ISSN 1211-8796

Acta Mus. Moraviae, Sci. geol.
XCIX (2014): 2, 3–36, 2014

VÝSKYT A MINERALOGIE ZELENÉHO CHALCEDONU (PLAZMY) V REZIDUÍCH MORAVSKÝCH SERPENTINITŮ (MOLDANUBIKUM, ČESKÝ MASIV)

OCCURENCE AND MINERALOGY OF GREEN CHALCEDONY (PLASMA) IN SERPENTINITE RESIDUES AT MORAVIA (MOLDANUBIAN ZONE, BOHEMIAN MASSIF)

ŠÁRKA KONÍČKOVÁ

Abstract

Koníčková Š. (2014): Výskyt a mineralogie zeleného chalcedonu (plazmy) v reziduích moravských serpentinitů (moldanubikum, Český masiv). – Acta Musei Moraviae, Sci. geol., 99, 2, 3–36.

Occurence and mineralogy of green chalcedony (plasma) in serpentinite residues at Moravia (Moldanubian Zone, Bohemian Massif)

Massive green chalcedony (plasma) represents a specific mineral in the weathering zone at serpentinized peridotites of western Moravia (Moldanubian Zone, Bohemian Massif). Plasma consists mainly of micro- and non-crystalline silica minerals with different proportions of H_2O (chalcedony >> quartzine, opal-CT, moganite), with finely dispersed green, brown and reddish-brown pigment (chlorite and clay minerals, Fe-oxohydroxides). Relics of accessory minerals from protolite rock (peridotite), mainly amphiboles, Cr-diopside and Cr-spinels are locally also common. A very rare but genetically important are sporadic pyrite, barite and "carbonate-apatite". Typical microscopic features in most samples of plasma are worm-like SiO_2 "ghost texture" in their marginal zones. The term plasma should be used in the sense of the original definition for fine-grained "siliceous materials" green-colored of finely dispersed phyllosilicates (chlorite, clay minerals), poor in H_2O. From the texture-mineralogical point of view can be divided by two main subtypes. First, widespread subtype, are light green strongly inhomogeneous types relative rich of inclusions (e.g. chlorite aggregates). The second subtype is homogeneous, dark green and often zoned "gem plasma" without significant microscopic inclusions of other minerals. Plasma tends to have zonal structure, with a dark core, greenish light rim and a white narrow margin. Typical nodular green to dark-green plasma occurs with small exceptions only at localities at very limited area in south-western Moravia. Origin of plasma is intimately related to the weathering of serpentinized peridotites, which took place in different geochemical environments and in the different stages. The whole process had to proceed alterations of serpentinite (mainly chloritization), probably in connection with migmatization of surrounding gneiss. The release of SiO_2, which form a gel absorbed clay component weathering occurred during decomposition of serpentinite under tropical conditions during the Cretaceous to Paleogene. Plasma was originally joined to chlorite-clay rich serpentinite residues, which were formed in part inside reducing environment, presumably in interacting with marine Tertiary sediments. Subsequent processes resulted in SiO_2-redistribution and recrystallization silica minerals to quartz and also precipitation of opal in the edge of nodules in later stages.

Key words: plasma, green chalcedony, quartz, mineralogy, residual rock, serpentinite, Moldanubian Zone, Moravia, Bohemian Massif.

Šárka Koníčková – Department of Mineralogy and Petrography, Moravian Museum, Zelný trh 6, 659 37, Brno, Czech Republic. skonickova@mzm.cz

1. ÚVOD

Typickými horninami moldanubika na západní Moravě jsou ultrabazika, zejména serpentinizované peridotity. Vzhledem k jejich nestabilitě při zvětrávání v tropických a subtropických podmínkách, které v oblasti panovaly od mesozoika po pliocén (CHLUPÁČ *et al.* 2002), se na nich vytvořily více či méně mocné polohy reziduálních zvětralin, ve kterých se lokálně významně uplatnily i SiO_2 – bohaté hmoty, zejména chalcedony a opály (MRÁZEK a REJL 1991). Předložená studie je věnována problematice barevného (zeleného) chalcedonu (kryptokrystalického křemene), označovaného v literatuře jako **plazma** (příp. plasma).

Název plazma, jak uvádí BOUŠKA a KOUŘIMSKÝ (1976), pochází již z antiky, kde původní termín označoval všechny zelené opracované kameny ze zřícenin starého Říma. Řecké slovo *plasma* značí „výtvor nebo napodobení, či sochařské dílo" (REJL 2014). Tato forma SiO_2 je již dlouhou dobu známa širší odborné i laické mineralogické veřejnosti, přesto dosud v literatuře chyběla detailnější studie popisující strukturní, chemické a fázové složení plazmy. Předložená práce má za cíl podat tak detailnější mineralogické informace o těchto SiO_2 hmotách ze západomoravských lokalit.

Zájmová oblast leží při východním okraji moldanubika, východně od moldanubického plutonu, odkud je známo několik málo desítek výskytů těchto SiO_2-hmot (BURKART 1953, KRUŤA 1966, MRÁZEK a REJL 1991). Výskyty typické zelené plazmy (viz definice) jsou však vázány pouze na jihovýchodní část této oblasti (obr. 1).

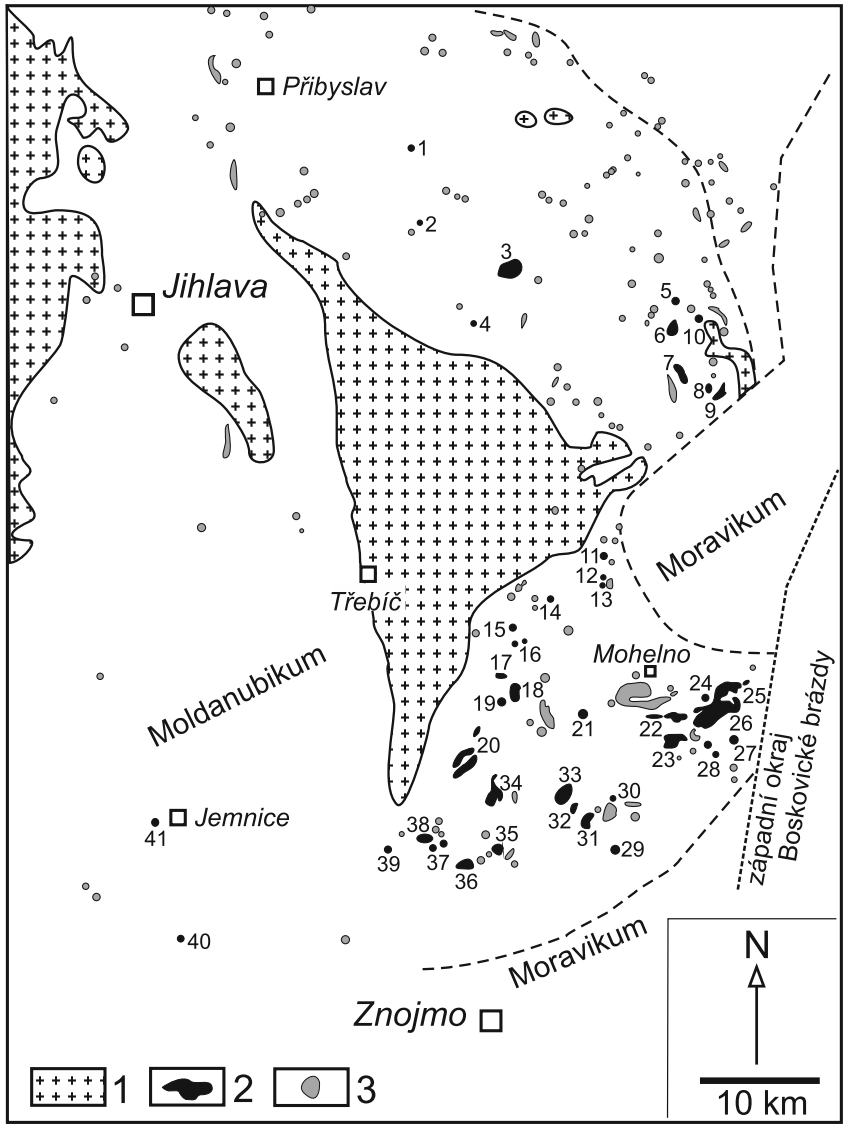
2. DEFINICE PLAZMY

V mineralogickém smyslu* rozumíme plazmou ***zeleně zbarvený kryptokrystalický křemen (chalcedon)***, příp. jinou modifikaci SiO_2, nejčastěji nízkoteplotní α-cristobalit. Většina autorů se shoduje, že plazma je mikrokrystalická neprůhledná nebo slabě průsvitná forma SiO_2, jejíž typické zbarvení je světle až tmavě zelené, někdy s modravým odstínem, s malými bílými nebo žlutými skvrnami, vždy světlejší než známější heliotrop. Ojediněle je svým zbarvením zaměňována za chryzopras, jehož jablečně zelené zbarvení je způsobeno sloučeninami niklu.

V české literatuře byl termín plazma původně používán pro mikrokrystalický zrnitý křemen, včetně chalcedonu a kvarcinu, příp. cristobalit („lussatit"), ***zbarvený zeleně*** inkluzemi fylosilikátů (srov. např. DVORSKÝ 1898, BURKART 1953). Gemologická praxe později poněkud tento termín rozšířila vedle ***zelené až modravě zelené plazmy*** i na podobné křemičité hmoty ***zbarvené v hnědých až červených odstínech***, které jsou tradičně označovány specificky českým, ale vědecky velmi nejednoznačným termínem jako „rohovec" (srov. MRÁZEK a REJL 2010). Variace barvy od zelené k hnědé je způsobena postupných rozkladem Fe-fylosilikátů za vzniku Fe-hydrooxidů, bělavé zbarvení na okrajích souvisí nezřídka s mladší alterací plazmy za vzniku opálu při migraci SiO_2-H_2O fluid ve zvětrávacím profilu.

---

* O'DONOGHUE (2006) definuje plazmu jako jemnozrnný nebo jemně vláknitý chalcedon s různými odstíny zelené, které se nejblíže přibližují barvě jablečně a pórkově zelené. Zbarvení je způsobeno přítomností různých silikátů, zejména minerálů chloritové skupiny a ty také mohou způsobovat skvrny uvnitř základní hmoty s bílou nebo nažloutlou barvou. BUKANOV (2006) za plazmu považuje neprůhlednou nebo průhlednou odrůdu chalcedonu, zbarvenou různými tóny zelené. Její zbarvení závisí na rozptýlení mikroskopických inkluzí zelených fylosilikátů – seladonitu a chloritu (DEER *et al.* 2004), příp. i amfibolů (ANDERSON 1976). Časté jsou v plazmě bílé nebo nažloutlé skvrny. Okrusch a MATTHES (2009) rozdělují kryptokrystalické variety křemene na chalcedonovou a jaspisovou skupinu. Plazmu řadí mezi variety jaspisové skupiny a charakterizují ji jako tmavě zelenou varietu s Fe^{2+} a inkluzemi chloritu. SCHUMANN (2009) zařazuje tmavě zelenou plazmu s bílými nebo žlutými skvrnami mezi dvanáct odrůd jaspisu, které se od sebe odlišují barvou, vzhledem, výskytem nebo složením (pozn.: v české literatuře je pojem jaspis vyčleněn pro silicity ve vulkanitech, srov. Mrázek a REJL 2010). Vedle evropských výskytů jsou plazmy uváděny např. z Indie, Číny, v USA ze států Oregon a Washington (DIETRICH a SKINNER 1990). LIDDICOAT (1993) a O'DONOGHUE (2006) doplňují naleziště plazmy ještě z Madagaskaru a Egypta.



Obr. 1. Výskyty serpentinizovaných peridotitů a plazmy v moldanubiku západní Moravy. 1 – granit moldanubického plutonu a granosyenit třebíčského a jihlavského masivu, 2 – serpentinity s rezidui obsahujícími plazmy, 3 – ostatní serpentinizované peridotity (Rejl *et al.* 1982). Lokality: 1 – Nové Veselí, 2 – Znětínek, 3 – Horní Bory, 4 – Závist, 5 – Meziboří, 6 – Radňoves, 7 – Borovník, 8 – Níhov, 9 – Katov, 10 – Moravecké Janovice (Janovičky?), 11 – Náměšť nad Oslavou, 12 – Vícenice, 13 – Zňátky, 14 – Třesov, 15 – Plešice, 16 – Valeč, 17 – Račice-Krhov, 18 – Hrotovice, 19 – Udeřice, 20 – Radkovice-Pulkov, 21 – Kordula, 22 – Dukovany, 23 – Dolní Dubňany, 24 – Biskoupky, 25 – Nová Ves, 26 – Hrubšice, 27 – Polánka, 28 – Jamolice-Dobřínsko, 29 – Višňové, 30 – Horní Kounice, 31 - Medlice, 32 – Přeskače, 33 – Tavíkovice, 34 – Biskupice-Slatina, 35 – Černín, 36 – Bojanovice, 37 – Boskovštejn-Jevišovice, 38 – Jiřice, 39 – Grešlové Mýto, 40 – Rancířov, 41 – Jemnice.

Fig. 1. Occurrences of serpentinized peridotite and plasma in the Moldanubian Zone of Western Moravia. 1 – granite of Moldanubian Pluton, granosyenit of Třebíč and Jihlava Plutons, 2 – Plasma-bearing residual rocks on serpentinites, 3 – other serpentinized peridotites (Rejl *et al.* 1982). Localities: see no. 1–41.

Termín plazma by měl být používán ve smyslu původní definice pro jemnozrnné **„křemičité hmoty“, zeleně zbarvené jemně dispergovanými fylosilikáty, po chemické stránce chudé H_2O.**

Chalcedon nebo křemen, obsahující pouze izolované lupínky fylosilikátů (chloritů, slíd, jílových minerálů) nebo jejich nahodile, nerovnoměrně rozmístěné šupinaté agregáty, nelze jako plazmu označovat, podobně jako zelené jaspisy (= kryptokrystalický křemen vulkanogenního původu) nebo zelené opály (obsahují významný podíl H_2O).

3. GEOLOGICKÉ POMĚRY OBLASTI A POSTAVENÍ SERPENTINIZOVANÝCH PERIDOTITŮ

Oblast s výskyty reziduálních zvětralin ultrabazik (plášťových peridotitů) s plazmou náleží k jihovýchodnímu okraji moldanubika. To je v současnosti rozdělováno na dva větší litologicko-tektonické komplexy. První náleží tzv. drosendorfské jednotce, zahrnující z litologického hlediska monotónní a pestrou jednotku, tvořenou pararulami a migmatity s vložkami kvarcitů, mramorů, amfibolitů a grafitových hornin, a druhý tzv. gföhlské jednotce s migmatity, granulity, peridotity a eklogity (Cháb *et al.* 2008). Na současném povrchu oblasti vystupuje převážně krystalinikum, avšak jihovýchodní část pokrývají relikty reziduálních hornin, ležící v podloží miocénních klastik mořského původu a rozsáhlých kvartérních pokryvů (Dlabač 1976, Czudek 1997).

Plášťové peridotity jsou významné a rozšířené horniny v oblasti variského orogenu v Evropě a jejich výskyty na západní Moravě patří k nejhojnějším a nejvýznamnějším. Jsou součástí gföhlské jednotky moldanubika a lze mezi nimi vymezit několik typů (Medaris a Jelinek 2004, Medaris *et al.* 2005, 2013). Převládají spinelové a granátické peridotity typu Mohelno, uložené ve felzických granulitech, a typ Nové Dvory, reprezentované granátickými peridotity s vložkami granátických pyroxenitů a eklogitů, situované v gföhlských migmatitech. První představuji fragmenty suboceánské litosféry, v druhém případě mají původ v litosféře subkontinentální.

Tělesa ultrabazik jsou v oblasti moldanubika západní Moravy distribuována nepravidelně. Kromě největších těles v segmentu náměšťsko-krumlovského granulitového tělesa u Mohelna a Hrubšic se vyskytují i menší tělesa. Jedná se o tělesa izometrických tvarů nebo mírně protažená. Ke skupině ultrabazických hornin patřících do oblasti náměšťsko-krumlovského granulitového tělesa jsou to dále Náměšť nad Oslavou, Zňátky, Dolní Dubňany, Dukovany, Lipňany, Skryje, Dobřínsko, Moravský Krumlov, Nová Ves u Oslavan a Polánka. V oblasti gföhlských ortorul vystupují ultrabazická tělesa, která se dají rozdělit do několika skupin podle svého podobného geografického uspořádání. Podle Rejla *et al.* (1982) jsou uskupení tvořena takto: první skupinu tvoří lokality Pucov, Naloučany, Jedov, Koněšín, Valeč, Kozlany, Třesov, Plešice, Stropešín. Další jsou lokality Odunec, Račice, Krhov, Bačice, Hrotovice, Rouchovany, Pulkov, Radkovice. Lze rozlišit i uskupení lokalit Biskupice-Slatina, taktéž lokality Tavíkovice, Horní Kounice, Medlice a Přeskače. Výrazné seskupení tvoří lokality Bojanovice, Jevišovice, Černín, Grešlové Mýto a Jiřice.

Většinu peridotitů ve studované oblasti postihnul slaběji nebo silněji proces hydratace – serpentinizace a z petrografického hlediska je lze označit jako serpentinity. Za jejich protolit jsou považovány horniny odpovídající peridotitu, dunitu, a lherzolitu, ojediněle pyroxenitu. Minerální asociaci protolitu odpovídá složení serpentinitu. V nezvětralých serpentinitech této oblasti dominují minerály serpentinové skupiny (antigorit, chrysotil, příp. lizardit) vedle reliktů olivínu (forsteritu) a Mg-ortopyroxenů (enstatitu). Vedle akcesorických Cr-spinelidů a magnetitu se v minerální asociaci lokálně uplatňuje i klinopyroxen (Cr-diopsid), amfibol (pargasit) a granát (pyrop) (Barvíř 1893, Němec 1937, Weiss 1966, Rejl *et al.* 1982, Medaris *et al.* 2005, 2013). Otázkou zůstává výskyt chloritů, typických pro navětralé serpentinity; již Barvíř (1893) vysloveně poznamenává, že chlority nejsou součástí nepřeměněného serpentinitu a že jejich vznik vyžaduje vysoký podíl Al v roztocích.

4. ZVĚTRÁVÁNÍ SERPENTINITŮ NA ZÁPADNÍ MORAVĚ

Výskyt plazmy je spojen s reziduálními horninami, jejichž vznik byl již dříve označen jako „červenozemní zvětrávání“ závislé na klimatu a hydrologickém režimu, při kterém však nebylo dosaženo typického lateritového stadia (MÁTL 1972, MRÁZEK a REJL 2010). Pro lateritické zvětrávání jsou vymezeny specifické podmínky dané průměrnými ročními srážkami 1300–1800 mm s průměrnou roční teplotou 23–28 °C. Takové klimatické podmínky jsou na našem území známy naposledy z křídy a terciéru. Z několika vrtů v prostoru Jamolice-Dukovany a u dvora Karolín u H. Kounic bylo uvažováno stáří těchto zvětralin jako spodnomiocenní (MÁTL 1972, DLABAČ 1976), avšak nelze vyloučit ani křídové stáří.

