

Milan MATOLÍN¹, Petr KŘEŠŤAN², Vladimír STOJE³, Pavel VESELÝ⁴

PŘESTĚHOVÁNÍ KALIBRAČNÍ ZÁKLADNY PRO TERÉNNÍ SPEKTROMETRY GAMA
Z BRATKOVIC DO STRÁŽE POD RALSKEM, ETAPA 1

REDEPLOYMENT OF THE CALIBRATION FACILITY FOR PORTABLE GAMMA-RAY
SPECTROMETERS FROM BRATKOVICE TO STRAZ POD RALSKEM, 1ST STAGE

Abstrakt

Kalibrační základna pro terénní gama spektrometry byla vybudována státním podnikem ČSUP původně v Bratkovicích u Příbrami v roce 1975. Slouží pro kalibraci přenosných, leteckých a karotážních spektrometrů a radiometrů používaných při geologickém mapování, průzkumu ložisek uranu a sledování životního prostředí. Letecká a pozemní radiometrická měření pořízená od roku 1975 v Československu a později v České republice byla kalibrována povrchovými standardy na této základně. Zařízení bylo v roce 2009 přestěhováno do Stráže pod Ralskem. Příspěvek přináší základní přehled o základně a některých aspektech první etapy jejího nového umístění. Ve druhé etapě v období 2010 – 2011 bude především co nejpřesněji prověřena návaznost standardizace před a po stěhování a budou získávány zkušenosti z provozního využití.

Abstract

The calibration facility was established by the Czechoslovak Uranium Industry in 1975, originally in Bratkovice near Příbram. It serves for calibration of portable, car-borne, airborne and logging gamma-ray spectrometers and radiometers used in geological mapping, uranium exploration and environmental studies. Airborne and ground radiometric measurements conducted in former Czechoslovakia and the Czech Republic since 1975 are leveled to calibration pads at this calibration facility. The facility was moved to Straz pod Ralskem in 2009. This report brings the overview about the facility and some aspects of the 1st stage of redeployment. In the 2nd stage in the period 2010 – 2011 there will be mainly the precise verification of the calibration continuity before and after the redeployment and also new operational experiences will be collected.

Keywords : Radiometry, gamma-rays, spectrometry, Bratkovice, facility, calibration, etalon, standard, stratified, potassium, uranium, thorium

1 ÚVOD

Kalibrační základna pro terénní gama spektrometry byla vybudována v roce 1975 státním podnikem ČSUP podle studie a návrhu z katedry užitě geofyziky PřF UK v Praze (Matolín,

¹ Prof. RNDr. Milan Matolín, DrSc, Ústav hydrogeologie, inž. geologie a užitě geofyziky, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova v Praze, Albertov 6, 128 43 Praha 2, tel.: (+420) 221 951 545, e-mail: matolin@natur.cuni.cz.

² Ing. Petr Křesťan, Středisko monitorování a karotáže, odštěpný závod Těžba a úprava uranu (TÚU) státního podniku DIAMO, Máchova 201, 471 27 Stráž pod Ralskem, tel.: (+420) 487 894 417, e-mail: krestan@diamo.cz.

³ Mgr. Vladimír Stojé, Středisko monitorování a karotáže, odštěpný závod Těžba a úprava uranu (TÚU) státního podniku DIAMO, Máchova 201, 471 27 Stráž pod Ralskem, tel.: (+420) 487 894 498, e-mail: stojé@diamo.cz

⁴ Mgr. Pavel Veselý, generální ředitelství státního podniku DIAMO, Máchova 201, 471 27 Stráž pod Ralskem, tel.: (+420) 487 894 253, e-mail: vesely@diamo.cz.

Dědáček 1971). Sestávala ze standardů pro kalibraci spektrometrických a radiometrických přístrojů pro povrchová a karotážní měření radioaktivity hornin. Účelem byla jednak kalibrace přístrojů nově se rozvíjející terénní gama spektrometrie, jednak kalibrace radiometrů pro měření úhrnného záření gama a zdokonalení automatizovaného zpracování číslicově zapisovaných terénních dat pro výpočet zásob ložisek radioaktivních surovin. Vybudování kalibrační základny ČSUP je podrobně popsáno jejími autory ve zprávě UP Liberec (Rojko, Zeman, Josovič, Staněk 1975).

Státní podnik DIAMO jako nástupce ČSUP a jeho odštěpný závod pro těžbu a úpravu uranu (TÚU) ve Stráži pod Ralskem mají zájem na trvalé funkčnosti kalibrační základny. Protože provoz kalibrační základny v původní lokalitě v Bratkovcích již nebylo možné zajistit, bylo v roce 2009 rozhodnuto přestěhovat ji do areálu závodu TÚU ve Stráži pod Ralskem jak pro její využití vlastním geofyzikálním pracovištěm na středisku pro monitorování a karotáž, tak i pro její využití širší odbornou veřejností zabývající se gama spektrometrií a radiometrií. Oddělení užití geofyziky PřF UK v Praze zajistilo pro tuto akci metodický dohled a nezbytná ověřovací měření radioaktivity.

