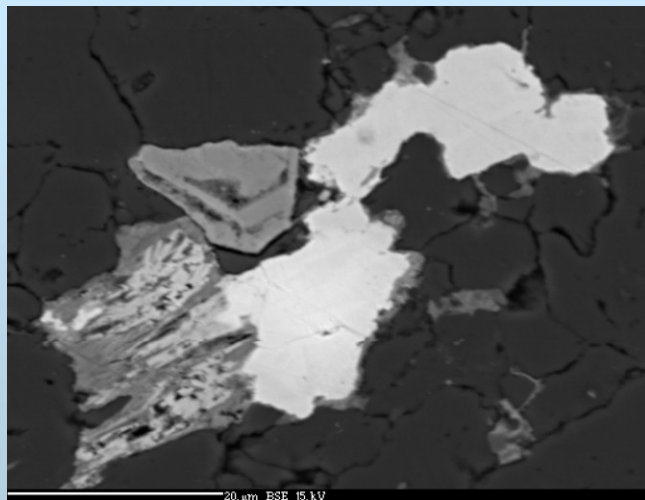


Alterace monazitu ve valounech

myslejovické souvrství (račické slepence) – valoun dvojslídne ortoruly



protivanovské souvrství (kořenecký slepenec) – valoun dvojslídne ortoruly



ALTERACE MONAZITU V KULMSKÉ PÁNVI

- Intenzita alterace monazitů pozitivně koreluje s intenzitou diagenetického postižení a vzrůstá tedy od JJV k SSZ
teplota při diagenезi v jižní části pánve 130-170°C a v severozápadní části 170-200°C (Franců et al. 1999)

Teplota variských hydrotermálních žil, které prorážejí kulmské sedimenty je Slobodníkem et al. (2005, 2006) odhadována na 150-210 C.

- V nízkoteplotních experimentech (50-300 C) Poitrasson' et al. (2004) prokázali, že v neutrálním pH je nejvyšší rozpustnost monazitu v teplotním rozmezí 120-200 C. Což jsou teploty, kterých bylo dosaženo i v kulmské pánvi.
- Při těchto teplotách a neutrálním pH zejména fluoridové iony ovlivňují stabilitu monazitu.
- Při vyšší teplotě fluid > 230 C nebo při vyšším pH jsou hlavní hydroxidové komplexy. Takto vysoké teploty však v kulmské pánvi nebyly dosaženy.

MECHANISMY ALTERACE MONAZITU

- Rozpouštění monazitu a vznik novotvořených autigenních minerálů (apatitu, rhabdophánu, karbonátů REE, thoritu, thorogummitu, galenitu)
- Rozpouštění a reprecipitace novotvořeného monazitu
- Přejít z monoklinické na hexagonální strukturu
- Selektivní odnos některých prvků ze struktury monazitu

MOBILITA Th BĚHEM ALTERACE MONAZITU

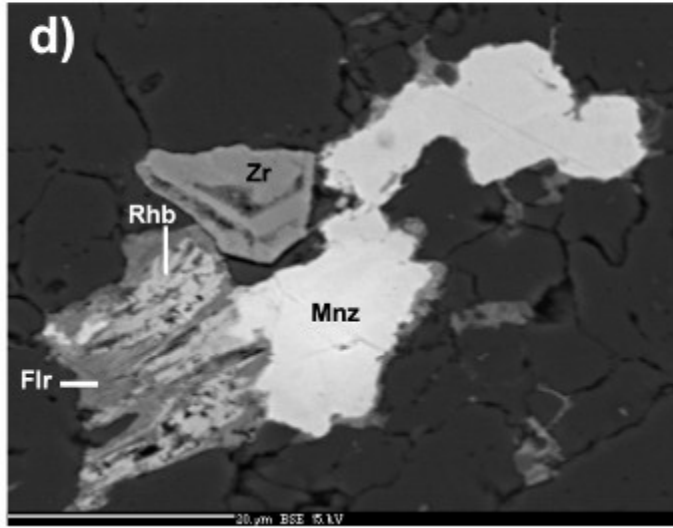
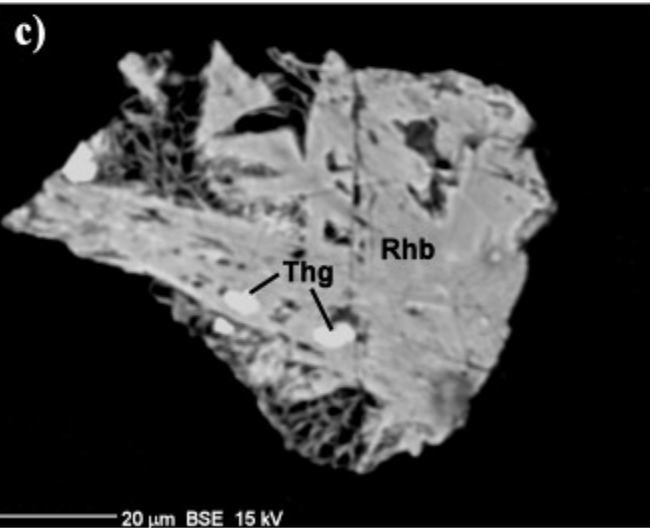
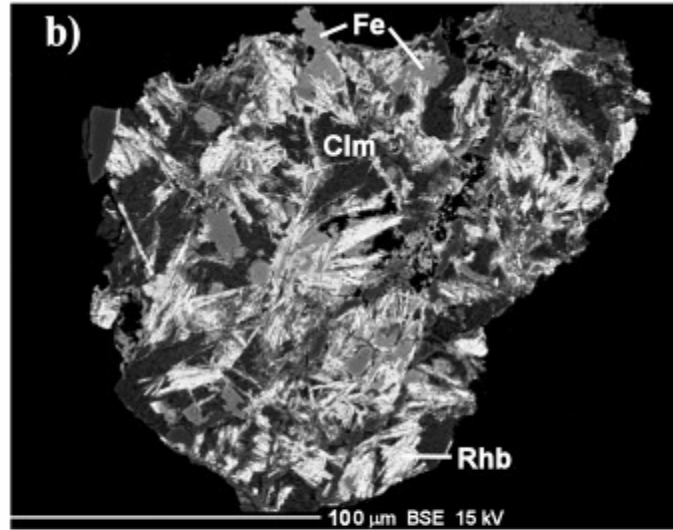
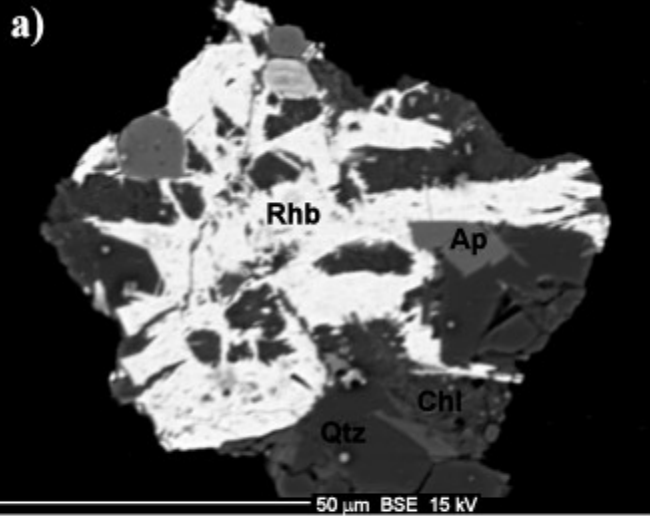
- Během alterace monazitů je Th obvykle považováno za nemobilní, případně velice omezeně mobilní prvek.
- Při hydrotermální alteraci monazitu v granitoidních horninách, sedimentárních horninách i při experimentech, vznikají obvykle sekundární Th-bohaté fáze v bezprostřední blízkosti monazitu (Poitrasson et al. 2000, Mathieu et al. 2001, Seydoux-Guillaume et al. 2002, Hrdlička et al. 2005).
- Th výjimečně se chová jako mobilnější - např. v prostředí s vyšším podílem organického materiálu

