

DISTRIBUCE NĚKTERÝCH PRVKŮ A OXIDŮ V PŮDNÍCH PROFILECH V OBLASTI KRÁLICKÉHO SNĚŽNÍKU

The Distribution of some Elements and Oxides in the Soil Profiles of the Králický Sněžník Region

Jaromír Hanák¹, Hana Müllerová¹, Pavel Müller¹

¹ Česká geologická služba, Leitnerova 22, 658 69 Brno;
e-mail: hanak@gfb.cz, mullerova@cgu.cz, muller@cgu.cz

(14-23 Králíky, 14-24 Bělá p. Pradědem, 14-41 Šumperk, 14-42 Rýmařov)

Key words: Lead, Beryllium, Molybdenum, Stibium, Mercury, Uranium, Thorium, Potassium, Distribution, Soil, Czech Republic, Králický Sněžník

Abstract

The work aims to present the preliminary results of the study of distribution of heavy metals and toxic elements in the profiles of chosen dug holes in the area of Králický Sněžník. We have focused mainly on the changes in the element contents depending on the sampling depth, and on the mutual correlations among the elements. We have also monitored several radioactive elements (including the anthropogenic ¹³⁷Cs nuclide that contaminated the environment after the Chernobyl disaster) and tried to trace the origin of the contaminants in the rock environment.

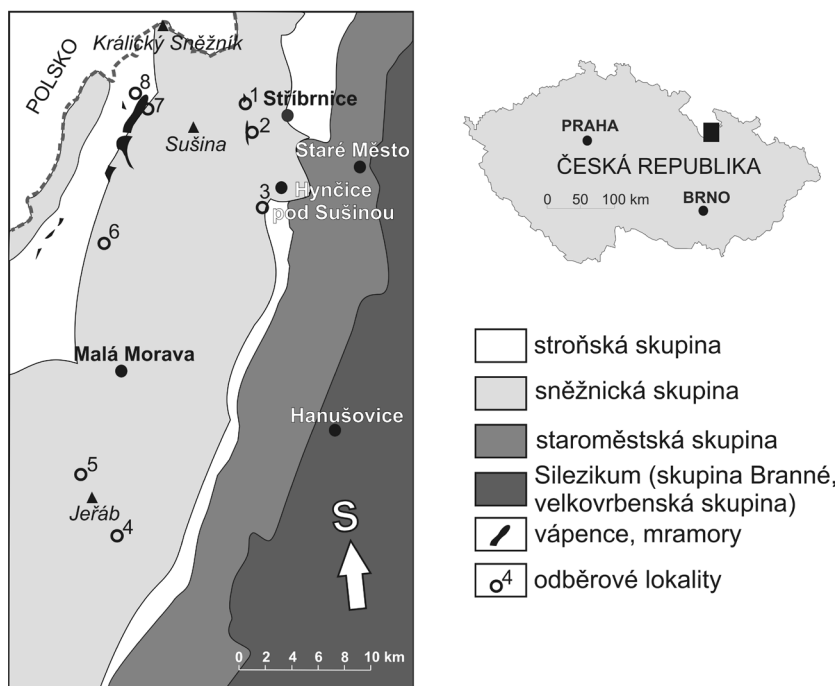
1. Úvod

V oblasti Králického Sněžníku byly zjištěny zvýšené obsahy Be (až 18,3 ppm) v řečištních sedimentech v rámci geochemického mapování okresu Šumperk (Žáček – Páša – Veselý 2001). Původ anomálie je sledován a hodnocen v rámci grantového úkolu GAČR „Zákonitosti distribuce beryllia v horninovém prostředí Králického Sněžníku“ č. 205/05/0245. Dále byly v rámci geologického úkolu 6350 GP MŽP s názvem „Průzkum distribuce ¹³⁷Cs a dalších vybraných radionuklidů a kovových prvků v povrchové vrstvě hornin v oblasti Králický Sněžník – Orlické hory“ sledovány přirozené a umělé radionuklidy a jejich vztah k horninovému prostředí. Koordinací obou úkolů byla část lokalit zpracována a vyhodnocena společně s cílem pokusit se vymežit tzv. rizikové prvky, které jsou v horninovém prostředí cizí, tedy antropogenního původu.

