

# CHEMICKÉ SLOŽENÍ TĚŽKÝCH MINERÁLŮ JAKO INDIKÁTOR ZDROJOVÝCH OBLASTÍ PRO KŘÍDOVÉ SEDIMENTY NA JIŽNÍM OKRAJI VYSOKOMÝTSKÉ SYNKLINÁLY (jv. okraj české křídové pánve)

CHEMICAL COMPOSITION OF HEAVY MINERALS AS INDICATORS OF SOURCE AREAS  
FOR CRETACEOUS SEDIMENTS IN THE SOUTH MARGIN VYSOKÉ MÝTO SYNCLINE  
(SE. Margin Czech Cretaceous Basin)

DAVID BURIÁNEK, STANISLAV ČECH, MILOŠ ABRAHÁM

## Abstract

Buriánek, D., Čech, S., Abrahám, M., 2009: Chemické složení těžkých minerálů jako indikátor zdrojových oblastí pro křídové sedimenty na jižním okraji vysokomýtské synklinály (jv. okraj české křídové pánve) – Acta Musei Moraviae, Sci. geol., 94, 83-96.

*Chemical composition of heavy minerals as indicators of source areas for Cretaceous sediments in the south margin Vysoké Mýto syncline (SE. Margin Czech Cretaceous Basin)*

Heavy minerals as garnet, amphibole, tourmaline and staurolite are useful indicators of source areas of sedimentary basins. The observed chemical variation of heavy minerals from Cretaceous marine sediments in south margin Vysoké Mýto syncline indicate uniform source region during formation cenomanian to turonian sediments. The detrital materials, seems to have come from the neighbouring crystalline units in the west and southwest direction as Polička and Svatka Crystalline Complexes. On the other hand evidence for transport directions from southern and southeastern crystalline units (moravicum) is absent. These results probably reflect morphology of pre-cenomanian drainage pattern.

*Key words:* heavy minerals, chemical composition, Czech Cretaceous Basin,

Česká geologická služba, Leitnerova 22, 658 59, Brno; david.burianek@cgu.cz

## Úvod

Sedimentace v české křídové pánvi začala na rozhraní spodní a svrchní křídý rozsáhlou mořskou transgresí. Moře transgredovalo na značně zvětralý povrch krystalinik, který byl částečně překryt staršími limnickými sedimenty. Během cenomanu byla značná část území zakryta paralickými a mořskými sedimenty. Předpokládá se že materiál pro jejich vznik byl lokální patrně pochází z rozmytých zvětralin podložních krystalinik. V turonu začíná nová etapa vývoje sedimentace projevující se tvorbou progradujících písčitých těles, migrujících směrem od zdrojové oblasti (území centrální části Českého masivu) do centra dílčí pánve na Svitavsku (ČECH *et al.* 2005). Dílčí roli v rozmístění facií cenomanských a turonských sedimentů a jejich mocnosti hrála elevace v okolí Stašova (FAJST 1969). Vliv této elevace na sedimentaci v cenomanu až spodní/střední turonu, však prozatím nikdo detailněji nezkoumal. Studium asociace těžkých minerálů umožňuje určit z jaké oblasti byl derivován klastický materiál studovaných sedimentů. Tato studie také

umožňuje alespoň částečně si utvořit představu o paleogeografii pobřežní oblasti během cenomanu.

### Geologická charakteristika

Studované sedimenty leží v oblasti mezi Poličkou a Jedlovou. Jejich stratigrafický rozsah je cenoman–spodní/střední turon a jsou převážně mořského původu. Svým litologickým vývojem patří do faciální oblasti orlicko-žďárské (ZAHÁLKA 1918), popř. do orlicko-žďárského vývoje podle regionálního geologického dělení (SINE 1992). Z hlediska regionálně-strukturálního představují tyto sedimenty jiz. křídlo tzv. vysokomyšské synklinály v jv. části české křídové pánve. Pro tuto část pánve je charakteristická cyklická stavba turonských sedimentů a jejich převážně písčité charakter (pískovce s rohovci, glaukonitické pískovce a vápnité pískovce, tzv. kalianasové pískovce). Oblast, kde tento vývoj převládá, hlavně na Letovicku a Svitavsku, označil ZAHÁLKA (1918) jako orlicko-žďárskou oblast. V současné době je pro tuto oblast křídových sedimentů používáno označení orlicko-žďárský vývoj (SINE 1992). Pro studium byly zvoleny křídové sedimenty tohoto vývoje zastoupené perucko-korycanským a bělohorským souvrstvím o stratigrafickém rozsahu cenoman až spodní/střední turon. Jednotlivá souvrství křídý jsou vymežována ve smyslu litostratigrafického dělení ČECHA *et al.* (1980). Maximální mocnost zachovaných křídových sedimentů dosahuje 100 m.

#### *Perucko-korycanské souvrství (Cenoman)*

Jílovitopísčité uložení perucko-korycanského souvrství vycházejí na povrch v čele první morfologické kuesty, probíhající esovitě podél toku Janského a Zlatého potoka mezi Poličkou a Jedlovou. Odtud se pruh výchozů tohoto souvrství stáčí s. směrem podle denudačního, eventuelně tektonického okraje křídý až k Baldě. Jílovité sedimenty vyvinuté ve spodní části perucko-korycanského souvrství a písčité sedimenty ve svrchní části tohoto souvrství jsou velmi rozpadavé a nevytvářejí výraznější povrchové tvary. V čele kuesty se zachovaly díky tomu, že horní hranu kuesty tvoří pevné opuky bělohorského souvrství. Pata kuesty, tvořená jílovitými sedimenty, je zakryta svahovinami.

V rámci perucko-korycanského souvrství se obvykle vydělují perucké a korycanské vrstvy.

V podloží peruckých vrstev jsou vyvinuty fosilní zvětraliny, přičemž určení hranice se sedimenty peruckých vrstev je mnohdy nejisté. Lokálně, podle popisů některých vrtů, rozhraní tvoří tenká bazální křídová brekcie. Zvětraliny jsou většinou nepřepravené často je dokonce patrná původní neporušená struktura matečné horniny. Zejména pro zvětraliny na tonalitech jsou typické vysoké obsahy biotitu. Mnohdy jde o produkty lateritického zvětrávání z předcenomanského období. Jsou to cihlově červené, červenofialové, hnědočervené či pestře zbarvené, žlutě kropenaté, písčítprachovité a slídnaté horniny. Naspodu či nejdříve v profilu jsou ojediněle vyvinuty bílé kaolinické jíly. Místy je v těchto horninách slabě zachována původní struktura hornin poličského krystalinika či relikty typomorfních minerálů. Hranice s nezvětralými metamorfity a magmatity je podle popisu mapovacího vrtu V 1 v Jedlově (MÍŠAŘ *a kol.* 1965) velmi ostrá. Mocnost fosilních zvětralin se pohybuje od 2 m do 18 m (FAJST, 1969). V předpolí denudačního okraje křídý byly tyto fosilní zvětraliny zastíženy pod slabou kvartérní pokrývkou inženýrsko-geologickým průzkumem (ŠAFÁŘ 1974) v okolí Hedvy v Jedlově.

Perucké vrstvy, charakteristické jílovitými sedimenty a slojkami uhlí, jsou říčního, jezerního a brakického (paralického) původu. Podle popisů vrtných profilů jde většinou o šedočerné slídnaté a písčité jílovce až prachovce. V aleuropelitech jsou šmouhy a tenké pásy (o mocnosti kolem 1 cm) glaukonitických jemnozrnných pískovců. Pískovce tvoří

v jílovcích rovněž lavice, mocné kolem 3 m. Jílovce a prachovce obsahují zbytky zuhelnatělé rostlinné hmoty, ve vyšší části peruckých vrstev byla zjištěna slojka uhlí, mocná 0,20–0,60 m. Uhlí je xyliticko-detritické s úlomky fusitu, obsahuje značnou akumulaci pyritu ve formě drobných konkréci či zrnitých shluků (LÁZNIČKA in MISAŘ *et al.* 1965). Pyritové konkrerce obsahují i jílovité prachovce a pískovcové polohy. Heterolitická povaha sedimentu a obsah glaukonitu napovídá, že jde většinou o brakické uložení při ústí estuárie, popř. o lagunární sedimenty. Mocnost peruckých vrstev klesá z 24 m u Poličky k 0 m (ve vrtu V 4 situovaném těsně za v. okrajem listu Jimramov).

