

PŘIROZENÁ RADIOAKTIVITA METAMORFITŮ A MAGMATITŮ NA MAPOVÉM LISTU 14-21 TRAVNÁ

Natural radioactivity of metamorphic and magmatic rocks within
the map sheet 14-21 Travná

Jiří Zimák

Katedra geologie PŘF UP, tř. 17. listopadu 12, 771 46 Olomouc; e-mail: jiri.zimak@upol.cz

(14-21 Travná)

Key words: Mlynowiec-Stronie Group, Sněžník-Gierałtow Group, Staré Město Group, neovolcanites, gamma-spectrometry

Abstract

The aim of the paper is to inform about natural radioactivity of metamorphic and igneous rocks on the map sheet 14-21 Travná. Metamorphic rocks belong to three geological units: the Mlynowiec-Stronie Group (mica schists, paragneisses, quartzites, marbles, and amphibolites), the Sněžník-Gierałtow Group (mainly gneisses) and the Staré Město Group (paragneisses, mica schists and amphibolites are dominant). Igneous rocks are represented with granitoids and neovolcanics (basanites). Contents of potassium, uranium and thorium were measured using a laboratory gamma-ray spectrometer in 460 rock samples. Data are tabled and discussed. From calculated values of mass activity of ^{226}Ra equivalent it is evident that natural radioactivity of the studied rocks is low. Slightly increased mass activity values were found in felsic metavolcanites (or metatuffs) of the Staré Město Group ($225 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ on average), in mica schists of the Mlynowiec-Stronie Group ($195 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$) and in phyllonites of the Staré Město Group ($194 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$).

Úvod

Přirozená radioaktivita hornin je významným parametrem přírodního prostředí. V tomto článku jsou sumarizovány údaje o obsazích hlavních přirozených radioaktivních prvků (K, U a Th) v metamorfitech a magmatitech na mapovém listu 14-21 Travná (měřítko 1 : 50 000) na základě laboratorních gamaspektrometrických analýz velkého souboru vzorků, v němž jsou zastoupeny jak dominantní horninové typy ve všech níže zmíněných geologických jednotkách a jejich částech, tak i horniny, které jsou na studovaném území přítomny jen zcela lokálně.

Území mapového listu 14-21 Travná náleží k lugiku, jež je zde budováno horninami mlynowiecko-stroňské skupiny (převážně svory až pararuly, méně kvarcity, mramory a amfibolity), sněžnicko-gierałtowské skupiny (ortoruly, lokálně granulity a amfibolity) a staroměstské skupiny, včetně „autonomního pásma Hraničné“ (hlavně svory a ruly různého charakteru, amfibolity, lokálně serpentinity a kvarcity). Ve staroměstských pásmech vystupuje relativně mohutná granitoidní intruze („staroměstské tonality“). U Zálesí je malé neovulkanické těleso tvořené nefelinickým bazanitem.

Hodnocení přirozené radioaktivity hornin je součástí vysvětlivek k souborům geologických a ekologických účelových map přírodních zdrojů ČR v měřítku 1 : 50 000. Základem pro toto hodnocení jsou převážně data získaná leteckou aeroradiometrií a gamaspektrometrií. Na základě letecké geofyziky je možno posoudit přirozenou radioaktivitu jednotlivých geologických jednotek a případně odhadnout kategorii radonového rizika, avšak z více důvodů nelze zhodnotit radioaktivitu jednotlivých horninových typů. Ve vysvětlivkách k listu 14-21 Travná

(Šalanský – Manová 2003) je proto přirozená radioaktivita hornin komentována jen třemi větami: „Na území listu Travná se horniny sněžnické skupiny orlicko-sněžnického krystalinika vyznačují středními hodnotami radioaktivity. Slabě kladné anomálie se vyskytují zejména v drobozrně dvojslídlné rule, granulitové pásmo se vyznačuje mírným snížením radioaktivity. Výrazné uranové anomálie u Zálesí jsou pozůstatkem po činnosti ČSUP.“

