

KONTAMINACE PŮD V HORSKÝCH OBLASTECH SEVERNÍ MORAVY IZOTOPEM ^{137}Cs

^{137}Cs Contamination of Soils in the Highland Regions of North Moravia

Jaromír Hanák¹, Pavel Müller¹, Hana Müllerová¹, Ivan Kašparec²,
Vratislav Pecina³, Miloš Abraham⁴, Bohumil Veleba⁴

¹ Česká geologická služba, pobočka Brno, Leitnerova 22, 602 00 Brno; e-mail: hanak@gfb.cz

² GEORADIS s.r.o., Vídeňská 256/142, 619 00 Brno; e-mail: kaspavec@exploranium.cz

³ Česká geologická služba, pracoviště Jeseník, Erbenova 348, 790 01 Jeseník; e-mail: pecina@cgu.cz

⁴ GEOMIN družstvo, Znojemská 78, 586 56 Jihlava; e-mail: abraham@geomin.cz

(04-23, 04-43, 04-44, 14-11, 14-12, 14-13, 14-14, 14-21, 14-22, 14-23, 14-24, 14-32, 14-41, 14-42, 15-11, 15-13, 15-31, 15-32, 15-34, 15-43, 25-14, 25-21, 25-22, 25-23, 25-24, 26-11, 26-13)

Key words: radiogenic elements, geochemical interactions, anthropogenic contamination, Jeseníky, Králický Sněžník, Orlické hory, Moravian-Silesian Beskydy Mts.

Abstract

The survey aims to determine the extent, the level and the vertical distribution of chosen contaminants in soils of various cultivation (forests, pastures, fields) in the areas of Králický Sněžník, Jeseníky, Orlické hory and Moravian-Silesian Beskydy Mts. The research is focused namely on radiogenic ^{137}Cs (half-life of 30.1 years), to a lesser extent also on the isotopes of U, Th, K.

Úvod

Ve vybraných oblastech Jeseníků, Králického Sněžníku, Orlických hor a CHKO Moravskoslezských Beskyd bylo v letech 2000 až 2006 uskutečněno terénní a laboratorní měření přirozených radioaktivních prvků Th, U(Ra), K a také umělého radionuklidu ^{137}Cs (Müller, Hanák, Kašparec 2002, 2005, Müller, Hanák, Kašparec, Pecina 2005). Právě tomuto antropogennímu izotopu ^{137}Cs , který představuje reziduum po havárii reaktoru černobylské jaderné elektrárny, byla věnována největší pozornost. Důvodem jsou potenciální rizika pro zdraví populace i po 20 letech od této tragické události.

Z naměřených gamaspektrometrických hodnot izotopu ^{137}Cs v terénu i v laboratořích je možno navíc zpětně rekonstruovat i radiační poměry těsně po depozici radioaktivního spadu. Interpretací práce ještě nejsou komplexně dokončeny. Výzkumy v oblasti Jeseníků, Králického Sněžníku a Orlických hor probíhaly a probíhají podle projektů zadáných a hrazených z fondu geologických prací ministerstva životního prostředí. Oblast CHKO Moravskoslezské Beskydy je řešena v rámci programu VaV-1D/1/6/05 pod názvem „Geochemické interakce horninového prostředí s plošnými kontaminanty-využití indikačních horizontů ^{137}Cs ke studiu distribuce, vazeb a významu vybraných radionuklidů a kovových prvků v horninách oblasti Moravskoslezských Beskyd“. Na pracích se vedle specialistů z brněnské pobočky ČGS podílejí také odborníci a technici z organizací GEORADIS s.r.o. Brno a GEOMIN družstvo Jihlava.

