PŘEHLED MINERALOGIE, PETROGRAFIE A GEOLOGIE NEDVĚDICKÝCH MRAMORŮ, SVRATECKÉ KRYSTALINIKUM

MINERALOGY, PETROGRAPHY AND GEOLOGY OF THE NEDVĚDICE MARBLES, SVRATKA CRYSTALLINE COMPLEX; A REVIEW

STANISLAV HOUZAR, MILAN NOVÁK, HANA DOLEŽALOVÁ, VLADIMÍR HRAZDIL, ANNA PFEIFEROVÁ

Abstract

Houzar, S., Novák, M., Doležalová, H., Hrazdil, V., Pfeiferová, A., 2006: Přehled mineralogie, petrografie a geologie nedvědických mramorů, svratecké krystalinikum. Acta Musei Moraviae, Sci. geol., 91, 3-77.

Mineralogy, petrography and geology of the Nedvědice marbles, Svratka Crystalline Complex; a review

Nedvědice marbles occur in a narrow belt situated along the eastern and northeastern margin of the Svratka Crystalline Complex (Moldanubian Zone). Elongated bodies of calcite marbles up to 150 m long and 40 m thick, with abundant boudins of various calc-silicate rocks, are enclosed in muscovite-biotite paragneisses. The following types of marbles were distinguished: a) silicates-poor marbles with the assemblage: Cal + Phl + Tr \pm Di \pm Dol \pm Gr; b) silicates-enriched skarnized marbles (sky blue Cal + Ves + Wo \pm Grs \pm Di \pm Czo) and c) rare pale red marbles (Cal + Bt + Ms + Ep \pm Di \pm Qtz \pm Kfs). Calc-silicate rocks include diopside gneiss and diffusive reaction skarns (Di + Qtz + Kfs + Czo + Pl + $Ttn \pm Amf \pm Grs$) and a variety of hornfelses, skarnoids and skarns with the mineral assemblage - Di + Grs + Ves + Wo ± Kfs. The mineral assemblages given above are products of complex metamorphic evolution. (I) The early stage - isochemical regional metamorphism of amphibolite facies - is characterized by the relic equilibrium assemblage Dol + Tr. (II) Next stage is related to intrusion of peraluminous granites into host metapelite complex. Associated fluids rich in H₂O, F and locally also B, K and Na reacted with marbles and intercalations of diopside gneiss and hornfels (T > 550°C at P = 200 MPa, $X_{CO2} \le 0.2-0.1$) and produced skarnoids and skarns with the assemblages involving vesuvianite, grossular, diopside and wollastonite, as dominant minerals, and minor to accessory K-feldspar, clinozoisite, fluorite and Fe-Cu-Sn-As-Sb-Bi mineralization. (III) postskarns with ferroaxinite, tourmaline and part of K-feldspar and late vesuvianite, locally filling fissures. (IV) Subsequent metamorphism is related to ductile deformation of marbles at low temperature (T < 450°C for 200 MPa or eventually < 650°C for 500 MPa) along the zone about 50 km long but only several tens m thick. Formation of sky blue calcite and equilibrium assemblage Ves + Wo specific for the Nedvědice marbles at high activity of H_2O (X_{CO2}) < 0.05) is related to this process as well. Source of external H₂O-rich fluids is not clear but it seems to be related to the Variscan nappe development. (V) This retrograde stage involves namely formation of pectolite on fissures. The Nedvědice marbles differ from other marbles of the Svratka Crystalline Complex in dissimilar geological position in the outermost part of the unit, low MgO and SiO₂ contents, and by the assemblage - sky blue Cal + Ves + Wo. The mineral assemblage of Nedvědice marbles with sky blue calcite, abundant vesuvianite and wollastonite, accessory malayaite, zircon and native Bi is unique in the Bohemian Massif as well as regional distribution of the equilibrium assemblage Wo + Ves in ductile domains in marbles located in the narrow belt about 50 km long.

Key words: calcite marble, blue marble, calc-silicate rocks, skarn, chemical composition, mineral assemblage, metamorphism, regional geology, historical use of marble, Nedvědice area, Svratka Crystalline Complex, Moravia, Czech Republic.

Stanislav Houzar, Hana Doležalová, Vladimír Hrazdil, Anna Pfeiferová, Department of Mineralogy and Petrography, Moravian Museum, Zelný trh 6, 659 37 Brno, Czech Republic, e-mail: shouzar@mzm.cz

Milan Novák, Institute of Geological Sciences, Masaryk University, Kotlářská 2, 611 37 Brno, e-mail: mnovak@sci.muni.cz

1. Úvod

Jako nedvědické mramory byly tradičně nazývány bílé a světle šedé metakarbonátové horniny, těžené v řadě kamenolomů v širším okolí městečka Nedvědice u Tišnova. V literatuře bývaly někdy označovány rovněž jako "pernštýnské mramory" a to podle významné historické dominanty regionu, hradu Pernštejna (JAHN 1917).

Vědecký termín **nedvědicko-ujčovské mramory** použil pro tyto mramory, vystupující v *"moldanubickém pásmu svorů a svorových rul při moldanubickém nasunutí"* v okolí Nedvědice, ZOUBEK (1946a). V současných regionálně geologických klasifikacích je tento horninový komplex přiřazován ke svrateckému krystaliniku (MísAŘ *et al.* 1983, MELICHAR 1993). V příkrovových koncepcích geologické stavby je obvykle součástí gföhlské jednotky, vystupující v tektonicky nejvyšší části moldanubické zóny Českého masivu (DALLMAYER *et al.* 1995). Podle NOVÁKA (1987) tvoří nedvědické mramory úzký nesouvislý pruh, který lemuje v. a sv. okraj svrateckého krystalinika od Černvíru přes Nedvědici, Ujčov, Vír až ke Strachujovu u Jimramova (obr. 1).

Předložená práce podává komplexní pohled na geologii, petrologii a mineralogii nedvědických mramorů a s nimi úzce sdružených vápenatosilikátových hornin, které v nich tvoří menší vložky nebo vystupují při jejich kontaktech. Uveden je i přehled historie jejich výzkumu a praktického využití. Topografická situace studovaných lokalit, na které je v textu někdy odkazováno (včetně jejich číslování) je uvedena jako apendix této práce.



Obr. 1. Regionálně geologická situace nedvědických mramorů v krystaliniku západní Moravy. Fig. 1. Regional geological sketch of the Nedvědice marbles in crystalline complex of Western Moravia.

2. Historický přehled

2.1. Využití nedvědických mramorů

Na rozdíl od ostatních mramorů svrateckého krystalinika, poličského krystalinika, olešnické jednotky moravika i blízkého moldanubika, využívaných přednostně jako surovina k pálení vápna, sloužily nedvědické mramory především jako kvalitní leštitelný dekorační kámen. Vzhledem ke svým dobrým technickým a estetickým vlastnostem i odolnosti vůči zvětrávání se osvědčily jak při výzdobě interiérů, tak i na venkovních architektonických pracích. Dále se nedvědické mramory používaly na různé figurální i ornamentální sochařské práce, leštěné kamenické práce i jako dlažební kámen. Daly se z nich vylomit bloky až o velikosti několika m³ (PROCHÁZKA 1910, MRÁZEK 1993, PAŘÍZEK 2000, HOUZAR a PFEIFEROVÁ 2005).

Nejvýznamnějším zdrojem ozdobných mramorů v regionu byl ve středověku po dlouhou dobu "Hradní lom" u Smrčku, kde je však zařazení tamních mramorů k nedvědickým mramorům předmětem diskuse (Novák 1987, HOUZAR a PFEIFEROVÁ 2005). Nejstarší známé užití těchto kvalitních mramorů je uvažováno v případě ostění oken pozdně románského kostela ve Vítochově (MALINOVÁ 1975). Poněkud mladšího data (14.–15. století) je zřejmě použití masivních hrubozrnnějších variet mramorů na hradech Pyšolec a Zubštejn. Hojně byly tyto mramory používány asi od první třetiny 15. století a hlavně později v několika etapách stavebních úprav hradu Pernštejna jako rodového sídla.

Při přestavbě hradu na počátku 16. století už však byly nepochybně v provozu lomy přímo u Nedvědice a Ujčova, dodávající hlavně jemněji zrnité, bílé až světle šedé, ale i barevně variabilnější mramory, než mohl poskytnout starý "Hradní lom", který byl v této době patrně již značně vytěžený (obr. 2).

Nejvýznamnější historickou památkou, vybudovanou z nedvědických mramorů, je kostel Povýšení sv. Kříže v Doubravníku, postavený v letech 1535–1557. Právem ho např. PROCHÁZKA (1910) označuje jako "Mramorový chrám", neboť téměř veškerá vnitřní výzdoba s výjimkou stropních oblouků je z mramoru: všechny sloupy, okna, obruba dveří, zábradlí, kazatelna i křtitelnice, dlažba, portál i opěrné pilíře (obr. 3). Podrobnější popis historie stavby i jednotlivých prvků interiéru doubravnického kostela uvádí SAMEK (1996). Sortiment výrobků z nedvědických mramorů se v 16. století rozšířil i o náhrobní kameny. Zmínit lze zejména nádherné náhrobky pánů Morkovských ze Zástřizel v boskovickém farním chrámu, náhrobní kameny rodiny pánů z Pernštejna ve zmíněném doubravnickém



Obr. 2. Historické mramorové lomy v okolí Nedvědice, Ujčova a Kozlova. Fig. 2. Historical marble quarries in the Nedvědice-Ujčov-Kozlov area.



Obr. 3. Použití nedvědických mramorů v interiéru pozdně gotického kostela v Doubravníku. Fig. 3. Using of the Nedvědice marble in an interior of a late gothic church at Doubravník.

kostele nebo reliéfní náhrobek Hanuše Haugvice z Biskupic ve svatojakubském chrámu v Brně (PROCHÁZKA 1910, MRÁZEK 1993, HOUZAR a PFEIFEROVÁ 2005).

Zájem o nedvědický mramor trval i v 17. a 18. století, kdy byl používán na výzdobu řady staveb, např. v Brně nebo i ve Vídni (PAŘÍZEK 2000). V první polovině 17. století přicházejí do Nedvědice italští kameníci, kteří přispěli k dobrému zpracování této suroviny a z nichž někteří, např. Pietro a Antonio Rossi, se v Nedvědici trvale usadili (OHAREK 1923). Barevně a strukturně variabilní nedvědické mramory jsou také zastoupeny zejména v původní barokní dlažbě některých brněnských kostelů. Z tohoto mramoru byly také zhotovovány kropenky, křtitelnice, stupně schodišť, sloupky, desky a náhrobní kameny. Z nedvědického mramoru je např. provedena část architektury Morového sloupu z r. 1679 na Nám. Svobody v Brně. Z dalších příkladů možno uvést Pamětní kámen Jana Ferdinanda z Herbersteinu (bývalý klášterní kostel u sv. Anny na St. Brně) a sochu Panny Marie s dítětem v obřanském kostele sv. Václava (MRÁZEK 1993). Rozšiřuje se také obliba pomníků, zhotovovaných z těchto bílých, ale i hnědě, zelenavě a šedě žíhaných mramorů, které nacházíme na různých místech Moravy; bývají z nich i drobnější práce jako jsou některé smírčí kříže a hraniční kameny (FIC a ZASPAL 1999). Že těžba mramorů z nedvědických lomů byla ve své době velmi významná svědčí i zaznamenání polohy jednoho z lomů pod označením "Lapidicina Marmoris" na Müllerově mapě Moravy z r. 1712 a vydané v r. 1726 (obr. 4).

Obdobím, kdy použití nedvědických mramorů dosahuje dalšího vrcholu, je 19. století, zejména jeho druhá polovina, kdy jsou z nich vyráběny především drobnější výrobky, jako např. malé dlažební kostky, dále i větší schodové stupně, stolové desky a dokonce valchy na praní prádla. Mramor se uplatňuje zejména na pomnících a křížích. Řada z nich je



Obr. 4. Pozice mramorového lomu u Nedvědice na mapě Moravy z počátku 18. století. Fig. 4. Situation of the Nedvědice marble quarry in the map of Moravia in the early 18th century.



Obr. 5. Kamenolom a dílny v Nedvědici (stav okolo roku 1930, foto MZM). Fig. 5. Quarry and workshops in Nedvědice (photo about 1930, Moravian Museum).

signována a pochází z dílen místních i brněnských kameníků A. Loose, F. Uhlíře a J. E. Tomoly (FIC a ZACPAL 1999). Z doby na přelomu 19. a 20. století lze rovněž zaznamenat použití nedvědických mramorů na některých pomnících brněnského Ústředního hřbitova (HOUZAR a PFEIFEROVÁ 2005).

Od počátku 20. století těžba v nedvědických mramorových lomech nadále rostla. Pracovalo v nich tehdy 60 kameníků a vytěžený mramor zpracovávalo ručně a zčásti upravovalo na řezacích strojích dalších 40 pracovníků. Největší těžba tehdy probíhala v lomu ve "Žlebě" (pozdější Obecní lom) vedeném dílovedoucím K. Rossim a náležejícímu firmě A. Loose. Sortiment výrobků zůstával stejný (PAŘ(ZEK 2000). Z kvalitního nedvědického mramoru je mj. podnož Štursova pomníku Anny Kvapilové v Praze nebo Štursova socha "Klečící dívka" pro Lannovu vilu v Praze (JAHN 1933). Lom ve "Žlebě" převzala v r. 1919 od paní Loosové obec Nedvědice (obr. 5). Jako sochařský materiál byl zdejší mramor použit např. na pomník padlým z 1. světové války v Nedvědici z r. 1925. Obecní lom byl postupně strojně vybaven (ploché vozíky, rumpál, kolejová dráha, pila na mramor, brousící a leštící zařízení a 2 drtiče). Těžilo se i na dalších místech v okolí, zejména ve velkém lomu nad hřbitovem, který spolu s dalšími lomy vlastnila významná místní firma Františka Uhlíře. Dále se těžilo na Heršince (od r. 1940 byl lom nově strojně vybaven) nebo v Hotárkově lomu nad železniční tratí. U Ujčova v r. 1930-1937 podnikala firma Kunc, u Kozlova v letech 1933-1937 firma B. Cídl a J. Zámečník z Nedvědice, těžba probíhala i v lomech u Černvíru.

Specifickou formou využití modrého mramoru z Uhlířova (resp. Vrtěnova) lomu byla výroba drobných dekorativních předmětů jako jsou těžítka, stojany na fotografie apod. V tomto směru zůstávají modré, ale i šedě páskované nebo dokonce nově zjištěné lososově růžové (viz. dále tato práce) mramory z Nedvědice unikátní, a až na ojedinělé výjimky (destičky, mugle, drobná plastika), dodnes nedoceněnou surovinou (MRÁZEK a REJL 1990). Nedvědické mramory byly převážně ve 20. století také těženy pro výrobu drti do umělého kamene. Zmínit lze v této souvislosti zejména období před koncem těžby v Obecním lomu v Nedvědici koncem 60. let minulého století. V menší míře bývaly nedvědické mramory využity k pálení vápna a to jen v malých ("polních") pecích u Ujčova, Vrtěžíře, Kozlova, Lesoňovic, Kobylnice a Víru (POLÁK 1946a, b, POLÁK 1960), kde byl využíván především odpad po zpracování kvalitnějších částí mramorů. Zajímavým pozůstatkem po této činnosti je nepatrný pozůstatek základů po malé peci na pálení vápna, jejíž zbytky leží přímo na výchozu mramorů nedaleko zříceniny hradu Pyšolce pocházejícího ze 14. století (SA- DÍLEK 1998). Jako přísada pro vysokou pec štěpánovské železárny se mramory těžily v 18. a 19. století ve Vrtěžíři, v Lesoňovicích a v Kozlově (POLÁK 1960, JURMAN 1985). Část mramorového odpadu byla využívána pro sklárny v Kyjově a v Rosicích u Brna (PAŘÍZEK 2000).

Těžba mramorů v okolí Nedvědice a Ujčova skončila na začátku 70. let minulého století. Poslední těženou lokalitou byl Obecní lom v Nedvědici (POLÁK 1946a, b, PAŘÍZEK 2000, HOUZAR a PFEIFEROVÁ 2005).

V současnosti jsou všechny kamenolomy v nedvědických mramorech opuštěny. Jejich znovuotevření brání především nedostatek kvalitního kamene, jak prokázal již geologický průzkum začátkem padesátých let a v polovině sedmdesátých let minulého století. Mramory v lomech mají navíc nepříznivý sklon k Z (směrem do svahu), který zvyšuje neúměrně mocnost skrývky a po úklonu nezřídka přecházejí do vápenatosilikátových hornin. Jediné významnější zásoby mramoru se ještě nacházejí v prostoru mezi Nedvědicí a Černvírem na "Jedlové" (KALÁŠEK *et al.* 1952). Byl tu vypočten blok zásob suroviny použitelné na výrobu bílé drti s kubaturou 35 tisíc m³ (Jaroušek in MRÁZEK 1993).

2.2. Přehled historie výzkumů

První odborné zprávy o nedvědických mramorech pocházejí z počátku 19. století (ANDRÉE 1801, HRUSCHKA 1825, HEINRICH 1836, 1852). HRUSCHKA (1825) popisuje z Nedvědice v modrém mramoru vesuvian s "tremolitem" (= wollastonit), obr. 6.

Nejstarší přehled minerálů podává ve své topografické mineralogii KOLENATI (1854). Určení nerostů je však někdy chybné. Na výskyt fialového fluoritu v mramorech v Kozlově a vesuvianu u Nedvědice upozorňuje DVORSKÝ (1898). Z mramoru od Víru byl analyzován titanit a jílové minerály (Kovář 1899). Podrobnější popis modrého kalcitu, wollastonitu, klinochloru, hessonitu, diopsidového pyroxenu a löllingitu z Nedvědice udává poprvé až RZEHAK (1910), zmínku o Burkartově zajímavém nálezu bismutu uvádí KUČERA (1923). V metodicky pozoruhodné studii zaznamenal Rosický (1930) mj. zelenou luminiscenci nedvědického wollastonitu v katodovém záření. Podrobnou charakteristiku nedvědického axinitu včetně jeho parageneze podal JAROŠ (1932). ZAPLETAL (1932) stručně popisuje některé odkryvy v okolí Nedvědice a všímá si geologické pozice mramorů. Stručný přehled minerálů vyskytujících se v mramorech i v doprovodných horninách uveřejnil v exkurzním průvodci SEKANINA (1928). Další soupis nerostů uvádí Vlastivěda Tišnovska (KOKTA 1933), POLÁK (1934) a zejména BURKART (1941). Chemické složení wollastonitu popsal Kokta (1935), který upozorňuje na zvýšený obsah Mn v jeho narůžovělé varietě. SEKANI-NA (1946) podrobně petrograficky charakterizoval i vápenatosilikátové horniny s axinitem. Významnější kamenolomy v nedvědických mramorech jsou uvedeny v soupisu lomů, okres Tišnov a Nové Město na Moravě (POLÁK 1946a, b).

7

Vorkommen und Kriffallisation einiger mährischen Fossilien.

II. 3dofras. (Besuvian, Egeran.)

In Nedwiedis kommt der Idokras im himmelblauen Urkalk mit Tremolit eingewachsen vor. Farbe bräunlich gelb, Kristallisation, wie die vorhergehende. Obr. 6. Nejstarší zmínka o minerálech z mramorů u Nedvědice (HRUSCHKA 1825). Fig. 6. The oldest information about the minerals from the Nedvědice marbles (HRUSCHKA 1825). Základní litostratigrafické členění této oblasti, vycházející z přehledného geologického mapování, uvádí ZOUBEK (1946a), který diskutuje i názory starších autorů F. E. Suesse a A. Rosiwala. Nad moldanubickým nasunutím, které však přesněji nelokalizuje a nepopisuje, má ležet jím vymezená subjednotka (A), tj. svory s vložkami grafitických kvarcitů, dále následují svory s hojnými amfibolity, místy se serpentinity a granulity (B), poté sekvence metapelitů s nedvědicko-ujčovskými mramory a erlany, lokálně s kvarcity (C), a v jejím nadloží svorové ruly a migmatity s ortorulami a Fe-skarny (subjednotka D). Ještě výše má ležet zóna E, "vulkanická série granuliticko-metabazitová", uvedená však pouze v českém textu, nikoliv v cizojazyčných souhrnech. Fe-skarny považuje za přeměněné sedimentární železné rudy (srovnej ZOUBEK 1946b), pro toto tvrzení však nepřináší žádné vědecky podložené důkazy. Svoboda a ZOUBEK (1950) charakterizují nedvědické mramory jako metamorfované sedimenty vzniklé v oxidickém prostředí a tudíž chudé bituminózními látkami a sulfidy. Jejich paralelizace s mramory u Jimramova v poličském krystaliniku a s mramory oblasti orlicko-sněžnického krystalinika jsou však neprokázané a patrně mylné.

Začátkem 50. let minulého století byly nedvědické mramory z ložiskového hlediska stručně popsány v nepublikovaném posudku KALÁŠKA *et al.* (1952), v němž bylo konstatováno, že ložiska mramoru jsou již značně vytěžena. Minerály z jednotlivých lokalit (Černvír, Nedvědice, Ujčov, Kozlov, Lesoňovice, Vír) jsou charakterizovány v topografické mineralogii BURKARTA (1953), jehož kompendium zahrnuje k jednotlivým lokalitám i soupis starší literatury. PELÍŠEK (1953) popisuje zvětrávání zdejších mramorů. BOUŠKA a ČECH (1956) potvrdili výskyt tetraedritu v Nedvědici, PELÍŠEK (1956) spektrálně studoval tamní axinit. Kromě hlavních prvků upozorňuje na zvýšený podíl Mn, Ti a Mg (vedle Fe), ze stopových prvků uvádí mj. Li, Cs, Rb a Zr. VESELÝ (1959) a URBÁNEK (1960) zmiňují úložní poměry mramorů a stručně charakterizují okolní horniny.

Přes opakovaná geologická mapování v druhé polovině minulého století není skutečný rozsah výskytu nedvědických mramorů správně vyznačen ani na jediné (!) z publikovaných geologických map. Relativně nejlépe je výskyt mramorů ve studované oblasti zobrazen v mapě, která je součástí rukopisu LÁZNIČKY (1964). Geologická pozice mramorů je rovněž zřejmá i z mapové přílohy publikace MíSAŘE (1963), avšak jako okolní horninu mramorů autor uvádí dvojslídné, hrubě lepidoblastické svory, místy s granátem, což je spíše výjimečný případ. V regionálně geologickém členění Českého masivu (SVOBODA *et al.* 1964) byly tyto mramory přiřazeny ke svratecké antiklinále (dnešní svratecké krystalinikum), tehdy nově vydělené z moldanubika. Poměrně přesné rozšíření jednotlivých poloh mramorů a zejména kamenolomů přímo u Nedvědice, včetně podrobného popisu Obecního lomu, uvedl PAZOUREK (1971) v přehledu dokumentačních bodů ke své diplomové práci. KVAČEK (1974) zmiňuje zvýšené množství Se ve sfaleritu z nedvědického mramoru; nižší obsah Se je i v tamním löllingitu.

NEMEC (1968a, 1979) vysvětluje vznik vápenatosilikátových hornin u Nedvědice regionální metamorfózou vhodného protolitu, zčásti spojenou s migmatitizací a přínosem fluid vázaných na injekce pegmatitů. Větší pozornost věnoval stopovým elementům ve vesuvianu, který má vyšší podíl Sn a F (1,94 hm. %) a dále obsahuje i B, As a Sb; zaznamenal rovněž minerální asociaci Kfs + Wo. Autorova představa o vazbě wollastonitu v mramorech na žíly pegmatitů je zřejmě nesprávná. Zdůrazňuje zvýšený obsah B, Sn a F v ortorulách v okolí mramorů, relativně vysoký obsah Sn (75 ppm) v Ca-Mg turmalínu z erlanu a také zvýšený obsah Sn ve vesuvianu a granátu v některých vápenatosilikátových horninách. Z těchto hornin uvádí též kasiterit, bohužel bez jakéhokoliv bližšího identifikačního údaje (NEMEC 1979).

Modernější chemické analýzy čistých nedvědických mramorů uvádí práce Nováka (1987), který zdůrazňuje zejména jejich kalcitický charakter. Nový je jeho pohled na problematiku mineralizace nedvědických mramorů, kdy upozorňuje na regionální syntektonický charakter metamorfózy části mramorů obsahujících wollastonit a vesuvian (Novák 1995). Wollastonit z Nedvědice studovali nověji KRAUSOVÁ a ZIMÁK (1998). Stručný sou-

pis významnějších minerálů z této lokality, založený na částečné revizi sbírkového materiálu v Moravském zemském muzeu, publikovali HOUZAR a NOVÁK (2001). Autoři pochybují o starších údajích o výskytu spinelu, chondroditu a serpentinu v nedvědických mramorech. Úlohou některých lehkých prvků a stabilních izotopů C a O v nedvědických mramorech se stručně zabývali HOUZAR *et al.* (2003) a stejný autor diskutuje petrologické subtypy některých typických nedvědických mramorů ve své nepublikované disertační práci (HOUZAR 2004a). HOUZAR (2004b) reviduje chemické složení a paragenetické typy wollastonitu v nedvědických mramorech, FILIP *et al.* (2005) detailně popisuje z Nedvědice hnědý vesuvian bohatý Ti a HRAZDIL *et al.* (2005) stručně charakterizuje Sn-mineralizaci s malayaitem z budin skarnoidů v tamních mramorech. HOUZAR a PFEIFEROVÁ (2005) podávají vymezení hlavních petrografických typů nedvědických mramorů používaných v architektuře a zejména historický přehled využití těchto dekoračních mramorů.

3. Metodika

Studované lokality leží v úzkém pruhu mezi Černvírem a Vírem, izolovaná je lokalita Strachujov u Jimramova (viz apendix). Byla provedena podrobná terénní revize těchto lokalit, které byly zaměřeny GPS (systém WGS-84) Ukázalo se, že patrně vlivem geomorfologie (příkrý hustě zalesněný západní svah severojižně orientovaného údolí Svratky) vznikají někdy nepřesnosti ve stanovení zeměpisné délky (± 30 m); nepřesné a proto neuváděné jsou hodnoty nadmořské výšky). Ze všech typických hornin byly zhotoveny leštěné výbrusy, které byly studovány polarizačním mikroskopem.

Chemické složení minerálů byl zjišťováno na leštěných výbrusech i v samostatných preparátech na elektronové mikrosondě Cameca Camebax SX-100 převážně na pracovišti elektronové mikroanalýzy Štátného geologického ústavu D. Štúra, Bratislava (operátoři: I. Holický, V. Kollárová, P. Konečný). Měření probíhalo ve vlnově disperzním módu za podmínek: napětí 15 kV, proud 20 nA, načítací čas 20 s, průměr elektronového svazku 5–10 μ m. Jako standard byl užit (K α linie) wollastonit (Si, Ca), ortoklas (K), albit (Na), Al₂O₃ (Al), MgO (Mg), hematit (Fe), rodonit (Mn), TiO₂ (Ti), SnO₂ (Sn), BaF₂ (F), NaCl (Cl), baryt (Ba), SrTiO₃, (Sr), ZrSiO₄ (Zr), kovový (Ni), chromit (Cr).

Rudní minerály a malá část silikátů byly analyzovány na přístroji stejné značky na Ústavu geologických věd Masarykovy univerzity v Brně (operátor R. Čopjaková, R. Škoda) za podmínek napětí 15 kV, proud 30 nA, načítací čas 20 s, průměr elektronového svazku 5 μ m. Jako standard byl užíván wollastonit (Si, Ca), sanidin (Al, K, Si), albit (Na), Al₂O₃ (Al), olivín (Mg), andradit (Ca, Fe), rodonit (Mn), hornblend (Ti), gahnit (Al, Zn), apatit (P), vanadinit (Cl), topaz (F), kovový Sn (Sn), chromit (Cr). Pro sulfidy bylo užito urychlovací napětí 25 kV, napětí 20 nA, průměr svazku 1 μ m. Standardy S a Fe – FeS₂, Zn – ZnS, As – InAs, Te – PbTe; Ag, Bi, Cu, Cd, Mn, Se – čisté prvky.

Pokud není uvedeno jinak, je celkové Fe uváděno v tabulkách jako FeO. Zkratky minerálů jsou uvedeny podle doporučení KRETZE (1983).

Chemické složení karbonátových i silikátových hornin bylo zjišťováno chemickou analýzou na mokré cestě (hlavní oxidy) na Ústavu struktury a mechaniky hornin AV ČR a stopové elementy metodami AAS a BAAS pod vedením A. Mandy (Gematest s. r. o., Praha). Podrobnější analýzy některých typických hornin (mramory s modrým kalcitem, skarnoidy a skarny) byly provedeny ACME Analytical Laboratories Ltd., Vancouver, Canada metodou ICP-ES (hlavní a stopové prvky) a ICP/MS (stopové prvky a REE). Zkratka L.O.I. v tabulkách uvádí ztrátu žíháním (zahrnuje převážně CO₂ a H₂O⁺).

Karbonátové horniny byly rovněž studovány pomocí katodoluminiscence (dále CL) na Ústavu geologických věd Masarykovy univerzity v Brně – mikroskop s horkou katodou HC2-LM, urychlovací napětí 14 keV, proud 10 μ A/mm².

Analýzy stabilních izotopů C a O v kalcitu provedla akreditovaná laboratoř České geologické služby v Praze, hmotnostní spektrometr MAT 251 (J. Hladíková, I. Jačková, K. Žák).

Dokladový materiál je uložen ve sbírkovém fondu mineralogicko-petrografického oddělení Moravského zemského muzea v Brně (dále jen MZM).

4. Vysvětlivky některých termínů

Při popisu lokalit nedvědických mramorů jsou používány různé petrografické termíny, které jsou dále stručně vysvětleny. Definice vycházejí z mezinárodně uznávané petrologické literatury (EINAUDI a BURT 1982, BUCHER a FREY 1994, SPEAR 1995). Termín "erlan", objevující se často ve starší literatuře pojednávající o okolí Nedvědice, je nutno dnes chápat jen jako synonymum různých vápenatosilikátových hornin (silikáty bohatých mramorů, diopsidových rul, skarnů, reakčních skarnů, skarnoidů i CaSi rohovců) a proto ho v práci nepoužíváme.

Mramor – metakarbonátová hornina s obsahem kalcitu a/nebo dolomitu nad 50 objemových %.

Diopsidová rula – středně zrnitá, obvykle stejnoměrně zrnitá živcová metamorfovaná hornina s patrnou foliací, s minerální asociací Di + Pl + Qtz ± Kfs ± Grs ± Amf, místy s vedlejším podílem grossularu (granát-diopsidová rula) a jiných Ca-silikátů, chemicky odpovídající složení protolitu (karbonát-jílovitému sedimentu).

Vápenatosilikátový rohovec – jemnozrnná, stejnoměrně zrnitá, obvykle pyroxenická nebo granát-pyroxenická metamorfovaná hornina s různým podílem živců, produkt isochemické, převážně kontaktní metamorfózy.

Skarnoid – nestejnoměrně zrnitá přechodná hornina mezi jemnozrnnými rohovci a hrubozrnnými skarny, s nevýraznou foliací, chudá živci, často s podstatným obsahem grossularu a/nebo vesuvianu. Hornina skarnového vzhledu, mající však vlivem omezené infiltrace externích fluid celkové chemické složení blízké původnímu protolitu.

Skarn (vápenatý) – převážně středně zrnitá až hrubozrnná bezživcová hornina složená ze Ca-Mg-Fe-Al silikátů, převážně Ca-granátů a klinopyroxenů, příp. vesuvianu a wollastonitu, vzniklá v podmínkách výrazného externího přínosu chemických složek do protolitu (zejména tzv. infiltrační skarny), někdy s patrnou zonálností a popř. se zrudněním.

Reakční skarn (difúzní bimetasomatický skarn) – hornina vzniklá látkovou výměnou mezi karbonátovou a silikátovou horninou v průběhu metamorfózy (migmatitizace). Obvykle středně zrnitá hornina s malou mocností a s výraznou a zákonitou zonálností paralelní s původním kontaktem.

Pegmatoid – hrubozrnná hornina pegmatitového vzhledu, patrně metatektického původu, tvořící žíly bez viditelné zonálnosti a nepravidelné partie v metamofovaných horninách. V okolí Nedvědice jde o horninu šedé barvy, tvořící žilky nevelké mocnosti (obvykle < 3 cm) pronikající skarnoidy a mineralogicky odpovídající většinou alkalickoživcovému syenitu, méně i granitu (K-živec >> plagioklas, křemen, diopsid, grossular, vesuvian, zoisit; bez slíd).

5. Geologická situace oblasti a pozice nedvědických mramorů

Studovaná oblast náleží k nejvýchodnější části svrateckého krystalinika, které se tu stýká s olešnickou skupinou moravika a s poličským krystalinikem (obr. 7, 8). Různé názory na jeho stavbu a horninovou náplň diskutuje v obsáhlém přehledu MELICHAR (1993). Problematice hranic a vývoje jednotek v této části Českého masivu se nověji věnují práce



Obr. 7. Geologická mapa oblasti nedvědických mramorů (jižní část, upraveno podle MísAŘE 1963). Fig. 7. Geological map of area of the Nedvědice marbles (southern part, modified from MísAŘ 1963). Vysvětlivky – Explanations:

1 - bítešská rula (moravikum) - Bíteš gneiss (moravicum), 2 - svory olešnické jednotky - mica-schists of Olešnice Unit, 3 - olešnická jednotka - Olešnice unit, 4 - metapelity svrateckého krystalinika - metapelites of Svratka Crystalline Complex, 5 - ortoruly svrateckého krystalinika - orthogneisses of Svratka Crystalline Complex, 6 - nedvědické mramory - the Nedvědice marbles, 7 - věstínský komplex (granulity a amfibolity, poličské krystalinikum) - Věstín complex (granulites and amphibolites, Polička Crystalline Complex), 8 - amfibolit - amphibolite, 9 - serpentinit - serpentinite, 10 - Fe-skarn - Fe-skarn, 11 - kvarcit - quartzite, 12 - turmalínovec - tourmalinite.



Obr. 8. Geologická mapa oblasti nedvědických mramorů (severní část, upraveno podle MísAŘE 1963). Fig. 8. Geological map of area of the Nedvědice marbles (northern part, modified from MísAŘ 1963). Vysvětlivky viz obr. 7. – See fig. 7. for explanations. Bíle – aluvium řeky Svratky – white – aluvium of Svratka river.

SCHULMANNA *et al.* (1991, 2005) a KONOPÁSKA *et al.* (2002). Málo je dosud spolehlivých petrologických údajů o metamorfóze a genezi hornin; např. MELICHAR *et al.* (2004) pokládají část svrateckých ortorul za migmatity. Stáří granitů (protolitů ortorul) ve svrateckém krystaliniku udávají WENDT *et al.* (2001) na základě U-Pb datování zirkonů na 471 \pm 29 a 515 \pm 9 Ma; SCHULMANN *et al.* (2005) uvádí U-Pb stáří 470 \pm 30 Ma pro drobnozrnné ortoruly od Sněžného, bohužel bez bližší charakteristiky jejich geochemie, mineralogie a petrologie.

V rámci svrateckého krystalinika vystupují mramory v různé tektonostratigrafické pozici (RosIWAL 1915, NOVÁK 1987). Nedvědické mramory vytvářejí úzký pruh, asi 35 km



Obr. 9. Kontakt mramoru s pararulou, Obecní lom, Nedvědice (foto: PAZOU-REK 1971).

Fig. 9. Contact of marble with paragneiss, "Obecní lom quarry", Nedvědice (photo: PAZOUREK 1971).

dlouhý a 150 m široký, složený ze samostatných protáhlých těles táhnoucích se od Černvíru na J přes Nedvědici, Ujčov a Vír dále k SZ až k Jimramovu. Geologii a litostratigrafii této části svrateckého krystalinika stručně popisují ZOUBEK (1946a), MÍSAŘ (1963) a FREJ-VALD (1965). Svratecké krystalinikum v jižním úseku studované oblasti spočívá v tektonickém nadloží olešnické jednotky (skupiny), zařazované většinou českých autorů k moraviku. Olešnická jednotka je tvořená tmavošedými drobnozrnnými svory až pararulami s šedými flogopitovými a tremolitovými mramory s grafitem a pyritem, s kvarcity, grafitickými rulami a místy amfibolity (MÍSAŘ 1963, FREJVALD 1965). V severním úseku hraničí svratecké krystalinikum s biotitickými pararulami a migmatity poličského krystalinika. Při této hranici probíhá výrazná tektonická zóna (ŠOUBA a DUDA 1975, KONOPÁSEK *et al.* 2002), označená jako jižní zlom bohemika (MÍSAŘ a DUDEK 1993).

Nad zmíněnou olešnickou jednotkou leží hrubě zrnité lepidoblastické granát-muskovitické svory řazené již ke svrateckému krystaliniku, které jsou dobře odkryté např. na vrchu Kuchyňka u Nedvědice nebo na levém břehu Svratky u Ujčova (ZOUBEK 1946a, Mísař 1960). Obsahují místy vložky amfibolitu, lokálně sdruženého s pyroxenickými serpentinity (např. u Ujčova, Borovce a Víru) a s leukokratními horninami granulitového vzhledu s granátem (jednotka "B" podle ZOUBKA 1946a, Mísař 1963).

V bezprostředním nadloží této sekvence zastupují původní karbonátovo-klastickou sedimentaci jen málo mocné polohy diopsidových až amfibol-biotitických rul v muskovitbiotitických pararulách. Ojedinělé metakarbonátové horniny jsou tam reprezentovány jen málo mocnými polohami bílých a našedlých mramorů, v nichž se vyskytl specifický červený kalcitický mramor (tato práce, viz níže).

V nadloží spočívá vlastní sekvence nedvědických mramorů s vápenatosilikátovými rohovci, skarnoidy, nepříliš mocnými kvarcity a diopsidickými rulami (ZOUBEK 1946a). Tyto mramory jsou uloženy v tmavých muskovit-biotitických pararulách až biotitických migmatitech místy s patrnými porfyroblasty draselného živce (obr. 9).

Mramory v nich tvoří protáhlé, složitě provrásněné, až 200 m dlouhé a maximálně 40 m mocné samostatné polohy, místy tektonicky silně naduřelé do čočkovitých tvarů nebo složitá tělesa složená z několika samostatných poloh čistých mramorů, oddělených navzájem muskovit-biotitickými rulami.

Vložky v mramorech tvoří tmavé biotitické, amfibolické a diopsidové ruly a zejména budinované polohy různých typů vápenatosilikátových hornin, které vystupují především při podloží mramorů. Směr protažení mramorů je 345–360°, sklon 40–65° k Z, resp. ZJZ (ZOU-BEK 1946a, PAZOUREK 1971), u Strachujova k SV (tato práce). Tabulka 1. Chemické složení metapelitů.

1 - biotitická pararula z nadloží mramoru;
 2 - biotitická pararula z nadloží mramoru;
 3 - muskovit-biotitická pararula z podloží mramoru;
 4 - biotitická pararula tvořící vložku v mramoru;
 5 - muskovit-biotitická pararula z nadloží mramoru.
 Chemical composition of metapelites.

Table 1. Chemical composition of metapelites.
1 - biotite paragneiss from roof of marble; 2 - biotite paragneiss from roof of marble; 3 - biotite paragneiss from underlying bed of marble; 4 - biotite paragneiss in marble; 5 - muscovite-biotite paragneiss from roof of marble.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------------------------------|-------|-------|--------|-------|--------|
| lok. č. – Loc. No: | 1 | 11 | 11 | 16 | 37 |
| hm. % – wt. % | | | | | |
| SiO ₂ | 55,73 | 56,10 | 74,98 | 57,73 | 73,83 |
| TiO ₂ | 0,88 | 0,76 | 0,59 | 0,72 | 0,51 |
| Al ₂ O ₃ | 19,23 | 18,01 | 12,40 | 16,98 | 11,57 |
| Fe ₂ O ₃ | 3,31 | 2,58 | 0,88 | 1,88 | 1,03 |
| FeO | 4,03 | 2,94 | 2,80 | 3,25 | 3,05 |
| MnO | 0,153 | 0,092 | 0,010 | 0,193 | 0,108 |
| MgO | 4,02 | 3,31 | 0,98 | 3,35 | 1,76 |
| CaO | 1,99 | 5,50 | 0,68 | 6,08 | 1,62 |
| Na ₂ O | 1,99 | 3,51 | 2,95 | 3,33 | 1,56 |
| K₂O | 5,01 | 5,12 | 2,12 | 3,66 | 2,76 |
| P ₂ O ₅ | 0,18 | 0,21 | 0,17 | 0,19 | 0,20 |
| H_2O^* | 2,28 | 0,59 | 0,73 | 1,17 | 1,22 |
| H ₂ O ⁻ | 0,42 | 0,34 | 0,14 | 0,32 | 0,28 |
| L.O.I. | 2,48 | 0,56 | 0,84 | 1,24 | 1,20 |
| F | 0,18 | 0,23 | 0,10 | 0,12 | 0,10 |
| Celkem | 101,9 | 99,9 | 100,37 | 100,2 | 100,80 |
| ppm | | | | | |
| As | 28,4 | 16,4 | 28,3 | 16,0 | 17,3 |
| Ва | 1043 | 1213 | 914 | 1102 | 626 |
| Co | 33,9 | 44,8 | 21,4 | 42,8 | 53,4 |
| Cr | 82,1 | 99,7 | 77,5 | 105,0 | 92,2 |
| Cu | 50,5 | 40,8 | 7,6 | 38,0 | 23,6 |
| Mn | 1189 | 713 | 77 | 1497 | 836 |
| Мо | b. d. | b. d. | 2,4 | b. d. | b. d. |
| Ni | 80,2 | 96,4 | 38,4 | 131,0 | 61,5 |
| Sr | 397 | 432 | 164 | 251 | 175 |
| V | 173,2 | 144,0 | 42,6 | 126,1 | 84,3 |
| Zn | 155 | 93 | 40 | 83 | 165 |

L.O.I. = ztráta žíháním, b.d. = pod mezí detekce. L.O.I. = loss of ignition, b.d. = below detection limit.

Pararuly v blízkosti mramorů se vyznačují minerální asociací Otz + Bt + Pl + Kfs \pm Ms \pm Grt, s převahou biotitu nad muskovitem a K-živcem, převažujícím nad plagioklasem An₃₅₋₄₀ (NĚMEC 1968a). Jako vedlejší minerál byl lokálně zjištěn kyanit, akcesoricky apatit, turmalín a rutil (PA-ZOUREK 1971). Tyto ruly se střídají s podřízenými polohami hrubě lepidoblastických muskovit-biotitických a granát-muskovitických svorů s minerální asociací Otz + Ms + Bt + Pl + Grt + Tur \pm St \pm Sil \pm Ky \pm And, s akcesorickým ilmenitem a apatitem (VE-SELÝ 1959, URBÁNEK 1960, MÍSAŘ 1963, PAZOUREK 1971). Za příklad chemického složení těchto pararul při kontaktech s mramory mohou sloužit analýzy v tab. 1.

Na lokalitě Strachujov u Jimramova jsou kalcitické mramory s minerální asociací odpovídající nedvědickým mramorům uloženy v muskovit-biotitických pararulách. Tato horninová sekvence leží blízko hranice s poličským krystalinikem, které tu spočívá v tektonickém nadloží svrateckého krystalinika (ŠOUBA a DUDA 1975). Poličské krystalinikum je v této části litologicky výrazně odlišné od svrateckého krystalinika a je tvořeno biotitickými rulami až migmatity s vložkami amfibolitů a specifických gahnitových mramorů (srovnej Novák *et al.* 1997, BURIÁNEK 2005).

V některých případech hraničí mramory přímo s ortorulou. Hranice bývá někdy ostrá, zřejmě tektonická, bez patrných kontaktních projevů (lok. č. 27), ojediněle je mramor přímo prostoupen růžovým draselným živcem (+ křemen).

Uvedené metapelity a migmatity jsou lokálně, převážně v nadloží mramorového pruhu, prostoupeny narůžovělými ortorulami. PAZOUREK (1971) mezi nimi rozlišil dvojslídné ortoruly s převahou biotitu nad

muskovitem a turmalín-muskovitické ortoruly. Jejich minerální asociace Qtz + Kfs + Pl + Bt + Ms ± Tur je charakterizována vedle akcesorického apatitu, zirkonu a ojedinělého granátu zejména čočkovitými agregáty a žilami fluoritu a křemene s arzenopyritem. Ortoruly mají někde zachované textury původního granitu (Mísař 1963) a jsou lokálně bohaté B a F, místy rovněž As a Sn a naopak chudé Li a W (VESELÝ 1959, NĚMEC 1980, NOVÁK *et al.* 2003). MELKA *et al.* (1992) je pokládá na základě vysokoteplotní deformace křemene za syntektonické granity. Patrně však jsou spíše produktem tektonické deformace a mladšího metamorfního přetisku původního granitu (NĚMEC 1979, 1980, NOVÁK *et al.* 1998, NOVÁK *et al.* 2003). Ještě západněji, v nadloží mramorového pruhu, vystupují svorové ruly a migmatity ("hybridní ruly") obsahující tělesa regionálně metamorfovaných granát-pyroxenických Feskarnů s magnetitem, ojediněle i metabazitů, mramorů ("Hradní lom") a serpentinitu (Smrček). Vzácné jsou kvarcity, ojedinělé i křemenné horniny s gahnitem a Zn-staurolitem, příp. s kasiteritem (NĚMEC 1979). Polohy turmalinických kvarcitů až turmalinitů (Pernštejn) jsou pro tuto subjednotku rovněž typické; horizont s turmalinity tvoří nesouvislý pruh, táhnoucí se od Litavy, přes Pernštejn až k Lesoňovicím na vzdálenost 15 km (Páša a HRANÁČ 1994).

Metamorfóza svrateckého krystalinika je vícefázová a byla studována různými autory (NĚMEC 1968b, CHÁB a SUK 1977). Konkrétní PT data jsou dosud ojedinělá a nejednoznačná. Vrchol metamorfózy nejspíše reprezentují asociace s kyanitem a sillimanitem, s T = 550-620 °C při P = 0,8-1,1 GPa pro okolí vírského granulitu (ŠTOUDOVÁ *et al.* 1998), resp. 600-725 °C a P ~ 500 MPa pro skarn a okolní metapelity u Pernštejna, následovaný mladší fází (s andalusitem v metapelitech) za T ~ 400-500 °C při P ~ 300-400 MPa (PERTOLDOVÁ *et al.* 1987, NĚMEC 1991, HOUZAR *et al.* 1998). Též podle MELICHARA *et al.* (2004) je nejstarší metamorfní fáze je překryta mladší metamorfózou za středních tlaků T ~ 650 °C a 700 MPa. K nejmladší fázi vývoje náleží v ortorulách mineralizace typu alpských žil s muskovitem + křišťálem ± fluoritem.

Foliace hornin mají směr vesměs S-J a SZ-JV, s úklonem 30-80° k Z a JZ (v j. části). V oblasti se projevuje význačná zlomová tektonika. Vedle dislokací paralelních s moldanubickým nasunutím se uplatňuje i mladší příčná tektonika ve směru V-Z a SZ-JV více či méně paralelní s křídelskou dislokací, podél níž patrně došlo k posunu jednotlivých bloků ve vertikálním i v horizontálním směru (MísAŘ 1963). Vírsko-bystřická dislokace směru SV-JZ odděluje dvě oblasti s opačnou vergencí pohybu; SZ od této linie jsou úklony foliace k SV a předpokládá se, že tato část byla proti oblasti na JV vyzdvižena (FAJST a FREJVALD 1964).

6. Petrografie a geochemie mramorů a vápenatosilikátových hornin

Nedvědické mramory jsou vždy kalcitické, převážně velmi chudé silikáty, a mají masivní texturu. V jádrech mocných těles mramorů převažují tyto čisté typy, zatímco při okrajích některých větších těles jsou přítomny typy, které jsou bohaté SiO₂. Ty tvoří také samostatné menší polohy.

K vápenatosilikátovým horninám náležejí diopsidové ruly, rohovce, reakční skarny, vesuvian-grossular-wollastonitové skarny a granáticko-pyroxenické skarnoidy s vesuvianem a ojediněle Fe-Sn-Zn skarny se sfaleritem a malayaitem. Vystupují často přímo v mramorech a jsou tektonicky deformované až budinované. Také tvoří větší polohy převážně v podloží a v pokračování mramorových těles a to hlavně v místech, kde jsou pararuly a svory proniknuty mocnějšími polohami ortorul, někdy i turmalinických.

V rámci nedvědických mramorů a vápenatosilikátových hornin lze rozlišit horniny s různým obsahem silikátů, jejichž chemické složení je zřejmé z tab. 2, 3, 4a, b.

6.1. Kalcitické mramory

6.1.1. Kalcitické mramory chudé silikáty (převážně s flogopitem)

a) <u>Čisté kalcitické až flogopit-kalcitické mramory</u> jsou bílé, středně zrnité, s všesměrnou texturou a jen s náznaky foliace vyznačené lupínky flogopitu. Tvoří převážně centrální partie větších těles. Ve výbrusech mají granoblastickou strukturu se zubovitě omezenými izometrickými zrny kalcitu velikosti 1-2 mm, vyznačujícího se v CL tmavě oranžovou luminiscencí. Okraje zrn jsou místy tvořeny mozaikou drobnějších zrn kalcitu, vzniklých patrně vlivem kataklázy. Takovou strukturu lze označit jako maltovitou. Silikáty, především flogopit, méně i tremolit, diopsid, živce a křemen, do-

Tabulka 2. Chemické složení nedvědických mramorů.

Table 2.

1 - šedý jemnozrnný mramor při kontaktu; 2 - modrý středně zrnitý mramor s wollastonitem;
 3 - namodralý jemnozrnný mramor s wollastonitem;
 4 - bílý hrubozrnný mramor, Hotárkův lom;
 5 - bílý mramor z kontaktu s rulou;
 6 - namodralý jemnozrnný mramor, Heršinka;
 7 - wollastonitový bílý mramor, Heršinka;
 8 - bílý jemnozrnný mramor, Vrtěžíř;
 9 - bílý mramor;
 10 - šedý mramor s flogopitem a tremolitem;
 11 - bílý mramor;
 12 - bílý mramor s tremolitem. Celkové Fe jako Fe₂O₃, Chemical composition of the Nedvědice marbles.

1 - grey fine-grained marble near contact; 2 - blue medium-grained wollastonite-bearing marble; 3 - bluish fine-grained wollastonite-bearing marble; 4 - white coarse-grained marble, Hotárek quarry; 5 - white marble from contact with gneiss; 6 - bluish fine-grained marble, Heršinka quarry; 7 - white wollastonite marble, Heršinka quarry; 8 - white fine-grained marble, Vrtěžíř; 9 - white marble; 10 - grey tremolite-phlogopite marble; 11 - white marble; 12 - white tremolite-bearing marble. All Fe as Fe_2O_3 .