V rámci výzkumných zadání byla hodnocena celá řada prvků v několika půdních profilech, což umožňuje popsat a částečně interpretovat distribuci sledovaných chemických prvků a látek ve vertikálním průřezu půdních horizontů v oblasti Králického Sněžníku a částečně tak porozumět jejich postavení ve vztahu k horninovému a zejména životnímu prostředí.

2. Geologická situace

Zájmové území patří z regionálně-geologického hlediska do orlicko-kladského krystalinika a je situováno při hranici se staroměstským krystalinikem (obr. 1). Staroměstské krystalinikum je reprezentováno hlavně amfibolity a ultrabazickými horninami. Orlicko-kladské krystalinikum bývá členěno na sněžnickou a stroňskou skupinu. Horninové pásy obou skupin jsou převážně protaženy ve



Obr. 1: Zjednodušená geologická mapa s vyznačením odběrových lokalit.
Fig. 1: Scheme of geological setting with sample points.

směru SSV–JJZ. Pro tektonickou stavbu této oblasti jsou důležité zejména zlomové struktury SSV–JJZ a SZ–JV a podle Opletala (2003) mají tyto jednotky šupinovou stavbu. Sněžnická skupina obsahuje různé typy ortorul a migmatitů. Převažují zde plástevnaté středně až drobně zrnité silně deformované dvojslídne ortoruly, které často přechází do páskovaných středně zrnitých migmatitů. Místy jsou v těchto horninách zachovány méně deformované domény hrubozrnných metagranitů s částečně rekrystalovanými porfyroklasty živců. Tyto vápenato-alkalické granitoidy vulkanických oblouků jsou podle Krönera et al. (2001) kambro-ordovického stáří. Podle stejného autora mohou být tyto horniny provázány hydrotermální pneumatoliticou mineralizací.

Stroňská skupina představuje pestrou sekvenci biotitických a dvojslídlných rul a svorů s vložkami kvarcitů, grafitických kvarcitů, kvarcitických břidlic, dolomitických mramorů, vápenatosilikátových hornin, amfibolitů a amfibolických rul. Vzácně se při kontaktu se staroměstským krystalinikem objevují drobná tělesa ultrabazických hornin a eklogitů.

V celé studované oblasti se jen vzácně vyskytují žíly pegmatitů nebo apelitů. Hydrotermální mineralizace mají na studovaném území jen malý rozsah (Gawlikowska–Opletal 1997, Sattran et al. 1966). Jde hlavně o drobné výskyty antimonových, polymetalických a uranových rud. Mineralogické nálezy fluoritu jsou známy od Stříbrnice a z horní části údolí řeky Moravy.

3. Metodika

V oblasti Králického Sněžníku bylo vykopáno 8 půdních sond do hloubek kolem 1m nad různými typy hornin a byly odebrány vzorky z jednotlivých půdních horizontů až do hloubky rozvolněného skalního podloží. Odběrové sondy (viz obr. 1) byly rozmístěny podle geologické mapy (Gawlikowska – Opletal 1997) nad různými matečnými horninami (1 – erlan; 2 – migmatit; 3, 4, 5, 6 – orthorula; 7 – krystalický vápenec, 8 – pararula). Vzorky navětralé podložní horniny byly odebrány jen v případě lokality 1, 4, 7 a 8. Půdní profil byl na většině lokalit vyvinut směrem do hloubky takto: hrabanka, organický horizont, eluviální horizont (jen u lokality 7 a 8), hnědá zemina, tmavě okrová zemina, světle okrová zemina, zvětralina (viz legenda k obr. 3 a 4), přičemž mocnosti jednotlivých horizontů byly různé.