Teoretický základ aplikované terénní gamaspektrometrie

Hustota toku gama kvant ze zdrojů radiace v půdě je významně závislá na jejich vertikální distribuci při zem-

ském povrchu. Z tohoto důvodu depozice radionuklidů jaderného spadu a jejich migrace v půdách a přenos v čase v různých typech lokalit (les, louka, pole) ovlivňuje povrchovou radiaci. Přestože radionuklidy jaderného spadu jsou v půdách akumulovány do malé hloubky 10–15 cm (Ódor et al. 1997, Barišič et al. 1997, Strzeleckí et al. 1997), vertikální distribuce zdrojů ovlivní záření na povrchu významně. Vertikální distribuci zdrojů radioaktivity popisuje parametr b označený jako plošná relaxační hmotnost ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$).

Terénní stanovení radioizotopu ^{137}Cs lze provést pomocí přenosných gama spektrometrů, nejlépe naměřením úplných spekter a jejich porovnáním metodou nejmenších čtverců se spektry etalonů se známými obsahy či plošnými aktivitami stanovovaných radionuklidů. Lze použít i registraci záření gama v zájmových intervalech energie o šířce 100–150 keV umístěných na emisních liniích 662 keV gama záření radiocesia a ve standardních intervalech energie pro stanovení koncentrací K (1461 keV), U (1764 keV) a Th (2615 keV) v horninách.

Z naměřených četností impulsů v zájmových intervalech energie radioizotopů cesia (po zavedení oprav na pozadí, na příspěvky gama záření K, U a Th do zájmových intervalů energie záření izotopů cesia a na interferenci energií gama záření emitovaných ^{137}Cs (662 keV), se za použití kalibračních konstant stanoví plošné aktivity ($\text{kBq}\cdot\text{m}^{-2}$) radioizotopu cesia a odpovídající hodnoty dávkového příkonu záření gama ($\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}$).

Údaje kontaminace zemského povrchu a půd radionuklidů jaderného spadu ^{137}Cs a ^{134}Cs jsou nejčastěji vyjadřovány v jednotkách plošné aktivity v $\text{kBq}\cdot\text{m}^{-2}$, v jednotkách měrné aktivity $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (v případě měření vzorků

půd v laboratoři) nebo v hodnotách dávkového příkonu záření gama $n\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ nad zemským povrchem. Konverze údajů plošné aktivity ($\text{kBq}\cdot\text{m}^{-2}$) radionuklidů jaderného spadu na hodnoty dávkového příkonu ($n\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$) závisí na vertikální distribuci zdrojů radioaktivity definované plošnou relaxační hmotností β .

Metodika terénních měření

Měření byla provedena jednotnou metodikou v profilech s krokem ca 2 km na různých typech lokalit (pole, louky, smíšený les, listnatý les, jehličnatý les), a to ve všech vybraných oblastech. Pouze v Jeseníkách nebyla ještě odlišována kategorie lokalit porostlých smíšenými lesy. Výběr byl prováděn také s ohledem na nadmořskou výšku. Na každé lokalitě bylo proměřeno vždy 5 bodů v ploše cca 30 m^2 .

Měření byla provedena spektrometrem GR-320 (výrobce Exploranium), který má 512 kanálů, pro detekci záření gama je použit detektor NaI(Tl) 76×76 mm s energiovým rozlišením 7,3 % (pro E 661,6 keV). Měření trvala 3 minuty a byla zaznamenávána celá naměřená spektra, která pak byla zpracována metodou nejmenších čtverců.

Spektrometr byl kalibrován na základně v Bratkovicích (K, U a Th) s využitím etalonu Klepáčov v Jeseníkách, na kterém byla stanovena plošná kontaminace ^{137}Cs laboratorním měřením.