V příspěvku jsou uvedeny informace o kalibračních základnách pro terénní radiometrické přístroje ve světě, popis kalibrační základny v původním stavu v Bratkovcích a v novém umístění ve Stráži pod Ralskem, včetně studie předchozí radiace objektu DIAMO s.p. navrženého pro umístění standardů ve Stráži pod Ralskem, přesného rozmístění standardů, měření radiace standardů před a po stěhování a otázek dalšího využití kalibrační základny. Přehledné informace o kalibrační základně ve Stráži pod Ralskem v českém a anglickém jazyce včetně možnosti nahrání užitečných souborů v elektronické formě budou pro uživatele základny na adrese státního podniku DIAMO www.diamo.cz. Přechodně jsou vybrané údaje v předběžném stavu na adrese www.gammastandard.com. Přestěhování standardů kalibrační základny a nové umístění bylo realizováno pracovníky odštěpného závodu pro těžbu a úpravu uranu TÚU státního podniku DIAMO Stráž pod Ralskem v roce 2009 a 2010. Podrobná závěrečná technická zpráva bude autory příspěvku vydána po přesném spektrometrickém ověření nového rozmístění standardů (předpoklad: první pololetí 2010).

2 KALIBRAČNÍ ZÁKLADNY PRO TERÉNNÍ GAMA SPEKTROMETRY

Kalibrační základny pro terénní gama spektrometry slouží pro stanovení kalibračních konstant leteckých a terénních gama spektrometrů a radiometrů. Kalibrované radiometrické přístroje pro povrchová a karotážní měření umožňují stanovení kvantitativních hodnot koncentrací radionuklidů v horninách a na ložiscích radioaktivních surovin. Kalibrační základny sestávají ze standardů – modelů simulujících podmínky terénních měření. Při obvyklém užití přenosných gama spektrometrů v geovědních oborech a při monitorování radioaktivity životního prostředí se stanovují přírodní radionuklidy K, U a Th detekcí jejich záření gama a standardy kalibračních základen jsou betonové modely jednotlivě nabohacené přesně známým množstvím těchto přírodních radionuklidů. Stabilita vyhodnocení koncentrace přírodních radionuklidů daným přístrojem je významná i pro spolehlivost vyhodnocení dalších radionuklidů, přispívajících k terestrickému gama záření. Příkladem je izotop ^{137}Cs , rozšířený v malé koncentraci na zemském povrchu po testech jaderných zbraní a havárii reaktoru v Černobylu. Spektrometry s velkoobjemovými detektory se používají například při vnější kontrole obsahu nákladů v mezinárodní přepravě a v řadě dalších aplikací.

Kalibrace leteckých a přenosných gama spektrometrů byla od šedesátých let dvacátého století dlouhodobě vyvíjena institucemi geologického průzkumu zaměřenými mimo jiné na vyhledávání radioaktivních surovin. Význačnou podporou vývoje kalibrace terénních gama spektrometrů byla aktivní účast Mezinárodní agentury pro atomovou energii (IAEA), která zprostředkovala globální výměnu informací a posléze v zájmu průzkumu uranu a thoria vydala v roce 1976 publikaci *Radiometric reporting Methods and Calibration in Uranium Exploration* (IAEA 1976) zaměřenou zejména na karotážní standardy (kalibrační modely) a v roce 1989 publikaci *Construction and Use of Calibration Facilities for Radiometric Field Equipment* (IAEA 1989) popisující standardy pro letecké a přenosné gama spektrometry. Publikace uvádějí doporučené konstrukce kalibračních standardů pro karotážní a povrchová měření radioaktivity, počet standardů, jejich rozměry a rozmístění a vhodné koncentrace přírodních radionuklidů K, U a Th ve standardech. Publikace zdůrazňuje kritické

parametry standardů jako jsou použité přírodní materiály obsahující K, U a Th, radioaktivní rovnováha v těchto zdrojích, poměr U/Th a Th/U ve standardech U a Th, emanování zejména U standardu, horizontální a vertikální rozměry cylindrických standardů, odpovídající opravu na geometrii standardů pro kalibraci spektrometrů a význam stanovení radionuklidů ve standardech laboratorními analýzami. K vyloučení radiace okolních zdrojů na kalibračních základách se kalibrace a výpočet citlivostí přenosných gama spektrometrů provádí metodou rozdílových četností impulsů a rozdílových koncentrací standardů K, U a Th a nulového standardu (IAEA 1989, IAEA 2003). Z uvedeného důvodu jsou žádoucí standardy K, U, Th a nulový standard.

