



ZVD ZAVOD ZA VARSTVO PRI DELU d.d.
Institute of Occupational Safety

Center za fizikalne meritve

Laboratorij za merjenje specifičnih aktivnosti radionuklidov

Št. poročila: **LMSAR-20100017-A-PJ**

Datum: 12.11.2010

Poročilo o sistematičnem pregledovanju delovnega in bivalnega okolja 2010

Naročnik / uporabnik (koda):

Ministrstvo za zdravje

Uprava RS za varstvo pred sevanji

Ajdovščina 4

1000 Ljubljana

Številka in datum naročila:

4301-2/2010, 2.3.2010

Datum meritve:

februar – oktober 2010

Poslano:

3 x naročnik

1 x arhiv ZVD

Meritve opravil: Peter Jovanovič, inž. fiz.	Poročilo odobril: Dr. Gregor Omahen, univ. dipl. fiz.
Poročilo pregledal: Dr. Gregor Omahen, univ. dipl. fiz.	

Poročilo vsebuje skupaj 40 strani in prilogo Poročilo o meritvah LMSAR-20100017-B-PJ in ga je dovoljeno reproducirati samo v celoti

Chengdujska cesta 25, 1260 Ljubljana-Polje, Slovenija · T+386 (0)1 585 51 00 · F +386 (0)1 585 51 01 · E info@zvd.si · W www.zvd.si

Davčna št. 21282692 · ID št. za DDV: SI21282692 · Matična št.: 5055580 ·

Vpis družbe: Oktožno sodišče v Ljubljani, vložna št.: 10024700 - Osnovni kapital: 779.402,44 EUR

Povzetek

Opravili smo enainosemdeset (81) meritev koncentracij radona z detektorji sledi v štiriinštiridesetih (44) vrtcih in osnovnih šolah in osmih (8) ostalih ustanovah. Izvedli smo deset (10) meritev koncentracije radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti z namenom določanja časovnega poteka koncentracije radona in potomcev, od tega sedem v vrtcih in osnovnih šolah ter tri v ostalih ustanovah. Opravili smo osem meritev koncentracije radona z merilnimi instrumenti z namenom določitve virov izhajanja radona v prostore zgradb (radon v zemlji, špranje, razpoke, kanalizacijski in drugi jaški...) in sicer šest v vrtcih in osnovnih šolah ter dve v ostalih ustanovah.

V petintridesetih prostorih vrtcev in šol so bile izmerjene koncentracije radona, višje od 400 Bq/m^3 , v sedemindvajsetih prostorih izbranih vrtcev in šol pa so bile izmerjene vrednosti koncentracije radona nižje od 400 Bq/m^3 . Izmerjene koncentracije radona v drugih ustanovah so bile v desetih izbranih prostorih (od devetnajstih) nižje od 1000 Bq/m^3 , v devetih pa višje od 1000 Bq/m^3 .

Doze za zaposlene in otroke smo ocenili za triinšedemdesetih prostorov šol, vrtcev in ostalih ustanov, v katerih smo izvajali meritve koncentracije radona z detektorji sledi. V štiriindvajsetih primerih so učinkovne doze nižje od 1 mSv/leto , v desetih primerih so učinkovne doze med $1 - 2 \text{ mSv/leto}$, v osemnajstih primerih so učinkovne doze med $2 - 6 \text{ mSv/leto}$, v enaindvajsetih primerih so učinkovne doze za višje od 6 mSv/leto .

Smatramo, da bi bilo smotno nadaljevati z meritvami koncentracije radona in radonovih potomcev v objektih in v tleh v različnih letnih obdobjih tako, da bi pokrili celotno področje Slovenije. Še posebej to velja za objekte z najvišjimi izmerjenimi koncentracijami radona in ocenjenimi učinkovnimi dozami preko 6 mSv na leto.

Vsebina

1. Uvod	5
2. Namen in cilji naloge	5
3. Program meritev	6
4. Metode merjenja	8
4.1. Meritve koncentracije radona	8
4.1.1. Pasivna metoda – detektorji sledi	8
4.1.2. Aktivna metoda	8
4.1.3. Radon v zemlji	9
4.2. Meritve koncentracije vezanih radonovih potomcev	9
5. Rezultati meritev	9
5.1. Vrtci in šole	9
5.1.1. Podružnična šola in vrtec v Bučki	12
5.1.2. VVO Ivančna gorica, Vrtec Muljava	14
5.1.3. Vrtec pri OŠ Sodražica	16
5.1.4. Osnovna šola Prevalje	17
5.1.5. Vrtec pri OŠ Vavta vas	19
5.1.6. Osnovna šola Prevole	21
5.1.7. Glasbena šola Ribnica	24
5.2. Ostale ustanove	25
5.2.1. Železniška postaja Divača	27
5.2.2. Železniška postaja Črnomelj	28
5.2.3. MORS – delavnice na Todražu	29
5.2.4. Gradbeni materiali d. o. o. – Rudnik Mežica	30
6. Ocena prejetih efektivnih doz	32
7. Zaključki	37
8. Reference	39

1. Uvod

Izpostavljenost radonu je posledica vsebnosti naravnih radionuklidov v zemeljski skorji. Dolgoživi radionuklidi ^{238}U , ^{232}Th in ^{235}U so začetniki naravnih razpadnih nizov in sicer uranovega, torijevega in aktinijevega. V vsakem od teh nizov se nahaja eden izmed radijevih izotopov ^{226}Ra , ^{224}Ra in ^{223}Ra . Direktni potomci teh izotopov so radioaktivni plini, radon, toron in aktinon, oziroma ^{222}Rn , ^{220}Rn in ^{219}Rn . Najpomembnejši od vseh je ^{222}Rn (radon), ki prispeva k sevalnim obremenitvam zaradi vdihovanja skoraj 90%, ^{220}Rn (toron) okoli 10%, ^{219}Rn (aktinon) pa manj kot 1%.

Radon je inertni plin, kemijsko neaktiven, zato izhaja iz tal proti površju. Zbira se v zaprtih prostorih ali izhaja v atmosfero. Količine radona v zaprtih prostorih so lahko tako visoke, da povzroči sevanje alfa v življenjski dobi človeka nepopravljive spremembe v celicah pljučnega tkiva, katerih posledica je lahko rakasto obolenje.

V obdobju november 1993 - februar 1994 so bile v okviru nacionalnega programa izmerjene koncentracije radona v približno 900 naključno izbranih stanovanjih na območju Slovenije. Iz povprečne vrednosti 87 Bq/m^3 je bila aproksimativno določena srednja letna vrednost, ki znaša 54 Bq/m^3 [1,2].

Na podlagi 45. in 46. člena Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti [3] je potrebno sistematično pregledovanje delovnega in bivalnega okolja zaradi naravnih virov sevanja [4]. Na delovnih mestih s povečano izpostavljenostjo zaposlenih je na podlagi Pravilnika SV5 [5] in Uredbe UV2 [6] potrebno izvajanje ukrepov za zmanjšanje izpostavljenosti naravnim virom.

V letih 2006 – 2010 je Uprava za varstvo pred sevanji (URSVS) razpisala projektne naloge za sistematično pregledovanje delovnega in bivalnega okolja zaradi naravnih virov sevanja, v katere so bile vključene meritve v vrtcih, šolah, drugih javnih ustanovah in podjetjih ter enem stanovanjskem objektu ([7], [8], [15], [16], in to poročilo).

2. Namen in cilji naloge

V zadnjih petnajstih letih so se izvajale meritve koncentracije radona s pasivnimi metodami (Lucasove celice, detektorji sledi) v osnovnih šolah in vzgojno varstvenih zavodih ter v drugih javnih institucijah, kot so bolnišnice, zdravstveni domovi, občinske zgradbe, policijske postaje in carinarnice. V šolah, vrtcih in drugih objektih, kjer so bile izmerjene visoke koncentracije radona, so bile dodatno izvedene meritve koncentracije radona in potomcev z merilnimi instrumenti z namenom določitve časovnega poteka koncentracij radona in potomcev ter iskanja virov radona v objektih. Na podlagi opravljenih meritev so bile po potrebi izvedene sanacije objektov.

V letu 2009 smo program meritev razširili tudi na meritve koncentracije radona v zemlji v bližini objektov z izmerjenimi povišanimi koncentracijami radona. Namen teh meritev je lažja identifikacija virov radona v objektu samem.

V letu 2010 smo izvedli meritve koncentracije radona z detektorji sledi v izbranih vrtcih v zimskem in poletnem obdobju. Namen meritev je bil ugotoviti, kako koncentracije radona nihajo v različnih letnih obdobjih, kar je pomembno za ustrežnejšo oceno sevalne obremenjenosti zaposlenih in otrok v vrtcih.

3. Program meritev

V pričujočo nalogo smo vključili vse objekte, ki jih je URSVS določila kot objekte, v katerih so potrebne prve oziroma ponovne meritve koncentracije radona in potomcev.

Program meritev je prikazan v tabeli 1. V tabeli so navedene ustanove ter število predvidenih in opravljenih meritev koncentracije radona in potomcev v prostorih objektov navedenih ustanov v obdobju od februarja do oktobra 2010.

V dogovoru z URSVS nismo izvedli meritev koncentracije radona z detektorji sledi v stanovanjskem objektu v Idriji (štiri meritve), pač pa smo izvedli dodatne meritve koncentracije radona v poletnem obdobju v vrtcih na Krasu (pet meritev). V OŠ Prevole smo izvedli samo pet meritev koncentracije radona z detektorji sledi namesto predvidenih šestih.

Zaradi nizkih koncentracij radona, izmerjenih v zimskem obdobju, smo v poletnem obdobju ponovili samo meritev koncentracije radona z detektorji sledi v igralnici vrtca v OŠ Prevole, manjkajočo meritev pa izvedli v poletnem obdobju v enem od vrtcev na Krasu. Dodatno smo izvedli meritev koncentracije radona v OŠ Milke Šobar Nataše v Črnomlju, ki sicer ni bila v programu, a smo tako zaokrožili vse osnovne šole in vrtce v Beli krajini.

Dodatno smo izvedli še meritev koncentracije radona z detektorji sledi v kletni učilnici Glasbene šole v Ribnici v poletnem obdobju. Vse meritve do sedaj so bile opravljene v zimskem obdobju in so bile zelo visoke (tudi v letu 2010), zato smo hoteli ugotoviti, kakšna je koncentracija radona v toplejših mesecih.

V okviru projektne naloge sistematičnega pregledovanja delovnega in bivalnega okolja v letu 2009 je bil po nesreči uničen detektor sledi v Petrovem vrtcu v Šentpetru. Takoj so nas obvestili o tem. Poslali smo nov detektor, a je bil prepozno postavljen. Zato smo meritev podaljšali do aprila 2010. Rezultate meritev koncentracije radona v vrtcu Šentpeter za obdobje od 9.10.2009 do 6.4.2010 podajamo v tem poročilu (Tabela 2).

V letu 2010 smo opravili enainosemdeset meritev koncentracij radona z detektorji sledi. Izvedli smo deset meritev koncentracije radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti z namenom določanja časovnega poteka koncentracije radona in potomcev. Opravili smo osem meritev koncentracije radona z merilnimi instrumenti z namenom določitve virov izhajanja radona v prostore zgradb (radon v zemlji, špranje, razpoke, kanalizacijski in drugi jaški...) in eno meritev zunanje doze s TL dozimetrom (Tabela 1).

Tabela 1. Program meritev v letu 2010

Objekt	Predvidene meritve					Opravljene meritve				
	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e
Vrtec v OS Bučka	2	1	1			2	1	1		
Vrtec Idrija - enota Arkova	1					1				
Glasbena šola Ribnica	1	1				2	1			
OS Sodražica	2	1				2	1			
Vrtec na OS Muljava	1	1	1			1	1	1		
Vrtec v OS Vavta vas	2		1			2		1		
OS Prevalje	2	1	2			2	1	2		
OS Prevole	6	2	1			5	2	1		
OS Stari trg ob Kolpi	3					3				
Železniška postaja Črnomelj	2	1				2	1			
Medicinska fakulteta	1					1				
Idrija Tomšičeva 19***	4					0				
Narodni muzej Slovenije	2			1		2			1	
Min. za obrambo - Todraž	3	1	1			3	1	1		
Psihiatrična bolnišnica Idrija	1					1				
Železniška postaja Divača	2		1			2		1		
Sava hoteli Bled	3					3				
Rudnik Mežica	5	1				5	1			
vrtec Sežana 12 enot	15					20				
Vrtec Ribnica	1					1				
OS Fara	1					1				
OS Fara - Podružnica Osilnica	1					1				
Vrtec Kočevje - enota Čebelica	1					1				
Vrtec Kočevje - enota Kekec	1					1				
Vrtec Kočevje - enota Ostržek	1					1				
Vrtec Livold	1					1				
Vrtec Kočevska reka	1					1				
OS Kočevje ob Rinži	1					1				
OS Kočevje Zbora odposlancev	1					1				
OS Stara cerkev	1					1				
OS Loški potok	1					1				
OS Dragatuš	1					1				
OS Mirana Jarca Črnomelj	1					1				
OS Vinica	1					1				
OS Črnomelj - Loka	1					1				
OS Podzemelj	1					1				
OS Semič	1					1				
OS Semič - podružnica Štrekljevec	1					1				
OS Metlika	1					1				
OS Milke Šobar Nataše, Črnomelj						1				
**Petrov vrtec Šentpeter	1					1				
Skupaj	79	10	8	1	0	81	10	8	1	0

Legenda:

a - osnovne meritve z detektorji sledi

d - TLD

b - kontinuirne meritve koncentracije radona in poton ** - merjeno od 9.10.2009 do 6.4.2010

c - iskanje virov radona z merilnimi instrumenti

*** - nadomeščeno z meritvami v vrtcih na Krasu po dogovoru z URSVS

4. Metode merjenja

Koncentracijo radona v prostorih objektov izbranih ustanov smo določali s pasivno metodo (detektorji sledi) za obdobje enega meseca ali več in z aktivno metodo (merilni instrumenti) za obdobje 3 - 5 dni. Detektorje sledi smo postavili v prostor stran od oken in vrat na višino približno 1 m, merilne instrumente smo postavili tako, da niso motili delovnega procesa. Trenutno koncentracijo radona v zemlji, jaških, razpokah in špranjah smo določali z merilnimi instrumenti (aktivna metoda). Meritev je trajala dve uri ali več.

4.1. Meritve koncentracije radona

4.1.1. Pasivna metoda – detektorji sledi

Koncentracijo radona skozi daljše časovno obdobje smo določali z detektorji sledi, podjetja Gamdata Mätteknik AB, Švedska. Detektor sledi je plastična folija z dimenzijami 1.5 cm x 1 cm. Detektor je pritrjen na notranjo stran pokrova plastičnega okroglega ohišja, s premerom 5 cm in višino 3 cm. Na dnu ohišja je bar koda in številka detektorja (Slika 1). Radon, ki pride v t.i. radonsko komoro, v njej razpade, delci alfa, ki nastanejo pri razpadu, pa se zarijejo v folijo in v njej pustijo sledi. Število sledi na foliji je premo sorazmerno s koncentracijo radona v zraku.

Podjetje Gamdata je akreditirano za merjenje koncentracije radona z detektorji sledi po standardu SIST ISO/IEC 17025. Detektorje smo postavili v skladu s postopki DP-LMSAR-3.03, ND-LMSAR-3.02 in OB-LMSAR-3.03.



Slika 1. Detektor sledi

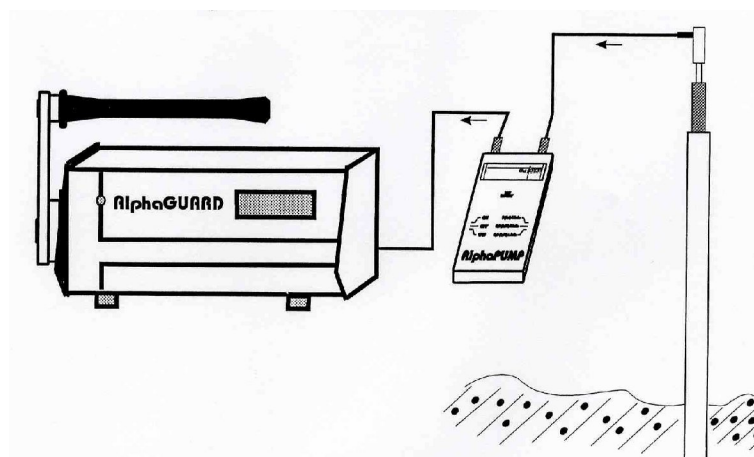
4.1.2. Aktivna metoda

Časovni potek koncentracije radona za obdobje nekaj dni smo določali z merilnimi instrumenti Alphaguard (Genitron, Nemčija), RTM 2010 (Sarad, Nemčija), RAD 7 (Radonlab, ZDA) in System 30 (Scintrex, Kanada). Detektor sevanja alfa v instrumentu Alphaguard je cilindrična ionizacijska celica z volumnom 0.5 litra, merilni instrumenti System 30, RAD 7 in RTM-2010 pa uporabljajo za določanje sevanja alfa polprevodniški detektor. Število sunkov na detektorju je premo sorazmerno koncentraciji radona oziroma radonovih potomcev v zraku, ki se podaja v Bq/m³. Intervale merjenja nastavimo na želeno vrednost, od nekaj minut do več ur.