Rezidua serpentinitových těles jsou nejlépe zachována tam, kde proces zvětrávání dosáhl největších hloubek. K tomu docházelo hlavně na kontaktu serpentinitových těles s okolními felzickými horninami, ale také podél diskontinuit uvnitř těles serpentinitů nebo v místech výrazného tektonického rozrušení horniny (brekciace), případně v místech proniků pegmatoidních žil (KUDĚLÁSEK *et al.* 1972, MRÁZEK a REJL 2010).

Podle klasických výskytů (niklonosných) serpentinitových reziduí je tradičně používáno dělení kůry zvětrávání na jednotlivá pásma. Tato pásma jsou dělena ve vertikálním směru a to od shora dolů na:

a) pásmo červeného zvětrávání
b) pásmo zeleného zvětrávání
c) pásmo šedého zvětrávání
d) primární hornina – serpentinit

Pro pásmo „červeného zvětrávání“ je typický hnědočervený až hnědožlutý materiál zemitého charakteru, který je tvořen především oxidy železa, případně montmorillonitem, chloritem, nontronitem, s chromitem i Mn-oxidy. Objevuje se goethit, „hydrohematit“ i novotvořený magnetit. Vedle hydratovaných kysličníků železa se v pásmu červeného zvětrávání tvoří hydrargilit (gibbsit). Charakteristickým znakem pro toto pásmo je zvýšený obsah Fe_2O_3 (může přesáhnout až 60 %) i Al_2O_3 a naopak výrazné snížení MgO, SiO_2 a Ni (KUDĚLÁSEK a MÁTL 1971). Výskyt těchto zvětralin je znám pouze ve formě denudačních reliktů v místech, kde proces zvětrávání dosáhl největších hloubek (MÁTL 1969).

Pásmo „zeleného zvětrávání“ v současnosti prakticky tvoří povrchovou část kůry zvětrávání. Jeho mocnost závisí na intenzitě zvětrávání a stupni denudace. Makroskopicky je tvořeno zemitou, měkkou, šedozelenou, hnědozelenou až hnědou hmotou, ve které je typická přítomnost různě velkých reliktů silně zvětralého serpentinitu. V tomto pásmu se snižuje obsah Fe_2O_3 a zvyšuje se obsah SiO_2. Obsah Al_2O_3 se pohybuje ve středních hodnotách, prudce se zvyšuje obsah MgO a Ni. Hranice této zóny oproti nadložnímu červenému ani podložnímu šedému pásmu zvětrávání není ostrá ani pravidelná, jednotlivá pásma tak do sebe mohou přecházet a tvořit tzv. přechodné zóny. V pásmu zeleného zvětrávání (hlavně v jeho spodní zóně) je výskyt opálů a dalších forem SiO_2 (MÁTL 1972).

V pásmu „šedého zvětrávání“, též nazývané jako pásmo silně navětralých vyloužených serpentinitů, se jedná o víceméně pevnou horninu. Toto pásmo se vyskytuje jen ojediněle a mineralogicky se příliš neliší od primárních serpentinitů. Má dobře patrnou původní strukturu serpentinitu, tmavě šedé až černé barvy. Toto pásmo tvoří nepravidelné polohy v místech nejintenzivnějšího zvětrávání (MÁTL 1972). Podle MRÁZKA a REJLA (2010) pásmo šedého zvětrávání přechází v málo přeměněnou primární horninu.

Největší zjištěná mocnost souvislé kůry zvětrávání dosahuje 28,5 m na lokalitě Bojanovice (KUDĚLÁSEK *et al.* 1972). Zachovaný horizont zeleného zvětrávání obohacený Ni je i u obce Polánka. Červené horizonty s Fe-rudami (hematit, „limonit“), které se dříve místy těžily, jsou známy vedle Bojanovic i z Dukovan a Bačic. KUDĚLÁSEK *et al.* (1972) zmiňují z pásma šedého zvětrávání z lokality Bojanovice výskyt SiO_2 hmot (opál, chalcedon a lussatit).

MÁTL (1999) uvádí, že mocnost dnešního zvětrávacího profilu je výrazně ovlivněna intenzivní denudací. V místech, kde byla převážná část zvětrávací kůry oddenudována,

zůstaly zachovány jen nejspodnější partie, např. u Jiřic a Hrubšic. Jestliže byl profil zakryt mladšími sedimenty, byl chráněn před denudací a horizont zeleného nebo dokonce i červeného zvětrávání se zachoval. Primární výskyty „deskovité“ plazmy u Jiřic situuje do nejvyšší části zvětralého serpentinitu a předpokládá její žilný charakter, s „nejkvalitnější“ (= SiO_2 nejbohatší) plazmou na křížení tektonických zón.

5. METODIKA

Odběr vzorků byl proveden povrchovým sběrem na serpentinitech v oblasti náměšťsko-krumlovského granulitového tělesa a gföhlských ortorul. Z reprezentativních vzorků plazmy byly zhotoveny leštěné výbrusy, na kterých byla provedena mikroskopická pozorování a fotodokumentace vybraných fenoménů na mikroskopu NU-2 fy Carl Zeiss Jena s digitálním fotoaparátem Canon EOS 1100D.

Elektronová mikrosonda

Bodové analýzy chemického složení byly prováděny v okrajové i centrální části základní hmoty a také u inkluzí plazem ze vzorků z typických lokalit (Bojanovice, Dukovany, Hrotovice, Jiřice, Nová Ves, Přeskače, Račice, Tavíkovice, Udeřice). Studium chemismu bylo provedeno na společném pracovišti elektronové mikroskopie a mikroanalýzy ÚGV PřF MU a ČGS (analytik P. Gadas, R. Čopjaková) za použití přístroje Cameca SX 100. Měření probíhalo za těchto podmínek: vlnově disperzní mód, urychlovací napětí 15kV, proud svazku 10nA, 20nA, velikost svazku 2 μm a 4 μm. Při analýze jednotlivých oxidů a silikátů bylo využito těchto standardů: albit (Na); sanidin (Si, Al, K); wollastonit, grossular (Ca); spessartin (Si, Mn); titanit, TiO (Ti); almandin, pyrop, hematit (Fe); topaz (F); chromit (Cr); gahnit (Zn); Mn_2SiO_4 (Mn); $ScVO_4$ (V); pyrop (Mg); baryt (Ba); vanadinit (Cl); Ni_2SiO_4 (Ni); $MgAl_2O_4$ (Mg, Al); Mg_2SiO_4 (Mg); fluorapatit (P, Ca); $SrSO_4$ (Sr, S); zirkon (Zr); REE. Údaj *apfu* označuje počet atomů na vzorcovou jednotku.

Obsah vody

Stanovení obsahu vody v plazmě bylo provedeno ze dvou reprezentativních vzorků z lokality Jiřice a Hrotovice. Vzorky byly podrceny, sušeny při 110 °C, následně žíhány při 1050 °C a poté zváženy.

RTG prášková difrakční analýza

Prášková RTG difrakční analýza byla provedena na vzorku zonální plazmy z lokality Jiřice. Difrakční záznamy provedl V. Vávra na transmisním difraktometru Stoe, typ STADI-P, na ÚGV PřF MU za těchto podmínek: záření $CoK_{\alpha 1}$ (1,788965), pozičně citlivý detektor, digitalizovaný záznam počítačem. Vyhodnocení záznamu bylo zpracováno pomoc softwaru Visual PowderX fy Stoe a databází difrakčních spekter PDF-1, 2.

6. CHARAKTERISTIKA VÝSKYTŮ PLAZMY NA MORAVĚ

6.1 Historický přehled

První zmínky o plazmě, respektive o zeleném rohovci nacházíme už v nejstarší topografické mineralogii Kolenatiho (1854). Ze západomoravských lokalit uvádí plazmu od Templštejna (u Jamolic), Dubňan a Tavíkovic (též jako „modrozelený rohovec) a jako zelený rohovec z Černína u Jevišovic. Další zmínky o výskytu SiO_2 bohatých hmot, geneticky vázaných na západomoravské serpentinity, nalezneme v prvních petrografických a mineralogických publikacích z konce 19. století. Zmiňuje je krátce v precizním popisu serpentinitů od Hrubšic už Barvíř (1893), uvádějící mezi produkty zvětrávání mj. chalcedon, kvarcin i křemen, kterým věnuje bližší pozornost i v další práci (Barvíř 1897).

Plazmu popisuje Dvorský (1898) od Vícenic, Račic-Krhova („*zvlášť hojné odrůdy beztvarého křemene...plasmy, rohovce...*"), *Udeřic-Bačic* („*nevzhledné balvany zvětralých kusů plasmových prostoupených chloritem a osinkem*"), Biskupic („*chlorit v šupinách a koulích s plasmovým jádrem*") a Bojanovic („*balvany plasmy zvětralé v hadec leží narovnány u samé vesnice, jsou potaženy osinkem a podobají se nefritu*"), z okolí zříceniny hradu Templštejna u Jamolic, Medlic, Běhařovic, Přeskač, Tavíkovic a hrubšického serpentinitu zmiňuje pouze rohovce a „beztvárné křemeny". Mineralogii jemnozrnných křemenných hmot blíže diskutuje Slavík (1901), v případě Bojanovic byla tato hmota rentgenometricky určena jako cristobalit (Novák 1932).

Soupis lokalit plazmy a její stručnou charakteristiku zmiňovaly postupně i starší topografické mineralogie Moravy a kriticky zhodnotil zejména Burkart (1953), za zmínku stojí jeho údaj o nálezech plazmy ve štěrcích řeky Jihlavy u Hrubšic. Doplňující topografická mineralogie z let 1940–1965 (Kruťa 1966) uvádí další výskyty, ale jeho dokladové vzorky v MZM až na výjimky plazmě neodpovídají. Později přibyla nová, sběratelsky významná lokalita plazmy – Jiřice u Moravských Budějovic (Kruťa 1978).

Přibližně ve stejné době je moravské plazmě věnována pozornost jako drahému kameni (Mrázek 1975). Podrobně popsali plazmu z Hrubšic Mrázek a Holá (1978). Z gemologického hlediska rozlišili plazmu obecné jakosti a modrozelenou až tmavě zelenou plazmu drahokamové kvality. Základní hmotu tvoří kryptokrystalický křemen a agregáty křemenných zrn, které převládají nad vějířkovitým chalcedonem. Barevné složky plazmy reprezentují chlority a jílové minerály, místy i opakní pigment, při okrajích konkrecí se uplatnil rozložený biotit. Z akcesorií uvádějí fuchsit a pravděpodobný dolomit. V rámci charakteristiky drahých kamenů reziduí serpentinitů věnovali Mrázek a Rejl (1991, 2010) pozornost i popisu významnějších lokalit plazmy, její stručné petrografické charakteristice včetně vztahu ke koexistujícím „rohovcům", a některým genetickým otázkám. Pozici plazmy ve zvětralinovém profilu serpentinitu u Jiřic uvádí v rámci popisu této lokality Mátl (1999). V poslední době jsou terénní revizi lokalit plazmy na západní Moravě a zejména její podrobné mineralogii věnovány rovněž dvě nepublikované práce Koníčkové (2011, 2013), z nichž vychází předkládaná studie.

6.2 Využití plazmy

Plazma byla využívána již od paleolitu jako surovina k výrobě nástrojů a později i jako ozdobný kámen. Z pohledu využití plazmy v pravěku se jejími lokalitami i mineralogií zabýval Přichystal (2009), který ji řadí mezi tzv. křemičité zvětraliny. Vedle typické zelené plazmy ale i on uvádí, že zbarvení suroviny artefaktů je velmi variabilní, od bělavé přes všechny odstíny hnědé po různě sytou nazelenalou barvu. Oblast používání a zpracovávání plazmy v období paleolitu, neolitu až eneolitu se vztahuje na celou západní Moravu, kde je jako převažující surovina štípané industrie známa z okolí Jevišovic, Bojanovic, Jaroměřic nad Rokytnou, Mohelna i Dukovan (Mrázek a Rejl 1991). Křemičitou zvětralinu ze serpentinitu „typu plazmy", jako surovinu hojně využívanou lidmi kultury s moravskou malovanou keramikou pro celé spektrum hrubotvaré i drobnotvaré industrie na neolitických sídlištích, uvádějí Kuča a Bartík (2012). Plazma se zde pravidelně objevuje v podobě předjádrové formy nebo vytěženého jádra využitého jako otloukač.

Ve starověku byla plazma využívaná k výrobě šperků, pečetních prstenů, skarabů nebo jako součást mozaikových prací a různých inkrustací (Mrázek a Rejl 2010, Mrázek 2013). Hodnocení plazmy jako drahého kamene uvádí Rejl (2014).

V současnosti je plazma pro svou jedinečnou barvu, texturu a dobrou leštitelnost řazena mezi velmi atraktivní suroviny, a její využití je vhodné k výrobě drobných plastik, muglí a gem, příp. destiček, těžítek, broží, náhrdelníků a pečetidel pro šperkařské účely Rejl (2014). Plazma je známá na výrobu ozdobných předmětů, různých inkrustací a také jako součást mozaikových prací (Mrázek 1975, Mrázek a Rejl 2010). Plazma se zpracovává do oboustranně vyleštěných tenkých destiček nebo muglí, ve kterých je možné pozorovat skvrnité rozložení zeleného pigmentu v „sklovité" základní hmotě. Jedinečné jsou exempláře

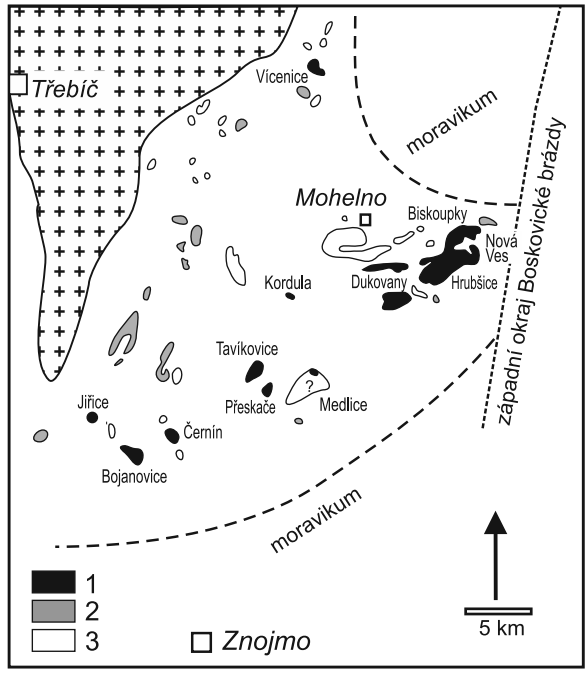
s tmavým jádrem a světlým okrajem, ze kterých vznikají drahokamové brusy. Drahokamová plazma se liší od plazmy obecné kvality svou texturou a průsvitností. Konkrece drahokamové plazmy jsou tvořeny modrozelenou obalovou vrstvou, která je neprůhledná a sytě zeleným průsvitným jádrem (Mrázek a Rejl 2010). Tyto plazmy drahokamové kvality se objevují jen zřídka, z hlediska drahých kamenů patří k zajímavým lokalitám zcela jistě Biskoupky a Nová Ves (Rejl 2014) ale i některé další lokality, na kterých se objevují plazmy s tmavě zelenými jádry např. Tavíkovice, Jiřice, Černín (tato práce). Drahokamové brusy plazem z lokalit Radkovice, Nové Vsi a Zňátek byly použity na výzdobu rektorského žezla i rektorského řetězu Vysoké školy polytechnické v Jihlavě (Laštovička 2004).

6.3 Přehled lokalit plazmy na západní Moravě

Topografické mineralogie Burkarta (1953) a Kruti (1966, 1978) zaznamenaly na Moravě, příp. ve Slezsku, asi 75 lokalit „plazmy“, avšak ve smyslu výše uvedené definice (viz subkapitola 2) by plazmě odpovídalo méně než 45 lokalit (obr. 1).

Z kvantitativního hlediska jsou lokality masivní, sytě zelené „drahokamové“ plazmy nepočetné a rozsahem nevelké (s výjimkou Bojanovic), což souvisí s rozsahem a zachováním reziduálních hornin (obr. 2). Ty mohou být navíc přikryty kvartérním, příp. miocénním pokryvem (např. velké těleso serpentinitu u Medlic). Tyto plazmy také barevně přecházejí do zmíněných hnědých a červenohnědých „rohovců“.

Převážná většina revidovaných lokalit je až na výjimky, resp. ojedinělé vzorky (např. Radkovice a Biskupice u Hrotovic, Vícenice u Náměště n. Osl.) pouze zdrojem světle zele-



Obr. 2. Výskyt plazmy ve studované oblasti. 1 – výskyty „drahokamové“ tmavě zelené plazmy; 2 – lokality světle zelené plazmy; 3 – serpentinity bez významnějších nálezů plazmy; ? – kvartérními sedimenty zakryté těleso u Medlic.

Fig. 2. Occurences of plasma in the area studied. 1 – deep green „precious“ plasma localities, 2 – light green plasma localities; 3 – very poor plasma-bearing serpentinite bodies; ? – serpentinite near Medlice overlying by Quaternary sediment.

ně až modravě zelené plazmy bohaté inkluzemi chloritu, azbestovitých amfibolů a reliktů serpentinu, pozvolna přecházející do světlých a žlutohnědých „beztvárných křemenů a chalcedonů“. Ojedinělé vzorky plazmy tohoto typu lze nalézt při kontaktech takřka všech těles západomoravských serpentinitů.

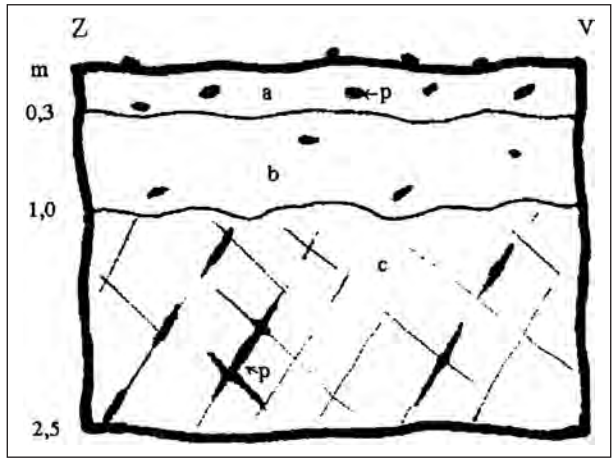
Ponecháme-li stranou plazmy z oblasti subbeskydských vulkanitů (geneticky jde spíše o jaspisy), pocházejí takřka všechny z reziduálních produktů zvětrávání serpentinitů a to ze západní Moravy. Nepodstatnými výjimkami mohou být podobné křemičité hmoty z reziduí vápenatosilikátových hornin (např. Krasonice - Kyprův mlýn) nebo pocházející z alterovaných hornin hydrotermálního původu (Hladov?), homogenní zelené zbarvení je však v těchto případech výjimečné.

6.3.1 Studované lokality

1) Jiřice u Mor. Budějovic

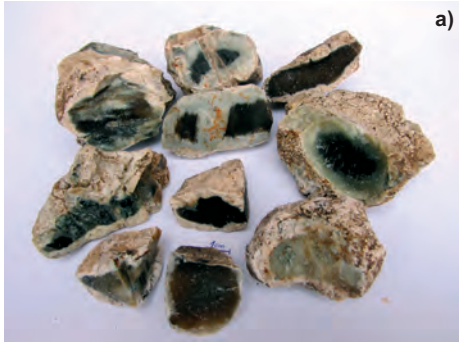
Relativně nové naleziště plazmy u Jiřic, jv. od Moravských Budějovic (obr. 2), je vázáno na reziduum malého serpentinitového ostrůvku o rozměrech 100 × 100 m, které je zcela zakryté, bez výchozů. Naleziště se nachází na poli u lesa vsv. od obce (PAULIŠ, 2005). Podrobněji se zdejší plazmou zabývali MRÁZEK a REJL (1991, 2010) a zejména MÁTL (1999), který lokalitu odkryl průzkumnou rýhou. Plazmy z lokality Jiřice patří často k plazmám „drahokamové kvality“.