Rhabdofán

- Rhabdofán - **hexagonální** fosfát REE obsahující vodu umístěnou v malých nepravidelných kanálcích
- ideální vzorec: **$LREEPO_4 \cdot nH_2O$** (Vlasov 1964)
- Obsah vody značně kolísá nejčastěji mezi 6,0-10,6 hm. % (Bowles a Morgan 1984)
- Někdy může vstupovat i F

- Rhabdofán snadno při zahřátí ztrácí vodu a přechází na monazit
- Akers et al. (1993) definovali horní stabilitu rhabdofánu na 200 C při tlaku H_2O 0,5-2,0 kbar

Rhabdofán



obvykle tvoří agregáty jehličkovitých až tabulkovitých krystalů

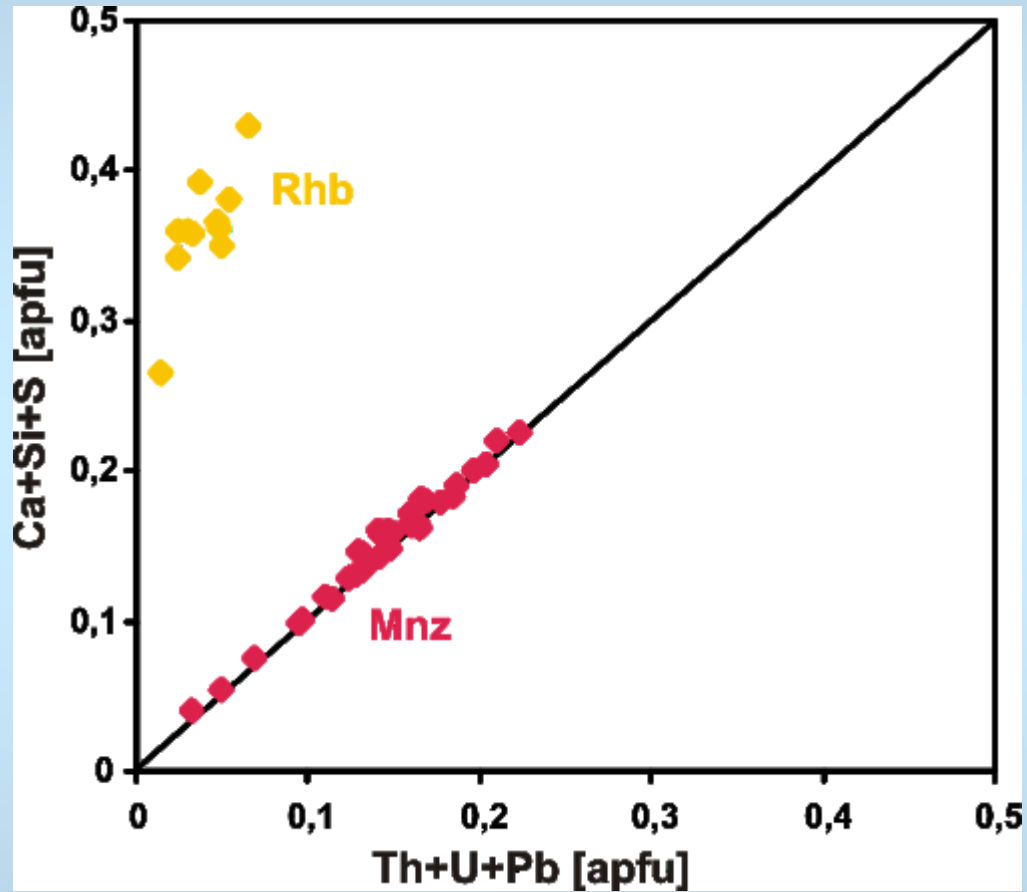
a-c) autigenní rhabdofán z matrix drob

d) rhabdofán vznikající (společně s florencitem) při hydrotermální alteraci monazitu v dvojslídne ortorule

Rhabdofán

- Analytický total všech oxidů nejčastěji 90-94 hm.% (při vysokých proudech jako u analýzy monazitu může však být i blízký 100 hm.% - únik H_2O z minerálu během analýzy)
- Pro rhabdofány je charakteristický deficit kationů v pozici do níž vstupuje P a nadbytek v pozici s REE
- Vedle P vstupuje do stejné pozice i Si a v menší míře i S. Suma kationů v této pozici se pohybuje nejčastěji 0,9-1,0 apfu.
- Distribuce REE vykazuje značné nabohacení lehkými REE