Meritve koncentracije radona v zraku smo izvedli skladno s postopkom DP-LMSAR-3.02. Metoda je akreditirana po standardu SIST ISO/IEC 17025.

4.1.3. Radon v zemlji

Koncentracijo radona v zemlji smo merili z merilnim instrumentom instrumenti Alphaguard (Genitron, Nemčija) ali z merilnim instrumentom RAD 7 (Radonlab, ZDA). V zemljo smo zabili cev (notranji premer 1 cm) v globino 80 - 100 cm. Izhod cevi smo povezali s plastično cevko preko črpalke do merilnega instrumenta (Slika 2).



Slika 2. Merjenje koncentracije radona v zemlji

4.2. Meritve koncentracije vezanih radonovih potomcev

Časovni potek koncentracije vezanih radonovih potomcev za obdobje nekaj dni smo določali z merilnim instrumentom WLM-30 (Working Level Monitor), System 30, firme Scintrex iz Kanade in Doseman Pro, Sarad, Nemčija. Črpalka s pretokom 1 liter/minuto črpa zrak skozi filter, v katerem se zadržijo radonovi potomci (vezani na aerosole). Nasproti filtra je polprevodniški detektor, ki zaznava alfa sevanje. Rezultat meritve je ravnovesna koncentracija vezanih radonovih potomcev EEC, ki se podaja v Bq/m^3 .

Interval vzorčenja za merjenje koncentracije radonovih potomcev v zraku je običajno 30 minut, lahko tudi manj ali največ ena ura. Razmerje med koncentracijo radonovih potomcev in koncentracijo radona je faktor ravnovesja F, ki ga podajamo v procentih. Meritve koncentracije radonovih potomcev v zraku smo izvedli skladno s postopkom DP-LMSAR-3.02. Metoda je akreditirana po standardu SIST ISO/IEC 17025.

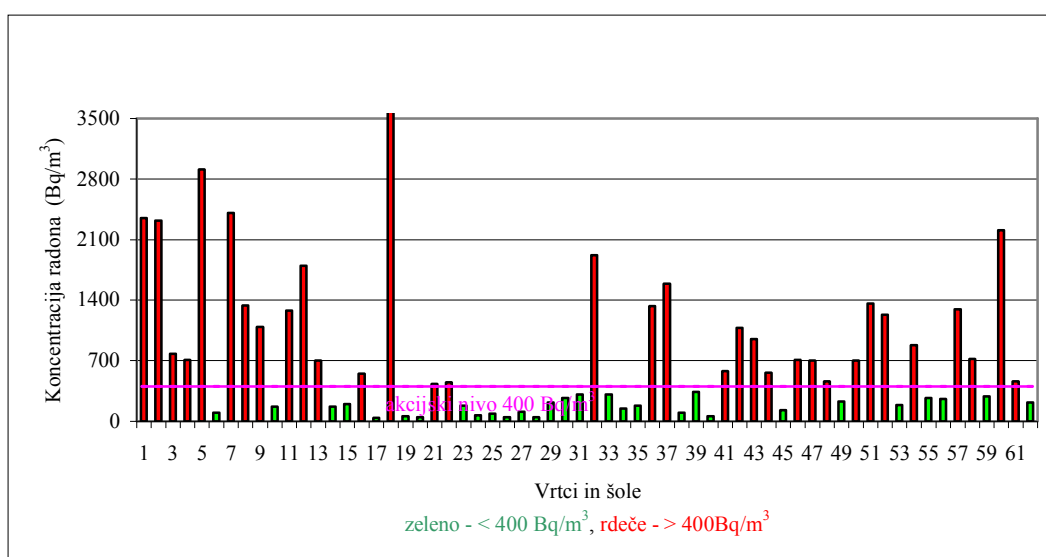
5. Rezultati meritev

5.1. Vrtci in osnovne šole

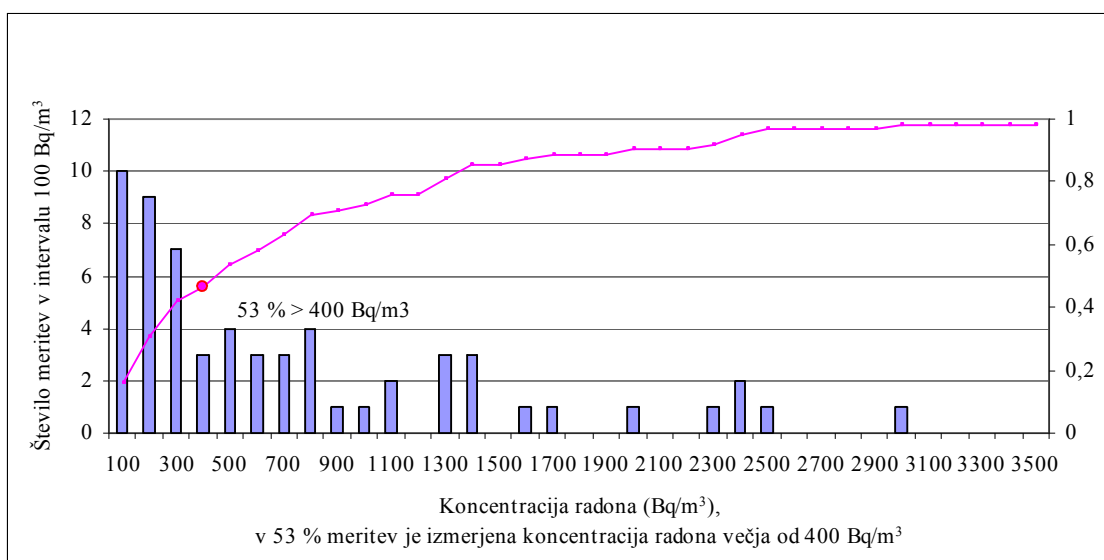
Koncentracijo radona z detektorji sledi smo določali v štiriinštiridesetih vrtcih in osnovnih šolah. V šestih osnovnih šolah smo izvajali dodatne meritve koncentracije radona in radonovih potomcev. To so OŠ Bučka, OŠ Muljava, OŠ Sodražica, OŠ Pravalje, OŠ Prevole in Glasbena šola Ribnica. V OŠ Prevole smo izvajali dodatne meritve dvakrat, prvič v zimskem in drugič v poletnem obdobju. V petih osnovnih šolah smo izvajali meritve koncentracije radona z merilnimi instrumenti za določitev vira izhajanja radona v prostore preiskovanih objektov. To so OŠ Bučka, OŠ Muljava, OŠ Vavta vas, OŠ Pravalje in OŠ Prevole. V OŠ Prevalje smo izvajali meritve za določitev vira izhajanja radona dvakrat, prvič v zimskem in drugič v poletnem obdobju.

V osnovnih šolah in vrtcih smo skupno opravili dvainšestdeset meritev koncentracije radona z detektorji sledi, sedem meritev časovnega poteka koncentracije radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti ter šest meritev koncentracije radona za določitev vira izhajanja radona.

Rezultati meritev koncentracije radona z detektorji sledi v vrtcih in šolah so prikazani na sliki 3 in v tabeli 2. V petintridesetih prostorih vrtcev in šol so bile izmerjene koncentracije radona, višje od 400 Bq/m^3 (slika 3). Vse izmerjene koncentracije radona, ki skupaj z napako meritve presegajo 400 Bq/m^3 , so obarvane rdeče. V sedemindvajsetih prostorih izbranih objektov so bile izmerjene vrednosti koncentracije radona nižje od 400 Bq/m^3 (obarvano zeleno). Na sliki 4 podajamo verjetnostno in kumulativno porazdelitev izmerjenih koncentracij radona v vrtcih in šolah.



Slika 3. Histogram meritev koncentracije radona v vrtcih in šolah



Slika 4. Verjetnostna in kumulativna porazdelitev koncentracij radona v vrtcih in osnovnih šolah

Tabela 2. Koncentracija radona v vrtcih in osnovnih šolah (merjeno z detektorji sledi)

Zap. št.	Številka detektorja	Start Datum	Ura	Stop Datum	Ura	Lokacija	Objekt	Konc. radona Bq/m ³
1	381596-6	11.2.2010	9	7.4.2010	9	učilnica v kleti	Glasbena šola Ribnica	2350 ± 390
2	491895-9	10.6.2010	9	7.9.2010	9	učilnica v kleti	Glasbena šola Ribnica	2320 ± 420
3	454459-9	10.2.2010	9	7.4.2010	9	igralnica vrta	OŠ Bučka	780 ± 100
4	356865-6	10.2.2010	9	7.4.2010	9	igralnica vrta	OŠ Bučka	710 ± 90
5	454461-5	10.2.2010	7	7.4.2010	7	učilnica ob knjižnici	OŠ Prevalje	2910 ± 530
6	454376-5	10.2.2010	7	7.4.2010	7	knjižnica	OŠ Prevalje	100 ± 20
7	357493-6	15.2.2010	12	7.4.2010	13	igralnica vrta Polžki	OŠ Prevole	2410 ± 400
8	454699-0	15.2.2010	12	7.4.2010	13	igralnica vrta Miškolini	OŠ Prevole	1340 ± 170
9	306901-0	15.2.2010	12	7.4.2010	13	kuhinja	OŠ Prevole	1090 ± 140
10	306882-2	15.2.2010	12	7.4.2010	13	jedilnica	OŠ Prevole	170 ± 30
11	473895-1	24.6.2010	12	31.8.2010	13	igralnica vrta Polžki	OŠ Prevole	1280 ± 180
12	201709-3	11.2.2010	9	6.4.2010	12	igralnica Bibe	OŠ Vavta vas	1800 ± 250
13	455110-7	11.2.2010	9	6.4.2010	12	igralnica Pikapolonice	OŠ Vavta vas	700 ± 90
14	455275-8	11.2.2010	14	6.4.2010	13	vrtec	OŠ Stari trg ob Kolpi	170 ± 30
15	454561-2	11.2.2010	14	6.4.2010	13	učilnica	OŠ Stari trg ob Kolpi	200 ± 30
16	278449-4	11.2.2010	14	6.4.2010	13	učilnica	OŠ Stari trg ob Kolpi	550 ± 70
17	311492-3	15.2.2010	13	8.4.2010	9	igralnica	Vrtec Idrija, Enota Arkova	40 ± 10
18	146602-8	15.2.2010	7	12.4.2010	11	igralnica	Vrtec Muljava	7430 ± 1340
19	473920-7	4.3.2010	11	7.4.2010	13	učilnica 4. cp, 5. a	OŠ Kočevje Zbora odposlancev	60 ± 10
20	163026-8	1.3.2010	11	12.4.2010	11	4. a razred	OŠ Kočevje ob Rinži	50 ± 10
21	455032-3	25.2.2010	11	6.4.2010	13	igralnica vrta	OŠ Sodražica	430 ± 60
22	382024-8	25.2.2010	11	6.4.2010	13	učilnica v OŠ	OŠ Sodražica	450 ± 60
23	278191-2	23.2.2010	11	7.4.2010	11	učilnica 2 v kleti	OŠ Stara cerkev	180 ± 30
24	267677-3	23.2.2010	10	13.4.2010	11	jasli	Vrtec Kočevje - enota Čebelica	70 ± 20
25	454428-4	23.2.2010	11	7.4.2010	11	pritličje levo	Vrtec Kočevje - enota Kekec	90 ± 20
26	306785-7	23.2.2010	10	7.4.2010	11	Pikapolonice soba 7.a	Vrtec Kočevje - enota Ostržek	50 ± 10
27	173835-0	16.2.2010	9	13.4.2010	11	podaljšano bivanje	OŠ Dragatuš	110 ± 20
28	136499-1	23.2.2010	12	7.4.2010	9	vrtec Fara	OŠ Fara	50 ± 10
29	277849-6	16.2.2010	9	13.4.2010	11	slovenščina, soba 2	OŠ Loka Črnomelj	220 ± 30
30	455146-1	24.2.2010	14	7.4.2010	13	učilnica v OŠ	OŠ Loški potok	270 ± 40
31	492934-5	25.8.2010	11	17.10.2010	10	fizikalna učilnica	OŠ Metlika	310 ± 40
32	244690-4	16.2.2010	9	7.4.2010	11	2,3,4 razred soba 7	OŠ Milke Šobar Nataše, Črnomelj	1920 ± 260
33	382034-7	16.2.2010	9	7.4.2010	11	učilnica 1.b, klet	OŠ Mirana Jarca Črnomelj	310 ± 40
34	357276-5	23.2.2010	12	7.4.2010	9	igralnica vrta	OŠ Osilnica	150 ± 20
35	454909-3	16.2.2010	12	7.4.2010	11	učilnica tehnični pouk	OŠ Podzemelj	180 ± 30
36	382105-5	16.2.2010	8	12.4.2010	11	učilnica gospodinjstvo	OŠ Semič	1330 ± 170
37	267689-8	16.2.2010	8	12.4.2010	11	telovadnica, angleščina	OŠ Semič - podruž. Štrekljevec	1590 ± 220
rdeča - koncentracija radona presega 400 Bq/m ³ vijoličasta - ponovljena meritev v poletnem obdobju								

* v rdečem tekstu so lokacije, kjer je izmerjena vrednost skupaj z negotovostjo meritve (faktor zaupanja k = 1) višja od 400 Bq/m³

Tabela 2 (nadaljevanje). Koncentracija radona v vrtech in osnovnih šolah (merjeno z detektorji sledi)

38	321230-5	16.2.2010	10	7.4.2010	11	učilnica glasbeni pouk	OŠ Vinica	100 ± 20
39	357367-2	23.2.2010	10	8.4.2010	10	kužki	Vrtec Kočevska reka	340 ± 50
40	381939-8	23.2.2010	9	7.4.2010	9	kužki	Vrtec Ribnica	60 ± 10
41	267807-6	23.2.2010	11	7.4.2010	11	igralnica Biba	vrtec Livold (v OŠ)	580 ± 70
42	139388-3	12.2.2010	13	14.4.2010	11	vrtec v OŠ Senožee	OŠ Senožee	1080 ± 130
43	473995-9	18.6.2010	7	2.9.2010	11	vrtec v OŠ Senožee	OŠ Senožee	950 ± 120
44	278063-3	12.2.2010	9	4.5.2010	11	vrtec v OŠ Komen	OŠ Komen	559 ± 68
45	183275-7	12.2.2010	12	14.4.2010	11	igralnica vrta	Vrtec Bač pri Materiji	130 ± 20
46	290220-3	12.2.2010	12	14.4.2010	11	igralnica vrta sončki	Vrtec Divača	710 ± 90
47	473947-0	18.6.2010	7	2.9.2010	11	igralnica vrta sončki	Vrtec Divača	700 ± 90
48	455037-2	12.2.2010	9	14.4.2010	11	igralnica Pikapolonice	Vrtec Dutovlje	460 ± 60
49	454378-1	12.2.2010	12	14.4.2010	11	igralnica Medvedki	Vrtec Hrpelje	230 ± 30
50	106325-4	12.2.2010	9	14.4.2010	11	igralnica vrta	vrtec Komen	700 ± 90
51	371915-0	12.2.2010	12	14.4.2010	11	igralnica Zvezdice	Vrtec Lokev	1360 ± 170
52	473892-8	18.6.2010	7	2.9.2010	11	igralnica Zvezdice	Vrtec Lokev	1230 ± 170
53	260317-3	12.2.2010	11	14.4.2010	11	igralnica vrta	Vrtec Povir	190 ± 30
54	348906-9	12.2.2010	13	14.4.2010	11	igralnica Pikapolonice	Vrtec Senožee	880 ± 110
55	473882-9	18.6.2010	7	2.9.2010	11	igralnica Pikapolonice	Vrtec Senožee	270 ± 40
56	267694-8	12.2.2010	10	14.4.2010	11	igralnica Lučke	Vrtec Sežana glavni	260 ± 40
57	455255-0	12.2.2010	8	4.5.2010	11	igralnica Rožice	Vrtec Sežana, enota Jasli	1293 ± 195
58	473936-3	18.6.2010	7	2.9.2010	11	igralnica Rožice	Vrtec Sežana, enota Jasli	720 ± 90
59	311527-6	12.2.2010	9	14.4.2010	11	igralnica Čebelice	Vrtec Štanjel	290 ± 40
60	454453-2	12.2.2010	8	14.4.2010	11	igralnica vrta	Vrtec Tomaj	2210 ± 370
61	491877-7	18.6.2010	7	2.9.2010	11	igralnica vrta	Vrtec Tomaj	460 ± 60
62	146459-3	9.10.2009	9	6.4.2010	9	igralnica v pritličju	Petrov vrtec Šentpeter	220 ± 30

