

BAZÁLNÍ BALINSKÉ SLEPENICE V JIŽNÍ ČÁSTI BOSKOVICKÉ PÁNVE MEZI MORAVSKÝM KRUMLOVEM A VEVERSKOU BÍTÝŠKOU: KORELAČNÍ LITOSTRATIGRAFICKÝ HORIZONT?

BASAL BALINKA CONGLOMERATES IN THE SOUTHERN PART OF THE BOSKOVICE
BASIN BETWEEN MORAVSKÝ KRUMLOV AND VEVERSKÁ BÍTÝŠKA:
CORRELATION LITOSTRATIGRAPHIC HORIZON?

PAVLA HRŠELOVÁ, † STANISLAV HOUZAR, DAVID BURIÁNEK, JINDŘICH ŠTELCL

Abstract

Hršelová, P., † Houzar, S., Buriánek, D., Štelcl, J., 2024: Bazální balinské slepenice v jižní části boskovické pánve mezi Moravským Krumlovem a Veverskou Bítýškou: korelační litostratigrafický horizont? - *Acta Musei Moraviae, Scientiae geologicae*, 109, 2, 213–233 (with English summary).

Basal Balinka Conglomerates in the southern part of the Boskovice Basin between Moravský Krumlov and Veverská Bítýška: correlation lithostratigraphic horizon?

Upper Carboniferous Balinka conglomerates were deposited along the western limb of the Boskovice Basin (eastern part of the Bohemian Massif). They may be locally developed as breccias along its base, transitioning into predominant conglomerates and passing gradually into the overlying medium- to fine-grained clastic sediments of the Rosice-Oslavany Formation. These poorly sorted conglomerates gradually pass upward into sandstones with intercalations conglomerates (upper part of Balinka conglomerates). The basal part of the Balinka conglomerate sequence rests directly on crystalline basement rocks (Bíteš orthogneiss). It contains clastic material with local provenance from Moldanubian and Moravian units in close vicinity of studied profiles (gneisses, granulites, serpentines, orthogneisses, quartzites, and marbles). Their thickness varies from a few meters to 80 m. Clasts of greywackes can be interpreted as material of eastern provenance (probably mixed with material from Rokytňá conglomerates). The composition of the clastic material and the size and shape of the clasts document an essential role of both water and debris flows typical for alluvial fans.

Key words: Balinka conglomerate, lithostratigraphy, Upper Carboniferous, Boskovice Basin

Pavla Hršelová, Department of Mineralogy and Petrography, Moravian museum, Zelný trh 6, 659 37, Brno, Czech Republic, e-mail: phrselova@mzm.cz

† Stanislav Houzar, Department of Mineralogy and Petrography, Moravian museum, Zelný trh 6, 659 37, Brno, Czech Republic

David Buriánek, Czech Geological Survey, branch Brno, Leitnerova 22, 602 00 Brno, Czech Republic

Jindřich Štelcl, Department of Geological Sciences, Faculty of Science, Masaryk University, Kotlářská 2, 611 37 Brno, Czech Republic; Faculty of Education, Masaryk University, Poříčí 7, 603 00 Brno, Czech Republic

ÚVOD

Balinské slepenice, vymezené při západním okraji boskovické pánve SUESSEM (1907) jako slepenice vystupující v podloží svrchnokarbonských uhelných slojí rosicko-oslavanské pánve, představují litostratigraficky významný typ slepenců. Ač byly mnohokrát popsány,

nebyly nikdy detailněji petrograficky studovány a podrobněji litostratigraficky vymezeny. Rovněž ze sedimentologického hlediska o nich bylo publikováno jen několik menších dílčích prací (JELÍNEK *et al.* 2003, HOUZAR *et al.* 2017).

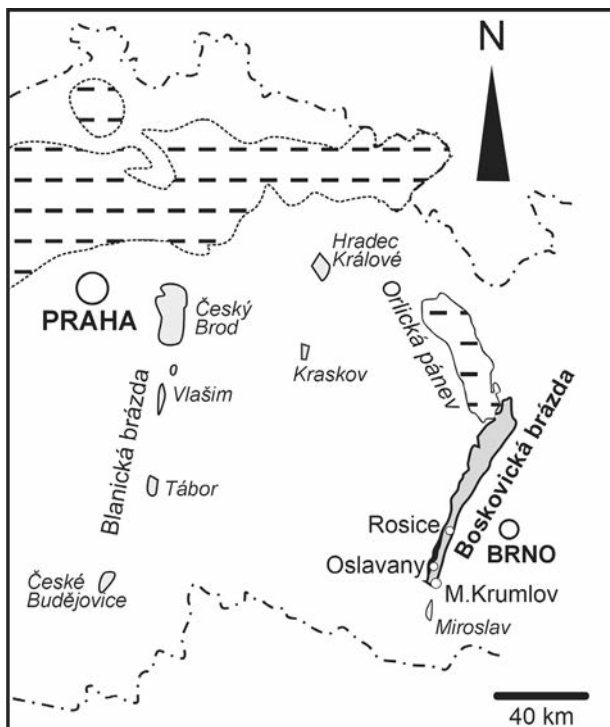
Balinské slepence, respektive slepence balinské facie je pojem, který se v literatuře používá v širším slova smyslu pro hrubě klastické sedimenty při západním okraji boskovické brázdy. Cílem práce je charakterizovat petrografickou variabilitu valounového materiálu a tmelu v bazálních balinských (pod slojových) slepencích z různých částí rosicko-oslavanské pánve (z našeho pohledu balinské slepence s.s.) a diskutovat jejich stáří a provenienci. Nejsou diskutovány slepence ve vyšších polohách rosicko-oslavanského a padochovského souvrství (balinské slepence s.l.).

GEOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA

Boskovická pánev se nachází podél důležitého SSV-JJZ pravostranného horizontálního posunu (NEHYBA *et al.* 2012). Tato postorogenní vnitrokontinentální pánev se rozprostírá ve východní části Českého masivu na rozhraní moldanubika, bohemia a moravskoslezského pásma (ČEPEK 1946; JAROŠ 1961). Karbonsko-permský sedimentární vývoj je tvořen cyklickým střídáním fluviálních a limnických sedimentů (pískovce, slínovce, slepence a v menší míře bituminózní a karbonátové sedimenty). Výjimkou je nejvýchodnější okraj boskovické pánve, kde dominují rokytenské slepence (MIKULÁŠ a MARTÍNEK 2006, ŠIMŮNEK a MARTÍNEK 2009, OPLUŠTIL *et al.* 2017). Sedimentární výplň boskovické pánve je rozdělena do čtyř souvrství. Dvě starší souvrství (rosicko-oslavanské a padochovské) vyplňují jižní část boskovické pánve, zatímco dvě mladší (veverskobítyšské a letovické) jsou přítomny více na sever (OPLUŠTIL *et al.* 2016). Fosilní záznamy ukazují na relativně vlhké klima pro sedimentaci v karbonu (rosicko-oslavanské souvrství) a celkový trend rostoucí aridity a vysychání při sedimentaci permských sedimentů v padochovském, veverskobítyšském a letovickém souvrství (ŠIMŮNEK a MARTÍNEK 2009; OPLUŠTIL *et al.* 2016).

V současnosti je boskovická brázda široká 5 až 12 km a přibližně 90 km dlouhá (obr. 1). Maximální současná mocnost výplně boskovické pánve se předpokládá méně než 3000 m (ŠIMŮNEK a MARTÍNEK 2009). Typickými rysy sedimentární výplně jsou výrazná laterální asymetrie rozmístění sedimentárních facií (v závislosti od pozice na podložní či nadložní kře) a výhradně kontinentální depoziční prostředí. Pánev byla příčně členěna SZ-JV zlomy do dílčích povodí. Severní letovická dílčí pánev (spodní-střední autun = asselian) je mladší než jižní rosicko-oslavanská pánev (stefan C - spodní autun = pozdní gzelian-raný assel). Umístění dvou typů slepenců (balinských a rokytenských) přiléhající k oběma okrajům pánve ukazuje jejich potenciál zaznamenat procesy vedoucí k vývoji pánve, zejména historii pohybu na zlomech (viz LEEDER a GAWTHORPE 1987, LEEDER a JACKSON 1993). Otevření rosicko-oslavanské pánve na jih od Moravského Krumlova a její pokračování do svrchnopaleozoických uloženin v okolí Zöbingu v Rakousku je předmětem diskuse (NEHYBA *et al.* 2012).

SUESS (1907) rozdělil, na základě odlišného složení valounů, oba okrajové typy slepenců na slepence „balinské facie“ na Z a „rokytenské facie“ na V. AUGUSTA s ČEPKEM (1942) popsali, že v j. části boskovické pánve začíná sedimentace karbonskými balinskými slepenci, pokračuje do nadloží uhelnou zónou, 25 m mocnou přechodnou zónou, následuje permské souvrství pískovců a břidlic s vložkami balinských a rokytenských slepenců (JAROŠ 1961). PETRÁNEK a POUBA (1953) předpokládali, že oba typy slepenců vznikaly splachy do sedimentační pánve z morfologicky výrazných bloků, rokytenské slepence z V a balinské od Z. Nebyl zjištěn žádný výrazný transport k severu. MITRENGA a POLA (1964) se pokusili na základě gravimetrického měření zrekonstruovat reliéf podloží boskovické pánve a zároveň sestavit vrstevnicovou mapu podloží.

