

MODEL RELIÉFU KRYSTALINIKA V PODLOŽÍ SEDIMENTŮ ČESKÉ KŘÍDOVÉ OBLASTI (DLOUHÉ MEZE)

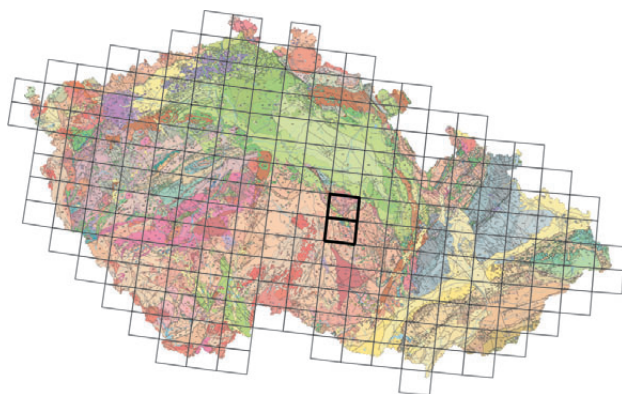
The 3D model of the crystalline basement of the Cretaceous sediments (Dlouhá mez region)

ZUZANA SKÁCELOVÁ¹ – MIROSLAV REJCHRT² – BEDŘICH MLČOCH²

¹ Česká geologická služba, Erbenova 348, 790 01 Jeseník

² Česká geologická služba, Klárov 3, 118 21 Praha 1

(13-44 Hlinsko, 23-22 Žďár nad Sázavou)



Key words: 3D model, crystalline relief, Cretaceous sediments, solid geological map, gravity

Abstract: Borehole database, geophysical data and detailed geological mapping at a scale of 1 : 25 000 were combined in 3D modelling of relief of crystalline basement rocks underlying Cretaceous platform sediments. Boundaries of individual geological units were plotted along with location of the major tectonic structures. Detailed geophysical data are based on the vertical electric sounding results and are coupled with regional geophysical ones derived from magnetic and gravity survey. SURFER8 software by Golden Software, Inc. was used and more than 86 000 data have been gathered. The basement of Cretaceous sediments is built by rocks metamorphosed to highly varying degree ranging from zeolite to amphibolite facies. Plutonic rocks dominate the central northern part of the investigated area. The mafic Ransko massif occupies the central position in the area. Several structural highs and lows have been established in the basement relief due both to tectonic and compositional discontinuities.

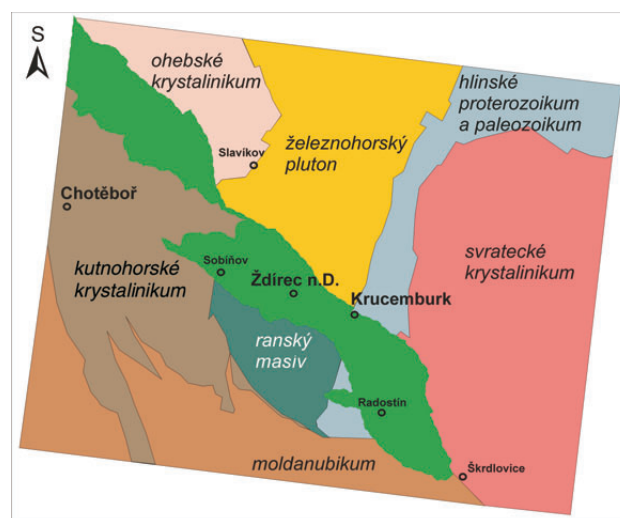
Výsledky detailního geologického mapování lze úspěšně využívat společně s daty vrtné databáze a geofyzikálními daty k modelování reliéfu krystalinika v podloží sedimentárního pokryvu. V rámci projektu „Mapování CHKO Žďárské vrchy 1 : 25 000“ a výzkumného centra „Pokročilé sanační technologie a procesy“ v oblasti české křídly byla shromážděna data, která umožnila vytvoření 3D modelu krystalinika současně s geologickou situací v podloží křídových sedimentů. Území křídly Dlouhé meze leží na území mapových listů Chotěboř, Žďárec nad Doubravou a Kruceburk. Hranice rozšíření křídových sedimentů byla detailně zmapována spolu s pozicemi jednotlivých geologických jednotek a tektonických poruch. Geologickou situací pod sedimentárním pokryvem a jeho mocnost bylo možné získat z vrtů, které zastihly podloží. Z detailních geofyzikálních měření byla

využita především data vertikálního elektrického sondování a profilování z dříve provedených průzkumů sledování podloží sedimentární výplně pro hydrogeologické účely. Z regionálních geofyzikálních dat bylo možné použít data magnetického a tíhového průzkumu, které dobře splňovaly kvalitu nutnou pro vyhodnocení v měřítku 1 : 25 000.