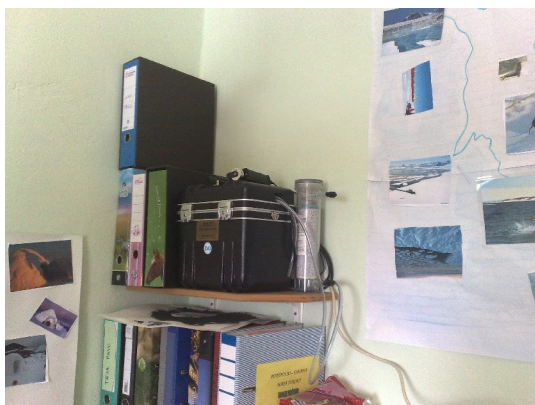
rdeča - koncentracija radona presega 400 Bq/m³

vijoličasta - ponovljena meritev v poletnem obdobju

* v rdečem tekstu so lokacije, kjer je izmerjena vrednost skupaj z negotovostjo meritve (faktor zaupanja k = 1) višja od 400 Bq/m³

5.1.1. Podružnična šola in vrtec v Bučki

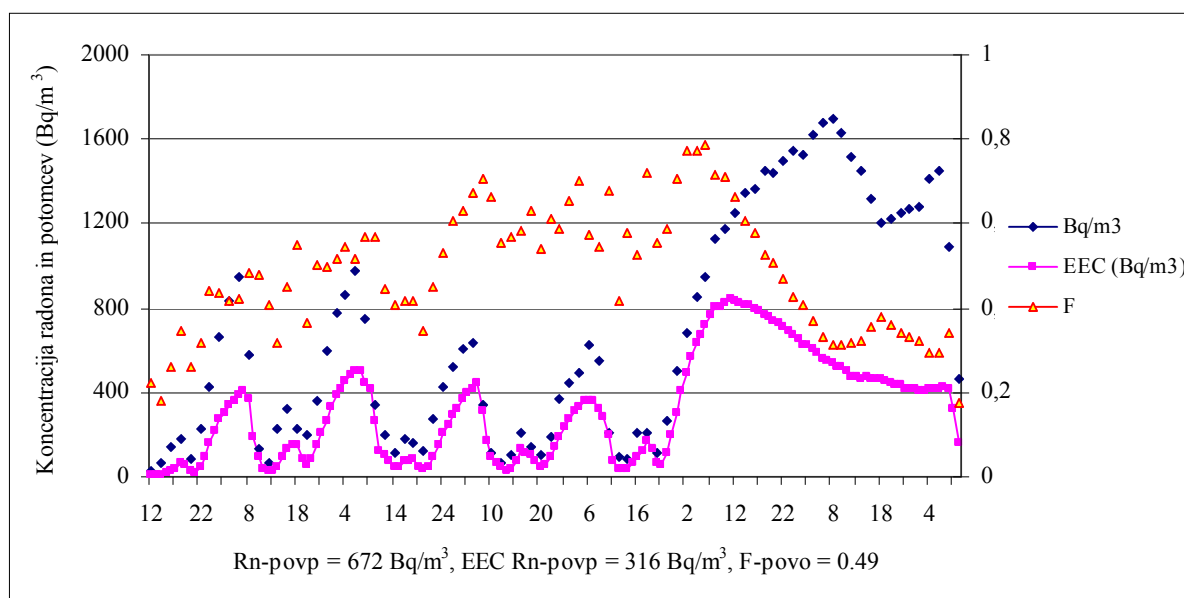
V igralnici Mehurčki v vrtcu v OŠ Bučka smo določali koncentracijo radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti in iskali vire radona (Slika 5, Slika 6). Rezultati meritev koncentracije radona in potomcev so prikazani na sliki 7. Rezultati meritev iskanja vira radona so prikazani v tabeli 3.



Slika 5. Merjenje koncentracije radona



Slika 6. Iskanje virov radona v kleti



Slika 7. Koncentracija radona in potomcev

Lokacija: Vrtec v OŠ Bučka, igralnica Mehurčki

Datum meritev: 15.2.2010 ob 12:00 do 22.2.2010 ob 10:00

Merilni instrumenti: RAD 7, Doseman Pro 153

Povprečna koncentracija radona v času izvajanja meritev je bila 672 ± 60 Bq/m³, ravnovesna koncentracija radonovih potomcev je bila 316 ± 52 Bq/m³, povprečni faktor ravnovesja pa 0.49 ± 0.07 . Najvišje vrednosti koncentracije radona in potomcev so bile izmerjene v nočnem času, med 600 Bq/m³ in 1100 Bq/m³, kar je običajno glede na dnevni cikel radona. Iz slike 7 je lepo vidno, da je koncentracija radona v jutranjih urah hitro padla, kar pomeni, da so bila okna odprta. V petek popoldan so okna zaprli in koncentracija radona je preko vikenda narasla do 1600 Bq/m³. V prostor je prihajal svež radon, zato je faktor ravnovesja padal in se ustavil okoli vrednosti 0.3. V ponedeljek zjutraj so prostor prezračili in koncentracija radona je padla pod 100 Bq/m³.

Koncentracije radona, izmerjene z detektorji sledi (Tabela 2), presegajo 400 Bq/m³ (780 ± 100 Bq/m³ v igralnici Mehurčki in 710 ± 90 Bq/m³ v igralnici Gumbki) kar je razumljivo, saj so bili

detektorji v igralnicah vrtca tako ponoči kot tudi med vikendi, ko so koncentracije radona višje kot podnevi med obratovanjem vrtca. Koncentracija radona v letu 2008 [15], izmerjena z detektorji sledi v istem prostoru (igralnica Mehurčki), je bila $948 \pm 99 \text{ Bq/m}^3$ (takrat je bilo vreme bolj deževno in hladno), v letu 2009 [16] pa je bilo v igralnici Mehurčki izmerjeno $640 \pm 80 \text{ Bq/m}^3$ in v igralnici Gumbki $620 \pm 80 \text{ Bq/m}^3$.

V igralnicah ni vidnih špranj ali lukenj v tleh, tudi ni odtokov ali sifonov. Odtoki in sifoni so v stranišču in umivalnici v pritličju. V kleti je odtok v kurilnici pod kuhinjo, pod igralnicami pa ni kletnih prostorov. Določali smo koncentracijo radona v odtočnem jašku v kurilnici v kleti in v sifonu v stranišču v pritličju (Tabela 3).

Tabela 3. Iskanje virov radona

Lokacija: OŠ Bučka

Datum meritev: 15.2.2010 ob 11:00

Lokacija meritve	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m^3)
Odtočni jašek v kleti	Alphaguard	2820 ± 54
Sifon v WC-ju v pritličju	Alphaguard	283 ± 53

Izmerjena koncentracija radona v odtočnem jašku v kleti je visoka in ni vzrok za povišano koncentracijo radona v igralnicah vrtca, a da slutiti, da lahko v neugodnih vremenskih razmerah radon uhaja skozi razpoke v tleh igralnic in pride v prostor.

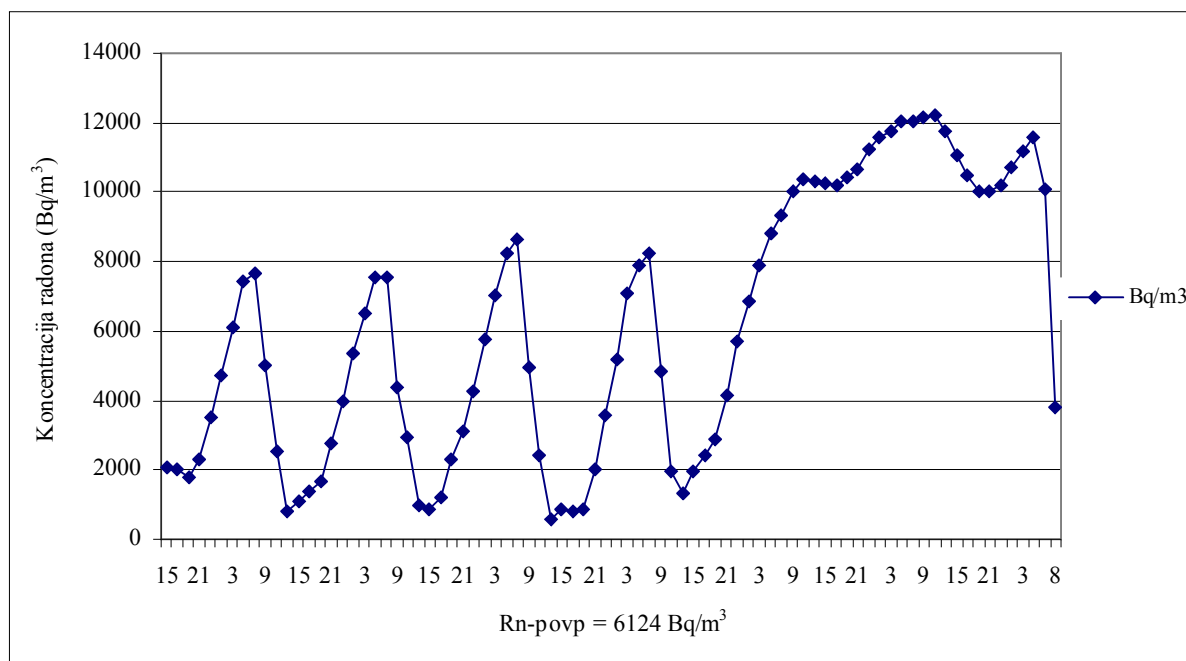
Predlagamo meritve koncentracije radona z detektorji sledi v poletnem obdobju in meritve koncentracije radona v zemlji v zimskem in poletnem obdobju.

5.1.2. VVO Ivančna Gorica, Vrtec Muljava

V vrtcu v OŠ Muljava (Slika 8) smo merili koncentracijo radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti v igralnici vrtca. Rezultati meritev so prikazani na sliki 9. Iskali smo tudi vire radona v igralnici (Tabela 4) in merili koncentracijo radona v zemlji (Tabela 5).



Slika 8. Vrtec Muljava

**Slika 9. Koncentracija radona****Lokacija:** Vrtec Muljava, igralnica**Datum meritev:** 22.2.2010 ob 15:00 – 1.3.2010 ob 8:00**Merilni instrument:** RAD 7

Povprečna koncentracija radona v času izvajanja meritev v igralnici je bila 6124 ± 505 Bq/m³. Najvišje vrednosti koncentracij radona so bile izmerjene v nočnem času in preko vikenda, ko so bila okna zaprta. Koncentracija radona je v vsak dan po zaprtju oken strmo naraščala in se v jutranjih urah ob odprtju oken znižala. V petek po zaprtju vrtca je koncentracija radona spet naraščala in presegla vrednost 10000 Bq/m³. Povprečna enomesečna koncentracija radona v igralnici vrtca, izmerjena z detektorji sledi, je bila 7430 ± 1340 Bq/m³ (Tabela 2).

Meritve v letih 2008 [15], 2009 [16] in 2010 so pokazale, da so koncentracije radona v zimskem obdobju v prostoru močno povišane. Razlog za to je ogrevanje objekta. Toplejši zrak v notranjosti zgradbe uhaja na prosto in ustvarja podtlak glede na zrak pod temeljno ploščo, zaradi česar je olajšan dostop svežega radona v prostor. Ker toplejši zrak iz notranjosti uhaja na prosto, je tudi nižji faktor ravnovesja.

Dne 1.3.2010 smo iskali vire radona v igralnici in kleti šole (Tabela 4, Slika 10) ter merili koncentracijo radona v zemlji na travniku ob vrtcu (Tabela 5, Slika 11). Koncentracijo radona smo merili na globini 80 cm.

Tabela 4. Iskanje virov radona**Lokacija:** OŠ Muljava**Datum meritev:** 1.3.2010 ob 10:00

Lokacija meritve	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m ³)
Luknja v tleh v kleti	RAD 7	24000 ± 2000
Špranja ob steni v igralnici	RAD 7	59200 ± 3070

Tabela 5. Koncentracija radona v zemlji

Lokacija: Vrtec Muljava, travnik ob vrtcu

Datum meritev: : 1.3.2010 ob 10:00, sončno, sneg

Zemljepisne koordinate: N45 54 17.1; E14 48 07.2	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m ³)
Zemlja – globina 80 cm	RAD 7	63100 ± 3190

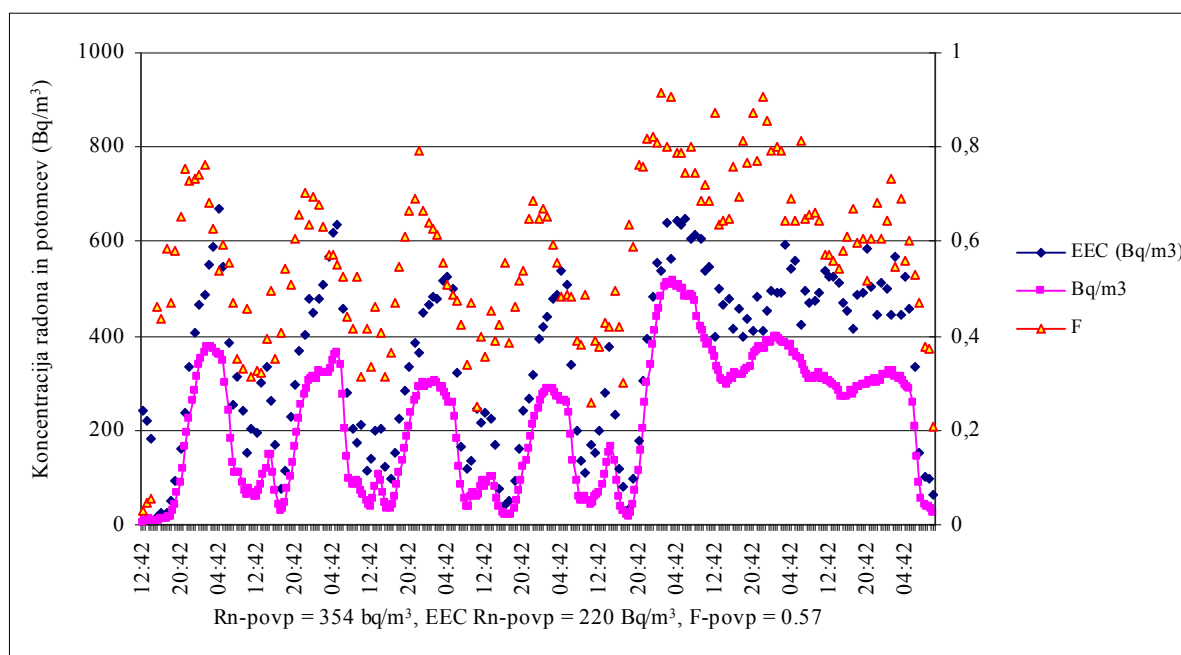
**Slika 10. Merjenje koncentracije radona v špranji****Slika 11. Merjenje koncentracije radona v zemlji**

Iz rezultatov meritev koncentracije radona v zemlji in v razpokah v prostorih objekta lahko sklepamo, da so razpoke v tleh igralnice vrtca ob ustreznih vremenskih pogojih močan vir radona.

Prezračevanje prostorov je ustrezna rešitev v toplem poletnem obdobju, V mrzlem deževnem in zimskem obdobju pa je potrebno najti drugačno rešitev. Znižanje koncentracije radona je možno z dvema ukrepoma. Prvi je sanacija temeljne plošče (izdelava nove) z izgradnjo cevne sistema za odvajanje zraka in s tem tudi radona izpod temeljne plošče ob zunanji steni na prosto ali pa drugi - izgradnja prisilne ventilacije s stalnim nadtlakom v prostoru, kar bo onemogočilo dostop zraku izpod temeljne plošče v prostor vrtca.