- Množství Th je obvykle nízké (do 7 hm. % ThO_2) a výrazně převažuje nad U
- Vysoké jsou obsahy Ca (0,237-0,370 apfu; 5,53-8,49 hm. % CaO)
- Dále rhabdofán může obsahovat ve srovnání s běžným monazitem vyšší obsahy Pb - Pb je zde nejen radiogenní, ale i neradiogenní

Rhabdofán



Allanit

- Sorosilikáty, skupina epidotu
- Monoklinický
- Prostorová grupa $P2_1/m$

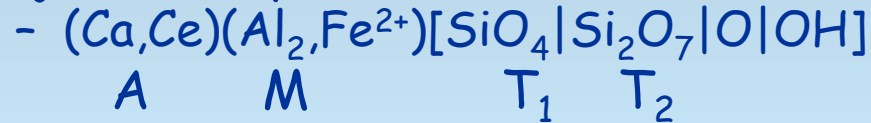
Minerály skupiny epidotu (epidot $(Ca_2)(Al_2,Fe)[SiO_4|Si_2O_7|O|OH]$) obsahující REE

- Allanit-(Ce): $(Ca,Ce)(Al_2,Fe^{2+})[SiO_4|Si_2O_7|O|OH]$
- Allanit-(La): $(Ca,La)(Al_2,Fe^{2+})[SiO_4|Si_2O_7|O|OH]$
- Allanit-(Y): $(Ca,Y)(Al_2,Fe^{2+})[SiO_4|Si_2O_7|O|OH]$

- Ferriallanit-(Ce): $(Ca,Ce)(Fe^{3+},Al,Fe^{2+})[SiO_4|Si_2O_7|O|OH]$
- Dissakisit-(Ce): $(Ca,Ce)(Al_2,Mg)[SiO_4|Si_2O_7|O|OH]$
- Dissakisit-(La): $(Ca,La)(Al_2,Mg)[SiO_4|Si_2O_7|O|OH]$
- Dollaseit-(Ce): $(Ca,Ce)(Mg,Al,Mg)[SiO_4|Si_2O_7|O|OH|F]$
- Khristovit-(Ce): $(Ca,Ce)(Mg,Al,Mn^{2+})[SiO_4|Si_2O_7|O|OH|F]$

Struktura allanitu

➤ Složitá - jako sk. Epidotu



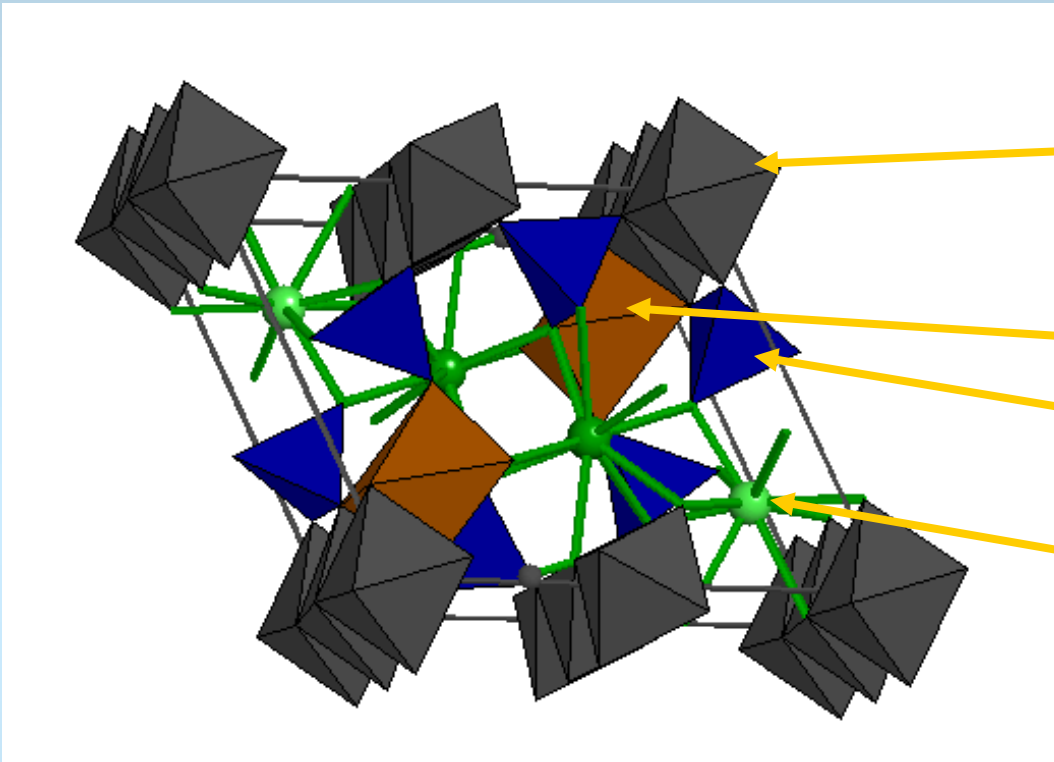
➤ Pozice A - Ca, Sr, Mn²⁺, Pb²⁺, Th, U, Na, K
rozlišuje se A(1) a A(2) - v A(2) jsou REE a Y