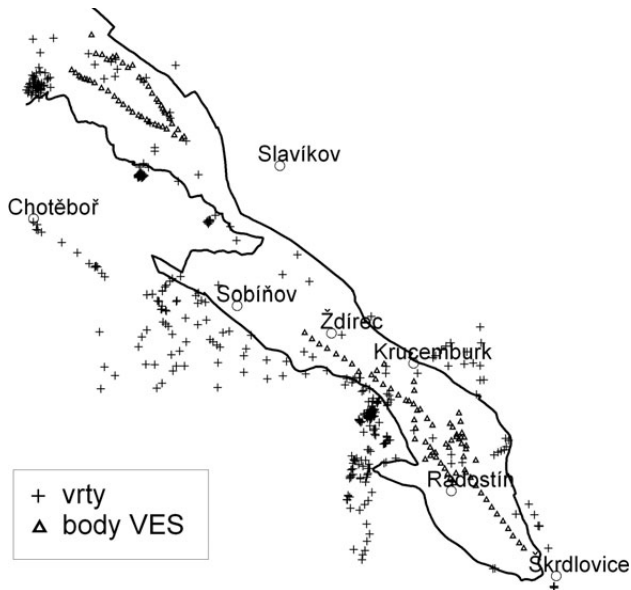
Geologická charakteristika oblasti

V oblasti se vyskytují metamorfované horniny patřící do moldanubika, ohebského, kutnohorského a svrateckého krystalinika (obr. 1). Nejrozšířenější horninové typy jsou pararula, místy přecházející do svoru, migmatit a ortorula. Vzácněji se vyskytuje amfibolit, krystalický vápenec, kvarcit, serpentinit, erlan, skarn a eklogit, který je zjištěn hlavně v kutnohorském krystaliniku. Stáří metamorfik je paleozoické až proterozoické. Horniny hlinského proterozoika a paleozoika tvoří pruh ssv.-jz. směru, který odděluje svratecké krystalinikum, železnohorský pluton, ranský masiv a moldanubikum (obr. 1). Tento pruh je interpretován jako tektonicky podmíněná poklesová zóna vyplněná anchizonálně až mezozonálně metamorfovanými siliciklastickými, karbonátovými a vyvěřelými horninami kyselého až bazického charakteru. Většina je poznamenána projevy duktilní a křehké tektoniky.

Železnohorský pluton se skládá převážně z granodioritu, lokálně tlakově a termálně metamorfovaného. S tímto intruzivem se druzí metadiorit a metagabro, které jsou místy



Obr. 1. Schéma geologické situace oblasti. Svrchnokřídové horniny Dlouhé meze jsou vyznačeny sytě zelenou barvou.

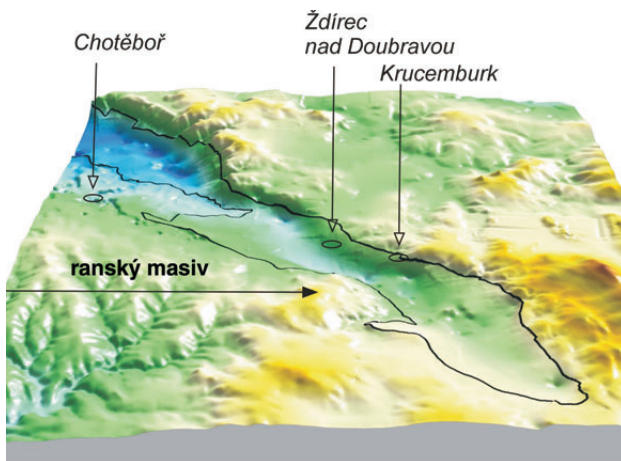


Obr. 2. Lokalizace použitých vrtů a geofyzikálních profilů.

intenzivně mylonitizované. Předpokládané stáří plutonu je paleozoické. Intruziva se v celé oblasti vyskytují též v podobě malých těles tvořených granodioritem, granitem, pegmatitem a aplitem.