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| lok. č. – Loc. No: | 1 | 2 | 4 | 8 | 16 | 23 | 23 | 30 | 36 | 37 | 38 | 39 |
| hm. % – wt. % | | | | | | | | | | | | |
| SiO ₂ | 4,12 | 6,48 | 8,09 | 1,66 | 5,36 | 1,43 | 12,17 | 1,80 | 0,16 | 3,48 | 0,40 | 0,90 |
| TiO ₂ | 0,05 | 0,03 | 0,02 | 0,05 | 0,07 | 0,01 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,07 | 0,03 | 0,03 |
| Al ₂ O ₃ | 1,90 | 0,70 | 0,66 | 0,68 | 1,31 | 0,53 | 1,20 | 0,59 | 0,23 | 1,01 | 0,60 | 0,44 |
| Fe ₂ O ₃ * | 0,40 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,36 | 0,09 | 0,08 | 0,15 | 0,07 | 0,56 | 0,05 | 0,05 |
| MnO | 0,03 | 0,01 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,008 | 0,008 | 0,023 | 0,006 | 0,036 | 0,015 | 0,02 |
| MgO | 0,67 | 0,52 | 0,41 | 1,33 | 0,74 | 0,36 | 0,35 | 0,36 | 1,16 | 1,46 | 0,85 | 2,99 |
| CaO | 53,06 | 53,88 | 53,98 | 54,21 | 51,40 | 55,75 | 50,45 | 54,26 | 54,91 | 52,47 | 54,64 | 52,81 |
| Na ₂ O | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. | 0,20 | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. |
| K ₂ O | 0,12 | 0,12 | 0,10 | 0,10 | 0,30 | 0,1 | 0,43 | 0,10 | b. d. | 0,25 | 0,10 | b. d. |
| P ₂ O ₅ | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,13 | 0,03 | 0,03 | 0,14 | 0,02 | 0,06 | 0,04 | 0,03 |
| H ₂ O ⁻ | 0,24 | 0,20 | 0,18 | 0,18 | 0,14 | 0,12 | 0,26 | 0,38 | 0,22 | 0,12 | 0,32 | 0,28 |
| L.O.I. | 39,85 | 38,22 | 36,58 | 41,94 | 39,56 | 41,69 | 34,28 | 41,61 | 43,26 | 40,88 | 43,90 | 42,99 |
| F | 0,05 | 0,09 | 0,08 | 0,09 | 0,03 | 0,08 | 0,05 | 0,04 | 0,09 | 0,03 | 0,05 | 0,06 |
| Celkem | 100,52 | 100,40 | 100,29 | 100,41 | 99,63 | 100,20 | 99,34 | 99,47 | 100,15 | 100,43 | 100,99 | 100,60 |
| maa | | | | | | | | | - | | | |
| As | 26,1 | 20,4 | 12,4 | 28,4 | 13,1 | 13,8 | 19,4 | 6,84 | 7,71 | 14,0 | 9,34 | 10,9 |
| Ва | 213 | 265 | 176 | 869 | 279 | 181 | 252 | 358 | 163 | 136 | 53 | 198 |
| Co | 8,7 | 8,3 | 7,4 | 7,9 | 7,9 | 9,9 | 9,7 | 8,4 | 7,9 | 5,3 | 7,8 | 6,4 |
| Cr | 5,21 | 17,10 | 5,39 | 5,45 | 6,64 | 6,10 | 4,74 | 6,61 | 4,91 | 8,78 | 5,38 | 7,57 |
| Cu | 9,9 | 13,7 | 13,9 | 8,3 | 8,5 | 6,8 | 9,4 | 22,9 | 12,0 | 7,3 | 10,9 | 9,4 |
| Mn | 230,0 | 93,4 | 199,0 | 115,0 | 195,0 | 60,8 | 65,1 | 182,0 | 48,4 | 276,0 | 113,0 | 172,0 |
| Mo | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. | 1,8 | b. d. | 2,4 | b. d. | b. d. |
| Ni | 10,6 | 12,5 | 10,5 | 11,6 | 14,4 | 13,1 | 10,5 | 12,6 | 11,7 | 18,8 | 13,3 | 10,2 |
| Sr | 261 | 175 | 257 | 1457 | 220 | 178 | 434 | 365 | 151 | 291 | 266 | 339 |
| V | 29,1 | 26,7 | 14,8 | 17,3 | 4,5 | 10,6 | 25,4 | 4,8 | 34,5 | 15,2 | 18,3 | 8,6 |
| Zn | 44,8 | 127,0 | 46,3 | 44,0 | 55,1 | 44,0 | 73,0 | 89,2 | 41,6 | 64,5 | 51,2 | 45,6 |

sahují obvykle velikosti okolo 0,3 mm a soustřeďují se na okraje a kontakty velkých zrn kalcitu. Z akcesorických minerálů převládá apatit nad titanitem, zirkonem a grafitem. Od popisovaného typu se pouze menší zrnitostí liší bílé a našedlé drobnozrnné až jemnozrnné průsvitné variety připomínající až carrarský mramor, které mají lasturnatý lom a poněkud mastný lesk a místy namodralý a nažloutlý odstín. Makroskopicky v nich nejsou patrné žádné silikáty. Výjimečně obsahují akcesorický löllingit, tetraedrit, chalkopyrit a ryzí Bi. Barevnou varietou, ovlivněnou postmetamorfním přínosem Fe, jsou narůžovělé drobnozrnné mramory s nepravidelnými načervenalými polohami a žilkami kalcitu zbarvenými jemně dispergovaným hematitem, které se vyskytují převážně v okolí Kozlova, výjimečně i u Nedvědice (lok. č. 18).

b) <u>Kalcitické mramory s grafitem a flogopitem</u> jsou rovněž středně zrnité. Mají světle šedou barvu s náznaky páskované textury s podřízenými šedými, vzácněji i tmavošedými neostře ohraničenými šmouhami a až průběžnými polohami s akcesorickým grafitem, s nahnědlými lupínky a proužky flogopitu a ojedinělými Fe-sulfidy. Tvoří samostatná tělesa větší velikosti, v nichž tmavší variety vystupují spíše při nadloží. Ve výbrusech se podobají předchozímu typu, jen projevy kataklázy kalcitových zrn jsou častější. V kalcitu šedých mramorů, které téměř neobsahují silikáty, tvoří grafit xenomorfní lupínky velikosti $\leq 0,1$ mm. Naopak převládající bílé negrafitické polohy mají relativně větší podíl flogopitu, tremolitu a diopsidu. V akcesorickém množství obsahují apatit, lokálně i pyrit a pyrhotin. S uvedenými mramory se místy vyskytují drobnozrnné až jemnozrnné, šedě a rezavě zbarvené, tektonicky deformované až mylonitizované kalcitické mramory s různým podílem silikátů (hlavně živců, diopsidu a titanitu). Ve výbrusech mají maltovitou, porfyroklastickou až dynamofluidální strukturu. Jejich tmavší barva vyplývá spíše z nepatrné velikosti kalcitových zrn (< 0.3 mm), než z obsahu grafitu a limonitizovaného pyritu, jejichž podíl je jen akcesorický. Tyto mramory tvoří často malá tělesa nebo okraje i výplň tektonických zón větších těles.

c) Dolomit-kalcitické mramory jsou bílé až světle šedé, středně zrnité, s flogopitem a s bílým tremolitem, někdy soustředěným do nepatrných samostatných šmouh. Drobné šmouhy v nich místy tvoří i tmavší mramory s akcesorickým grafitem. Dolomit-kalcitické mramory tvoří samostatná tělesa chudá silikáty a jsou typické pro okolí Víru. Nejsou doprovázeny jinými barevnými varietami mramorů. Ve výbrusech mají heteroblastickou strukturu s velikostí zrna 0,3-1 mm. Drobná zrna dolomitu, místy tvořícího i odmíšeniny ve větších zrnech kalcitu, isou uložena v hruběji

Tabulka 3. Chemické složení vápenatosilikátových hornin.
1 - diopsidická rula z nadloží mramoru;
2 - reakění diopsidický skarn s amfibo.

2 - reakční diopsidický skarn s amfibolem, nadloží mramoru; 3 - křemen-wollastonitová hornina, S od Heršinky; 4 diopsidický rohovec při podložním kontaktu mramoru; 5 - granát-diopsidický skarn, Jedlová.

Table 3. Chemical composition of calcsilicate rocks.
1 - diopside gneiss from roof of marble;
2 - amphibole-bearing diopside reaction skarn, roof of marble;
3 - quartz-wollastonite rock, north of Heršinka;
4 - diopside hornfels near underlying contact of marble with paragneiss;
5 - grossular-diopside skarn, Jedlová.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| lok. č. – Loc. No: | 11 | 11 | 23 | 23 | 5 |
| hm. % – wt. % | | | | | |
| SiO ₂ | 56,57 | 54,27 | 73,30 | 60,29 | 49,50 |
| TiO ₂ | 0,66 | 0,71 | 0,17 | 0,50 | 0,67 |
| Al ₂ O ₃ | 13,65 | 15,62 | 4,44 | 9,77 | 12,43 |
| Fe ₂ O ₃ | 2,16 | 1,54 | 0,32 | 0,71 | 2,39 |
| FeO | 2,54 | 5,62 | 0,14 | 1,73 | 1,82 |
| MnO | 0,32 | 0,272 | 0,016 | 0,058 | 0,356 |
| MgO | 3,93 | 3,43 | 0,26 | 5,73 | 3,02 |
| CaO | 12,23 | 11,23 | 16,16 | 13,27 | 27,66 |
| Na ₂ O | 2,07 | 3,58 | 0,28 | 0,83 | 0,30 |
| K ₂ O | 4,82 | 2,02 | 2,23 | 5,26 | 0,10 |
| P ₂ O ₅ | 0,19 | 0,16 | 0,11 | 0,26 | 0,23 |
| H_2O^+ | 0,33 | 0,60 | 0,50 | 0,37 | 0,48 |
| H ₂ O ⁻ | 0,26 | 0,28 | 0,10 | 0,10 | 0,04 |
| L.O.I | 0,46 | 0,76 | 2,29 | 1,18 | 1,54 |
| F | 0,08 | 0,08 | 0,04 | 0,05 | 0,18 |
| Celkem | 100,27 | 100,17 | 100,35 | 100,11 | 100,72 |
| ppm | | | | | |
| As | 16,5 | 12,9 | 18,0 | 1,7 | 17,2 |
| Ва | 1998 | 523 | 417 | 836 | 78 |
| Co | 34,1 | 24,7 | 16,7 | 9,4 | 26,3 |
| Cr | 228,0 | 126,0 | 32,5 | 87,5 | 66,7 |
| Cu | 26,0 | 27,8 | 20,1 | 10,6 | 9,9 |
| Mn | 2463 | 2106 | 15 | 451 | 2756 |
| Мо | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. | 1,2 |
| Ni | 165,0 | 42,5 | 17,1 | 47,7 | 84,6 |
| Sr | 395 | 345 | 152 | 162 | 130 |
| V | 43,0 | 84,6 | 5,7 | 42,6 | 113,0 |
| Zn | 185 | 124 | 49 | 146 | 337 |

zrnité kalcitové matrix. V CL je patrný vyšší stupeň kataklázy mramoru. Rozlámaná zrna kalcitu (oranžová CL) jsou vyhojena mladším kalcitem se světle oranžovou luminiscencí. Ze silikátů převládá bezbarvý flogopit nad drobně jehlicovitým tremolitem. K převážně retrográdním minerálům náleží chlorit po flogopitu a mastek po tremolitu. Akcesoricky je přítomen křemen (není v asociaci s dolomitem), dále draselný živec, apatit s titanitem a zirkon. Vzácný velmi drobný rutil je v asociaci s dolomitem a křemenem. Ojedinělá jsou rovněž nepatrná zrna chalkopyritu a místy (Pyšolec) se vyskytují i impregnace pyrhotinu, částečně retrográdně přeměněného v markazit a pyrit.

6.1.2. Skarnizované mramory (převážně s wollastonitem a vesuvianem)

- a) Kalcitické skarnizované mramory s modrým kalcitem obsahují vesuvian, wollastonit a grossular. Jsou středně zrnité, s menšími hrubozrnnými šmouhami až hnízdy poněkud tmavěji zbarveného modrého kalcitu. Tvoří decimetrové až několik metrů mocné polohy převážně při podloží větších mramorových těles při kontaktu s biotitickými rulami. Jsou to texturně variabilní horniny s málo výraznou foliací, avšak s nápadnou lineací vyznačenou protažením agregátů wollastonitu. Poměr wollastonitu, vesuvianu a granátu kolísá, většinou objemově výrazně převažuje wollastonit, ale vyskytují se i vesuvianové typy chudé wollastonitem, s různým podílem grossularu, příp. diopsidu. Tyto mramory jsou relativně bohatší SiO₂ (tab. 2, analýza 2; tab. 4a, analýza 1) a lokálně mají také vysoký obsah Sr (≤ 1556 ppm). Ve výbrusech mají heteroblastickou granoblastickou až fibrogranoblastickou strukturu se zrny kalcitu o velikosti 1–5 mm. Katodoluminiscenční studium karbonátového podílu prokázalo nehomogenitu modrého kalcitu (chemickými analýzami výraznější variabilita zjištěna nebyla), kdy objemově převládají křehce deformovaná zrna kalcitu s hnědočervenou CL, uložená v matrix tvořené kalcitem se světlejší oranžovou CL. Akcesoricky jsou zastoupena zřetelně menší izolovaná izometrická zrna karbonátu (reliktního Mn-kalcitu?) s výraznou oranžovou CL. Wollastonit tvoří dlouze vláknité agregáty, složené ze vzájemně prorostlých jehlic dlouhých až několik mm. Hypautomorfně až xenomorfně omezená zrna grossularu a diopsidu velikosti ~ 0,3-1 mm představují relikty zatlačované vesuvianem, který někdy tvoří srůsty v texturní rovnováze s wollastonitem (Novák 1995). K akcesorickým složkám mramoru náleží apatit, zirkon, výjimečně i chalkopyrit, löllingit, arzenopyrit a minerály Sn. Pozdně metamorfní asociaci zastupuje na puklinách pektolit.
- b) Wollastonit-kalcitické mramory jsou jemnozrnné a drobnozrnné, bílé až namodralé barvy. Od předchozího typu se odlišují výrazně menší zrnitostí. Jde o typické mramory menších těles, výrazně ovlivněné plastickou deformací. Význačným znakem je lineární uspořádání jehlicovitého wollastonitu (místy se vyskytují i samostatné tenké kalcit-wollastonitové polohy) a minerální asociace Wo + Cal + Kfs s hnědožlutým vesuvianem a grossularem. Ve výbrusech převládají protáhlá zrna kalcitu a drobně jehlicovitý wollastonit, který je někdy uzavíraný v grossularu a ve větších zrnech vesuvianu. Wollastonit srůstá s xenomorfními zrny draselného živce, s křemenem a drobným xenomorfním Ti-bohatým vesuvianem (Ti > 1 apfu). Lokálně je hojný diopsid a titanit, který je místy obrůstaný apatitem.
- c) <u>Diopsid-kalcitické mramory</u> jsou zelenavé barvy, drobnozrnné až středně zrnité, s všesměrnou texturou a někdy slabě patrnou lineací. Tvoří vložky max. decimetrové mocnosti v čistých mramorech v asociaci s namodralými wollastonitovými mramory. Jde o relativně silikáty bohaté horniny, které mají ve výbrusech heteroblastickou granoblastickou strukturu tvořenou protáhlými zrny kalcitu (v CL homogenní bez patrné deformace) a silikátů. Z nich převládá diopsid nad titanitem, draselným živcem a plagioklasem An₃₃. Vzácnější je grossular, vesuvian a klinozoisit. Silikáty tvoří xenomorfní až hypautomorfní zrna velikosti ≤ 1 mm. Z akcesorií je běžný apatit a zirkon, výjimečný je sfalerit, chalkopyrit a löllingit.

6.1.3. Červené mramory s Fe-kalcitem

Tyto kalcitické mramory s Fe-kalcitem, biotitem a muskovitem jsou poměrně chudé silikáty, drobnozrnné a středně zrnité. Vyznačují se neobvyklou lososově červenou barvou. Tvoří polohy pouze centimetrové mocnosti, které se střídají s flogopitovými mramory až kalcitickými svory v menší poloze šedobílého kalcitického mramoru (lok. č. 24). Ve výbrusech mají granoblastickou až lepidogranoblastickou strukturu; velikost zrna je 0,5–1,5 mm. Podle studia v CL mikroskopu jsou zrna kalcitu homogenní a mají nevýraznou tmavě oran-

Tabulka 4a.Chemické složení skarnizovaných mramorů, skarnoidů a skarnů.

 1 - modrý mramor s vesuvianem; 2 - namodralý mramor s wollastonitem; 3 modrý wollastonitový mramor, 4 - namodralý wollastonitový mramor, Ujčov; 5 - diopsid-vesuvianový mramor, Ujčov; 6 vesuvian-wollastonitový mramor, Strachujov. Vzorky 4 a 6 obsahují také 0,6 ppb Au; vzorek 5 má 1,5 ppb Au, 0,5 ppm Se a 0,05 ppm Hg. Celkové Fe jako Fe₂O₃.

Table 4a. Chemical composition of skarnized marbles, skarnoids and skarns.

1 - vesuvianite-bearing blue marble; 2 bluish wollastonite-bearing marble; 3 blue wollastonite marble; 4 - bluish wollastonite marble, Ujčov; 5 - diopsidevesuvianite marble, Ujčov; 6 - vesuvianwollastonite marble, Strachujov. Samples 4 and 6 contain also 0,6 ppb Au; sample 5 has 1.5 ppb Au, 0.5 ppm Se and 0.05 ppm Hg. All Fe as Fe_2O_3 .

| lok. č. – Loc. No: | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------------------------------------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|
| | 13 | 13 | 13 | 29 | 29 | 40 |
| hm. % – wt. % | | | | | | |
| SiO ₂ | 2,97 | 11,67 | 38,39 | 12,99 | 28,9 | 29,34 |
| TiO ₂ | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,21 | 0,13 |
| Al ₂ O ₃ | 0,26 | 0,73 | 0,49 | 0,77 | 6,73 | 2,95 |
| Cr ₂ O ₃ | 0,33 | 0,15 | 0,26 | 0,17 | 2,56 | 1,34 |
| Fe ₂ O ₃ tot | 0,001 | <0,001 | 0,003 | <0,001 | 0,002 | 0,002 |
| MnO | 0,02 | 0,02 | 0,06 | 0,02 | 0,08 | 0,20 |
| MgO | 0,5 | 0,43 | 0,55 | 0,44 | 2,09 | 1,52 |
| CaO | 54,02 | 55,20 | 41,81 | 53,06 | 40,48 | 45,81 |
| Na ₂ O | 0,01 | 0,02 | 4,24 | <0,01 | 0,10 | <0,01 |
| K₂O | <0,02 | 0,30 | <0,02 | 0,17 | 0,05 | <0,02 |
| P ₂ O ₅ | <0,01 | 0,06 | 0,01 | 0,06 | 0,18 | 0,07 |
| L.O.I. | 41,30 | 31,60 | 14,10 | 32,20 | 17,90 | 18,30 |
| Celkem | 99,42 | 100,20 | 99,943 | 99,9 | 99,28 | 99,66 |

žovou luminiscenci, ale světlejší než modrý kalcit!). Mladší Mn-kalcit s jasně oranžovou luminiscencí vyhojuje mikroskopické trhliny tohoto mramoru. Kromě kalcitu a slíd (fengitického muskovitu a biotitu) jsou ostatní minerály ojedinělé. Z těchto akcesorií převládají xenomorfní Tabulka 4a.Chemické složení skarnizovaných mramorů, skarnoidů a skarnů (pokračování).

Table 4a. Chemical composition of skarnized marbles, skarnoids and skarns (continuation).

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| lok. č. – Loc. No: | 13 | 13 | 13 | 29 | 29 | 40 |
| ppm | | | | | | |
| As | 7,0 | 4,0 | 15,8 | 5,3 | 55,8 | 4,0 |
| Ag | <0,5 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 0,1 |
| Ba | 154 | 55 | 35 | 52 | 19 | 41 |
| Bi | 0,7 | 0,3 | 0,1 | 0,2 | 36,5 | 0,3 |
| Cd | 0,6 | 0,1 | 0,8 | 0,2 | 22,0 | 1,3 |
| Co | <0,5 | 1,2 | 0,6 | 1,4 | 3,4 | 5,1 |
| Cs | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| Cu | 24 | 1,7 | 3,1 | 0,3 | 8,2 | 6,9 |
| Ga | 0,7 | 1,1 | 1,2 | 1,5 | 18,9 | 5,3 |
| Hf | <0,5 | 0,5 | <0,5 | 0,8 | 2,0 | 0,9 |
| Mo | 0,2 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Nb | 2,2 | <0,5 | 0,6 | <0,5 | 3,6 | 2,6 |
| Ni | 1 | <20 | <20 | <20 | <20 | <20 |
| Pb | 4,0 | 0,8 | 1,1 | 1,4 | 3,7 | 16,4 |
| Rb | <0,5 | 8,2 | 1,2 | 6,7 | 6,4 | 1,0 |
| Sb | <0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 5,4 | 0,9 |
| Sc | <1 | <1 | <1 | <1 | 3 | 3 |
| Sn | 9 | 2 | 14 | 4 | 54 | <1 |
| Sr | 1556,3 | 266,2 | 355,8 | 345,1 | 205,5 | 275,6 |
| Та | 0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 0,4 | 0,3 |
| Th | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 0,4 | 3,1 | 2,1 |
| TI | <0,1 | <0,1 | b. d. | <0,1 | b. d. | b. d. |
| U | <0,1 | 0,6 | 0,2 | 1,1 | 3,6 | 2,5 |
| V | <5 | <5 | 6 | 5 | 25 | 26 |
| W | <1 | 0,5 | 0,1 | 0,5 | 1,5 | 0,8 |
| Y | 3,6 | 4,2 | 3,00 | 5,3 | 19,9 | 10,9 |
| Zn | 20 | 2 | 6 | 3 | 1262 | 65 |
| Zr | 6,8 | 17,5 | 7,0 | 18,3 | 59,3 | 33,9 |
| La | 2,4 | 3,0 | 3,1 | 3,3 | 14,9 | 11,3 |
| Ce | 7,2 | 4,2 | 4,6 | 4,9 | 25,9 | 22,4 |
| Pr | 0,72 | 0,58 | 0,53 | 0,76 | 3,31 | 2,44 |
| Nd | 3,5 | 2,2 | 2,5 | 3,6 | 13,9 | 11,2 |
| Sm | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,6 | 2,4 | 1,8 |
| Eu | 0,25 | 0,10 | 0,07 | 0,16 | 0,57 | 0,41 |
| Gd | 0,50 | 0,47 | 0,41 | 0,61 | 2,82 | 1,86 |
| Tb | 0,07 | 0,06 | 0,04 | 0,10 | 0,41 | 0,27 |
| Dy | 0,4 | 0,45 | 0,25 | 0,54 | 2,32 | 1,42 |
| Ho | 0,10 | 0,10 | 0,09 | 0,15 | 0,53 | 0,31 |
| Er | 0,25 | 0,29 | 0,27 | 0,39 | 1,64 | 0,81 |
| Tm | <0,05 | <0,05 | 0,06 | 0,06 | 0,29 | 0,13 |
| Yb | 0,15 | 0,3 | 0,47 | 0,26 | 2,03 | 0,77 |
| Lu | 0,01 | 0,04 | 0,06 | 0,07 | 0,3 | 0,12 |
| summa REE | 16,15 | 12,29 | 12,85 | 15,50 | 71,32 | 55,24 |
| (La + Ce)/ | | | | | | |
| (Yb + Lu) | 60,00 | 23,24 | 14,53 | 24,84 | 19,80 | 37,87 |

zrna křemene, epidotu a draselného živce. Vyskytuje se i diopsid, titanit, zirkon, apatit a ojediněle nepatrná zrna hematitu. Minerální asociace je relativně bohatá Fe, čímž se výrazně odlišuje od ostatních nedvědických mramorů. Reprezentativní analýzy mramorů jsou uvedeny v tab. 2.

^{Tabulka 4b. Chemické složení skarnizovaných mramorů, skarnoidů a skarnů (pokračování). 1 – pyroxenický rohovec s ortoklasem a ferroaxinitem; 2 – vesuvianový skarn, Jedlová; 3 – grossular-diopsidový skarn s ortoklasem; 4 – vesuvian-diopsid-grossularový skarn; 5 – wollastonit-vesuvianový skarn s modrým kalcitem; 6 – vesuvianový skarn se zirkonem; 7 – vesuvianový skarn; 8 – granát-pyroxenický Fe-Sn-Zn skarn (se sfaleritem a malayaitem); 9 – granát-pyroxenický Fe-Sn-Zn skarn (se sfaleritem a bismutem). Vzorky 1, 2 a 6 obsahují 2, 0,9 a 1,5 ppb Au. Celkové Fe jako Fe₂O₃.}

Table 4b. Chemical composition of skarnized marbles, skarnoids and skarns (continuation). 1 – pyroxene hornfels with orthoclase and ferroaxinite; 2 – vesuvianite skarn, Jedlová; 3 – orthoclase-bearing grossularite-diopside skarn; 4 – vesuvianite-diopside-grossularite skarn; 5 – wollastonite-vesuvianite skarn with blue calcite; 6 – zircon-bearing vesuvianite skarn; 7 – vesuvianite skarn; 8 – garnet-pyroxene Fe-Sn-Zn skarn (sphalerite- and malayaite-bearing); 9 – garnet-pyroxene Fe-Sn-Zn skarn (sphalerite- and bismuth-bearing). Samples 1, 2, and 6 contain 2.0, 0.9 and 1.5 ppb Au, respectively. All Fe as Fe₂O₃.

| lok. č. – Loc. No: | 1 23 | 2 5 | 3 13 | 4 13 | 5 13 | 6 13 | 7 13 | 8 11 | 9 11 |
|-------------------------------|---------|--------|---------|------------|--------------|---------|---------|---------|---------------|
| hm. % – wt. % | | | | | | | | | |
| SiO ₂ | 57,05 | 37,38 | 42,58 | 40,83 | 41,11 | 41,88 | 46,34 | 29,22 | 35,21 |
| | 0,71 | 0,76 | 0,67 | 1,17 | 12.60 | 12 22 | 0,48 | 0,25 | 0,26 |
| | 5.42 | 4 33 | 3 97 | 4 23 | 3 75 | 3.51 | 3 14 | 14,57 | 5,24 11.92 |
| Ee O tot | 0.009 | 0.009 | 0.011 | 0.017 | 0.016 | 0.009 | 0.007 | 0.003 | 0.004 |
| MnO | 0,15 | 0,11 | 0,12 | 0,12 | 0.08 | 0,08 | 0,09 | 0,000 | 0,11 |
| MgO | 3,98 | 3,21 | 3,90 | 3,82 | 4,49 | 4,35 | 8,97 | 0,59 | 3,67 |
| CaO | 13,43 | 36,21 | 29,79 | 31,85 | 33,97 | 33,10 | 30,46 | 28,61 | 28,93 |
| Na ₂ O | 0,95 | 0,23 | 0,26 | 0,18 | 0,17 | 0,08 | 0,09 | 0,02 | 0,06 |
| K ₂ O | 4,88 | 0,20 | 1,09 | 0,28 | <0,20 | <0,04 | 0,02 | <0,02 | <0,02 |
| P ₂ O ₅ | 0,29 | 0,15 | 0,36 | 0,08 | 0,37 | 0,34 | 0,25 | <0,01 | 0,38 |
| L.O.I. | 1,10 | 6,30 | 3,00 | 2,40 | 2,70 | 2,80 | 2,00 | 6,90 | 0,60 |
| Ceikem | 99,56 | 100,15 | 99,96 | 99,70 | 99,86 | 99,88 | 99,85 | 90,20 | 86,38 |
| ppm | | 10.5 | 15 | F 4 | 100 | 50 | | | 150 |
| As | 38 | 49,5 | 15 | -0.5 | 103 | 59 | 119 | 23 | 158 |
| Ba | 770 | 46 | 306 | 108 | <0,5 | 0,2 | <0,5 | 6 | 47 |
| Bi | 15,1 | 3,1 | 2,0 | 8,3 | 16,8 | 12,4 | 9,6 | 118,5 | 1213,5 |
| Cd | 0,4 | 0,5 | 0,2 | 0,3 | 0,8 | 0,4 | 1,5 | 861,6 | 1407,8 |
| Co | 13,6 | 14,3 | 7,5 | 6,6 | 7,2 | 6,7 | 9,6 | 9,1 | 39,2 |
| Cs | 7,0 | 1,3 | 0,8 | 0,2 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| Cu | 17 | 19 | 2 | 5 | 11 | 89 | 6 | 353 | 380 |
| Ga | 15,9 | 17,9 | 18,6 | 19,7 | 16,9 | 16,9 | 9,8 | 42,2 | 10,8 |
| HI | 5,0 | 7,1 | 12,4 | 5,3 | 0.3 | 15,5 | 5,7 | 3,1 | 0,0 |
| Nb | 14.0 | 6.3 | 13.0 | 2.7 | 13.2 | 12.0 | 7.4 | 16.8 | 7.8 |
| Ni | <20 | 23 | 2 | 16 | 6 | 16 | 5 | 2 | 10 |
| Pb | 2,1 | 2,5 | <2,0 | 2,0 | 2,0 | 4,6 | <2,0 | <2,0 | 6,0 |
| Rb | 268,8 | 21,6 | 40,0 | 11,1 | 0,6 | <0,5 | 1,9 | <0,5 | <0,5 |
| Sb | 1,1 | 14,4 | 5,5 | 27,8 | 9,6 | 6,0 | 10,8 | <0,5 | 9,7 |
| SC | 12 | 8 | 13 | 9 | 102 | 202 | 121 | 2 4 2 2 | 5 |
| Sr | 315.3 | 125.9 | 159.9 | 79.7 | 209.7 | 203 0 | 125.8 | 246.4 | 124.0 |
| Та | 1,2 | 0,6 | 1,2 | <0,1 | 0,9 | 1,2 | 0,4 | 1,2 | 0,0 |
| Th | 11,8 | 11,5 | 9,2 | 18,0 | 12,2 | 11,1 | 9,0 | <0,1 | 3,9 |
| TI | b. d. | 0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 0,1 | <0,1 | 0,1 | 0,1 |
| U | 6,7 | 3,7 | 4,3 | 11,6 | 6,3 | 6,1 | 5,4 | 0,7 | 3,9 |
| V | 10 | 68 | <5 | 93 | 66 | /5 | 43 | 40 | 26 |
| Y | 37.3 | 29.5 | 413 | 51.4 | < I 31.1 | 30.0 | 26.5 | 21.4 | 2,0 |
| Zn | 92 | 59 | 15 | 48 | 72 | 41 | 107 | 44 259 | 74 410 |
| Zr | 166,0 | 229,9 | 428,2 | 179,5 | 361,4 | 518,0 | 189,3 | 46,1 | 52,9 |
| la | 36.3 | 44.1 | 27.8 | 66.0 | 39.5 | 34.4 | 40.8 | 1.1 | 26.1 |
| Ce | 69,8 | 91,6 | 57,8 | 130,6 | 72,0 | 67,8 | 68,9 | 4,1 | 40,8 |
| Pr | 8,12 | 8,84 | 6,79 | 15,24 | 8,29 | 7,67 | 8,12 | 0,49 | 5,63 |
| Nd | 33,7 | 34,9 | 28,8 | 66,1 | 35,8 | 29,9 | 34,1 | 3,3 | 25,4 |
| Sm | 6,3 | 6,7 | 5,4 | 12,4 | 6,1 | 5,5 | 5,9 | 1,7 | 4,0 |
| Eu | 0,93 | 1,47 | 1,12 | 2,61 | 1,17 | 0,97 | 0,99 | 0,63 | 0,94 |
| Th | 0.85 | 0.94 | 0,33 | 10,10 | 5,21 0.84 | 0.85 | 4,67 | 2,70 | 3,50 |
| Dy | 5,77 | 5,07 | 5,90 | 8,56 | 4,72 | 4,79 | 4,12 | 2,88 | 2,82 |
| Ho | 1,23 | 0,93 | 1,25 | 1,59 | 0,96 | 1,02 | 0,8 | 0,57 | 0,51 |
| Er | 3,59 | 2,60 | 3,88 | 4,34 | 2,74 | 3,14 | 2,20 | 1,47 | 1,41 |
| Tm | 0,55 | 0,38 | 0,63 | 0,6 | 0,39 | 0,5 | 0,32 | 0,19 | 0,19 |
| Yb | 3,34 | 2,23 | 4,24 | 3,94 | 2,97 | 3,21 | 2,14 | 1,19 | 1,13 |
| LU summa PEE | 0,59 | 0,32 | 0,64 | 0,56 | 0,48 | 0,56 | 0,32 | 0,14 | 0,15 |
| (La + Ce)/ | 170,08 | 200,43 | 100,02 | JZ4,J I | 101,17 | 100,30 | 174,11 | 21,04 | 113,16 |
| (Yb + Lu | 27,00 | 53,21 | 17,54 | 43,69 | 32,31 | 27,11 | 44,59 | 3,91 | 52,26 |

6.2. Vápenatosilikátové horniny

- Diopsidové až amfibolicko-diopsidové horniny (diopsidové ruly a reakční skarny) a) mají šedozelenou barvu, místy až skvrnitý vzhled, všesměrnou až páskovanou texturu a deskovitou odlučnost. Vyskytují se na kontaktech mramoru s rulami a migmatity nebo v okolních rulách a jejich maximální mocnost nepřevyšuje několik dm. Zčásti jde o produkty izochemické metamorfózy protolitu vhodného složení, zčásti o bimetasomatické reakční skarny se zónou bohatou amfibolem na straně metapelitu. Ve výbrusech mají granoblastickou strukturu, v zónách bohatších amfibolem až nematogranoblastickou. Xenomorfní zrna nazelenalého diopsidu velikosti ~ 0,5-1 mm srůstají s křemenem, s draselným živcem, který lokálně převládá nad plagioklasy (albit-oligoklas). V základní matrix se vyskytují i o něco větší hypautomorfní zrna klinozoisitu a 3-5 mm velké poikiloblasty amfibolu s hojnými inkluzemi titanitu, relativně vzácný je kalcit. Hnědě pleochroický biotit bývá zčásti zatlačovaný amfibolem. Převládajícím akcesorickým minerálem je apatit, který často srůstá s hojným titanitem. Vzácnější je zirkon, ojedinělý je turmalín-uvit. Ke zřetelně mladším minerálům patří část klinozoisitu, jehož zonální stébelnaté krystaly vyplňují úzké trhliny společně se vzácnějším prehnitem, dále aktinolitický amfibol, Fe-chlorit a část kalcitu. V porovnání s jinými studovanými vápenatosilikátovými horninami jsou tyto horniny relativně bohatší Mn (≤ 2500 ppm), Sr (≤ 400 ppm), lokálně Ba (≤ 2000 ppm), a naopak chudé As (\leq 18 ppm) a Sn (0,X-X ppm).
- Diopsidové až grossular-diopsidové rohovce, skarnoidy a skarny jsou jemnozrnné až b) středně zrnité a mají masivní až páskovanou texturu. Tvoří v mramorech nesouvislé polohy a oblé budiny až 1,5 m mocné. Jde často o detailně provrásněné horniny, někdy s patrnou křehkou deformací granátických partií (granátické partie mohou tvořit i rotované budiny v okolní diopsidové hornině), často lokálně proniknuté pegmatoidy nebo menšími hrubozrnnými hnízdy šedého draselného živce. Ve výbrusech mají tyto horniny výrazně heteroblastickou, granoblastickou strukturu. Rovněž distribuce jednotlivých minerálů je značně nepravidelná a také modální složení silně kolísá. Ke starším minerálům matrix patří asi 0,5 mm velká zrna diopsidu, xenomorfní až automorfní grossular, kalcit (snad 2-3 generace, v CL jsou zrna oranžová v různých odstínech), plagioklas a patrně i křemen, k mladším náleží wollastonit, někdy zatlačovaný vesuvianem, ortoklas, dále klinozoisit a ojedinělý datolit (Jedlová). Z akcesorických minerálů se vyskytuje apatit, titanit, zirkon, lokálně i malayait, ferroaxinit, löllingit, chalkopyrit a arzenopyrit. V některých případech se objevuje větší množství nazelenalého kalcitu, někdy i wollastonit a křemen (Strachujov). Z geochemického hlediska jde o značně nehomogenní horniny, lokálně bohaté Sn (\leq 77 ppm), Zr (\leq 428 ppm), Ba (\leq 770 ppm) a B (ferroaxinit, datolit). Samostatnou varietou těchto hornin jsou zelené masivní diopsidové rohovce, s minerální asociací Di + Kfs + Czo ± Pl ± Grs a se vzácným ferroaxinitem. Opačným extrémním případem je páskovaná wollastonit-křemen-kalcitová hornina s K-živcem z Heršinky (tab. 3, anal. 3).
- c) <u>Vesuvian-wollastonitové skarny</u> jsou drobně až hrubě zrnité, hnědozelené barvy, s bílým wollastonitem a modrým kalcitem. Jsou to typické horniny oblasti nedvědic-kých mramorů. Tvoří v mramorech podřízené, maximálně jen 10 cm mocné polohy až protáhlé budiny decimetrových rozměrů, lokálně s výrazným lineárním uspořádáním wollastonitu. V některých případech mají až brekciovitou texturu, v níž jsou křehce deformované vesuvianové skarny v jádrech zprohýbaných wollastonitových agregátů uložené v modrém rekrystalovaném kalcitu. Ve výbrusech mají tyto skarny heteroblastickou fibogranoblastickou až granoblastickou strukturu. Vesuvian, tvořící až 1 cm velká xenomorfní až hypautomorfní zrna, je přítomen ve více generacích, částečně v texturní rovnováze s wollastonitem. Jde často o zřetelně mladší minerál vzniklý na úkor staršího drobněji zrnitého grossularu a diopsidu. V asociaci Wo + Ves

však modální zastoupení obou minerálů často kolísá, i když typy s Wo > Ves převládají. Z dalších minerálů je častý grossular, který tvoří někdy i větší xenomorfně omezená zrna (< 1 cm). Vzácně se uplatnil i draselný živec s inkluzemi albitu a klinozoisit. Typickou akcesorií je vedle apatitu zejména zirkon, který je v některých typech relativně hojný. Zřetelně mladším minerálem je pektolit, vyplňující úzké trhliny. Hornina se vyznačuje kolísajícím chemickým složením, s lokálně vysokým obsahem Na (\leq 4,2 hm. % Na₂O), As (\leq 120 ppm), Sr (\leq 356 ppm), Zr (\leq 520 ppm) a Sn (\leq 200 ppm).

d) <u>Granát-pyroxenické Fe-Sn-Zn skarny</u> jsou středně zrnité, červenohnědé až tmavozelené, s masivní až páskovanou texturou. Místy obsahují šmouhy černého sfaleritu a hnízda šedobílého hrubozrnného kalcitu. Tvoří budinovanou polohu o rozměrech asi 0,7×3 m v bílém mramoru ve východní stěně Obecního lomu (lok. č. 11), na dalších místech jsou jen výjimečné (lok. č. 16). Ve výbrusech mají skarny heteroblastickou granoblastickou strukturu. Převládají v nich xenomorfní zrna železnatého diopsidu a granátu velikosti okolo 1 mm, větší xenomorfní a rozlámaná zrna tvoří vesuvian. Typickou akcesorií je zirkon, někdy v makroskopicky patrných krystalech, a místy i fluorit. Z rudních minerálů dominují v intergranulárách silikátů a kalcitu nepravidelné impregnace sfaleritu. Akcesoricky je přítomen malayait, chalkopyrit, ryzí Bi a výjimečně i galenit. Tyto skarny jsou relativně bohaté Fe (≤ 10 wt.%), Bi (< 1213 ppm), Sn (< 3432 ppm), příp. Zn (≤ 77 410 ppm), naopak chudé Mn (≤ 0,11 hm. % MnO).</p>

7. Mineralogie

V nedvědických mramorech, a hlavně v s nimi sdružených vápenatosilikátových horninách, bylo zjištěno okolo 80 minerálů. Z nich je jen asi 25 hojnějších a podrobněji prostudovaných, další se vyskytují jen ojediněle a hlavně velmi nepravidelně, často pouze v submikroskopických rozměrech. Byly identifikovány elektronovou mikrosondou a v ně-

Tabulka 5. Přehled minerálů nedvědických mramorů a vápenatosilikátových hornin. Table 5. Review of minerals from Nedvědice marbles nad calcsilicate rocks.

r. 1825-1925¹) (KUČERA 1923)

arzenopyrit, azurit, bismut, diopsid, dolomit, flogopit, fluorit, hessonit²⁾, chalcedon, chalkopyrit, chlorit, löllingit, malachit, opál, ortoklas, prehnit, pyrit, *skorodit*, titanit, vesuvian, wollastonit.

r. 1926-1953 (SEKANINA 1946, BURKART 1953) aktinolit, *allanit*, amfibol, axinit³⁾, biotit⁴⁾, galenit, grafit, klinozoisit, křemen, palygorskit, pyrhotin, sfalerit, tremolit, turmalín⁵⁾, zoisit.

r. 1954-1986 (KRUŤA 1966, 1980, 1982, NĚMEC 1968a, 1979) andezín, apatit⁶⁾, *hemimorfit*, kassiterit, oligoklas, sádrovec, *skapolit*, tetraedrit, zirkon.

r. 1987-2005 (tato práce)

albit, andradit, ankerit, *arzeniosiderit*, aurichalcit, *Bi-teluridy*, bismutit, *bismit*, Cd-kalcit, Co, Ni-löllingit, datolit, epidot, ferropargasit, hedenbergit, hyalofán, hematit, magneziohornblend, malayait, markazit, mastek, *melanterit*, molybdenit, muskovit (fengit), nontronit, pargasit, pektolit, rutil, sepiolit, Sn-andradit, stokesit, *zincrosasit, zincsilit*.

¹⁾ roky objevu – years of discovery, ²⁾ grossular – grossular ³⁾ ferroaxinit – ferroaxinite, ⁴⁾ Fe-flogopit – Fe-phlogopite, ⁵⁾ uvit a dravit – uvite and dravite, ⁶⁾ fluorapatit – fluorapatite. Nedostatečně určené minerály jsou vy-značeny kurzívou – Insufficiently determined minerals are given by italics.

kterých případech nemohly být dosud potvrzeny jinými metodami (viz diskuse níže). Známé druhy minerálů, příp. jejich variety, jsou uvedeny v tabulce 5, která také zohledňuje historii jejich objevování. Z chemického hlediska náležejí hlavní minerály především systémům CAS($-H_2O-F$) a KCMAS($-H_2O-F$), lokálně s uplatněním Fe, Na, Ti, B, Zr, Sn, S a popř. dalších elementů.

V následujícím textu jsou minerály a jejich variety řazeny podle četnosti zastoupení a s přihlédnutím k mineralogickému systému.

7.1. Podstatné minerály

Kalcit

CaCO₃

Kalcit představuje hlavní minerál nedvědických mramorů, v nichž tvoří drobná zrna. Ve výbrusech jsou bezbarvá, vyznačují se charakteristickými dvojčatnými lamelami a vytvářejí typickou heteroblastickou granoblastickou strukturu mramoru. Na základě barvy, chemického složení a s využitím katodové luminiscence lze ve studovaných mramorech rozlišit několik typů kalcitu:

(a) Bezbarvý, bílý a nažloutlý kalcit

V mramorech převládá bílý a bezbarvý kalcit velikosti zrn většinou < 2 mm. Maximální velikost ojedinělých velkých zrn je několik cm². Mikroskopické odmíšeniny Mg-kalcitu jsou společně s dolomitem součástí větších kalcitových zrn v dolomit-kalcitických mramorech v okolí Víru. Krystaly kalcitu jsou na studovaných lokalitách velmi vzácné. Jen zcela výjimečně byly nalezeny u Nedvědice jeho ploché krystaly ("papírovitý kalcit"). Drúzy krystalů [0112] nažloutlého kalcitu jsou uváděny z Kozlova. Bezbarvé drobné krystaly kalcitu, na které narůstá palygorskit, jsou známy také z Víru (BURKART 1953).

(b) Modrý kalcit

Bezesporu nejzajímavějším a specifickým nedvědickým kalcitem je jeho blankytně modrá odrůda. Je součástí některých typů mramorů, v nichž je v asociaci s vesuvianem, příp. wollastonitem. Sytost modrého zbarvení kalcitu roste obvykle s velikostí zrna – od jemnozrnného průsvitného zelenavě modrého až světle modrého kalcitu, přes středně zrnitý, blankytně modrý kalcit k hrubozrnnému tmavěji modrému kalcitu. Modré kalcitické mramory byly dosud zjištěny na 16 lokalitách, namodralý mramor je znám i z izolovaného výskytu u Strachujova a na Klucanině u Tišnova.

Příčina modrého zbarvení nedvědického kalcitu není dosud exaktně prokázána. Patrně jde o vliv ionizujícího záření na kalcit, který je střižně deformovaný v prostředí bohatém H₂O (CALDERON *et al.* 1984). Grossular-diopsidové skarny, při jejichž rekrystalizací při duktilní deformaci v prostředí H₂O-HF bohatých fluid asociace s modrým kalcitem vznikly, mají slabě zvýšený obsah U (6-12 ppm) a Th (max. 18 ppm). Určitý vliv mohl také mít radioaktivní izotop ⁴⁰K, protože tyto horniny obsahují až 1 hm. % K₂O a ortoklas je také typickou akcesorií modrých mramorů.

Méně pravděpodobný je vznik modrého zbarvení v důsledku $CaCu_{.1}$ substituce doprovázené slabou deformací mřížky v důsledku odlišných efektivních iontových poloměrů Ca^{2+} a Cu^{2+} (GUSE 1982). Maximální zjištěný obsah Cu v modrém mramoru bez patrných sulfidů (lok. č. 13) je 24 ppm. Proti běžné sedimentární karbonátové hornině (4 ppm) je sice zvýšený (srovnej VEIZER 1983), avšak jak vyplývá z tabulky 6, mezi obsahem Cu a barvou kalcitu nebyla zjištěna pozitivní korelace; modré kalcity však mají výrazně zvýšený obsah Sr \leq 672 ppm (tab. 6).

Modré kalcity v mramorech jsou vzácné i ve světovém měřítku. Jsou známy např. z Crestmore (Kalifornie, USA), ze Sludjanky (Bajkal, Rusko), z Ciclova (Rumunsko), z Predazza (Itálie) nebo z Madagaskaru. U nás byly zjištěny jen výjimečně na skarnovém ložisku v Přísečnici v Krušných horách (ústní sdělení V. Šreina) a např. na lokalitě Písek-Kamenné

| | vzorek a barva | asociace | | | ppm | | |
|----|-----------------------|----------------|-----|------|------|-------|-------|
| | sample and colour | assemblage | Cu | Pb | Zn | Mn | Sr |
| 1 | bílá, white | Cal + Phl | 1,2 | 65,8 | 10,0 | 90,0 | 76,0 |
| 2 | bílá, white | Cal + Phl | 1,0 | 66,8 | 8,6 | 33,2 | 75,2 |
| 3 | bílá, white | Cal + Phl | 0,8 | 68,6 | 10,8 | 52,4 | 64,2 |
| 4 | bílá, white | Cal + Grs + Di | 1,5 | 69,0 | 18,4 | 130,0 | 326,0 |
| 5 | zelenavý, greenish | Cal + Di + Czo | 1,6 | 68,0 | 15,4 | 160,0 | 449,0 |
| 6 | modrý, blue | Cal + Wo + Ves | 8,4 | 65,2 | 15,2 | 42,6 | 636,0 |
| 7 | modrý, blue | Cal + Wo + Ves | 0,8 | 66,2 | 13,4 | 45,4 | 672,0 |
| 8 | modrý, blue | Cal + Wo + Ves | 0,6 | 49,5 | 15,0 | 48,0 | 522,0 |
| 9 | tmavě modrý,deep blue | Cal + Wo + Ves | 1,0 | 73,8 | 10,2 | 50,6 | 538,0 |
| 10 | modrý, blue | Cal + Ves | 0,6 | 62,8 | 11,4 | 64,6 | 388,0 |
| 11 | modrý, blue | Cal + Pct | 1,0 | 62,2 | 18,6 | 65,0 | 294,0 |

 Tabulka 6. Obsah vybraných stopových prvků v kalcitech nedvědických mramorů.

 Table. 6. Content of selected elements in calcite from the Nedvědice marbles.

1-4 lokalita č. 11 – locality No. 11, 5-11 = lokalita č. 13 – locality No. 13.

Doly v jihočeském moldanubiku, kde je světle modrý kalcit součástí mramorů, tvořících xenolity v durbachitech se zvýšeným obsahem U, Th a K (nepublikované údaje autorů).

(c) Růžový až červený kalcit

Další barevnou varietou kalcitu v nedvědických mramorech je také lososově růžový až malinově červený Fe-kalcit. Tvoří matrix relativně čistých mramorů o mocnosti 0,5–1 cm, střídajících se s tenkými vložkami nažloutlých a hnědavých slídnatých mramorů až kalcitických svorů a uložených v poloze běžných šedobílých mramorů (lok. č. 24). Přes místy relativně vysoký podíl Mn (~ 0,16 hm. % MnO) nejeví luminiscenci v UV-záření, což je důsledek vysokého obsahu Fe (~ 0,65 hm. % FeO). Odlišuje se tím od Mn-kalcitu, který je

Tabulka 7. Reprezentativní chemické analýzy kalcitu.

1-2 = bílý, z mramoru s wollastonitem; 3-4 = bílý, z flogopitového mramoru; 5 = bílý z diopsidické ruly s klinozoisitem; 6-7 = červený kalcit, 8 = bílý, mladší z Fe-Sn-Zn skarnu.
 Table 7. Representative chemical analyses of calcite.

1-2 = white, wollastonite marble; 3-4 = white, phlogopite marble; 5 = white, clinozoisite-bearing diopside gneiss; 6-7 = red calcite, 8 = white, younger calcite from Fe-Sn-Zn skarn.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--------------------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|
| lok. č. – Loc. No: | 11 | 13 | 39 | 37 | 7 | 24 | 24 | 11 |
| CaO | 56,12 | 55,82 | 55,43 | 55,57 | 55,00 | 54,26 | 54,41 | 45,62 |
| MgO | 0,03 | 0,04 | 0,41 | 0,38 | 0,06 | 0,65 | 0,52 | b. d. |
| FeO | 0,01 | 0,06 | 0,16 | b. d. | 0,14 | 0,67 | 0,62 | b. d. |
| MnO | 0,01 | 0,05 | 0,02 | 0,05 | 0,39 | 0,16 | 0,08 | b. d. |
| SrO | 0,07 | 0,05 | 0,13 | 0,05 | 0,05 | 0,03 | b,d | b. d. |
| BaO | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. | 0,02 | b. d. |
| CdO | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. | 14,37 |
| CO ₂ * | 44,12 | 43,94 | 44,11 | 44,08 | 43,58 | 43,81 | 43,70 | 40,73 |
| Celkem | 100,36 | 99,96 | 100,26 | 100,13 | 99,22 | 99,58 | 99,35 | 100,72 |
| | | | | 30 | | | | |
| Ca ²⁺ | 0,998 | 0,997 | 0,986 | 0,989 | 0,990 | 0,972 | 0,977 | 0,879 |
| Mg ²⁺ | 0,001 | 0,001 | 0,010 | 0,009 | 0,002 | 0,016 | 0,013 | 0 |
| Fe ²⁺ | 0 | 0,001 | 0,002 | 0 | 0,002 | 0,009 | 0,009 | 0 |
| Mn ²⁺ | 0 | 0,001 | 0 | 0,001 | 0,006 | 0,002 | 0,001 | 0 |
| Sr ²⁺ | 0,001 | 0 | 0,001 | 0 | 0 | 0,001 | 0 | 0 |
| Ba ²⁺ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,001 | 0 |
| Cd ²⁺ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,121 |
| C ⁴⁺ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Catsum | 2,000 | 2,000 | 1,999 | 1,999 | 2,000 | 2,000 | 2,001 | 2,000 |

* vypočteno ze stechiometrie

* Calculated from stoichiometry

součástí některých mramorů poličského krystalinika s patrnou červenou luminiscencí v UV-záření (Novák *et al.* 1997).

(d) Cd-kalcit

Mikrosondou byl v kalcitu Fe-Sn-Zn skarnu z Obecního lomu zrudněného sfaleritem, obsahujícím asi 1 hm.% Cd (tab. 22), ojediněle zjištěn i kalcit, který obsahuje 12 % otavitové komponenty (tab. 7, obr. 10). V zóně zvětrávání skarnů zatlačuje tento Cd-kalcit podél štěpných trhlin zrna staršího kalcitu.

(e) kalcity zbarvené příměsí dalších minerálů

Nazelenalý kalcit s mikroskopickými inkluzemi diopsidu a klinozoisitu je především součástí granát-pyroxenických skarnů nebo tvoří samostatné tenké polohy na okrajích modrých mramorů. Šedý kalcit, poměrně častý v některých typech mramorů i skarnoidů, obsahuje mikroskopické in-



- Obr. 10. Cd-kalcit (šedobílý) proniká společně se sekundárními Cu minerály (bílé) podél trhlin kalcitu (tmavěji šedý) v Fe-Sn-Zn skarnu (odražené elektrony).
- Fig. 10. Cd-bearing calcite (greyish-white) with secondary Cu-minerals penetrates of calcite (dark grey) along cleavelage in Fe-Sn-Zn skarn (BSE).

kluze grafitu. Jen místy se vyskytuje načervenalý, *fialově červený a světle hnědý kalcit* zbarvený jemně dispergovaným pigmentem Fe-oxidů, převážně hematitem. Hojnější je na severnějších lokalitách u Kozlova (např. lok. č. 31), kde tvoří zrnité agregáty a často doprovází žíly fialového fluoritu. Ojedinělý je i u Ujčova a Nedvědice.

Charakteristická je změna izotopického složení kalcitu z různých minerálních asociací (tab. 8). Izotopické složení C (‰ PDB) a O (‰ SMOW) kalcitu kolísá od kalcitu běžného drobnozrnného bílého mramoru (δ^{13} C = -1,0; δ^{18} O = 22,4) po modrý kalcit v asociaci s vesuvianem a wollastonitem (δ^{13} C = -5,2; δ^{18} O = 12,8), resp. po nazelenalý kalcit (δ^{13} C = -7,0; δ^{18} O = 13,6) z obdobné asociace bohaté grossularem. Zatímco bílý kalcit (součást běžného mramoru) odpovídá svým složením sedimentárním karbonátům, zřejmé je izotopické zlehčení uhlíku a kyslíku modře zbarveného kalcitu, jehož krystalizace probíhala za výrazného přínosu fluid bohatých H₂O, příp. F z okolních hornin.

