

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI  
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA  
KATEDRA GEOLOGIE

MINERALOGIE KRUPNÍKOVÝCH TĚLES  
NA SOBOTÍNSKU

bakalářská práce

Zuzana Juránková

Environmentální geologie (B1201) prezenční studium

vedoucí práce: doc. RNDr. Jiří Zimák, CSc.

duben 2018

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem zadanou bakalářskou práci vypracovala samostatně a veškerá mnou použitá literatura je řádně citována.

V Olomouci 16.7. 2018

.....

Zuzana Juránková

## **Poděkování**

Ráda bych tímto poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce doc. RNDr. Jiřímu Zimákoví, CSc. za jeho čas věnovaný konzultacím a terénním pracím, odborné vedení, cenné rady při zpracovávání výsledků a zejména vstřícnost a trpělivost.

## **Bibliografická identifikace**

Jméno a příjmení autora: Zuzana Juránková

Název práce: Mineralogie krupníkových těles na sobotínsku

Typ práce: bakalářská

Pracoviště: Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra geologie

Vedoucí práce: doc. RNDr. Jiří Zimák, CSc.

Rok obhajoby práce: 2018

Abstrakt: Tato práce se zabývá čtyřmi krupníkovými tělesy v blízkosti obce Sobotín v Hrubém Jeseníku. Soustředí se na mineralogickou a petrografickou charakteristiku jednotlivých těles. Na základě údajů získaných mikroskopickým studiem, XRF a WDX analýzami, jsou tělesa mezi sebou porovnána. Také se zabývá obecnými vlastnostmi krupníkových těles, průmyslovým využitím krupníku a historií těžby krupníku ve studovné oblasti.

Klíčová slova: silezikum, sobotínský amfibolitový masiv, krupníková tělesa, krupník, chemismus, mineralogie, Hrubý Jeseník

Počet stran: 83

Počet příloh: 0

Jazyk: čeština

## **Bibliographical identification**

Author's first name and surname: Zuzana Juránková

Title: Mineralogy of soapstone bodies in Sobotín region

Type of thesis: bachelor

Institution: Palacký University in Olomouc, Faculty of Science, Department of Geology

Supervisor: doc. RNDr. Jiří Zimák, CSc.

The year of presentation: 2018

Abstract: This thesis deals with four soapstone bodies located near the Sobotín village in Hrubý Jeseník Mts. It focuses on mineralogical and petrographical characterization of each soapstone body. Based on data acquired using microscopy, XRF and WDX analysis the bodies are compared. It also deals with general characteristics of soapstone bodies, industrial use of soapstone and history of soapstone mining in studied area.

Keywords: Silesicum, Sobotín amphibolite massif, soapstone bodies, soapstone, chemistry, mineralogy, petrography, Hrubý Jeseník Mts. Number of pages: 83

Number of appendices: 0

Language: Czech

## **OBSAH**

1 Úvod	7
2 Cíle práce	8
3 Geologické poměry okolí Sobotína	9
3.2 Desenská skupina	9
3.1 Sobotínský amfibolitový masiv	9
4 Charakteristika krupníku a mastkových hornin	11
4.1 Stavba krupníkových těles na Sobotínsku	13
5 Využití krupníku a mastku	15
6 Historie těžby krupníku na Sobotínsku	16
7 Metodika	18
8 Výsledky terénních a laboratorních prací	21
7.1 Smrčina	21
7.2 Zadní Hutisko	37
7.3 Bischofsgraben	51
7.4 Medvědí důl	62
9 Diskuse	73
10 Závěr	80
11 Literatura	81
12 Internetové zdroje	83

## 1 Úvod

Téma bakalářské práce „Mineralogie krupníkových těles na sobotínsku“ jsem si zvolila z důvodu toho, že mám osobně blízký vztah k oblasti Hrubého Jeseníku. Zároveň mi osobně přijde téma hydrotermálně metamorfovaných hornin, jejich složení a vzniku zajímavé. Dalším z důvodů je to, že o tomto tématu konkrétně v souvislosti se mnou studovanou oblastí není příliš mnoho informací a většina z nich je již relativně letitá, tudíž nepodložená současnými výzkumnými metodami.

Zájmová oblast mé práce se geograficky nachází v pohoří Hrubého Jeseníku, zkoumané lokality Smrčina a Bischofsgraben nedaleko obce Sobotín, lokalita Zadní Hutisko u obce Vernířovice a lokalita Medvědí důl na katastrálním území Rejhotice, nedaleko hory Praděd.

V literárně-rešeršní části práce se zabírám geologickými poměry této oblasti obecnou charakteristikou krupníkových těles. Dále se věnuji průmyslovému využití krupníku a historií těžby v této oblasti, která je zde tradiční a dvě z mých lokalit jsou opuštěnými / vytěženými lomy.

V praktické části se věnuji mineralogické a petrografické charakteristice krupníkových těles ze zájmových lokalit, k čemuž využívám poznatky z terénu, mikroskopického studia výbrusů a dat získaných za využití XRF a WDX analýz.

## 2 Cíle práce

Literárně rešeršní část této práce se dle zadání zabývá geologií okolí Sobotína, tj. desenské skupiny a sobotínského amfibolitového masivu, s důrazem na mineralogii, petrografii a stavbu zdejších krupníkových těles. Předmětem zájmu jsou čtyři lokality nacházející se nedaleko obce Sobotín: lokalita Smrčina, lokalita Bischofsgraben, lokalita Zadní Hutisko a lokalita Medvědí důl.

Dalším tématem, kterému se práce věnuje, je geneze mastku a hornin jím tvořených, zejména obecným vznikem mastku přeměnou ultramafitů. Toto za účelem objasnění možného vzniku ložisek mastkových hornin v oblasti.

Jelikož se na některých zkoumaných lokalitách v minulosti krupník aktivně těžil, je dále rozvedena problematika těžby, zejména historie těžby krupníku v oblasti, jeho využití v souvislosti s tím i využití mastku a mastkových hornin.

Hlavním cílem práce je na základě informací dostupných z literárních zdrojů, vlastních poznatků z terénu a výsledků laboratorních prací zhodnotit stavbu krupníkových těles na vybraných lokalitách, jejich petrografické a mineralogické složení a provést srovnání jednotlivých těles mezi sebou.



### **3 Geologické poměry okolí Sobotína**

Studované území (obr. 1) geologicky náleží k moravskoslezské oblasti Českého masívu, konkrétně k jejím podjednotkám desenské skupině a sobotínskému amfibolitovému masívu, kdy lokalita Bischofsgraben se nachází přibližně v centrální části sobotínského masívu, lokality Medvědí důl, Smrčina a Zadní Hutisko pak při jeho okraji, na styku s horninami desenské skupiny (Kretschmer 1911). V následných podkapitolách je uvedena stručná charakteristika desenské skupiny a sobotínského amfibolitového masívu.

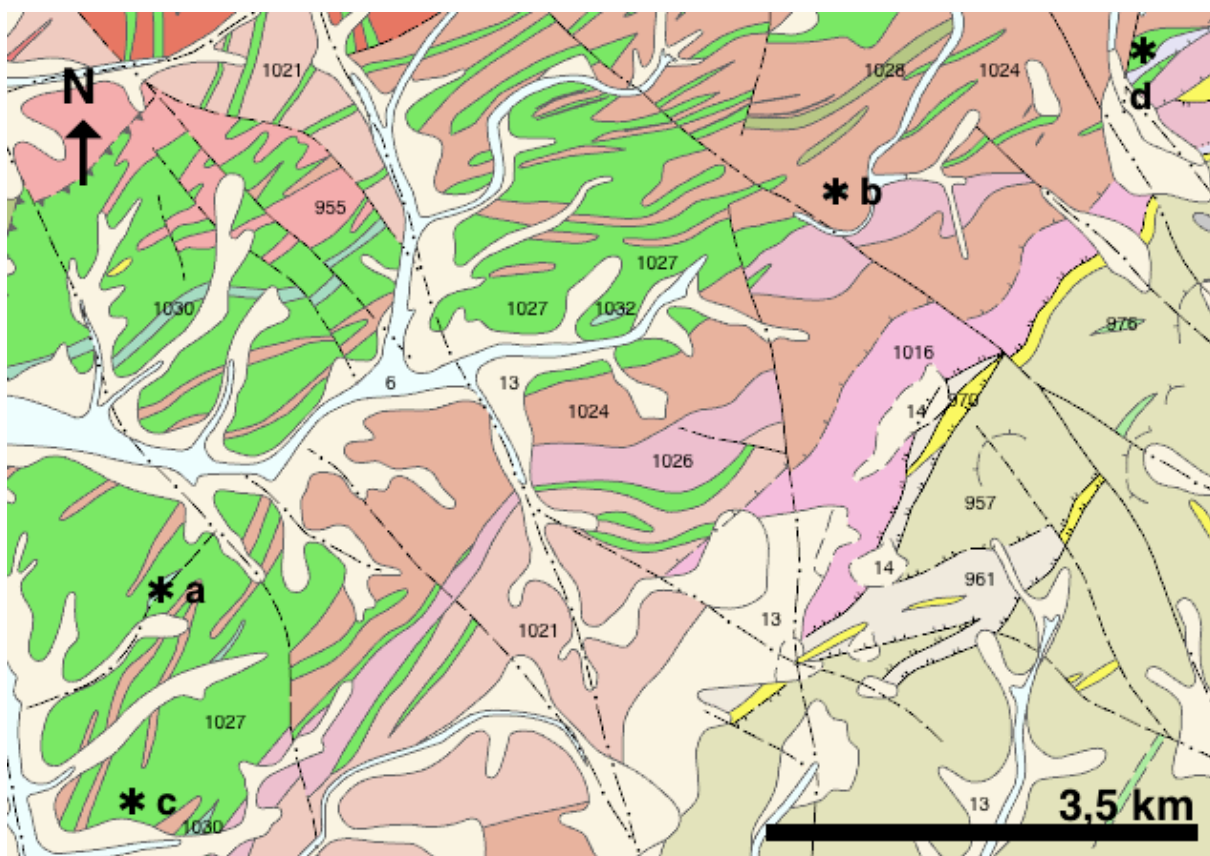
#### **3.2 Desenská skupina**

Desenská skupina je tektonicky jeho nejnižší paraautochtonní jednotkou silezika (Kachlík 2003, Cháb et al. 2008). S keprnickou skupinou se stýká v tzv. koutském synklinoriu (jak uvádí Misař et al. 1983). Podle Chába et al. (2008) ji od keprnické klenby oddělují dislokace zakryté kvarténními sedimenty a západní hranicí je pásmo tektonických šupin Červenohorského sedla. Desenská skupina reprezentuje segment kadomského fundamentu s nejnižším stupněm deformace včleněný do silezika během variské orogeneze (Schulmann a Gayer 2000, Kachlík 2003). Během retrográdní variské metamorfózy byly původní horniny amfibolitové facie z většiny nahrazeny facií zelených břidlic (Cháb et al. 1984). Desenskou skupinu proterozoické krystalinické jádro, složené z retrográdně metamorfovaných rul a migmatitů s případnými vložkami amfibolitů, kvarcitů a erlanů; toto jádro je překryto devonskými metamorfovanými vulkanosedimentárními komplexy vrbenské skupiny (Misař 1983, Cháb et al. 1984, Cháb et al. 1990, Schulmann a Gayer 2000). Devonská vrbenská skupina je složena zejména ze slabě až středně metamorfovaných hornin - kvarcitů, kvarcitických fylitů, svorů, tmavých fylitů a rul se zvýšenou koncentrací uhlíku (jak uvádí Kachlík 2003, Cháb et al. 2008). Desenská skupina také obsahuje historická ložiska páskovaných magnetitových rud a pronikají jí variská tělesa ultrabazických metamorfovaných vulkanitů a intruzív devonského stáří - sobotínský a jesenický masív (Misař et al. 1983, Schulmann a Gayer 2000, Kachlík 2003).

#### **3.1 Sobotínský amfibolitový masív**

Stáří sobotínského amfibolitového masívu je obdobně jako u masívu jesenického devonské, bazická a ultrabazická intruziva penetrovala ruly desenské skupiny; sobotínský

masiv je situován jižně od jesenického masívu (Fiala et al. 1980, Mísař et al. 1983). Sobotínský mafibolitový masiv je složen zejména z metamorfovaných gaber a dioritů (amfibolity, amfibolické ruly a gabroamfibolity), dále jsou v tomto tělese přítomny mastkové břidlice, krupníky, chloritické a aktinolitické břidlice a také výjimečně serpentinity vzniklé hydrotermální přeměnou peridotitů (Kretschmer 1911, Fiala et al. 1980, Mísař et al. 1983).



Obr. 1. Geologické poměry zájmové oblasti (upraveno podle www1)

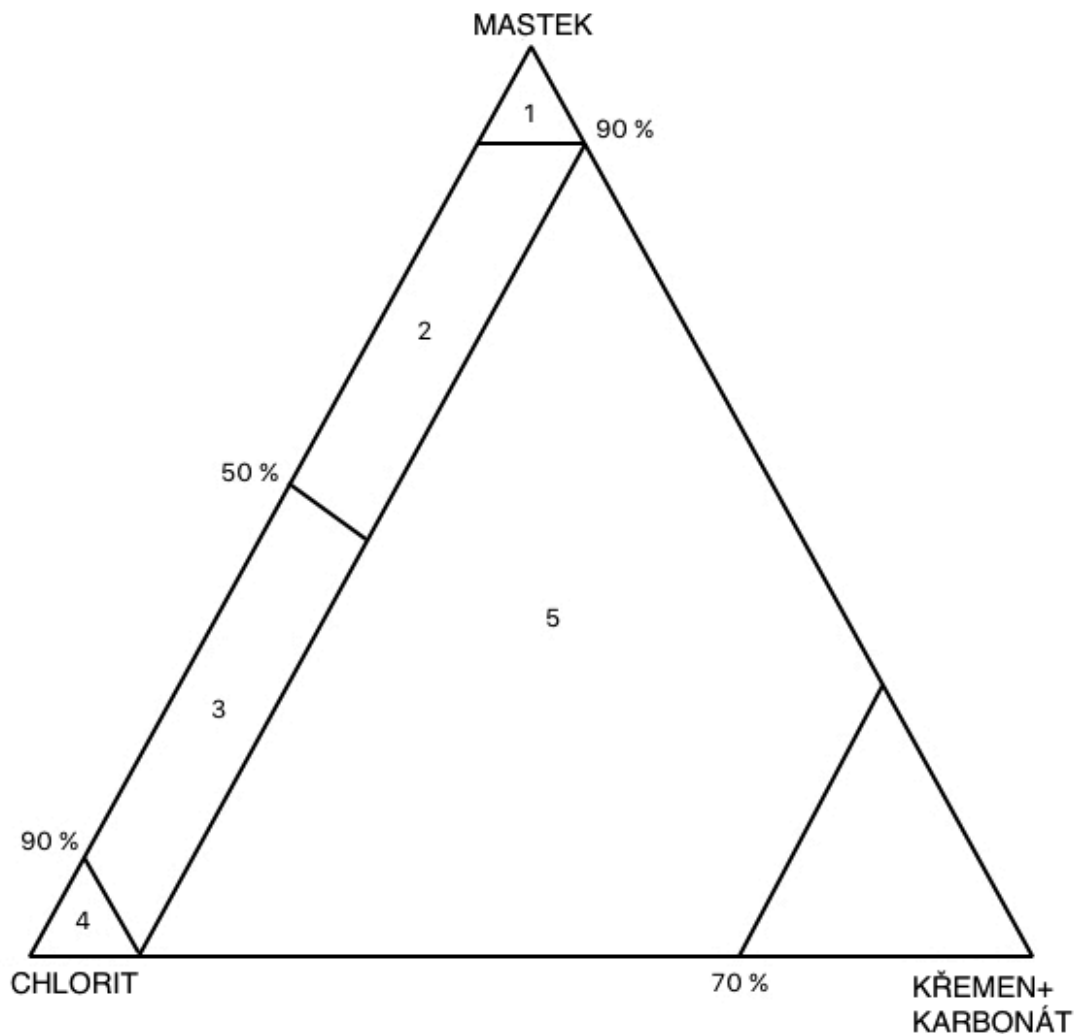
Pozice zájmových lokalit: a – Smrčina, b – Zadní Hutisko, c – Bischofsgraben, d – Medvědí důl  
 6 – nivní sediment, 13 – kamenitý až hlinito-kamenitý sediment, 14 – hlinito-kamenitý, balvanitý až blokový sediment, 955 –leukokrání granit, 957 – svor místy s grafitem, místy vložky zel. bridlic, 961 –fylit a svor s granátem, 970 –kvarcit, 976 –metadolerit, 1016 – muskovitický a biotit-chlorit-muskovitický metagranit, 1021 – fylonitizovaná biotit-chlorit-muskovitická rula, 1024 – biotitická a muskovit-biotitická rula, 1026 – metagranitoid, místy s blastomylonity, 1027 – amfibolit, 1030 – chlorit-aktinolitická břidlice, 1032 – krupník.

## 4 Charakteristika krupníku a mastkových hornin

Definice krupníku se podle různých zdrojů liší, lze tedy říci, že pojem krupník není přesně definován (jak uvádí např. Gába 1989). Z encyklopedií a slovníků se dozvíme, že např. Rinne (1928) krupník řadí do “rodiny” (“Familie”) chloritických a mastkových břidlic a uvádí, že jde o horninu měkkou, lehce opracovatelnou, složenou z chloritu a mastku a proměnlivého množství karbonátu. Podle Teyslera a Kotyšky (1932) se jedná o nádobný kámen, tj. o celistvou horninu ze šupinaté nebo vláknité směsi silikátu Mg (hlavně chloritu a mastku) a karbonátů vyskytující se ve spojení s hadci a chlorit. břidlicí. Svoboda et al. (1960 a 1983) uvádí, že krupník je metamorfovaná hornina složená z mastku s příměsí chloritu, dolomitu, magnesitu, popř. křemene, vznikající přeměnou ultrabazických hornin, zejména peridotitů. Krist a Krivý (1985) považují krupník za odrůdu mastkových břidlic šedé a zelenošedé barvy s všesměrnou nebo usměrněnou texturou, složenou převážně z mastku a značného množství karbonátů (magnezit, dolomit) a z menší části tvořenou i chloritem. Bowes (1989) považuje krupník za horninu tvořenou zejména mastkem s proměnlivým množstvím slíd, chloritu, amfibolů a pyroxenů. Petránek et al. (2016) odkazuje na mastkovou břidlici, tedy slabě metamorfovanou horninu světlé barvy složenou hlavně z mastku, která přibýváním křemene, chloritu a karbonátů přechází v krupník. Z výše uvedených Teysler a Kotyška (1932), Svoboda et al. (1960 a 1983) i Petránek et al. (2016) zmiňují naleziště krupníku u Sobotína, přičemž Petránek et al. (2016) chybně uvádí, že se Sobotín nachází ve Slezsku.

Všechny definice se však shodnou na tom, že krupník je metamorfovaná hornina tvořená mastkem s příměsí karbonátu (zejména magnezit), chloritu a amfibolu, konkrétně tremolitu či aktinolitu (Kretschmer 1911, Stočes a Kočárek 1962, Hejtman 1962, Kraus a Kužvart a Kraus 1987, Gába 1989, Suk 1979, Bucher a Grapes 2011). Dudek et al. (1962) uvádí klasifikační diagram v systému mastek – chlorit – křemen+karbonát, v němž je poloha krupníku zcela jasná (obr. 2).

Krupník je díky vysokému podílu mastku hornina mimořádně měkká a poddajná, snadno se opracovává a lze ji ukrojit nožem či odrýpnout nehtem (Kretschmer 1911, Gába 1989, Gába et al. 2002, Hejtman 1962) . Barva krupníků závisí na podílech minerálů ve složení, obecně je světle šedá až zelenošedá (Hejtman 1962, Gába 1989, Gába et al. 2002) případně narůžovělá (Kretschmer 1911). Krupníky na severní Moravě jsou většinou šedé se



Obr. 2. Diagram řady masková břidlice – chloritická břidlice – krupník podle Dudka et al. (1962).  
 1 – masková břidlice, 2 – chloriticko-masková břidlice, 3 – maskek-chloritická břidlice,  
 4 – chloritická břidlice, 5 – krupník.

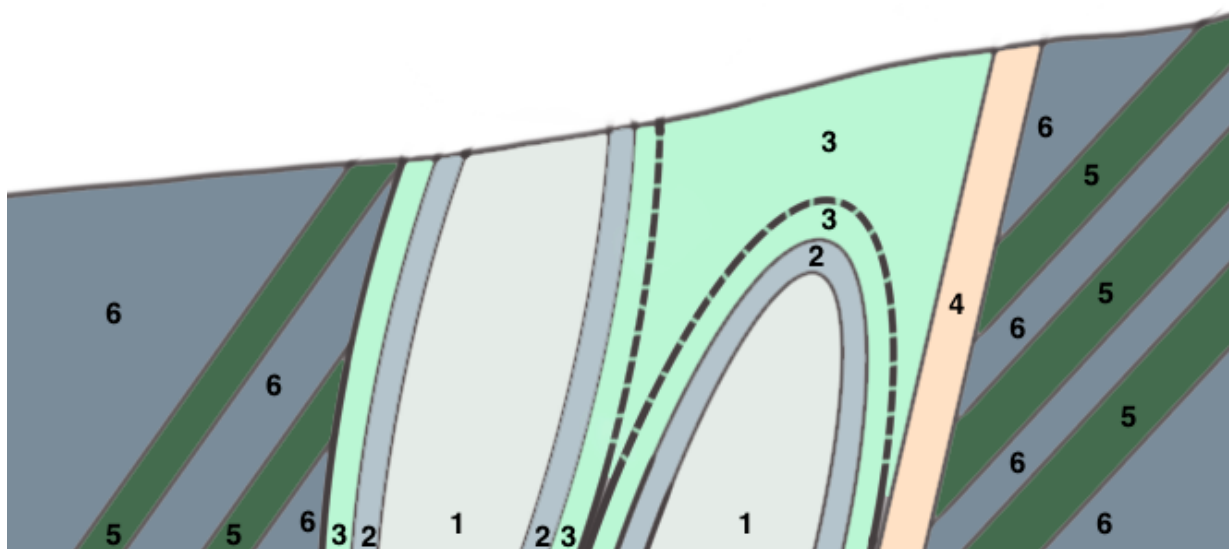
zeleným nádechem, vlivem železa rezavě zbarvené partie poukazují na přítomnost zvětralého dolomitu (Gába 1989).

Textura krupníku je všesměrná nebo usměrněná, kdy výrazná břidličnatost se projevuje u hornin na přechodu do maskové nebo chloritické břidlice (Kretschmer 1911, Hejtman 1962, Gába 1989). V krupníku mohou být přítomny i vyrostlice karbonátu a sloupce aktinolitu, ty mohou tvořit radiálně paprsčité agregáty - tzv. „ledové květy“ (Kretschmer 1911, Gába 1989).

#### 4.1 Stavba krupníkových těles na Sobotínsku

Stavba krupníkových těles v okolí Sobotína byla velmi podrobně prozkoumána Kretschmerem (1911). Na Sobotínsku bylo objeveno dohromady sedm větších krupníkových těles (Kretschmer 1911). Popis většiny těchto těles se shoduje v jejich čočkovitém tvaru a patrné zonální stavbě (Kretschmer 1911, Zimák et al. 2002). Krupníková tělesa na lokalitách Smrčina a Zadní Hutisko jsou svými rozměry největšími v České republice, dříve byla právě pro krupník těžena a přísluší jim dnes statut přírodní památky.

Kretschmer (1911) uvádí, že na lokalitě Smrčina se nacházejí krupníkové čočky dvě: větší čočka o mocnosti 8 - 10 m a délce cca 50 m a čočka menší o mocnosti 3 - 4 m. Stavbu většího tělesa popisuje následovně: střed čočky je tvořen krupníkem, který přechází v maskkovou břidlici, ta přechází v břidlici aktinolitickou, jejíž zóna je úzká a nesouvislá, a dále ve vnější souvislou zónu chloritické břidlice mocnou až 2 m. Čočky jsou obklopeny amfibolitem (obr. 3).



Obr.3. Stavba krupníkových těles na lokalitě Smrčina podle Kretschmera (1911).  
1 – krupník, 2 – maskková břidlice, 3 – aktinolitická/chloritická břidlice, 4 – pegmatit,  
5 – gabroamfibolit, 6 – biotit-plagioklasová rula

Na lokalitě Zadní Hutisko Kretschmer (1911) uvádí tři krupníkové čočky, přičemž jím popisované 35 m mocné těleso má stavbu identickou s tělesem na Smrčině včetně amfibolitového okolí čočky. Jelínek a Souček (1981) popisují stavbu obdobně, avšak ve středu krupníkového jádra uvádějí ještě serpentinit. Zimák et al. (2002) stejně jako Kretschmer (1911) serpentinit nezmiňují, ale mezi zónami maskkové a aktinolitické břidlice

(skaliny) rozlišují ještě zónu břidlice (skaliny) tremolitové. Podle Fialy et al. (1981) můžeme v těsné blízkosti těles pozorovat také blíže neurčenou chlorit-amfibol-epidotovou horninu.

Informace o lokalitě Medvědí důl přináší zejména výzkumy tamější ultramafické horniny Hanžlem (1995) a Fojtem a Vávrou (1997), kteří ji označují jako hornblendit. Hanžl (1995) uvádí, že při okrajích a střižných zónách tektonické šupiny metabazik sobotínského masivu lze najít maskové břidlice. Fojt a Vávra (1997) rozlišují tři variety hornblenditu, z nichž jedna označovaná jako zbřidličnatělý hornblendit se má nacházet ve střižných zónách a na kontaktu s okolní rulou.

Přítomnost maskové břidlice na lokalitě Bischofsgraben uvádí už Kretschmer (1911). Tvoří ji šupinky bílého až světle zeleného masku s až několik cm velkými vyrostlicemi aktinolitu s radiálně paprscitým uspořádáním tvořícím tzv. ledový květ. Kruřa et al. (1967) dále popisuje zóny čistě aktinolitické horniny zelené barvy, která má být světlejší, než její obdoba na lokalitě Smrčina.

## 5 Využití krupníku a mastku

Mastkové horniny jsou ceněné především pro vlastnosti vyplývající z vysokých obsahů mastku. Výhodami mastku jsou jeho malá tvrdost, chemická inertnost, žárovzdornost (mastek se taví asi při 1093 °C), hebkost a vysoká krycí schopnost prášku, vysoký specifický elektrický odpor a velmi dobré absorpční schopnosti pro tuk, barvy, oleje a pryskyřice (Stoček a Kočárek 1962, Kužvart 1984, Gába et al. 2002). Pro tyto vlastnosti nachází využití ve mnoha průmyslových odvětvích: strojný průmysl (mazivo), chemický průmysl (výroba výbušnin, kosmetika - mýdla, pasty na zuby, pudry), sklářský průmysl (vymazávání a odbarvování forem), gumárenství (výroba izolačních hadic) atd. (Kužvart 1984).

Krupník se využívá k získávání mastku, také pro žárovzdornost jako materiál pro vyzdívkou pecí a žárovzdorných cihel pro stavbu krbů, dále pak pro dobrou opracovatelnost a odolnost vůči zvětrávání (při nepřilíš vysokých podílech dolomitu) ve stavebnictví jako materiál pro výrobu umělých krytin a kamenických výrobků (Hejtman 1962, Gába 1989, Kužvart 1984, Gába et al. 2002). Gába (1989) uvádí obdobná využití krupníku i v zahraničí, kdy jej zmiňuje například jako stavební materiál použitý při výstavbě chrámu v Helsinkách.

## 6 Historie těžby krupníku na Sobotínsku

Podrobné historii těžby krupníku na Sobotínsku se věnuje zejména Gába (1989). Jako nejintenzivněji těžené uvádí lomy na lokalitách Smrčina, Zadní Hutisko a Kosaře. Dále zmiňuje tři menší opuštěné lokality: Přední Hutisko nad horním koncem Kosařů, druhé asi 500 m severně od Sedmi Dvorů a poslední na Měďném západně od Vernířovic. Další výskyty krupníku uvádí jako pro těžbu nevýznamné.

Gába (1989) shledává krupník velice dobrou surovinou pro kamenickou výrobu, výroba byla podle něj snadná a vhodná i pro méně kvalifikované osoby, díky své puklinatosti materiál umožňoval i produkci rozměrných výrobků o délce přes 2 m. Zároveň krupník popisuje na základě vlastních pozorování lokálních výrobků jako mimořádně odolný vůči zvětrávání, avšak u krupníků s vyššími obsahy dolomitu pozoruje na zhotovených výrobcích patrné stopy zvětrávání ve formě rezavých šmouh a žilek. Navzdory měkkosti považuje krupník i za materiál odolný vůči mechanickému poškození, zejména krupník s masívní texturou. U krupníkových prahů a schodů popisuje větší odolnost vůči sešlapu než u běžně užívaných druhů pískovců.

Nejstaršími spolehlivě datovanými výrobky ze sobotínského krupníku jsou podle Gáby (1989) žerotínské hraniční kameny z roku 1669, poslední spolehlivě ověřitelné výrobky se datují k roku 1867.

První historický písemný doklad o těžbě krupníku v oblasti je však patrně rukopis Historický popis panství Vízemberk od neznámého autora z roku 1802, který zmiňuje dnešní lokalitu Kosaře, tehdy lom ve Vernířovicích před Schwefelsteinem, jako jediný tehdy známý lom na krupník. Krupník se těžil pro potřebu železáren (Gába 1989). Od roku 1870 těžba rychle upadá a krupník se spíše než na okrasné účely používá na praktické stavební prvky obytných a hospodářských budov (Gába 1989).

Úplně však těžba pro potřeby železáren neskončila, jelikož Kretschmer (1911) toto využití v poslední čtvrtině 19. století stále zachycuje, avšak s tím rozdílem, že namísto vysokých pecí slouží krupník jako vyzdívka pro méně tepelně namáhaná zařízení (parní kotle, generátory, kupolové pece). Podle Kretschmera (1911) je nejvýznamějším lomem Smrčina. Popisuje i těžbu na Měďném, kde došlo postupně k vytěžení ložiska, a na Zadním Hutisku, kde krupník v té době ještě vytěžen není. Stejně jako jeho předchůdci zmiňuje využití krupníku v kamenictví.



Podle pamětníků se pak přebytečný vytěžený materiál dál okrajově využíval až do třicátých let 20. století. Krupníkové kvádry lze najít například v podezdívce budovy Domova důchodců v Sobotíně, která byla postavena v letech 1921 - 1922, tedy v době, kdy již měly být podle literárních zdrojů všechny lomy mimo provoz. Gába (1989) sice připouští možnost dočasného obnovení těžby, ale přiklání se spíše k recyklaci materiálu zbylého po likvidaci železáren.

## 7 Metodika

Na zájmových lokalitách Smrčina, Zadní Hutisko, Bischofsgraben a Medvědí důl byla provedena písemná dokumentace stavu lokality, fotodokumentace a odebrány reprezentativní vzorky. V případě, že nebylo možné odebrat vzorky na místě, byly pro pozější zpracování použity vzorky ze sbírky vedoucího práce nasbírané na příslušných lokalitách v 90. letech 20. stol. Vzorky byly následně očištěny a dále zpracovány pro další výzkum.

Pro studium v polarizačním mikroskopu byly ze vzorků vyhotoveny leštěné výbrusy (panem J. Povolným, PřF MU Brno). Výbrusy byly studovány v procházejícím světle ve standardním polarizačním mikroskopu.

Dalé bylo pužito rentgenfluorescenční (EDXRF, dále jen XRF) analýzy ke zjištění horninového charakteru krupníkového tělesa, jenž je definován přítomností jeho hlavních horninotvorných minerálů: mastku (Tlc), amfibolu (Ac) a chloritu (Chl). Tyto tři minerály jsou dominantní složkou odpovídajících monominerálních břidlic tvořících hlavní zóny krupníkového tělesa. Pro tuto analýzu bylo potřeba prvně vzorky namlít na jemný prášek a stlačit do pelet. Následně byla provedena analýza pomocí přístroje DELTA-PREMIUM v laboratoři URGA, s.r.o.

Chemismus horninotvorných a akcesorických minerálů byl zjišťován vlnově disperzní analýzou (WDX). Leštěné výbrusy byly nejdříve potaženy grafitem a následně zkoumány elektronovým mikroanalyzátozem Cameca SX100 (analýzu prováděli P. Gadas a J. Heifler. PřF MU Brno). Zároveň byly vzorky zkoumány pomocí zpětně odražených elektronů (tzv. BSE obraz).