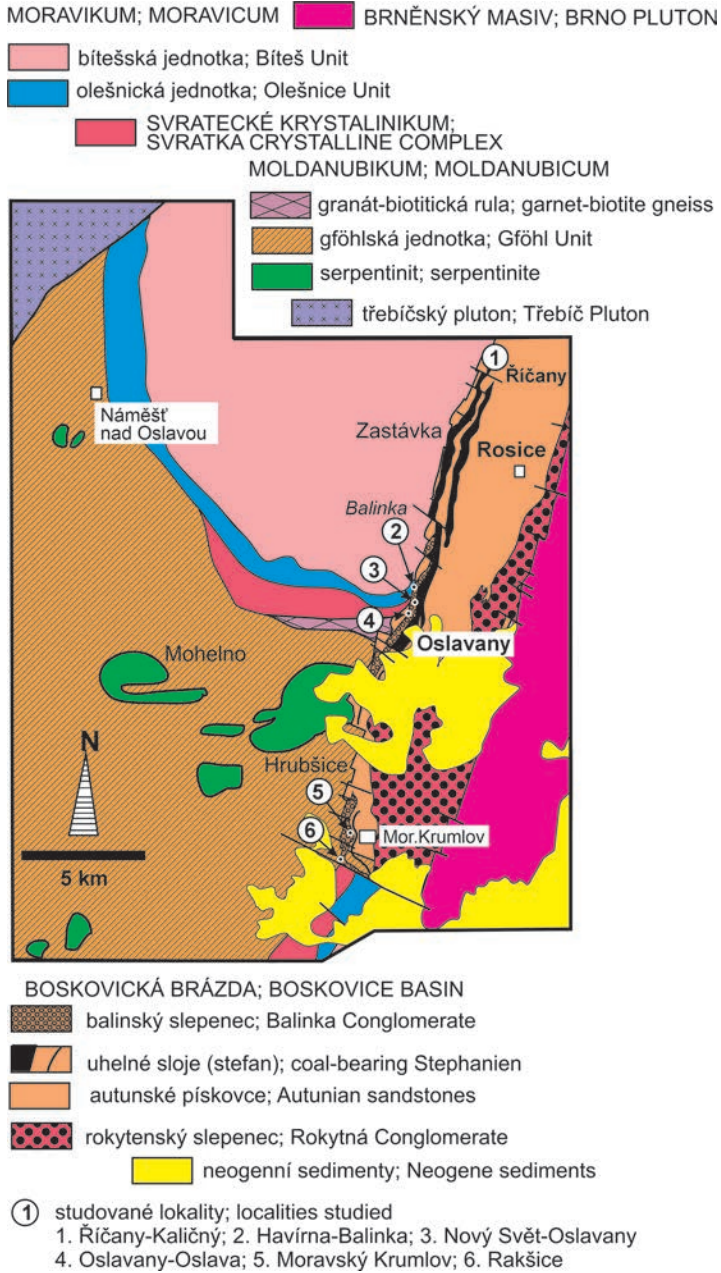


Obr. 1. Postavení Boskovické brázdy v rámci Českého masivu.
 Fig. 1. Situation of Boskovice Basin among the Bohemian Massif.

Studované území se nachází podél západního okraje boskovické pánve mezi Rakšicemi u Moravského Krumlova a Říčany u Brna - Kaličín. V oblasti se nachází několik sedimentárních souvrství: bazální balinský slepenec, uhlonosné rosicko-oslavanské a padochovské souvrství a rokytenský slepenec (obr. 2). Balinské slepence (SUESS 1907) jsou ve studovaném území bazálním členem uhlonosného rosicko-oslavanského souvrství (svrchní karbon). Od podložního krystalinika jsou ostře odděleny (částečně tektonicky) a obvykle mají mocnost několik metrů. Slepence zde mohou vykazovat přechody do arkózových písčinců (JAROŠ 1961).

Bazální balinské slepence v nejjižnější části boskovické pánve jsou uloženy bezprostředně na ortorulách a retrográdních granulitech moldanubika se serpentinizovanými spinelovými peridotity s granátem (Rakšice).

Polohy balinských slepenců jsou zcela bez fosilií. Zaoblené valouny drob až ostrohranné a poloostrohranné klasty odhalují buď delší dobu transportu s větší rolí proudění, nebo odrážejí redepozici.



Obr. 2. Geologická pozice studovaných lokalit balinských slepenců jižní části boskovické pánve.
Fig. 2. Geological position of studied Balinka Conglomerates localities, south part of Boskovice Basin.

V nadloží bazálních balinských slepenců pokračuje ve svrchním karbonu rosicko-oslavanské souvrství (HAVLENA 1964, OPLUŠTIL *et al.* 2016) sedimentací červených pískovců a slínovců, které gradují směrem vzhůru do komplexu šedých uloženin s uhelnými slojemi (ŠIMŮNEK a MARTÍNEK 2009). Balinské slepence se vyskytují i v těchto úrovních sledu uhloносných psamitických sedimentů, v některých pracích se objevují další pojmenování (jako např. tzv. oslavské slepence; MALÝ a UHROVÁ 1962, 1980).

Vulkanoklastické horniny v nejvyšší části souvrství jsou vzácné a na hranici karbon/permu byly datovány do 299 Ma (věk U/Pb zirkonu) (Oslavany-Nový Svět; OPLUŠTIL *et al.* 2017).

METODIKA

a) Studované lokality a příprava vzorků

Na 6 lokalitách v prostoru jižní části boskovické brázdy (viz obr. 2, tab. 1) byly birány polohy balinských slepenců co nejbliže krystalinickému podkladu, ve kterých je makroskopicky patrná přítomnost zeleného Cr-illitu. Vzorky balinských slepenců byly podrobněji studovány makroskopicky i ve výbrusech (petrografie základní hmoty, složení valounů). Pozornost byla věnována složení valounové frakce (velikost valounů 8–64 mm; 100 valounů z plochy 1 m²), pojivu a charakteru slíd a akcesorických minerálů.

Pro studium TM bylo odebráno 10 kg balinských slepenců, které byly následně mechanicky dezintegrovány, předitovány a z podsítné frakce byly vyrýžovány TM. Minerály těžké frakce byly částečně separovány také v acetyléntrabromidu (2,964 g/cm³ při 20 °C).

Tabulka 1. Pozice studovaných lokalit.

Table 1. Position of the studied localities.

lokality	šířka	délka
1. Říčany-Kaličný	49°13'23.436"N	16°22'49.873"E
2. Oslavany-Havírna	49°7'57.881"N	16°19'59.901"E
3. Oslavany-Nový Svět	49°8'25.122"N	16°20'13.960"E
4. Oslavany	49°7'41.971"N	16°20'3.271"E
5. Moravský Krumlov	49°3'2.948"N	16°18'25.089"E
6. Rakšice	49°2'17.739"N	16°17'57.965"E

b) Elektronová mikroanalýza (EMP)

EMP analýzy byly provedeny přístrojem Cameca SX-100 ve Společné laboratoři elektronové mikroskopie a mikroanalýzy Masarykovy univerzity a České geologické služby (Brno, Česká republika). Měření byla provedena v disperzním módu vlnové délky za následujících podmínek (analytik J. Haifler): urychlovací napětí 15 kV, proud paprsku 10 nA nebo 20 nA; průměr paprsku 1 nebo 4 μm. Standardy pro fylosilikáty byly: Na – albit, Si, Ca – wollastonit, Al, K – sanidin, Fe – almandin, Mn – spessartin, Ba – baryt, K – ortoklas, Ti – titanit, Si – andaluzit, Mg – pyrop, Zn – gahnit, Cr – chromit, Ni – Ni₂SiO₂, P – fluorapatit, F – topaz, Cl, V, Pb – vanadinit, Rb – leucit Rb, Sr – SrSO₄, Sc – ScVO₄. Pro ostatní minerály (spinel, granát, živec, uhličitan) byly: Na – albit, K – ortoklas, Fe – columbit Ivigitut a almandin, Mn – Mn₂SiO₄, Mg – Mg₂SiO₄Ti – titanit, Ca, Si – wollastonit, Si, Al – sanidin, Mg – olivín, Ba – baryt, Si – andaluzit, Cr – chromit, Zn – gahnit, V, Cl – vanadinit, Ni – Ni₂SO₄, P – fluorapatit, Y – YAG, F – topaz, Sn – Sn, Sr – SrSO₄. Nezpracovaná data byla opravena pomocí PAP korekce (POUCHOU a PICHOIR 1985). Vzorce spinelů byly vypočteny na základě součtu 4 atomů kyslíku, železu byl přiřazen oxidační stav (Fe²⁺ nebo Fe³⁺) podle nábojové bilance. Slídy byly vypočteny na základě 12 atomů kyslíku. Zkratky názvů minerálů použité v textu jsou od WHITNEY a EVANS (2010).

c) Morfologie zrn

Morfologie klastů barytu byla podrobně zkoumána a dokumentována za pomoci elektronového skenovacího mikroskopu JEOL 6490 LV vybaveného EDX mikroanalyzátozem (Oxford Instruments) v Laboratoři elektronové mikroskopie a mikroanalýzy ÚGV PFF MU. Orientačně bylo zjištěno chemické složení. Vlastní snímkování bylo prováděno při urychlovacím napětí 15kV v režimu sekundárních elektronů, doba načítání spektra při orientačním sledování chemismu činila 75 s. Povrch preparátů byl předem vakuově napařen vodivou vrstvou (Au).

d) CIA

CIA definujeme jako poměr $Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO^* + Na_2O + K_2O) \times 100$. Výpočet je prováděn s molárními obsahy oxidů. Přičemž CaO^* označuje množství CaO začleněného do silikátových minerálů po odečtení CaO v uhličitanech a fosfátech. Protože studované analýzy neobsahovaly podstatné množství karbonátu, byl odečten pouze fosfor potřebný pro vznik apatitu. Čím vyšší je hodnota CIA, tím silnější je chemické zvětvávání, které se projevuje ztrátou Na , K a Ca vázaných primárních silikátových minerálech jako jsou živce.

VÝSLEDKY

Petrografická charakteristika bazálních poloh balinských slepenců

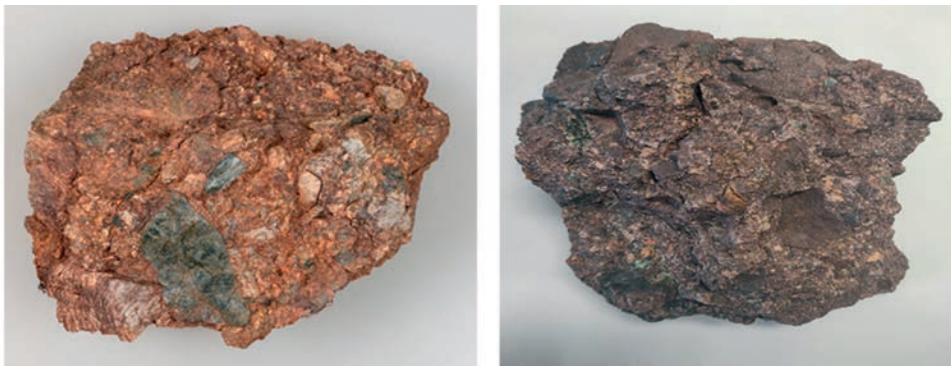
Tělesa bazálních poloh balinských slepenců tvoří lavice o mocnosti okolo 50 cm, střídají se s deskami a lavicemi jemnozrnných až středně zrnitých načervenalých, paralelně laminovaných pískovců a prachovců. Klastická složka u střednozrnných pískovců je dobře zrnitostně vytríděná, opracovanost je střední. Polozaoblená až poloostrohanná křemenná zrna dominují v klastické složce (kolem 70 mod. %). Z 20 mod. % jsou zastoupeny živce (draselný živce převažuje nad plagioklasem). Jsou částečně postiženy druhotnými přeměnami. Z 10 mod. % jsou přítomny slídy (muskovit, biotit). Z horninových úlomků byly zjištěny pouze zlomky pra-



Obr. 3. Hrubozrnný bazální svrchnokarbonský slepeneč; lokalita Nový Svět v Oslavanech (foto: P. Hršelová).
Fig. 3. Coarse grained basal Upper Carboniferous Conglomerate; locality Nový Svět in Oslavany (photo P. Hršelová).

