

ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA
BRATISLAVA
regionálne centrum Spišská Nová Ves



**MONITORING OBJEMOVEJ AKTIVITY
RADÓNU V GEOLOGICKOM PROSTREDÍ
NA ÚZEMÍ SLOVENSKEJ REPUBLIKY**

SPRÁVA za obdobie: rok 2008

Zodpovedný riešiteľ: RNDr. Alena Klukanová, CSc.

Správu vypracovali: RNDr. Augustín Gluch
RNDr. Helena Smolárová

Marec 2009

OBSAH

Zoznam obrázkov a tabuliek

Obsah

1.	Úvod	1
2.	Metodika prác	2
3.	Prehľad a výsledky urobených prác	6
3.1	Pôdny radón na referenčných plochách – zvýšené radónové riziko vybraných miest	6
3.2	Pôdny radón na tektonike	11
3.3	Radón vo vodách	11
4.	Záver	14
5.	Literatúra	17

Zoznam obrázkov:

- Obr. č. 1** - Situačná schéma objektov monitorovaných v roku 2008
- Obr. č. 2** - Pôdny radón – monitoring objemovej aktivity radónu v rokoch 2001 – 2008
Lokalita: Novoveská Huta
- Obr. č. 3** - Pôdny radón – tretí kvartil objemovej aktivity radónu v priebehu roka, v období 2001 – 2008; Lokalita: Novoveská Huta
- Obr. č. 4** - Pôdny radón – tretí kvartil objemovej aktivity radónu v rokoch 2002 – 2008
Lokalita: Teplička
- Obr. č. 5** - Monitoring objemovej aktivity radónu nad zlomom v rokoch 2001 – 2008
Lokalita: Grajnár, profily PF-1 a PF-2
- Obr. č. 6** - Monitoring objemovej aktivity radónu v podzemných vodách v období 2001 – 2008; Lokalita: Spišské Podhradie, prameň sv. Ondreja
- Obr. č. 7** - Monitoring objemovej aktivity radónu v podzemných vodách v rokoch 2001 – 2008; Lokalita: Bacúch, prameň Boženy Němcovej

Zoznam tabuliek:

- Tab. č. 1** - Stanovenie kategórie radónového rizika referenčnej plochy
- Tab. č. 2** - Stanovenie plynopriepustnosti pôd
- Tab. č. 3** - Štatistické spracovanie meraní radónu v pôdnom vzduchu na referenčných plochách
- Tab. č. 4** - Radón vo vodách – monitoring 2008
- Tab. č. 5** - Radón vo vodách – štatistické vyhodnotenie 1998 – 2008
- Tab. č. 6** - Vývoj hodnôt objemovej aktivity radónu (OAR) v pôdnom vzduchu a v podzemných vodách za obdobie 2001 – 2008

Úloha: Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov
životného prostredia Slovenskej republiky

Číslo: IG-2

Čiastková úloha – podsystém 05:

**Monitoring objemovej aktivity radónu
v geologickom prostredí na území
Slovenskej republiky**

Vypracovali: RNDr. Augustín Gluch
RNDr. Helena Smolárová

Marec 2009

1. ÚVOD

Problematika radónu a rádioaktivity vo všeobecnosti, bola v minulosti prakticky „tabu“ nielen u nás, ale aj vo svete, nakoľko urán bol strategickou surovinou pre jadrový (zbrojný, energetický) priemysel a všetky výsledky prieskumných prác i vedeckého výskumu z tejto oblasti sa prísne utajovali. Zdravotné dopady na populáciu boli bagatelizované a obmedzené na názor, že radón ohrozuje len baníkov v uránových baniach.

Radiačné zaťaženie populácie patrí medzi významné faktory v širokom spektre oblastí s výrazne negatívnym dopadom na ľudský organizmus. Nové poznatky v hodnotení vplyvov ionizujúceho žiarenia potvrdzujú, že k radiačnej záťaži obyvateľstva významne prispieva aj rádioaktivita z geologického prostredia. Dokazujú to o.i. aj výsledky výskumu renomovaných svetových vedeckých inštitúcií (ICRP – medzinárodná komisia pre rádiologickú ochranu; Vedecký výbor OSN), ktoré udávajú, že viac ako 80 % radiačnej záťaže obyvateľstva pochádza práve z prírodných zdrojov žiarenia. Najväčší príspevok z celkovej radiačnej expozície (cca 52 %) pochádza práve z inhalácie radónu a produktov jeho rozpadu.

V súčasnosti, ale aj do budúcnosti, je nevyhnutné získať relevantné informácie o rádioaktivite z prírodných zdrojov aj na našom území. Pri neustále sa zhoršujúcich environmentálnych podmienkach je dôležitá aj ochrana pred účinkami rádioaktivity a to hlavne pred vnútorným ožarovaním prírodnými rádionuklidmi. Nakoľko radón (a dcérske produkty jeho rozpadu) sa na radiačnej expozícii podieľajú v najvyššej miere, pre objektívne prognózovanie jeho výskytu, šírenia, koncentrácií, krátkodobých i dlhodobých variácií (...) je monitoring radónu

v geologickom prostredí dôležitý a opodstatnený.

Monitoring objemovej aktivity radónu (OAR) v geologickom prostredí (v pôdnom vzduchu a podzemných vodách) v roku 2008 pokračoval v zmysle koncepcie schválenej na roky 2005 – 2010, v rozsahu porovnateľnom s rokom 2007.

Geofyzikálne práce, realizované v tomto podsysteme, predstavujú opakované vzorkovania a merania OAR v terénnych aj laboratórnych podmienkach na celkom 14-tich lokalitách (po siedmich lokalitách pre radón v pôdnom vzduchu a radón v podzemných vodách) v rámci územia Slovenska, vrátane ich komplexného spracovania, vyhodnotenia a porovnania výsledkov s predchádzajúcimi obdobiami, vypracovania ročných správ, aktualizovania výsledných databáz, atď.

2. METODIKA PRÁC

Prírodné rádionuklidy a produkty ich nukleárneho rozpadu sú trvalo prítomné vo všetkých zložkách životného prostredia, t.j. v horninách, vodách i vo ovzduší. Radón ^{222}Rn (zdroj alfa žiarenia s polčasom rozpadu 3,825 dňa) je inertný prírodný rádioaktívny plyn, ktorý vzniká samovoľným rozpadom rádia ^{226}Ra (zdroj alfa a gama žiarenia) v rozpadovom rade uránu ^{238}U . Patrí medzi tzv. vzácne plyny, má väčšiu hustotu než vzduch, je rozpustný v kvapalinách a je bez farby, chuti a zápachu.

Radón pomerne ľahko preniká horninovým prostredím pričom sa šíri sa difúznym a konvekčným prúdením. Hlavným zdrojom prírodného radónu je geologické prostredie, t.j. niektoré minerály a horniny, ale aj podzemné vody, prechádzajúce horninami so zvýšeným obsahom uránu. Vzhľadom na veľmi dlhý polčas rozpadu materských prvkov (^{238}U $4,5 \cdot 10^9$ rokov, ^{226}Ra 1620 rokov), je zaistený jeho trvalý dlhodobý prísun z geologického prostredia.

