

Center za fizikalne meritve

Laboratorij za merjenje specifičnih aktivnosti radionuklidov

Št. poročila: **LMSAR-20110014-A-PJ**

Datum: 11.11.2011

Poročilo o sistematičnem pregledovanju delovnega in bivalnega okolja 2011

Naročnik / uporabnik (koda):

Ministrstvo za zdravje

Uprava RS za varstvo pred sevanji

Ajdovščina 4

1000 Ljubljana

Številka in datum pogodbe:

C2717-11-000001, 27.1.2011

Datum meritev:

februar – oktober 2011

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 38 strani prilogo Poročilo o meritvah LMSAR-20110014-B 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

V petinštiridesetih različnih objektih je bilo opravljenih sedeminšestdeset (67) meritev koncentracije radona z detektorji sledi. Izmerjene koncentracije radona so v dvajsetih (od štiriinpetdesetih) izbranih prostorih šol in vrtcev nižje od 400 Bq/m^3 , v štiriintridesetih pa višje od 400 Bq/m^3 . Izmerjene koncentracije radona v drugih ustanovah so v enem od izbranih prostorov (od trinajstih) nižje od 1000 Bq/m^3 , v dvanajstih pa višje od 1000 Bq/m^3 .

Doze za zaposlene in otroke smo ocenili za sedeminšestdeset prostorov šol, vrtcev in ostalih ustanov, v katerih smo izvajali meritve koncentracije radona z detektorji sledi. V petnajstih primerih so letne efektivne doze nižje od 1 mSv/leto , v osmih primerih so efektivne doze med $1 - 2 \text{ mSv/leto}$, v osemindvajsetih primerih so efektivne doze med $2 - 6 \text{ mSv/leto}$, v šestnajstih primerih so efektivne doze za višje od 6 mSv/leto .

Smatramo, da bi bilo smotrno 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 efektivnimi dozami preko 6 mSv na leto.

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	10
5.1.	Vrtci in osnovne šole	10
5.1.1.	Vrtec v OŠ Bučka	12
5.1.2.	VVO Sežana, Vrtec Lokev	13
5.1.3.	OŠ Semič	16
5.1.4.	OŠ Milke Šobar Nataše Črnomelj	17
5.1.5.	VVO Ivančna Gorica, Vrtec Muljava	19
5.1.6.	VVO Sežana, Vrtec Tomaj	21
5.1.7.	VVO Kočevje, enota Livold	22
5.1.8.	OŠ Vavta vas, vrtec Vavta vas	23
5.1.9.	OŠ Prevole, igralnica vrtca	26
5.2.1.	MORS – delavnice na Todražu	28
6.	Ocena prejetih efektivnih doz	30
7.	Zaključki	35
8.	Reference	37

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 – 2011 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 2010 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.

3. Program meritev

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 od začetka februarja do konca oktobra 2011.

Opravili smo 67 meritev koncentracij radona z detektorji sledi in sicer 47 v objektih, kjer so se meritve že izvajale v prejšnjih letih, 20 detektorjev pa smo postavili v osnovnih in podružničnih šolah v jugovzhodni regiji, kjer se meritve še niso izvajale. To so šole v okolici Novega mesta (Bršljin, Center, Mali Slatnik, Dragotin Kette, Drska, Grm Otočec, Stopiče, Dolž, Podgrad, Šmihel, Birčna vas) in šole v Trebnjem, Dolenji Nemški vasi, Šentlovrencu, Velikem Gabru, Mokronogu, Trebelnem, Mirni in Šentrupertu.

Opravili smo devet meritev koncentracije radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti z namenom določanja časovnega poteka koncentracije radona in potomcev ter 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...). Meritve smo opravili v naslednjih objektih: vrtec Muljava, vrtec Livold, vrtec v PŠ Bučka, vrtec Lokev, vrtec Tomaj, OŠ Semič, OŠ Milke Šobar Nataše, vrtec Vavta vas, vrtec v OŠ Prevole in objekt MORS, delavnice na Todražu.

