

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 získavať 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. PREHĽAD A VÝSLEDKY UROBENÝCH PRÁČ

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 sondách 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 jednotlivých sondách 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 jednotlivých sondách (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 zrejmy 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 prekonalí 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. Potvrzuje 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

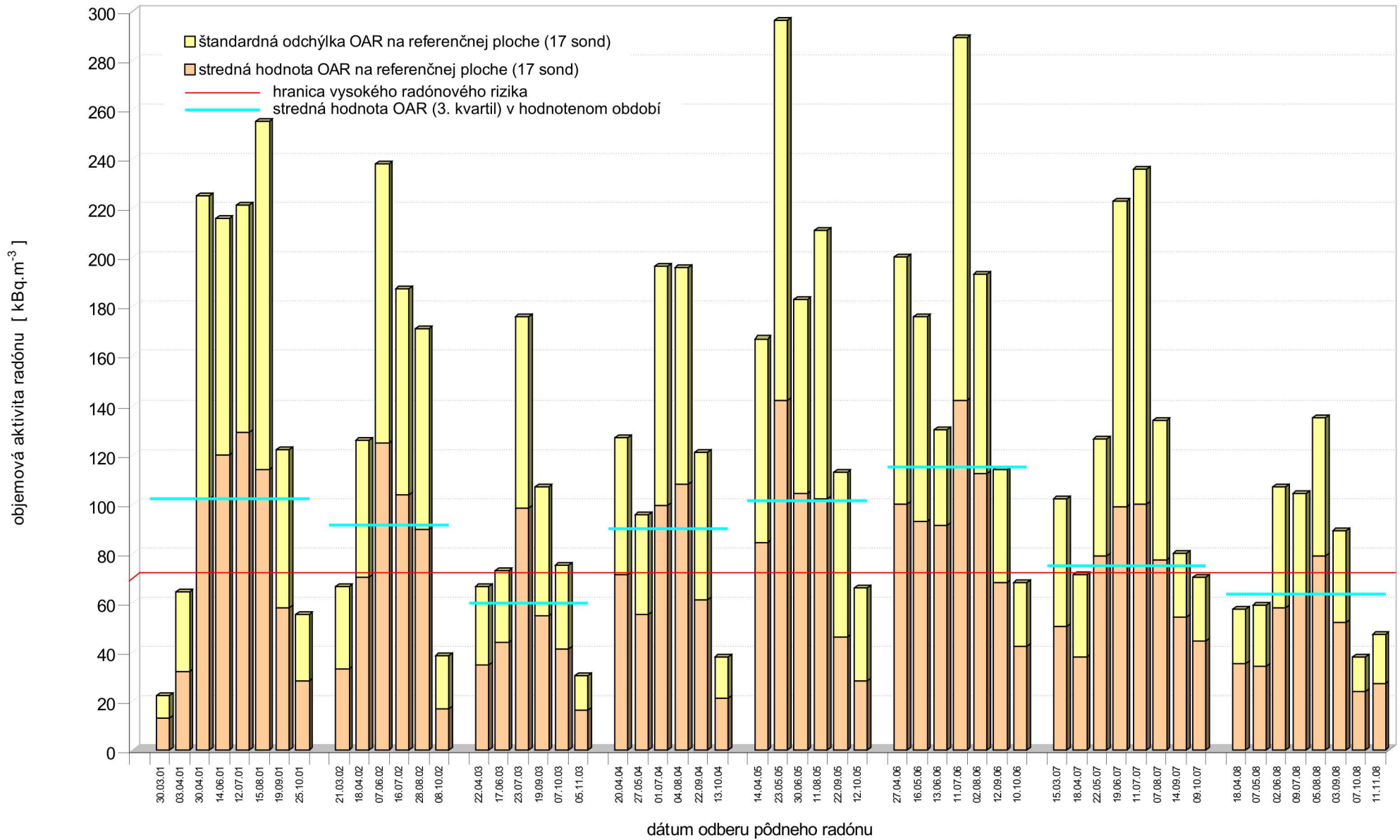
prírodnej a umelej rádioaktivity, archív ŠGÚDŠ