Radón má výrazné migračné vlastnosti a jeho obsahy v pôdnom vzduchu i vo vodách nie sú stabilné. Závisia nielen od koncentrácií rádia v hornine, ale aj od ďalších faktorov ovplyvňujúcich jeho šírenie (meteorologické podmienky: vlhkosť, teplota, tlak, rýchlosť vetra; plynopriepustnosť: porozita, tektonické porušenie hornín, ...). Cieľom monitorovacích prác v predmetnej časti geologickej úlohy je sledovanie zmien koncentrácií radónu, ich celkové vyhodnotenie a posúdenie možných vplyvov.

Monitorovanie objemovej aktivity radónu v pôdnom vzduchu a v zdrojoch podzemných vôd bolo zamerané na oblasti s potvrdeným výskytom zvýšeného (stredného a vysokého) radónového rizika. Pri výbere lokalít sa vychádzalo z výsledkov hodnotenia starších prieskumných prác, zaoberajúcich sa problematikou prírodnej rádioaktivity, so zámerom zado-

kumentovať zmeny resp. variácie radónu v rôznych geologických jednotkách.

Radón v pôdnom vzduchu je na každej lokalite monitorovaný v rámci referenčnej plochy (RP), ktorú predstavujú body (sondy pre odber vzoriek pôdneho vzduchu) usporiadané v profiloch, či v nepravidelnej sieti, na ploche do cca 400 m². Základný počet bodov v rámci RP je 17 sond (16 sond základného merania plus jedna kontrolná sonda), t.j. minimálny štatistický súbor pre zhodnotenie radónového rizika RP pri každom monitorovaní. Pozícia jednotlivých bodov v rámci RP pri opakovaných monitorovacích prácach je zrovnateľná. Referenčné plochy sú monitorované minimálne dva krát za rok. Tri RP sú monitorované s väčšou frekvenciou (4 – 8 meraní) za účelom lepšieho posúdenia meteorologických procesov v období skorá jar (marec / apríl) až neskorá jeseň (október / november).

Pôdny vzduch pre stanovenie objemovej aktivity radónu (OAR) sa odoberá cez ručne zatĺkané sondy, ktoré sa po dosiahnutí hĺbky cca 0,8 m utesnenia, zo sondy sa najskôr odsaje atmosférický vzduch a následne sa realizuje odber vzorky pôdneho vzduchu do dekontaminovanej a evakuovanej scintilačnej Lucasovej komory (LK) o objeme 125 ml. Lucasova komora je kalibrovaný scintilačný detektor, ktorý sa po napustení pôdnym vzduchom transportuje na meranie a stanovenie OAR v laboratórnych podmienkach. Pri odbere pôdneho radónu sa do terénneho zápisníka (okrem údajov nevyhnutných na stanovenie OAR) zaznamenávajú aj niektoré doplňujúce údaje: počasie, zrážky, teplota pôdy v hĺbke 10 cm, pri zemi a vo vzduchu vo výške 1 m, atmosférický tlak, kvalitatívne posúdenie obtiažnosti hĺbenia sond a odberu pôdneho vzduchu (...).

Objemová aktivita radónu podzemných vôd je sledovaná prevažne na známych prameňoch. Vzorky pre stanovenie objemovej aktivity ²²²Rn vo vode sú odoberané do sklenných vzorkovníc so zabrúseným hrdlom doplna (objem cca 300 ml), bez vzduchovej bubliny. Pri odbere vody sú súčasne merané okamžité hodnoty teploty vzduchu, teploty vody a výdatnosti vodného zdroja, meteorologické podmienky pri odbere (...), vrátane ďalších údajov, nevyhnutných pre výpočet OAR.

V laboratórnych podmienkach je radón z každej vzorkovnice prebublávaný cez premývačku do štyroch dekontaminovaných a evakuovaných LK o objeme 600 ml, ktoré sa následne merajú kalibrovaným meracím zariadením metodikou zhodnou s meraním objemovej aktivity radónu v pôdnom vzduchu. Za účelom vylúčenia náhodnej chyby sa odberajú vždy štyri vzorky, pričom výsledným obsahom radónu pre daný odber je stredná hodnota z meraní dvoch vzoriek. Tretia vzorka býva analyzovaná v prípade, že rozdiel dvojice meraných vzo-

riek prekročí 10 %. Štvrtá vzorka slúži ako rezerva pre nepredvídateľné situácie.

Postup rádiometrických meraní a hodnotenie radónu v geologickom prostredí je určený metodikou a Príručkou kvality QA – PRK/01-02, ktorá je vypracovaná podľa normy Európskej únie EN ISO / IEC 17 025 „Všeobecné požiadavky na spôsobilosť skúšobných a kalibračných laboratórií“ a ktorá bola pre našu organizáciu schválená Úradom pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo SR. Spôsob stanovenia objemovej aktivity radónu (c_A) v pôdnom vzduchu a plynopriepustnosti základových pôd je tiež v súlade s ustanoveniami Zákona č. 355/2007 Z.z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a v zmysle Vyhlášky Ministerstva zdravotníctva SR č. 528/2007, ktorou sa ustanovujú podrobnosti o požiadavkách na obmedzenie ožiarenia z prírodného žiarenia.

Pri meraní objemovej aktivity radónu sa používa kalibrované a metrologicky overené meracie zariadenie typu LK-4 (resp. LK-1 a LK-2) využívajúce princíp scintilačnej detekcie alfa častíc v Lucasových komorách.

Merania odobratých vzoriek pôdneho vzduchu v LK sú realizované v laboratórnych podmienkach najskôr 210 minút po napustení LK, t.j. po dosiahnutí stavu rádioaktívnej rovnováhy medzi radónom a jeho dcérskymi produktmi rozpadu.

Objemová aktivita radónu v pôdnom vzduchu c_A (predtým označovaná symbolom a_v), sa vypočítava podľa vzťahu:

$$c_A = a_v = (N_v - N_p) / k \cdot V \cdot R(t_v, t_r) \quad ; \text{ [kBq} \cdot \text{m}^{-3} \text{]}$$

- kde :
- N_v - nameraný počet impulzov vzorky pôdneho vzduchu za čas t_v
 - N_p - nameraný počet impulzov pozadia za čas t_v
 - k - koeficient účinnosti merania stanovený na základe kalibrácie meracieho systému
 - V - objem vzorky vzduchu ($V = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$)
 - $R(t_v, t_r)$ - korekčný faktor zohľadňujúci rádioaktívnu premenu od odberu vzorky po koniec merania a zároveň aj stav posuvnej rádioaktívnej rovnováhy medzi ^{222}Rn a jeho dcérskymi produktmi rozpadu v LK. Pri meraní (3,5 hod. po napustení LK) je dosiahnutý stav rádioaktívnej rovnováhy medzi radónom a jeho dcérskymi produktmi. Zanedbaním poklesu aktivity radónu v priebehu merania (t_v), môžeme dostatočne presne pre $t_r \geq 210$ min a ľubovoľné t_v určiť $R(t_v, t_r)$ zo vzťahu: $R(t_v, t_r) = 3 \cdot t_v \cdot e^{-\lambda t_r}$ (sec)
 - t_v - časový interval merania LK v sekundách (obvykle 400 sec)
 - t_r - doba od napustenia vzorky pôdneho vzduchu do LK do začiatku merania v minútach
 - λ - rozpadová konštanta ^{222}Rn ($0,000125884 \text{ min}^{-1}$)

