

# MAGNETICKÉ STAVBY A MECHANISMY VMÍSTĚNÍ GRANITOIDŮ PNĚ ČEŘÍNKU (MOLDANUBICKÝ PLUTONICKÝ KOMPLEX)

Magnetic fabric and emplacement of the Čeřínek stock (Moldanubian Plutonic Complex)

Alice Zavřelová<sup>1,2</sup>, Kryštof Verner<sup>2,3</sup>, Rostislav Melichar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Přírodovědecká fakulta MU, Ústav geologických věd, Kotlářská 2, 611 37, Brno, e-mail: zavrelka@gmail.com

<sup>2</sup>Česká geologická služba, Klárov 3, 118 21 Praha 1, e-mail: krystof.verner@geology.cz

<sup>3</sup>Přírodovědecká fakulta UK, Ústav petrologie a strukturní geologie, Albertov 6, 128 43 Praha 2

(23-23 Jihlava, 23-41 Třešť)

*Key words:* Čeřínek stock, Granite, Anisotropy of magnetic susceptibility, Magmatic Fabric

## Abstract

The Čeřínek stock represents the late-Variscan, vertical intrusive center emplaced into older granitoids of the northern part of the Moldanubian Plutonic Complex. The pluton provides an opportunity to examine the interplay among emplacement of magma batches, magmatic fabric acquisition, and the late-Variscan stress field recorded by AMS.

## Úvod

Práce je věnována shrnutí předběžných výsledků komplexního strukturního výzkumu vnitřních staveb granitového pně Čeřínků a jeho okolních hornin. Výsledky mezoskopického strukturního mapování a analýzy anizotropie magnetické susceptibilitě (AMS) byly použity k interpretaci mechanismů vmístění a následného postkrystalizačního vývoje intruze.

## Geologická pozice

Studovaný peň Čeřínků (Mísař et al. 1983, Cháb et al. 2008) leží v severní části moldanubického plutonického komplexu, který intrudoval do metamorfovaných hornin moldanubika. Existující radiometrická stáří ukazují, že jeho hlavní část byla vytvořena v intervalu 331–323 Ma (Gerdes et al. 2003), tedy během ~8 miliónů let. Komplex je tvořen celou řadou dílčích intruzí (plutonů, pňů a žil) převážně granitoidních hornin s různými texturními i petrochemickými charakteristikami (např. Breiter a Scharbert 1998; Breiter a Koller 1999; Verner et al. 2008). Geneze těchto hornin bývá interpretována jako výsledek procesů anatexe kontinentální kůry (basementu kadoinského stáří) a metasedimentárních hornin a s omezeným příspěvkem (mísením) plášťových komponent (Gerdes et al. 2000). Ve zjednodušeném schématu jsou horniny členěny na čtyři intruzivní skupiny: (i) nejstarší skupina (~350–335 Ma) zahrnuje gabra, monzonity, diority a ultradraselné plutonity; (ii) skupina porfyrických granitoidů typu Weinsberg (~333–320 Ma; Finger et al. 2003); (iii) skupina peraluminických dvojslídnych granitoidů „typu Eisgarn“, které tvoří široké spektrum hornin, jejichž stáří spadá do intervalu ~330–300 Ma (Breiter et al. 1998; René 2000 a další); (iv) nejmladší skupinou jsou silně frakcionované granitoidy, které byly vmístěny v poslední fázi tvorby komplexu a vytvořily pouze malá tělesa.

## Peň Čeřínků

Granity „eisgarnské“ skupiny mají podobné petrochemické a minerální složení, liší se však texturními a strukturními charakteristikami, mezi nimiž byly vymezeny tři základní typy: Mrákotín, Číměř a Landštejn (nověji označovaný jako typ Zvůle). Posledně jmenovaný typ tvoří tělesa mající charakter pňů – Melechov, Čeřínek a Zvůle (Breiter et al. 1998, Matějka 1991, Breiter a Koller 1999, Mlčoch et al. 2000).