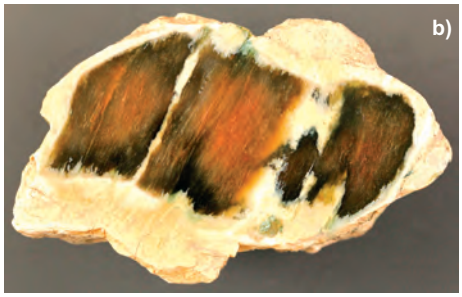
Průzkumná rýha z-v. směru, o délce 50 m a hloubce 2,5 m, potvrdila přítomnost zvětralého serpentinitu v hloubce od 1 do 2,5 m, avšak bez výskytu plazmy. Plazmy byly zjištěny pouze v posledních 10 m západní části rýhy, zřejmě v blízkosti kontaktu se světlými migmatity (gföhlskými rulami), kde se vyskytovaly jak v deluviálních hlínách, tak v primárním zvětralém serpentinitu; na povrchu ji lze sbírat na ploše cca 100 × 50 m (obr. 3). Na základě těchto prací se MÁTL (1999) domnívá, že původní kůra zvětrávání byla oddenudována a zbyly pouze její bazální části s obsahem chloritu, antofylitu a karbonátů.



Obr. 3. Profil západní části rýhy v Jiřicích (MÁTL 1999): a – humózní hlína s úlomky plazmy o průměrné velikosti 2–10 cm, b – deluvium – hlína s příměsí serpentinitové zvětraliny s úlomky plazmy, c – zvětralý serpentinit s na sebe kolmými puklinami s.-j. směru, na nichž je množství chloritů a žilek antofylitu, místy s výskyty deskovitých plazem, p – konkrece plazmy.

Fig. 3. Profile of the western part of the trench in Jiřice (MÁTL 1999): a – humic loam with fragments of plasma at diameter 2–10 cm, b – deluvium – soil with weathered serpentinite and fragments of plasma, c – weathered serpentinite with mutually perpendicular cracks n.-s. direction with chlorite and anthophyllite veinlets, in places with occurrences of plate-like plasma, p – nodules of plasma.





Obr. 4. Charakteristické vzorky plazmy z Jiřic (a) včetně hnědě a červeně zbarvených variet (b, c). Velikost vzorků a) 3–6 cm, b) 7 cm, c) 10 cm. Foto J. Toman, Š. Koníčková.

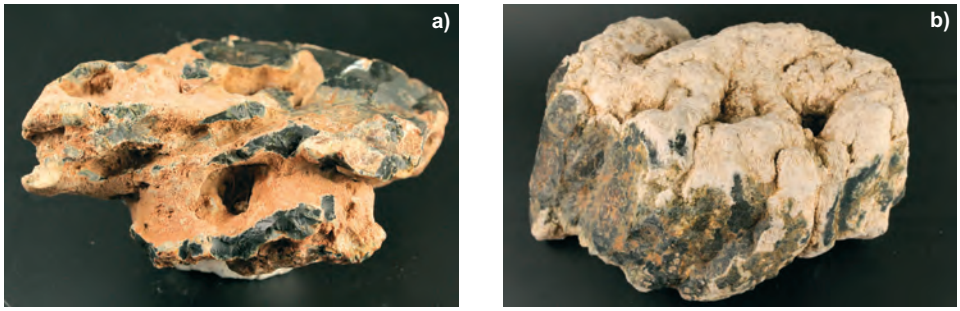
Fig. 4. Characteristic samples of plasma from Jiřice (a) including brown and red colored varieties (b, c). Size of samples: a) 3–6 cm, b) 7 cm, c) 10 cm. Photo by J. Toman, Š. Koníčková.

Konkrece plazem jsou deskovitého až konkrecionálního tvaru o velikosti 2–3 cm, max. 10 cm. Povrch konkrecí je nepravidelný, porézní a je obalen zeleným chloritem. Centrální části jsou tvořeny šedozelenou, tmavě i světle zelenou plazmou, v níž se objevují šmouhy a „červíkovité“ útvary. Sběratelsky zajímavé jsou povrchové nálezy plazmy se dvěma „oky“, které jsou pro tuto lokalitu typické (obr. 4a). Tato tmavě zelená, zelenohnědá, prosvítavá plazma je lemována bělošedou namodralou plazmou. Mrázek a Rejl (2010) uvádějí, že plazma z této lokality je celistvá až jemnozrnná, někdy porézní, neprůhledná až průsvitná. Na průřezu má vždy světlejší okrajovou zónu různé mocnosti (až několik mm) a střed je tvořen křemičitou hmotou zbarvenou různými odstíny zelené, rezavě žlutohnědé a červené. Podle uvedených autorů se jedná o křemenné hmoty řady plazma – rohovec a podle zbarvení je rozdělují do čtyř typů: (1) prvním typem je typická plazma, tak jak ji popisuje Mátl (1999), tedy tmavě i světle zelená, (2) druhým typem je žlutohnědý až červenohnědý rohovec s tmavě zelenými skvrnami nebo zelenou okrajovou vrstvou, (3) třetím typem je rezavě žlutohnědě zbarvený rohovec a (4) čtvrtý typ představuje červenohnědý až fialový rohovec; typy 3–4 tedy odpovídají definici plazmy pouze v širším slova smyslu.

Makroskopicky byly v rohovcích a plazmě zjištěny ledvinité agregáty chalcedonu, akcesoricky inkluze chloritu a chromspinelidu. Vedle vzácnějšího amfibolu byl ojediněle zjištěn pyrit, místy přeměněný v limonit a ilmenit. Některé drobné póry vyplňuje baryt (tato práce).

2) Bojanovice

Rozsáhlé těleso granátického serpentinitu vystupující západně od **Bojanovic** je pokryto mocnější kůrou zvětrávání, kde vlastní serpentinit vychází pouze v podobě reliktů. Okraje tělesa jsou silně členité vlivem intenzivního provrásnění. Silná tektonická porušenost tohoto tělesa ovlivnila také intenzitu pochodů zvětrávání a tím i vznik významného ložiska Ni rud hydrosilikátového typu (Mátl 1972). Nejlépe jsou zachovány relikty červeného pásma zvětrávání, které byly zachyceny vrty v několika pruzích (délky až 350 m) v jižní části



Obr. 5. a) Typický tvar konkrece tmavé plazmy z Bojanovic, velikost vzorku 15 cm, b) konkrece nevýrazně zonální nehomogenní plazmy s ledvinitým povrchem, s charakteristickým bílým okrajem, lokalita Přeskače, velikost vzorku 20 cm. Foto Š. Koníčková.

Fig. 5. a) The typical nodular (concrecional) shape of dark plasma from Bojanovice, sample size 15 cm, b) nodule of slightly zonal inhomogeneous plasma with reniform surface, with a characteristic white margin, locality Přeskače, sample size 20 cm. Photo by Š. Koníčková.

tělesa (Mátl 1972). V tomto pásmu jsou v podstatném množství různé formy hydratovaných kysličníků železa – goethit a hydrohematit. Běžné jsou v tomto pásmu výskyty křemičitých hmot, hlavně opálů (Kudělásek a Mátl 1971).

Lokalitu Bojanovice považuje Pauliš (2005) z hlediska plazem za velmi bohatou. Vyznačuje se výskytem několikakilogramových plazem, mezi nimiž lze nalézt i poměrně kvalitní kusy (obr. 5a). Petránek (2011) uvádí z této lokality plazmy nejčastěji hnědé a červenohnědé (tedy spíše rohovce), vzácněji také modrozelené, a zmiňuje se o zdejší plazmě jako o surovině, která v pravěku sloužila jako zdroj pro tvorbu štípané industrie. Zbarvení plazem se zde nejčastěji pohybuje od modrozelené přes tmavě zelené po tmavé (černé) s tenkým světlým nebo narezavělým okrajem. Vedle tmavě zelených plazem se objevuje hnědé, červenohnědé, okrové a v menší míře světle zelené zbarvení. Naleziště hojného množství plazmy centimetrových až decimetrových velikostí (max. 30 cm) se nacházejí na polích západně od obce. Rozměrné kusy (zmíněno již dříve Dvorským 1898 a Paulišem 2005) i menší úlomky jsou rozptýleny v jižní části serpentinitového tělesa jihozápadně od obce. Povrch plazem je hrbolatý a některé plazmy se vyznačují absencí světlého okraje. Mikroskopicky obsahují relikty amfibolů a lupínky chloritu.

*3) Přeskače**

Výskyty křemenných hmot v Přeskačích se nacházejí na polích jihovýchodně od obce, kde lze nalézt velké konkrece (až 30 cm) převážně tmavě zeleného až narezavělého zbarvení. Společně s plazmou se zde vyskytují i světlé deskovité chalcedony.

Podle Dufka (1991) tvoří serpentinity v okolí obce Přeskače několik těles. Jsou zčásti uzavřené v gfohlských rulách, zčásti jsou vázány na granulit. Značná část je přikryta kůrou zvětrávání a kvartérními uloženinami a proto je určení hranic serpentinitových těles problematické.

Společně s velkými agregáty světlých nehomogenních plazem se v Přeskačích nacházejí i menší tmavě zelené kusy „drahokamových“ zonálních plazem velmi dobré kamenářské kvality. Zbarvení se pohybuje od tmavě zelené u malých kusů po rezavo-zeleno-hnědé

* *Nepravidelné útvary a hojné žilkování křemenných hmot, hlavně chalcedonu, i zeleně zbarveného, lze vidět na stěnách podzemních prostor historického přeskačského podzemí, které bylo náhodně objeveno v roce 2004 a později zpřístupněno veřejnosti. V podzemí, které bylo vykopáno v navětralém serpentinitu, jsou rovněž dobře vidět i žíly mastku a chloritů (www.obecpreskace.cz).*

zbarvení u velkých konkrecí. U menších kusů je plazma celistvá, má bílý okraj někdy světlým lemem a tmavým jádrem, většinou se vyskytují plazmy s tenkým okrajem a jednobarevným světle nebo tmavě zeleným středem. U velkých kusů (až 25 cm, obr. 5b) převažuje nehomogenní zbarvení s narezavělým okrajem a poruchami uvnitř. Vedle častějších inkluzí zeleného chloritu byl zjištěn akcesorický baryt a v některých pórech i kalcit.

4) Tavíkovice

Lokalita se nachází jižně až jihozápadně od Tavíkovic, a zdejší těleso serpentinitu patří ke skupině serpentinitových těles nacházejících se na území Tavíkovice – Přeskače – Medlice – Horní Kounice. Všechna tělesa na tomto území mají kůru zvětrávání téměř oddenudovánu. Zachovány jsou jen nejspodnější části pásma zeleného zvětrávání (MÁTL 1972).

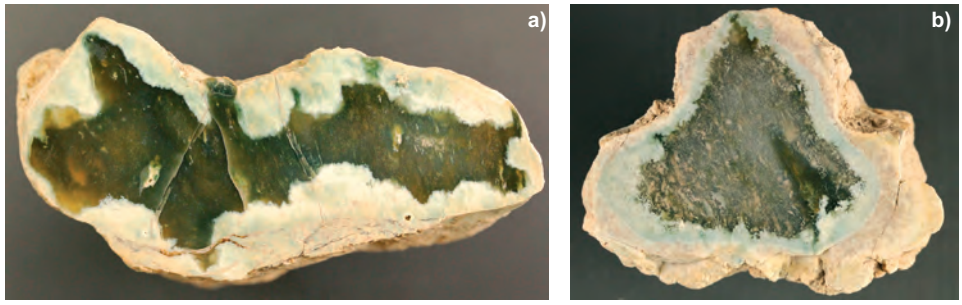
Plazmy jsou zde zastoupeny v hojném množství, nálezy zahrnují drobné úlomky i větší hlízy o max. velikosti 15–20 cm. Zbarvení plazem se pohybuje od světle zelené po modrozelenou až zelenohnědou s bílým až narezavělým okrajem, světle modrozeleným lemem a zeleným jádrem (obr. 6). Objevují se žíhané i očkové typy plazem. Tvarově jsou plazmy velmi rozmanité – deskovité, oválné, hrbolaté hlízy s různými poruchami uvnitř (např. dutinky). Některé kusy představují plazmu dobré kvality se skelným temně zeleným jádrem – vhodnou k broušení. Z nejčastějších reliktů lze uvést amfibol a chlorit, příp. pyroxen.

5) Dukovany – Jamolice – Dolní Dubňany

Dukovanské těleso serpentinitu má výrazně vyvinutou kůru zvětrávání, jejíž mocnost dosahuje až 15 m. Pásmo zeleného zvětrávání zaujímá dvě třetiny tělesa a pokračuje i východně od něj směrem k obci Jamolice (viz DUFEK 1991).

Negranátické těleso serpentinitu vystupuje na povrch asi 400 m severně od obce **Dukovany**, je protažené ve směru v.-z., a v tomto směru dosahuje délky až 1,5 km. Dukovanské serpentinitové těleso bylo zmapováno WEISSEM (1966). Podrobněji se studiem dukovanského serpentinitového tělesa zabývali MÁTL (1972), BABÁČEK (1979) a DUFEK (1991). Produkty zvětrávání jsou vázány na kontaktní zóny serpentinitu a na výrazná příčná s.-j. tektonická pásma (MÁTL 1972). Pásmo zeleného zvětrávání zaujímá dvě třetiny tělesa a pokračuje i východně od něj směrem k obci Jamolice. V centrální části tělesa byl zastižen jeden izolovaný ostrov červeného pásma zvětrávání, kde v minulosti probíhala těžba Fe-rud (DUFEK 1991).

Podle BURKARTA (1953) se v dukovanském serpentinitu vyskytuje plazma i opál. MRÁZEK a REJL (2010) odtud uvádějí nálezy tmavozelené plazmy drahokamové kvality (velikost ≤3 cm) a nepravidelné nebo oválné šedozelené plazmy o velikosti do 15 cm s tenkým hnědobílým okrajem a mechovitou nebo trubičkovitou kresbou uvnitř. Vzácně lze najít plazmy s fialovým nebo modrošedým chalcedonovým jádrem, občas se vyskytují i plazmy tzv. očkové.



Obr. 6. Zonální plazmy s tmavým jádrem, výrazným nazelenalým lemem (foto b) a bílým okrajem, lok. Tavíkovice, velikost vzorků a) 8 cm, b) 7 cm. Foto J. Toman, Š. Koníčková.

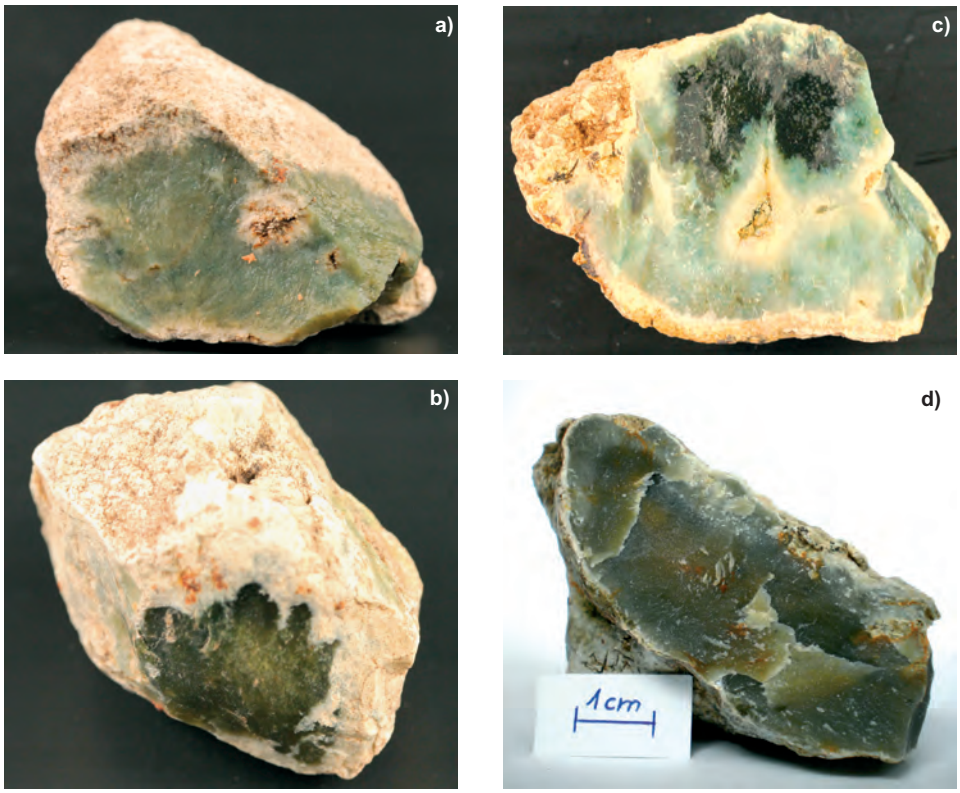
Fig. 6. Zonal plasma with a dark core, distinctive greenish rim (photo b) and white margin, locality Tavíkovice, sample size a) 6 cm, b) 7 cm. Photo by J. Toman, Š. Koníčková.

Plazmy se nachází v trati Vinohrádky severně od silnice Dukovany – Jamolice na polích směrem k lesu. Na této lokalitě jsou hojné nálezy výhradně světle až sytě zelených plazem poměrně dobré kvality (obr. 7a, b). Plazmy se vyznačují oválným až kulovitým tvarem o velikostech do 10 cm s výrazným bílým okrajem a členitým povrchem. Výjimečně se objevují plazmy s temně zeleným jádrem (obr. 7c).

Plazmy z těchto lokality jsou místy bohatší inkluzemi. Nejčastějším minerálem inkluzí je zelený chlorit a dále amfibol. Pozoruhodná je přítomnost akcesorického pyritu, apatitu, titanitu a zirkonu, na drobných trhlinkách je baryt (tato práce).

Jamolice – Dolní Dubňany

Tělesa serpentinitů v této podoblasti náleží k rozsáhlému ultrabazickému komplexu hornin, který se táhne z.-v. směrem severně od obce Dolní Dubňany až po obec Polánka. Průzkumnými pracemi zde byla ověřena víceméně souvislá tělesa serpentinitů různé mocnosti uložených v provrásněném komplexu metamorfitů složeného z granulitů, biotitické ruly, pegmatitů a produktů zvětrávání těchto hornin. Tektonický vývoj způsobil silné drcení serpentinitů a tím i jejich snadné zvětrávání, které probíhá nejintenzivněji podél kontaktních zón a podél výrazných tektonických poruch. Průměrná mocnost kůry zvětrávání je 10–20 m. Červené pásmo zvětrávání bylo zastiženo pouze na východním okraji území u obce Polánka, kde lze předpokládat největší mocnost zvětralin. Směrem k západnímu



Obr. 7. Typické světle i tmavě zelené plazmy z lokality Dukovany, velikost vzorku a) 5 cm, b) 5 cm, c) 7 cm, a Jamolice d) 6 cm, foto Š. Koníčková.