Standardsy použité pro WDX analýzy:

Spinelidy: průměr svazku 2  $\mu\text{m}$ , 15 keV, 20 nA; použité standardy: kolumbit-ivigtut (Fe),  $\text{Ni}_2\text{SO}_4$  (Ni), spessartin (Mn, Si), titanit (Ti),  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$  (Al, Mg), gahnit (Zn), chromit (Cr), wollastonit (Ca, Si), hematit (Fe),  $\text{ScVO}_4$  (V), Co (Co), pyrop (Fe), vanadinit (V).

Amfiboly: průměr svazku: 3  $\mu\text{m}$ , 15 keV, 10 nA; použité standardy: albit (Na), sanidin (Si, Al, K), olivín (Mg), wollastonit (Ca), chromit (Cr), titanit (Ti), almandin (Fe), spessartin (Mn), vanadinit (Cl),  $\text{Ni}_2\text{SiO}_4$  (Ni), topaz (F), gahnit (Zn),  $\text{ScVO}_4$  (Sc), fluorapatit (P).

Slídy: průměr svazku 5  $\mu\text{m}$ , 15 keV, 10 nA; použité standardy: albit (Na), sanidin (Al, K), pyrop (Mg), wollastonit (Ca, Si), titanit (Ti), baryt (Ba), chromit (Cr), almandin (Fe), spessartin (Mn), vanadinit (V, Cl, Pb),  $\text{Ni}_2\text{SiO}_4$ (Ni), topaz (F), gahnit (Zn).

Živce: průměr svazku 5  $\mu\text{m}$ , 15 keV, 10 nA; použité standardy: albit (Na), sanidin (Si, Al, K), baryt (Ba), fluorapatit (P), wollastonit (Ca), andradit (Fe),  $\text{SrSO}_4$  (Sr).

Apatit: průměr svazku 5  $\mu\text{m}$ /7  $\mu\text{m}$ /8  $\mu\text{m}$ , 15 keV, 10 nA ; použité standardy: albit (Na), sanidin (Al),  $\text{YPO}_4$  (Y),  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$  (Mg),  $\text{SrSO}_4$  (Sr, S), fluorapatit (P, Ca),  $\text{LaPO}_4$  (La),  $\text{CePO}_4$  (Ce), TiO (Ti), vanadinit (Cl), baryt (Ba), brabantit (Th), U (U),  $\text{PrPO}_4$  (Pr), almandin (Fe), spessartin (Mn, Si),  $\text{NdPO}_4$  (Nd), topaz (F).

Titanit: průměr svazku 2  $\mu\text{m}$ , 15 keV, 20 nA; použité standardy: albit (Na), titanit (Si, Ti), sanidin (K, Al), pyrop (Mg),  $\text{CePO}_4$  (Ce),  $\text{LaPO}_4$  (La), Sn (Sn), kolumbit-lvigut (Nb),  $\text{CrTa}_2\text{O}_6$  (Ta), almandin (Fe), topaz (F), brabantit (Th), vanadinit (V), zirkon (Zr),  $\text{ScVO}_4$  (Sc),  $\text{YPO}_4$  (Y),  $\text{PrPO}_4$  (Pr),  $\text{NdPO}_4$  (Nd), wollastonit (Ca).

Zirkon: průměr svazku 2  $\mu\text{m}$ , 15 keV, 20 nA; použité standardy: albit (Na), TiO (Si, Ti), zirkon (Si, Zr), Hf (Hf), sanidin (Al), fluorapatit (P), brabantit (Th), U (U), almandin (Fe), topaz (F),  $\text{ScVO}_4$  (Sc),  $\text{DyPO}_4$  (Dy),  $\text{ErPO}_4$  (Er),  $\text{YbPO}_4$  (Yb),  $\text{YPO}_4$  (Y).

Allanit: průměr svazku 2  $\mu\text{m}$  a 5  $\mu\text{m}$ , 15 keV, 20 nA; použité standardy: albit (Na),  $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$  (Mg), sanidin (Si, K, Al),  $\text{SrSO}_4$  (Sr),  $\text{LaPO}_4$  (La),  $\text{CePO}_4$  (Ce), baryt (Ba), U (U),  $\text{ScVO}_4$  (Sc), fluorapatit (P), almandin (Fe), grossular (Ca), titanit (Ti), spessartin (Mn), hematit (Fe), chromit (Cr), zirkon (Zr), vanadinit (Cl, V, Pb), brabantit (Th), wollastonit (Ca),  $\text{NdPO}_4$  (Nd),  $\text{SmPO}_4$  (Sm),  $\text{PrPO}_4$  (Pr),  $\text{DyPO}_4$  (Dy),  $\text{ErPO}_4$  (Er),  $\text{GdPO}_4$  (Gd), topaz (F),  $\text{YbPO}_4$  (Yb),  $\text{TbPO}_4$  (Tb),  $\text{HoPO}_4$  (Ho),  $\text{YPO}_4$  (Y).

Epidot: průměr svazku 2  $\mu\text{m}$ , 15 keV, 10 nA; použité standardy: albit (Na), sanidin (Si, Al, K),  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$  (Mg), grossular (Ca), chromit (Cr), baryt (Ba), titanit (Ti), almandin (Fe),  $\text{Mn}_2\text{SiO}_4$  (Mn), vanadinit (V), Ni (Ni), NaCl (Cl), topaz (F), gahnit (Zn),  $\text{SrSO}_4$  (Sr).

Chlorit: průměr svazku 5  $\mu\text{m}$ , 15 keV, 10 nA ; použité standardy: albit (Na), sanidin (Si, Al, K), MgO (Mg), titanit (Ti), baryt (Ba), chromit (Cr), almandin (Fe), spessartin (Mn), vanadinit (V, Ca),  $\text{Ni}_2\text{SiO}_4$  (Ni), wollastonit (Ca), topaz (F), gahnit (Zn).  $\text{SrSO}_4$  (Sr),  $\text{ScVO}_4$  (V).

Rutil a ilmenit: průměr svazku 2  $\mu\text{m}$ , 15keV, 10 nA; použité standardy: kolumbit-lvigut (Fe, Nb),  $\text{MnSiO}_4$  (Mn), W (W),  $\text{CrTa}_4\text{O}_6$  (Cr), anatas hardangervidda (Ti), wollastonit (Ca), titanit (Si), sanidin (Al), chromit (Cr), Sn (Sn), pyrop (Mg), vanadinit (V),  $\text{ScVO}_4$  (Sc), zirkon (Zr), gahnit (Zn).

Mastek: průměr svazku 5  $\mu\text{m}$ , 15 keV, 10 nA; použité standardy: albit (Na), wollastonit (Si,Ca), olivín (Mg), vanadinit (Ca), titanit (Ti), baryt (Ba), chromit (Cr), almandin (Fe), spessartin (Mn),  $\text{ScVO}_4$  (V), gahnit (Zn), topaz (F),  $\text{SrSO}_4$  (Sr),  $\text{Ni}_2\text{SiO}_4$  (Ni).

Karbonát: průměr svazku 7  $\mu\text{m}$ , 15 keV, 10nA;  $\text{MgSiO}_4$  (Mg),  $\text{SrSO}_4$  (Sr, S), sanidin (Si), fluorapatit (P, Ca), almandin (Fe), spessartin (Mn), baryt (Ba), topaz (F).

Ilmenit: průměr svazku 2  $\mu\text{m}$ , 15 keV, 20 nA; použité standardy: kolumbit-ivigtut (Fe, Nb),  $\text{MnSiO}_4$  (Mn), W (W),  $\text{CrTa}_2\text{O}_6$  (Ta), TiO (Ti), wollastonit (Ca), titanit (Si), sanidin (Mn), vanadinit (Pb, V), chromit (Cr), Sn (Sn), pyrop (Mg),  $\text{ScVO}_4$  (Sc), zirkon (Zr), gahnit (Zn).

Výsledky v zadání uvedených energiově disperzních analýz (EDX), dříve získaných vedoucím práce, nakonec nebyly pro svou nepřesnost použity.

Výsledky analýz byly zpracovány softwarem MS Excel a Formula. Tyto výsledky byly uspořádány do tabulek, analýzy řádně očíslovány a zařazeny podle jednotlivých skupin minerálů. Zároveň byl do tabulek uveden horninový vzorek, na kterém byla analýza provedena, pročež byly pro s výjimkou krupníku stanoveny tyto zkratky: Ac – aktinolitická břidlice, Chl – chloritická břidlice, Tlc – mastková břidlice, Ep-Chl – epidot-chloritická skalina, Tlc-Ac – mastek-aktinolitická břidlice, Ac-Tlc – aktinolit-mastková břidlice, Chl-Ac – chlorit-aktinolitická břidlice, Ac-Chl – aktinolit-chloritická břidlice.

## 8 Výsledky terénních a laboratorních prací

V následujících podkapitolách jsou uvedeny výsledky samostatného výzkumu rozdělené po jednotlivých lokalitách v pořadí: Smrčina, Zadní Hutisko, Bischofsgraben a Medvědí důl. Každá kapitola začíná terénním popisem lokality, následuje charakteristika hornin na základě XRF analýz a mineralogická charakteristika založená na studiu výbrusů a analýzách WDX. Tyto analýzy jsou doplněny o klasifikační diagramy příslušných minerálů.

### 7.1 Smrčina

Lokalita Smrčina leží asi 200 m pod kótou Smrčina (670 m. n. m.). Lokalita se nalézá nedaleko obce Sobotín, z obce vede k lokalitě asi 1,5 km dlouhý úsek modré turistické trasy nebo cca 1 km dlouhá cesta po pěšině vedoucí od sobotínského kostela. Lokalita je jednou ze zastávek na naučné stezce Sobotín - Maršíkov a v její těsné blízkosti stojí turistická chata. GPS souřadnice lokality jsou 50°0'59,107"N 17°6'37,533"E.

Lokalita je dnes vytěžený lom, dříve využívaný právě pro těžbu krupníku, mající statut přírodní památky. Jedná se o jámový lom o rozměrech cca 40 x 15 m a hloubce asi 12 m. Stěny lomu jsou dnes zarostlé a pokryté suti a na dno lomu se dá sestoupit po dřevěných schodech (obr. 4). V lomu jsou patrné již pouze fragmenty vytěženého krupníkového tělesa, avšak příslušné horniny je možné nalézt v těsné blízkosti lomu na až 10 m vysokých haldách (obr. 5). Čočky jsou obklopeny amfibolitem, v haldovém materiálu lze nalézt i úlomky metahornblenditu.



Obr. 4. Lom Smrčina, pohled shora. Foto: Z. Juránková, listopad 2016.



Obr. 5. Odtěžený haldový materiál z lomu Smrčina. Foto: Z. Juránková, listopad 2016. 2016)

Z horninových typů lze rozlišit světle šedý až šedozelený krupník masivní textury. Jsou na něm viditelné limonitové náteky pravděpodobně coby pozůstatky po zvětralých zrnech karbonátu. Dále je přítomna mastková břidlice šedozelené barvy a plošně paralelní textury, místy se v ní dají nalézt stébla aktinolitu či šupiny chloritu. Aktinolitická břidlice z lokality Smrčina má plošně palalení či všesměrnou texturu, mezi aktinolitem lze ojediněle spatřit velmi jemně šupinkovitý mastek či větší lupínky chloritu. Chloritická břidlice je velmi tmavě zelená, černozeleň až černá (obr. 6). Textura horniny je všesměrná, někdy plošně paralelní a mimo chloritu je makroskopicky viditelný aktinolit tvořící sloupce mezi šupinami chloritu. V rámci haldového materiálu je možné na lokalitě nalézt i tmavý všesměrně zrnitý amfibolit.

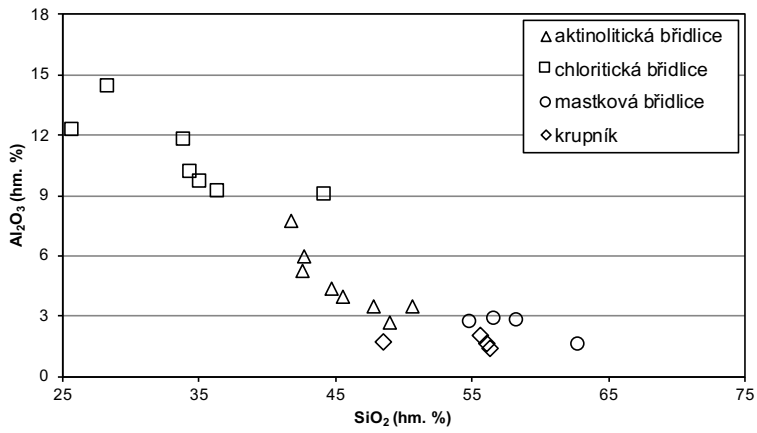


Obr.6. Chloritická břidlice z lokality Smrčina. Foto: Zuzana Juránková, listopad 2016.

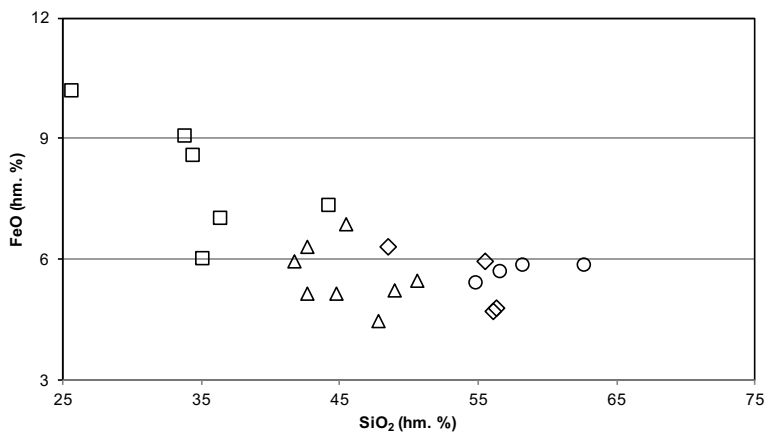
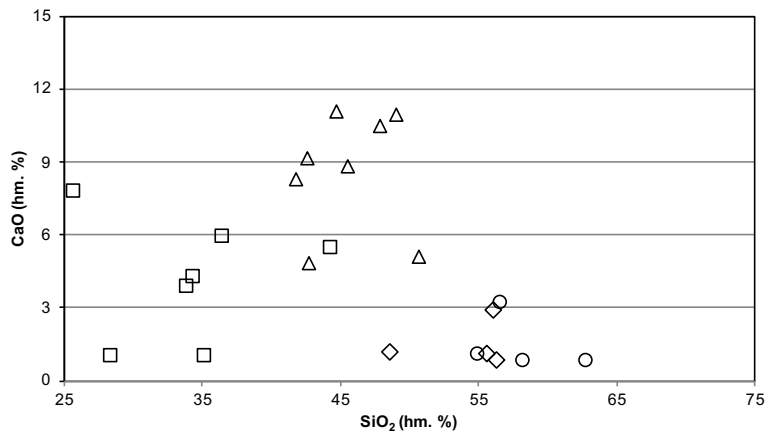
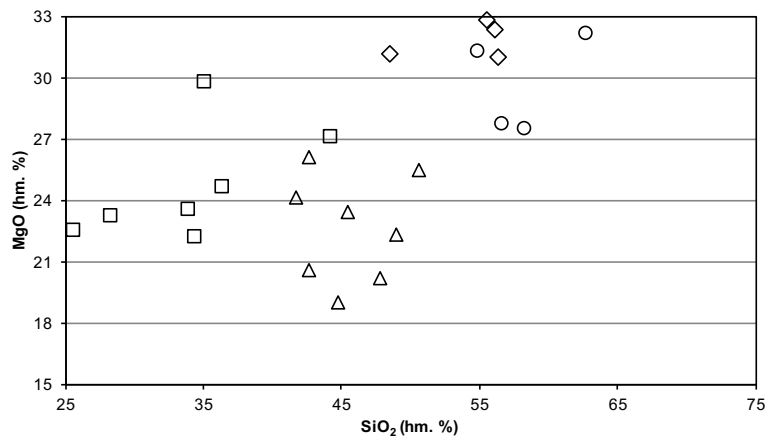
Údaje o chemismu hornin krupníkového tělesa z lokality Smrčina uvedené v tab. 1 a znázorněné Harkerovým diagramem (obr. 7) byly získány XRF analýzami 24 vzorků jeho hlavních horninových typů – krupníku, Tlc-břidlice, Ac-břidlice a Chl-břidlice. Směrem od vnitřního krupníkového jádra ven klesá obsah MgO. Podobnou tendenci mají i obsahy SiO<sub>2</sub> s tím rozdílem, že jsou v centru tělesa nižší než u Tlc-břidlice, od které se však opět směrem ke vnější Chl-břidlici snižují. V Tlc-břidlici je též nejvyšší obsah Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, zároveň obsahuje nejméně MnO a spolu s krupníkem obsahují nejnižší množství TiO<sub>2</sub>. Relativně vyšší obsahy TiO<sub>2</sub> stejně jako Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> a FeO byly zjištěny v Chl-břidlici. Ac-břidlice podle měření obsahuje nejvíce CaO.

	Krupník n = 4			Mastková břidlice n = 4			Aktinolitická břidlice n = 9			Chloritická břidlice n = 7		
	min	max	x	min	max	x	min	max	x	min	max	x
SiO <sub>2</sub> (hm. %)	48,48	56,30	54,09	54,92	62,78	58,16	41,69	50,61	45,54	25,68	44,26	34,03
TiO <sub>2</sub> (hm. %)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,22	0,11	0,05	1,03	0,41
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (hm. %)	1,43	2,04	1,71	1,61	2,85	2,49	2,71	7,74	4,64	9,04	14,42	10,93
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (hm. %)	0,15	0,21	0,18	0,17	0,61	0,33	0,00	0,18	0,11	0,00	0,13	0,05
MgO (hm. %)	31,01	32,83	31,87	27,53	32,19	29,68	19,07	26,30	23,10	22,19	29,75	24,71
FeO (hm. %)	4,72	6,33	5,46	5,41	5,87	5,70	4,52	6,92	5,68	6,03	12,79	8,72
CaO (hm. %)	0,81	2,90	1,51	0,75	3,18	1,43	4,84	11,09	8,32	0,97	7,75	4,15
MnO (hm. %)	0,05	0,25	0,14	0,03	0,11	0,07	0,13	0,26	0,20	0,07	0,20	0,15
Sr (ppm)	6	23	14	8	10	9	12	34	22	6	80	21
Zr (ppm)	2	7	5	7	11	9	2	45	20	17	426	120
Co (ppm)	57	79	69	44	67	59	26	53	39	0	76	38
Ni (ppm)	1840	2545	2129	1378	3032	2004	266	1491	1008	0	1247	591
Zn (ppm)	37	47	42	40	119	73	47	93	63	60	214	110

Tab. 1. Výsledky XRF analýz udávající chemismus hornin krupníkového tělesa na lokalitě Smrčian (n = počet vzorků, x = průměr, celkové železo je vyjádřeno jako FeO).

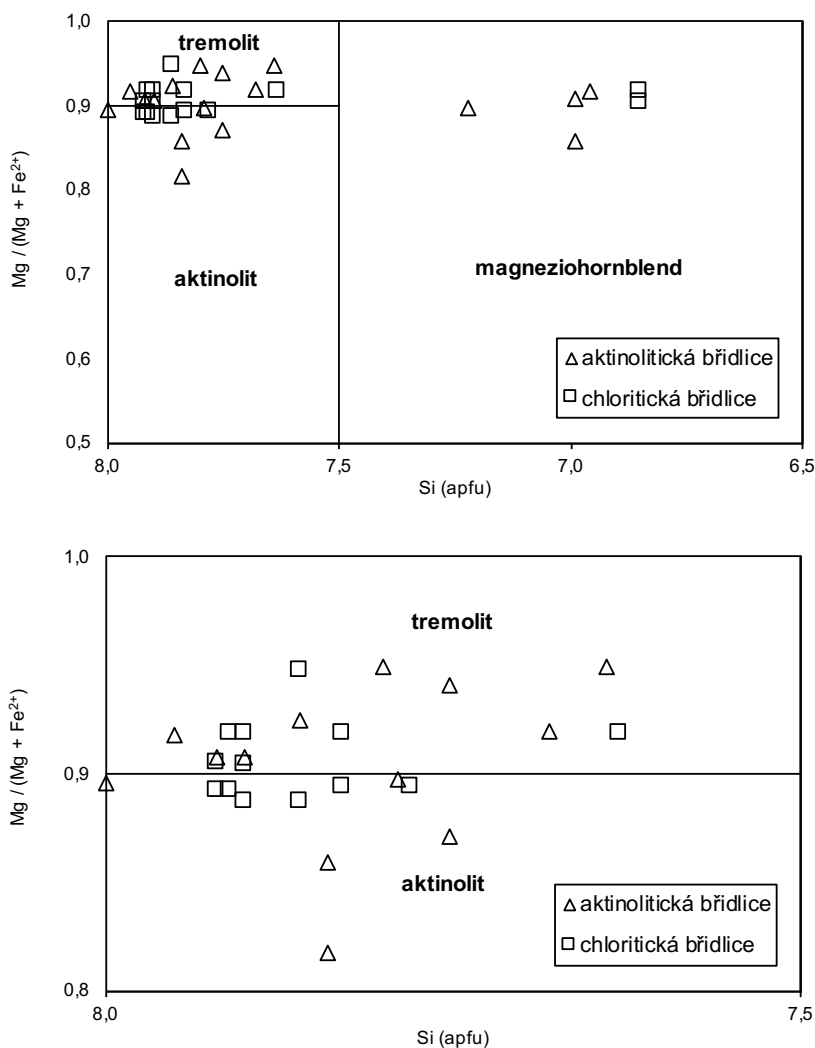


Obr. 7. Harkerův diagram pro horniny krupnikového tělesa na lokalitě Smrčina.





Horniny krupníkového tělesa byly mikroskopicky pozorovány pro zjištění vlastností hlavních horninotvorných minerálů. Zrna amfibolů měla tvar hypautomorfně omezených sloupců, stébel či jehlic. Amfiboly vykazovaly znaky tremolitu i aktinolitu - některá zrna byla bezbarvá a bez pozorovatelného pleochroismu (tremolit) a jiná byla zřetelně pleochroická v rozpětí od světle žluté po světle zelenou barvu (aktinolit). V amfibolem dominantních horninách byla zrna uspořádána především paralelně, v ostatních horninových typech byla sloupcovitá zrna uspořádána paralelně i všesměrně, v některých případech tvořila i drobné radiálně paprscité agregáty. V Tlc-břidlici tvořil amfibol sloupcovité vyrostlice šikmé vůči okolnímu plošně paralelnímu mastku. Úhly zhášení amfibolů byly naměřené v rozmezí 12° – 16°. Z klasifikačního diagramu (obr. 8) podle Leakeho (1978) sestaveného z výsledků WDX analýz (tab. 2, 3 a 4) a lze zařadit většinu amfibolů z Ac i Chl břidlice mezi tremolity a aktinolity, pouze s několika výjimkami odpovídajícími magneziohornblendu obr.



Obr. 8. Klasifikační diagram podle Leakeho (1978) pro amfiboly z aktinolických a chloritických břidlic krupníkového tělesa na lokalitě Smrčina.

Tab. 2. Výsledky WDX analýz amfibolu z lokality Smrčina.

anal. č.	amfibol							
	1	2	3	4	5	6	7	8
hornina	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Chl	Chl
SiO <sub>2</sub>	54,71	57,67	57,39	55,45	51,57	57,88	57,36	57,36
TiO <sub>2</sub>	0,08	0,01	0,04	0,11	0,31	0,03	0	0,02
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	0	0,01	0	0,04	0,04	0,02	0,06
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,20	0,48	0,79	2,77	5,91	0,24	1,38	0,92
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,09	0,01	0,06	0,05	0,06	0	0,02	0,01
Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01	0	0	0	0,02	0	0,02	0
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0,03	0,01	0,06	0,07	0	0,05	0,01
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,00	0,58	2,04	2,44	4,63	0,12	0	0
FeO	1,89	3,45	3,01	3,65	2,94	4,34	3,96	4,01
FeO <sup>tot</sup>	5,49	3,97	4,84	5,84	7,11	4,45	3,96	4,01
MgO	19,72	21,72	21,00	20,03	18,57	21,34	21,20	21,27
MnO	0,42	0,28	0,34	0,27	0,23	0,24	0,18	0,21
NiO	0,08	0,08	0,16	0,04	0,04	0,02	0,05	0,12
CaO	11,97	13,17	12,61	12,67	12,35	13,09	13,15	13,32
ZnO	0,02	0,03	0,05	0	0,06	0,16	0	0,01
K <sub>2</sub> O	0,09	0,02	0,02	0,08	0,12	0,05	0,04	0
Na <sub>2</sub> O	0,39	0,07	0,14	0,33	0,78	0,04	0,19	0,11
F	0,07	0,09	0,08	0,09	0,12	0,09	0,12	0,14
Cl	0	0,01	0	0,01	0,01	0	0	0
O=F	-0,03	-0,04	-0,03	-0,04	-0,05	-0,04	-0,05	-0,06
O=Cl	0	-0,00	0	-0,00	-0,00	0	0	0
suma	96,71	97,66	97,71	98,00	97,78	97,64	97,69	97,51
Si <sup>4+</sup>	7,64	7,95	7,92	7,68	7,22	8,00	7,90	7,92
Ti <sup>4+</sup>	0,01	0	0	0,01	0,03	0	0	0
P <sup>5+</sup>	0	0	0	0	0,01	0,01	0	0,01
Al <sup>3+</sup>	0,53	0,08	0,13	0,45	0,98	0,04	0,22	0,15
Cr <sup>3+</sup>	0,01	0	0,01	0,01	0,01	0	0	0
Sc <sup>3+</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0
V <sup>3+</sup>	0	0	0	0,01	0,01	0	0,01	0
Fe <sup>3+</sup>	0,42	0,06	0,21	0,25	0,49	0,01	0	0
Fe <sup>2+</sup>	0,22	0,40	0,35	0,42	0,34	0,50	0,46	0,46
Mg <sup>2+</sup>	4,11	4,46	4,32	4,13	3,88	4,40	4,36	4,38
Mn <sup>2+</sup>	0,05	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03
Ni <sup>2+</sup>	0,01	0,01	0,02	0	0,01	0	0,01	0,01
Ca <sup>2+</sup>	1,79	1,95	1,86	1,88	1,85	1,94	1,94	1,97
Zn <sup>2+</sup>	0	0	0,01	0	0,01	0,02	0	0
K <sup>+</sup>	0,02	0	0	0,01	0,02	0,01	0,01	0
Na <sup>+</sup>	0,11	0,02	0,04	0,09	0,21	0,01	0,05	0,03
F <sup>-</sup>	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,05	0,06
Cl <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0
O <sup>2-</sup>	22,97	22,96	22,96	22,96	22,94	22,96	22,95	22,94

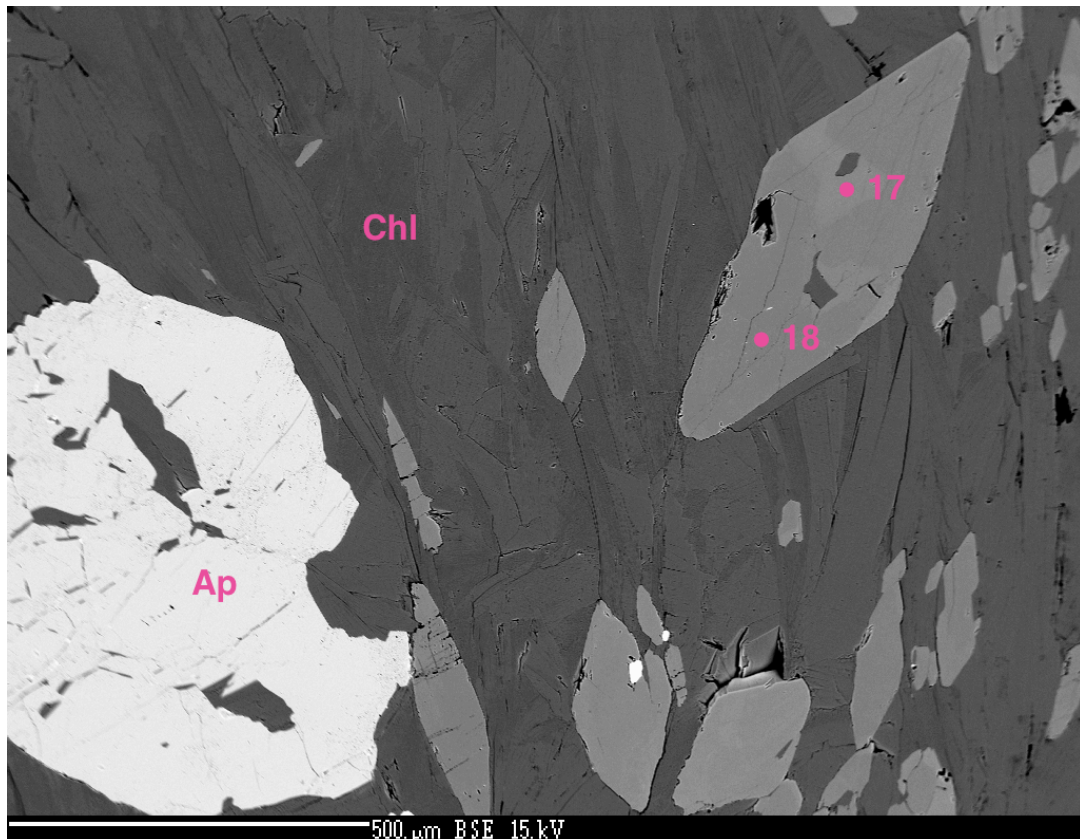
Tab. 3. Výsledky WDX analýz amfibolu z lokality Smrčina.

anal. č.	amfibol							
	9	10	11	12	13	14	15	16
hornina	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac
SiO <sub>2</sub>	56,41	56,32	56,44	49,18	56,23	47,27	57,15	56,89
TiO <sub>2</sub>	0,02	0,05	0,04	0,08	0,01	0,09	0,02	0,04
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	0,02	0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,35	0,96	1,04	7,59	1,05	7,53	0,90	0,91
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,21	0,06	0,19	0,86	0,26	0,92	0,18	0,16
Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	0	0
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	0	0,02
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,07	3,08	3,56	7,24	4,63	5,61	2,06	0,62
FeO	4,03	5,56	5,11	4,53	3,95	5,87	2,45	3,77
FeO <sup>tot</sup>	7,69	8,34	8,31	11,04	8,13	10,92	4,31	4,33
MgO	19,69	19,19	19,26	15,54	19,43	14,74	21,65	21,13
MnO	0,26	0,36	0,38	0,32	0,38	0,30	0,26	0,28
NiO	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	0,07	0,09
CaO	12,46	12,66	12,60	11,69	12,38	11,75	13,06	13,07
BaO	0	0,01	0,02	0	0	0,02	nest.	nest.
ZnO	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	0,03	0
K <sub>2</sub> O	0,04	0,04	0,03	0,10	0,03	0,11	0	0
Na <sub>2</sub> O	0,23	0,16	0,14	1,08	0,14	1,03	0,12	0,11
F	0	0	0	0	0	0	0,04	0,06
Cl	0,02	0,01	0,02	0	0,01	0,01	0	0,01
O=F	0	0	0	0	0	0	-0,02	-0,03
O=Cl	-0,00	-0,00	-0,00	0	-0,00	-0,00	0	-0,00
suma	98,78	98,47	98,82	98,21	98,51	95,25	98,00	97,13
Si <sup>4+</sup>	7,79	7,84	7,752	6,99	7,80	6,96	7,86	7,90
Ti <sup>4+</sup>	0	0,01	0	0,01	0	0,01	0	0
P <sup>5+</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0
Al <sup>3+</sup>	0,22	0,16	0,17	1,27	0,17	1,31	0,15	0,15
Cr <sup>3+</sup>	0,02	0,01	0,02	0,10	0,03	0,11	0,02	0,02
Sc <sup>3+</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0
V <sup>3+</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0
Fe <sup>3+</sup>	0,42	0,32	0,37	0,77	0,48	0,62	0,21	0,07
Fe <sup>2+</sup>	0,47	0,65	0,59	0,54	0,46	0,72	0,28	0,44
Mg <sup>2+</sup>	4,05	3,98	3,98	3,29	4,02	3,23	4,44	4,38
Mn <sup>2+</sup>	0,03	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,03	0,03
Ni <sup>2+</sup>	0	0	0	0	0	0	0,01	0,01
Ca <sup>2+</sup>	1,84	1,89	1,87	1,80	1,84	1,85	1,92	1,95
Ba <sup>2+</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0
Zn <sup>2+</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sup>+</sup>	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0	0
Na <sup>+</sup>	0,06	0,04	0,04	0,30	0,04	0,29	0,03	0,03
F <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	0	0,02	0,03
Cl <sup>-</sup>	0,01	0	0,01	0	0	0	0	0
O <sup>2-</sup>	22,99	23,00	22,99	23,00	23,00	23,00	22,98	22,97

Tab. 4. Výsledky WDX analýz amfibolu z lokality Smrčina.