Tabela 1. Program meritev 2011

Objekt	Predvidene meritve			Opravljene meritve		
	a	b	c	a	b	c
Vrtec Hrib	2			2		
Vrtec na OŠ Muljava	1	1		1	1	
PŠ Livold	1			1		
PŠ Kočevska reka	1			1		
Vrtec Livold	1	1		1	1	
Vrtec Kočevska reka	1			1		
Vrtec Stara cerkev	1			1		
OŠ Laško, PŠ Šentrupert	2			2		
vrtec Lokev	2	1	1	2	1	1
vrtec Tomaj	1	1	1	1	1	1
Vrtec v OŠ Senožeče	2			2		
Vrtec v OŠ Divača	2			2		
Vrtec Senožeče	1			1		
Vrtec Jasli	1			1		
Vrtec Komen	1			1		
vrtec v OŠ Komen	1			1		
Vrtec Dutovlje	1			1		
Vrtec v PŠ Bučka	2		1	2		1
OŠ Semič	2	1	1	2	1	1
OŠ Milke Šobar Nataše, Črnomelj	2	1	1	2	1	1
Vrtec v OŠ Vavta vas	2	1	1	2	1	1
OŠ Prevole	4	1	1	4	1	1
OŠ v jugovzhodni regiji - 20 enot	20			20		
Min. za obrambo - Todraž	3	1	1	3	1	1
CPM - Gradbeni materiali	10			10		
Skupaj:	67	9	8	67	9	8

Legenda:

a - osnovne meritve z detektorji sledi

b - kontinuirne meritve koncentracije radona in potomcev

c - iskanje virov radona z merilnimi instrumenti

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 nekaj 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 Gammadata Landauer, 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 Gammadata Landauer 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

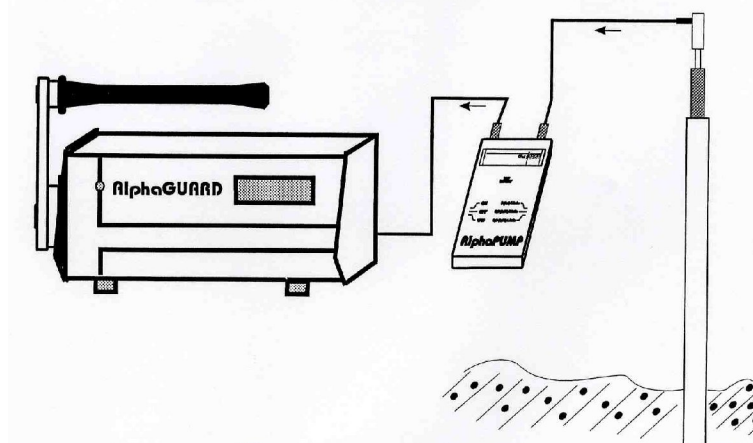
4.1.2. Aktivna metoda

Časovni potek koncentracije radona za obdobje nekaj dni smo določali z merilnimi instrumenti Alphaguard (Genitron, Nemčija), RAD 7 (DurrIDGE, 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 in RAD 7 pa uporabljata 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 željeno vrednost, od nekaj minut do več ur.

Meritve koncentracije radona v zraku smo izvedli skladno s postopkom DP-LMSAR-3.02. Merilni instrumenti so umerjeni v sekundarnem laboratoriju BfS v Berlinu, ki je umerjen po standardu SIST ISO/IEC 17025. 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). 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. Merilni instrumenti so umerjeni v sekundarnem laboratoriju BfS v Berlinu, ki je umerjen po standardu SIST ISO/IEC 17025. Metoda je akreditirana po standardu SIST ISO/IEC 17025.