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

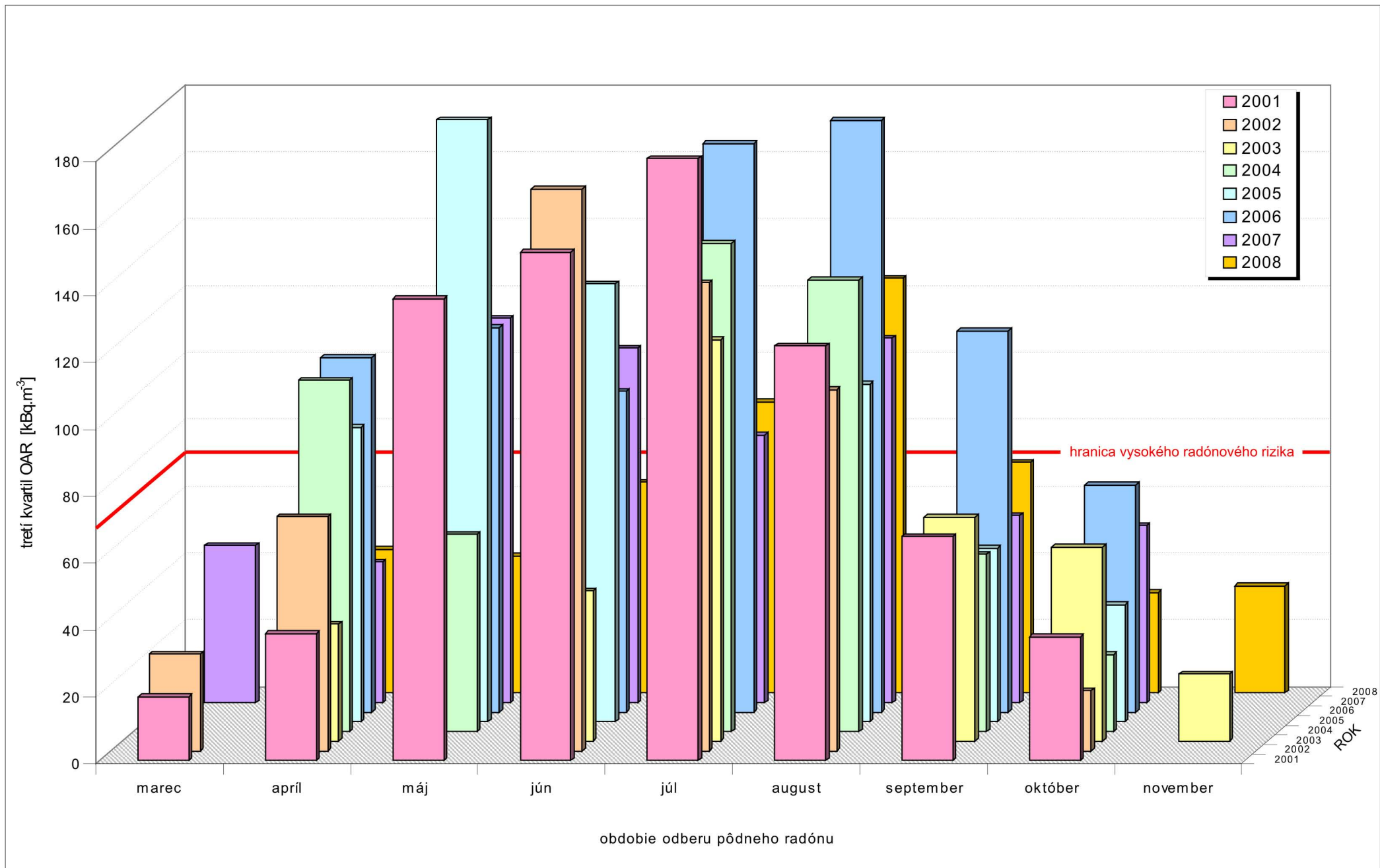
Zákon NR SR č. 355/2007 Z.z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia a o zmene a
doplnení niektorých zákonov, archív ŠGÚDŠ



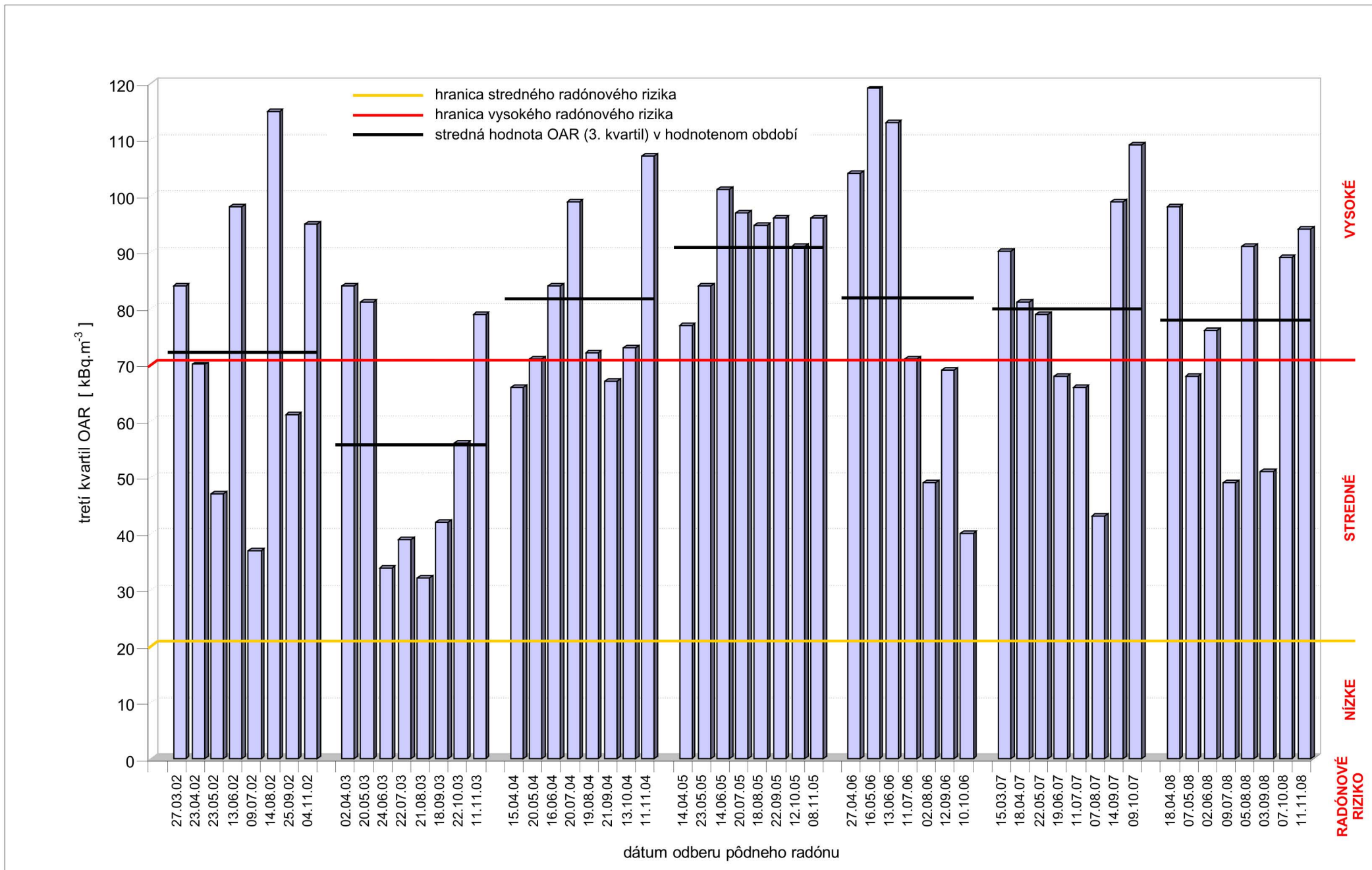
Obr. č.: 1 Situačná schéma objektov monitorovaných v roku 2008