Tabulka 8. Složení izotopů O a C v kalcitu.

1-2 = lokalita č. 11; 3-8 = lokalita č. 13.Table 8. Isotopic composition of oxygen and carbon in calcite. 1-2 = locality No. 11; 3-8 = locality No. 13.

| vzorek sample | δ^{18} O (SMOW) | δ ¹³ C (PDB) | barva kalcitu a minerální asociace calcite colour and mineral assemblage |
|------------------|------------------------|-------------------------|---|
| 1. Ne-5 | 22,4 | -1,0 | bílý – white (Cal + Phl + Tr) |
| 2. Nd-2 | 21,5 | 2,5 | bílý hrubozrnný – white, coarse-grained (Cal + Phl) |
| 3. Ned-1 | 13,1 | -1,8 | šedý – gray (Cal + Grs + Di + Gr) |
| 4. Ned-22 | 11,6 | -4,4 | šedý – gray (Cal + Grs + Kfs + Ves + Gr) |
| 5. Ned A3 | 13,6 | -7,0 | nazelenalý – greenish (Cal + Di + Crs) |
| 6. Ne-4 | 13,2 | -1,9 | modrý – blue (Cal + Wo + Ves + Grs + Di) |
| 7. Ned-6 | 12,8 | -5,1 | modrý – blue (Cal + Wo + Ves) |
| 8. Nd-1 | 12,8 | -5,2 | modrý hrubozrnný – blue coarse-grained (Cal + Wo + Ves) |

Vesuvian $Ca_{19}(Al, Mg, Fe)_{13}Si_{18}O_{68}(OH, F, O)_{10}$

Vesuvian představuje vedle modrého kalcitu *nejtypičtější* minerál nedvědických mramorů. Tvoří zrna, zrnité agregáty a výjimečně i krystaly sloupečkovitého habitu, omezené podle JAROŠE (1932) převážně plochami (100), (110), (001) a (111), přičemž dominují prizmata a báze. Ve výbrusech je převážně bezbarvý, světle hnědý až nazelenalý, ojediněle s anomálními interferenčními barvami.

Na základě morfologie, barvy, chemického složení a minerální asociace lze rozlišit 7 typů vesuvianu:

- (A) žlutá zrna velikosti pod 1 mm, výjimečně až 1 cm velké žlutozelené krystaly, zarůstající do wollastonitu v namodralém mramoru. Tento vesuvian má vyšší poměr Mg/Fe, je bohatý Ti (0,5-1.6 apfu), obsah F kolísá od 0,7-2,4 apfu. V minerální asociaci dominuje wollastonit a kalcit, vesuvian je jen akcesorický.
- (B) zelenohnědý, masivní hrubozrnný vesuvian v asociaci Ves + Wo a s modrým kalcitem zatlačuje granát-diopsidové skarny. Obsah Ti se pohybuje od 0,6 do 1,1 apfu, podíl F je většinou vysoký (1,7-2,8 apfu). Součástí tohoto typu jsou výjimečně též zrna (relikty?) oscilačně zonálního vesuvianu (lok. č. 13), v němž některé zóny jsou anomálně bohaté Ti ≤ 5,3 hm. % při obsahu F 1,4-1,6 apfu a Ti > Mg > Fe (obr. 11).
- (C) světle hnědá až hnědozelená zrna až nedokonalé krystaly velikosti < 10 mm jsou vyvinuty v diopsidových rohovcích na okrajích dutin a trhlin vyplněných hrubozrnným bílým kalcitem (± Grs ± Czo ± Axn). Jsou bohaté F (1,8-3,9 apfu) a chudé Ti (~ 0,3 apfu).
- (D) tmavohnědé, hnědé až zelenavě hnědé zrnité agregáty a sloupečky vesuvianu až okolo 2 cm velké se vyskytují s ortoklasem ve skarnoidech v asociaci Kfs + Grs + Ves + Di ± Cal. Někdy je vesuvian součástí samostatné zóny s asociací Ves + Kfs + Di buď na styku žilek pegmatoidů s diopsid-granátickými skarny (obr. 12) nebo tvoří krystaly v těchto žilkách. Tmavohnědé krystaly tohoto vesuvianu se vyznačují vyšším poměrem Fe³⁺/Fe²⁺ a ve srovnání s běžnými vesuviany z mramorů a skarnů jsou bohaté Ti (≤ 1,1-1,8 apfu, FILIP *et al.* 2005), při středním obsahu F (1,3-1,6 apfu).
- (E) tmavě hnědá velká zrna a čočkovité deformované agregáty vesuvianu velikosti až 5 cm zarůstají do středně zrnitého mramoru v asociaci s ortoklasem a albitem. Jde o relativně železnatý vesuvian s poměrem Fe/Mg ~ 1, obsahem Ti 1,1-1,3 apfu a lokálně vysokým obsahem F (≤ 2,9 apfu). Součástí agregátů je někdy světle hnědý mladší vesuvian v nedokonalých krystalech. V přilehlém mramoru se místy vyskytuje i wollastonit doprovázený jemnozrnným nazelenalým a namodralým kalcitem.



Obr. 11. Oscilačně zonální vesuvian z vesuvianového mramoru.

Fig. 11. Oscillatory zoned vesuvianite from vesuvianite skarn.



Obr. 12. Vesuvian v zóně Ves + Kfs + Di na styku diopsid-grossularového skarnoidu s pegmatoidní žilkou.

Fig. 12. Vesuvianite in Ves + Kfs + Di zone between diopside-grossular skarnoid and pegmatoid veins.



Obr. 13. Ternární diagram zastoupení Mg-Fe-Ti ve vesuvianech nedvědických mramorů. Fig. 13. Ternary Mg-Fe-Ti diagram of vesuvianites of the Nedvědice marbles.

- (F) hnědé a tmavozelené sloupečky vesuvianu velikosti 2-5 mm, místy až zrnité agregáty, jsou hojné v silikáty bohatém diopsidovém mramoru v rovnovážné asociaci Cal + Di + Ves + Grs. Jde o vzácnější typ vesuvianu, vyskytujících se v nedvědických mramorech. Má nižší obsah Ti (~ 1 apfu) i F (1,0-2,1 apfu, v Ujčově výjimečně až 3,2 apfu), místy i nepatrný obsah Sn (< 0,1 apfu).</p>
- (G) zelenohnědý a zelený hrubozrnný vesuvian s grossularem-andraditem, Fe-diopsidem, lokálně i s fluoritem a křemenem, je podstatnou součástí zrudněných Fe-Sn-Zn skarnů (lok. č. 11). Je bohatý Fe (1,3-2,7 apfu) a zároveň F (1,5-3,9 apfu) a má relativně nízký podíl Ti (0,1-0,6 apfu).

Vesuvian je minerál s krystalochemickým vzorcem X₁₉Y₁₃T₀₋₅Si₁₈O₆₈(OH, F, O)₁₀. V jeho chemickém složení se uplatňují složité homovalentní i heterovalentní substituce (HOISCH 1985, GROAT et al. 1992). V nedvědických vesuvianech se uplatňuje v pozici X především Ca a nepatrně Na (< 0,050, max. 0,500 apfu), v pozici Y převažuje Al³⁺, z dalších kationtů pak Mg^{2+} , Ti⁴⁺, Fe²⁺ a Fe³⁺. Velmi nízký je podíl Mn²⁺ (0,01–0,07 apfu, ojediněle u Ujčova a Strachujova až 0,09 apfu). Vedle Al převážně dominuje Mg nad Fe, což vyplývá ze substituce $Mg^{2+} \ge Fe^{2+}$ (HOUZAR et al. 1997). Častý je tedy Al-Mg-Ti typ vesuvianu; obsah Ti je často vyšší než obsah Fe, jen ojediněle převládá Ti i nad Mg (obr. 13, tab. 9). V některých typech je obsah TiO₂ vysoký (Ti > 1 apfu) a odpovídá spíše postmagmatickým vesuvianům alterovaných alkalických svenitů, zatímco ve vesuvianech skarnů je takový obsah ojedinělý (srovnej FITZGERALD et al. 1992, GROAT et al. 1992, HOUZAR et al. 2003). Zdroj Ti není jasný, neboť mramory, diopsidové ruly a granát-diopsidové rohovce až skarnoidy oblasti nedvědických mramorů jsou většinou relativně chudé Ti. Vesuvian je místy také bohatý F (\sim 4 apfu), čímž se přibližuje novému minerálu fluorvesuvianu (s F > 5 apfu). Nejvíce F je obsaženo ve vesuvianu v asociaci s fluoritem z relativně Fe-bohaté asociace Fe-Sn-Zn skarnu v Obecním lomu u Nedvědice. Součástí některých vesuvianů je i Sn v množství řádově 0,0X apfu (výjimečně až 1 hm. % SnO₂), nízký obsah Cr (běžně pod mezí detekce až 0,04 apfu, ojediněle 0,05-0,07 apfu) a Cl (~ 0,1-0,2 apfu). Valence Fe byla studována jen u hnědého vesuvianu typu (D), v němž Fe³⁺ > Fe²⁺ (FILIP et al. 2005). Obsah B³⁺ nebyl u žádného z nedvědických vesuvianů dosud analyticky stanoven. SEKANINOU (1928) studovaný vesuvian je však opticky negativní, což svědčí pro minimální obsah B.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|---|--|---|--|--|---|---|---|--|--|---|
| sio | A 37.08 | 36.46 | A 36.41 | 37 30 | 36.87 | 36.86 | 26.01 | 37.20 | 37 13 | 26.81 | 37.23 |
| 3iO₂ TiO | 4 21 | 2 00 | 3 15 | 0.82 | 5 25 | 2.53 | 1 61 | 0.67 | 0.73 | 3.08 | 3.38 |
| AL O | 15.42 | 16.37 | 16.76 | 16.26 | 14.88 | 15.91 | 17.09 | 17.23 | 17.41 | 17.10 | 16.43 |
| Cr.O. | 0.03 | b. d. | 0.01 | b. d. | b. d. | 0.04 | 0.01 | 0.04 | b. d. | b. d. | 0.03 |
| FeO | 1,73 | 2,25 | 1,59 | 3,01 | 1,99 | 3,04 | 3,08 | 2,73 | 2,73 | 2,44 | 2,05 |
| MnO | b. d. | 0,02 | 0,04 | 0,05 | 0,01 | 0,16 | 0,13 | 0,11 | 0,10 | 0,01 | 0,10 |
| MgO | 2,54 | 2,88 | 1,88 | 2,66 | 2,23 | 1,79 | 1,92 | 2,41 | 2,27 | 1,77 | 2,08 |
| CaO No O | 35,70 | 36,18 | 35,31 | 36,73 | 35,84 | 35,08 | 35,79 | 35,63 | 36,18 | 36,88 | 35,34 |
| | 0,10 | 0,09 | 0,33 | 0,07 | 0,10 | 0,29 | 0,20 | 0,10 | 1.06 | 0,30 | 0,33 |
| F | 0.46 | 0.99 | 0.68 | 1.31 | 0.84 | 2,47 | 2,50 | 2,29 | 2.39 | 2,03 | 0.63 |
| O=F | -0,19 | -0,42 | -0,29 | -0,55 | -0,35 | -0,49 | -0,69 | -0,70 | -1,01 | -0,44 | -0,27 |
| Celkem | 100,05 | 99,44 | 98,60 | 100,16 | 100,41 | 98,85 | 100,05 | 99,52 | 100,06 | 101,75 | 100,11 |
| Si ⁴⁺ | 18,134 | 17,805 | 17,993 | 18,088 | 18,055 | 18,240 | 17,975 | 18,175 | 18,017 | 17,653 | 18,150 |
| Ti ⁴⁺ | 1,548 | 0,734 | 1,171 | 0,299 | 1,933 | 0,942 | 0,590 | 0,246 | 0,266 | 1,111 | 1,239 |
| Al ³⁺ | 8,888 | 9,422 | 9,761 | 9,293 | 8,588 | 9,279 | 9,809 | 9,897 | 9,956 | 9,665 | 9,440 |
| Cr ³⁺ | 0,012 | 0 | 0,004 | 0 | 0 | 0,016 | 0,004 | 0,015 | 0 | 0 | 0,012 |
| Fe ²⁺ | 0,708 | 0,919 | 0,657 | 1,221 | 0,815 | 1,258 | 1,254 | 1,113 | 1,108 | 0,979 | 0,836 |
| Mn ²⁺ | 0 | 0,008 | 0,017 | 0,021 | 0,004 | 0,067 | 0,054 | 0,045 | 0,041 | 0,004 | 0,041 |
| Mg ²⁺ | 1,852 | 2,097 | 1,385 | 1,923 | 1,628 | 1,321 | 1,394 | 1,751 | 1,642 | 1,265 | 1,512 |
| Ca ²⁺ | 18,707 | 18,93 | 18,696 | 19,084 | 18,804 | 18,599 | 18,675 | 18,606 | 18,810 | 18,95 | 18,459 |
| Na⁺ | 0,152 | 0,085 | 0,316 | 0,066 | 0,171 | 0,278 | 0,245 | 0,151 | 0,160 | 0,353 | 0,312 |
| H⁺ | 9,181 | 8,446 | 8,920 | 7,991 | 8,699 | 8,169 | 7,474 | 7,441 | 6,332 | 8,423 | 9,029 |
| F | 0,712 | 1,529 | 1,063 | 2,009 | 1,301 | 1,831 | 2,526 | 2,559 | 3,668 | 1,577 | 0,971 |
| 0- | 78,237 | 76,654 | 77,809 | 75,991 | 77,896 | 76,859 | 75,823 | /5,/42 | /4,514 | 76,852 | 77,987 |
| | | | | | | | | | | | |
| tun tuno | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 E | 19 G | 20 G | 21 | 22 |
| typ – type | 12 E 36.71 | 13 E 36.00 | 14 E 37.00 | 15 F 36.64 | 16 F | 17 F 37.00 | 18 F | 19 G | 20 G | 21 G | 22 G |
| typ – type SiO, TiO, | 12 E 36,71 3.57 | 13 E 36,00 2,76 | 14 E 37,00 0.07 | 15 F 36,64 1,32 | 16 F 36,56 2,84 | 17 F 37,00 2,80 | 18 F 36,95 1.89 | 19 G 36,35 0.06 | 20 G 36,92 0,92 | 21 G 36,84 0.44 | 22 G 37,32 0,26 |
| typ – type SiO, TiO ₂ Al ₂ O ₂ | 12 E 36,71 3,57 16,76 | 13 E 36,00 2,76 14,96 | 14 E 37,00 0,07 17,90 | 15 F 36,64 1,32 16,93 | 16 F 36,56 2,84 16,74 | 17 F 37,00 2,80 16,28 | 18 F 36,95 1,89 16,74 | 19 G 36,35 0,06 16,94 | 20 G 36,92 0,92 17,17 | 21 G 36,84 0,44 14,52 | 22 G 37,32 0,26 16,17 |
| $\frac{\text{typ} - \text{type}}{\text{SiO}_{2}}$ $\frac{\text{SiO}_{2}}{\text{Al}_{2}\text{O}_{3}}$ $\frac{\text{Cr}_{2}\text{O}_{2}}{\text{Cr}_{2}\text{O}_{2}}$ | 12 E 36,71 3,57 16,76 0,03 | 13 E 36,00 2,76 14,96 0,04 | 14 E 37,00 0,07 17,90 0,01 | 15 F 36,64 1,32 16,93 0,04 | 16 F 36,56 2,84 16,74 0,05 | 17 F 37,00 2,80 16,28 0,02 | 18 F 36,95 1,89 16,74 b. d. | 19 G 36,35 0,06 16,94 0,04 | 20 G 36,92 0,92 17,17 b. d. | 21 G 36,84 0,44 14,52 0,01 | 22 G 37,32 0,26 16,17 0,01 |
| $\begin{array}{l} typ - type \\ SiO_n \\ TiO_2 \\ Al_2O_3 \\ Cr_2O_3 \\ FeO \end{array}$ | 12 E 36,71 3,57 16,76 0,03 2,34 | 13 E 36,00 2,76 14,96 0,04 4,79 | 14 E 37,00 0,07 17,90 0,01 2,62 | 15 F 36,64 1,32 16,93 0,04 3,55 | 16 F 36,56 2,84 16,74 0,05 2,70 | 17 F 37,00 2,80 16,28 0,02 2,70 | 18 F 36,95 1,89 16,74 b. d. 3,11 | 19 G 36,35 0,06 16,94 0,04 5,44 | 20 G 36,92 0,92 17,17 b. d. 3,37 | 21 G 36,84 0,44 14,52 0,01 6,66 | 22 G 37,32 0,26 16,17 0,01 3,12 |
| $\begin{array}{l} typ-type\\ SiO_{\gamma}\\ TiO_{2}\\ Al_{2}O_{3}\\ Cr_{2}O_{3}\\ FeO\\ MnO\\ \end{array}$ | 12 E 36,71 3,57 16,76 0,03 2,34 0,04 | 13 E 36,00 2,76 14,96 0,04 4,79 0,01 | 14 E 37,00 0,07 17,90 0,01 2,62 0,06 | 15 F 36,64 1,32 16,93 0,04 3,55 0,10 | 16 F 36,56 2,84 16,74 0,05 2,70 0,03 | 17 F 37,00 2,80 16,28 0,02 2,70 0,05 | 18 F 36,95 1,89 16,74 b. d. 3,11 0,11 | 19 G 36,35 0,06 16,94 0,04 5,44 0,02 | 20 G 36,92 0,92 17,17 b. d. 3,37 0,07 | 21 G 36,84 0,44 14,52 0,01 6,66 0,03 | 22 G 37,32 0,26 16,17 0,01 3,12 0,03 |
| $\begin{array}{l} typ - type \\ SiO_n \\ TiO_2 \\ Al_2O_3 \\ Cr_2O_3 \\ FeO \\ MnO \\ MgO \end{array}$ | 12 E 36,71 3,57 16,76 0,03 2,34 0,04 1,45 | 13 E 36,00 2,76 14,96 0,04 4,79 0,01 1,46 | 14 E 37,00 0,07 17,90 0,01 2,62 0,06 2,36 | 15 F 36,64 1,32 16,93 0,04 3,55 0,10 1,92 | 16 F 36,56 2,84 16,74 0,05 2,70 0,03 1,86 | 17 F 37,00 2,80 16,28 0,02 2,70 0,05 1,73 | 18 F 36,95 1,89 16,74 b. d. 3,11 0,11 1,76 | 19 G 36,35 0,06 16,94 0,04 5,44 0,02 1,58 | 20 G 36,92 0,92 17,17 b. d. 3,37 0,07 2,26 | 21 G 36,84 0,44 14,52 0,01 6,66 0,03 2,25 | 22 G 37,32 0,26 16,17 0,01 3,12 0,03 3,02 |
| $\begin{array}{l} typ-type\\ SiO_n\\ TiO_2\\ Al_2O_3\\ Cr_2O_3\\ FeO\\ MnO\\ MgO\\ CaO\\ \end{array}$ | 12 E 36,71 3,57 16,76 0,03 2,34 0,04 1,45 34,69 | 13 E 36,00 2,76 14,96 0,04 4,79 0,01 1,46 35,04 | 14 E 37,00 0,07 17,90 0,01 2,62 0,06 2,36 35,87 | 15 F 36,64 1,32 16,93 0,04 3,55 0,10 1,92 35,11 | 16 F 36,56 2,84 16,74 0,05 2,70 0,03 1,86 34,99 | 17 F 37,00 2,80 16,28 0,02 2,70 0,05 1,73 34,65 | 18 F 36,95 1,89 16,74 b. d. 3,11 0,11 1,76 35,26 | 19 G 36,35 0,06 16,94 0,04 5,44 0,02 1,58 35,61 | 20 G 36,92 0,92 17,17 b. d. 3,37 0,07 2,26 35,52 | 21 G 36,84 0,44 14,52 0,01 6,66 0,03 2,25 36,49 | 22 G 37,32 0,26 16,17 0,01 3,12 0,03 3,02 36,59 |
| $\begin{array}{l} typ-type\\ SiO_n\\TiO_2\\ Al_2O_3\\ Cr_2O_3\\ FeO\\ MnO\\ MgO\\ CaO\\ Na_2O\\ \end{array}$ | 12 E 36,71 3,57 16,76 0,03 2,34 0,04 1,45 34,69 0,56 | 13 E 36,00 2,76 14,96 0,04 4,79 0,01 1,46 35,04 0,21 | 14 E 37,00 0,07 17,90 0,01 2,62 0,06 2,36 35,87 0,06 | 15 F 36,64 1,32 16,93 0,04 3,55 0,10 1,92 35,11 0,12 | 16 F 36,56 2,84 16,74 0,05 2,70 0,03 1,86 34,99 0,33 | 17 F 37,00 2,80 16,28 0,02 2,70 0,05 1,73 34,65 0,31 | 18 F 36,95 1,89 16,74 b. d. 3,11 0,11 1,76 35,26 0,19 | 19 G 36,35 0,06 16,94 0,04 5,44 0,02 1,58 35,61 0,15 | 20 G 36,92 0,92 17,17 b. d. 3,37 0,07 2,26 35,52 0,11 | 21 G 36,84 0,44 14,52 0,01 6,66 0,03 2,25 36,49 0,05 | 22 G 37,32 0,26 16,17 0,01 3,12 0,03 3,02 36,59 0,05 |
| $\begin{array}{l} typ-type\\ SiO,\\ TiO_2\\ Al_2O_3\\ Cr_2O_3\\ FeO\\ MnO\\ MgO\\ CaO\\ Na_2O\\ H_2O^* \end{array}$ | 12 E 36,71 3,57 16,76 0,03 2,34 0,04 1,45 34,69 0,56 2,71 | 13 E 36,00 2,76 14,96 0,04 4,79 0,01 1,46 35,04 0,21 2,52 | 14 E 37,00 0,07 17,90 0,01 2,62 0,06 2,36 35,87 0,06 2,30 | 15 F 36,64 1,32 16,93 0,04 3,55 0,10 1,92 35,11 0,12 2,06 | 16 F 36,56 2,84 16,74 0,05 2,70 0,03 1,86 34,99 0,33 2,65 | 17 F 37,00 2,80 16,28 0,02 2,70 0,05 1,73 34,65 0,31 2,71 | 18 F 36,95 1,89 16,74 b. d. 3,11 0,11 1,76 35,26 0,19 2,43 | 19 G 36,35 0,06 16,94 0,04 5,44 0,02 1,58 35,61 0,15 2,27 | 20 G 36,92 0,92 17,17 b. d. 3,37 0,07 2,26 35,52 0,11 2,18 | 21 G 36,84 0,44 14,52 0,01 6,66 0,03 2,25 36,49 0,05 1,88 | 22 G 37,32 0,26 16,17 0,01 3,12 0,03 3,02 36,59 0,05 2,65 |
| typ - type SiO, TiO ₂ Al ₂ O, Cr ₂ O, FeO MnO MgO CaO Na ₂ O H ₂ O* F | 12 E 36,71 3,57 16,76 0,03 2,34 0,04 1,45 34,69 0,56 2,71 0,70 | 13 E 36,00 2,76 14,96 0,04 4,79 0,01 1,46 35,04 0,21 2,52 1,01 | 14 E 37,00 0,07 17,90 0,01 2,62 0,06 2,36 35,87 0,06 2,30 1,62 | 15 F 36,64 1,32 16,93 0,04 3,55 0,10 1,92 35,11 0,12 2,06 2,06 | 16 F 36,56 2,84 16,74 0,05 2,70 0,03 1,86 34,99 0,33 2,65 0,84 | 17 F 37,00 2,80 16,28 0,02 2,70 0,05 1,73 34,65 0,31 2,71 0,66 | 18 F 36,95 1,89 16,74 b. d. 3,11 0,11 1,76 35,26 0,19 2,43 1,29 | $\begin{array}{c} 19\\ G\\ 36,35\\ 0,06\\ 16,94\\ 0,04\\ 5,44\\ 0,02\\ 1,58\\ 35,61\\ 0,15\\ 2,27\\ 1,64\\ \end{array}$ | 20 G 36,92 0,92 17,17 b. d. 3,37 0,07 2,26 35,52 0,11 2,18 1,85 | 21 G 36,84 0,44 14,52 0,01 6,66 0,03 2,25 36,49 0,05 1,88 2,51 | 22 G 37,32 0,26 16,17 0,01 3,12 0,03 3,02 36,59 0,05 2,65 0,93 |
| $\begin{array}{l} typ - type \\ SiO_n \\ TiO_2 \\ Al_2O_3 \\ Cr_2O_3 \\ FeO \\ MnO \\ MgO \\ CaO \\ Na_2O \\ H_2O^* \\ F \\ O=F \\ O=F \end{array}$ | 12 E 36,71 3,57 16,76 0,03 2,34 0,04 1,45 34,69 0,56 2,71 0,70 -0,29 | 13 E 36,00 2,76 14,96 0,01 1,46 35,04 0,21 2,52 1,01 -0,43 | 14 E 37,00 0,07 17,90 0,01 2,62 0,06 2,36 35,87 0,06 2,30 1,62 -0,68 | 15 F 36,64 1,32 16,93 0,04 3,55 0,10 1,92 35,11 0,12 2,06 2,06 2,06 -0,87 | 16 F 36,56 2,84 16,74 0,05 2,70 0,03 1,86 34,99 0,33 2,65 0,84 -0,35 | 17 F 37,00 2,80 16,28 0,02 2,70 0,05 1,73 34,65 0,31 2,71 0,66 -0,28 | 18 F 36,95 1,89 16,74 b. d. 3,11 0,11 1,76 35,26 0,19 2,43 1,29 -0,54 | 19 G 36,35 0,06 16,94 0,04 5,44 0,02 1,58 35,61 0,15 2,27 1,64 -0,69 | 20 G 36,92 0,92 17,17 b. d. 3,37 0,07 2,26 35,52 0,11 2,18 1,85 -0,78 | 21 G 36,84 0,44 14,52 0,01 6,66 0,03 2,25 36,49 0,05 1,88 2,51 -1,06 | 22 G 37,32 0,26 16,17 0,01 3,12 0,03 3,02 36,59 0,05 2,65 0,93 -0,39 |
| $\begin{array}{l} typ - type \\ SiO_n \\ TiO_2 \\ Al_2O_3 \\ Cr_2O_3 \\ FeO \\ MnO \\ MgO \\ CaO \\ Na_2O \\ H_2O^* \\ F \\ O=F \\ Celkem \end{array}$ | 12 E 36,71 16,76 0,03 2,34 0,04 1,45 34,69 0,56 2,71 0,70 -0,29 99,27 | 13 E 36,00 2,76 14,96 0,04 4,79 0,01 1,46 35,04 0,21 2,52 1,01 -0,43 98,37 | 14 E 37,00 0,07 17,90 0,01 2,62 0,06 2,36 35,87 0,06 2,30 1,62 -0,68 99,19 | 15 F 36,64 1,32 16,93 0,04 3,55 0,10 1,92 35,11 0,12 2,06 2,06 2,06 -0,87 98,99 | 16 F 36,56 2,84 16,74 0,05 2,70 0,03 1,86 34,99 0,33 2,65 0,84 -0,35 99,24 | 17 F 37,00 2,80 16,28 0,02 2,70 0,05 1,73 34,65 0,31 2,71 0,66 -0,28 98,63 | 18 F 36,95 1,89 16,74 b. d. 3,11 0,11 1,76 35,26 0,19 2,43 1,29 -0,54 99,19 | 19 G 36,35 0,06 16,94 0,04 5,44 0,02 1,58 35,61 0,15 2,27 1,64 -0,69 99,43 | 20 G 36,92 0,92 17,17 b. d. 3,37 0,07 2,26 35,52 0,11 2,18 1,85 -0,78 99,63 | 21 G 36,84 0,44 14,52 0,01 6,66 0,03 2,25 36,49 0,05 1,88 2,51 -1,06 100,62 | 22 G 37,32 0,26 16,17 0,01 3,12 0,03 3,02 36,59 0,05 2,65 0,93 -0,39 99,78 |
| $\begin{array}{l} typ - type \\ SiO_n \\ TiO_2 \\ Al_2O_3 \\ Cr_2O_3 \\ FeO \\ MnO \\ MgO \\ CaO \\ MgO \\ CaO \\ Na_2O \\ H_2O^* \\ F \\ O=F \\ Celkem \\ Si^{4+} \end{array}$ | 12 E 36,71 16,76 0,03 2,34 0,04 1,45 34,69 0,56 2,71 0,70 -0,29 99,27 18,070 | 13 E 36,00 2,76 14,96 0,04 4,79 0,01 1,46 35,04 0,21 2,52 1,01 -0,43 98,37 18,022 | 14 E 37,000 0,07 17,90 0,01 2,62 0,06 2,36 35,87 0,06 2,30 1,62 -0,68 99,19 18,055 | 15 F 36,64 1,32 16,93 0,04 3,55 0,10 1,92 35,11 0,12 2,06 2,06 2,06 -0,87 98,99 18,070 | 16 F 36,56 2,84 16,74 0,05 2,70 0,03 1,86 34,99 0,33 2,65 0,84 -0,35 99,24 17,983 | 17 F 37,00 2,80 16,28 0,02 2,70 0,05 1,73 34,65 0,31 2,71 0,66 -0,28 98,63 18,332 | 18 36,955 1,89 16,74 b. d. 3,11 1,76 35,26 0,19 2,43 1,29 -0,54 99,19 18,190 | 19 G 36,35 0,06 16,94 0,04 5,44 0,02 1,58 35,61 0,15 2,27 1,64 -0,69 99,43 17,861 | 20 G 36,92 0,92 17,17 b. d. 3,37 0,07 2,26 35,52 0,11 2,18 1,85 -0,78 99,63 18,034 | 21 G 36,84 0,44 14,52 0,01 6,66 0,03 2,25 36,49 0,05 1,88 2,51 -1,06 100,62 17,982 | 22 G 37,32 0,26 16,17 0,01 3,12 0,03 3,02 36,59 0,05 2,65 0,93 -0,39 99,78 18,112 |
| $\begin{array}{l} typ - type \\ SiO_n \\ TiO_2 \\ Al_2O_3 \\ Cr_2O_3 \\ FeO \\ MnO \\ MgO \\ CaO \\ Na_2O \\ H_2O^* \\ F \\ O=F \\ Celkem \\ Si^{4*} \\ Ti^{4*} \end{array}$ | 12 E 36,71 16,76 0,03 2,34 0,04 1,45 34,69 0,56 2,71 0,70 -0,29 99,27 18,070 1,321 | 13 E 36,00 2,76 14,96 0,04 4,79 0,01 1,46 35,04 0,21 2,52 1,01 -0,43 98,37 18,022 1,039 | 14 E 37,000 0,07 17,90 0,01 2,62 0,06 2,36 35,87 0,06 2,30 1,62 -0,68 99,19 18,055 0,026 | 15 F 36,64 1,32 16,93 0,04 3,55 0,10 1,92 35,11 0,12 2,06 2,06 2,06 2,06 -0,87 98,99 18,070 0,490 | 16 F 36,56 2,84 16,74 0,05 2,70 0,03 1,86 34,99 0,33 2,65 0,84 -0,35 99,24 17,983 1,051 | 17 F 37,00 2,80 16,28 0,02 2,70 0,05 1,73 34,65 0,31 2,71 0,66 -0,28 98,63 18,332 1,043 | 18 36,955 1,89 16,74 b. d. 3,11 1,76 35,26 0,19 2,43 1,29 -0,54 99,19 18,190 0,700 | 19 G 36,35 0,06 16,94 0,04 5,44 0,02 1,58 35,61 0,15 2,27 1,64 -0,69 99,43 17,861 0,022 | 20 G 36,92 0,92 17,17 b. d. 3,37 0,07 2,26 35,52 0,11 2,18 1,85 -0,78 99,63 18,034 0,338 | 21 G 36,84 14,52 0,01 6,66 0,03 2,25 36,49 0,05 1,88 2,51 -1,06 100,62 17,982 0,162 | 22 G 37,32 0,26 16,17 0,01 3,12 0,03 3,02 36,59 0,03 2,65 0,93 -0,39 99,78 18,112 0,095 |
| $\begin{array}{l} typ - type \\ SiO_n \\ TiO_2 \\ Al_2O_3 \\ Cr_2O_3 \\ FeO \\ MnO \\ MgO \\ CaO \\ Na_2O \\ H_2O^* \\ F \\ O=F \\ Celkem \\ Si^{4+} \\ Ti^{4+} \\ Al^{3+} \end{array}$ | 12 E 36,71 16,76 0,03 2,34 0,04 1,45 34,69 0,56 2,71 0,70 -0,29 99,27 18,070 1,321 9,723 | 13 E 36,00 2,76 14,96 0,04 4,79 0,01 1,46 35,04 0,21 2,52 1,01 -0,43 98,37 18,022 1,039 8,826 | 14 E 37,00 0,01 2,62 0,06 2,36 35,87 0,06 2,30 1,62 -0,68 99,19 18,055 0,026 10,294 | 15 F 36,64 1,32 16,93 0,04 3,55 0,10 1,92 35,11 0,12 2,06 2,06 2,06 -0,87 98,99 18,070 0,490 9,840 | 16 F 36,56 2,84 16,74 0,05 2,70 0,03 1,86 34,99 0,33 2,65 0,84 -0,35 99,24 17,983 1,051 9,705 | 17 F 37,00 2,80 16,28 0,02 2,70 0,05 1,73 34,65 0,31 2,71 0,66 -0,28 98,63 18,332 1,043 9,507 | 18 36,955 1,89 16,74 b. d. 3,11 0,11 1,76 35,26 0,19 2,43 1,29 -0,54 99,19 18,190 0,700 9,713 | 19 G 36,35 0,06 16,94 0,04 5,44 0,02 1,58 35,61 0,15 2,27 1,64 -0,69 99,43 17,861 0,022 9,810 | 20 G 36,92 0,92 17,17 b. d. 3,37 0,07 2,26 35,52 0,11 2,18 1,85 -0,78 99,63 18,034 0,338 9,884 | 21 G 36,84 0,44 14,52 0,01 6,66 0,03 2,25 36,49 0,05 1,88 2,51 -1,06 100,62 17,982 0,162 8,353 | 22 G 37,32 0,26 16,17 0,01 3,12 0,03 3,02 36,59 0,05 2,65 0,93 -0,39 99,78 18,112 0,095 9,249 |
| $\begin{array}{l} typ - type \\ SiO_n \\ TiO_2 \\ Al_2O_3 \\ Cr_2O_3 \\ FeO \\ MnO \\ MgO \\ CaO \\ Na_2O \\ H_2O^* \\ F \\ O=F \\ Celkem \\ Si^{4+} \\ Ti^{4+} \\ Al^{3+} \\ Cr^{3+} \\ Cr^{3+} \\ Cr^{3+} \\ \end{array}$ | 12 E 36,71 16,76 0,03 2,34 0,04 1,45 34,69 0,56 2,71 0,70 -0,29 99,27 18,070 1,321 9,723 0,012 | 13 E 36,00 2,76 14,96 0,04 4,79 0,01 1,46 35,04 0,21 2,52 1,01 -0,43 98,37 18,022 1,039 8,826 0,016 | 14 E 37,00 0,07 17,90 0,01 2,62 0,06 2,36 35,87 0,06 2,30 1,62 -0,68 99,19 18,055 0,026 10,294 0,004 | 15 F 36,64 1,32 16,93 0,04 3,55 0,10 1,92 35,11 0,12 2,06 -0,87 98,99 18,070 0,490 9,840 0,016 | 16 F 36,56 2,84 16,74 0,05 2,70 0,03 1,86 34,99 0,33 2,65 0,84 -0,35 99,24 17,983 1,051 9,705 0,019 | 17 F 37,00 2,80 0,02 2,70 0,05 1,73 34,65 0,31 2,71 0,66 -0,28 98,63 18,332 1,043 9,507 0,008 | 18 36,95 1,89 16,74 b. d. 3,11 0,11 1,76 35,26 0,19 2,43 1,29 -0,54 99,19 18,190 0,700 9,713 0 | 19 G 36,35 0,06 16,94 0,04 5,44 0,02 1,58 35,61 0,15 2,27 1,64 -0,69 99,43 17,861 0,022 9,810 0,016 | 20 G 36,92 0,92 17,17 b. d. 3,37 0,07 2,26 35,52 0,11 2,18 1,85 -0,78 99,63 18,034 0,338 9,884 0 | 21 G 36,84 0,44 14,52 0,01 6,66 0,03 2,25 36,49 0,05 1,88 2,51 -1,06 100,62 17,982 0,162 8,353 0,004 | 22 G 37,32 0,26 16,17 0,01 3,12 0,03 3,02 36,59 0,05 2,65 0,93 -0,39 99,78 18,112 0,095 9,249 0,004 |
| $\begin{array}{c} typ - type \\ SiO_n \\ TiO_2 \\ Al_2O_3 \\ Cr_2O_3 \\ FeO \\ MnO \\ MgO \\ CaO \\ Na_2O \\ H_2O^* \\ F \\ O=F \\ Celkem \\ Si^{4+} \\ Ti^{4+} \\ Al^{3+} \\ Cr^{3+} \\ Fe^{2+} \\ Fe^{2+} \\ \end{array}$ | 12 E 36,71 16,76 0,03 2,34 0,04 1,45 34,69 0,56 2,71 0,70 -0,29 99,27 18,070 1,321 9,723 0,012 0,963 | 13 E 36,00 2,76 14,96 0,04 4,79 0,01 1,46 35,04 0,21 2,52 1,01 -0,43 98,37 18,022 1,039 8,826 0,016 2,005 | 14 E 37,00 0,07 17,90 0,01 2,62 0,06 2,36 35,87 0,06 2,30 1,62 -0,68 99,19 18,055 0,026 10,294 0,004 1,069 | 15 F 36,64 1,32 16,93 0,04 3,55 0,10 1,92 35,11 0,12 2,06 -0,87 98,99 18,070 0,490 9,840 0,016 1,464 | 16 F 36,56 2,84 16,74 0,05 2,70 0,03 1,86 34,99 0,33 2,65 0,84 -0,35 99,24 17,983 1,051 9,705 0,019 1,111 | 17 F 37,00 2,80 16,28 0,02 2,70 0,05 1,73 34,65 0,31 2,71 0,66 -0,28 98,63 18,332 1,043 9,507 0,008 1,119 | 18 F 36,95 1,89 16,74 b. d. 3,11 0,11 1,76 35,26 0,19 2,43 1,29 -0,54 99,19 18,190 0,700 9,713 0 1,280 | 19 G 36,35 0,06 16,94 0,04 5,44 0,02 1,58 35,61 0,15 2,27 1,64 -0,69 99,43 17,861 0,022 9,810 0,016 2,235 | 20 G 36,92 0,92 17,17 b. d. 3,37 0,07 2,26 35,52 0,11 2,18 1,85 -0,78 99,63 18,034 0,338 9,884 0 1,377 | 21 G 36,84 0,44 14,52 0,01 6,66 0,03 2,25 36,49 0,05 1,88 2,51 -1,06 100,62 17,982 0,162 8,353 0,004 2,719 | 22 G 37,32 0,26 16,17 0,01 3,12 0,03 3,02 36,59 0,05 2,65 0,93 -0,39 99,78 18,112 0,095 9,249 0,004 1,266 |
| $\begin{array}{l} typ - type \\ SiO_n \\ TiO_2 \\ Al_2O_3 \\ Cr_2O_3 \\ FeO \\ MnO \\ MgO \\ CaO \\ Na_2O \\ H_2O^* \\ F \\ O=F \\ Celkem \\ \hline Si^{4+} \\ Ti^{4+} \\ Al^{3+} \\ Cr^{3+} \\ Fe^{2+} \\ Mn^{2+} \end{array}$ | 12 E 36,71 16,76 0,03 2,34 0,04 1,45 34,69 0,56 2,71 0,70 -0,29 99,27 18,070 1,321 9,723 0,012 0,963 0,017 | 13 E 36,00 2,76 14,96 0,04 4,79 0,01 1,46 35,04 0,21 2,52 1,01 -0,43 98,37 18,022 1,039 8,826 0,016 2,005 0,004 | 14 E 37,00 0,07 17,90 0,01 2,62 0,06 2,36 35,87 0,06 2,30 1,62 -0,68 99,19 18,055 0,026 10,294 0,004 1,069 0,025 | 15 F 36,64 1,32 16,93 0,04 3,55 0,10 1,92 35,11 0,12 2,06 2,06 2,06 2,06 2,06 18,070 0,490 9,840 0,016 1,464 0,042 | 16 F 36,56 2,84 16,74 0,05 2,70 0,03 1,86 34,99 0,33 2,65 0,84 -0,35 99,24 17,983 1,051 9,705 0,019 1,111 0,012 | 17 F 37,00 2,80 16,28 0,02 2,70 0,05 1,73 34,65 0,31 2,71 0,66 -0,28 98,63 18,332 1,043 9,507 0,008 1,119 0,021 | 18 F 36,95 1,899 16,74 b. d. 3,11 0,11 1,76 35,26 0,19 2,43 1,29 -0,54 99,19 18,190 0,700 9,713 0 1,280 0,046 | 19 G 36,35 0,06 16,94 0,04 5,44 0,02 1,58 35,61 0,15 2,27 1,64 -0,69 99,43 17,861 0,022 9,810 0,016 2,235 0,008 | 20 G 36,92 0,92 17,17 b. d. 33,37 0,07 2,26 35,52 0,11 2,18 1,85 -0,78 99,63 18,034 0,338 9,884 0 1,377 0,029 | 21 G 36,84 0,44 14,52 0,01 6,66 0,03 2,25 36,49 0,05 1,88 2,51 -1,06 100,62 17,982 0,162 8,353 0,004 2,719 0,012 | 22 G 37,32 0,26 16,17 0,01 3,12 0,03 3,659 0,05 2,65 0,05 2,65 0,39 99,78 18,112 0,095 9,249 0,004 1,266 0,012 |
| $\begin{array}{l} typ - type \\ SiO_n \\ TiO_2 \\ Al_2O_3 \\ Cr_2O_3 \\ FeO \\ MnO \\ MgO \\ CaO \\ Na_2O \\ H_2O^* \\ F \\ O=F \\ Celkem \\ \hline Si^{4+} \\ Ti^{4+} \\ Al^{3+} \\ Cr^{3+} \\ Fe^{2+} \\ Mn^{2+} \\ Mg^{2+} \\ Mg^{2+} \\ \end{array}$ | 12 E 36,71 16,76 0,03 2,34 0,04 1,45 34,69 0,56 2,71 0,70 -0,29 99,27 18,070 1,321 9,723 0,012 0,963 0,017 1,064 | 13 E 36,00 2,76 14,96 0,04 4,79 0,01 1,46 35,04 0,21 2,52 1,01 -0,43 98,37 18,022 1,039 8,826 0,016 2,005 0,004 1,090 | 14 E 37,00 0,07 17,90 0,01 2,62 0,06 2,36 35,87 0,06 2,30 1,62 -0,68 99,19 18,055 0,026 10,294 0,004 1,069 0,025 1,717 | 15 F 36,64 1,32 16,93 0,04 3,55 0,10 1,92 35,11 0,12 2,06 2,06 2,06 2,06 2,06 18,070 0,490 9,840 0,016 1,464 0,042 1,412 | 16 F 36,56 2,84 16,74 0,05 2,70 0,03 1,86 34,99 0,33 2,65 0,84 -0,35 99,24 17,983 1,051 9,705 0,019 1,111 0,012 1,364 | 17 F 37,00 2,80 16,28 0,02 2,70 0,05 1,73 34,65 0,31 2,71 0,66 -0,28 98,63 18,332 1,043 9,507 0,008 1,119 0,021 1,278 | 18 F 36,95 1,899 16,74 b. d. 3,11 0,11 1,76 35,26 0,19 2,43 1,29 -0,54 99,19 18,190 0,700 9,713 0 1,280 0,046 1,292 | 19 G 36,35 0,06 16,94 0,04 5,44 0,02 1,58 35,61 0,15 2,27 1,64 -0,69 99,43 17,861 0,022 9,810 0,016 2,235 0,008 1,157 | 20 G 36,92 0,92 17,17 b. d. 33,37 0,07 2,26 35,52 0,11 2,18 1,85 -0,78 99,63 18,034 0,338 9,884 0 1,377 0,029 1,646 | 21 G 36,84 0,44 14,52 0,01 6,66 0,03 2,25 36,49 0,05 1,88 2,51 -1,06 100,62 17,982 0,162 8,353 0,004 2,719 0,012 1,637 | 22 G 37,32 0,26 16,17 0,01 3,12 0,03 3,659 0,05 2,65 0,05 2,65 0,39 99,78 18,112 0,095 9,249 0,004 1,266 0,012 2,185 |
| $\begin{array}{l} typ - type \\ SiO_n \\ TiO_2 \\ Al_2O_3 \\ Cr_2O_3 \\ FeO \\ MnO \\ MgO \\ CaO \\ Na_2O \\ H_2O^* \\ F \\ O=F \\ Celkem \\ Si^{4+} \\ Al^{3+} \\ Cr^{3+} \\ Fe^{2+} \\ Mn^{2+} \\ Mg^{2+} \\ Ca^{2+} \end{array}$ | 12 E 36,71 16,76 0,03 2,34 0,04 1,45 34,69 0,56 2,71 0,70 -0,29 99,27 18,070 1,321 9,723 0,012 0,963 0,017 1,064 18,295 | 13 E 36,00 2,76 14,96 0,04 4,79 0,01 1,46 35,04 0,21 2,52 1,01 -0,43 98,37 18,022 1,039 8,826 0,016 2,005 0,004 1,090 18,794 | 14 E 37,00 0,07 17,90 0,01 2,62 0,06 2,36 35,87 0,06 2,30 1,62 -0,68 99,19 18,055 0,026 10,294 0,004 1,069 0,025 1,717 18,754 | 15 F 36,64 1,32 16,93 0,04 3,55 0,10 1,92 35,11 0,12 2,06 2,06 2,06 2,06 2,06 2,06 2,06 2,0 | 16 F 36,56 2,84 16,74 0,05 2,70 0,03 1,86 34,99 0,33 2,65 0,84 -0,35 99,24 17,983 1,051 9,705 0,019 1,111 0,012 1,364 18,440 | 17 F 37,00 2,80 16,28 0,02 2,70 0,05 1,73 34,65 0,31 2,71 0,66 -0,28 98,63 18,332 1,043 9,507 0,008 1,119 0,021 1,278 18,394 | 18 F 36,95 1,899 16,74 b. d. 3,11 0,11 1,76 35,26 0,19 2,43 1,29 -0,54 99,19 18,190 0,700 9,713 0 1,280 0,046 1,292 18,598 | 19 G 36,35 0,06 16,94 0,04 5,44 0,02 1,58 35,61 0,15 2,27 1,66 9,943 17,861 0,022 9,810 0,016 2,235 0,008 1,157 18,747 | 20 G 36,92 0,92 17,17 b. d. 3,37 0,07 2,26 35,52 0,11 2,18 1,85 -0,78 99,63 18,034 0,338 9,884 0 1,377 0,029 1,646 18,589 | 21 G 36,84 0,44 14,52 0,01 6,66 0,03 2,25 36,49 0,05 1,85 2,51 1,06 100,62 17,982 0,162 8,353 0,004 2,719 0,012 1,637 19,084 | 22 G 37,32 0,26 16,17 0,01 3,12 0,03 3,659 0,05 2,65 0,93 99,78 18,112 0,095 9,249 0,004 1,266 0,012 2,185 19,026 |
| $\begin{array}{l} typ - type \\ SiO_n \\ TiO_2 \\ Al_2O_3 \\ Cr_2O_3 \\ FeO \\ MnO \\ MgO \\ CaO \\ Na_2O \\ H_2O^* \\ F \\ O=F \\ Celkem \\ Si^{4*} \\ Ti^{4*} \\ Ti^{4*} \\ Cr^{3*} \\ Fe^{2*} \\ Mn^{2*} \\ Ca^{2*} \\ Na^* \\ \end{array}$ | 12 86,71 3,57 16,76 0,03 2,34 0,04 1,45 34,69 0,56 2,71 0,70 -0,29 99,27 18,070 1,321 9,723 0,012 0,012 0,063 0,017 1,064 18,295 0,534 | 13 E 36,00 2,76 14,96 0,04 4,79 0,01 1,46 35,04 0,21 2,52 1,01 -0,43 98,37 18,022 1,039 8,826 0,016 2,005 0,004 1,090 18,794 0,204 | 14 E 37,00 0,07 17,90 0,01 2,62 0,06 2,36 2,30 1,62 -0,68 99,19 18,055 0,026 10,294 0,025 1,717 18,754 0,057 | 15 F 36,64 1,32 16,93 0,04 3,55 0,10 1,92 35,11 0,12 2,06 2,06 2,06 2,06 2,06 2,06 2,06 2,0 | 16 F 36,56 2,84 16,74 0,05 2,70 0,03 1,86 34,99 0,33 2,65 0,84 -0,35 99,24 17,983 1,051 9,705 0,019 1,111 0,012 1,364 18,440 0,315 | 17 F 37,00 2,80 16,28 0,02 2,70 0,05 1,73 34,65 0,31 2,71 0,68 98,63 18,332 1,043 9,507 0,008 1,119 0,021 1,278 18,394 0,298 | 18 F 36,95 1,89 16,74 b. d. 3,11 0,11 1,76 35,26 0,19 2,43 1,29 99,19 18,190 0,700 9,713 0 1,280 0,046 1,292 18,598 0,181 | 19 G 36,35 0,06 16,94 0,04 5,44 0,02 1,58 35,61 0,15 2,27 1,66 9,90,43 17,861 0,022 9,810 0,016 2,235 0,008 1,157 18,747 0,143 | 20 G 36,92 0,92 17,17 b. d. 3,37 0,07 2,26 35,52 0,11 2,18 1,85 -0,78 99,63 18,034 0,338 9,863 0,338 0,104 | 21 G 36,84 0,44 14,52 0,01 6,66 0,03 2,25 36,49 0,05 1,88 2,51 -1,06 100,62 17,982 0,162 8,353 0,004 2,719 0,012 1,637 19,084 0,047 | 22 G G 37,32 0,26 16,17 0,01 3,12 0,03 3,659 0,05 2,65 0,93 9,978 18,112 0,095 9,249 0,004 1,266 0,012 2,185 19,026 0,047 |
| $\begin{array}{l} typ - type \\ SiO_n \\ TiO_2 \\ Al_2O_3 \\ Cr_2O_3 \\ FeO \\ MnO \\ MgO \\ CaO \\ Na_2O \\ H_2O^* \\ F \\ O=F \\ Celkem \\ Si^{4+} \\ Ti^{4+} \\ Al^{3+} \\ Cr^{3+} \\ Fe^{2+} \\ Mg^{2+} \\ Ca^{2+} \\ Na^* \\ H^* \end{array}$ | 12 E 36,71 3,57 16,76 0,03 2,34 0,04 1,45 34,69 0,56 2,71 0,70 -0,29 99,27 18,070 1,321 9,723 0,012 0,963 0,017 1,064 18,295 0,534 8,910 | 13 E 36,00 2,76 14,96 0,04 4,79 0,01 1,46 35,04 0,21 2,52 1,01 -0,43 98,37 18,022 1,039 8,826 0,016 2,005 0,004 1,090 18,794 0,204 8,401 | 14 E 37,00 0,07 17,90 0,01 2,62 0,06 2,30 1,62 99,19 18,055 0,026 10,294 0,025 1,717 18,754 0,057 7,500 | 15 F 36,64 1,32 16,93 0,04 3,55 0,10 1,92 35,11 0,12 2,06 2,06 2,06 2,06 2,06 7,98,99 18,070 0,490 0,016 1,464 0,042 1,412 18,552 0,115 6,787 | 16 F 36,56 2,84 16,74 0,05 2,70 0,03 1,86 34,99 0,33 2,65 0,84 -0,35 99,24 17,983 1,051 9,705 0,019 1,111 9,705 0,019 1,1364 18,440 0,315 8,693 | 17 F 37,00 2,800 16,28 0,02 2,70 0,05 1,73 34,65 0,31 2,71 0,68 98,63 18,332 1,043 9,505 1,19 0,021 1,278 18,394 0,298 8,966 | 18 F 36,95 1,899 16,74 b. d. 3,11 0,11 1,76 35,26 0,19 2,43 1,29 90,19 2,43 1,29 90,19 18,190 0,700 9,713 0 1,280 0,046 1,292 18,598 0,181 7,992 | 19 G 36,35 0,06 16,94 0,04 5,44 0,02 1,58 35,61 0,15 2,27 1,64 -0,69 9,43 17,861 0,022 9,810 0,016 2,235 0,008 1,157 18,747 0,143 7,426 | 20 G 36,92 0,92 17,17 b. d. 3,37 0,07 2,26 35,52 0,11 2,18 1,85 -0,78 99,63 18,034 0,338 9,863 0,104 1,377 0,029 1,646 18,589 0,104 7,092 | 21 G 36,84 0,44 14,52 0,01 6,66 0,03 2,25 36,49 0,05 1,88 2,51 1,06 100,62 17,982 0,162 8,353 0,004 2,719 0,012 1,637 19,084 0,047 6,125 | 22 G G 37,32 0,26 16,17 0,01 3,12 0,03 3,02 36,59 0,05 2,65 0,93 -0,39 99,78 18,112 0,095 9,249 0,004 1,266 0,012 2,185 19,026 0,047 8,573 |
| $\begin{array}{c} typ - type \\ SiO_n \\ TiO_2 \\ Al_2O_3 \\ Cr_2O_3 \\ FeO \\ MnO \\ MgO \\ CaO \\ MgO \\ CaO \\ H_2O^* \\ F \\ O=F \\ Celkem \\ Si^{4+} \\ Ti^{4+} \\ Al^{3+} \\ Cr^{3+} \\ Fe^{2+} \\ Mg^{2+} \\ Ca^{2+} \\ Na^* \\ H^* \\ F \\ \end{array}$ | 12 E 36,71 3,57 16,76 0,03 2,34 0,04 1,45 34,69 0,56 2,71 0,70 -0,29 99,27 18,070 1,321 9,723 0,012 0,963 0,012 0,963 0,012 1,004 18,295 0,534 8,910 1,090 | 13 E 36,00 2,76 0,04 4,79 0,01 1,46 35,04 0,21 2,52 1,01 -0,43 98,37 18,022 1,039 8,826 0,016 2,005 0,004 1,099 18,794 0,204 8,401 1,599 | 14 E 37,000 0,07 17,90 0,01 2,62 0,06 2,36 35,87 0,06 2,30 1,62 -0,68 99,19 18,055 0,026 10,294 0,004 1,069 0,025 1,717 18,754 0,057 7,500 2,500 | 15 F 36,64 1,32 16,93 0,04 3,55 0,10 1,92 35,11 0,12 2,06 2,06 2,06 2,06 2,06 2,06 2,06 2,0 | 16 F 36,56 2,84 16,74 0,05 2,70 0,03 1,86 34,99 0,33 2,65 0,84 -0,35 99,24 17,983 1,051 9,705 0,019 1,111 0,012 1,364 18,440 0,315 8,693 1,307 | 17 F 37,00 2,80 16,28 0,02 2,70 0,05 1,73 34,65 0,31 2,71 0,66 -0,28 98,63 18,332 1,043 9,507 0,008 1,119 0,021 1,278 18,394 0,298 8,966 1,034 | 18 36,955 1,89 16,74 b. d. 3,11 1,76 35,26 0,19 2,43 1,29 -0,54 99,19 18,190 0,700 9,713 0 1,280 0,700 9,713 0 1,280 0,04 1,292 18,598 0,181 7,992 2,008 | 19 G 36,35 0,06 16,94 0,04 5,44 0,02 1,58 35,61 0,15 2,27 1,64 -0,69 99,43 17,861 0,022 9,810 0,016 2,235 0,008 1,157 18,747 0,143 7,426 2,549 | 20 G 36,92 0,92 17,17 b. d. 3,37 0,07 2,26 35,52 0,11 2,18 1,85 -0,78 99,63 18,034 0,338 9,884 0 1,377 0,029 1,646 18,589 0,104 7,092 2,858 | 21 G 36,84 0,44 14,52 0,01 6,66 0,03 2,25 36,49 0,05 1,88 2,51 -1,06 100,62 17,982 0,162 8,353 0,004 2,719 0,012 1,637 19,084 0,047 6,125 3,875 | 22 G 37,32 0,26 16,17 0,01 3,12 0,03 36,59 0,03 2,65 0,93 -0,39 99,78 18,112 0,095 9,249 0,004 1,266 0,012 2,185 19,026 0,047 8,573 1,427 |

Tabulka 9.Reprezentativní chemické analýzy vesuvianu.Table 9.Representative chemical analyses of vesuvianite.