Vzorky a metody

Na 217 lokalitách bylo odebráno 460 vzorků reprezentujících všechny typy magmatitů a metamorfítů na mapovém listu 14-21 Travná. Nutno poznamenat, že odběr vzorků pro potřeby této práce nebyl realizován na montánních haldách v prostoru uranového ložiska Zálesí a že hodnocení přirozené radioaktivity hornin na listu 14-21 Travná není touto uranovou anomálií ovlivněno. Determinace hornin byla prováděna jen makroskopicky, při označování jednotlivých horninových typů se autor snažil respektovat terminologii užitou v legendě mapového listu a ve vysvětlivkách (Žáček et al. 2003, autorem textu hodnotícího geologickou stavbu na listu 14-21 Travná a stručně charakterizujícího hlavní typy hornin jednotlivých geologických jednotek je J. Skácel).

V horninových vzorcích byly na PŘF UP v Olomouci za použití spektrometru SG – 1000 LAB s NaI(Tl) detektorem o objemu $0,35 \text{ dm}^3$ (průměr 76 mm, délka 76 mm) stanoveny obsahy K (přímo na základě koncentrace ^{40}K), U a Th (na základě dceřiných produktů, a proto jsou jejich obsahy při uvádění výsledků analýz označovány jako eU a eTh). Meze detekce: K = 0,5 hm. %, U a Th = 1,5 ppm). Při výpočtu hodnot a_m a D (viz níže) a při statistickém

zpracování dat byly obsahy K pod mezí detekce nahrazeny hodnotou 0,33 hm. %, obdobně v případě U a Th hodnotou 1 ppm. Před měřením byly horninové vzorky rozdrčeny a uzavřeny do krabiček o objemu 250 ml, v nichž byly následně měřeny. Hmotnost takto připravených vzorků se pohybovala kolem 400 gramů.

Přirozená radioaktivita hornin je hodnocena na základě hmotnostní aktivity ekvivalentu ^{226}Ra (a_m) a též dávkového příkonu záření gama terestrického původu (D). Z výsledků gamaspektrometrických analýz byly tyto parametry vypočteny pomocí vztahů $a_m [\text{Bq.kg}^{-1}] = (0,077 \times 313\text{K}) + 12,35\text{U} + (1,43 \times 4,06\text{Th})$, $D [\text{nGy.h}^{-1}] = (0,043 \times 313\text{K}) + (0,427 \times 12,35\text{U}) + (0,662 \times 4,06\text{Th})$, do nichž je obsah K dosazován v hm. %, obsahy U a Th v ppm (UNSCEAR 1988; Matolín – Chlupáčová 1997; Ngachin et al. 2007).

Výsledky

Výsledky všech provedených laboratorních gamaspektrometrických měření jsou shrnuty v tabulce 1. V případě staroměstské skupiny jsou v této tabulce u ně-

kterých hornin svorového a rulového vzhledu za jejich názvem uvedena čísla, která jsou totožná s pořadovými čísly kolonek v legendě geologické mapy (Skácelová et al. 1992).

Lze konstatovat, že až na několik výjimek průměrná a_m studovaných typů hornin nedosahuje hodnot vypočtených pro průměrnou zemskou kůru (kolem 180 Bq.kg^{-1}). Těmito výjimkami jsou svory mlynowiecko-stroňské skupiny a fylonyty svorového vzhledu ve staroměstské skupině s průměrnou a_m ve výši 195 a 194 Bq.kg^{-1} a také horniny staroměstské skupiny v legendě mapy označené jako „kvarciticke ruly“ (položka 13), které mají povahu světlých metavulkanitů nebo světlých metatufů (viz níže), jejichž průměrná a_m je 225 Bq.kg^{-1} . Významné či zajímavé poznatky jsou komentovány v následující kapitole.