Vzorky v laboratořích ČGS prodělaly sušení, kvartování a mletí na analytickou jemnost a byly analyzovány metodou ICP-MS v laboratoři ACME v Kanadě na 45 prvků včetně REE a silikátových analýz. Na všech vzorcích fa. GEORADIS s.r.o. v Brně stanovila obsahy Th, U, K a ¹³⁷Cs laboratorní spektrometrií gama.

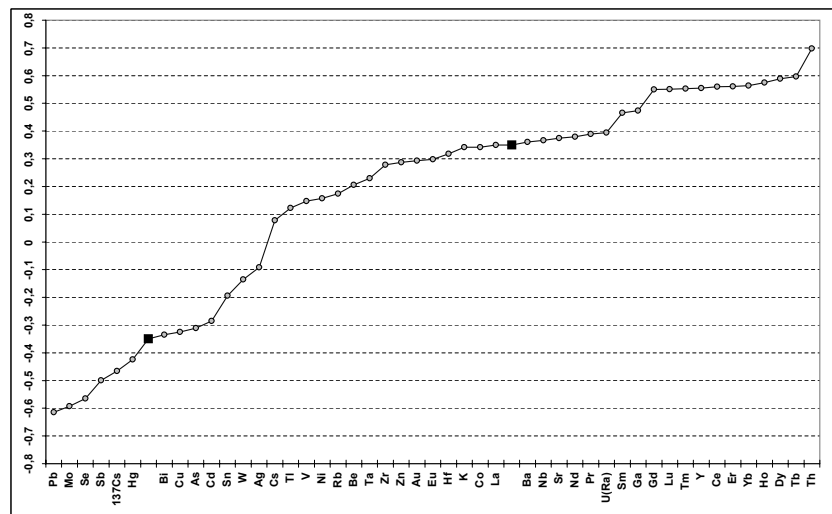
Pro hledání souvislostí mezi sledovanými látkami byl zvolen následující postup: Získaná ana-

lytická data byla zpracována programem EXCEL a byla zkoumána jejich geochemická korelace s hloubkou odběru, tedy s pozicí vzorků v půdním profilu. Výchozí datový soubor obsahoval 38 vzorků půd. Z výsledků byly vyhotoveny jednoduché grafy koeficientů korelace s hloubkou. Cílem takto pojatého zpracování je pokusit se o jednoduché rozdělení prvků v půdním profilu se snahou o jejich zařazení ke zdroji, který může být antropogenní (tedy převážně atmosférický spad) a nebo podložní – matečné horniny. Vycházíme z předpokladu, že záporný koeficient korelace s hloubkou přiřazuje vzorky ke svrchním horizontům, zatímco kladný koeficient pak ke spodním horizontům profilu. Tato statistická metoda však zcela nezohledňuje půdní profil, jeho členění na horizonty a jejich mocnosti přímo, ale bere v úvahu pouze hloubku odběru. Získané korelace je nutno kriticky ověřit grafy závislosti obsahu na jednotlivých půdních horizontech (obr. 3 a 4).

4. Výsledky a diskuze

Na obr. 2 je zobrazen průběh koeficientů korelace jednotlivých prvků s hloubkami odběru. Je patrné, že se významně odlišuje skupina prvků Pb, Mo, Se, Sb, Hg včetně ¹³⁷Cs. K této skupině se řadí S a C. Tyto prvky vykazují nejvyšší koeficient korelace s hloubkou (existence závislosti s pravděpodobností více než 95 %) a jsou vázány převážně na svrchní horizonty půd. Jejich dominantní zdroj můžeme očekávat hlavně v atmosférickém spadu a opadu z rostlin. To se týká i ¹³⁷Cs, které je zachyceno jako reziduum po černobylské havárii jaderného reaktoru. Další prvky jako jsou Bi, Cu, As, Cd mají sice nižší korelační vztah, ale přesto jejich obsah může být ovlivněn metalurgickým a uhelným průmyslem na sever a severovýchod od oblasti Králického Sněžníku.