Radónové riziko referenčnej plochy je hodnotené v zmysle Smernice MŽP SR č. 1/2000-3 na zostavovanie a vydávanie máp prírodnej a umelej rádioaktivity a podľa prílohy č. 7 k nariadeniu vlády SR č. 350/2006, kde sú doporučené hranice pre stanovenie troch kategórií radónového rizika na základe vzájomného zhodnotenia meranej objemovej aktivity radónu v pôdnom vzduchu a plynopriepustnosti zemín (riziko **I** – nízke, riziko **II** – stredné, riziko **III** – vysoké), podľa tab. č. 1:

Tab. č.: 1 Stanovenie kategórie radónového rizika referenčnej plochy

KATEGÓRIA RADÓNOVÉHO RIZIKA	3. kvartil - OBJEMOVÁ AKTIVITA RADÓNU [kBq.m ⁻³]		
	<i>Plynopriepustnosť zeminy</i>		
	<i>malá</i>	<i>stredná</i>	<i>dobrá</i>
nízke – I	< 30	< 20	< 10
stredné – II	30 – 100	20 – 70	10 – 30
vysoké – III	> 100	> 70	> 30

Plynopriepustnosť miestnych zemín sa pre každú referenčnú plochu určila skrátenou granulometrickou analýzou odobratej vzorky zeminy a to podľa percentuálneho podielu jemných častíc **f** (priemer častíc < 0,06 mm), v zmysle tab. č. 2.

Tab. č.: 2 Stanovenie plynopriepustnosti pôd

Priepustnosť	Podiel jemných častíc	Trieda podľa STN 73 1001
malá	f > 65 %	F5, F6, F7, F8
stredná	15 % < f < 65 %	F1, F2, F3, F4, S4, S5, G4, G5
dobrá	f < 15 %	S1, S2, S3, G1, G2, G3

Objemová aktivita radónu vo vode c_A (resp. a_v) sa počíta podľa vzťahu:

$$c_A = a_v = (N_v - N_p) / k \cdot V_v \cdot R(t_v, t_r) \cdot e^{-\lambda t_F} \quad ; \text{ [Bq.l}^{-1}\text{]}$$

kde : V_v - objem vzorky vody v premývačke v litroch

$e^{-\lambda t_F}$ = $F(t_F)$ - koeficient, vyjadrujúci pokles aktivity ²²²Rn za dobu t_F (doba od času odberu vzorky v teréne po čas naplnenia LK)

k - koeficient účinnosti merania stanovený na základe kalibrácie meracieho systému

ostatné symboly sú vysvetlené pri vzťahu pre výpočet objemovej aktivity radónu v pôdnom vzduchu.

Z dôvodu vylúčenia vplyvu náhodnej chyby pri odbere vzorky vody, resp. aj pri jej

meraní, je monitorovaný objekt hodnotený na základe výsledkov z dvojice vzoriek vôd odobraných naraz v jeden monitorovací deň. Takto je zaručená väčšia objektivita a vyššia reprezentatívnosť výsledku.

3. PREHLAD A VÝSLEDKY UROBENÝCH PRÁC

Monitoring radónu v geologickom prostredí na území Slovenska bol aj v roku 2008 realizovaný (podobne ako v predchádzajúcich monitorovacích obdobiach) v oblastiach:

- pôdny radón na referenčných plochách (RP) – zvýšené radónové riziko vybraných miest,
- pôdny radón na tektonike,
- radón vo vodách.

Situácia monitorovaných objektov (v priebežne budovanej a naplňanej databáze jednoznačne identifikovateľných číslom (ID) lokality a súradnicami S-JTSK) je schematicky znázornená na obr. č. 1.

3.1 Pôdny radón na referenčných plochách – zvýšené radónové riziko vybraných miest

Monitoring OAR v pôdnom vzduchu na referenčných plochách (RP) bol v roku 2008 vykonávaný s rôznou frekvenciou monitorovania na šiestich lokalitách v strednom až vysokom (na lokalite Hnilec v extrémnom) radónovom riziku, v rozsahu zrovnateľnom s rokom 2007:

- | | |
|-------------------------------|--|
| ○ Hnilec | (4x ročne – každé dva mesiace: jar až jeseň), |
| ○ Novoveská Huta | (8x ročne – každý mesiac: skorá jar až neskorá jeseň), |
| ○ Teplička | (8x ročne – každý mesiac: skorá jar až neskorá jeseň), |
| ○ Bratislava – Vajnory | (2x ročne – jar a jeseň), |
| ○ Banská Bystrica – Podlavice | (2x ročne – jar a jeseň), |
| ○ Košice – KVP | (2x ročne – jar a jeseň). |

Lokalita Hnilec

Referenčná plocha Hnilec je situovaná na južnom okraji rovnomennej obce, v blízkosti štátnej cesty č. 533 Spišská Nová Ves – Gemerská Poloma. Nachádza sa v extrémne vysokom radónovom riziku, litologicky viazanom na zvetraný stredno-hrubozrnný gemeridný (tzv. „hnilecký“) granit s anomálnymi obsahmi uránu (podľa spektrometrie gama cca 20 ppm eU).

Na lokalite Hnilec bol monitoring na referenčnej plochy v uplynulom roku zrealizované 4x a to v období apríl až október (štyri monitorovania, 68 odberov a meraní vzoriek pôdneho vzduchu).

V predmetnej oblasti došlo v sezóne 2008 k pomerne výraznému nárastu úrovne OAR v pôdnom vzduchu a namerané hodnoty sú od roku 2001 dokonca absolútne najvyššie. Stredná hodnota OAR (3. kvartil) v roku 2008 dosiahla až 712 kBq.m^{-3} , pričom najnižšia úroveň (420 kBq.m^{-3}) bola zaznamenaná v roku 2003 a až doposiaľ najvyššia hodnota (642 kBq.m^{-3}) sa zistila v sezóne 2007. Jedná sa svojim spôsobom paradox, pretože na ostaných monitorovaných referenčných plochách dochádza skôr k trendu znižovania úrovni OAR.

Pri všetkých monitorovaniach sezóny 2008 boli v jednotlivých sondách zaznamenané OAR v pôdnom vzduchu nad 1000 kBq.m^{-3} ($c_{A \text{ max}} = 1685 \text{ kBq.m}^{-3}$, október 2008). Stredná hodnota OAR na tejto RP za obdobie roka 2008 bola 550 kBq.m^{-3} pri štandardnej odchýlke 356 kBq.m^{-3} . Podrobnejšie štatistické údaje za uplynulý rok a porovnanie výsledkov monitorovania od roku 2001 sú v tab. č. 3.