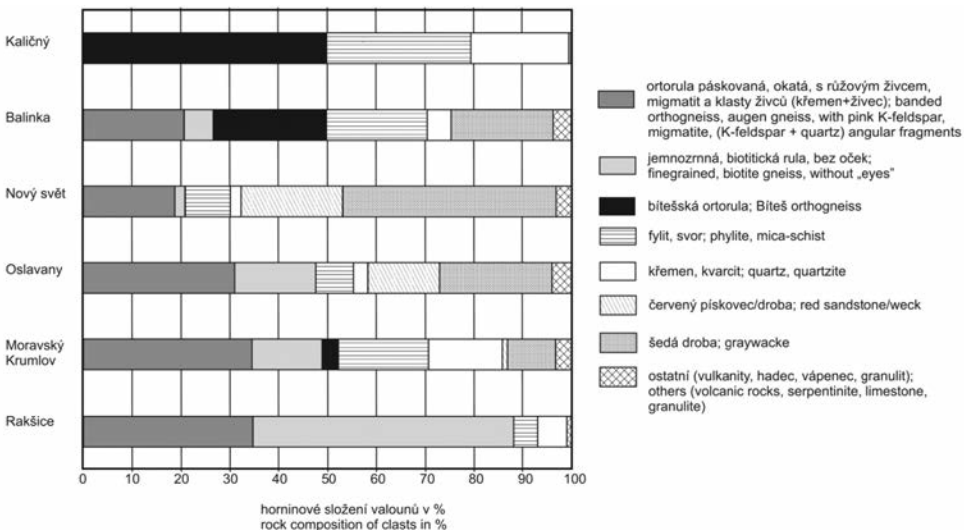
chovců. Základní hmota má povlakově-pórový charakter, je tvořena karbonátem a oxidy a hydroxidy železa. Petrografické a mineralogické složení zmíněných pískovců je velmi podobné základní hmotě slepenců. Prachovce jsou většinou paralelně laminované a tmavě šedé.

Studované červenohnědé až hnědošedé zbarvené balinské slepence až brekcie jsou petromiktňní (obr. 4, 5). Zrnitostně jsou špatně vytríděné a opracovanost klastů (dále používán pojem valouny bez ohledu na stupeň zaoblení) je velmi variabilní. Ojedinele byla ve slepencích pozorována pozitivní gradace daná zmenšováním průměrné velikosti valounů. Jedná se o drobnozrnné až střednozrnné slepence až brekcie s podpůrnou strukturou základní hmoty a velikostí valounů do 20 cm. V písčité základní hmotě dominují polozaoblená zrna a je v ní výrazně zastoupen polykrystalický křemen, oba typy živců a prachová zrna (případně oxidy a hydroxidy železa a karbonát).



Obr. 4. Bazální balinský slepenec a) z Řičan-Kaličného s klasty fylitu, živce a bitešské ruly; b) z lokality Rakšice (foto P. Hršelová, šířka záběru 20 cm).

Fig. 4. Basal Balinka conglomerate a) from Řičany-Kaličný with clasts of phyllite, feldspar and Biteš orthogneiss b) from Rakšice (photo P. Hršelová, frame width 20 cm).



Obr. 5. Složení valounů ve studovaných slepencích.

Fig. 5. Clasts composition of studied conglomerates.

Valouny v psefitické frakci balinských slepenců byly makroskopicky rozděleny do skupin podle své podobnosti s horninami, které dnes vystupují na povrch v okolních geologických jednotkách:

- I. Většinou převažují valouny pararul, ortorul a migmatitů (25–89 %) (obr. 5).
- II. Dalšími významnými složkami jsou valouny muskovit až muskovit-biotitických svorů a fylitů (5–22 %), křemene a křemence (2–15 %).
- III. Podíl sedimentárních klastů (droby, prachovce, pískovce a slepence) je velmi variabilní (0–46 %).
- IV. Balinské slepence zcela postrádají valouny amfibolitů (\pm eklogitů).
- IV. Základní hmota slepenců je psamitická a její obsah je variabilní. Tmel je tvořen jílovými minerály, oxidy a hydroxidy železa a často také karbonáty.

Detailně byly studovány následující lokality, na nichž můžeme dokumentovat variabilitu studovaných slepenců:

1. Říčany – Kaličny

Pro lokalitu na kótě Kaličny je typické špatné vytrídění valounů a různý stupeň zaoblení materiálu, částečně slepence vykazují až brekciovitý charakter. Typický je vysoký podíl klastů fylitů (až 30%), kterých směrem do nadloží přibývá. Některé valouny dosahují velikosti až 7 cm (obr. 4), nejčastěji jsou však polozaoblené až ostrohranné do 1 cm. Šedočerné fylity odpovídají fylitům moravika (skupina Bílého potoka). Z velkých valounů nad 5 cm v bazálních balinských slepencích dominují z cca 50 % zaoblené až polozaoblené hematizované, okaté, biotitické ruly (bítešská rula). Významný podíl (20 %) zaujímají valouny křemene. Sedimentární horniny (droby, pískovce) jsou zastoupeny vzácně, do 1 %. Slepence má pórovou základní hmotu, která místy přechází do bazální, tmel tvoří dominantně jílové minerály a oxidy a hydroxidy železa zatím co karbonátový tmel prakticky chybí.

2. Balinka – Havírna

Na lokalitě v údolí Balinky (Havírna), ve špatně vytríděném valounovém materiálu s různým stupeň zaoblení, dominují ortoruly (hlavně bítešská) 41 % a tmavě šedý fylit 21 % (patrně skupina Bílého potoka; obr. 5). Většina valounů nepřesahuje 5 cm, výjimečně lze nalézt až 15 cm veliké. Oproti Kaličnému se zde objevují dobře zaoblené valouny hnědošedých drob, většinou velikosti do 2 cm (24 %). Dobře viditelné jsou i valouny křemene a načervenalého kvarcitu (6 %), svoru (3 %), šedozeleňého vulkanitu? (3 %) a menší valounky šedozeleňého hadce s maskem (1 %). Dominuje bazální písčité základní hmota s karbonátovým nebo limonitovým tmelem (oxidy a hydroxidy železa). Běžná jsou poměrně velká zrna růžových ostrohranných živců, velikosti do 1 cm, tvořící cca 1/5 klastického materiálu v písčité frakci.

3. Oslavy – Nový Svět

Balinské slepence na této lokalitě mají místy až brekciovitý charakter. Průměrná velikost valounů se pohybuje okolo 8 cm, největší pozorované cca 15 cm. Nejlépe zaoblené jsou valouny červené silně hematizované droby (~ 21 %) a nazelenalé droby, která na této lokalitě dominuje (~ 45 %). Významnější zastoupení zaujímají méně polozaoblené až zaoblené valouny rul, převážně varianty s živcovými oky (19 %). V menší míře se objevují fylit (5 %), svor (4 %), granulit (2 %) a hadec (1 %). Bývají rozpadavé a oproti předchozí lokalitě vykazují menší obsah základní hmoty. Tmel je většinou reprezentován jílovými minerály a karbonát chybí.

4. Oslavy – profil na řece Oslavě

V profilu u řeky Oslavy vychází na povrch polohy bazálních balinských slepenců s relativně dobře zaoblenými valouny spíše menší velikosti (5 cm). Výrazné zastoupení zde mají ruly, především okatá ortorula pocházející z moravika (31 %) a jemnozrnná všesměrná biotitická rula (16 %). Ze sedimentů dominuje ve valounovém materiálu šedé droby (23 %) a drobnější valouny červené droby (15 %). Z ostatního materiálu jsou přítomny fylit (8 %), granulit (4 %) a křemen (3 %). Písčité bazální základní hmota má arkózové složení kde do-

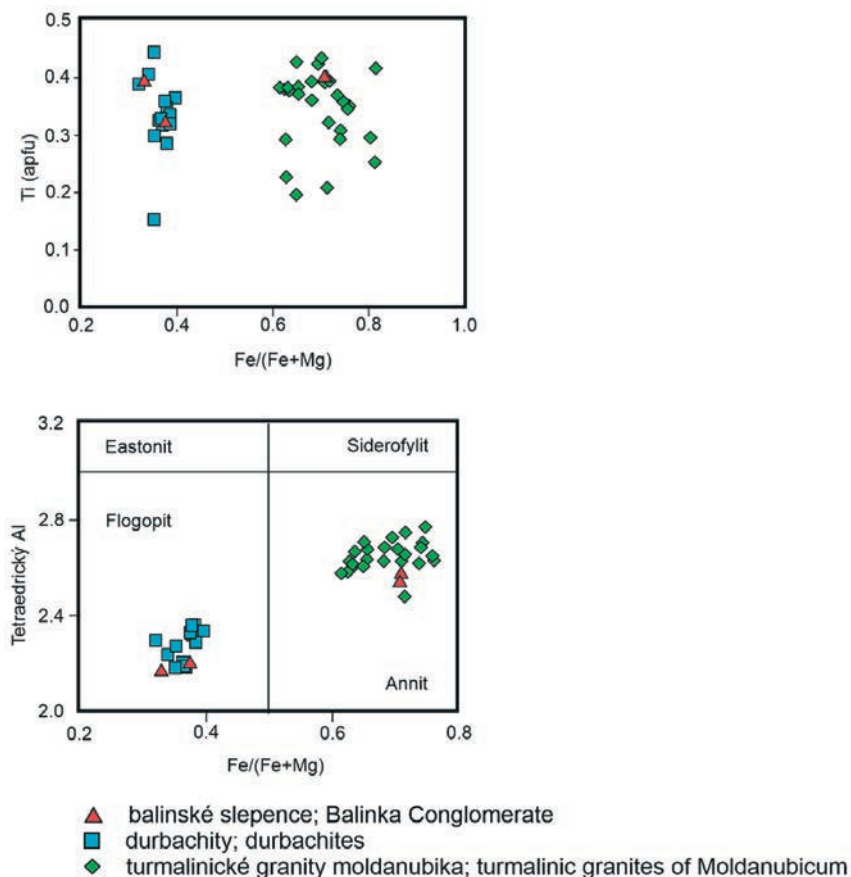
minují drobné klasty živců a křemene. Tmel je karbonátový nebo jílový (\pm oxidy a hydroxidy železa).

5. Moravský Krumlov

V Moravském Krumlově se vyskytují četnější valouny svorů, fylitů a částečně bítešská ortorula, typicky se vyskytuje šedá droba ($\sim 10\%$) (ve „smíšených“ stratigraficky vyšších pozicích podíl droby narůstá) společně s křemenem ($\sim 15\%$), biotit-muskovitickým svorem ($1-7\%$; max. $> 50\%$) a sporadicky se vyskytují devonské? vápence. Velikost valounů je do 10 cm, výjimečně se objevují až 15 cm veliké. Bazální základní hmota svým složením odpovídá arkózám, má povlakově-pórový tmel tvořený karbonátem a oxidy a hydroxidy železa.