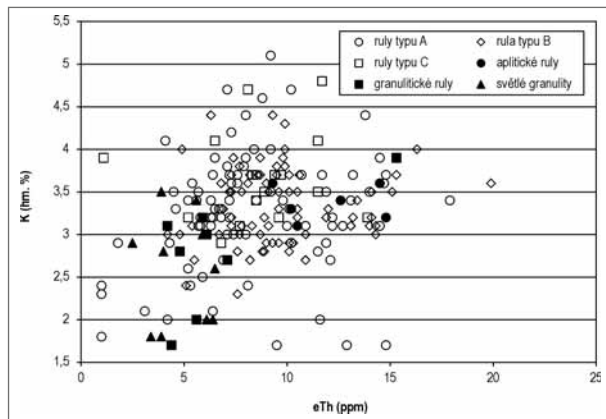
Diskuze

1. Zhruha 2/3 plochy mapového listu připadá na ruly (a je provázející granulity) sněžnicko-gierałtowské skupiny. Opletal et al. (1980) dělí ruly této skupiny do tří stavbou odlišných typů, v citované práci označovaných jako typy A, B a C. Toto členění respektoval i autor tohoto článku.

Tab. 1: Obsahy přirozených radioaktivních prvků (K, U, Th) v horninách, vypočtené hodnoty hmotnostní aktivity (a_m); n = počet vzorků, x = průměr.

Tab. 1: Contents of the natural radioactive elements (K, U, Th) in rocks, calculated mass activity (a_m); n = number of samples, x = average.

geol. jednotka/hornina	n	K (hm. %)				eU (ppm)				eTh (ppm)				a_m (Bq.kg^{-1})			
		min.	max.	med.	x	min.	max.	med.	x	min.	max.	med.	x	min.	max.	med.	x
<i>mlynowiecko-stroňská skupina</i>																	
svory	47	1,6	4,8	3,3	3,3	< 1,5	4,8	3,3	3,2	2,1	19,3	13,2	12,9	63	257	194	195
svorové ruly	8	2,5	4,3	3,2	3,2	< 1,5	3,8	2,6	2,3	6,6	14,1	11,9	11,0	121	210	174	169
pararuly	6	1,1	3,6	1,6	1,9	< 1,5	4,7	2,0	2,3	3,2	11,3	6,6	6,7	93	150	108	113
kvarcity, kvarciticke ruly	7	< 0,5	4,3	1,4	1,9	< 1,5	3,8	1,5	1,9	1,9	7,5	4,8	4,6	31	188	82	95
grafitické kvarcity	15	< 0,5	2,6	< 0,5	0,6	2,4	18,1	8,1	8,6	< 1,5	9,2	2,0	2,7	50	243	129	137
mramory	7	< 0,5	0,5	0,5	< 0,5	< 1,5	5,2	< 1,5	1,7	1,5	3,3	2,0	2,2	29	95	38	44
amfibolity	5	< 0,5	1,0	< 0,5	< 0,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	3,1	2,4	2,2	26	49	34	36
<i>sněžnicko-gierałtowská skupina</i>																	
ruly (typ A)	84	1,7	5,1	3,3	3,3	< 1,5	8,7	2,4	2,5	< 1,5	17,9	7,5	8,3	62	239	156	158
ruly (typ B)	73	2,3	4,4	3,3	3,3	< 1,5	5,5	2,2	2,3	4,2	19,9	9,1	9,6	107	215	165	164
ruly (typ C)	16	2,9	4,8	3,6	3,7	< 1,5	3,1	2,2	2,1	< 1,5	13,9	8,7	8,6	120	211	168	165
apliticke ruly	6	3,1	3,6	3,4	3,4	< 1,5	3,0	1,6	1,8	9,3	14,8	11,6	12,0	151	208	168	173
granulitické ruly	8	1,7	3,9	2,9	2,8	< 1,5	2,7	< 1,5	< 1,5	4,2	15,3	5,8	6,7	93	195	115	121
světlé granulity	10	1,8	3,5	2,7	2,6	< 1,5	3,3	< 1,5	< 1,5	2,5	6,5	4,8	4,8	75	130	105	107
tmavé granulity	2	< 0,5	0,5	< 0,5	< 0,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	1,7	2,7	2,2	2,2	30	40	35	35
amfibolity	2	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 1,5	1,8	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	26	36	31	31
<i>staroměstská skupina (včetně podskupiny Hraničné) a granitoidy ve staroměstských pásmech</i>																	
svory – 10, 14	8	1,3	4,1	1,9	2,3	2,0	4,5	2,7	3,0	7,2	17,4	9,0	11,0	99	253	129	156
svory (fylonyty) – 6	9	1,9	3,7	3,1	3,0	2,5	3,7	2,8	3,0	11,5	18,4	14,8	14,7	147	238	194	194
ruly, svorové ruly – 14	33	1,0	4,1	2,8	2,7	1,0	9,5	3,2	3,4	5,7	20,3	11,5	12,5	82	266	190	180
ruly – 9	19	< 0,5	3,3	1,5	1,5	< 1,5	3,1	1,5	1,6	< 1,5	16,1	7,8	8,0	33	188	102	103
kvarciticke ruly – 13	8	2,7	6,4	3,6	3,8	2,2	5,7	3,6	3,7	10,9	18,6	16,4	15,3	171	292	217	225
feldspatizované svorové ruly	12	1,4	3,9	2,0	2,1	< 1,5	5,1	3,4	3,2	6,4	16,4	11,0	11,6	83	223	162	158
erlanové ruly	4	1,8	3,0	2,1	2,2	< 1,5	1,8	< 1,5	< 1,5	7,3	9,0	8,4	8,3	105	143	113	119
amfibolické ruly, leptynity	4	< 0,5	1,4	< 0,5	0,7	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	26	52	29	34
amfibolity	32	< 0,5	0,8	< 0,5	< 0,5	< 1,5	3,3	< 1,5	< 1,5	< 1,5	3,2	< 1,5	< 1,5	26	72	26	31
serpentinity	4	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 1,5	2,9	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5	26	50	26	32
kvarcity	4	< 0,5	1,1	0,5	0,6	< 1,5	4,1	< 1,5	< 1,5	< 1,5	6,4	2,4	3,0	26	114	39	54
granitoidy	21	0,6	4,4	2,6	2,6	< 1,5	4,6	< 1,5	1,7	< 1,5	20,3	10,6	9,8	54	246	160	142
<i>neovulkanity</i>																	
bazanity	6	0,5	1,1	0,6	0,7	2,1	2,8	2,3	2,4	6,9	8,4	7,3	7,4	80	103	90	90