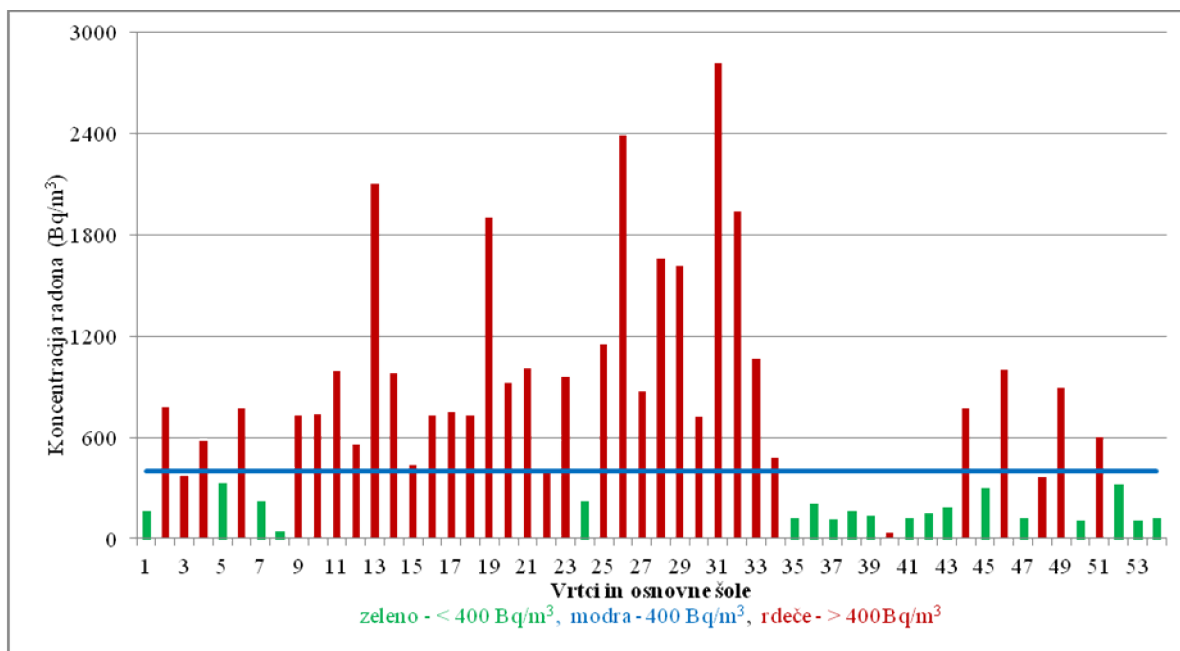
5. Rezultati meritev

5.1. Vrtci in osnovne šole

Koncentracijo radona z detektorji sledi smo določali v dvainštiridesetih vrtcih in osnovnih šolah. V osmih osnovnih šolah in vrtcih smo izvajali dodatne meritve koncentracije radona in radonovih potomcev. To so vrtec Vavta vas, OŠ Muljava, OŠ Prevole, vrtec Livold, vrtec Lokev, vrtec Tomaj, OŠ Semič in OŠ Milke Šobar Nataše. V sedmih osnovnih šolah in vrtcih smo izvajali meritve koncentracije radona z merilnimi instrumenti za določitev vira izhajanja radona v prostore preiskovanih objektov. To so OŠ Bučka, OŠ Vavta vas, OŠ Prevole, vrtec Lokev, vrtec Tomaj, OŠ Semič in OŠ Milke Šobar Nataše.

V osnovnih šolah in vrtcih smo skupno opravili štiriinpetdeset meritev koncentracije radona z detektorji sledi, osem meritev časovnega poteka koncentracije radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti ter sedem 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 štiriintridesetih prostorih vrtecev 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 dvajsetih 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. Samo v 20 prostorih (37 %) je bila koncentracija radona nižja od 400 Bq/m^3 .