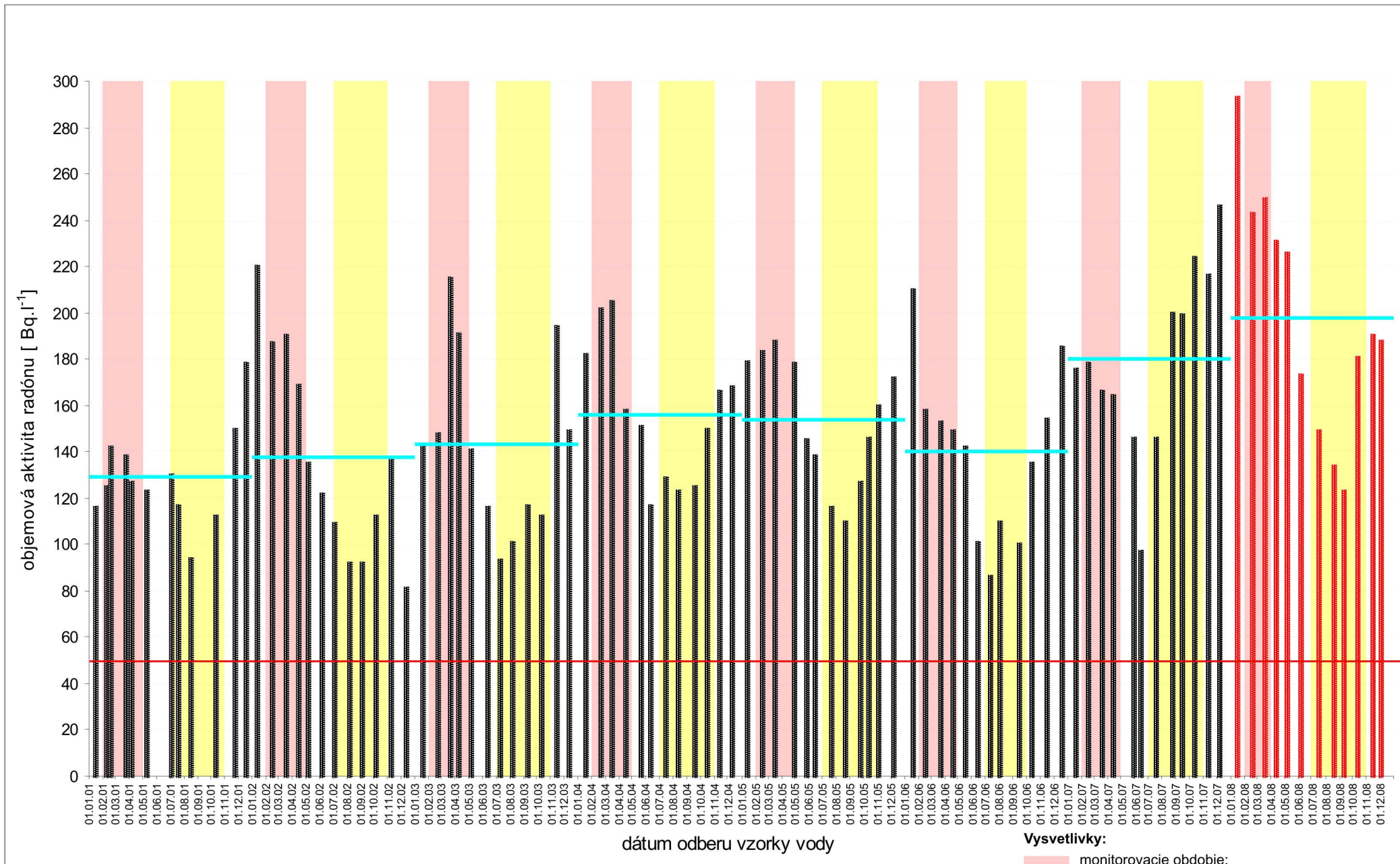
Obr. č.: 2 Pôdny radón - monitoring objemovej aktivity radónu (OAR) v rokoch 2001 - 2008
Lokalita: Novoveská Huta