Kalibrační standardy pro radiometrické přístroje se budují jako stacionární (pevně zabudované) několik tun těžké cylindrické modely. S menší přesností je někdy nahrazují transportativní lehčí standardy (např. typ R. Grastyho váží 700 kg), u nichž je nutné započítávat různé opravné faktory. Podle informací shromážděných IAEA je ve světě vybudováno více než 40 kalibračních základů pro terénní gama spektrometry ve 22 zemích, k nimž se řadí i Česká republika.

3 KALIBRAČNÍ ZÁKLADNA ČSUP PRO TERÉNNÍ GAMA SPEKTROMETRY

Kalibrační základna ČSUP pro terénní gama spektrometry v Bratkovících sestávala ze 6 standardů (modelů) pro kalibraci karotážních radiometrů a 4 standardů (modelů) pro kalibraci přenosných radiometrů. Standardy byly zhotoveny jako válcová betonová tělesa nabohacená jednotlivě přírodními radionuklidy K, U a Th, při použití draselného hnojiva (NDR), uranové rudy (ČSSR) a thoriové rudy (monazitového písku, SSSR). Karotážní draslíkový standard obsahuje jen upěchované čisté draselné hnojivo. Výsledné koncentrace radionuklidů K, U a Th ve standardech byly stanoveny laboratorními analýzami odebraných vzorků za použití několika laboratorních analytických metod u nás a v tehdejší Sovětské svazu. Nulové standardy byly realizovány pomocí nízkoaktivního písku ze Střelce u Turnova. Kalibrační základna v Bratkovících byla vybudována státním podnikem ČSUP, popis výstavby a technické parametry standardů uvádí zpráva o výstavbě (Rojko, Zeman, Josovič, Staněk 1975).

Standardy pro kalibraci karotážních radiometrických přístrojů jsou stacionární válcové betonové modely o průměru 1,4 m a výšce 1,2 m umístěné v ocelových nádobách. V ose válcových betonových standardů je zapuštěna hliníková pažnice o vnějším průměru 90 mm a vnitřním průměru 80 mm. Homogenní karotážní (K) standardy jsou označeny podle dominantního obsahu radionuklidu: KK, KU, KTh a K0. Původní dva nulové karotážní standardy se v Bratkovících nedochovaly. Nový nulový karotážní standard K0 ve Stráži pod Ralskem je z křemenného písku, má čtvercový půdorys o straně 1,5 m a výšku 1,8 m. Typická korekce útlumu gama záření v pažnicích: 1,068 (pro úhrnné gama záření uranového modelu a sondu s detektorem NaI(Tl) s olověným stíněním). Původně (1975) stanovené koncentrace prvků K, U a Th v homogenních karotážních standardech jsou v tabulce č. 1. Do tabulky jsou přidány i výsledky analýzy v laboratoři ALS Česká Lípa (2010) všech hodnot nového standardu K0, a také výsledky analýzy koncentrace uranu a thoria standardu KK.

Tab. 1: Koncentrace prvků K, U a Th v homogenních karotážních standardech

Karotážní standard	% K	ppm U	ppm Th	Hustota (kg/m ³)
KK	46,2	0,2	0,5	1150
KU	0,3	1200	26	1800
KTh	0,3	61	1630	1800
K0 Bratkovice	0,02	1	2	1580
K0 Stráž p. R.	< 0,03	0,2	0,8	1580

Mimo homogenních karotážních standardů byl zhotoven vrstevnatý karotážní model KV sestávající z osmnácti válcových betonových prstenců o průměru 90 cm a výšce 10 cm. V ose každého prstence je hliníková pažnice o vnějším průměru 90 mm a vnitřním průměru 80 mm. V neporušeném stavu se zachovalo šestnáct prstenců. Dva porušené prstence se zachovaly co do hmotnosti kompletní, avšak rozbité na několik dílů. Ukázalo se, že toto porušení nebrání po pečlivé rekonstrukci budoucímu použití. Ve vrstevnatém modelu je kromě osmi neaktivních prstenců deset aktivních prstenců s hmotnostní koncentrací uranu v rozmezí 0,03 – 0,10 % eU, thoria v rozmezí 0,05 – 0,20 % eTh.

Standardy pro kalibraci přenosných gama spektrometrů jsou stacionární válcové betonové modely o průměru 1,9 m a výšce 0,62 m umístěné v ocelových nádobách. Standardy pro přenosné (P) gama spektrometry jsou označeny podle dominantního obsahu radionuklidu: PK, PU, PTh. Nulový standard je tvořen nízkoaktivním pískem ze Střelče u Turnova v sypaném stavu. Původně byl v ocelovém kontejneru tvaru kvádra o rozměrech 2,2 x 2,2 x 1 m. Vzdálenosti středů válcových standardů K, U a Th byly v Bratkovicích 14 m.