5.1.3. Vrtec pri OŠ Sodražica

V vrtcu pri OŠ Sodražica smo merili koncentracijo radona in radonovih potomcev z merilnimi instrument v igralnici Pikapolonica. Rezultati meritev so prikazani na sliki 12. Povprečna koncentracija radona v času merjenja v igralnici je bila 354 ± 28 Bq/m³, povprečna koncentracija radonovih potomcev je bila 220 ± 18 Bq/m³, povprečni faktor ravnovesja je bil 0.57 ± 0.04 . Povprečna izmerjena koncentracija radona, merjena z detektorji sledi v igralnici vrtca in učilnici OŠ je bila 430 ± 60 Bq/m³ in 450 ± 60 Bq/m³.



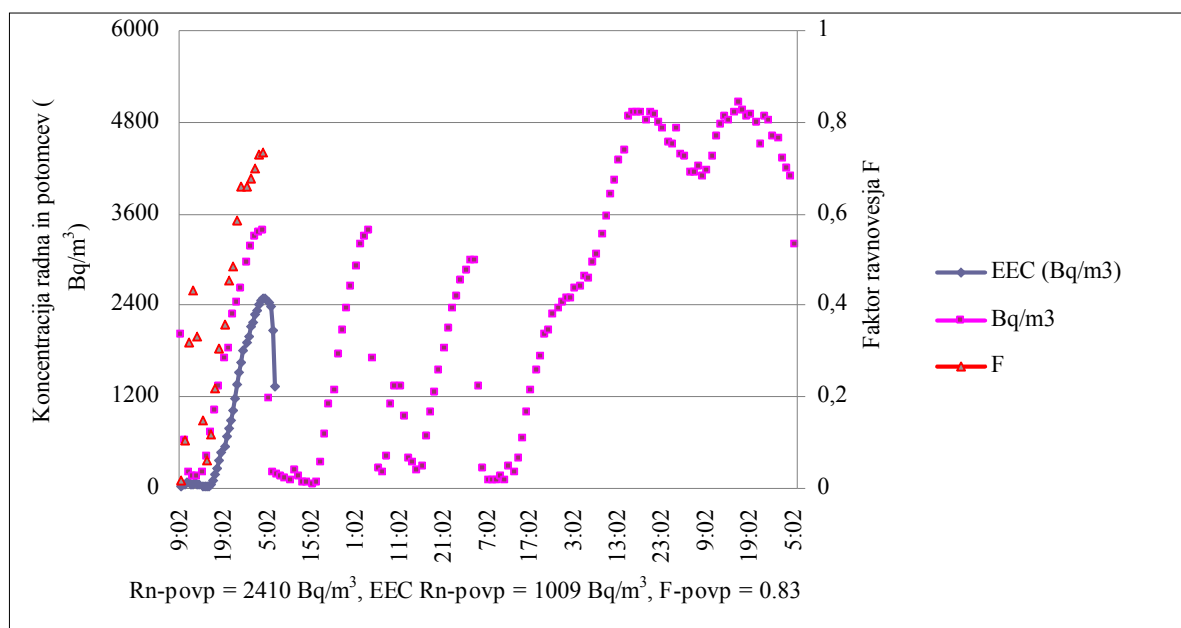
Slika 12. Koncentracija radona in potomcev (Bq/m³)
Lokacija: Vrtec pri OŠ Sodražica, igralnica Pikapolonica
Datum meritev: 1.3.2010 ob 12:42 – 8.3.2010 ob 10:42
Merilni instrument: System 30

Izmerjene koncentracije radona in potomcev v OŠ Sodražica in vrtcu so nizke, zato ne predlagamo nobenih dodatnih meritev.

5.1.4. Osnovna šola Prevalje

V OŠ Prevalje smo merili koncentracijo radona in radonovih potomcev z merilnimi instrument v učilnici OPB 3. razred ob knjižnici. Rezultati meritev so prikazani na sliki 13. Povprečna koncentracija radona v času merjenja v igralnici je bila 2410 ± 326 Bq/m³, povprečna koncentracija radonovih potomcev je bila 1009 ± 125 Bq/m³, povprečni faktor ravnovesja je bil 0.83 ± 0.14 . Povprečna izmerjena koncentracija radona, merjena z detektorji sledi v učilnici OPB 3. razred pri knjižnici je bila 2010 ± 530 Bq/m³.

Iskali smo tudi vires radona v igralnici (Tabela 6) in merili koncentracijo radona v zemlji v zimskem in poletnem obdobju (Tabela 7).



Slika 13. Koncentracija radona in potomcev (Bq/m³)
Lokacija: OŠ Prevalje, učilnica OPB 3. razred ob knjižnici
Datum meritev: 2.3.2010 ob 9:02 – 7.3.2010 ob 5:02
Merilni instrument: Alphaguard, WLM 30

Dne 2.3.2010 smo iskali vire radona v učilnici OPB 3. razred ob knjižnici. Merili smo v jašku za napeljavo in špranji v steni pod umivalnikom (Tabela 6). Merili smo tudi koncentracijo radona v zemlji in sicer 2.3.2010 in 8.3.2010 (Tabela 7).

Tabela 6. Iskanje virov radona

Lokacija: OŠ Prevalje

Datum meritev: 2.3.2010 ob 9:00

Lokacija meritve	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m ³)
Jašek za napeljavo v učilnici OPB 3. razred	Alphaguard	3350 ± 264
Špranja ob steni v učilnici ob knjižnici	Alphaguard	23300 ± 1290

Tabela 7. Koncentracija radona v zemlji

Lokacija: OŠ Prevalje, travnik ob šoli

Datum meritev: : 2.3.2010 ob 11:00, oblačno, mokra tla

Zemljepisne koordinate: N46 32 50.1; E14 55 21.2	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m ³)
Zemlja – globina 80 cm	Alphaguard	62000 ± 2950

Datum meritev: : 8.3.2010 ob 9:00, sončno, hladno

Zemljepisne koordinate: N46 32 50.1; E14 55 21.2	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m ³)
Zemlja – globina 80 cm	Alphaguard	46700 ± 2210

Dne 21.7.2010 in 27.7.2010 smo določali koncentracijo radona v zemlji in sicer (Tabela 8, Slika 14). Dne 21.7.2010 smo iskali vire radona v učilnici OPB 3. razred ob knjižnici. Merili smo v špranji v steni pod umivalnikom (Tabela 9, Slika 15).

Tabela 8. Koncentracija radona v zemlji

Lokacija: OŠ Prevalje, travnik ob šoli

Datum meritev: : 21.7.2010 ob 12:00, sončno, toplo

Zemljepisne koordinate: N46 32 50.0; E14 55 21.3	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m ³)
Zemlja – globina 80 cm	RAD 7	36700 ± 3500

Datum meritev: : 27.7.2010 ob 9:00, oblačno, hladno

Zemljepisne koordinate: N46 32 50.2; E14 55 21.4	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m ³)
Zemlja – globina 80 cm	RAD 7	49300 ± 2810

Tabela 9. Iskanje virov radona

Lokacija: OŠ Prevalje

Datum meritev: 27.7.2010 ob 9:00

Lokacija meritve	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m ³)
Špranja ob steni v učilnici OPB 3. razred	RAD 7	23300 ± 1910



Slika 14. Merjenje koncentracije radona v zemlji Slika 15. Iskanje virov radona

Izmerjene koncentracije radona v zemlji so bile tako v zimskem kot poletnem obdobju zelo visoke in kažejo na to, da so tla močan vir radona, ki v ugodnih vremenskih pogojih vdira skozi špranje v učilnico. Meritve koncentracije radona v špranji pod umivalnikom to domnevo potrjujejo, saj koncentracija radona v zimskem in poletnem obdobju presega 23000 Bq/m³.

Meritve iskanja virov radona v učilnici so pokazale, da jašek za napeljavo, ki gre pod učilnico ob zunanji steni, ni edini in ne največji vir radona. Najbrž je koncentracija radona v jašku nižja zaradi prisilnega prezračevanja, ki občasno deluje.

Predlagamo, da se učilnica OPB 3. razred ob knjižnici še nadaljnje uporablja za podaljšano bivanje oziroma krajše aktivnosti, v nasprotnem pa predlagamo sanacijo tal v učilnici.

5.1.5. Vrtec pri OŠ Vavta vas

Meritve koncentracije radona z detektorji sledi v vrtcu Vavta vas smo izvajali že v letu 2008 [15]. Izmerjena koncentracija radona v igralnici Bibe je bila 846 ± 89 Bq/m³, kar je več kot 400 Bq/m³. Zato smo v letu 2009 ponovili meritve [16]. Detektorji sledi so bili izpostavljeni od 31.8.2009 do 12.10.2009 in sicer v dveh igralnicah vrta. Izmerjene koncentracije radona v igralnicah vrta so bile 540 ± 70 Bq/m³ v igralnici Bibe in 440 ± 60 Bq/m³ v igralnici

Pikapolonice. V letu 2010 smo ponovili meritve koncentracije radona v obeh igralnicah vrtca v zimskem obdobju. Izmerjene koncentracije radona v igralnicah vrtca so bile $1800 \pm 250 \text{ Bq/m}^3$ v igralnici Bibe in $700 \pm 90 \text{ Bq/m}^3$ v igralnici Pikapolonice (Tabela 2).

Dne 22.2.2010 smo iskali virov radona z merilnimi instrumenti v obeh igralnicah. V igralnici Bibe smo določali koncentracijo radona v sifonu v stranišču (Tabela 10, Slika 16), ki je del igralnice in v špranji ob steni. V igralnici Pikapolonice smo določali koncentracijo radona v jašku v steni (Tabela 11, Slika 17). Pod igralnico Pikapolonice so kletni prostori, pod igralnico Bibe pa ni kletnih prostorov. Tudi sifon v stranišču v igralnici Bibe je običajno suh. Uporablja se samo pri pomivanju tal.

Tabela 10. Iskanje virov radona

Lokacija: Vrtec pri OŠ Vavta vas, igralnica Bibe

Datum meritev: 22.2.2010 ob 9:00

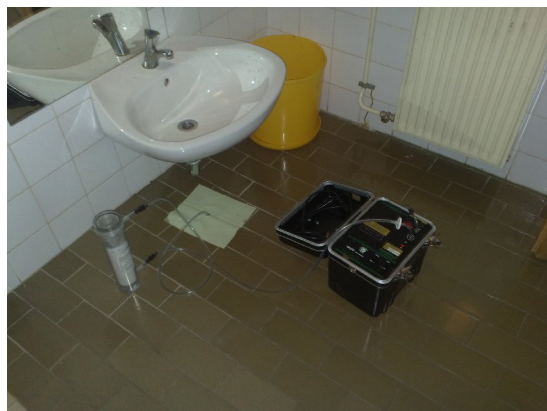
Lokacija meritve	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m^3)
Sifon v stranišču	RAD 7	1140 ± 471
Špranja ob steni	Alphaguard	3620 ± 30

Tabela 11. Iskanje virov radona

Lokacija: Vrtec pri OŠ Vavta vas, igralnica Pikapolonice

Datum meritev: 22.2.2010 ob 9:00

Lokacija meritve	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m^3)
Jašek v steni	Alphaguard	838 ± 133



Slika 16. Iskanje virov radona – igralnica Bibe



Slika 17. Iskanje virov radona – igralnica Pikapolonice

Meritve koncentracije radona z detektorji sledi so pokazale, da so koncentracije radona v obeh igralnicah v zimskem obdobju višje kot v poletnem obdobju, a nižje v podkletenem delu vrtca, kjer se nahaja igralnica Pikapolonice kot v nepodkletenem delu, kjer se nahaja igralnica Bibe. Obenem smo z iskanjem virov radona v igralnicah potrdili, da je razlog za višje koncentracije radona v igralnici Bibe neposreden stik temeljne plošče s tlemi.

Predlagamo redno zalivanje sifona v igralnici z vodo in istočasno ponovne meritve koncentracije radona z detektorji sledi v igralnici Bibe v zimskem obdobju. Predlagamo tudi meritve radona v zemlji.

5.1.6. Vrtec v OŠ Prevole

Koncentracijo radona z detektorji sledi v osnovni šoli Prevole (Slika 18) smo izvajali že v letih 2008 in 2009 [15, 16]. Zaradi povišane koncentracije radona v igralnici Polžki smo se odločili, da v letu 2010 ponovimo meritve koncentracije radona z detektorji sledi in koncentracije radona in potomcev z merilnimi instrumenti v igralnici Polžki v zimskem in poletnem obdobju. Prostori vrtca se ne nahajajo nad kletnimi prostori, pač pa delno nad bunkerjem, ki je zaprt, delno pa na zemlji.

Izmerjena koncentracija radona z detektorji sledi v igralnici Polžki v zimskem obdobju je bila $2410 \pm 400 \text{ Bq/m}^3$, v poletnem obdobju pa $1280 \pm 180 \text{ Bq/m}^3$ (Tabela 2). V letu 2009 je bila izmerjena koncentracija radona v igralnici Polžki v jesenskem času $1740 \pm 230 \text{ Bq/m}^3$. Iz meritev je razvidno, da so koncentracije radona v igralnici v hladnejšem delu leta višje kot v

toplejšem. Vzrok za to je tlačna razlika med zrakom v prostoru in zrakom pod temeljno ploščo, kar je pogojeno z vremenskimi razmerami.

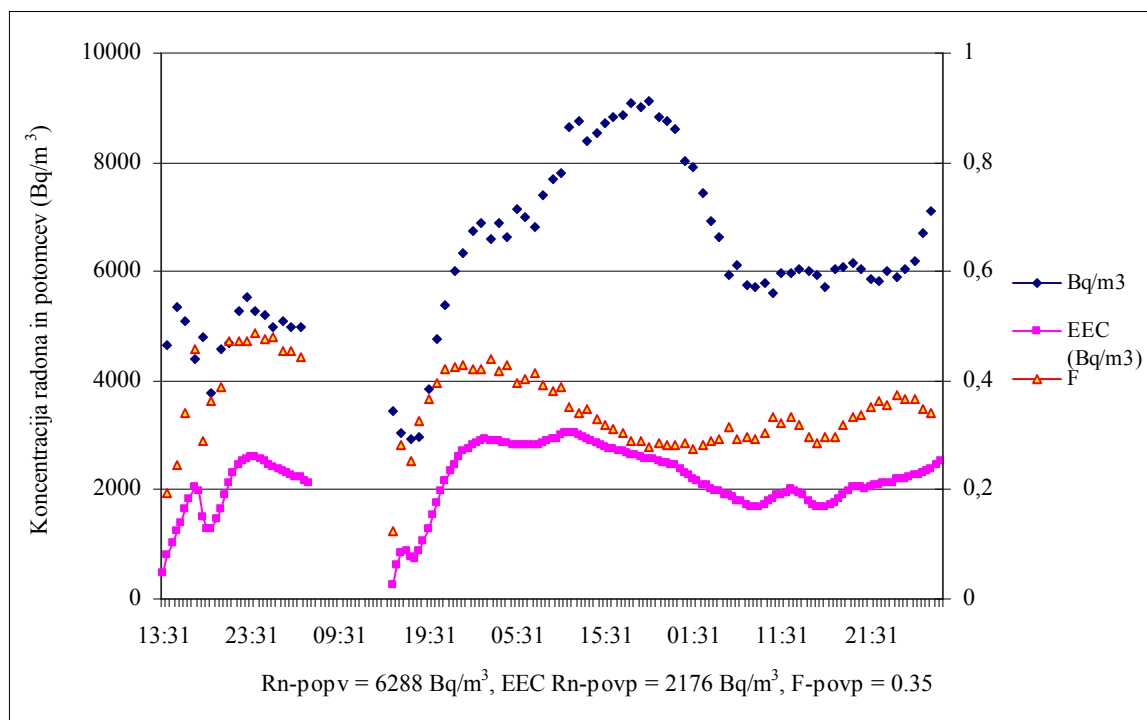


Slika 18. Osnovna šola Prevole

V obdobju od 15.2.2010 do 22.2.2010 smo izvajali meritve koncentracije radona in radonovih potomcev v igralnici Polžki. Povprečna koncentracija radona v času izvajanja meritev je bila $6288 \pm 453 \text{ Bq/m}^3$, povprečna koncentracija radonovih potomcev je bila $2176 \pm 158 \text{ Bq/m}^3$, povprečni faktor ravnovesja pa 0.35 ± 0.02 . Visoka koncentracija radona je bila izmerjena tako med tednom kot med vikendom, kar pomeni, da so bila okna zaradi mraza zaprta oziroma odprta le krajši čas (Slika 19).