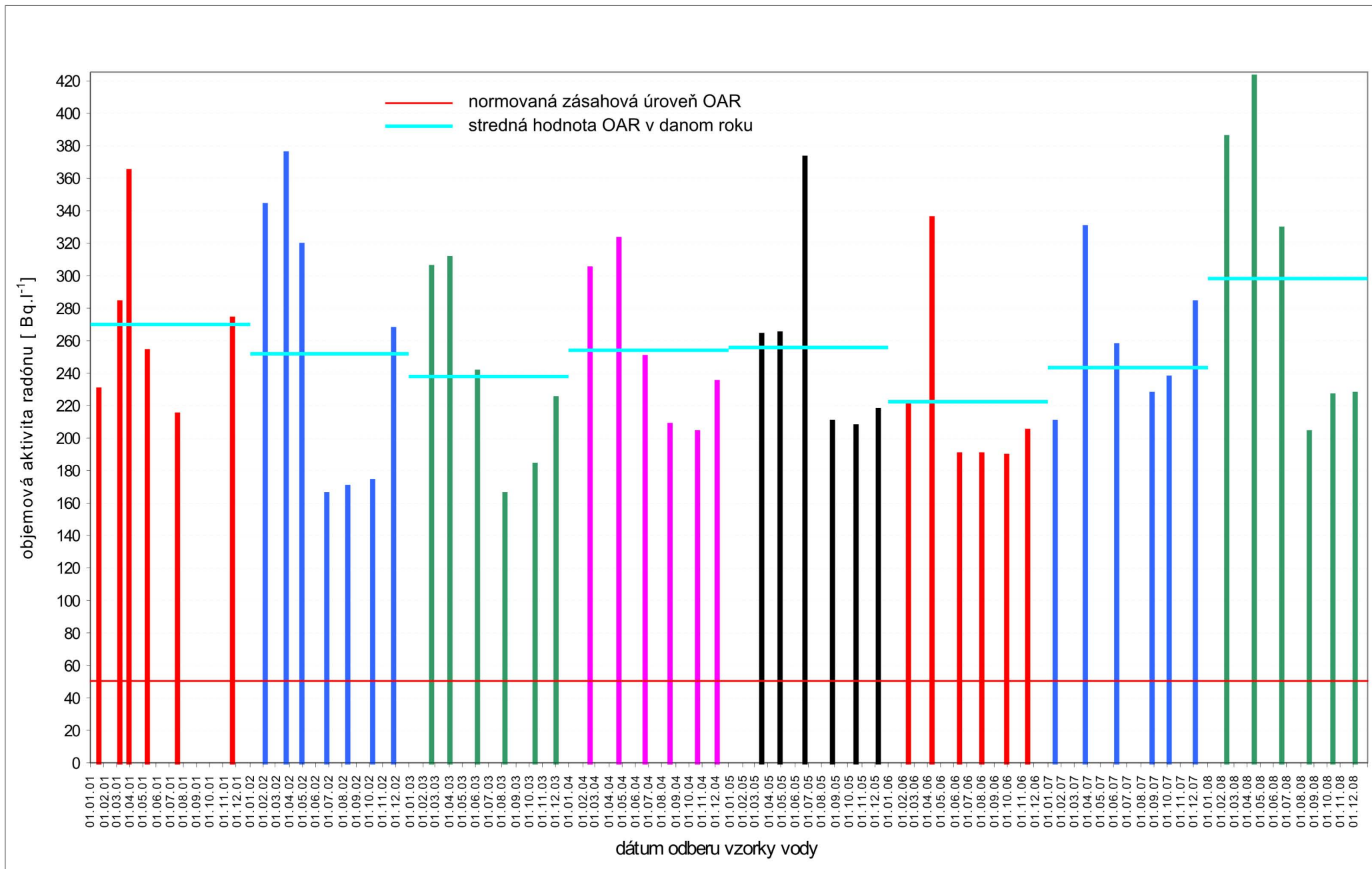
Obr. č.: 3 Pôdny radón - tretí kvartil objemovej aktivity radónu (OAR) pôdneho vzduchu v priebehu roka, v období 2001 - 2008
 Lokalita: Novoveská Huta



Obr. č.: 4 Pôdny radón - tretí kvartil objemovej aktivity radónu (OAR) pôdneho vzduchu v rokoch 2002 - 2008
Lokalita: Teplička



Obr. č.: 6 Monitoring objemovej aktivity radónu (OAR) v podzemných vodách v období 2001 - 2008
 Lokalita: Spišské Podhradie, prameň sv. Ondreja



Obr. č.: 7 Monitoring objemovej aktivity radónu (OAR) v podzemných vodách v rokoch 2001 - 2008
Lokalita: Bacúch, prameň Boženy Němcovej

Tab. č. 3: Štatistické spracovanie meraní radónu v pôdnom vzduchu na referenčných plochách