Fig. 7. Typical light and dark green plasma from locality Dukovany, sample size a) 5 cm, b) 5 cm, c) 7 cm, and Jamolice d) 6 cm. Photo by Š. Koníčková.

okraji obce Jamolice je zvětralinový plášť silně erodován a jsou zachovány pouze spodní polohy pásma zeleného zvětrávání (MÁTL 1972).

MRÁZEK a REJL (2010) se z této lokality zmiňují o plochých až deskovitých plazmách o velikosti do 10 cm společně s jinými křemennými hmotami, jejichž výskyt je situován na polích východně od Jamolic. Podle nich jsou zde plazmy hnědočervené, šedozelené a temně zelené, barevně i texturně jednotné, masivní, kompaktní, dobře brousitelné a leštitelné a proto vhodné na výrobu muglí a drobných plastik. Lokalita se v současnosti vyznačuje velkým množstvím různých křemenných hmot a úlomků o rozměrech od 2 cm do 10 cm. Zbarvení jejich středu je převážně červené, červenohnědé nebo rezavé s nerovnoměrnou kresbou. Tyto hmoty se vyznačují tenkým narezavělým okrajem nebo světlý okraj zcela chybí. Vzácnější je výskyt typických zelených plazem. Nalezené plazmy jsou oválného až kulovitého tvaru, jejichž velikost nepřesáhla 5 cm. Barevnost centrálních částí se pohybovala od šedozelené po modrozelenou. Tyto plazmy se vyznačují světlým tenkým nebo i mocnějším okrajem (obr. 7). Plazmy se vyskytují i jižně a jz. od Jamolic v ojedinělých místech na polích při silnici vedoucí do Dol. Dubňan. Plazmy jsou zde v malém množství a z gemologického pohledu ve špatné kvalitě (šedé, narezavělé).

6) Biskoupky

Plazmy v hrubšickém serpentinitovém masivu se vyskytují na několika místech, z nichž se velmi dobrou kvalitou vyznačuje lokalita severně od obce Biskoupky. Temně zeleně zbarvená plazma z této lokality má „drahokamovou“ kvalitu a je velmi žádanou surovinou pro výrobu šperkařských brusů. MRÁZEK a REJL (2010) uvádějí nálezy tmavozelených plazem tvořící ploché konkrece s hrbolatým povrchem s typickým tenkým bělavým okrajem a hnědavě zeleným průsvitným jádrem.

Z nových nálezů převažují konkrece obecné kvality o max. velikosti 4 cm, s výrazným bílým okrajem a světle zeleným až modrozeleným jemnozrnným neprůhledným středem. Plazma drahokamové kvality se vyznačuje tmavým, až černě zeleným, po vyleštění průsvitným jádrem a téměř žádným nebo tenkým bílým okrajem. Frekvence nálezů plazmy jak drahokamové tak i obecné kvality je zde relativně velmi malá.

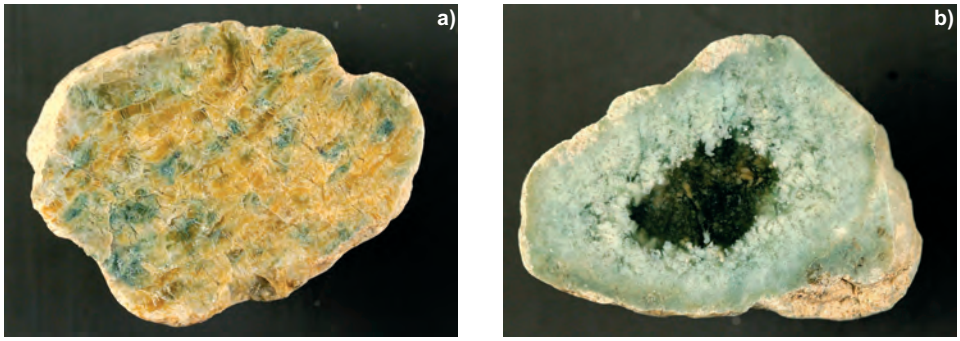
7) Hrubšice

MRÁZEK a HOLÁ (1978) a MRÁZEK a REJL (2010) uvádějí naleziště na poli (dnes louka) v nejvyšší části svahu 300 m západně od Hrubšic na pravém břehu řeky Jihlavy. Naleziště se nachází na okraji přírodní rezervace Nad řekami. Plazmy lze sbírat taktéž na polní cestě, která vede od řeky směrem nahoru do svahu. Konkrece se nacházejí v zářezech cesty a přímo v cestě ve vyšší části svahu a dosahují velikosti 10 cm. Plazmy popisuje MRÁZEK a REJL (2010) jako nepravidelně oválné s drsným až bradavičnatým povrchem o max. velikosti 10 cm. Na povrchu bělavě nazelenalou nebo bělavě modrozelenou, uvnitř nejčastěji světle modrozelenou. Ojediněle může obsahovat uzavřeniny chloritu, uváděn je i fuchsit a dolomit? (MRÁZEK a HOLÁ 1978). Barevná složka v základní hmotě je rozložena nerovnoměrně, tvoří skvrny různé velikosti, tvaru i tónu. Předností této plazmy je průsvitná až poloprůhledná centrální část.

Studované konkrece plazem na polích byly menších velikostí (3–4 cm) s výrazným bílým okrajem a tmavším středem. Barevnost středu se pohybuje od žlutozelené přes lahvově zelenou až a po tmavě modrozelenou. Tvar konkrecí je převážně oválný, vyskytují se i nepravidelné tvary. Ojedinělé nálezy konkrecí s průsvitným tmavým středem (jádrem) a světlejší neprůhlednou vrstvou dokazují, že se jedná o plazmu drahokamové kvality (obr. 8b). Větší výskyty různorodých konkrecí s tenkým bílo-šedým okrajem nebo bez okraje se nacházely v polní cestě směrem od řeky nahoru po svahu.

8) Nová Ves u Oslavan

Výskyty plazem v katastrálním území obce Nová Ves u Oslavan jsou vázány na několik serpentinitových výchozů patřících k hrubšickému serpentinitovému masivu. Nejzná-



Obr. 8. Nezonální plazma s vermikulární texturou (a) a typická zonální plazma s „drahokamovým“ jádrem, širokým světlým lemem a úzkým bílým okrajem (b), lok. Hrubšice. Velikost vzorků a) 7 cm, b) 4 cm, foto Š. Koníčková.

Fig. 8. Non-zonal plasma with worm-like (vermicular) texture (a) and the typical zonal plasma with a “gem” core, wide pale rim and narrow white edge (b), locality Hrubšice. Sample size a) 7 cm, b) 4 cm, photo by Š. Koníčková.

mější výskyt plazmy je při západním okraji obce Nová Ves, severně od silnice Nová Ves – Mohelno, kde vystupuje serpentinit společně s balinskými slepenci boskovické brázdy. Mrázek a Rejl (2010) uvádějí plazmu z Nové Vsi jako atraktivní surovinu, která se používá ve šperkařství k výrobě brusů i drobných plastik. Konkrece plazem se velikostně pohybují v rozmezí od 2 do 7 cm. Ve většině případů se vyznačují tenkou, bělavě zbarvenou okrajovou částí a skvrnitou tmavozelenou nebo světle zelenou kresbou v centrální části. Mají nepravidelný, drsný až bradavičnatý povrch s tenkým bílým okrajem (obr. 20). Většina nálezů z této lokality je obecné kvality. Kromě plazmy se objevují i úlomky opálů světle hnědé barvy.

Další lokalitou s výskytem plazmy je pole v blízkosti křižovatky Nová Ves - Biskoupky. Konkrece plazmy je zde možné nalézt na ploše přibližně 50 × 40 m blíže k silnici. Konkrece a úlomky o velikostech v rozmezí 2–5 cm se makroskopicky vyznačují nepravidelnými tvary s výrazným bílým okrajem a tmavším, jemnozrnným zeleným středem. Barevnost středu se pohybuje od tmavě zelené po světle trávově až lahvově zelenou. Kromě zelených konkrecí, lze zde také nalézt světle hnědé SiO_2 hmoty podobající se opálům.

Drobnější kusy plazem (do 3 cm) lze nalézt v serpentinitovém ostrůvku severně od obce Nová Ves, na poli v části zvané „Na Černých.“ Vyskytuje se zde v hojném množství plazmy pravidelnějších kulovitých tvarů, někdy podlouhle protáhlých s výraznějším světlým okrajem a skvrnitým světle nebo tmavě zeleným až modrozeleným středem (obr. 9).

Obr. 9. Plazma z lokality Nová Ves u Oslavan, velikost 2–5 cm. Foto Š. Koníčková.

Fig. 9. Plasma from the locality Nová Ves u Oslavan, sample size 2–5 cm. Photo by Š. Koníčková.

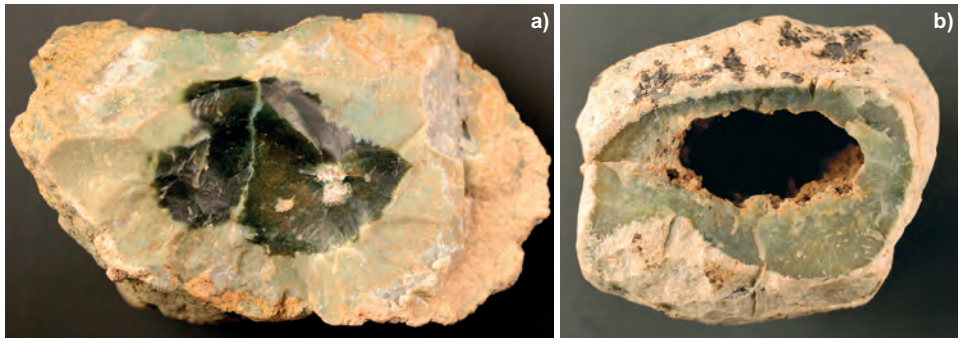
Z uzavřených minerálů jsou doloženy chlority, z poslední lokality pochází rovněž ojedinělý chromspinel a drobná zrna barytu.

6.3.2 Charakteristika ostatních lokalit

Vedle studovaných lokalit se ve zvětrávací kůře serpentinitů na západní Moravě vyskytují hojně plazmy i na dalších místech, z nichž byly získány některé doplňující údaje k jejich rozšíření, příp. k řešení genetických otázek. Jedná se především o lokality (v abecedním pořadí): Biskupice u Hrotovic, Černín, Grešlové Mýto, Horní Bory, Hrotovice, Kordula u Rouchovan, Medlice – Horní Kounice, Polánka, Pulkov, Račice, Krhov, Radkovice u Hrotovic, Slatina, Třesov, Udeřice-Bačice, Vícenice u Náměště nad Oslavou, Višňové a Zňátky.

V okolí obcí **Biskupice**, **Pulkov** a **Slatina** leží dvě větší tělesa serpentinitů. Obě tělesa jsou uložena v gföhlských rulách a jsou protažena směrem S-J, souhlasně s okolní foliací metamorfitů. Největší mocnost má kůra zvětrávání na jižnějším tělese u obce Slatina, směrem na sever s přibývající nadmořskou výškou mocnost zvětralin klesá (Dufek 1991).

V jižním okolí Biskupic, ale i na severozápad odtud, od Pulkova k Radkovicím, převažuje „hnědočervená plazma“ s červíkovitou kresbou (Mrázek a Rejl 2010). Tmavě zelené plazmy se objevují v menším zastoupení a jsou značně nehomogení, rozpraskané a postižené alterací, bez výrazného světlého okraje (okraj spíše narezavělý). Výskyt plazmy je značně omezený, lze ji najít jen v malých úsecích v místech menších elevací. Bývají doprovázeny různě zbarveným opálem, někdy i magnezitem. V okolí Slatiny jsou známy jak výskyty plazmy, tak i opálů (Burkart 1953). Plazma se zde vyskytuje zejména porézní, nahnědlá, šedozelená, okrová, v tenkém řezu prosvítající, se šmouhovanou a červíkovitou kresbou. Z okolí obce **Černína** (u Jevišovic) pocházejí vzorky jemně krystalické tmavozelené plazmy, náležející k nejhezčím na Moravě (obr. 10a). Serpentinity tu v doprovodu eklogitů vystupují severně a severovýchodně od obce. Na polích byly zjištěny křemičité hmoty spíše světlejších barev (nazelenalé, nahnědlé a šedobílé), ve výchozech serpentinitů s eklogity jsou patrné ojedinělé tenké žíly desilikovaných pegmatitů, na něž jsou vázány silicifikované chloritické a amfibol-chloritické žíly. Výskyt plazmy východně od **Grešlového Mýta** uvádí Burkart (1953), na malém serpentinitovém tělese podél polní cesty (turistická žlutá značka směr Boskovštejn) však byly nalezeny jen nazelenalé, hnědé a červené „rohovce“, neboť část lokality je v současnosti nepřístupná pastvina. Serpentinit s diallagity, tvořící velké těleso s. od **Horních Borů**, má zvětrávací kůru pravděpodobně většinou denudovanou. Ve sbírkách MZM se odtud nachází několik vzorků světlé plazmy, avšak typický tu byl spíše krápníkovitý šedý chalcedon na trhlinách serpentinitu, jeden z nejkrásnějších u nás – přes-



Obr. 10. a – Zonální plazma s tmavozeleným jádrem – Černín u Jevišovic, velikost vzorku 9 cm; b – unikátní plazma s centrální dutinou – Radkovice u Hrotovic, velikost vzorku 7 cm. Foto J. Toman.

Fig. 10. a – Zonal plasma with a dark green core – Černín at Jevišovice, sample size 9 cm; b – the unique plasma with a central cavity – Radkovice at Hrotovice, sample size 7 cm. Photo by J. Toman.

ná lokalizace není známa. Větší těleso serpentinitu západně od **Hrotovic**, při silnici do Račic poblíže malého remízku a vodojemu, je známo hojným výskytem různorodých křemičitých hmot (Dvorský 1898), především opálů, rohovců a chalcedonů, ale i plazem. Světle zelená plazma je zde zastoupena v poměru k ostatním hmotám minimálně a to v menších rozměrech od 2 do 4 cm. Většinou je kulovitého tvaru, s tenkým světlým nebo narezavělým okrajem na povrchu. Z minerálů obsahuje inkluze amfibolu, pyroxenu, chloritu a ojediněle zrna chromitu. Kromě plazmy se objevují ploché chalcedonové agregáty béžové a šedé barvy s brekciovitou stavbou (Mátl in Skrbek *et al.* 1989). Opály jsou zde v hojném množství, vyskytují se společně s rohovci, do nichž někdy přecházejí, v barvě mléčně bílé, žlutavé, červenavé, hnědé, černé a zelené. Serpentinitové těleso s mocnou zvětrávací kůrou (7–22 m) je známo i u obcí **Udeřice-Bačice**. Je situováno západně od obce Udeřice a pásmo červeného zvětrávání tu dosahuje do hloubky 6 m. V podloží červeného pásma se nachází pásmo zeleného zvětrávání s mocností cca 5 m. Ve svrchní části tohoto pásma se vyskytuje nontronit, ve spodní části pásma pak chlorit. Na něj navazuje pásmo šedého zvětrávání s mocností 3 m, v němž jsou přítomny až 10 cm velké křemičité hmoty (křemen, chalcedon a opál). Zvětralý serpentinit s polohami chloritu dosahuje průměrně hloubky až 14 m (Dufek 1991). Na tomto tělese se nacházel malý výskyt světle hnědých až hnědozelených plazem o velikosti do 4 cm s výrazným světlým až narezavělým okrajem s inkluzemi chloritu a amfibolu. Mezi obcemi **Račice** a **Krhov** u Hrotovic se nachází několik menších serpentinitových těles. Nemají vyvinutější kůru zvětrávání a jsou částečně překryté spodnomiocénními sedimenty (Mátl 1972, Dufek 1991). V náhodných melioračních výkopech byly odkryty SiO_2-bohaté zvětraliny serpentinitu („siliciofity“) včetně světlé plazmy. Také na okolních polích se často vyskytují světle zelené plazmy v nepravidelných kusech, s četnými přechody do převládajícího chalcedonu s agregáty zelených chloritů. Kromě inkluzí chloritu se v plazmě z Račic objevují amfiboly, Mg-ilmenit, spinel, baryt, apatit a zrna zirkonu. (viz subkapitola inkluze minerálů). Z **Korduly** u Rouchovan, z těles serpentinitů, které tu společně se skarny tvoří menší vložky v gföhlských rulách západně od obce, pocházejí spíše ojedinělé tmavozelené plazmy. Jsou nehomogenní, nezonální, s velmi tenkým okrajem a v malých dutinách obsahují drobné krystaly křišťálu. Jihovýchodně od studovaných lokalit Tavíkovice a Přeskače se nachází několik serpentinitových těles s doprovodem eklogitů. Vystupuji hlavně na katastrech obcí **Medlice**, **Horní Kounice** a **Višňové**. Podle Mátla (1972) je kůra zvětrávání v této oblasti oddedunována, a jsou zachovány jen nejspodnější části pásma zeleného zvětrávání s nízkými obsahy Ni. Zvětraliny jsou tu většinou zakryty kvartérními sedimenty, a proto jsou nálezy plazmy jen nahodilé a omezené na menší plochy a odpovídají běžným typům. Např. po obou stranách polní cesty vedoucí z Višňové do Medlic se vyskytují nazelenalé až hnědé plazmy s rohovci a šedavými chalcedony. Nekvalitní, narezavělé konkrece plazmy menších rozměrů se v omezeném množství vyskytují i na polích jižně od Horních Kounic. Známou lokalitou světlé plazmy je **Třesov**, jz. od Náměště nad Oslavou (Dvorský 1898, Burkart 1953), která se zde nachází společně s hojnými mléčnými opály, ale i průsvitným šedým chalcedonem a magnezitem. Mineralizace je tu produktem zvětrávání drobného tělesa serpentinitu (Zimák *et al.* 1997), které není zaznamenáno v geologické mapě 1 : 50 000 listu 24-33 Moravský Krumlov. Zrnitá, porézní a světle zeleně zbarvená plazma tvoří v reziduu serpentinitu nepravidelná hnízda a na tato hnízda je vázán i zmíněný výskyt opálu, který vytváří samostatné konkrece v jejich blízkosti nebo jsou částečně zarostlé i přímo v plazmě. Plazma netvoří typické kulovité konkrece s uvnitř zelenou křemičitou hmotou, ale uvnitř plazmy se společně se zelenou hmotou objevují části bílé křemičité hmoty. Kůra zvětrávání serpentinitů, které společně s eklogity tvoří tělesa v gföhlské rule, je zachována rovněž mezi obcemi **Radkovice u Hrotovic** a **Pulkov** (Mátl 1972). Plazma se nachází ve velkých kusech, o velikostech do 20 cm, jejich povrch je nerovný se světlým až narezavělým tenkým povlakem. Barva převažuje světle trávově zelená, objevují se i světle modrozelené plazmy (Ďuďa a Pauliš 2006). Unikátní je vzorek tmavě zelené plazmy s centrální dutinou (obr. 10b).