➤ Pozice M: Al³⁺, Fe³⁺, Fe²⁺, Mg²⁺, Mn³⁺, Be, Ti, V

➤ Ve struktuře allanitu:

- Oktaedry MO₆ a MO₄OH₂ - uspořádané do paralelních řetězců - propojení přes hrany oktaedrů, tvoří základ struktury prismatické krystaly
- izolované tetraedry SiO₄ a zdvojené tetraedry Si₂O₇ spojují řetězce oktaedrů do sítě
- Relativně velké dutiny v síti oktaedrů a tetraedrů - A

Struktura allanitu

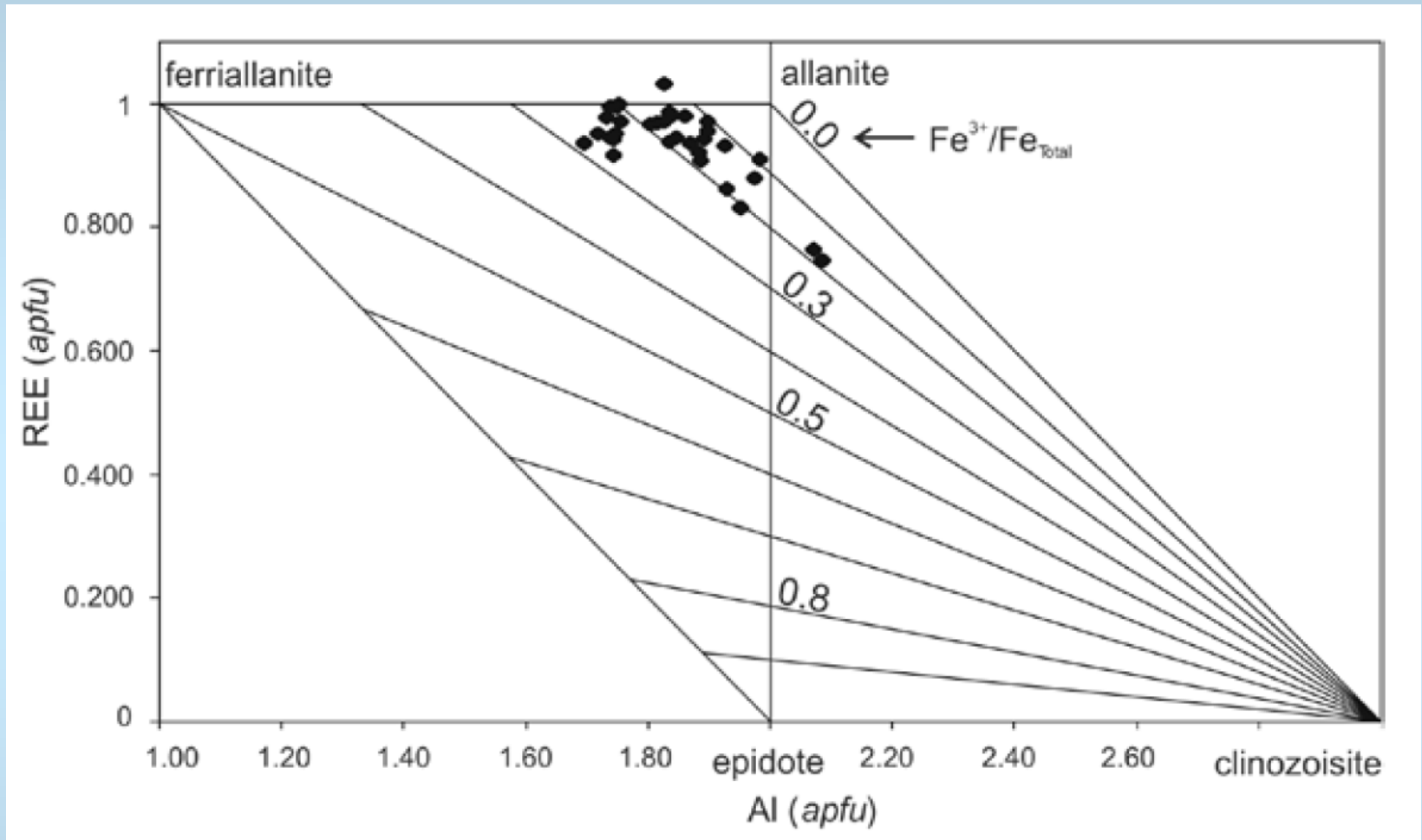


Oktaedrická pozice
 MO_6 a $MO_4(OH)_2$

Tetraedrická pozice
 Si_2O_7
 SiO_4

A-pozice

Allanit - grafické znázornění



Graf REE versus Al pro REE obsahující minerály ze sk. Epidotu (atoms per formula unit); ukázka pro allanite-(Ce) z křemenných žil True Blue, Yukon (Turner et al. 2007). Linie konstantního poměru $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}_{\text{Total}}$ jsou znázorněny pro stanovení oxidačního stavu Fe. Graf podle Petrik et al. (1995).