Korycanské vrstvy, převážně glaukonitické pískovce, jsou usazeniny mělkého šelfového moře. Dobře jsou odkryty v zářezech cest stoupajících do jz. svahu první kuesty v Jedlové. Makroskopicky je to zelený až tmavě zelený, jemně až středně zrnitý glaukonitický pískovec. V pískovci jsou časté limonitové konkrerce, popř. až železité krusty. Pískovec pak má až hnědočervené zbarvení, popř. se střídají polohy červenavých a zelených pískovců. Velmi hojné jsou rourkovité biogenní textury. Na příčném průřezu jsou to kruhové útvary, o průměru kolem 1 cm, vyplněné glaukonitem s bílým lemem či naopak je bílá výplň. Typickým ichnogenem je *Macaronichnus* a *Ophiomorpha*. Biogenní textury tvoří místní akumulace tak, že sediment je bile kropenatý a má čočkovitou texturu. Často je v pískovcích patrné šikmé zvrstvení. Podle FORMANOVÉ (1992) ze vzorku z Baldy pískovec obsahuje křemen, glaukonit, živec, slídu a jílovitou matrix. Křemen tvoří asi 30 % sedimentu, zrna křemene jsou angulární až subangulární, některá undulozně zhášejí. Většina zrn má velikost střednozrnného pískovce, zastoupena je i jemnozrnná frakce. Tmavě zelená až černá zrna glaukonitu tvoří 5 až 40 % sedimentu. Mají oválný tvar a velikost kolem 0,2 mm. Ojedinele se vyskytující živec má velikost 0,08 mm. Patrně se jedná o plagioklas. Podle FAJSTA (1961a, b) se akcesoricky vyskytuje granát. Základní hmota má žlutohnědou až zelenou barvu a je tvořena jílovými minerály (illit či montmorillonit). Zrnka jílových minerálů povlékají klasty křemene. Struktura sedimentu je psamitická, tmel je povlakový. Vytřídění, stejně jako zralost pískovce je dobrá. Jedná se o středně zrnitý glaukonitický křemenný pískovec, popř. o glaukonitovec. Méně často se vyskytují polohy světle šedého až hnědožlutého středně až hrubě zrnitého křemenného pískovce. Mocnost glaukonitických pískovců se pohybuje kolem 25–30 m. Směrem na V ke Stašovu se mocnost pískovců zmenšuje na 5–10 m. FAJST (1961a,b) zjistil, že na elevaci v okolí Stašova cenomanské vrstvy úplně chybí.

### ***Bělohorské souvrství (Spodní až střední turon)***

V nadloží jílovitopísčitých sedimentů perucko-korycanského souvrství jsou opuky bělohorského souvrství. Na základě petrografie je můžeme rozdělit na prachovité spongilitické pískovce až prachovce a glaukonitické vápnité pískovce s polohami rohovců

Prachovité spongilitické pískovce až prachovce jsou deskovitě až tlustě lavicovitě odlučné, šedé až modrošedé, světle a tmavě šedě šmouhované a většinou silně bioturbované (bioturbace typu Planolites). Při bázi souvrství jsou vyvinuty o mocnosti kolem 15–20 m spongilitické vápnité prachovce až prachovité slínovce, které mají vzhled opuky. Tato litofacie vystupuje při horní hraně morfologické kuesty mezi Poličkou a Jedlovou, kde se rovněž nachází mnoho, dnes již opuštěných, opukových lomů.

Hranice s podložím je erozivní, zvýrazněná je cca 1 m mocnou polohou glaukonitického jílovito-vápnitého pískovce s fosfatickými konkrercemi a častými fosiliemi spodnoturonských mlžů *Mytiloides mytiloides* Mant. a *M. kossmati* Seitz. Mezi bazálním glaukoniticko-fosfátovým horizontem a nadložními opukami je vyvinuta poloha měkkých vápnitých jílovců o mocnosti 0,60 m. Prachovité spongilitické pískovce až prachovce tvoří jehlice hub, křemen, glaukonit, muskovit, limonitizovaný opákní minerál a jílovito-vápnitá matrix. Sparitový karbonát tvoří asi 30 % horniny. Jedná se většinou o kalcifikované jehlice hub. Kromě jehlic hub se někdy vyskytují i schránky foraminifer vyplněné limoni-

tizovaným pyritem. V nejnižší části bělohorského souvrství se vyskytují jemnozrnné písčité a prachovité subangulární klasty křemene v množství do 5%, směrem do nadloží jich postupně přibývá. Glaukonitu a muskovitu obsahuje sediment max. 1 %. Vápnité prachovce jsou na povrchových výchozech většinou odvápněné. Zatímco nezávětralý sediment obsahuje kolem 45 %  $\text{CaCO}_3$ , v dekalifikovaném obsah karbonátu klesá až na 0,5 %. V takovém případě opuky mají žlutou až hnědožlutou barvu. Ve spodní části bělohorského souvrství je častá konkrecionální kalcifikace. Vápence tvoří dm čočky či polohy ve spongilitických prachovcích a pískovcích. Na základě nálezů mlžů *Mytiloides mytiloides* Mant. jsou spongilitické vápnité prachovce spodnoturonského stáří. Zvláště v Jedlové byly při bázi opuk zjištěny lumachely těchto inoceramidních mlžů a ježovek (*Epiaster michelini*).

Glaukonitické vápnité pískovce s polohami rohovců jsou rozšířeny v Baldském lese u Jedlové. Výchozy těchto pískovců představuje ve sledovaném území výhradně polní či lesní skelet. Přítomnost rohovců a hlízovité struktury horniny jednoznačně vymezují tyto vrstvy. Hranice s podložními opukami není ostrá. Jde o pozvolný vertikální petrografický přechod dvou litofacií v negativně gradačně zvrstveném cyklu bělohorského souvrství. V pískovcích přibývá obsahu křemene a glaukonitu, objevují se chalcedonové rohovce a typická hlízovitá textura horniny. Hornina je hrubozrnější, obsahuje biogenní textury typu *Ophiomorpha* a *Thalassinoides*. Mikroskopicky ze vzorku z Baldského vrchu uvádí FORMANOVÁ (1992) toto složení: křemen, glaukonit, muskovit, ojediněle klasty živců, shluky limonitu a matrix. Křemen má průměrnou velikost 0,09 mm odpovídající jemnozrnné frakci a jeho zrna jsou převážně subangulární, výjimečně semioválné. V některých polohách však dominuje středně i hrubozrnná frakce křemene. Glaukonit se vyskytuje ve formě semioválných až oválných klastů o průměrné velikosti 0,07 mm. Lupinky muskovitu o velikosti 0,2 mm tvoří méně než 1 % horniny. Ojedinělé zrno plagioklasu s dvojčatnými lamelováním má bazicitu odpovídající oligoklasu. Nehojné jsou prokřemenělé zbytky mikrofosilií, patrně spikul hub. Matrix je prachovito-jílovitá. Modální analýza: křemen 58 %, nestabilní klasty 2 %, glaukonit 3 % (v některých polohách je glaukonitu 5 %) a matrix 37 %. Póry zaujmají 15–25 % horniny a vznikly patrně vyloučením veškeré vápnité hmoty. Jedná se o jemně až středně zrnitý odvápněný prachovito-jílovitý pískovec glaukonitický či s příměsí glaukonitu. Původně se jednalo o vápnito-jílovitý pískovec.

U vzorků z vyšší části bělohorského souvrství, na přechodu k chalcedonovému rohovci, docházelo k zatlačování vápnité složky na úkor křemité. Vytvořil se dvougenerační výplňový tmel. Starší generace obklopuje klasty a dutiny po vyloužených jehlicích hub a je tvořena jemně krystalickým křemítem tmelem. Druhá generace je žlutohnědá a místy ji tvoří vláknitý chalcedon. Rohovce tvoří ve vyšší části bělohorského souvrství čočky a nepravidelné polohy. Barva rohovců je bělavá, modrošedá až medově žlutá, odlom je lasturnatý. Mikroskopicky je rohovec tvořen převážně agregáty křemité hmoty, málo (do 5 %) jsou zastoupeny i klasty křemene a neidentifikovatelné bioklasty. Struktura horniny je jemně krystalická.