Odběry a úpravy vzorků z kopaných sond pro laboratorní měření

Pro získání reprezentativních vzorků jednotlivých půdních horizontů ve vertikálním profilu bylo nutné na každé lokalitě postupně skrývat jednotlivé vrstvy o stálé ploše, která byla určena jako čtverec o straně 30 cm. Z každé lokality byly odebírány nejméně tři vrstvy o různých mocnostech. První vrstva byla většinou tvořena rostlinným pokryvem, případně lesní hrabankou, druhá vrstva pak většinou kořenovým balem nebo tmavou organickou zeminou. Odběry dalších vrstev se pak řídily podle makroskopického vzhledu půdního horizontu. Tento postup odběrů byl ověřen při dřívějších pracích v oblasti Jeseníků a na etalonové lokalitě Klepáčov. Pod těmito vrstvami pak byl odebírán vzorek pro šlíchové analýzy, kdy bylo nutno prohloubit odběrovou jámu někdy až k 80 cm.

Odebrané vrstvy byly přímo v terénu zváženy, hned na místě kvartovány, a byl z nich odebrán alikvotní vzorek pro laboratorní práce. Ten byl opět vážen. Mocnosti vrstev a jejich hmotnosti byly zaznamenávány spolu se základními údaji o lokalitě. Odebrané vzorky byly převezeny do laboratoří, vysušeny, zváženy, homogenizovány a potřebná část pro laboratorní měření byla uzavřena do měřicích pouzder a opět zvážena.

Metodika laboratorní spektrometrie gama

K měření obsahů radioaktivních prvků v laboratoři je používán scintilační spektrometr PCAP (Nucleus USA) s detektorem NaI(Tl) 10×10 cm rozlišení 7,9%. Pozadí je potlačeno olověným stínícím krytem o tloušťce 9 cm. Naměřená 512 kanálová spektra jsou porovnávána se spektry etalonů IAEA (RG set: Th, U a K) a etalony Exploranium ^{238}U a ^{137}Cs . Je použita metoda nejmenších čtverců, kdy je naměřené spektrum skládáno lineární kombinací jednot-

kových spekter stanovených komponent. Obvykle stanovujeme v zeminách, sedimentech a podobných materiálech Th, U, K a ^{137}Cs . Stanovení ^{137}Cs je založeno na intenzitě záření na energii 662 keV. Pro vlastní měření radioaktivity je nutno vzorky naplnit do hermeticky uzavřených pouzder. Jsou používány dva typy plastových pouzder: malé pouzdro má objem asi 100 ml (obvykle 150 g), velké pouzdro asi 270 ml (obvykle 450 g, pokud jde o horninu). Vzorek uzavřený v měřicím kalíšku musí vyčkat alespoň dva týdny pro ustavení radioaktivní rovnováhy mezi ^{226}Ra a DP ^{222}Rn . Teprve poté může být proměřen. Doba měření závisí na navážce a je obvykle 15 až 20 minut.

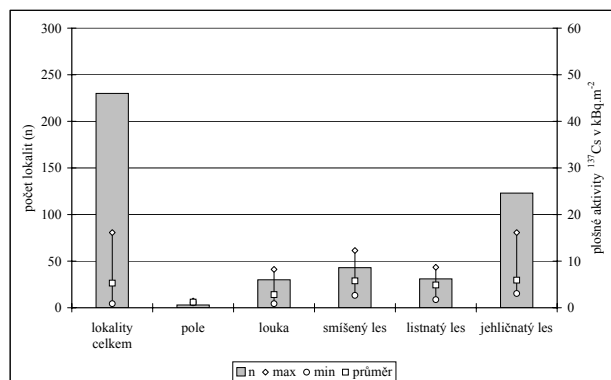
Výsledky

Celkově bylo v uplynulých letech terénní gamaspektrometrií proměřeno 699 lokalit a 3495 bodů (na každé lokalitě 5 měření). Z tohoto počtu nejvíce lokalit spadá do oblasti CHKO Moravskoslezské Beskydy (230), dále Jeseníků (193), Orlických hor (187) a nejméně do oblasti Králického Sněžníku (89). Kopané sondy pro odběr vzorků na laboratorní gamaspektrometrii byly realizovány na 349 lokalitách (celkový počet vzorků 1276 ks). Z toho se jednalo v oblasti CHKO Beskydy o 400 vzorků ze 136 sond, v Jeseníkách o 368 vzorků ze 112 sond, v Orlických horách 148 vzorků ze 49 sond a v oblasti Králického Sněžníku o 160 vzorků z 52 sond. Terénní etapa byla tímto ve všech regionech ukončena.