* vypočteno ze stechiometrie, A-G = paragenetické typy vesuvianu (viz. text), rozpočteno na 50 kationtů - *Calculated from stoichiometry, A-G = paragenetic types of vesuvianite (see text for explanation), calculated en 50 cations.

Tabulka 10. Reprezentativní chemické analýzy wollastonitu.

1-4 z bílého mramoru, 5-8 z modrého mramoru, 9 - ze silikátového Qtz + Di mramoru.

Table 10. Representative chemical analyses of wollastonite. 1-4 Wo from white marble. 5-8 Wo from blue marble, 9 - Wo from silicate-rich Qtz + Di marble.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|-------|
| lok. č. – Loc. No: | 11 | 11 | 29 | 29 | 13 | 13 | 13 | 13 | 40 |
| SiO ₂ | 52,12 | 51,85 | 51,95 | 51,89 | 51,67 | 51,8 | 52,18 | 52,10 | 51,84 |
| TiO ₂ | 0,02 | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. | 0,01 | b. d. | b. d. |
| FeO | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 0,03 | 0,09 | 0,08 | 0,06 | 0,02 | 0,11 |
| MnO | 0,08 | 0,04 | 0,05 | 0,04 | 0,08 | 0,07 | 0,08 | 0,08 | 0,21 |
| MgO | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,05 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,04 |
| CaO | 48,36 | 48,29 | 48,13 | 48,21 | 47,89 | 47,85 | 48,22 | 48,26 | 47,30 |
| Na ₂ O | 0,03 | 0,05 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 |
| Celkem | 100,68 | 100,32 | 100,22 | 100,24 | 99,77 | 99,85 | 100,61 | 100,51 | 99,53 |
| | | | | | 9 O | | | | |
| Si ⁴⁺ | 3,002 | 2,999 | 3,005 | 3,002 | 3,003 | 3,007 | 3,006 | 3,005 | 2,996 |
| Ti ⁴⁺ | 0,001 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,001 | 0 | 0 |
| Fe ²⁺ | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,001 | 0,004 | 0,004 | 0,003 | 0,001 | 0,005 |
| Mn ²⁺ | 0,004 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,004 | 0,003 | 0,004 | 0,004 | 0,010 |
| Mg ²⁺ | 0,001 | 0,002 | 0,001 | 0,004 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,004 |
| Ca ²⁺ | 2,985 | 2,992 | 2,983 | 2,988 | 2,982 | 2,976 | 2,976 | 2,982 | 2,987 |
| Na ⁺ | 0,003 | 0,006 | 0,001 | 0,002 | 0,001 | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,003 |
| CATSUM | 5,999 | 6,004 | 5,996 | 6,000 | 5,997 | 5,995 | 5,995 | 5,996 | 6,006 |

Ani poměr Mg/Al ~ 0,1-0,2 u ostatních studovaných vesuvianů však neodpovídá B-vesuvianu nebo dokonce wiluitu (srovnej GROAT *et al.* 1992).

Wollastonit Ca₃Si₃O₉

Wollastonit tvoří bílé a narůžovělé, stébelnaté a vláknité agregáty s lineárním uspořádáním v duktilně deformovaných bílých a modrých mramorech a skarnech; v hrubozrnných varietách mramorů s flogopitem chybí. Vyznačuje se jasnou zelenožlutou katodoluminiscencí. Je typický pro asociace s Cal >> Qtz, naopak wollastonit tvořící agregáty v křemenných polohách v bílém mramoru (Wo + Qtz \pm Cal), byl nalezen jen ojediněle a to ve volných úlomcích ve stráni asi 200 m S od lomu Heršinka. Na základě strukturního výzkumu byly v Nedvědici zjištěny dva nejrozšířenější polytypy wollastonit-2*M*, wollastonit-1*T* (KRAUSOVÁ a Zimák 1998). Na texturním základě lze rozlišit několik samostatných asociací: (a) jehlicovitý až hrubě stébelnatý wollastonit v bílém mramoru (Cal + Wo + Ves \pm Grs

 \pm Kfs); výjimečně může v některých partiích horniny i převládat nad kalcitem.

- (b) jemně vláknitý wollastonit s akcesorickým vesuvianem, granátem a ortoklasem v namodralém jemnozrnném mramoru.
- (c) hrubě stébelnaté, plasticky deformované agregáty wollastonitu ve skarnech, tvořených hrubozrnným vesuvianem, s relikty staršího grossularu a diopsidu a s modrým kalcitem.
- (d) stébelnatý usměrněný mladší wollastonit se zrny zeleného diopsidu, křemenem a dalšími silikáty ve skarnoidech (Wo + Cal + Di + Qtz ± Grs) je typický pro lokalitu Strachujov.

Jak bývá u wollastonitu z mramorů a Ca-skarnů pravidlem, jeho chemické slo-



Obr. 14. Pseudomorfóza Cal + Qtz po wollastonitu.Obr. 14. Pseudomorphose of calcite + quartz after wollastonite.

žení je blízké teoretickému Ca₃Si₃O₉ (tab. 10). Obsah Na se pohybuje na hranici detekce (0–0,002 apfu) a rovněž podíl Mn, Mg a Fe je celkově nízký (0,001–0,004 Mn a Mg apfu, 0,001–0,008 Fe apfu). Výjimku tvoří vzorek ze Strachujova (tab. 10, anal. 9), kde jsou obsahy Mn o řád vyšší. Obsah Ti v wollastonitech je na hranici a pod mezí detekce. Tím se odlišují nedvědické wollastonity od wollastonitů z asociace Wo + Cal + Di + Ttn ± An migmatitizovaných mramorů moldanubika z oblasti třebíčského masivu, kde je Ti mírně zvýšený (průměrně 0,003 Ti apfu).

Mikroskopický výzkum zdánlivě jednoduchých asociací s wollastonitem ukázal v některých případech na poměrně složitou texturně rovnovážnou asociaci Wo + Kfs + Grs + Di + Ves + Cal. Lokálně se v mramorech objevuje asociace Wo + Kfs + Cal, přičemž draselný živec obsahuje i časté odmíšeniny albitu. Postavení wollastonitu v minerálních asociacích je komplikované. V některých případech náleží společně s grossularem, příp. diopsidem, ke zřetelně starším minerálům než vesuvian, jindy vznikl patrně v rovnováze s vesuvianem a modrým kalcitem jako produkt zatlačování grossular-diopsidových skarnů v podmínkách bohatých H₂O a F při syntektonické metamorfóze (Novák 1995). Na žádné ze studovaných lokalit nebyl wollastonit zjištěn na přímých kontaktech mramorů s ortorulami. Wollastonit je stabilní i v retrográdní fázi metamorfózy. Pseudomorfózy Cal + Qtz po wollastonitu byly zjištěny jen ojediněle (obr. 14), což svědčí o nízkém podílu CO₂ ve fluidech během této fáze metamorfózy (TANNER *et al.* 1985).

Granáty

Cervené Ca-granáty relativně chudé pyralspitovou a uvarovitovou složkou, ve starší literatuře označované jako hessonit, se hojně vyskytují ve skarnoidech a skarnech celé studované oblasti. Zajímavé je, že v těchto granátech nebyl zjištěn anomální dvojlom, který je pro granáty z podobných paragenezí velmi typický. Některé granáty mají nepatrný podíl "fluorgranátové" komponenty.

Grossular $Ca_3Al_2(SiO_4)_3$

Grossular je podstatným minerálem ve vápenatosilikátových horninách. Tvoří převážně izometrická oranžově červená zrna velikosti max. několik mm a zrnité agregáty na většině studovaných lokalit s výjimkou okolí Víru, vzácněji je nažloutlý a nazelenalý.

(a) Přímo v mramorech se grossular vyskytuje v asociaci s výrazně převažujícím wollastonitem a akcesorickým vesuvianem: Cal + Wo + Grs + Ves ± Kfs. Má vždy nízký obsah pyralspitové a andraditové složky (< 5 %). Nepatrný je podíl Ti a obsahy Zr, Cr a P</p>

jsou na hranici detekce (tab. 11). Některá zrna mají oscilační zonálnost. Vzácný je velmi čistý grossular (Grs₉₉₋₁₀₀), který se vyznačuje oranžovou katodoluminiscencí. V modrém mramoru často zatlačuje a uzavírá starší wollastonit.

(b) Zrnité agregáty grossularu s malým obsahem Adr (< 20 %) a pyralspitu (< 5 %) jsou hojné především v rohovcích a diopsid-grossularových rulách. Jeho drobná hnědočervená zrna, která jsou místy zonální (okraje mají mírně zvýšený obsah Fe²⁺, příp. Mg nebo Mn, obr. 15), srůstají s diopsidem nebo tvoří i monominerální agregáty. Do dutin těchto hornin, vyplněných kalcitem, jsou místy vyvinu-



Obr. 15. Oscilačně zonální grossular s Fe-bohatší zónou na okraji.

Fig. 15. Oscillatory zoned grossular with Fe-rich zone along rim.

Tabulka 11. Reprezentativní chemické analýzy granátů.

 $\begin{array}{l} 1 - Grs \; (reliktni) + Wo; \; 2 - Grs + Czo + löllingit; \; 3 - Grs + Di + Wo; \; 4 - Grs + Di; \; 5 - Grs + Di; \\ 6 - Grs \; (reliktni + Ves + Wo; \; 7 - Grs \; (reliktni) + Ves; \; 8 - Grs + Wo; \; 9 - Grs + Wo; \; 10 - Grs + Di \\ + Ves + Qtz; \; 11 - Grs + Di + Ves + Qtz; \; 12 - Grt + Cpx + Ves, \; Fe-Sn-Zn \; skarn; \; 13 - Grt + Cpx \\ + Ves, \; Fe-Sn-Zn \; skarn; \; 14 - Grs + Di; \; 15 - Adr + Cal; \; 16 - Adr + Cal + malayait; \; 17 - Grs + Adr \\ + Cal; \; 18 - Grs + Adr + Cal; \; 19 - Grs \; (reliktni) + Ves + Wo; \; 20 - Grs \; (reliktni) + Ves + Wo. \end{array}$

Table 11. Representative chemical analyses of garnets.

1 - Grs (relic) + Wo; 2 - Grs + Czo + löllingite; 3 - Grs + Di + Wo; 4 - Grs + Di; 5 - Grs + Di; 6 - Grs (relic) + Ves + Wo; 7 - Grs (relic) + Ves; 8 - Grs + Wo; 9 - Grs + Wo; 10 - Grs + Di + Ves + Qtz; 11 - Grs + Di + Ves + Qtz; 12 - Grt + Cpx + Ves, Fe-Sn-Zn skarn; 13 - Grt + Cpx+Ves, Fe-Sn-Zn skarn; 14 - Grs + Di; 15 - Adr + Cal; 16 - Adr + Cal + malayaite; 17 - Grs + Adr + Cal; 18 - Grs + Adr + Cal; 19 - Grs (relic) + Ves + Wo; 20 - Grs (relic) + Ves + Wo.

| lok. č. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|
| - Loc. No: | 1 | 16 | 5 | 5 | 5 | 13 | 13 | 10 | 10 | 40 |
| SiO ₂ | 39,57 | 39,56 | 39,33 | 39,28 | 38,79 | 39,71 | 39,97 | 39,13 | 39,55 | 38,66 |
| TiO ₂ | 0,20 | 0,13 | 0,10 | 0,07 | 0,11 | 0,18 | 0,02 | 0,21 | 0,17 | 0,36 |
| Al ₂ O ₃ | 22,04 | 21,05 | 20,49 | 20,51 | 19,97 | 20,93 | 22,02 | 18,71 | 22,12 | 18,18 |
| Cr ₂ O ₃ | 0,02 | b. d. | b. d. | 0,05 | 0,02 | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. |
| Fe ₂ O ₃ * | 0,95 | 2,20 | 3,02 | 2,85 | 3,24 | 2,92 | 0,10 | 5,30 | 0,64 | 6,00 |
| FeO | b. d. | 0,15 | 1,17 | 1,34 | 1,23 | b. d. | b. d. | b. d. | 0,32 | b. d. |
| MnO | 0,22 | 0,06 | 0,09 | 0,14 | 0,07 | 0,15 | 0,01 | 0,10 | 0,19 | 0,81 |
| MgO | 0,09 | 0,07 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,08 | b. d. | 0,05 | 0,07 | 0,06 |
| CaO | 37,65 | 37,03 | 36,18 | 36,24 | 35,09 | 37,13 | 37,56 | 37,15 | 37,03 | 35,74 |
| Na ₂ O | 0,04 | 0,03 | 0,02 | b. d. | 0,05 | b. d. | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,02 |
| F | 0,23 | 0,13 | 0,17 | 0,25 | 0,02 | 0,05 | b. d. | 0,20 | 0,18 | b. d. |
| O=F | -0,10 | -0,05 | -0,07 | -0,11 | -0,01 | -0,02 | | -0,08 | -0,08 | |
| Celkem | 100,91 | 100,36 | 100,53 | 100,66 | 98,62 | 101,13 | 99,70 | 100,78 | 100,20 | 99,83 |
| | | | | | | 12 O | | | | |
| Si ⁴⁺ | 2,957 | 2,982 | 2,976 | 2,97 | 2,992 | 2,977 | 3,011 | 2,973 | 2,975 | 2,976 |
| Ti ⁴⁺ | 0,011 | 0,007 | 0,006 | 0,004 | 0,006 | 0,010 | 0,001 | 0,012 | 0,009 | 0,021 |
| Al ³⁺ | 1,941 | 1,870 | 1,827 | 1,828 | 1,816 | 1,849 | 1,955 | 1,676 | 1,958 | 1,650 |
| Cr ³⁺ | 0,001 | 0 | 0 | 0,003 | 0,001 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fe ³⁺ | 0,053 | 0,125 | 0,172 | 0,162 | 0,188 | 0,165 | 0,006 | 0,303 | 0,036 | 0,348 |
| Fe ²⁺ | 0 | 0,009 | 0,074 | 0,084 | 0,079 | 0 | 0 | 0 | 0,02 | 0 |
| Mn ²⁺ | 0,014 | 0,004 | 0,006 | 0,009 | 0,005 | 0,010 | 0,001 | 0,006 | 0,012 | 0,053 |
| Mg ²⁺ | 0,01 | 0,008 | 0,003 | 0,005 | 0,005 | 0,009 | 0 | 0,006 | 0,008 | 0,007 |
| Ca ²⁺ | 3,015 | 2,990 | 2,933 | 2,936 | 2,900 | 2,982 | 3,032 | 3,025 | 2,985 | 2,948 |
| Na⁺ | 0,006 | 0,004 | 0,003 | 0 | 0,007 | 0 | 0,003 | 0,001 | 0,001 | 0,003 |
| F | 0,054 | 0,031 | 0,041 | 0,060 | 0,005 | 0,012 | 0 | 0,048 | 0,043 | 0 |
| CATSUM | 8,062 | 8,030 | 8,041 | 8,061 | 8,004 | 8,014 | 8,009 | 8,050 | 8,048 | 8,006 |
| Gre | 97 | 93 | 80 | 80 | 88 | 92 | 99 | 85 | 97 | 81 |
| Adr | 3 | 7 | 9 | 8 | 9 | 8 | 0.5 | 15 | 2 | 17 |
| Alm + Prp | 0 | 0 | 2 | 3 | 3 | 0 | 0,5 | 0 | 1 | 2 |
| 1-1. X | 11 | 10 | 12 | 14 | 15 | 16 | 17 | 10 | 10 | 20 |
| IOK. C. - LOC NO: | 40 | 12 | 13 | 5** | 32 | 32*** | 32 | 32 | 13 | 20 |
| SiO | 38.04 | 37 37 | 36.72 | 30.20 | 35.67 | 34.58 | 30.21 | 39.42 | 30 30 | 39.61 |
| TiO | 0.82 | 0.61 | 0.42 | 0.07 | 0.30 | 0,27 | 0.30 | 0.16 | 0.10 | 0.51 |
| | 20.94 | 11 22 | 8.88 | 20.37 | 2 52 | 2 44 | 20.07 | 19.96 | 18.06 | 19.00 |
| | 0.01 | 0.03 | 0.02 | 20,07 h d | 2,02 h.d | b.d | 20,01 h d | h d | 0.03 | h d |
| | 2.39 | 14 61 | 18.99 | 3 53 | 26.98 | 26.44 | 3.67 | 3 44 | 6 43 | 3 24 |
| FeO | 2,00 | 0.86 | h d | 1 17 | 20,00 h.d | 20,11 h d | 6,67 h. d | 0,13 | b, d | 1 37 |
| MnO | 0.68 | 0,00 | 0.06 | 0.17 | 0.12 | 0.00 | | 0,10 | 0.14 | 0.07 |
| MaQ | 0,00 | 0.12 | 0.14 | 0.05 | 0.18 | 0,05 | 000000 | 0,20 | 0,14 | 0.07 |
| CaO | 35.82 | 35 50 | 35.25 | 35.6 | 33.37 | 33.25 | 36.47 | 36.38 | 36.88 | 36.00 |
| Na O | 0.01 | 0.12 | 0.08 | 55,0 h d | 0.04 | 55,25 h.d | 0.03 | 0.03 | 0.01 | 50,59 h.d |
| F | 0.81 | 0.55 | 0.26 | b.d. h.d | b,04 | b.d. b.d | 0,00 n d | 0,00 n d | 6,01 h.d | 0.30 |
| 0-F | -0.34 | -0.23 | -0.11 | b. u. | b. u. | b. u. | n. u. | n. u. | u. u. | -0.13 |
| Colkom | 99.20 | 100.93 | 100.71 | 100.25 | 99.18 | 97 /2 | 100 14 | 99.85 | 101.08 | 101.04 |

| lok. č. – | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Loc. No: | 40 | 11 | 11 | 5** | 32 | 32*** | 32 | 32 | 13 | 13 |
| | | | | | 12 O | | | | | |
| Si ⁴⁺ | 2,902 | 2,948 | 2,943 | 2,984 | 2,996 | 2,945 | 2,978 | 3,000 | 2,988 | 2,996 |
| Ti ⁴⁺ | 0,047 | 0,036 | 0,025 | 0,004 | 0,019 | 0,017 | 0,017 | 0,009 | 0,006 | 0,029 |
| Al ³⁺ | 1,883 | 1,043 | 0,839 | 1,823 | 0,249 | 0,245 | 1,797 | 1,790 | 1,618 | 1,694 |
| Cr ³⁺ | 0,001 | 0,002 | 0,001 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,002 | 0 |
| Fe ³⁺ | 0,137 | 0,867 | 1,145 | 0,202 | 1,706 | 1,694 | 0,210 | 0,197 | 0,368 | 0,185 |
| Fe ²⁺ | 0 | 0,056 | 0 | 0,075 | 0 | 0 | 0 | 0,008 | 0 | 0,087 |
| Mn ²⁺ | 0,044 | 0,006 | 0,004 | 0,011 | 0,009 | 0,006 | 0,019 | 0,017 | 0,009 | 0,004 |
| Mg ²⁺ | 0,002 | 0,014 | 0,017 | 0,006 | 0,023 | 0,044 | 0,01 | 0,009 | 0,015 | 0,008 |
| Ca ²⁺ | 2,927 | 3,008 | 3,026 | 2,896 | 3,003 | 3,034 | 2,968 | 2,966 | 3,005 | 2,998 |
| Na⁺ | 0,001 | 0,018 | 0,012 | 0 | 0,007 | 0 | 0,004 | 0,004 | 0,001 | 0 |
| F | 0,195 | 0,137 | 0,066 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,072 |
| CATSUM | 11,805 | 8,000 | 8,013 | 0 | 0 | 7,985 | 8,004 | 8,000 | 8,012 | 8,000 |
| Grs | 92 | 54 | 42 | 89 | 14 | 13 | 81 | 89 | 81 | 88 |
| Adr | 7 | 43 | 57 | 10 | 85 | 85 | 17 | 10 | 18 | 9 |
| Alm + Py | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 3 |

Tabulka 11. Reprezentativní chemické analýzy granátů (pokračování). Table 11. Representative chemical analyses of garnets (continuation).

b.d. = pod mezí detekce - below detection limit; n.d. = neanalyzováno - not analyzed

* vypočteno ze stechiometrie - calculated from stoichiometry

** 0,05 % SnO₂

*** 1, 22 % SnO_{2.}

ty nedokonalé, až 1 cm velké oranžově červené krystaly grossularu tvaru rombického dodekaedru (SEKANINA 1928). Bývají někdy oscilačně zonální.

(c) Zřetelně mladší je středně zrnitý oranžově červený grossular (hessonit) v asociaci Grs + Kfs + Cal ± Ves ve skarnoidech. Zrna a krystaly grossularu jsou v nich produktem rekrystalizace starších granát-pyroxenických rohovců. Tento grossular tvoří až 3 mm velká zrna, vzácnějí i automorfní krystaly, zarůstající do draselného živce a křemene. Uzavírá zrna mírně zonálního diopsidu (Fe bohatší okraje) a nezonálního titanitu. Čistý grossular (Grs₉₄) tvoří v těchto zrnech jen nepatrné, xenomorfně omezené relikty, jejichž chemické složení je shodné s centry zrn grossula-



ru z rohovců (Grs_{93}). Okraje zrn grossularu v rohovcích jsou chudší Grs složkou (Grs_{80} , Adr_{15} Alm + Sps₅) a jejich složení je podobné složení grossularu v žilce pegmatoidu (tab. 28, v diskusi).

Asociace Grs + Kfs je odlišná od běžných infiltračních skarnů. V Českém masivu byla dosud podrobně popsána pouze ze skarnizovaných vápenatosilikátových rohovců tvořících enklávy v granodioritu brněnského masivu u Moravských Bránic (Novák 1979, 1981). Geneze takových granátů je spjata s prostředím fluid relativně alkalického složení (ŽARIKOV 1970).

Andradit $Ca_3Fe_2(SiO_4)_3$

Granáty s vyšším podílem andraditové složky (> 40 %), která výjimečně i převládá, jsou součástí Fe-Sn-Zn skarnu v Obecním lomu. Tvoří hnědočervené zrnité agregáty s Fediopsidem, vesuvianem, sfaleritem a lokálně i s fluoritem. Obsah pyralspitové komponenty je nízký (~ 1-3 %, Alm > Prp > Sps), má mírně zvýšený obsah F (~ 0,2 apfu).

Andradit tvoří také drobná xenomorfní zrna až hypautomorfní krystaly hnědožluté barvy < 1 mm velká, která se vyskytují s kalcitem, malayaitem a kassiteritem u Kozlova, kde andradit obsahuje zvýšený podíl Sn (tab. 11, analýza 15). Katodoluminiscenční výzkum ukázal, že granáty z této lokality mohou být značně nehomogenní, s grossularovými jádry (tmavozelená CL) na které narůstá andradit bez CL (obr. 17).



- Obr. 17. (a) Asociace Sn-andraditu, grossularu a kalcitu Kozlov, zkřížené nikoly, (b) totéž v CL mikroskopu (andradit černý, narůstá na grossular šedý).
- Fig. 17. (a) Sn-andradite + grossularite+calcite (Kozlov, crossed polarisators), (b) the same in cathodoluminescence (andradite (black) overgrows of grossularite (grey).

Diopsid

CaMgSi₂O₆

Diopsid se vyskytuje jako hlavní součást jemnozrnných rohovců a skarnoidů i jako vedlejší součást budin granátických skarnů a silikáty bohatých partií mramorů. Tvoří drobná zelená zrna velikosti okolo 1 mm a je doprovázen grossularem, méně vesuvianem a dalšími minerály. Ve výbrusech je bezbarvý nebo nazelenalý. Vzácnější jsou sloupcovité krystaly omezené plochami (110), (100) a (010), které popsal RZEHAK (1910). Na základě chemického složení lze rozlišit převládající diopsid (< 12 Hd) a vzácnější Fe-diopsid (Hd₃₀₋₄₀). Obsah



Obr. 18. Žilka klinozoisitu v amfibol-diopsidické rule. Fig. 18. Clinozoisite vein in amphibol-diopside gneiss.

Na, Ti, Mn a Al je často na hranici detekce. Častá je zonálnost zrn s Mg-bohatším středem $(X_{Fe} = 10-20)$ a Fe-bohatšími okraji $(X_{Fe} = 30-40)$, někdy je vyvinuta i složitější oscilační zonálnost. V případě skarnů má nejvyšší obsah Mg diopsid v asociaci s vesuvianem na lok. č. 5 ($X_{Fe} \le 5$). Blízký koncovému Mg-členu je diopsid z dolomit-kalcitických mramorů v okolí Víru.

Klinozoisit $Ca_2Al_3Si_3O_{12}(OH)$

Bledě až tmavě zelené sloupečky a zrna až centimetrové velikosti a stébelnaté agregáty klinozoisitu popisuje SEKANINA (1946). Jde o častý, ale nenápadný vedlejší minerál v diopsidových mramorech, skarnoidech a především ve skarnech zrudněných Cu, As, Fe, Bi. Ve vzorcích může být snadno zaměněn za zelený vesuvian. Ve výbrusech tvoří bezbarvá hypautomorfní zrna, zejména v asociaci s kalcitem, a vyznačuje se anomálně modrými interferenčními barvami. Vzácnější formou jsou až 2 cm velká skelně lesklá zdvojčatěná štěpná šedá zrna, vyskytující se v živcem bohatých reakčních skarnech s jemnozrnným diopsidem na kontaktu mramoru s nadložními rulami. Místy tvoří v diopsidových rulách a rohovcích také výplň malých mladších žilek (obr. 18). Ojediněle tvoří společně s K-živcem a ferroaxinitem i krystaly velikosti do 3 mm.

KMg₃AlSi₃O₁₀(OH)₂ Flogopit

Drobné lupínky bezbarvého, žlutavého a hnědého flogopitu pokrývají plochy foliace bílých mramorů (SEKANINA 1928). V čistých, hruběji zrnitých nedvědických mramorech jde většinou o akcesorický, jen lokálně podstatněji zastoupený Mg-silikát. Na lokalitách u Víru je zachován někdy jen jako relikty v chloritu. Z chemického hlediska jde převážně o poměrně čistý Mg-flogopit ($X_{Fe} \le 4$, Ti = 0,02–0,07 apfu, F ~ 0,10–0,15 apfu), místy se zvýšeným obsahem F (0,3 apfu). V červeném mramoru na lok. č. 24 je v asociaci s fengitickým muskovitem zastoupen zlatavě hnědý "biotit" s výrazným pleochroismem (X = bezbarvý, $Y \sim Z = hnědý$), který má podstatný obsah Fe-složky ($\leq 1,076$ Fe apfu) a Ti ($\leq 0,225$ Ti apfu).

Ortoklas KAlSi₃O₈

Ortoklas se nachází ve štěpných zrnech velikosti až 2 cm a v hrubozrnných agregátech šedé barvy ve skarnoidech (SEKANINA 1946). Byl potvrzen i rentgenometricky. Typický je zvláště pro asociace s grossularem a hnědým Ti-vesuvianem. Mikroskopický ortoklas je poměrně častý ve srůstech s wollastonitem v jemnozrnných namodralých mramorech s akcesorickým grossularem, křemenem a vesuvianem. Vedle ortoklasové složky Or₉₀₋₉₇ má kolísající a místy poněkud zvýšený podíl Ab₂₋₉. Nízký je obsah Ba (Cls_{0,2-1,6}) a chybí složka slawsonitová (Sr < 0,002 apfu). Ortokľas obsahuje drobná zrna albitu, které jsou zčásti patrně produktem rozpadu původního Na-ortoklasu, typické perthity však zjištěny nebyly.

7.2. Vedlejší a akcesorické minerály С

Grafit

Přestože mezi nedvědickými mramory převládají čistě bílé variety, byly běžně zjištěny i světle šedé mramory s akcesorickým podílem grafitu, který tvoří drobné šupinky většinou mikroskopické velikosti, soustředěné někdy do neostře omezených šmouh. Vzácněji je přítomen v drobných agregátech složených z lupínků 0,X mm velkých. V případě flogopitových mramorů (např. na lok. č. 19) grafit výrazně preferuje minerální asociaci Phl + Gr před Cal + Gr. Ojedinělé jsou tmavošedé grafitické mramory na kontaktech zelenavých a modrých mramorů (lok. č. 12), které mohou představovat patrně produkt redistribuce původní grafitické příměsi vlivem infiltrujících fluid nebo se může jednat o výsledek redukce CO₂ produkovaného metamorfními procesy. V modrých mramorech grafit chybí.

Křemen SiO₂

Křemen náleží k běžným vedlejším až akcesorickým minerálům mramorů a skarnoidů, v nichž srůstá s draselným živcem, klinozoisitem, vzácněji s vesuvianem, grossularem a wollastonitem. Jeví typickou modrou katodoluminiscenci. V rovnovážné asociaci s wollastonitem a diopsidem je hojný u Strachujova. Severně od lomu na Heršince byly v pokračování mramorů ojediněle nalezeny úlomky samostatné křemen-wollastonitové horniny poměrně chudé kalcitem.

Dolomit $CaMg(CO_3)_2$

Studované čisté mramory se vyznačují velmi nízkým obsahem MgO, takže se v nich dolomit prakticky nevyskytuje (Novák 1987). Platí to zejména pro čisté mramory v okolí Nedvědice, kde je obsah MgO často ≤ 1 % (ojediněle až 3 %) a dolomit je pouze mikroskopický nebo chybí. Výjimkou jsou naopak lokality bílých mramorů u Víru, kde maximální obsah MgO až 2, 95 hm. % odpovídá asi 13 % dolomitu (KALÁŠEK *et al.* 1952). Dolomit tvoří v těchto dolomit-kalcitických mramorech společně s tremolitem a flogopitem zrna, drobné agregáty i odmíšeniny v zrnech kalcitu (Vír a Pyšolec).

Ca-Al AMFIBOLY

| Magnesiohornblend | $\Box Ca_{2}[Mg_{4}(Al,Fe^{3+})] (Si_{7}Al)O_{22}(OH)_{2}$ |
|-------------------|--|
| Ferropargasit | $NaCa_2(Fe_4,Al)_5Si_6Al_2O_{22}(OH)_2$ |

Drobné porfyroblasty a sloupečky černého amfibolu jsou součástí minerální asociace diopsidových rul a reakčních skarnů, tvořících malé polohy v rulách v blízkosti mramorů a na kontaktu mramorů a biotitických migmatitů. Ve výbrusech tvoří protáhlá hypautomorfní zrna s pleochroismem X = světle hnědá, Y = hnědozelená, Z = modravě zelená. Chemickým složením odpovídá ferropargasitu (hlavně středy zrn) a magneziohornblendu bohatému Fe (spíše okraje zrn a samostatná stébla v okolí). Pro zrna (místy poikiloblasty) amfibolu jsou místy typické hojné inkluze titanitu. Přestože nebyly zjištěny rozpadové struktury ani relikty staršího Ti-bohatšího amfibolu, je pravděpodobné, že jde o produkt reakce: Ti-Fe amfibol \rightarrow Fe-amfibol + titanit.

Tremolit CaMg₅Si₈O₂₂(OH)₂

Tremolit je běžný vedlejší silikát bílých mramorů v okolí Víru (většinou jediný silikát vedle flogopitu), kde byl zjištěn v asociacích Tr + Qtz a Tr + Di. Tvoří světle šedé a bílé stébelnaté agregáty max. 1 cm velké (lokality č. 37 a 39). Tremolit se vyznačuje typickou modrou "shortliving" katodoluminiscencí. Naopak na jižnějších lokalitách bílých mramorů u Nedvědice je jeho výskyt ojedinělý, většinou jen mikroskopický. Nazelenalé agregáty tremolitu s flogopitem jsou známy např. z lok. č. 19. Bílý stébelnatý tremolit, uváděný ve starší literatuře o nedvědických mramorech, byl později správně identifikován jako wollastonit (BURKART 1953).

Pargasit $NaCa_2(Mg_4,Al)_5Si_6Al_2O_{22}(OH)_2$

Některá bílá zrna a drobná stébla amfibolu velikosti okolo 1 mm, vyskytující se v bílých flogopitových mramorech, byla na základě chemického složení určena jako pargasit.

Aktinolit $\Box Ca(Mg,Fe^{2+})_5Si_8O_{22}(OH)_2$

Na trhlinách diopsidových rul a reakčních skarnů se vyskytují i větší radiálně stébelnaté agregáty černozeleného aktinolitu. Má relativně vyšší obsah Fe a blíží se ferroaktinolitu.

Hedenbergit CaFeSi₂O₆

Klinopyroxen s vysokým obsahem Fe ($X_{Fe} > 44$), složením se blížící hedenbergitu, náleží k vzácným minerálům studovaných skarnů. Hořečnatý hedenbergit ($X_{Fe} \sim 60$) tvoří ojedinělá tmavozelená zrna milimetrové velikosti v Fe-Sn-Zn skarnu (tab. 12, analýza 2).

PLAGIOKLASY NaAlSi $_3O_8$ - CaAl $_2Si_2O_8$

Plagioklasy představují charakteristický minerál nedvědických mramorů a některých vápenatosilikátových hornin. Ve smyslu dnešní mineralogické nomenklatury jde ve všech případech o albit, v němž Ca-složka kolísá v rozmezí An₅₋₃₇, zatímco podíl K je relativně nízký a obsah Ba a Sr bezvýznamný.

Tabulka 12. Reprezentativní chemické analýzy pyroxenů.

 $\begin{array}{l} 1-2=z \ Fe-Sn-Zn \ skarnu; \ 3-Cal+Di; \ 4-Di+Grs+Wo+Ves; \ 5-Di \ (reliktni)+Ves; \ 6-Di \ (okraj)+Ves; \ 7-Di+Grs; \ 8-Di+Czo+arzenopyrit; \ 9-Di+Ves+Cal; \ 10-Di+Cal+Tr; \ 11-Di+Kfs; \ 12-Di+Grs; \ 13-Wo+Di+Ti-Ves; \ 14-Di+Wo+Grs+Qtz; \ 15-Di+Sn-Adr; \ 16-Di+Cal+Czo; \ 17-Di+Qtz+Cz+Amf; \ 18-Di+Phl+Tr; \ 19-Grs+Di, \ relikty \ veVes; \ 20-Grs+D, \ i \ relikty \ veVes. \end{array}$

Table 12. Representative chemical analyses of pyroxenes.
1-2 = from Fe-Sn-Zn skarn; 3 - Cal + Di; 4 - Di + Grs + Wo + Ves; 5 - Di (relic) + Ves; 6 - Di (rim) + Ves; 7 - Di + Grs; 8 - Di + Czo + arsenopyrite; 9 - Di + Ves + Cal; 10 - Di + Cal + Tr; 11 - Di + Kfs; 12 - Di + Grs; 13 - Wo + Di + Ti-Ves; 14 - Di + Wo + Grs + Qtz; 15 - Di + Sn-Adr; 16 - Di + Cal + Czo; 17 - Di + Qtz + Cz + amphibole; 18 - Di + Phl + Tr; 19 - Grs + Di relic, in Ves; 20 - Grs + Di relic in Ves.

| lok. č. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--------------------------------|-------|--------|--------|--------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| – Loc. No: | 11 | 11 | 5 | 11 | 13 | 13 | 10 | 16 | 29 | 37 |
| SiO ₂ | 51,54 | 50,74 | 53,40 | 55,64 | 54,80 | 55,19 | 55,06 | 53,67 | 53,04 | 54,50 |
| Al ₂ O ₃ | 0,18 | 0,55 | 0,46 | 0,54 | 0,24 | 0,22 | 0,47 | 1,01 | 0,68 | 0,40 |
| FeO | 15,00 | 17,66 | 10,20 | 2,66 | 3,54 | 3,23 | 3,01 | 7,91 | 8,34 | 0,45 |
| MnO | 0,25 | 0,14 | 0,26 | 0,20 | 0,06 | 0,15 | 0,20 | 0,26 | 0,28 | 0,07 |
| MgO | 8,77 | 6,90 | 12,00 | 16,67 | 16,20 | 16,39 | 16,54 | 13,23 | 12,52 | 18,33 |
| CaO | 24,12 | 23,6 | 24,59 | 25,69 | 25,80 | 25,82 | 25,30 | 24,32 | 24,57 | 26,20 |
| Na ₂ O | 0,13 | 0,36 | 0,25 | 0,30 | 0,13 | 0,10 | 0,26 | b. d. | 0,31 | 0,09 |
| Celkem | 99,99 | 99,96 | 101,16 | 101,70 | 100,77 6 O | 101,10 | 100,84 | 100,41 | 99,74 | 100,08 |
| Si ⁴⁺ | 1,993 | 1,986 | 1,992 | 1,996 | 1,993 | 1,997 | 1,994 | 1,991 | 1,992 | 1,974 |
| Al ³⁺ | 0,008 | 0,025 | 0,020 | 0,023 | 0,010 | 0,009 | 0,020 | 0,044 | 0,030 | 0,017 |
| Fe ²⁺ | 0,485 | 0,578 | 0,318 | 0,080 | 0,108 | 0,098 | 0,091 | 0,245 | 0,262 | 0,014 |
| Mn ²⁺ | 0,008 | 0,005 | 0,008 | 0,006 | 0,002 | 0,005 | 0,006 | 0,008 | 0,009 | 0,002 |
| Mg ²⁺ | 0,505 | 0,403 | 0,667 | 0,891 | 0,878 | 0,884 | 0,893 | 0,732 | 0,701 | 0,990 |
| Ca ²⁺ | 0,999 | 0,990 | 0,983 | 0,987 | 1,005 | 1,001 | 0,982 | 0,967 | 0,989 | 1,017 |
| Na ⁺ | 0,010 | 0,027 | 0,018 | 0,021 | 0,009 | 0,007 | 0,018 | 0 | 0,023 | 0,006 |
| CATSUM | 4,008 | 4,014 | 4,007 | 4,004 | 4,006 | 4,001 | 4,005 | 3,987 | 4,005 | 4,020 |
| lok. č. | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| – Loc. No: | 10 | 10 | 5 | 40 | 32 | 12 | 16 | 27 | 13 | 13 |
| SiO ₂ | 53,00 | 54,40 | 54,11 | 54,10 | 55,02 | 53,76 | 54,50 | 55,92 | 53,18 | 52,17 |
| Al ₂ O ₃ | 0,89 | 0,52 | 1,56 | 0,39 | 0,14 | 1,37 | 0,75 | 0,24 | 1,21 | 1,31 |
| FeO | 8,71 | 4,77 | 2,74 | 5,78 | 2,84 | 6,05 | 5,99 | 1,69 | 8,91 | 10,07 |
| MnO | 0,67 | 0,59 | 0,04 | 0,97 | 0,18 | b. d. | 0,10 | b. d. | 0,77 | 0,49 |
| MgO | 12,39 | 14,84 | 16,57 | 13,86 | 16,37 | 13,76 | 14,16 | 17,78 | 11,91 | 11,36 |
| CaO | 23,46 | 25,29 | 25,69 | 24,80 | 25,76 | 24,31 | 25,01 | 26,06 | 24,00 | 23,22 |
| Na ₂ O | 0,44 | 0,34 | 0,18 | 0,31 | 0,02 | 0,71 | 0,34 | 0,09 | 0,61 | 0,64 |
| Celkem | 99,56 | 100,75 | 100,89 | 100,21 | 100,33 6 O | 99,97 | 100,85 | 101,78 | 100,59 | 99,30 |
| Si ⁴⁺ | 1,971 | 1,993 | 1,966 | 2,003 | 2,003 | 1,988 | 1,998 | 1,995 | 1,985 | 1,981 |
| Al ³⁺ | 0,041 | 0,022 | 0,067 | 0,017 | 0,006 | 0,060 | 0,032 | 0,010 | 0,053 | 0,059 |
| Fe ²⁺ | 0,283 | 0,146 | 0,053 | 0,179 | 0,086 | 0,187 | 0,184 | 0,050 | 0,278 | 0,320 |
| Mn ²⁺ | 0,022 | 0,018 | 0,001 | 0,030 | 0,006 | 0 | 0,003 | 0 | 0,024 | 0,016 |
| Mg ²⁺ | 0,689 | 0,811 | 0,898 | 0,765 | 0,888 | 0,759 | 0,774 | 0,946 | 0,663 | 0,643 |
| Ca ²⁺ | 0,976 | 0,993 | 1,000 | 0,984 | 1,005 | 0,963 | 0,982 | 0,996 | 0,960 | 0,945 |
| · · · + | | | | | | | | | | |
| Na | 0,033 | 0,024 | 0,013 | 0,022 | 0,001 | 0,051 | 0,024 | 0,006 | 0,044 | 0,047 |

Ti pod mezí detekce - Ti below detection limit

| lok. č. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| – Loc. No: | 13 | 11 | 29 | 7 | 18 | 9 | 11 | 11 | 15 | 24 |
| SiO ₂ | 38,99 | 39,00 | 38,67 | 38,70 | 38,32 | 38,29 | 37,40 | 37,87 | 38,18 | 37,93 |
| TiO ₂ | 0,07 | 0,27 | 0,08 | 0,18 | 0,09 | 0,17 | 0,06 | 0,21 | 0,08 | 0,08 |
| Al ₂ O ₃ | 29,24 | 28,68 | 28,23 | 26,91 | 28,22 | 27,13 | 23,96 | 27,00 | 27,83 | 27,89 |
| Fe ₂ O ₃ | 5,54 | 6,45 | 6,50 | 8,66 | 6,34 | 8,12 | 11,94 | 8,03 | 7,47 | 6,73 |
| MnO | 0,02 | 0,11 | b. d. | 0,12 | 0,02 | 0,07 | 0,03 | 0,05 | b. d. | 0,04 |
| CaO | 23,93 | 24,36 | 24,18 | 23,97 | 23,73 | 24,55 | 23,74 | 24,21 | 24,46 | 24,85 |
| H ₂ O * | 1,82 | 1,95 | 1,82 | 1,74 | 1,91 | 1,84 | 1,88 | 1,88 | 1,92 | 1,83 |
| F | 0,26 | b. d. | 0,23 | 0,41 | b. d. | 0,17 | 0,02 | 0,06 | b. d. | 0,15 |
| O=F | -0,11 | | -0,1 | -0,17 | | -0,07 | -0,01 | -0,03 | | -0,06 |
| Celkem | 99,83 | 100,89 | 99,64 | 100,57 | 98,63 | 100,27 | 99,02 | 99,28 | 99,94 | 99,44 |
| | | | | | 13 O | | | | | |
| Si ⁴⁺ | 3,013 | 2,997 | 3,009 | 3,007 | 3,011 | 2,985 | 2,998 | 2,980 | 2,977 | 2,988 |
| Ti ⁴⁺ | 0,004 | 0,016 | 0,005 | 0,011 | 0,005 | 0,01 | 0,004 | 0,012 | 0,005 | 0,005 |
| Al ³⁺ | 2,663 | 2,597 | 2,589 | 2,464 | 2,614 | 2,493 | 2,263 | 2,504 | 2,557 | 2,589 |
| Fe ³⁺ | 0,322 | 0,373 | 0,381 | 0,506 | 0,375 | 0,476 | 0,708 | 0,476 | 0,438 | 0,399 |
| Mn ²⁺ | 0,001 | 0,007 | 0 | 0,008 | 0,001 | 0,005 | 0,002 | 0,003 | 0 | 0,003 |
| Ca ²⁺ | 1,981 | 2,006 | 2,016 | 1,995 | 1,981 | 2,051 | 2,039 | 2,041 | 2,043 | 2,03 |
| H⁺ | 0,936 | 1,000 | 0,943 | 0,899 | 1,000 | 0,958 | 0,995 | 0,985 | 1,000 | 0,963 |
| F | 0,064 | 0 | 0,057 | 0,101 | 0 | 0,042 | 0,005 | 0,015 | 0 | 0,037 |
| 0 ²⁻ | 12,936 | 13,000 | 12,943 | 12,899 | 13,000 | 12,958 | 12,995 | 12,985 | 13,000 | 12,963 |
| CATSUM | 7,992 | 8,005 | 8,002 | 7,998 | 7,990 | 8,020 | 8,013 | 8,017 | 8,021 | 8,013 |
| Ps (%) | 11 | 13 | 13 | 17 | 13 | 16 | 24 | 16 | 15 | 11 |

Tabulka 13. Reprezentativní chemické analýzy klinozoisitu-epidotu. Table 13. Representative chemical analyses of clinozoisite-epidote.

* vypočteno ze stechiometrie

Na 0-0,010 apfu (průměr 0,002 apfu); Mg 0-0,010 apfu (průměr 0,003)

* Calculated from stoichiometry

Na 0-0.010 apfu (average 0.002 apfu); Mg 0-0.010 apfu (average 0.003 apfu)

Albit

Albit je nenápadný, ale rozšířený minerál mramorů a skarnoidů. Vyskytuje se převážně v asociaci s draselným živcem, v němž tvoří někdy hojné drobné inkluze (odmíšeniny?), dále s diopsidem, ale i s grossularem, wollastonitem a ferroaxinitem. Vzácná jsou izolovaná zrna albitu až 10 cm velká v relativně čistém bílém mramoru (lok č. 11), jejichž geneze je nejasná. V těchto zrnech se střídají širší nepravidelné zóny albitu An_5 a oligoklasu An_{27} . Obsah K komponenty je nízký (~ 1-3 % Kfs), podíl Ba a Sr je na hranici detekce. Albit se rovněž vyskytuje v podobě drobných nedokonalých krystalů spolu s aktinolitickým amfibolem a ojediněle s prehnitem na trhlinách reakčních skarnů a diopsidových rul.

Oligoklas

Plagioklas složení $An_{11-27}Or_2$ je typickou složkou amfibolicko-diopsidových rul a vzácněji i silikátových typů mramorů, v nichž tvoří polysynteticky lamelovaná hypautomorfní až xenomorfní nezonální zrna.

Andezín

Menší část plagioklasů ve skarnoidech, zejména v asociaci s klinozoisitem, odpovídá svým obsahem An_{30-37} andezínu. Plagioklasy andezínového, příp. bazičtějšího složení v reakčních skarnech však byly však většinou zcela přeměněny v jemnozrnné směsi jílových minerálů. Zachované živce většiny vápenatosilikátových hornin proto mají často nižší obsah An složky ve srovnání s některými plagioklasy An_{35-40} z okolních biotitických pararul (srovnej NĚMEC 1968a). Pseudomorfózy po krystalech bazických plagioklasů a tvořené jemnozrnným slídnatým minerálem se zrny axinitu, oligoklasu a prehnitu popisuje rovněž SEKANINA (1946).
Tabulka 14. Reprezentativní chemické složení slíd.