Dne 22.2.2010 smo izvedli tudi meritve koncentracije radona v zemlji in meritve v špranji ob steni. Vreme je bilo oblačno, mrzlo, zunaj je bil sneg. V igralnicah ni vidnih razpok, ni odtočnih jaškov pod umivalniki (vse je v steni), v straniščih tudi ni odtočnih jaškov (vsi v steni). Šola je bila leta 1995 obnovljena, ima nova okna in fasado, tla še niso obnovljena.

Izmerili smo koncentracijo radona v zemlji na travi nekaj metrov stran od igralnice vrtca (Tabela 12, Slika 20). Izmerjena koncentracija radona je bila $67500 \pm 3230 \text{ Bq/m}^3$, kar je zelo visoka vrednost. Glede na to, da prostori vrtca niso podkleteni, so najverjetnejši razlog za visoke koncentracije radona v igralnicah razpoke v tleh. Izmerjena koncentracija radona v špranji je bila $10700 \pm 130 \text{ Bq/m}^3$ (Tabela 13, Slika 21).



Slika 19. Merjenje koncentracije radona in radonovih potomcev

Lokacija: Osnovna šola Prevole, igralnica Polžki

Datum meritve: 15.2.2010 ob 13:31 do 22.2.2010 ob 5:31

Merilni instrument: System 30

Tabela 12. Koncentracija radona v zemlji

Lokacija: OŠ Prevole, travnik ob šoli

Datum meritev: : 22.2.2010 ob 11:00, oblačno, mrzlo, sneg

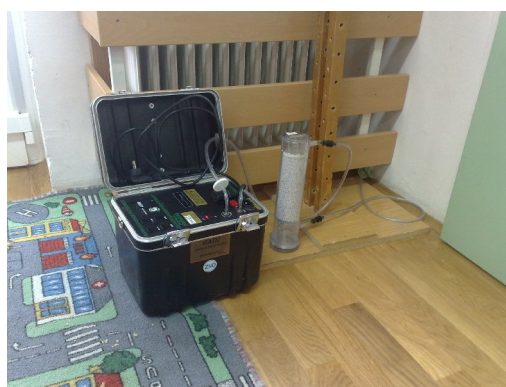
Zemljepisne koordinate: N45 46 23.8; E14 51 46.2	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m^3)
Zemlja – globina 80 cm	Alphaguard	67500 ± 3230

Tabela 13. Iskanje virov radona

Lokacija: OŠ Prevalje

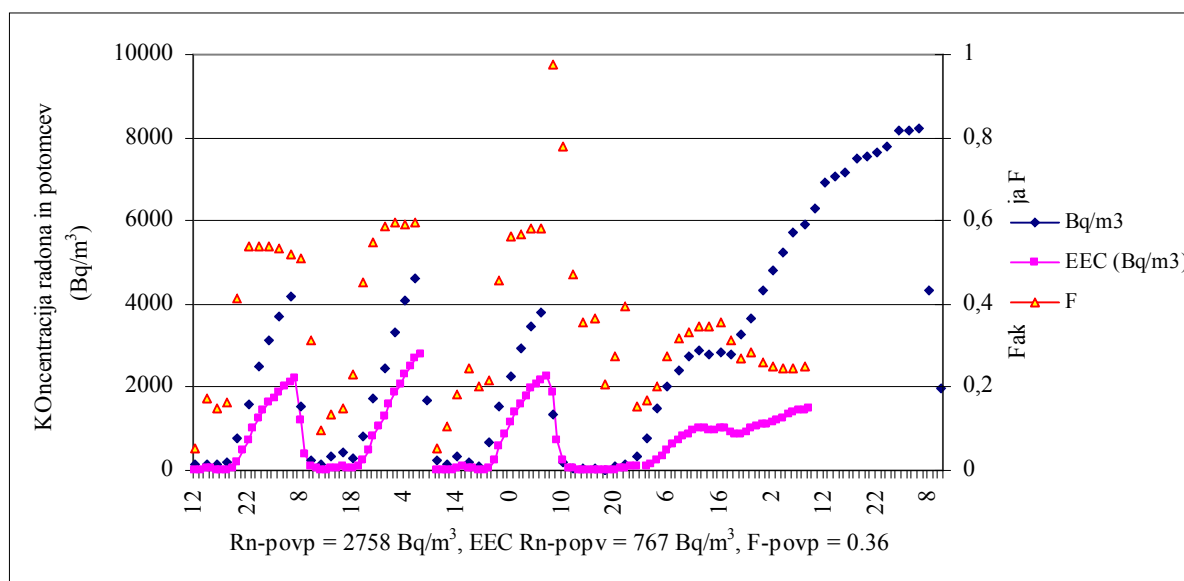
Datum meritev: 22.2.2010 ob 11:00

Lokacija meritve	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m^3)
Špranja ob steni v igralnici Polžki	RAD 7	10700 ± 1300



Slika 20. Merjenje koncentracije radona v zemlji Slika 21. Iskanje virov radona

V poletnem obdobju smo v času od 15.6.2010 do 21.6.2010 ponovili meritve koncentracije radona in radonovih potomcev v igralnici Polžki. Povprečna koncentracija radona v času izvajanja meritev je bila $2758 \pm 263 \text{ Bq/m}^3$, povprečna koncentracija radonovih potomcev je bila $767 \pm 140 \text{ Bq/m}^3$, povprečni faktor ravnovesja pa 0.35 ± 0.03 . Visoka koncentracija radona je bila izmerjena tako med tednom kot med vikendom, kar pomeni, da so bila okna zaprta oziroma odprta le krajši čas (Slika 22). Stalno naraščanje koncentracije radona med vikendom je najbrž posledica spremembe vremena (zaradi nižjega zračnega tlaka radon lažje prehaja skozi razpoke izpod temeljne plošče v prostore objekta).



Slika 22. Merjenje koncentracije radona in radonovih potomcev

Lokacija: Osnovna šola Prevole, igralnica Polžki

Datum meritve: 15.6.2010 ob 12:34 do 21.6.2010 ob 9:52

Merilni instrument: RAD 7, Dose man Pro 236

Dne 21.6.2010 smo izvedli meritve koncentracije radona v zemlji na travi nekaj metrov stran od igralnice vrtca v še poletnem obdobju (Tabela 14). Izmerjena koncentracija radona je bila $60200 \pm 2700 \text{ Bq/m}^3$, kar je zelo visoka vrednost.

Tabela 14. Koncentracija radona v zemlji

Lokacija: OŠ Prevole, travnik ob šoli

Datum meritev: : 21.6.2010 ob 12:00, deževno ves teden

Zemljepisne koordinate: N45 46 23.8; E14 51 46.2	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m ³)
Zemlja – globina 80 cm	Alphaguard	66200 ± 2700

Meritve koncentracije radona in potomcev v zimskem in poletnem obdobju v igralnici Polžki so pokazale, kako pomembno je prezračevanje prostorov. Najvišje koncentracije radona so tudi v poletnem obdobju tako visoke kot v zimskem obdobju, a se zaradi prezračevanja med obratovanjem vrtca močno znižajo, pod 400 Bq/m³.

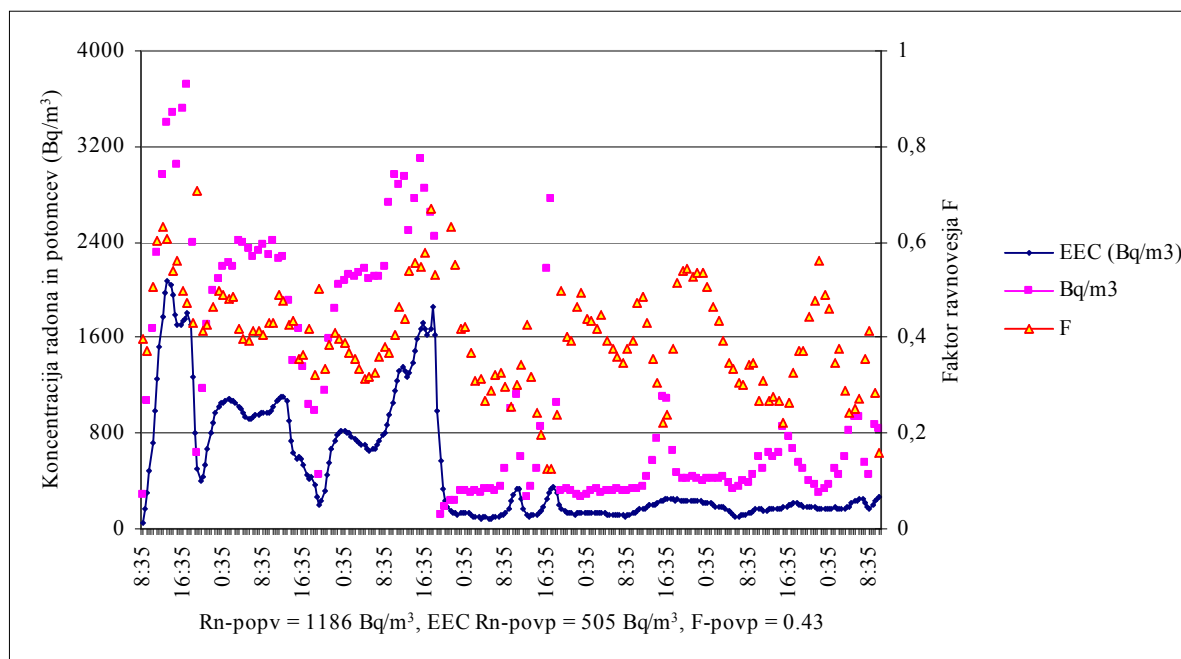
Meritve koncentracije radona v tleh v zimskem in poletnem obdobju so pokazale, da so tla močan vir radona, ki ob ugodnih vremenskih razmerah vdira v igralnico skozi špranje in razpoke, ki jih ne vidimo, ker so pod parketom.

Predlagamo čimprejšnjo sanacijo talnih površin v igralnicah vrtca in nato ponovne meritve.

5.1.7. Glasbena šola Ribnica

Meritve koncentracije radona z detektorji sledi v šoli v Ribnici smo izvajali že v letu 2006 in 2008 [7, 15]. Izmerjena koncentracija radona v učilnici v kleti v letu 2006 je bila 526 ± 33 Bq/m³, v letu 2008 pa je bila 1325 ± 151 Bq/m³. Zaradi visokih koncentracij radona, izmerjenih v zimskem obdobju v letu 2010, smo se odločili, da izmerimo koncentracijo radona z detektorji sledi tudi poletnem obdobju. Izmerjeni vrednosti sta 2350 ± 390 Bq/m³ in 2320 ± 420 Bq/m³ (Tabela 2).

V obdobju od 24.2.2010 do 1.3.2010 smo izvedli meritve koncentracije radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti v učilnici v kleti v zimskem obdobju. Povprečna koncentracija radona v času izvajanja meritev je bila 1186 ± 138 Bq/m³, povprečna koncentracija radonovih potomcev je bila 505 ± 78 Bq/m³, povprečni faktor ravnovesja pa 0.43 ± 0.05 (Slika 23).



Slika 23. Merjenje koncentracije radona in radonovih potomcev

Lokacija: Glasbena šola Ribnica, učilnica v kleti

Datum meritve: 24.2.2010 ob 8:35 do 1.3.2010 ob 10:35

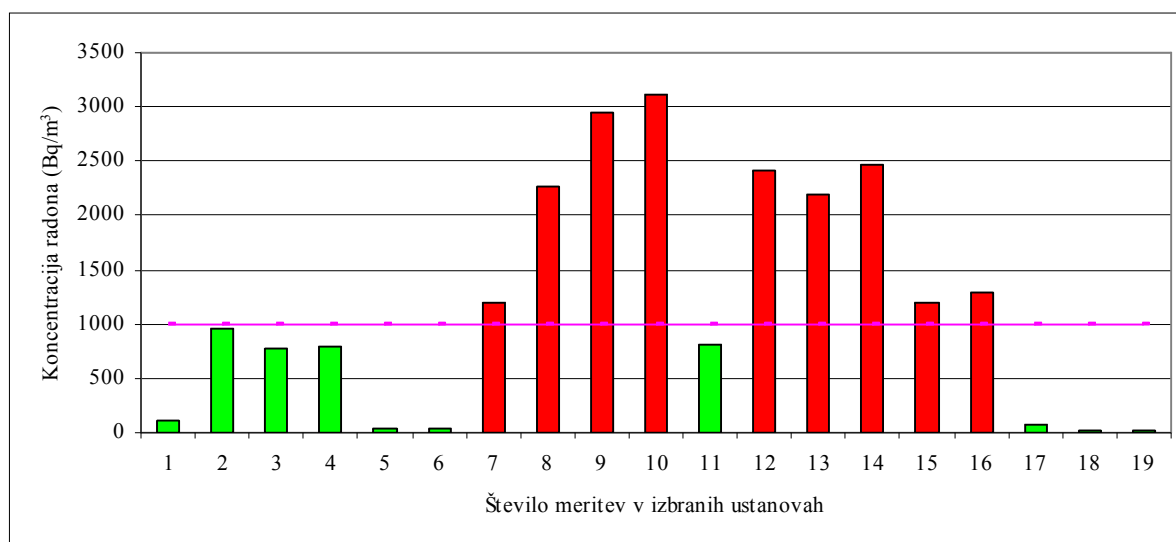
Merilni instrument: Alphaguard, WLM 30

Visoka koncentracija radona je bila izmerjena v prvih dneh izvajanja meritev, nato pa je močno padla. Zanimivo je tudi to, da so bile v tem obdobju izmerjene najvišje koncentracije radona v dnevnem času. Vzrok za to je najbrž zasedenost učilnice, od česar je odvisno tudi ogrevanje. V letu 2008 smo izvedli meritve iskanja virov radona v učilnici v kleti, a z meritvami, ki smo jih izvedli v dveh špranjah v učilnici, nismo uspeli določiti glavnega vira radona. Ta se lahko nahaja nekje za omarami ali pa so vir razpokane stene, saj je učilnica 2 m pod površjem.

Glede na to, da so bile izmerjene koncentracije radona v letu 2010 zelo visoke, predlagamo ponovne meritve koncentracije radona z detektorji sledi in z merilnimi instrumenti v zimskem in poletnem obdobju in iskanje virov radona.