Mocnost pískovců s rohovci se pohybuje kolem 40 m. Paleontologicky jsou vrstvy velmi chudé. FAJST (1961a) uvádí mlže *Pinna* j. od Pomezí. Na základě nálezů mlže *Mytiloides hercynicus* (Petrasch.) v okolí Poličky se lze domnívat se usazovaly na rozhraní spodního a středního turonu.

## Metodika

Šlichové vzorky z eluvií (3 vzorky) o objemu 10 litrů materiálu byly odebírány pomocí ručně kopaných sond zpravidla do hloubky 40 až 90 cm (co nejnižší ke skalnímu podloží). Vzorky šlichů byly odebrány z eluvií křídových sedimentů. Tato skutečnost mohla ovlivnit zastoupení některých méně odolných těžkých minerálů jejichž obsah se mohl

snížit v souvislosti se zvětráváním. Vzhledem k tomu že studované horniny zvětrávají poměrně snadno a rychle je velmi nepravděpodobné že by šlo o výraznější ovlivnění.

V laboratoři byly usušené koncentráty těžkých minerálů zrnitostně upraveny na síť s velikostí ok 0,15 mm. Koncentrát o zrnitosti 0,15–2 mm byl magnetickou separací za použití permanentního magnetu rozdělen na ferromagnetickou frakci (FMF, obsahuje silně magnetické minerály), magnetickou frakci (MF, paramagnetické minerály) a nemagnetickou frakci (NF, diamagnetické a nemagnetické minerály). Následnou separací v těžkých kapalinách (bromoforn,  $r = 2,85 \text{ g/cm}^3$ ) byly z nemagnetické frakce odstraněny lehké minerály a provedeny barvicí testy na baryt. Všechny získané frakce byly zváženy s přesností na setiny gramu.

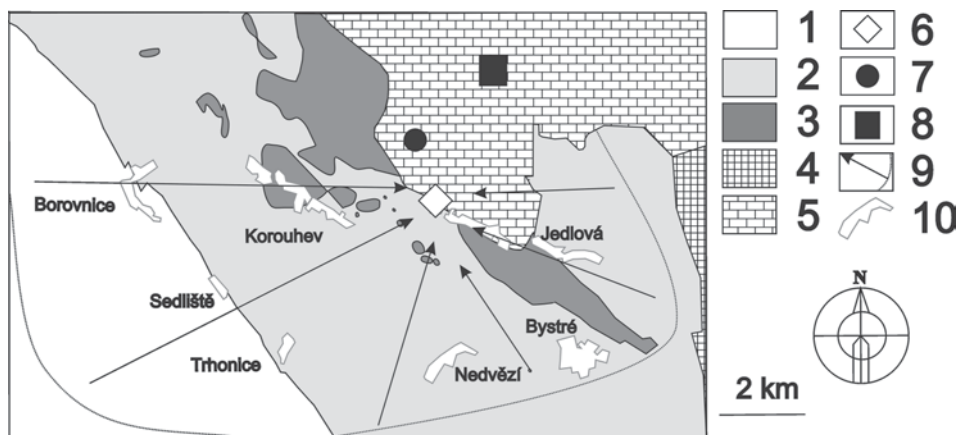
Základní metodou vyhodnocení sličkových vzorků (frakce 0,15–2 mm) byla kompletní semikvantitativní mineralogická analýza. Účelem této analýzy je určení všech složek koncentrátu a vyjádření jejich množství v obsahových třídách v  $\text{g/m}^3$  odebraného materiálu. Určení množství minerálu a jeho zařazení do určité obsahové třídy vychází především z velikosti objemu vyhodnocované frakce, z množství zrn, jejich rozměru a tvaru a ze specifické hmotnosti daného minerálu. Identifikace minerálů a zjištění jejich množství se provádí pod binokulárním stereoskopickým mikroskopem. Minerály jsou určovány podle barvy, průhlednosti, lesku, stupně opracování, zbytků krystalového omezení, druhotných přeměn, srůstů s jinými minerály, tvrdosti, křehkosti, štěpnosti, druhu rozpadu po rozdrčení, vrypu atd. Pro identifikaci scheelitu je používána UV lampa. Vzhledem k obtížné identifikaci některých minerálních druhů se provádí pouze zařazení do příslušné mineralogické skupiny (granáty, turmalíny, pyroxeny, amfiboly atd.). Mineralogickou analýzu koncentrátů těžkých minerálů provedla externí spolupracovnice GEOMIN družstva pí D. Fiřtová.

Analýzy minerálů byly provedeny na elektronové mikrosondě Cameca SX-100 na Ústavu geologických věd PřF MU v Brně. Měření probíhalo ve vlnově disperzním módu za následujících podmínek: urychlovací napětí 15 kV, průměr elektronového svazku 5  $\mu\text{m}$ , proud 30 nA, načítací čas 20 sekund, operátor R. Čopjaková. Jako standardu bylo užito (Ka X-ray linie): augit (Si, Mg), ortoklas (K), jadeit (Na), chromit (Cr), almandin (Al), andradit (Fe, Ca), rodonit (Mn), TiO (Ti). Krystalochemické vzorce turmalínů jsou vypočteny na 31 aniontů přičemž ze stechiometrie byl dopočten B = 3, OH+F = 4, staurolitů byl vypočten na 46 O a krystalochemický vzorec granátu byl vypočten na 12 O. Při vyhodnocení bylo pro amfiboly užito platné klasifikace LEAKE *et al.* (1997) a trojmocné železo bylo počítáno metodou 13eCNK (SCHUMACHER, 1996). Použité zkratky minerálu jsou podle KRETZE (1983).

### Charakteristika předpokládaných zdrojových oblastí

V okolí studovaných výchozů křídových sedimentů nacházíme několik krystalinických jednotek, které mohly být zdrojem klastického materiálu pro tyto sedimenty. Jde zejména o svratecké, poličské a letovické krystalinikum případně moravikum (Obr. 1).

Svratecké krystalinikum je tvořeno hlavně rulami, svory, migmatity a metagranity. Typickým akcesorickým minerálem je turmalín vyskytující se v migmatitech, pararulách a svorech (dokonce tvoří drobné polohy turmalinitů uvnitř svorů). Turmalín z hornin svrateckého krystalinika má poměrně široký rozsah chemického složení ( $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg}) = 0,24\text{--}0,96$ ;  $\text{Al}_{\text{tot}} = 6,05\text{--}6,77 \text{ apfu}$ ), které odpovídá skoryl-dravitu až hliníkem bohatému skoryl-dravitu (Obr. 2). Velmi rozšířeny je zde granát, který se vyskytuje hlavně ve svorech a to společně se staurolitem, kyanitem případně sillimanitem. Granáty z rul, staurolitických svorů a turmalinitů severní a střední části svrateckého krystalinika mají podobné chemické složení ( $\text{Alm}_{73\text{--}88} \text{ Sps}_{1\text{--}15} \text{ Pyr}_{4\text{--}17} \text{ Grs}_{0\text{--}14} \text{ Adr}_{0\text{--}3}$ ). Staurolit s kyanitem jsou ty-