Lokalita se místy vyznačuje výskytem hojných, různě zbarvených opálů (Dvorský 1898, Burkart 1953, Pauliš 2005). V blízkém okolí Náměště nad Oslavou se vyskytla světlá plazma, resp. chalcedon s uzavřeninami chloritu a amfibolových asbestů, s přechody do hnědých a červenohnědých rohovců (sz. od města a na jihu u obce **Zňátky**). Lokality jsou vázány na serpentinity v granulitech. Hojnější a kvalitnější byly jen výskyty plazmy na polích u blízkých **Vícenic**, směrem na Zňátky. Podle Mrázka a Rejla (1991) byla zdejší zvětralina (reziduum serpentinitu) jílovito-písčitého charakteru. Z křemenných hmot převládaly různě zbarvené rohovce. Plazma byla různých barev, od tmavozelené, světle zelené až žlutavé či bělavé, jemnozrnná a převážně neprůhledná. V profilu zvětralin tvořila hnízda, složená z jednotlivých konkrecí, největší o rozměrech 3,5 × 1,5 m, o mocnosti 50 cm. Část konkrecí odpovídalo průsvitné plazmě „drahokamové kvality". Vyznačovala se tenkým bělavým nebo nažloutlým okrajem a zeleným celistvým a průsvitným jádrem (Mrázek a Rejl 1991, 2010).

7. Mineralogie plazmy

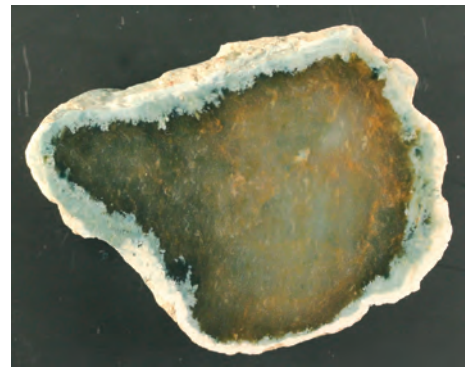
7.1 Makroskopická charakteristika

Makroskopicky plazma tvoří nepravidelné oválné až kulovité, ale také i ploché, deskovité konkrece či hlízy s drsným až bradavičnatým povrchem. Průměrná velikost konkrecí je 5 cm, největší dosahují až 20–25 cm. Podle makroskopického vzhledu lze rozlišit tři nejčastější typy plazem (Rejl 2014):

1. Typ je tvořen okrajem, širším lemem a jádrem, vlastní plazmou (např. obr. 6, 11)
2. Typ je tvořen okrajem, úzkým lemem (může chybět) a jádrem (např. obr. 7b, 9)
3. Typ je tvořen lemem a přímo jádrem (např. obr. 8b).

Okraj je bílý až okrový, jemnozrnný, neprůhledný, narezavělý. Lem je převážně tvořen zelenošedou, bělavě nazelenalou nebo namodralou křemičitou hmotou, má paprsčitou až stromečkovitou texturu, která se může prolínat do jádra plazmy. Po tomto lemu následuje homogenní jádro mající světle nebo i tmavě šedozelenou, modrozelenou (připomínající mořskou vodu), lahvově zelenou barvu (viz též kapitola 2).

Makroskopicky je plazma celistvá až velmi jemnozrnná a ve většině případů neprůhledná. Zeleně průsvitné jádro se vyskytuje u plazmy drahokamové kvality. Může obsahovat viditelné uzavřeniny drobně lupenitých agregátů zeleného, stříbřitě lesklého chloritu. Vzácné jsou konkrece s rezavě žlutohnědými, protáhlými uzavřeninami milimetrových až centimetrovým rozměrů. Barevná složka v základní hmotě je rozložena nerovnoměrně. Tvoří ji skvrny různých velikostí, tvarů a tónů, např. obláčkovitá či červíkovitá kresba světlejší barvy. Konkrece plazmy „drahokamové kvality" jsou obvykle tvořeny světlým modrozeleným neprůhledným lemem a tmavším průhledným jádrem, nebo jen světlým tenkým okrajem a tmavým jádrem (Mrázek a Rejl 2010, Rejl (2014). Stěny ojedinělých drobných otevřených dutin a intergranulár pokrývají nepatrné krystaly křišťálu velikosti pod 1 mm (Kordula, tato práce).



Obr. 11. Zonální plazma Přeskače, velikost 8 cm. Foto Š. Koníčková.
Fig. 11. Zonal plasma from Přeskače, sample size 8 cm. Photo by Š. Koníčková.

7.2 Mikroskopické znaky

Mikroskopicky jsou plazmy tvořené převážně různými, opticky odlišnými modifikacemi SiO_2, jemně dispergovanými submikroskopickými minerály určujícími

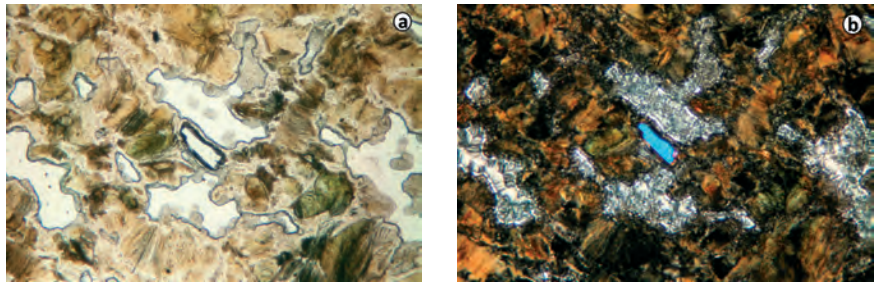
jejich zbarvení, a ojedinělými inkluzemi reliktních minerálů původních zvětralin. Plazmy vykazují i po optické stránce zonální stavbu, zčásti jsou však nezonální, pouze s úzkým bílým okrajem.

Poměr uvedených složek silně kolísá v závislosti na homogenitě, struktuře a textuře jednotlivých vzorků (Mrázek a Holá 1978, Mrázek a Rejl 2010). Mikroskopické studium plazem neukázalo na žádné výrazné odlišnosti mezi jednotlivými lokalitami (Koníčková 2011, 2013).

Na základě výše uvedeného poměru složek lze vymezit nejen výše zmíněné 3 texturně odlišné typy zonálních plazem (Rejl 2014), ale rovněž 2 základní subtypy odlišující se stupněm silicifikace výchozích serpentinitových reziduí (Koníčková, tato práce). Prvním, rozšířenějším typem jsou světle zelené, silně nehomogenní typy bohaté drobně šupinatými agregáty chloritu, s hojnými inkluzemi amfibolů, diopsidu a Cr-spinelidů (obr. 8a, 12a, b). Druhým krajním typem je homogenní, většinou tmavozelená plazma bez mikroskopicky patrných uzavřenin jiných minerálů (obr. 8b a levý horní okraj obr. 13). Jde o „drahokamovou plazmu" ve smyslu Mrázka a Holé (1978) a Mrázka a Rejla (2010).

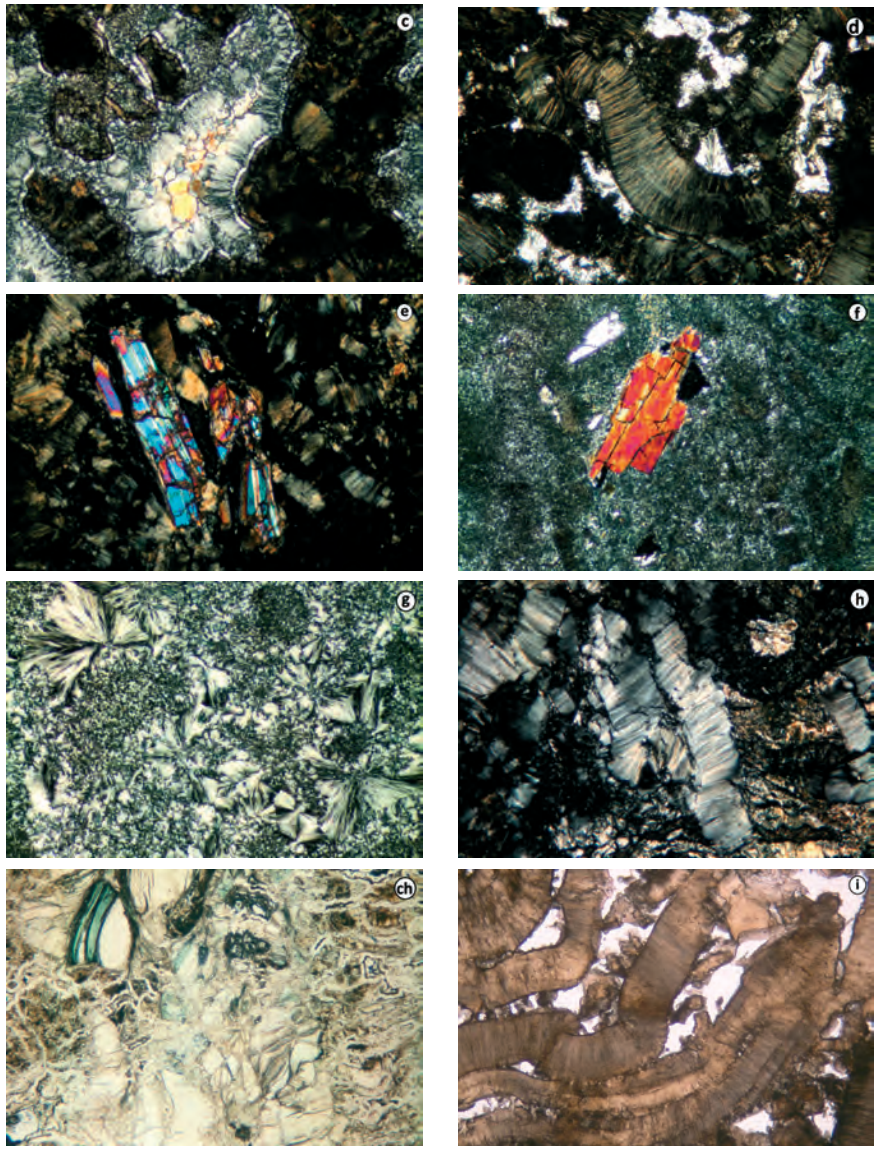
Základní hmotou plazem je jemnozrnný mikro-kryptokrystalický **křemen (**chalcedon**)**, v němž jsou někdy přítomny větší agregáty křemenných zrn. Základní hmota se zrny křemene, výrazně převládá nad chalcedonem, který se zde vyskytuje v podobě nepravidelných vějířků až neúplných sférolitů s proměnlivou délkou vláken. Typičtější mikroskopicky vláknitý ***chalcedon*** tvoří velmi často zřetelně mladší žilky, někdy se zonální stavbou, příp. povléká stěny intergranulár (obr. 12g, 15a). Vzácnější je vláknitý, opticky odlišný ***kvarcin*** (obr. 12h), příp. opticky neodlišitelný **moganit** (obr. 12c), identifikovaný Ramanovou spektroskopií (ústní sdělení L. Losertová a Z. Losos). Okrajové lemy plazmy obsahují podíl **opálu**.

Typickým mikroskopickým znakem struktury západomoravské plazmy jsou vermikulární („červíčkovité") útvary zelenohnědé barvy (obr. 12d, i). Tyto útvary připomínají svou morfologií agregáty fylosilikátů; charakteristické zejména pro chlorit, vermikulit a jílové minerály. V některých případech se nejspíše jedná o inkluze zcela silicifikovaného chloritu, jehož relikty byly zjištěny výjimečně. Vláknitý křemen v těchto agregátech odpovídá po optické stránce kvarcinu nebo moganitu (?). Mikroskopicky neurčitelná je jemně dispergovaná barvící složka plazmy a to především v centrální tmavozelené části. V světle zeleném lemu, se nalézají ojedinělé drobné šupinky chloritu a zeleného jílového minerálu, uspořádané do chuchvalcovitých a keříčkovitých útvarů. Neurčitelný zůstává i opakní pigment submikroskopických rozměrů, vyskytující se především na povrchu rekrystalovaných útvarů (Mrázek a Rejl 2010). Okrajové části plazem obsahují nejvíce inkluzí reliktních minerálů, které způsobují, že je okrajová část značně heterogenní (obr. 12e, viz. subkapitolu 7.3.2).



Obr. 12. a – okrajová nehomogenní část plazmy tvořená kryptokystalickým křemenem (tmavý) bohatým submikroskopickými inkluzemi až opálem, s inkluzí amfibolu, v intergranulárách chalcedon a moganit PPL (Bojanovice), b – dtto, XPL. Foto Šárka Koníčková a Z. Losos.

Fig. 12. a – inhomogeneous peripheral part of the plasma formed by microcrystalline quartz (dark) rich of sub-microscopic inclusions to opal, with inclusion of amphibole, in intergranulars chalcedony and moganite, PPL (Bojanovice), b – dtto, XPL. Photo by Š. Koníčková a Z. Losos.



Obr. 12. c – zonální výplň drobné dutiny. Úzký lem tvoří moganit, následuje vláknitý chalcedon, uprostřed zrna křemene (Bojanovice), d – vermikulární („červíčkovitá“) textura plazmy (Nová Ves), e – inkluze amfibolů v okrajové části (Udeřice), f – sporadická inkluze amfibolu v homogenním centrální části (Dukovany), g – sférolitický chalcedon (Přeskače), h – vláknitý „kvarcin“ (Račice), ch – inkluze chloritu v částečně silicifikované plazmě (Račice), i – vermikulární textura kryptokrystalického křemene, v intergranulárách chalcedon (Hrubšice). Foto Šárka Koníčková a Z. Losos.

Fig. 12. c – zonal filling of small cavity. the narrow rim forms moganite, followed by fibrous chalcedony and quartz grains in the middle (Bojanovice), d – vermicular (“worm-like”) texture of plasma (Nová Ves), e – inclusions of amphiboles in the periphery (Udeřice), f – sporadic amphibole inclusion in a homogeneous central part (Dukovany), g – spherolitic chalcedony (Přeskače), h – fibrous “quartzine” (Račice), ch – inclusion of chlorite in partly silicified plasma (Račice), i – vermicular texture of microcrystalline quartz, in intergranulars is chalcedony (Hrubšice). Photo by Š. Koníčková a Z. Losos.

7.3 Chemické složení

Pomocí bodových WDX-analýz bylo určeno chemické složení „základní hmoty“ v centrální a okrajové části plazmy, červíčkovitých útvarů a křemičitých agregátů. Záměrem bylo zejména zjistit složení barvící komponenty plazem. Orientačně byl zjištěn i podíl H_2O ve vzorcích zonální plazmy z Jiřic a Hrotovic.

7.3.1 Chemismus základní hmoty

Chemické složení základní hmoty plazmy velmi silně kolísá i v jednom vzorku, resp. jediném výbrusu a to i v makroskopicky i mikroskopicky zcela homogenních jádrech, tvořených pouze kryptokrystalickým křemenem (včetně vláknitého chalcedonu). Chemické složení jemnozrnné a „červíčkovité“ základní hmoty se nijak neliší.

I v těchto případech suma bodových (!) analýz jen ojediněle převyšovala 98 %, patrně v důsledku fyzikálně vázané H_2O (Flörke *et al.* 1991, Deer *et al.* 2004), příp. jiných těkavých složek (CO_2 ?). V mnohých případech, zejména ve světlých lemech a okrajích konkrecí jsou sumy analýz ještě nižší (≥91 hm. %, v průměru 97 hm. %), což zde nepochybně souvisí s přítomností opálu (tab. 1).

Tabulka. 1: Chemická analýza tzv. základní hmoty z centrální a okrajové části
Table 1. Chemical analysis of matrix of the central and peripheral parts.

analýza č.	7 Račice	18 Přeskače	26 Tavíkovice	27 Jiřice	28 Jiřice	29 Bojanovice	30 Bojanovice	33 Bojanovice	37 Udeřice	28 Nová Ves	29 Nová Ves
hm. % - wt. %											
SiO_2	94,36	98,13	80,79	97,02	94,92	94,51	92,45	96,13	91,07	97,24	97,99
Al_2O_3	0,28	0,13	0,33	0,10	0,17	0,20	0,29	0,31	0,20	0,18	0,51
MgO	0,95	0,08	2,00	0,10	0,37	0,34	0,49	0,52	0,19	0,33	0,36
Cr_2O_3	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K_2O	0,06	0,07	0,10	0,07	0,08	0,00	0,05	0,00	0,00	0,06	0,12
Na_2O	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,14
CaO	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,10	0,10	0,00	0,12	0,00	0,05
FeO	0,87	0,00	0,76	0,18	0,45	0,28	0,31	0,62	0,17	0,06	0,00
NiO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Suma	96,52	98,41	84,22	97,52	95,99	95,50	93,68	97,63	91,74	97,88	99,17

Podobně velký rozsah má i obsah SiO_2 (92,45–98, 90 hm. %); v obou případech se patrně projevují i strukturní nehomogenity plazmy, tedy přítomnost mikropórů a intergranulár, které souvisejí s případnými objemovými změnami při rekrystalizaci. V některých případech (např. světlé homogenní plazmy z Dukovan) byl SiO_2 jedinou určenou složkou.

Podíl ostatních složek až na nepatrné výjimky nepřevýšil 1 hm. % a velmi často silně kolísá kolem hranice detekce. Pravidelně zastoupenými složkami jsou (v klesajícím pořadí) Mg (<0,95, ojediněle až 2 hm. % MgO), Fe (<0,87 hm. % FeO) a Al (<0,51, převážně v rozsahu 0,11–0,34 hm. % Al_2O_3). Pro část vzorků je typická i přítomnost Ca (<0,47, převážně v rozsahu 0,05–0,10 hm. % CaO), K (<0,12, převážně v rozsahu 0,04–0,08 hm. % K_2O) a (<0,14, v průměru 0,05 hm. % Na_2O). Ostatní prvky jsou obsaženy pouze v množství na hranici jejich stanovení použitou metodou. Za zmínku stojí obsah NiO <0,07; Cr_2O_3 <0,06; V_2O_3 <0,02; a P_2O_5 <0,03 (vše v hm. %). Z genetického hlediska by mohly mít význam stopy Cl (<0,18 hm. %), pokud ovšem nejde o recentní kontaminaci; pod mezí detekce je Ba, Mn, Sr, Ti a Zn.

Podle asociace pravidelně zastoupených prvků (Si-Al-Mg-Fe ±Cr) by ***barvící složkou plazmy byly nejspíše velmi jemně dispergované fylosilikáty***, hlavně chlority, příp. seladonit nebo glaukonit nebo smektity. Z nich pouze chlorit (klinochlor) tvoří zrna velikosti >10 μm.

Pro stanovení obsahu H_2O představoval vzorek z Jiřic typickou zonální plazmu,

Tabulka 2. Analýza obsahu vody v plazmě.
Table 2. Analysis of the water content in the plasma.

	H_2O hm. % - H_2O wt. %		
	sušení 110°C	žíhání 1050°C	celková
Jiřice lem	0,53	2,38	2,91
Jiřice jádro	0,19	1,57	1,76
Hrotovice	0,25	1,73	1,98

u níž byla analyzována centrální jemnozrnná (tmavší) a okrajová (světlejší) část plazmy zvlášť. Vzorek z Hrotovic představoval nezonální hnědočerveně zbarvenou plazmu. Celkový obsah vody nepřesahuje 3 hm. % (tab. 2). Největší množství vody (2,91 hm. %) bylo určeno ze světlého heterogenního okraje vzorku plazmy, kde se vyskytuje také nejvíce minerálních inkluzí. Centrální homogenní část plazmy (Jiřice jádro) vykazuje obsah vody nižší než celistvá nezonální plazma (Hrotovice).