5.2. Ostale ustanove

Koncentracijo radona z detektorji sledi smo določali v osmih ustanovah. To so: Psihiatrična bolnišnica Idrija, Ministrstvo za obrambo (vojaške delavnice v Todražu), CPM – Gradbeni materiali (Rudnik Mežica), Medicinska fakulteta - Inštitut za biokemijo, Narodni muzej Slovenije, Železniška postaja Črnomelj, Železniška postaja Divača in Hoteli Bled (hotel Golf, hotel Park in Grand hotel Toplice). Skupaj smo opravili devetnajst meritev koncentracije radona z detektorji sledi, tri meritve koncentracije radona in radonovih potomcev in dve meritvi koncentracije radona z merilnimi instrumenti z namenom iskanja virov radona v prostorih. Rezultati meritev koncentracije radona z detektorji sledi so prikazani v tabeli 15 in na sliki 24. Izmerjene koncentracije radona v zraku, ki skupaj z negotovostjo meritve ne presegajo 1000 Bq/m^3 , so obarvano zeleno, tiste, ki presegajo 1000 Bq/m^3 , so obarvane rdeče.



zeleno – koncentracija radona nižja od 1000 Bq/m³

rdeče - koncentracija radona višja od 1000 Bq/m³

Slika 24. Histogram meritev koncentracije radona v ostalih ustanovah (merjeno z detektorji sledi)

Tabela 15. Koncentracije radona v javnih ustanovah (merjeno z detektorji sledi)

Zap. št.	Številka detektorja	Start Datum	Start Ura	Stop Datum	Stop Ura	Lokacija	Objekt	Konc. radona Bq/m ³
1	494653-9	24.8.2010	8	1.10.2010	10	izotopni laboratorij	Med. fakulteta - Institut za biokem.	110 ± 20
2	494620-8	23.8.2010	8	30.9.2010	7	delavnica 1	MORS - Todraž	950 ± 120
3	494643-0	23.8.2010	8	30.9.2010	7	monomet	MORS - Todraž	770 ± 100
4	494657-0	23.8.2010	8	30.9.2010	7	skladišče	MORS - Todraž	800 ± 100
5	492882-6	20.8.2010	11	1.10.2010	10	delavnica 1	Narodni muzej Slovenije	43 ± 8
6	492979-0	20.8.2010	11	1.10.2010	10	pisarna	Narodni muzej Slovenije	45 ± 8
7	322957-2	10.2.2010	9	7.4.2010	9	lekarna	Psihiatrična bolnica Idrija	1190 ± 150
8	473901-7	22.6.2010	12	3.9.2010	8	jug-7. obzorje - tur. Del	Rudnik Mežica	2270 ± 410
9	489542-1	22.6.2010	13	3.9.2010	8	Glančnik 8. obzorje	Rudnik Mežica	2940 ± 530
10	491662-3	22.6.2010	14	3.9.2010	17	Igrčevo 4. obzorje	Rudnik Mežica	3110 ± 560
11	491836-3	22.6.2010	10	2.9.2010	17	Fridrihov rov 4. obzorje	Rudnik Mežica	810 ± 100
12	473949-6	22.6.2010	11	2.9.2010	12	Knap med 7. in 8. obzorjem	Rudnik Mežica	2410 ± 440
13	356778-1	16.2.2010	12	7.4.2010	11	prometni urad, vodja	Železniška postaja Črnomelj	2190 ± 330
14	455378-0	16.2.2010	12	7.4.2010	11	prometna pisarna	Železniška postaja Črnomelj	2460 ± 410
15	250509-7	12.2.2010	11	7.4.2010	11	prometna pisarna 1	Železniška postaja Divača	1190 ± 150
16	311607-6	12.2.2010	11	7.4.2010	11	prometna pisarna 2	Železniška postaja Divača	1290 ± 160
17	491794-4	10.3.2010	9	30.6.2010	10	Hotel Golf - kopališče Živa	SAVA hoteli Bled	70 ± 10
18	491694-6	10.3.2010	12	30.6.2010	11	Hotel Park - bazen	SAVA hoteli Bled	14 ± 3
19	491862-9	10.3.2010	12	30.6.2010	10	Grand hotel Toplice	SAVA hoteli Bled	17 ± 3
21*	TLD-6622	20.8.2010	11	1.10.2010	10	delavnica 1	Narodni muzej Slovenije	0,115

v rdečem tekstu so lokacije, kjer je izmerjena vrednost skupaj z negotovostjo meritve (faktor zaupanja $k = 1$) višja od 1000 Bq/m³

* H*(10) – razširjena merilna negotovost (faktor zaupanja $k = 2$) znaša 20 %

V rudniku Mežica, v delavnicah v Todražu, na Železniški postaji Divača in na Železniški postaji Črnomelj so bile izmerjene koncentracije radona višje od 1000 Bq/m^3 . Najvišja vrednost koncentracije radona je bila izmerjena v rudniku Mežica v turističnem delu jame in sicer $3110 \text{ Bq/m}^3 \pm 560 \text{ Bq/m}^3$.

5.2.1. Železniška postaja Divača

Opravili smo dve meritvi koncentracije radona z detektorji sledi. Meritve smo izvajali času od 12.2. – 7.4.2010 (Tabela 15). Izmerjeni vrednosti koncentracije radona v obeh prometnih pisarnah sta bili $1190 \pm 150 \text{ Bq/m}^3$ in $1290 \pm 160 \text{ Bq/m}^3$. Meritve z detektorji sledi smo izvajali že v letu 2008 v obdobju od 19.8. do 27.10.2008 [15]. Izmerjeni koncentraciji radona v pisarnah sta bili $1153 \pm 141 \text{ Bq/m}^3$ in $1221 \pm 150 \text{ Bq/m}^3$. Koncentracije radona, merjene z detektorji sledi, so enako visoke tako v zimskem kot poletnem obdobju.

Dodatno smo iskali vire radona v razpokah in jaških v prometni pisarni (Slika 25). Tla v prostoru so betonska, po tleh so položene plošče iz linoleja, ni vidnih razpok, a po sredini prostora je na tleh jašek za električno napeljavo. Jašek ni zatesnjen, ampak je kovinski pokrov samo položen preko jaška. Izmerili smo koncentracijo radona v jašku. Rezultati meritev so prikazani v tabeli 16.

Tabela 16. Koncentracija radona v jašku za električno napeljavo

Lokacija: Železniška postaja Divača

Datum meritve: 12.2.2010 ob 9:00

Merilno mesto	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m^3)
jašek za električno napeljavo	Alphaguard	4832 ± 412



Slika 25. Koncentracije radona in potomcev v jašku v prometni pisarni na železniški postaji Divača

Glede na to, da jašek v tleh ni zatesnjen in da so najbrž v tleh še druge razpoke, je razumljivo, da so koncentracije radona v prometni pisarni povišane tako v poletnem kot zimskem obdobju. Pozimi je prostor večinoma zaprt, a ogrevan, zato je v prostoru podtlak, poleti pa se zaradi odpiranja oken in vrat ustvari preprih, ki omogoča lažji dostop radona v prostor. V pogovoru z zaposlenimi smo izvedeli, da v prostoru še ni bila izvedena nobena sanacija.

Predlagamo, da se izvede sanacija tal in ponovijo meritve koncentracije radona in potomcev.

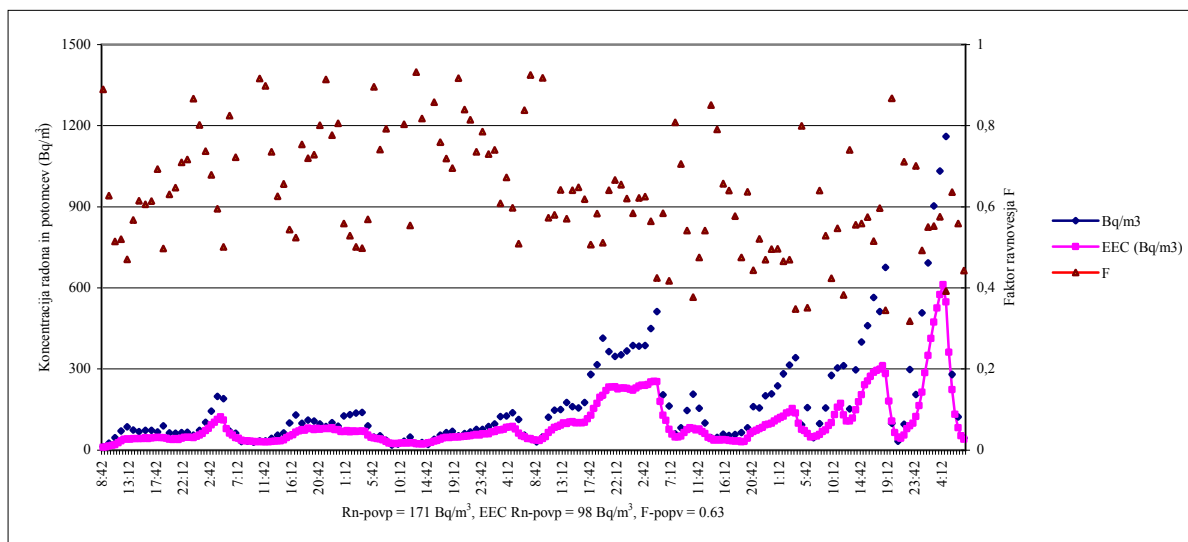
5.2.2. Železniška postaja Črnomelj

Opravili smo dve meritvi koncentracije radona z detektorji sledi. Meritve smo izvajali času od 16.2.2010 do 7.4.2010 v pisarni vodje in prometni pisarni na železniški postaji. Rezultati meritev so prikazani v tabeli 15. Izmerjena koncentracija radona v pisarni vodje je bila 2190 ± 330 Bq/m³, v prometni pisarni pa 2460 ± 410 Bq/m³. Meritve z detektorji sledi smo izvajali že v letu 2008 v obdobju od 23.7. do 23.10.2008 [15]. Izmerjeni vrednosti koncentracije radona v pisarnah sta bili 783 ± 95 Bq/m³ in 1291 ± 207 Bq/m³.

V obdobju od 15.6.2010 do 21.6.2010 smo izvedli meritve koncentracije radona in potomcev z merilnimi instrumenti v prometnem uradu (Slika 26). Povprečna koncentracija radona v pisarni v času izvajanja meritev je bila 171 ± 23 Bq/m³, povprečna koncentracija radonovih potomcev je bila 98 ± 15 Bq/m³, povprečni faktor ravnovesja pa 0.63 ± 0.07 (Slika 27).



Slika 26. Meritve koncentracije radona in potomcev
Lokacija: Železniška postaja Črnomelj



Slika 27. Merjenje koncentracije radona in radonovih potomcev

Lokacija: Železniška postaja Črnomelj

Datum meritve: 15.6.2010 ob 8:42 do 21.6.2010 ob 7:42

Merilni instrument: Alphaguard, WLM 30

Meritve koncentracije radona z detektorji sledi in koncentracije radona in potomcev z merilnimi instrumenti v prometni pisarni kažejo na to, da so koncentracije radona v toplejšem poletnem obdobju leta dosti nižje kot v hladnejšem zimskem obdobju. V primeru spremembe vremenskih pogojev se koncentracija radona lahko hitro dvigne nad 1000 Bq/m^3 , kar kažejo tudi meritve v letu 2008 [15].

Predlagamo meritve iskanja virov in meritve koncentracije radona in potomcev v zimskem obdobju.

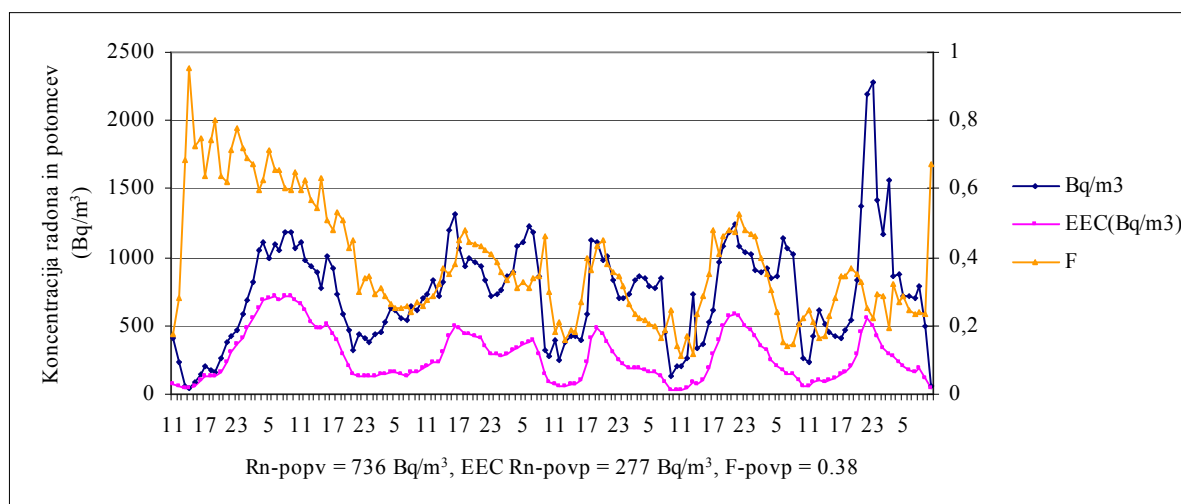
5.2.3. MORS – delavnice na Todražu

Opravili smo tri meritve koncentracije radona z detektorji sledi. Meritve smo izvajali času od 23.8.2010 do 30.9.2010 v delavnici 1, minometni delavnici in skladišču. Rezultati meritev so prikazani v tabeli 15. Meritve z detektorji sledi smo izvajali že v letu 2009 [16]. Rezultati meritev koncentracije radona v letih 2009 in 2010 so prikazani v tabeli 17.

Tabela 17. Koncentracija radona v delavnicah na Todražu

Lokacija	Datum meritve	Datum meritve
	28.8. – 13.10.2009	23.8. – 30.9.2010
	Bq/m^3	Bq/m^3
Delavnica 1	970 ± 120	950 ± 120
Minometna delavnica	800 ± 100	770 ± 100
skladišče	590 ± 80	800 ± 100

V obdobju od 27.8.2010 do 2.9.2010 smo izvedli meritve koncentracije radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti v delavnici 1 na Todražu. Povprečna koncentracija radona v delavnici 1 v času izvajanja meritev je bila $736 \pm 74 \text{ Bq/m}^3$, povprečna koncentracija radonovih potomcev je bila $277 \pm 43 \text{ Bq/m}^3$, povprečni faktor ravnovesja pa 0.38 ± 0.05 (Slika 28).



Slika 28. Merjenje koncentracije radona in radonovih potomcev

Lokacija: MORS – delavnice na Todražu

Datum meritve: 27.8.2010 ob 11:00 do 2.9.2010 ob 10:00

Merilni instrument: Alphaguard, Doseman Pro 216

V času izvajanja meritev je občasno deloval sistem prisilnega prezračevanja, okna in vrata so bila odprta. Meritve koncentracije radona z merilnimi instrumenti so pokazale, da je povprečna koncentracija radona ob delovanju prisilnega prezračevanja nižja od 1000 Bq/m^3 , a v se primeru izklopa hitro dvigne nad 1000 Bq/m^3 , kar je razvidno iz slike 28.

Dne 28.7.2010 smo izvajali meritve iskanja virov radona (Slika 29). Vire smo iskali v delavnici 1 in v garaži za popravilo avtomobilov. Rezultati meritev so prikazani v tabeli 18.

Tabela 18. Iskanje virov radona

Lokacija: MORS – delavnice na Todražu

Datum meritve: 27.8.2010 ob 9:00

Merilno mesto	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m^3)
Delavnica 1 – odvodni kanal za vodo	Alphaguard	4090 ± 321
Delavnica 1 - kanal za električno napeljavo	Alphaguard	16800 ± 992
Garaža - kanal za električno napeljavo	RAD 7	3700 ± 1020
Garaža - kanal za popravila avtomobilov	RAD 7	92100 ± 3890



Slika 29. Iskanje virov radona: kanal za popravilo avtomobilov in odvodni kanal za vodo

Glede na izredno visoke koncentracije radona v kanalih, predlagamo meritve iskanja virov radona in meritve koncentracije radona in potomcev v zimskem obdobju, saj bodo v tem času okna in vrata dalj časa zaprta.

5.2.4. Gradbeni materiali d. o. o. - Rudnik Mežica

Opravili smo pet meritev koncentracije radona z detektorji sledi. Meritve smo izvajali času od 22.6.2010 do 3.9.2010 v turističnem delu rudnika in ob kolesarski poti. Rezultati meritev so prikazani v tabeli 15. Izmerjene koncentracije radona v turističnem delu jame so presegale 2000 Bq/m^3 . Meritve z detektorji sledi na istih lokacijah smo izvajali že v letu 2009 v obdobju od 27.7.2009 do 6.10.2009 [16]. Izmerjene koncentracije radona za obe leti so prikazane v tabeli 19.

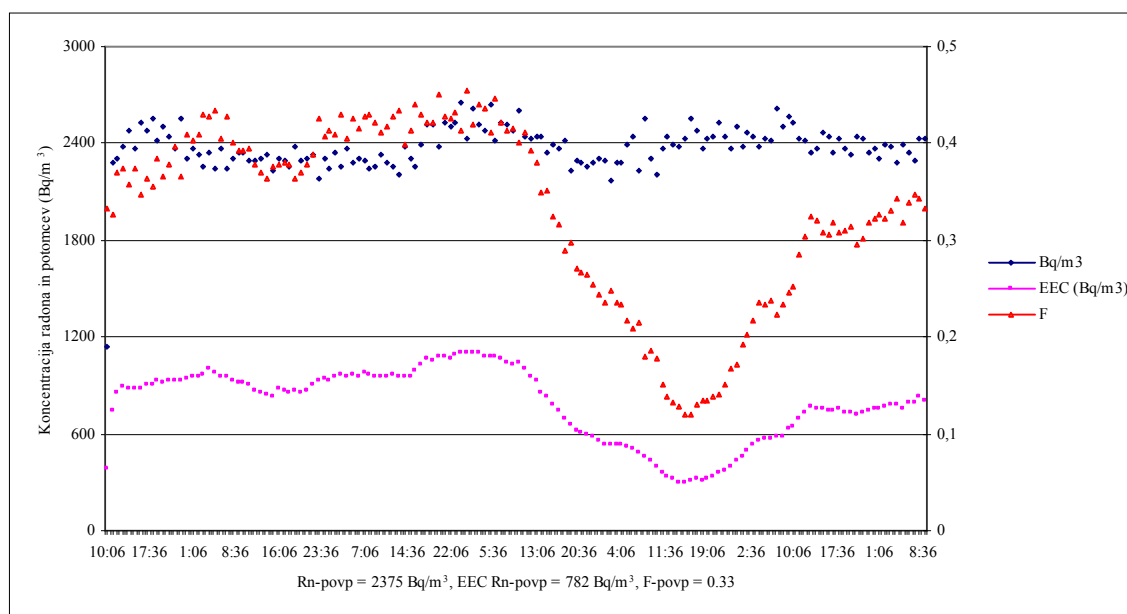
Tabela 19. Koncentracija radona v rudniku Mežica

Lokacija	Datum meritve	Datum meritve
	27.7. – 6.10.2009	22.6. – 3.9.2010
	Bq/m ³	Bq/m ³
Jug - 7.obzorje	2100 ± 380	2270 ± 410
Glančnik 8 . obzorje	2550 ± 460	2940 ± 530
Igrčevo 8. obzorje	1540 ± 140	3110 ± 560
Fridrihov rov 4. obzorje	990 ± 100	810 ± 100
Knap 7. in 8. obzorje	2100 ± 380	2410 ± 440

V obdobju od 21.7.2010 do 27.7.2010 smo izvedli meritve koncentracije radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti ob turistični poti na 8. obzorju (Slika 30). Povprečna koncentracija radona v času izvajanja meritev je bila 2375 ± 214 Bq/m³, povprečna koncentracija radonovih potomcev je bila 782 ± 106 Bq/m³, povprečni faktor ravnovesja pa 0.33 ± 0.03 (Slika 31).