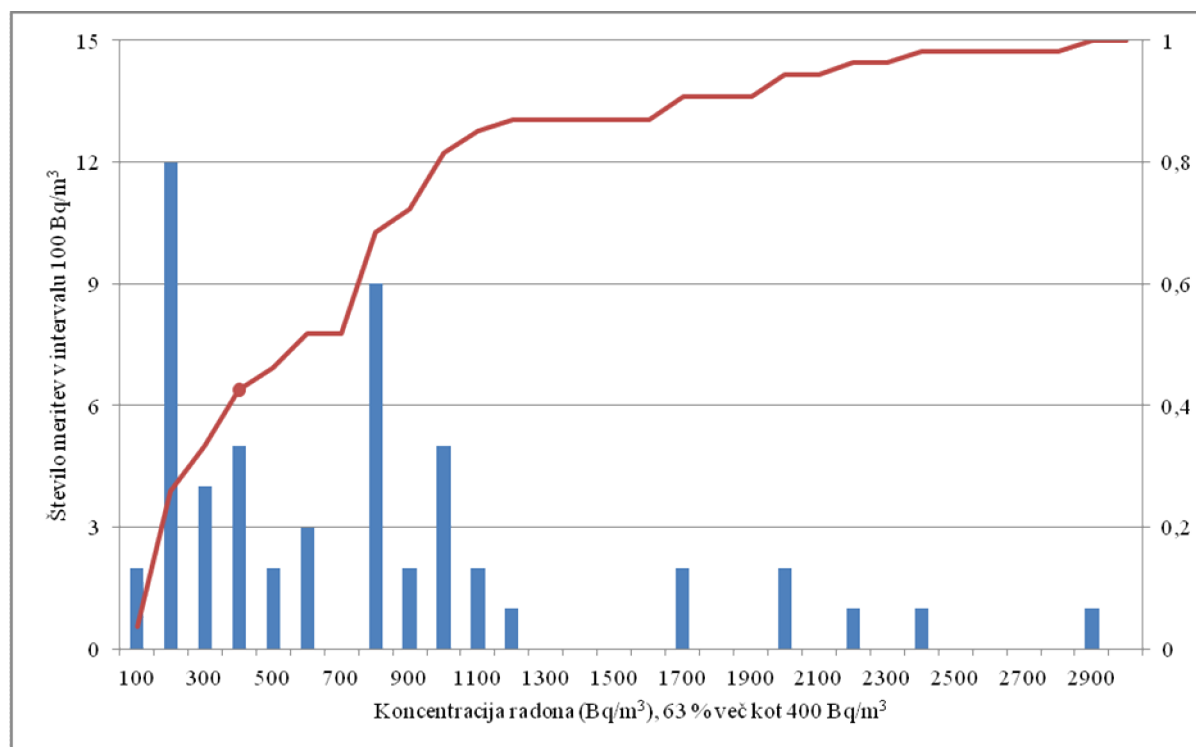
Slika 3. Koncentracija radona v šolah in vrtcih - 2011

Tabela 2. Koncentracije radona v vrtec in osnovnih šolah (merjeno z detektorji sledi)