Tato skupina prvků má velmi těsnou korelaci mezi sebou a na základě toho lze předpokládat i jejich stejný původ. Podobná asociace prvků byla dokumentována jinou



Obr. 2: Koeficient korelace prvků a hloubky odběru (černé čtverce – hladina významnosti $r = \pm 0,35$).

Fig. 2: Correlation coefficient for the elements amount and depth (black squares – significance level $r = \pm 0,35$).

metodikou na sv. straně hřebenu Hrubého Jeseníku na kótě „Sokol 1150 m n. m.“ (asi 1,5 km v. od vrcholu Praděd), kde byl proveden v letech 1998–2002 pracovníky ÚKZÚS sběr atmosférické mokré depozice (Pavlíček–Klimentová 2004). Ti mimo jiné na této lokalitě prokázali biologicky rizikové (toxické) prvky, které seřadili v následujícím kvantitativním pořadí ve vztahu k jednomu hektaru plochy:

- n.100 g.ha⁻¹.rok⁻¹: Fe, Na, Al, Zn
- n.10 g.ha⁻¹.rok⁻¹: Mn, Pb, Cu
- n.1 g.ha⁻¹.rok⁻¹: Ni, Cr, V, As
- n.0,1 g.ha⁻¹.rok⁻¹: Cd, Co
- n.0,01 g.ha⁻¹.rok⁻¹: Be

Jak uvádějí Pavlíček a Klimentová, jsou tyto látky součástí dálkového přenosu atmosférické depozice ze vzdálených zdrojů (přírodních i antropogenních), které v rozdílném množství více či méně rovnoměrně zatěžují celou širokou oblast. Podobnou asociaci prokazuje ve svrchních vrstvách lesních půd KRNAP i Kapička et al. (2004), který ovšem využívá k identifikaci vybrané skupiny TK magnetické susceptibilitu a vztahy ověřuje chemickou analýzou.

Z distribuce Pb (obr. 3) a také Mo, Sb, Hg, ¹³⁷Cs, S a C v závislosti na hloubce profilu je patrné, že obsahy těchto prvků směrem k povrchu narůstají s logaritmickou závislostí. Pb musí být přenášeno ze vzdálených zdrojů, neboť sledovaná oblast není zatížena intenzivní automobilovou dopravou. Zdroj Mo je možné hledat ve výrobě legovaných ocelí (průmyslová oblast Dolního Slezska v Polsku a Ostravsko). Z obr. 3 lze usuzovat, že Pb je v půdním profilu vázáno na organickou hmotu a není významně vyluhováno do spodnějších půdních horizontů. Mo bývá obsažen v relativně vyšších koncentracích oproti podloží jak v humusovém horizontu tak v hrabance.