6. Rakšice

V relativně drobnozrnném slepenci se nacházejí polozaoblené valouny o maximální velikosti do 8 cm, většinou ale do 3 cm (obr. 4). Dominantní zastoupení mají ruly ($\sim 90\%$), z nichž se dají rozlišit varianty načervenalá biotitická s náznaky oček růžových živců a pásků, jemnozrnná všesměrná rula bez oček živců. Valounové složení doplňují valouny křemene/kvarcitu (7%) a fylitů a tmavého svoru (5%). Ve velmi malé míře je zastoupen i granulit (1%). Obdobně jako u lokality Balinka-Havírna jsou běžná poměrně velká zrna



Obr. 6. Chemické složení biotitu.

Fig. 6. Chemical composition of biotite.

růžových ostrohranných živců o velikosti do 1 cm. Bazální základní hmota svým složením odpovídá arkózám, má pórový tmel tvořený karbonátem, jílovými minerály a oxidy a hydroxidy železa.

Mineralogická variabilita základní hmoty a těžkých minerálů

Převažující základní hmota studovaných slepenců má převážně charakter hrubozrnných až drobnozrnných arkóz, místy může být výrazně zastoupena prachovitá frakce. Jílová složka je většinou minoritní společně s hydroxidy železa. Na některých lokalitách je výrazně zastoupen karbonát (Moravský Krumlov, Rakšice). Kalcit výrazně převládá nad dolomitem a vyplňuje intergranuláry mezi písčítými zrny křemene a dokonce i prostor po vyleptaných granátech.

Klastický podíl základní hmoty je reprezentován zaoblenými, polozaoblenými a minoritně také ostrohrannými klasty. V základní hmotě převažují klasty křemene, K-živce, sodného plagioklasu. Variabilní zastoupení mají písčité klasty metamorfovaných, sedimentárních a vyvřelých hornin které jsou dohromady zastoupeny 5-ti až 30-ti %. Klastické fylsilikáty reprezentují 0,5 až 15 % základní hmoty a jako jediné z hlavních horninotvorných minerálů reprezentují vhodný minerální druh pro provenienční studium (MARTÍNEK *et al.* 2012). Biotit je totiž pouze částečně postížen druhotnými přeměnami a zároveň jeho chemická variabilita (především obsahy Fe, Mg, a Al) umožňuje určit zdrojovou horninu.

Klastické slídy reprezentují subangulární, ohnuté vločky chloritizovaného biotitu, který převažuje nad muskovitem. Obsah biotitu v matrix na lokalitě Rakšice dosahuje až 15 obj. %. Složení detritického biotitu se pohybuje mezi **annitem a flogopitem** (obr. 6; 11,90–23,20 hm. % FeO, 4,13–8,03 hm. % MgO *apfu*), Množství ^{IV}Al kolísá mezi 0,789–1,275 *apfu* a TiO₂ od 0,07 do 3,51 hm. %. Ostatní prvky jako Cr, V, Mn a Ba jsou většinou pod mezí detekce. Kromě chloritizace se detritický biotit dále silně mění na smektity nebo vermikulit, jak dokazuje snížení poměru M²⁺/Si (obr. 7). Chemické složení biotitů poměrně dobře koreluje s chemickým složením vyvřelých hornin v moldanubiku. Mg-bohaté biotity ze slepenců mají chemické složení velmi blízké chemickému složení biotitů z durbachitů (BURIÁNEK *et al.* 2022) zatím co Fe-bohaté biotity se svým chemickým složením blíží biotitům z muskovit-biotitických a turmalinických granitů (BURIÁNEK *et al.* 2016). Podobné složení jako peraluminické granity budou mít pravděpodobně i některé leukosomy v moldanubických migmatitech.

Složení detritického **muskovitu** je na všech studovaných lokalitách prakticky konstantní. Typický je vyšší obsah FeO (1,34–2,15 hm. %) and MgO (1,02–1,84 hm. %) a proměnlivý obsah Na (0,19–0,95 hm. % Na₂O) a Ti (0,13–1,03 hm. % TiO₂). Obsahy Ba, Ca, Cr, Mn, Ni a V jsou blízko detekčního limitu (tab. 2).

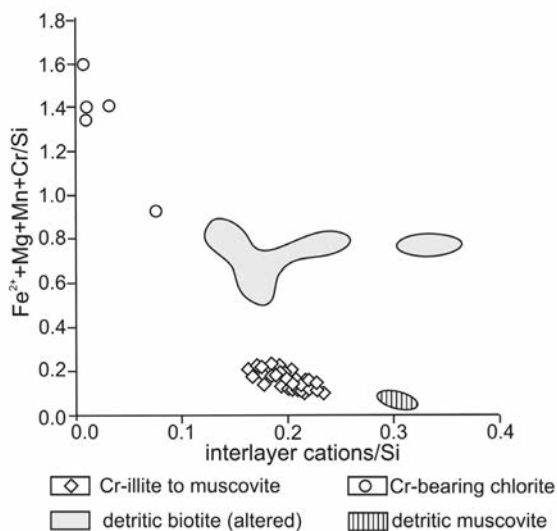
Dalším minerálem je *chlorit*, který může být v balinských slepenců dvojího původu: běžný chlorit vznikající chloritizací biotitu a vzácnější *Cr-chlorit* vytvořený diagenetickou alterací ultrabazických klastů (obr. 7). Druhý zmíněný bývá smíšený s I/S (HRŠELOVÁ *et al.* 2023). V nejjemnější frakci byl rentgenometricky detekován kaolinit (Balinka, Oslavany a Moravský Krumlov) a goethit (všechny lokality mimo Moravský Krumlov) (HRŠELOVÁ *et al.* 2023).

Asociace těžkých minerálů (> 0,10 mm) ukazuje proměnlivý obsah granátů, zirkonů, turmalínů, Cr-spinelidů a opakních minerálů (magnetit, ilmenit, rutil) viz tab. 3. Zajímavým zjištěným klastickým minerálem je baryt, který se výrazně vyskytuje pouze na lokalitě Kaličný v podobně silně naleptaných klastů na něž nově narůstají novotvořené naleptané barytové krystaly viz. obr. 8.

Tabulka 2. Chemické složení klastický slíd z balinských slepenců; ra = Rakšice, ba = Balinka, mk = Moravský Krumlov, NS = Oslavany-Nový Svět.

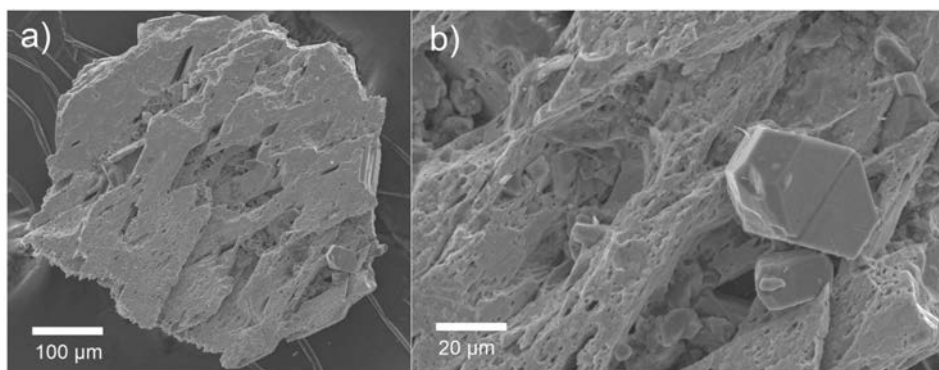
Table 2. Chemical composition of micas from Balinka Conglomerates; ra = Rakšice, ba = Balinka, mk = Moravský Krumlov, NS = Oslavany-Nový Svět.

číslo an./ analysis no.	9ra	28mk	30mk	41ba	21NS	6ra	7ra	39ba	40ba	18ra	19ra
	muscovite					biotite					
SiO ₂	52.00	46.96	47.84	46.86	50.33	36.22	41.88	35.33	35.26	39.17	39.01
TiO ₂	0.16	0.91	0.69	1.03	0.13	2.80	0.05	3.51	3.47	2.93	3.54
Al ₂ O ₃	29.34	33.82	32.78	33.93	31.44	19.10	23.16	19.05	18.91	17.93	16.17
Cr ₂ O ₃	0.03	0.00	0.01	0.02	0.04	0.00	0.03	0.03	0.01	0.17	0.15
V ₂ O ₃	0.00	0.03	0.02	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	0.06	0.04	0.01
NiO	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.05	0.29	0.00	0.00	0.56	0.34
FeO	3.67	1.34	1.54	1.38	2.15	19.21	14.11	23.20	22.53	13.12	11.90
MnO	0.02	0.00	0.01	0.03	0.03	0.16	0.10	0.12	0.13	0.17	0.16
MgO	2.51	1.07	1.25	1.02	1.84	8.03	6.92	5.33	5.26	12.26	13.58
CaO	0.21	0.00	0.00	0.02	0.21	0.06	0.21	0.11	0.08	0.16	0.21
BaO	0.00	0.18	0.13	0.24	0.00	0.12	0.00	0.11	0.11	0.09	0.13
Na ₂ O	0.07	0.90	0.73	0.53	0.19	0.13	0.10	0.19	0.13	0.21	0.11
K ₂ O	8.95	9.79	9.90	10.73	8.88	8.88	5.60	9.35	9.43	6.01	6.67
F	0.32	0.20	0.41	0.14	0.18	1.02	0.22	1.32	1.25	0.43	0.49
H ₂ O *	4.47	4.40	4.30	4.44	4.47	3.46	4.02	3.28	3.29	3.85	3.78
O=F	-0.13	-0.08	-0.17	-0.06	-0.08	-0.43	-0.09	-0.56	-0.53	-0.18	-0.21
TOTAL	101.90	99.54	99.45	100.32	99.79	98.84	96.59	100.38	99.39	96.92	96.05
Si ⁴⁺	3.389	3.130	3.190	3.115	3.313	2.756	3.048	2.710	2.725	2.896	2.912
Ti ⁴⁺	0.008	0.046	0.035	0.051	0.006	0.160	0.003	0.202	0.202	0.163	0.199
^(IV) Al ³⁺	0.611	0.870	0.810	0.885	0.687	1.244	0.952	1.290	1.275	1.104	1.088
^(VI) Al ³⁺	1.634	1.787	1.815	1.691	1.971	0.469	1.035	0.432	0.448	0.458	0.335
Cr ³⁺	0.002	0.000	0.001	0.001	0.002	0.000	0.002	0.002	0.001	0.010	0.009
V ³⁺	0.000	0.002	0.001	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000	0.004	0.002	0.001
Ni ²⁺	0.003	0.001	0.001	0.000	0.000	0.003	0.017	0.000	0.000	0.033	0.020
Fe ²⁺	0.199	0.075	0.086	0.077	0.118	1.222	0.859	1.488	1.456	0.811	0.743
Mn ²⁺	0.001	0.000	0.001	0.002	0.001	0.010	0.006	0.008	0.009	0.011	0.010
Mg ²⁺	0.243	0.106	0.124	0.101	0.181	0.911	0.751	0.609	0.606	1.351	1.511
Ca ²⁺	0.015	0.000	0.000	0.001	0.015	0.005	0.016	0.009	0.007	0.013	0.017
Ba ²⁺	0.000	0.005	0.003	0.006	0.000	0.004	0.000	0.003	0.003	0.003	0.004
Na ⁺	0.009	0.116	0.094	0.068	0.024	0.019	0.014	0.028	0.019	0.030	0.016
K ⁺	0.741	0.832	0.842	0.910	0.746	0.862	0.520	0.915	0.930	0.567	0.635
F ⁻	0.066	0.042	0.086	0.029	0.037	0.245	0.051	0.320	0.306	0.101	0.116
H ⁺	1.934	1.958	1.914	1.971	1.916	1.755	1.949	1.680	1.694	1.899	1.884
O ²⁻	11.934	11.958	11.914	11.971	11.916	11.755	11.949	11.680	11.694	11.899	11.884
CATSUM	6.855	6.97	6.954	6.992	6.845	7.667	7.222	7.697	7.684	7.452	7.499
AN SUM	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12