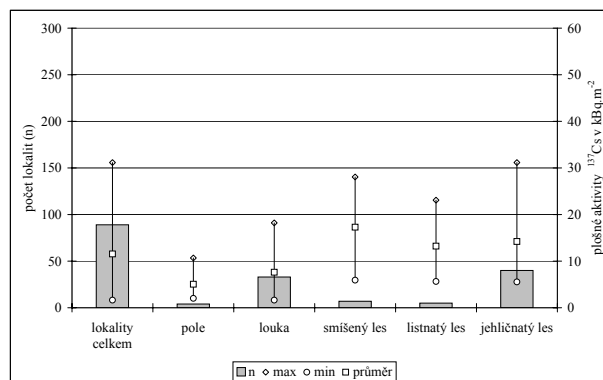
Na komplexním zpracování a vyhodnocení získaných dat se bude pracovat v průběhu roku 2007. Některé výsledky lze však uvést již nyní. Týká se to zejména terénních měření. Pro ilustraci zde z celého spektra dat ukazujeme pouze distribuci plošné aktivity ^{137}Cs v $\text{kBq}\cdot\text{m}^{-2}$ formou obrázků 1 až 4.

Shrnutí některých dílčích poznatků

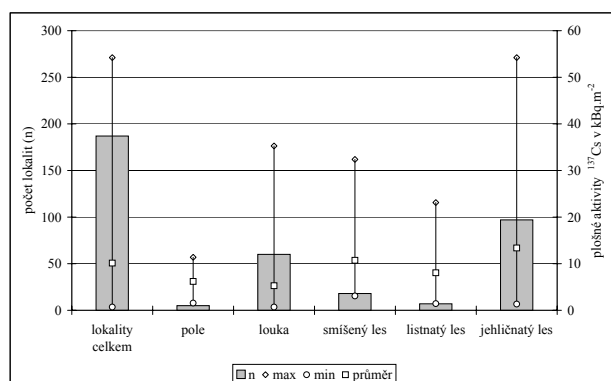
- Je zřejmé, že celkově nejvyšší zátěž antropogenním radioaktivním spadem byla zjištěna pro rozsáhlé území CHKO Moravskoslezské Beskydy, i když i zde jsou dílčí oblasti zvýšených hodnot (severovýchodní část při hranicích se SR).
- Jen nepatrně vyšší kontaminace izotopem ^{137}Cs byla v současnosti prokázána pro pole, louky a lesní půdy Králického Sněžníku.
- I přes značný rozptyl naměřených hodnot je zřejmé, že v rámci Jeseníků a Orlických hor existují i dnes místa, kde koncentrace ^{137}Cs představuje dle plošné aktivity určitá zdravotní rizika a pro jejich snížení bude nezbytné formulovat doporučení směrem ke správním orgánům.
- Nejvyšší koncentrace ^{137}Cs byly většinou zjištěny na výše položených loukách a v lesních půdách jehličnatých lesů, a to i přes 50 $\text{kBq}\cdot\text{m}^{-2}$.
- Na polích v nižších polohách se jen ojediněle objevují hodnoty kontaminace blízké se plošné aktivitě 10 $\text{kBq}\cdot\text{m}^{-2}$.
- V rámci závěrečné interpretace budou dosažené výsledky terénní gamaspektrometrie korelovány s výsledky laboratorního výzkumu vzorků odebraných v profilech kopaných sond.
- Na rozdíl od ostatních oblastí se v Orlických horách mnohem frekventovaněji projevuje nabohacení antropogenním ^{137}Cs i v hlubších horizontech pod povrchem. Pro tento jev zatím nemáme jednoznačné logické vysvětlení.