Ranský masiv, ležící v centru studované oblasti, je komplexem bazických a ultrabazických hornin, mezi kterými dominuje peridotit a pyroxen-olivinické a amfibol-pyroxenické gabro. Horniny masivu jsou lokálně silně alterované (především uralitizované) a mylonitizované. Stáří masivu je paleozoické až proterozoické.

Na počátku svrchní křídý, v cenomanu, došlo k transgresi mělkého moře. Oblast zpočátku nebyla zcela pokryta mořem, existovaly zde malé ostrůvky tvořené horninami odolnými vůči erozi, hlavně kyselými magmatity. V cenomanu se usazovaly slepence a pískovce a prachovce perucko-korycanského souvrství, později, ve spodním a středním turonu, moře celou oblast zcela zaplavilo a sedimentovaly zde jemnozrnné pískovce a prachovce bělohorského a jizerského souvrství. Značná část svrchnokřídové sekvence byla denudována, díky tektonicky způsobenému poklesu však zůstaly svrchnokřídové usazeniny zachovány



Obr. 3. Model reliéfu krystalinika s vyznačenou hranicí křídý Dlouhé meze.

v protaženém pásmu sz.-jv. směru, které je nazýváno již od 19. století Dlouhá mez (obr. 1).

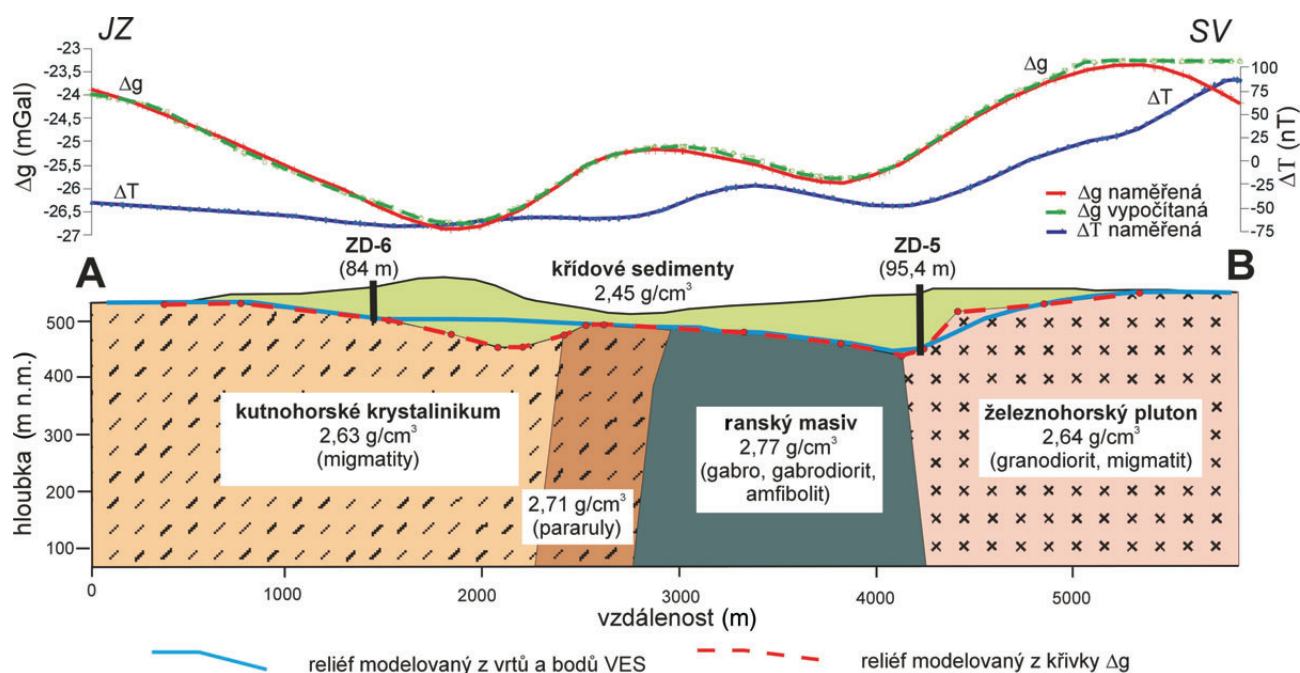
Metodika a zpracování dat

Základní data pro modelování reliéfu krystalinika tvořily údaje z vrtné databáze České geologické služby – Geofondu o hloubce křídových sedimentů a charakteru horninového prostředí. Vrtky byly revidovány a zpracovány tak, aby tvořily homogenní datový soubor (kontrola souřadnic, přepočet na jednotný výškový systém, ověření petrografického popisu hornin). Celkem bylo využito 394 vrtů. Další informace o hloubce podloží poskytly výsledky geofyzikálního geoelektrického průzkumu na 122 bodech v oblasti mezi Chotěboř, Ždírcem nad Doubravou a Radostínem (DOLEŽAL 1984, FROLKA 1990). Jejich pozice spolu s vrtky je znázorněna v obr. 2. Metodou vertikálního elektrického sondování (VES) byly vytvořeny odporové řezy a interpretována hloubka horninového podloží. Pro potřeby modelování reliéfu krystalinika byly odměřené body VES z publikovaných zpráv a řezů digitalizovány (byly určeny jejich souřadnice a odečtena hloubka podloží). Z výsledků detailního geologického mapování byla digitálně odečtena hranice rozšíření křídové sedimentární výplně a pro oblast odkrytých horninových výchozů krystalinika využita data současného reliéfu v měřítku 1 : 25 000. Pro vytvoření 3D modelu bylo shromážděno celkem přes 86 000 údajů.