Lokalita Novoveská Huta

Referenčná plocha Novoveská Huta je založená na jz. okraji rovnomennej obce pozdĺž miestnej obecnej komunikácie a litologicky je situovaná v prostredí budovanom permskými sedimentmi strednej plynopriepustnosti.

Monitorovacie práce boli v roku 2008 v tejto oblasti zrealizované v období apríl až november (osem monitorovaní, spolu 136 odberov a meraní vzoriek pôdneho vzduchu).

Na RP Novoveská Huta je v posledných dvoch rokoch zrejmy pomerne výrazný trend poklesu priemerných ročných hodnôt OAR (3. kvartil) v pôdnom vzduchu, pričom od doposiaľ zaznamenaného maxima v roku 2006 (113 kBq.m^{-3}) došlo v sezóne 2008 k poklesu až na 61 kBq.m^{-3} , čo je takmer zrovnateľné s rokom 2003 (58 kBq.m^{-3}).

Najvyššie radónové riziko v Novoveskej Hute bolo zaznamenané v letnom období pri tretích kvartiloch v rozmedzí $63 - 124 \text{ kBq.m}^{-3}$. V jarných a jesenných mesiacoch sa 3. kvartil OAR v pôdnom vzduchu pohyboval v rozmedzí iba $30 - 43 \text{ kBq.m}^{-3}$, čo už je pod hranicou vysokého radónového rizika. Najvyššia priemerná hodnota OAR v areáli tejto RP bola nameraná v auguste: 79 kBq.m^{-3} pri štandardnej odchýlke 56 kBq.m^{-3} .

Grafické znázornenie koncentrácií radónu v pôdnom vzduchu (stredná hodnota, štandardná odchýlka a priemerná ročná hodnota 3. kvartilu v jednotlivých monitorovacích sezónach) na tejto lokalite, ich vývoj počas sezóny 2008 a porovnanie s predchádzajúcimi obdobiami (2001 – 2008) dokumentujeme na obr. č. 2.

Po analýze stredných hodnôt OAR (obr. č. 2) je zreteľný odlišný vývoj v predchádzajúcich dvoch rokoch a určitá podobnosť s veľmi suchým rokom 2003. Je to zrejme aj dôsledkom toho, že v roku 2008 boli v monitorovanom období menšie zrážky, zima a jar bola tak-

tiež zrážkovo podpriemerná a to negatívne ovplyvňovalo vlhkosť pôdy a tým i koncentrácie radónu. Priebeh variácií OAR (3. kvartil) na danej lokalite v závislosti na ročnom období v rokoch 2001 – 2008, dokumentujeme obr. č. 3. Komplexné výsledky štatistického vyhodnotenia výsledkov meraní OAR sú prehľadne spracované v tab. č. 3.

Na RP Novoveská Huta je pozorovateľný pravdepodobne aj vplyv ďalšieho faktora(ov) ovplyvňujúceho merané hodnoty OAR v pôdnom vzduchu s frekvenciou rádovo niekoľko rokov (obr. č. 2). Tejto skutočnosti bude venovaná v nasledujúcich monitorovacích obdobiach náležitá pozornosť.

Jav prudkého, veľmi výrazného poklesu hodnôt OAR (niekedy až k hranici nízkeho radónového rizika), zaznamenaný našimi monitorovacími prácami v tejto lokalite v predchádzajúcich monitorovacích obdobiach (nastáva pravdepodobne iba v homogénnejšom a relatívne plynopriepustnejšom prostredí, pri výskyte prvých mrazov v jeseni, resp. aj prízemných mrazov na jar pri nepremrznutej pôde), sa v roku 2008 neprejavil natoľko výrazne. Je to zrejme aj dôsledkom celkového poklesu nameraných obsahov radónu v pôdnom vzduchu. Tento prejav bol zachytený v októbri (po prvých ranných prízemných mrazíkoch), kedy 3. kvartil OAR poklesol iba na 30 kBq.m^{-3} (čo už je blízko hornej hranici nízkeho radónového rizika, t.j. 20 kBq.m^{-3}), pri nameraných koncentráciách radónu v rozmedzí $10 - 53 \text{ kBq.m}^{-3}$.

Lokalita Teplička

Referenčná plocha Teplička je situovaná cca 2.8 km južne od centra Spišskej Novej Vsi v lokalite Šulerloch (podľa rovnomennej kóty 646 m).

Podložie referenčnej plochy budujú sedimenty paleogénu (bridlice, pieskovce) strednej plynopriepustnosti, s vyšším podielom ílovitej frakcie (v zrovnaní s RP Novoveská Huta). Ílovité vrstvičky s malou priepustnosťou tvoria zrejme pomerne účinnú bariéru pri prenikaní radónu k povrchu, takže sa tento plyn zadržiava a viac hromadí v pôdnom vzduchu a to najmä pri zvýšenej vlhkosti pokryvných sedimentov.

Monitoring radónu na tejto ploche bol realizovaný v mesačných intervaloch v období apríl až november (osem monitorovaní, 136 odberov a meraní vzoriek pôdneho vzduchu) prevažne v rovnakom termíne, ako RP Novoveská Huta, teda prakticky v zrovnateľných meteorologických podmienkach.

Napriek tomu majú výsledky meraní OAR v pôdnom vzduchu v tejto oblasti v priebehu roka výrazne odlišný charakter. V letných mesiacoch júl a september (v auguste sa táto závislosť nepotvrdila, zrejme v dôsledku monitorovania po daždivejšom období) boli koncentrácie radónu v pôdnom vzduchu najnižšie a na jar a jeseň naopak vysoké. Minimum bolo

vysledované v júli (tretí kvartil 49 kBq.m^{-3}), kedy bola iba v jednej z odberných sond prekročená hranica vysokého radónového rizika ($c_{A \text{ max}} = 81 \text{ kBq.m}^{-3}$).

Menej výrazný trend znižovania priemerných ročných hodnôt OAR (3. kvartil) v pôdnom vzduchu (v zrovnaní s RP Novoveská Huta) je možné pozorovať aj na tejto lokalite, kde od doterajšieho maxima zo sezóny 2005 (92 kBq.m^{-3}) došlo v roku 2008 k poklesu na 77 kBq.m^{-3} . Aj v oblasti tejto RP sa výrazným minimom prejavil rok 2003, kedy stredná hodnota 3. kvartilu OAR v pôdnom vzduchu dosiahla úroveň iba 55 kBq.m^{-3} , čo je už pod hranicou vysokého radónového rizika.

Grafické znázornenie variácií OAR v pôdnom vzduchu dokladujeme na obr. č. 4, kde formou stĺpcového diagramu prezentujeme výsledky monitorovania od roku 2002.

Výsledky komplexného štatistického spracovania meraní sú v tab. č. 3.

Lokalita Bratislava - Vajnory

Referenčná plocha Vajnory je založená na sv. okraji rovnomennej mestskej časti Bratislavy, pri Vajnorskej ceste, pozdĺž melioračného kanála približne S-J smeru.

Podložie RP tvoria pomerne dobre priepustné fluvialne sedimenty (pliocénne štrky strednej až dobrej plynopriepustnosti).