- 1 Phl + Cal + Dol + Chl; 2 Phl + Cal; 3 Phl + Cal; 4 Phl + Tr (tab. 15, anal. 5); 5 Phl + Cal + grafit; 6 Ms + Fe-Cal; 7 Phl + amfibol; 8 Phl + amfibol; 9 Phl + Tr; 10 Bt + Fe-Cal + Ms. Table 14. Representative chemical analyses of micas.
 - 1 Phl + Cal + Dol + Chl; 2 Phl + Cal; 3 Phl + Cal; 4 Phl + Tr (tab. 15, anal. 5); 5 Phl + Cal + graphite; 6 - Ms + Fe-Cal; 7 - Phl + amphibole; 8 - Phl + amphibole; 9 - Phl + Tr; 10 - Bt + Fe-Cal + Ms.

| lok. č. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|
| - Loc. No: | 39 | 37 | 37 | 37 | 14 | 24 | 11 | 11 | 27 | 24 |
| SiO ₂ | 40,81 | 41,34 | 40,82 | 40,90 | 42,63 | 46,41 | 40,23 | 39,75 | 41,08 | 36,99 |
| TiO ₂ | 1,14 | 1,18 | 1,11 | 1,12 | 0,35 | 0,53 | 0,62 | 0,64 | 0,38 | 3,99 |
| Al ₂ O ₃ | 16,74 | 16,44 | 16,46 | 16,29 | 13,35 | 30,87 | 17,25 | 17,67 | 15,52 | 15,34 |
| Cr ₂ O ₃ | 0,03 | 0,05 | 0,01 | b. d. | 0,02 | 0,07 | b. d. | b. d. | b. d. | 0,06 |
| FeO _{tot} | 0,99 | 1,13 | 1,62 | 1,40 | 1,57 | 4,06 | 4,42 | 4,51 | 3,21 | 16,56 |
| MnO | b. d. | 0,05 | 0,03 | b. d. | 0,03 | 0,08 | 0,01 | 0,05 | 0,04 | b. d. |
| MgO | 25,14 | 25,73 | 24,47 | 24,84 | 26,50 | 1,72 | 23,3 | 22,35 | 23,69 | 12,71 |
| CaO | 0,49 | 0,14 | 0,28 | 0,28 | 0,11 | 0,09 | 0,01 | 0,03 | 0,09 | 0,17 |
| Na ₂ O | 0,08 | 0,09 | 0,06 | 0,08 | 0,35 | 0,22 | 0,40 | 0,43 | 0,13 | 0,11 |
| K ₂ O | 9,24 | 10,25 | 10,23 | 10,04 | 9,73 | 10,92 | 9,78 | 9,85 | 10,45 | 9,81 |
| H ₂ O* | 4,02 | 4,19 | 4,10 | 4,02 | 3,71 | 4,36 | 3,97 | 3,98 | 3,91 | 3,77 |
| F | 0,57 | 0,33 | 0,37 | 0,59 | 1,19 | 0,08 | 0,66 | 0,53 | 0,66 | 0,47 |
| CI | 0,02 | 0,02 | 0,04 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | b. d. | 0,02 | 0,01 | b. d. |
| O=F | -0,24 | -0,14 | -0,16 | -0,25 | -0,50 | -0,03 | -0,28 | -0,22 | -0,28 | -0,20 |
| O=CL | | | -0,01 | | | | | | | |
| Celkem | 99,03 | 100,8 | 99,43 | 99,63 | 99,05 | 99,39 | 100,37 | 99,59 | 98,89 | 99,78 |
| | | | | | 12.0 | | | | | |
| Qi ⁴⁺ | 2 8/15 | 2 8/17 | 2 857 | 2 851 | 2 988 | 3 160 | 2 810 | 2 8 1 1 | 2 91/ | 2 777 |
| - ті ⁴⁺ | 0.060 | 0.061 | 0.058 | 0.059 | 0.018 | 0.027 | 0.033 | 0.034 | 0.020 | 0.225 |
| ΛI ³⁺ | 1 376 | 1 335 | 1 358 | 1 364 | 1 103 | 2 477 | 1 / 25 | 1 /73 | 1 207 | 1 357 |
| Cr ³⁺ | 0.002 | 0.003 | 0.001 | 1,004 | 0.001 | 0.004 | 1,420 | 1,475 | 1,207 | 0.004 |
| Ε0 ²⁺ | 0,002 | 0,000 | 0,001 | 0 082 | 0,001 | 0,004 | 0 259 | 0.267 | 0 190 | 1 0/0 |
| Mn ²⁺ | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,002 | 0,002 | 0,005 | 0,200 | 0,003 | 0,002 | 1,040 |
| Ma ²⁺ | 2 613 | 2 642 | 2 553 | 2 581 | 2 769 | 0,000 | 2 434 | 2,356 | 2 505 | 1 4 2 3 |
| Ca ²⁺ | 0.037 | 0.010 | 0.021 | 0.021 | 0.008 | 0,007 | 0.001 | 0.002 | 0.007 | 0.014 |
| Na ⁺ | 0.011 | 0.012 | 0,008 | 0.011 | 0.048 | 0,000 | 0.054 | 0.059 | 0.018 | 0.016 |
| K ⁺ | 0.822 | 0,012 | 0,000 | 0,893 | 0,040 | 0,020 | 0,004 | 0,000 | 0.946 | 0,010 |
| н* | 1.872 | 1 926 | 1 913 | 1 868 | 1 735 | 1 980 | 1 854 | 1 879 | 1 851 | 1 888 |
| F | 0.126 | 0.072 | 0.082 | 0.130 | 0 264 | 0.017 | 0 146 | 0 119 | 0 148 | 0 112 |
| | 0,002 | 0,072 | 0,002 | 0,100 | 0,201 | 0,017 | 0,140 | 0,002 | 0,001 | 0,112 |
| 0 ²⁻ | 11 872 | 11 926 | 11 913 | 11 868 | 11 735 | 11 980 | 11 854 | 11 879 | 11 851 | 11 888 |
| CATSUM | 7.823 | 7.879 | 7.866 | 7.860 | 7.900 | 7.062 | 7.900 | 7.893 | 7.899 | 7,795 |
| | ., | ., | ., | ., | ., | ., | ., | ., | .,200 | ., |

* vypočteno ze stechiometrie - calculated from stoichiometry

Hyalofán (K, Ba)AlSi₃O₈

Hyalofán byl zjištěn v drobných hypautomorfních zrnech velikosti < 1 mm, která tvoří drobné inkluze ve velkém zrnu albitu v asociaci s drobnými zrny ortoklasu v mramoru. Převládajícím složením $Cls_{19}An_{0.5}Ab_{2.5}Or_{78}$ odpovídá podle současné nomenklatury draselnému hyalofánu. Je součástí čtyřfázové živcové asociace albit-oligoklas-ortoklas-hyalofán, která byla popsána např. z některých mramorů oblasti Grenville, (Ontario, Kanada), od níž se však odlišuje nižším obsahem Ab, Cls, An a slawsonitové komponenty (0,003–0,004 apfu Sr). Nízký obsah Ab složky v nedvědickém hyalofánu neodpovídá stupni metamorfózy nedvědických mramorů (amfibolitová facie) a proto patrně vznikl až při relativně nízké T v pozdně metamorfním retrográdním stadiu (srovnej ESSENE *et al.* 2005). Mírně zvýšený obsah Ba (~ 0.01 apfu) je rovněž typický pro draselný živec v asociaci s ferroaxinitem (tato práce).

Tabulka 15. Reprezentativní chemické analýzy amfibolů.

1 - střed černého amfibolu; 2 - okraj černého amfibolu, oba reakční skarn; 3 - Tr + Dol + Cal;
4 - Cal + Phl + Tr + Di (střed); 5 - Cal + Phl + Tr + Di (okraj); 6 -7 = Tr + Cal + Phl mramor; 8 = reakční skarn Di + Amf; 9 - Phl mramor; 10 - reakční skarn Amf + Czo.

Table 15. Representative chemical analyses of amphiboles.

1 - black amphibole (core); 2 - black amphibole (rim), both reaction skarn; 3 - Tr + Dol + Cal;
4 - Cal + Phl + Tr + Di (core); 5 - Cal + Phl + Tr + Di (rim); 6 -7 = Tr + Cal + Phl marble; 8 = reaction skarn Di + Amf; 9 - Phl marble; 10 - reaction skarn Amf + Czo.

| lok. č. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| - Loc. No: | 11 | 11 | 39 | 37 | 37 | 14 | 14 | 7 | 12 | 18 |
| SiO ₂ | 41,82 | 50,63 | 56,27 | 56,94 | 57,83 | 54,39 | 57,54 | 43,30 | 45,56 | 42,62 |
| TiO ₂ | 0,77 | 0,21 | 0,07 | 0,11 | 0,07 | 0,10 | 0,01 | 0,55 | 0,29 | 0,60 |
| Al ₂ O ₃ | 13,02 | 4,18 | 3,09 | 2,43 | 1,27 | 4,15 | 1,34 | 11,75 | 15,47 | 12,85 |
| Cr ₂ O ₃ | 0,04 | b. d. | 0,01 | 0,01 | 0,04 | b. d. | b. d. | 0,06 | b. d. | 0,01 |
| FeO _{tot} | 19,96 | 18,21 | 0,80 | 1,19 | 0,64 | 0,33 | 2,81 | 16,67 | 1,80 | 15,98 |
| MnO | 0,32 | 0,34 | 0,02 | b. d. | 0,06 | b. d. | 0,06 | 0,28 | 0,03 | 0,41 |
| MgO | 7,57 | 11,68 | 23,42 | 23,52 | 24,33 | 23,12 | 22,06 | 10,30 | 18,38 | 9,74 |
| CaO | 11,48 | 12,24 | 13,96 | 13,89 | 13,95 | 13,37 | 13,91 | 12,08 | 12,59 | 11,91 |
| Na ₂ O | 1,44 | 0,45 | 0,20 | 0,18 | 0,09 | 1,62 | 0,26 | 1,28 | 3,19 | 1,28 |
| K ₂ O | 1,76 | 0,35 | 0,23 | 0,10 | 0,17 | 0,24 | 0,03 | 1,68 | 0,88 | 1,74 |
| F | 0,17 | 0,17 | 0,06 | 0,13 | 0,13 | 0,64 | 0,33 | 0,61 | 0,57 | 0,32 |
| H ₂ O* | 1,88 | 1,95 | 2,17 | 2,14 | 2,15 | 1,87 | 2,03 | 1,70 | 1,88 | 1,83 |
| O=F | -0,07 | -0,07 | -0,03 | -0,05 | -0,05 | -0,27 | -0,14 | -0,26 | -0,24 | -0,13 |
| Celkem | 100,17 | 100,34 | 100,28 | 100,60 | 100,69 | 99,57 | 100,24 | 100,01 | 100,40 | 99,16 |
| | | | | | 24 O | | | | | |
| Si ⁴⁺ | 6,373 | 7,481 | 7,657 | 7,725 | 7,821 | 7,488 | 7,881 | 6,507 | 6,352 | 6,440 |
| Ti ⁴⁺ | 0,088 | 0,023 | 0,007 | 0,011 | 0,007 | 0,010 | 0,001 | 0,062 | 0,030 | 0,068 |
| Al ³⁺ | 2,338 | 0,728 | 0,496 | 0,389 | 0,202 | 0,673 | 0,216 | 2,081 | 2,542 | 2,288 |
| Cr ³⁺ | 0,005 | 0 | 0,001 | 0,001 | 0,004 | 0 | 0 | 0,007 | 0 | 0,001 |
| Fe ²⁺ | 2,544 | 2,250 | 0,091 | 0,135 | 0,072 | 0,038 | 0,322 | 2,095 | 0,210 | 2,019 |
| Mn ²⁺ | 0,041 | 0,043 | 0,002 | 0 | 0,007 | 0 | 0,007 | 0,036 | 0,004 | 0,052 |
| Mg ²⁺ | 1,720 | 2,573 | 4,751 | 4,757 | 4,906 | 4,745 | 4,504 | 2,307 | 3,820 | 2,194 |
| Ca ²⁺ | 1,874 | 1,938 | 2,035 | 2,019 | 2,021 | 1,972 | 2,041 | 1,945 | 1,881 | 1,928 |
| Na⁺ | 0,425 | 0,129 | 0,053 | 0,047 | 0,024 | 0,432 | 0,069 | 0,373 | 0,862 | 0,375 |
| K⁺ | 0,342 | 0,066 | 0,040 | 0,017 | 0,029 | 0,042 | 0,005 | 0,322 | 0,157 | 0,335 |
| F | 0,082 | 0,079 | 0,026 | 0,056 | 0,056 | 0,279 | 0,143 | 0,290 | 0,251 | 0,153 |
| H⁺ | 1,915 | 1,918 | 1,974 | 1,940 | 1,942 | 1,719 | 1,857 | 1,708 | 1,749 | 1,847 |
| O ²⁻ | 23,915 | 23,918 | 23,974 | 23,94 | 23,942 | 23,719 | 23,857 | 23,708 | 23,749 | 23,847 |
| CATSUM | 15,751 | 15,23 | 15,134 | 15,101 | 15,095 | 15,402 | 15,047 | 15,735 | 15,856 | 15,702 |

* vypočteno ze stechiometrie – calculated from stoichiometry Cl pod mezi detekce – Cl below detection limit

Muskovit $KAl_2AlSi_3O_{10}(OH)_2$

Akcesorický fengitický muskovit relativně bohatý Fe a Mg (Fe = 0,231; Mg = 0,175 apfu) se vyskytuje v červeném mramoru na lok č. 24 v asociaci s biotitem. Drobně lupenité agregáty sericitu byly jako retrográdní fáze zjištěny ve výplni tenkých trhlin klinozoisitu v reakčních skarnech (asociace Czo + Ab + Kfs) a rovněž s K-živcem na trhlinách skarnoidů.

Epidot $Ca_2Al_2(Fe^{3+}, Al)Si_3O_{12}(OH)$

Je vzácnou součástí některých velkých zrn klinozoisitu, kde tvoří pouze úzké zóny, především v Fe-Sn-Zn skarnech. Ve všech případech má poměrně nízký obsah pistacitové složky (Ps_{17-24}). Epidotu Ps_{25} náležejí téměř mikroskopická žlutozelená zrna v asociaci s Fe-kalcitem, křemenem, titanitem a rutilem v červeném mramoru na lok. č. 24.

Tabulka 16. Reprezentativní chemické analýzy živců.

1 - Wo + Kfs; 2 - Ab + Di + Grs; 3-4 = velké zrno albitu v mramoru; 5-6 = Kfs a hyalofán v albitu; 7-8 = Ab + Kfs + Czo + Cal; 9 = Kfs + Tr + Cal; 10 = Ab + Kfs + Fe - Cal + Ms + Bt; 11 - Cal + Pl + Ep; 12-15 = reakční skarn Kfs + Pl + Do - Czo; 16 = Pl + Kfs + Di + Czo + Amf; 17 = Kfs + Grs; 18-19 = rula v mramoru, Pl + Czo + Bt + Ms.

Table 16. Representative chemical analyses of feldspars.

1 - Wo + Kfs; 2 - Ab + Di + Grs; 3-4 = large albite grain inside marble; 5-6 = Kfs and hyalophane in albite; 7-8 = Ab + Kfs + Czo + Cal; 9 - Kfs + Tr + Cal; 10 - Ab + Kfs + Fe - Cal + Ms + Bt; 11 -Cal + Pl + Ep; 12-15 = reaction skarn Kfs + Pl + Do - Czo; 16 = Pl + Kfs + Di + Czo + Amf; 17 = Kfs + Grs; 18-19 = gneiss in marble, Pl + Czo + Bt + Ms.

| lok. č. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|--|---|--|---|--|--|---|--|---|--------|
| - Loc. No: | 1 | 5 | 11 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 37 | 24 |
| SiO ₂ | 64,50 | 67,94 | 62,02 | 66,29 | 64,70 | 56,57 | 63,05 | 64,15 | 64,13 | 58,89 |
| Al ₂ O ₃ | 18,42 | 19,69 | 24,33 | 22,18 | 18,37 | 20,94 | 22,87 | 18,93 | 18,41 | 26,51 |
| CaO | 0,02 | 0,28 | 5,70 | 1,06 | 0,04 | 0,09 | 4,01 | 0,09 | 0,15 | 7,80 |
| BaO | 0,72 | b. d. | b. d. | b. d. | 0,03 | 9,70 | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. |
| SrO | 0,01 | b. d. | b. d. | 0,18 | 0,07 | 0,10 | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. |
| Na ₂ O | 0,21 | 11,67 | 8,26 | 10,17 | 0,34 | 0,29 | 8,96 | 0,85 | 0,86 | 6,96 |
| K,Ō | 16,34 | 0,19 | 0,28 | 0,55 | 16,51 | 12,05 | 0,34 | 15,67 | 15,69 | 0,35 |
| Celkem | 100,22 | 99,77 | 100,59 | 100,43 | 100,06 | 99,74 | 99,23 | 99,69 | 99,24 | 100,51 |
| | | | | | | | | | | |
| C: ⁴⁺ | 2 000 | 2.070 | 0 706 | 2 002 | 2 005 | 2 702 | 2 006 | 2 072 | 2 006 | 2610 |
| 51 A1 ³⁺ | 2,990 | 2,979 | 2,730 | 2,093 | 2,990 | 2,792 | 2,000 | 2,972 | 2,900 | 2,010 |
| AI O- ²⁺ | 1,006 | 1,010 | 1,200 | 1,141 | 1,002 | 1,210 | 0,101 | 0.004 | 1,010 | 1,309 |
| Ca | 0,001 | 0,013 | 0,270 | 0,049 | 0,002 | 0,005 | 0,191 | 0,004 | 0,008 | 0,371 |
| Dd 0-2+ | 0,013 | 0 | 0 | 0 005 | 0,001 | 0,100 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sr N= ⁺ | 0,001 | 0 | 0 707 | 0,005 | 0,002 | 0,003 | 0 774 | 0 | 0 070 | 0 |
| ina ikt | 0,019 | 0,992 | 0,707 | 0,861 | 0,031 | 0,028 | 0,774 | 0,076 | 0,078 | 0,600 |
| K | 0,966 | 0,011 | 0,016 | 0,030 | 0,975 | 0,759 | 0,019 | 0,926 | 0,932 | 0,02 |
| CATSUM | 4,996 | 5,013 | 4,994 | 4,979 | 5,008 | 4,993 | 4,989 | 5,012 | 5,014 | 4,998 |
| Ab | 1,9 | 97,7 | 71,3 | 91,5 | 3,0 | 2,8 | 78,6 | 7,6 | 7,7 | 60,5 |
| An | 0,1 | 1,3 | 27,1 | 5,3 | 0,2 | 0,5 | 19,4 | 0,4 | 0,8 | 37,4 |
| Or | 96,7 | 1,0 | 1,6 | 3,2 | 96,7 | 77,5 | 2,0 | 92,0 | 91,5 | 2,1 |
| celsian | 1.3 | 0 | 0 | 0 | 0.1 | 19.2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | .,. | | 0 | | - / | - / | | | | |
| lok. č. | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | |
| lok. č. – Loc. No: | 11 24 | 12 9 | 13 9 | 14 9 | 15 9 | 16 11 | 17 10 | 18 18 | 19 18 | |
| lok. č. – Loc. No: SiO ₂ | 11 24 64,41 | 12 9 65,80 | 13 9 69,19 | 14 9 59,65 | 15 9 64,20 | 16 11 61,12 | 17 10 63,94 | 18 18 63,32 | 19 18 63,38 | |
| lok. č. – Loc. No: SiO ₂ Al ₂ O ₃ | 11 24 64,41 18,47 | 12 9 65,80 21,95 | 13 9 69,19 19,75 | 14 9 59,65 25,38 | 15 9 64,20 18,40 | 16 11 61,12 24,15 | 17 10 63,94 18,21 | 18 18 63,32 23,66 | 19 18 63,38 23,07 | |
| | 11 24 64,41 18,47 0,09 | 12 9 65,80 21,95 2,38 | 13 9 69,19 19,75 0,30 | 14 9 59,65 25,38 7,21 | 15 9 64,20 18,40 0,04 | 16 11 61,12 24,15 5,70 | 17 10 63,94 18,21 0,03 | 18 18 63,32 23,66 4,74 | 19 18 63,38 23,07 4,30 | |
| lok. č. – Loc. No: SiO ₂ Al ₂ O ₃ CaO BaO | 11 24 64,41 18,47 0,09 b. d. | 12 9 65,80 21,95 2,38 b. d. | 13 9 69,19 19,75 0,30 b. d. | 14 9 59,65 25,38 7,21 b. d. | 15 9 64,20 18,40 0,04 0,43 | 16 11 61,12 24,15 5,70 b. d. | 17 10 63,94 18,21 0,03 0,09 | 18 18 63,32 23,66 4,74 b. d. | 19 18 63,38 23,07 4,30 b. d. | |
| lok. č. – Loc. No: SiO ₂ Al ₂ O ₃ CaO BaO SrO | 11 24 64,41 18,47 0,09 b. d. b. d. | 12 9 65,80 21,95 2,38 b. d. 0,15 | 13 9 69,19 19,75 0,30 b. d. 0,03 | 14 9 59,65 25,38 7,21 b. d. 0,11 | 15 9 64,20 18,40 0,04 0,43 0,05 | 16 11 61,12 24,15 5,70 b. d. b. d. b. d. | 17 10 63,94 18,21 0,03 0,09 0,07 | 18 18 63,32 23,66 4,74 b. d. b. d. | 19 18 63,38 23,07 4,30 b. d. b. d. b. d. | |
| lok. č. – Loc. No: SiO ₂ Al ₂ O ₃ CaO BaO SrO Na ₂ O | 11 24 64,41 18,47 0,09 b. d. b. d. 1,18 | 12 9 65,80 21,95 2,38 b. d. 0,15 10,27 | 13 9 69,19 19,75 0,30 b. d. 0,03 11,50 | 14 9 59,65 25,38 7,21 b. d. 0,11 7,57 | 15 9 64,20 18,40 0,04 0,43 0,05 0,99 | 16 11 61,12 24,15 5,70 b. d. b. d. 8,25 | 17 10 63,94 18,21 0,03 0,09 0,07 0,61 | 18 18 63,32 23,66 4,74 b. d. b. d. 8,70 | 19 18 63,38 23,07 4,30 b. d. b. d. 9,19 | |
| lok. č. – Loc. No: SiO ₂ Al ₂ O ₃ CaO BaO SrO Na ₂ O K ₂ O | 11 24 64,41 18,47 0,09 b. d. b. d. 1,18 15,36 | 12 9 65,80 21,95 2,38 b. d. 0,15 10,27 0,23 | 13 9 69,19 19,75 0,30 b. d. 0,03 11,50 0,04 | 14 9 59,65 25,38 7,21 b. d. 0,11 7,57 0,17 | 15 9 64,20 18,40 0,04 0,43 0,05 0,99 15,16 | 16 11 61,12 24,15 5,70 b. d. b. d. 8,25 0,14 | 17 10 63,94 18,21 0,03 0,09 0,07 0,61 16,34 | 18 18 63,32 23,66 4,74 b. d. b. d. 8,70 0,23 | 19 18 63,38 23,07 4,30 b. d. b. d. 9,19 0,26 | |
| $\begin{tabular}{lllllllllllllllllllllllllllllllllll$ | 11 24 64,41 18,47 0,09 b. d. b. d. 1,18 15,36 99,51 | 12 9 65,80 21,95 2,38 b. d. 0,15 10,27 0,23 100,78 | 13 9 69,19 19,75 0,30 b. d. 0,03 11,50 0,04 100,81 | 14 9 59,65 25,38 7,21 b. d. 0,11 7,57 0,17 100,09 | 15 9 64,20 18,40 0,04 0,43 0,05 0,99 15,16 99,27 | 16 11 61,12 24,15 5,70 b. d. b. d. 8,25 0,14 99,36 | 17 10 63,94 18,21 0,03 0,09 0,07 0,61 16,34 99,29 | 18 18 63,32 23,66 4,74 b. d. b. d. 8,70 0,23 100,65 | 19 18 63,38 23,07 4,30 b. d. b. d. 9,19 0,26 100,2 | |
| lok. č. – Loc. No: SiO ₂ Al ₂ O ₃ CaO BaO SrO Na ₂ O K ₂ O Celkem | 11 24 64,41 18,47 0,09 b. d. b. d. 1,18 15,36 99,51 | 12 9 65,80 21,95 2,38 b. d. 0,15 10,27 0,23 100,78 | 13 9 69,19 19,75 0,30 b. d. 0,03 11,50 0,04 100,81 | 14 9 59,65 25,38 7,21 b. d. 0,11 7,57 0,17 100,09 | 15 9 64,20 18,40 0,04 0,43 0,05 0,99 15,16 99,27 8 O | 16 11 61,12 24,15 5,70 b. d. b. d. 8,25 0,14 99,36 | 17 10 63,94 18,21 0,03 0,09 0,07 0,61 16,34 99,29 | 18 18 63,32 23,66 4,74 b. d. b. d. 8,70 0,23 100,65 | 19 18 63,38 23,07 4,30 b. d. b. d. 9,19 0,26 100,2 | |
| lok. č. – Loc. No: SiO ₂ Al ₂ O ₃ CaO BaO SrO Na ₂ O K ₂ O Celkem Si ⁴⁺ | 11 24 64,41 18,47 0,09 b. d. b. d. 1,18 15,36 99,51 2,987 | 12 9 65,80 21,95 2,38 b. d. 0,15 10,27 0,23 100,78 2,873 | 13 9 69,19 19,75 0,30 b. d. 0,03 11,50 0,04 100,81 2,995 | 14 9 599,65 25,38 7,21 b. d. 0,11 7,57 0,17 100,09 2,659 | 15 9 64,20 18,40 0,04 0,43 0,05 0,99 15,16 99,27 8 O 2,988 | 16 11 61,12 24,15 5,70 b. d. b. d. 8,25 0,14 99,36 2,729 | 17 10 63,94 18,21 0,03 0,09 0,07 0,61 16,34 99,29 2,987 | 18 18 63,32 23,66 4,74 b. d. b. d. b. d. 8,70 0,23 100,65 2,781 | 19 18 63,38 23,07 4,30 b. d. b. d. 9,19 0,26 100,2 2,798 | |
| $\label{eq:constraint} \begin{array}{l} \text{lok. } \tilde{c}. \\ - \text{Loc. } \text{No:} \end{array} \\ \begin{array}{l} SiO_2 \\ AI_2O_3 \\ CaO \\ BaO \\ SrO \\ Na_2O \\ K_2O \\ Celkem \\ \end{array} \\ \begin{array}{l} Si^{4+} \\ AI^{3+} \end{array} \\ \begin{array}{l} Si^{4+} \\ AI^{3+} \end{array} \end{array}$ | 11 24 64,41 18,47 0,09 b. d. b. d. 1,18 15,36 99,51 2,987 1,009 | 12 9 65,80 21,95 2,38 b. d. 0,15 10,27 0,23 100,78 2,873 1,130 | 13 9 69,19 19,75 0,30 b. d. 0,03 11,50 0,04 100,81 2,995 1,007 | 14 9 59,65 25,38 7,21 b. d. 0,11 7,57 0,17 100,09 2,659 1,333 | 15 9 64,20 18,40 0,04 0,43 0,05 0,99 15,16 99,27 8 O 2,988 1,010 | 16 11 61,12 24,15 5,70 b. d. b. d. 8,25 0,14 99,36 2,729 1,271 | 17 10 63,94 18,21 0,03 0,09 0,07 0,61 16,34 99,29 2,987 1,003 | 18 18 63,32 23,66 4,74 b. d. b. d. 8,70 0,23 100,65 2,781 1,225 | 19 18 63,38 23,07 4,30 b. d. b. d. 9,19 0,26 100,2 2,798 1,200 | |
| lok. č Loc. No: SiO_2 Al_2O_3 CaO BaO SrO Na_2O K_2O Celkem Si^{4+} Ai^{3+} Ca^{2+} | 11 24 64,41 18,47 0,09 b. d. b. d. 1,18 15,36 99,51 2,987 1,009 0,004 | 12 9 65,80 21,95 2,38 b. d. 0,15 10,27 0,23 100,78 2,873 1,130 0,111 | 13 9 19,75 0,30 b. d. 0,03 11,50 0,04 100,81 2,995 1,007 0,014 | 14 9 59,65 25,38 7,21 b. d. 0,11 7,57 0,17 100,09 2,659 1,333 0,344 | 15 9 64,20 18,40 0,04 0,43 0,05 0,99 15,16 99,27 8 O 2,988 1,010 0,002 | 16 11 61,12 24,15 5,70 b. d. b. d. 8,25 0,14 99,36 2,729 1,271 0,273 | 17 10 63,94 18,21 0,03 0,09 0,07 0,61 16,34 99,29 2,987 1,003 0,002 | 18 18 23,66 4,74 b. d. 8,70 0,23 100,65 2,781 1,225 0,223 | 19 18 63,38 23,07 4,30 b. d. b. d. 9,19 0,26 100,2 2,798 1,200 0,203 | |
| lok. č Loc. No: $SiO_2 Al_2O_3$ CaO BaO SrO Na_2O K_2O Celkem Si^{4+} Ai^{3+} Ca^{2+} Ba^{2+} | 11 24 64,41 18,47 0,09 b. d. b. d. 1,18 15,36 99,51 2,987 1,009 0,004 0 | 12 9 65,80 21,95 2,38 b. d. 0,15 10,27 0,23 100,78 2,873 1,130 0,111 0 | 13 9 19,75 0,30 b. d. 0,03 11,50 0,04 100,81 2,995 1,007 0,014 0 | 14 9 59,65 25,38 7,21 b. d. 0,11 7,57 0,17 100,09 2,659 1,333 0,344 0 | 15 9 64,20 18,40 0,04 0,43 0,05 0,99 15,16 99,27 8 O 2,988 1,010 0,002 0,008 | 16 11 61,12 24,15 5,70 b. d. b. d. 8,25 0,14 99,36 2,729 1,271 0,273 0 | 17 10 63,94 18,21 0,03 0,09 0,07 0,61 16,34 99,29 2,987 1,003 0,002 0,002 | 18 18 63,32 23,66 4,74 b. d. b. d. 8,70 0,23 100,65 2,781 1,225 0,223 0 | 19 18 63,38 23,07 4,30 b. d. b. d. 9,19 0,26 100,2 2,798 1,200 0,203 0 | |
| lok. č Loc. No: $SiO_2 Al_2O_3$ Al_2O_3 CaO BaO SrO Na_2O K_3O Celkem Si^{4+} Ai^{3+} Ca^{2+} Ba^{2+} Ba^{2+} Sr^{2+} | 11 24 64,41 18,47 0,09 b. d. b. d. 1,18 15,36 99,51 2,987 1,009 0,004 0 0 | 12 9 65,80 21,95 2,38 b. d. 0,15 10,27 0,23 100,78 2,873 1,130 0,111 0 0,004 | 13 9 69,19 19,75 0,30 b. d. 0,03 11,50 0,04 100,81 2,995 1,007 0,014 0 0,001 | 14 9 59,65 25,38 7,21 b. d. 0,11 7,57 0,17 100,09 2,659 1,333 0,344 0 0,003 | 15 9 64,20 18,40 0,04 0,43 0,05 0,99 15,16 99,27 8 O 2,988 1,010 0,002 0,008 0,001 | 16 11 61,12 24,15 5,70 b. d. b. d. 8,25 0,14 99,36 2,729 1,271 0,273 0 0 | 17 10 63,94 18,21 0,03 0,09 0,07 0,61 16,34 99,29 2,987 1,003 0,002 0,002 | 18 18 63,32 23,66 4,74 b. d. b. d. 8,70 0,23 100,65 2,781 1,225 0,223 0 0 0 | 19 18 63,38 23,07 4,30 b. d. b. d. 9,19 0,26 100,2 2,798 1,200 0,203 0,00 0 | |
| $\begin{tabular}{lllllllllllllllllllllllllllllllllll$ | 11 24 64,41 18,47 0,09 b. d. b. d. 1,18 15,36 99,51 2,987 1,009 0,004 0 0,004 | 12 9 65,80 21,95 2,38 b. d. 0,15 10,27 0,23 100,78 2,873 1,130 0,111 0,004 0,870 | 13 9 69,19 19,75 0,30 b. d. 0,03 11,50 0,04 100,81 2,995 1,007 0,014 0 0,001 0,965 | 14 9 59,65 25,38 7,21 b. d. 0,11 7,57 0,17 100,09 2,659 1,333 0,344 0 0,003 0,654 | 15 9 64,20 18,40 0,04 0,43 0,05 0,99 15,16 99,27 8 O 2,988 1,010 0,002 0,008 0,001 0,090 | 16 11 61,12 24,15 5,70 b. d. b. d. 8,25 0,14 99,36 2,729 1,271 0,273 0 0 0,714 | 17 10 63,94 18,21 0,03 0,09 0,07 0,61 16,34 99,29 2,987 1,003 0,002 0,002 0,002 | 18 18 63,32 23,66 4,74 b. d. b. d. 8,70 0,23 100,65 2,781 1,225 0,223 0 0 0,741 | 19 18 63,38 23,07 4,30 b. d. b. d. 9,19 0,26 100,2 2,798 1,200 0,203 0 0 0,787 | |
| lok. č Loc, No: SiO_2 Al_2O_3 CaO BaO SrO Na_2O K_2O Celkem Si^{4+} Al^{3+} Ca^{2+} Ba^{2+} Sr^{2+} Na^{+} K^{+} | 11 24 64,41 18,47 0,09 b. d. b. d. 1,18 15,36 99,51 2,987 1,009 0,004 0 0 0,004 0 0,009 | 12 9 65,80 21,95 2,38 b. d. 0,15 10,27 0,23 100,78 2,873 1,130 0,111 0,004 0,870 0,013 | 13 9 69,19 19,75 0,30 b. d. 0,03 11,50 0,04 100,81 2,995 1,007 0,014 0,001 0,965 0,002 | 14 9 59,65 25,38 7,21 b. d. 0,11 7,57 0,17 100,09 2,659 1,333 0,344 0 0,003 0,654 0,009 | 15 9 64,20 18,40 0,04 0,43 0,05 0,99 15,16 99,27 8 O 2,988 1,010 0,002 0,008 0,001 0,000 0,900 | 16 11 61,12 24,15 5,70 b. d. 8,25 0,14 99,36 2,729 1,271 0,273 0 0 0,714 0,008 | 17 10 63,94 18,21 0,03 0,09 0,07 0,61 16,34 99,29 2,987 1,003 0,002 0,002 0,002 0,002 0,005 0,074 | 18 18 63,32 23,66 4,74 b. d. 8,70 0,23 100,65 2,781 1,225 0,223 0 0 0,741 0,013 | 19 18 63,38 23,07 4,30 b. d. 9,19 0,26 100,2 2,798 1,200 0,203 0 0,203 0 0,787 0,015 | |
| $\begin{tabular}{lllllllllllllllllllllllllllllllllll$ | 11 24 64,41 18,47 0,09 b. d. b. d. 1,18 15,36 99,51 2,987 1,009 0,004 0 0,004 0 0,009 5,015 | 12 9 65,80 21,95 2,38 b. d. 0,15 10,27 0,23 100,78 2,873 1,130 0,111 0,004 0,111 0,004 0,870 0,013 5,001 | 13 9 69,19 19,75 0,30 b. d. 0,03 11,50 0,04 100,81 2,995 1,007 0,014 0,001 0,001 0,965 0,002 4,984 | 14 9 59,65 25,38 7,21 b. d. 0,11 7,57 0,17 100,09 2,659 1,333 0,344 0 0,003 0,654 0,009 5,002 | 15 9 64,20 18,40 0,04 0,43 0,05 0,99 15,16 99,27 8 O 2,988 1,010 0,002 0,008 0,001 0,000 0,900 4,999 | 16 11 61,12 24,15 5,70 b. d. 8,25 0,14 99,36 2,729 1,271 0,273 0 0,273 0 0,714 0,008 4,995 | 17 10 63,94 18,21 0,03 0,09 0,07 0,61 16,34 99,29 2,987 1,003 0,002 0,002 0,002 0,002 0,002 0,055 0,974 5,025 | 18 18 63,32 23,66 4,74 b. d. b. d. 8,70 0,23 100,65 2,781 1,225 0,223 0 0 0 0,741 0,013 4,983 | 19 18 63,38 23,07 4,30 b. d. 9,19 0,26 100,2 2,798 1,200 0,203 0,203 0 0,787 0,015 5,003 | |
| $\begin{tabular}{lllllllllllllllllllllllllllllllllll$ | 11 24 64,41 18,47 0,09 b. d. b. d. 1,18 15,36 99,51 2,987 1,009 0,004 0 0,004 0 0,004 0 0,016 0,909 5,015 | 12 9 65,80 21,95 2,38 b. d. 0,15 10,27 0,23 100,78 2,873 1,130 0,111 0,004 0,011 0,004 0,004 0,004 0,001 97,5 | 13 9 69,19 19,75 0,30 b. d. 0,03 11,50 0,04 100,81 2,995 1,007 0,014 0,001 0,001 0,001 0,002 4,984 08 2 | 14 9 59,65 25,38 7,21 b. d. 0,11 7,57 0,17 100,09 2,659 1,333 0,344 0,003 0,654 0,003 0,604 0,009 5,002 | 15 9 64.20 18,40 0,04 0,43 0,05 0,99 15,16 99,27 8 O 2,988 1,010 0,002 0,008 0,001 0,090 4,999 8 £ | 16 11 61,12 24,15 5,70 b. d. b. d. 8,25 0,14 99,36 2,729 1,271 0,273 0 0 0,714 0,0714 0,095 7,18 | 17 10 63,94 18,21 0,03 0,09 0,07 0,61 16,34 99,29 2,987 1,003 0,002 0,002 0,002 0,002 0,002 0,002 0,055 0,975 | 18 18 63,32 23,66 4,74 b. d. b. d. 8,70 0,23 100,65 2,781 1,225 0,223 0 0 0,741 0,013 4,983 75.8 | 19 18 63,38 23,07 4,30 b. d. b. d. 9,19 0,26 100,2 2,798 1,200 0,203 0 0,203 0 0,787 0,015 5,003 | |
| $\begin{tabular}{lllllllllllllllllllllllllllllllllll$ | 11 24 64,41 18,47 0,09 b. d. b. d. 1,18 15,36 99,51 2,987 1,009 0,004 0 0,004 0 0,004 0 0,004 0 0,009 5,015 | 2 9 9 65,80 21,95 2,38 b. d. 0,15 10,27 0,23 100,78 2,873 1,130 0,017 2,873 1,130 0,011 0,004 0,870 0,013 5,001 87,5 | 13 9 9 19,75 0,30 b. d. 0,03 11,50 0,04 100,81 2,995 1,007 0,014 0,001 0,001 0,001 0,965 0,002 4,984 98,3 | 14 9 59,65 25,38 7,21 b. d. 0,11 7,57 0,17 100,09 2,659 1,333 0,344 0 0,003 0,654 0,009 5,002 64,9 34,2 | 15 9 64.20 18,40 0,04 0,43 0,05 0,99 15,16 99,27 8 O 2,988 1,010 0,002 0,008 0,001 0,002 0,008 0,001 0,090 4,999 8,5 0,2 | 16 11 61,12 24,15 5,70 b. d. b. d. 8,25 0,14 99,36 2,729 1,271 0,273 0 0,714 0,008 4,995 71,8 27,4 | 17 10 63,94 18,21 0,03 0,09 0,07 0,61 16,34 99,29 2,987 1,003 0,002 0,002 0,002 0,002 0,002 0,002 0,055 0,974 5,025 | 18 18 23,66 4,74 b. d. 8,70 0,23 100,65 2,781 1,225 0,223 0 0 0,741 0,013 4,983 75,8 22,8 | 19 18 63,38 23,07 4,30 b. d. b. d. 9,19 0,26 100,2 2,798 1,200 0,203 0 0,787 0,015 5,003 78,3 20,3 | |
| $\begin{tabular}{lllllllllllllllllllllllllllllllllll$ | 11 24 64,41 18,47 0,09 b. d. b. d. 1,18 15,36 99,51 2,987 1,009 0,004 0 0,004 0 0,004 0 0,106 0,909 5,015 | 12 9 65,80 21,95 2,38 b. d. 0,15 10,27 0,23 100,78 2,873 1,130 0,111 0 0,004 0,870 0,013 5,001 87,5 11,2 | 13 9 19,75 0,30 b. d. 0,03 11,50 0,04 100,81 2,995 1,007 0,014 0,001 0,965 0,002 4,984 98,3 1,5 0,2 | 14 9 59,65 25,38 7,21 b. d. 0,11 7,57 0,17 100,09 2,659 1,333 0,344 0 0,003 0,654 0,009 5,002 64,9 34,2 0,9 | 15 9 64,20 18,40 0,04 0,43 0,05 0,99 15,16 99,27 8 O 2,988 1,010 0,002 0,008 0,001 0,002 0,008 0,001 0,090 0,900 4,999 8,5 0,2 0,0 5 | 16 11 61,12 24,15 5,70 b. d. 8,25 0,14 99,36 2,729 1,271 0,273 0 0,714 0,008 4,995 71,8 27,18 27,8 | 17 10 63,94 18,21 0,03 0,09 0,07 0,61 16,34 99,29 2,987 1,003 0,002 0,002 0,002 0,002 0,002 0,002 0,055 0,974 5,025 5,3 0,2 | 18 18 23,66 4,74 b. d. 8,70 0,23 100,65 2,781 1,225 0,223 0 0 0,741 0,013 4,983 75,8 22,8 14 | 19 18 63,38 23,07 4,30 b. d. b. d. 9,19 0,26 100,2 2,798 1,200 0,203 0 0,787 0,015 5,003 78,3 20,2 1,5 | |

Fe pod mezí detekce - Fe below detection limit.

Tabulka 17. Reprezentativní chemické analýzy zoisitu, epidotu, prehnitu a pektolitu.

1-2 asociace Cal + Zo + Czo; 3-4 červený mramor; 5-6 žíla v reakčním skarnu; 7-8 puklina modrého mramoru.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------------------------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| lok. č. – Loc. No: | 11 | 11 | 24 | 24 | 7 | 7 | 13 | 13 |
| SiO ₂ | 39,63 | 39,58 | 38,38 | 37,80 | 43,86 | 43,40 | 53,88 | 53,72 |
| TiO ₂ | b. d. | b. d. | 0,12 | 0,06 | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. |
| Al ₂ O ₃ | 33,39 | 33,39 | 25,56 | 24,05 | 24,41 | 24,54 | b. d. | b. d. |
| Fe ₂ O ₃ * | 0,10 | 0,08 | 10,24 | 12,42 | 0,08 | 0,36 | b. d. | b. d. |
| MnO | 0,02 | b. d. | 0,04 | 0,02 | b. d. | b. d. | 0,02 | b. d. |
| MgO | b. d. | b. d. | 0,07 | 0,05 | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. |
| CaO | 25,29 | 25,35 | 23,91 | 23,5 | 27,13 | 26,69 | 33,83 | 33,78 |
| Na ₂ O | b. d. | 0,01 | b. d. | 0,03 | 0,09 | 0,33 | 8,97 | 9,01 |
| H ₂ O* | 1,86 | 1,97 | 1,91 | 1,89 | 4,36 | 4,35 | 2,65 | 2,69 |
| F | 0,27 | 0,04 | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. | 0,09 | b. d. |
| O=F | -0,11 | -0,02 | | | | | -0,04 | |
| Celkem | 100,44 | 100,40 | 100,23 | 99,83 | 99,93 | 99,67 | 99,43 | 99,21 |
| | 13 | 0 | 13 | 0 | 12 (|) | 9 0 |) |
| Si ⁴⁺ | 2,993 | 2,990 | 3,009 | 3,000 | 3,013 | 2,993 | 2,998 | 2,997 |
| Ti ⁴⁺ | 0 | 0 | 0,007 | 0,004 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Al ³⁺ | 2,972 | 2,973 | 2,362 | 2,249 | 1,976 | 1,995 | 0 | 0 |
| Fe ³⁺ | 0,006 | 0,005 | 0,624 | 0,742 | 0,005 | 0,019 | 0 | 0 |
| Mn ²⁺ | 0,001 | 0 | 0,003 | 0,001 | b. d. | b. d. | 0,001 | 0 |
| Mg ²⁺ | 0 | 0 | 0,008 | 0,006 | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. |
| Ca ²⁺ | 2,046 | 2,052 | 2,008 | 1,998 | 1,997 | 1,972 | 2,017 | 2,019 |
| Na ⁺ | 0 | 0,001 | 0 | 0,005 | 0,012 | 0,044 | 0,968 | 0,974 |
| OH | 0,936 | 0,990 | 1,000 | 1,000 | 2,000 | 2,000 | 0,984 | 1,000 |
| F | 0,064 | 0,010 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,016 | 0 |
| O ²⁻ | 12,936 | 12,990 | | | | | 8,984 | 9,000 |
| CATSUM | 8,018 | 8,022 | 8,001 | 8,004 | 7,003 | 7,022 | 5,986 | 5,991 |

Table 17. Representative chemical analyses of zoisite, epidote, prehnite and pectolite.

1-2 assemblage Cal + Zo + Czo; 3-4 red marble; 5-6 vein in reaction skarn; 7-8 fissure in blue marble.

Zoisit

$Ca_2Al_3Si_3O_{12}(OH)$

Zoisit tvoří vzácně nazelenalé nedokonalé prizmatické krystaly až 3 cm dlouhé v žilkách pegmatoidů pronikajících grossular-diopsidovými rohovci. Je makroskopicky neodlišitelný od hojného klinozoisitu. Jako jeden z mála moravských zoisitů byl potvrzen rentgenometricky (J. SEJKORA, ústní sdělení). Zoisitu náležejí patrně i mikroskopické inkluze v klinozoisitu, které ve srovnání s ním neobsahují téměř Fe (tab. 17).

Prehnit $Ca_2Al_2Si_3O_{10}(OH)_2$

Prehnit byl z Nedvědice poprvé popsán SEKANINOU (1946) z vápenatosilikátových hornin a to jako drobné nažloutlé lupínky s feroaxinitem. Byl určen chemickou analýzou jako vzácnější součást alpské parageneze. Vyskytuje se v asociaci se starším klinozoisitem a amfibolem na trhlinách diopsidových rul.

Pektolit NaCa₂H(Si₃O₉)

Na trhlinách modrého mramoru a wollastonit-vesuvianových skarnů tvoří bílé radiálně paprsčité agregáty velikosti do 1 cm. Byl určen rentgenometricky. Složením odpovídá čistému pektolitu s nepatrným obsahem F. Je produktem pozdně metamorfní infiltrace Na-bohatých fluid, reagujících s wollastonitem.

Ferroaxinit $Ca_2Fe^{2+}Al_2BO(OH)(Si_2O_7)_2$

Axinit poprvé uvádí a podrobně popisuje JAROŠ (1932) z diopsidových hornin v okolí lomu III (lok. č. 15, resp. 16). Na základě dalších hojnějších nálezů v lomu na Heršince ho rovněž podrobně charakterizoval SEKANINA (1946). Axinit má růžově až hnědavě fialovou

| lok. č. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| – Loc. No: | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 5 | 5 | 23 | 23 | 23 | 23 |
| SiO ₂ | 42,15 | 42,61 | 42,48 | 42,48 | 42,61 | 37,80 | 37,34 | 35,60 | 35,80 | 35,80 | 37,20 |
| TiO ₂ | b. d. | b. d. | b. d. | 0,44 | 0,34 | 0,27 | 0,09 |
| AI_2O_3 | 17,62 | 17,81 | 17,69 | 17,83 | 17,70 | b. d. | b. d. | 27,90 | 27,80 | 33,00 | 32,60 |
| B ₂ O ₃ * | 6,11 | 6,17 | 6,14 | 6,16 | 6,15 | 21,57 | 21,49 | 10,33 | 10,29 | 10,70 | 10,68 |
| FeO | 9,41 | 9,55 | 9,19 | 9,24 | 9,06 | b. d. | b. d. | 8,77 | 8,25 | 5,37 | 4,42 |
| MnO | 1,93 | 2,05 | 2,04 | 2,07 | 2,06 | b. d. | b. d. | 0,03 | 0,10 | b. d. | b. d. |
| MgO | 1,09 | 1,15 | 1,16 | 1,19 | 1,14 | b. d. | b. d. | 8,28 | 8,24 | 8,70 | 8,18 |
| ZnO | - | - | - | - | - | - | - | 0,23 | 0,17 | 0,06 | b. d. |
| CaO | 19,63 | 19,64 | 19,67 | 19,61 | 19,78 | 33,69 | 34,16 | 3,09 | 2,80 | 1,05 | 0,62 |
| Na ₂ O | b. d. | 0,03 | 0,02 | b. d. | 0,01 | b. d. | b. d. | 1,24 | 1,37 | 1,94 | 1,84 |
| K ₂ O | b. d. | b. d. | b. d. | 0,06 | 0,06 | 0,02 | 0,01 |
| H ₂ O* | 1,44 | 1,47 | 1,55 | 1,55 | 1,56 | 5,58 | 5,56 | 3,21 | 2,95 | 3,65 | 3,64 |
| F | 0,30 | 0,26 | 0,09 | 0,10 | 0,07 | b. d. | b. d. | 0,74 | 1,26 | 0,08 | 0,09 |
| O=F | -0,13 | -0,11 | -0,04 | -0,04 | -0,03 | | | -0,31 | -0,53 | -0,03 | -0,04 |
| Celkem | 99,55 | 100,64 | 99,99 | 100,18 | 100,11 | 98,64 | 98,55 | 99,61 | 98,90 | 100,61 | 99,33 |
| | | | 16 O | | | 5 O | | | 31 O | | |
| Si ⁴⁺ | 3,998 | 3,998 | 4,006 | 3,998 | 4,011 | 1,015 | 1,007 | 5,990 | 6,048 | 5,814 | 6,055 |
| Ti ⁴⁺ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,056 | 0,043 | 0,033 | 0,011 |
| Al ³⁺ | 1,970 | 1,969 | 1,966 | 1,978 | 1,964 | 0 | 0 | 5,533 | 5,535 | 6,316 | 6,254 |
| B ³⁺ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Fe ²⁺ | 0,746 | 0,749 | 0,725 | 0,727 | 0,713 | 0 | 0 | 1,234 | 1,166 | 0,729 | 0,602 |
| Mn ²⁺ | 0,155 | 0,163 | 0,163 | 0,165 | 0,164 | 0 | 0 | 0,004 | 0,014 | 0 | 0 |
| Mg ²⁺ | 0,154 | 0,161 | 0,163 | 0,167 | 0,160 | 0 | 0 | 2,077 | 2,075 | 2,106 | 1,985 |
| Zn ²⁺ | | | | | | | | 0,029 | 0,021 | 0,007 | 0 |
| Ca ²⁺ | 1,995 | 1,974 | 1,987 | 1,978 | 1,995 | 0,969 | 0,987 | 0,557 | 0,507 | 0,183 | 0,108 |
| Na⁺ | 0 | 0,005 | 0,004 | 0 | 0,002 | 0 | 0 | 0,405 | 0,449 | 0,611 | 0,581 |
| K ⁺ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,013 | 0,013 | 0,004 | 0,002 |
| OH. | 0,910 | 0,923 | 0,973 | 0,970 | 0,979 | 1 | 1 | 3,606 | 3,327 | 3,959 | 3,954 |
| F | 0,090 | 0,077 | 0,027 | 0,030 | 0,021 | 0 | 0 | 0,394 | 0,673 | 0,041 | 0,046 |
| 0 ²⁻ | 15,910 | 15,923 | 15,973 | 15,970 | 15,979 | | | 26,606 | 26,327 | 26,959 | 26,954 |
| CATSUM | 10,018 | 10,020 | 10,013 | 10,013 | 10,008 | 2,985 | 2,993 | 18,897 | 18,872 | 18,803 | 18,598 |

Tabulka 18. Reprezentativní chemické analýzy silikátů obsahujících bór (ferroaxinitu, datolitu, turmalínu). Table 18. Representative chemical analyses of B-silicates (ferroaxinite, datolite, tourmaline).

* vypočteno ze stechiometrie - calculated from stoichiometry; 1-5 ferroaxinit - ferroaxinite, Axn + Di + Kfs; 6-7 datolit, Jedlová - datolite, Jedlová, Dtl + Cal; 8-11 černé turmalíny, Heršinka - black tourmalines, Heršinka, Tur + Kfs + Ab + Di

barvu. Na trhlinách diopsidových rohovců a skarnoidů tvoří hrubozrnné agregáty, složené z nedokonalých plochých skelně lesklých a rýhovaných krystalů až centimetrové velikosti, lemované starším ortoklasem. Je patrně přítomen v několika generacích. K nejstarší náležejí hrubozrnné agregáty axinitu a K-živce v asociaci s diopsidem. O něco mladší axinit tvoří masivní 0,5 až 1 cm mocné výplně trhlin v rohovcích, ojediněle i drobné krystaly s ortoklasem, epidotem a albitem (JAROŠ 1932). Nejmladší je axinit, který je s prehnitem, oligoklasem, fluoritem a slídnatým minerálem součástí pseudomorfóz po krystalech anortitu (SEKANINA 1946). Chemické složení axinitu je v rámci jednotlivých zrn poměrně stálé a odpovídá nejhojnějšímu minerálu axinitové skupiny – ferroaxinitu (tab. 18). Ferroaxinit má široké pole stability a v asociaci bohaté Ca, bez chloritu, turmalínu a kalcitu, je omezen na T $\leq 250^{\circ}$ C, fluida bohatá H₂O a B a P_{total} ~ 200 MPa (GREW 1996).

TURMALÍNY

| Uvit | $CaMg_3Al_6(BO_3)_3(Si_6O_{18})(OH_3)O$ |
|--------|---|
| Dravit | $NaMg_3Al_6(BO_3)_3(Si_6O_{18})(OH_3)O$ |

Turmalíny jsou vedle axinitu dalšími minerály s podstatným obsahem B. Dosud byly zjištěny jen na několika vzorcích, kde tvoří černé, silně lesklé, stébelnaté až vláknité agre-

gáty až 3 cm dlouhé. Dravit se zdá být mladší než uvit. Makroskopicky jsou tyto turmalíny značně podobné amfibolu a proto jsou možná ve skutečnosti hojnější. Vyskytovaly se v K-živec-amfibol-diopsidové hornině (reakčním skarnu?) v rulách při kontaktu velkého mramorového tělesa na Heršince a v Obecním lomu u Nedvědice.