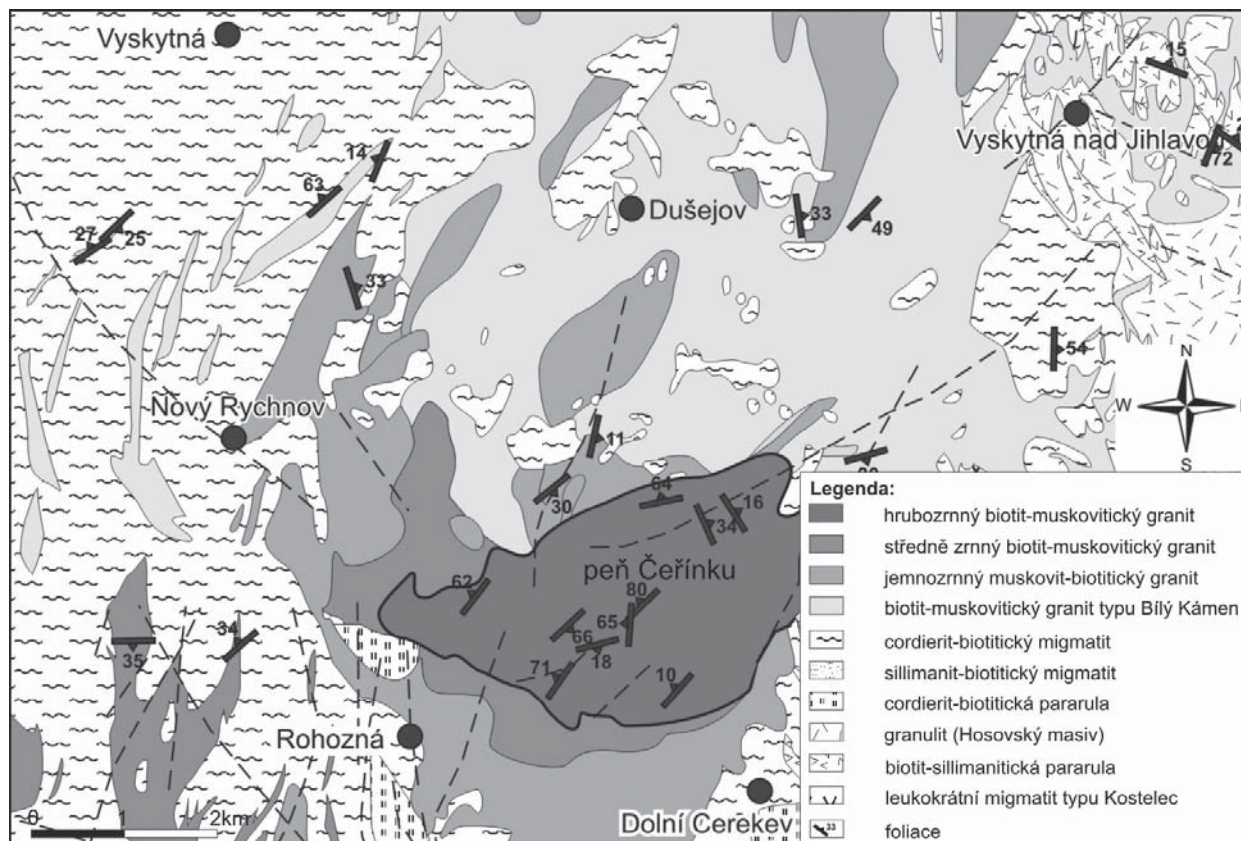
Studovaný peň Čeřínků vystupuje ve střední části českomoravské větve moldanubického plutonického komplexu, asi 10 km zjz. od Jihlavy. Má oválný tvar mírně protažený ve směru SV–JZ a celkovou rozlohu asi 35 km<sup>2</sup>. Peň Čeřínků je po petrografické stránce poměrně homogenním tělesem tvořeným hrubozrnným, místy porfyrickým, biotiticko-muskovitickým granitem (Breiter et al. 1998, Cháb et al. 2008, Mísař et al. 1983, Beneš 1963 a Dovolil 1967). Veselá et al. (1991, 1992) vymapovala při jeho jz., z. a sz. okraji přechodný středně zrnitý typ. Peň Čeřínků se stýká s relativně staršími granitoidy moldanubického plutonického komplexu, v jižních částech to jsou jemnozrnné biotit-muskovitické granity s afinitou k mrákotínského typu a na severu dvojslídne granity typu Bílý Kámen. Západně i východně vystupují migmatitizované pararuly a migmatity monotónní jednotky moldanubika.