Slika 30. Merjenje koncentracije radona in potomcev
Lokacija: Rudnik Mežica – 8. obzorje



Slika 31. Merjenje koncentracije radona in radonovih potomcev

Lokacija: Rudnik Mežica – 8. obzorje

Datum meritve: 21.7.2010 ob 10:06 do 27.7.2010 ob 9:06

Merilni instrument: Alphaguard, Doseman Pro 199

Koncentracija radona v rudniku Mežica je v poletnem obdobju visoka. Glede nato, da se večina obiskov turističnega dela rudnika in vožnja po kolesarski pot v rudniških jaških odvija v mesecih od aprila do oktobra, predlagamo, da se opravijo meritve koncentracije radona z detektorji sledi v obdobju celega leta in vsaj še ena meritev koncentracije radona in potomcev v spomladanskem ali jesenskem obdobju za realnejšo oceno efektivne doze za zaposlene.

6. Ocena prejetih efektivnih doz

Efektivne doze zaradi inhalacije radona in radonovih potomcev smo ocenili na podlagi opravljenih meritev za vse objekte, ne glede na to ali je bila presežena vrednost koncentracije radona 400 Bq/m^3 za vrtce in šole ter 1000 Bq/m^3 za druga delovna mesta. Upoštevali smo metodologijo iz Uredbe UV2 [6]. Pri oceni smo privzeli, da so izmerjene koncentracije radona enake povprečnim letnim koncentracijam radona v objektu (čeprav so trajale samo en mesec in ne celo leto). V primeru večjega števila meritev v istem objektu smo ocenili efektivno dozo za vsak prostor posebej, saj se otroci v vrtcih in nižjih razredih osnovnih šol zadržujejo celo leto v istem prostoru.

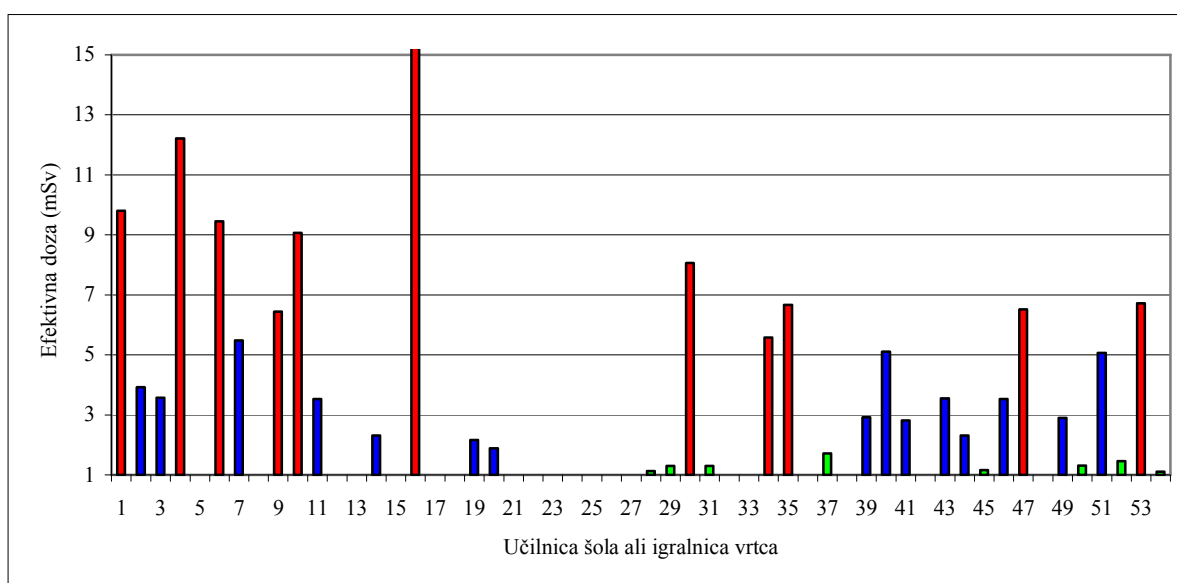
Za zaposlene v ostalih ustanovah smo upoštevali, da zaposleni opravijo na svojih delovnih mestih 2000 ur na leto. Za zaposlene v šolah smo upoštevali, da se zadržujejo v učilnicah po 6 ur dnevno deset mesecev na leto. Za zaposlene v vrtcih smo upoštevali, da se zadržujejo v igralnicah po 6 ur dnevno dvanajst mesecev na leto. Za otroke v vrtcih in šolah smo upoštevali enak čas zadrževanja v učilnicah kot za zaposlene (Tabela 20, Tabela 21).

Za zaposlene v rudniku Mežica nismo upoštevali metodologije iz Uredbe UV2 [6]. Razlog za to so drugačne aerosolne karakteristike jamskega zraka. Upoštevali smo dozni pretvorbeni faktor 10 mSv/WLM , faktor ravnovesja 0.33 (0.15 – 0.45) iz meritev v poletnem obdobju in da se

zaposleni zadržujejo največ do 600 ur letno v rudniku kot vodniki po turističnem delu jame, po kolesarski poti in na vzdrževalnih delih. Omeniti velja, da se število obiskov iz leta v leto povečuje.

Kljub temu, da smo v nekaterih ustanovah določali tudi faktor ravnovesja, ga pri oceni prejete efektivne doze nismo upoštevali, ker so bile to le trenutne vrednosti. Pri izračunih smo za vse objekte privzeli faktor 0.4 iz Uredbe UV2 [6].

Ocenjene efektivne doze za zaposlene in otroke v vrtcih in šolah so prikazane v tabeli 20 in na sliki 32. Ocenjene efektivne doze za zaposlene v ostalih ustanovah so prikazane v tabeli 21 in na sliki 33. Z rdečo barvo so označene efektivne doze, višje od 2 mSv na leto. Po ICRP 65 [9] prispevajo povprečne letne koncentracije radona med 200 – 600 Bq/m³ v bivalnem okolju (400 Bq/m³ smo privzeli za vrtce in šole) in med 500 – 1500 Bq/m³ v delovnem okolju (1000 Bq/m³ smo privzeli za delovno okolje) efektivno dozo med 2 – 6 mSv/leto. Po Uredbi UV2 [6] povprečna celoletna koncentracija radona 400 Bq/m³ ob ravnovesnem faktorju 0.4 doprinese k letni efektivni dozi 6 mSv. To je mejna vrednost doze, pri kateri razvrščamo zaposlene, ki delajo z viri sevanj (tudi naravnimi), v skupino A ali B. Smatramo, da bi morali zaposleni v javnih ustanovah, kot so šole, vrtci in bolnišnice, prejeti efektivno dozo do največ do 2 mSv/leto, saj prejmejo delež efektivne doze zaradi naravnih sevanj tudi v bivalnem okolju.



Zelena – efektivna doza manjša od 2 mSv/leto

Modra - efektivna doza večja od 2 mSv/leto in manjša od 6 mSv/leto

Rdeča - efektivna doza večja od 6 mSv/leto

Številke ustanov ustrezajo zaporednim številkam iz tabele 18

Slika 32. Histogram efektivnih doz za zaposlene in otroke v vrtcih in šolah (mSv/leto)

Tabela 20. Ocenjene letne efektivne doze za odrasle in otroke v vrtcih in šolah

Zap.št	Lokacija	Objekt	ure odrasli	Ef. doza (mSv)	ure otroci	Ef. doza (mSv)
1	učilnica v kleti	Glasbena šola Ribnica	1320	9,80	1320	9,80
2	igralnica vrtca	OŠ Bučka	1584	3,93	1584	3,93
3	igralnica vrtca	OŠ Bučka	1584	3,58	1584	3,58
4	učilnica ob knjižnici	OŠ Prevalje	1320	12,21	1320	12,21
5	knjižnica	OŠ Prevalje	1320	0,42	1320	0,42
6	igralnica vrtca Polžki	OŠ Prevole	1584	9,44	1584	9,44
7	igralnica vrtca Miškolini	OŠ Prevole	1584	5,49	1584	5,49
8	kuhinja	OŠ Prevole	1584	0,86	1584	0,86
9	jedilnica	OŠ Prevole	1584	6,45	1584	6,45
10	igralnica Bibe	OŠ Vavta vas	1584	9,07	1584	9,07
11	igralnica Pikapolonice	OŠ Vavta vas	1584	3,53	1584	3,53
12	vrtec	OŠ Stari trg ob Kolpi	1584	0,86	1584	0,86
13	učilnica	OŠ Stari trg ob Kolpi	1320	0,84	1320	0,84
14	učilnica	OŠ Stari trg ob Kolpi	1320	2,31	1320	2,31
15	igralnica	Vrtec Idrija, Enota Arkova	1584	0,20	1584	0,20
16	igralnica	Vrtec Muljava	1584	37,42	1584	37,42
17	učilnica 4. cp, 5. a	OŠ Kočevje Zbora odposlancev	1320	0,25	1320	0,25
18	4. a razred	OŠ Kočevje ob Rinži	1320	0,21	1320	0,21
19	igralnica vrtca	OŠ Sodražica	1584	2,17	1584	2,17
20	učilnica v OŠ	OŠ Sodražica	1320	1,89	1320	1,89
21	učilnica 2 v kleti	OŠ Stara cerkev	1320	0,76	1320	0,76
22	jasli	Vrtec Kočevje - enota Čebelica	1584	0,35	1584	0,35
23	prtiličje levo	Vrtec Kočevje - enota Kekec	1584	0,45	1584	0,45
24	Pikapolonice soba 7.a	Vrtec Kočevje - enota Ostržek	1584	0,25	1584	0,25
25	podaljšano bivanje	OŠ Dragatuš	1584	0,55	1584	0,55
26	vrtec Fara	OŠ Fara	1584	0,25	1584	0,25
27	slovenščina, soba 2	OŠ Loka Črnomelj	1320	0,92	1320	0,92
28	učilnica v OŠ	OŠ Loški potok	1320	1,13	1320	1,13
29	fizikalna učilnica	OŠ Metlika	1320	1,30	1320	1,30
30	2,3,4 razred soba 7	OŠ Milke Šobar Nataše, Črnomelj	1320	8,06	1320	8,06
31	učilnica 1.b, klet	OŠ Mirana Jarca Črnomelj	1320	1,30	1320	1,30
32	igralnica vrtca	OŠ Osilnica	1584	0,76	1584	0,76
33	učilnica tehnični pouk	OŠ Podzemelj	1320	0,76	1320	0,76
34	učilnica gospodinjstvo	OŠ Semič	1320	5,58	1320	5,58
35	telovadnica, angleščina	OŠ Semič - podruž. Štrekljevec	1320	6,67	1320	6,67
36	učilnica glasbeni pouk	OŠ Vinica	1320	0,42	1320	0,42
37	kužki	Vrtec Kočevska reka	1584	1,71	1584	1,71
38	kužki	Vrtec Ribnica	1584	0,30	1584	0,30
39	igralnica Biba	vrtec Livold (v OŠ)	1584	2,92	1584	2,92

* rdeče so označene lokacije, kjer odrasli ali otroci prejmejo letne efektivne doze, višje od 2 mSv

Tabela 20 (nadaljevanje). Ocenjene letne efektivne doze za odrasle in otroke v vrtcih in šolah

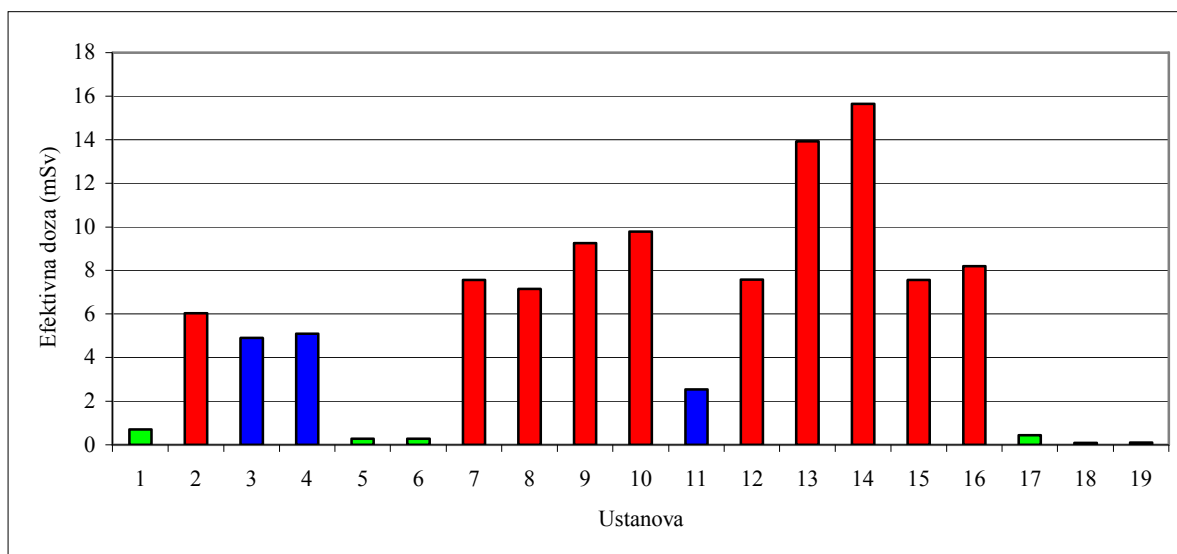
40	vrtec v OŠ Senožeče	OŠ Senožeče	1584	5,11	1584	5,11
41	vrtec v OŠ Komen	OŠ Komen	1584	2,82	1584	2,82
42	igralnica vrtca	Vrtec Bač pri Materiji	1584	0,65	1584	0,65
43	igralnica vrtca sončki	Vrtec Divača	1584	3,55	1584	3,55
44	igralnica Pikapolonice	Vrtec Dutovlje	1584	2,32	1584	2,32
45	igralnica Medvedki	Vrtec Hrpelje	1584	1,16	1584	1,16
46	igralnica vrtca	vrtec Komen	1584	3,53	1584	3,53
47	igralnica Zvezdice	Vrtec Lokev	1584	6,52	1584	6,52
48	igralnica vrtca	Vrtec Povir	1584	0,96	1584	0,96
49	igralnica Pikapolonice	Vrtec Senožeče	1584	2,90	1584	2,90
50	igralnica Lučke	Vrtec Sežana glavni	1584	1,31	1584	1,31
51	igralnica Rožice	Vrtec Sežana, enota Jasli	1584	5,07	1584	5,07
52	igralnica Čebelice	Vrtec Štanjel	1584	1,46	1584	1,46
53	igralnica vrtca	Vrtec Tomaj	1584	6,72	1584	6,72
54	igralnica v pritličju	Petrov vrtec Šentpeter	1584	1,11	1584	1,11

* rdeče so označene lokacije, kjer odrasli ali otroci prejmejo letne efektivne doze, višje od 2 mSv