K modelování byl využit software SURFER8 fy Golden Software, Inc. Tento program umožnil sestavit model z nepravidelné sítě dat v gridu 100 × 100 m.

Výsledný model reliéfu krystalinika v podloží křídových sedimentů

Model reliéfu krystalinika v podloží křídý Dlouhé meze je prezentován na obr. 3. Výrazná deprese vyplněná křídovými sedimenty v sz. části území ve směru SSZ-JJV sleduje předpokládaný průběh železnohorského zlomu. Mocnost křídý zde dosahuje až 90 m. Tato deprese v místech kontaktu se západní hranicí železnohorského plutonu jz. od Slavíkova mění svůj směr na sz.-jv., zužuje se a částečně vyklínuje. Podloží dobře koreluje také s geomorfologií terénu, kdy vodní tok Cerhovka sleduje i v současném reliéfu směr této deprese. Východně od Chotěboře vystupuje v současném reliéfu nápadná křídová elevace (kóta Homole 583 m n. m., s. od Sobiňova kóta 596 m n. m.), která od sebe odděluje údolní nivy vodních toků Cerhovky a Doubravy. Zjednodušený model reliéfu podloží je v této části ovlivněn nedostatkem vrtných údajů. Je však pravděpodobné (podle indikace z regionálních geofyzikálních dat), že v této části modelu podloží vystupuje hřbet krystalinika ve směru V-Z až SV-JZ. Na tomto hřbetu pod křídovými sedimenty leží také s. okraj ranského masivu (indikace z průběhu magnetického pole). Dále k J nastupuje v reliéfu podloží křídý mírná deprese opět ve směru SSZ-JJV, kde mocnost křídových sedimentů v s. části (j. od Horního Studence) dosahuje přes 100 m. Tato deprese se postupně



Obr. 4. Kvantitativní interpretace tíhového řezu.

změluje, v oblasti Krucemburku se mocnost křídý pohybuje kolem 80 m a okolo Radostína již jen cca 60 m. V jižní části také často vystupují drobné lokální elevace, např. s. od Radostína bylo zastiženo gabro již v hloubce 26 m. Pravděpodobně jde o menší horninové výchozy, které patří k nedalekému mohutnému tělesu ranského masivu. Jižní část křídových sedimentů je relativně ostře ukončena zlomem ve směru V-Z, za kterým se mocnost křídý prudce mění ze 40 m jen na 10–15 m. Tento zlom také omezuje existenci mladších křídových sedimentů (turon) dále na J, kde pokračují již jen sedimenty cenomanského stáří.