Reprezentativní chemické složení tělesa (databáze ČGS) ukazují následující rozsahy zastoupení hlavních oxidů: 72–74 hmot. % SiO<sub>2</sub>, 13,8–14,6 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0,3–0,8 hmot. % FeO, 0,2–0,4 hmot. % MgO, 0,7–1,1 hmot. % CaO, 3,1–3,7 hmot. % Na<sub>2</sub>O, 4,2–5,72 hmot. % K<sub>2</sub>O a 0,1–0,3 hmot. % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. V obsahu stopových prvků se od granitoidů melechovského pně liší relativně nižším obsahem Sr a vyšším obsahem Rb.

**Mezoskopické stavby**

Kontakty plutonu a dílčích texturních typů mají převážně intruzivní charakter. Vůči okolním horninám jsou ostré, v erozním řezu tělesa vykazují subvertikální orientaci. V rámci plutonu byly v mezoskopickém měřítku pozorovány stavby čistě magmatického charakteru a to relativně slabší intenzity (obr. 1; geologická a strukturální

ner et al. 2006). V rámci studovaného území je dále možné pozorovat různé typy vrásových struktur, jedná se zejména o reliktní stavby regionálních metamorfních staveb ve formě bezkořených a izoklinálních vrás či o vrásky související s mladší superpozicí staveb Příbyslavské mylonitové zóny. V případě těles starších granitoidů není k dispozici mnoho terénních dat, dá se však říci, že převládají magmatické



Obr. 1: Zjednodušená geologická a strukturální mapa pně Čeříнку.  
 Fig. 1: Simplified geological and structural map of the Čeřínek Stock.

mapa, upraveno dle Veselý 1991, 1992). Jedná se o planární přednostní prostorové orientace vyrostlic draselných živců a plagioklasu, v menším podílu pak dále o biotit, muskovit a křemen. Tyto magmatické foliace mají v obou texturních typech strmou orientaci v průběhu paralelním s delší osou intruze (~VSV-ZJZ), pouze ojediněle byla na severovýchodě identifikována jejich subhorizontální orientace (do ~10°). Relativní časové a prostorové vztahy mezi těmito stavbami nebyly pozorovány. Převažující strmé stavby v plutonu jsou výrazně diskordantní orientace ve vztahu k stavbám okolních hornin.

V případě metamorfovaných hornin monotónní jednotky moldanubika byly pozorovány: (i) metamorfní foliace, převážně charakteru kompozičního páskování s mírnými úklony více variabilního průběhu (dominantní metamorfní stavby moldanubických hornin a (ii) relativně mladší, převážně lokalizované planární stavby mylonitového charakteru, které upadají pod strmými úhly k ~VJV a nesou lineace protažení definované agregáty biotitu, muskovitu a sillimanitu. Jejich výskyt je situován ve východní části zájmového území, jedná se pravděpodobně o struktury výšeteplotní fáze vývoje příbyslavské mylonitové zóny (Ver-

ner et al. 2006). V rámci studovaného území je dále možné pozorovat různé typy vrásových struktur, jedná se zejména o reliktní stavby regionálních metamorfních staveb ve formě bezkořených a izoklinálních vrás či o vrásky související s mladší superpozicí staveb Příbyslavské mylonitové zóny. V případě těles starších granitoidů není k dispozici mnoho terénních dat, dá se však říci, že převládají magmatické