7.3.2 Inkluze minerálů

Inkluze minerálů jsou nejvíce zastoupeny v okrajové části a světlém lemu centrální části plazem. V centrální části byl zjištěn jen ojediněle amfibol a chlorit (obr. 12f a 14). Dále byly identifikovány inkluze těchto minerálů (podle klesajícího množství): chlority, amfiboly, diopsid, spinelidy, pyrit, baryt, apatit, ilmenit, titanit a zirkon. Převažují reliktní minerály původního peridotitu včetně produktů jeho alterace (chlority, část amfibolů), avšak zcela chybí ortopyroxen, po nestabilním olivínu druhý nejhojnější minerál zdejších perido-

Tabulka 3. Reprezentativní složení chloritů.
Table 3. Representative composititon of chlorites.

analýza č.	16 Přeskače	5 Račice	24 Tavíkovice	28 Dukovany	31 Nová Ves	32 Bojanovice	45 Hrotovice
hm. % - wt. %							
SiO_2	35,04	33,10	34,06	36,26	31,23	31,56	33,90
TiO_2	0,96	1,18	0,96	0,79	0,26	0,73	0,57
Al_2O_3	12,46	13,33	10,70	11,36	12,19	10,10	11,47
Cr_2O_3	0,02	0,53	0,63	0,04	0,60	0,08	0,69
FeO	9,37	10,07	12,69	11,49	13,36	20,42	11,54
MnO	0,02	0,09	0,07	0,02	b.d.	b.d.	b.d.
MgO	26,28	26,02	25,43	23,94	27,91	20,98	26,62
NiO	0,33	1,17	0,61	0,51	0,22	0,71	1,18
CaO	0,75	0,25	0,21	0,22	0,05	0,37	0,19
K_2O	0,10	0,12	0,02	b.d.	0,08	0,11	0,27
Rb_2O	0,02	0,08	0,04	0,02	0,02	b.d.	b.d.
H_2O*	11,85	12,02	11,78	11,83	11,83	11,14	11,72
F	0,58	0,06	0,14	0,28	b.d.	0,27	0,62
CL	0,06	0,03	0,07	0,04	0,03	0,04	0,10
O=F	-0,24	-0,03	-0,06	-0,12	b.d.	-0,11	-0,26
O=CL	-0,01	-0,01	-0,02	-0,01	-0,01	-0,01	-0,02
Suma	97,59	98,01	97,33	96,67	97,77	96,39	98,59
Si^{4+}	3,461	3,292	3,442	3,631	3,164	3,356	3,378
Ti^{4+}	0,071	0,088	0,073	0,059	0,020	0,058	0,043
Al^{3+}	1,450	1,562	1,274	1,341	1,456	1,266	1,347
Cr^{3+}	0,002	0,042	0,050	0,003	0,048	0,007	0,054
Fe^{2+}	0,774	0,838	1,072	0,962	1,132	1,816	0,962
Mn^{2+}	0,002	0,008	0,006	0,002			
Mg^{2+}	3,870	3,858	3,831	3,574	4,216	3,326	3,954
Ni^{2+}	0,026	0,094	0,050	0,041	0,018	0,061	0,095
Ca^{2+}	0,079	0,027	0,023	0,024	0,005	0,042	0,020
K^{+}	0,013	0,015	0,003		0,010	0,015	0,034
Rb^{+}	0,001	0,005	0,003	0,001	0,001		
H^{+}	7,809	7,976	7,943	7,905	7,995	7,902	7,788
F^{-}	0,181	0,019	0,045	0,089		0,091	0,195
Cl^{-}	0,010	0,005	0,012	0,007	0,005	0,007	0,017
O^{2-}	17,809	17,976	17,943	17,905	17,995	17,902	17,788
CATSUM	9,749	9,829	9,827	9,638	10,070	9,947	9,887
AN SUM	18	18	18	18	18	18	18

* vypočteno ze stechiometrie; calculated by stoichiometry
b.d. pod mezí stanovení; below detection limits

titů (např. NĚMEC 1937, MEDARIS *et al.* 2005).

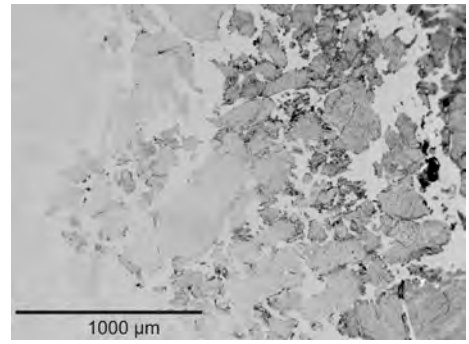
Chlority

Minerály ze skupiny chloritů byly zastiženy ve většině analyzovaných plazem v podobě protáhlých zelených šupinek velikosti <0,5 mm (obr. 12ch, 14). Z povrchové okrajové zóny plazem uvádí chlorit v podobě větších lupenitých agregátů DVORSKÝ (1898), příp. chloritizovaný biotit MRÁZEK a REJL (2010). Analyzované chlority se vyznačují převahou Mg > Fe, ve všech případech jde podle současné klasifikace o **klinochlor**. Podíl Fe se pohybuje od 0,774 po 1,816 apfu (9,37–20,42 hm. % FeO). Nízký, ale pravidelný je obsah chrómu (0,02–0,69 hm. % Cr_2O_3; 0,002–0,054 apfu Cr), kolísavý, místy zvýšený je podíl niklu (0,22–1,18 hm. % NiO; 0,018–0,095 apfu Ni). Za zmínku stojí obsah titanu (0,26–1,18 hm. % TiO_2; 0,020–0,088 apfu Ti). Snížené sumy analýz nejspíše naznačují alteraci chloritů; část Fe může být i ve formě Fe^{3+} (tab. 3).

Amfiboly

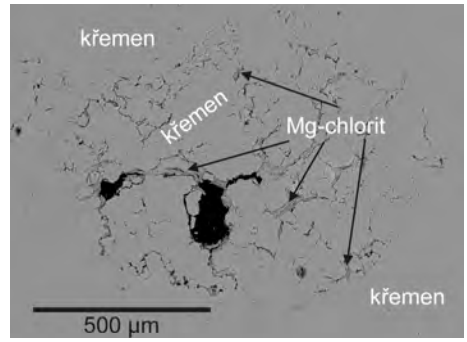
Po chloritech jde o druhé nejčastější minerály, tvořící v plazmách mikroskopicky bezbarvé, krátce sloupcovité subhedrální krystaly, velikosti <0,5 mm (obr. 12e, f, 15). Místy jsou zatlačované jemnozrnným SiO_2 podél trhlin. Na základě současné klasifikace amfibolů (HAWTHORNE *et al.* 2012) svým složením převládá magneziohornblend, příp. tremolit, nad pargasitem, ojedinělý je antofylit (tab. 4). Zatímco pargasit představuje pravděpodobně reliktní minerál serpemtinitu (srov. MEDARIS a JELÍNEK 2004), v ostatních případech může jít o produkt „bastitizace“ ortopyroxenu.

Magneziohornblend je součástí okrajových a vzácně i centrálních zón (obr. 12f). Jeho chemické složení poměrně kolísá, zejména obsahy Al_2O_3 (3,80–8,17 hm. %) a Na (0,63–1,59 hm. %), příp. F (0,15–2 hm. %). Obsah Fe je stálejší (3,69–4,04 hm. % FeO, 0,434–0,470 apfu), podobně i K_2O (0,14–0,25 hm. %). Obsahy Cr jsou až na výjimky na hranici stanovení. Pargasit je vzácnějším amfibolem, zjištěným pouze na několika lokalitách. Reprezentativní analý-



Obr. 13. Profil zonální plazmou, lokalita Dukovany. Kontakt jádra, lemu a okrajové části konkrece. Patrný je postupný přechod od zcela silicifikovaného centra s jemně dispergovanými submikroskopickými inkluzemi fylosilikátů (?) v kryptokrystalickém křemeni (vlevo), „červíčkovitými“ nehomogenními agregáty křemene a chalcedonu (uprostřed) a pórovitým nehomogenním až opalizovaným okrajem (vpravo), odražené elektrony, foto P. Gadas.

Fig. 13. Profile of zonal plasma, locality Dukovany. Contact of core, rim and margin of the nodule are shown. A gradual transition from full silicified center with finely dispersed sub-microscopic inclusions of sheet silicates (“ghost texture”) in microcrystalline quartz (left), “worm-like” inhomogeneous aggregates of quartz and chalcedony (middle) and inhomogeneous porous to opalised margin (right). BSE photo by P. Gadas.



Obr. 14. Nehomogenní SiO_2 agregát s póry v centrální zóně plazmy, lokalita Přeskače. Odražené elektrony, foto P. Gadas.

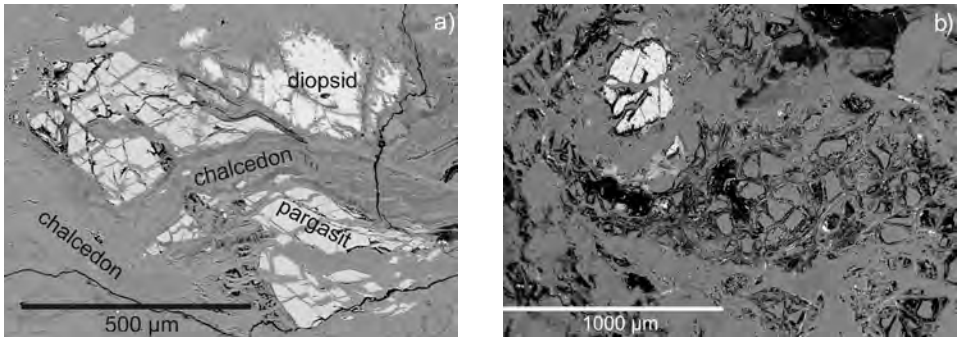
Fig. 14. Inhomogeneous SiO_2 aggregate with pores in the central zone of the plasma, locality Přeskače. BSE photo by P. Gadas.

Tabulka 4. Reprezentativní analýzy amfibolů.
Table 4. Representative analyses of amphiboles.

analýza č.	8 Račice Prg	10 Dukovany Mhb	27 Dukovany Mhb	23 Jiřice Mhb	36 Udeřice Ath	41 Hrotovice Tr
hm. % – wt. %						
SiO_2	46,24	50,78	51,44	53,72	57,18	57,57
TiO_2	0,90	0,15	0,38	0,05	0,01	0,08
Al_2O_3	12,02	8,17	7,45	3,80	0,70	1,03
Cr_2O_3	1,11	b.d.	0,01	0,28	0,17	0,51
V_2O_3	0,09	0,05	0,03	b.d.	b.d.	b.d.
FeO	3,35	3,69	4,04	3,96	14,60	1,80
MnO	0,04	0,02	0,06	0,11	0,41	0,04
MgO	18,36	19,94	20,39	21,25	24,42	23,23
CaO	12,52	11,93	12,14	11,63	0,53	13,36
BaO	b.d.	b.d.	0,11	b.d.	b.d.	b.d.
NiO	0,10	0,05	0,05	b.d.	b.d.	b.d.
K_2O	1,17	0,25	0,25	0,14	b.d.	0,09
Na_2O	1,96	1,59	1,59	0,63	0,13	0,22
H_2O*	2,06	2,06	2,04	0,27	0,39	0,36
F	0,13	0,15	0,25	2,00	1,97	2,03
O=F	-0,05	-0,06	-0,11	-0,11	-0,16	-0,15
Suma	100,00	98,77	100,12	97,72	100,35	100,16
Si^{4+}	6,530	7,137	7,158	7,589	7,948	7,861
Ti^{4+}	0,096	0,016	0,040	0,005	0,001	0,008
Al^{3+}	2,001	1,353	1,222	0,633	0,115	0,166
Cr^{3+}	0,124		0,001	0,031	0,019	0,055
V^{3+}	0,010	0,006	0,003			
Fe^{2+}	0,396	0,434	0,470	0,468	1,697	0,206
Mn^{2+}	0,005	0,002	0,007	0,013	0,048	0,005
Mg^{2+}	3,866	4,178	4,230	4,475	5,060	4,729
Ca^{2+}	1,894	1,797	1,810	1,760	0,079	1,955
Ba^{2+}			0,006			
Ni^{2+}	0,011	0,006	0,006			
K^{+}	0,211	0,045	0,044	0,025		0,016
Na^{+}	0,537	0,433	0,429	0,173	0,035	0,058
H^{+}	1,942	1,933	1,890	0,121	0,171	0,155
F^{-}	0,058	0,067	0,110	1,879	1,829	1,845
O^{2-}	23,942	23,933	23,890	23,879	23,829	23,845
CATSUM	15,680	15,407	15,426	15,173	15,002	15,057
AN SUM	24	24	24	24	24	24

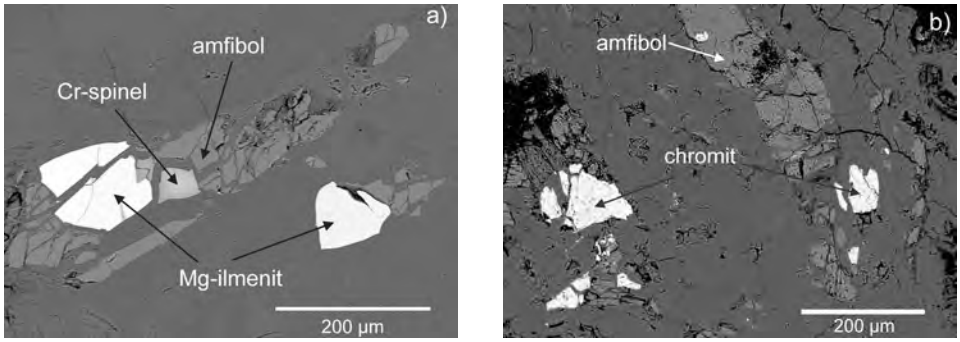
* vypočteno ze stechiometrie; calculated by stoichiometry
b.d. pod mezí stanovení; below detection limits

za z Račic vykazuje mj. zvýšený obsah K (1,17 hm. % K_2O, 0,211 apfu), Cr (1,11 hm. % Cr_2O_3, 0,124 apfu), nízký je podíl fluoru. Poměrně čistý je **tremolit** z Hrotovic, obsahující jen 1,80 hm. % FeO a 1,03 hm. % Al_2O_3; mírně zvýšený je obsah chrómu (0,51 hm. % Cr_2O_3). Chemické složení amfibolu z Udeřic odpovídá **antofylitu** s vyšším obsahem Fe (14,60 hm. % FeO; 1,697 apfu Fe). Za zmínku stojí podíl chrómu (0,17 hm. % Cr_2O_3) a fluoru (1,97 hm. %).



Obr. 15. Zrna diopsidu (bílý) v okrajové části plazmy, a) s amfibolem a žilkami mladšího chalcedonu, Račice b) v silicifikované přechodné zóně serpentinitu s relikty smyčkové struktury, Hrotovice, odražené elektrony, foto P. Gadas, R. Čopjaková.

Fig. 15. Diopside grains (white) at the edge of the plasma, a) with amphibole and younger chalcedony veinlets, Račice b) in the transitional zone of silicified serpentinite with relics of knitted structures, Hrotovice. BSE, photo by P. Gadas, R. Čopjaková.



Obr. 16. a – zrna Cr-spinelu, Mg-ilmenitu a pargasitu ve světlé plazmě z Račic; b – chromit s amfibolem, Hrotovice. BSE, foto P. Gadas a R. Čopjaková.

Fig. 16. a – grains of Cr-spinel, Mg-ilmenite and pargasite in the bright plasma from Račice; b – chromite with amphibole, Hrotovice. BSE, photo by P. Gadas and R. Čopjaková.

Pyroxeny

Typickými akcesorickými minerály plazmy jsou klinopyroxeny. Studované vzorky vykazovaly velmi podobné složení, s obsahem FeO 2,17–2,72 hm. % (tab. 5). Charakteristický je obsah chrómu (0,56–1,18 hm. % Cr_2O_3, 0,016–0,030 apfu Cr). Nízký je podíl jadeitové složky (0,43–1,53 hm. % Na_2O, 0,030–0,107 apfu Na; a 1,29–2,21 hm. % Al_2O_3, 0,055–0,094 Al).

Spinelidy

Chrómem bohaté spinelidy tvoří relativně vzácná, subhedrálně omezená zrna o průměrné velikosti 0,10 mm, nedotčená supergenními přeměnami. Ve světlé plazmě z Račic je obsažen Cr-spinel se složením $(Mg^{2+}_{0,62}\ Fe^{2+}_{0,40})_{1,02}\ (Al^{3+}_{1,20}Cr^{3+}_{0,76})_{1,96}\ O_4$ v asociaci s amfibolem a Mg-ilmenitem. Nepravidelně omezená a rozpukaná zrna byla analyzována také v okrajové části plazmy z lokality Hrotovice. Zde jde o chromit $(Fe^{2+}_{0,76}\ Mg^{2+}_{0,33})_{1,09}\ [Cr^{3+}_{1,31}Al^{3+}_{0,58}]_{1,89}\ O_4$ bohatý spinelovou složkou (30,5 mol. %). Relikty spinelidů byly zjištěny i v plazmě z Nové Vsi.

Tabulka 5. Reprezentativní složení pyroxenů.
Table 5. Representative composition of pyroxene.

analýza č.	9 Račice Di	21 Tavíkovice Di	44 Hrotovice Di
hm. % - wt. %			
SiO_2	54,75	54,77	54,57
TiO_2	0,15	0,17	0,06
Al_2O_3	2,10	2,21	1,29
Cr_2O_3	1,06	1,18	0,56
V_2O_3	0,02	0,05	b.d.
FeO	2,67	2,72	2,17
MnO	0,08	0,13	0,07
MgO	16,02	15,96	17,61
CaO	21,86	21,14	23,39
K_2O	0,02	b.d.	b.d.
Na_2O	1,20	1,53	0,43
O=F	-0,03	-0,02	-0,02
Suma	99,90	99,84	100,13
Si^{4+}	1,983	1,984	1,974
Ti^{4+}	0,004	0,005	0,002
Al^{3+}	0,090	0,094	0,055
Cr^{3+}	0,030	0,034	0,016
V^{3+}	0,001	0,001	
Fe^{2+}	0,081	0,082	0,066
Mn^{2+}	0,002	0,004	0,002
Mg^{2+}	0,865	0,862	0,950
Ca^{2+}	0,848	0,821	0,907
K^{+}	0,001		
Na^{+}	0,084	0,107	0,030
O^{2-}	5,991	5,994	5,995
CATSUM	3,989	3,994	4,002
AN SUM	6	6	6

b.d. pod mezí stanovení; below detection limits

Pyrit

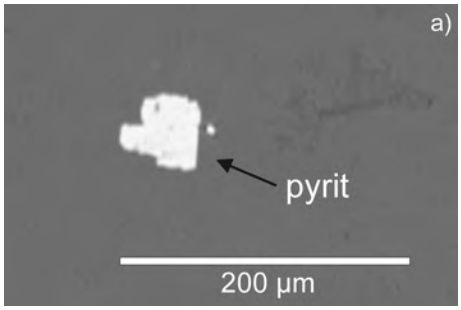
Geneticky pozoruhodným a vzácným akcesorickým minerálem na některých lokalitách je pyrit (obr. 17a). Tvoří nepatrná, anhedrálně až euhedrálně omezená zrna o velikosti < 0,3 mm ve světlé nezonální plazmě u Dukovan a v okrajové části plazmy z Jiřic; vyloučena není ani jeho přítomnost na dalších lokalitách. Sulfidy Ni a Cu, známé ojediněle ze západomoravských peridotitů (např. pentlandit, millerit a chalkopyrit, Vrbová 1994), nebyly zjištěny.