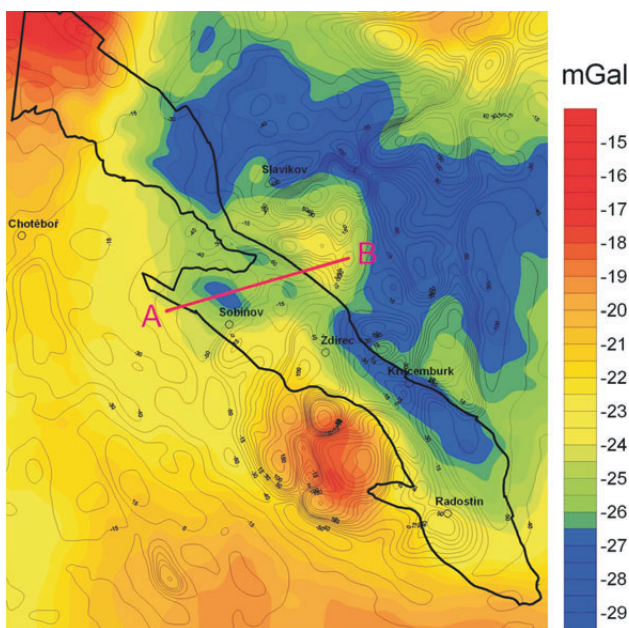
Kvantitativní interpretace tíhového profilu

Získaný model podloží krystalinika je ve střední části křídý Dlouhé meze (sz. od Žďírce nad Doubravou) zatížen relativně větší chybou pro nedostatek dat vrtné databáze i geofyzikálního průzkumu. V této oblasti existují poměrně vysoce kvalitní data tíhového a magnetického průzkumu (SEDLÁK et al. 1990, 2004, DĚDÁČEK et al. 1984) a také dostatečně přesná petrofyzikální data (HANÁK et al. 1990, CHLUPÁČOVÁ et al. 1977). Proto bylo možné předběžně ověřit, jak lze upřesnit model reliéfu podloží pomocí 2D tíhového a popř. magnetického modelování na vybraném profilu. Průběh profilu je naznačen na obr. 5 společně s daty tíhovými (úplná Bouguerova anomálie pro hustotu $2,67 \text{ g/cm}^3$) a magnetickými (hodnota ΔT). Byla modelována pouze tíhová data softwarem GM-SYS a výsledná vypočítaná křivka Δg nad zjednodušeným hustotním modelem s geologickou interpretací je uvedena v obr. 4. Pro úplnost je doplněn i průběh křivky ΔT na profilu, který dobře indikuje změnu v magnetických vlastnostech hornin ranského masivu (vzdálenost na profilu 3000–4000 m) a železnohorského plutonu (vzdálenost > 4000 m). Z průběhu obou křivek je patrné, že tíhové maximum ve střední

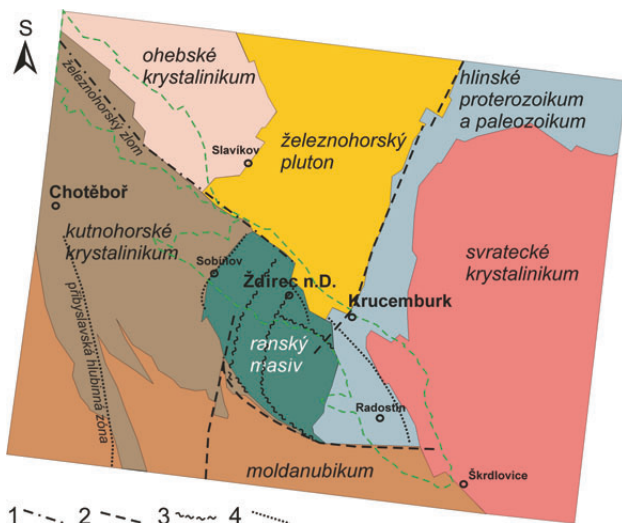
části profilu není způsobeno pouze „těžšími“ bazickými a ultrabazickými horninami ranského masivu (gastro, gabrodiorit, amfibolit), ale i horninami kutnohorského krystalinika (s menší magnetickou susceptibilitou), v tomto případě patrně biotitických a migmatitických pararul. Pozice těchto hornin na j. a z. okraji ranského masivu byla popsána již během geologického a geofyzikálního průzkumu ložiska Staré Ransko (MISAŘ, ed. 1974) a nově lokalizována při detailním geologickém mapování v měřítku 1 : 25 000. Tíhová minima na profilu jsou způsobena průběhem reliéfu podloží křídových sedimentů. Přirozené hustoty křídových hornin jsou výrazně nižší ($2,3\text{--}2,45 \text{ g/cm}^3$) než hustoty krystalinika, kde „lehčí“ ruly a migmatity mají hustoty $2,62\text{--}2,67 \text{ g/cm}^3$, hadce ranského masivu okolo $2,63 \text{ g/cm}^3$, granodiority železnohorského plutonu $2,63 \text{ g/cm}^3$ a „těžší“ pararuly $2,71\text{--}2,77 \text{ g/cm}^3$, amfibolity $2,75 \text{ g/cm}^3$ a diority $2,89 \text{ g/cm}^3$. Nejvyšší hodnoty hustot jsou zjištěny pro ultrabazické horniny ranského masivu, kde gabra mají hodnoty okolo $2,93 \text{ g/cm}^3$. Tento kontrast způsobuje v oblastech s vyšší mocností křídových sedimentů výrazný pokles hodnoty Δg . Profil byl umístěn mezi dvěma vrti, které zastihly podloží v hloubkách 84 m a 95 m. K těmto údajům byl vztažen průběh modelovaného podloží, hranice ranského masivu byla určena z tíhových dat, stejně jako kontakt s horninami železnohorského plutonu. Předpokládaná hranice jednotlivých geologických jednotek byla určena především z výsledků detailního geologického mapování oblasti Žďárských vrchů. Rozdíl mezi reliéfem krystalinika modelovaného z vrtů a dat VES a mezi podložím křídových sedimentů na profilu je především v jz. části (vzdálenost na profilu 1500–2500 m), kde výpočet předpokládá existenci mírné deprese (maximální rozdíl mocnosti je asi 40 m). V severovýchodní části profilu lze podle rychlého vzestupu tíhových dat očekávat strmý okraj železnohorského plutonu.