Monitoring OAR v pôdnom vzduchu na tejto ploche bol v roku 2008 zrealizovaný dvakrát – v mesiacoch máj a september (dve monitorovania, 34 odberov a meraní vzoriek pôdneho vzduchu). Maximum OAR v jednotlivých sonde bolo vymapované v máji ($c_{A \text{ max}} = 61 \text{ kBq.m}^{-3}$). Stredné hodnoty OAR v pôdnom vzduchu v sezóne 2008 boli pomerne nízke: 42 kBq.m^{-3} na jar a iba 25 kBq.m^{-3} na jeseň. Tretie kvartily OAR pri oboch monitoringoch neprekročili 70 kBq.m^{-3} (47 kBq.m^{-3} na jar, resp. 39 kBq.m^{-3} na jeseň), čo znamená, že radónové riziko pre oba termíny dosiahlo iba strednú úroveň.

Aj v areáli danej lokality dochádza k postupnému znižovaniu priemerných ročných hodnôt OAR v pôdnom vzduchu, kedy od roku 2005 (67 kBq.m^{-3}) došlo v roku 2008 k poklesu až na úroveň 43 kBq.m^{-3} . V roku 2001 bola nameraná hodnota až 101 kBq.m^{-3} , ale monitorovacie práce tu boli potom až do roku 2005 prerušené. Od sezóny 2005 bolo nevyhnutné monitorovaciu plochu presunúť o niečo bližšie k odvodňovaciemu kanálu, takže výsledky monitorovania od roku 2005 nie sú plne zrovnateľné s predchádzajúcimi obdobiami.

Podrobné informácie a výsledky štatistického spracovania nameraných hodnôt objemovej aktivity radónu v pôdnom vzduchu po jednotlivých monitorovacích obdobiach dokladujeme v tab. č. 3.

Lokalita Banská Bystrica – Podlavice

Predmetná referenčná plocha je lokalizovaná na sz. okraji Banskej Bystrice (časť Podlavice), po oboch stranách poľnej cesty v blízkosti záhradkárskej (chatovej) kolónie.

Geologické podložie lokality tvoria ramsauské dolomity s anomálnymi koncentraciami uránu (tzv. „uránové dolomity“).

Monitorovanie obsahov radónu v pôdnom vzduchu sa v sezóne 2008 uskutočnilo dvakrát a to v mesiacoch máj a september (dve monitorovania, spolu 34 odberov a meraní vzoriek pôdného vzduchu), teda v rovnakom období, ako v roku 2007. Aj napriek tomu však OAR dosiahla nižšiu úroveň. Maximálna OAR v jednotlivjej sonde dosiahla 154 kBq.m^{-3} (najmenej od roku 2005, resp. 2001) pri jarnom monitoringu, so strednými hodnotami OAR 74 kBq.m^{-3} (jar), resp. iba 26 kBq.m^{-3} (jeseň).

V oblasti predmetnej oblasti dochádza tak isto, ako na ostatných sledovaných lokalitách (okrem RP Hnilec) taktiež k postupnému, ale výraznému poklesu stredných ročných hodnôt OAR (3. kvartil) v pôdnom vzduchu, pričom od doterajšieho maxima zo sezóny 2005 (118 kBq.m^{-3}) došlo v roku 2008 k poklesu iba na 69 kBq.m^{-3} . Oblasť sa tak dostala pod hranicu vysokého radónového rizika (70 kBq.m^{-3}), hoci v predchádzajúcich monitorovacích sezónach bola jednoznačne vo vysokom radónovom riziku. Dostala sa tak na úroveň prakticky zrovnateľnú so sezónou 2001 (67 kBq.m^{-3}). Medzi rokmi 2002 až 2004 bol monitoring v tejto lokalite prerušený a tak z uvedeného obdobia nie sú k dispozícii žiadne údaje.

Spracované výsledky monitorovania sú prehľadne spracované v tab. č. 3.

Lokalita Košice – KVP

Referenčná plocha Košice – KVP (sídliisko Košického vládneho programu) je založená na západnom okraji sídliska, pozdĺž Klimkovičovej ulice. Oblasť je budovaná deluviálnymi sedimentmi (piesčité a piesčito-hlinité štrky) so strednou plynopriepustnosťou.

Monitoring objemovej aktivity radónu v roku 2008 bol na predmetnej lokalite zrealizovaný dvakrát a to v mesiacoch jún a september (dve monitorovania, 34 odberov a meraní vzoriek pôdného vzduchu). Maximum OAR v jednotlivjej sonde (42 kBq.m^{-3}) bolo vysledované v septembrovom termíne. V oboch monitorovacích obdobiach boli namerané nízke hodnoty OAR v pôdnom vzduchu ($3 - 42 \text{ kBq.m}^{-3}$). Monitorovaná RP sa tak dostala do kategórie nízkeho radónového rizika (3. kvartil dosiahol iba 16 kBq.m^{-3} , resp. 15 kBq.m^{-3}), čím sa aj v tejto oblasti potvrdil trend poklesu stredných ročných hodnôt OAR v pôdnom vzduchu.

Výsledky štatistického spracovania meraní OAR v pôdnom vzduchu, vrátane porovnania jednotlivých monitorovacích období, dokladujeme v tab. č. 3.

Celkový objem prác na všetkých šiestich RP v roku 2008 činil 442 sond so zhodným počtom odobraných, zmeraných a vyhodnotených vzoriek pôdneho vzduchu.

3.2 Pôdny radón na tektonike

Monitorovaná lokalita je situovaná východne od obce Hnilec, cca 400 m východne od kóty Holičky (1086 m). Založená je nad kontaktom chloriticko-sericitických fylitov s metabazaltami Spišsko-gemerského Rudohorie.

Ako v predchádzajúcich monitorovacích obdobiach (1999 až 2008), aj v auguste 2008 boli v oblasti tejto lokality zrealizované merania OAR nad tektonickou dislokáciou. Vzorky pôdneho vzduchu boli odobraté pozdĺž dvoch súbežných profilov (PF-1 a PF-2) po oboch stranách cesty (čiastočne v lese, resp. na horskej lúke), navzájom vzdialených 10 m, s krokom vzorkovania 10 m (spolu 94 odberov a meraní vzoriek pôdneho vzduchu).

Priebeh hodnôt OAR nad tektonikou pozdĺž oboch profilov je prehľadne graficky vizualizovaný na obr. č. 5 pre všetky monitorovacie obdobia (1999 – 2008). Oblasť zlomu sa na sledovaných profiloch už 10 sezón opakovane a jednoznačne potvrdzuje výraznými anomálnymi koncentraciami OAR v pôdnom vzduchu.

Odbery vzoriek pôdneho vzduchu boli zrealizované v období po výdatnejších zrážkach (zvýšená vlhkosť pokryvných sedimentov), takže obsahy radónu v roku 2008 boli pomerne vysoké. Maximálna hodnota OAR nad centrom porušenej zóny dosiahla 101 kBq.m^{-3} . V zrovnaní s rokom 2007 vykazujú tretie kvartily OAR nad tektonikou v roku 2008 rastúci trend: $c_{A 2007} = 16 \text{ kBq.m}^{-3}$, $c_{A 2008} = 20 \text{ kBq.m}^{-3}$.