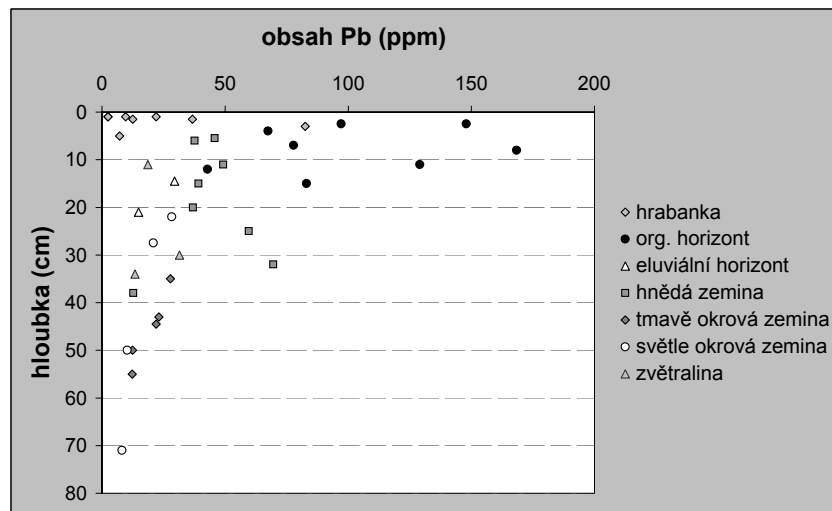
O prvcích v nižších horizontech s koeficienty korelace a hloubky mezi -0,35 a +0,35 lze jen s obtížemi vyslovit genetické interpretace, neboť procesy v půdě jsou složité a různorodé. Pohyb prvků v rámci horizontu je ovlivněn řadou fenomenů, jako např. půdním pH, Eh, obsahem organické hmoty, srážkovým režimem na daném místě a dalšími.

Opačnou závislost s hloubkou (tzn. nárůst obsahu směrem do podloží) vykazují horninotvorné oxidy SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, K₂O.

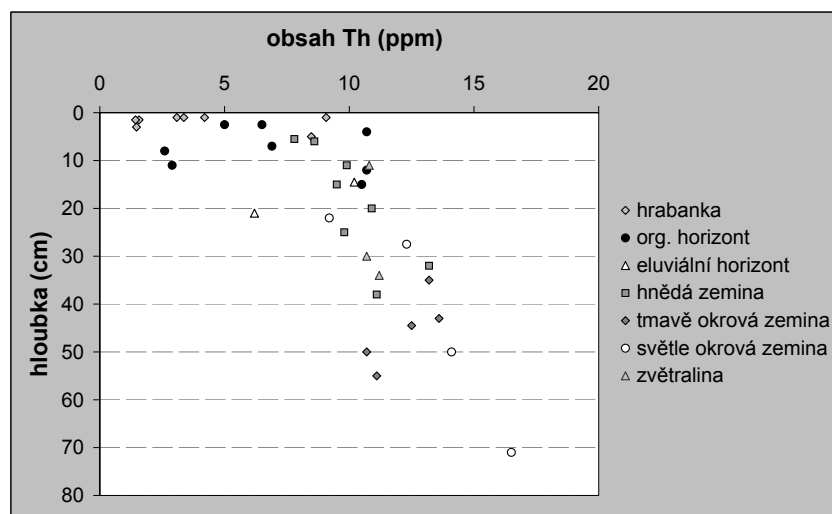
Z grafů provedených pro Be, které bylo hlavním zájmem jednoho z úkolů, je zřejmé, že není vázáno na specifickou složku půd.

Nicméně statistické zpracování ukázalo významnou korelaci Be s Fe₂O₃ a MnO. Sorpci Be na hydratované oxidy Fe, Al a Mn uvádí např. Pitter (1999). Také Navrátil et al. (2002) uvádí, že v oblastech se zvýšenou koncentrací Be v horninách je při zvětrávání Be uvolňováno a sorbuje se v půdách a zvětralinovém plášti na jílové minerály, amorfní hydroxidy Fe, Mn a Al, nebo na organické látky. Kyselé srážky mohou takto sorbované Be uvolnit a to zejména na místech, kde jsou v podloží kyselé horniny.

Zdrojem radioaktivních prvků jsou matečné horniny, stabilní Th (obr. 4) je na ně významně fixováno, zatímco U má větší možnost „pohybu“ v závislosti na oxidačně redukčních podmínkách (U⁺⁴, U⁰, UO₂²⁺, UO₂). Draslík se zúčastňuje přenosu do rozvětralých eluvií ve formě jílovitých minerálů, jejichž zdrojem jsou převážně živce. ¹³⁷Cs má mimořádný význam pro životní prostředí, neboť, jak se ukazuje, je stále fixováno na svrchní části půdních profilů a je stále součástí rostlinného pokryvu.