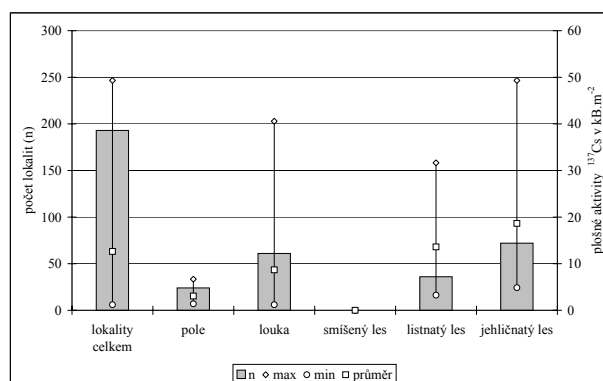
Obr. 1: Distribuce ¹³⁷Cs v oblasti Moravskoslezských Beskyd.
Fig. 1: ¹³⁷Cs distribution in the Moravskoslezské Beskydy Mts.



Obr. 3: Distribuce ¹³⁷Cs v oblasti Králického Sněžníku.
Fig. 3: ¹³⁷Cs distribution in the Králický Sněžník Mts.



Obr. 2: Distribuce ¹³⁷Cs v oblasti Orlických hor.
Fig. 2: ¹³⁷Cs distribution in the Orlické hory Mts.



Obr. 4: Distribuce ¹³⁷Cs v oblasti Jeseníků.
Fig. 4: ¹³⁷Cs distribution in the Jeseníky Mts.

Literatura

Barišic, D. – Lulic, S. – Prohic, M. (1997): Spatial distribution of ⁴⁰K, ²²⁸Ra, ²²⁶Ra, ²³⁸U and ¹³⁷Cs in surface soil layer observed at small areas. Uranium exploration data and techniques applied to the preparation of radioelement maps, IAEA-TECDOC-980, IAEA, Vienna, 135–152.

Müller, P. – Hanák, J. – Kašparec, I. (2002): Geochemické interakce horninového prostředí s plošnými kontaminanty – využití indikačních horizontů ¹³⁷Cs ke studiu distribuce, vazeb a významu vybraných radionuklidů a kovových prvků v horninách oblasti Jeseníky – Ostrava. – Závěrečná zpráva za řešení geologického úkolu, MS ČGS Praha. Brno.

Müller, P. – Hanák, J. – Kašparec, I. (2005): Průzkum distribuce ¹³⁷Cs a dalších vybraných radionuklidů a kovových prvků v povrchové vrstvě hornin oblasti Králický Sněžník – Orlické hory. – Etapová zpráva za řešení geologického úkolu MŽP, MS ČGS Praha. Brno.

Müller, P. – Hanák, J. – Kašparec, I. – Pecina, V. (2005): Geochemické interakce horninového prostředí s plošnými kontaminanty – využití indikačních horizontů ¹³⁷Cs ke studiu distribuce, vazeb a významu vybraných radionuklidů a kovových prvků v horninách oblasti Moravskoslezských Beskyd. – Etapová zpráva za řešení VaV-1D/1/6/05, MS ČGS Praha. Brno.

Ódor, L. – Horváth, I. – Fugedi, H. – Renner, J. (1997): Distribution of natural (U, Th and K) and artificial (Cs-137) radioelements in the flood plain deposits of northern Hungary. – Uranium exploration data and techniques applied to the preparation of radioelement maps, IAEA-TECDOC-980, IAEA, Vienna, 125–134.

Strzelecki, R. – Wolkowitz, S. – Lewandowski, P. (1997): Mapping of post-Chernobyl environmental pollution in Poland. – Uranium exploration data and techniques applied to the preparation of radioelement maps, IAEA-TECDOC-980, IAEA, Vienna, 163–172.