Obr. 7. Chemické složení fylosilikátů v základní hmotě balinských slepenců; diagram mezivrstvení kationy/Si vs. Fe + Mg/Si (upraveno podle DO CAMPO a NIETO, 2005).

Fig. 7. Chemical composition of phyllosilicates in Balinka Conglomerates matrix; interlayer cations/Si vs. Fe + Mg/Si diagram (modified from DO CAMPO and NIETO, 2005).



Obr. 8. Zrno barytu z lokality Kaličný a) s orientovaně korodovaným povrchem, b) detail korodovaného povrchu barytu s novotvořeným barytem.

Fig. 8. Barite grain from Kaličný a) with oriented corroded surface, b) detail of barite corroded surface with newly formed barite.

DISKUSE

Provenience valounového materiálu z bazálních vrstev balinských slepenců

V psefitické frakci bazálních poloh balinských slepenců většinou převažují valouny pocházejících z moldanubika (především gřohlská jednotka), svrateckého krystalinika (svory) a moravika (bítešské ortoruly, fylity). Obecně se podíl valounů z moldanubika (ortoruly, biotické migmatizované ruly, granuly a migmatity) zvyšuje směrem k jihu od lokality Kaličný (1) k lokalitě Rakšice (6). To odpovídá geologické variabilitě přilehlých geologických jednotek. V severní a střední části studovaného profilu sousedí boskovická pánev s moravikem. V jižní části pak leží v průměru v sousedství moldanubikum. Toto zjištění je v souladu s představou, že byl valounový materiál přinášěn z bezprostředního okolí sedimentační pánve.

Subovalné a polozaoblené klasty kulmských šedých drob jsou hojně zastoupené ve střední části profilu (Oslavany, Oslavany-Nový Svět), avšak směrem k severu a jihu jejich zastoupení klesá. Toto zjištění může naznačovat, že kulmské droby byly součástí geologických jednotek přesunutých přes moldanubikum společně s moravikem. V současné době však pro tento názor nemáme žádné důkazy. Nemůžeme však také vyloučit, že došlo k přínosu materiálů z protilehlé strany boskovické pánve a míšení klastického materiálu dvou protilehlých výplavových kuželů. Právě jižně od Oslavan totiž rokytenské slepence zasahuji nejdále do pánve (NEHYBA *et al.* 2012).

Provenience písčitého materiálu z bazálních poloh balinských slepenců

Chemické složení biotitu (obr. 6) naznačuje přínos materiálů z durbachitů a peraluminických granitů moldanubika. Je zajímavé, že tyto horniny ve valounovém materiálu studovaných sedimentů chybí, což lze vysvětlit například jiným způsobem zvětvávání (zejména durbachit se rozpadá na písčité detrit).

Průsvitná těžká frakce psamitů balinských slepenců dobře odráží variabilitu v přinášeném klastickém materiálu. Granáty a hematizovaný biotit dominují ve všech vzorcích, avšak vzájemné poměry mezi ultrastabilními minerály jsou velmi nevyrovnané, u části vzorků je významně zastoupen turmalín, jinde rutil, nebo zirkon (tab. 3). Z toho lze vyvodit variabilní horninové složení zdrojové oblasti a míchání materiálu s různým stupněm chemického

Tabulka 3. Procentuální (%) zastoupení těžkých minerálů (HM) a fylosilikátů v balinských slepencích (ZTR = index zralosti zirkon-turmalín-rutil).

Table 3. Percentage (%) content of heavy minerals (HM) and phyllosilicates in Balinka Conglomerates (ZTR = zircon-tourmaline-rutile maturity index).

	Kaličný	Balinka	Nový Svět	Oslavany	Moravský Krumlov	Rakšice
hemat.biotit	61	12	42	46	11	81
Cr-illit/chromit	1	1	13	0	0	0
baryt	15	0	0	0	0	0
HM	23	87	45	54	89	19
celkem	100	100	100	100	100	100
granát	19	76	33	48	82	9
turmalín	2	6	7	3	3	2
zirkon	2	0	1	1	0	1
ilmenit	0	6	1	0	1	2
rutil	1	3	2	1	2	3
spinel	0	1	1	0	1	3
magnetit	1	0	1	1	0	0
	25	92	46	54	89	20
granát	76	83	72	89	92	45
turmalín	8	7	15	6	3	10
zirkon	8	0	2	2	0	5
ilmenit	0	7	2	0	1	10
rutil	4	3	4	2	2	15
spinel	0	1	2	0	1	15
magnetit	4	0	2	2	0	0
celkem	100	100	100	100	100	100
ZTR	20	10	22	9	6	30

zvětrávání zdrojových hornin (nejvyšší ZTR index (index zralosti zirkon-turmalín-rutil, HUBERT 1962) je ve vzorku z lokality Rakšice).

V bazálních balinských slepencích převládají almandinové granáty z rul, migmatitů a granulitů moldanubika, svrateckého krystalinika a olešnické jednotky. Sporadické granáty bohaté pyropovou složkou pocházejí z moldanubických ultrabazických hornin (HRŠELOVÁ *et al.* 2021). Také Cr-spinelidy (Cr-spinel, magnesiochromit, chromit) pocházejí ze stejných ultrabazik, a to peridotitů typu Mohelno (ve smyslu MEDARISE *et al.* 2005, 2013). Mezi spinelidy z bazálních balinských slepenců dominuje Cr-spinel a chromit, zatímco magnesiochromit téměř chybí. Tyto serpentinizované peridotity tvoří větší a menší tělesa v granulitech v okolí Rakšic u Moravského Krumlova, Jamolic, Mohelna a Náměšti nad Oslavou i v podloží boskovické pánve v oblasti od Rakšic a Polánky přes Hrubšice (WEISS 1966, HRŠELOVÁ *et al.* 2018). Přítomnost minerálů bohatých na Cr v balinských slepencích souvisí se sporadickými klasty alterovaných ultrabazických a bazických hornin z gřohlské jednotky (HOUZAR *et al.* 2013, HRŠELOVÁ *et al.* 2018). Menší část Cr-spinelů může pocházet z redeponovaných a zvětralých kulmských drob, které se nacházejí v podloží nejjižnější části boskovické pánve a za jejím východním okrajem (ČOPIJKOVÁ 2007). To je však vzhledem k nízkému zastoupení těchto klastů v drobách málo pravděpodobné. Hercynit, který je běžný akcesorický spinelid granulitů ale ve studované základní hmotě balinského slepence zcela chybí.

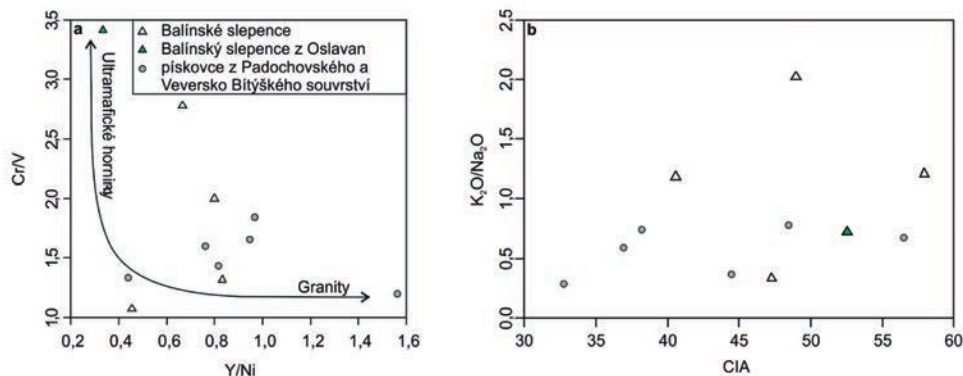
Baryt se vyskytuje pouze na jedné lokalitě (Kaličný) poblíž primárních výskytů hydrotermálních žil s barytem v okolí Lažánek. Tvar klastů barytu indikuje, že došlo k naleptání povrchu (obr. 8) v průběhu diagenese. Nepřítomnost apatitu odpovídá pozorovaným projevům rozpouštění granátů a spinelidů (HRŠELOVÁ *et al.* 2021, HRŠELOVÁ *et al.* 2023) ve studovaných polohách balinských slepenců při interakci s diagenetickými fluidy.

Chemické složení základní hmoty slepenců

Chemické složení pískovcové základní hmoty slepenců z boskovické pánve představuje vhodný nástroj pro identifikaci zdrojových hornin (např. ultramafické, mafické, felsické). V této práci jsme porovnávali chemické složení pojiva bazálních balinských slepenců s chemickými analýzami pískovců z jižní části boskovické pánve (BURIÁNEK *et al.* 2020, HRDLÍČKOVÁ *et al.* 2020). Vysoký obsah Cr a Ni v analýzách ukazuje na přítomnost ultramafických hornin ve zdrojovém materiálu studovaných sedimentů (GARVER *et al.* 1996). Chemické složení pojiva slepence z Oslavan (HOUZAR *et al.* 2013) vykazuje zvýšený obsah Cr (205 ppm) a Ni (48 ppm) ve srovnání s typickými pískovci a slepenci (chemické složení matrix) z boskovické pánve (Cr 32–103 ppm resp. Ni 9–35 ppm). Vysoké poměry Cr/V (3,4) a nízké Y/Ni (0,3) pro balinské slepence s chromovým I/S indikují přítomnost detritu ultramafických hornin (obr. 9a). Sedimenty vzniklé zvětráním ultramafických zdrojů mají tendenci mít vysoké poměry Cr/V, zatímco vyšší poměry Y/Ni jsou diagnostické pro dominanci granitických hornin ve zdrojové oblasti (HISCOTT 1984; MCLENNAN *et al.* 1993).