Allanit - fyzikální vlastnosti



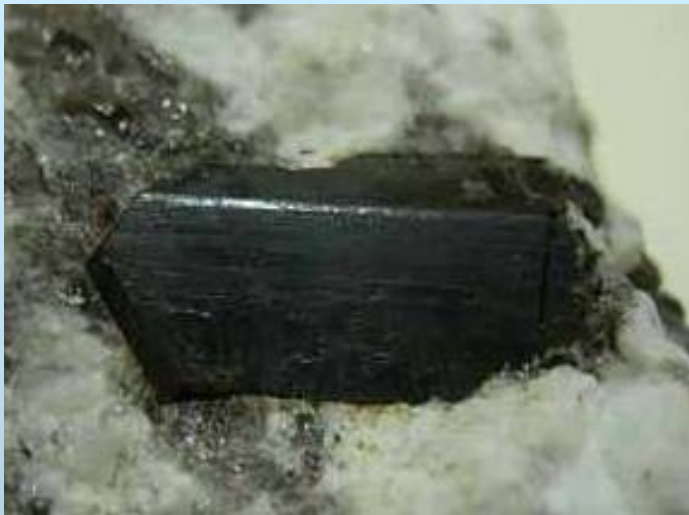
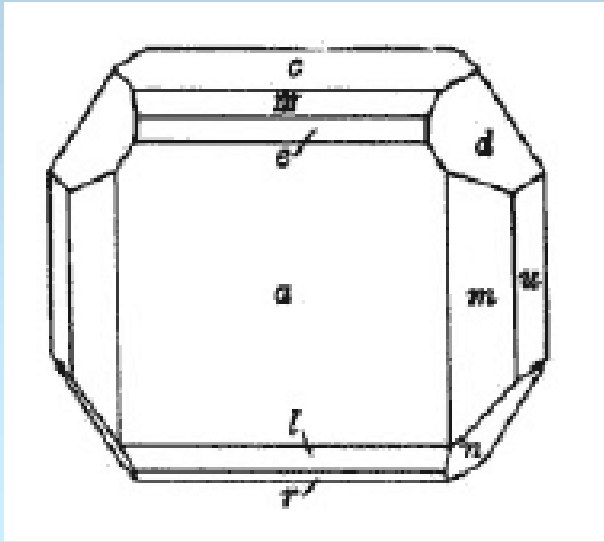
allanit (Vlastějovice; foto Kadlec)



tabulkovité krystaly allanitu (Olden Township, Kan.)

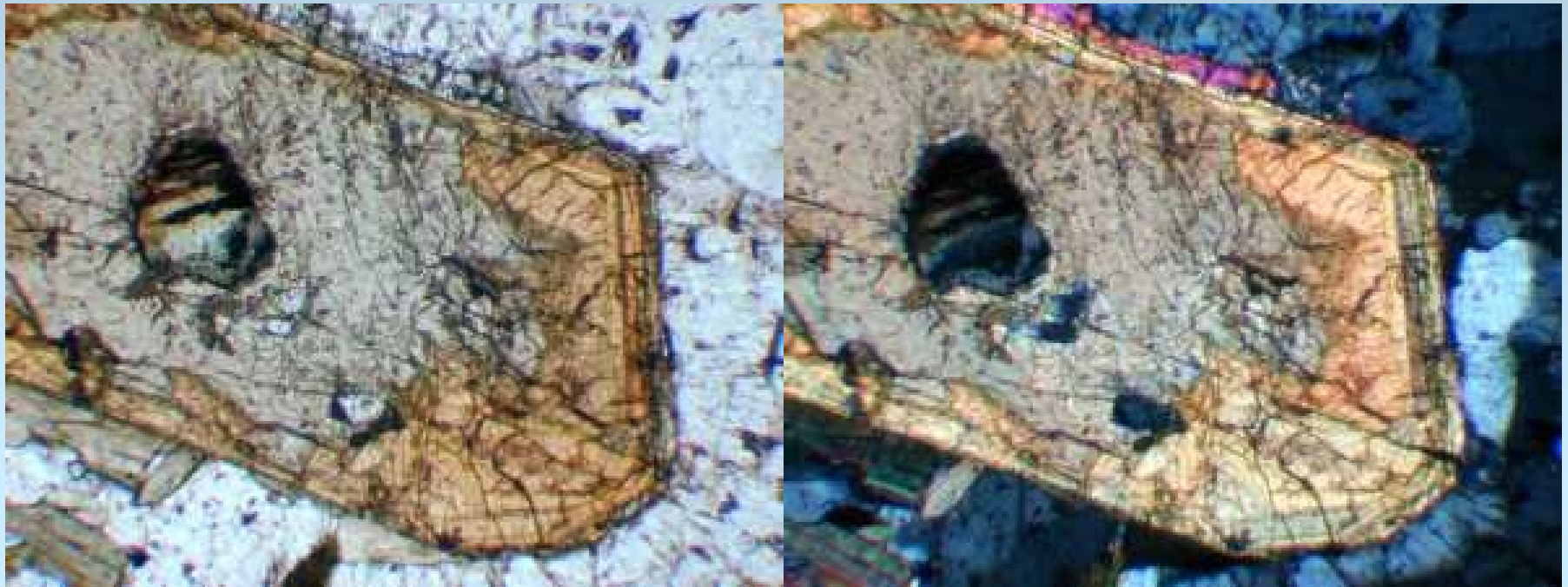
- barva - černá; vryp - šedý
- štěpnost - nedokonalá; lom - lasturnatý; lesk - polokovový
- Tvary - tlustě tabulkovité krystaly; vzhled - kusový
- Tvrdost - 5,5 až 6
- Hustota - 3,9