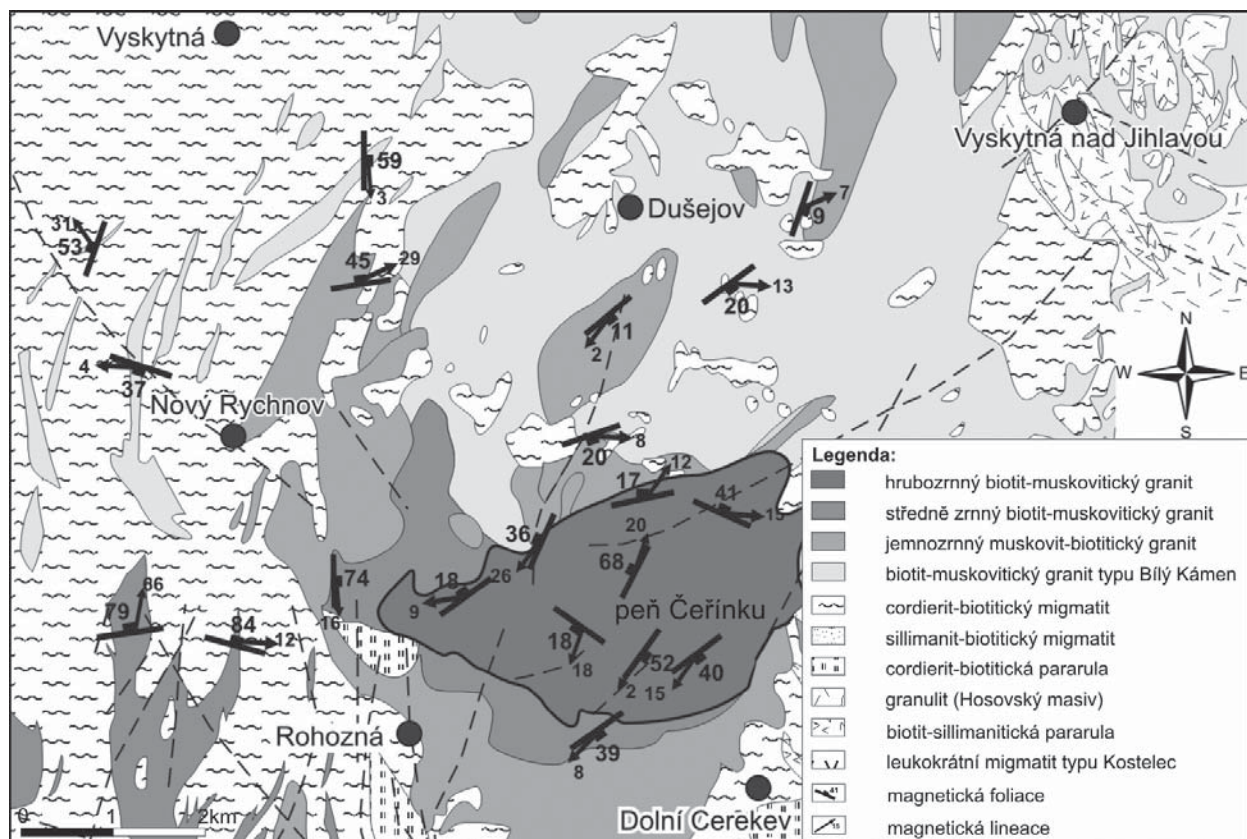
**Anizotropie magnetické susceptibility**

Magnetické stavby v rámci pně Čeříнку byly analyzovány pomocí metody anizotropie magnetické susceptibility – AMS. V rámci tělesa bylo odebráno 8 orientovaných vzorků, v okolních granitoidech pak dalších 14. Orientace a velikost hlavních os magnetického elipsoidu magnetické anizotropie ( $k_1 \geq k_2 \geq k_3$ ) byly měřeny ve firmě AGICO spol. s r. o. v Brně na Kappamůstku KLY-3, KLY-4S (Jelínek – Pokorný 1997, Hrouda et al. 1990). Statisticky byla data zpracována pomocí software ANISOFT.