Intenzitu chemického zvětrávání zdrojového materiálu sedimentů můžeme zhodnotit na základě chemického indexu alterace (CIA, NESBITT a YOUNG 1984). Index CIA je založen na skutečnosti že prvky jako Na, K a Ca jsou při zvětrávání relativně mobilní zatím co Al má mnohem nižší mobilitu, proto má tendenci se koncentrovat v intenzivně chemicky zvětralých horninách. CIA se vypočítá následovně: $Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO^* + Na_2O + K_2O) \times 100$ (NESBITT a YOUNG 1984), přičemž CaO* představuje obsah vápníku ze silikátových minerálech (z jeho celkového obsahu bylo odpočteno CaO vázané ve fosfátech a uhličitanech; LIU 2007). Hodnoty CIA (33 až 58) naznačují mírné chemické zvětrávání, které postihlo pískovce i slepence (obr. 9b). Chemické zvětrávání v horkém a vlhkém klimatu by vytvořilo relativně vyzrálé sedimenty s vysokým indexem CIA (nad 70). Strmý reliéf a rychlá denudace fluvialní erozí naproti tomu vytváří sedimenty s proměnlivým stupněm zralosti jako v případě studovaných slepenců. Rozsah hodnot CIA pro balinské slepence na okraji pánve a pískovce v jejím centru je podobný. Variabilitu indexu K_2O/Na_2O

v studovaných sedimentech můžeme vysvětlit odlišným zastoupením Na-bohatých plagioklasů ve srovnání s obsahem draselných živců a slid. Zvýšení obsahu K_2O může také souviset s přítomností vyššího množství illitu ve studovaných sedimentech. Většina pískovců a slepenců má poměr K_2O/Na_2O nižší než 1 což naznačuje dominanci kyselých plagioklasů nad minerály s vyšším obsahem draslíku.



Obr. 9. Geochemická charakteristika klastických sedimentů (a) of Cr/V vs. Y/Ni (podle HISCOTT 1984), (b) of K_2O/Na_2O vs. CIA.

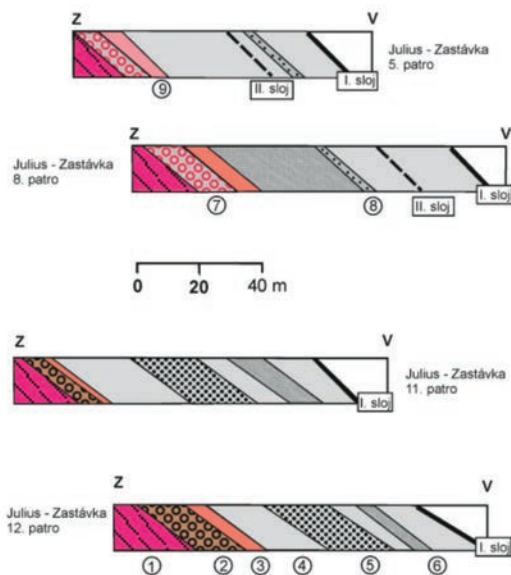
Fig. 9. Chemical characteristics of the clastic sediments using relations (a) of Cr/V vs. Y/Ni (after HISCOTT 1984), (b) of K_2O/Na_2O vs. CIA.

Otázka stratigrafické pozice bazálních balinských slepenců při jižním a severním ukončení rosicko-oslavanského páneve

Litostratigrafie při bázi svrchnokarbonského rosicko-oslavanského souvrství je v celém jeho průběhu prakticky stálá (obr. 10). Na bázi leží na krystaliniku červeně a místy (Ferdinand-Julius) i šedě zbarvené balinské slepence až brekcie. Na nich spočívá několik metrů červenohnědých pískovců, místy s hojnějšími většími valouny, které se střídají s prachovci a méně i s jílovci. V jejich nadloží dominují šedé pískovce o mocnosti až 10 metrů, lokálně s drobnozrnnými šedými slepenci; tento vývoj místy ukončuje poloha šedého jílovce (analog nejnižší uhelné sloje?). Následují šedé pískovce a prachovce s uhelnými slojemi – hlavně s nejdále průběžnou I. uhelnou slojí. Ta je vyvinuta (a paleontologicky doložena) v prostoru Nová Ves – Říčany Okrouhlík a velmi pravděpodobně i na jihu u Rakšic (tam silně redukována na několik dm). HAVLENA (1960) k tomuto problému v závěru své studie uvádí: „K jihozápadu pokračuje uhlonosný komplex ve směru $165^{\circ}-0^{\circ}-10^{\circ}$ až k Moravskému Krumlovu. Rozvoj uhlotvorného prostředí byl však od Oslavan k jihozápadu podvázán intenzivním přínosem zvětralin, takže se tam **rubatelné sloje** nemohly vyvinout. Jejich ekvivalenty známe od Moravského Krumlova a Hrubšic.“

Lokalitu Hrubšice „s uhelnými šmouhami v pískovcích“ zmiňuje i SUESS (1907) a tamní kutací práce uhlí na JV odtud i JAROŠ (1962). Nakolik byl nějakou dobu úspěšný pokus o těžbu uhlí z. od Rakšic a jaká hornina byla jeho nositelem je otázkou. Tyto práce nemusely být nutně situovány do I. bituminózního (zbyšovského, oslavanského horizontu); bituminózní horizont je uváděn i dále k východu někde v místě obce (IVANOV 2003).

Střídání sedimentů i vzdálenost I. sloje od podloží, resp. od balinských slepenců jsou stálé (obr. 10). Na spodních patrech (12 a 11 p.) dolu Julius v Zastávce je zachycena pouze nejvyvinutější I. sloj ve vzdálenosti cca 70 m nad bazálními slepenci. Ve vyšších patrech (8 a 5 p.) navíc i II. sloj, cca 50 m. Na Okrouhlíku (důl Pionýr) se předpokládá pouze vyvinutá I. sloje, jejíž mocnosti směrem k severu ubývalo až na několik desítek cm.



Obr. 10. Litostratigrafie dílčích svrchnokarbonských sedimentárních cyklů při bázi rosicko-oslavanského souvrství po úroveň I. sloje na dole Julius v Zastávce (upraveno podle MALÉHO 1973). 1 - rula (bítešská ortorula s vložkami metapelitů; moravikum). Podloží zastíženo mezi 4. a 5. patrem. 2-9 - Boskovická pánev, rosicko-oslavanské souvrství (svrchní karbon - stefan C; gzhel). 2 - červenohnědý bazální (balinský) slepenec; 3 - červenohnědý pískovec a prachovec; 4 - šedý pískovec; 5 - šedý pískovec a drobnozrnný slepenec; 6 - jemnozrnný šedý pískovec a prachovec; 7 - šedé a červenohnědé (balinské) převážně hrubozrnné slepenec, 8 - drobnozrnný slepenec, v nadloží tenká poloha prachovce; 9 - červený pískovec s prachovcem a jílovcem.

Fig. 10. Lithostratigraphy of partial sedimentation cycles of the Upper Carboniferous at the base of the Rosice-Oslavany formation up to the level of the I. Coal seam at the Julius mine in Zastávka (adapted from MALÝ 1973). 1 - gneiss (Bíteš orthogneiss with metapelite inserts of Moravicum). Bedrock reached between the 4th and 5th floors. 2-9 Boskvice Basin, Rosice-Oslavany formation (Upper Carboniferous - Stephanian C; Gzhelian). 2 - reddish brown basal (Balinka) conglomerate; 3 - reddish brown sandstone and siltstone; 4 - grey sandstone; 5 - grey sandstone and fine-grained conglomerate; 6 - fine-grained grey sandstone and siltstone; 7 - grey and red-brown (Balinka) mostly coarse-grained conglomerate; 8 - fine-grained conglomerate, a thin layer of siltstone as overlying rock; 9 - red sandstone with siltstone and claystone.

Nejasná zatím zůstává otázka pokračování rosicko-oslavanského souvrství k severu a tím i stáří bazálních balinských slepenců mezi Zastávkou a Veverskými Knnicemi (s. od Řičan).

Význam balinských a rokytenských slepenců pro interpretaci vývoje boskovické pánve

Sedimentační prostor boskovické pánve byl založen v důsledku pohybů na poklesovém zlomu při jejím východním okraji (MELICHAR 1995). Bazální sedimenty boskovické pánve se ukládaly na krystalinické jednotky, případně na sedimentární pokryv brunovistulika, který lemuje její v. okraj boskovické pánve (JAROŠ a MALÝ 2001). Sedimentace začala v nejvyšším stephanu v rosicko-oslavanské oblasti, posléze se pak rozšiřovala směrem k J do okolí Moravského Krumlova a směrem k S do okolí Veverské Bítýšky (JAROŠ 1961). Již SUESS (1907) rozdělil na základě odlišného složení valounů oba okrajové typy slepenců na „balinskou facii“ na Z a „rokytenskou facii“ na V. Podle AUGUSTY s ČEPKA (1942) v j. části boskovické brázdy začíná sedimentace karbonskými slepenci balinské facie, pokračuje do

nadloží karbonskou uhlonosnou sedimentací, a poté následuje permské souvrství pískovců a břidlic s vložkami slepenců balinské (na západě) a rokytenské facie (na východě). Petrografickým studiem obou typů slepenců se zabývali PETRÁNEK a POUBA (1953), kteří je interpretovali jako lokální splachy (rokytenské slepence z V a balinské od Z), přičemž nebyl zjištěn výrazný transport tohoto materiálu v ose sedimentační pánve.