Vzorky ukládaných vrstev betonu při konstrukci standardů byly analyzovány metodami rentgenfluorescenční analýzy (U, Th), gamaspektrometrií (K, U, Th), atomovou absorpční spektrofotometrií (K) a chemickou analýzou (U) v Ústředních geochemických laboratořích UP a kontrolně v GÚ ČSAV a v laboratořích v Moskvě. Jednotlivé analytické metody poskytovaly neidentické výsledky, prvé doporučené údaje byly středními hodnotami jednotlivých metod analýz. Koncentrace radioaktivních prvků uváděné provozovatelem základny UP Příbram po konstrukci na základě zprávy o výstavbě (Rojko, Zeman, Josovič, Staněk 1975), a po zásadní revizi prvně stanoveného obsahu K v PK srovnáním s modely v bývalé NDR, uvádí 13,4 % K v PK, 29 ppm v PU a 82 ppm Th v PTh. Výsledky ověřovacích analýz vzorků v Moskvě byly 14 % K v PK, 27 ppm eU v PU a 90 ppm eTh v PTh. Koncentrace stanovené výpočtem za užití výsledků pouze gamaspektrometrických analýz odebraných vzorků ve 12 konstrukčních vrstvách betonových standardů a postupem vážených příspěvků záření gama na povrchu standardů byly 28,49 ppm eU v PU a 93,55 ppm eTh v PTh (Matolín 1987). Koncentrace K, U a Th ve standardech byly v roce 1992 revidovány na základě mezinárodního srovnávacího měření.

4 STANOVENÍ TECHNICKÝCH PARAMETRŮ KALIBRAČNÍ ZÁKLADNY ČSUP V BRATKOVICÍCH

Výstavby kalibračních základů pro terénní gamaspektrometry ve světě a jejich následné užití ukázaly na problémy se stanovením koncentrací K, U a Th ve standardech a časovou proměnlivost jejich gama aktivity. IAEA ve spolupráci s Riso National Laboratory, Dánsko, realizovaly v letech 1980 – 1984 mezinárodní srovnání kalibračních základů, do kterého kalibrační základna ČSUP nebyla přihlášena. Podle výsledků mezinárodního srovnání byly efektivní hodnoty koncentrací radioaktivních prvků ve standardech některých kalibračních základů revidovány. V Československu byl v letech 1986 a 1987 řešen PŘF UK v Praze a UP Liberec úkol, jehož obsahem bylo posouzení technických parametrů standardů PK, PU, PTh a P0 kalibrační základny ČSUP (Matolín 1987, Prokop 1988). Měření bylo provedeno dvěma přenosnými gamaspektrometry GR-410 (Geometrics) a spektrometrem GS-256 (Geofyzika Brno). Výstupy z dvouletého studia standardů pro přenosné gama spektrometry a radiace areálu kalibrační základny ukázaly:

- Koeficient emanování standardů byl určen metodou hermetizace standardů. Koeficient emanování standardu PU je $\geq 10,6$ %.
- Časové změny záření gama standardů byly posouzeny v ročním a 24 hodinovém cyklu. V ročním cyklu byly relativní změny 3,1 % na PK, 3,5 % na PU a 7,9 % na PTh. V denním cyklu byly relativní změny 1,6 % na PK, 6,8 % na PU a 5,4 % na PTh.
- Maximální radiace v prostoru kalibrační základny byla mezi 04 a 09 hodinou podmíněna změnami vzdušného radonu.
- K vyloučení časových změn radiace slouží nulové standardy.

- Geometrické rozměry standardů pro kalibraci přenosných gama spektrometrů podmiňují přibližně 93 % dávkového příkonu úhrnného gama záření nekonečného poloprostoru (v závislosti na výšce středu detektoru nad standardem).
- Zastřešení standardů podmiňovalo absorpci okolní radiace do 3 % relativně.
- Koncentrace K, U, Th ve standardech PK, PU, PTh byly nepřímo posouzeny za užití 6ti radiometrických kritérií. Výsledky ukázaly, že koncentrace K v PK je podhodnocena, U v PU mírně nadhodnocena a Th v PTh podhodnocena.
- Kontaminace plochy kalibrační základny v Bratkovicích jaderným spadem 1986 byla relativně nízká, kontaminace vlastních těles zastřešených standardů nebyla prokázána.