Geologická situace pod křídovými sedimenty

Vytvoření odkryté geologické mapy (obr. 6) bylo možné v korelaci s výsledky geofyzikálního průzkumu i výsledného 3D modelu reliéfu krystalinika v podloží křídových sedimentů. V severozápadní části je sedimentární výplň překryt kontakt mezi ohebským a kutnohorským krystalinikem podél železnohorského zlomu. Jihozápadně od Slavíkova dochází pravděpodobně (podle indikací v tíhovém i magnetickém obraze) ke změně a pod křídovými sedimenty lze předpokládat kontakt kutnohorského krystalinika s více magnetickými a „těžšími“ horninami (diority) železnohorského plutonu. Ve střední části (podle výsledků modelování na již popsaném profilu) leží pravděpodobně ve v. části podloží křídý kontakt mezi kutnohorským krys-



Obr. 5. Pozice tíhového řezu v mapě úplných Bouguerových anomálií ($2,67 \text{ g/cm}^3$) a izanomál ΔT (černě).



Obr. 6. Geologická situace v podloží křídý Dlouhé meze. 1 – předpokládaný průběh železnohorského zlomu, 2 – zlomy vymapované, 3 – tektonicky postižené zóny, 4 – geofyzikální indikace.

talínkem, ranským masivem a železnohorským plutonem (nelze vyloučit tektonický charakter styku, zlomy pravděpodobně ve směru JZ-SV a SZ-JV). V okolí Ždírc nad Doubravou sedimenty z větší části překrývají horniny ranského masivu, které jsou na okraji celého masivu lemovány metamorfovanými horninami (rulami), a jeho kontakt s železnohorským plutonem. Východně od Ždírc leží výrazný gradient magnetického pole, jehož osa sleduje s.-j. směr, a za ním jsou v podloží především nemagnetické horniny, pravděpodobně ruly. U Kruceburku se směrem na J projevuje v podloží křídý kladné magnetické anomální pásmo, které tvoří (podle vrtné databáze) velmi pestré typy hornin – fylity, pararuly, amfibolity, gabra i kontaktně metamorfované rohovce. Obdobné vlastnosti mají i horniny hlinské zóny, které jsou vymapovány na jv. okraji ranského masivu, takže lze předpokládat, že hlinská zóna je průběžná od Kruceburku až na J od Radostína i pod křídovým sedimentním pokryvem. Na jv. okraji křídý Dlouhé Meze (v. od Kruceburku a Radostína) se nacházejí slabě magnetické horniny svrateckého krystalinika. Kontakt s hlinskou zónou pod sedimenty je patrný jak v magnetickém obraze, tak i v reliéfu podloží, kde je modelována mírná deprese.