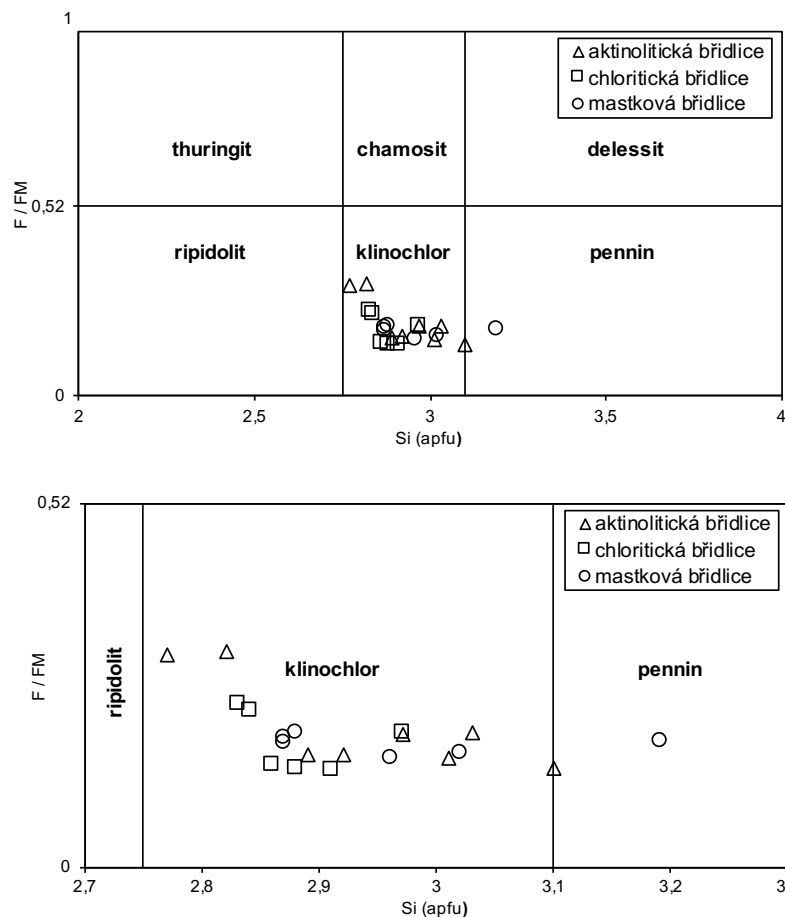
anal. č.	amfibol						
	17	18	19	20	21	22	23
hornina	Chl	Chl	Chl	Chl	Chl	Chl	Chl
SiO <sub>2</sub>	55,69	57,79	56,91	57,48	56,32	48,30	57,54
TiO <sub>2</sub>	0,09	0,04	0,05	0,02	0,04	0,34	0,01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	0,01	0,02	0	0	0,04	0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,52	0,67	1,25	0,75	1,23	8,68	1,13
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03	0,02	0	0	0,02	0,03	0,02
Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0,01	0,02	0	0	0,01	0,01
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03	0	0,05	0,04	0,07	0,06	0,05
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,01	1,66	2,49	2,04	3,00	6,55	2,23
FeO	2,05	3,41	3,28	4,35	4,34	3,75	3,30
FeO <sup>tot</sup>	6,55	4,91	5,52	6,19	7,04	9,64	5,31
MgO	20,31	21,53	20,85	20,56	20,13	16,41	21,07
MnO	0,36	0,31	0,34	0,19	0,27	0,28	0,31
NiO	0,04	0,02	0	0,08	0,02	0,03	0,03
CaO	12,47	13,08	12,72	12,82	12,88	12,05	12,89
BaO	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
ZnO	0,09	0	0,02	0,05	0,09	0	0,10
K <sub>2</sub> O	0,04	0,02	0,04	0,04	0	0,11	0,04
Na <sub>2</sub> O	0,35	0,10	0,19	0,07	0,16	1,20	0,17
F	0,09	0,11	0,10	0,09	0,11	0,10	0,07
Cl	0,01	0,01	0,02	0	0	0	0
O=F	-0,04	-0,05	-0,04	-0,04	-0,05	-0,04	-0,03
O=Cl	-0,00	-0,00	-0,00	0	0	0	0
suma	99,13	98,75	98,30	98,55	98,63	97,89	98,94
Si <sup>4+</sup>	7,63	7,90	7,83	7,91	7,78	6,85	7,86
Ti <sup>4+</sup>	0,01	0	0,01	0	0	0,04	0
P <sup>5+</sup>	0	0	0	0	0	0,01	0
Al <sup>3+</sup>	0,41	0,11	0,20	0,12	0,20	1,45	0,18
Cr <sup>3+</sup>	0	0	0	0	0	0	0
Sc <sup>3+</sup>	0	0	0	0	0	0	0
V <sup>3+</sup>	0	0	0,01	0	0,01	0,01	0,01
Fe <sup>3+</sup>	0,52	0,17	0,26	0,21	0,31	0,70	0,23
Fe <sup>2+</sup>	0,23	0,39	0,38	0,50	0,50	0,44	0,38
Mg <sup>2+</sup>	4,15	4,39	4,28	4,22	4,15	3,47	4,29
Mn <sup>2+</sup>	0,04	0,04	0,04	0,02	0,03	0,03	0,04
Ni <sup>2+</sup>	0	0	0	0,01	0	0	0
Ca <sup>2+</sup>	1,83	1,92	1,88	1,89	1,91	1,83	1,89
Ba <sup>2+</sup>	0	0	0	0	0	0	0
Zn <sup>2+</sup>	0	0	0	0,01	0,01	0	0,01
K <sup>+</sup>	0,01	0	0,01	0,01	0	0,02	0,01
Na <sup>+</sup>	0,09	0,03	0,05	0,02	0,04	0,33	0,05
F <sup>-</sup>	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	0,05	0,03
Cl <sup>-</sup>	0	0	0,01	0	0	0	0
O <sup>2-</sup>	22,96	22,95	22,95	22,96	22,95	22,95	22,97

Na BSE snímku (obr. 9 – čísla bodů odpovídají číslům analýz z tab. 4) lze vidět na prizmatickém zrně amfibolu tmavší a světlejší zóny. Z hodnot měření v tab (čísla analýz odpovídají bodům na snímku) lze vidět, že barevná změna je způsobena rozdíly v obsahu Mg a Fe, kde ve tmavších partiích je Fe méně (a Mg více) a světlejší části zrna jsou na Fe bohatější (a na Mg chudší).



Obr. 9. BSE snímek Chl-břidlice s jasnou zonálností amfibolu reprezentovanou body 17 a 18, z WDX analýz v tab. 4 je patrná změna v poměru Fe a Mg (Chl = chlorit, Ap = apatit).

Chlorit ve výbrusech tvořil jemné šupinky, lišty či větší lupínky, především hypautomorfně omezené. Na zrnech byl jasně zřetelný pleochroismus od zelené po světle žlutou. Zrna byla uspořádána převážně paralelně. Klasifikační diagram podle Melky (1965) na obr 10 vycházející z výsledků WDX analýz (tab. 5, 6 a 7) zařazuje chlority až na jednu výjimku jako klinochlory.



Obr. 10. Klasifikační diagram podle Melky (1965) pro chlority z aktinolitických, chloritických a mastkových břidlic krupníkového tělesa na lokalitě Smrčina.

Mastková zrna měla tvar drobných šupinek až větších šupin a lístků s hypautomorfním omezením. Ve výbruse se mastek jeví bezbarvý. Zrna byla uspořádána plošně paralelně i všesměrně. Z WDX analýz (tab. 8) vyplývá, že nepatrné množství Mg bylo substituováno Fe. Dále mastek z lokality Smrčina obsahuje malé příměsi Al, Ni a F.

Karbonát, který tvoří jednu z podstatných složek krupníkových těles, je podle WDX analýz (tab. 9) obzvláště bohatý na Mg. Z výsledku analýzy tak můžeme určit, že jde o magnetit s relativně vysokým obsahem Fe. Magnetit, který byl dle očekávání zjištěn, obsahuje podle výsledků WDX analýz (tab. 10) zvýšené množství Cr (až 0,837 apfu). Z WDX analýz dalších akcesorií stojí za zmínku titanit (tab. 11) s nepatrně zvýšeným obsahem Al (0,03 apfu Al). Na základě WDX analýz můžeme apatit, který je další běžnou akcesorií, klasifikovat díky vysokým obsahům F jako fluorapatit (tab. 12). Minerál klinozoisit-epidotové řady se zvýšeným obsahem vzácných zemin („allanit“) obsahuje dle výsledků WDX analýz (tab. 13) ze vzácných zemin dominantní Ce (0,35 apfu Ce). Chemické složení rutilu, stanovené WDX analýzou (tab. 14) víceméně odpovídá  $TiO_2$  s malou příměsí Fe (0,01 Fe apfu).

Tab. 5. Výsledky WDX analýz chloritu z lokality Smrčina.

anal. č.	chlorit							
	24	25	26	27	28	29	30	31
hornina	Tlc	Tlc	Tlc	Ac	Ac	krupnik	Tlc	Chl
SiO <sub>2</sub>	29,59	29,57	28,69	29,70	30,31	30,09	32,74	30,10
TiO <sub>2</sub>	0,12	0,07	0,07	0,06	0,07	0,06	0,05	0,07
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,02	0	0	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19,11	18,76	18,29	18,70	18,13	18,42	16,18	19,61
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,28	1,60	1,56	0,38	1,03	1,28	1,66	0,01
Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0	0,01	0,04	0,06	nest.	nest.	nest.
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0,02	0	nest.	nest.	0	0,03	0,05
BaO	nest.	nest.	nest.	0	0	0,02	0	0
CaO	0	0,03	0,02	0	0,01	0,01	0,02	0,06
FeO	9,23	9,82	9,35	10,12	9,72	7,75	8,87	10,73
MgO	27,65	27,34	26,68	25,53	25,20	27,62	26,76	25,36
MnO	0,10	0,16	0,08	0,13	0,14	0,08	0,12	0,09
NiO	0,28	0,24	0,30	0,18	0,25	0,17	0,19	0,03
SrO	nest.	nest.	nest.	0	0	0	0,03	0
ZnO	0	0	0	0,03	0,01	0	0,03	0
K <sub>2</sub> O	0	0,03	0,02	0,01	0	0,01	0	0,07
Na <sub>2</sub> O	0,01	0,02	0,02	0	0,03	0,01	0	0,02
F	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,02	0	0,01
Cl	0	0	0	0	0,01	0	0	0
O=F	-0,02	-0,01	-0,01	-0,01	-0,00	-0,01	-0,00	-0,00
O=Cl	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00
suma	87,41	87,68	85,10	84,89	84,98	85,53	86,68	86,21
Si <sup>4+</sup>	2,873	2,878	2,874	2,970	3,027	2,959	3,187	2,966
Ti <sup>4+</sup>	0,010	0,006	0,006	0,005	0,006	0,005	0,004	0,006
P <sup>5+</sup>	0,002	0	0	0	0	0	0	0
Al <sup>3+</sup>	2,187	2,152	2,160	2,204	2,134	2,135	1,857	2,278
Cr <sup>3+</sup>	0,098	0,123	0,124	0,030	0,081	0,100	0,128	0,001
Sc <sup>3+</sup>	0	0	0,001	0,003	0,005	0	0	0
V <sup>2+</sup>	0	0,004	0	0	0	0	0,006	0,010
Ba <sup>2+</sup>	0	0	0	0	0	0,001	0	0
Ca <sup>2+</sup>	0	0,003	0,002	0	0,001	0,001	0,002	0,006
Fe <sup>2+</sup>	0,749	0,799	0,783	0,846	0,812	0,637	0,722	0,884
Mg <sup>2+</sup>	4,002	3,967	3,984	3,806	3,752	4,049	3,883	3,725
Mn <sup>2+</sup>	0,009	0,015	0,008	0,013	0,014	0,008	0,011	0,009
Ni <sup>2+</sup>	0,022	0,019	0,024	0,014	0,020	0,013	0,015	0,002
Sr <sup>2+</sup>	0	0	0	0	0	0	0,002	0
Zn <sup>2+</sup>	0	0	0	0,002	0,001	0	0,002	0
K <sup>+</sup>	0	0,004	0,003	0,001	0	0,001	0	0,009
Na <sup>+</sup>	0,002	0,004	0,004	0	0,006	0,002	0	0,004
F <sup>-</sup>	0,020	0,010	0,010	0,010	0	0,010	0	0
Cl <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0
O <sup>2-</sup>	13,980	13,991	13,988	13,990	13,999	13,989	14,004	14,003

Tab. 6. Výsledky WDX analýz chloritu z lokality Smrčina.

anal. č.	chlorit							
	32	33	34	35	36	37	38	39
hornina	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Chl	Chl
SiO <sub>2</sub>	29,01	28,63	29,64	29,89	31,54	30,34	29,15	29,55
TiO <sub>2</sub>	0,05	0,07	0,10	0,07	0,04	0,07	0,07	0,06
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,90	19,56	19,48	18,71	17,22	18,24	21,04	20,61
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,53	1,32	0,44	0,49	0,08	0,10	0,01	0,05
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,02	0	0,04	0	0	0,07	0,01	0
BaO	0	0,02	0	0	0	0	0	0,01
CaO	0,01	0,05	0	0	0,02	0	0,01	0,04
FeO	7,51	7,49	9,65	9,05	8,07	8,74	8,09	8,02
MgO	26,22	25,91	26,32	26,87	28,04	27,14	26,90	27,32
MnO	0,12	0,10	0,07	0,10	0,08	0,06	0,09	0,11
NiO	0,09	0,12	0,30	0,31	0,11	0,09	0,18	0,19
SrO	0,06	0	0	0	0	0	0	0
ZnO	0,01	0,03	0,02	0	0	0,08	0,02	0,05
K <sub>2</sub> O	0	0,02	0,14	0,01	0,02	0	0	0,05
Na <sub>2</sub> O	0,01	0	0,01	0,01	0,02	0	0,03	0
F	0	0,01	0,02	0,01	0,05	0	0	0,02
Cl	0,01	0	0	0,01	0,01	0	0	0,01
O=F	-0,00	-0,00	-0,01	-0,00	-0,02	-0,00	-0,00	-0,01
O=Cl	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00
suma	83,55	83,33	86,22	85,53	85,28	84,93	85,60	86,08
Si <sup>4+</sup>	2,922	2,890	2,916	2,956	3,095	3,008	2,858	2,881
Ti <sup>4+</sup>	0,004	0,006	0,008	0,006	0,003	0,006	0,006	0,005
Al <sup>3+</sup>	2,244	2,327	2,259	2,181	1,992	2,132	2,431	2,368
Cr <sup>3+</sup>	0,122	0,105	0,034	0,038	0,006	0,008	0,001	0,004
V <sup>3+</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0
Ba <sup>2+</sup>	0	0,001	0	0	0	0	0	0
Ca <sup>2+</sup>	0,001	0,005	0	0	0,002	0	0,001	0,004
Fe <sup>2+</sup>	0,633	0,632	0,794	0,749	0,662	0,725	0,663	0,654
Mg <sup>2+</sup>	3,937	3,899	3,860	3,962	4,102	4,011	3,932	3,970
Mn <sup>2+</sup>	0,012	0,010	0,007	0,010	0,008	0,006	0,009	0,010
Ni <sup>2+</sup>	0,007	0,010	0,024	0,025	0,009	0,007	0,014	0,015
Sr <sup>2+</sup>	0,004	0	0	0	0	0	0	0
Zn <sup>2+</sup>	0,001	0,002	0,001	0	0	0,006	0,001	0,004
K <sup>+</sup>	0	0,003	0,018	0,001	0,003	0	0	0,006
Na <sup>+</sup>	0,002	0	0,002	0,002	0,004	0	0,006	0
F <sup>-</sup>	0	0	0,010	0	0,020	0	0	0,010
Cl <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0
O <sup>2-</sup>	13,999	13,995	13,990	14,000	13,978	14,000	13,999	13,986



Tab. 7. Výsledky WDX analýz chloritu z lokality Smrčina.

anal. č.	chlorit						
	40	41	42	43	44	45	46
hornina	Chl	Chl	Ac	Ac	Chl	Chl	Tlc
SiO <sub>2</sub>	29,40	31,05	27,48	28,52	28,13	28,20	30,60
TiO <sub>2</sub>	0,05	32	0,05	0,07	0,08	0,08	0,06
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,05	17,61	19,93	19,72	20,65	20,07	17,24
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,02	0,05	1,02	1,19	0,06	0,02	1,27
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0,01	nest.	nest.	0,05	0,04	0,04
BaO	0	0,01	0	0,01	0	0	0
CaO	0	0	0,01	0,04	0,01	0,02	0
FeO	9,99	7,75	16,32	16,68	12,58	12,33	8,22
MgO	25,86	27,72	22,48	22,72	23,79	24,41	27,58
MnO	0,15	0,10	0,17	0,22	0,17	0,17	0,08
NiO	0,04	0,03	nest.	nest.	0,06	0,01	0,22
SrO	0	0	nest.	nest.	0	0	0,01
ZnO	0	0,07	nest.	nest.	0,06	0,02	0
K <sub>2</sub> O	0	0	0,02	0,01	0	0	0
Na <sub>2</sub> O	0	0	0,01	0,01	0	0	0,01
F	0,01	0,02	0	0	0,02	0,03	0,02
Cl	0	0,01	0,01	0,01	0	0	0,01
O=F	-0,00	0,00	-0,00	-0,00	-0,010	-0,01	-0,01
O=Cl	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00
suma	85,57	116,43	87,50	89,20	85,65	85,39	85,35
Si <sup>4+</sup>	2,910	2,239	2,771	2,821	2,825	2,838	3,024
Ti <sup>4+</sup>	0,004	1,902	0,004	0,006	0,007	0,007	0,005
Al <sup>3+</sup>	2,339	1,496	2,369	2,299	2,445	2,381	2,008
Cr <sup>3+</sup>	0,002	0,003	0,081	0,093	0,005	0,002	0,099
V <sup>3+</sup>	0	0,001	0	0	0	0	0,008
Ba <sup>2+</sup>	0	0	0	0	0	0	0
Ca <sup>2+</sup>	0	0	0,001	0,004	0,001	0,002	0
Fe <sup>2+</sup>	0,827	0,467	1,376	1,380	1,057	1,038	0,679
Mg <sup>2+</sup>	3,816	2,979	3,379	3,350	3,562	3,662	4,062
Mn <sup>2+</sup>	0,014	0,007	0,017	0,021	0,017	0,017	0,008
Ni <sup>2+</sup>	0,003	0,002	0	0	0,005	0,001	0,017
Sr <sup>2+</sup>	0	0	0	0	0	0	0,001
Zn <sup>2+</sup>	0	0,004	0	0	0,004	0,001	0
K <sup>+</sup>	0	0	0,003	0,001	0	0	0
Na <sup>+</sup>	0	0	0,002	0,002	0	0	0,002
F <sup>-</sup>	0	0	0	0	0,010	0,010	0,010
Cl <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	0	0
O <sup>2-</sup>	14,000	13,991	13,999	13,996	13,989	13,988	13,998

anal. č.	mstek					
	47	48	49	50	51	52
hornina	krupník	krupník	Tlc	krupník	Tlc	Tlc
SiO <sub>2</sub>	62,27	61,76	62,05	63,12	63,07	57,07
TiO <sub>2</sub>	0,01	0,02	0,04	0,01	0,01	0,06
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,13	0,42	0,38	0,04	0,09	3,25
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,02	0,07	0,06	0,01	0,01	0,32
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0	0,01	0	0,03	0
BaO	0	0	0	0	0	0
CaO	0	0	0	0,01	0,01	0
FeO	3,16	2,94	3,57	1,72	3,39	4,57
MgO	27,45	27,19	27,45	28,49	28,01	26,95
MnO	0,01	0	0,04	0,03	0,02	0,04
NiO	0,23	0,18	0,32	0,16	0,17	0,33
SrO	0	0	0	0	0	0
ZnO	0,03	0,01	0,03	0	0,05	0
K <sub>2</sub> O	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0,02
Na <sub>2</sub> O	0,01	0,09	0,04	0,02	0,05	0,03
F	0,10	0,08	0,08	0,04	0,06	0,07
Cl	0	0	0	0,01	0	0,01
O=F	-0,05	-0,04	-0,04	-0,02	-0,03	-0,03
O=Cl	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00	-0,00
suma	93,38	92,73	94,04	93,65	94,94	92,69
Si <sup>4+</sup>	4,044	4,038	4,020	4,066	4,041	3,801
Ti <sup>4+</sup>	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,003
Al <sup>3+</sup>	0,010	0,032	0,029	0,003	0,007	0,255
Cr <sup>3+</sup>	0,001	0,004	0,003	0,001	0,001	0,017
V <sup>3+</sup>	0	0	0,001	0	0,004	0
Ba <sup>2+</sup>	0	0	0	0	0	0
Ca <sup>2+</sup>	0	0	0	0,001	0,001	0
Fe <sup>2+</sup>	0,172	0,161	0,193	0,093	0,182	0,255
Mg <sup>2+</sup>	2,658	2,650	2,651	2,736	2,676	2,676
Mn <sup>2+</sup>	0,001	0	0,003	0,002	0,001	0,003
Ni <sup>2+</sup>	0,012	0,009	0,017	0,008	0,009	0,018
Sr <sup>2+</sup>	0	0	0	0	0	0
Zn <sup>2+</sup>	0,003	0,001	0,003	0	0	0
K <sup>+</sup>	0,001	0,001	0,001	0,001	0	0,002
Na <sup>+</sup>	0,001	0,011	0,005	0,002	0,006	0,004
F <sup>-</sup>	0,05	0,040	0,040	0,020	0,030	0,030
Cl <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	0
O <sup>2-</sup>	10,951	10,960	10,963	10,980	10,971	10,970

Tab. 9. Výsledky WDX  
analýz karbonátu z lokality  
Smrčina.

anal. č.	magnezit	
	53	54
hornina	krupník	krupník
CaO	0,20	0,16
MgO	41,69	42,43
FeO	7,28	5,68
MnO	0,46	0,38
BaO	0	0
SrO	0	0,01
SiO <sub>2</sub>	0,02	0,06
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	0,05
SO <sub>2</sub>	0	0,04
F	0,02	0,04
Ca <sup>2+</sup>	0,01	0,01
Mg <sup>2+</sup>	2,70	2,76
Fe <sup>2+</sup>	0,26	0,21
Mn <sup>2+</sup>	0,02	0,02

Tab. 11. Výsledky WXD analýz titanitu z lokality Smrčina.

	titanit
anal. č.	62
hornina	Ac
SiO <sub>2</sub>	30,76
ZrO <sub>2</sub>	0
ThO <sub>2</sub>	0
TiO <sub>2</sub>	38,93
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,18
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,02
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0
Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,08
Pr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,80
Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,06
CaO	28,91
FeO	0,31
MgO	0,01
SnO	0
K <sub>2</sub> O	0,02
Na <sub>2</sub> O	0,02
F	0,19
-O=F	-0,08
suma	100,29
Si <sup>4+</sup>	0,953
Zr <sup>4+</sup>	0
Th <sup>4+</sup>	0
Ti <sup>4+</sup>	0,994
Nb <sup>5+</sup>	0,003
Ta <sup>5+</sup>	0
Ce <sup>3+</sup>	0
La <sup>3+</sup>	0
Nd <sup>3+</sup>	0,001
Pr <sup>3+</sup>	0
Y <sup>3+</sup>	0
Al <sup>3+</sup>	0,029
Sc <sup>3+</sup>	0
V <sup>3+</sup>	0,001
Ca <sup>2+</sup>	0,959
Fe <sup>2+</sup>	0,008
Mg <sup>2+</sup>	0
Sn <sup>2+</sup>	0
K <sup>+</sup>	0,001
Na <sup>+</sup>	0,001
F <sup>-</sup>	0,021
O <sup>2-</sup>	4,979

Tab. 10. Výsledky WXD analýz magnetitu z lokality

anal. č.	magnetit						
	55	56	57	58	59	60	61
hornina	Tlc	Tlc	krupník	Chl	Ac	Ac	Ac
SiO <sub>2</sub>	0	0,03	0,05	0,02	0,06	0,04	0,02
TiO <sub>2</sub>	0,37	0,51	0,23	0,08	0,15	0,09	0,08
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,66	0,63	0,29	0,13	0,15	0,10	0,08
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,08	18,68	13,74	0,08	6,05	4,66	5,25
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,27	0,31	0,31	0,49	0,29	0,24	0,24
FeO	73,15	74,71	79,54	94,03	86,68	88,59	87,34
MnO	0,73	0,69	0,58	0,03	0,22	0,12	0,15
MgO	0,11	0,08	0,08	0,09	0,03	0,02	0,002
ZnO	0,61	0,39	0,28	0,03	0,10	0,04	0,09
CaO	0	0,01	0	0	0	0,02	0,02
NiO	0,16	0,19	0,22	0	0,19	0,14	0,12
CoO	0,11	0,05	0,11	0,05	nest.	nest.	nest.
suma	96,25	96,28	95,43	95,03	93,92	94,06	93,39
Si <sup>4+</sup>	0	0,001	0,002	0,001	0,002	0,002	0,001
Ti <sup>4+</sup>	0,010	0,014	0,007	0,002	0,004	0,003	0,002
Al <sup>3+</sup>	0,029	0,028	0,013	0,006	0,007	0,005	0,004
Cr <sup>3+</sup>	0,595	0,552	0,410	0,002	0,183	0,141	0,159
V <sup>3+</sup>	0,008	0,009	0,009	0,015	0,009	0,007	0,007
Fe <sup>3+</sup>	1,368	1,406	1,563	1,976	1,802	1,848	1,830
Fe <sup>2+</sup>	0,925	0,931	0,949	0,987	0,969	0,981	0,982
Mg <sup>2+</sup>	0,006	0,005	0,005	0,005	0,002	0,001	0
Mn <sup>2+</sup>	0,023	0,022	0,019	0,001	0,007	0,004	0,005
Co <sup>2+</sup>	0,003	0,002	0,003	0,002	0	0	0
Ca <sup>2+</sup>	0	0	0	0	0	0,001	0,001
Ni <sup>2+</sup>	0,005	0,006	0,007	0	0,006	0,004	0,004
Zn <sup>2+</sup>	0,017	0,011	0,008	0,001	0,003	0,001	0,003

Tab. 13. Výsledky WDX analýz allanitu z lokality Smrčina

		allanit
anal. č.		67
hornina		Ac
SiO <sub>2</sub>		32,17
ThO <sub>2</sub>		0,52
TiO <sub>2</sub>		0,43
UO <sub>2</sub>		0,01
ZrO <sub>2</sub>		0,01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,10
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		16,68
Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,04
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		10,09
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		5,97
Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		2,46
Pr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,72
Sm <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,12
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,02
Dy <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,14
CaO		11,26
FeO		10,96
MgO		2,31
MnO		0,20
PbO		0,03
K <sub>2</sub> O		0,02
Na <sub>2</sub> O		0,11
F		0,39
Cl		0,02
O=F		-0,19
O=Cl		-0,01
suma		94,58
Si <sup>4+</sup>		3,026
Th <sup>4+</sup>		0,011
Ti <sup>4+</sup>		0,033
U <sup>4+</sup>		0
Zr <sup>4+</sup>		0
P		0,008
Al		1,849
Sc		0,003
Ce		0,348
La		0,207
Nd		0,083
Pr		0,025
Sm		0,004
Y		0,001
Dy		0,004
Ca		1,135
Fe <sup>2+</sup>		0,862
Mg		0,324
Mn		0,018
Pb		0,001
K		0,002
Na		0,020
F <sup>-</sup>		0,19
Cl <sup>-</sup>		0,01
O <sup>2-</sup>		12,30

Tab. 12. Výsledky WDX analýz apatitu z lokality Smrčina

		apatit			
anal. č.		63	64	65	66
hornina		Chl	Chl	Chl	Chl
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		42,24	42,16	41,51	41,73
SO <sub>3</sub>		0,04	0,05	0,02	0,03
CaO		55,66	56,08	55,84	55,12
SiO <sub>2</sub>		0,02	0,00	0,00	0,02
ThO <sub>2</sub>		0,00	0,00	0,01	0,01
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,01	0,01	0,00	0,00
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,00	0,15	0,09	0,00
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,03	0,00	0,00	0,06
Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,16	0,00	0,00	0,01
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,00	0,00	0,00	0,01
BaO		0,00	0,00	0,04	0,00
FeO		0,04	0,03	0,01	0,09
MgO		0,02	0,04	0,00	0,00
MnO		0,04	0,07	0,07	0,04
SrO		0,11	0,07	0,06	0,08
Na <sub>2</sub> O		0,02	0,00	0,01	0,00
F		1,77	2,04	2,47	2,20
Cl		0,04	0,02	0,01	0,02
O=F		-0,75	-0,86	-1,04	-0,93
O=Cl		-0,00	-0,00	-0,00	-0,00
suma		99,45	99,86	99,10	98,49
P <sup>5+</sup>		5,968	5,914	5,848	5,963
S <sup>6+</sup>		0,005	0	0,003	0,004
Ca <sup>2+</sup>		9,953	9,955	9,971	9,968
Si <sup>4+</sup>		0,003	0	0	0,003
Th <sup>4+</sup>		0	0	0	0
Al <sup>3+</sup>		0,002	0,002	0	0
Ce <sup>3+</sup>		0	0,009	0,005	0
La <sup>3+</sup>		0,002	0	0	0,004
Nd <sup>3+</sup>		0,010	0	0	0,001
Y <sup>3+</sup>		0	0	0	0,001
Ba <sup>2+</sup>		0	0,003	0,003	0
Fe <sup>2+</sup>		0,006	0,004	0,001	0,013
Mg <sup>2+</sup>		0,005	0,010	0	0
Mn <sup>2+</sup>		0,006	0,010	0,010	0,006
Sr <sup>2+</sup>		0,011	0,007	0,006	0,008
Na <sup>+</sup>		0,006	0	0,003	0
F <sup>-</sup>		0,934	1,069	1,302	1,174
Cl <sup>-</sup>		0,011	0,006	0,003	0,006
O <sup>2-</sup>		23,473	24,252	23,978	24,339

Tab. 14. Výsledky WDX analýz rutilu z lokality Smrčina

		rutil	
anal. č.		68	69
hornina		Chl	Chl
TiO <sub>2</sub>		98,19	98,08
SiO <sub>2</sub>		0,01	0,00
SnO <sub>2</sub>		0,02	0,03
ZrO <sub>2</sub>		0,00	0,00
WO <sub>3</sub>		0,08	0,07
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,02	0,00
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,06	0,02
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,32	0,28
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		0,03	0,00
Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,00	0,00
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		0,15	0,17
CaO		0,02	0,00
FeO		0,55	0,58
MgO		0,01	0,02
MnO		0,01	0,10
ZnO		0,06	0,10
suma		99,53	99,45
Ti <sup>4+</sup>		0,992	0,673
Si <sup>4+</sup>		0	0,001
Sn <sup>4+</sup>		0	0
Zr <sup>4+</sup>		0	0
W <sup>3+</sup>		0	0
Al <sup>3+</sup>		0	0
Cr <sup>3+</sup>		0,001	0,001
Nb <sup>5+</sup>		0,002	0,001
Ta <sup>5+</sup>		0	0
Sc <sup>3+</sup>		0	0
V <sup>3+</sup>		0,004	0,010
Ca <sup>2+</sup>		0	0,003
Fe <sup>2+</sup>		0,006	0,595
Mg <sup>2+</sup>		0	0,003
Mn <sup>2+</sup>		0	0,042
Zn <sup>2+</sup>		0,001	0

## 7.2 Zadní Hutisko

Lokalita Zadní Hutisko se nachází ve svahu na úpatí kóty Homole (1209 m n. m.) v údolí říčky Merty. Lokalita je vzdálena asi 3,8 km od obce Vernířovice a vede k ní z této vesnice asfaltová cesta. GPS souřadnice lokality jsou 50°2'48,212"N 17°10'1,287"E.