Srovnávací měření kalibrační základny ČSUP v Bratkovicích a standardů Geologische Bundesanstalt v Langenlebern v Rakousku bylo umožněno až po roce 1989. Uvedená instituce vlastní transportativní standardy K, U, Th a BG (nulový) dodané R. Grastym. Srovnávací měření provedla PŘF UK v Praze. 16.4.1992 bylo spektrometry GR-410 A a GS-256 měřeno na kalibrační základně v Bratkovicích a 22.4.1992 stejnými přístroji na kalibrační základně v Langenlebern. Na každém standardu bylo spektrometrem GS-256 měřeno 25 minut, spektrometrem GR-410 A 16 - 24 minut. Podle stanovených citlivostí gama spektrometrů v Langenlebern a po zavedení oprav na geometrii standardů pro experimentálně určené středy scintilačních krystalů detektorů spektrometrů 6,3 cm (GS-256) a 6,9 cm (GR-10 A) byly stanoveny koncentrace standardů kalibrační základny ČSUP v Bratkovicích. Podle měření GS-256 byly koncentrace 16,52 % K v PK, 29,61 ppm eU v PU a 93,72 ppm eTh v PTh. Podle měření GR-410 A byly koncentrace 16,62 % K v PK, 28,96 ppm eU v PU a 93,59 ppm eTh v PTh. Doporučené hodnoty koncentrací standardů kalibrační základny ČSUP v Bratkovicích uvádí tab. 2. Do tabulky jsou přidány i výsledky analýzy nového standardu P0 Stráž pod Ralskem (ALS Česká Lípa, 2010).

Tab. 2: Doporučené hodnoty koncentrací K, U, Th ve standardech pro přenosné gama spektrometry kalibrační základny ČSUP v Bratkovicích podle měření PŘF UK v Praze 1992.

standard	% K	ppm eU	ppm eTh	hustota (kg/m ³)
PK	16,57	2,7	2,6	1820
PU	0,27	29,3	3,0	1800
PTh	0,29	6,2	93,6	1770
P0 Bratkovice	0,02	1,0	2,0	1580
P0 Stráž p. R.	< 0,03	0,2	0,8	1580

V listopadu 1992, při příležitosti konference v Berlíně, byly spektrometry GS-256 (M. Matolín, PŘF UK v Praze, kalibrace v Bratkovicích a Langenlebern) a GR-256 (R. Grasty, GSC, kalibrace na standardech GSC v Kanadě) proměřeny velkoobjemové standardy (průměr 0,72 m, výška 0,35 m) firmy Genitron GmbH Frankfurt/Main s dobou záměrů $t = 10$ min. Stanovené koncentrace 6,2 % K, 72,6 ppm eU, 179,2 ppm eTh (GS-256) a 6,3 % K, 74,8 ppm eU, 182,7 ppm eTh (GR-256) ukazují rozdíly menší než 3 % relativně, srovnatelné se statistickou chybou měřených signálů. Výsledek měření ukázal, že doporučené hodnoty standardů v Bratkovicích jsou reálné.

Přenosné gama spektrometry kalibrované na standardech kalibrační základny ČSUP v Bratkovicích byly použity pro srovnávací měření (Matolín, Kobr 1999). V roce 1997 byly přístroje PŘF UK v Praze použity pro terénní srovnávací měření dávkového příkonu záření gama na 33 stanicích lokalit Altenburg, Rodewich, Dolní Žandov, Mariánské Lázně a Karlovy Vary za účasti Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) Berlin a Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) Hannover. Měřeno bylo celkem s osmi radiologickými a geofyzikálními přístroji s rozptylem