Tektonická situace studovaného území je značně složitá (viz obr. 6). Z regionálních struktur je to především předpokládaný sz.-jv. průběh železnohorského zlomu překrytý křídovými sedimenty (list Chotěboř), který odděluje horniny moldanubika a kutnohorského krystalinika vůči horninám ohebského krystalinika a železnohorského plutonu. Vymezení jeho pokračování k JV je značně problematické, zvýrazňují jej především křídové sedimenty. Další významnou regionální tektonickou strukturou je přibyslavský hlubinný zlom, který byl definován na základě geofyzikálních dat (strmý tíhový gradient) a tvoří východní hranici centrálního moldanubického masivu. Jde o významné rozhraní především v hlubinné stavbě, na povrchu se projevuje jako mylonitová zóna v horninách petrograficky velmi obdobných, doprovázená výskytem drobných bazických a ultrabazických těles (amfibolity, hadce). Mezinárodní hlubinný seizmický experiment realizovaný v letech 2002–2005 ověřil přítomnost tohoto významného rozhraní. Interpretace profilu S04 v oblasti mezi Chotěboř a Škrdlovicemi prokázala existenci velmi strmého vertikálního rychlostního rozhraní (více než 10 km), kdy směrem na V rychlosti seizmických vln v menších hloubkách prudce rostou (NOVOTNÝ et al. 2005). Toto rychlostní a hustotní rozhraní lze považovat za projev styku moldanubika s brunovistulíkem. Na tomto kontaktu je na povrchu situováno těleso ranského masivu, které má velmi složitou tektonickou stavbu vůči okolním geologickým jednotkám. Masiv leží na křížení několika tektonických systémů: sz.-jv. směr železnohorského zlomu, jjz.-ssv. směr přibyslavského hlubinného zlomu a k SSV pokračující hlinské zóny a v.-z. směr zlomu omezující ranský masiv vůči moldanubiku a ohraničující horniny hlinské zóny na J. V geofyzikálních indikacích jsou v oblasti ranského masivu velmi výrazné indikace několika rozhraní, které se stáčejí v pravotočivé orientaci na jeho jižním okraji ze směru V-Z k S a na severním okraji k J. Nejstarší tektonickou strukturou je pravděpodobně přibyslavský hlubinný zlom a hlinská zóna jako kontakt dvou regionálních jednotek. Mladší pohyby v sz.

části železnohorského zlomu ovlivnily především existenci křídové deprese Dlouhé meze spolu s pohyby na zlomech v.-z. směru, které modelovaly reliéf křídý ve střední a jv. části. Mezi nejmladší tektonické poruchy patří patrně zlomy ve směru SV–JZ, postihující okraje křídý a sedimenty turonského stáří uvnitř deprese.

Závěr

V oblasti křídý Dlouhé meze bylo možné využít kvalitních výsledků detailního geologického mapování (CHKO Žďárské vrchy v měřítku 1 : 25 000) spolu s dříve provedenými vrtnými a geofyzikálními průzkumy, které jsou dobře zdokumentovány v databázích České geologické služby – Geofond. Pomocí moderního softwaru pro 3D modelování byl v rámci studie podloží české křídý (projekt výzkumného centra) vytvořen model reliéfu krystalinika pod křídovými sedimenty, který odráží tektonické pohyby v průběhu celého geologického vývoje oblasti. Kvalitní geofyzikální data přispěla k jeho zpřesnění a především napomohla spolu s vrtnou databází k vytvoření odkryté geologické mapy. Je sestavena v souladu s vymapovanými projevy na povrchu i geofyzikálním obrazem v tíhových a magnetických datech a odráží vztah hlavních geologických jednotek definovaných v rámci detailního geologického mapování Žďárských vrchů.