Zadní Hutisko je klasickou lokalitou, která dříve sloužila jako lom pro těžbu krupníku a dnes má statut přírodní památky. Lom je dosud nevytěžen a ačkoliv je zarostlý mechem a travinami, lze na jeho třech etážích pozorovat stavbu minimálně jedné větší krupníkové čočky (obr. 11) a částečně i dvou čoček menších. Sled horninových typů směrem od středu většího tělesa k jeho okraji je krupník - mastková břidlice - aktinolitická resp. tremolitická břidlice či skalina - chloritická břidlice.



Obr. 11 . Nejnižší etáž lomu na Zadním Hutisku s viditelnou zonální stavbou - světlé krupníkové jádro na snímku vlevo nahoře a tmavá chloritická břidlice na snímku uprostřed. Foto: Z Juránková, říjen 2017

V pozůstatcích jádra tohoto většího tělesa lze pozorovat hrubě lupenitý krupník bílé, šedobílé či světle zelené barvy a patrnými 1 - 2 cm velkými dutinkami po porfyroblastech dolomitu, dnes již zvětralého a nahrazeného oranžovým limonitem (obr. 12).

Krupníkové jádro obaluje mastková břidlice bílé až světle šedé barvy. Textura mastkové břidlice je velmi jemně šupinkovitá místy s lištovitými vyrostlicemi chloritu a při kraji zóny s jehlicemi amfibolu.

Zóna aktinolitické/tremolitické horniny má šedozelenou až tmavě zelenou barvu. Plošně paralelní texturu vykazuje hornina zřídka, její charakter odpovídá skalině s všesměrně

uspořádanými jehlicemi nebo lištami amfibolu, mezi kterými jsou hojné lupenité vyrostlice chloritu o velikosti až 5 mm.

Zóna chloritické břidlice se vyznačuje tmavě zelenou barvou, hornina je tvořena cca 1 mm velkými šupinkami chloritu. Mezi chloritem se místy objevují jehlice či stébla aktinolitu a výjimečně i drobné šupinky mastku.



Obr. 12. Zvětralý krupník s patrnými dutinkami po karbonátu přeměněném na limonit.  
Foto: Z. Juránková, říjen 2017.

Zajímavá je přítomnost tmavé epidot-chloritické skaliny obklopující místy chloritovou zónu krupníkového tělesa (obr. 13). Tato masivní hornina má tmavě zelenou barvu, někde se světlejšími skvrnami s vyšším podílem epidotu.

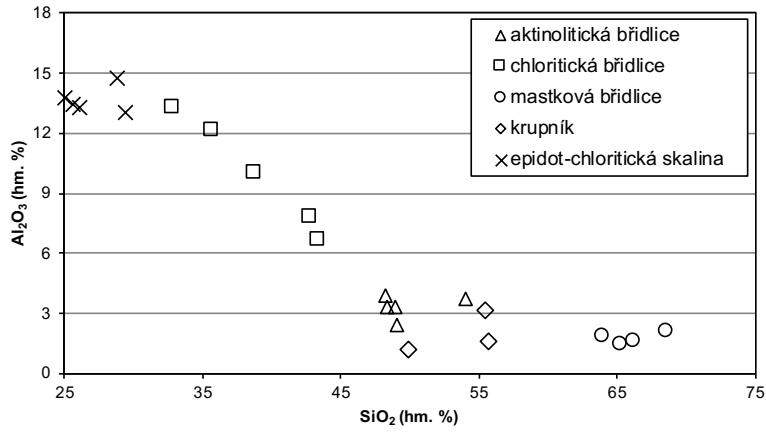


Obr. 13. Epidot-chloritická skalina obklopující krupníkové těleso na Zadním Huitisku.  
Foto: Z. Juránková, říjen 2017.

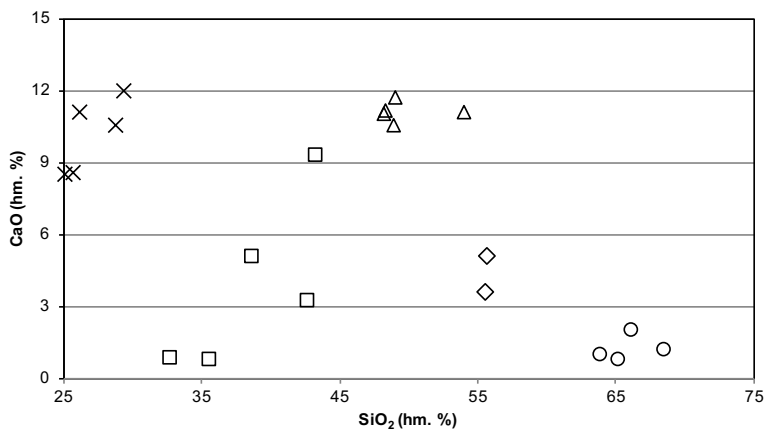
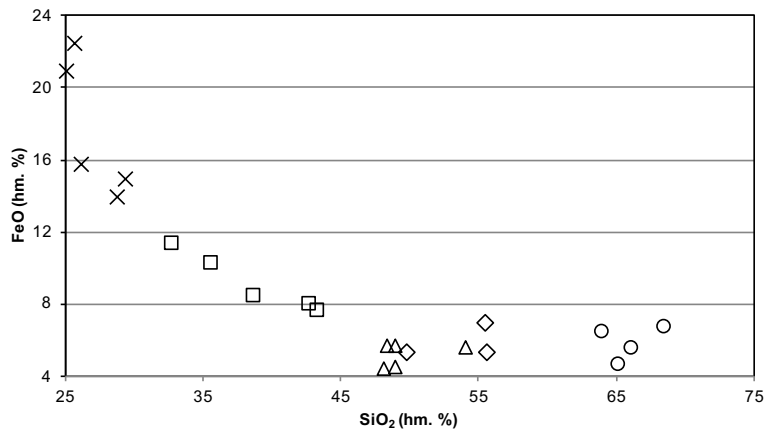
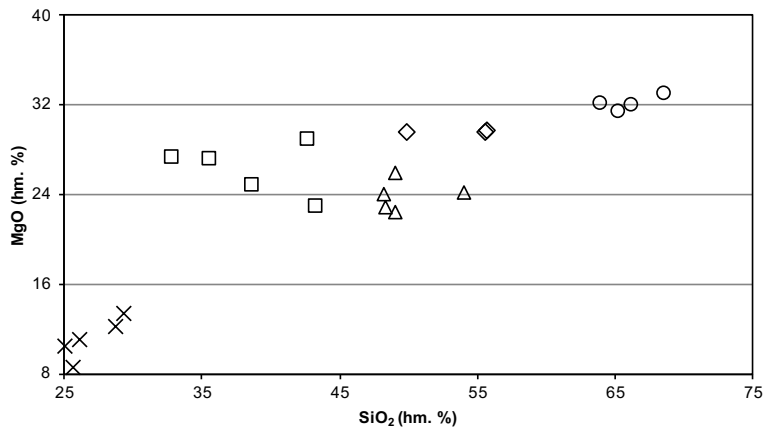
Pro vzorky z lokality zadní hutisko nebyl zjišťován pouze chemismus hornin krupníkového tělesa, ale i epidot-chloritické skaliny (dále Ep-Chl-skalina) v jeho těsném okolí. XRF analýzami bylo zkoumáno dohromady 22 horninových vzorků jejichž výsledky jsou uvedeny v tab. 15 a graficky znázorněny v Harkerově diagramu (obr. 14). Tlc-břidlice obsahuje relativně vysoké množství SiO<sub>2</sub> v porovnání s okolním krupníkem a Ac-břidlicí, jejichž obsahy SiO<sub>2</sub> jsou přibližně podobné. Směrem k Chl-břidlici obsah SiO<sub>2</sub> klesá a v okolní Ep-Chl-skalině je ho viditelně nejméně, stejně jako MgO. Na rozdíl od toho obsahuje Ep-Chl-skalina výrazně nejvíce TiO<sub>2</sub> a také relativně více Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, jehož obsahy se směrem k centru krupníkového tělesa snižují se zvláště výrazným skokem na rozhraní Chl-břidlice a Ac-břidlice. Nejvíce MgO je obsaženo v Tlc-břidlici a v Ac-břidlici jsou relativně vyšší obsahy CaO.

	Krupník n = 3			Mastková břidlice n = 4			Aktinolitická břidlice n = 5		
	min	max	x	min	max	x	min	max	x
SiO <sub>2</sub> (hm. %)	49,9	55,7	53,7	64,1	68,6	66,1	48,3	54,1	49,8
TiO <sub>2</sub> (hm. %)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (hm. %)	1,2	3,2	2,0	1,4	2,1	1,7	2,5	3,9	3,4
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (hm. %)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,6	0,3	0,1	0,3	0,2
MgO (hm. %)	29,5	29,6	29,6	31,3	32,8	32,0	22,4	25,9	23,9
FeO (hm. %)	5,4	7,0	5,9	4,6	6,8	5,9	4,4	5,7	5,2
CaO (hm. %)	3,6	15,8	8,2	0,8	2,0	1,2	10,5	11,7	11,1
MnO (hm. %)	0,1	0,2	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
Sr (ppm)	55	160	94	8	14	11	16	55	30
Zr (ppm)	2	7	5	8	486	206	2	53	27
Co (ppm)	30	61	48	58	89	77	24	41	31
Ni (ppm)	1789	2362	1997	2454	3193	2745	1141	1607	1367
Zn (ppm)	24	75	48	51	115	78	39	58	46
	Chloritická břidlice n = 5			Epidot-chloritická skalina n = 5					
	min	max	x	min	max	x			
SiO <sub>2</sub> (hm. %)	32,9	43,4	38,7	25,1	29,4	27,1			
TiO <sub>2</sub> (hm. %)	0,1	0,7	0,3	4,2	5,4	4,7			
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (hm. %)	6,7	13,3	10,0	13,1	14,8	13,7			
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (hm. %)	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0			
MgO (hm. %)	22,9	28,7	26,1	8,6	13,4	11,1			
FeO (hm. %)	7,6	11,4	9,1	13,9	22,5	17,6			
CaO (hm. %)	0,8	9,2	3,8	8,5	12,0	10,2			
MnO (hm. %)	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2			
Sr (ppm)	6	29	16	582	1046	800			
Zr (ppm)	2	9	5	298	486	391			
Co (ppm)	37	90	63	0	0	0			
Ni (ppm)	1049	1816	1374	0	0	0			
Zn (ppm)	58	141	86	68	132	96			

Tab. 15. Výsledky XRF analýz udávající chemismus hornin krupníkového tělesa na lokalitě Zadní Hutisko (n = počet měření, x = průměr, celkové železo je vyjádřeno jako FeO).

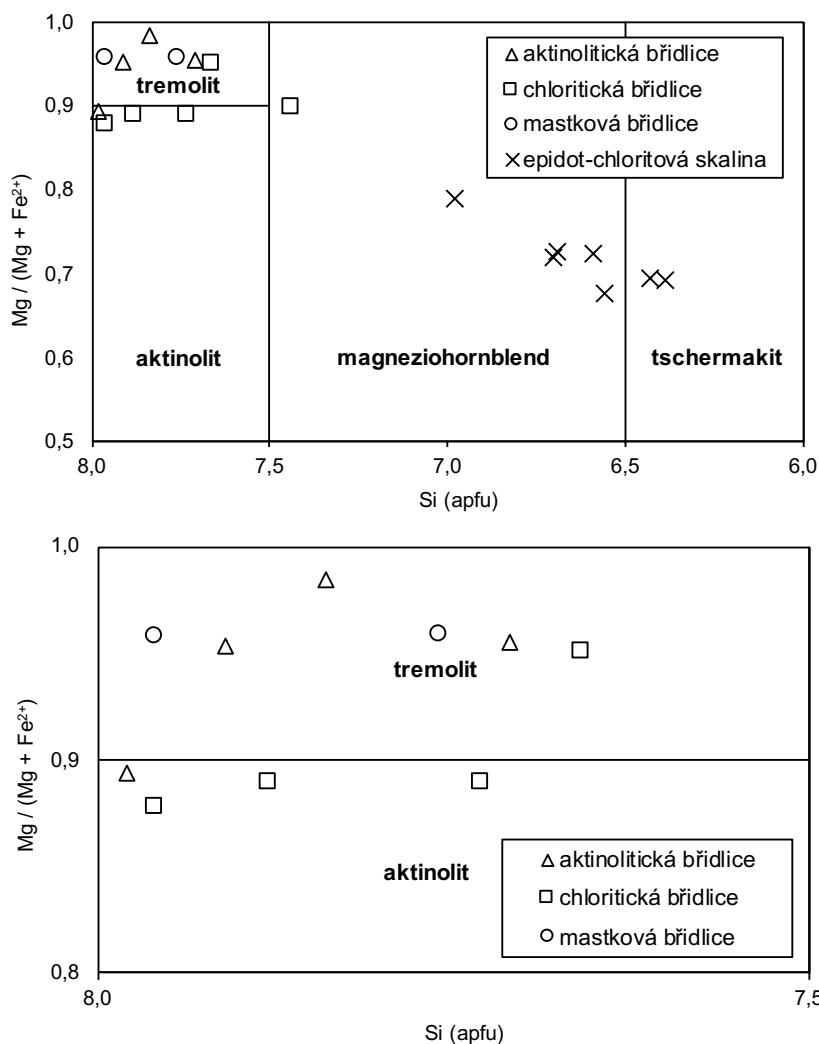


Obr. 14. Harkerův diagram pro horniny krupníkového tělesa na lokalitě Zadní Hutisko.





Zrna amfibolů byla jehlicovitá, stéblovitá až sloupcovitá zrna amfibolů, převážně hypautomorfně omezená. Ve výbrusech Ec-Chl-skalin šlo často vidět prismatické řezy s dokonale pozorovatelným systémem štěpných trhlin. Uspořádání zrn se liší podle druhu horniny – u břidlic bylo plošně paralelní, zatímco u skalin všesměrné. Pleochroismus není pozorovatelný u všech zrn. Zrna bezbarvá odpovídala tremolitu, kdežto zrna aktinolitu vykazovala pleochroismus od světle žluté po světle zelenou barvu. Úhly zhášení amfibolů se pohybovaly v rozmezí 13° – 17°. Výsledky WDX analýz amfibolu jsou uvedeny v klasifikačním diagramu podle Leakeho (1978) obr.15 na základě údajů v tab. 16 a 17. Vyplývá z nich, že téměř všechny amfiboly hornin krupníkového tělesa odpovídají aktinolitu či tremolitu. Body odpovídající v diagramu jednotlivým analýzám nejsou příliš rozptýleny a pohybují se zejména v poli tremolitu a při rozhraní aktinolit – tremolit. V kontrastu k tomu všechna měření provedená na vzorcích Ep-Chl-skaliny spadají do polí magneziohornblendu a tschermakitu.



Obr. 15. Klasifikační diagram podle Leakeho (1978) pro amfiboly aktinolitických, chloritických a mastkových přídlic krupníkového tělesa a epidot-chloritické skaliny z lokality Zadní Hutisko.

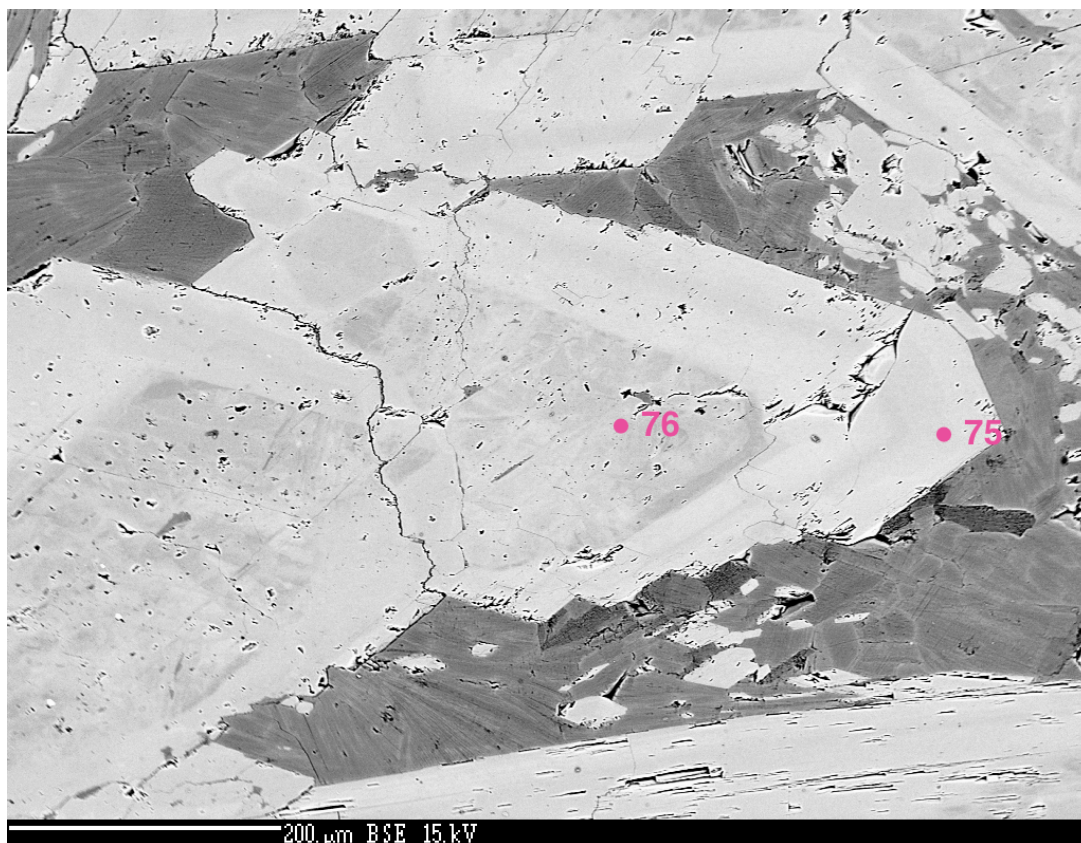
Tab. 16. Výsledky WDX analýz amfibolu na lokalitě Zadní Hutisko.

anal. č.	amfibol						
	70	71	72	73	74	75	76
	Chl	Chl	Chl	Chl	Chl	Ac	Ac
SiO <sub>2</sub>	55,02	53,08	54,82	57,30	56,45	57,35	55,71
TiO <sub>2</sub>	0,11	0,15	0,10	0,02	0,04	0,01	0,05
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	nest.	nest.	nest.	0,04	0	0,02	0,01
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,18	4,06	2,48	0,93	0,99	0,28	2,15
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,10	0,01	0,12	0,08	0,36	0,05	0,17
Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	nest.	nest.	nest.	0	0	0,01	0
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	nest.	nest.	nest.	0,02	0,05	0	0,03
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,64	3,93	3,66	0,03	0,67	0	1,41
FeO	4,43	3,79	1,90	5,06	4,58	4,50	1,82
<i>FeO<sub>tot</sub></i>	<i>5,90</i>	<i>7,33</i>	<i>5,19</i>	<i>5,08</i>	<i>5,18</i>	<i>4,50</i>	<i>3,09</i>
MgO	19,94	19,08	20,49	20,39	20,47	21,12	21,91
MnO	0,15	0,17	0,26	0,29	0,23	0,18	0,11
NiO	nest.	nest.	nest.	0,14	0,17	0,18	0,13
CaO	12,99	12,79	12,55	12,72	12,84	13,19	13,14
BaO	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
ZnO	nest.	nest.	nest.	0,01	0	0	0,03
K <sub>2</sub> O	0,03	0,04	0,01	0,01	0,06	0,03	0,06
Na <sub>2</sub> O	0,21	0,53	0,33	0,20	0,19	0,13	0,35
F	nest.	nest.	nest.	0,10	0,12	0,09	0,09
Cl	nest.	nest.	nest.	0	0,01	0	0,01
O=F	0	0	0	-0,04	-0,05	-0,04	-0,04
O=Cl	0	0	0	0	-0,00	0	-0,00
suma	96,79	97,63	96,72	97,29	97,17	97,10	97,14
Si <sup>4+</sup>	7,73	7,44	7,66	7,96	7,88	7,98	7,71
Ti <sup>4+</sup>	0,01	0,02	0,01	0	0	0	0,01
P <sup>5+</sup>	0	0	0	0,01	0	0	0
Al <sup>3+</sup>	0,36	0,67	0,41	0,15	0,16	0,05	0,35
Cr <sup>3+</sup>	0,01	0	0,01	0,01	0,04	0,01	0,02
Sc <sup>3+</sup>	0	0	0	0	0	0	0
V <sup>3+</sup>	0	0	0	0	0,01	0	0
Fe <sup>3+</sup>	0,17	0,42	0,39	0	0,07	0	0,15
Fe <sup>2+</sup>	0,52	0,45	0,22	0,59	0,53	0,52	0,21
Mg <sup>2+</sup>	4,18	3,99	4,27	4,23	4,26	4,38	4,52
Mn <sup>2+</sup>	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,01
Ni <sup>2+</sup>	0	0	0	0,02	0,02	0,02	0,01
Ca <sup>2+</sup>	1,96	1,92	1,88	1,89	1,92	1,97	1,95
Ba <sup>2+</sup>	0	0	0	0	0	0	0
Zn <sup>2+</sup>	0	0	0	0	0	0	0
K <sup>+</sup>	0,01	0,01	0	0	0,01	0,01	0,01
Na <sup>+</sup>	0,06	0,14	0,09	0,05	0,05	0,04	0,09
F <sup>-</sup>	0	0	0	0,04	0,05	0,04	0,04
Cl <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	0	0
O <sup>2-</sup>	23,00	23,00	23,00	22,96	22,95	22,96	22,96

Tab. 17. Výsledky WDX analýz amfibolu na lokalitě Zadní Hutisko.

anal. č.	amfibol						
	77	78	79	80	81	82	83
hornina	Ep-Chl	Ep-Chl	Ep-Chl	Ep-Chl	Ep-Chl	Ep-Chl	Ep-Chl
SiO <sub>2</sub>	49,12	45,56	43,90	44,58	45,82	44,88	45,86
TiO <sub>2</sub>	0,21	0,37	0,38	0,43	0,38	0,41	0,41
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,02	0,02	0	0	nest.	nest.	nest.
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,46	10,88	12,42	12,22	10,27	11,22	10,09
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01	0,01	0,01	0	0,01	0	0,02
Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,06	0,10	0,07	0,09	nest.	nest.	nest.
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,31	6,67	6,37	6,72	5,52	5,32	5,76
FeO	7,16	8,52	9,36	9,26	8,65	10,17	8,81
FeO <sup>tot</sup>	12,84	14,52	15,09	15,31	13,62	14,95	14,00
MgO	15,06	12,58	11,78	11,90	12,98	11,94	12,76
MnO	0,20	0,21	0,16	0,15	0,14	0,18	0,20
NiO	0	0	0,02	0	nest.	nest.	nest.
CaO	12,15	11,85	11,89	11,88	12,10	12,10	11,95
BaO					nest.	nest.	nest.
SrO	0	0	0	0	nest.	nest.	nest.
ZnO	0	0	0,05	0,04	nest.	nest.	nest.
K <sub>2</sub> O	0,11	0,19	0,28	0,27	0,15	0,22	0,20
Na <sub>2</sub> O	1,03	1,33	1,72	1,58	1,26	1,50	1,26
F	0,12	0,11	0,09	0,12	nest.	nest.	nest.
Cl	0,01	0	0	0	nest.	nest.	nest.
O=F	-0,05	-0,05	-0,04	-0,05	0	0	0
O=Cl	-0,00	0	0	0	0	0	0
suma	98,98	98,35	98,46	99,19	97,28	97,93	97,33
Si <sup>4+</sup>	6,98	6,59	6,39	6,43	6,69	6,56	6,70
Ti <sup>4+</sup>	0,02	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04
P <sup>5+</sup>	0	0	0	0	0	0	0
Al <sup>3+</sup>	1,25	1,86	2,13	2,08	1,77	1,93	1,74
Cr <sup>3+</sup>	0	0	0	0	0	0	0
Sc <sup>3+</sup>	0	0	0	0	0	0	0
V <sup>3+</sup>	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0	0
Fe <sup>3+</sup>	0,67	0,73	0,70	0,73	0,61	0,59	0,63
Fe <sup>2+</sup>	0,85	1,03	1,14	1,12	1,06	1,24	1,08
Mg <sup>2+</sup>	3,19	2,71	2,56	2,56	2,82	2,60	2,78
Mn <sup>2+</sup>	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
Ni <sup>2+</sup>	0	0	0	0	0	0	0
Ca <sup>2+</sup>	1,85	1,84	1,86	1,84	1,89	1,90	1,87
Ba <sup>2+</sup>	0	0	0	0	0	0	0
Zn <sup>2+</sup>	0	0	0,01	0	0	0	0
K <sup>+</sup>	0,02	0,04	0,05	0,05	0,03	0,04	0,04
Na <sup>+</sup>	0,28	0,37	0,49	0,44	0,36	0,43	0,36
F <sup>-</sup>	0,05	0,05	0,04	0,06	0	0	0
Cl <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	0	0
O <sup>2-</sup>	22,95	22,95	22,96	22,94	23,00	23,00	23,00

Na analýzách č. 75 a 76 je patrné, že chemické složení ve středu zrna se liší od jeho okraje (obr. 16 – čísla analýz odpovídají číslům vyznačených bodů), kdy jsou tmavší partie ve středu zrna bohatší na Mg na úkor Fe a světlejší okraje bohatší na Fe a současně chudší na Mg.

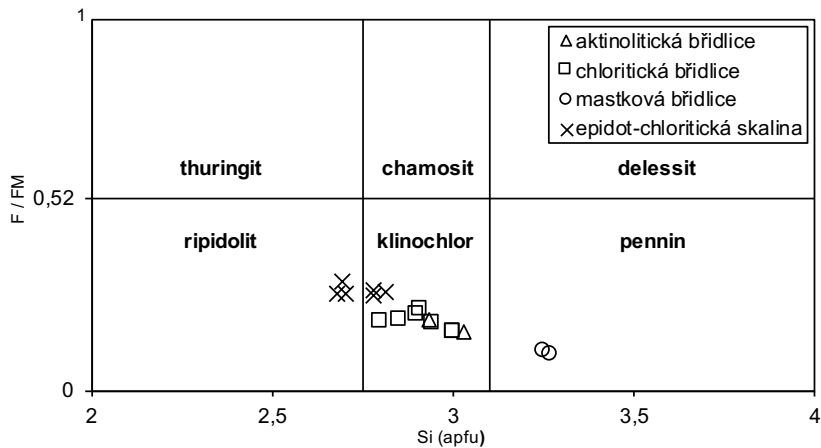


Obr. 16. BSE snímek Ac-břidlice s jasnou zonálností amfibolu reprezentovanou body 75 a 76, z WDX analýz v tab. 16 je patrná změna v poměru Fe a Mg.

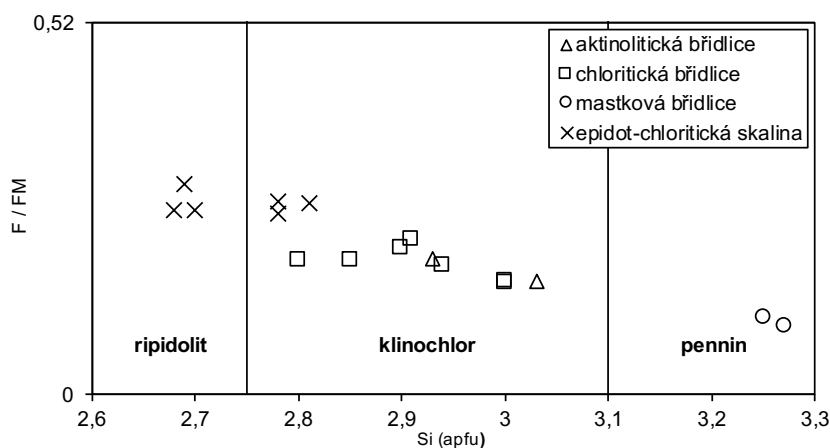
Zrna chloritu vykazovala ve výbrusech zřetelný pleochroismus od světle zelené po světle žlutou barvu a byla především hypautomorfně omezená. Interferenční barva chloritu ve výbrusech byla anomální modrá. Chlority pozorované v horninách s převahou amfibolu tvořily spíše drobné šupinky, v Ep-Chl-skalině byla tato zrna převážně všesměrně, místy vějířovitě uspořádána. V horninách s dominancí chloritu byla zrna výrazně větší, tvořící převážně hypautomorfně omezené lupínky uspořádané paralelně, v Tlc-břidlici bylo možné pozorovat větší lupeny chloritu spíše ojediněle. Chemické složení chloritu reprezentují výsledky WDX analýz v tab. 18 a klasifikační diagram podle Melky (1965) na obr. 17. Chemismus ve většině případů odpovídá klinochloru, pouze v případě několika chloritů z Tlc-břidlic se jedná o pennin, v jiných případech z Ep-Chl-skaliny zase o ripidolit.

Tab. 18. Výsledky WDX analýz chloritu na lokalitě Zadní Hutisko.

anal.č.	chlorit										
	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94
hornina	Chl	Ac	Ac	Chl	Chl	Ep-Chl	Ep-Chl	Ep-Chl	Ep-Chl	Ep-Chl	Ep-Chl
SiO <sub>2</sub>	29,54	29,15	29,95	28,82	28,14	26,45	27,92	26,89	26,96	28,56	27,73
TiO <sub>2</sub>	0,05	0,02	0,05	0,07	0,07	0,08	0,08	0,10	0,08	0,15	0,07
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,54	19,20	18,11	20,55	21,11	21,75	21,06	22,16	21,98	21,77	20,98
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,45	0,41	0,04	0,24	0,21	0	0,02	0	0	0,002	0
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0,01	0,02	nest.	nest.	0,03	0,02	0,03	0,01	0	0
BaO	0	0	0	nest.	nest.	0	0	0	0,01	nest.	nest.
CaO	0,02	0,02	0,03	0	0,01	0,04	0,02	0,03	0,05	0,02	0,02
FeO	9,88	10,26	8,66	10,37	10,53	16,07	15,17	14,55	14,45	14,68	14,31
MgO	26,65	25,42	26,05	25,92	25,78	21,83	23,15	23,38	23,37	22,70	23,51
MnO	0,09	0,13	0,09	0,11	0,07	0,11	0,14	0,07	0,07	0,10	0,05
SrO	0	0	0,03	nest.	nest.	0	0	0	0	nest.	nest.
NiO	0,21	0,19	0,25	nest.	nest.	0,01	0	0	0,03	0,01	0,01
Pb						0,14	0	0,08	0	0	0
ZnO	0,05	0	0,01	nest.	nest.	0,03	0,02	0,02	0,01	nest.	nest.
K <sub>2</sub> O	0	0,01	0,02	0	0,01	0	0	0,01	0,01	0,01	0,01
Na <sub>2</sub> O	0	0	0,02	0	0	0,04	0	0,05	0,02	0	0
F	0,02	0	0,03	nest.	nest.	0	0	0,01	0	nest.	nest.
Cl	0	0	0,01	nest.	nest.	0	0	0,01	0,01	nest.	nest.
O=F	-0,01	0	-0,01	0	0	0	0	-0,00	0	0	0
O=Cl	0	0	-0,00	0	0	0	0	-0,00	-0,00	0	0
suma	85,49	84,82	83,36	86,08	85,93	86,58	87,60	87,38	87,06	88,00	86,69
Si <sup>4+</sup>	2,94	2,93	3,03	2,85	2,80	2,69	2,78	2,68	2,70	2,81	2,78
Ti <sup>4+</sup>	0	0	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Al <sup>3+</sup>	2,17	2,27	2,16	2,39	2,47	2,61	2,47	2,61	2,59	2,53	2,48
Cr <sup>3+</sup>	0,04	0,03	0	0,02	0,02	0	0	0	0	0	0
V <sup>3+</sup>	0	0	0	nest.	nest.	0	0	0	0	0	0
Ba <sup>2+</sup>	0	0	0	nest.	nest.	0	0	0	0	nest.	nest.
Ca <sup>2+</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0	0
Fe <sup>2+</sup>	0,82	0,86	0,73	0,86	0,87	1,37	1,26	1,21	1,21	1,21	1,20
Mg <sup>2+</sup>	3,95	3,80	3,92	3,82	3,91	3,31	3,44	3,48	3,48	3,34	3,51
Mn <sup>2+</sup>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0
Sr <sup>2+</sup>	0	0	0	nest.	nest.	0	0	0	0	0	0
Ni <sup>2+</sup>	0,02	0,02	0,02	nest.	nest.	0	0	0	0	nest.	nest.
Pb <sup>2+</sup>	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	0	0	0	0	0	0
Zn <sup>2+</sup>	0	0	0	nest.	nest.	0	0	0	0	nest.	nest.
K <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Na <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0	0	0
F <sup>-</sup>	0,01	0	0,01	nest.	nest.	0	0	0	0	nest.	nest.
Cl <sup>-</sup>	0	0	0	nest.	nest.	0	0	0	0	nest.	nest.
O <sup>2-</sup>	13,99	14,00	13,99	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00



Obr. 17. Klasifikační diagram podle Melky pro chlority z aktinolitických, chloritických a mastkových břidlic krupníkového tělesa a epidot-chloritické skaliny z lokality Zadní Hutisko.