Data AMS jsou prezentována pomocí hodnot:  $k_m$  – střední průměrná susceptibilita, která odráží kvantitativní a kvalitativní obsah magnetických minerálů v hornině;  $P = k_1/k_3$ ;  $P$  – parametr reflektuje excentricitu elipsoidu AMS a odráží intenzitu přednostní orientace magnetických minerálů a parametr  $T$ ;  $T = 2 \ln(k_2/k_3) / \ln(k_1/k_3) - 1$ , který

vyjadřuje tvar elipsoidu AMS a nabývá hodnot mezi -1 (lineární stavba) a 1 (planární stavba). V případě plutonu Čeřínek, hodnoty průměrné magnetické susceptibility jsou relativně nízké, pohybují se v rozmezí  $4,75 \cdot 10^{-5}$  až  $5,87 \cdot 10^{-5}$  [SI]. Stupeň anizotropie (parametr P) nabývá nižších hodnot  $P=1,013$  až  $1,025$ , které jsou charakteristické pro stavby magmatického charakteru. Hodnoty tvarového parametru T se pohybují v intervalu  $T= -0,395$  až  $0,662$  s mírnou převahou kladných hodnot (umístěných v poli planárního elipsoidu magnetické stavby). Parametr T tak indikuje mírnou variabilitu v charakteru magnetické stavby (lineární-planární). Magnetické foliace v plutonu Čeřínek jeví znaky relativně homogenní orientace. Póly ploch těchto staveb tvoří dvě dílčí maxima ukazující na mírný až střední úklon v průběhu ~VSV-ZJZ, magnetické lineace jsou většinou subhorizontální orientace ve směru SV

jsou strmé, gravimetrické modelování dosahu plutonu odhalilo dosah plutonu minimálně okolo ~12 km (Šrámek, unpublished data). Magmatické foliace (přednostní orientace vyrostlic živců a slíd) mají převažující subvertikální orientaci, která je subparalelní s mírným protažením plutonu ve směru ~ZSZ-VJV. Na základě aplikace metody AMS byly zjištěny magnetické stavby o nízkém stupni anizotropie a mírně převažujícím planárním tvarem magnetického elipsoidu. Jejich orientace je ve vztahu k pozorovaným mezoskopickým stavbám a intruzivním kontaktům plutonu diskordantní, magnetické foliace nabývají subhorizontální orientace a nesou magnetické lineace ~SZ-ZV průběhu. Domníváme se, že magnetické stavby vznikaly na rozdíl od magmatických staveb (přednostní prostorová orientace živcových agregátů; magmatické foliace) v závěrečných fázích solidifikace plutonu. Jedná se pravděpodobně o slabý



Obr. 2: Mapa magnetických staveb pně Čeříнку.  
 Fig. 2: AMS map of the Čeřínek Stock.

nebo JZ (obr. 2; mapa AMS). V okolních granitoidech průměrná magnetická susceptibilita má širší rozpětí než u granitu typu Čeřínek a dosahuje hodnot  $3,43 \cdot 10^{-5}$  až  $8,58 \cdot 10^{-5}$  [SI]. Stupeň anizotropie nabývá vyšších hodnot  $P=1,025$  až  $1,077$  a hodnoty tvarového parametru T se pohybují v intervalu  $T= -0,324$  až  $0,711$  s převahou kladných hodnot (umístěných v poli planárního elipsoidu magnetické stavby).

**Diskuze a závěry**

Na základě předběžných výsledků strukturní analýzy lze usuzovat, že vnitřní stavby pně Čeříнку vznikly čistě v magmatickém stadiu vývoje tělesa. Intruzivní kontakty

přetisk starších staveb za působení regionálního tektonického napětí těsně před finální solidifikací granitu. Zjištěné magnetické stavby pně Čeříнку pak pravděpodobně odráží parametry regionálního napěťového pole moldanubických hornin závěrečných fázích variských orogenních procesů (v době ~310 Ma).

**Poděkování**

Práce byla financována interním projektem ČGS 325800 a projektem doktorandských studií ČGS 323000.