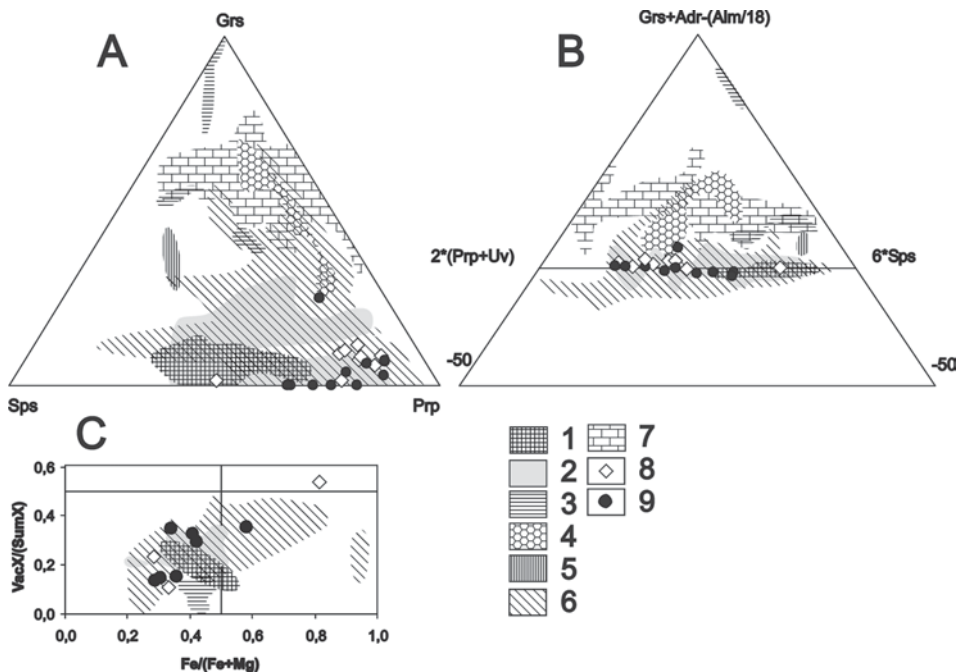


Obr. 1. Pozice studovaných vzorků a předpokládaný rozsah snosové oblasti pro tyto sedimenty. Schéma geologických jednotek (BURIÁNEK *et al.* 2006 a ČECH *et al.* 2005): 1 - svratecké krystalinikum, 2 - poličské krystalinikum, 3 - plutonické horniny poličského krystalinika, 4 - moravikum a letovické krystalinikum, 5 - sedimenty české křídové pánve, 6 - vzorek 7/1, 7 - vzorek 8/1, 8 - vzorek 16/1, 9 - hranice snosové oblasti a hlavní směry transportu do sedimentačního bazénu, 10 - vesnice.

Fig. 1. Distribution of the studied samples and range of source area. Sketch of geological units (BURIÁNEK *et al.* 2006 and ČECH *et al.* 2005): 1 - Svrata Crystalline Complex, 2 - Polička Crystalline Complex, 3 - plutonic rocks in the Polička Crystalline Complex, 4 - Moravicum and Letovice Crystalline Complex, 5 - sediments Czech Cretaceous Basin, 6 - sample 7/1, 7 - sample 8/1, 8 - sample 16/1, 9 - border source area and main transport directions within the sedimentary basin, 10 - village.

pické minerály pro severní část krystalinika a na jihu převažuje sillmanit. Porfyroblasty granátu ve staurolitických svorech většinou vykazují směrem k okrajům růst poměru Mg/Ca. Pro granáty ze svorů se sillmanitem je naopak typický růst poměru Mn/Mg (BURIÁNEK a ČOPIJKOVÁ, 2008). Ve svrateckém krystaliniku se vyskytují dva typy staurolitů, které mají podobný poměr  $Fe/(Fe+Mg) = 0,79-0,88$  ale rozdílné obsahy ZnO. Staurolity rozptýlené ve svorech mají obsahy v rozmezí 0,29–0,96 hm. %, ale staurolity z křemenných čoček ve svorech mají obsahy 3,14–3,41 hm. %. Velmi rozšířenou horninou svrateckého krystalinika jsou migmatity. Tyto horniny ale obsahují granát pouze lokálně. Chemické složení tohoto granátu je poměrně různorodé ( $Alm_{65-88} Sps_{5-23} Pyr_{1-10} Grs_{0-12} Adr_{0-4}$ ). Amfiboly a pyroxeny jsou ve svrateckém krystaliniku zastoupeny málo protože horniny které je obsahují mají jen malý plošný rozsah. Oba minerály se vyskytují zejména v amfibolitech, skarnech a erlanech. Chemické složení amfibolu z amfibolitů leží na hranici mezi magnaziorhornblendem a tschermakitem. Ve většině hornin svrateckého krystalinika nacházíme jako akcesorické minerály apatit, monazit, xenotim, zirkon, ilmenit, rutil a titanit.

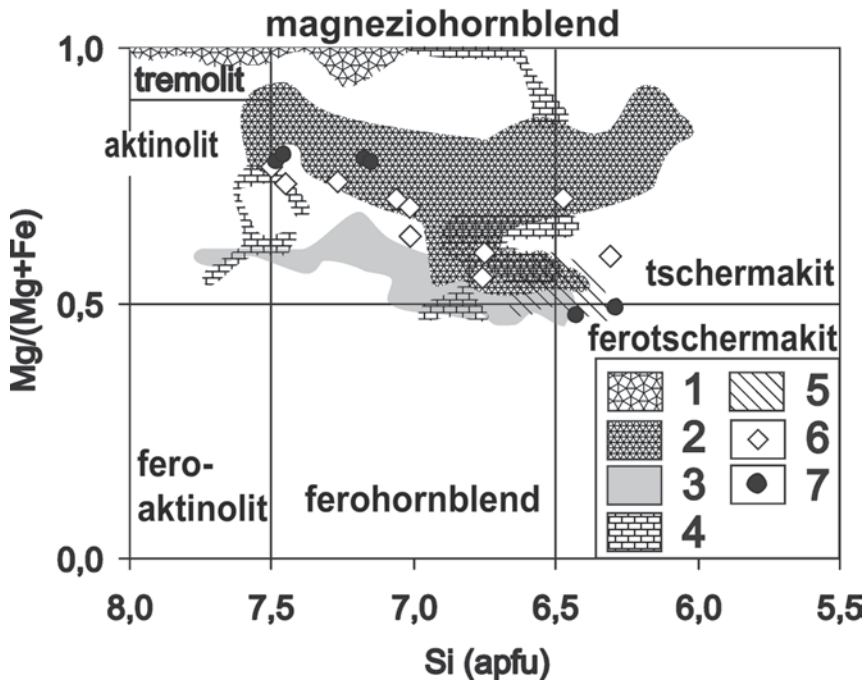
Poličské krystaliniku obsahuje celou řadu horninových typů, avšak většinou jen v malém plošném rozsahu. Charakteristickou horninou jsou drobnozrnné biotitické až dvojslídne pararuly s různou mírou předešlím injekční migmatizace se sillmanitem, granátem a někdy turmalínem. Méně hojně jsou perlové ruly, amfibolity, mramory, metakonglomeráty, grafitické kvarcity a erlany. Většina amfibolů z erlanů a amfibolitů má složení odpovídající magneziorhornblendu (Obr. 3). V jižní části krystalinika vystupují tělesa ortorul a granulitů které obsahují granát a někdy také sillmanit a kyanit. Granáty z rul poličského krystalinika ( $Alm_{58-79} Sps_{1-26} Pyr_{8-21} Grs_{0-5} Adr_{0-5}$ ) mají poněkud vyšší průměrné obsahy Prp a Sps a nižší obsahy Grs ve srovnání s granáty ze svorů a rul svrateckého krystalinika. Granáty ze svorů poličského krystalinika vykazují řadu podobností



Obr. 2. Diagramy Sps - Grs - Prp (A),  $2*(Prp+Uvr) - Gs+Adr-(Alm/18) - 6*Sps$  (B) pro granáty a diagram  $Fe/(FeO+MgO) - Vac X/(Sum X)$  pro turmalíny (C): 1 - ruly poličského krystalinika, 2 - svory poličského krystalinika, 3 - vápenatosilikátové horniny poličského krystalinika, 4 - křemenné diority poličského krystalinika, 5 - granodiority poličského krystalinika, 6 - svory a ruly svrateckého krystalinika, 7 - pískovce z perucko-korycanského souvrství (vzorek 7/1), 8 - prachovitý pískovec z bělohorského souvrství (vzorek 8/1).