Pôdny radón - monitoring 2008, porovnanie 2001 - 2008															
p.č.	Lokalita	Dátum	c_A - objemová aktivita radónu v pôdnom vzduchu [kBq.m^{-3}]								Teplota [$^{\circ}\text{C}$]			Atm. tlak [hPa]	Poznámka
			N	min c_A	max c_A	ϕc_A	σc_A	$\phi + \sigma$	3. kvartil c_A	Rn riziko	vzduch	pri zemi	pôda		
1	Hnilec	17.4.2008	17	123	1069	499	260	759	603	III	10	5	5	1007	vlhko, odber ťažší
2	Hnilec	2.6.2008	17	13	1131	462	336	798	710	III	21	14	13	1020	vlhko, odber ťažší
3	Hnilec	5.8.2008	17	163	1613	720	474	1194	1035	III				1012	po daždi, odber ťažší
4	Hnilec	7.10.2008	17	208	1685	520	355	875	500	III	14	12	9	1017	vlhko, odber dobrý
	Hnilec	rok 2008	68	13	1685	550	356	906	712	III					
	Hnilec	rok 2007	68	123	1742	568	331	899	642	III					
	Hnilec	rok 2006	68	150	1262	433	249	682	485	III					
	Hnilec	rok 2005	68	115	1861	509	286	795	587	III					
	Hnilec	rok 2004	68	227	1300	454	211	665	491	III					
	Hnilec	rok 2003	68	87	968	333	156	489	420	III					
	Hnilec	rok 2002	67	84	1157	415	210	625	491	III					
	Hnilec	rok 2001	67	236	1399	504	268	772	584	III					
1	Novoveská Huta	8.4.2008	17	12	101	35	22	57	43	II	1	0	3	1005	osušeľ, odber dobrý
2	Novoveská Huta	7.5.2008	17	10	88	34	25	59	41	II	13	10	9	1021	vlhko, odber ťažší
3	Novoveská Huta	2.6.2008	17	11	192	58	49	107	63	II-III	19	14	12	1020	vlhko, odber dobrý
4	Novoveská Huta	9.7.2008	17	8	148	63	41	104	87	III	18	16	15	1010	suchšie, odber dobrý
5	Novoveská Huta	5.8.2008	17	18	198	79	56	135	124	III				1012	vlhko, odber dobrý
6	Novoveská Huta	3.9.2008	17	11	129	52	37	89	69	II-III	15	14	13	1015	suchšie, odber dobrý
7	Novoveská Huta	21.10.2008	17	10	53	24	14	38	30	II	4	6	8	1020	vlhko, odber dobrý
8	Novoveská Huta	11.11.2008	17	8	72	27	20	47	32	II	8	7	7	1024	vlhko, odber dobrý
	Novoveská Huta	rok 2008	136	8	198	47	33	80	61	II-III					
	Novoveská Huta	rok 2007	153	7	577	66	59	125	73	III					
	Novoveská Huta	rok 2006	119	4	670	93	75	168	113	III					
	Novoveská Huta	rok 2005	102	2	668	85	88	173	99	III					
	Novoveská Huta	rok 2004	102	1	439	69	60	129	87	III					
	Novoveská Huta	rok 2003	102	2	379	48	40	88	58	II-III					
	Novoveská Huta	rok 2002	102	1	515	73	65	138	89	III					
	Novoveská Huta	rok 2001	136	1	657	71	73	144	100	III					

pokračovanie tab. č. 3: Štatistické spracovanie meraní radónu v pôdnom vzduchu na referenčných plochách

Pôdny radón - monitoring 2007, porovnanie 2001 - 2008															
p.č.	Lokalita	Dátum	c _A - objemová aktivita radónu v pôdnom vzduchu [kBq.m ⁻³]								Teplota [°C]			Atm. tlak [hPa]	Poznámka
			N	min c _A	max c _A	φ c _A	σ c _A	φ + σ	3. kvartil c _A	Rn riziko	vzduch	pri zemi	pôda		
1	Teplička	18.4.2008	17	6	118	68	34	102	98	III	10	10	7	1003	vlhko, odbery ťažšie
2	Teplička	7.5.2008	17	4	108	51	29	80	68	II-III	13	10	9	1021	vlhko, odbery ťažšie
3	Teplička	2.6.2008	17	19	109	56	29	85	76	III	14	12	11	1020	vlhko, odbery ťažšie
4	Teplička	9.7.2008	17	12	81	40	16	56	49	II	17	14	14	1010	vlhko, odbery dobré
5	Teplička	5.8.2008	17	12	114	69	29	98	91	III				1012	vlhko, odbery dobré
6	Teplička	3.9.2008	17	16	82	45	15	60	51	II	12	12	14	1015	vlhko, odbery dobré
7	Teplička	7.10.2008	17	3	111	60	35	95	89	III	11	11	10	1017	vlhko, odbery ťažšie
8	Teplička	11.11.2008	17	20	112	67	30	97	94	III	6	6	6	1024	vlhko, odbery dobré
	Teplička	rok 2008	136	3	118	57	27	84	77	III					
	Teplička	rok 2007	136	3	137	57	28	85	79	III					
	Teplička	rok 2006	119	3	157	61	26	87	81	III					
	Teplička	rok 2005	136	2	196	70	33	103	92	III					
	Teplička	rok 2004	136	6	120	62	23	85	80	III					
	Teplička	rok 2003	135	5	144	50	19	69	56	II					
	Teplička	rok 2002	136	3	143	60	23	83	76	III					
	Teplička	rok 2001	136	20	151	56	29	85	57	II-III					
1	Bratislava - Vajnory	26.5.2008	17	17	61	42	12	54	47	II	24	27	21	1020	suchšie, odber dobrý
2	Bratislava - Vajnory	16.9.2008	17	2	49	25	14	39	39	II	9	12	15	1018	vlhko, odber dobrý
	Bratislava - Vajnory	rok 2008	34	2	61	34	13	47	43	II					
	Bratislava - Vajnory	rok 2007	34	4	64	41	13	54	52	II					
	Bratislava - Vajnory	rok 2006	34	10	98	41	20	61	59	II-III					
	Bratislava - Vajnory	rok 2005	34	20	122	50	22	72	67	II-III					
	Bratislava - Vajnory	rok 2001	16	11	155	67	45	112	101	III					