Allanit



kryystalový tvar - tabulkovitý krystal allanitu

Allanit



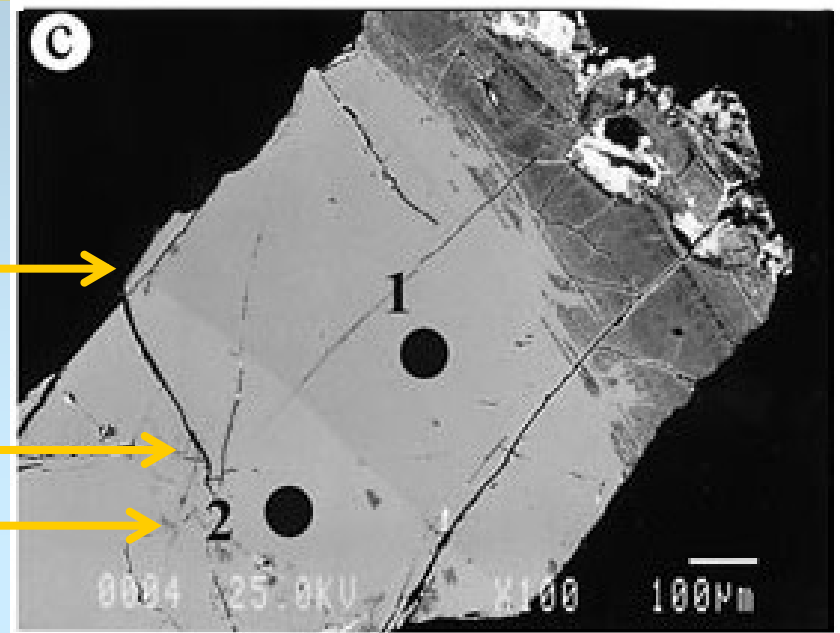
Automorfní zrno allanitu v rule; optický mikroskop, vlevo II; vpravo X (foto Vávra V.)

- dobře identifikovatelný v optickém mikroskopu
- často v důsledku metamiktizace (přítomnost U a Th) a zvětšení objemu je jeho okolí rozpraskané
- automorfní krystaly nebo nepravidelná zrna často se zonální nebo sektorovou stavbou
- barva okrová, hnědá, žlutá se zřetelným pleochroismem podle α - bezbarvý, až žlutý a žlutohnědý, β - hnědý, červenohnědý, žlutohnědý a γ - hnědožlutý, hnědozelený až zelený

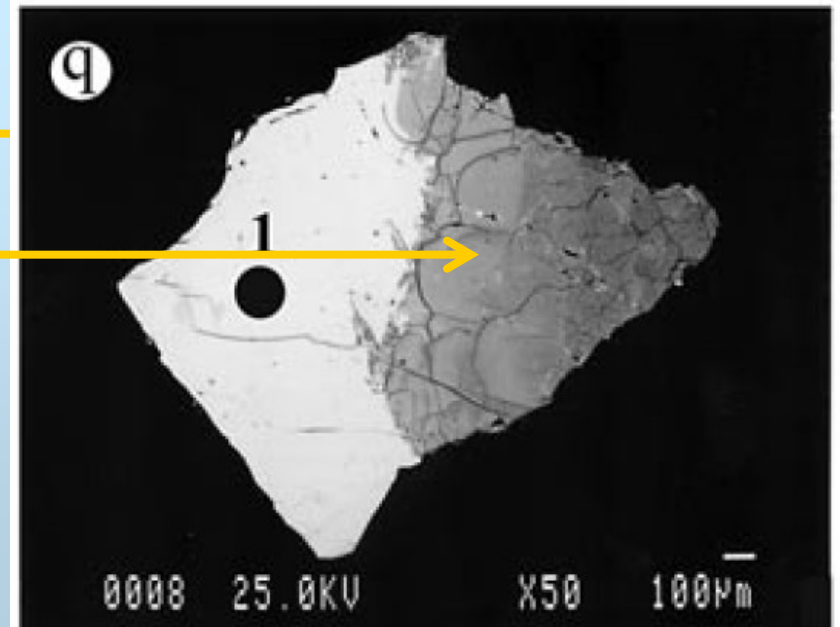
Allanit - zonálnost a stavba

Tři hlavní typy zonálnosti v allanitech:

- nepravidelná vnitřní zonálnost (skvrnitá) - s doménami různého chemismu (velice častá)
- oscilační zonálnost (běžná)
- normální růstová magmatická zonálnost



- Chemicky homogenní allanity jsou relativně vzácné
- Často jsou částečně metamiktní



(převzato z Hoshino et al. 2006)

Allanit

Nejběžnější je allanit-(Ce)

- Je častou akcesorií granitů, granodioritů, tonalitů, dioritů, syenitů a jejich výlevných ekvivalentů a pegmatitů
- Charakteristický pro I-typové granity
- Poměrně častý je v rulách a amfibolitech a ojediněle se vyskytuje ve skarnech.