3.3 Radón vo vodách

Rozsah prác a činností pri monitoringu objemovej aktivity radónu v podzemných vodách v roku 2008 bol porovnateľný s rokom predošlým. Vzorkovanie a meranie OAR vo vybraných zdrojoch podzemných vôd prebiehalo na rovnakých lokalitách a v zrovnateľných termínoch, ako v roku 2007:

- | | |
|---|----------------------------------|
| ○ Malé Karpaty, prameň Mária | (2x ročne – jar a jeseň), |
| ○ Malé Karpaty, prameň Zbojníčka | (2x ročne – jar a jeseň), |
| ○ Malé Karpaty, prameň Himligárka | (2x ročne – jar a jeseň), |
| ○ Bacúch, prameň Boženy Němcovej | (6x ročne – každý druhý mesiac), |
| ○ Spišské Podhradie, prameň sv. Ondreja | (12x ročne – každý mesiac), |
| ○ Oravice, pramenisko pri vrte OZ-1 | (2x ročne – jar a jeseň), |
| ○ Ladmovce, výron vody z vrtu | (2x ročne – jar a jeseň). |

Výsledky meraní OAR v podzemných vodách boli štatisticky spracované a prezentujeme ich formou tabuľkových výstupov (tab. č. 4 a 5). Pre vybrané zdroje sú výsledky meraní graficky vizualizované formou prehľadných stĺpcových grafov (obr. č. 6 a 7).

V tab. č. 4 dokladujeme základné výsledky monitoringu OAR vo vodách za obdobie sezóny 2008, vrátane doplňujúcich údajov (teplota vzduchu a vody, výdatnosť zdroja). V tabuľke sú uvedené aj vybrané údaje monitoringu OAR vo vodách z predošlých období.

Výsledky štatistického spracovania nameraných koncentrácií radónu a výdatností sledovaných vodných zdrojov za obdobie 1998 – 2008 prezentujeme v tab. č. 5.

V širšom okolí Bratislavy boli v uplynulom roku v máji a septembri monitorované **pramene Mária, Zbojníčka a Himligárka**. Lokalizované sú v oblasti **Malých Karpát** severne od centra Bratislavy. Zachytené a upravené pramene vyvierajú na povrch v prostredí leukokrátnych muskovitických a dvojsľudných granitov, granodioritov (bratislavský typ).

Na všetkých týchto troch prameňoch došlo v sezóne 2008, v porovnaní s rokom 2007, k viac alebo menej výraznému poklesu nameraných hodnôt OAR vo vode. Pri jarnom monitoringu boli vyššie OAR v prameňoch Mária a Himligárka, pričom v prameni Zbojníčka to bolo naopak a vyššia úroveň bola dosiahnutá na jeseň. Koeficient variácie (vRn) OAR pre prameň Mária (4 %) a Zbojníčka (11 %) bol pomerne nízky, ale pre prameň Himligárka bola dosiahnutá zatiaľ najvyššia hodnota od počiatku monitorovania (vRn = 28 %).

Koeficient variácie výdatnosti prameňa Mária vykazoval v jarnom aj jesennom období relatívne malé zmeny (vQ = 20 %). Pri prameňoch Zbojníčka a Himligárka bola pri jarnom monitoringu výdatnosť podstatne vyššia pri vQ = 96 %, resp. 113 %. V zrovnaní s rokom 2007 výdatnosť prameňov Mária a Zbojníčka poklesla a prameňa Himligárka vzrástla.

Ďalšie podrobné informácie prezentujeme v tab. č. 4 a 5.

Prameň Boženy Němcovej, lokalizovaný severne od obce **Bacúch**, bol v uplynulej sezóne monitorovaný 6x (pravidelne každý druhý mesiac) v období február až december. Zachytený a upravený prameň vyviera na povrch v prostredí tvorenom granáticko-muskoviticko-biotitickými pararulami, svorovými rulami až svormi.

Maximum objemovej aktivity radónu $c_{A \max} = 422 \text{ Bq.l}^{-1}$ bolo zaznamenané v polovici apríla 2008 a je to zároveň aj najvyššia úroveň OAR, nameraná na tomto objekte od roku 2001. Minimálna OAR $c_{A \min} = 203 \text{ Bq.l}^{-1}$ bola vysledovaná v auguste (obr. č. 7).

V danom prameni boli v sezóne 2008 prekročené ročné priemery OAR a dosiahli najvyššiu úroveň od roku 2001. V ostatných dvoch sezónach je zrejмый výrazný trend rastu kon-

centrácií radónu v odobraných vzorkách podzemnej vody ($c_A 2007 = 257 \text{ Bq.l}^{-1}$, $c_A 2008 = 299 \text{ Bq.l}^{-1}$) v porovnaní s rokom 2006 ($c_A 2006 = 222 \text{ Bq.l}^{-1}$). V sezónach 2001 – 2005 sa pritom ročné priemerné OAR vo vode na predmetnom objekte pohybovali v relatívne úzkom intervale 238 – 270 Bq.l^{-1} (obr. č. 7, tab. č. 4 a 5).

Priemerná výdatnosť prameňa v období roku 2008 dosiahla $0,021 \text{ l.s}^{-1}$, pri nízkom koeficiente variácie $vQ = 9 \%$. Aj v zrovnaní s predošlými monitorovacími sezónami sa jedná o stabilnú úroveň, pričom v sezónach 2001 – 2007 sa výdatnosti pohybovali v iba rozmedzí $0,020 - 0,030 \text{ l.s}^{-1}$ s pomerne nízkou variabilitou ($vQ = 8 - 18 \%$). Ani na tomto zdroji podzemnej vody nebola zistená korelačná závislosť medzi OAR a výdatnosťou prameňa.

Prameň sv. Ondreja – Spišské Podhradie, je situovaný v oblasti lokality Sivá Brada pri štátnej ceste č. 18 (E 50) Poprad – Prešov. Monitoruje sa 12x ročne v mesačných intervaloch. Zachytený a upravený prameň vyviera z travertínovej kopy v oblasti budovanej hlinito-kamenitými deluviálnymi sedimentmi.

Hodnoty OAR vo vode v období roku 2008 prekonal doposiaľ zaznamenaný ročný priemer a dosiahli najvyššiu úroveň od roku 2001. V posledných dvoch monitorovacích obdobiach je zrejмый pomerne významný trend nárastu hodnôt OAR v tomto zdroji ($c_A 2007 = 180 \text{ Bq.l}^{-1}$, $c_A 2008 = 198 \text{ Bq.l}^{-1}$) v zrovnaní s rokom 2006 ($c_A 2006 = 140 \text{ Bq.l}^{-1}$). V období rokov 2001 – 2005 sa pritom ročné priemerné hodnoty OAR pohybovali v pomerne úzkom rozmedzí 129 – 156 Bq.l^{-1} (obr. č. 6, tab. č. 4 a 5).