pokračovanie tab. č. 3: Štatistické spracovanie meraní radónu v pôdnom vzduchu na referenčných plochách

Pôdny radón - monitoring 2007, porovnanie 2001 - 2008															
p.č.	Lokalita	Dátum	c_A - objemová aktivita radónu v pôdnom vzduchu [kBq.m^{-3}]								Teplota [$^{\circ}\text{C}$]			Atm. tlak [hPa]	Poznámka
			N	min c_A	max c_A	ϕc_A	σc_A	$\phi + \sigma$	3. kvartil c_A	Rn riziko	vzduch	pri zemi	pôda		
1	B. Bystrica - Podlavice	26.5.2008	17	0	154	74	44	118	102	III	16	15	14	1012	vlhko, odber dobrý
2	B. Bystrica - Podlavice	16.9.2008	17	9	53	26	12	38	35	II	8	11	13	1018	vlhko, odber dobrý
	B. Bystrica - Podlavice	rok 2008	34	0	154	50	28	78	69	II-III					
	B. Bystrica - Podlavice	rok 2007	34	13	219	64	38	102	80	III					
	B. Bystrica - Podlavice	rok 2006	34	18	272	90	53	143	111	III					
	B. Bystrica - Podlavice	rok 2005	18	30	193	98	44	142	118	III					
	B. Bystrica - Podlavice	rok 2001	17	6	189	55	51	106	67	II-III					
1	Košice - KVP	4.6.2008	17	5	33	14	6	20	16	I	23	22	21	1013	suchšie, odber dobrý
2	Košice - KVP	9.9.2008	17	3	42	14	9	23	15	I	15	15	17	1021	vlhko, odber ťažší
	Košice - KVP	rok 2008	34	3	42	14	8	22	16	I					
	Košice - KVP	rok 2007	34	4	48	16	12	28	25	II					
	Košice - KVP	rok 2006	34	4	47	16	8	24	21	II					

Vysvetlivky:

c_A objemová aktivita radónu (OAR) v pôdnom vzduchu [kBq.m^{-3}]

N počet meraných sond na referenčnej ploche (RP)

min c_A minimálna hodnota OAR z N

max c_A maximálna hodnota OAR z N

ϕc_A stredná hodnota OAR z N meraných hodnôt c_A

σa_v štandardná odchýlka OAR z N meraných hodnôt c_A

3. kvartil c_A tretí kvartil z N hodnôt c_A

Rn riziko I – nízke, II – stredné, III – vysoké

Teplota vo vzduchu, pri zemi, v pôde [$^{\circ}\text{C}$]

Atm. tlak [hPa]

tab. č. 4: Radón vo vodách - monitoring objemovej aktivity v roku 2008

p.č.	Lokalita	Dátum	²²² Rn	Q	t-voda	t-vzduch	Rn _{min}	Rn _{max}	φ Rn	v Rn
		Rok	[Bq.l ⁻¹]	[l.s ⁻¹]	[°C]	[°C]	[Bq.l ⁻¹]	[Bq.l ⁻¹]	[Bq.l ⁻¹]	[%]
1	Bratislava - prameň Mária	27.5.2008	37	0,135	8	17				
2		17.9.2008	35	0,101	10	6				
		2008					35	37	36	4
		2007					36	43	40	12
		2006					26	31	29	9
		2005					26	30	28	7
		2004					25	28	27	6
		1998-2003					26	63	36	22
1	Bratislava - prameň Zbojníčka	27.5.2008	234	0,408	8	16				
2		17.9.2008	273	0,078	10	6				
		2008					234	273	254	11
		2007					254	327	291	18
		2006					138	217	178	22
		2005					195	215	205	5
		2004					138	244	191	28
		1998-2003					168	361	260	20
1	Bratislava - prameň Himligárka	27.5.2008	187	0,233	8	16				
2		17.9.2008	125	0,026	10	6				
		2008					125	187	156	28
		2007					180	236	208	19
		2006					114	135	125	8
		2005					155	167	161	4
		2004					133	133	133	-
		1998-2003					126	284	186	26

pokračovanie tab. č. 4: Radón vo vodách - monitoring objemovej aktivity v roku 2008