Literatura

- DĚDÁČEK, K. – DUDA, V. – JANÁK, F. – RÁČKOVÁ, H. – ŠALANSKÝ, K. – ŠTOVÍČKOVÁ, N. – VESELÝ, V. – ZABADAL, S. (1984): Letecký geofyzikální výzkum Železných hor a jejich širšího okolí. – MS Geofyzika Brno.
- DOLEŽAL, J. (1984): Geoelektrické měření na lokalitě Křížová – Radošín – Vojnův Městec. – MS Čes. geol. služba – Geofond, Praha.
- FROLKA, J. (1990): Geofyzikální měření na akci Dlouhá Mez – Blatnická kra. – MS Geofyzika Brno.
- HANÁK, J. – REJL, L. – PAVLÍK, I. – SEDLÁK, J. (1990): Komplexní interpretace geofyzikálních dat v širším okolí nasavrckého masivu. – MS Čes. geol. služba – Geofond, Praha.
- CHLUPÁČOVÁ, M. – ČEJCHANOVÁ, B. – ŠTOVÍČKOVÁ, N. (1977): Magnetické a radioaktivní vlastnosti plutonitů a paleovulkanitů Železných hor. – MS Geofyzika Brno.
- MÍSAŘ, Z., Ed. (1974): The Ransko gabbro-peridotite massif and its mineralization (Czechoslovakia). – Univ. Karl. Praha.
- NOVOTNÝ, M. – BROŽ, M. – HRUBCOVÁ, P. – HUBATKA, F. – KAROUSOVÁ, O. – RŮŽEK, B. – ŠPAČEK, P. – ŠPIČÁK, A. – ŠVANCARA, J. – ULÍČNÝ, D. (2005): Závěrečná zpráva za projekt č. VaV/630/3/02 SLICE - Seismic Lithospheric Investigation of Central Europe. – Geofyz. úst. Akad. věd Čes. republ. Praha.
- SEDLÁK, J. – HANÁK, J. – REJL, L. (1990): Gravimetrické mapování Železných hor (1 : 25 000) oblast Chrudim – Chotěboř – Hlinsko – Chrást. – MS Čes. geol. služba – Geofond, Praha.
- SEDLÁK, J. – ZABADAL, S. – MRLINA, J. – KREJČÍ, Z. – HANÁK, J. – SVOBODOVÁ, I. – LEICHMAN, J. – SCHULMANN, K. – LEXA, O. – HROUDA, F. (2004): Gravimetrické mapování České republiky 1 : 25 000 a jeho geologická interpretace. Oblast Žďárské vrchy – severovýchodní okraj třebešského masivu. – MS Čes. geol. služba, Praha.

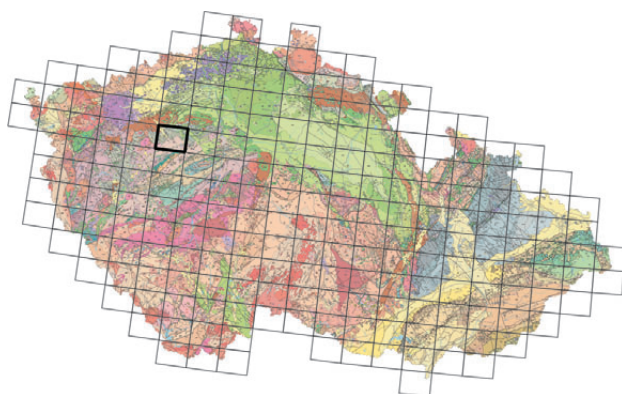
VULKANOKLASTIKA SVRCHNÍCH RADNICKÝCH VRSTEV MEZI LUBNOU A NOVÝM STRAŠECÍM

Volcaniclastic deposits of Upper Radnice Member between Lubná and Nové Strašecí

MARCELA STÁRKOVÁ – MARIE ADAMOVÁ

Česká geologická služba, Klárov 3, 118 21 Praha 1

(12-14 Rakovník)



Key words: Carboniferous refractory raw materials, pyroclastics, volcanoclastics, sediments, crystal rich tuff, rhyolitic magma, petrography, geochemistry

Abstract: Refractory raw materials near Rakovník, at the southern margin of the Carboniferous Kladno-Rakovník Basin were stud-

ied in the opencast mines from the point of view of geochemistry and petrography. The origin of refractory raw materials are rhyolitic eruptions and sedimentary processes. Tuffs are fine grained pyroclastic and resedimented volcanoclastics with negative Eu anomalies and high contents of Th, U, Nb, Li, Be, Bi, Sn, Pb, Y and REE. Hg, Sb and Y content of refractory rocks in Pecínov is similar to Cambrian rhyolitic magma with Variscan mineralization.

Při jižním okraji kladensko-rakovnické permokarbonské pánve se nachází několik lokalit se záznamem vulkanosedimentární historie westphalu C, D.

Pozornost byla zaměřena na dvě významné lokality žáruvzdorných surovin v současnosti těžených v lomu Pecínov u Nového Strašecí a v novém povrchovém lomu mezi Lubnou a dolem Rako, kde se těží surovina hlubinně. Tyto žáruvzdorné suroviny, využívané především pro svůj vysoký obsah Al_2O_3 , jsou součástí vulkanosedimentárního sledu svrchní části bazálních vrstev sedimentace karbonu – svrchních radnických vrstev (PEŠEK et al. 2001). U Lubné se nachází typová lokalita tzv. lubenského horizontu, kde