Výdatnosti prameňa sv. Ondreja sa v roku 2008 pohybovali v intervale $0,032 - 0,048 \text{ Bq.l}^{-1}$, so strednou hodnotou $0,042 \text{ Bq.l}^{-1}$ a koeficiente variácie $vQ = 12 \%$. Priemerná výdatnosť prameňa aj v predošlých monitorovacích sezónach varíovala v pomerne úzkom rozmedzí $0,033 - 0,044 \text{ l.s}^{-1}$, bez korelácie na obsah radónu vo vode.

Prameň Jašterčie, situovaný západne od obce **Oravice** (neďaleko vrtu OZ-1), bol monitorovaný dvakrát a to v apríli a októbri 2008.

Tento prírodný termálny prameň (pramenisko), vyvierajúci na povrch v prostredí glaciáluviálnych sedimentov, je známy tým, že sú tu dosahované doposiaľ najvyššie známe objemové aktivity radónu v prírodných podzemných vodách v rámci územia SR. Dokazujú to aj výsledky meraní OAR v roku 2008: jar $c_A = 1.312 \text{ Bq.l}^{-1}$, resp. jeseň $c_A = 1.122 \text{ Bq.l}^{-1}$.

Objemové aktivity radónu v roku 2008 dosiahli doposiaľ absolútne najvyššiu priemernú ročnú úroveň od roku 2006 (aj od roku 1998 – tu sa však jedná o neúplné podklady, pretože v období 2002 – 2005 bol monitoring na tomto objekte prerušený) s veľmi výrazným tren-

dom rastu nameraných hodnôt OAR voči predchádzajúcim monitorovacím obdobiam ($c_A 2006 = 536 \text{ Bq.l}^{-1}$, $c_A 2007 = 1.112 \text{ Bq.l}^{-1}$, $c_A 2008 = 1.217 \text{ Bq.l}^{-1}$).

Vzhľadom na charakter zdroja – pramenisko so starým poničeným zberným objektom – nie je možné (bez pomerne náročných technických prác) určiť jeho výdatnosť.

Všetky relevantné údaje dokladujeme v tab. č. 4 a 5.

Monitorovaný vrt s prelivom, odvrátný cca 0,8 km ssv. od obce **Ladmovce** (neďaleko od miestnej komunikácie Ladmovce – Zemplín), bol v sezóne 2008 monitorovaný v apríli a septembri. Vrt je zahĺbený v prostredí na povrchu tvorenom lavicovitými, masívnymi, miestami brekciovitými dolomitmi.

Objemové aktivity radónu v monitorovanom prelive sú dlhodobo pomerne nízke a aj v sezóne 2008 neprekročili hodnotu 20 Bq.l^{-1} (17 Bq.l^{-1} na jar, resp. 13 Bq.l^{-1} na jeseň), čo sú v priemere hodnoty nižšie, než údaje z roku 2007.

Priemerná výdatnosť zdroja je pomerne nízka ($Q = 0,056 \text{ l.s}^{-1}$) a prakticky zhodná s výsledkami získanými v sezóne 2007 ($Q = 0,059 \text{ l.s}^{-1}$).

Ďalšie údaje a podklady sú uvedené v tab. č. 4 a 5.

4. ZÁVER

Monitoring objemovej aktivity radónu v geologickom prostredí na území Slovenskej republiky aj v sezóne 2008 pokračoval podľa koncepcie schválenej pre obdobie 2005 – 2010, s rozsahom prác zrovnateľným s rokom 2007.

Súbor geologicko-geofyzikálnych prác a činností, realizovaných v tomto podsysteme, predstavuje opakované vzorkovania a merania objemovej aktivity radónu (OAR) v terénnych aj laboratórnych podmienkach na 14-tich lokalitách (po siedmich lokalitách pre pôdny radón a radón v podzemných vodách) v rámci územia Slovenska (obr. č. 1), vrátane ich komplexného spracovania, vyhodnotenia, porovnania výsledkov s predchádzajúcimi obdobiami, vypracovania hodnotiacich ročných správ, aktualizovania výsledných databáz, atď.

Monitorovanie OAR v geologickom prostredí bolo zamerané na oblasti: pôdny radón miest so zvýšeným radónovým rizikom, pôdny radón na zlomoch a radón v podzemných vodách.

Monitoring objemovej aktivity radónu v pôdnom vzduchu na referenčných plochách sa v sezóne 2008 uskutočnil s rôznou frekvenciou v mesiacoch apríl až november celkom na šiestich lokalitách v strednom až vysokom (extrémnom) radónovom riziku: Bratislava - Vaj-

nory, Banská Bystrica - Podlavice, Novoveská Huta, Teplička, Hnilec a Košice - KVP.

Najrozsiahlejšie monitorovanie OAR v pôdnom vzduchu (v čo možno najširšom spektre klimatických podmienok), bolo zrealizované na lokalitách Novoveská Huta a Teplička (po 8x za rok), a tiež v lokalite Hnilec (4x za rok). Ostatné lokality boli monitorované dvakrát ročne a to v jarnom a v jesennom období.

Celkový objem prác na týchto šiestich RP v roku 2008 činil 442 vyhlbených sond so zhodným počtom odobraných, zmeraných a vyhodnotených vzoriek pôdneho vzduchu.

Merania objemovej aktivity radónu nad zlomom v oblasti lokality Grajnár, boli realizované v objeme 94 sond v letnom období na dvoch paralelných profiloch v celkovej dĺžke cca 1 km.

Objemová aktivita radónu v zdrojoch podzemných vôd bola sledovaná v prameňoch v oblasti Malých Karpát v širšom okolí Bratislavy (pramene Mária, Zbojníčka a Himligárka – každý 2x za rok), v prameni sv. Ondreja na Sivej Brade pri Spišskom Podhradí (12x za rok), v prameni Boženy Němcovej pri Bacúchu (6x za rok), na pramenisku Jašterčie pri Oraviciach (2x za rok) a na prelive vody z vrtu pri obci Ladmovce (2x za rok).

Súbory meraní objemovej aktivity radónu sú vyhodnocované, štatisticky spracované a v predkladanej ročnej správe ich prezentujeme formou tabuľkových prehľadov a grafov. Priebežne sa budujú a aktualizujú databázy údajov v schválenej štruktúre a fyzickej náplni.

Klimatické a meteorologické podmienky, ktoré zrejme najviac ovplyvňujú koncentrácie radónu v pôdach i v podzemných vodách, boli v roku 2008 pre jeho akumuláciu v geologickom prostredí (pôdy, vody) nepriaznivejšie, ako v predošlých monitorovacích sezónach.

V rokoch 2004 – 2006 boli pomerne dlhé zimy a častejšie a výdatnejšie zrážky na jar pozitívne ovplyvňovali vlhkosť pôdy a teda aj podmienky pre hromadenie radónu v horninách (merania OAR v tomto období dosahovali pomerne vysoké úrovne).

Významne iná situácia nastala v ostatných dvoch sezónach (2007 a 2008), keď zima i jar bola zrážkovo podpriemerná a podstatne menej zrážok bolo aj v letnom období (prevažne iba lokálne zrážky a búrky).