Obr. 1: Korelace thorium versus draslík v rulách a granulitech sněžnicko-gierałtowské skupiny.

Fig. 1: Thorium versus potassium correlation in gneisses and granulites of the Sněžnik-Gierałtow Group.

Typ A zahrnuje drobozrnité zrnito-šupinaté dvojslídne ruly (typické ruly gierałtowské). Do typu B jsou řazeny středně až hrubě zrnité, plástevnaté až zrnito-plástevnaté dvojslídne ruly (jde o ruly dříve zčásti řazené k rulám gierałtowským, zčásti k sněžnickým). Oba typy rul jsou na listu 14-21 Travná hojně rozšířeny. Jako typ C jsou označovány hrubě okaté dvojslídne ruly (typické ruly sněžnické), na hodnoceném listu zastoupené relativně málo. Na listu 14-21 Travná však vystupují i aplitické ruly, granulitické ruly a je provázející světlé granulity.

Geneze a vzájemný vztah rul typu A, B a C je dlouhodobě diskutovaným problémem (viz např. Opletal et al. 1980, 1997; Bröcker et al. 2003; Grześkowiak et al. 2005; Cháb et al. 2008; Buriánek et al. 2009). Podobné průměrné obsahy i nepřilíš rozdílná rozpětí obsahů každého z trojice sledovaných prvků ve všech třech typech rul (tab. 1 a obr. 1) by mohly ukazovat na identický protolit, například povahy granitoidu nebo pelitu, resp. metapelitu (shodu v protolitu u tří výše uvedených typů rul, i když jinak označovaných, dokládá již Buriánek et al. 2009, přiklánějící se k S-typovému granitoidu). Mírné zvýšení obsahu draslíku v rulách typu C ve srovnání s typy A a B (nejen na hodnoceném listu, ale také na listu 14-23 Králíky a zejména 14-12 Deštné – viz Zimák 2013) by mohlo svědčit o vzniku živcových „ok“ v průběhu feldspatizace (podle Opletala et al. 1997 se ruly typu C vytvořily feldspatizací rul typu A a B, což je pro většinu geologů zabývajících se touto problematikou patrně neakceptovatelný názor – např. Buriánek et al. 2009).