Fig. 2. Plots Sps - Grs - Prp (A),  $2*(Prp+Uvr) - Gs+Adr-(Alm/18) - 6*Sps$  (B) for garnets and plot  $Fe/(FeO+MgO) - Vac X/(Sum X)$  for tourmaline (C): 1 - gneisses from Polička crystalline complex, 2 - mica schist from Polička Crystalline Complex, 3 - calc silicate rocks from Polička Crystalline Complex, 4 - quartz diorite from Polička Crystalline Complex, 5 - granodiorite from Polička Crystalline Complex, 6 - mica schists and gneisses from Svratka Crystalline Complex, 7 - sandstone from Peruc-Korycany Formation (sample 7/1), 8 - silty sandstone from Bílá Hora Formation (sample 8/1).

se svory svrateckého krystalinika, ale mají nižší obsahy Grs komponenty ( $Alm_{70-85} Sps_{1-15} Pyr_{8-15} Grs_{0-7} Adr_{0-6}$ ). Staurolyty, které tyto granáty ve svorech provází jsou charakterizovány  $Fe/(Fe+Mg) = 0,79-0,89$  a nízkým obsahem ZnO do 0,6 hm. %. Ve svorech se také často vyskytuje kyanit. Turmalíny ve svorech a v rulách mají podobné složení ( $Fe/(Fe+Mg) = 0,21-96$ ;  $Al_{tot} = 5,57-6,82$  apfu) a odpovídají skoryl-dravitu až hliníkem bohatému skoryl-dravitu. Horniny poličského krystalinika jsou proráženy plutonickými horninami. Bazické a ultrabazické horniny tvoří celou řadu drobných těles (většinou desítky až stovky m v průměru). Amfiboly v ultrabazických horninách a mramorech mají složení tremolitu vzácně magneziohornblendu. Amfibol-pyroxenická až amfibol-biotitická gabra obsahující magneziohornblend. Největší plošný rozsah mají amfibolicko-biotitické tonality až granodiority někdy s pyroxenem nebo granátem. Tonality obsahují amfiboly o složení magneziohornblendu, tschermakitu a aktinolitu. Granát ve vyvřelých horninách má poněkud vyšší obsahy Grs komponenty (Obr. 2) než granát v rulách a svorech ( $Alm_{62-80} Sps_{2-15} Pyr_{4-14} Grs_{7-16} Adr_{0-4}$ ). Vystupují zde také žíly a tělesa biotitických až muskovit-biotitických granitů, pegmatitů a aplitů. Také v poličském krystaliniku se jako ak-



Obr. 3. Klasifikační diagram Si - Mg/(Mg+Fe) (LEAKE *et. al.* 1997) pro studované amfiboly: 1 - mramory a ultrabazické horniny poličského krystalinika, 2 - gabra poličského krystalinika, 3 - tonality poličského krystalinika, 4 - amfibolity a vapenatosilikátové horniny poličského krystalinika, 5 - amfibolity a vapenatosilikátové horniny svrateckého krystalinika, 6 - pískovce z perucko-korycanského souvrství (vzorek 7/1), 7 - prachovitý pískovec z bělohorského souvrství (vzorek 8/1).

Fig. 3. Classification diagram Si - Mg/(Mg+Fe) (LEAKE *et. al.* 1997) for the study amphiboles: 1 - marbles and ultrabasic rocks from Polička Crystalline Complex, 2 - gabbros from Polička Crystalline Complex, 3 - tonalities from Polička Crystalline Complex, 4 - amphibolites and calc-silicate rocks from Polička Crystalline Complex, 5 - amphibolites and calc silicate rocks from Svratka Crystalline Complex, 6 - sandstone from Peruc-Korycany Formation (sample 7/1), 7 - silty sandstone from Bílá Hora Formation (sample 8/1).

cesorické minerály běžně vyskytují apatit, monazit, xenotim, zirkon, ilmenit, rutil a titanit. Z velké části se složení turmalínu z této jednotky podobá turmalinům ze svrateckého krystalinika.

Letovické krystalinikum se skládá z metamorfovaných bazických až ultrabazických hornin na jedné straně a dvojslídnych granátických svorů až rul, polohy kvarcitů, kvarcických rul, metalyditů, vápenců a grafitických hornin na straně druhé. Hlavními minerály typickými po tuto jednotku jsou tedy amfibol, granát a kyanit. Svory obsahují granát o složení ( $\text{Alm}_{52-75} \text{Sps}_{0-27} \text{Pyr}_{2-20} \text{Grs}_{4-22} \text{Adr}_{0-5}$ ; ČOPIJKOVÁ, 2001).

Posledním krystalinikem v předpokládané zdrojové oblasti je moravikum, které je zde zastoupeno hlavně olešnickou skupinou tvořenou svory, mramory a grafitickými horninami (typickými minerály jsou granát, kyanit a amfibol). Granáty ze svorů a grafitických hornin se liší od svrateckého a poličského krystalinika vyššími obsahy Grs komponenty ( $\text{Alm}_{51-79} \text{Sps}_{0-14} \text{Pyr}_{2-16} \text{Grs}_{7-28} \text{Adr}_{0-4}$ )



## Těžké minerály

Byly odebrány tři vzorky ze stratigraficky odlišných částí křídových sedimentů jž. křídla vysokomýtské synklinály. Korycanské vrstvy jsou zastoupeny pouze jedním vzorkem glaukonitického pískovce. Bělohorské souvrství je reprezentováno vzorkem prachovitých spongilitických pískovců až prachovců a jedním vzorkem nadložních glaukonitického vápnatého pískovce s polohami rohovců. Tento soubor je příliš malý pro jednoznačnou interpretaci vývoje složení minerální frakce těžkých minerálů od spodního cenoman až po střední turon. Přesto nám umožňují vytvořit si alespoň základní přehled o snosových oblastech pro tuto část křídové pánve během vzniku těchto sedimentů.

Všechny studované vzorky mají podobné složení frakce těžkých minerálů (Tab. 1). Převažuje granát společně s amfibolem (oba minerály mají ve všech vzorcích 1–50 g/m<sup>3</sup>). Řada dalších minerálů jako pyroxen, ilmenit, turmalín, kyanit se vyskytuje v obsazích mezi 0,1–5 g/m<sup>3</sup>. Ostatní minerály jako apatit, monazit, xenotim, zirkon, sillimanit, staurolit a titanit se téměř vždy vyskytují v nižších obsazích (obr. 3). Směrem do mladších sedimentů poněkud roste zastoupení pyroxenu a klesá zastoupení ilmenitu, staurolitu a sillimanitu.

Chemické složení granátu, amfibolu, turmalínu a staurolitu bylo studováno pouze ve vzorku pískovce z korycanských vrstev a vzorku prachovitých spongilitických pískovců z bělohorského souvrství (tab. 2 a 3). Granáty z korycanských vrstev (Alm<sub>66–72</sub> Sps<sub>3–15</sub> Pyr<sub>13–25</sub> Grs<sub>0–4</sub> Adr<sub>0–4</sub>) se svým chemickým složením blíží chemickému složení granátů z bělohorského souvrství (Alm<sub>66–75</sub> Sps<sub>2–9</sub> Pyr<sub>16–23</sub> Grs<sub>0–7</sub> Adr<sub>2–3</sub>) a také rozsah chemického složení amfibolů a turmalínů je podobný (obr. 2 a 3). Z obou vzorků se podařilo získat po jedné chemické analýze staurolitu. Obě analýzy vykazují značnou podobnost v obsazích ZnO = 0,1 a Fe/(Fe+Mg) = 0,82.

## Diskuse

Přítomnost minerální asociace amfibol+granát+turmalín+kyanit±sillimanit±staurolit se poměrně dobře shoduje s mineralogií podložních krystalinik, která vystupují v okolí studovaných lokalit. Jedná se zejména o amfibolity a metapelity svrateckého a poličského krystalinika případně plutonity poličského krystalinika.

Chemické složení minerálů v obou studovaných vzorcích je podobné. Chemické složení granátů z obou studovaných vzorků odpovídá granátům ze staurolitických svorů poličského krystalinika případně svorů bez staurolitu z jižní, nebo střední částí svrateckého

Tabulka 1. Obsah minerálů v g/m<sup>3</sup> v těžkém podílu z křídových sedimentů (lokalizace viz. obr. 1 a geografické koordináty X, Y).