Allanit-(Y) - velmi vzácný

- Vzácně v NYF pegmatitech

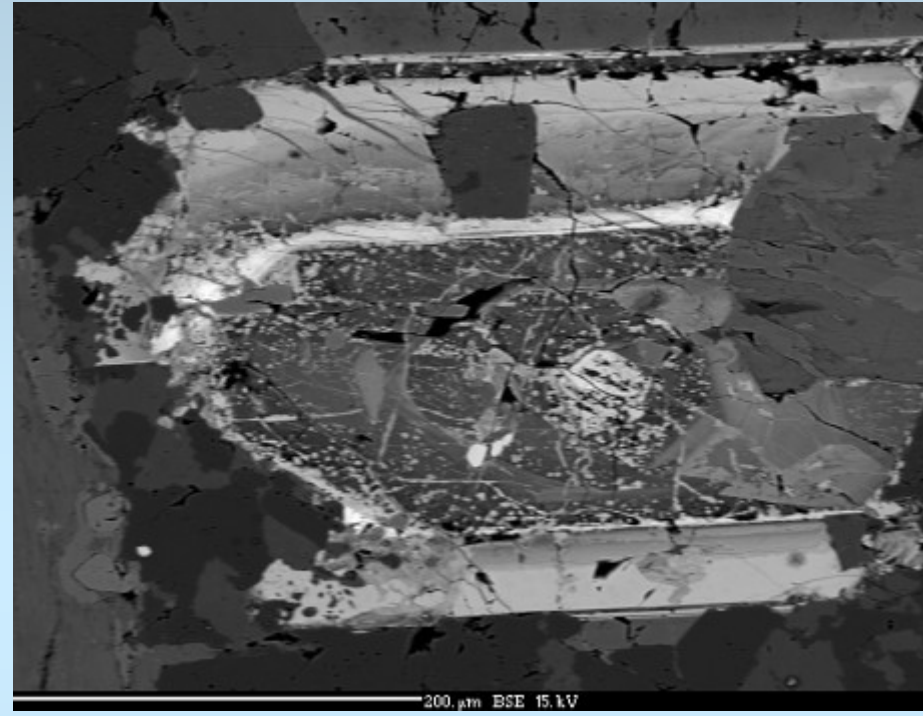
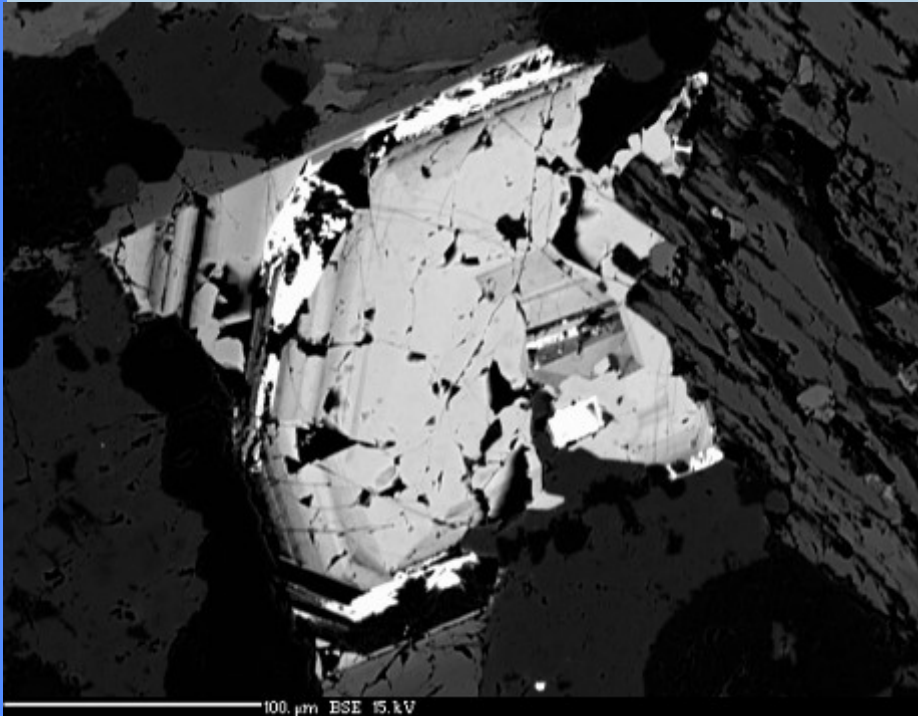
Allanit-(La)

- Baritové žíly v dolomitových mramorech (Toskánsko, Itálie)
- Ložisko zlata Hemlo (Kanada) - allanit-(La) bohatý V (až 8,5 hm.% V_2O_3)

Allanit

- V běžných granitoidních horninách (granity, granodiority) se obvykle allanit nevyskytuje společně s monazitem
 - Allanit - I-typové granitoidy
 - Monazit - S-typové granitoidy (ale může být i v I typových granitech) - nedostatek Ca pro vznik allanitu
 - Ale není to obecně platné pravidlo - např. v durbachitech třebíčského masivu jsou oba tyto minerály
 - Jako sekundární je allanit často i v S-typových granitoidech
- Vzniká i jako sekundární při hydrotermální alteraci monazitu (v magmatických, metamorfovaných horninách i během vysokoteplotní diagenese)
- Allanit je poměrně nestabilní minerál, zejména při působení hydrotermálních fluid (i relativně nízkoteplotních a slabě mineralizovaných - přínos, F, P, CO₂) (postmagmatických, metamorfních i diagenetických)
- Dokonce i čerstvých granitoidech bývá často silně postižen hydrotermální alterací a maetamiktizací v důsledku pomalého chladnutí. Ve vulkanických horninách (rychlé chladnutí) bývá často zachovalejší.
- Jeho rozpadem vzniká řada sekundárních minerálů - epidot, fluorokarbonáty REE (synchysit, bastnesit, parisit), rhabdofán, apatit, jílové minerály
- Pozorováno i zatlačování allanitu monazitem v granitech