Lokálně přítomné aplitické ruly mají nepatrně vyšší průměrnou hodnotu a_m ve srovnání s rulami typu A, B a C, a to díky o něco vyšším obsahům thoria (v podstatě klarkovým) – viz data v tabulce 1 a obrázku 1. Přírozená radioaktivita granulitických rul a zejména světlých granulitů je výrazně nižší ve srovnání s rulami typu A, B a C, což je dáno nižšími obsahy všech tří sledovaných prvků (tab. 1, obr. 1). Průměrné hodnoty dávkového příkonu záření gama vypočtené pro diskutované horniny jsou

následující: ruly typu A 79 nGy.h^{-1} , ruly typu B 83 nGy.h^{-1} , ruly typu C 84 nGy.h^{-1} , aplitické ruly 87 nGy.h^{-1} , granulitické ruly 62 nGy.h^{-1} a světlé granulity 55 nGy.h^{-1} . Výsledky laboratorní gamaspektrometrie v tomto případě potvrdily a upřesnily v úvodu již zmíněné poznatky z aeroradiometrických měření (Šalanský – Manová 2003).

2. V jihovýchodním cípu listu 14-21 Travná vystupují zejména v pruhu mezi kótami Jivina (1077,6 m) a U Červeného kříže (1026,4 m) velmi světlé masivní ruly s kostičkovitým rozpadem, pro něž se vzhledem k jejich stavbě a složení nabízí název křemen-živcová skalina (při makroskopickém hodnocení!). V legendě geologické mapy (Skácelová et al. 1992) jsou tyto horniny položkou č. 13 a jsou pojmenovány jako „kvarciticke ruly“ a pod tímto označením jsou uvedeny i v tabulce 1. Ve vysvětlivkách k mapovému listu (Žáček et al. 2003) je místo „kvarciticke ruly“ užit název „světlá křemitá rula“ s poznámkou, že protolitem může být kyselý vulkanit (paleoryolit) nebo jemu odpovídající tuf. Diskutované horniny vykazují nejvyšší přirozenou radioaktivitu v rámci hodnoceného listu. Jejich a_m je v rozpětí 171 až 292 Bq.kg^{-1} , průměr 225 Bq.kg^{-1} (tab. 1), D v rozpětí 85 až 149 nGy.h^{-1} , průměr 111 nGy.h^{-1} . Tyto relativně vysoké hodnoty a_m a D jsou způsobeny nadklarkovými obsahy všech tří sledovaných prvků (tab. 1). Z hlediska diskuze o genezi těchto hornin jsou významné obsahy draslíku v rozpětí $2,7$ až $6,4 \text{ mm. % K}$, naznačující, že protolitem mohou být produkty kyselého nebo intermediárního vulkanismu, tj. světlé vulkanity nebo světlé tufy.

3. Poslední poznámka se týká chyby v jv. cípu geologické mapy (Skácelová et al. 1992), kde je na j. svahu Bílých kamenů (kóta 1028,9 m) mezi amfibolity (položka legendy č. 8) a fylonity svorového vzhledu (č. 6) vyznačen pruh „kvarciticke rul“ (č. 12). V tomto pruhu „kvarciticke rul“ se však nevyskytují horniny, které jsou na mapovém listu takto označovány (viz poznámka 2), ale jsou zde přítomny feldspatizované svorové ruly (a tak jsou označeny i v tabulce 1) případně albitické svory.

Závěr

Průměrná hmotnostní aktivita jednotlivých typů metamorfitů a magmatitů na mapovém listu 14-21 Travná až na tři výjimky nedosahuje hodnot vypočtených pro průměrnou zemskou kůru (kolem 180 Bq.kg^{-1}). Těmito výjimkami jsou svory mlynowiecko-stroňské skupiny (průměr 195 Bq.kg^{-1} , max. 257 Bq.kg^{-1}), fylonity svorového vzhledu ve staroměstské skupině (průměr 194 Bq.kg^{-1} , max. 238 Bq.kg^{-1}) a světlé metavulkanity (příp. metatufy) ve staroměstské skupině (průměr 225 Bq.kg^{-1} , max. 292 Bq.kg^{-1}), v mapě nevhodně označované jako „kvarciticke ruly“.