Table 1. Volume of minerals in g/m<sup>3</sup> from heavy minerals concentrate from Cretaceous sediments (localization same as fig. 1 and geographic coordinates X, Y)

Označení	1/7	1/8	1/16
Lokalita	Jedlová	Modřec	Modřec
Y	615251	615243	618686
X	1104665	1105588	1099582
FLUORIT	< 0,1	0	0
BARYT	< 0,1	0	< 0,1
PYRIT	0	0	< 0,1
ILMENIT	0,1–1,0	1–5	< 0,1
RUTIL+ANATAS	< 0,1	0,1–1,0	< 0,1
MONAZIT	< 0,1	0	< 0,1
APATIT	< 0,1	0,1–1,0	< 0,1
GRANÁT	1–5	5–50	1–5
ZIRKON	< 0,1	< 0,1	< 0,1
SILLIMANIT	< 0,1	0	0
KYANIT	0,1–1,0	0,1–1,0	0,1–1,0
STAUROLIT	< 0,1	< 0,1	0
TITANIT	< 0,1	< 0,1	0
TURMALÍNÝ	0,1–1,0	0,1–1,0	0,1–1,0
PYROXENY	0,1–1,0	0,1–1,0	1–5
AMFIBOLY	1–5	1–5	5–50
GLAUKONIT	0	5–50	< 0,1
LIMONIT	100–500	0,1–1,0	50–100
BIOTIT	0,1–1,0	0	1–5

Tabulka 2. Chemické složení granátu.  
Table 2. Chemical composition of garners.

lokality	1_7	1_7	1_7	1_7	1_8	1_8	1_8	1_8	1_8
SiO <sub>2</sub>	37,41	36,48	37,43	37,42	37,17	37,14	37,14	36,51	36,75
TiO <sub>2</sub>	0,01	0,00	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00	0,07	0,00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21,34	21,05	21,30	21,42	20,86	20,94	21,16	20,59	21,08
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,04	0,01	0,04	0,06	0,23	0,18	0,06	0,03	0,01
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,85	0,98	0,94	0,97	1,11	1,11	0,85	1,44	1,15
FeO	31,94	31,55	32,30	31,59	31,35	32,06	32,54	34,07	31,89
MnO	2,36	6,30	1,68	1,69	2,35	1,35	1,07	2,38	2,34
MgO	5,23	3,34	5,30	5,64	5,69	5,75	5,62	4,05	5,21
Na <sub>2</sub> O	0,01	0,01	0,03	0,00	0,01	0,02	0,00	0,01	0,00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,02	0,00	0,01	0,02	0,01	0,03	0,01	0,16	0,03
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03	0,00	0,27	0,00	0,07	0,01	0,00	0,03	0,13
CaO	1,82	1,17	1,80	2,30	1,44	1,64	1,60	1,02	1,58
Total	101,05	100,88	101,11	101,12	100,30	100,22	100,04	100,35	100,17
Si <sup>4+</sup>	2,951	2,933	2,951	2,941	2,952	2,949	2,953	2,937	2,933
P <sup>5+</sup>	0,002	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,000	0,011	0,002
Ti <sup>4+</sup>	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,004	0,000
T - site	2,953	2,933	2,953	2,943	2,954	2,951	2,953	2,952	2,935
Al <sup>3+</sup>	1,984	1,995	1,979	1,984	1,952	1,959	1,982	1,951	1,983
Cr <sup>3+</sup>	0,003	0,001	0,002	0,004	0,015	0,011	0,004	0,002	0,001
Fe <sup>3+</sup>	0,051	0,059	0,056	0,057	0,066	0,066	0,051	0,087	0,069
Ti <sup>4+</sup>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Y <sup>3+</sup>	0,001	0,000	0,011	0,000	0,003	0,000	0,000	0,001	0,005
B - site	2,039	2,055	2,049	2,046	2,036	2,037	2,037	2,042	2,058
Fe <sup>2+</sup>	2,107	2,121	2,130	2,077	2,083	2,128	2,164	2,292	2,129
Mn <sup>2+</sup>	0,158	0,429	0,112	0,113	0,158	0,091	0,072	0,162	0,158
Mg <sup>2+</sup>	0,615	0,400	0,623	0,661	0,673	0,680	0,666	0,486	0,619
Ca <sup>2+</sup>	0,154	0,101	0,152	0,194	0,123	0,140	0,137	0,087	0,135
Na <sup>+</sup>	0,001	0,002	0,006	0,000	0,002	0,004	0,000	0,003	0,000
A - site	3,035	3,053	3,023	3,044	3,039	3,043	3,038	3,031	3,041
Alm	69	68	70	67	68	69	70	75	69
Andr	3	3	3	3	3	3	3	3	4
Grs	2	0	2	3	0	1	2	0	1
Prp	21	14	21	22	23	23	23	17	21
Sps	5	15	4	4	5	3	2	6	5
Uv	0	0	0	0	1	1	0	0	0

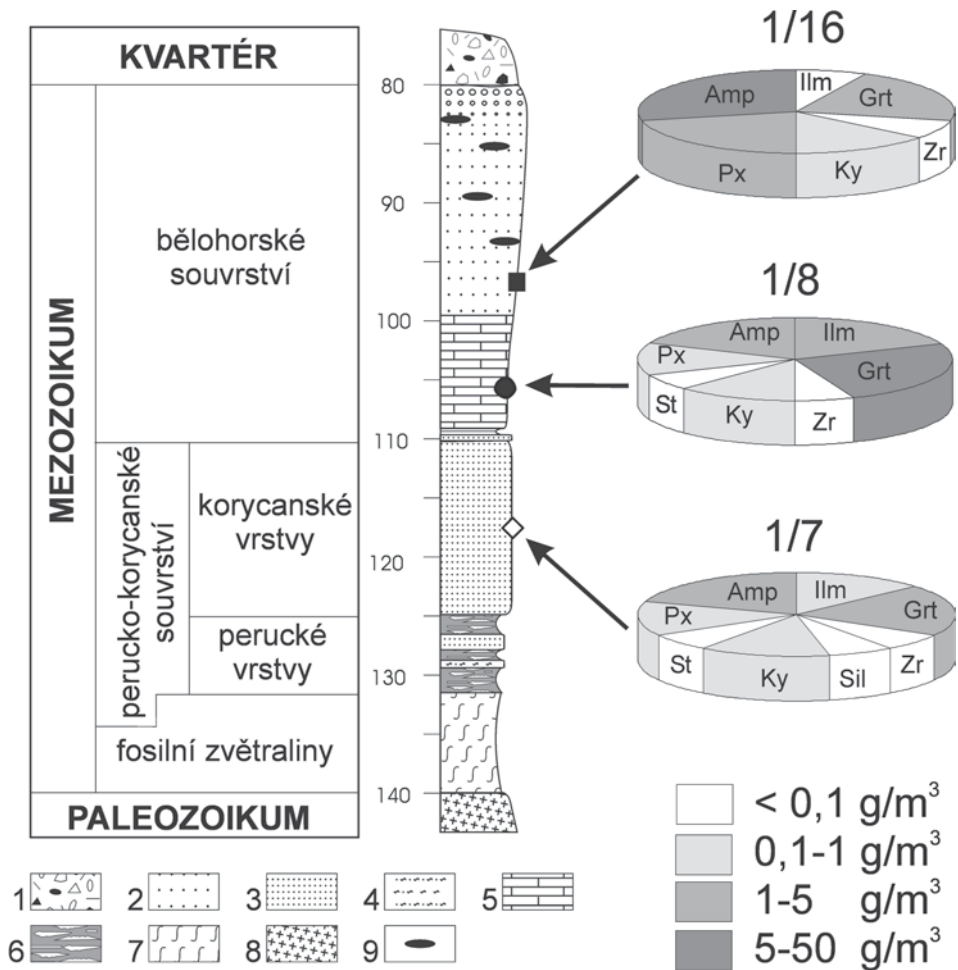
krystalinika (obr. 2). Staurolitu s nízkým obsahem Zn je minoritní, ale typickou součástí asociace těžkých minerálů křídových sedimentů. Přítomnost tohoto staurolitu společně granáty, které mají chemické složení podobné jako granáty ze svorů poličského krystalinika, indikuje že část studovaných granátů patrně pochází z této geologické jednotky nikoli ze svrateckého krystalinika. Ve spektru chemického složení studovaných granátů také chybí Sps bohatý granát, který se vyskytuje v migmatitech svrateckého krystalinika. To podporuje domněnku že poličské krystalinikum bylo důležitým zdrojem klastického ma-

Tabulka 3. Chemické složení amfibolů.