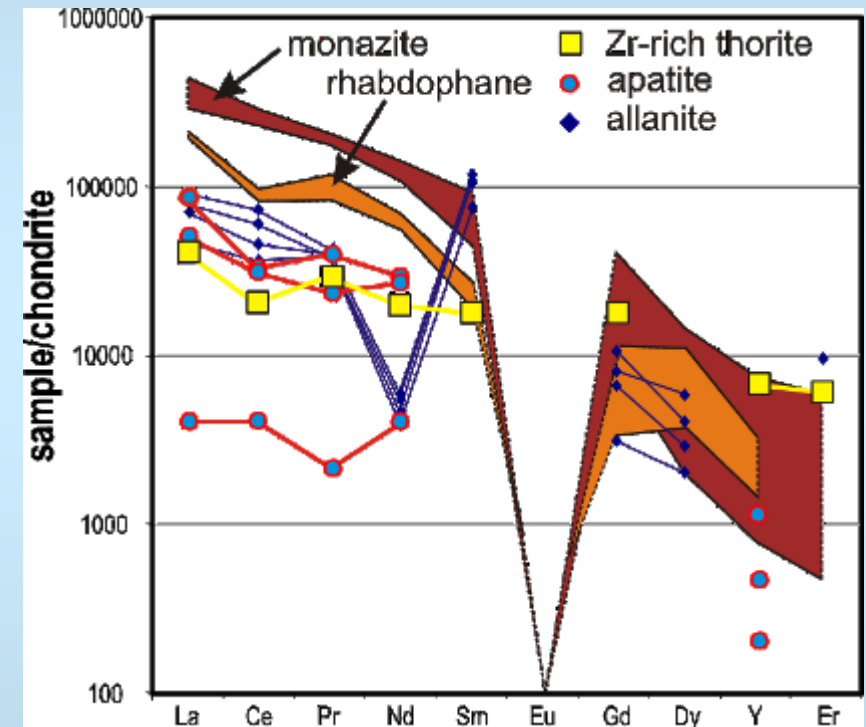
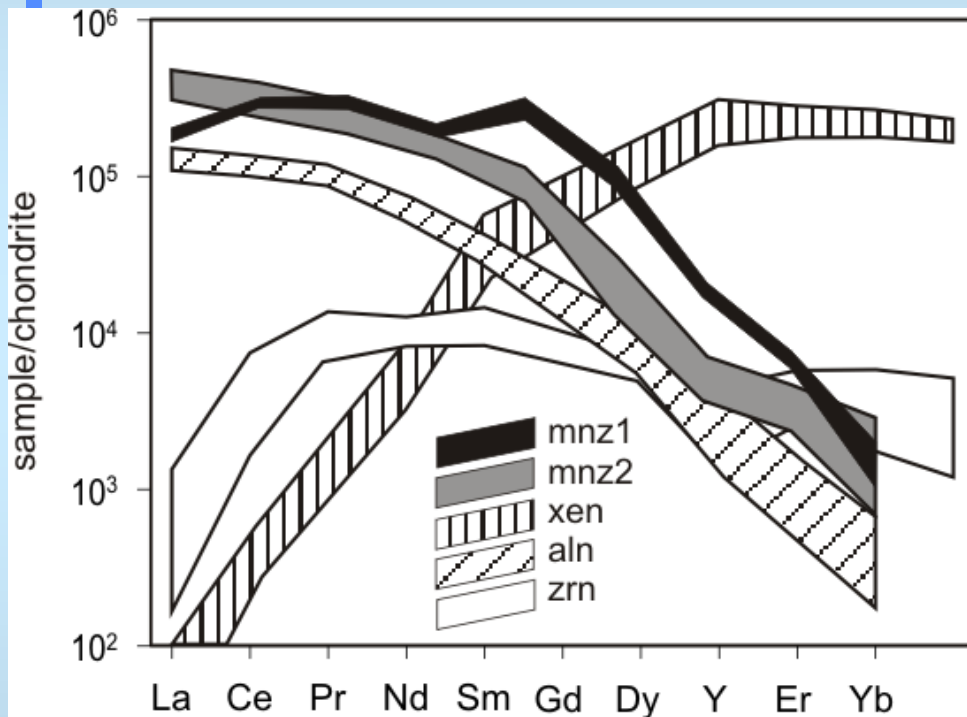
Allanit



- Amfibol-biotitické granodiority (Čopjaková 2007)
Nalevo - allanit-(Ce) částečně zatlačovaný synchysitem-(Ce)
Napravo - jádro allanitu-(Ce) zatlačované epidotem a synchysitem-(Ce);
zóna při okraji zatlačená převážně jílovými minerály

Allanit-chondritem normalizovaná REE křivka

- REE vstupují do pozice A
- Do této pozice může vstoupit ion REE nejrůznější velikosti => allanit může odrážet složení taveniny v čase jeho krystalizace



Allanit-(Ce) z pegmatitů třebíčského masivu v asociaci ostatních akcesorických minerálů (Škoda, Novák 2006)

Sekundární allanit-(Ce) z biotického granitu vzniklý rozpadem primárního monazitu (rhabdofán, apatit, a thorit jsou rovněž sekundární) (Čopjaková, Škoda 2008)