Chemické složení turmalínů je značně variabilní a kolísá od uvitu s mírnou převahou Ca nad Na, malou vakancí v pozici X a relativně vysokým obsahem Fe (1,236 apfu) a někdy také F (0,668 apfu), až po dravit s nízkým obsahem Ca (0,1–0,2 apfu), výraznou vakancí v pozici X (až 0,3 apfu), středním obsahem Fe (0,6–0,7 apfu) a velmi nízkým obsahem F (tab. 18).

Datolit CaB(SiO₄)(OH)

V tenké žilce kalcitu s klinozoisitem, která proniká deformovaným diopsid-grossularovým skarnem s vesuvianem (lok. č. 5), byl zjištěn datolit. Jde o mladší minerál, který dokazuje uplatnění B v pozdních stadiích vývoje skarnů (srovnej rovněž ferroaxinit). V nedvědických mramorech, resp. skarnech, může být lokálně i hojnějším minerálem, avšak jeho bílé jemnozrnné agregáty snadno unikají pozornosti (rovněž v BSE silně připomínal kalcit, příp. wollastonit). V krátkovlnném UV-záření má nazelenalou luminiscenci.

Fluorit CaF₂

Fluorit je vedlejší až akcesorickou součástí granáticko-pyroxenických Fe-Sn-Zn skarnů (Obecní lom). Je bezbarvý, vzácněji žlutý a tvoří srůsty s diopsidem a kalcitem. Bezbarvý a světle fialový drobnozrnný fluorit byl také vzácně nalezen i v dutinách ferroaxinitu (Sekanina 1946). Má modrou katodoluminiscenci velmi podobnou křemeni. Hrubozrnný fialový, vzácně i bílý nebo nazelenalý fluorit se rovněž vyskytoval v mramorech u Kozlova, kde tvořil až 3 cm velká hrubozrnná hnízda až žíly s hnědým Fe-kalcitem a hematitem (DVORSKÝ 1898). V tomto případě se jedná patrně o mladší minerál, vzniklý hydrotermální fluoritizací mramoru (obr. 19).



Obr. 19. Fluorit-hematit-kalcitová žíla z mramoru u Kozlova.

Fluorapatit Ca₅(PO₄)₃F

Apatit je nejhojnějším akcesorickým minerálem ve skarnoidech a skarnech. Zarůstá do vesuvianu, granátu a diopsidu. Stejně jako v těchto horninách i v čistých mramorech tvoří bezbarvá zrna mikroskopické velikosti s význačnou zelenou CL; pouze výjimečně byl zjištěn jako 2 mm velké zelenavě modré zrno v hruběji zrnitém kalcitu (lok. č. 18). Jako příklad lze uvést analýzu fluorapatitu z asociace Cal + Wo + Grs + Di + Zrn (Nedvědice, lok. č. 13), který kromě hlavních složek Ca, P a F obsahuje Si (0,013 apfu), Sr (0,003 apfu), Zr (0,006 apfu) a REE (celkem 0,011 apfu, Ho > Dy ~ La ~ Tb >> Lu). Na hranici detekce je Al, Fe, Mn a Cl. Ojediněle byl zjištěn jako mladší minerál v povlacích "alofánu" na mramoru.

Zirkon ZrSiO₄

V diopsid-grossularových skarnoidech, vesuvianových skarnech a ve wollastonitem bohatých mramorech představuje zirkon relativně hojný akcesorický minerál. V mramorech, chudých silikátovou příměsí, je vzácnější než apatit a titanit. Vyskytuje se v zrnech převážně mikroskopické velikosti. Jde o poměrně čistý zirkon s nízkým obsahem Hf a vyskytuje se v několika asociacích:

Fig. 19. Fluorite-hematite-calcite vein from marble near Kozlov.





- Obr. 20. Zirkon s grossularem a kalcitem (a), laločnaté zrno zirkonu z vesuvianového skarnu (b) a oscilačně zonální zirkon z Fe-Sn-Zn skarnu (c).
- Fig. 20. Zircon with grossularite and calcite (a), lobate grain of zircon from vesuvianite skarn (b) and oscillatory zoned zircon from Fe-Sn-Zn skarn (c).



- a) Drobná zrna zirkonu většinou s hypautomorfním omezením, velikosti 0,0X mm, se vyskytují převážně ve skarnech a skarnoidech s asociací Di + Grs, ojediněle i v mramorech Srůstají s ostatními silikáty a kalcitem a často se soustřeďují do nepravidelných proužků a agregátů (obr. 20a). V dolomit-kalcitických mramorech u Pyšolce (lok. 37) byla zjištěna asociace Zrn + Cal + Dol.
- b) Xenomorfně až laločnatě omezená zrna zirkonu velikosti ≤ 2 mm se jako hojná akcesorie vyskytují v některých typech wollastonit-vesuvianových skarnů (obr. 20b). Zirkon byl v nich zjištěn na základě oranžové luminiscence v UV-záření. Je doprovázen hojným apatitem a vyskytuje se v asociacích Zrn + Grs + Di + Cal a Zrn + Ap + Ves + Wo + Cal, přičemž zřetelně preferuje asociaci s Grs + Di.
- c) Zrna a sloupečkovité krystaly hnědého zirkonu téměř 1 cm velké byly ojediněle zjištěny v tmavém pyroxen-granátickém Fe-Sn-Zn skarnu s epidotem, grossularem a sfaleritem na východní straně Obecního lomu v Nedvědici (obr. 20c). Vyznačují se jednoduchými tvary (spojka prizmatu a pyramidy), oscilační zonálností a oranžovou luminiscencí v krátkovlnném UV-záření.

Zirkon má jednoduché chemické složení, s mírně zvýšeným obsahem Hf, poměr Zr/Hf je v Fe-Sn-Zn skarnu 50-90 a ve skarnech s grosssularem a vesuvianem 110-120 (tab. 19).

Titanit CaTiSiO₄O

V akcesorickém množství se mikroskopický titanit vyskytuje ve studované oblasti na řadě lokalit v pyroxenických rulách a skarnoidech. Poměrně hojný je hlavně ve vápenatosilikátových horninách chudých vesuvianem a grossularem. Chemické složení odpovídá většinou běžnému titanitu (tab. 20). Obsahy Mg, Mn a Zr jsou na hranici detekce (0–0,005 apfu), obsahy Fe odpovídají 0,002–0,017 apfu s výjimkou titanitu z červeného mramoru na lok. č. 24 s Fe \leq 0,049 apfu. Titanity ze starších asociací jsou však místy značně bohaté Al, Tabulka 19. Reprezentativní chemické analýzy zirkonu.

1-4 zirkon z Fe-Sn-Zn skarnu; 5-7 - wollastonit-vesuvianový skarn, vz. 5 též 0.04 U_2O_3 (GÚDŠ Bratislava), 6-7 - U, Fe, Mn, Sc, Nb, Ta pod mezí detekce (ÚGV MU Brno).

Table 19. Representative chemical analyses of zircon.

1-4 zircon from Fe-Sn-Zn skarn; 5-7 - wollastonite-vesuvianite skarn, sample No. 5 also 0.04 U₂O₃ (GÚDŠ Bratislava), 6-7 - U, Fe, Mn, Sc, Nb, Ta below detection limits (ÚGV MU Brno).

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| lok. č. – Loc. No: | 11 | 11 | 11 | 11 | 13 | 13 | 13 |
| SiO ₂ | 33,18 | 32,83 | 33,07 | 32,73 | 32,90 | 32,50 | 32,48 |
| ZrO ₂ | 66,28 | 66,51 | 66,44 | 66,28 | 67,11 | 65,62 | 66,14 |
| HfO ₂ | 2,10 | 1,28 | 1,93 | 1,72 | 0,74 | 1,04 | 1,00 |
| ThO ₂ | 0,07 | b. d. | b. d. | b. d. | 0,03 | b. d. | b. d. |
| Y ₂ O ₃ | b. d. | 0,02 | b. d. | b. d. | 0,03 | b. d. | b. d. |
| Ce ₂ O ₃ | b. d. | b. d. | 0,11 | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. |
| Pr ₂ O ₃ | 0,07 | b. d. | b. d. | 0,09 | b. d. | b. d. | b. d. |
| Nd ₂ O ₃ | 0,06 | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. |
| Yb ₂ O ₃ | b. d. | 0,05 | 0,07 | 0,05 | b. d. | b. d. | b. d. |
| CaO | 0,02 | b. d. | b. d. | 0,02 | 0,23 | 0,06 | b. d. |
| SmO | 0,13 | b. d. | b. d. | 0,15 | 0,25 | b. d. | b. d. |
| P ₂ O ₅ | 0,06 | 0,05 | 0,02 | 0,06 | 0,03 | b. d. | 0,06 |
| Celkem | 101,99 | 100,74 | 101,64 | 101,10 | 101,33 | 99,23 | 99,69 |
| | | | 4 O | | | 4 O | |
| Si ⁴⁺ | 1,002 | 0,999 | 0,998 | 0,997 | 0,996 | 1,003 | 0,998 |
| Zr ⁴⁺ | 0,976 | 0,987 | 0,979 | 0,984 | 0,997 | 0,987 | 0,991 |
| Hf ⁴⁺ | 0,018 | 0,011 | 0,017 | 0,015 | 0,006 | 0,009 | 0,009 |
| Th ⁴⁺ | 0,001 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Y ⁴⁺ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,001 | 0 | 0 |
| Ce ⁴⁺ | 0 | 0 | 0,001 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Pr ⁴⁺ | 0,001 | 0 | 0 | 0,001 | 0 | 0 | 0 |
| Nd ⁴⁺ | 0,001 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Yb ⁴⁺ | 0 | 0,001 | 0,080 | 0,001 | 0 | 0 | 0 |
| Ca ²⁺ | 0,001 | 0 | 0 | 0,001 | 0,007 | 0,002 | 0 |
| Sm ²⁺ | 0,001 | 0 | 0 | 0,002 | 0,003 | 0 | 0 |
| P ⁵⁺ | 0,002 | 0,001 | 0,001 | 0,002 | 0,001 | 0 | 0,002 |
| CATSUM | 2,003 | 1,999 | 2,076 | 2,003 | 2,011 | 2,001 | 2,000 |
| Zr/Hf | 54 | 90 | 58 | 66 | 116 | 110 | 110 |

např. titanit s až 0,290 apfu Al a 0,111 apfu F tvoří v rovnováze s klinozoisitem relikty ve vesuvianu u Ujčova. Podobné složení mají i zonální titanity v grossularu z rohovce v Nedvědici (lok. č. 9) nebo ze Strachujova (lok. č. 40). Zrna titanitu jsou někdy zonální s okraji bohatšími Al (\leq 0,290 apfu) i F (\leq 0,240 apfu), což je vedle zmíněných rohovců typické i pro reakční skarny. Někdy je zonálnost komplikovaná, s nepravidelnými difúzně omezenými zónami s odlišnými obsahy Ti a Fe. Variabilita obsahu Al a F ve studovaných titanitech je závislá hlavně na složení fluidní fáze a méně i na P_{celk}. (v případě F typů chudých F) a je důsledkem substituce Ti⁴⁺ + O₂- \leftarrow Al³⁺ + (F,OH)⁻ (Novák *et al.* 1990, MARKL a PIA-ZOLO 1999). Na rozdíl od podobných minerálních asociací v mramorech na západní Moravě je titanit v nedvědických mramorech vzácnější než apatit, s nimž někdy tvoří srůsty.

Malayait CaSnSiO₄O

Tento minerál byl v relativně větším množství zjištěn v diopsid-grossularovém skarnu na lokalitě Nedvědice-Jedlová (lok. č. 5), v němž tvoří mikroskopická zrna až nedokonalé vřetenovité automorfní krystaly 0,5 mm velké, zarostlé převážně v grossularu a diopsidu (obr. 21a). Vyskytuje se i na dalších lokalitách, ale značně nepravidelně (HRAZDIL *et al.* 2005). V BSE je bílý a má zřetelnou nazelenalou až modrošedou katodoluminiscenci. Bývá poměrně čistý, obsah Ti-složky je \leq 20%. Jednotlivá zrna jsou však často chemicky Tabulka 20. Reprezentativní chemické analýzy titanitu.

1 - relikt v Czo; 2 - reakční skarn; 3 - Ttn + Cal + Tr + Di; 4 - rohovec Di + Grs + Ttn; 5 - Di + Wo
+ Ttn; 6 - Czo + Di + Ttn; 7 - Czo + Di + Ttn; 8 - Fe-Cal + Ms + Ttn; 9 - Di + Czo + amfibol + Cal
+ Ttn; 10 - reakční skarn, střed Ttn + Di; 11 - reakční skarn, okraj Ttn + Di; 12 - reakční skarn.
Table 20. Representative chemical analyses of titanite.

1 - relic in Czo; 2 - reaction skarn; 3 - Ttn + Cal + Tr + Di; 4 - hornfels Di + Grs + Ttn; 5 - Di + Wo + Ttn; 6 - Czo + Di + Ttn; 7 - Czo + Di + Ttn; 8 - Fe-Cal + Ms + Ttn; 9 - Di + Czo + amphibole + Cal + Ttn; 10 - reaction skarn, core Ttn + Di; 11 - reaction skarn, rim Ttn + Di; 12 - reaction skarn.

| lok. č. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|--------------------------------|---------|-------|-------|-------|---------|-------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|
| – Loc. No: | 29 | 11 | 37 | 10 | 40 | 12 | 12 | 24 | 18 | 7 | 7 | 18 |
| SiO ₂ | 31,12 | 30,74 | 29,92 | 30,66 | 30,83 | 30,78 | 30,80 | 30,19 | 31,56 | 31,02 | 31,32 | 30,68 |
| TiO2 | 29,04 | 34,86 | 37,81 | 30,62 | 32,47 | 37,27 | 34,08 | 34,60 | 33,36 | 34,09 | 28,98 | 33,55 |
| Al ₂ O ₃ | 7,41 | 4,03 | 1,80 | 6,87 | 4,94 | 1,96 | 4,12 | 2,01 | 4,88 | 4,31 | 7,75 | 4,11 |
| FeO | 0,59 | 0,27 | 0,17 | 0,37 | 0,24 | 0,08 | 0,08 | 1,75 | 0,19 | 0,63 | 0,53 | 0,36 |
| MnO | b. d. | 0,06 | 0,04 | 0,05 | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. | 0,04 | 0,04 | 0,02 |
| MgO | 0,04 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. | 0,1 | 0,03 |
| CaO | 28,94 | 28,70 | 28,66 | 29,10 | 28,74 | 28,32 | 28,85 | 28,4 | 28,63 | 28,87 | 29,26 | 28,49 |
| F | 1,07 | 0,47 | 0,15 | 1,49 | 1,38 | 1,12 | 0,57 | 0,26 | 0,83 | 0,91 | 2,39 | 1,85 |
| O=F | -0,45 | -0,20 | -0,06 | -0,63 | -0,58 | -0,47 | -0,24 | -0,11 | -0,35 | -0,38 | -1,01 | -0,78 |
| Celkem | 97,76 | 98,95 | 98,50 | 98,54 | 98,04 | 99,07 | 98,26 | 97,10 | 99,10 | 99,49 | 99,36 | 98,31 |
| | | | | | | 5.0 | | | | | | |
| Qi ⁴⁺ | 1 0 2 2 | 1 006 | 0.001 | 0 000 | 1 0 1 1 | 1 004 | 1 0 1 3 | 1 0 1 8 | 1 024 | 1 008 | 1 006 | 1 003 |
| Ti ⁴⁺ | 0.717 | 0.858 | 0,001 | 0,555 | 0.801 | 0.91/ | 0.843 | 0.877 | 0.81/ | 0.833 | 0 700 | 0.825 |
| ΛI ³⁺ | 0.287 | 0,000 | 0,070 | 0,750 | 0,001 | 0,075 | 0,040 | 0,077 | 0.187 | 0,000 | 0,700 | 0,020 |
| Fo ²⁺ | 0,207 | 0,100 | 0,070 | 0,204 | 0,101 | 0,073 | 0,100 | 0,000 | 0,107 | 0,100 | 0,200 | 0,100 |
| Mn ²⁺ | 0,010 | 0,007 | 0,000 | 0,010 | 0,007 | 0,002 | 0,002 | 0,040 | 0,000 | 0.001 | 0.001 | 0,010 |
| Ma ²⁺ | 0 002 | 0,002 | 0,001 | 0,001 | 0.001 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| Co ²⁺ | 1.018 | 1,006 | 1 017 | 1.016 | 1 010 | 0 990 | 1 0 1 7 | 1.026 | 0 995 | 1 005 | 1 007 | 0,001 |
| E | 0 111 | 0.049 | 0.016 | 0 154 | 0 1/13 | 0,000 | 0.059 | 0.028 | 0,000 | 0.094 | 0.243 | 0,000 |
| 02- | / 889 | 1 951 | 1 984 | 1 8/6 | 4 857 | 4 884 | 1 9/1 | 1 972 | 1 915 | 1 906 | 1 757 | 1 800 |
| CATSUM | 3.062 | 3.035 | 3 025 | 3 042 | 3.021 | 2 986 | 3.035 | 3.051 | 3.026 | 3,030 | 3.026 | 2 997 |

Cr, Sn a Zr pod mezí detekce - Cr, Sn a Zr below detection limits

nehomogenní a jsou tvořena komplikovanými symplektity (?). Jde snad o produkt rozpadu původního Ti-malayaitu. Produktem tohoto rozpadu je převažující čistý malayait chudý příměsmi (TiO₂ << 2 %) a s ním srůstající vzácnější Ti bohatší malayait (TiO₂ ~ 5 hm. %). Koexistující grossular obsahuje max. 0,2 hm. % SnO₂ a vesuvian 0, 02 % SnO₂, diopsid a wollastonit ve stejné asociaci jsou bez Sn. V Fe-Sn-Zn skarnu v Obecním lomu srůstá mírně nehomogenní akcesorický malayait se sfaleritem. Čistý malayait byl také zjištěn v jednom vzorku z Kozlova, kde je doprovázen Sn-andraditem a Sn-obsahujícím vesuvianem a srůstá i s kasiteritem (tab. 21). V obou posledních případech je doprovázen grossularem se zvýšeným obsahem Adr-složky až andraditem, jak je typické pro běžné Sn-skarny (EINAUDI *et al.* 1981, DOBSON 1982).

Malayait patří k vzácnějším akcesorickým minerálům nedvědických skarnů. Zvýšené podíly Sn v těchto skarnech mohou souviset právě s jeho přítomností v těchto horninách. Samotný minerál, podobající se titanitu nebo sulfidům, při mikroskopickém studiu zřejmě snadno uniká pozornosti. V Českém masivu je malayait známý jen z několika skarnových lokalit, např. z Ehrenfriedersdorfu v Sasku a z Obřího Dolu v Krkonoších (ŠREIN 2000).

Kasiterit SnO₂

Kasiterit byl dosud zjištěn jen v několika zrnech na jediné lokalitě (lok. č. 32) a z těchto důvodů není uváděn mezi rudními minerály. Tvoří xenomorfní zrna velikosti do 5 µm v asociaci s kalcitem, diopsidem a zejména velmi čistým malayaitem, který po něm pravděpodobně tvoří pseudomorfózy (obr 21b). Tamtéž se, na kontaktu zrna malayaitu Tabulka 21. Reprezentativní chemické analýzy malayaitu.

1-5 diopsid-grossularový skarn s wollastonitem, Nedvědice-Jedlová; 6-7 granát-pyroxenický Fe-Sn-Zn skarn, Nedvědice; 8-10 diopsid-andraditový mramor, Kozlov.

 Table 21. Representative chemical analyses of malayaite.
 1-5 wollastonite-bearing diopside-grossular skarn, Nedvědice-Jedlová; 6-7 garnet-pyroxene Fe-Sn-Zn skarn, Nedvědice; 8-10 diopside-andradite marble, Kozlov.

| lok. č. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|
| – Loc. No: | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 11 | 11 | 32 | 32 | 32 |
| SiO ₂ | 22,65 | 22,44 | 22,29 | 22,59 | 23,43 | 23,45 | 24,34 | 21,72 | 21,77 | 21,79 |
| TiO ₂ | 3,72 | 1,99 | 1,20 | 1,23 | 5,82 | 5,13 | 11,10 | b. d. | 0,03 | 0,02 |
| SnO ₂ | 49,24 | 51,77 | 52,91 | 52,12 | 46,65 | 49,49 | 39,68 | 55,86 | 56,50 | 56,94 |
| Al ₂ O ₃ | 0,21 | 0,13 | 0,19 | 0,15 | 0,20 | 0,15 | 0,61 | 0,08 | 0,01 | 0,02 |
| FeO | 0,15 | 0,14 | 0,25 | 0,25 | 0,36 | 0,20 | 0,83 | 0,10 | 0,05 | 0,08 |
| MnO | 0,08 | 0,02 | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. | 0,05 | b. d. | 0,06 |
| MgO | 0,08 | 0,09 | 0,05 | 0,05 | 0,07 | 0,05 | 0,05 | 0,12 | 0,08 | 0,09 |
| CaO | 21,67 | 21,18 | 21,44 | 21,16 | 22,01 | 21,59 | 23,33 | 21,19 | 21,05 | 21,25 |
| Celkem | 97,80 | 97,76 | 98,33 | 97,55 | 98,54 | 100,87 | 100,36 | 99,12 | 99,49 | 100,25 |
| | | | 5 O | | | | 5 O | | 5 O | |
| Si ⁴⁺ | 0,993 | 0,999 | 0,994 | 1,010 | 1,000 | 0,991 | 0,971 | 0,977 | 0,977 | 0,972 |
| Ti ⁴⁺ | 0,123 | 0,067 | 0,04 | 0,041 | 0,187 | 0,163 | 0,333 | 0 | 0,001 | 0,001 |
| Sn ⁴⁺ | 0,861 | 0,919 | 0,94 | 0,929 | 0,794 | 0,834 | 0,631 | 1,002 | 1,011 | 1,013 |
| Al ³⁺ | 0,011 | 0,007 | 0,010 | 0,008 | 0,010 | 0,007 | 0,029 | 0,004 | 0,001 | 0,001 |
| Fe ²⁺ | 0,005 | 0,005 | 0,009 | 0,009 | 0,013 | 0,007 | 0,028 | 0,004 | 0,002 | 0,003 |
| Mn ²⁺ | 0,003 | 0,001 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,002 | 0 | 0,002 |
| Mg ²⁺ | 0,005 | 0,006 | 0,003 | 0,003 | 0,004 | 0,003 | 0,003 | 0,008 | 0,005 | 0,006 |
| Ca ²⁺ | 1,018 | 1,010 | 1,024 | 1,014 | 1,006 | 0,978 | 0,997 | 1,021 | 1,013 | 1,016 |
| CATSUM | 3,018 | 3,013 | 3,021 | 3,015 | 3,014 | 3,000 | 3,000 | 3,019 | 3,010 | 3,014 |







- Obr. 21. (a) Malayait v granátickém skarnu s wollastonitem (Jedlová), (b) kasiterit v zrnu malayaitu (Kozlov) a (c) žilky stokesitu v epidotu (Obecní lom).
- Fig. 21. (a) Malayaite in garnet skarn with wollastonite (Jedlová), (b) cassiterite in malayaite grain (Kozlov) and (c) stokesite veins in epidote (Obecní lom).

s okolními silikáty a karbonáty, vyskytl i kasiterit kolomorfního vzhledu. Část analýz této variety s obsahem $SnO_2 \sim 83$ hm. % odpovídá "varlamoffitu".

Stokesit CaSnSi₃O₉.2H₂O

Ve vzorcích diopsidicko-grossularového skarnu s vesuvianem a malayaitem (lok. č. 5) tvoří stokesit jen výjimečně úzké žilky v granátu a pyroxenu, které jsou nápadné světlou barvou v BSE. Od malayaitu je odlišitelný zejména žilkovitým tvarem agregátů. Chemickým složením 32,60 SnO₂, 12,81 CaO, 42,67 SiO₂, 0,71 FeO a 0,26 Al₂O₃ (vše v hm. %) odpovídá poměrně čistému stokesitu. Stokesit tvoří rovněž výplň žilek v epidotu v Fe-Sn-Zn skarnu



Obr. 22. Titanit zatlačovaný drobnými zrny rutilu, Nedvědice lok. č. 24.

Fig. 22. Titanite replaced by small grains of rutile, Nedvědice, loc. No. 24.

v Obecním lomu (obr. 21c) a pravděpodobně i ve wollastonitu na Heršince. V obou případech se jedná o zřetelně mladší minerál.

Rutil TiO₂

Mikroskopická zrna rutilu v mramoru, někdy v asociaci s tremolitem, kalcitem a křemenem byla vzácně zjištěna u Víru (lok. č. 39). Pro mramor z této lokality je typická rovnovážná asociace Rtl + Cal + Qtz. V červeném mramoru s Fe-kalcitem byl zjištěn rutil zatlačující titanit (obr. 22).

7.3. Rudní minerály mramorů a skarnů včetně sekundárních produktů

Rudní minerály představují typické akcesorické minerály studovaných hornin, zvláště na jižnějších lokalitách v blízkosti Nedvědice. Byly nalézány převážně v době, kdy byly tamní kamenolomy v provozu (hlavně lok. č. 16 a místy i Obecní lom). Rudní minerály tvoří drobné až mikroskopické vtroušeniny ve skarnizovaných mramorech, skarnoidech

a skarnech, bez doprovodu jakýchkoliv žilných minerálů (křemene, karbonátů, barytu a fluoritu). Ani katodoluminiscenční studium neprokázalo změny ve složení a ve struktuře kalcitu zrudněných mramorů a skarnů v porovnání s nezrudněnými typy. V mramorech převládá chalkopyrit, löllingit a tetraedrit, v silikátových horninách je hojnější sfalerit, chalkopyrit a arzenopyrit. Ostatní minerály jsou s výjimkou lokálně častého ryzího Bi velmi vzácné. Relativně bohatá je i asociace sekundárních minerálů, avšak jejich přesná identifikace je, vzhledem k jejich nepatrnému objemu, příp. nestabilitě při analýzách na mikrosondě, většinou problematická.

Sfalerit

Sfalerit je v nedvědických mramorech jen ojedinělou akcesorií (např. mikrosko-

ZnS

Tabulka 22. Reprezentativní chemické analýzy sfaleritu. Table 22. Representative chemical analyses of sphalerite.

| lok. č. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| - Loc. No: | 16 | 16 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| Zn | 61,93 | 61,73 | 56,20 | 56,14 | 56,63 | 58,08 |
| Fe | 3,56 | 3,47 | 7,17 | 7,19 | 7,03 | 5,83 |
| Cd | 0,58 | 0,61 | 0,94 | 0,94 | 0,94 | 0,96 |
| Cu | 0,04 | 0,01 | 0,20 | 0,21 | 0,27 | 0,32 |
| Mn | 0,06 | 0,06 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 |
| Co | 0,03 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 |
| As | 0,03 | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. | 0,03 |
| Ag | b. d. | 0,01 | b. d. | b. d. | 0,02 | 0,02 |
| S | 33,52 | 33,65 | 33,75 | 33,62 | 33,83 | 33,64 |
| Celkem | 99,76 | 99,56 | 98,29 | 98,13 | 98,77 | 98,91 |
| | | | 1 S | | | |
| Zn | 0,906 | 0,899 | 0,817 | 0,819 | 0,821 | 0,847 |
| Fe | 0,061 | 0,059 | 0,122 | 0,123 | 0,119 | 0,099 |
| Cd | 0,005 | 0,005 | 0,008 | 0,008 | 0,008 | 0,008 |
| Cu | 0,001 | 0 | 0,003 | 0,003 | 0,004 | 0,005 |
| Mn | 0,001 | 0,001 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Co | 0 | 0,001 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Catsum | 0,974 | 0,965 | 0,949 | 0,953 | 0,952 | 0,959 |



Obr. 23. Sfalerit srůstající s chalkopyritem v silikátovém mramoru.

Fig. 23. Sphalerite-chalcopyrite intergrows in silicate-rich marble.

pický sfalerit v kalcitu v zelenavém mramoru s Ttn, Di, Kfs a Czo na lok. 12), což také mimo jiné tyto mramory odlišuje od zrudněných mramorů v přilehlém moldanubiku, moraviku i poličském krystaliniku.

Hnědočerný sfalerit tvoří hojné zrnité agregáty v Fe-Sn-Zn skarnech, vyskytujících se zejména v Obecním lomu. Je součástí složitě provrásněných proužků bohatších Fe-grossularem až andraditem. Sfalerit se nachází v asociaci s chalkopyritem, vzácněji s galenitem, Bi-minerály a malayaitem. Mívá hnědé vnitřní reflexy, které jsou hůře patrné u sfaleritů s vysokým obsahem železa (sfalerity ze skarnů). Ve zpětně odražených elektronech nebyly v zrnech sfaleritu pozorovány inkluze jiného minerálu. Sfalerit intimně srůstá s chalko-



Obr. 24. Xenomorfní sfalerit v intergranulárách zrn kalcitu z Fe-Sn-Zn skarnu.

Fig. 24. Xenomorphic sphalerite in intergranulars of calcite from Fe-Sn-Zn skarn.



Obr. 25. Žilky zincsilitu (šedý) protínající sfalerit (světle šedý).

pyritem (obr. 23) nebo slouží jako výplň intergranulár v okolních karbonátech (obr. 24).

Z hlediska mikrochemismu patří sfalerity z Nedvědice k železem bohatým varietám (Fe 0,059-0,123 apfu). Obsah dalších mikroelementů je nízký – Cd < 0,008 apfu, Mn < 0,001 apfu a Cu < 0,005 apfu (tab. 22). KVAČEK (1974) u sfaleritu z mramoru uvádí 0,011 hm. % Se.

Zrna sfaleritu v Fe-Sn-Zn skarnu z Obecního lomu jsou křehce deformovaná a proniknuta úzkými žilkami mladších minerálů o mocnosti desetin mm (obr. 25). Tyto žilky, které většinou nezasahují mimo zrna sfaleritu, jsou složeny převážně z mikroskopických lupínků Zn-Si minerálu, jehož analýzy se nejvíce blíží **zincsilitu** $Zn_3Si_4O_{10}(OH)_2$. $4H_2O$. Tento vzácný zinečnatý koncový člen skupiny montmorillonit-sauconit-zincsilit byl poprvé popsán z Pb-Zn-Cu skarnového ložiska Batystau v centrálním Kazachstánu. Protože typový analyzovaný materiál nebyl zcela čistý, není jeho chemické složení přesně známo a vzorec není zcela přesný (SMOLJANINOVA *et al.* 1960, FLEISCHER 1961).

Chemické složení nedvědického zincsilitu se vyznačuje patrnou substitucí Zn^{2+} -Fe²⁺-Mg²⁺ takže minerál obsahuje okolo 80 % zinečnaté složky (tab. 24). Otázkou zůstává rovněž podíl Ca a v některých případech i S v zincsilitu. Patrně jde o přimíšený

Fig. 25. Zincsilite veins (grey) penetrating sphalerite (pale grey).

kalcit a sádrovec. Zdejší zincsilit si zasluhuje další výzkum a v případě, že by se jeho výskyt potvrdil, stala by se Nedvědice jedním z mála jeho nalezišť na světě.

Chalkopyrit CuFeS₂

Jde o typický akcesorický sulfid čistých nedvědických mramorů, v nichž se vyskytuje v akcesorickém množství na všech lokalitách od Černvíru po Vír. Hojněji byl zjištěn v drobných žlutavých zrnech velikosti ~ 1 mm v mramoru i v granát-diopsidových skarnech na lokalitě č. 16 a vzácně i na Heršince. V silikátových horninách je doprovázen sfaleritem a ojediněle i galenitem. Přeměňuje se v malachit a smolně lesklou směs Fe oxidů a hydroxidů s obsahem Cu, tzv. "stilpnosiderit".

Hojné zelené povlaky nevelkého rozsahu na mramorech s akcesorickým chalkopyritem a tetraedritem, vzácněji i světle zelené jehlicovité agregáty v dutinách zvětralých granát-diopsidových skarnů, náležejí převážně **malachitu** $Cu_2(CO_3)(OH)_2$. Ojediněle byl v asociaci s malachitem a grossularem zjištěn mikroskopický **kuprit** Cu_2O .

(Pozn. nedvědický kuprit uváděný často v literatuře, např. SEKANINOU (1928) a uložený ve sbírce MZM, je "stilpnosiderit" s relikty chalkopyritu, jak zaznamenal již BURKART (1953).

Löllingit FeAs₂

Tento minerál tvoří v šedém a bílém mramoru s hojným grossularem a diopsidem stříbřitě šedá zrna a hypautomorfní krystaly omezené plochami (110), (101) a (001) (RZE-HAK 1910). Kromě kalcitu je doprovázen převážně diopsidem, méně i grossularem a kli-

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| S | 18,56 | 19,02 | 1,49 | 2,23 | 35,14 | 25,87 | 26,04 | 13,35 |
| Bi | b. d. | b. d. | 0,099 | b. d. | b. d. | 0,55 | 0,54 | 1,06 |
| Pb | b. d. | b. d. | 84,62 |
| Ag | b. d. | b. d. | b. d. | 0,03 | 0,05 | 0,21 | 0,29 | 0,60 |
| Sb | b. d. | b. d. | b. d. | 0,03 | b. d. | 21,46 | 21,98 | 0,04 |
| Hg | b. d. | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | b. d. | b. d. | b. d. |
| Co | 0,03 | b. d. | 0,02 | 3,90 | b. d. | b. d. | 0,01 | b. d. |
| Ni | 0,22 | 0,01 | 0,02 | 3,41 | b. d. | 1,72 | 1,73 | b. d. |
| Fe | 33,88 | 34,14 | 27,97 | 21,31 | 30,11 | 4,90 | 4,54 | 0,01 |
| As | 47,01 | 46,38 | 70,09 | 68,61 | b. d. | 4,90 | 4,54 | 0,01 |
| Se | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. | 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,30 |
| Cu | 0,01 | b. d. | b. d. | b. d. | 33,92 | 38,53 | 38,34 | 0,01 |
| Zn | b. d. | 0,04 | 0,01 | 0,013 | 0,11 | 5,89 | 5,93 | b. d. |
| Celkem | 99,73 | 99,60 | 99,79 | 99,56 | 99,36 | 99,14 | 99,42 | 100,03 |
| S | 1 | 1 | 0,099 | 0,152 | 1 | 12,999 | 12,995 | 1 |
| Bi | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0421 | 0,041 | 0,012 |
| Pb | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,981 |
| Ag | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,032 | 0,043 | 0,013 |
| Sb | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,838 | 2,889 | 0,001 |
| Со | 0,001 | 0 | 0 | 0,145 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ni | 0,007 | 0 | 0 | 0,127 | 0 | 0 | 0,001 | 0 |
| Fe | 1,048 | 1,031 | 1,071 | 0,833 | 0,492 | 0,495 | 0,496 | 0 |
| As | 1,084 | 1,044 | 2 | 2 | 0 | 1,054 | 0,969 | 0 |
| Se | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0,001 | 0,005 | 0,009 |
| Cu | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,487 | 9,768 | 9,654 | 0 |
| Zn | 0 | 0,001 | 0 | 0 | 0,002 | 1,452 | 1,452 | 0 |

Tabulka 23. Reprezentativní chemické analýzy arsenopyritu, löllingitu, chalkopyritu, tetraedritu a galenitu. Table 23. Representative chemical analyses of arsenopyrite, löllingite, chalcopyrite, tetraedrite and galena.

přesné lokality neznámé, arzenopyrit, chalkopyrit a galenit je rozpočten na 1 S, löllingit na 2 As a tetraedrit na 13 S + Se – precise localities are not known, arsenopyrite, chalcopyrite and galena are calculated on 1 S, löllingite on 2 As and tetraedrite to 13 S + Se, respectively.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| SiO ₂ | b. d. | 45,45 | 44,66 |
| FeO | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. | 0,05 | 0,37 | 3,33 | 3,62 |
| ZnO | 45,04 | 44,98 | 52,17 | 53,12 | b. d. | b. d. | 25,88 | 26,58 |
| CuO | 27,08 | 26,13 | 20,20 | 19,70 | b. d. | 0,05 | b. d. | b. d. |
| MgO | b. d. | 7,44 | 6,46 |
| CaO | b. d. | 1,34 | 1,43 |
| Bi ₂ O ₃ | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. | 90,66 | 89,98 | b. d. | b. d. |
| Sb ₂ O ₃ | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. | 0,11 | 0,08 | b. d. | b. d. |
| CO ₂ * | 19,67 | 19,39 | 15,76 | 15,85 | 8,59 | 8,60 | - | - |
| H ₂ O* | 8,08 | 7,94 | 9,67 | 9,73 | - | - | 17,08 | 16,78 |
| Celkem | 99,87 | 98,44 | 97,80 | 98,40 | 99,41 | 99,08 | 100,52 | 99,53 |
| | | 5.0 | | 12 0 | | 5 0 | | 16 O |
| Si ⁴⁺ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.989 | 3,990 |
| Fe ²⁺ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,004 | 0,026 | 0,244 | 0,270 |
| Zn ²⁺ | 1,238 | 1,254 | 3,581 | 3,625 | 0 | 0 | 1,677 | 1,753 |
| Cu ²⁺ | 0,762 | 0,746 | 1,419 | 1,375 | 0 | 0,003 | 0 | 0 |
| Mg ²⁺ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,974 | 0,860 |
| Ca ²⁺ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,126 | 0,137 |
| Bi ³⁺ | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,994 | 1,977 | 0 | 0 |
| Sb ³⁺ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,004 | 0,003 | 0 | 0 |
| C ⁴⁺ | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| OH. | 2 | 2 | 6 | 6 | | | 10 | 10 |
| Catsum | 5 | 5 | 7 | 7 | 3,002 | 3,010 | 7,011 | 7,010 |

Tabulka 24. Reprezentativní chemické analýzy sekundárních Bi-Cu-Zn minerálů (Nedvědice). Table 24. Representative chemical analyses of secondary Bi-Cu-Zn minerals (Nedvědice).

* vypočteno ze stechiometrie – calculated from stoichiometry; 1–2 aurichalcit – aurichalcite; 3–4 zincrosasit – zincrosasite; 5–6 bismutit – bismutite; 7–8 zincsilit – zincsilite; přesné lokality neznámé – precise localities are not known.

nozoisitem-epidotem; může srůstat s tetraedritem a bismutem. Obvyklá je paregeneze s arsenopyritem. Podle chemických analýz se jedná o löllingit s nízkým obsahem S a byl potvrzen i RTG. Vyskytuje se i löllingit s 14 % Co- a 13 % Ni-složky (viz. tab. 23).

Zrna löllingitu jsou lemována a zatlačována rezavě hnědým druhotným Ca-Fe arzeničnanem odpovídajícím nejspíše **arzeniosideritu** Ca₃Fe³⁺₄(AsO₄)₄(OH)₆. 3H₂O. Ten je znám jako typický produkt zatlačování löllingitu, u nás např. z některých západomoravských pegmatitů (Novák 1982).

Arsenopyrit FeAsS

Akcesorický arzenopyrit tvoří převážně drobná až mikroskopická zrna v mramorech, nerozeznatelná od löllingitu. Lokálně jsou ve vesuvianem bohatých skarnech s modrým kalcitem hojné drobné hvězdičkovité agregáty, složené z až 5 mm dlouhých tmavošedých jehliček. KoKTA (1933) zmiňuje až 1 cm velké agregáty arzenopyritu v Černvíru, SEKANI-NA (1946) popisuje 1 mm velké krystalky omezené plochami (110), (011), (111) nebo (110), (014) a 101) zarostlé v jemnozrnné diopsidové hornině. V okolí zrn arzenopyritu jsou tenké šedozelené povlaky sekundárního Fe-arseničnanu, v němž byly jako hlavní slož-ky zjištěny pouze As a Fe. Jde zřejmě o **skorodit** $Fe^{3+}(AsO_4) . 2H_2O$, který uvádí jako nejistý z Nedvědice již RZEHAK (1910). Ve studovaných vzorcích se arsenopyrit vyskytuje obvykle v paragenezi s löllingitem.

Tetraedrit $Cu_6Cu_4(Fe, Zn)_2(Sb, As)_4S_{13}$

Tetraedrit je uváděn SEKANINOU (1928) z tzv. III. lomu (lok. č. 16), kde se vyskytoval v podobě drobných agregátů ocelově šedých zrn zarostlých v mramoru, doprovázených se-kundárními Cu-Sb minerály. BOUŠKA a ČECH (1956) uvádějí mřížkovou konstantu $a_0 =$

10,368 \pm 0,007 Å a vedle hlavních prvků uvažují zvýšený podíl Ag, Bi a Zn. Nové analýzy Ag nepotvrdily a nebyly zjištěny ani žádné inkluze Ag-minerálu. Nízký je také obsah As – studované tetraedrity obsahují maximálně 25 % tennantitové složky (tato práce).

V blízkosti zvětralých zrn tetraedritu se v granát-diopsidových skarnech nebo i v mramorech vyskytuje vedle malachitu hlavně **azurit** $Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$. Tvoří tenké tmavomodré povlaky, vzácněji i drobně zrnité agregáty s náznaky tabulkovitých krystalů velikosti do 0,5 mm. Relativně hojnější byl pouze na lok. č. 16. Nenápadný, místy relativně hojný v asociaci s limonitem je **aurichalcit** $(ZnCu)_5(CO_3)_2(OH)_2$, a vzácnější je **zincrosasit** $(ZnCu)_2(CO_3)$ (OH)₆. Oba vytvářejí na zvětralých granát-diopsidových skarnech společně s kalcitem nepatrné světle zelenomodré práškovité a perleťově lesklé agregáty složené z drobných lupínků. Na trhlinách mramorů obsahujících akcesorický tetraedrit byly v minulosti lokálně zjištěny velmi tenké lesklé povlaky zelených, modrozelených a žlutozelených minerálů o rozměrech až několik dm², které byly pokládány původně za chryzokol a později za alofán (SEKANINA 1928, BURKART 1953). Při výzkumu na mikrosondě byly v těchto povlacích identifikovány velmi nestabilní fáze obsahující pouze Cu–O a Cu–Sb–O (viz níže).

Galenit PbS

Tvoří pouze ojediněle makroskopicky patrná šedá drobná zrna maximální velikosti 2 mm. Vyskytuje se s chalkopyritem a sfaleritem ve skarnech s granátem a diopsidem. Častější je v mikroskopické formě ve stejné asociaci sulfidů v mramorech a vesuvianových skarnech. Náleží v nedvědických mramorech k vzácnějším sulfidům. Obsahuje okolo 1 hm. % Bi a je relativně chudý Ag (max. Ag = 0,6 hm. %).

Pyrit FeS₂

Jako akcesorický minerál se vyskytuje převážně v šedých varietách mramorů, které jsou málo zastoupené. Tvoří v nich nepatrná bledě žlutá zrna velikosti pod 1 mm, která jsou obvykle limonitizovaná (SEKANINA 1928). Z mramoru v Ujčově jsou uváděny až centimetr velké kubické krystaly s rýhovaným povrchem (BURKART 1953). Relativně běžný, většinou však zvětralý na limonit, je pyrit pouze v zbřidličnatělých mramorech na okrajích těles, jinak je vzácný.

Pyrhotin FeS

Poprvé ho uvádí SEKANINA (1946) jako ojedinělá drobná magnetická zrnka bronzové barvy ve vápenatosilikátových horninách. Od Vrtěžíře uvádí pyrhotin též BURKART (1953). Jako akcesorický minerál v zrnech až 3 mm velkých je relativně častý v mramoru nedaleko zříceniny hradu Pyšolec (lok. č. 37). Jako produkt sekundární přeměny pyrhotinu byl identifikován **markazit** FeS₂.

Na skarnech bohatých sulfidy Fe se občas vyskytují povlaky sekundárních síranů. Bílé povlaky na limonitizovaném sfaleritovém skarnu byly RTG určeny jako sádrovec Ca-SO₄. 2H₂O, který se tam také vzácně vyskytuje i v dokonalých až 2 mm velkých bezbarvých krystalech a jejich srůstech. Pouze za suchého počasí se na těchto skarnech (hlavně na lok. č. 11) vyskytují i tenké bílé a nazelenalé agregáty rozpustného Fe-síranu, patrně melanteritu FeSO₄. 7H₂O.

Bismut Bi

Ryzí bismut představuje typický akcesorický minerál skarnizovaných nedvědických mramorů a zejména některých tamních skarnů (Fe-Sn-Zn skarn v Obecním lomu i jinde). Je pouze mikroskopický, zcela výjimečně tvoří až 1 mm velká cínově bílá zrna se zřetelným růžovým odstínem, zarůstající do diopsidu, grossularu a vesuvianu (BURKART 1953). Je doprovázen löllingitem, sfaleritem a velmi vzácně galenitem. Na základě studia elektronovou



Obr. 26. Ryzí Bi (bílý v centru) s lemem bismitu (?) a se zrnem Bi-Te minerálu (šedý), v kalcitu.

Fig. 26. Native Bi (white in centre) with rim of bismite (?) and grain of Bi-Te mineral (grey), all in calcite.

mikrosondou jde většinou o čistý bismut, místy s nízkým obsahem Cu (≤ 2 %). Většinou je zachovaný pouze v reliktech (obr. 26).



- Obr. 27. Asociace Bi-Te minerálů v kalcitu, Nedvědice, lok. 16.
- Fig. 27. Assemblage of Bi-Te minerals in calcite, Nedvědice, lok. No. 16.

A - Bi_2O_3 po bismutu - Bi_2O_3 after bismute, B - nepojmenovaná fáze Bi_3Te -- unnamed Bi_3Te phase, C - nepojmenovaná fáze $Bi_vTe_vO_2$? - unnamed $Bi_vTe_vO_2$? phase.

Bismut je zatlačován sekundárními produkty, zejména Bi_2O_3 (bismit ? nebo sphaerobismoit ?), dále bismutitem $Bi_2O_2(CO)_3$ a ojediněle zřejmě i Ca-Bi-karbonátem beyeritem $CaBi_2O_2(CO_3)_2$. Analýzy na elektronové mikrosondě prokázaly jako hlavní složku těchto fází převážně pouze Bi, příp. Ca-Bi, bez dalších složek (jmenovitě bez S, Si, Se, Pb, Te). Nepatrná velikost zrn nedovoluje zatím použít další upřesňující identifikační metody.

Bi teluridy a jejich oxidy

Pouze v ojedinělých zrnech submikroskopické velikosti (~ 50 µm) byly v asociaci s bismutem a löllingitem nalezeny minerály Te (obr. 27). Velmi vzácným minerálem je telurid Bi odpovídající přibližně **hedleyitu** (teor. Bi₇Te₃ nebo spíše Bi₈Te₃), který je znám často ze skarnů s Bi mineralizací, avšak poměr Bi:Te studovaného vzorku je 2,91 (obr. 28) a ojediněle 4,78. Tvoří nepatrné relikty v převládajícím minerálu o složení Bi_xTe_yO_z (příp. s OH?), odpovídajícím přibližně **pingguitu** Bi₆Te₂O₁₃. Poměr Bi:Te je však i v tomto případě odlišný od teoretického složení tohoto minerálu (tab. 25). Nelze proto vyloučit, že v obou případech jde o nové Bi-Te minerály podobné fázím, které jako nové minerály dosud nejsou akceptované, avšak byly již dříve známy z některých rudních ložisek s Bi-mineralizací (srovnej LI-TOCHLEB a ŠREIN 1994, GU *et al.* 2001, SHIN *et al.* 2005).

Molybdenit MoS₂

Molybdenit je nejvzácnější sulfid nedvědických mramorů. Tvoří šupinaté agregáty v diopsidovém skarnu. Ojedinělý vzorek s šedými zprohýbanými lupeny molybdenitu je uložen ve sbírce minerálů v MZM.

7.4. Minerály nízkoteplotních postmetamorfních až zvětrávacích procesů

Hematit α -Fe₂O₃

Jemně dispergovaný hematit zbarvuje místy některé mramory do červena, zvláště u Kozlova. Hojněji se tam vyskytoval také v centru žil kalcitu s fluoritem. Jde o typický mladší hydrotermální minerál. Vzácně se objevuje jako drobná červená zrna 0,1–0,2 mm velká v zrnech kalcitu (lok. č. 17). Nejasnou genetickou pozici mají asi 0,5 mm velká zrna a drobné agregáty černého hematitu v kalcitu a v epidotu v červeném mramoru (lok. č. 24).



Chlority

 $(Mg, Al)_6(Si, Al)_4O_{10}(OH)_8 - (Fe, Al, Mg)_6(Si, Al)_4O_{10}(OH)_8$

Modrozelené lupínky chloritu – klinochloru až 8 mm v průměru uvádí v mramoru RZEHAK (1910). Chlorit v podobě tmavozelených lupínků někdy sférolitického vývinu popisuje z dutin živce v diopsidových horninách SEKANINA (1946). Bezbarvý a nazelenalý chlorit často v mramorech zatlačuje flogopit, nad nímž místy i převládá (Vír). V asociacích diopsidových rul s amfibolem a ve skarnech bohatších Fe byl určen mladší retrográdní chlorit odpovídající Fe-klinochloru až chamositu.

Mastek $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$

Tento minerál tvoří vzácně na severnějších lokalitách (Pyšolec, Vír) pseudomorfózy bílé a nazelenalé barvy po tremolitu a diopsidu.

Ankerit $CaFe(CO_3)_2$

Nepatrná zrna (odmíšeniny ?) velikosti pod 5 µm náležející Ca-Fe karbonátu byla zjištěna v červeném mramoru na lok. č. 24.

Tabulka 25. Reprezentativní chemické analýzy Bi teluridů a jejich oxidů.Table 25. Representative chemical analyses of Bi telurides and their oxides.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|--------|--------|---------|---------|---------|
| | Bi ₂ O ₃ | Bi ₂ O ₃ | Bi–Te | Bi–Te | Bi–Te | Bi–Te | Bi-Te-O | Bi–Te–O | Bi–Te–O |
| Те | b. d. | 0,18 | 16,49 | 17,43 | 17,09 | 17,22 | 15,62 | 16,34 | 15,88 |
| S | b. d. | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | b. d. |
| Cd | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. | 0,200 | 0,264 | b. d. | 0,248 | 0,20 |
| Bi | 92,25 | 91,06 | 82,26 | 80,87 | 82,91 | 82,02 | 71,01 | 74,44 | 72,08 |
| Pb | b. d. | b. d. | 0,40 | 0,47 | 0,55 | 0,47 | 0,50 | 0,55 | 0,49 |
| Ag | b. d. | 0,02 | b. d. | 0,02 | 0,06 | b. d. | b. d. | 0,01 | 0,01 |
| Sn | 0,146 | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. | b. d. |
| Se | b. d. | 0,02 | 0,46 | 0,47 | 0,45 | 0,52 | 0,46 | 0,43 | 0,51 |
| Cu | 0,03 | b. d. | b. d. | 0,02 | 0,03 | 0,03 | b. d. | b. d. | 0,01 |
| Zn | 0,05 | 0,06 | 0,02 | b. d. | 0,03 | b. d. | 0,04 | b. d. | 0,04 |
| Celkem | 92,48 | 91,37 | 99,64 | 99,31 | 101,33 | 100,54 | 87,64 | 92,04 | 89,25 |

Palygorskit $(Mg, Al)_2Si_4O_{10}(OH) \cdot 4H_2O$

Světle hnědý a bílý palygorskit byl zjištěn na nejsevernější (dnes patrně zaniklé) lokalitě mramoru u Víru, kde tvořil bílé povlaky ("skalní kůže") na mramoru. Jako nejmladší minerál narůstal na krystaly kalcitu. Rentgenometricky jej určil J. Sejkora.

Sepiolit $Mg_4Si_6O_{15}(OH)_2 . 6H_2O$

Podle RTG výzkumu (J. Sejkora) náleží palygorskit z Nedvědice, který uvádí BUR-KART (1953) a je uložený ve sbírce MZM, sepiolitu. Tvoří velmi vzácné hnědavě bílé asi 1 mm mocné povlaky na trhlinách mramorů a náleží k ojedinělým postmetamorfním hydrotermálním minerálům.

Nontronit $Na_{0.3}Fe_2(Si, Al)_4O_{10}(OH)$. nH_2O

Jako nontronit byl rentgenometricky určen zelený až zelenohnědý jílový minerál tvořící pseudomorfózy po zrnech a malých krystalech vesuvianu v mramoru. Zvýšený obsah Mg v některých podobných fázích může naznačovat přítomnost dalších minerálů skupiny smektitu (montmorillonit, saponit).

Chalcedon SiO₂ (kryptokrystalický)

Žlutohnědý až hnědočerný chalcedon vzácně tvoří výplně trhlin v mramorech (SE-KANINA 1928).

Opál $SiO_2 \cdot nH_2O$

Byl ojediněle nalezen přímo v mramoru, v němž tvořil žlutavě zelené žíly (vzorek v MZM). Jako hyalit, tvořící drobně hroznovité povlaky, je převládající součástí modrozeleně a žlutozeleně zbarvených celistvých směsí (recentních ?) minerálů na puklinách mramoru pokládaných v literatuře chybně za alofán. Chemická analýza v těchto případech prokázala pouze obsah Si.