**Literatura**

- Beneš, K. (1963): Vysvětlivky k přehledné geologické mapě ČSSR 1 : 200 000 M-33-22-Jihlava. – Geofond. Praha.
- Breiter, K. – Scharbert, S. (1998): Latest intrusions of the Eisgarn Pluton (south Bohemia – Northern Waldviertel). – *Jb. Geol. Bundesanst.*, 141, 1, 25–37. Wien.
- Breiter, K. – Koller, F. (1999): Geochemie peraluminických granitů centrálního moldanubického plutonu. – *Zpr. geol. Výzk. v roce 1998*, 86–88. Praha.
- Breiter, K. – Gnojek, I. – Chlupáčová, M. (1998): Radioactivity patterns – constraints for the magmatic evolution of the two-mica granites in the Central Moldanubian Pluton. – *Věst. Čes. Geol. Úst.*, 73, 301–311. Praha.
- Dovžil, M. (1967): Geologická mapa odkrytá do 3 m s vyznačením geologických řezů, lokalita Horní Hutě – Čeřínek, surovinový kámen. – MS, Geofond, FZ4859.
- Finger, F. – Doblmayr, P. – Friedl, G. – Gerdes, A. – Krenn, E. – Von Quadt, A. (2003): Petrology of the Weinsberg granite in the south Bohemian Batholith: New data from the mafic end members. – *Journal of the Czech Geological Society*, 48, 1–2, 46–47. Praha.
- Gerdes, A. – Worner, G. – Henk, A. (2000): Post-collisional granite generation and HT-LP metamorphism by radiogenic heating: the Variscan South Bohemian Batholith. – *J. Geol. Soc. London* 157, 577–587.
- Gerdes, A. – Friedl, G. – Parrish, R. R. – Finger, F. (2003): High-resolution geochronology of Variscan granite emplacement – the South Bohemian Batholith. – *Journal of the Czech Geological Society*, 48, 1–2, 53–54. Praha.
- Hrouda, F. – Jelínek, V. – Hrušková, L. (1990): A package of programs for statistical evaluation of magnetic data using IBM-PC computers. – *EOS Transactions, Am Geoph Union, SF*, 1289.
- Cháb, J. – Breiter, K. – Fatka, O. – Hladil, J. – Kalvoda, J. – Šimůnek, Z. – Štorch, P. – Vašíček, Z. – Zajíc, J. – Zapletal, J. (2008): Stručná geologie Českého masivu a jeho karbonského a permského pokryvu. – Česká geologická služba. Praha.
- Jelínek, V. – Pokorný, J. (1997): Some new concepts in technology of transformer bridges for measuring susceptibility anisotropy of rocks. – *Phys Chem Earth* 22, 179–181.
- Matějka, D. (1991): Poznámky k chemismu granitů melechovského masivu. – *Zpr. geol. výzk. v roce 1990*, 116, Praha.
- Mísař, Z. – Dudek, A. – Havlena, V. – Weiss, J. (1983): Regionální geologie ČSSR I. Český masiv. SPN. Praha.
- Mlčoch, B. – Breiter, K. – Schulmannová, B. (2000): Výzkum melechovského granitoidního masivu. – *Zpr. geol. Výzk. v roce 1999*, 91–93. Praha.
- René, M. (2000): Two mica granites of the southwestern part of the Bohemian batholith. – *Mitt. Österr. mineral. Gesell.*, 145, 21–28. Wien.
- Verner, K. – Žák, J. – Hrouda, F. – Holub, F. (2006): Magma emplacement during exhumation of the lower- to mid-crustal orogenic root: The Jihlava syenitoid pluton, Moldanubian Unit, Bohemian Massif. – *J Struct Geol* 28, 1553–1567.
- Verner, K. – Žák, J. – Nahodilová, R. – Holub, F. (2008): Magmatic fabrics and emplacement of the cone-sheet-bearing Knížecí Stolec durbachitic pluton (Moldanubian Unit, Bohemian Massif): implications for mid-crustal reworking of granulitic lower crust in the Central European Variscides. – *Int J Earth Sci*, DOI 10.1007/s00531-006-0153-z.
- Veselá, M. (1991): Geologická mapa ČR list 23–23 Jihlava, 1 : 50 000. – Ústřední ústav geologický. Praha.
- Veselá, M. (1992): Geologická mapa ČR list 23–41 Třešť, 1 : 50 000. – Český geologický ústav. Praha.