Rokytenské slepence tvoří nevytříděné oligomiktní brekcie, slepence a pískovce, které leží při v. okraji boskovické pánve. Z genetického hlediska jde o výplavové kužely vyvinuté podél východního okraje boskovické pánve, proto tvoří tělesa prstovitě pronikající do jemnozrnnějších sedimentů v centru boskovické pánve (BURIÁNEK *et al.* 2020). Maximální velikost drobových klastů je až 50 cm. Převažují ostrohranné až polozaoblené úlomky a pokud je stupeň zaoblení vyšší, pak mají valouny oválný, destičkovitý nebo roubíkovitý tvar (JAROŠ 1962). Tyto střednozrnné až hrubozrnné, zrnitostně velmi špatně vytříděné slepence s proměnlivým stupněm opracování obsahují hlavně klasty kulmské droby, břidlice (dohromady 89–99 %) a méně často také devonských vápenců (až 6 %) (ŠPAČEK 2001). Vápence ve valounovém materiálu faciálně odpovídají přilehlým vápencovým odkryvům, a běžně se vyskytují i vápencové valouny s fosfority tournaiského stáří (ŠPAČEK 2001). Droby nacházející se při v. okraji pánve a drobové valouny obsažené v rokytenských slepencích mají podobný původ (MAŠTERA 2004). Klasty granitoidů z brněnského masivu jsou poměrně vzácné a jejich zastoupení dosahuje do 3 % (ŠPAČEK 2001).

Rokytenské brekcie a slepence vytvářejí při v. okraji celé boskovické pánve výplavové kužely. Transport probíhal od V, odkud byl derivován materiál ze sedimentárního obalu brunovistulika. Jedná se o sedimenty přívalových úlomkotokových proudů, jejichž sedimentace byla pravděpodobně často přerušována (JAROŠ 1962). V době ukládání sedimentů padochovského souvrství progradovala sedimentace těchto slepenců směrem k jihu až do okolí Moravského Krumlova. V té době se droby objevují i ve slepencích balinských a to především v oblasti jižně od Oslavan. Později docházelo k rozšíření a sedimentaci rokytenských slepenců dále na sever k Veverské Bitýšce (PEŠEK *et al.* 2001).

Petrografická data získaná v této studii ukazují, že terigenní klastický materiál v balinských slepencích pocházel z rychlé eroze přilehlých krystalických a paleozoických jednotek západně od boskovické pánve. Bazální balinské slepence jsou špatně vytříděné, hrubozrnné sedimenty, uložené v mocných vrstvách přímo na krystalickém podkladu podél západního okraje boskovické pánve. Rozdíly v petrografickém složení, velikosti a zaoblení klastů, obsahu matrix a přínos materiálu z místního podloží ukazují na transport na krátké vzdálenosti a poměrně výrazný výškový gradient tehdejších výplavových kuželů. Bazální balinské slepence mohou být lokálně vyvinuty jako brekcie těsně při kontaktu s podložím s rychlým přechodem do převládajících konglomerátů, což naznačuje, že zvětrávání a vývoj svahů suti probíhal souběžně s ranými stádii sedimentace aluviálních vějířů (WENT 2005). Klasty balinských slepenců pocházejí hlavně z moldanubika (gföhlská jednotka), svrateckého krystalinika a moravika (olešnická a bitešská jednotka). Tyto výsledky potvrzují závěry NEHYBY *et al.* (2012) a dalších starších studií (SUESS 1907, MALÝ a UHROVÁ 1980, HOUZAR 1981).

Oba typy slepenců tedy mají podobnou genezi. Větší stratigrafický rozsah rokytenských slepenců je dán výraznými tektonickými pohyby na východním okraji boskovické pánve. Rokytenské slepence se prstovitě zastupují se sedimenty jednotlivých souvrství uvnitř pánve (např. padochovské, veverskobitýšské) a sedimentovaly v průběhu celého vývoje boskovické pánve. Ukládaly se totiž při úpatí zvedající se kry brněnského masivu. Přítomnost drob v bazálních balinských slepencích při západním okraji brázdy, v centrální části rosicko-oslavanské pánve, naznačují, že i rokytenské slepence sedimentovaly v období svrchního karbonu. V případě balinských slepenců se zachovaly především bazální polohy. Nadložní karbonské a permské vrstvy reprezentují centrální část pánve a balinské slepence se zde objevují pouze v případě, že měly aluviální kužely větší plošný rozsah a zasahovaly hlouběji do centra sedimentačního bazénu. Přítomnost drobových valounů v balinských

slepencích podle nás spíše dokazuje míšení materiálu přinášeného výplavovými kužely z východu a ze západu, než existenci příkrovu složeného z drob který by existoval na západním okraji boskovické pánve a byl zcela erodován v průběhu karbonu a permu.

Na základě studia petrografického složení se zdá, že bazální balinské slepence ve studované oblasti náleží několika odlišným povodím, jejichž toky ústily do tehdejšího sedimentačního bazénu. Variabilita složení klastů z jednotlivých lokalit, však naznačuje, že se pravděpodobně jednalo o řadu drobných aluvialních kuželů zásobovaných lokálními toky. Lokality v jižní části studované oblasti (Rakšice a Moravský Krumlov) obsahují slepence, jejichž materiál pochází hlavně z moldanubika. Na nejsevernější studované lokalitě Kaličný zase převažují horniny moravika.

ZÁVĚR

Balinské slepence s podpůrnou strukturou základní hmoty mají červenohnědou až hnědošedou barvu. Obsahují valounový materiál z moldanubika a moravika (biotitické ruly, granulity, hadce, ortoruly, svory, svorové ruly, kvarcity, krystalické vápence, bitešskou ortorulu). Tělesa slepenců nejsou vyvinuta podél celého z. okraje boskovické pánve; severně od Zbýšova, vyjma Kaličného, se nacházejí pouze pískovce a prachovce. Jedná se o sedimenty ukládané na mírných svazích v prostředí výplavového kužele. V průběhu sedimentace nasedaly na podložní horniny (bitešskou ortorulu), ale v současnosti je jejich kontakt zlomově modifikovaný. Do nadložních sedimentů rosicko-oslavanského souvrství plynule přecházejí. Jejich mocnost kolísá od několika metrů do 80 m.

Petrografická data získaná v této studii ukazují, že valounový materiál v balinských slepencích pocházel zejména z přilehlých krystalických jednotek, které tvořily moravický příkrov západně od boskovické pánve. Petrografická variabilita a stupeň opracování ukazuje na krátký transport (nejspíše max. desítky km). Jednalo se pravděpodobně většinou o sedimenty aluvialních vějířů, jejichž materiál byl transportován vodními toky a případně také suťovými proudy (debris flow).

Ve střední části západního okraje rosicko-oslavanské pánve je typická přítomnost dobře zaoblených valounů drob, které s největší pravděpodobností odráží výraznější pohyby při východním okraji a tedy i míšení materiálu přinášeného výplavovými kužely z východu a ze západu v této části pánve.

V písčité základní hmotě dominují křemen, draselný živec a kyselý plagioklasy. Jak dokládá chemické složení biotitu, pochází základní hmota z velké části peraluminických leukokratních vyvřelin (granitů možná také leukosomu migmatitů) a durbachitů. Průsvitná frakce těžkých minerálů dobře odráží velkou petrografickou variabilitu ve zdrojové oblasti s převahou plutonických hornin a leukokratních metamorfovaných hornin (ortoruly). Granáty dominují ve všech vzorcích, avšak vzájemné poměry mezi ultrastabilními minerály jsou velmi nevyrovnané, u části vzorků dominuje turmalín, jinde rutil, nebo zirkon. Chemické složení granátu a spinelidů indikuje variabilní obsah hornin moldanubika, svrateckého krystalinika a olešnické jednotky moravika. Spinelidy a pyropové granáty dokazují přítomnost ultrabazických hornin (s největší pravděpodobností z moldanubika) ve zdrojové oblasti. Typickou součástí bazálních balinských slepenců (vyjma lokality Kaličný) je i přítomnost makroskopicky viditelného zeleného Cr-illitu po spinelidu, taktéž dokládající ultrabazický zdroj.

Hodnoty chemického indexu alterace (CIA) se pohybují od 33 do 58 a ukazují variabilní, avšak většinou nízký stupeň zvětvávání. Vyšší variabilita poměrů K_2O/Na_2O (0,3–2,0) ve srovnání s pískovci v padochovském a veverskobítešském souvrství může být způsobena kolísáním obsahu K-živců a dalších minerálů s vysokým obsahem K (slídy, illit).

PODĚKOVÁNÍ

Tento článek vznikl díky finanční podpoře, kterou Moravskému zemskému muzeu poskytl Ministerstvo kultury České republiky v rámci jeho dlouhodobého koncepčního programu rozvoje výzkumných institucí (č. j. MK000094862) pro PH a SH. Část prací byla realizována také s podporou Strategického výzkumného záměru České geologické služby (DKRVO/ČGS 2018-2022). Děkujeme recenzentům S. Nehybovi a J. Otavovi za přínosné připomínky, které vedly k vylepšení našeho článku.