Mastek pozorovaný ve výbrusech byl bezbarvý. Zrna mastku tvořila spíše drobné hypautomorfně omezené šupinky, v Tlc-břidlici paralelně orientované, v Ac-břidlici orientované všesměrně a tvořící spolu s chloritem výplň prostoru mezi zrny amfibolu. WDX analýza mastku z Ac-břidlice tab 19 ukazuje mírně snížený obsah Mg a nepatrně vyšší obsahy Si, Al, Fe, Ni, a Na tab.

Ve výbrusech Ep-Chl-skaliny byla také hojná nepravidelně tvarovaná, okrouhlá, či protáhlá xenomorfně nebo hypautomorfně omezená zrna epidotu pleochroická od světle žluté po světle zelenou barvu. Z výsledků WDX analýz (tab. 20) je patrné zastupování železa hliníkem, což lze odvodit z relativně zvýšených obsahů Al a snížených obsahů Fe.

	mastek
anal.č.	95
hornina	Ac
SiO <sub>2</sub>	61,25
TiO <sub>2</sub>	0,02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,13
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,02
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0
BaO	0
CaO	0,01
FeO	4,60
MgO	25,67
MnO	0,02
NiO	0,62
SrO	0
ZnO	0
K <sub>2</sub> O	0,03
Na <sub>2</sub> O	0,04
F	0,06
Cl	0
O=F	-0,03
O=Cl	0
suma	92,44
Si <sup>4+</sup>	4,07
Ti <sup>4+</sup>	0
Al <sup>3+</sup>	0,01
Cr <sup>3+</sup>	0
V <sup>3+</sup>	0
Ba <sup>2+</sup>	0
Ca <sup>2+</sup>	0
Fe <sup>2+</sup>	0,26
Mg <sup>2+</sup>	2,54
Mn <sup>2+</sup>	0
Ni <sup>2+</sup>	0,03
Sr <sup>2+</sup>	0
Zn <sup>2+</sup>	0
K <sup>+</sup>	0
Na <sup>+</sup>	0,01
F <sup>-</sup>	0,01
Cl <sup>-</sup>	0
O <sup>2-</sup>	10,99

Tab. 19. Výsledky WDX analýz mastku na lokalitě Zadní Hutisko.

Tab. 20. Výsledky WDX analýz epidotu na lokalitě Zadní Hutisko.

anal. č.	epidot						
	96	97	98	99	100	101	102
hornina	Ep-Chl	Ep-Chl	Ep-Chl	Ep-Chl	Ep-Chl	Ep-Chl	Ep-Chl
SiO <sub>2</sub>	37,58	37,39	37,75	37,37	37,57	37,16	37,41
TiO <sub>2</sub>	0,06	0,07	0,07	0,17	0,09	0,07	0,03
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,04	0,04	0	0,03	nest.	nest.	nest.
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23,73	22,67	23,14	23,56	23,70	22,04	22,16
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03	0,04	0	0,01	0,02	0,01	0,02
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,07	0,04	0,07	0,02	nest.	nest.	nest.
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,64	13,59	13,86	12,72	13,28	14,99	15,08
MgO	0	0,04	0,03	0,06	0,01	0,02	0,05
MnO	0,18	0,33	0,20	0,40	0,20	0,35	0,26
NiO	0	0	0	0,01	nest.	nest.	nest.
CaO	23,55	23,29	23,23	22,78	23,29	22,88	23,29
SrO	0,14	0,25	0,17	0,31	nest.	nest.	nest.
ZnO	0	0	0,01	0,07	nest.	nest.	nest.
K <sub>2</sub> O	0,02	0	0,01	0	0,001	0,01	0,02
Na <sub>2</sub> O	0,06	0,03	0,01	0	0,01	0,005	0
F	0,10	0,12	0,11	0,08	nest.	nest.	nest.
Cl	0	0	0,01	0	nest.	nest.	nest.
O=F	-0,04	-0,05	-0,05	-0,03	0	0	0
O=Cl	0	0	-0,00	0	0	0	0
suma	98,16	97,85	98,62	97,56	98,25	97,54	98,32
Si <sup>4+</sup>	2,99	2,99	2,99	2,99	2,98	2,99	2,99
Ti <sup>4+</sup>	0	0	0	0,01	0,01	0	0
P <sup>5+</sup>	0	0	0	0	nest.	nest.	nest.
Al <sup>3+</sup>	2,22	2,14	2,16	2,22	2,22	2,09	2,09
Cr <sup>3+</sup>	0	0	0	0	0	0	0
V <sup>3+</sup>	0	0	0	0	nest.	nest.	nest.
Fe <sup>3+</sup>	0,76	0,82	0,83	0,77	0,79	0,91	0,91
Mg <sup>2+</sup>	0	0	0	0,01	0	0	0,01
Mn <sup>2+</sup>	0,01	0,02	0,01	0,03	0,02	0,02	0,02
Ni <sup>2+</sup>	0	0	0	0	0	0	0
Ca <sup>2+</sup>	2,00	2,00	1,97	1,95	1,98	1,97	2,00
Sr <sup>2+</sup>	0,01	0,01	0,01	0,01	nest.	nest.	nest.
Zn <sup>2+</sup>	0	0	0	0	nest.	nest.	nest.
K <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0	0
Na <sup>+</sup>	0,01	0	0	0	0	0	0
F <sup>-</sup>	0,03	0,03	0,03	0,02	nest.	nest.	nest.
Cl <sup>-</sup>	0	0	0	0	nest.	nest.	nest.
O <sup>2-</sup>	12,47	12,47	12,47	12,48	12,50	12,50	12,50

Údaje o chemismu získané WDX analýzami akcesorických minerálů jsou uvedeny v tab. 21 až 27. Magnetity jsou viditelně obohacené Cr složkou, (tab. 21.). Tmavou slídu můžeme na základě WDX analýz klasifikovat jako flogopit (tab. 22) a apatit můžeme díky vysokému podílu F označit jako fluorapatit (tab. 23). U titanitu jsou patrně nepatrně zvýšené hodnoty Al a Ca (tab. 24). Hematit vykazuje jen nepatrně vyšší obsah V (tab. 25). Dále byly provedeny WDX analýzy ilmenitu, které odhalily nepatrně vyšší množství Mn (tab. 26), a rutilu, u kterého naměřené hodnoty odpovídají víceméně  $\text{TiO}_2$  (tab. 27).

Tab. 21. Výsledky WDX analýz magnetitu na lokalitě Zadní Hutisko.

anal.č.	magnetit	
	103	104
hornina	Chl	Tlc
SiO <sub>2</sub>	0,06	0,06
TiO <sub>2</sub>	0,06	0,07
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01	0,08
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,66	6,64
Nb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	nest.	nest.
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,13	0,12
FeO	87,61	86,75
MgO	0,03	0,05
MnO	0,16	0,28
CoO	0,09	0,10
CaO	0,16	0,02
NiO	0,30	0,17
ZnO	0,03	0,10
suma	94,11	94,11
Si <sup>4+</sup>	0	0
Ti <sup>4+</sup>	0	0
Al <sup>3+</sup>	0	0
Cr <sup>3+</sup>	0,18	0,21
V <sup>3+</sup>	0	0
Fe <sup>3+</sup>	1,82	1,79
Fe <sup>2+</sup>	0,97	0,97
Mg <sup>2+</sup>	0	0
Mn <sup>2+</sup>	0,01	0,01
Co <sup>2+</sup>	0	0
Ca <sup>2+</sup>	0,01	0
Ni <sup>2+</sup>	0,01	0,01
Zn <sup>2+</sup>	0	0

Tab. 23. Výsledky WDX analýz apatitu na lokalitě Zadní Hutisko.

apatit	
anal. č.	106
hornina	Ep-Chl
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	43,52
As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0
CaO	56,08
SiO <sub>2</sub>	0,19
TiO <sub>2</sub>	0
ThO <sub>2</sub>	0,03
UO <sub>2</sub>	0,03
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,05
Pr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03
Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0
FeO	0,06
MnO	0
SrO	0
Na <sub>2</sub> O	0
SO <sub>2</sub>	0,03
F	2,41
Cl	0,02
O=F	-1,01
O=Cl	-0,00
suma	101,44
P <sup>5+</sup>	6,122
Ca <sup>2+</sup>	9,985
Si <sup>4+</sup>	0,032
Th <sup>4+</sup>	0,001
U <sup>4+</sup>	0,001
La <sup>3+</sup>	0
Ce <sup>3+</sup>	0,003
Pr <sup>3+</sup>	0,002
Nd <sup>3+</sup>	0
Y	0
Fe <sup>2+</sup>	0,008
Mn <sup>2+</sup>	0
Sr <sup>2+</sup>	0
Na <sup>+</sup>	0
S <sup>6+</sup>	0,004
F <sup>-</sup>	1,267
Cl <sup>-</sup>	0,006
O <sup>2-</sup>	24,749

Tab. 22. Výsledky WDX analýz flogopitu na lokalitě Zadní Hutisko.

flogopit	
anal. č.	105
hornina	Ep-Chl
SiO <sub>2</sub>	37,05
TiO <sub>2</sub>	1,44
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,47
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0
FeO	17,92
MgO	13,00
MnO	0,17
CaO	0,16
K <sub>2</sub> O	8,81
Na <sub>2</sub> O	0,19
suma	93,21
Si <sup>4+</sup>	2,86
Ti <sup>4+</sup>	0,08
Al <sup>3+</sup>	1,32
Cr <sup>3+</sup>	0
Fe <sup>2+</sup>	1,16
Mg <sup>2+</sup>	1,50
Mn <sup>2+</sup>	0,01
Ca <sup>2+</sup>	0,01
K <sup>+</sup>	0,87
Na <sup>+</sup>	0,03
O <sup>2-</sup>	11,00



anal. č.	titanit	
	107	108
hornina	Ep-Chl	Ep-Chl
SiO <sub>2</sub>	30,66	31,09
ZrO <sub>2</sub>	0,05	0
ThO <sub>2</sub>	0	0,01
TiO <sub>2</sub>	37,00	36,89
Nb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,04	0,04
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	0,03
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0
Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0,17
Pr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0,07
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,01	1,11
Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0
CaO	28,44	28,48
FeO	0,93	0,79
MgO	0,01	0
SnO	0	0,01
K <sub>2</sub> O	0,01	0,01
Na <sub>2</sub> O	0,01	0,01
F	0,21	0,16
-O=F	-0,09	-0,07
suma	98,28	98,80
Si <sup>4+</sup>	1,019	1,028
Zr <sup>4+</sup>	0,001	0
Th <sup>4+</sup>	0	0
Ti <sup>4+</sup>	0,925	0,917
Nb <sup>5+</sup>	0,001	0,001
Ta <sup>5+</sup>	0	0
Ce <sup>3+</sup>	0	0
La <sup>3+</sup>	0	0
Nd <sup>3+</sup>	0	0,002
Pr <sup>3+</sup>	0	0,001
Y <sup>3+</sup>	0	0
Al <sup>3+</sup>	0,040	0,043
Sc <sup>3+</sup>	0	0
Ca <sup>2+</sup>	1,013	1,008
Fe <sup>2+</sup>	0,026	0,022
Mg <sup>2+</sup>	0	0
Sn <sup>2+</sup>	0	0
K <sup>+</sup>	0	0
Na <sup>+</sup>	0,001	0,001
F <sup>-</sup>	0,022	0,017
O <sup>2-</sup>	4,978	4,983

Tab. 24. Výsledky WDX analýz titanitu na lokalitě Zadní Hutisko.

Tab. 25. Výsledky WDX analýz hematitu na lokalitě Zadní Hutisko.

anal. č.	hematit		
	109	110	111
hornina	Ep-Chl	Ep-Chl	Ep-Chl
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	102,80	102,85	102,91
TiO <sub>2</sub>	0,07	0,06	0,12
SiO <sub>2</sub>	0,05	0,04	0,03
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,05	0,12	0,06
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,04	0,07	0,03
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,38	0,39	0,23
CaO	0,02	0,06	0
<i>FeOtot</i>	92,53	92,57	92,63
MgO	0,01	0,01	0
MnO	0	0,03	0
NiO	0	0,01	0
ZnO	0	0,04	0,04
suma	103,42	103,68	103,42
Fe <sup>3+</sup>	1,986	1,982	1,988
Ti <sup>4+</sup>	0,001	0,001	0,002
Si <sup>4+</sup>	0,001	0,001	0,001
Al <sup>3+</sup>	0,002	0,004	0,002
Cr <sup>3+</sup>	0,001	0,001	0,001
V <sup>3+</sup>	0,008	0,008	0,005
Ca <sup>2+</sup>	0,001	0,002	0
Mg <sup>2+</sup>	0	0	0
Mn <sup>2+</sup>	0	0,001	0
Ni <sup>2+</sup>	0	0	0
Zn <sup>2+</sup>	0	0,001	0,001

Tab. 26. Výsledky WDX analýz ilmenitu na lokalitě Zadní Hutisko.

anal. č.	ilmenit				
	112	113	114	115	116
hornina	Ep-Chl	Ep-Chl	Ep-Chl	Ep-Chl	Ep-Chl
TiO <sub>2</sub>	48,25	49,86	49,96	49,37	49,97
SiO <sub>2</sub>	0,04	0,02	0,01	0,04	0,02
SnO <sub>2</sub>	0	0	0,01	0	0,02
ZrO <sub>2</sub>	0,03	0	0	0	0
WO <sub>3</sub>	0,08	0,06	0,08	0	nest.
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0	0,01	0	0,01
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0	0,01	0	0,02
Nb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01	0,08	0,05	0,05	0,05
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,02	0,03	0	0	0
Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01	0,02	0,01	0	nest.
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,11	0,16	0,06	0,08	0,08
CaO	0,07	0,02	0,08	0,08	0
FeO	48,36	46,55	47,26	47,11	47,97
MgO	0,06	0,01	0,08	0,04	0,09
MnO	1,25	1,28	1,07	1,13	1,10
PbO	0	0	0	0,02	nest.
ZnO	0	0,01	0,03	0,01	nest.
suma	98,29	98,11	98,73	97,94	99,34
Ti <sup>4+</sup>	0,950	0,974	0,971	0,968	0,967
Si <sup>4+</sup>	0,001	0,001	0	0,001	0,001
Sn <sup>4+</sup>	0	0	0	0	0
Zr <sup>4+</sup>	0	0	0	0	0
W <sup>3+</sup>	0,001	0	0,001	0	0
Al <sup>3+</sup>	0	0	0	0	0
Cr <sup>3+</sup>	0	0	0	0	0
Nb <sup>5+</sup>	0	0,001	0,001	0,001	0,001
Ta <sup>5+</sup>	0	0	0	0	0
Sc <sup>3+</sup>	0	0	0	0	0
V <sup>3+</sup>	0,002	0,003	0,001	0,002	0,002
Ca <sup>2+</sup>	0,002	0,001	0,002	0,002	0
Fe <sup>2+</sup>	1,059	1,011	1,022	1,028	1,032
Mg <sup>2+</sup>	0,002	0	0,003	0,002	0,003
Mn <sup>2+</sup>	0,028	0,028	0,023	0,025	0,024
Pb <sup>2+</sup>	0	0	0	0	0
Zn <sup>2+</sup>	0	0	0	0	0

Tab. 27. Výsledky WDX analýz rutilu na lokalitě Zadní Hutisko.

anal. č.	rutil
	117
hornina	Chl
TiO <sub>2</sub>	99,341
SiO <sub>2</sub>	0,030
SnO <sub>2</sub>	0
ZrO <sub>2</sub>	0
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,060
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,034
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,005
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,121
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,179
CaO	0
FeO	0,670
MgO	0,025
MnO	0
suma	100,466
Ti <sup>4+</sup>	0,993
Si <sup>4+</sup>	0
Sn <sup>4+</sup>	0
Zr <sup>4+</sup>	0
Nb <sup>5+</sup>	0
Ta <sup>5+</sup>	0
Al <sup>3+</sup>	0
Cr <sup>3+</sup>	0,001
V <sup>3+</sup>	0,004
Ca <sup>2+</sup>	0
Fe <sup>2+</sup>	0,007
Mg <sup>2+</sup>	0
Mn <sup>2+</sup>	0

### 7.3 Bischofsgraben

Lokalita Bischofsgraben se nachází nedaleko kóty Březina (706 m n. m.) v remízku, který dříve nejspíše sloužil jako úvozová cesta, mezi pastvinami nad obcemi Rudoltice a Sobotín. Krupníkové těleso je uložené právě pod touto zrostlou úvozovou cestou, přičemž jeho jádro se nachází hluboko pod povrchem, a není proto pozorovatelné. GPS souřadnice lokality jsou 50°0'5,764"N 17°6'17,371"E.

Ve výkopu o velikosti cca 3 x 5 m (obr. 18) je ovšem viditelná zonální stavba tohoto tělesa, kdy je ve dně úvozu zóna mastkové břidlice, která plynule přechází do zóny aktinolitické, a ta do zóny chloritické. Nepravá mocnost jednotlivých zón je však výrazně menší ve srovnání s většími tělesy na Smrčině či Zadním Hutisku.



Obr. 18. Lokalita Bischofsgraben - výkop v bývalé úvozové cestě. Foto: Z. Juránková, říjen 2017.

Zóna mastkové břidlice tvořena šupinkami a lístky bílého až šedého místy nazelenalého mastku (obr. 19). Uspořádání šupinek není po celé mocnosti zóny stejné - někdy je patrná plošně paralelní textura jindy všesměrná a místy jsou šupinky vějířovitě uspořádány. Zatímco při jednom okraji je břidlice monominerální (nejspíše přechod od krupníkového jádra), směrem k zóně aktinolitické roste četnost jehlicovitých porfyroblastů zeleného aktinolitu.

Mezi zónami mastkové a aktinolitické břidlice proto vzniká přechodná mastek-aktinolitická břidlice vyznačující se radiálním uspořádáním jehlic aktinolitu v tzv. ledový květ (obr. 20). V této zóně lze také pozorovat vláknitý amfibolový azbest.



Obr. 19. Hrubě lupenitá maskková břidlice z lokality Bischofsgraben. Foto: Z. Juránková, říjen 2017.



Obr. 20. Radiálně uspořádaná stébla aktinolitů v Ac-Tlc-břidlici. Vzorek ze sbírky Vlastivědného muzea v Olomouci (sběr. P. Novotný), šířka snímku cca 120 mm. Foto: Z. Juránková, listopad 2017.

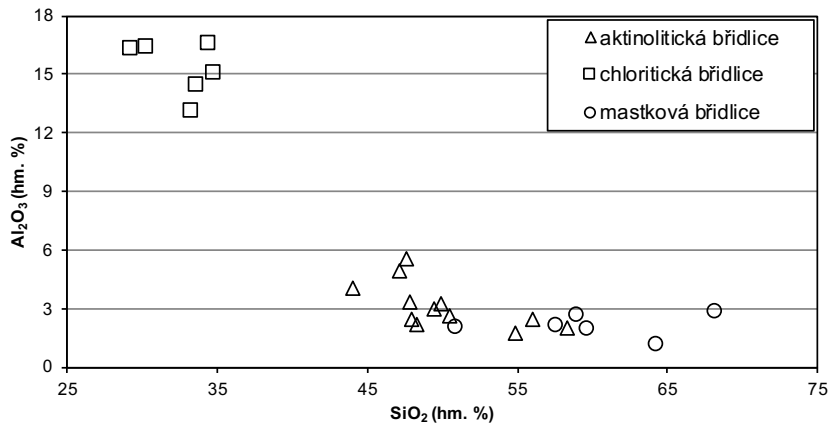
Zóna aktinolitické břidlice je tvořena zelenými až tmavě zelenými jemnými jehlicemi a až 4 cm velkými stébly aktinolitů. Jehlice a stébla aktinolitů tvoří radiálně uspořádané nebo vějířovité navzájem se prorůstající agregáty. Směrem k zóně chloritické břidlice se mezi amfibolem vyskytují i lupínky tmavě zeleného chloritu.

Chloritická břidlice má výraznou plošně paralelní texturu a tvoří ji jemné tmavě zelené až černozelelé šupinky chloritu velké cca 1 mm. Vnější okolí zóny chloritické břidlice je tvořeno amfibolitem.

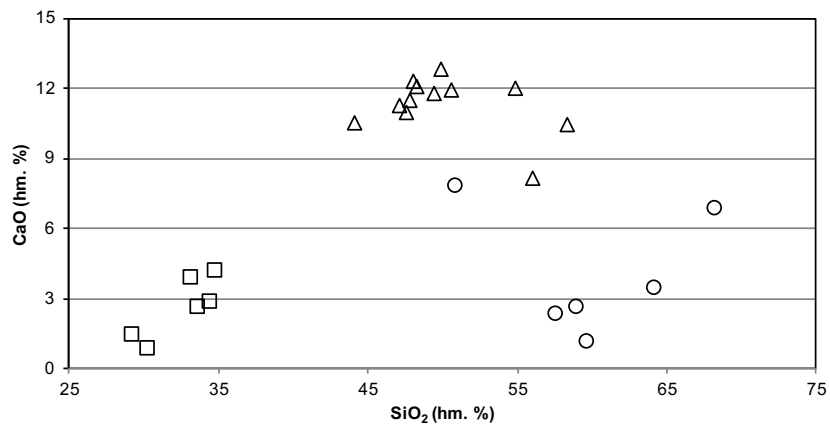
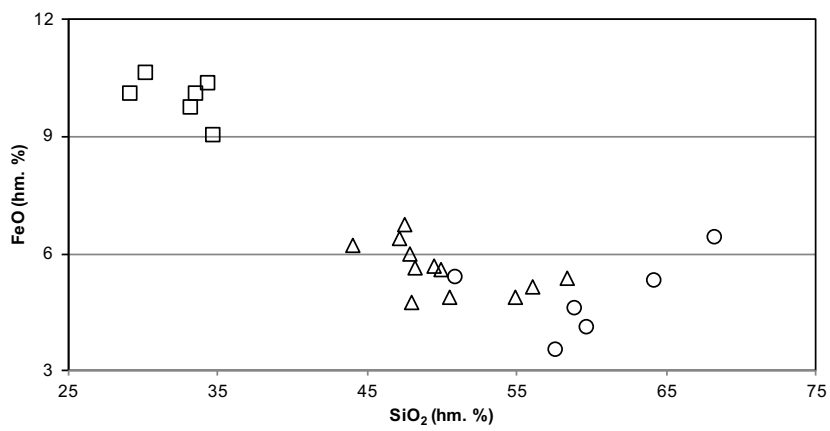
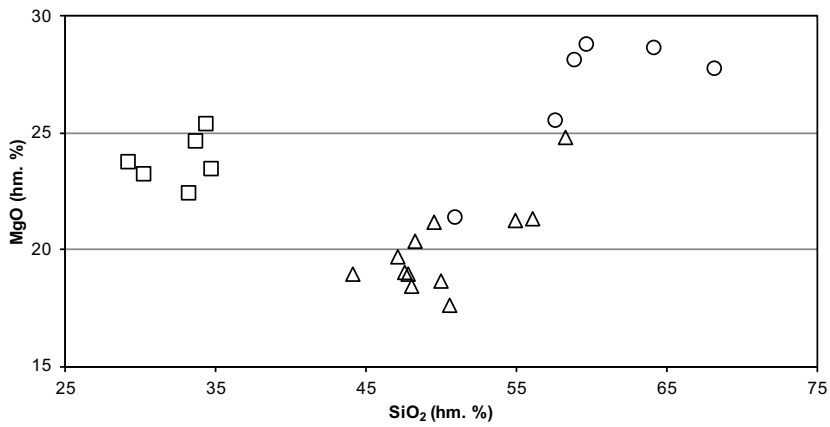
Chemismus hornin z lokality Bischofsgraben uvedený v tab. 28 byl zjištěn XRF analýzami celkem 24 vzorků a graficky znázorněn v Harkerově diagramu (obr. 21). Měření nebyla provedena na vzorcích krupníku vzhledem k jeho nedostupnosti na lokalitě. Mimo něj však byly zanalyzovány všechny tři hlavní zóny Tlc-břidlice, Ac-břidlice a Chl-břidlice. Na zkoumaném území se však vyskytují i přechodné typy břidlic mezi Tlc a Ac břidlicemi a mezi Ac a Chl břidlicemi. Tyto přechodné horninové typy pak obsahují výše uvedené dvojice minerálů v různém poměru. Pro XRF analýzy byly použity mimo vzorků hornin s jasnou minerální dominancí i vzorky z těchto přechodných horninových zón. V rámci zpracování výsledků analýz jsou vzorky Ac-Tlc-břidlice zahrnuty mezi Tlc-břidlice, mezi vzorky Ac-břidlic patří i Tlc-Ac-břidlice. Z výsledků analýz je patrný pokles obsahů  $\text{SiO}_2$  a  $\text{MgO}$  směrem od středu krupníkového tělesa k jeho okraji. Ve stejném směru však naopak roste obsah  $\text{FeO}$ . Ac-břidlice vykazuje vyšší obsahy  $\text{CaO}$  a  $\text{MnO}$ , zvýšený obsah  $\text{Al}_2\text{O}_3$  a  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  je v Chl-břidlici.

	Mastková břidlice n = 6			Aktinolitická břidlice n = 12			Chloritická břidlice n = 6		
	min.	max.	x	min.	max.	x	min.	max.	x
$\text{SiO}_2$ (hm. %)	50,93	68,21	59,93	44,02	58,27	50,12	29,20	34,79	32,60
$\text{TiO}_2$ (hm. %)	<0,07	<0,07	–	<0,07	<0,07	–	<0,07	0,67	0,15
$\text{Al}_2\text{O}_3$ (hm. %)	1,13	2,85	2,12	1,73	5,55	3,16	13,07	16,58	15,31
$\text{Cr}_2\text{O}_3$ (hm. %)	0,13	0,25	0,19	0,10	0,30	0,19	0,19	0,37	0,25
$\text{MgO}$ (hm. %)	21,36	28,79	26,67	17,69	24,81	20,06	22,42	25,36	23,80
$\text{FeO}$ (hm. %)	3,49	6,38	4,85	4,72	6,74	5,60	8,98	10,61	9,96
$\text{CaO}$ (hm. %)	1,17	7,76	4,02	8,19	12,84	11,32	0,87	4,16	2,63
$\text{MnO}$ (hm. %)	0,04	0,14	0,09	0,16	0,22	0,19	0,12	0,17	0,15
Sr (ppm)	6	15	11	9	23	20	6	14	11
Zr (ppm)	<3	13	8	<3	28	5	<3	83	18
Co (ppm)	33	68	55	37	60	46	45	102	79
Ni (ppm)	1618	2682	2131	1059	1993	1491	1007	2338	1788
Zn (ppm)	46	81	61	52	94	70	103	143	127

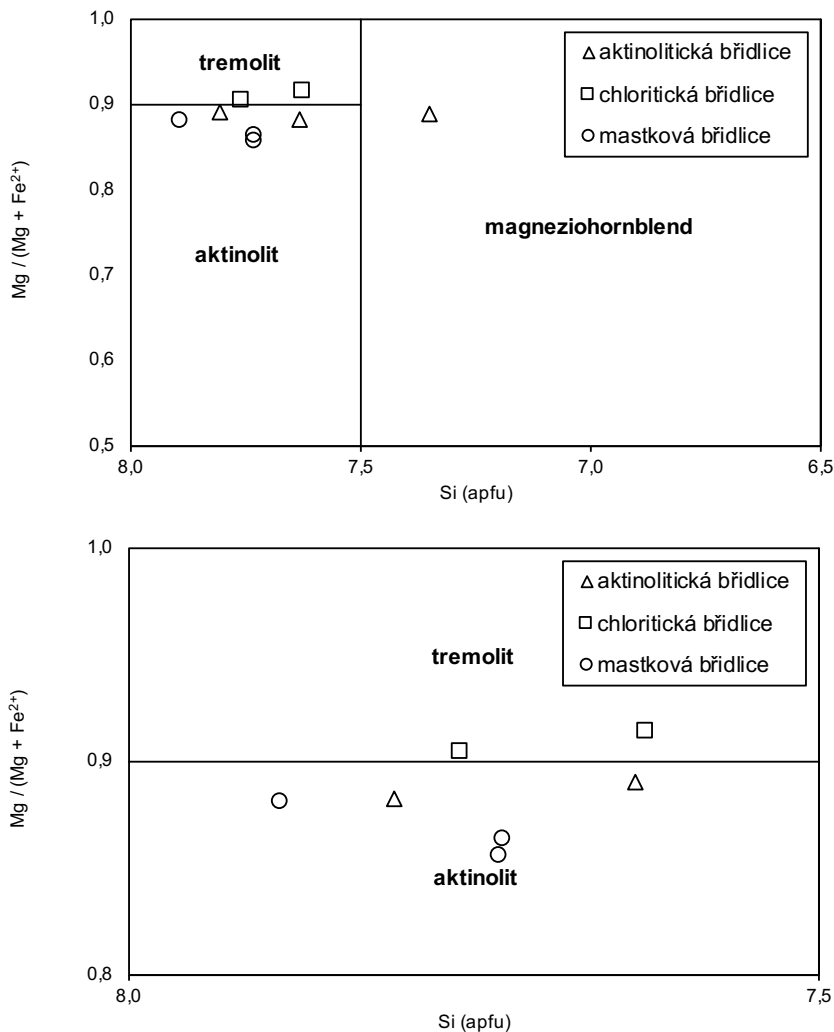
Tab. 28. Výsledky XRF analýz udávající chemismus hornin krupníkového tělesa na lokalitě Bischofsgraben. (n = počet vzorků, x = průměr, celkové železo je vyjádřeno jako  $\text{FeO}$ ).



Obr. 21. Harkerův diagram pro horniny krupníkového tělesa na lokalitě Bischofsgraben.



Ve výbrusech vykazoval amfibol z lokality Bischofsgraben slabý pleochroismus od světle žluté po světle zelenou nebo byla zrna bezbarvá, kteréžto vlastnosti odpovídají aktinolitů a tremolitu. Zrna tvoří protáhlé jehlice, stébla a sloupce, prismatické průřezy nebo byla nepravidelného tvaru. Omezení zrn je hypautomorfní. Zhášení amfibolů bylo naměřeno v rozsahu 12° – 15°. Uspořádání zrn bylo usměrněné, zejména v Ac-břidlicích, nebo zrna tvořila radiálně paprscité agregáty dobře pozorovatelné u vzorků přechodných Ac-Tlc a Tlc-Ac-břidlicích. Izolované vyrostlice v Tlc-břidlicích jsou orientovány i všesměrně, často kose vůči okolnímu masku. Z Leakeho klasifikačního diagramu (1978, obr. 22) vytvořeném na základě údajů o chemismu získaných WDX analýzami (tab. 29) lze potvrdit, že se jedná o aktinolit a tremolit, jak vyplývá. Až na jednu výjimku se analýzy pohybují kolem hranice aktinolit – tremolit. Je v něm také vidět, že ve sledu Tlc – Ac – Chl břidlic (tedy od středu krupníkového tělesa k jeho okraji) klesá množství Fe a tím se povaha amfibolu plynule mění z aktinolitu na tremolit.