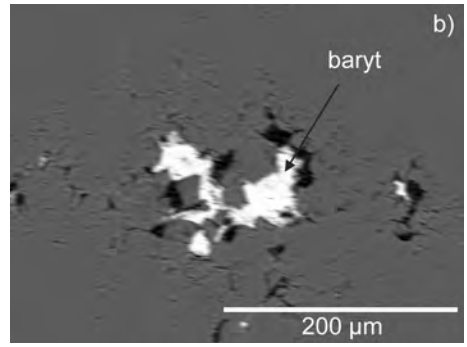
Baryt

Podobně jako pyrit, unikal vzácný akcesorický baryt v západomoravských plazmách dosud pozornosti. Objevuje se téměř ve všech studovaných vzorcích, nejčastěji v podobě nepatrných <0,15 mm velkých nepravidelných zrn vyplňujících převážně drobné póry společně s kalcitem nebo na tenkých trhlinách (obr. 17b). Největší množství barytu bylo zjištěno v plazmě z Jiřic, kde podle EDS obsahoval také zvýšený podíl Sr.

Apatit

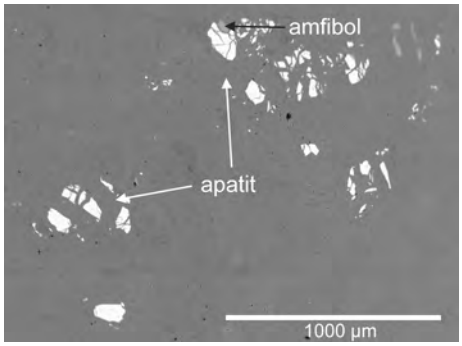
Vzácným akcesorickým minerálem plazmy je rovněž apatit. Izometrická anhedrální zrna velikosti až 120 μm byla zastižena zejména v okrajových částech světle zelených typů





Obr. 17. Inkluze pyritu (a) a baryt vyplňující drobnou dutinu (b), v okrajové části plazmy, Jiřice, BSE, foto P. Gadas.

Fig.17. Inclusions of pyrite (a) and barite filling the small cavity (b), in the peripheral part of plasma, Jiřice, BSE photo by P. Gadas.



Obr. 18. Anhedrální rozlámaná zrna „karbonát-apatitu“ v plazmě z Dukovan, Foto P. Gadas.

Fig. 18. Anhedral fractured grains of „carbonate-apatite“ in plasma from Dukovany, BSE photo by P. Gadas.

z lokality Dukovany a v Račicích (obr. 18). Na základě chemického složení, charakteristického deficitem fosforu, jde o „karbonát-apatit“, nepřesně definovaný minerál apatitové skupiny. Za zmínku stojí zejména vysoký obsah chlóru (tab. 6).

Ilmenit

Anhedrální zrna a krystaly ilmenitu velikosti <0,2 mm byly zjištěny v asociaci s amfibolem a Cr-spinelem u vzorků z Račic (obr. 16a) a Jiřic. Jde o hořečnaté ilmenity s 30 % geikielitové složky: $(Fe^{2+}_{0,64-0,61}, Mg^{2+}_{0,29-0,31}, Mn_{0,02-0,01}, V_{0,01})_{0,96-0,94} Ti_{1,01-1,03} O_3$.

Tabulka 6. Reprezentativní složení apatitů.
Table 6. Representative composition of apatites.

analýza č.	11 Dukovany	12 Dukovany
hm. % - wt. %		
SiO_2	0,02	0,04
P_2O_5	36,42	37,24
FeO	0,12	0,07
MnO	0,06	0,04
MgO	0,13	0,12
CaO	54,47	54,36
SrO	0,07	0,07
Ce_2O_3	0,04	0,05
Nd_2O_3	0,06	0,11
F	1,18	1,17
Cl	2,21	2,11
CO_2*	3,23	2,64
O=F	-0,50	-0,49
O=Cl	-0,50	-0,48
Suma	97,01	97,05
Si^{4+}	0,002	0,003
P^{5+}	2,624	2,692
Fe^{2+}	0,009	0,005
Mn^{2+}	0,004	0,003
Mg^{2+}	0,016	0,015
Ca^{2+}	4,967	4,973
Sr^{2+}	0,003	0,003
Ce^{3+}	0,001	0,002
Nd^{3+}	0,002	0,003
F^-	0,318	0,316
Cl^-	0,319	0,305
C^{4+}	0,376	0,308
O^{2-}	12,002	12,050
CATSUM	8,005	8,008

* vypočteno ze stechiometrie; calculated by stoichiometry
vypočteno na bázi 5 kationtů (Ca^{2+},Sr^{2+},Fe^{2+},Mn^{2+},Mg^{2+});
formula contens on a basis of 5 (Ca^{2+},Sr^{2+},Fe^{2+},Mn^{2+},Mg^{2+})

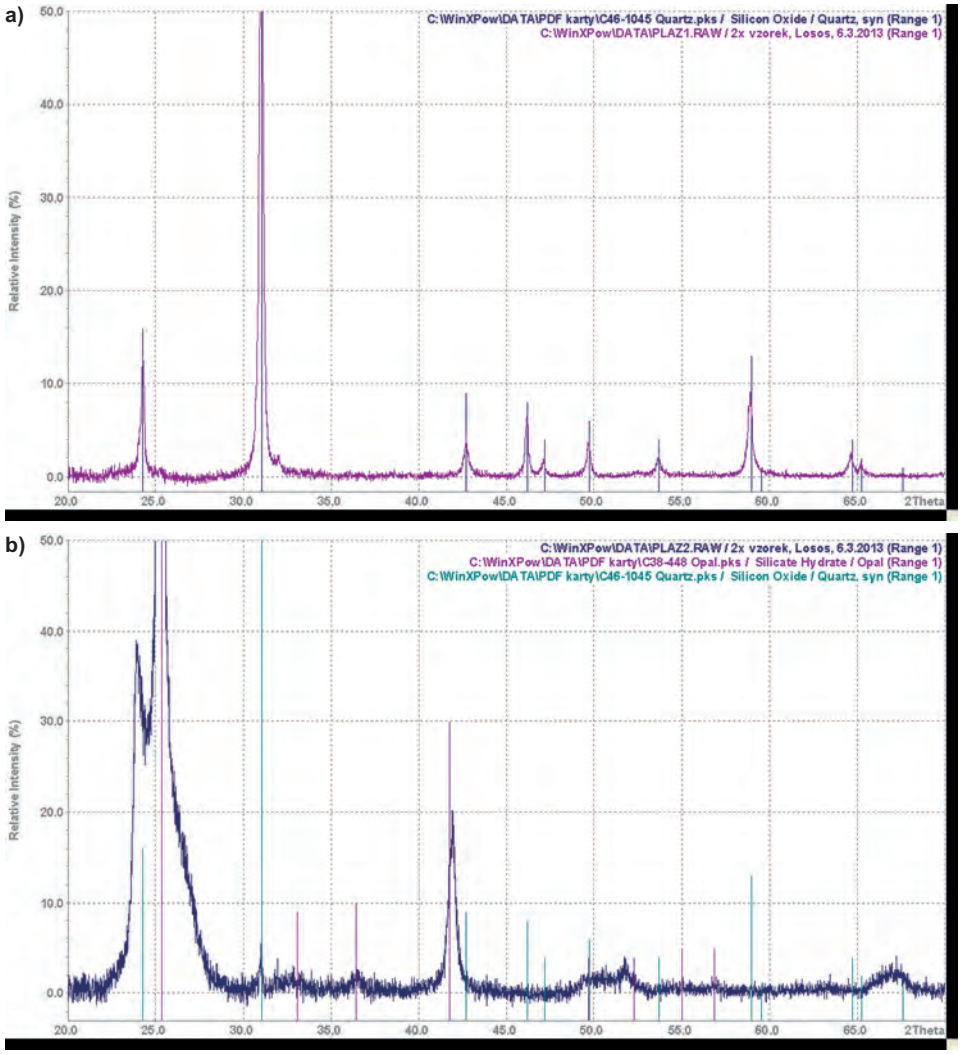
Titanit a zirkon

Nepatrná zrna titanitu a zirkonu byla zjištěna pouze v plazmě z Dukovan. Zirkon pochází nejspíše z přimíšených zvětralin felzických hornin v okolí serpentinitu.

7.3.3 RTG prášková difrakční analýza

Pro RTG difrakční analýzu byla použita zonální plazma z lokality Jiřice, kdy se analyzovala zvlášť světlejší okrajová a tmavší centrální jemnozrnná část. Jednotlivé ostré píky z difrakčního záznamu centrální jemnozrnné části odpovídají RTG-difrakčnímu spektru křemene (obr. 19a).

U difrakčního záznamu ze světlejší okrajové části je překvapující, že jednotlivé píky mají zcela odlišný charakter než u předchozí analýzy. V analýze byl zachycen v dominant-



Obr. 19. RTG difrakční záznam z centrální a) a okrajové části plazmy b), Jiřice.
Fig. 19. X-ray diffraction pattern of the central part a) and from the margin of the plasma b), Jiřice.

ním množství opál (charakteristický širokými difrakčními píky, který můžeme řadit k opálu-CT), naopak křemen je zde jen nepodstatnou příměsí (obr. 19b).

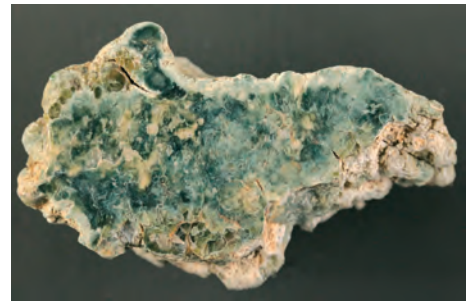
Novější, zatím neúplně vyhodnocené RTG analýzy plazmy z dalších lokalit potvrdily převážně přítomnost křemene. Dále je v difrakčních záznamech zastoupen cristobalit/tridymit a zejména jejich směsi s křemenem (ústní sdělení J. Sejkora).

8. Diskuse

Detailní mineralogické studium potvrdilo poznatky starších autorů, že plazmy představují převážně směs různých mikro- a kryptokrystalických forem SiO_2 (cca >98%) s různým podílem H_2O.

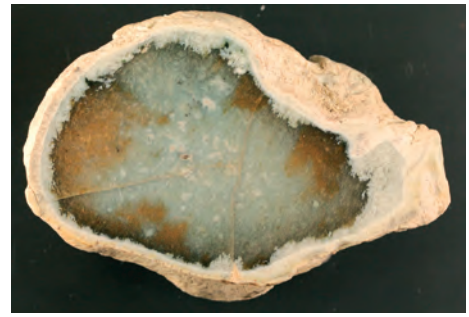
Z texturně-mineralogického hlediska lze vydělit několik typů plazem. Prvním, rozšířenějším typem, jsou světle zelené nehomogenní typy bohaté drobně šupinatými agregáty chloritu (obr. 20), s hojnými inkluzemi reliktních silikátů a oxidů, které přecházejí do silicifikovaných serpentinitových reziduí (např. Račice, Radkovice-Biskupice). Druhým typem je homogenní, většinou tmavozelená „drahokamová“ plazma bez mikroskopicky patrných uzavřenin jiných minerálů (obr. 21), přecházející do hnědých a vzácně i červených rohovců (Hrubšice, Přeskače, Jiřice, Hrotovice, Jamolice). Plazmy mají obvykle zonální stavbu, s tmavým jádrem, světle nazelenalým lemem a bílým okrajem.

Dominujícím minerálem plazmy je jemnozrnný křemen, zejména v jádrech zonálních typů. Částečně se uplatňuje i zřetelně vláknitý a sférolitický chalcedon a kvarcín, patrně ve dvou i více generacích. Na okrajích je zastoupen mladší opál (patrně CT-opál). S tím souvisí i vyšší podíl H_2O v okrajových částech, analýz je však v tomto směru dosud málo. Pozice moganitu, který byl zatím jen ojediněle identifikován Ramanovou spektroskopií, není jasná; v žilkách s převažujícím chalcedonem je starší, tvoří úzkou zónu mezi ním a základní hmotou plazmy. Navzdory běžným údajům z literatury o chloritech jako barvicích složkách plazmy je nutno konstatovat,



Obr. 20. Nehomogenní světlá plazma, velikost vzorku 7 cm, Nová Ves u Oslavan.
Fig. 20. Inhomogeneous bright plasma, sample size 7 cm, Nová Ves near Oslavany.

Obr. 21. Masivní tmavozelená „drahokamová“ plazma, velikost vzorku 4 cm, Tavíkovice.
Fig. 21. Massive dark green “gem” plasma, sample size 4 cm, Tavíkovice.



Obr. 22. Zonální plazma s přechodem zelené a hnědé bary v jádře, velikost vzorku 11 cm, Tavíkovice, foto Š. Koníčková.
Fig. 22. Zonal plasma with the transition green and brown coloration in the core, sample size 11 cm, Tavíkovice, photo by Š. Koníčková.

že se je vzhledem k malým rozměrům (μm) nepodařilo identifikovat ani na základě bodových analýz elektronovou mikrosondou. Je paradoxem, že právě nejtmavší části plazem vykazovaly prakticky pouze SiO_2. Z celkového spektra chemických prvků (tab. 1) je však přítomnost chloritů, vedle jílových minerálů, velmi pravděpodobná, stejně tak i alterovaných flogopitů. Fuchsit a dolomit, zmiňovaný MRÁZKEM a HOLOU (1978), ani magnezit, hydromagnezit a sepiolit uváděný MÁTLEM (1999) nebyl v plazmách potvrzen. V případě přechodů zelených, hnědých a červenohnědých barev není jasné, zda jde o produkty zvětrávání (alterace) vlastní „konkrece" plazmy, nebo šlo již o primárně rozdílně zbarvené reziduum zatlačované SiO_2. V případě zonálních plazem je pravděpodobnější první případ, související s „vyzráváním", rekrystalizací křemičité hmoty a difúzí, příp. oxidací Fe^{2+} (obr. 22). Charakteristickým mikroskopickým (ojediněle i makroskopickým, obr. 8a) znakem většiny plazem je vermikulární („červíčkovitá") struktura části SiO_2-forem, patrně jde o pseudomorfózy po fylosilikátech (chloritech?). Ve větší míře jsou vyvinuty při okrajích a představují tak určitý přechod „vyzrálých center" do okolního silicifikovaného serpentinitu; přímé přechody vzorků plazmy do serpentinitu nebyly zjištěny. Z tohoto důvodu je nutno i publikovaný profil MÁTLA (1999) z Jiřic chápat jen jako určité genetické schéma.

Z regionálního hlediska rozšíření plazmy je zajímavé, že se při současném stavu výzkumu, včetně obsáhlé rešerše literatury, nepodařilo typické ukázky plazmy zjistit na lokalitách mimo moldanubikum západní Moravy. Výskyty významných zvětralinových kůr na serpentinitech v rakouském Waldviertelu, např. u Japons nebo Wanzenau (PŘICHYSTAL 2009) a moldanubiku jižních Čech (ČECH a KOUTEK 1946) poskytují pouze spíše různě zbarvené „rohovce" nebo zelenavě nažloutlý nehomogenní chalcedon s agregáty chloritu při okrajích (ústní sdělení J. Zikeše), nikoliv typické zelené plazmy.

Na západní Moravě lze nalézt světlou varietu plazmy, resp. chalcedon s chloritem na většině ultrabazických těles se zachovanými rezidui lateritického s. l. („červenozemního") zvětrávání, avšak typické konkrecionální tmavozelené plazmy se vyskytují až na malé výjimky pouze v omezeném prostoru Jevišovice – Bojanovice – Přeskače – Oslavany – Hrotovice. Hlavní podmínkou rozšíření plazmy na západní Moravě je zachování chloriticko-jílovitých reziduí serpentinitů (tzv. pásmo zeleného zvětrávání), resp. serpentinitových eluvií obohacených klastickou složkou. Jednotlivé lokality plazmy se navzájem podstatněji neodlišují asociací SiO_2-minerálů, menší rozdíly však existují. Tak např. Dukovany obsahují typické oválné konkrece modrozelené plazmy, ale vzácně i tmavší zelenou neprůhlednou homogenní plazmu. V Bojanovicích nacházíme množství velmi tmavých (zelenočerných) plazem s tenkým narezavělým okrajem. Lokalita Biskupice-Slatina se vyznačovala taktéž menším výskytem plazem tmavého zbarvení s hrbolatým a rezavým povrchem (zřejmě značně postiženým alterací); podobně Udeřice. Pro Jiřice jsou typické plazmy s dvěma jádry („oky"), jinde nad zelenou plazmou převažovaly spíše červenohnědé a hnědé „rohovce" (Jamolice, Hrotovice).

Geneze plazmy souvisí s vývojem zvětrávání serpentinizovaných peridotitů, které probíhalo v různých prostředích. Otázkou zůstává zejména regionálně úzce vymezený výskyt plazmy, zejména jejího „drahokamového typu". V každém případě je jasné, že v detailech není geneze plazmy dosud jednoznačně objasněna, neboť při ní působilo více faktorů a to v několika různých etapách (1–3).

Málo zdůrazňovaným faktem je, že celému procesu musela předcházet alterace (chloritizace >> tremolitizace) peridotitů, resp. serpentinitů, zejména ***významný přínos Al fluidy***, jak výslovně poznamenal už BARVÍŘ (1893). Měla snad souvislost s migmatitizací okolních felzických hornin (gföhlské ruly), příp. proniky anatektických desilikovaných pegmatitů ve stadiu variské exhumace gföhlské jednotky. Mj. by to vysvětlovalo i často zmiňovaný výskyt plazmy při okrajích hadcových těles (MRÁZEK a REJL 1991, 2010)

(1) Plazmy byly původně vázány na chlorit-jílovitá rezidua pásma „zeleného zvětrávání" (částečně s podílem Ni), zejména jejich spodní část (KUDĚLÁSEK *et al.* 1972, MÁTL

1999). K uvolnění SiO_2, který v podobě gelu absorboval víceméně mikroklastické až jílovité složky zvětralin (příp. i Fe-oxohydroxidy?), nepochybně docházelo při silném rozkladu serpentinitu v tropických podmínkách, pravděpodobně od křídy do paleogénu podle schematických rovnic:

(1) $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$ (serpentin) + $6H^+ \rightarrow 2H_4SiO_4 + H_2O$

(2) Mg_2SiO_4 (olivín) + $4H^+ \rightarrow 2Mg^{2+} + H_4SiO_4$

Reakce rozkladu silikátů jsou zpočátku zásadně ovlivněny složením cirkulujících roztoků, resp. přítomností H^+–CO_2 v nich. Vzhledem k rozdílům v rychlosti migrace Ca > Mg > Si vzniká obsahem SiO_2-bohatší reziduum, obsahující Mg-Fe-Al-Ca jílové minerály, častěji však z přesycených roztoků vzniká amorfní SiO_2 nebo křemen (Lacinska a Styles 2013). Reakce pozitivně ovlivňuje přítomnost Ca a Mg v roztocích (srov. např. Deer *et al.* 2004, Losos *et al.* 2013). Existence nepochybně novotvořeného pyritu a nepřítomnost hematitu a magnetitu odpovídala redukčnímu prostředí (tato práce).