7.5. Problematické minerály

Chalkozín ani bornit, které zmiňují z Nedvědice a z Ujčova topografické mineralogie a přehledy (např. BURKART 1953), nebyly dosud žádným výzkumem potvrzeny. V případě sbírkových vzorků v MZM jde převážně o navětralý chalkopyrit. Chondrodit je zmíněn takřka ve všech výčtech nedvědických minerálů (např. SEKANINA 1928, BURKART 1953). Slo však spíše o záměnu s relativně běžnými žlutými zrny Mg-vesuvianu (Nedvědice), a žlutohnědým kalcitem (lokalita Kozlov). Už vzhledem k převládající Ca-bohaté minerální asociaci nedvědických mramorů je jeho výskyt pochybný. Alofán uváděný často v literatuře o nedvědických mramorech (BURKART 1953) je podle studia na mikrosondě většinou opál-hyalit zbarvený jemným pigmentem sekundárních minerálů Cu ± Sb. Při studiu na mikrosondě jsou značně nestabilní a proto obtížně identifikovatelné. Nejde o karbonáty a neobsahují Al, As, Cl, Fe, P, S. V případě modré Cu-fáze by mohlo jít o spertinit Cu(OH)₂, v případě zelenožlutého Cu-Sb-minerálu o partzit Cu₂Sb₂(O, OH)₇, které jsou lokálně doprovázené i kolomorfní Fe-Si fází (hisingerit?) a apatitem. Allanit uvádí JAROŠ (1932) ze skarnoidů v asociaci s axinitem, titanitem a fluoritem. Rovněž ve vápenatosilikátové hornině studované SEKANINOU (1946) se v asociaci s arzenopyritem vyskytla tmavohnědá nepatrná zrna, připomínající allanit, lemovaná žlutočerveným pigmentem. Jakákoliv identifikační data, dokládající výskyt allanitu však chybějí. Jako produkt rekrystalizace většího zrna "epidotu" byla při našem studiu mikrosondou zjištěna blíže neidentifikovatelná Ce-Ca-Si fáze (zrna velikosti cca 2 µm) s malým obsahem Al, Fe a Mg, s relativně vysokým podílem U a Th (v obou případech asi 6 hm. %). Je doprovázena drobnými zrny REE-karbonátu, patrně parisitem(-Ce). Může jít o metamiktně přeměněný allanit, vyloučit však nelze ani přítomnost některého z borosilikátů s Th a U, např. melanoceritu(-Ce).

Nepotvrzeným zůstává zatím také **skapolit**, jako vzácný minerál nedvědických mramorů uváděný v práci NĚMCE (1979). Rovněž **hemimorfit**, na základě optického výzkumu identifikovaný na zvětralém Fe-Sn-Zn skarnu (HOUZAR a NOVÁK 2001), se dosud nepodařilo potvrdit; bílé povlaky a drobné bezbarvé krystaly tam náležejí převážně sádrovci, příp. zincsilitu. Na základě sběru B. Kučery uvedl BURKART (1953) z Nedvědice drobné fialové krystaly **spinelu**, avšak jeho originální vzorek ve sbírce Moravského zemského muzea je forsteritový skarn s akcesorickým spinelem a byl na lokalitu nepochybně zanesen z některé z lokalit dolomitického mramoru ve strážeckém moldanubiku. Ani mikroskopický nafialovělý spinel uváděný SEKANINOU (1928) a JAROŠEM (1932) není doložen žádným bližším popisem a vzhledem k minerální asociaci nedvědických mramorů, resp. vápenatosilikátových hornin, je jeho výskyt málo pravděpodobný. Rovněž údaj DVORSKÉHO (1898) o nálezu **serpentinu** ("ofitu") včetně chrysotilu v mramoru u Nedvědice, který cituje BURKART (1953), lze nejspíše rovněž vysvětlit původem z jiné lokality.

8. Diskuse

8.1. Geologická pozice nedvědických mramorů a charakter jejich protolitu

Nedvědické mramory představují hlavní součást jinak poměrně monotónní sekvence metapelitů o mocnosti asi 150 m, ležící v nadloží granát-muskovitických svorů s relativně hojnými amfibolity ojediněle doprovázenými tělesy serpentinitů (ZOUBEK 1946a, MÍSAŘ 1963, PAŘÍZEK 1971).

Na rozdíl od několika malých poloh mramorů (lok. č. 24) v podloží hlavního mramorového horizontu, přecházejících postupně do okolních metapelitů, jsou kontakty mocných mramorových těles s okolím poměrně ostré. V jejich nadloží se vyskytují malé polohy mramorů a zejména vápenatosilikátových hornin s mocností ≤ 1 m zcela ojediněle. Lze proto předpokládat, že počátek i konec karbonátové sedimentace je především důsledkem zásadní změny sedimentačních podmínek s poměrně rychlou záměnou klastické sedimentace za sedimentaci čistých karbonátů.

Centra větších těles nedvědických mramorů jsou velmi často reprezentována velmi čistými, bílými, středně zrnitými kalcitickými mramory. Většina mramorů se vyznačuje náznaky páskované stavby, kdy se v převažujících bílých a světle šedých mramorech vyskytují ojedinělé úzké šmouhy a provrásněné pásky s flogopitem, doprovázeným dalšími Ca-Mg silikáty, výjimečně i s pyritem a grafitem (KALAŠEK *et al.* 1950, HOUZAR a PFEIFE-ROVÁ 2005). Poslední dva minerály však nejsou nikdy vázány na samostatné polohy grafitických mramorů a nejsou tedy produktem samostatných anoxických epizod při sedimentaci vápenců. Jde pouze o akcesorické minerály, jejichž vznik souvisí buď s nepatrnou organickou příměsí v původních vápencích nebo může jít o produkty reakcí metamorfních fluid obsahujících CO_2 a H_2S , příp. CO nebo CH_4 .

Protolitem mramorů byly převážně velmi čisté sedimentární vápence (SVOBODA a ZOUBEK 1950), zčásti snad i útesového charakteru, vzniklé v relativně oxidačním prostředí mělkého šelfu, s nepatrným a epizodickým přínosem vytříděného křemenného písku a jílové složky. Přítomný flogopit a tremolit v mramorech dokládají menší příměs jílovitého podílu a dolomitu v původních vápencích, avšak množství dolomitické příměsi bylo omezené. Ojedinělý červený mramor na lok. č. 24 představuje metamorfovaný vápenec s jemně dispergovanými Fe-oxidy, který se střídal s tenkými vložkami vápnitých jílů. Vložky diopsidových až grossular-diopsidových rohovců a rul, nacházejících se často při podloží větších těles mramorů a proti okolním čistým mramorům ostře omezené, odpovídají původním jílovitým polohám (NĚMEC 1968a). Mohou signalizovat buď omezení až přerušení sedimentace karbonátů nebo jsou důsledkem postdepozičních změn chemického složení karbonátových hornin při diagenezi.

Silikáty bohaté mramory s modrým kalcitem tvoří ojediněle až 10 m mocná tělesa s ostrou hranici vůči okolním metapelitům (lok. č. 13); častěji však jen decimetrové polo-

hy v běžných mramorech. Jsou to pravděpodobně produkty specifických metamorfně-deformačních procesů, spojených s interakcí mramorů s externími fluidy.

Diopsidové ruly v blízkém okolí mramorů vznikly metamorfózou tenkých poloh původních jílovitých a křemičitých vápenců. Možnou vulkanickou příměs v těchto rulách může naznačovat častý Fe-amfibol s hojnými inkluzemi titanitu, původně snad titanem bohatý amfibol-kaersutit.

8.2. Minerální asociace a jejich vývoj

Studium minerálních asociací nedvědických mramorů a vápenatosilikátových hornin prokázalo, že jsou to produkty velmi komplikovaného metamorfního vývoje. Regionální metamorfóza této oblasti odpovídá střední a vyšší amfibolitové facii a má polyfázový charakter. Uplatnila se také lokální metamorfóza kontaktního charakteru (NĚMEC 1968b, CHÁB a SUK 1977, SCHULMANN *et al.* 1991, NOVÁK 1995, tato práce). Relativní časové zařazení jednotlivých metamorfních fází ve studovaných horninách a vzájemné vztahy těchto fází jsou však do určité míry spekulativní, neboť dosud neexistují žádné spolehlivě publikované geochronologické údaje a detailní moderní výzkum vztahů deformace a metamorfózy v této oblasti rovněž chybí.

Podle složení a geneze minerálních asociací, jejich regionálního rozšíření, vzájemných vztahů a charakteru tektoniky této části svrateckého krystalinika, lze ve vývoji studovaných hornin přibližně rozlišit 6 hlavních etap (tab. 26 a 27):

(I) Regionální MT/MP metamorfóza

(II) Intruze granitů a ji doprovázející rané stádium skarnizace

(III) Mineralizace v pozdním stádiu skarnizačních procesů

(IV) Regionální metamorfóza včetně lokální dynamometamorfózy v tektonické zóně

(V) Mineralizace typu alpské parageneze a mladší hydrotermální žíly

(VI) Nízkoteplotní procesy převážně v zóně zvětrávání

(I) Regionální MT/MP metamorfóza

Patrně nejstarší dochovanou metamorfní fázi reprezentují hlavně minerální asociace v centrech větších těles mramorů a vzácněji i minerální asociace některých vápenatosilikátových hornin. Tato metamorfóza měla převážně *izochemický* charakter (stádium I.-1). Jejím dalším znakem je detailní izoklinální provrásnění poloh mramorů a vápenatosilikátových hornin s těmito asociacemi a syntektonický charakter krystalizace minerálů.

Charakteristickou minerální asociací v mramorech je Cal + Phl + Tr \pm Dol \pm Qtz \pm Di, s akcesorickým podílem apatitu, grafitu, titanitu, zirkonu a rutilu. Je produktem reakcí, počínajících už za relativně nízkých T:

(1) Kfs + 3Dol + $H_2O \rightarrow Phl + 3Cal + 3CO_2$

(2)
$$5Dol + 8Qtz + H_2O \rightarrow Tr + Cal + 7CO_2$$

Asociace je celkově chudá Fe, Mn, Ba a Ti a poměrně nízký je i obsah F, který v rovnovážné asociaci Phl + Tr preferuje zřetelně flogopit. Zatlačování tremolitu mastkem při poklesu T v retrográdní fázi probíhá pouze v asociacích s dolomitem (Vír, lok. 39) reakcí:

(3) Tr + Dol + H₂O + CO₂ \rightarrow 2Tc + 3Cal

Ojediněle je místo tremolitu v nedvědických mramorech zastoupen pargasit, který představuje patrně produkt reakce s uplatněním Ab za vyšší T nebo při účasti fluid s vyšší aktivitou Na-Al:

(4) Ab + 5Dol + 4Qtz + H₂O \rightarrow Prg + 3Cal + 7CO₂

Místy je hojný titanit vzniklý reakcí:

(5) Rt + Qtz + Cal \rightarrow Ttn + CO₂.

| Tabulka 26 | . Hlavní | etapy n | net | amorfního výv | oje oblasti | svi | ateck | éhc | o kry | stalinika s r | iedvědick | ými mra | amor | у. |
|------------|----------|----------|-----|---------------|-------------|-----|-------|-----|-------|---------------|-----------|---------|------|---------|
| Table 26. | Major | stages | of | metamorphic | evolution | of | area | of | the | Nedvědice | marbles | within | the | Svratka |
| | Crysta | lline Co | mp | olex. | | | | | | | | | | |

| Fáze vývoje | charakter procesu | charakter tektoniky | metamorfóza | fluida v mramorech a Ca-Si horninách | poznámka minerální asociace okolních hornin |
|----------------|--|--------------------------------|----------------------------|--|---|
| Ι. | regionální metamorfóza | syntektonická krystalizace | izochemická prográdní | $CO_2 \sim H_2O$ až $H_2O > CO_2$ | Qtz + Ms I + Grt ± Bt ± Ky ± St |
| II. | intruze granitů raná skarnizace mramorů (Fe-chudá) | postkiematická krystalizace | alochemická prográdní | H ₂ O (K, Na) | stáří 471 ± 29 Ma Qtz + Ms II + Bt + Kfs Tur, FI, Sil ± And ? |
| III. | mineralizace trhlin a žil s externím přínosem fluid | křehká deformace | _ | H₂O > F∼B | Qtz + FI I, Qtz + Tur Qtz + arzenopyrit |
| IV. | regionální metamorfóza a dynamometamorfóza | syntektonická krystalizace | izochemická | H ₂ O >> F | Qtz + Kfs + Bt + Sil F-fengit v ortorulách (± And) |
| V. | alpská parageneze | křehká deformace | izochemická retrográdní | H ₂ O > Na ~ F >> B (CO ₂ , Fe, Mg) | Qtz + Ms III + FI II |

Tabulka 27. Vývoj minerálních asociací v nedvědických mramorech a vápenatosilikátových horninách. Table 27. Evolution of mineral assemblages in the Nedvědice marbles and associated calcsilicate rocks.

| Fáze vývoje | rovnovážné asociace hlavních minerálů | další typické minerály | rudní minerály | typické elementy | poznámky |
|----------------|---|---|---|--|---|
| l1 | Cal + Phl + Tr + Di + Dol Cal + Qtz | pargasit, titanit, grafit, apatit, rutil | pyrhotin, pyrit | Mg, Ti | izoklinální zvrásnění mramorů i vápenatosilikátových hornin |
| I2 | Cal + Di + Pi Cal + Di + Grs I | KIINOZOISIT | | | vyšší T než I1, Grs místo Czo a Pl |
| 11. | Wo + Cal ± Qtz Wo + Kfs + Ves Grs II + Kfs + Ves (?) Di + Grs + Ves Kfs + Qtz + Czo | albit, zirkon, malayait Fe-grossular, andradit Ti-Mg vesuvian | arzenopyrit, Bi ryzí, Bi _x Te _y , galenit kasiterit, löllingit, sfalerit, tetraedrit | As, Bi, F, Fe, K, Na, Sb, Sn Ti, Zn, Zr (pouze lokálně S) | T > 550 °C (při 200 MPa) nízký X _{co2} < 0,2, místy vyšší F a Sn typická je mozaikovitost asociací pozdní asociace malí vyšší Fe/Mo |
| 111. | Qtz + Kfs + Ab + uvit Axn + Kfs + Di | fluorit, zoisit, klinozoisit Ti-vesuvian, epidot | arzenopyrit chalkopyrit, sfalerit | As, B, Cu, F, S Ti | rozšíření těchto asociací je značně omezené |
| IV1 | Ves + Di? | zirkon, grossular | arzenopyrit | As, Cu, F, Fe, | foliace, budináž rohovců a skarnů |
| IV2 | Cal + Ves + Wo | | chalkopyrit | S, Zr | výrazná lineace, modrý kalcit, extrémně nízký X _{co2} < 0,05 |
| V. | Pct + Cal Dat + Cal ± Wo(?) Act + Ab + Qtz | chlorit, fluorit, hematit, klinozoisit prehnit | stokesit, zincsilit | F, Fe, Na, Sn, Zn | s výjimkou žil fluoritu pouze úzké žilky (< 1 mm) |
| VI. | | kalcit, mastek, nontronit, palygorskit, sepiolit | aurichalcit, azurit, malachit | Cu, Mg, Sb, Zn | |

Další reakce, probíhající při pokračujícím růstu T, je doložena hlavně u Ujčova a Víru:

(6) Tr + 3Cal + 2Qtz \rightarrow 5Di + 3CO₂ + 2H₂O.

Vzniklá asociace minerálů v mramorech je stabilní v širokém intervalu PTX podmínek. Pro jejich přibližný odhad je zásadní existence rovnovážných asociací Tr + Dol a Qtz + Cal, které se vyznačují pravidelnou distribucí jak v rámci jednotlivých těles mramorů, tak i v celé oblasti. Protože pro tuto část svrateckého krystalinika dosud chybějí spolehlivé údaje o výši celkového P, je následný předpoklad TX podmínek vztažen k předpokládanému P_{celk} v rozmezí 500-600 MPa. Tremolit v rovnováze s dolomitem je při těchto P stabilní až do T \leq 700-750 °C a při X_{CO2} < 0,6-0,7; Qtz + Cal až do T_{max.} \leq 800-850 °C. Asociace s diopsidem by mohla vznikat v rozmezí X_{CO2} \sim 0,2-0,4 při postupném nárůstu teploty od T = 580-620 °C.

Ve vzácných červených mramorech, tvořených převážně Fe-kalcitem, je celková asociace Cal+Bt + Ms + Ep + Di + Qtz jako celek bohatší Fe a epidot vznikl patrně reakcí: (7) $3An + Cal + Fe_2O_3 + H_2O \rightarrow 2Ep + CO_2$

probíhající v oxidačním prostředí při vysokém X_{H2O} a relativně nízké T (Holdaway 1972, LIOU 1993). Železem bohatší diopsid v nich vznikl pravděpodobně modifikovanou reakcí (6), zatímco biotit (Fe-flogopit) a fengitický muskovit v tomto mramoru jsou zřejmě produkty metamorfní rekrystalizace jílových minerálů.

Ve vápenatosilikátových horninách odpovídají této metamorfní etapě asociace Otz + Di + Pl + Cal ± Kfs (diopsidická rula) a Di + Pl + Cal + Czo ± Kfs ± Grs ± Qtz (granát-diopsidická rula). Všechny tyto horniny se vyznačují vysokým poměrem Mg/Fe (složení diopsidu je blízké koncovému členu) a místy také zvýšeným podílem Na a K (ortoklas a kyselé plagioklasy). Část těchto hornin má vyšší obsah grossularu (~ 30 modálních %), který je stabilní jen při nízkém $X_{CO2} \le 0,2$ (Gordon a Greenwood 1971). Tyto podmínky při metamorfóze mohla nejlépe splnit deformace, spojená s otevřením systému a odnosem CO₂. V souladu s tím je grossular poněkud mladší nepravidelně rozšířený minerál (stádium I.-2). Vyskytuje se často v ohybech vrás a v místech křehké deformace a uzavírá starší diopsid.

Reliktní minerály ve studovaných horninách často chybějí, a proto lze následující reakce psát jen schématicky. Pro vznik diopsidu lze kromě reakce (6) předpokládat vznik podle rovnice:

(8) Dol + 2Qtz \rightarrow Di + 2CO₂.

Také klinozoisit je v těchto horninách prográdním minerálem a při jeho vzniku se uplatnila nejspíše reakce:

(9) $3An + Cal + H_2O \rightarrow 2Czo + CO_2$

Pro grossular lze uvažovat nejspíše dvě reakce:

(10) An + 2Cal + Qtz \rightarrow Grs + 2CO₂ (11) 2Czo + 5Cal + 3Qtz \rightarrow 3Grs + 5CO₂ + H₂O

Zjištěné asociace jsou pravděpodobně produkty metamorfózy orogenního kyanitstaurolitového typu (srovnej CHÁB a SUK 1977, BUCHER a FREY 1994), která je rozšířená v celém svrateckém krystaliniku.

(II) Intruze granitů a ji doprovázející rané stádium skarnizace

Minerální asociace této fáze mají v nedvědických mramorech spíše "statický" postkinematický charakter a souvisejí s intruzemi granitů (dnes metamorfovaných v ortoruly) do metapelitů v okolí mramorů a s infiltrací externích fluid.

Ve skarnoidech a skarnech s wollastonitem, grossularem a zeiména s vesuvianem isou jednotlivé asociace minerálů rozmístěny značně nepravidelně. Kvantitativní zastoupení minerálů, jejichž vznik je spojen s vysokou aktivitou H₂O-bohatých fluid, je úměrné množství těchto fluid (FERRY 1994, CARTWRIGHT a BUICK 1995). "Mozaikovitá" distribuce minerálních asociací ukazuje, že tato fluida neprostupovala mramory rovnoměrně, ale pronikala do nich hlavně při podloží, podél hranic litologicky kontrastních hornin nebo tektonicky predisponovaných domén.

V mocnějších polohách mramorů odpovídají této fázi minerální asociace s velkým obsahem Wo (± Ves), které zřetelně vymezují hranici s vysokou a nízkou permeabilitou pro infiltrující fluida (srovnej NABELEK 2002) a některé asociace s namodralým a nazelenalým kalcitem. Pro tuto fázi je typická minerální asociace Woll + Di + Ves + Kfs + Grs \pm Otz, vázaná převážně na bílé, nazelenalé a namodralé jemněji zrnité mramory. Jehlicovitý wollastonit v asociaci Cal + Wo \pm Kfs v nich vznikl reakcí:

(12) Cal + Qtz \rightarrow Wo + CO₂

Modální množství wollastonitu v mramoru může dosahovat až téměř 10 %, což neodpovídá průměrnému obsahu křemene v těchto mramorech (< 0.5 %). Protože jde v těchto případech zároveň o mramory bez vložek kvarcitů je nutné předpokládat infiltrační přínos Si a místy také K a Al, potřebných pro vznik této asociace. Wollastonit, jehož množství v asociaci dosahuje až 95 %, je někdy zatlačovaný mladším čistým grossularem (Grs98-99). Dále obsahuje zrna žlutého Mg-Ti vesuvianu, Na-ortoklasu a vzácněji též diopsidu a křemene. V případě takové infiltrace fluid s větším podílem SiO_2 a Al_2O_3 do čistých mramorů je nutné předpokládat větší objem fluid nebo větší prostupnost pro fluida vlivem deformace, neboť reakce (12) v mramorech produkovala velké množství CO₂, který musel uniknout mimo ně. Asociace wollastonitu s alkalickými živci, která je v podobných případech vzácná a je typická spíš pro některé endoskarny vzniklé na úkor silikátových hornin, dokládá relativně vysokou aktivitu alkálií v mramorech (srovnej ŽARIKOV 1970, XIE a WALTHER 1993). K této mineralizaci mohou proto patřit rovněž velká zrna albitu s inkluzemi Ba-Na ortoklasu.

Pokročilejší stadium tohoto procesu představují v mramorech drobné polohy (mocnost cm-dm) světlých diopsid-grossularových skarnů, s vesuvianem a místy s reliktním wollastonitem, s mírně zvýšeným obsahem Fe v diopsidu, které obsahují akcesorický zirkon, malayait, chalkopyrit, sfalerit, arzenopyrit a ryzí Bi (např. na Jedlové). Vesuvian v nich mohl vznikat různými reakcemi, např.:

(13) $2\text{Grs} + 3\text{Di} + 3\text{An} + 7\text{Cal} + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ves} + 7\text{CO}_2$ (14) $5\text{Grs} + 3\text{Di} + 4\text{Cal} + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ves} + 3\text{Wo} + 4\text{CO}_2$

Minerální asociace odpovídají typické mineralizaci raných skarnů, chudých Fe a Mn (srovnej EINAUDI a BURT 1982, MEINERT 1992). Indikují přínos externích fluid bohatých H₂O a lokálně i s dalšími složkami, např. Al, K, Na, Sn, Zr (?), Ti (?). V těchto případech lze ale místy uvažovat i bimetasomatický původ části skarnů, kdy H₂O-bohatá fluida preferenčně pronikala podél hranic mramoru a vápenatosilikátových hornin.

U vápenatosilikátových hornin existovaly vzhledem k rozdílům v jejich kompetentnosti vůči mramorům v průměru příznivější podmínky pro migraci fluid a průběh reakcí. V místech styku infiltrujících fluid se staršími vápenatosilikátovými horninami vznikly hojné skarnoidy až skarny s mladším grossularem, Fe-diopsidem a s K-živcem, tvořícím zrnité agregáty a drobné žíly (není ale vyloučeno, že tento živec náleží alespoň zčásti k následující fázi III). Fluida měla rovněž vyšší aktivitu alkalických kovů, jak dokazuje častá asociace Grs + Kfs. Starší grossular ve vápenatosilikátovém rohovci někdy pouze rekrystaloval (viz fáze I.-2) a vzrostl v něm mírně obsah Alm a Prp složky (tab. 28).

Vzácné jsou Fe-Sn-Zn skarny, které se v nedvědických mramorech objevují jen výjimečně. Obsahují zřetelně mladší granát s vyšším podílem andraditu, který ojediněle i převládá a může obsahovat i Sn. Andraditová složka granátu je patrně produktem reakcí, které předpokládají přítomnost Fe³⁺ ve fluidní fázi:

(15) $3Wo + Fe_2O_3 \rightarrow Adr$ (16) $3Cal + 3Qtz + Fe_2O_3 \rightarrow Adr + 3CO_2$

Minerální asociace této metamorfní fáze připomínají asociace známé z kontaktů granitických plutonů, avšak přímý styk mramorů s magmatickými horninami v oblasti Nedvědice je bez patrných kontaktních minerálů. Složení a variace jednotlivých minerálních asociací dokládá přínos různých komponent (Si, Al, Ti, Mg, Fe) i tepla externími fluidy odvozenými zřejmě od intruzí granitů, čemuž nasvědčují i změny izotopického složení kalcitu skarnizovaných mramorů (tab. 8). Zdroj a složení těchto fluid není v detailech zcela jasný. Geochemicky však vzniklé skarny zvýšeným obsahem F, B, As a Sn při bezvýznamném podílu W (viz níže) dobře korelují s mineralizací turmalinických ortorul svrateckého krystalinika v blízkém okolí (srovnej Němec 1979, 1980, MEINERT 1995, NOVÁK et al. 1998, 2003).

Podmínky vzniku lze odhadnout pouze omezeně. Pro P = 200 MPa, který je velmi často uváděn v případech kontaktní metamorfózy v aureolách granitických plutonů (srov-

Tabulka 28. Změny v chemickém složení grossularu při skarnizaci vápenatosilikátových hornin.

1 - vápenatosilikátový rohovec, Grs (střed zrna) + Di; 2 - totéž, Grs (okraj) + Di+ Ttn; 3 - kontakt pegmatoidní žilky, Grs (reliktní ve středu většího zrna); 4 - totéž, Grs (střed většího zrna) + Qtz;
5 - totéž, Grs (okraj) + Ab + Kfs + Czo; 6 - totéž, Grs (okraj) + Kfs + Qtz;

 Table 28.
 Changes in chemical composition of grossular due to skarnization of calcsilicate rocks.

1 - calcsilicate hornfels, Grs (core) + Di; 2 - the same, Grs (rim) + Di + Ttn; 3 - contact of pegmatoid vein, Grs (relic within core of large grain); 4 - the same, Grs (core of large grain) + Qtz; 5 - the same, Grs (rim) + Kfs + Ab + Czo; 6 - the same, Grs (rim) + Kfs + Qtz.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| vzorek / sample | 57 | 00 | 10 | 54 | 50 | 53 |
| SiO ₂ | 38,33 | 38,34 | 38,73 | 38,81 | 37,70 | 38,34 |
| TIO ₂ | 0,01 | 0,33 | 0,10 | 0,52 | 0,49 | 0,30 |
| Al ₂ O ₃ | 20,87 | 19,13 | 20,98 | 20,37 | 19,14 | 19,52 |
| Cr_2O_3 | b.d. | 0,07 | 0,01 | b.d. | 0,02 | 0,04 |
| Fe ₂ O ₃ | 2,37 | 5,13 | 2,14 | 2,43 | 5,41 | 4,20 |
| FeO | b.d. | 1,69 | b.d. | 2,11 | 1,72 | 2,54 |
| MnO | 0,30 | 1,24 | 0,25 | 0,54 | 1,83 | 1,79 |
| MgO | 0,07 | 0,18 | 0,08 | 0,20 | 0,17 | 0,15 |
| CaO | 37,55 | 34,01 | 37,59 | 35,64 | 33,64 | 33,20 |
| Na ₂ O | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| F | 0,51 | 0,22 | 0,09 | 0,50 | 0,41 | 0,30 |
| O=F | -0,21 | -0,09 | -0,04 | -0,21 | -0,17 | -0,13 |
| Celkem | 99,81 | 100,27 | 99,94 | 100,93 | 100,38 | 100,28 |
| | | | 12 O | | | |
| Si ⁴⁺ | 2,918 | 2,941 | 2,944 | 2,935 | 2,899 | 2,942 |
| Ti ⁴⁺ | 0,001 | 0,019 | 0,006 | 0,030 | 0,028 | 0,017 |
| AI ³⁺ | 1,872 | 1,730 | 1,879 | 1,816 | 1,735 | 1,766 |
| Cr ³⁺ | 0 | 0,004 | 0,001 | 0 | 0,001 | 0,002 |
| Fe ³⁺ | 0,136 | 0,296 | 0,122 | 0,138 | 0,313 | 0,243 |
| Fe ²⁺ | 0 | 0,108 | 0 | 0,133 | 0,111 | 0,163 |
| Mn ²⁺ | 0,019 | 0,081 | 0,016 | 0,035 | 0,119 | 0,116 |
| Mg ²⁺ | 0,008 | 0,021 | 0,009 | 0,023 | 0,019 | 0,017 |
| Ca ²⁺ | 3,062 | 2,796 | 3,061 | 2,888 | 2,772 | 2,730 |
| Na ⁺ | 0,001 | 0,004 | 0,001 | 0,003 | 0,003 | 0,003 |
| F | 0,123 | 0,053 | 0,022 | 0,120 | 0,100 | 0,073 |
| 0 ²⁻ | 11,877 | 11,947 | 11,978 | 11,880 | 11,900 | 11,927 |
| CATSUM | 8,017 | 8,000 | 8,039 | 8,000 | 8,000 | 8,000 |
| Grs | 93 | 81 | 94 | 89 | 82 | 83 |
| Adr | 7 | 15 | 6 | 7 | 14 | 12 |
| Alm + Sps | 0 | 4 | 0 | 4 | 4 | 5 |

nej KERRICK 1991, BUCHER a FREY 1994) by byla T > 550°C. Fluidní fáze byla bohatá H_2O ($X_{CO2} < 0,2$), čemuž odpovídá přítomnost grossularu (GORDON a GREENWOOD 1971). Minerální asociace s vesuvianem je v těchto podmínkách stabilní obvykle při $X_{CO2} < 0,1$ a vyšší aktivitě F (HOCHELLA *et al.* 1982, VALLEY *et al.* 1985). Konkrétní podmínky jednotlivých asociací minerálů byly zřejmě podstatně ovlivněny také vysokým podílem K, Na a Ti ve fluidní fázi. Směrem k mladším asociacím roste v silikátech také poměr Fe/Mg, rozšiřující jejich stabilitu směrem k nižším T a fluidům s mírně zvýšenou aktivitou CO₂ (TAYLOR a LIOU 1978).

(III) Mineralizace v pozdním stádiu skarnizačních procesů

K samostatné fázi metamorfního vývoje, těsně následující intruzi granitů včetně rané fáze vývoje skarnů, lze přiřadit pozdně skarnové asociace, vyznačující se vedle stability ve fluidech bohatých H_2O , vysokou aktivitou B a lokálně i F, a také zvýšeným obsahem Fe. Jsou vázané na výplně trhlin protínajících skarnoidy a skarny. Krystalizovaly v jejich dutinách (vesuvian s vysokým obsahem F) nebo v nich tvoří hrubozrnné agregáty. Na několi-

ka lokalitách vznikl v této fázi za přínosu B ferroaxinit v asociaci s ortoklasem (SEKANINA 1946) a v asociaci s albitem, křemenem a amfibolem i turmalín (Ca-Fe dravit a F-bohatý uvit). K tomuto stádiu náležejí pravděpodobně některé další asociace v žilkách i dutinách rohovců a skarnů, např. Kfs + Grs + Cal nebo Kfs + Zo. Lze k němu zařadit též hnědý vesuvian v grossular-diopsidovém skarnu s ortoklasem a kalcitem (lok. č. 13), který se vyznačuje zvýšeným obsahem Ti (FILIP *et al.* 2005). Zdroj Ti v tomto případě musel ležet mimo zmíněný skarn, neboť ve skarnových silikátech je jeho obsah poměrně nízký a akcesorický titanit v něm úplně chybí. Ke zmíněnému stádiu patří i fluorit, epidot a rovněž některé rudní minerály (arzenopyrit, chalkopyrit, sfalerit) ve skarnech.

(IV) Regionální metamorfóza včetně lokální dynamometamorfózy v tektonické zóně

Následující regionální metamorfóza, s dominující synkinematickou složkou, se projevila v různých horninách rozdílně. Jejím nejzřetelnějším projevem je patrně výrazná deformace granitů vedoucí ke vzniku ortorul i když názor na časové zařazení tohoto procesu není jednotný (MELKA *et al.* 1992, NOVÁK *et al.* 2003). Pro minerální asociaci této fáze metamorfózy je v ortorulách charakteristický zejména fluorem bohatý fengit (NĚMEC 1980), v okolních metapelitech sillimanit, patrně andalusit a mladší muskovit (NĚMEC 1968b, CHÁB a SUK 1977, SCHULMANN *et al.* 1991).

V mramorech vedla tato metamorfóza nejen k výrazné plastické deformaci starších "kontaktních" asociací s wollastonitem, ale zejména k budináži původních poloh skarnoidů a skarnů. Jejich budiny jsou zaoblené a navzájem oddělené. Vznik nových a samostatných minerálních asociací se nepodařilo prokázat, snad k této etapě náleží vznik části vesuvianu, zejména v asociaci s diopsidem (etapa IV.-1).

Typickým projevem této metamorfní etapy je však dynamometamorfóza v prostředí výrazného působení orientovaného tlaku (etapa IV.-2). V polohách nedvědických mramorů při ní vznikla asociace Cal + Ves + Wo skarnů, která je produktem dynamometamorfózy zmíněných budinovaných poloh vápenatosilikátových hornin. Podle Nováka (1995) vznikly wollastonit-vesuvianové skarny v prostředí značně vysoké aktivity H_2O podle rovnice:

$(17) 4\text{Di} + 11\text{Grs} + 6\text{Cal} + 9\text{H}_2\text{O} = 2\text{Ves} + 5\text{Wo} + 6\text{CO}_2.$

Duktilní deformace budin obsahujících jako podstatnou složku Grs + Di, jejichž původní rozměry mohly dosahovat až 150×50 cm (max. velikost budin zachovaných v přilehlých mramorech), pokračovala až k jejich výraznému ztenčení a protažení a hlavně k jejich téměř úplnému nahrazení zmíněnou asociací Ves + Wo (obr. 29).

Vesuvian-wollastonitové a wollastonit-vesuvianové skarny mají po deformaci mocnost řádově v cm (do ~ 10 cm) při délce protažení až několik metrů. Jsou součástí mramorů s výraznou lineací, tvořených typickým modře zbarveným kalcitem. Modré mramory hraničí s bílými a světle šedými varietami mramorů poměrně ostře. Typické je nahrazování běžného bílého a světle šedého mramo-

Obr. 29. Vesuvian-wollastonitové skarny v jasně modrém mramoru, Nedvědice, lok. č. 13.

Fig. 29. Vesuvianite-wollastonite skarns in sky blue marble, Nedvědice, loc. No. 13.

ru nazelenalým (Cal + Czo + Di) a modrým mramorem (Cal + Ves), což bývá spojeno také se změnami chemického složení. Zřetelný nárůst lze pozorovat zejména u Si, Ti, Al, Fe, Mn a P, ale v některých případech i u Cr, Zn a Zr (tab. 29). Pokles lze naopak pozorovat u Mo

Tabulka 29. Změny chemického složení při vzniku modrého mramoru, Nedvědice.

Table 29. Changes of chemical composition of marble at origin of blue marble, Nedvědice.

| lok. č. / Loc. No | 12a | 12b | 12c |
|----------------------------------|----------|--------|--------|
| barva mramoru | šedobílý | zelený | modrý |
| marble colour | greyish | green | blue |
| hm, % / wt, % | | | |
| SiO ₂ | 0,54 | 5,32 | 9,68 |
| TiO ₂ | 0,01 | 0,08 | 0,13 |
| Al ₂ O ₃ | 0,28 | 1,33 | 2,31 |
| Fe ₂ O ₃ * | 0,10 | 0,44 | 0,73 |
| MnO | 0,011 | 0,020 | 0,033 |
| MgO | 1,41 | 1,17 | 1,43 |
| CaO | 54,95 | 53,09 | 51,43 |
| Na ₂ O | b. d. | b. d. | b. d. |
| K₂O | b. d. | 0,10 | 0,10 |
| P ₂ O ₅ | 0,07 | 0,12 | 0,16 |
| H ₂ O ⁻ | 0,18 | 0,20 | 0,22 |
| L.O.I. | 42,88 | 38,17 | 33,70 |
| F | 0,10 | 0,10 | 0,16 |
| Celkem | 100,53 | 100,14 | 100,08 |
| ppm | Γ | | |
| As | 11,1 | 37,5 | 26,0 |
| Ва | 213 | 174 | 237 |
| Co | 8,3 | 9,1 | 9,0 |
| Cr | 6,60 | 6,12 | 13,20 |
| Cu | 23,6 | 16,5 | 19,1 |
| Mn | 82,3 | 156,0 | 255,0 |
| Мо | 3,4 | 1,4 | b. d. |
| Ni | 16,8 | 13,0 | 12,6 |
| Sr | 1589 | 1291 | 1537 |
| V | 26,3 | 28,0 | 31,1 |
| Zn | 75,9 | 63,9 | 110,0 |

celkové Fe jako Fe₂O₃, - all Fe as Fe₂O₃,

a Ni, což může souviset s degrafitizací šedých mramorů (tyto prvky mohou mít biogenní původ a vazbu na grafit), která je velmi výrazná a probíhá za vysoké aktivity H_2O , pravděpodobně podle reakce:

(18) grafit +
$$2H_2O \rightarrow CO_2 + 2H_2$$

Vedle reliktního grossularu a vzácněji i diopsidu, ortoklasu a klinozoisitu je typickým akcesorickým minerálem zirkon a musela tedy existovat rovněž mobilita Zr a lokálně i Ti (zóny bohaté Ti ve vesuvianu).

Modré mramory s asociací Cal + Ves + Wo vznikly za podmínek existence fluidní fáze značně bohaté H_2O ($X_{CO2} \le 0.05$), při kolísající a spíše nižší aktivitě F. Jejich vznik je pravděpodobně významně ovlivněn výraznou permeabilitou mramorů pro fluida (jejich původ však není jasný), která je důsledkem deformace a změn hranic zrn kalcitu v důsledku dynamometamorfózy, resp. jejího pozdního relaxačního stadia (HOLNESS a GRAHAM 1995, OLIVER 1996, BERGER a HERWEGH 2004).

Stabilita asociace Wo+Ves není podle experimentálních prací příliš ovlivněna celkovým P a naopak je značně závislá na složení fluidní fáze (VALLEY *et al.* 1985). Přes možný uvažovaný široký rozsah tlaku (~ 200-500 MPa) může být teplota vzniku této asociace relativně nízká (T > 400-450 °C při P = 200 MPa, resp. > 450-650 °C při P = 500 MPa, jak odhadl Novák (1995). Uvedený typ metamorfózy se projevuje hlavně v jižní a centrální části výskytů nedvědických mramorů na lokalitách od Černvíru po Kozlov. Dále na severu leží

osamocená lokalita Strachujov u Jimramova a na jihu dosud málo prozkoumaný nový výskyt namodralých mramorů nedvědického typu u Tišnova (Klucanina, viz. níže). Pokud uvažujeme všechny známé výskyty, existují projevy této metamorfózy v zóně dlouhé téměř 50 km. V mramorech mají projevy této dynamometamorfózy mocnost maximálně 10 m. Původ tepla, potřebného pro rekrystalizaci mramorů a průběh reakcí, není známý. Vzhledem k průběhu této zóny podél východního okraje svrateckého krystalinika je pravděpodobné, že jde o jeden ze zřetelných projevů příkrovové tektoniky variského stáří, popsanou v této oblasti řadou autorů (SCHULMANN *et al.* 1991, MELKA *et al.* 1992, KONOPÁSEK *et al.* 2002).

(V) Mineralizace typu alpské parageneze a mladší hydrotermální žíly

Nejmladší stádium metamorfního vývoje je spojeno s nízkoteplotní retrográdní rekrystalizací hornin a zejména s křehkou deformací příznivou pro migraci fluid. Uvedená fáze je charakterizována převážně výskytem minerálů typu tzv. alpská parageneze na

Obr. 30. T-X_{CO2} schéma vývoje minerálních asociací vápenatosilikátových hornin v oblasti nedvědických mramorů. Čísla odpovídají metamorfním vývojovým fázím v tab. 26. Fig. 30. T-X_{CO2} evolution path of mineral assemblages in calcsilicate rocks in area of the Nedvědice marbles. See table 26 for metamorphic evolution phases (number I.-V.).

trhlinách hornin a v žilách probíhajících napříč foliací. Náleží k ní především pektolit na trhlinách modrého mramoru a také vzácný datolit s kalcitem v žilkách ve skarnu. Pro podobný typ pektolitu uvádí HEINRICH (1993) reakci:

(19) Wo + HCl + NaCl_{ag} \rightarrow Pct + CaCl₂.

Zřetelně retrográdní povahy je také aktinolitický amfibol, chlorit, klinozoisit a prehnit na trhlinách diopsidových rul a skarnů. Tato fáze metamorfózy se vyznačuje kromě relativně nízké T a vysoké aktivity H_2O lokálně též vyšším obsahem F (fluorit), Na (pektolit, albit) a ojediněle i B (datolit). Zda k této etapě náleží i remobilizace Sn (stokesit) není jasné, může náležet i k mineralizaci stádia III.

Mladší hydrotermální původ mají také fluorit-kalcitové žíly s hematitem v mramoru u Kozlova. Dnes se však nevyskytují ve výchozech a proto bližší interpretace jejich vzniku a přesnější časové zařazení je problematické.

Přehled hlavních minerálních reakcí odpovídajících jednotlivým fázím I-V z hlediska vývoje T- X_{CO2} podmínek je schematicky vyjádřen na obr. 30.

(VI) Nízkoteplotní procesy převážně v zóně zvětrávání

Nejmladší proces, který se uplatnil ve studovaných horninách, je zvětrávání. Kromě kalcitových sintrů, lokálně vysrážených na stěnách nepatrných krasových prostor, k němu náležejí vzácné žilky opálu a chalcedonu vyplňující pukliny v mramoru. Ojedinělý je výskyt jílových Fe-Mg minerálů (smektity, sepiolit a palygorskit). K recentní etapě zvětrávání patří produkty rozkladu rudních minerálů, např. sádrovec, malachit, azurit, aurichalcit a modrozelený hyalit zbarvený sekundárními minerály Cu a Sb.

9. Zrudnění mramorů a vápenatosilikátových hornin

V mramorech se jedná o vtroušenou mineralizaci, kterou tvoří velmi drobná zrna rudních minerálů (~ 0,05-3 mm). Je doprovázena v menším množství zejména zrny grossularu a klinozoisitu, vzácněji Fe-diopsidu a křemene. Pouze akcesorický podíl rudních minerálů a také nepřítomnost wollastonitu a vesuvianu ukazují na spíše nížeteplotní genezi rud, spojenou s omezenou infiltrací H₂O-fluid majících jen nízký obsah rudních složek. Z geochemického hlediska jde o značně složitou asociaci Cu-As-Bi-Fe-Sb (-Zn, Pb, Co, Ni, Te). Z minerálů jsou běžnější pouze chalkopyrit, tetraedrit a löllingit (místy s Co, Ni), vzácnější je sfalerit, arzenopyrit, galenit a ryzí Bi. Zcela výjimečné jsou blíže neurčené Bi_xTe_v a Bi_xTe_vO (OH?) fáze.

Ve skarnoidech a skarnech se vedle sfaleritu, chalkopyritu, arzenopyritu, ryzího Bi, galenitu a zcela výjimečného molybdenitu vyskytují minerály Sn. Cín je vázán převážně na akcesorický malayait a jen místy na granát a vesuvian, zatímco kasiterit a stokesit byly zjištěny jen ojediněle (HRAZDIL *et al.* 2005). Malayait je produktem reakce, kterou lze schematicky vyjádřit:

(20) Cst + Cal + Qtz \rightarrow malayait + CO₂ (BURT 1978)

Ojedinělý typ skarnu se sfaleritem, chalkopyritem, kalcitem, fluoritem, malayaitem, ryzím Bi a zirkonem, který se vyskytuje v současnosti pouze v Obecním lomu, je relativně bohatý Fe (grossular-andradit, diopsid Hd_{40-60} , epidot, Fe-sfalerit). Sfaleritová mineralizace je v tomto skarnu náhodná, neboť skarn nemá žádné další znaky odpovídající typu Zn skarnů (např. relativně vysoký obsah Mn v silikátech). Skarn představuje pravděpodobně pokročilejší stádium výše zmíněného procesu infiltrační skarnizace, pro něž je význačný vyšší poměr Fe³⁺/Fe²⁺ a odpovídá spíše typu Sn-F skarnů. (EINAUDI *et al.* 1981, MEINERT 1992).

Pro nedvědické skarny a mramory je typická variabilní a lokálně velmi nízká fugacita S v asociacích s Bi (ryzí Bi místo bismutinitu), As (löllingit místo arzenopyritu) a Sn (chybí stanin). Ve skarnových horninách nebyl dosud zjištěn scheelit a asociace prvků As-Sn-F má analogii v okolních turmalinických ortorulách (srovnej Novák *et al.* 2003). Se zrudněním regionálně metamorfovaných Fe-skarnů svrateckého krystalinika tyto skarny sbližuje výskyt chalkopyritu, arzenopyritu a ryzího Bi (NĚMEC 1975). Zásadní rozdíl však spočívá v nepřítomnosti magnetitu, poměrně nízkém obsahu Pb a hlavně v relativně vysokém zastoupení Sn a F v některých nedvědických skarnech.

Složení asociace rudních minerálů v nedvědických mramorech vynikne zvláště při srovnání se přilehlými zrudněnými mramory olešnické skupiny moravika, vyznačujícími se vedle běžného akcesorického pyritu, příp. pyrhotinu, zejména hojným vtroušeným galenitem, sfaleritem a dalšími minerály Ag-Pb-Zn ± Cu, Sb formace a silným prokřemeněním (MALÝ 2000). Rozdílnost rudních mineralizací v obou přilehlých jednotkách ukazuje pravděpodobně na rozdílné stáří zrudnění a zejména na dva samostatné zdroje rudonosných fluid, starších než moldanubické nasunutí.

Od rudní mineralizace nedvědických mramorů se výrazně liší také sfaleritová stratidependentní mineralizace s galenitem a akcesorickým barytem v přilehlém poličském krystaliniku (srovnej SLOBODNÍK a HLADÍKOVÁ 1993). Je součástí specifického typu Zn-Mn gahnitových mramorů (NOVÁK *et al.* 1997).

Zásadně odlišná od nedvědických mramorů je také Pb-Zn sulfidická mineralizace mramorů v blízkém strážeckém moldanubiku, vystupující např. v rudném poli Rožná-Olší, vyznačující se zvýšeným obsahem Pb, Mn, Ag a hlavně Ba (Kvaček a Novák 1974, Do-LEŽALOVÁ a LOSOS 2004, DOLEŽALOVÁ *et al.* 2005).

Srovnání nedvědických mramorů s ostatními mramory svrateckého krystalinika

Mramory jsou ve svrateckém krystaliniku (s výjimkou okolí Nedvědice) poměrně málo zastoupeny. Tvoří protáhlá tělesa, která mají často jen malou mocnost, od několika cm do několika m, přičemž mocnější polohy vystupují pouze na J od křídelského zlomu (Novák 1987). Výrazně převládají kalcitické mramory s tremolitem, flogopitem a diopsidem, s nízkým obsahem MgO (~ 1-2 hm. %), vázaným na silikáty a jen lokálně, při vyším obsahu MgO (\leq 3-5 hm. %), rovněž na dolomit. Vzácné dolomitické mramory vystupují ve svrateckém krystaliniku společně s Fe-skarny u Věchnova a Kuklíku (Novák 1987, 1988). Jejich složení může být ovlivněno skarnizačními procesy, nehledě na nejasnou regionálně geologickou a tektonickou příslušnost těchto skarnů. Například mramory sdružené s Fe-skarny u Kuklíku odpovídají svou minerální asociací a složením (18 hm. % MgO) nejspíše moldanubiku (Novák 1987). Neobvyklá je pro svratecké krystalinikum rovněž minerální asociace Dol + An + Cpx v dolomitickém mramoru (13 hm. % MgO) u Věchnova. Dolomitický mramor bez vazby na Fe-skarny u Vrtěžíře, s asociací Dol + Phl + Tr + Cal a s obsahem MgO téměř 17 hm. %, je ve svrateckém krystaliniku výjimkou (Novák 1987, Houzar 2004a).

Nedvědické mramory jsou kalcitické, poměrně chudé Mg a obvykle neobsahují dolomit (Novák 1987, tato práce). Část z nich se rovněž od ostatních mramorů svrateckého krystalinika zřetelně odlišuje specifickou minerální asociací: Cal (někdy modře zbarvený) + Ves + Wo + Grs + Di. Tyto mramory se vyskytují, s výjimkou lokality Strachujov u Jimramova, hlavně mezi Černvírem a Kozlovem jižně od křídelské dislokace. Těmto mramorům také odpovídají nově zjištěné drobně zrnité až jemnozrnné, bílé, nazelenalé a zejména namodralé mramory, bohaté vesuvianem a grossularem na Klucanině u Tišnova. Jsou doprovázeny granát-diopsidovými skarnoidy a grossular-vesuvianovými skarny. Vyskytují se tam v sekvenci hornin odpovídající litologicky svrateckému krystaliniku (svory, ortoruly, místy turmalinické). Uvedený výskyt leží těsně za východním okrajem svratecké klenby moravika a je cenným důkazem existence moldanubického příkrovu (HouzAR a Novák, 2006).

Nedvědické bílé mramory s flogopitem a tremolitem jsou známé z celého průběhu pruhu nedvědických mramorů, zejména však z okolí Víru. Od výše zmíněných kalcitických mramorů svrateckého krystalinika se složením příliš neodlišují, mají jen poněkud nižší obsah Na a K (často na hranici detekce). Někdy mají vyšší obsah Mg (\leq 3 hm. % MgO) a součástí asociace minerálů je i dolomit; dolomitické mramory se však nevyskytují (Novák 1987). Analýz pro vzájemné srovnání je však dosud velmi málo. Ve směru na SZ od Víru jsou mramory zaznamenány v geologických mapách nedaleko Unčína a Veselí jako malé protáhlé polohy (LÁZNIČKA 1964). Bílé čisté kalcitické mramory tam byly vzácně zjištěny v úlomcích, avšak nepodařilo se je ověřit ve výchozech. Jsou doprovázené diopsidovými rohovci až skarnoidy s klinozoisitem, diopsidem a křemenem. Vzhledem ke své podobnosti s typickými nedvědickými mramory si zasluhují další pozornost.

K nedvědickým mramorům bývá tradičně přiřazována ojedinělá až 20 m mocná vložka mramoru na Hulákově kopci u Smrčku (49°27'25" N, 16°18'29" E), která byla otevřena výše zmíněným "Hradním lomem". Tamní kalcitické mramory jsou bílé a nažloutlé, s šedými šmouhami, často hruběji zrnité. V jejich minerální asociaci Cal + Phl + Tr \pm Gr \pm Dol se ojediněle vyskytuje nazelenalý tremolit (HOUZAR a PFEIFEROVÁ 2005). Mají nízký obsah K a Na, zatímco podíl Mg silně kolísá (0,5–5,0 hm. % MgO, Novák 1987). Kromě lokálně vyššího obsahu Mg (~ 5 hm. %) se odlišují od bílých nedvědických mramorů v průměru větší zrnitostí, menší deformací zrn kalcitu a hlavně svojí tektonostratigrafickou pozicí v nadloží horizontu nedvědických mramorů. Jsou také úzce prostorově spjaty s magnetitovými Fe-skarny (obr. 7).

11. Závěr

Nedvědické mramory jsou převážně čisté kalcitické karbonátové horniny s nízkým obsahem silikátů, které sloužily od středověku jako významný dekorační kámen. Vyskytují se podél východního a severovýchodního okraje svrateckého krystalinika při jeho hranici s olešnickou jednotkou (přiřazovanou většinou geologů k moraviku) a s poličským krystalinikem. Jejich protáhlá, až 40 m mocná tělesa obsahují budinované polohy vápenatosilikátových hornin. Jsou uložena v muskovit-biotitických pararulách až svorech s hojnými tělesy ortorul, místy turmalinických. Vedle převažujících bílých typů mramorů, tvořených převážně kalcitem, s nepatrným podílem flogopitu a tremolitu, se vyskytují i modře zbarvené mramory s relativně vysokým podílem silikátů, zejména vesuvianu, wollastonitu, grossularu a diopsidu. Výjimečně byl zjištěn i mramor tvořený lososově červeným kalcitem.