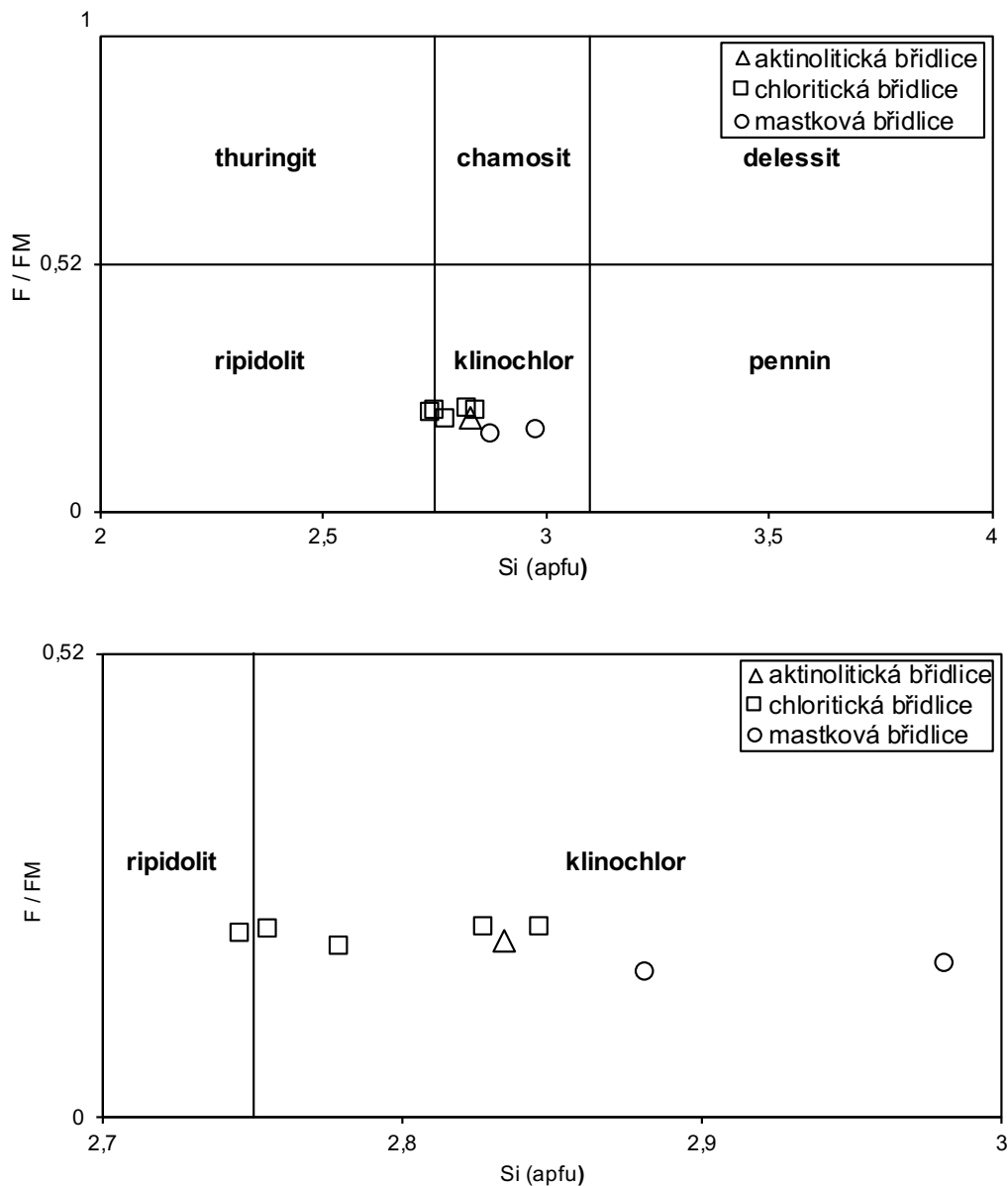
Obr. 22. Klasifikační diagram podle Leakeho (1978) pro amfiboly z aktinolitických, chloritických a maskových břidlic na lokalitě Bischofsgraben.

Tab. 29. Výsledky WDX analýz amfibolu na lokalitě Bischofsgraben.

anal. č.	amfibol							
	118	119	120	121	122	123	124	125
hornina	Ac-Tlc	Ac-Tlc	Chl	Chl	Ac	Ac	Ac-Chl	Ac-Tlc
SiO <sub>2</sub>	55,49	55,60	56,62	52,96	56,58	55,61	55,55	56,83
TiO <sub>2</sub>	0,02	0,04	0,03	0,18	0,03	0,09	0,06	0,01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	0	0	0	0	0,03	0	0,01
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,65	2,78	1,14	5,49	1,97	3,12	3,08	0,76
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,81	0,02	0,09	0,22	0,15	0,13	0,17	0,20
Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,02	0	0,04	0,05	0,03	0,04	0,04	0,01
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,43	0,22	2,86	4,81	2,30	3,32	2,72	0,67
FeO	5,48	5,89	4,75	3,87	3,85	3,33	4,32	4,98
FeO <sup>tot</sup>	5,86	6,09	7,33	8,20	5,92	6,32	6,77	5,58
MgO	19,35	19,58	19,97	17,89	20,42	19,90	19,65	20,66
MnO	0,22	0,18	0,26	0,33	0,26	0,29	0,20	0,21
NiO	0,12	0,14	0,08	0,03	0,14	0,12	0,11	0,09
CaO	12,91	13,24	12,80	12,39	12,94	12,70	12,79	13,24
SrO	nest.	nest.	0	0	0	0	0	0
ZnO	0,03	0,03	0	0,05	0	0,01	0	0,02
K <sub>2</sub> O	0,04	0,04	0,03	0,07	0,03	0,05	0,09	0,04
Na <sub>2</sub> O	0,25	0,21	0,19	0,37	0,19	0,26	0,33	0,03
F	0,09	0,09	0,10	0,07	0,09	0,11	0,10	0,10
Cl	0	0	0	0	0,01	0	0,02	0
O=F	-0,04	-0,04	-0,04	-0,03	-0,04	-0,05	-0,04	-0,04
O=Cl	0	0	0	0	-0,00	0	-0,00	0
suma	97,86	98,02	98,92	98,75	98,95	99,07	99,19	97,81
Si <sup>4+</sup>	7,73	7,73	7,81	7,35	7,76	7,63	7,63	7,89
Ti <sup>4+</sup>	0	0	0	0,02	0	0,01	0,01	0
P <sup>5+</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0
Al <sup>3+</sup>	0,43	0,46	0,19	0,90	0,32	0,51	0,50	0,12
Cr <sup>3+</sup>	0,09	0	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02
Sc <sup>3+</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0
V <sup>3+</sup>	0	0	0	0,01	0	0	0	0
Fe <sup>3+</sup>	0,05	0,02	0,30	0,50	0,24	0,34	0,28	0,07
Fe <sup>2+</sup>	0,64	0,69	0,55	0,45	0,44	0,38	0,50	0,58
Mg <sup>2+</sup>	4,02	4,06	4,10	3,70	4,17	4,07	4,03	4,28
Mn <sup>2+</sup>	0,03	0,02	0,03	0,04	0,03	0,04	0,02	0,03
Ni <sup>2+</sup>	0,01	0,02	0,01	0	0,02	0,01	0,01	0,01
Ca <sup>2+</sup>	1,93	1,97	1,89	1,84	1,90	1,87	1,88	1,97
Zn <sup>2+</sup>	0	0	0	0,01	0	0	0	0
K <sup>+</sup>	0,01	0,01	0	0,01	0	0,01	0,02	0,01
Na <sup>+</sup>	0,07	0,06	0,05	0,10	0,05	0,07	0,09	0,01
F <sup>-</sup>	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,05	0,04	0,04
Cl <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	0	0,01	0
O <sup>2-</sup>	22,96	22,96	22,96	22,97	22,96	22,95	22,95	22,96



Chlorit pozorovaný ve výbrusech tvořil dobné hypautomorfně či xenomorfně omezené šupinky a lístky. Na zrnech byl zřetelný pleochroismus od světle zelené po světle žlutou kolmo ke štěpnosti. Zrna byla uspořádána zpravidla všesměrně. Ize Chlorit lze blíže klasifikovat diagramem (obr. 23) podle Melky (1965) dle chemického složení zjištěného WDX analýzami (tab. 30) jako klinochlor. Chemismus chloritu se ale v jednotlivých horninových typech mění. Chlority z chl-břidlic se pohybují na hranici ripidolit – klinochlor, chlority Tlc-břidlic se přibližují k penninu.



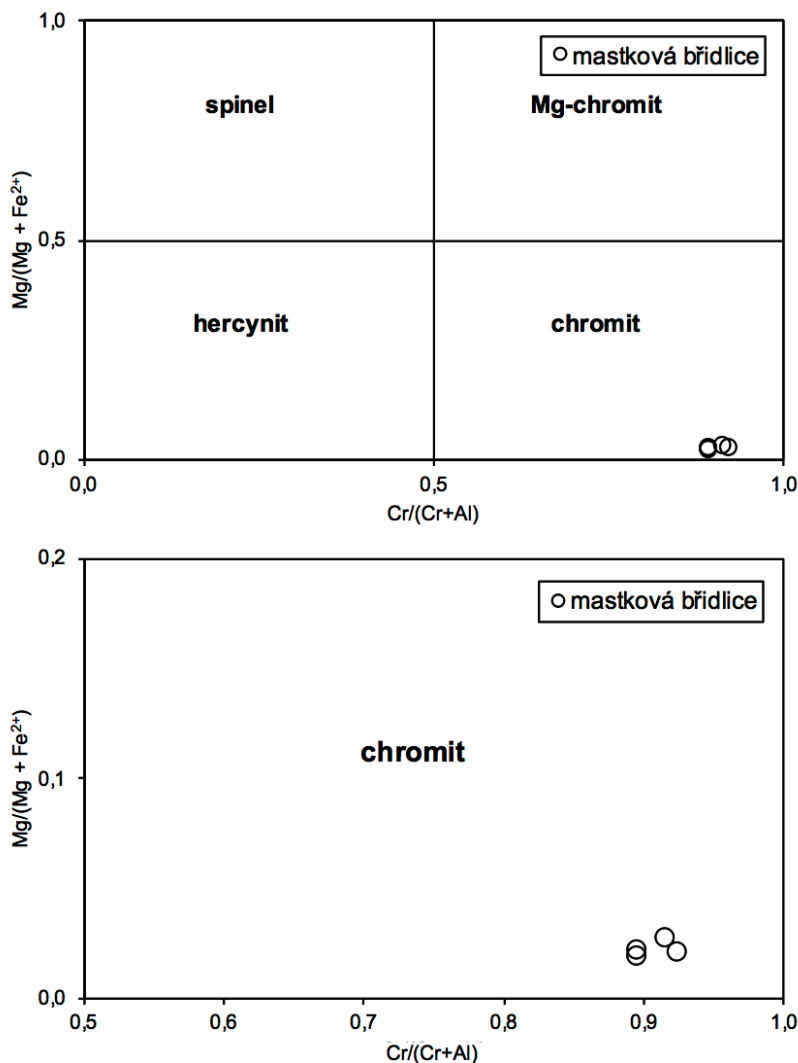
Obr. 23. Klasifikační diagram podle Melky (1965) pro chlority z aktinolitických, chloritických a maskových břidlic na lokalitě Bischofsgraben.

Tab. 30. Výsledky WDX analýz chloritu na lokalitě Bischofsgraben

anal.č.	chlorit							
	126	127	128	129	130	131	132	133
hornina	Ac-Tlc	Chl	Chl	Ac	Ac-Chl	Chl	Ac-Tlc	Ac-Chl
SiO <sub>2</sub>	29,42	29,13	28,86	29,18	28,62	27,96	28,42	29,41
TiO <sub>2</sub>	0	0,08	0,08	0,07	0,03	0,07	0,09	0,02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,18	20,58	20,85	20,40	21,27	22,17	22,35	18,02
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,75	0,27	0,27	0,67	0,68	0,02	0	2,81
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0,02	0,01	0	0,02	0,01	0	0,02
BaO	0	0	0	0	0	0	0	0
CaO	0,01	0,06	0,05	0,04	0,06	0,04	0,06	0,03
FeO	9,18	11,96	12,04	10,07	10,83	11,42	11,84	9,32
MgO	25,24	25,36	25,15	26,76	26,06	25,20	25,29	27,27
MnO	0,08	0,11	0,14	0,10	0,15	0,12	0,14	0,07
NiO	0,24	0,21	0,15	0,32	0,33	0,01	0,03	0,27
PbO	nest.	0	0,01	0,14	0	0	0	0,05
SrO	0,05	0	0	0	0	0	0	0,05
ZnO	0,06	0	0,04	0,03	0	0,03	0,07	0
K <sub>2</sub> O	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0	0,04	0
Na <sub>2</sub> O	0	0,03	0	0	0,04	0	0	0
F	0,02	0,02	0	0,04	0,02	0	0,02	0,03
Cl	0	0	0	0	0,01	0	0	0
O=F	-0,01	-0,01	0	-0,02	-0,01	0	-0,01	-0,01
O=Cl	0	0	0	0	-0,00	0	0	0
suma	84,23	87,83	87,66	87,81	88,11	87,05	88,34	87,36
Si <sup>4+</sup>	2,98	2,85	2,83	2,83	2,78	2,75	2,76	2,88
Ti <sup>4+</sup>	0	0,01	0,01	0	0	0	0,01	0
Al <sup>3+</sup>	2,05	2,37	2,41	2,33	2,43	2,57	2,55	2,08
Cr <sup>3+</sup>	0,22	0,02	0,02	0,05	0,05	0	0	0,22
V <sup>3+</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0
Ba <sup>2+</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca <sup>2+</sup>	0	0,01	0	0	0,01	0	0,01	0
Fe <sup>2+</sup>	0,78	0,98	0,99	0,82	0,88	0,94	0,96	0,76
Mg <sup>2+</sup>	3,81	3,69	3,67	3,87	3,77	3,69	3,66	3,98
Mn <sup>2+</sup>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Ni <sup>2+</sup>	0,02	0,02	0,01	0,03	0,03	0	0	0,02
Pb <sup>2+</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0
Sr <sup>2+</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0
Zn <sup>2+</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0
K <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0
Na <sup>+</sup>	0	0,01	0	0	0,01	0	0	0
F <sup>-</sup>	0,01	0,01	0	0,01	0,01	0	0,01	0,01
Cl <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0
O <sup>2-</sup>	13,99	13,99	14,00	13,99	13,99	14,00	13,99	13,99

Mastek se se výbrusech vyskytoval v podobě lupínků a drobných šupinek. Zrna jsou bezbarvá a bez pleochroismu, omezená xenomorfně či hypautomorfně. Orientace zrn je jak všesměrná, tak paralelní, a to zejména v Tlc-břidlicích. zatímco v přechodných polohách do Ac-břidlic nebyla zrna prostorově usměrněna. Z údajů o chemismu dostupných z WDX analýz (tab 31) je vidět, že mastek je v přechodné zóně Ac-Tlc-břidlice mírně ochuzen o Mg, avšak s o něco vyššími obsahy Fe.

V horninách krupníkových těles se vyskytují i spinelidy, které lze určit jako chromit (obr. 24) na základě údajů o chemismu z WDX analýz (tab. 32). V Chl-břidlicích lze pozorovat i lištovité krystaly tmavé slídy, podle chemického složení zjištěného WDX analýzami odpovídající flogopitu (tab. 33). Z WDX analýz (tab. 34) je zřejmé, že akcesorický ilmenit obsahuje vyšší podíl pyrofanitové složky (až XX Mn apfu).



Obr. 24. Klasifikační diagram pro chromity z mastkových břidlic na lokalitě Bischofsgraben.

anal.č.	mastek			
	134	135	136	137
hornina	Ac-Tlc	Ac-Tlc	Ac-Tlc	Ac-Tlc
SiO <sub>2</sub>	61,94	62,73	61,21	62,41
TiO <sub>2</sub>	0	0,02	0,01	0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,12	0,06	0,09	0,09
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03	0,06	0,07	0,03
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0,04	0	0
BaO	0	0	0	0,02
CaO	0	0	0	0,03
FeO	4,43	3,91	3,99	4,51
MgO	26,82	27,34	26,18	28,56
MnO	0,02	0,04	0,02	0,01
NiO	0,24	0,22	0,23	0,25
PbO	nest.	nest.	nest.	0
SrO	0	0	0	0
ZnO	0,02	0	0,01	0
K <sub>2</sub> O	0	0,01	0,02	0,01
Na <sub>2</sub> O	0	0,01	0,02	0,04
F	0,04	0,02	0,08	0,07
Cl	0	0,01	0	0
O=F	-0,02	-0,01	-0,03	-0,03
O=Cl	0	-0,00	0	0
suma	93,64	94,46	91,90	96,00
Si <sup>4+</sup>	4,05	4,06	4,07	4,00
Ti <sup>4+</sup>	0	0	0	0
Al <sup>3+</sup>	0,01	0	0,01	0,01
Cr <sup>3+</sup>	0	0	0	0
V <sup>3+</sup>	0	0	0	0
Ba <sup>2+</sup>	0	0	0	0
Ca <sup>2+</sup>	0	0	0	0
Fe <sup>2+</sup>	0,24	0,21	0,22	0,24
Mg <sup>2+</sup>	2,62	2,64	2,60	2,73
Mn <sup>2+</sup>	0	0	0	0
Ni <sup>2+</sup>	0,01	0,01	0,01	0,01
Pb <sup>2+</sup>	0	0	0	0
Sr <sup>2+</sup>	0	0	0	0
Zn <sup>2+</sup>	0	0	0	0
K <sup>+</sup>	0	0	0	0
Na <sup>+</sup>	0	0	0	0
F <sup>-</sup>	0,01	0	0,02	0,01
Cl <sup>-</sup>	0	0	0	0
O <sup>2-</sup>	10,99	11,00	10,98	10,99

Tab. 31. Výsledky WDX analýz mastku na lokalitě Bischofsgraben.

Tab. 32. Výsledky WDX analýz chromitu na lokalitě Bischofsgraben.

anal. č.	chromit			
	138	139	140	141
hornina	Ac-Tlc	Ac-Tlc	Ac-Tlc	Ac-Tlc
SiO <sub>2</sub>	0,05	0,07	0,07	0,03
TiO <sub>2</sub>	0,09	0,22	0,18	0,11
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,24	4,42	4,34	3,44
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	58,84	56,13	55,15	56,27
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,12	0,35	0,57	0,20
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,92	6,28	7,11	8,73
FeO	29,73	29,15	29,20	29,50
FeO <sup>tot</sup>	35,95	34,80	35,60	37,35
MgO	0,36	0,32	0,36	0,47
MnO	1,65	1,38	1,31	1,60
CoO	0,11	0,11	0,10	nest.
CaO	0	0	0	0,01
NiO	0,02	0,04	0,04	0,01
ZnO	0,94	0,93	0,92	0,92
suma	102,07	99,40	99,35	101,29
Si <sup>4+</sup>	0,002	0,003	0,003	0,001
Ti <sup>4+</sup>	0,002	0,006	0,005	0,003
Al <sup>3+</sup>	0,137	0,191	0,188	0,147
Cr <sup>3+</sup>	1,672	1,626	1,599	1,610
V <sup>3+</sup>	0,003	0,010	0,017	0,006
Fe <sup>3+</sup>	0,187	0,173	0,196	0,238
Fe <sup>2+</sup>	0,894	0,893	0,896	0,893
Mg <sup>2+</sup>	0,019	0,017	0,020	0,025
Mn <sup>2+</sup>	0,050	0,043	0,041	0,049
Co <sup>2+</sup>	0,003	0,003	0,003	0
Ca <sup>2+</sup>	0	0	0	0
Ni <sup>2+</sup>	0,001	0,001	0,001	0
Zn <sup>2+</sup>	0,025	0,025	0,025	0,025

Tab. 33. Výsledky WDX analýz  
flogopitu na lokalitě Bischofsgraben.

anal.č.	flogopit	
	142	143
hornina	Chl	Chl
SiO <sub>2</sub>	40,96	39,41
TiO <sub>2</sub>	1,25	1,25
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,71	16,14
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,02	0
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01	0,01
BaO	0,11	0,09
CaO	0,93	1,21
FeO	8,70	8,79
MgO	18,60	18,01
MnO	0,09	0,11
NiO	0,09	0
PbO	0	0,07
SrO	0	0
ZnO	0,02	0,05
K <sub>2</sub> O	5,49	5,17
Na <sub>2</sub> O	0,15	0,22
F	0,22	0,24
Cl	0	0,03
O=F	-0,09	-0,10
O=Cl	0	-0,01
suma	93,26	90,69
Si <sup>4+</sup>	2,93	2,91
Ti <sup>4+</sup>	0,07	0,07
Al <sup>3+</sup>	1,41	1,41
Cr <sup>3+</sup>	0	0
V <sup>3+</sup>	0	0
Ba <sup>2+</sup>	0	0
Ca <sup>2+</sup>	0,07	0,10
Fe <sup>2+</sup>	0,52	0,54
Mg <sup>2+</sup>	1,99	1,98
Mn <sup>2+</sup>	0	0,01
Ni <sup>2+</sup>	0	0
Pb <sup>2+</sup>	0	0
Sr <sup>2+</sup>	0	0
Zn <sup>2+</sup>	0	0
K <sup>+</sup>	0,50	0,49
Na <sup>+</sup>	0,02	0,03
F <sup>-</sup>	0,05	0,06
Cl <sup>-</sup>	0	0
O <sup>2-</sup>	10,95	10,94

Tab. 34. Výsledky WDX  
analýz ilmenitu  
na lokalitě  
Bischofsgraben.

ilmenit	
anal. č.	144
hornina	Chl
TiO <sub>2</sub>	55,20
SiO <sub>2</sub>	0
SnO <sub>2</sub>	0
ZrO <sub>2</sub>	0
WO <sub>3</sub>	0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,02
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,05
Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,12
CaO	0
FeO	44,27
MgO	0,07
MnO	3,58
ZnO	0,01
suma	103,32
Ti <sup>4+</sup>	1,009
Si <sup>4+</sup>	0
Sn <sup>4+</sup>	0
Zr <sup>4+</sup>	0
W <sup>3+</sup>	0
Al <sup>3+</sup>	0
Cr <sup>3+</sup>	0
Nb <sup>5+</sup>	0
Ta <sup>5+</sup>	0
Sc <sup>3+</sup>	0
V <sup>3+</sup>	0,002
Ca <sup>2+</sup>	0
Fe <sup>2+</sup>	0,900
Mg <sup>2+</sup>	0,003
Mn <sup>2+</sup>	0,074
Zn <sup>2+</sup>	0

## 7.4 Medvědí důl

Medvědí důl leží asi 4 km jihovýchodně od dolní nádrže přečerpávací vodní elektrárny Dlouhé stráně, v údolí řeky Desné, na západ od Vysoké hole (1464 m n. m.). GPS souřadnice lokality jsou 50°3'36,769"N 17°12'12,169"E. Zkoumané území leží podél lesní cesty uhýbající od zelené turistické značky kolem bývalého lomu Zámčisko podél pravého břehu Desné. Aktuální stav lokality není příhodný pro podrobnější terénní dokumentaci, neboť celý úsek cesty je hustě zarostlý vegetací a předpokládané výchozy sobotínského amfibolitového masívu na kontaktu s horninami desenské skupiny nejsou pozorovatelné. Horniny desenské skupiny lze však najít zejména v místech, kde lesní cesta končí a na svahu nad cestou lze vidět drobné výchozy a akumulace sutí svorů a chloritizovaných desenských rul (obr. 25). Ojedinele je možné v suťovém materiálu najít úlomky amfibolitů. Během rekognoskace terénu v červnu 2018 nebyla zjištěna přítomnost metahornblenditů ani mastkové břidlice.



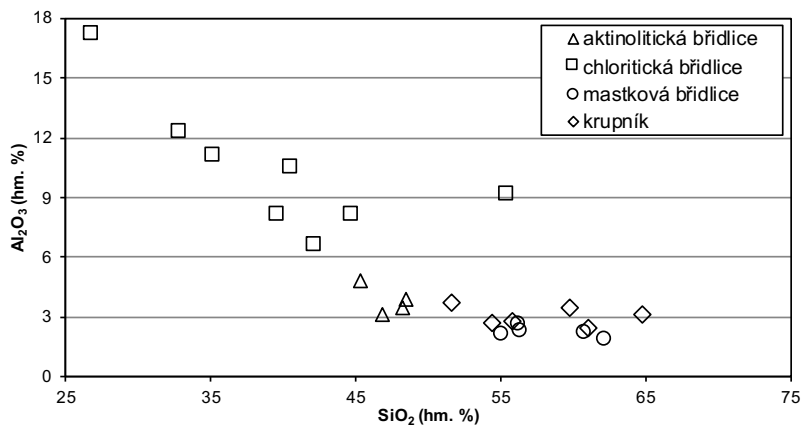
Obr. 25. Lokalita Medvědí důl. Foto: Z. Juránková, červen 2018.

Ze vzorků, odebraných vedoucím práce v letech 1996 – 2002 je patrné, že se na lokalitě nachází světle až tmavě šedý masivní krupník s pozůstatky po vyloužených porfyroblastech dolomitu ve formě limonitu, jemně lupenitá šedozelená mastková břidlice s plošně paralelní texturou, aktinolitická břidlice tmavě zelené barvy s plošně paralelní ši všesměrně zrnitou texturou a chloritická břidlice tmavě zelené až zelenočerné barvy s převážně plošně paralelní texturou. Mezi těmito horninovými typy se vyskytují i typy přechodné, které byly pro další zpracování zařazeny na základě dominance znaků té které horniny.

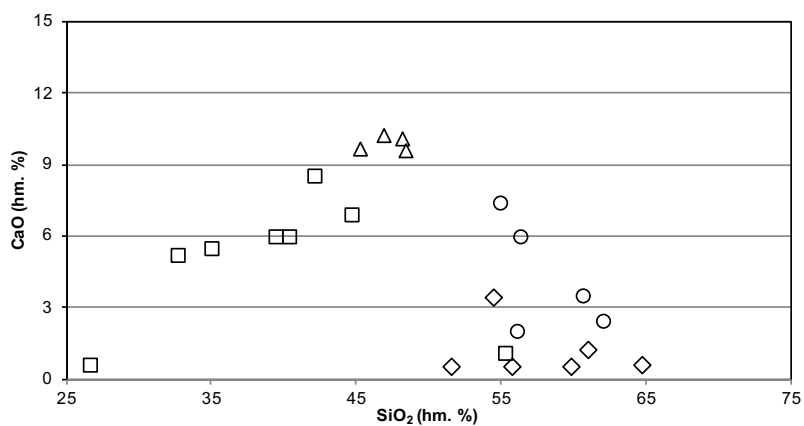
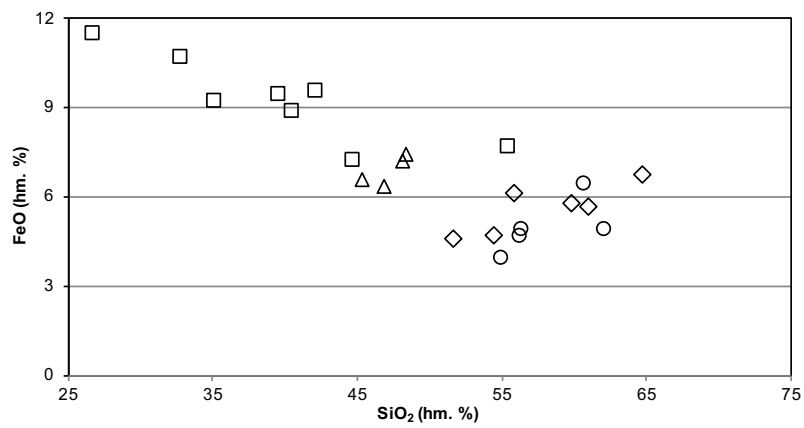
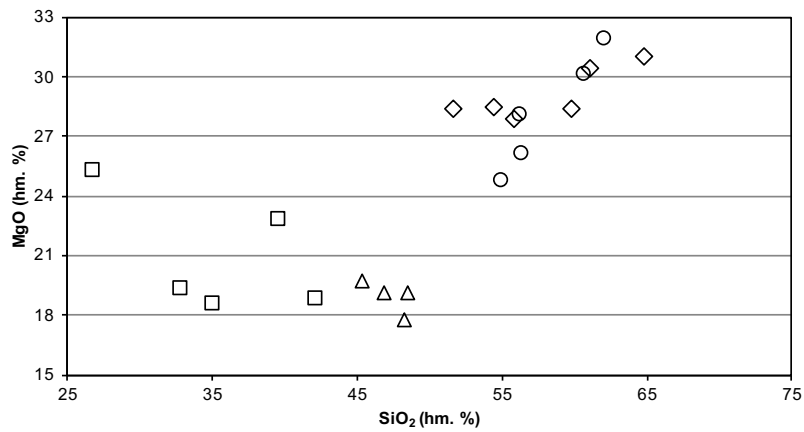
Horninový charakter krupníkového tělesa v Medvědí doli byl studován pomocí XRF analýz 23 vzorků všech typických hornin krupníkového tělesa – krupníku, Tlc-břidlice, Ac-břidlice a Chl-břidlice. Výsledky těchto analýz jsou popsány v tab. 35 a graficky znázorněny Harkerovým diagramem (obr. 26). Většina těchto vzorků vzhledem ke dnešnímu stavu lokality pochází ze sbírky vedoucího práce opatřené v letech 1996 – 2002. Obsahy SiO<sub>2</sub>, MgO a Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> klesají od krupníkového středu tělesa ke vnějšímu okraji tvořenému Chl-břidlicí, avšak mezi krupníkem a zónou Tlc-břidlice jsou spíše malé rozdíly, stejně jako u obsahu MnO. Krupníkové jádro má však ve srovnání se sousední Tlc-břidlicí vyšší obsahy Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> a Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, které dále od Tlc-břidlice k Chl-břidlici rostou. Relativně vysoké obsahy TiO<sub>2</sub> a Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> jsou v Chl-břidlici, v Ac-břidlici je vyšší obsah CaO.

	Krupník n = 6			Mastková břidlice n = 5			Aktinolitická břidlice n = 4			Chloritická břidlice n = 8		
	min.	max.	x	min.	max.	x	min.	max.	x	min.	max.	x
SiO <sub>2</sub> (hm. %)	51,6	64,8	57,9	55,1	62,2	58,2	45,4	48,5	47,2	26,8	55,5	39,7
TiO <sub>2</sub> (hm. %)	<0,07	<0,07	–	<0,07	<0,07	–	<0,07	0,20	–	0,28	1,06	0,71
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (hm. %)	2,5	3,7	3,1	1,9	2,7	2,3	3,2	4,9	3,9	6,6	17,3	10,4
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (hm. %)	5,1	7,5	6,2	4,3	7,1	5,5	7,1	8,2	7,6	8,0	12,7	10,2
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (hm. %)	0,11	0,26	0,19	0,11	0,20	0,15	0,10	0,21	0,13	<0,01	0,23	0,06
MgO (hm. %)	27,8	31,0	29,1	24,7	31,9	28,2	17,8	19,7	18,9	12,1	25,2	18,1
CaO (hm. %)	0,5	3,4	1,2	2,0	7,3	4,2	9,6	10,2	9,9	0,5	8,5	4,9
MnO (hm. %)	0,08	0,11	0,09	0,08	0,13	0,11	0,16	0,24	0,18	0,10	0,23	0,16
Sr (ppm)	9	50	19	10	19	13	15	32	21	7	108	35
Zr (ppm)	18	43	31	<3	28	10	<3	36	13	17	223	52
Co (ppm)	37	55	46	<10	39	28	<10	41	–	<10	49	–
Ni (ppm)	1918	2456	2211	1253	1962	1591	245	1357	1005	<10	234	117
Cu (ppm)	<10	<10	–	<10	<10	–	<10	<10	–	<10	54	–
Zn (ppm)	36	68	49	54	70	60	51	77	66	47	111	83

Tab. 35. Výsledky XRF analýz udávající chemismus hornin krupníkového tělesa na lokalitě Medvědí důl (n = počet vzorků, x = průměr, celkové železo je vyjádřeno jako Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

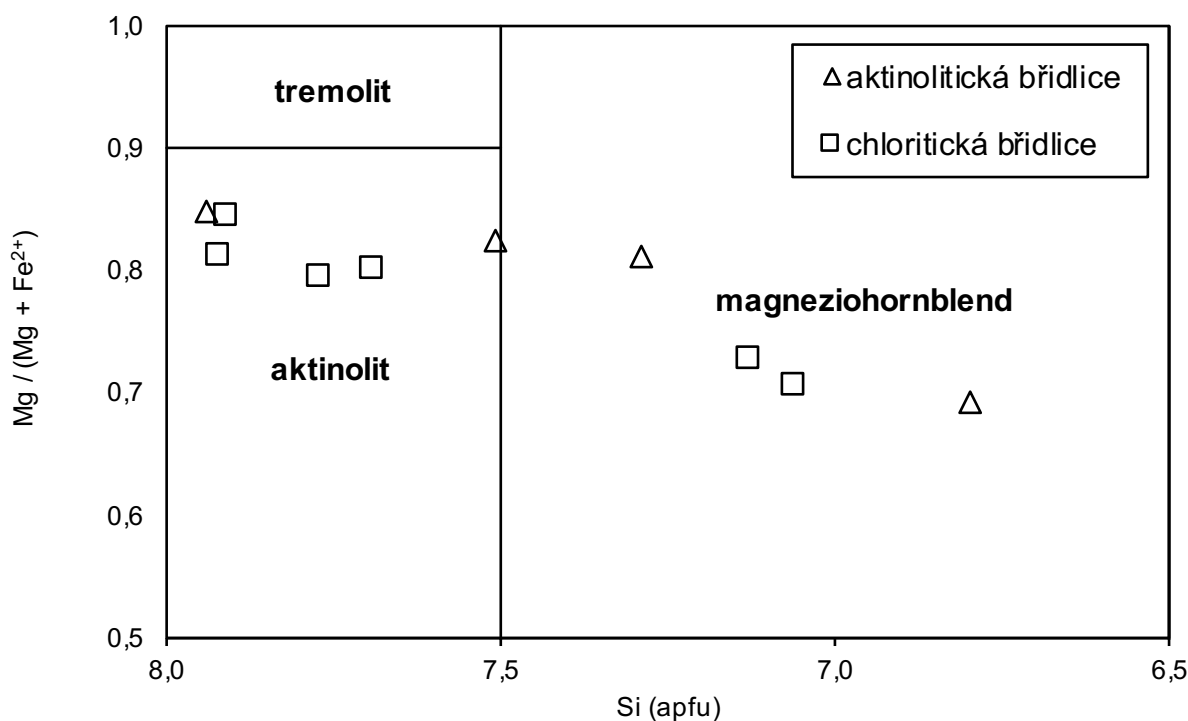


Obr. 26. Harkerův diagram pro horniny krupníkového tělesa na lokalitě Medvědí důl.