LITERATURA

- AUGUSTA, J., ČEPEK, L., 1942: Geologischen Gutachten ueber das Rossitz - Oslawaner Becken. - MS Geofond Praha.
- BURIÁNEK, D., BUBÍK, M., FRANCŮ, J., FŮRYCHOVÁ, P., HAVLÍN, A., GILÍKOVÁ, H., JANDERKOVÁ, J., KONEČNÝ, F., KREJČÍ, Z., KRUMLOVÁ, H., KRÝSTOFOVÁ, E., KUNCEOVÁ, E., MÜLLER, P., OTAVA, J., PALEČEK, M., PECINA, V., POUL, I., SEDLÁČEK, J., SKÁCELOVÁ, Z., ŠRÁMEK, J., PETROVÁ, P., VERNER, K., VEČERA, J., VÍT, J., 2020: Vysvětlivky k základní geologické mapě České republiky 1 : 25 000 list 24-341 Oslavany. MS, Final Report, Czech Geological Survey, 1-257 (in Czech).
- BURIÁNEK, D., IVANOV, M., JANDERKOVÁ, J., PATZEL, M., 2022: Importance of accessory minerals for the vertical distribution of uranium and thorium in soil profiles: A case study of durbachite from the Třebíč Pluton (Czech Republic). *CATENA* 213, 106166.
- BURINEK, D., DOLNICEK, Z., NOVAK, M., 2016: Textural and compositional evidence for a polyphase saturation of tourmaline in granitic rocks from the Třebíč Pluton (Bohemian Massif). *Journal of Geosciences* 61, 309-334.
- ČEPEK, L., 1946: Tektonika Boskovické brázd. - *Věst. Stát. geol. Úst. Rep. Českoslov.*, 20, 128-131
- ČOPIAKOVÁ, R., 2007: Odras změn provenience v psefitické a psamitické frakci sedimentů mysljeovického souvrství (analýza těžkých minerálů). - MS, Disertační práce, Masarykova Univerzita, Brno, 1-137.
- DO CAMPO, N., NIETO, F., 2005: Origin of mixed-layered (R1) muscovite-chlorite in an anchizonal slate from Puncovicana Formation (Salta Province, Argentina). - *Clay Minerals*. 40, 317-322.
- GARVER, J. I., ROYCE, P. R., SMICK, T. A., 1996: Chromium and nickel in shale of the Taconic foreland: a case study for the provenance of fine-grained sediments with an ultramafic source. - *Journal of Sedimentary Research*, 66, 100-106.
- HAVLENA, V., 1960: Nové poznatky z geologie Boskovické brázd. - *Geologický Průzkum*, 2, 3, 67-71.
- HAVLENA, V., 1964: Geologie uhelných ložisek 2. - *Nakl. ČSAV, Praha*, 440 p.
- HISCOTT, R. N., 1984: Ophiolitic source rocks for Taconic-age flysch: trace element evidence. - *Geol. Soc. Am.* 95, 1261-1267.
- HOUZAR, S., 1981: Petrografie permokarbonských slepenců Boskovické brázd mezi Veverskou Bítýškou a Moravským Krumlovem. - MS, Diplomová práce, Katedra mineralogie a petrografie Přír. fak. Univerzita J. E. Purkyně, Brno, 89 p.
- HOUZAR, S., KOPEČNÁ, P., ŠTELCL, J., VÁVRA, V., 2013: Zelená slída s podílem chromu v balinských slepencích rosicko-oslavanského souvrství (svrchní karbon) u Oslavan. - *Acta Mus. Morav., Sci. geol.* 98, 1, 3-12.
- HRDLÍČKOVÁ, K., GILÍKOVÁ, H., HANŽL, P., VÍT, J., TOMANOVÁ PETROVÁ, P., PECINA, V., BURIÁNEK, D., VEČERA, J., KRÝSTOFOVÁ, E., FŮRYCHOVÁ, P., SEDLÁČKOVÁ, I., BALDÍK, V., FRANCŮ, J., JANDERKOVÁ, J., KOCIÁNOVÁ, L., KOLEJKA, V., KONEČNÝ, F., KREJČÍ, O., KUNCEOVÁ, E., OTAVA, J., PALEČEK, M., SEDLÁČEK, J., ŠIMŮNEK, Z., DOLNÍČEK, Z., SLOBODNÍK, M., ŠRÁMEK, J. 2020: Vysvětlivky k základní geologické mapě České republiky, list Veverská Bítýška 24-323. *Czech Geological Survey*, 1-265.
- HOUZAR, S., HRŠELOVÁ, P., GILÍKOVÁ, H., BURIÁNEK, D., NEHYBA, S., 2017: Přehled historie výzkumů permokarbonských sedimentů jižní části boskovické brázd (Část 2. Geologie a petrografie). - *Acta Mus. Morav., Sci. geol.*, 102, 1-2, 3-65.
- HRŠELOVÁ, P., HOUZAR, S., BURIÁNEK, D., 2018: Chromem bohaté spinely ze svrchnokarbonských balinských slepenců jižní části boskovické brázd. - *Acta Mus. Morav., Sci. Geol.* 103, 2, 39-51.
- HRŠELOVÁ, P., HOUZAR, S., ŠTELCL, J., 2021: Korodované granáty v asociaci těžkých minerálů balinských slepenců: jejich morfologie a chemické složení (svrchní karbon, boskovická brázda). - *Acta Mus. Morav., Sci. Geol.* 106, 1, 35-50.
- HRŠELOVÁ, P., HOUZAR, S., BURIÁNEK, D., VŠIANSKÝ, D., SZCZERBA, M., CIESIELSKA, Z., ŠTELCL, J., NEHYBA, S., 2023: Chromium-rich illite/smectite in the basal Balinka Conglomerate of the Upper Carboniferous-Permian Boskovic Basin (Bohemian Massif). - *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 93: 195-210.

- HUBERT, J. F., 1962: A zircon-tourmaline-rutile maturity index and the interdependence of the composition of heavy mineral assemblages with the gross composition and texture of sandstones. *J. Sed. Res.*, 32 (3): 440-450.
- IVANOV, M., 2003: Přehled historie paleontologického bádání v permokarbonu boskovické brázdy na Moravě. - *Acta Mus. Morav., Sci. geol.*, 88, 3-112.
- MELICHAR, R., 1995: Tektonický význam boskovické brázdy. - *Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 1994*, 64-66.
- JAROŠ, J., 1961: Geologický vývoj jižní části Boskovické brázdy (oblast Moravský Krumlov - Veverská Bítýška) v permokarbonu. - *Práce. Brněn. zákl. čs. akad. Věd*, 12, XXXIII, 545-569.
- JAROŠ, J., 1962: Geologický vývoj a stavba Boskovické brázdy. - MS Disert. práce, Přírodověd. fak. Univ. Karlovy. Praha.
- JAROŠ, J., MALÝ, Z., 2001: Boskovická brázda. - In: Pešek, J., Holub, V., Jaroš, J., Malý, L., Martínek, K., Prouza, V., Spudil, J., Tásler, R., *Geologie a ložiska svrchnopaleozoických limnických pánví České republiky*. - 244 s. Český geologický ústav, Praha.
- JELÍNEK, J., LEICHMAN, J., NEHYBA, S., 2003: Bazální sedimentace boskovické brázdy-balinské vs. Rokytenské slepence. In *Moravskoslezské paleozoikum 2003*. Olomouc. - UP Olomouc, od. S 11-12, 2 s.
- LEEDER, M. R., GAWTHORPE, R. L., 1987: Sedimentary models for extensional tilt-block/half-graben basins. - *Geological Society of London Special Publication* 28, 139-152.
- LEEDER, R., JACKSON, J. A., 1993: The interaction between normal faulting and drainage in active extensional basins, with examples from the western United States and central Greece. - *Basin Research* 5, 79-102.
- LIU, Z., COLIN, C., HUANG, W., PHON LE, K., TONG, S., CHEN, Z., TRENTESAUX, A., 2007: Climatic and tectonic controls on weathering in south China and Indochina Peninsula: Clay mineralogical and geochemical investigations from the Pearl, Red, and Mekong drainage basins. - *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 8.
- MALÝ, L., 1973: Rosicko-oslavanská pánev. - 2. exkurze uheldně geologického semináře, Uheldně odd. katedry ložiskové geologie, Přírod. fak., University Karlovy Praha; RUD n. p. Zbýšov u Brna, 8 příloh, 22 p. (knihovna Geol. paleont. odd. Moravské zemské muzeum, Brno).
- MALÝ, L., UHOVÁ, J., 1962: O slepencových souvrstvích v permokarbonu boskovické brázdy v rosicko-oslavanské pánvi. - *Čas. Morav. muz., Vědy přír.*, 47, 53-58.
- MALÝ, L., UHOVÁ, J., 1980: Příspěvek k paleogeografii karbonu v jižní části boskovické brázdy. - *Čas. Morav. muz., Vědy přír.*, 65, 31-42.
- MARTÍNEK, K., VERNER, K., BURIÁNEK, D., ŽÁČEK, V., 2012: Zdrojové horniny detritických biotitů spodněpermických pískovců severního okraje podkrkonošské pánve. - *Zprávy o geologických výzkumech* 46, 2013 (ZGV v roce 2012), str. 45-50.
- MEDARIS, L. 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.
- MEDARIS, L. 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. - *Journal of Geosciences*, 58, 3-19.
- MIKULÁŠ, R., MARTÍNEK, K., 2006: Ichnology of the non-marine deposits of the Boskovice basin (Carboniferous-Permian, Czech Republic). - *Bull. Geosci.* 81, 81-91.
- MITRENGA, P., POLA, I., 1964: Gravimetrické měření v oblasti rosicko-oslavanské pánve. - *Geofyzika n. p. Brno*.
- MCLENNAN, S. M., HEMMING, S., MCDANIEL, D. K., HANSON, G. M., 1993: Geochemical approaches to sedimentation, provenance, and tectonics. In: Johnsson M. J., Basu, A., (Eds.): *Processes Controlling the Composition of Clastic Sediments*. - *Geol. Soc. Am., Special Papers*, 284, 21-40.
- NEHYBA, S., ROETZEL, R., MAŠTERA, L., 2012: Provenance analysis of the Permo-Carboniferous fluvial sandstones of the southern part of the Boskovice Basin and the Zöbing Area (Czech Republic, Austria): implications for paleogeographical reconstructions of the post-Variscan collapse basins. - *Geologica Carpathica*, 63, 365-382.
- NESBITT, H. W., YOUNG, G. M., 1984: Prediction of Some Weathering Trends of Plutonic and Volcanic-Rocks Based on Thermodynamic and Kinetic Considerations. - *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48, 1523-1534.
- OPLUŠTIL, S., SCHMITZ, M., CLEAL, J. C., MARTÍNEK, K., 2016: A review of the Middle-Late Pennsylvanian west European regional substages and floral biozones, and their correlation to the Geological Time Scale based on new U-Pb ages. - *Earth Science Reviews*, 154, 301-335.
- OPLUŠTIL, S., JIRÁSEK, J., SCHMITZ, M., MATÝSEK, D., 2017: Biotic changes around radioisotopically constrained Carboniferous - Permian boundary in the Boskovice Basin (Czech Republic). *Bull. Geosciences* 92, 1, 95-122.
- PEŠEK, J., HOLUB, V., JAROŠ, J., MALÝ, L., MARTÍNEK, K., PROUZA, V., SPUDIL, J., TÁSLER, R., 2001: *Geologie a ložiska svrchnopaleozoických limnických pánví České republiky*. - Český geologický ústav, Praha, 243 p.
- PETRÁNEK, J., POUBA, Z., 1953: Zpráva o výzkumu permokarbonových slepenců v jižní části boskovické brázdy. - *Věstník Ústř. úst. Geol.*, 28, 161-164.

- POUCHOU, J. L., PICOIR, F., 1985: "PAP" procedure for improved quantitative microanalysis. *Microbeam Analysis*, 20, 104-105.
- SUESS, F. E., 1907: Die Tektonik des Steinkohlengebietes von Rossitz und Ostrand des böhmischen Grundgebirges. *Jb. geol. Reichsanst.* 57, 793-834.
- ŠIMŮNEK, Z., MARTÍNEK, K., 2009: Study of Late Carboniferous and Early Permian plant assemblages from the Boskovice Basin, Czech Republic. - *Rev. Palaeobot. Palynol.* 152, 237-269.
- ŠPAČEK, P., 2001: Mikrotektonika a stratigrafie paleozoických vápenců jihozápadního okraje brunovistulika. - MS Doktorandská práce, Přírodověd. fak. Masaryk. univ. Brno.
- WEISS, J., 1966: Ultrabasic rocks of the West Moravian Crystalline Complex. - *Krystalinikum* 4, 171-183.
- WENT, D. J., 2005: Pre-vegetation alluvial fan facies and processes: an example from the Cambro-Ordovician Rozel Conglomerate Formation, Jersey, Channel Islands. - *Sedimentology*. 52, 693-713.
- WHITNEY, D. L., EVANS, B. W., 2010: Abbreviations for names of rock-forming minerals. - *American Mineralogist*. 95, 185-187.