p.č.	Lokalita	Dátum	²²² Rn	Q	t-voda	t-vzduch	Rn _{min}	Rn _{max}	φ Rn	v Rn
		Rok	[Bq.l ⁻¹]	[l.s ⁻¹]	[°C]	[°C]	[Bq.l ⁻¹]	[Bq.l ⁻¹]	[Bq.l ⁻¹]	[%]
1	Bacúch - prameň Boženy Němcovej	12.2.2008	385	0,022	5	-7				
2		15.4.2008	422	0,018	6	1				
3		19.6.2008	329	0,021	9	20				
4		19.8.2008	203	0,024	10	9				
5		13.10.2008	226	0,021	9	17				
6		2.12.2008	227	0,022	7	2				
		2008					203	422	299	31
		2007					210	330	257	17
		2006					189	335	222	23
		2005					207	372	256	22
	2004					203	322	254	18	
	1998-2003					165	613	286	35	
1	Spišské Podhradie - prameň sv. Ondreja	16.1.2008	293	nemerateľné	6	2				
2		19.2.2008	243	0,043	5	-3				
3		17.3.2008	249	0,044	6	5				
4		9.4.2008	231	0,046	8	17				
5		6.5.2008	226	0,046	9	4				
6		4.6.2008	173	0,032	11	22				
7		15.7.2008	149	0,048	13	14				
8		19.8.2008	134	0,035	14	17				
9		9.9.2008	123	0,039	14	22				
10		10.10.2008	181	0,041	12	8				
11		14.11.2008	190	0,040	10	2				
12		2.12.2008	188	0,048	9	7				

pokračovanie tab. č. 4: Radón vo vodách - monitoring objemovej aktivity v roku 2008

p.č.	Lokalita	Dátum	^{222}Rn	Q	t-voda	t-vzduch	Rn _{min}	Rn _{max}	φ Rn	v Rn	
		Rok	[Bq.l ⁻¹]	[l.s ⁻¹]	[°C]	[°C]	[Bq.l ⁻¹]	[Bq.l ⁻¹]	[Bq.l ⁻¹]	[%]	
	Spišské Podhradie - prameň sv. Ondreja	2008					123	293	198	26	
		2007					97	246	180	22	
		2006					86	210	140	25	
		2005					110	188	154	17	
		2004					117	205	156	18	
		1998-2003					80	312	166	35	
1	Oravice - prameň Jašterčie OZ- 1	21.4.2008	1312	nemerateľné	19	9					
2		13.10.2008	1122	nemerateľné	18	9					
		2008						1122	1312	1217	11
		2007						951	1273	1112	20
		2006						382	690	536	29
		2001						588	744	666	12
1	Zemplín - vrt Ladmovce	9.4.2008	17	0,061	15	14					
2		9.9.2008	13	0,050	16	18					
		2008						13	17	15	19
		2007						16	17	17	4
		2006						11	12	12	4
		2001						8	12	10	20

Kde:

- ^{222}Rn objemová aktivita radónu (OAR) vo vode c_A [Bq.l⁻¹]
- Q výdatnosť vodného zdroja [l.s⁻¹]
- t-voda teplota vody [°C]
- t-vzduch teplota vzduchu [°C]
- Rn_{min} minimálna hodnota OAR za hodnotené obdobie [Bq.l⁻¹]
- Rn_{max} maximálna hodnota OAR za hodnotené obdobie [Bq.l⁻¹]
- φ Rn stredná hodnota OAR za hodnotené obdobie [Bq.l⁻¹]
- v Rn variačný koeficient OAR za hodnotené obdobie [%]

tab. č. 5: Radón vo vodách - štatistické vyhodnotenie 1998 - 2008

p.č.	Lokalita	Obdobie	^{222}Rn [Bq.l ⁻¹]			Výdatnosť Q [l.s ⁻¹]		
			ϕ Rn	σ Rn	v Rn [%]	ϕ Q	σ Q	v Q [%]
1	Bratislava - prameň Mária	2008	36	1,4	4	0,118	0,024	20
		2007	40	4,9	12	0,183	0,019	10
		2006	29	2,5	9	0,613	0,498	81
		2005	28	2,0	7	0,396	0,271	68
		2004	27	1,5	6	0,536	0,465	87
		2003	28	1,4	5	0,128	0,139	109
		2002	34	1,4	4	0,299	0,158	53
		2001	30	4,9	17	0,531	0,663	125
		1998-2000	46	10,1	22	0,192	0,187	97
		1998-2003	36	8,1	22	0,236	0,311	132
2	Bratislava - prameň Zbojnička	2008	254	27,6	11	0,243	0,233	96
		2007	291	51,6	18	0,265	0,068	26
		2006	178	39,5	22,0	1,431	1,425	100
		2005	205	10,0	5,0	0,463	0,338	73
		2004	191	53,0	28,0	0,577	0,535	93
		2003	230	0,7	0,3	0,096	0,121	127
		2002	242	5,7	2	0,276	0,050	18
		2001	189	29,0	15	0,198	0,163	83
		1998-2000	300	36,0	12	0,085	0,097	115
		1998-2003	260	51,7	20	0,155	0,121	78
3	Bratislava - prameň Himligárka	2008	156	43,8	28	0,130	0,146	113
		2007	208	39,6	19	0,093	0,031	33
		2006	125	10,5	8	0,719	0,709	100
		2005	161	6,0	4	0,259	0,229	88
		2004	133	-	-	0,263	0,263	100
		2003	163	-	-	0,091	0,128	141
		2002	158	26,2	17	0,311	0,001	0,2
		2001	154	15,6	10	0,434	0,565	130
		1998-2000	209	52,3	25	0,069	0,092	133
		1998-2003	186	47,4	26	0,209	0,265	127