Na amfibolech z lokality Medvědí důl byl patrný pleochroismus od světle žluté po sytě zelenou, případně od světle zelené po tmavě zelenou nebo od žluté po hnědou. Omezení zrn bylo převážně hypautomorfní, tvar jehlicovitý, stéblovitý nebo nepravidelný. Zrna byla jak paralelně uspořádána, tak i všesměrně orientována, místy tvořila vějířovité agregáty. Hodnoty úhlů zhášení se pohybovaly v rozpětí 11° – 21°. Chemické složení amfibolů zjištěné pomocí WDX analýz vyjadřuje tab 36. Na jejím základě lze vynést hodnoty do klasifikačního diagramu podle Melky (1965). Z tohoto diagramu (obr. 27) je patrné, že amfiboly v Ac a Chl-břidlicích na lokalitě Medvědí důl odpovídají aktinolitů a magneziohornblendu obr.

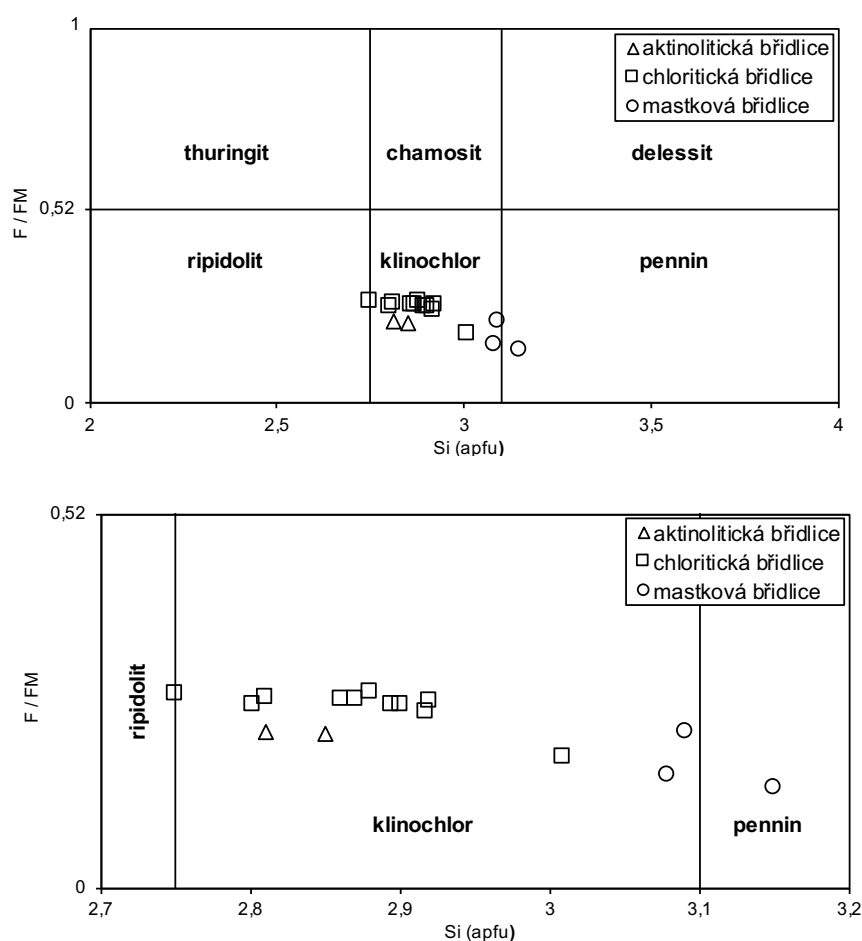


Obr. 27. Klasifikační diagram podle Leakeho (1978) pro amfiboly z aktinolitické a chloritické břidlice na lokalitě Medvědí důl.

Tab. 36. Výsledky WDX analýz amfibolu na lokalitě Medvědí důl.

anal. č.	amfibol									
	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154
hornina	Ac	Ac	Chl	Chl	Chl	Ac	Ac	Ac-Chl	Ac-Chl	Ac-Chl
SiO <sub>2</sub>	46,86	56,93	56,58	49,01	55,16	53,07	51,89	49,92	54,92	57,01
TiO <sub>2</sub>	0,53	0,02	0,05	0,44	0,05	0,11	0,24	0,39	0,04	0,08
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,04	0,02	0	0,02	0,04	0,01	0,07	0	0,05	0,04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,20	1,07	0,92	7,25	2,23	4,51	6,98	7,86	3,39	0,71
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03	0,02	0	0,07	0,03	1,39	0,15	0,05	0	0,32
Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0	0,02	0,07	0,10	0	0	0	0	0,01
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01	0,06	0,06	0,08	0,04	0,02	0,04	0,03	0,08	0,02
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,62	0	0	0,92	0	0	0	0	0	0
FeO	11,04	6,28	7,82	11,35	8,45	6,65	7,33	10,31	8,05	6,53
FeO <sup>tot</sup>	11,59	6,28	7,82	12,18	8,45	6,65	7,33	10,31	8,05	6,53
MgO	14,08	19,73	19,09	15,30	18,59	17,75	17,86	15,45	18,05	20,06
MnO	0,29	0,17	0,23	0,31	0,31	0,15	0,27	0,22	0,18	0,22
NiO	0,05	0	0,03	0,04	0,02	0,13	0,19	0,01	0	0,06
CaO	12,17	12,82	12,84	11,89	12,33	12,52	11,42	12,63	12,52	12,94
ZnO	0,10	0,10	0,08	0,03	0	0	0	0,05	0,06	0
K <sub>2</sub> O	0,20	0,08	0,02	0,19	0,01	0,06	0,08	0,17	0,07	0,04
Na <sub>2</sub> O	1,30	0,20	0,15	1,18	0,31	0,60	1,08	0,87	0,62	0,32
F	0,13	0,12	0,07	0,12	0,09	0,16	0,21	0,12	0,11	0,10
Cl	0	0	0,01	0,01	0	0	0	0	0	0,02
O=F	-0,05	-0,05	-0,03	-0,05	-0,04	-0,07	-0,09	-0,05	-0,05	-0,04
O=Cl	0	0	-0,00	-0,00	0	0	0	0	0	-0,00
suma	97,59	97,58	97,94	98,23	97,72	97,06	97,72	98,03	98,09	98,43
Si <sup>4+</sup>	6,80	7,94	7,92	7,06	7,77	7,51	7,29	7,13	7,69	7,91
Ti <sup>4+</sup>	0,06	0	0,01	0,05	0,01	0,01	0,02	0,04	0	0,01
P <sup>5+</sup>	0,01	0	0	0	0,01	0	0,01	0	0,01	0,01
Al <sup>3+</sup>	1,74	0,18	0,15	1,23	0,37	0,75	1,16	1,32	0,56	0,12
Cr <sup>3+</sup>	0	0	0	0,01	0	0,16	0,02	0,01	0	0,04
Sc <sup>3+</sup>	0	0	0	0,01	0,01	0	0	0	0	0
V <sup>3+</sup>	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0,01	0	0,01	0
Fe <sup>3+</sup>	0,07	0	0	0,10	0	0	0	0	0	0
Fe <sup>2+</sup>	1,34	0,73	0,92	1,37	1,00	0,79	0,86	1,23	0,94	0,76
Mg <sup>2+</sup>	3,04	4,10	3,98	3,29	3,90	3,74	3,74	3,29	3,77	4,15
Mn <sup>2+</sup>	0,04	0,02	0,03	0,04	0,04	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03
Ni <sup>2+</sup>	0,01	0	0	0,01	0	0,02	0,02	0	0	0,01
Ca <sup>2+</sup>	1,89	1,92	1,93	1,84	1,86	1,90	1,72	1,93	1,88	1,92
Zn <sup>2+</sup>	0,01	0,01	0,01	0	0	0	0	0,01	0,01	0
K <sup>+</sup>	0,04	0,01	0	0,04	0	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01
Na <sup>+</sup>	0,37	0,05	0,04	0,33	0,09	0,17	0,29	0,24	0,17	0,09
F <sup>-</sup>	0,06	0,05	0,03	0,06	0,04	0,07	0,09	0,05	0,05	0,04
Cl <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
O <sup>2-</sup>	22,94	22,95	22,97	22,94	22,96	22,93	22,91	22,95	22,95	22,95

Chlorit se ve výbrusech vyznačoval drobnými šupinkami hypautomorfního omezení a slabého pleochroismu od bezbarvé polohy po světlou žlutozelenou. Zrna byla nejčastěji všesměrně orientována. Metodou WDX analýzy byl zjištěn chemismus chloritů v Ac, Tlc a Chl-břidlicích (tab. 37). Na základě těchto údajů byla většina analyzovaných chloritů klasifikována podle Leakeho diagramu (1978) jako klinochlor (obr. 28). Výjimkami jsou jeden vzorek na hranici ripidolitu a klinochloru z Chl-břidlice a jeden vzorek z Tlc-břidlice odpovídající penninu. Z diagramu lze též odvodit, že směrem do středu krupníkového tělesa v chloritech mírně klesají hodnoty Fe.



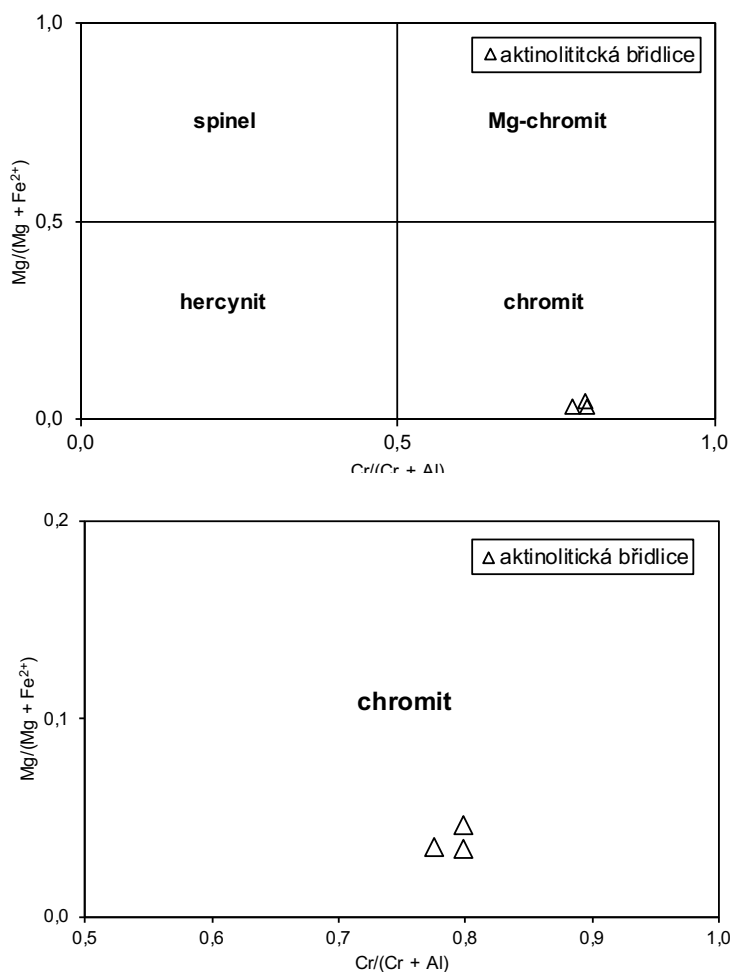
Obr. 28. Klasifikační diagram podle Melky (1965) pro chlority z aktinolitických, chloritických a maskových břidlic krupníkového tělesa na lokalitě Medvědí důl.

Tab. 37. Výsledky WDX analýz chloritu na lokalitě Medvědí důl.

anal. č.	chlorit								
	155	156	157	158	159	160	161	162	163
hornina	Ac	Ac	Chl	Chl	Ac	Ac	Ac-Chl	Ac-Chl	krupník
SiO <sub>2</sub>	28,44	27,93	28,66	27,61	28,21	28,07	27,69	28,20	30,84
TiO <sub>2</sub>	0,07	0,09	0,08	0,04	0,06	0,05	0,04	0,05	0,04
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,16	20,38	19,51	19,72	21,51	21,66	21,33	20,77	16,52
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0,02	0,07	0,04	0,14	0,43	0,08	0,07	1,42
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,07	0,06	0,07	0,02	0,01	0,04	0,10	0,03	0,03
BaO	0,01	0,01	0	0	0	0	0	0	0,02
CaO	0,01	0,01	0	0	0,06	0,02	0,04	0,02	0,03
FeO	13,39	13,77	13,88	14,19	10,90	11,10	13,75	13,63	11,13
MgO	22,18	22,11	22,45	21,46	23,04	23,42	22,00	21,86	25,19
MnO	0,19	0,20	0,16	0,15	0,17	0,18	0,18	0,14	0,10
NiO	0,10	0,07	0	0,05	0,29	0,30	0,03	0,08	0,25
SrO	0	0	0	0	0	0	0,01	0	0
ZnO	0,06	0	0,03	0,07	0,04	0,08	0,09	0	0
K <sub>2</sub> O	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0,01	0	0	0,01
Na <sub>2</sub> O	0,01	0,03	0,02	0	0	0	0,04	0	0,02
SO <sub>2</sub>	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
F	0	0,02	0	0	0,08	0,06	0	0,01	0,02
Cl	0	0	0,01	0	0	0,02	0	0	0
O=F	0	-0,01	0	0	-0,03	-0,03	0	-0,00	-0,01
O=Cl	0	0	-0,00	0	0	-0,00	0	0	0
suma	84,70	84,70	84,95	83,36	84,48	85,41	85,38	84,86	85,61
Si <sup>4+</sup>	2,90	2,86	2,92	2,88	2,85	2,81	2,81	2,87	3,09
Ti <sup>4+</sup>	0,01	0,01	0,01	0	0,01	0	0	0	0
P <sup>5+</sup>	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.	nest.
Al <sup>3+</sup>	2,42	2,46	2,34	2,42	2,56	2,56	2,55	2,49	1,95
Cr <sup>3+</sup>	0	0	0,01	0	0,01	0,03	0,01	0,01	0,11
V <sup>2+</sup>	0,01	0,01	0,01	0	0	0	0,01	0	0
Ba <sup>2+</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca <sup>2+</sup>	0,001	0,001	0	0	0,006	0,002	0,004	0,002	0,003
Fe <sup>2+</sup>	1,14	1,18	1,18	1,24	0,92	0,93	1,17	1,16	0,93
Mg <sup>2+</sup>	3,37	3,37	3,41	3,34	3,47	3,50	3,33	3,32	3,76
Mn <sup>2+</sup>	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
Ni <sup>2+</sup>	0,01	0,01	0	0	0,02	0,02	0	0,01	0,02
Sr <sup>2+</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zn <sup>2+</sup>	0,01	0	0	0,01	0	0,01	0,01	0	0
K <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Na <sup>+</sup>	0	0,01	0	0	0	0	0,01	0	0
F <sup>-</sup>	0	0,01	0	0	0,03	0,02	0	0	0,01
Cl <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
O <sup>2-</sup>	14,00	13,99	14,00	14,00	13,97	13,98	14,00	14,00	13,99

Zrna mastku se ve vzorcích vyskytovala v podobě drobných šupinek a protáhlých lístků, bezbarvých a bez pleochroismu. Omezení zrn bylo převážně hypautomorfní a orientace jak všesměrná, tak plošně paralelní. Výsledky WDX (tab. 38) ukazují, že mastek obsahuje Fe příměs, jejíž množství obdobně jako u Chl-břidlic směrem k centru čočky nepatrně klesá, v kontrastu k Mg, jehož hodnoty jsou obecně nižší, avšak ve směru k zóně Tlc-břidlice se mírně zvyšují. Nižší obsahy Mg a vyšší množství Fe dokládají i výsledky EDX analýz.

V horninách krupnikového tělesa lze pozorovat i minerály skupiny spinelidů – konkrétně chromit, který lze zařadit podle klasifikačního diagramu (obr. 29) na základě WDX analýz, a magnetit bohatý na Cr složku (tab 39). Zirkon svým chemickým složením odpovídá  $ZrSiO_4$  s nepatrně vyšším obsahem Fe (tab. 40). WDX analýza zjistila vysoké množství Ti, nepatrně vyšší obsahy Al, V a Ca a nižší obsah Fe (tab. 41). WDX analýzy živců (tab. 42) z Ac-Chl-břidlic odpovídají albitu s nepatrně ochuzenou Ca složkou. Apatit lze označit díky vyššímu obsahu F jako fluorapatit (tab. 43). Výsledky WDX analýz rutilu (tab. 44) se nijak nevychylují od běžných hodnot až na rutil z Chl-břidlice, u nějž je patně větší množství Fe. Ilmenit v tab. 45 vykazuje vyšší obsah pyrofanitové složky (0,05 apfu Mn).



Obr. 29. Klasifikační diagram pro chromit z aktinolitické břidlice krupnikového tělesa na lokalitě Medvědí důl.

anal. č.	mastek		
	164	165	166
hornina	krupník	Ac-Chl	Ac-Chl
SiO <sub>2</sub>	62,78	62,12	62,50
TiO <sub>2</sub>	0	0,03	0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	nest.	nest.	nest.
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,04	0,04	0,12
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	nest.	nest.	nest.
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,02	0,01	0,01
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0,03	0
BaO	0	0	0
CaO	0	0,02	0
FeO	3,26	3,95	3,79
MgO	27,38	27,02	27,01
MnO	0,03	0,03	0,01
NiO	0,35	0,21	0,33
SrO	0	0	0
ZnO	0,02	0,02	0
K <sub>2</sub> O	0,02	0,01	0,02
Na <sub>2</sub> O	0,01	0,04	0,01
SO <sub>2</sub>	nest.	nest.	nest.
F	0,10	0,09	0,07
Cl	0	0	0,01
O=F	-0,04	-0,04	-0,03
O=Cl	0	0	-0,00
suma	93,97	93,58	93,85
Si <sup>4+</sup>	4,07	4,06	4,07
Ti <sup>4+</sup>	0	0	0
Al <sup>3+</sup>	0	0	0,01
Cr <sup>3+</sup>	0	0	0
V <sup>3+</sup>	0	0	0
Ba <sup>2+</sup>	0	0	0
Ca <sup>2+</sup>	0	0	0
Fe <sup>2+</sup>	0,18	0,22	0,21
Mg <sup>2+</sup>	2,65	2,63	2,62
Mn <sup>2+</sup>	0	0	0
Ni <sup>2+</sup>	0,02	0,01	0,02
Sr <sup>2+</sup>	0	0	0
Zn <sup>2+</sup>	0	0	0
K <sup>+</sup>	0	0	0
Na <sup>+</sup>	0	0,01	0
F <sup>-</sup>	0,02	0,02	0,01
Cl <sup>-</sup>	0	0	0
O <sup>2-</sup>	10,98	10,98	10,99

Tab. 38. Výsledky WDX analýz mastku na lokalitě Medvědí důl.

Tab. 39. Výsledky WDX analýz chloritu a magnetitu na lokalitě Medvědí důl.

anal. č.	chromit			magnetit
	167	168	169	170
hornina	Ac	Ac	Ac	krupník
SiO <sub>2</sub>	0	0,02	0,02	0,04
TiO <sub>2</sub>	0,11	0,07	0,12	0,04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,33	8,14	8,93	0,04
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	48,24	48,19	45,95	6,51
Nb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	nest.	nest.	nest.	nest.
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,22	0,21	0,17	0,20
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,58	11,44	12,74	62,11
FeO	27,83	27,96	27,75	30,51
FeO <sup>tot</sup>	38,25	38,26	39,22	86,39
MgO	0,76	0,64	0,54	0,04
MnO	1,45	1,45	1,67	0,17
CoO	0,11	0,09	0,09	0,07
CaO	0	0,05	0	0
NiO	0,03	0,02	0,02	0,17
ZnO	3,41	3,23	3,46	0
suma	102,07	101,51	101,46	99,90
Si <sup>4+</sup>	0	0	0	0
Ti <sup>4+</sup>	0	0	0	0
Al <sup>3+</sup>	0,34	0,34	0,37	0
Cr <sup>3+</sup>	1,34	1,35	1,28	0,20
V <sup>3+</sup>	0,01	0,01	0,01	0,01
Fe <sup>3+</sup>	0,31	0,30	0,34	1,79
Fe <sup>2+</sup>	0,82	0,83	0,82	0,98
Mg <sup>2+</sup>	0,04	0,03	0,03	0
Mn <sup>2+</sup>	0,04	0,04	0,05	0,01
Co <sup>2+</sup>	0	0	0	0
Ca <sup>2+</sup>	0	0	0	0
Ni <sup>2+</sup>	0	0	0	0,01
Zn <sup>2+</sup>	0,09	0,08	0,09	0

Tab. 40. Výsledky WDX analýz zirkonu na lokalitě Medvědí důl.

zirkon	
anal. č.	171
hornina	Chl
SiO <sub>2</sub>	32,41
ZrO <sub>2</sub>	66,08
HfO <sub>2</sub>	1,31
ThO <sub>2</sub>	0
TiO <sub>2</sub>	0,01
UO <sub>2</sub>	0
WO <sub>3</sub>	nest.
As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	nest.
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	nest.
Nb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	nest.
Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	nest.
Dy <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,06
Er <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,02
Yb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0
Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	nest.
CaO	0,01
FeO	0,81
MnO	nest.
Na <sub>2</sub> O	nest.
F	nest.
Cl	nest.
suma	100,72
Si <sup>4+</sup>	0,99
Zr <sup>4+</sup>	0,99
Hf <sup>4+</sup>	0,01
Th <sup>4+</sup>	0
Ti <sup>4+</sup>	0
U <sup>4+</sup>	0
P <sup>5+</sup>	0
Sc <sup>3+</sup>	0
Y <sup>3+</sup>	0
Dy <sup>3+</sup>	0
Er <sup>3+</sup>	0
Yb <sup>3+</sup>	0
Al <sup>3+</sup>	0
Ca <sup>2+</sup>	0
Fe <sup>2+</sup>	0,02
F <sup>-</sup>	nest.
O <sup>2-</sup>	4,00

Tab. 41. Výsledky WDX analýz titanitu na lokalitě Medvědí důl.

titanit		
anal. č.	172	173
hornina	Ac	Ac-Chl
SiO <sub>2</sub>	30,79	30,54
ZrO <sub>2</sub>	0,02	0,02
ThO <sub>2</sub>	0,03	0
TiO <sub>2</sub>	38,71	38,82
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,03	0,01
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,03	0,05
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0
Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03	0,02
Pr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,80	0,73
Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,70	0,25
CaO	29,04	28,50
FeO	0,45	0,35
MgO	0	0,02
SnO	0,01	0
K <sub>2</sub> O	0,02	0,03
Na <sub>2</sub> O	0,01	0,01
F	0,17	0,20
O=F	-0,07	-0,08
suma	100,77	99,49
Si <sup>4+</sup>	1,000	1,00
Zr <sup>4+</sup>	0	0
Th <sup>4+</sup>	0	0
Ti <sup>4+</sup>	0,95	0,960
Nb <sup>5+</sup>	0	0
Ta <sup>5+</sup>	0	0
Ce <sup>3+</sup>	0	0
La <sup>3+</sup>	0	0
Nd <sup>3+</sup>	0	0
Pr <sup>3+</sup>	0	0
Y <sup>3+</sup>	0	0
Al <sup>3+</sup>	0,03	0,03
Sc <sup>3+</sup>	0	0
V <sup>3+</sup>	0,02	0,01
Ca <sup>2+</sup>	1,01	1,00
Fe <sup>2+</sup>	0,01	0,01
Mg <sup>2+</sup>	0	0
Sn <sup>2+</sup>	0	0
K <sup>+</sup>	0	0
Na <sup>+</sup>	0	0
F <sup>-</sup>	0,02	0,02
O <sup>2-</sup>	4,98	4,98

Tab. 42. Výsledky WDX analýz titanitu na lokalitě Medvědí důl.

karbonát		
anal. č.	53	54
hornina	krupník	krupník
CaO	0,20	0,16
MgO	41,69	42,43
FeO	7,28	5,68
MnO	0,46	0,38
BaO	0	0
SrO	0	0,01
SiO <sub>2</sub>	0,02	0,06
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	0,05
SO <sub>2</sub>	0	0,04
F	0,02	0,04
Ca <sup>2+</sup>	0,01	0,01
Mg <sup>2+</sup>	2,70	2,76
Fe <sup>2+</sup>	0,26	0,21
Mn <sup>2+</sup>	0,02	0,02

Tab. 43.  
Výsledky WDX  
analýz apatitu  
na lokalitě  
Medvědí důl.

	apatit
anal. č.	174
hornina	Chl
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	41,38
SO <sub>3</sub>	0
CaO	55,85
SiO <sub>2</sub>	0
ThO <sub>2</sub>	0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,02
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03
Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,05
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0
BaO	0,03
FeO	0,07
MgO	0,01
MnO	0,06
SrO	0,03
Na <sub>2</sub> O	0,01
F	2,18
Cl	0,03
O=F	-0,92
O=Cl	-0,00
suma	98,83
P <sup>5+</sup>	2,563
S <sup>6+</sup>	0
Ca <sup>2+</sup>	4,378
Si <sup>4+</sup>	0
Th <sup>4+</sup>	0
Al <sup>3+</sup>	0,002
Ce <sup>3+</sup>	0
La <sup>3+</sup>	0,001
Nd <sup>3+</sup>	0,001
Y	0
Ba	0,132
Fe <sup>2+</sup>	0,004
Mn <sup>2+</sup>	0,004
Pb <sup>2+</sup>	0
Sr <sup>2+</sup>	0,132
Na <sup>+</sup>	0,001
F <sup>-</sup>	1,163
Cl <sup>-</sup>	0,009
O <sup>2-</sup>	24,342

Tab. 44. Výsledky WDX analýz rutilu  
na lokalitě Medvědí důl.

	rutil			
anal. č.	175	176	177	178
hornina	Ac-Chl	Ac-Chl	Ac	Chl
TiO <sub>2</sub>	96,43	96,73	97,49	88,13
SiO <sub>2</sub>	0,05	0,05	0,01	0
SnO <sub>2</sub>	0,01	0	0	nest.
ZrO <sub>2</sub>	0	0,01	0	nest.
WO <sub>3</sub>	0,27	0,16	0,16	nest.
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0,01	0,01	0,02
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,15	0,85	0,10	0,04
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,03	0,02	0,06	nest.
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	0,02	0,10	nest.
Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0	0	nest.
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,61	1,80	0,38	0,65
CaO	0,02	0,33	0,05	0,01
CoO	nest.	nest.	nest.	0,04
FeO	0,32	0,55	0,48	5,20
MgO	0,01	0	0,01	0,01
MnO	0	0	0	0,02
NiO	nest.	nest.	nest.	0
ZnO	0	0,04	0	0
suma	100,90	100,57	98,85	94,12
Ti <sup>4+</sup>	0,97	0,97	0,99	0,96
Si <sup>4+</sup>	0	0	0	0
Sn <sup>4+</sup>	0	0	0	nest.
Zr <sup>4+</sup>	0	0	0	nest.
W <sup>3+</sup>	0	0	0	nest.
Al <sup>3+</sup>	0	0	0	0
Cr <sup>3+</sup>	0,01	0,01	0	0
Nb <sup>5+</sup>	0	0	0	nest.
Ta <sup>5+</sup>	0	0	0	nest.
Sc <sup>3+</sup>	0	0	0	nest.
V <sup>3+</sup>	0,03	0,02	0	0,01
Ca <sup>2+</sup>	0	0,01	0	0
Co <sup>2+</sup>	nest.	nest.	nest.	0
Fe <sup>2+</sup>	0	0,01	0,01	0,06
Mg <sup>2+</sup>	0	0	0	0
Mn <sup>2+</sup>	0	0	0	0
Zn <sup>2+</sup>	nest.	nest.	nest.	0
Zn <sup>2+</sup>	0	0	0	0

Tab. 45. Výsledky WDX  
analýz ilmenitu na  
lokalitě  
Medvědí důl.