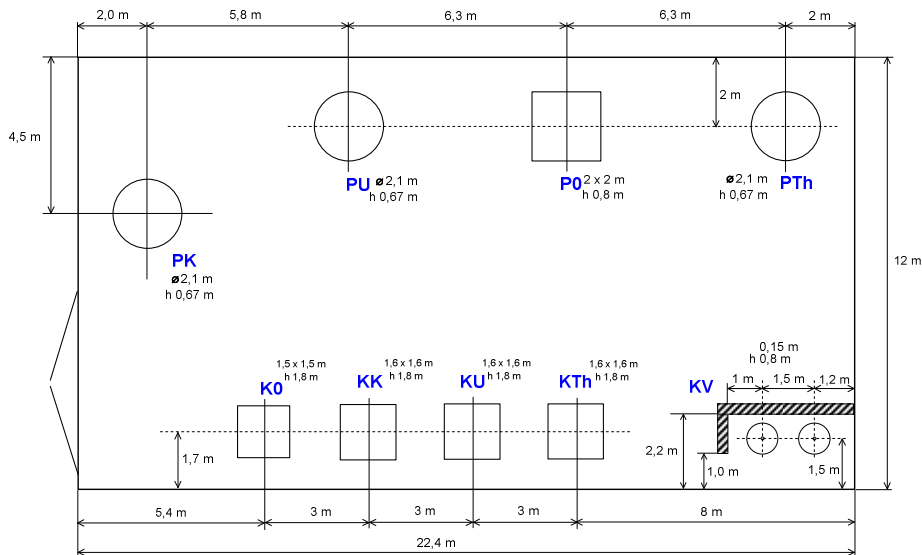
výsledků v intervalu 0 – 20 nGy/h (max 40 nGy/h). Srovnávací terénní gamaspektrometrické měření bylo provedeno na přírodní ploše letiště Liberec v roce 1997 za účasti PŘF UK v Praze a Státního ústavu radiační ochrany (SÚRO) Praha. PŘF UK v Praze použila přenosný gama spektrometr GS-256 se scintilačním detektorem kalibrovaný v Bratkovicích, SÚRO použil nezávisle kalibrovaný gama spektrometr s polovodičovým detektorem HPGe. Střední rozdíl měření na 29 stanicích středně radioaktivního terénu byl 0,1 % K, 0,4 ppm eU a 0,6 ppm eTh. Srovnávací měření dávkového příkonu záření gama stanoveného spektrometrem GS-256 PŘF UK v Praze a tlakové ionizační komory Reuter Stokes RSS-111 AV ČR na terénech s nízkou a vysokou radioaktivitou ukázaly shodu údajů s koeficientem korelace 0,98. Porovnávací měření ukazovaly na použití kalibračních standardů ČSÚP v Bratkovicích pro vyhodnocení dat v rudní prospekci i při monitorování radioaktivity přírodního prostředí.

5 RADIACE V OBJEKTU VE STRÁŽI POD RALSKEM

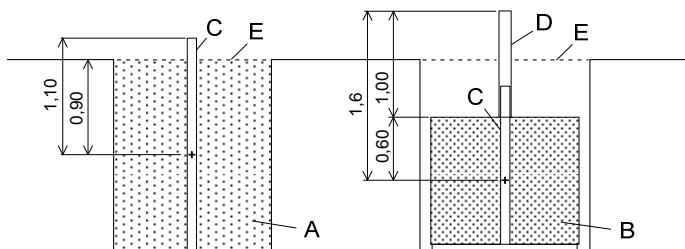
Při výběru lokality a objektu pro nové umístění kalibrační základny hrály hlavní roli ekonomická dostupnost, dlouhodobá použitelnost vybraného místa, prostorové požadavky a radiační situace. Rozměry navržené haly 12 x 22,4 m byly pro umístění modelů základny dostatečné. Předběžné měření úhrnného gama záření terénním radiometrem RP-11 v budově a jejím okolí naznačovalo obvyklé přírodní pozadí bez radioaktivní kontaminace, která by umístění základny vylučovala. Následně bylo provedeno detailní gamaspektrometrické měření. Z hlediska úhrnného záření gama bylo možno měřené pole v hale charakterizovat hodnotami vzdušného dávkového příkonu převážně v rozmezí 75 - 95 nGy/h. Jedná se o mírné zvýšení oproti střední hodnotě přírodního pozadí v Bratkovicích, kde se dávkový příkon pohyboval kolem 50 nGy/h. V blízkém okolí skladu byl zaznamenán dávkový příkon v rozpětí 50 až 100 nGy/h. V průměru je záření ve vybrané hale a jejím okolí 1,7-krát vyšší než pozadí v Bratkovicích. Zhruba ve stejném poměru jsou také ve Stráži a v Bratkovicích spektrometricky stanovené koncentrace K, U a Th, které kolísaly víceméně přímo úměrně se změnami úhrnného gama záření. Podle skutečných měření funkčnost kalibrační základny po přestěhování do daného prostoru nebude narušena.

6 UMÍSTĚNÍ STANDARDŮ

Púdorys pro zapuštění standardů do země (vrstevnatý model na podlaze za zástěnou) je na obr. 1, řez karotážními standardy na obr. 2. Standardy PK, PU, PTh, P0 jsou zapuštěny s horní plochou v úrovni podlahy haly.



Obr. 1: Plán rozmístění standardů



- A ... křemitý písek
- B ... materiál se zvýšeným obsahem některého z prvků K, U nebo Th
- C ... hliníková pažnice 90x5
- D ... polyetylenová pažnice 110x10
- E ... ocelový podlahový rošt
- + ... geometrický střed standardu (kóty v metrech)

Obr. 2: Schematický řez karotážními homogenními standardy

Vrstevnatý model KV je nyní sestaven ve dvou sloupcích nad 0,8 m hlubokými vrty na vyhrazeném místě v zadním rohu haly. Kontrolními výpočty bylo teoreticky určeno vzájemné ovlivnění polí gama záření kolem standardů. Podle toho by měly být hodnoty vzájemného ovlivnění zanedbatelné, což potvrzují i dosud provedená měření úhrnného gama záření radiometry různých typů.