Tabule 3. Chemical composition of amphiboles.

lokality	1_7	1_7	1_7	1_7	1_7	1_7	1_8	1_8	1_8	1_8	1_8
SiO <sub>2</sub>	51,71	48,10	45,88	43,08	45,28	44,83	41,64	52,30	53,68	42,23	48,45
TiO <sub>2</sub>	0,37	0,62	1,08	1,39	1,22	1,64	1,20	0,14	0,05	0,86	0,82
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,66	8,63	10,28	11,49	10,18	13,45	13,17	4,81	2,09	11,91	7,40
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,09	0,02	0,00	0,03	0,00	0,00	0,01	0,04	0,13	0,00	0,15
FeO	10,14	12,46	13,23	13,64	14,95	9,26	15,26	8,03	16,76	16,32	10,88
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,86	1,71	1,99	2,09	1,50	2,78	4,39	2,00	1,46	3,05	1,22
MgO	15,74	12,59	11,49	10,70	10,43	12,66	8,25	17,01	19,85	8,34	14,24
CaO	12,68	11,99	11,78	12,07	11,82	11,45	11,32	11,99	2,41	12,06	12,54
MnO	0,24	0,44	0,28	0,29	0,20	0,22	0,29	0,32	0,51	0,39	0,29
Na <sub>2</sub> O	0,41	0,85	1,08	1,04	0,93	1,37	1,22	0,43	0,19	0,85	0,79
K <sub>2</sub> O	0,28	0,53	0,57	1,34	0,78	0,32	0,74	0,16	0,02	1,38	0,59
Cl	0,02	0,04	0,02	0,07	0,06	0,04	0,08	0,02	0,01	0,15	0,03
H <sub>2</sub> O*	2,10	2,07	2,05	2,01	2,03	2,10	2,00	2,12	2,10	1,99	2,07
O=Cl	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,02	0,00	0,00	-0,03	-0,01
Total	99,29	100,04	99,73	99,23	99,35	100,10	99,54	99,36	99,25	99,48	99,46
<b>T:</b> Si <sup>4+</sup>	7,452	7,006	6,753	6,461	6,747	6,459	6,284	7,457	7,729	6,421	7,057
Al <sup>3+</sup>	0,548	0,994	1,247	1,539	1,253	1,541	1,716	0,543	0,271	1,579	0,943
<b>C:</b> Al <sup>3+</sup>	0,243	0,488	0,536	0,491	0,535	0,743	0,626	0,265	0,084	0,554	0,327
Ti <sup>4+</sup>	0,040	0,067	0,120	0,157	0,136	0,178	0,136	0,015	0,005	0,098	0,090
Fe <sup>3+</sup>	0,094	0,188	0,220	0,236	0,168	0,301	0,499	0,215	0,158	0,349	0,133
Cr <sup>3+</sup>	0,010	0,003	0,000	0,004	0,000	0,000	0,002	0,004	0,015	0,000	0,017
Mg <sup>2+</sup>	3,382	2,733	2,522	2,392	2,317	2,719	1,856	3,615	4,261	1,890	3,093
Fe <sup>2+</sup>	1,222	1,518	1,602	1,711	1,844	1,059	1,883	0,886	0,477	2,075	1,325
Mn <sup>2+</sup>	0,009	0,003	0,000	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,033	0,015
<b>B:</b> Mg <sup>2+</sup>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe <sup>2+</sup>	0,000	0,000	0,026	0,000	0,018	0,057	0,043	0,071	1,540	0,000	0,000
Mn <sup>2+</sup>	0,020	0,051	0,035	0,028	0,025	0,027	0,036	0,038	0,062	0,016	0,020
Ca <sup>2+</sup>	1,957	1,870	1,858	1,939	1,888	1,767	1,830	1,831	0,371	1,965	1,957
Na <sup>+</sup>	0,023	0,079	0,081	0,032	0,069	0,150	0,090	0,059	0,026	0,019	0,023
<b>A:</b> Na <sup>+</sup>	0,093	0,160	0,226	0,270	0,198	0,232	0,265	0,059	0,027	0,230	0,199
K <sup>+</sup>	0,052	0,099	0,106	0,256	0,149	0,059	0,143	0,030	0,004	0,268	0,110
Cl <sup>-</sup>	0,005	0,010	0,006	0,017	0,016	0,009	0,021	0,004	0,002	0,037	0,007
Sum	15,144	15,260	15,332	15,526	15,347	15,291	15,409	15,089	15,030	15,498	15,309

teriiálu pro tyto sedimenty. Některé granáty mohou pocházet z rul poličského krystalinika a jeden granát se svým chemickým složením blíží granátu z křemenných dioritů poličského krystalinika (podobné je také chemické složení granátů ze severní části svrateckého krystalinika). Mísení materiálu ze svorů a rul poličského a svrateckého krystalinika též dokládá složení turmalínu. Část turmalínu pochází z rul a svorů poličského krystalinika (drobná zonální zrna) a část spíše odpovídá turmalínu ze svorů svrateckého krystalinika. Amfiboly mohou pocházet hlavně z gaber, amfibolitů, vápenatosilikátových hornin a tonalitů poličského krystalinika (obr. 3). Chemické složení některých zrn (tab. 3) naznačuje že pochází z amfibolitů svrateckého krystalinika. Spektrum a chemické složení těžkých minerálů velmi dobře koresponduje s minerály v horninách, které vystupují západně a jihozápadně od studovaných výskytů. Naopak ve spektru těžkých minerálů chybí důkazy o přínosu z olešnické skupiny moravika, která leží na jihovýchodě. Ve spektru těžkých minerálů ze studovaných vzorků totiž chybí granáty z moravika. Granáty z letovického krys-



Obr. 4. Přehled litostratigrafických jednotek křídových sedimentů na jižním okraji vysokomýtské synklinály: 1 - deluviální sedimenty; 2 - vápnité pískovce; 3 - glaukonitické pískovce; 4 - jílovité pískovce; 5 - spongilitické prachovce a slinovce (opuky); 6 - jílovité prachovce a pískovce s organikou (heterolitické sedimenty); 7 - fosilní zvětraliny; 8 - horniny poličského krystalinika; 9 - chalcedonové rohovce. Koláčové diagramy vyjadřují zastoupení vybraných těžkých minerálů v různých částech litostratigrafického sloupce (stejně symboly jako na obr. 1).

Fig. 4. Summary lithostratigraphic column of Cretaceous sediments on the south margin Vysoké Mýto syncline: 1 - deluvial deposits; 2 - calcareous sandstone; 3 - green sand; 4 - argillaceous sandstone; 5 - spongilitic siltstone and marlstone (opoka); 6 - argillaceous, carbonaceous siltstone and sandstone (heterolitic sediments), 7 - fossil products of weathering; 8 - rocks of Polička Crystalline Complex; 9 - chalcedony cherts. Doughnut chart showing proportion selected heavy minerals in different parts of lithostratigraphic column (symbols as in fig. 3).

talinika mají velmi podobné složení jako granáty z moravika případně svrateckého krystalinika a není možné je využít pro určení proveniencí studovaných sedimentů.

Složení spektra těžkých minerálů a jejich chemické složení naznačuje relativně časově a prostorově stabilní zdroj materiálu pro sedimenty cenoman až spodní/střední turon ve studované části vysokomýtské synklinály. Sedimentární materiál měl lokální charakter

a byl přinášén do sedimentární pánve od jihu a jihozápadu. Jednalo se zejména o zvětřalinu poličského a svrateckého krystalinika. Ve spektru těžkých minerálů naopak chybí granáty z moravika což naznačuje absenci přínosu materiálu z větších vzdáleností od jihovýchodu a východu. Také chybí granáty typické pro moldanubikum (např. granáty z granulitů mají specifické složení které ve studovaném souboru dat chybí, ČOPIJKOVÁ, 2001). Dokonce chybí granáty z granulitového tělesa u Víru v poličském krystaliniku (srovnej ČOPIJKOVÁ, 2001). Přínejmenším cenomanu byla zdejší sedimentární pánve dotována materiálem ze svorů na východním okraji poličského krystalinika. Chybějící přínos materiálu z jednotek ležících dále na východ a jihovýchod patrně souvisí s existencí předkřídové elevace v okolí Stašova (FAJST 1969), případně jejím pokračováním dále na jihozápad do okolí obcí Bystré a Nedvězí (obr. 1). To naznačuje nepřítomnost granátů z granulitového tělesa u Víru. Chemické složení amfibolů zase dokládá přínos z plutonických hornin a patrně také amfibolitů poličského krystalinika.