Tabela 21. Ocenjene letne efektivne doze za zaposlene v drugih javnih ustanovah

1	Med. fakulteta - Inst. za bio.	izotopni laboratorij	2000	0,70
2	MORS - Todraž	delavnica 1	2000	6,04
3	MORS - Todraž	monomet	2000	4,90
4	MORS - Todraž	skladišče	2000	5,09
5	Narodni muzej Slovenije	delavnica 1	2000	0,27
6	Narodni muzej Slovenije	pisarna	2000	0,29
7	Psihiatrična bolnica Idrija	lekarna	2000	7,57
8	Rudnik Mežica	jug-7. obzorje - tur. Del	600	7,15
9	Rudnik Mežica	Glančnik 8. obzorje	600	9,25
10	Rudnik Mežica	Igrčevo 4. obzorje	600	9,79
11	Rudnik Mežica	Fridrihov rov 4. obzorje	600	2,55
12	Rudnik Mežica	Knap med 7. in 8. obzorjem	600	7,59
13	Železniška postaja Črnomelj	prometni urad, vodja	2000	13,93
14	Železniška postaja Črnomelj	prometna pisarna	2000	15,64
15	Železniška postaja Divača	prometna pisarna 1	2000	7,57
16	Železniška postaja Divača	prometna pisarna 2	2000	8,20
17	SAVA hoteli Bled	Hotel Golf - kopališče Živa	2000	0,45
18	SAVA hoteli Bled	Hotel Park - bazen	2000	0,09
19	SAVA hoteli Bled	Grand hotel Toplice	2000	0,11

* rdeče so označeni prostori, kjer bi odrasli prejeli letne efektivne doze, višje od 2 mSv, če bi se v njih zadrževali celoten delovni čas



Zelena – efektivna doza manjša od 2 mSv/leto

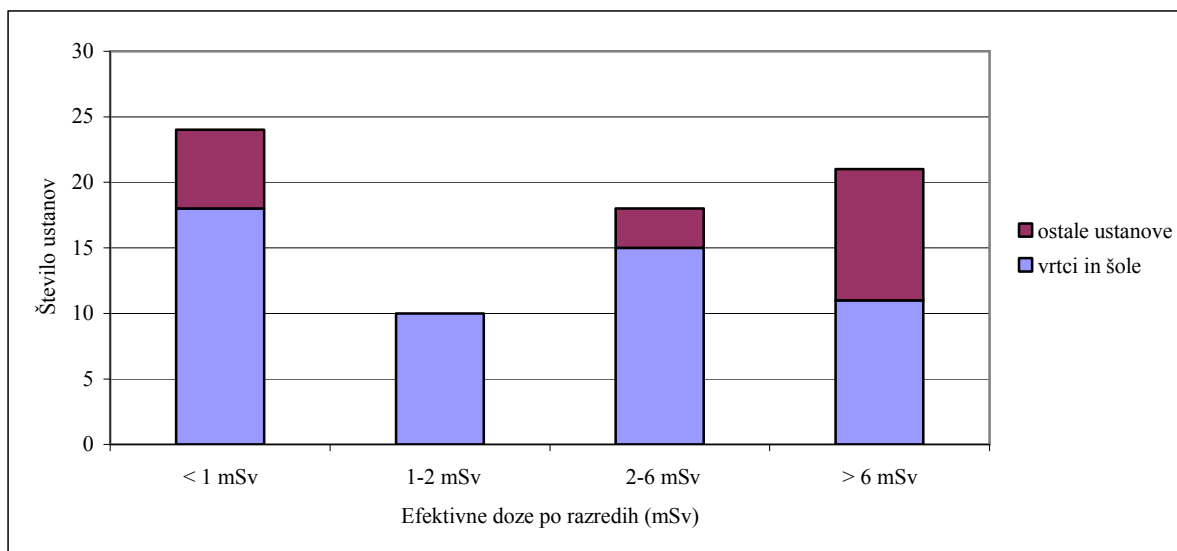
Modra - efektivna doza večja od 2 mSv/leto in manjša od 6 mSv/leto

Rdeča - efektivna doza večja od 6 mSv/leto

Številke ustanov ustrezajo zaporednim številkam iz tabele 18

Slika 33. Histogram efektivnih doz za zaposlene v ostalih ustanovah (mSv/leto)

Na sliki 34 so prikazane doze za zaposlene in otroke v vseh triinšedemdesetih prostorih šol, vrtcev in ostalih ustanov, v katerih smo izvajali meritve koncentracije radona z detektorji sledi, razporejene po razredih. V štiriindvajsetih primerih so efektivne doze nižje od 1 mSv/leto, v desetih primerih so efektivne doze med 1 – 2 mSv/leto, v osemnajstih primerih so efektivne doze med 2 - 6 mSv/leto, v enaindvajsetih primerih so efektivne doze za višje od 6 mSv/leto.



Slika 34. Efektivne doze po razredih

7. Zaključki

V dvainpetdesetih različnih objektih je bilo opravljenih 81 meritev koncentracije radona z detektorji sledi. Izmerjene koncentracije radona so v sedemindvajsetih (od štiriinpetdesetih) izbranih prostorih šol in vrtcev nižje od 400 Bq/m^3 , v petintridesetih pa višje od 400 Bq/m^3 . Izmerjene koncentracije radona v drugih ustanovah so v desetih izbranih prostorih (od devetnajstih) nižje od 1000 Bq/m^3 , v devetih pa višje od 1000 Bq/m^3 .

V devetintridesetih vrtcih, šolah in ostalih ustanovah od skupaj triinsedemdesetih so ocenjene učinkovite doze za zaposlene in otroke višje od 2 mSv/leto , od tega v osemnajstih višje od 6 mSv/leto .

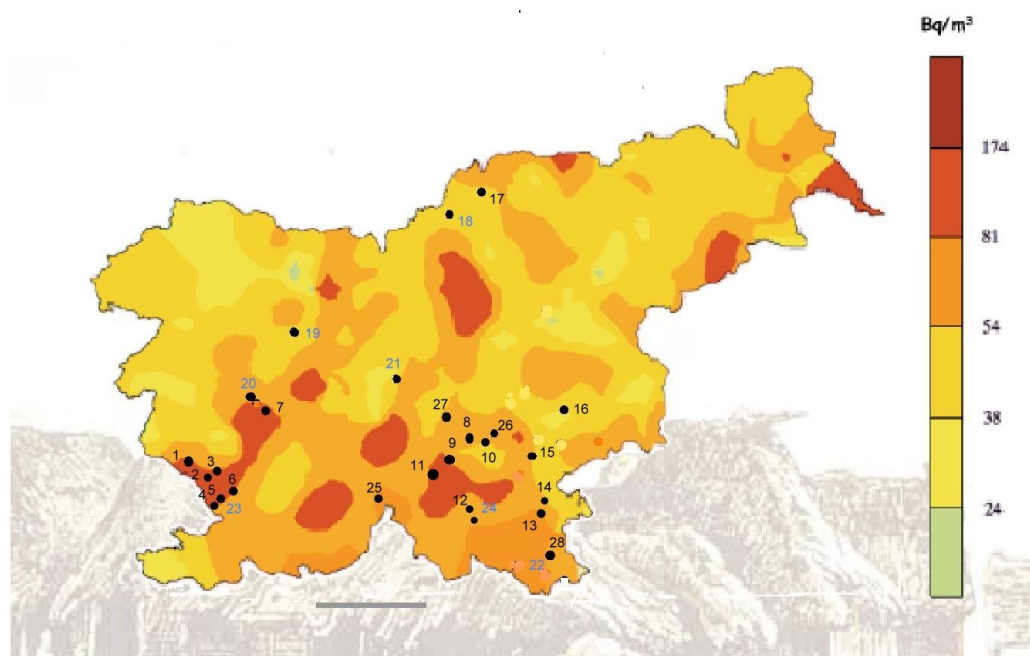
V poročilu [16] smo podrobneje opisali kako geološka struktura tal [8 - 14] in vremenski pogoji v različnih letnih obdobjih vplivajo na koncentracijo radona v objektih in s tem na prejeto učinkovito dozo za zaposlene. V letu 2010 smo opravili nekaj meritev v vrtcih na Krasu v zimskem in poletnem obdobju. Rezultati so pokazali (Tabela 2), da so v nekaterih vrtcih koncentracije radona tudi v poletnih mesecih enake kot v zimskem obdobju. Zato smatramo, da bi bilo smotno nadaljevati z meritvami koncentracije radona in radonovih potomcev v objektih in v tleh v različnih letnih obdobjih tako, da bi pokrili celotno področje Slovenije. Še posebej to velja za objekte z najvišjimi izmerjenimi koncentracijami radona in ocenjenimi učinkovitim dozami preko 6 mSv na leto.

Ocenjene učinkovite doze so v nekaterih primerih mogoče previsoke, saj je ocena konzervativna, a ne glede na to, so pomemben parameter pri reševanju problematike sevalne obremenjenosti zaposlenih in prebivalcev. Smotno bi bilo, če bi se s pristojnimi v ustanovah, v katerih so bile izmerjene visoke koncentracije radona in posledično ocenjene visoke učinkovite doze za zaposlene, našli ustrezno rešitev s sanacijo objekta ali z manjšo zasedenostjo prostorov vsaj v obdobju od treh do pet let, saj samo s ponavljanjem meritev ne bomo znižali prejetih učinkovitih doz.

Ekstremni primeri so OŠ Prevalje, vrtec v OŠ Muljava in vrtec v OŠ Prevole. Stvari se premikajo v pravo smer, a kot kaže sanacije objektov ne bodo niti preproste niti poceni. Kot so pokazale meritve v vrtcih na Krasu v letošnjem letu, lahko pričakujemo še nekaj takih primerov.

Na sliki 35 so prikazane lokacije meritev koncentracije radona v letih od 2006 do 2010 v vrtcih in osnovnih šolah, v katerih so izmerjene koncentracije radona presegale 400 Bq/m^3 in ostalih objektih, v katerih so izmerjene koncentracije radona presegale 1000 Bq/m^3 . Črne točke predstavljajo lokacije meritev, črne številke ustrezajo vrtcem in osnovnim šolam, modre pa ostalim objektom. Podatki o meritvah so nanešeni na karto meritev koncentracij radona v stanovanjskih objektih v Sloveniji, izdelano na podlagi raziskovalne naloge [17].

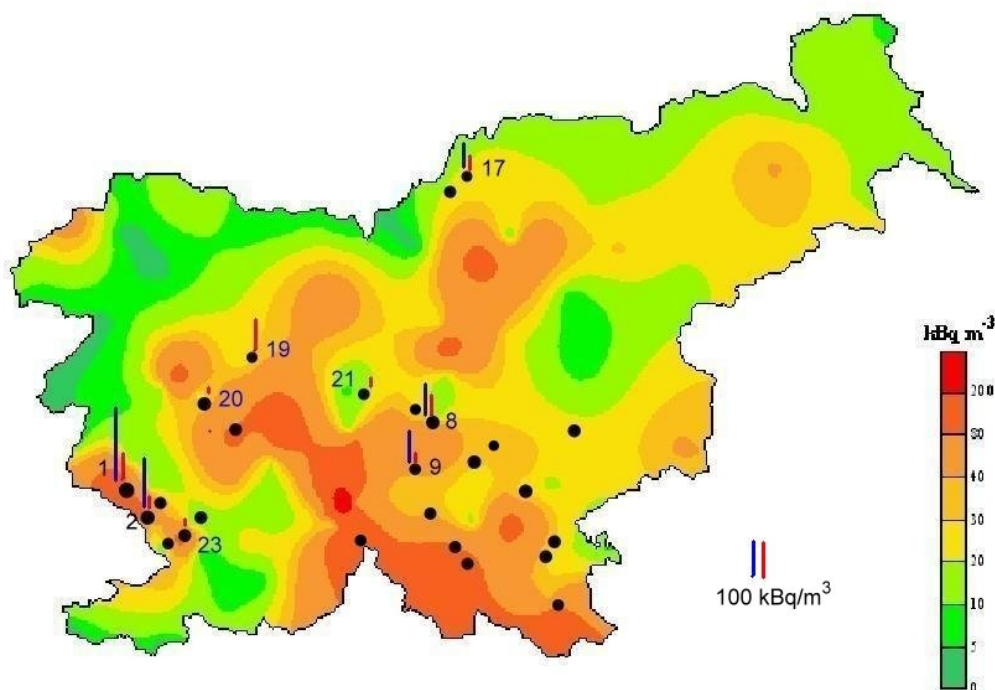
Na sliki 36 so na karto radonskega potenciala v tleh v Sloveniji nanešene iste lokacije kot na sliki 35, le da smo za tiste lokacije, kjer smo merili koncentracijo radona v tleh in v špranjah oziroma razpokah v objektih, dodali črte, ki ustrezajo izmerjenim vrednostim. Modre črte ustrezajo meritvam koncentracije radona v tleh, rdeče pa v razpokah v objektih. Podatki o meritvah so nanešeni na karto radonskega potenciala v tleh v Sloveniji, izdelano na podlagi raziskovalne naloge [13].



Legenda:

1	OŠ Komen	15	vrtec Vavta vas
2	Vrtec Sežana - enota Jasli	16	OŠ Bučka
3	Vrtec Tomaj	17	OŠ Prevalje
4	Vrtec Lokev	18	Rudnik Mežica
5	Vrtec Sežana, enota Jasli	19	Min. za obrambo - Todraž
6	Vrtec Senožeče	20	Bolnišnica Idrija
7	Vrtec Godovič	21	Psihiatrična klinika Ljubljana
8	VVO Muljava	22	Železniška postaja Črnomelj
9	OŠ Prevole	23	Železniška postaja Divača
10	OŠ Žužemberk - Podružnica Dvor	24	Železniška postaja Kočevje
11	Glasbena šola Ribnica	25	Vrtec Iga vas
12	vrtec Livold (v OŠ)	26	OŠ Dobrnič
13	OŠ Semič - podruž. Štrekljevec	27	Vrtec Čebelica Ivančna gorica
14	OŠ Semič	28	OŠ Milke Šobar Nataše, Črnomelj

Slika 35. Lokacije meritev koncentracije radona v objektih, ki presegajo 400 Bq/m³ v vrtcih in osnovnih šolah (črne številke) oziroma 1000 Bq/m³ v ostalih objektih (modre številke)



Slika 36. Koncentracija radona v tleh (modre številke) in v razpokah v objektih (rdeče številke), številke lokacij so iste kot na sliki 35

Iz slik 34 in 35 je razvidno, da obstaja korelacija med koncentracijo radona v tleh in v objektih. Na sliki 35 je veliko točk (lokacij), kjer še nismo opravili meritev v objektu, špranjah in razpokah ter v tleh istočasno. Predlagamo, da se v bodoče izvede več meritev koncentracije radona in potomcev v posameznem objektu, v razpokah in v tleh v različnih letnih obdobjih in se tako lažje predlaga ustrezne ukrepe sanacije.

8. Reference

1. An overview of radon surveys in Europe, Luxembourg, EC,
2. M. Humar, J. Škvarč, R. Ilič, M. Križman, Z. Jeran, R. Šajn: Koncentracije radona v bivalnem okolju Slovenije (zaključno poročilo)
3. ZVISJ-UPB2), Ur.list RS št. 102, 2004
4. Program sistematičnega pregledovanja delovnega in bivalnega okolja, Ur.list RS št. 17, 2006
5. Pravilnik o pogojih in metodologiji ocenjevanja doz pri varstvu delavcev in prebivalstva pred ionizirajočimi sevanji, Ur.list RS št. 115, 2003
6. Uredba o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih, Ur.list RS št. 49, 2004

7. P. Jovanovič: Sistematično pregledovanje delovnega in bivalnega okolja, LMSAR-20060047-PJ, ZVD, 2006
8. J. Vavpotič: IJS-DP-9648, IJS, 2007
9. ICRP 65: Protection Against Radon-222 at Home and at Work, Pergamon, 1994
10. Joachim Kemske, Ralf Klingel: Das geogene Radon-Potential, v knjigi: Siehl. A.: Umweltradioaktivität, Ernst & Sohn, Bonn, 1996
11. W. W. Nazaroff, A. V. Nero: Radon and its decay products in indoor air, John Wiley & Sons, 1988
12. K. A. Landman: Diffusion of radon through cracks in a concrete slab, Health Physics, Vol. 43, No. 1, 1982
13. IJS-DP-9694-1: J. Vavpotič, Radonski potencial v tleh na območjih s povišanimi koncentracijami radona v zaprtih prostorih, IJS, 2007
14. M. Andjelov: Rezultati radiometričnih in geokemičnih meritev za karto naravne radioaktivnosti Slovenije, Geologija, 36, 1993
15. P. Jovanovič: Sistematično pregledovanje delovnega in bivalnega okolja, LMSAR-20080030-PJ, ZVD, 2008
16. P. Jovanovič: Sistematično pregledovanje delovnega in bivalnega okolja, LMSAR-20090042-PJ, ZVD, 2009
17. M. Humar in ostali: Koncentracija radona v bivalnem okolju Slovenije, IJS-DP-7164, IJS, 1995