7 PROMĚŘENÍ PARAMETRŮ STANDARDŮ PK, PU, PTH, P0 PŘED STĚHOVÁNÍM

Stanovení radiačních vlastností standardů PK, PU, PTh a P0 před stěhováním bylo realizováno v Bratkovicích 12.8.2009 stanovením citlivostí dvou gama spektrometrů GR-320 v.č. 2181 a GS-256 v.č. 8407 (PřF UK v Praze). Citlivosti gama spektrometrů (imp/min na jednotkovou koncentraci radionuklidů K, U a Th) byly stanoveny z měření za užití výpočtu z rozdílových četností impulsů Δn a rozdílových koncentrací ΔQ hodnot K, U a Th ve standardech PK, PU a PTh a nulovém standardu P0 a při zavedení opravy na geometrii standardů pro záření nekonečného poloprostoru s tělesným úhlem detekce záření $\omega = 2\pi$ sr. Měření bylo realizováno při automatické stabilizaci spektra pomocí referenčního zdroje ^{137}Cs . Citlivosti gamaspektrometrů stanovené měřením na standardech po přestěhování do objektu DIAMO ve Stráži pod Ralskem by měly být blízké, v mezích přesnosti měření a fluktuací radioaktivity.

Citlivosti gama spektrometrů GR-320 a GS-256 byly stanoveny maticovým počtem za užití rozdílových četností impulsů a rozdílových koncentrací radionuklidů K, U a Th ve standardech K, U a Th a nulovém standardu. Pro relativní velký rozměr standardů v Bratkovicích byla zavedena jednotná oprava na geometrii standardů pro detekované energie záření gama a výšku středu scintilačního krystalu detektoru pro GR-320 hodnoty $1/0,926 = 1,0799$ a pro GS-256 $1/0,937 = 1,0672$. Nastavené šířky ROI u GS-256 jsou větší než u GR-320. Konkrétní hodnoty citlivostí budou v podrobné technické zprávě porovnány s hodnotami určenými stejnou metodikou ve Stráži pod Ralskem. V době přípravy příspěvku jde o nejbližší krok druhé etapy přemístění základny.

8 PŘESTĚHOVÁNÍ STANDARDŮ KALIBRAČNÍ ZÁKLADNY

Všechny standardy byly převezeny z Bratkovic do Stráže pod Ralskem 9.11.2009 najednou silničním tahačem s valníkovým návěsem. Pro manipulaci se standardy byla využita masivní ocelová oka, jimiž byly standardy pro tento účel již při výrobě v roce 1975 vybaveny.



Obr. 3: Nakládání standardů v Bratkovicích

Pro konstrukci nulových standardů byl použit velmi čistý sklářský písek ze Střelče u Turnova s obchodním označením ST 08 (původní střelečský písek s tehdejší obchodním označením T2-N se v Bratkovicích již všechen nedochoval). Výsledky analýzy laboratoře ALS Česká Lípa (viz tab. 1 a tab. 2) potvrzují, že jde u obou dodávek písku z radiometrického hlediska prakticky o stejný materiál. Povrchový nulový standard byl stejně jako aktivní standardy umístěn povrchem přesně do úrovně podlahy, s půdorysem 2x2 m a hloubkou 0,8 m.

V provozní laboratoři TÚU bylo bezprostředně po přestěhování analyzováno sypké draselné hnojivo z karotážního standardu, vzorky byly odebrány z hloubky 10 - 15 cm pod povrchem. Byla stanovena vlhkost cca 3 % (v mezích 2,58 až 3,22) a v sušině po rozpuštění ve vodě obsah iontu Cl cca 46,5% (v mezích 46,2 až 46,9%). Obsah iontu SO_4^{2-} byl pouze 0,4%. V laboratoři ALS Česká Lípa byly tyto výsledky potvrzeny, navíc byly zjištěny obsahy radionuklidů ^{238}U pod 1,6 ppm, ^{226}Ra 0,2 ppm eU, ^{228}Th 0,5 ppm eTh a ^{40}K 49,5 % eK (v sušině).

Povrchové standardy byly zapuštěny horní plochou přesně do úrovně okolní podlahy, aby se po přiblížení standardů na poloviční vzdálenost oproti dřívějšímu rozmístění minimalizovalo jejich vzájemné ovlivnění. Nad karotážní standardy, zapuštěné stejně jako v Bratkovicích horními plochami 0,5 m pod úroveň okolní podlahy, byly umístěny ocelové podlahové rošty pro snazší a bezpečnější přístup osob.