Poděkování

Autor děkuje editorovi doc. RNDr. Zdeňku Lososovi, CSc. a recenzentovi doc. RNDr. Jindřichu Štelcovi, CSc. za ceněné rady a připomínky, které přispěly ke zkvalitnění tohoto článku.

Literatura

- Bröcker, M. – Lange, U. – Mezger, K. – Żelaźniewicz, A. (2003): The orthogneisses of the Orlica-Śnieżnik dome (West Sudetes, Poland): Sr-Nd isotope characteristics and Rb-Sr geochronology. – *Journal of the Czech Geological Society*, 48, 1–2, 25–26.
- Buriánek, D. – Verner, K. – Hanžl, P. – Krumlová, H. (2009): Ordovician metagranites and migmatites of the Svratka and Orlice-Sněžník units, northeastern Bohemian Massif. – *Journal of Geosciences*, 54, 2, 181–200.
- Grzeškowiak, A. – Żelaźniewicz, A. – Fanning, M. (2005): Early Palaeozoic syntectonic migmatization preceded Variscan metamorphism in the Orlica-Śnieżnik Dome, Sudetes: U-Pb SHRIMP evidence. – *Geolines*, 19, 46–48.
- Cháb, J. – Breiter, K. – Fatka, O. – Hladil, J. – Kalvoda, J. – Šimůnek, Z. – Štorch, P. – Vašíček, Z. – Zajíc, J. – Zapletal, J. (2008): *Stručná geologie základu Českého masivu a jeho karbonského a permského pokryvu*. – Vydavatelství České geologické služby, Praha.
- Matolín, M. – Chlupáčová, M. (1997): Radioaktivní vlastnosti hornin. In: Kobr, M. et al.: *Petrofyzika*, 109–126. Vydavatelství Karolinum, Praha.
- Ngachin, M. – Garavaglia, M. – Giovani, C. – Kwato Njock, M. G. – Nourreddine, A. (2007): Assessment of natural radioactivity and associated radiation hazards in some Cameroonian building materials. – *Radiation Measurements*, 42, 61–67.
- Opletal, M. – Čech, S. – Sekyra, J. (1997): Geologie území. – In: Müller, V. (ed.): *Vysvětlivky k souboru geologických a ekologických účelových map přírodních zdrojů v měřítku 1 : 50 000, list 14-23 Králíky*, 7–15. Český geologický ústav, Praha.
- Opletal, M. et al. (1980): *Geologie Orlických hor*. – Ústřední ústav geologický – Academia Praha.
- Skácelová, D. – Skácel, J. – Sekyra, J. (1992): Geologická mapa ČR 1 : 50 000, list 14-21 Travná. – Český geologický ústav, Praha.
- Šalanský, K. – Manová, M. (2003): Geofyzikální poměry. – In: Müller, V. (ed.): *Vysvětlivky k souboru geologických a ekologických účelových map přírodních zdrojů v měřítku 1 : 50 000. Listy 04-43 Bílý Potok, 04-44 Javorník, 14-21 Travná, 12-44 Jeseník*, 27-32. Česká geologická služba, Praha.
- UNSCEAR, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (1988): *Exposures from natural sources of radiation. Report to the General Assembly*. U. N., New York, USA.
- Zimák, J. (2013): Přirozená radioaktivita metamorfovaných a magmatických hornin na mapovém listu 14-23 Králíky. – *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku*, 20, 1–2, 157–161.
- Žáček, V. – Skácel, J. – Skácelová, D. (2003): Geologie území. – In: Müller, V. (ed.): *Vysvětlivky k souboru geologických a ekologických účelových map přírodních zdrojů v měřítku 1 : 50 000, listy 04-43 Bílý Potok, 04-44 Javorník, 14-21 Travná, 12-44 Jeseník*, 7-27. Česká geologická služba, Praha.