V dôsledku dlhšie trvajúcej suchšej klímy prakticky všetky lokality (okrem lokalít Hnilec a Grajnár) vykazujú pokles hodnôt OAR (tab. č. 6). Najvyššie priemerné ročné zníženie úrovne OAR bolo zaznamenané na lokalite Košice – KVP ($c_A 2008 / 2007 = 0,64$), čo však vzhľadom k nameraným úrovniam objemovej aktivity radónu v pôdnom vzduchu (do 20

$\text{kBq}\cdot\text{m}^{-3}$) nie je natoľko významné.

Iba na lokalitách Hnilec ($c_{\text{A} 2008 / 2007} = 1,11$) a Grajnár ($c_{\text{A} 2008 / 2007} = 1,25$) došlo v roku 2008 k nárastu hodnôt OAR v pôdnom vzduchu (tab. č. 6). Pravdepodobne je to dôsledkom zvýšeného výskytu lokálnych zrážok a väčšej vlhkosti pokryvných útvarov v danej oblasti (lokality sú od seba vzdialené iba cca 3,3 km).

Priebeh sezónnych variácií OAR v pôdnom vzduchu významne závisí nielen od meteorologických a klimatických faktorov, ale aj od plynopriepustnosti a vlhkosti miestnych zemín a hornín, teda aj na samotnej geologickej stavbe a litologickej charakteristike konkrétnej lokality. To znamená, že aj pri rovnakých meteorologických podmienkach, ale v rôznom geologickom prostredí, nemusí byť charakter variácií zhodný.

Príkladom toho sú výsledky monitoringu na RP Novoveská Huta (homogénne permské sedimenty strednej plynopriepustnosti) a RP Teplička (paleogénne sedimenty so strednou až nízkou plynopriepustnosťou, so zvýšeným podielom ílovitej frakcie), ktoré sú relatívne blízko seba (cca 5 km) v rovnakej klimatickej oblasti, ale s odlišným geologickým profilom, v ktorom je šírenie radónu sledované.

Obe lokality boli v sezóne 2008 monitorované zväčša v rovnakom období (prevažne v ten istý monitorovací deň), teda aj v zrovnateľných meteorologických podmienkach, a napriek tomu výsledky meraní OAR majú odlišný – obrátený – priebeh. V letných mesiacoch boli na RP Novoveská Huta vysledované maximálne a na RP Teplička minimálne OAR v pôdnom vzduchu, a na jar a v jeseni naopak – Novoveská Huta minimum a Teplička maximum OAR. Zaujímavá je aj skutočnosť, že charakter variačnej krivky z rokov 2007 a 2008 na týchto lokalitách, je podobný veľmi suchému roku 2003 (obr. č. 2 a 4).

Výsledky monitoringu OAR v pôdnom vzduchu dokumentujú jej variabilitu v pripovrchových častiach horninového prostredia v priebehu roka, ale aj v období viacerých sezón. Potvrďuje sa určitá závislosť úrovni OAR na meteorologických podmienkach s nejednoznačným efektom na jednotlivých lokalitách, zrejme v dôsledku odlišného litologického zloženia.

Výsledky monitorovania koncentrácií pôdneho radónu nad tektonickou štruktúrou na lokalite Grajnár opakovane a jednoznačne už 10 sezón potvrdzujú pozitívny vplyv porušenia hornín ovplyvňujúcich transport radónu do pripovrchových častí aj z väčších hĺbok, takže OAR v pôdnom vzduchu nad zlomom dosahujú anomálne hodnoty aj rádovo prevyšujúce pozadie (obr. č. 5).

Porovnania výsledkov monitorovania OAR v podzemných vodách (tab. č. 6) doku-

mentujú skutočnosť, že v sezóne 2008 pramene v oblasti Malých Karpát a preliv vody z vrtu na Zemplíne vykazovali klesajúci trend OAR ($c_A 2008 / 2007 = 0,75 - 0,90$). Zdroje podzemných vôd z oblasti Bacúcha, Sivej Brady a Oravíc majú naopak stúpajúci trend OAR ($c_A 2008 / 2007 = 1,09 - 1,16$).

Variácie objemovej aktivity radónu v sledovaných zdrojoch podzemných vôd majú skôr sezónny charakter a v priebehu dlhodobejšieho monitorovania vykazujú určitú „sinusoidálnu“ pravidelnosť (obr. č. 6 a 7). Na rozdiel od pôdneho radónu nie sú natoľko ovplyvňované náhodnými javmi resp. zmenami v atmosfére a nie sú tak „citlivé“ na rôzne krátkodobé zmeny počasia (teplota, atmosférický tlak). Maximum koncentrácií OAR v podzemných vodách je spravidla v zime, resp. na jar a minimum v lete až jeseni.

Zhodnotenie výsledkov monitorovania OAR v geologickom prostredí z roku 2008, ale aj z predchádzajúcich sezón, dokumentujú skutočnosť, že zmeny (variácie) jeho koncentrácií sú jednak pravidelné – sezónne, ale aj náhodné (miestne a časové). Postupne získavané a zhromažďované poznatky o variabilite obsahov radónu v horninovom prostredí a podzemných vodách, ich vyhodnotenie a spracovanie (...) sú jednoznačne prínosom pre možnosť objektívnejšieho hodnotenia radónového rizika z geologického prostredia.

Hodnovernejšie výsledky je možné získať štatistickým spracovaním dlhodobo realizovaných monitorovacích systémov, výstupy ktorých môžu dávať relevantné podklady pre prijímanie obecných záverov v tejto oblasti. Tento zámer sleduje aj realizácia daného projektu.

Objem finančných prostriedkov, poskytnutých na realizáciu prác a činností v podsysteme 05 – Monitoring objemovej aktivity radónu v geologickom prostredí na území Slovenskej republiky, v roku 2008 dosiahol 642,4 tis. Sk.

5. LITERATÚRA

- Barnet I., Kulajta V., Neznal M., Matolín M., Prokop P., 1992: Hodnocení základových půd z hlediska vnikání radonu do bytů, Geologický průzkum 4, str.114-115, archív ŠGÚDŠ
- Čížek P., Gluch A., Smolárová H., 2001: Atlas geofyzikálních map a profilov; textová príloha D 3 – prírodná rádioaktivita, odbor Geofondu Bratislava
- Príručka kvality QA – PRK/01 – 02, archív ŠGÚDŠ
- Smolárová H., 2002: Monitorovanie radónu v geologickom prostredí. In: Geologické práce, správy 106, ŠGÚDŠ Bratislava, str. 139-145, archív ŠGÚDŠ
- Smernica Ministerstva životného prostredia SR č. 1/2000-3 na zostavovanie a vydávanie máp

prírodnej a umelej rádioaktivity, archív ŠGÚDŠ

Vyhláška Ministerstva zdravotníctva SR č. 528/2007 o podrobnostiach a požiadavkách na obmedzenie ožiarenia z prírodného žiarenia, archív ŠGÚDŠ

Zákon NR SR č. 355/2007 Z.z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a doplnení niektorých zákonov, archív ŠGÚDŠ