pokračovanie tab. č. 5: Radón vo vodách - štatistické vyhodnotenie 1998 - 2008

p.č.	Lokalita	Obdobie	²²² Rn [Bq.l ⁻¹]			Výdatnosť Q [l.s ⁻¹]		
			φ Rn	σ Rn	v Rn [%]	φ Q	σ Q	v Q [%]
4	Bacúch - prameň Boženy Němcovej	2008	299	92,9	31	0,021	0,002	9
		2007	257	43,6	17	0,024	0,003	13
		2006	222	52,0	23	0,027	0,003	9
		2005	256	57,0	22	0,026	0,004	17
		2004	254	45,2	18	0,020	0,002	10
		2003	238	60,6	25	0,021	0,002	9
		2002	259	89,7	35	0,026	0,004	16
		2001	270	53,0	20	0,030	0,005	16
		1998-2000	345	124,2	36	0,028	0,002	8
		1998-2003	286	99,0	35	0,026	0,005	18
5	Spišské Podhradie - prameň sv. Ondreja	2008	198	51,1	26	0,042	0,005	12
		2007	180	40	22	0,040	0,008	20
		2006	140	35,0	25	0,041	0,006	14
		2005	154	26,0	17	0,044	0,006	13
		2004	156	28,6	18	0,039	0,006	14
		2003	143	39,1	27	0,033	0,006	19
		2002	137	44,8	33	0,034	0,010	30
		2001	129	21,3	16	0,034	0,009	26
		1998-2000	192	63,4	33	0,036	0,009	26
		1998-2003	166	52,3	35	0,035	0,009	25
6	Oravice - pramenisko Jašterčie OZ-1	2008	1217	134,4	11	nemerateľné		
		2007	1112	227,7	20			
		2006	536	155,4	29			
		2001	666	79,9	12			
		1998-2000	1212	181,8	15			

pokračovanie tab. č. 5: Radón vo vodách - štatistické vyhodnotenie 1998 - 2008

p.č.	Lokalita	Obdobie	^{222}Rn [Bq.l^{-1}]			Výdatnosť Q [l.s^{-1}]		
			ϕ Rn	σ Rn	v Rn [%]	ϕ Q	σ Q	v Q [%]
7	Zemplín - vrt Ladmovce	2008	15	2,8	19	0,056	0,008	14
		2007	17	0,7	4	0,059	0,001	17
		2006	12	0,5	4	nemerateľné		
		2001	10	2,0	20			
		1998-2000	13	3,4	26			

- Kde:
- ^{222}Rn objemová aktivita radónu (OAR) vo vode c_A [Bq.l^{-1}]
 - ϕ Rn stredná hodnota OAR za hodnotené obdobie [Bq.l^{-1}]
 - σ Rn štandardná odchýlka OAR za hodnotené obdobie [Bq.l^{-1}]
 - v Rn variačný koeficient OAR za hodnotené obdobie [%]
 - Q výdatnosť vodného zdroja [l.s^{-1}]
 - ϕ Q priemerná výdatnosť Q za hodnotené obdobie [l.s^{-1}]
 - σ Q smerodatná odchýlka Q za hodnotené obdobie [l.s^{-1}]
 - v Q variačný koeficient Q za hodnotené obdobie [%]

Tab. č. 6: Vývoj hodnôt objemovej aktivity radónu (OAR) v pôdnom vzduchu a v podzemných vodách za obdobie 2001 – 2008

p.č.	LOKALITA	Rok								Podiel c_A 2008 / 2007	Trend 2008 / 2007
		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008		
		3.Q c_A [kBq.m ⁻³]									
Pôdny radón na referenčných plochách											
1	Hnilec	584	491	420	491	587	485	642	712	1,11	↗
2	Novoveská Huta	100	89	58	87	99	113	73	61	0,84	↘
3	Teplička	57	76	56	80	92	81	79	77	0,97	↘
4	Bratislava - Vajnory	101				67	59	52	43	0,83	↘
5	Banská Bystrica - Podlavice	67				118	111	80	69	0,86	↘
6	Košice - KVP						21	25	16	0,64	↘
Pôdny radón na tektonike											
1	Grajnár	16	18	10	13	24	20	16	20	1,25	↗

p.č.	LOKALITA	Rok								Podiel c_A 2008 / 2007	Trend 2008 / 2007
		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008		
		c_A [Bq.l ⁻¹]									
Radón vo vodách											
1	Bratislava - prameň Mária	30	34	28	27	28	29	40	36	0,90	↘
2	Bratislava - prameň Zbojníčka	189	242	230	191	205	178	291	254	0,87	↘
3	Bratislava - prameň Himligárka	154	158	163	133	161	125	208	156	0,75	↘
4	Bacúch - prameň Boženy Němcovej	270	259	238	254	256	222	257	299	1,16	↗
5	Spišské Podhradie - prameň sv. Ondreja	129	137	143	156	154	140	180	198	1,10	↗
6	Oravice - pramenisko Jašterčie OZ-1	666					536	1112	1217	1,09	↗
7	Zemplín - vrt Ladmovce	10					12	17	15	0,88	↘

Kde:

3.Q c_A stredná hodnota tretieho kvartilu OAR v pôdnom vzduchu za hodnotený rok

c_A stredná hodnota OAR v podzemnej vode za hodnotený rok

v danom roku nebol objekt monitorovaný

57 menej monitorovaní v danom roku, resp. iná pozícia referenčnej plochy