Otevřenou otázkou zůstává, zda alespoň část přeměn serpentinitu na jz. Moravě nemohla probíhat na styku zvětralinových kůr s nadložními marinními (miocénními ?) sedimenty, podobně jako při vzniku magnezitového ložiska u Biskoupek (Kettner 1919). Mohla by pro to svědčit i přítomnost akcesorického barytu v plazmách, neboť jde o typický minerál miocénních jílů karpatské předhlubně. Zasahování marinních sedimentů do oblasti výskytu plazmy 2. subtypu je prokázané (např. Brzobohatý 1997, Chlupáč *et al.* 2002). Na vztah k marinní sedimentaci by mohla ukazovat i neobvyklá přítomnost chlórem bohatého „karbonát-apatitu“, příp. stopy Cl a Na v bodových analýzách SiO_2-základní hmoty (tato práce).

(2) Po tomto období mohlo docházet k další postupné rekrystalizaci hmot SiO_2, které se dostaly ve zvětrávacím profilu blíže k povrchu, přičemž vodné roztoky atakovaly jejich povrch, docházelo k rozpouštění a re-precipitaci SiO_2, zejména vysrážení opálu v okrajových částech plazem. Novotvořený opál také uzavřel četné relikty minerálních zrn. Nejednoznačný je i genetický vztah plazem k „hadcovým opálům“, jedna hypotéza (Mátl 1999) je pokládá v tomto směru za starší, druhá naopak za mladší (Mrázek a Rejl 2010), nemusí však existovat žádná závislost. Evidentním faktem je zjištění zmíněných autorů, že významné výskyty opálů serpentinových reziduí nedoprovázejí výskyty plazmy (hlavně zmíněného „drahokamového“ subtypu). Jen na některých lokalitách se plazma vyskytuje v užším vztahu s opály (Mrázek a Rejl 2010), a to spíše s jejich bílými a žlutavými varietami (Třesov, Radkovice u Hrotovic). Otázkou vztahu plazmy a opálu se částečně zabývala také Koníčková (2013). Ponecháme-li stranou fakt, že i v případě opálu se může jednat ve vztahu k plazmě o více generací, přiklání se k názoru, že plazma je starší než opál. Důvodem jsou nálezy plazmy s různými stadii vývoje okrajové části, kdy dochází k postupnému vzniku opálu na úkor mikrokrystalického křemene včetně „červíčkovitých“ agregátů, zatímco centrální část podle RTG studia tvoří křemen. Nejmladší opálová fáze (A-opál, hyalit), jevící výraznou luminiscenci v UV-záření, v typických plazmách zjištěna nebyla (Koníčková 2013).

(3) Následným post-miocénním vývojem západní Moravy docházelo k degradacím (re-sedimentací?) serpentinitových zvětralin za odnosu jílového podílu. Plazmy se postupně dostaly až do eluviálních a deluviálních sedimentů na serpentinitových tělesech a údajně i jejich valouny do subrecentních sedimentů Jihlavy (Burkart 1953).

9. Závěr

Masivní zelený chalcedon (plazma) představuje specifický minerál v zóně zvětrávání západomoravských serpentinitů. Termín plazma by měl být používán ve smyslu původní definice pro jemnozrnné „křemičité zvětraliny“, zeleně zbarvené jemně dispergovanými fylosilikáty, po chemické stránce chudé H_2O.

Plazma je tvořena převážně mikro- a kryptokrystalickými modifikacemi SiO_2 s různým podílem H_2O (chalcedon >> kvarcín, CT opál, moganit), s jemně dispergovaným ze-

leným, hnědým a červenohnědým pigmentem (chlorit a jílové minerály, Fe-oxohydroxidy). Časté jsou místy také reliktní minerály serpentinitu (hlavně amfiboly, Cr-diopsid a Cr-spinelidy). Vzácným, avšak geneticky závažným výskytům akcesorického pyritu, barytu a „karbonát-apatitu“ bude nutno věnovat v budoucnosti bližší pozornost. Typickým mikroskopickým znakem většiny plazem je vermikulární („červíčkovitá“) struktura části SiO_2 modifikací v okrajových zónách, patrně jde o pseudomorfózy po fylosilikátech (chloritech). Z texturně-mineralogického hlediska lze vydělit několik typů plazem. Prvním, rozšířenějším typem, jsou světle zelené, silně nehomogenní typy bohaté drobně šupinatými agregáty chloritu, s hojnými inkluzemi; druhým typem pak homogenní, většinou tmavozelená a často zonální „drahokamová“ plazma bez mikroskopicky patrných uzavřenin jiných minerálů. Plazmy mají obvykle zonální stavbu, s tmavým jádrem, světle nazelenalým lemem a bílým okrajem.

Z regionálního hlediska ohledně rozšíření stojí za zmínku, že se dosud nepodařilo typické ukázky plazem zjistit na lokalitách mimo moldanubikum západní Moravy. Výskyty plazmy jsou tu vázány na peridotity, tvořící různě velká tělesa v gföhlských migmatitech a granulitech gföhlské jednotky moldanubika. Přestože ojedinělou plazmu, zejména její světlou varietu, lze nalézt na většině ultrabazických těles, typické konkrecionální tmavozelené plazmy se vyskytují až na malé výjimky pouze na lokalitách v omezeném prostoru jz. Moravy. Charakteristická asociace plazmy ve zvětralinách ultrabazik zahrnuje zejména chlority (zčásti s Ni), Mg-karbonáty (dolomit, magnezit) a šedobílý chalcedon, vzácněji mléčně bílý opál (např. Třesov). Hojné jsou barevné křemenné „rohovce“, do nichž plazmy často přecházejí, zatímco barevné „hadcové opály“ jsou spíše výjimkou.

Geneze plazmy souvisí s vývojem zvětrávání serpentinizovaných peridotitů, které probíhalo v různých prostředích a v několika etapách. V detailech však není geneze plazmy dosud příliš jasná, neboť při ní působilo více faktorů.

Celému procesu musela předcházet alterace (chloritizace >> tremolitizace) serpentinitů, snad v souvislosti s migmatitizací okolních felzických hornin (gföhlské ruly).

K uvolnění SiO_2, který v podobě gelu absorboval víceméně mikroklastické až jílovité složky zvětralin, nepochybně docházelo při rozkladu serpentinitu v tropických podmínkách, pravděpodobně od křídy do paleogénu.

Plazmy byly původně vázány na chlorit-jílovitá rezidua pásma „zeleného zvětrávání“ (částečně s podílem Ni), kde vznikaly v redukčním prostředí (pyrit), patrně v možné interakci s terciérními marinními sedimenty (baryt, „karbonát-apatit“). Postupně také došlo k „vyzrávání“ původní SiO_2 bohaté gelovité substance, zejména v centrálních částech, příp. ke zvětrávání původních minerálních pigmentů (změna barvy zelená → hnědá).

Degradací (re-sedimentací?) zvětralin se postupně dostaly až do eluviálních a deluviálních sedimentů. V této fázi docházelo k rekrystalizaci plazmy, které se dostaly ve zvětrávacím profilu blíže k povrchu, přičemž vodné roztoky atakovaly jejich povrch, docházelo k rozpouštění a re-precipitaci SiO_2, zejména vysrážení opálu v okrajových částech plazem.

10. Poděkování

Předložená práce vznikla za finanční podpory Ministerstva kultury v rámci institucionálního financování na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace Moravské zemské muzeum (DKRVO, MK000094862). Vychází z diplomové práce, kterou autorka vypracovala pod vedením doc. RNDr. Zdeňka Lososе, CSc. na Ústavu geologických věd Masarykovy univerzity v Brně. Tímto autorka děkuje vedoucímu za uvedení do problematiky, finanční zajištění a metodické vedení diplomové práce. Za spolupráci při terénním výzkumu rovněž děkuji Mgr. J. Šmerdovi z Jihomoravského muzea ve Znojmě, oběma recenzentům pak za připomínky, které umožnily zkvalitnit rukopis.

LITERATURA

ANDERSON, B. W., 1976: Gemas – descripción e identificación. Universidad de Barcelona. – Entasa, Publicaciones Técnicas. Madrid. 450 p.

BABÁČEK, J., 1979: Vysokoteplotní tektonika některých ultrabazitů moravského moldanubika. Dipl. práce. – *MS*, Přírodovědecká fakulta, Univerzita J. E. Purkyně. Brno.

BARVÍŘ, J. L., 1893: O některých serpentinech západní Moravy a horninách amfibolických je provázejících. – *Věst. Král. české společnosti nauk, třída mathem.-přírod.*, č. 18, 1–55.

BARVÍŘ, J. L, 1897: O vláknitých hmotách křemenných ze serpentinů moravských. – *Věst. Král. české společnosti nauk, třída mathem.-přírod.*, č. 14, 2–8.

BOUŠKA, V., KOUŘIMSKÝ, J., 1976: Drahé kameny kolem nás. – Státní pedagogické nakladatelství. Praha. 400 p.

BRZOBOHATÝ, R., 1997: Paleobatymetrie spodního badenu karpatské předhlubně na Moravě z pohledu otolitových faun. Hladilová, Š. (ed): Sbor. příspěvků *„Dynamika vztahů marinního a kontinentálního prostředí."* – Masarykova Univerzita, Brno, 37–45.

BUKANOV, V. V., 2006: Russian gemstones encyclopedia. – Granit. Praha, 472 p.

BURKART, E., 1953: Moravské nerosty a jejich literatura. Mährens Minerale und ihre Literatur. – Nakl. ČSAV. Praha, 1008 p.

CZUDEK, T., 1997: Reliéf Moravy a Slezska v kvartéru. – Vydavatelství Sursum, Tišnov, 213 p.

ČECH, V., KOUTEK, J., 1946: Geologické a genetické poměry ložisek železné a niklové rudy u Křemže v jižních Čechách. – *Sbor. Stát. geol. Úst. Českosl. republiky*, 13, 21 p.

DEER, W. A., HOWIE, R. A., WISE, W. S., ZUSMANN, J., 2004: Rock-forming minerals. Vol. 4B Framework silicates: silica minerals, feldspathoids and the zeolites. – The Geological Society. London, Oxford, 982 p.

DIETRICH, R. V., SKINNER, B. J., 1990: Gems, Granites and Gravels – knowing and using rocks and minerals. – Cambridge University Press. Cambridge.

DLABAČ, M., 1976: Neogén na jihovýchodním okraji Českomoravské vrchoviny (Nové výzkumy na Moravě). – *Výzk. práce Ústř. úst. geol.*, 13, 7–21.

ĎUĎA, R., PAULIŠ, P., 2006: Opály Slovenské a České republiky a možnosti jejich sběru. – Kuttna. Kutná Hora. 96 p.

DUFEK, J., 1991: Ložiskově geologické zhodnocení ultrabazik na JZ Moravě z hlediska jejich netradičního využití. Dipl. práce. – *MS*, Katedra geologie a paleontologie. Masarykova univerzita. Brno.

DVORSKÝ, F., 1898: O předních nalezištích nerostů na západní Moravě. – *Annales Musei Franciscae*, Brno, 91–106.

FLÖRKE, O. W., GRAETSCH, H., MARTIN, B., ROLLER, K., WIRTH, R., 1991: Nomenclature of micro- and non-crystalline silica minerals. – *N. Jb. Min. Abhandl.*, 163, 129–142.

HAWTHORNE, F. C., OBERTI, R., HARLOW, G. E., MARESCH, W. V., MARTIN, R. F., SCHUMACHER, J. C. and WELCH, M. D., 2012: Nomenclature of the amphibole supergroup. – *Amer. Mineralogist*, Volume 97, 2031–2048.

CHÁB, J., BREITER, K., FATKA, O., HLADIL, J., KALVODA, J., ŠIMŮNEK, Z., ŠTORCH, P., VAŠÍČEK, Z., ZAJÍC, J., ZAPLETAL, J., 2008: Stručná geologie základu Českého masivu a jeho karbonského a permského pokryvu. – Česká geologická služba Praha, 283 p.

CHLUPÁČ, I., BRZOBOHATÝ, R., KOVANDA, J., STRÁNÍK, Z., 2002: Geologická minulost České republiky. 1. Vydání. Academia. 436p.

KETTNER, R., 1919: O genesi magnesitu u Nové Vsi jihozápadně Oslavan. – *Čas. Morav. zem. muzea*, 17–19, 169–177.

KOLENATI, F. A., 1854: Die Mineralien Mährens und Österr.-Schlesiens, deren Fundorte und ökonomischtechnische Verwendung. – Brno, 123 p.

KONÍČKOVÁ, Š., 2011: Mineralogické studium „plazmy" ze serpentinitů na západní Moravě. – *MS*, Bakalářská práce Ústav geologických věd, Masarykova univerzita. Brno, 42 p.

KONÍČKOVÁ, Š., 2013: Mineralogie plazem vázaných na moravské serpentinity – *MS*, Diplomová práce, Ústav geologických věd, Masarykova univezita. Brno, 79 p.

KRUŤA, T., 1966: Moravské nerosty a jejich literatura 1940–1965. – Moravské museum v Brně.

KRUŤA, T., 1978: Příspěvky k moravské topografické mineralogii XV. – *Acta Mus. Morav., Sci. nat.*, 63, 29–48.

KUČA, M., BARTÍK, J. 2012: Příspěvek k problematice křemičitých hmot a jejich využívání v neolitu na jižní a jihozápadní Moravě. – *Přehled výzkumů* 53-1. Brno.

KUDĚLÁSEK, V., MÁTL, V., 1971: Kůra zvětrávání serpentinitů na jihozápadní Moravě. – *Folia UJEP Brno,* Tom. XII, Opus 6. Brno, 33–44.

KUDĚLÁSEK, V., POLICKÝ, J., ZAMARSKÝ, V., 1972: Mineralogická studie kůry lateritického zvětrávání serpentinitů u Bojanovic. – *Sbor. věd. prací Vysoké školy báňské v Ostravě, ř. horn.-geol.*, 18, 1, Ostrava, 73–96.

LACINSKA, A. M., STYLES, M. T., 2013: Silicified serpentinite a residuum of a Tertiary palaeo-weathering surface in the United Arab Emirates. – *Geol. Magazine*, 150, 3, 385–395.

Liddicoat, R. T, Jr., 1993: Handbook of Gem Identification. Gemological Institute of America. Santa Monica. California, 364 p.

Losos, Z., Kovář, O., Houzar, S., Zeman, J., 2013: Rare hydrated Mg-carbonate - hydroxide assemblage of serpentinite fissures in Hrubšice, western Moravia (Czech Republic): a genetic model of its formation. – *N. Jb. Miner. Abh.* (J. Min. Geochem.), 190, 3, 253–263.

Mátl, V., 1969: Ložiska hydrosilikátových Ni rud vázaných na kůru zvětrávání serpentinitů na jihozápadní Moravě, *MS*, Rigorózní práce, Univerzita J. E. Purkyně. Brno, 35p.

Mátl, V., 1972: Ložiska hydrosilikátových Ni-rud vázaných na kůru zvětrávání serpentinitů na jihozápadní Moravě. – *Sbor. Geol. průz. Ostrava*, 1, 81–115.

Mátl, V., 1999: Plazma z Jiřic u Moravských Budějovic. – *Minerál*, 7, 3, 246–248.

Medaris, G., Jelínek, E., 2004: The Mohelno peridotite: a fragment of suboceanic mantle in the Náměšť granulite. In. Janoušek, V., et al. (eds): International workshop on petrogenesis of granulites & related rocks. Excursion Guide & Abstract Volume. – Moravian Museum Brno, 72 p.

Medaris, G., Jr., Jelínek, E., Beard, B. L., Valley, J. W, Spicuzza, M. J., Strnad, L., 2013: Garnet pyroxenite in the Biskupice peridotite, Bohemian Massif: anatomy of a Variscan high-pressure cumulate. – *J. Geosci.*, 58, 3–19.

Medaris, G., Jr., Wang, H., Jelínek, E., Mihaljevič, M., Jakeš, P., 2005: Characteristics and origins of diverse Variscan peridotites in the Gföhl Nappe, Bohemian Massif, Czech Republic. – *Lithos*, 82, 1–2, 1–23.

Mrázek, I., 1975: Drahé kameny na Moravě. – *Geol. průzkum*, 10, 298–300.

Mrázek, I., 2013: Drahé kameny starověkých civilizací. – Masarykova univerzita. Brno, 382 p.

Mrázek, I., Holá, A., 1978: Krása a použití plazmy od Hrubšic. – *Geol. průzk.*, 20, 3, 89.

Mrázek, I., Rejl, L., 1991: Drahé kameny Českomoravské vrchoviny. – Muzejní a vlastivědná společnost v Brně, Západomoravské muzeum v Třebíči, 135 p.

Mrázek, I., Rejl, L., 2010: Drahé kameny Moravy a Slezska. – Nakl. Aventinum Praha, 301 p.

Němec, F., 1937: Mineralogie, petrografie a geologie okolí Mohelna (monografie hadce). – Archiv Svazu pro ochranu přírody a domoviny v zemi Moravskoslezské, Sv. Ia, 50–97, Brno.

Novák, J., 1932: Cristobalit ze serpentinů ze západní Moravy. – *Spisy vyd. Přírod. fak. Masarykovy university*, č. 155. 3–10.

O'Donoghue, M., 2006: Gems – their sources, descriptions and identification. Sixth edition. – Elsevier. Oxford. UK, 861 p.

Okrusch, M., Matthes, S., 2009: Mineralogie. – Springer. Berlin, 483 p.

Pauliš, P., 2005: Nejzajímavější mineralogická naleziště Moravy a Slezska II. – Vydavatelství Kuttna, Kutná Hora.

Petránek, J. 2011: Za tajemstvím kamenů, 1. Vydání. – Česká geologická služba. Praha. 199 p.

Přichystal, A., 2009: Kamenné suroviny v pravěku: východní části střední Evropy. – Masarykova univerzita, Brno, 331 p.

Rejl, L., 2014: Plazma – obecný drahý kámen Moravy (část 1). – *Minerál*, 22, 4, 366–375.

Rejl, L., Weiss, J., Zrůstek, V., 1982: Prostorová distribuce metaofiolitů a příbuzných hornin moravského bloku. – *Sbor. geol. věd, Geologie,* 37, 137–158.

Schumann, W., 2009: Gemstones of the World. Newly revised & Expanded fourth edition. – Sterling. London. UK, 312 p.

Slavík, F., 1901: Mineralogické zprávy ze západní Moravy. 3. Lussatit z Bojanovic u Jevišovic. – *Rozpr. Čes. Akad.*, tř. II, 10, 8, 8–10.

Vrbová, H., 1994: Spinelidy, oxidické a sulfidické minerály serpentinitového tělesa u Mohelna. – *MS*, Diplomová práce UK, 100 p.

Weiss, J., 1966: Ultrabasické horniny západomoravského krystalinika. – *MS*, UJEP Brno, 151 p.

Zimák, J. *a kol.*, 1997: Průvodce ke geologickým exkurzím: Morava – střední a jižní část, 1. vydání. – Univerzita Palackého, Olomouc, 130 p.

INTERNETOVÉ ZDROJE:

Laštovička, Z., 2004: Drahé kameny z Borů a nejbližšího okolí na insigniích Vysoké školy polytechnické Jihlava. – VŠP Jihlava. Jihlava. http://www.bory.cz/cs/piroda/geologie