Obr. 4: Nově nainstalovaný karotážní draslíkový standard

Nově instalovaná základna byla po stavební a konstrukční stránce zprovozněna 5. 5. 2010. Všechny karotážní homogenní modely byly v březnu 2010 prověřeny detailním měřením dvěma gama karotážními sondami v bodových záměrech trvajících minimálně jednu minutu, s hloubkovým krokem 5 cm. Oproti měření stejnými sondami v Bratkovicích v roce 2008 nebyly zjištěny jiné než nevýznamné rozdíly. Potvrzeny byly již dříve známé menší nehomogenity koncentrace radionuklidů ve vertikálním směru. Tato problematika bude podrobně popsána v chystané závěrečné technické zprávě.

Bylo ověřeno, že povrchové standardy s uranem a thoriem jsou vhodné kromě kalibrace spektrometrů i pro doplňkovou kontrolu radiometrů. Podobně karotážní standardy mohou kromě připravované pravidelné kalibrace gama karotážních sond pomáhat při řešení obecnějších otázek, vyžadujících modelování všesměrného působení základních přírodních spekter, například

při stanovení útlumových charakteristik materiálů v geometrii typické pro vrty, odlišné od geometrie bodového zdroje za kolmou překážkou.

9 ZÁVĚR

Jak již bylo zmíněno v úvodu, technický stav základny v Bratkovicích byl takový, že situace vyžadovala okamžité řešení. Zvláště hala s karotážními modely byla používána jako skladiště nepotřebných strojů a v důsledku toho byla práce při kalibraci značně nebezpečná. Navíc majitel objektu chtěl činnost základny ukončit, protože se zmíněným objektem měl jiné záměry. Rozhodnutí přemístit modely do Stráže pod Ralskem bylo správné, protože především karotážní velkoobjemové modely jsou nutné pro kalibraci karotážních sond používaných při průzkumu uranového zrudnění. Největší výhodou strážské kalibrační základny je umístění kalibračních modelů v jedné hale. Zapuštění povrchových modelů tak, že jejich horní základna je přesně v úrovni betonové podlahy haly, velmi pozitivně hodnotí uživatelé jako přínos pro snadnou manipulaci s kalibrovanými přístroji. Karotážní kalibrační modely jsou překryty kovovými rošty v úrovni terénu, takže oproti původnímu řešení v hale v Bratkovicích je zde opět velmi snadná a bezpečná manipulace při kalibraci karotážních hlubinných sond. Po vyhodnocení porovnávacích gamaspektrometrických měření standardů mezi původním stavem v Bratkovicích a nynějším stavem ve Stráži pod Ralskem bude základna zpřístupněna pro běžné použití všem uživatelům.

LITERATURA

- [1] GRASTY R.L., HOLMAN P.B. & BLANCHARD Y.B. (1991): Transportable calibration pads for ground and airborne gamma-ray spectrometers. Geological Survey of Canada Paper 90-23.
- [2] IAEA (1989): Construction and Use of Calibration Facilities for Radiometric Field Equipment TRS No. 309, IAEA, Vienna..
- [3] IAEA (1976): Radiometric Reporting Methods and Calibration in Uranium Exploration. TRS No. 174, IAEA, Vienna.
- [4] IAEA (2003): Guidelines for radioelement mapping using gamma ray spectrometry data. IAEA-TECDOC-1363, IAEA, Vienna.
- [5] MATOLÍN M. (1987): Stanovení technických parametrů cejchovací základny ČSUP pro terénní gama spektrometry v Bratkovicích u Příbrami. Zpráva PřF UK Praha a UP Liberec, Praha.
- [6] MATOLÍN M. & DĚDÁČEK K. (1971): Studie vybudování cejchovací základny pro terénní gama spektrometry v ČSSR. Zpráva FMPE a PřF UK, Praha.
- [7] PROKOP P.(1988): Studium podmínek cejchování terénních gama spektrometrů na cejchovací základně ČSUP v Bratkovicích u Příbrami. Dipl. práce PřF UK, Praha.
- [8] ROJKO R., ZEMAN J., JOSOVIČ M. & STANĚK M. (1975): Výstavba cejchovací základny pro terénní spektrometry gama. Zpráva GP ČSUP, Liberec.
- [9] STOJE V. (1978): Ověření automatické interpretace gama karotáže na fyzikálním modelu. Dipl. práce PřF UK, Praha.
- [10] MATOLÍN M. & KOBR M. (1999): Comparison measurement of terrestrial radiation by geophysical instruments. EEGS Budapest 6-9 September 1999, poster WIP1.

Oponentní posudek vypracoval:

Ing. Aleš Poláček, CSc., VŠB . Technická univerzita Ostrava