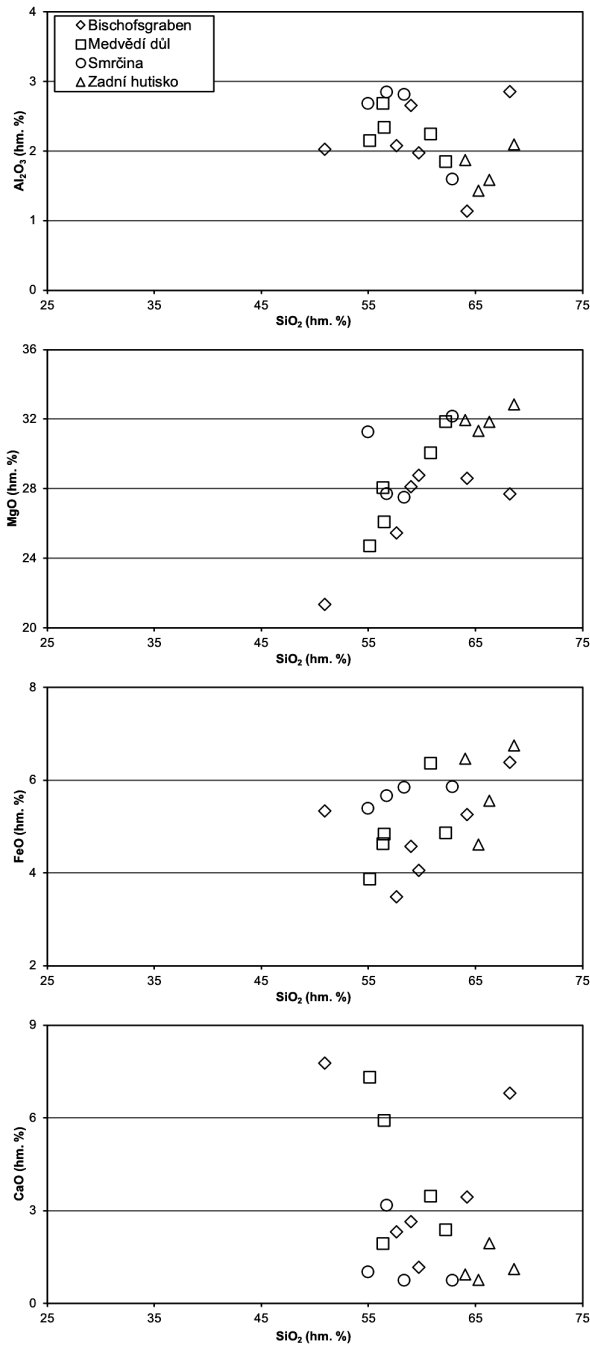
	ilmenit	
anal. č.	179	180
hornina	Chl	Chl
TiO <sub>2</sub>	46,91	47,07
SiO <sub>2</sub>	0,02	0
ZrO <sub>2</sub>	0	0,04
WO <sub>3</sub>	0,02	0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0,01
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,04	0,05
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,01	0,01
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	0
Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03	0,01
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,14	0,12
CaO	0	0,01
FeO	48,98	48,40
MgO	0,09	0,09
MnO	2,20	2,22
SnO	0	0,02
ZnO	0,07	0
suma	98,51	98,05
Ti <sup>4+</sup>	0,93	0,94
Si <sup>4+</sup>	0	0
Zr <sup>4+</sup>	0	0
W <sup>3+</sup>	0	0
Al <sup>3+</sup>	0	0
Cr <sup>3+</sup>	0	0
Nb <sup>5+</sup>	0	0
Ta <sup>5+</sup>	0	0
Sc <sup>3+</sup>	0	0
V <sup>3+</sup>	0	0
Ca <sup>2+</sup>	0	0
Fe <sup>2+</sup>	1,08	1,07
Mg <sup>2+</sup>	0	0
Mn <sup>2+</sup>	0,05	0,05
Sn <sup>4+</sup>	0	0
Zn <sup>2+</sup>	0	0



## 9 Diskuse

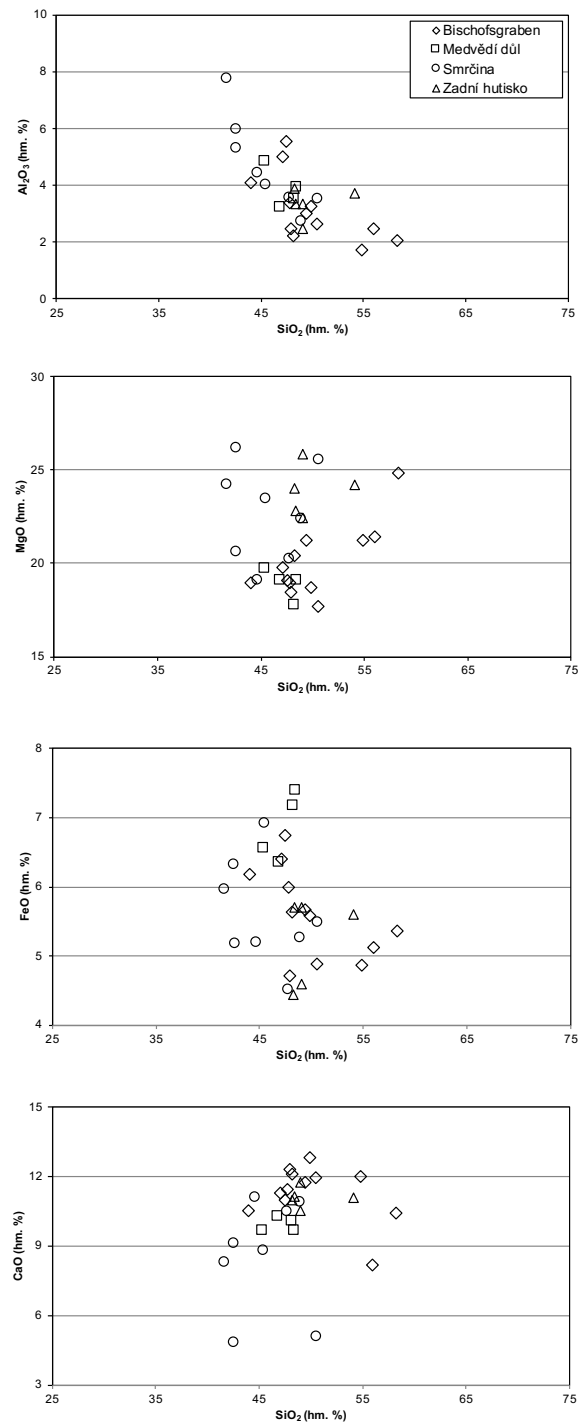
Při srovnání charakteru Tlc-břidlic ze všech lokalit formou Harkerova diagramu (obr. 30) je patrné, že hodnoty  $\text{Al}_2\text{O}_3$  se mezi jednotlivými lokalitami příliš nemění a drží se v relativně úzkém intervalu. Zatímco obsahy  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ve vzorcích ze Smrčiny a Zadního Hutiska jsou víceméně podobné, hodnoty pro Bischofsgraben se pohybují po celém intervalu. Obsahy MgO v Tlc-břidlicích mají výrazně větší rozpětí, na lokalitě Zadní Hutisko jsou obsahy MgO nejvyšší a zároveň v nejužším intervalu. Nejnižších hodnot dosahují obsahy MgO z lokality Bischofsgraben. Pro obsahy FeO platí, že se pohybují v relativně úzkém intervalu (obr. 30). Většina hodnot obsahů CaO se drží v úzkém intervalu nižších hodnot, zejména obsahy z lokalit Zadní Hutisko a Smrčina zůstávají převážně okolo spodní hranice. Číselné údaje z lokalit Bischofsgraben a Medvědí důl dosahují celého intervalu se skokem zhruba v jeho polovině, což souvisí s přítomností amfibolu v hornině.

Obsahy  $\text{Al}_2\text{O}_3$  v Ac-břidlicích jsou nejnižší na lokalitě Bischofsgraben a nejvyšší na Smrčině (obr. 31). Obě tyto lokality se vyznačují relativně velkými rozpětími krajních hodnot ve srovnání s lokalitami Zadní Hutisko a Smrčina, jejichž obsahy se drží ve středních hodnotách. Nejvíce MgO je v Ac-břidlicích ze Zadního Hutiska a Smrčiny, nejméně na lokalitě Medvědí důl a Bischofsgraben. Všechny lokality se vyznačují relativně velkým rozpětím hodnot. Na Zadním Hutisku s Smrčině lze pozorovat pro změnu nejnižší hodnoty FeO, přičemž však na Zadním Hutisku dosahují relativně malého rozpětí v porovnání se Smrčinou. Nejvíce FeO je obsaženo v Ac-břidlicích z Medvědího dolu, vzorky z lokality Bischofsgraben se vyznačují širokým rozpětím hodnot. Obsahy CaO jsou v Ac-břidlicích ze všech lokalit přibližně podobné, pouze pouze na Smrčině dosahují hodnoty velkého rozpětí směrem k nízkým hodnotám.

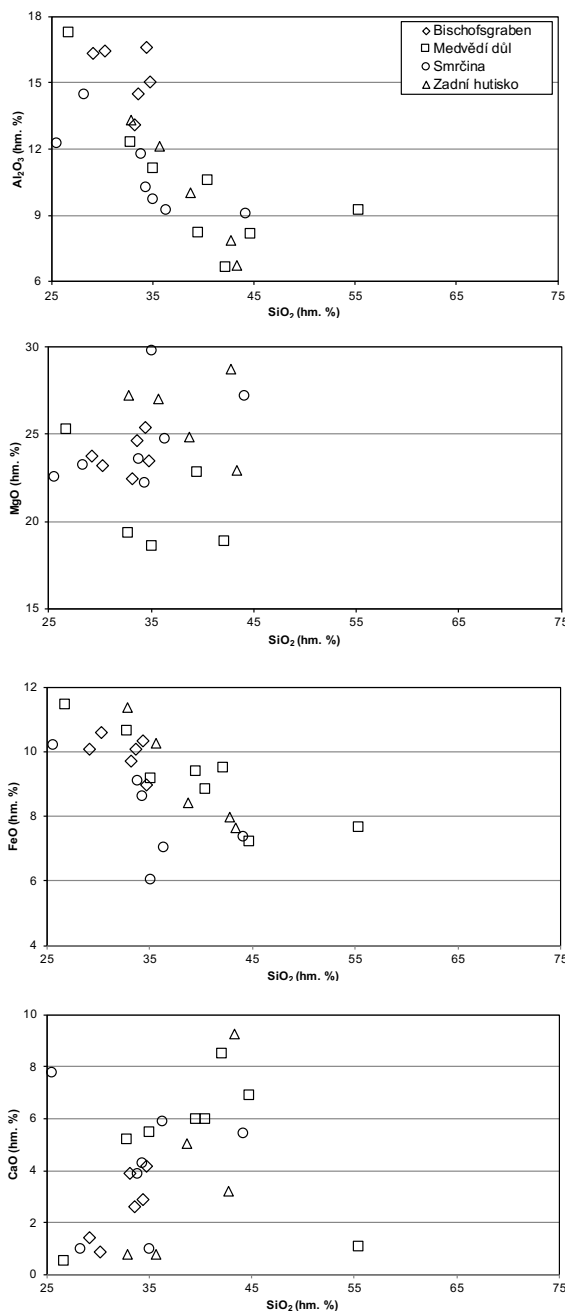


Obr. 31. Harkerův diagram pro aktinolitické  
břidlice  
z lokalit Bischofsgraben, Medvědí důl, Smrčina  
a Zadní Hutisko.

Obr. 30. Harkerův diagram pro mastkové břidlice  
z lokalit Bischofsgraben, Medvědí důl, Smrčina  
a Zadní Hutisko.

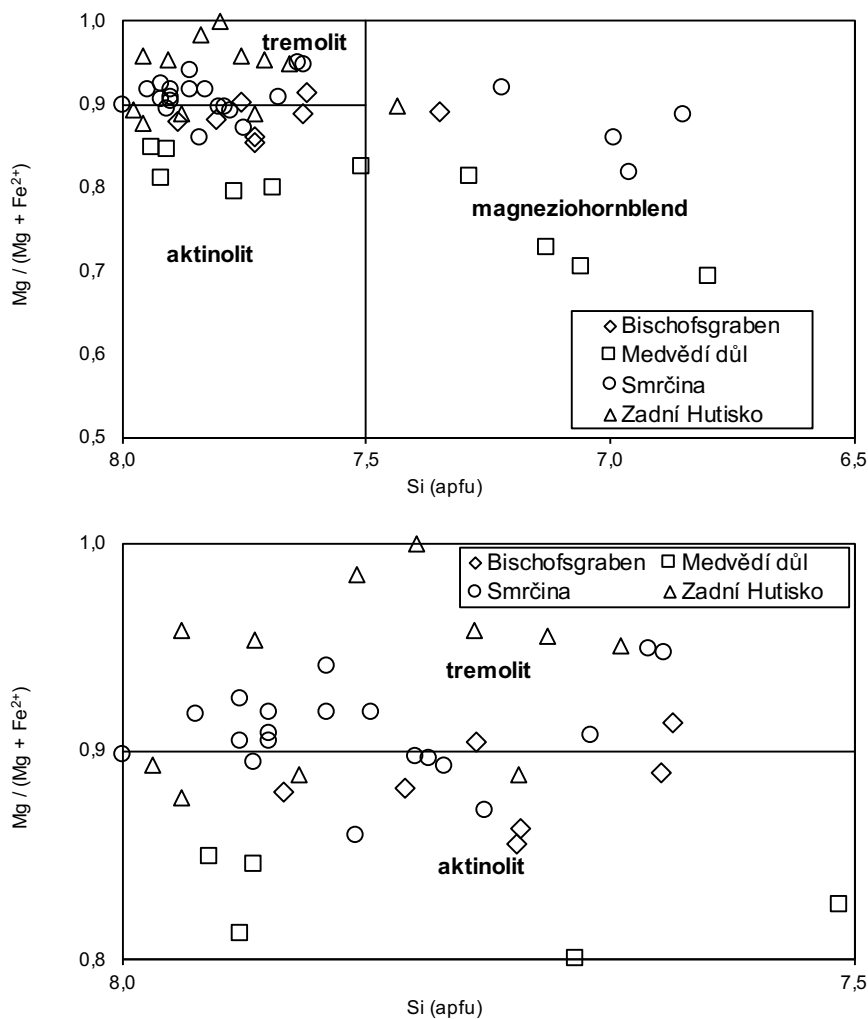


V Chl-břidlicích (obr. 32) dosahují hodnoty  $\text{Al}_2\text{O}_3$  z většiny lokalit relativně velkého rozpětí s výjimkou lokality Bischofsgraben, jejíž hodnoty se pohybují spíše při horní hranici. Nejméně  $\text{Al}_2\text{O}_3$  je obsaženo ve vzorcích z Medvědího dolu a Zadního Hutiska. U obsahů  $\text{MgO}$  jsou hodnoty rozprostřeny v širokých intervalech, nejpodobnější hodnoty jsou z lokalit Bischofsgraben a Smrčina, nejvyšší ze Zadního Hutiska a nejnižší z Medvědího dolu. Obsahy  $\text{FeO}$  jsou nejnižší ve vzorcích ze Smrčiny, ale obecně jsou hodnoty ze všech lokalit rozprostřeny po celém intervalu. Obsahy  $\text{CaO}$  jsou podobně jako u  $\text{FeO}$  v širokém intervalu hodnot, spíše při nižších hodnotách se pohybují obsahy z Bischofsgrabenu, při vyšších z lokality Medvědí důl.



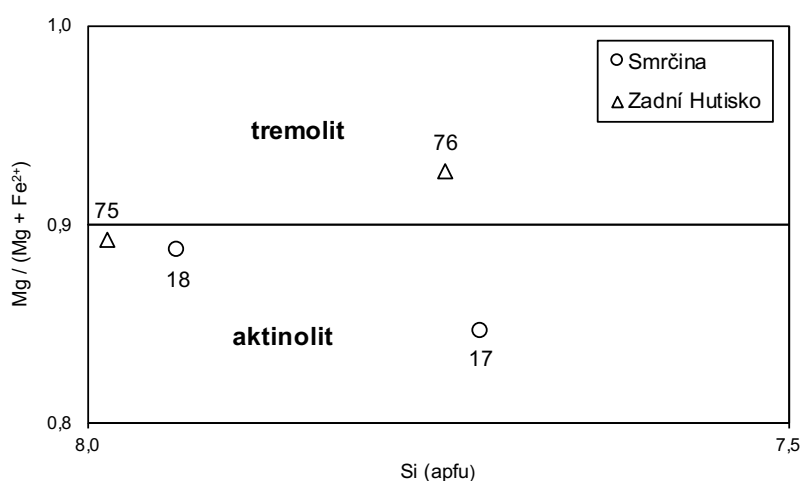
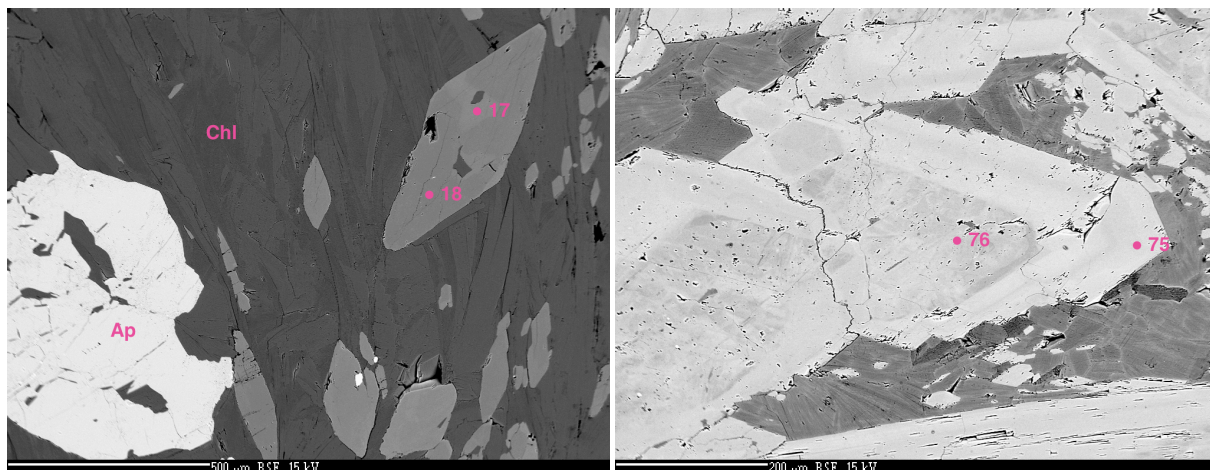
Obr. 32. Harkerův diagram pro chloritické břidlice z lokalit Bischofsgraben, Medvědí důl, Smrčina a Zadní Hutisko.

Při srovnání amfibolů z jednotlivých lokalit v diagramu podle Leakeho (1978, obr. 33) je patrné, že magneziohornblendy se nacházejí zejména na lokalitách Smrčina a Medvědí důl. Nejhojnější je magneziohornblend na lokalitě Medvědí důl, jelikože se jedná o reliktní amfibol z původního hornblenditu (metahornblenditu), jehož přeměnou se zde kurpníkové těleso vytvořilo. Na lokalitě Smrčina byl magneziohornblend zjištěn v jádrech krystalů aktinolitu, i zde se jedná patrně o reliktní amfibol z protolitu krupníkových těles. Aktinolity se vyskytují zejména v Medvědí dole. Na lokalitách Smrčina a Bischofsgraben je vidět přechodná povaha amfibolových břidlic, jelikož amfiboly z obou lokalit se pohybují při hranici aktinolit – tremolit s tím, že na Smrčině převažují tremolity a na Bischofsgrabenu aktinolity. Amfiboly z lokality Zadní Hutisko se vyskytují zejména v poli tremolitu, avšak v několika případech přesahují i do aktinolitu.



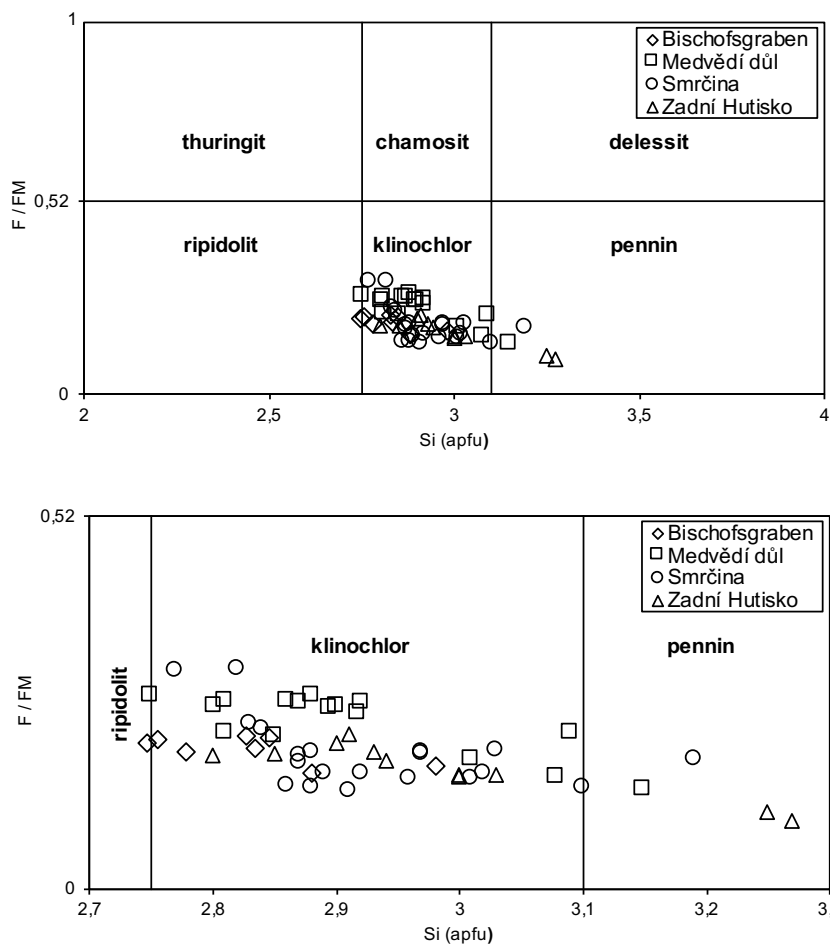
Obr. 33. Klasifikační diagram pole Leakeho (1978) pro amfiboly z lokalit Bischofsgraben, Medvědí důl, Smrčina a Zadní Hutisko.

Na všech lokalitách lze pozorovat výraznou chemickou zonálnost Ca-amfibolu: na BSE snímcích tmavé jádro je lemováno světlejší zónou s vyšším obsahem Fe na úkor Mg. Toto bylo doloženo výsledky WDX analýz (obr. 34).



Obr. 34. BSE snímky a grafické znázornění zonálnosti amfibolů z lokalit Smrčina a Zadní Hutisko v klasifikačním diagramu podle Leakeho (1978) na základě výsledků WDX analýz z tab. 4 a 16 (body na obrázku odpovídají číslům analýz v tabulkách).

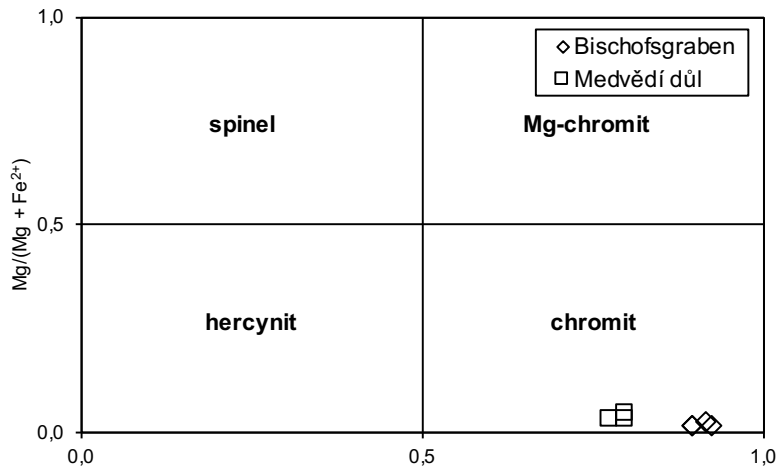
Všechny analyzované chlority jsou členy klinochlor – chamositové řady, většina chloritů ze všech čtyř lokalit odpovídá podle Melkova klasifikačního diagramu klinochloru, případně rozhraní ripidolit/klinochlor (obr. 35). Pouze dva analyzované chlority ze Zadního Hutiska, a po jednom z Medvědího dolu a Smrčiny spadají do pole penninu. Tyto chlority odpovídající složením penninu jsou vždy z mastkových břidlic. Pozice chloritů z Medvědího dolu v obr.3 odpovídá vyšším obsahům Fe v chloritech z této lokality ve srovnání se třemi zbývajcími, což může ukazovat na rozdílnou povahu protolitu nebo procesu vzniku krupníkového tělesa.



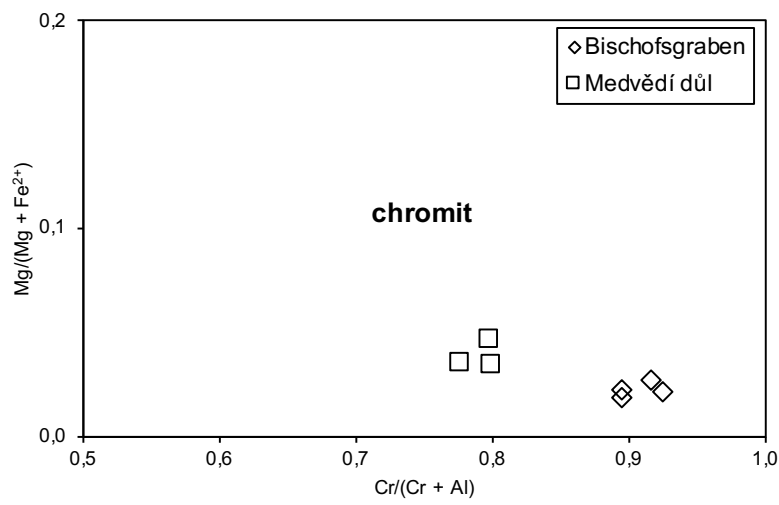
Obr. 35. Klasifikační diagram podle Melky (1965) pro chlority z lokalit Bischofsgraben, Medvědí důl, Smrčina a Zadní Hutisko.

Spinelidy jsou ve studovaných horninách všech těles zastoupeny hlavně magnetitem (obr. 35), někdy se zvýšeným obsahem Cr, na lokalitách Medvědí důl a Bischofsgraben byla zjištěna i přítomnost chromitu. Chromit je zde akcesorickým minerálem protolitu.

Z literatury je zřejmé, že krupníková tělesa vznikají steatitizací vhodných protolitů (zpravidla ultramafitů) působením hydrotermálních roztoků bohatých na  $\text{CO}_2$  (Bucher a Grapes 2011). Tato krupníková tělesa mají obecně výraznou zonální stavbu: jádro bohaté mastkem (krupník) – aktinolitická břidlice – „blackwall“, petrograficky odpovídající chloritické nebo biotitické břidlici v závislosti na stupni metamorfózy. Studovaná krupníková tělesa sobotínského amfibolitového masivu na lokalitách Smrčina, Zadní Hutisko a Bischofsgraben odpovídají stavbou tomuto obecnému modelu. Krupníkové těleso v Medvědí doli obsahuje stejné horninové typy, avšak postrádá charakteristickou zonální stavbu. Toto může souviset s povahou protolitu, kterým je v případě Medvědího dolu prokazatelně hornblendit, zatímco na ostatních lokalitách jde o peridotit.



Obr. 35. Klasifikační diagram pro chromity z lokalit Bischofsgraben a Medvědí důl.



## 10 Závěr

Na krupníkových tělesech na lokalitách Smrčina, Zadní Hutisko, Bischofsgraben a Medvědí důl byly rozlišeny čtyři petrografické typy: krupník, mastková břidlice, aktinolitická nebo tremolitická břidlice a chloritická břidlice. Na lokalitách Smrčina, Zadní Hutisko a Bischofsgraben vykazují krupníková tělesa shodnou zonální stavbu, která je známa i z jiných lokalit ve světě. Centrální část tělesa je tvořena krupníkem, ten přechází v zónu mastkové břidlice, ta do zóny Ca-amfibolové břidlice (aktinolitické nebo tremolitické) a okraj je tvořen chloritickou břidlicí, která charakterem odpovídá tzv. blackwall. Je velmi pravděpodobné, že tato tři krupníková tělesa vznikla hydrotermální alterací peridotitu. Dokázat toto tvrzení však nelze. Na lokalitě Medvědí důl jsou sice všechny výše uvedené horninové typy charakteristické pro krupníková tělesa zastoupeny, avšak chybí zde charakteristická zonální stavba. Vznik krupníkového tělesa v Medvědí dole zcela prokazatelně souvisí s hydrotermální alterací hornblenditu (metahornblenditu) podél střížné zóny.

Součástí hornin krupníkového tělesa jsou mimo hlavních horninotvorných minerálů (mastek, Ca-amfibol, chlorit a karbonáty) také akcesorie, zastoupené především magnetitem, chromitem, rutilem, apatitem, titanitem a minerálem klinozoisit – epidotové řady. Geneticky zajímavý je chromit, neboť lze předpokládat, že se jedná o akcesorii původního protolitu, která nebyla výrazně postižena hydrotermální alterací. Dalším možným reliktem je magneziohornblend, zjištěny v jádrech některých amfibolů tremolit – aktinolitového složení pocházejících zejména z lokality Medvědí důl.



## 11 Literatura

- Bowes D. (1989): The Encyclopedia of igneous and metamorphic petrology - Van nostrand Reinhold, New York
- Bucher K., Grapes R. (2011): Petrogenesis of Metamorphic Rocks – Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Dudek A., Fediuk F., Palivcová M. (1962): Petrografické tabulky – Nakladatelství Československé akademie věd, Praha.
- Fiala J., Jelínek E., Pouba, Z., Poubova M., Souček J. (1980): The geochemistry of the ultrabasic rocks of the Sobotin amphibolite massif (Czechoslovakia). - N. Jb. Miner. Abh., 137, 257-281, Wien.
- Fojt B., Vávra, V. (1997): Rudní akcesorie hornblenditu z údolí Medvědího dolu (Hrubý Jeseník). – Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v roce 1996, 105–106.
- Gába Z. (1989): Hmotné doklady o použití krupníku na severní Moravě. – Severní Morava, 58, 39–51.
- Gába Z., Hladilová Š., Houzar S., Skupien P., Vašíček Z., Ziegler V. (2002): Geologické vycházky Českou republikou – Karolinum, Praha.
- Hanžl, P. (1995): Hornblendit ze šupiny sobotínského masívu jihovýchodně od Zámčiska. – Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v roce 1994, 84.
- Hejtman, B. (1962): Petrografie metamorfovaných hornin. – Nakladatelství Československé akademie věd, Praha
- Cháb J., Fišera M., Fediuková E., Novotný P., Opletal M., Skácelová D. (1984): Problémy tektonického a metamorfního vývoje východní části Hrubého Jeseníku. – Sbor. geol. Věd, Geol., 39: 27 – 72. Praha.
- Cháb J., Fediuková E., Fišera M., Novotný P., Opletal M. (1990): Variská orogeneze v silesiku. – Sbor. geol. Věd, ložisk. geol. mineral., 29: 9 – 39. Praha.
- Cháb J., Breitr K., Fatka O., Hladil J., Kalvoda J., Šimůnek Z., Štorch P., Vašíček Z., Zajíc J., Zapletal J. (2008): Stručná geologie základu Českého masívu a jeho karbonského a permského pokryvu. – Vydavatelství ČGS. Praha.
- Jelínek, E., Souček, J. (1981): Geochemie jeseníckého a sobotínského amfibolitového masívu. – Acta Universitatis Carolinae, Geologica, 1981, 379-411.

- Kachlík V. (2003): Geologický vývoj území České republiky, doplněk k publikaci Příprava hlubinného úložiště radioaktivního odpadu a vyhořelého jaderného paliva. – Ústav geologie a paleontologie, Přírodovědecká fakulta UK, Praha.
- Kretschmer, F. (1911): Das metamorphe Diorit- und Gabbromassiv in der Umgebung von Zöptau (Mähren). – Jb. Geol. Reichsanst., 61, 53-179. Wien.
- Krist E., Krivý M. (1985): Petrológia - ALFA / vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, Bratislava, SNTL / nakladatelství technické literatury, Praha.
- Kruřa, T., Paděra K., Pouba, Z., Sládek, R. (1967): Die Mineralienparagenese in dem mittleren Teile des Altvatergebirges (Hrubý Jeseník, Hohes Gesenke, ČSSR) I. – Časopis Moravského muzea, Vědy přírodní, 52, 5–28.
- Kužvart. M (1984): Ložiska nerudných surovin – Academia, Praha.
- Kužvart M., Kraus I. (1987): Ložiska nerud – SNTL – Nakladatelství technické literatury Alfa, Vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, Praha.
- Leake, B. E. (1978): Nomenclature of amphiboles. – Amer. Miner., 63, 1023–1052.
- Melka, K. (1965): Návrh na klasifikaci chloritových minerálů. – Věst. Ústř. Úst. geol., 40, 23-27. Praha.
- Mísař Z., Dudek A., Havlena V., Weiss J. (1983): Geologie ČSSR I. Český masív. – SPN. Praha.
- Petránek J. (2016): Encyklopedie geologie - Česká geologická služba
- Rinne F. (1928): Gesteinskunde - Dr. Max Jänecke, Verlagsbuchhandlung, Leipzig.
- Schulmann K., Gayer R. (2000): A model for a continental accretionary wedge developed by oblique collision: the NE Bohemian Massif - J. Geol. Soc. London 157, 2, 401 - 416, London.
- Stočes B., Kočárek E. (1962): Geologie ložisek nerostných surovin. Díl třetí. – Státní nakladatelství technické literatury, Praha.
- Suk M.(1979): Petrologie metamorfovaných hornin – Academia, Praha
- Svoboda J. (1960) : Naučný geologický slovník I. díl - Nakladatelství Československé akademie věd, Praha
- Svoboda J. (1983): Encyklopedický slovník geologických věd 1. svazek - Academia, Praha

- Teyssler V., Kotyška V. (1932): Technický slovník naučný díl VII. – Borský a Šulc, Praha.
- Zimák, J., Novotný, P., Fojt, B., Novák, M., Vávra, V., Kopa, D., Losos, Z., Prinzová, E., Skácel, J. (2002): Exkurzní průvodce po mineralogických lokalitách na Sobotínsku – UP Olomouc.

## **12 Internetové zdroje**

www1 – Mapová aplikace geology.cz - geologické okolí Sobotína, ke dni 10. 7. 2018  
[http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show\\_map.php?mapa=g50&y=550323&x=1070594&r=7000&s=1&legselect=0](http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show_map.php?mapa=g50&y=550323&x=1070594&r=7000&s=1&legselect=0)