Nedvědické mramory prošly několika etapami metamorfního vývoje. Kromě starší izochemické regionální metamorfózy se místy uplatnila i mladší lokální metamorfóza spojená se skarnizací, s přínosem některých komponent fluidy bohatými H_2O a F. Důsledkem těchto metasomatických procesů byl vznik různých skarnoidů a skarnů na úkor mramorů i starších vápenatosilikátových hornin. Obsah F, As, Sn, Bi a B v minerálních asociacích skarnoidů a skarnů dovoluje hledat zdroj fluid v okolních ortorulách (původně peraluminických granitech) se shodnou asociací stopových elementů. Při následující dynamometamorfóze vznikly typické nedvědické mramory s asociací modrý kalcit + vesuvian + wollastonit.

Charakteristickým minerálem nedvědických mramorů je modrý kalcit, známý jen z mála nalezišť ve světovém měřítku. Jeho modrá barva je způsobena patrně střižnou deformací krystalové mřížky v prostředí fluid bohatých H_2O (ale i F a Sr), za přispění slabého ionizujícího záření. Dalším typickým minerálem nedvědických mramorů a vápenatosilikátových hornin je vesuvian, zejména jeho varieta bohatá Ti, která se jinak vyskytuje spíše v alterovaných alkalických syenitech. Lokálně zvýšenou alkalitu fluid v nedvědických skarnoidech a skarnech potvrzuje i asociace wollastonit + K-živec a grossular + ortoklas. Relativně hojný akcesorický zirkon tvoří výjimečně až 1 cm velké krystaly v Fe-Sn-Zn skarnu a dokládá lokálně větší mobilitu Zr při skarnizaci.

Skarny a některé silikátové mramory obsahují také slabé vtroušené zrudnění. Vedle běžného sfaleritu a chalkopyritu stojí za zmínku místy hojný tetraedrit, löllingit, arzenopyrit a ryzí bismut. Vzácným akcesorickým minerálem skarnů je malayait, známý v Českém masivu pouze z několika málo lokalit. Zcela výjimečné jsou Bi-teluridy, jejichž složení neodpovídá žádnému popsanému minerálu. Asociace obsahující vzácnější minerály (zirkon, ferroaxinit, datolit, malayait, bismut, rudní minerály) jsou však ve studovaných horninách rozšířeny značně mozaikovitě a to i v rámci jednoho (!) vzorku.

Od mramorů přilehlých geologických jednotek se nedvědické mramory výrazně odlišují minerální asociací, zejména však nízkým obsahem dolomitu, Fe-sulfidů a grafitu a nepatrným podílem Zn a Mn. Modré mramory s wollastonit-vesuvianovými skarny se vyskytují převážně na lokalitách ležících v pruhu, probíhajícím od Černvíru, přes Nedvědici a Ujčov po Kozlov, ale vyskytují se i u Strachujova (jv. od Jimramova) a na Klucanině u Tišnova. Nesouvislá zóna jejich výskytu je široká pouze desítky metrů, ale dlouhá téměř 50 km! Představují spíše tektonometamorfní než litostratigrafický fenomén. Ostatní studované nedvědické mramory s asociací Cal + Phl + Tr \pm Dol \pm Qtz \pm Di se minerální asociací i chemickým složením podobají ostatním mramorům okolního svrateckého krystalinika.

Minerální asociace nedvědických mramorů a vápenatosilikátových hornin s velmi hojným vesuvianem a wollastonitem, s akcesorickým malayaitem, zirkonem a ryzím Bi je v Českém masivu výjimečná. Také regionální rozšíření rovnovážné asociace Wo + Ves s modrým kalcitem v duktilně deformovaných doménách těchto mramorů, nemá v Českém masivu obdobu. Práce byla finančně podpořena zejména institucionálním záměrem OCEZ00F2402, výzkum asociací vzácnějších minerálů a genetické problémy byly řešeny v r. 2005 v rámci projektu MK 0000948 6201 (S. H. a V. H.).

Slovenským spolupracovníkům V. Kollárové, I. Holickému, P. Konečnému a P. Simanovi (Štátny geologický ústav D. Štúra, Bratislava) a dále R. Čopjakové a R. Škodovi (Ústav geologických věd MU, Brno) děkujeme za kvalitní provedení analýz minerálů. Za spolupráci při katodoluminiscenčním výzkumu a odborné konzultace děkujeme zejména J. Leichmannovi (Ústav geol. věd MU, Brno) a za podstatnou pomoc při řešení některých dílčích otázek pak zejména J. Sejkorovi (Národní muzeum, Praha). Za zajištění části chemických analýz a pomoc se získáním méně dostupné literatury děkujeme V. Šreinovi (AV ČR). D. Buriánkovi (Česká geologická služba, Brno) vděčíme za pročtení obsáhlého rukopisu a konstruktivní připomínky.

LITERATURA

- ANDRÉE, Ch., 1801: Mineralogische Bemerkungen auf einer Riese von Brünn nach dem Lepidolit-Berge Hradisko nächts Rožna auf der Herrschaft Pernstein in Mähren. - Patriot. Tageblatt, Brünn, 760-764.
- BERGER, A., HERWEGH, M., 2004: Grain coarsening in contact metamorphic carbonates: effects of second-phase particles, fluid flow and thermal perturbations. - J. Metamorph. Geol., 22, 459-474.
- BOUŠKA, V., ČECH, F., 1956: O některých tetraedritech z Českomoravské vysočiny. Výzkum nerostů tetraedritové skupiny VI. - Čas. Morav. Muz. v Brně, Vědy přír., 41: 49-60.
- BUCHER, K., FREY, M., 1994: Metamorphism of Dolomites and Limestones. In: Petrogenesis of Metamorphic Rocks. Springer Verlag, 171-189.
- BURIÁNEK, D., 2005: Nodule vápenatosilikátových hornin v poličském krystaliniku a jejich litologický význam. - Acta Mus. Morav., Sci. geol., 90, 121-146.
- BURKART, E., 1941: Die Minerale von Nedwieditz in Mähren. Verh. Naturforsch. Ver. Brünn, 72, 81-90.
- BURKART, E., 1953: Moravské nerosty a jejich literatura. Mährens Minerale und ihre Literatur. Nakl. ČSAV Praha, 1008 p.
- BURT, D. M., 1978: Tin silicate borate oxide equilibria in skarns and greisens the system CaO-SnO₂-SiO₂-H₂O-F₂-O₂. *Econ. Geol.*, 73, 269-282.
- CARTWRIGHT, I., BUICK, I. S., 1995: Formation of wollastonite-bearing marbles during late regional metamorphic channelled fluid flow in the upper calcsilicate unit of the Reynolds Range Group, central Australia. – J. Metamorph. Geol., 13, 397-417.
- CALDERON, T., AGUILAR, M., COY, Y., 1983: Relationship between blue color and radiation damage in calcite. Radiation Effect, 76, 5, 187–191.
- DALLMEYER, R. D., FRANKE, W., WEBER, K., 1995: Pre-Permian Geology of Central and Eastern Europe. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, 604 p.
- DOBSON, D. C., 1982: Geology and alteration of the Lost River Tin-Tungsten-Fluorine Deposit, Alaska. Econ. Geol., 77, 1033-1052.
- DOLEŽALOVÁ, H., LOSOS, Z. 2004: Sfalerit různých genetických typů sulfidického zrudnění na uranovém ložisku Rožná. - Acta Mus. Morav., Sci. geol., 89, 91-102.
- DOLEŽALOVÁ, H., HOUZAR, S., ŠKODA, R., 2005: Minerální asociace forsteritových mramorů s Ba-flogopitem a kinoshitalitem na uranovém ložisku Rožná, moldanubikum, západní Morava. Acta Mus. Morav., Sci. geol., 90, 75-88.
- DVORSKÝ, F., 1898: O předních nalezištích nerostů na západní Moravě. Annal. Mus. Francis. Brno, 91-106.
- EINAUDI, M. T., MEINERT, L. D. et NEWBERRY, R. J., 1981: Skarn deposits. Econ. Geol., 75th Anniversary Volume, 317-391.
- EINAUDI, M. T., BURT, D. M., 1982: Introduction-Terminology, Classification, and Composition of Skarn Deposits. - Econ. Geol., 77, 4, 745-754.
- ESSENE, E. J., CLAFLIN, CH. L., GIORGETTI, G., MATA, P. M., PEACOR, D. R., ÁRKAI, P., RATHMELL, M. A., 2005: Two- three- and four-feldspar assemblages with hyalophane and celsian: implications for phase equilibria in BaAl₂Si₂O₈-CaAl₂Si₂O₈-NaAlSi₃O₈-KAlSi₃O₈ - *Eur. J. Mineral.*, 17, 515-535.

- FAJST, M., FREJVALD, M., 1964: Vírsko-bystřická dislokace na jv. okraji svratecké antiklinály. Čas. Mineral. geol., 9, 1, 99-102.
- FERRY, J. M., 1994: A historical review of metamorphic fluid flow. J. Geophys. Res., 99, 15, 487-15 498.
- FIC, K., ZACPAL, J., 1999: Tišnovsko. Vlastivěda kraje od Pernštejna k Veveří. Bethania Tišnov, 255.
- FILIP, J., HOUZAR, S., OTTOLINI, L., 2005: Vesuvian bohatý titanem z Nedvědice na západní Moravě. Bull. Mineral. petr. Odd. Nár. muzea v Praze, X, v tisku.

FITZGERALD, S., LEAVENS, P. B., NELEN, J. A., 1992: Chemical variation in vesuvianite. - *Mineral. Petrol.*, 46, 163-178. FLEISCHER, M., 1961: New Mineral Names - Zincsilite. - *Amer. Mineralogist*, 46, 241-242.

- FREJVALD, M., 1965: Styk svorové zóny a svratecké klenby jihovýchodně od Víru na Moravě. Sbor. geolog. Věd, geologie, sv. 7, 37–57.
- GORDON, T. M., GREENWOOD, H. J., 1971: The stability of grossularite in H₂O-CO₂ mixtures. Amer. Mineralogist, 56, 1974-1988.
- GREW, E. S., 1996: Borosilicates (exclusive of tourmaline) and boron in rock-forming minerals in metamorphic environments. In: GREW, E. S., ANOVITZ, L. M. (eds.): Boron. Mineralogy, petrology and geochemistry. - *Reviews in Mineralogy*, Vol. 33, 387-502.
- GROAT, L. A., HAWTHORNE, F. C., ERCIT, T. S., 1992: The chemistry of vesuvianite. Canad. Mineralogist, 30, 1, 19-48.
- GU, X., WATANABE, M., HOSHINO, K, SHIBATA, Y., 2001: Mineral chemistry and associations of Bi-Te (S, Se) minerals in China. – N. Jb. Mineral. Mh., 289–309.
- GUSE, W., 1982: Blue colour-variety of calcite from Tsumeb ore deposit, Namibia, SW-Africa. N. Jb. Miner. Mh., 9, 417-421.
- HEINRICH, A., 1836: Allgemeine Uebersicht der physikalischen und politischen Verhältnisse des Brünner Kreis. In: G. Wolny, Markgrafschaft Mähren. - II. Bd., Abt. 1, Brünn, orig. str. V.
- HEINRICH, A., 1852: M\u00e4hrens und Schlesiens Marmor-Arten und deren Verwendbarkeit bei der Architektur und Skulptur. – Mitth. der k. k. m\u00e4hrisch-schlesischen Gesells. zur Bef\u00f6rderung des Ackerbaues, der Natur- und Landeskunde in Br\u00fcnn, 17, 132–135.
- HEINRICH, W., 1993: Fluid infiltration through metachert layers at the contact aureole of the Bufa del Diente intrusion, northeast Mexico: implications for wollastonite formation and fluid immiscibility. – Amer. Mineralogist, 78, 804–818.
- HOCHELLA, M. F., LIOU, J. G., KESKINEN, M. J., KIM, H. S., 1982: Synthesis and Stability Relations of Magnesium Idocrase. - *Econ. Geol.*, 77, 798-807.
- HOISCH, T. D., 1985: The solid solution chemistry of vesuvianite. Contrib. Mineral. Petrol., 89, 205-214.
- HOLDAWAY, M. J., 1972: Thermal Stability of Al-Fe Epidote as a Function f_{O2} and Fe content. Contrib. Mineral. Petrol., 37, 307-340.
- HOLNESS, M. B., GRAHAM, C. M., 1995: P-T-X effects on equilibrium carbonate-H₂O-CO₂-NaCl dihedral angles: contraints on carbonate permeability and the role of deformation during fluid infiltration. - Contr. Mineral. Petrol., 119, 2-3, 301-313.
- HOUZAR, S., 2004a: Metamorfované karbonátové horniny v geologické stavbě a vývoji jihovýchodní části Českého masivu. – MS, Disertační práce, Masarykova universita, Brno, 154 p.
- HOUZAR, S., 2004b: Wollastonit v mramorech z Nedvědice na západní Moravě. Minerál, 12, 5, 357-359.
- HOUZAR, S., HENRY, D, S., NOVÁK, M., 2003: Locality No. 2: Nedvědice I Calcite marble and Ca-skarn. In: Novák, M. (ed.): Field trip guidebook LERM 2003, 17–22.
- HOUZAR, S., NOVÁK, M., 2001: Minerály nedvědických mramorů. Minerál, 9, 2, 104-107.
- HOUZAR, S., NOVÁK, M., 2006: Výskyt mramorů nedvědického typu na Klucanině u Tišnova. Geol. výzk. Morav. Slez. v r. 2005, 13, 86-88.
- HOUZAR, S., NOVÁK, M., NĚMEČKOVÁ, M., 2000: Distribuce tremolitových mramorů v Českém masivu. Acta Mus. Morav., Sci. geol., 85, 105-123.
- HOUZAR, S., NOVÁK M., SELWAY, J. B., 1998: Compositional variation in tourmaline from tourmalinite and quartz segregations at Pernštejn near Nedvědice (Svratka Unit, western Moravia, Czech Republic) – J. Czech geol. Soc., 43, 1–2, 53–58.
- HOUZAR, S., NOVÁK, M., ŠREIN, V., 1997: Minerální asociace vesuvianu z karbonátových a vápenatosilikátových hornin na Moravě a ve Slezsku. - Acta Mus. Morav., Sci. geol., 82, 21-32.
- HOUZAR, S., PFEIFEROVÁ, A., 2005: Nedvědický mramor významný dekorační kámen v historii Moravy. Vlastivědný Sbor. "Západní Morava", Státní okresní archivy Třebíč a Ždár nad Sázavou, 9, 24–35.
- HRAZDIL, V., HOUZAR, S., HOLICKÝ, I., 2005: Sn-mineralizace skarnoidů v nedvědických mramorech (svratecké krystalinikum, západní Morava). – In: BREITER, K. (ed): Sborník abstrakt a exkurzní průvodce 2. sjezdu České geol. spol., Slavonice, 49.

CHÁB, J., SUK, M., 1977: Regionální metamorfóza na území Čech a Moravy. - *Knih. Ústř. úst. geol.*, sv. 50, 156 p. JAHN, J. J., 1917: Pamětný spis o nerostných pokladech Moravy. - Nákladem Morav. zemského výboru, 77 p.

JAHN, J. J., 1933: Mramorové bohatství naší republiky. - Zpr. veřej. služby techn., 15, 7-12.

JAROŠ, Z., 1932: O moravských axinitech. - Příroda, 25, 4, 136-139.

JURMAN, H., 1985: Štěpánov nad Svratkou 1285-1985. - Vydal MNV Štěpánov nad Svratkou, 170 p.

- KALÁŠEK, J., VAVŘÍNOVÁ, M., POLÁK, A., 1952: Ložiska krystalických vápenců na Českomoravské vrchovině. MS, Geofond, P 3842, Praha.
- KERRICK, M. D. et al., 1991: Contact metamorphism. Reviews in Mineralogy, Vol. 26, Mineral. Soc. of America, 847 p.
- KOKTA, J., 1933: Nerostopis Tišnovska. In.: KREJČÍ, A. ŠMARDA, J. (eds): Vlastivěda Tišnovska, 45–62, nakl. Budeč v Tišnově.
- KOKTA, J., 1935: Příspěvky k mineralogii země Moravskoslezské. 5. Wollastonit od Nedvědice. Spisy přírodověd. Fak. Masaryk. Univ. v Brně, č. 201, 11-13.
- KOLENATI, F. A., 1854: Die Mineralien M\u00e4hrens und Osterr.-Schlesiens, deren Fundorte und okonomish-technische Verwendung. – Brno, 123 p.
- KONOPÁSEK, J., SCHULMANN, K., JOHAN, V., 2002: Eclogite-facies metamorphism at the eastern margin of the Bohemian Massif - subduction prior to continental underthrusting?. - Eur. J. Mineral., 14, 4, 701-713.
- KOVÁŘ, F., 1899: Chem. výzkum některých minerálů z Víru a Bystřice nad Pernštejnem. Chem. listy, 13, 1-5, Praha.
- KRAUSOVÁ, D., ZIMÁK, J., 1998: Krystalová struktura a chemismus wollastonitu z vybraných moravských a slezských lokalit. - Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 1997, 5, 82-84.
- KRETZ, R., 1983: Symbols for rock-forming minerals. Amer. Mineralogist, 68, 277-279.
- KRUŤA, T., 1966: Moravské nerosty a jejich literatura 1940-1965. Moravské muzeum, 380 p.
- KRUTA, T., 1980: Příspěvky k moravské topografické mineralogii XVI. Čas. Morav. muz., Vědy přír., 65, 15-30.
- KRUŤA, T., 1982: Příspěvky k moravské topografické mineralogii XVII. Čas. Morav. muz., Vědy přír., 67, 13-30.

KUČERA, B., 1923: Seznam nerostů moravských a jich nalezišť. - Sbor. Klubu. přírodověd. v Brně, 5, 204 p.

- KVAČEK, M., 1974: Distribuce selenu v sulfidech a arzenidech z některých moravskoslezských výskytů. Čas. Mor. muzea, Vědy přír., 59, 9-24.
- KVAČEK, M., NOVÁK, F., 1974: Manganem a železem bohaté sfalerity z ložiska Rožná na západní Moravě. Čas. Mineral. Geol., 19, 2, 175-180.
- LÁZNIČKA, P., 1964: Ložiska a výskyty nerostných surovin na území mapy 1:50 000 Bystřice nad Perštejnem. Rukopis, miner. petr. odd. Mor. zemského muzea, Brně, 1–36.
- LIOU, G. J., 1993: Stabilities of Natural Epidotes. Abh. Geol. B.-A., 49 (Proceed. Symp. 125 Jahre Knappenwand), 7-16.
- LITOCHLEB, J., ŠREIN, V., 1994: Minerály bismutu a teluru z ložisek a výskytů zlata v České republice. Bull. min.petr. odd. NM v Praze, 2, 89-105.
- MALINOVÁ, R., 1975: Kámen v románské architektuře jižní Moravy. Folia přírod. fak. Univ. J. E. Purkyně v Brně, Geologia, 16, 10, 181 p.
- MALÝ, K. 2000: Mineralogie polymetalických rudních výskytů ve svratecké klenbě moravika. *MS*, Disertační práce, Katedra mineralogie, petrografie a geochemie, Masarykova univerzita v Brně.
- MARKL, G., PIAZOLO, S., 1999: Stability of high-Al titanite from low-pressure calculates in light of fluid and host-rock composition. - Amer. Mineralogist, 84, 37-47.
- MEINERT, L. D., 1992: Skarns and Skarn Deposits. Geoscience Canada, 19, 4, 145-162.
- MEINERT, L. D., 1995: Composional variation of igneous rocks associated with skarn deposits chemical evidence for a genetic connections between petrogenesis and mineralization. In: THOMPSON, J. F. H. (ed.) Magmas, fluids and Ore Deposits. *MAC Short Course*, Vol. 23, 401-418.
- MELICHAR, R., 1993: Přehled geologických výzkumů poličského a svrateckého krystalinika. Vlastivědný sborník Vysočiny, odd. věd přírodních, 11, 27-73.
- MELICHAR, R., BURIÁNEK, D., BŘÍZOVÁ, E., BURIÁNKOVÁ, K., ČURDA, J., FÜRYCH, V., HANŽL, P., KIRCHNER, K., LYSENKO, V., MRNKOVÁ, J., ROŠTÍNSKÝ, P., RÝDA, K., SKÁCELOVÁ, Z., a VÍT, J., 2004: Vysvětlivky k základní geologické mapě ČR 1:25 000, list 24-111 Sněžné. – MS, Česká geologická služba, 63 p.
- MELKA, R., SCHULMANN, K., SCHULMANNOVÁ, B., HROUDA, F., LOBKOWICZ, M., 1992: The evolution of perpendicular linear fabrics in synkinematically emplaced tourmaline granite (central Moravia-Bohemian Massif). - J. struct. Geol., 14, 5, 605–620.

- Mísaň, Z., 1960: Mapování svorové zóny a jejího styku s vnějšími fylity v území mezi Nedvědicemi a Bolešínem.
 Zpr. geol. výzk. v r. 1959, 22–23.
- Mísaň, Z., 1963: Předdevonský geologický vývoj severovýchodního okraje Českého masívu. Rozpr. Čs. Akad. Věd, 73, sešit 17, 60 p.
- MÍSAŘ, Z., DUDEK, A., 1993: Some critical events in the geological history of eastern margin of the Bohemian Massif. - J. Czech geol. Soc., 38, 1-2, 9-20, Praha.

MÍSAŘ, Z., DUDEK, A., HAVLENA, V., WEISS, J., 1983: Geologie ČSSR I - Český masív. SPN Praha, 336 p.

- MRÁZEK, I., 1993: Kamenná tvář Brna. Moravské zemské muzeum, 238 p.
- MRÁZEK, I., REJL. L., 1990: Drahé kameny Českomoravské vrchoviny. Muzejní a vlastiv. Spol. v Brně a Západomoravské muzeum v Třebíči, 135 p.
- NABELEK, P. I., 2002: Calc-silicate reactions and bedding-controlled isotopic exchange in the Notch Peak aureole, Utah: implications for differential fluid fluxes with metamorphic grade. - J. Metamorph. Geol., 20, 429-440.
- NEMEC, D., 1965: Die sulfidischen Erzminerale in westmährischen Skarngesteinen. Neu. Jb. Mineral., Abh., 102, 2, 189-220.
- NEMEC, D., 1968a: Paragenetische Verhältnisse der Kalksilikatefelse von Nedvědice (Westmähren) und ihre Genese. Neu. Jb. Mineral., Abh., 108, 52-68.
- NEMEC, D., 1968b: Die Metamorphose des NW-Randes des Kernes der Böhmischen Masse. Verh. Geol. Bundesanst. Wien, 1-2, 187-203.
- NEMEC, D., 1975: Bismuth in the regionally metamorphosed skarn bodies of western Moravia. Vést. Úst. geol., 50, 353-356.
- NÉMEC, D., 1979: Zinnbringende Orthogneise im Süden der Antiklinale von Svratka (nordwestlich Brno) und ihre Erzmineralisierung. – Z. geol. Wiss., 12, 1437–1447.
- NEMEC, D., 1980: Fluorine phengites from tin-bearing orthogneisses of the Bohemian-Moravian Heights, Czechoslovakia. - Neu. Jb. Mineral., Abh., 139, 155-169.
- NEMEC, D. 1991: Regional typization of the iron skarns of the Bohemian Moravian heights. Acta Mus. Morav., Sci. nat., 76, 51–82.
- NOVÁK, M., 1979: Studium vápenatých skarnů v erlánových tělesech od Moravských Bránic. MS, rigorosní práce UJEP, Brno.
- NOVÁK, M. 1981: Grossular-hesonit z erlánových těles od Popůvek a Moravských Bránic v brněnském masivu. Čas. Morav. muz., Vědy přír., 65, 7-14.
- NOVÁK, M., 1982: Arzeniosiderit z pegmatitu od Hamrů nad Sázavou. Čas. Morav. Muz., Vědy přír., 67, 7-11.
- NOVÁK, M., 1987: Metamorfované karbonátové horniny při severovýchodním okraji moldanubika. Acta Mus. Morav., Sci. natur., 72, 5-28.
- NOVÁK, M., 1988: Petrologie metamorfovaných dolomitických hornin při severovýchodním okraji moldanubika. - MS, Kandidátská disertační práce, Př.f. UK Praha, 127 p.
- NOVÁK, M., 1995: Minerální asociace wollastonit + vesuvian v nedvědických mramorech a její petrogenetický význam. - Geol. Výzk. Morav. Slez. v r. 1994, 2, 103-104.
- NOVÁK, M., HENRY, D. S., BURIÁNEK, D., 2003: Locality No. 3: Nedvědice I Muscovite-tourmaline orthogeiss, tourmaline-fluorite layer. - In NOVÁK, M. (ed.): *Field trip guidebook LERM 2003*, 23-30.
- NOVÁK, M., HOUZAR, S., ŠREIN, V., 1997: Gahnite-bearing marbles and their significance for regional classification of the eastern part of the Bohemian Massif. - J. Czech geol. Soc. 42, 1-2, 33-40.
- NOVÁK, M., SELWAY, J. B., HOUZAR, S., 1998: Potassium-bearing fluorine-rich tourmaline from metamorphosed fluorite layer in leucocratic orthogneiss at Nedvědice, Svratka Unit, western Moravia. - J. Czech geol. Soc., 43, 1-2, 37-44.
- NOVÁK, M., ŠREIN, V., HOUZAR, S., 1990: Chemical composition of titanite from various calc-silicate rocks and associated pegmatites in the eastern part of the Moldanubicum, western Moravia. - Acta Mus. Morav., Sci. nat., 75, 3-20.
- OHAREK, V., 1923: Vlastivěda moravská. II. Místopis, Tišnovský okres. Musejní spolek v Brně, 464 p.
- OLIVER, N. H. S., 1996: Review and classification of structural controls on fluid flow during regional metamorphism. - J. Metamorph. Geol., 14, 4, 477-492.
- PAŘÍZEK, J., 2000: Dobývání nerostných surovin v okrese Žďár nad Sázavou a okolí. *Listy Horáckého muzea*, sv. 3, Nové Město na Moravě, 67 p.
- Páša, J., HRANÁČ, P., 1994: Závěrečná zpráva úkolu "Turmalínové horniny" č. 2990 2301. Oblast Nedvědicko MS, GMS Jihlava, 23-42.
- PAZOUREK, J., 1971: K mineralogii a petrografii západního okolí Nedvědice. MS, Diplomová práce UJEP v Brně, 68 p.

PELÍŠEK, J., 1953: Červenozem (terra rossa) z krystalických vápenců u Nedvědic. - Čs. Kras, 6, 58-60.

- PELÍŠEK, J., 1956: Spektrálně chemický výzkum axinitu od Nedvědice. Čas. Mineral. geol., 1, 2, 291.
- PERTOLDOVÁ, J., PUDILOVÁ, M., PERTOLD, Z., 1988: Podmínky vzniku skarnu na lokalitě Pernštejn (svratecké krystalinikum). - Nové poznatky v československé ložiskové geologii, Přír. fak. Univ. Karlovy, Praha, 43-61.
- POLÁK, A., 1934: Vlastivěda Novoměstska, část 1. Horniny a nerosty okresu novoměstského. Nákladem Učitel. jednoty Komenského v Bystřici nad Pernštejnem, 3-24.
- POLÁK, A., 1946a: Soupis lomů ČSR, okres Tišnov. Stát. geol. ústav, Praha, 35 p.
- POLÁK, A., 1946b: Soupis lomů ČSR, okres Nové Město na Moravě. Stát. geol. ústav, Praha, 48 p.
- POLÁK, A., 1960: Nerostné bohatství Bystřicka. Krajské nakladatelství v Brně, 76 p.
- PROCHÁZKA, J. V., 1910: Horniny průmyslové a užitečné Moravy. Zprávy spol. českých inženýrů v markrab. morav., Brno 1909–1910, 68 p.
- ROSICKÝ, V., 1930: Luminiscence minerálů se zvláštním zřetelem k nerostům československým. VI. výroční zpráva Moravské přírod. Společ., Brno, 58–67.
- ROSIWAL, A., 1915: Geologische Spezialkarte Polička und Neustadt Zone 7, Kol. 14. Geol. Reichsanst. Wien.
- RZEHAK, A., 1910: Über einige geologisch bemerkenswerte Mineralvorkommisse M\u00e4hrens. Verh. Naturforsch. Ver. Br\u00fcnn, 48, 163-194.
- SADÍLEK, J., 1998: Pernštejnské hrady na horním povodí Svratky. Castellologica Bohemica, 6, 325-340.
- SAMEK, B., 1996: Pernštejn, středověký hrad na Moravě. Památkový ústav v Brně, 69 p.
- SEKANINA, J., 1928: Mineralogická exkurze do Nedvědic a Rožné v západní Moravě. Sbor. Klubu přírodověd. v Brně, 11, 1-9.
- SEKANINA, J., 1946: Nerosty a horniny v území mezi Nedvědicí a Rožnou. Sbor. Klubu přírodověd. v Brně, 26, 99-113.
- SHIN, D-B., LEE, CH-H., LEE, K-S., 2005: Occurrence and mineral chemistry of bismuth sulfide-telluride-selenide solid solutions (ingodite, joséite, and unnamed phase) in the Nakdong deposit, South Korea. – N. Jb. Miner. Abh., 181, 3, 293–302.
- SCHULMANN, K., KRÖNER, A., HEGNER, E., WENDT, I., KONOPÁSEK, J., LEXA, O., ŠTÍPSKÁ, P., 2005: Chronological constraints on the pre-orogenic history, burial and exhumation of deep-seated rocks along the eastern margin of the variscan orogen, Bohemian Massif, Czech Republic. - Amer. J. Sci., 305, 407-448.
- SCHULMANN, K., LEDRU, P., AUTRAN, A., MELKA, R., LARDEAUX, J. M., URBAN, M., LOBKOWITZ, M., 1991: Evolution of nappes in the eastern margin of the Bohemian Massif: a kinematic interpretation. - *Geol. Rdsch.*, 80, 1, 73-92.
- SLOBODNÍK, M., HLADÍKOVÁ, J., 1994: Sulphidic mineralization in the Polička crystalline complex; a discussion of the sediment-hosted type mineralization. - Věst. Čes. geol. Úst., 69, 3:37-45, Praha.
- SMOLJANINOVA, N. N., MOLEVA, V. A., ORGANOVA, R. I., 1960: A new aluminium-free member of the montmorillonite-sauconite series. - Acad. Sci. U.S.S.R., Meet. of International Comm. for Study of Clays, 45-52.
- SPEAR, S. F., 1995: Metamorphic Phase Equilibria and Pressure-Temperature-Time Paths. Mineral. Soc. of America, Monograph Series, 799 p.
- SVOBODA, J., BENEŠ, K., DUDEK, A., HOLUBEC, J., CHALOUPSKÝ, J., KODYM, O., MALKOVSKÝ, M., ODEHNAL, L., POLÁK, A., POUBA, Z., SATTRAN, V., ŠKVOR, V., WEISS, J., 1964: Regionální geologie ČSSR. Díl I Český masiv, Sv. 1 Krystalinikum. - Ústřední ústav geologický v nakl. ČSAV, Praha, 377 p.
- SVOBODA, J., ZOUBEK, V., 1950: Zpráva o orientačním výzkumu rozhraní moldanubické, moravské a lužické stavby. - Věst. Stát. geol. Úst., 25, 309-323.
- ŠOUBA, M., DUDA, V., 1975: Charakter styku svratecké antiklinály a poličského krystalinika severozápadně od Jimramova. - Sbor. geol. Véd. Geol., 27, 83-97.
- ŠREIN, V., 2000: Accessory minerals of titanite group and their influence on the tin content in the rocks in the Bohemian Massif. - Acta Montana IRSM AS CR, series A, 17 (119), 45-50.
- ŠTOUDOVÁ, S., SCHULMANN, K., KONOPÁSEK, J., 1997: Kontrastní PT a strukturní vývoj vírské granulitové megabudiny a okolních metapelitů: Poličské krystalinikum, východní okraj Českého masivu. – Sbor. II. semináře České tektonické skupiny, Ostrava, 69-70.
- TANNER, B. S., KERRICK, M. D., LASAGA, C. A., 1985: Experimental kinetic study of the reaction: calcite + quartz = wollastonite + carbon dioxide, from 1-3 kbar and 500-850 °C. *Amer. J. Sci.*, 285, 577-620.
- TAYLOR, B. E., LIOU, J. G., 1978: The low temperature stability of andradite in C-O-H fluids. Amer. Mineralogist, 63, 373-378.
- URBÁNEK, J., 1960: Geologie a petrografie okolí Smrčku. MS Diplomová práce UJEP v Brně, 73 p.
- VALLEY, J. W., PEACOR, D. R., BOWMAN, J. R., ESSENE, E. J., ALLARD, M. J., 1985: Crystal chemistry of a Mg-vesuvianite and implications of phase equilibria in the system CaO-MgO-Al₂O₃-SiO₂-H₂O-CO₂. - J. Metamorph. Geol., 3, 137-153.

VEIZER, J., 1983. Trace elements and isotopes in sedimentary carbonates. In: R. J. Reeder (ed.) Carbonates: Mineralogy and Chemistry. - *Reviews in Mineralogy*, 11, 265–299.

VESELÝ, J., 1959: Geologie a petrografie okolí Pernštejna. - MS Diplomová práce UJEP v Brně, 60 p.

- WENDT, J. I., HEGNER, E., SCHULMANN, K., 2001: Early Paleozoic rifting, devonian Crustal Thickening and Carboniferous Exhumation of the Variscan Orogenetic Root systém: Evidence from U-Pb Zircon dating. - EUG XI, J. Confer. Abstract OS08, 594.
- XIE, Z., WALTER, J. V., 1993: Wollastonite + quartz solubility in supercritical NaCl aqueous solutions. Amer. J. Sci., 293 (3), p. 235-255.

ZAPLETAL, K., 1932: Vápencové lomy v okolí Nedvědic. - Stavivo, 13, 459-460.

- ZOUBEK, V., 1946a: Stratigrafie krystalinických sérií při rozhraní moravika a moldanubika v západní části svratecké klenby. - *Sbor. Stát. geol. Úst.*, 13, 463-481, Praha.
- ZOUBEK, V., 1946b: Poznámky k otázce skarnů, granulitů a jihočeských grafitových ložisek. Sbor. Stát. geol. Úst., 13, 483-498, Praha.
- ŽARIKOV, V. A., 1970: Paragenězisy izvěstkovych skarnov: Skarny i rudoobrazovanija. Problemy metasomatizma, Nauka Moskva, 227-239.

APENDIX

ČERNVÍR

Lok. č. 1. Lom na kraji lesa 1,5 km ZJZ od kostela v Černvíru (souřadnice 49°26'37" N, 16°20'15" E). V západní stěně vystupují v podloží muskovit-biotitické pararuly jemnozrnné mramory při kontaktu šedě zbarvené, jinak jde o bílé mramory s menšími budinami vesuvianových a diopsid-granátických skarnů a skarnoidů. Zjištěny byly i jemnozrnné namodralé mramory s wollastonitem a vesuvianem a amfibol-diopsidové ruly.

Lok. č. 2. Značně zašlý lom asi 100 m severně od předchozího, v lese (49°26'41" N, 16°20'12" E). Ve výchozu jsou odkryty navětralé drobnozrnné mramory, místy rezavě zbarvené. V odvalu se vyskytují rovněž bílé a vzácně i jasně modré wollastonitové mramory.

Lok. č. 3. Lom příkopovitého tvaru s dvěma velkými odvaly v lese, asi 1,6 km Z od kostela v Černvíru (49°26'47" N, 16°20'07" E). Vložka bílého středně zrnitého i jemnozrnného bílého, našedlého až nahnědlého mramoru o mocnosti cca 10-15 m je odkryta v nejvyšší (nejzápadnější) části lomu. V haldovém materiálu je rovněž vzácně zastoupen i modrý mramor s wollastonitem a nazelenalý diopsidový mramor se zrny vesuvianu.

NEDVĚDICE

Lok. č. 4. Zbytek průzkumné rýhy (?) asi 300 m z. od silnice do Sejřku na spodní straně paseky, 500 m V od kóty Jedlová, 49°26'57" N, 16°20'01" E. Drobnozrnné až jemnozrnné, bílé až šedé, vzácně i namodralé mramory s wollastonitem a s jemnozrnnými skarnoidy.

Lok. č. 5. Výchozy a malé zasutěné lomky asi 50 m jižně od silnice z Nedvědice do Sejřku (vrch Jedlová), asi 700 m JJZ od kostela v Nedvědici (49°27'02" N, 16°19'55" E). Nažloutlé a našedlé mramory s velmi hojnými vesuvian-granát-diopsidovými skarny, vzácněji namodralé wollastonitové mramory. V nadloží vápenatosilikátové rohovce a ortoruly.

Lok. č. 6. V jižním zářezu silnice do Sejřku je odkryt bílý mramor 20-22 m mocný, s malými vložkami diopsidových rul, skarnů a amfibolitů. (49°27'03" N, 16°19'53" E). V podloží se vyskytují ortoruly a vápenatosilikátové rohovce, v nadloží mramoru jsou výchozy lepidoblastických muskovitických svorů, někdy s granátem.

Lok. č. 7. Malý lomek asi 20 m pod silnicí do Sejřku a pod ním další dva drobné výchozy (průzkumné rýhy?). (49°27'07" N, 16°19'51" E). Nažloutlé středně zrnité mramory s limonitem po pyritu. V nadloží vystupují ve volných balvanech diopsidové ruly s amfibolem.

Lok. č. 8. Velký lom nad železniční tratí do Rožné (Hotárkův lom) na z. okraji obce (49°27'09" N, 16°19'46" E). Původně byl otevřen ve 3 etážích. V dnes poměrně zašlém lomu je odkryt kontakt čistého bílého, šedého až namodralého mramoru o původní mocnosti 10–20 m s nadložní muskovit-biotitickou rulou.

Lok. č. 9. Malé značně zašlé lomky na bílý mramor na ostrohu (49°27'17" N, 16°19'42" E) mezi Nedvědičkou a Žlebským potokem, tekoucím od Kovářové. Ve výchozu u cesty jsou vápenatosilikátové rohovce proniknuty křemen-živcovými žilkami, s nimiž je spjata rekrystalizace grossularu.

Lok. č. 10. Starý zářez cesty (49°27'20" N, 16°19'40" E) nad pravým břehem Žlebského potoka. V odvalech zašlých lomků se vyskytují bílé hrubozrnné mramory a vzácně i namodralé mramory s wollastonitem.

Lok. č. 11. Velký lom (bývalý Obecní lom, dříve označován též jako Loosův lom nebo i "lom Ve Žlebě" nebo "lom I") leží na levém břehu "Žlebského potoka", asi 400 m z. od kostela v Nedvědici (49°27'22" N, 16°19'44" E). Vložka mramoru v muskovit-biotitické pararule má čočkovitý tvar a silně kolísající mocnost (ma-
ximálně 30-40 m, z toho pouze 7 m připadalo na velmi čistý mramor). Mramor je bílý, převážně jemnozrnný až středně zrnitý, plochy foliace pokrývají stébelnaté agregáty wollastonitu a lupínky flogopitu (POLÁK 1946a, 1960, PAZOUREK 1971). Ve východní stěně obsahují mramory často ostře ohraničené centimetrové až decimetrové budiny granáticko-diopsidových skarnoidů a limonitizovaný skarn s Zn-Cu (Sn, Bi) zrudněním. V podloží mramoru je muskovit-biotitická rula s vložkami amfibol-diopsidové ruly. Na Z (v nadloží mramoru) vystupují v blízkosti turmalinické ortoruly detailně zvrásněné diopsidové ruly a vápenatosilikátové rohovce.

Lok. č. 12. Asi 100 m SSZ od severního konce předchozího lomu (j. okraj lokality: 49°27'25" N, 16°19'39" E) vystupují v několika malých lomech deskovité, bílé, šedé až tmavě šedé páskované a namodralé až nazelenalé středně zrnité až hrubozrnné mramory s wollastonitem (výrazná lineace) a rozvlečenými budinami Ca-silikátů. Patrná je místy zonální stavba, kdy jsou tenké polohy namodralého mramoru uložené v převládajícím šedém typu; od něho jsou odděleny zelenavým až bílým drobnozrnným mramorem. Západně v nadloží jsou granát-diopsidové rohovce až diopsidové ruly.

Lok. č. 13. Asi 150 m S od Obecního lomu se nachází větší, v současnosti poměrně zašlý lom (49°27'28" N, 16°19'42" E), otevřený převážně v modrém mramoru s lineárně uspořádaným wollastonitem, vesuvianem, modrým hrubozrnným kalcitem a grossular-diopsidovými skarnoidy s hojnými pegmatoidy. V literatuře býval označen jako lom II (KOKTA 1933), nebo Uhlířův či Vrtěnův lom.

Lok. č. 14. Značně zašlý lom na jv. okraji s balvanem mramoru s letopočtem 1923 (49°27'32" N, 16°19'37" E). Vyskytují se různé typy navětralých mramorů (často s flogopitem a grafitem) a vápenatosilikátových hornin, v nadloží vystupuje ortorula. Mocná vložka bílého a šedobílého mramoru byla již dříve prakticky vytěžena.

Lok č. 15. Pod výše uvedenou lokalitou se nachází zasutěný zašlý kamenolom s výchozy hornin při horním okraji, ležících v podloží hlavního mramorového tělesa (49°27'33" N, 16°19'40" E). Jsou tu odkryty převážně diopsidové ruly s amfibolem, rohovce a ortoruly, v nadloží je bílý, výjimečně i modravý mramor. Mohutný odval ukazuje na značný objem těžby mramoru v minulosti.

Lok. č. 16. Velký lom s výchozy mramorů se nachází vysoko ve stráni, v prostoru nad bytovkami, 500 m SZ od kostela (49°27'33" N, 16°19'40" E). Ve starších publikacích je označen jako nedvědický lom III (např. KOKTA 1933), ale udává se i jako Uhlířův nebo Vrtěnův lom, příp. jako lom "Horní pole", jiné užité označení je "lom nad hřbitovem" (POLÁK 1946a). Vlastní lom je přístupný úzkým průkopem. V lomu jsou odkryty až 30 m mocné polohy bílého, našedlého i páskovaného středně zrnitého až hrubozrnného mramoru, v podloží vystupují i modré mramory s vesuvianem. Obsahuje drobné polohy diopsidových a biotitických rul, v přímém nadloží je muskovit-biotitická rula. (POLÁK 1946a).

Lok. č. 17. Asi 150 m SV od předchozí lokality ještě poněkud výše ve svahu (Vrbová) se nacházejí malé lomky odkrývající bílé, vzácně namodralé, nazelenalé, středně zrnité až jemnozrnné mramory (49°27'37" N, 16°19'39" E). V odvalech byly vzácně v mramoru nalezeny vtroušené zvětralé Cu-sulfidy.

Lok. č. 18. Malé značně zasutěné lomky na kraji paseky (49°27'39" N, 16°19'40" E). Ve výchozech při podloží mramorového tělesa, v odvalech i v sutích jsou hojné bílé, namodralé a našedlé mramory, místy bohaté silikáty a diopsidové ruly i amfibol-diopsidové horniny.

Lok. č. 19. Západně od novostaveb, nedaleko ohybu silnice na Kovářovou je v lese lomek (49°27'41" N, 16°19'33" E) s výchozy flogopitového bílého mramoru, lokálně s drobnými zrny pyritu, hojné jsou masivní granátovce a vesuvianové skarny.

Lok. č. 20. Za domem č. 240 se nachází malý lomek (49°27'43" N, 16°19'37" E). Těžen byl šedý jemnozrnný mylonitizovaný mramor, při podloží s patrnými flexurami (PAZOUREK 1971). Mramor je středně až hrubě zrnitý, šedý, bílý a nažloutlý.

Lok. č. 21. Na jižním hřbetu vrchu Heršinka, ve svahu nad záhybem silnice do Kovářové, na soukromém pozemku s chatou (49°27'49" N, 16°19'41" E). Čočkovité těleso poměrně čistého bílého mramoru má mocnost 35-40 m.

Lok. č. 22. Malý výchoz tektonicky deformovaných až mylonitizovaných šedých mramorů ve stráni nad cestou (49°27'50" N, 16°19'46" E), ojediněle je mramor bohatý diopsidem a granátem.

Lok. č. 23. Velký lom na okraji chatové osady na "Heršince", asi 1 km SSZ od kostela v Nedvědici (49°27'55" N, 16°19'54" E). Jeden z velkých a původně strojně vybavených lomů těžil bílý mramor o mocnosti okolo 25 m, který obsahoval vložku 1-3 m mocného diopsidového skarnoidu s ferroaxinitem; častější jsou zelenavé diopsidové rohovce, místy s hrubozrnným bílým K-živcem. Podložní polohy mramorů jsou silně zvětralé, s rezavými skvrnami a deskovitým rozpadem, v nadloží vystupují bílé a namodralé jemnozrnné mramory s wolastonitem. Jde o nejsevernější lom v Nedvědici, neboť další pokračování mramorů k Ujčovu je silně tektonicky redukováno (max. mocnost na výchozech je jen několik m).

Lok č. 24. Výchozy přímo na pravém břehu Svratky, proti koupališti, SSZ od mostku, (49°28'00" N, 16°20'08" E). Bílé a šedé místy silikátové typy mramorů v mocnosti asi 10 m, při podloží jsou laminované mramory až kalcitické svory o mocnosti asi 3 m s asi 0,5 cm mocnými polohami narůžovělých až lososově červených mramorů střídajících se s kalcitickými svory.

Ujčov

Lok. č. 25. Kasany – nepatrné polohy mramoru o mocnosti jen několik metrů byly odkryty průzkumnou rýhou (49°28'28" N, 16°20'46" E). Jsou to středně zrnité mramory s flogopitem, jen ojedinělý je vtroušený vesuvian, granát a wollastonit. V údolí jsou zbytky zasutěného lomu na mramor nedaleko místa, kde silnice do Lískovce kříží potok.

Lok. č. 26. Opuštěný lomek na úbočí Ochozy, v ostré zatáčce stoupající cesty z Ujčova (49°29'34" N, 16°19'25" E), asi 300 m JJV od kóty 567 m Ochoza. Menší poloha bílých a namodralých mramorů, středně zrnitých, až jemnozrnných, místy značně bohatých wollastonitem.

Lok. č. 27. Lomek ležící asi 150 m od vrcholu Ochoza, záp. od cesty, s výchozy migmatitu a ortoruly, uložené v přímém nadloží mramoru, bílé a našedlé středně zrnité mramory s drobným flogopitem (49°29'38" N, 16°19'26" E).

Lok č. 28. Velký, ale značně zašlý lom s menšími výchozy a mohutnými odvaly asi 120 m V od vrcholu Ochoza 100 m J od hlavního největšího lomu (49°29'41" N, 16°19'26" E). Převládá asi 9 m mocný bílý, nažloutlý a narezavělý flogopitový drobnozrnný mramor, v odvalu se vyskytují i namodralé celistvé wollastonitové mramory, vzácněji též čisté wollastonitovce a diopsidové horniny.

Lok č. 29. Nejvýznamnější ujčovský lom leží vysoko nad údolím na zalesněném hřebenu "Ochoza", asi 130 m SV od vrcholu kopce (49°29'47" N, 16°19'23" E). Mramor je převážně bílý, s šedými šmouhami 2–10 cm mocnými, drobně až středně zrnitý, vzácněji namodralý a narůžovělý, místy i čistě wollastonitový subtyp. Jeho mocnost je 15–20 m (PoLÁK 1946b), v podloží vystupují pararuly a pod nimi svory, místy granátické. Na lokalitě je vyvinuta menší krasová dutina ve směru S–J. Jde o rozšířenou trhlinu dlouhou asi 10 m, s průřezem u vchodu 2×1,5 m, postupně se snižující až k průměru 0,5×0,5 m.

Vrtěžíř

Lok. č. 30. Malý lom příkopovitého tvaru ve svahu nad pravým břehem potoka, tekoucího k Olešničce ("Stráně", 49° 29'59" N a 16°19'11"E). Bílé mramory chudé silikáty mají mocnost asi 10 m, méně časté jsou variety s wollastonitem a vesuvianem. Vystupují v muskovit-biotitických rulách v podloží ortoruly a jsou prakticky vytěžené (POLÁK 1946b).

Kozlov

Lok č. 31. Kamenolomy asi 500 m v. od obce při kraji lesa ("Na bídách"), dnes jen s ojedinělými výchozy (49°30'15" N, 16°19'23" E). Narůžovělé, bílé, vzácně i namodralé mramory o mocnosti až 10 m, s malými vložkami amfibolitu a pyroxenických rul. Zbytky po primitivní peci na pálení vápna.

Lok č. 32. Menší, silně zasutěné výchozy v zářezu cesty nad výše uvedeným kamenolomem (49°30'17" N, 16°19'21" E). V podloží vystupují načervenalé tektonicky porušené mramory, dále k západu drobné polohy silikátových mramorů s Sn-zrudněním, výjimečně i modrých mramorů o mocnosti do 10 cm.

Lok. č. 33. Značně zašlý lom s menšími odvaly při cestě (žlutá turistická značka) z Kozlova do Štěpánova nad Svratkou (49°30'18"N, 16°19'20"E). Bilé mramory, místy s granátem, pyroxenem a vesuvianem jsou převážně na odvalech J od cesty. Několik dalších malých zcela zasutěných lomů pokračuje od cesty při kraji lesa dále k SSZ.

Lok č. 34. Jámový lom s výchozy mramoru, původně maximální mocnost 15 m, na kraji lesa a další zasutěný lom asi 50 m J odtud, na sv. straně zalesněného návrší (Kozlovský vrch, Babylom, Babylon, Na budách) asi 550 m SV od obce (49°30'32" N, 16°19'14" E). Ve výchozech jde převážně o šedavé mramorové tektonity, méně je zastoupen bílý, červenavý a nažloutlý, vzácně i namodralý mramor (Cal + Ves + Grs). Zbytky základů malé vápenky.

LESOŇOVICE

Lok. č. 35. Mapa Lázničky (1964) udává lom u silnice do Štěpánova. V těchto místech byly zjištěny dva zašlé malé lomy (49°30'51" N, 16°19'02" E), v odvalech s načervenalými jemnozrnnými až středně zrnitými mramory s tenkými žilkami kalcitu+hematitu. Menší výchozy mramorů se stopami zkrasovění jsou na pravém břehu potoka pod silnicí (49°30'52" N, 16°19'01" E).

PIVONICE-KOBYLNICE

Lok. č. 36. Místy hojné úlomky mramorů a nepatrné výchozy jsou v místech zcela zašlých lomků na louce při cestě z Kobylnic k Víru asi 500 m SV od Kobylnice (49°32'22" N, 16°19'58" E), kde byly úzké polohy mramorů vymapovány LÁZNIČKOU (1964).

Lok. č. 37. Lomky v lese pod cestou na horním okraji příkrého levého břehu potoka, který teče podél zříceniny Pyšolce do Svratky, 1,5 km SV od Pivonic (49°32'33" N, 16°19'53" E). V odvalech jsou hojné úlomky bílých a nažloutlých mramorů, vzácné jsou i výchozy – kontakty mramoru s nadložními rulami. Přímo v místě výskytu mramoru jsou zbytky středověké (?) pece na pálení vápna.

Vír

Lok. č. 38. Výchozy mramoru na kontaktu s nadložní rulou při lesní cestě a opuštěný zarostlý lom pod touto cestou necelých 500 m JJV od posledních domků Víru směrem k Pyšolci (49°32'49" N, 16°19'48" E). Lokálně hojné úlomky bílých i šedě šmouhovaných mramorů na menším odvalu lomu. Zachovaný výchoz v lomu tvoří rula původně tektonicky zakleslá do mramoru, lokálně s vápenatosilikátovými horninami.

Lok. č. 39. Odvaly několika malých zarostlých lomků s chatami na kraji lesa na sz. okraji Víru (souřadnice 49°33'33" N, 16°19'14" E), na tzv. Menšíkově stráni, nad bývalou cihelnou (POLÁK 1946b). Četné úlomky bílých čistých a flogopitových mramorů, místy s tremolitem.

(Pozn. v literatuře uváděná lokalita mramorů u Víru – vápencový lom za Rotterovou továrnou, kde se měly nacházet též pozůstatky po těžbě grafitu (BURKART 1953), patrně zanikla při stavbě Vírské přehrady.

STRACHUJOV

Lok. č. 40. V zalesněné stráni nad levým břehem Svratky, v místech kde ROSIWAL (1915) udává polohu mramoru (49°37'28" N, 16°13'52" E), se vyskytují úlomky mramorů, grossular-diopsidových a wollastonit-diopsidových hornin, pocházející patrně z tělesa o mocnosti jen několik metrů.