Obr. 3: Distribuce Pb v půdách v závislosti na hloubce odběru.
Fig. 3: Pb distribution in soils versus depth.



Obr. 4: Distribuce Th v půdách v závislosti na hloubce odběru.
Fig. 4: Th distribution in soils versus depth.

5. Závěr

Hlavním a prakticky jediným rozhodujícím vstupem vybraných rizikových prvků, jako jsou Pb, Mo, ^{137}Cs a pravděpodobně i Sb a Hg, do lesních ekosystémů hodnocené oblasti Králického Sněžníku jsou imise (vzdušný spad a srážky). Podle lokálních podmínek tak atmosférické depozice mohou významnou měrou ovlivňovat dynamiku půdních procesů a vedle možného přímého působení na rostlinná pletiva pak bezprostředně ovlivňovat i na ně vázaný potravinový řetězec s potenciálními riziky pro kvalitu ekosystémů (včetně zdravotních rizik).

Primární zdroj Be se nepodařilo odhalit. Zvýšené koncentrace se vyskytují pouze na některých lokalitách v říčních sedimentech, kde jsou sekundárně vázány na hydratované oxidy Fe, Mn a Al.

Poděkování

Děkujeme Grantové agentuře ČR za přidělení grantu č. 205/05/0245, který nám umožnil se problematikou berylliové anomálie v Králickém Sněžníku systematicky zabývat. Dále děkujeme Ministerstvu životního prostředí za přidělení prostředků na řešení regionální distribuce antropogenního ^{137}Cs .

Literatura

- Gawlikowska, E. – Opletal, M. (1997): Králický Sněžník. Geologická mapa pro turisty 1:50000. – Český geologický ústav – Panstwowy Instytut Geologiczny, Praha. Warszawa.
- Kapička, A. – Petrovský, E. – Fialová, H. – Podrázský, V. (2004): Využití magnetické susceptibility lesních půd pro mapování imisní zátěže v regionu KRNP. – In: Štursa, J. – Mazurski, K. R. – Palucki, A. – Potocka, J. (2003): Geoekologické problémy Krkonoš. – Sbor. Mez. Věd. Konf., 41, 55–59. Szklarska Poreba.
- Kröner, A. – Jaeckel, P. – Hegner, E. – Opletal, M. (2001): Single zircon ages and whole rock Nd isotopic systematics of early Palaeozoic granitoid gneisses from the Czech and Polish Sudetes (Jizerske hory, Krkonose Mountains and Orlice–Sneznik Complex). – International Journal of Earth Sciences, 90, 2, 304–324.
- Navrátil, T. – Skřivan, P. – Minařík, L. – Žigová, A. (2002): Beryllium Geochemistry in the Lesní Potok Catchment (Czech Republic), 7 Years of Systematic Study. – Aquatic Geochemistry, 8, 2, 121–133.
- Opletal, M. (2003): Tektonická melánž s ultrabaziky od Chrástic u Starého Města pod Sněžníkem. – Sborník z konference Moravsko-slezské paleozoikum 2003, Olomouc.
- Pavlíček, V. – Klementová, L. (2004): Kvalita atmosférických srážek v lesní oblasti Hrubého Jeseníka 1998–2002. – Bulletin Odboru agrochemie, půdy a výživy rostlin, XII., 2. Brno.
- Pitter, P. (1999): Hydrogeochemie. – VŠCHT. Praha.
- Satran, V. – Absolonová, E. et al. (1966): Problémy metalogeneze Českého masivu. – Sbor. Geol. Věd, řada LG, 8, 7–112. Praha.
- Žáček, M. – Páša, J. – Veselý, M. (2001): Dynamika sedimentace v řece Moravě při záplavách. Dílčí část: Geochemické mapování okresu Šumperk. – MS, archiv ČGS, Praha. Brno.