Povrch studované oblasti byl před transgresí moře v cenomanu patrně rozčleněn řadou morfologických elevací, které výrazně ovlivňovaly tvar tehdejší říční sítě. Vznik elevací patrně souvisel s tektonickou aktivitou a byl výrazně ovlivněn intenzivním zvětřáváním. Tímto způsobem můžeme dobře vysvětlit spektrum těžkých minerálů v sedimentech korycanských vrstev, které vznikly v mělkém šelfovém moři poblíž pobřeží. Otázkou zůstává, proč sedimenty bělohorského souvrství, které vznikaly poněkud dále od pobřeží a mají velmi podobnou asociaci těžkých minerálů. Na základě současných dat není možné jednoznačně odpovědět. Většina zrn turmalínu a granátů pochází z hornin svrateckého krystalinika a granát může pocházet z plutonických hornin poličského krystalinika (podobné horniny vystupují sz. od studované lokality). Nebyly nalezeny amfiboly pocházející z amfibolitu poličského krystalinika, které se vyskytují hlavně v jižně od studované lokality ale některá zrna mohou pocházet z amfibolitů svrateckého krystalinika. To ukazuje na přisun materiálu spíše od západu nebo jihozápadu někde v oblasti kolem hranice poličského a svrateckého krystalinika.

## Závěry

Studované vzorky z korycanských vrstev a bělohorského souvrství obsahují velmi podobné spektrum těžkých minerálů. Ve všech vzorcích převažuje amfibol, staurolit a granát a vždy jsou zastoupeny minerály typické pro horniny metamorfované v amfibolitové facii (staurolit, kyanit a někdy také sillimanit). Celkové složení frakce těžkých minerálů dobře souhlasí s předpokládaným spektrem těžkých minerálů, které mohlo být generováno ze zvětřalých hornin poličského a svrateckého krystalinika. Oba vzorky vykazují podobný rozsah chemického složení granátů, turmalínu, staurolitu a amfibolu.

V různých stratigrafických horizontech v oblasti mezi Jedlovou a Poličkou (na jižním okraji vysokomýtské synklinály) se zastoupení těžkých minerálů stejně jako rozrůzněnost jejich chemického složení výrazně nemění. Předpokládáme poměrně homogenní a časově neměnný zdroj klastického materiálu pro sedimenty se stratigrafickým rozsahem cenoman až spodní/střední turon. Tímto zdrojem pro cenomanské sedimenty hlavně byly zvětřalé horniny poličského a svrateckého krystalinika. Chemické složení granátů indikuje že ve studovaných sedimentech není přítomen klastický materiál z moravika. Toto překvapivé zjištění patrně vyplývá z morfologie předkřídového reliéfu. Povrch před křídovou transgresí patrně nebyl zcela zarovnaný. Lokálně zde existovaly výrazné elevace (např. u Stašova), které ovlivňovaly tvar cenomanské říční sítě.

Sedimentární pánve byla pravděpodobně dotována klastickým materiálem z toků, které přitékaly hlavně od západu a jihozápadu. Ve směru od východu a jihovýchodu probíhal transport materiálu pouze na vzdálenosti prvních kilometrů. V této oblasti byla denudační oblast omezena předkřídovou elevací v okolí Stašova. Tato elevace patrně pokračovala dále na jihovýchod.

čovala dále na jihozápad do okolí obcí Bystře a Nedvězí. Mořské sedimenty turonu obsahují těžké minerály, které byly derivovány z podobné snosové oblasti jako sedimenty cenomanu. Patrně se jednalo o oblasti při hranici mezi svrateckým a poličským krystalinikem ležící západně od dnešní lokality.

## Poděkování

Autoři děkují J. Šmerdovi a L. Jarošové za kritické pročtení rukopisu. Práce byla vypracována s finanční podporou projektu 6328 (Geologické mapování CHKO Žďárské vrchy v měřítku 1:25 000) a GACR205/06/1431 (Model látkové bilance těžkých kovů a radiogenních elementů v oblasti malých povodí kolem nádrže Vír).

## LITERATURA

- BURIÁNEK, D., ČOPIAKOVÁ, R., (2008): Turmalíny ze svorů svrateckého krystalinika. - *Acta Mus. Moraviae, Sci. geol.*, 92.
- BURIÁNEK, D., BRÍZOVÁ, E., ČECH, S., ČURDA, J., FŮRYCH, V., HANŽL, P., KIRCHNER, K., LYSENKO, V., ROŠTÍNSKÝ, P., RÝDA, K., SKÁČELOVÁ, D., SKÁČELOVÁ, Z., VERNER, K., VÍT, J., 2006: Vysvětlivky k základní geologické mapě ČR 1 : 25 000 24-112 Jedlová. - *MS, Výzkumná zpráva, MS MŽP, Archiv ČGS*, p 89.
- ČECH, S., KLEIN, V., KRÍŽ, J., VALEČKA, J. (1980): Revision of Upper Cretaceous Stratigraphy of the Bohemian Cretaceous Basin. - *Věst. Ústř. Úst. geol.*, 55, 5, 277-296. Praha.
- ČECH, S., BRÍZOVÁ, E., BURIÁNEK, D., ČURDA, J., FŮRYCH, V., KIRCHNER, K., LYSENKO, V., MRNKOVÁ, J., ROŠTÍNSKÝ, P., RÝDA, K., SKÁČELOVÁ, Z., VÍT, J., (2005): Základní geologická mapa České republiky 1:25 000. List 14-334 Polička. - *MS, Výzkumná zpráva, Čes. geol. služ. Praha*.
- ČOPIAKOVÁ, R. (2001): Využití chemismu detritických granátů při zjišťování provenience sedimentů kulmu Dražanské vrchoviny. - *MS, diplomová práce PŘF MU*, 83, Brno.
- Fajst, M. (1961a): Geologické a hydrogeologické poměry krystalinika a křídového útvaru jižně a východně od Poličky. - *MS, Diplom. práce PŘFUK Praha*.
- FAJST, M. (1961b): Krystalinikum a křída jižně a východně od Poličky. - *Zpr. geol. Výzk. v Roce 1960*, 34-36. Praha.
- FAJST, M. (1969): Příspěvek k poznání facií a tektoniky křídý jižního rozhraní vysokomytské a svitavské pánve. - *Čas. Min. Geol.*, 14, 1, 11-22. Praha.
- FORMANOVÁ, Š. (1992): Litologické a faciální poměry křídových sedimentů východně a jihovýchodně od Poličky. - *MS, Dipl. práce PŘFUK Praha*.
- KRETZ, R. (1983): Symbols for rock-forming minerals. - *Amer. Mineralogist*, 68, 277-279.
- LEAKE, B. E. - WOOLLEY, A. R. - ARPS, C. E. S. - BIRCH, W. D. - GILBERT, M. C. - GRICE, J. D. - HAWTHORNE, F. C. - KATO, A. - KISCH, H. J. - KRIVOVICHEV, V. G. - LINTHOUT, J. C. - LAIRD, J. - MANDARINO, J. - MARESCH, W. V. - NICKEL, E. H. - ROCK, N. M. S. - SCHUMACHER, J. C. - SMITH, D. C. - STEPHENSON, N. C. N. - UNGARETTI, L. - WHITTAKER, E. J. W. - YOUZHI, G. (1997): Nomenclature of amphiboles. Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association Commission on New Minerals and Mineral Names. - *Eur. J. Mineral.*, 9, 623-651.
- Mísař, Z. a kol. (1965): Vysvětlivky k listu geologické mapy 1:50.000 M-33-93-B Bystřice nad Pernštejnem. Závěrečná zpráva. - *MS Úst. geol. věd Přírodověd. fak. Univ. Karlovy. Praha*.
- SCHUMACHER, J. (1996): The estimation of the proportion of ferric iron in the electron-microprobe analysis of amphiboles. - *Can. Mineral.*, 34, 238-246.
- SINE (1992): Regionálně geologické dělení Českého masivu na území České republiky. - *Čas. Mineral. Geol.*, 37, 4, 257-275. Praha.
- ŠAFÁŘ, F. (1973): Jedlová - PŮP - inženýrsko-geologické posouzení. - *MS, Stavoprojekt, Hradec Králové, Pardubice (ČGS - Geofond, V 69659)*.
- ZAHÁLKA, Č. (1918): Východočeský útvar křídový. Část jižní. - Roudnice.