Zap.št.	št. Det.	Start	Stop	Lokacija	OŠ - vrtec	Bq/m ³
1	503032-5	4.2.2011	28.4.2011	oblački	Župnjiski vrtec Vrhnika	163 ± 30
2	502203-3	4.2.2011	28.4.2011	iskre	Žup. vrtec Vrhnika - Kaplanija	776 ± 100
3	502804-8	28.1.2011	10.6.2011	igralnica vrtca	Muljava	370 ± 50
4	502319-7	17.2.2011	8.4.2011	igralnica Bibe	vrtec Livold	582 ± 80
5	503016-8	17.2.2011	8.4.2011	2. razred 1 nad.	OŠ Livold	330 ± 50
6	502817-0	17.2.2011	18.3.2011	jedilnica	OŠ Kočevska Reka	773 ± 100
7	502878-2	17.2.2011	7.4.2011	igralnica Škratki	vrtec Kočevska Reka	218 ± 30
8	502453-4	17.2.2011	7.4.2011	igralnica Miške	vrtec Stara cerkev	45 ± 10
9	502487-2	10.2.2011	4.3.2011	1. razred	OŠ Šentrupert	732 ± 100
10	502707-3	10.2.2011	4.3.2011	2. razred	OŠ Šentrupert	738 ± 100
11	503189-3	3.2.2011	5.4.2011	igralnica Zvezdice	vrtec Lokev	992 ± 120
12	391416-5	11.5.2011	29.6.2011	igralnica Zvezdice	vrtec Lokev	555 ± 70
13	506397-9	3.2.2011	6.4.2011	igralnica	vrtec Tomaj	2102 ± 350
14	502302-3	3.2.2011	5.4.2011	Pajki	vrtec na OŠ Senožče	979 ± 120
15	419335-5	11.5.2011	30.6.2011	Pajki	vrtec na OŠ Senožče	435 ± 60
16	502925-1	3.2.2011	7.4.2011	igralnica vrtca Sončki	vrtec Divača	731 ± 90
17	483067-5	11.5.2011	29.6.2011	igralnica vrtca Sončki	vrtec Divača	752 ± 100
18	502551-5	3.2.2011	5.4.2011	igralnica Pikapolonice	vrtec Senožče	727 ± 90
19	502920-2	16.2.2011	5.4.2011	igralnica Miške	vrtec Sežana enota Jasli	1903 ± 260
20	502696-8	3.2.2011	5.4.2011	igralnica vrtca	vrtec Komen	925 ± 120
21	502957-4	3.2.2011	5.4.2011	igralnica vrtca	vrtec na OŠ Komen	1006 ± 130
22	502292-6	3.2.2011	5.4.2011	igralnica Pikapolonice	vrtec Dutovlje	395 ± 50
23	502989-7	3.2.2011	7.4.2011	igralnica Gumbki	vrtec na OŠ Bučka	955 ± 120
24	501946-8	3.2.2011	7.4.2011	igralnica Mehurčki	vrtec na OŠ Bučka	218 ± 30
25	502415-3	11.2.2011	11.4.2011	gosposinjstvo	OŠ Semič	1149 ± 140
26	502634-9	11.2.2011	11.4.2011	učilnica pritličje	OŠ Štrekljavec	2100 ± 320
27	503089-5	11.2.2011	11.4.2011	5. razred	OŠ M. Šobar Nataše Črnomelj	871 ± 110
28	505887-0	11.2.2011	11.4.2011	posebni oddelek	OŠ M. Šobar Nataše Črnomelj	1660 ± 230
29	503179-4	3.2.2011	11.4.2011	igralnica Bibe	vrtec Vavta vas	1614 ± 220
30	502771-9	3.2.2011	11.4.2011	igralnica Pikapolonice	vrtec Vavta vas	721 ± 90
31	502035-9	3.2.2011	7.4.2011	igralnica Polžki	vrtec na OŠ Prevole	2814 ± 510
32	502603-4	3.2.2011	11.4.2011	igralnica Miškolini	vrtec na OŠ Prevole	1937 ± 290
33	502196-9	3.2.2011	7.4.2011	1. razred	OŠ Prevole	1062 ± 130
34	503037-4	3.2.2011	7.4.2011	2. razred	OŠ Prevole	481 ± 60
35	503303-0	11.2.2011	8.4.2011	1. razred	OŠ Bršljin	119 ± 20
36	502349-4	9.2.2011	11.4.2011	tehnični pouk	OŠ Center Novo mesto	210 ± 30
37	502177-9	9.2.2011	11.4.2011	1. razred	OŠ Mali Slatnik	113 ± 20
38	502335-3	9.2.2011	3.5.2011	2. razred	OŠ Dragotin Kette	167 ± 30
39	502897-2	11.2.2011	11.4.2011	likovni pouk	OŠ Drska	137 ± 20
40	502980-6	9.2.2011	4.4.2011	1. a razred	OŠ Grm	34 ± 10
41	502798-2	9.2.2011	11.4.2011	2. razred	OŠ Otočec	124 ± 20
42	502750-3	9.2.2011	12.4.2011	5. razred	OŠ Stopiče	149 ± 20
43	503174-5	9.2.2011	11.4.2011	1 - 3. razred	OŠ Dolž	185 ± 30
44	502615-8	9.2.2011	8.4.2011	5. razred	OŠ Podgrad	771 ± 100
45	502961-6	20.4.2011	6.7.2011	2. razred	OŠ Šmihel	300 ± 40
46	502264-5	9.2.2011	11.4.2011	1. razred	OŠ Birčna vas	1000 ± 130
47	502613-3	9.2.2011	11.4.2011	učilnica 2 glasba	OŠ Trebnje	123 ± 20
48	502949-1	9.2.2011	5.4.2011	1. razred	Dolenja nemška vas	365 ± 50
49	502322-1	9.2.2011	8.4.2011	1. razred	OŠ Šentlovrenc Trebnje	896 ± 110
50	502214-0	9.2.2011	8.4.2011	knjižnica	OŠ Veliki Gaber	104 ± 20
51	502916-0	9.2.2011	11.4.2011	1. razred	OŠ Mokronog	597 ± 80
52	502281-9	9.2.2011	11.4.2011	1. razred	OŠ Trebelno	324 ± 40
53	502899-8	9.2.2011	11.4.2011	1. razred	OŠ Mirna	109 ± 20
54	502169-6	9.2.2011	11.4.2011	1. razred	OŠ šentrupert (Mirna)	123 ± 20

rdeča - koncentracija radona presega 400 Bq/m³

vijoličasta - ponovljena meritev v poletnem obdobju - glej komentar v glavnem poročilu



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

5.1.1. Vrtec v OŠ Bučka

Koncentracija radona, izmerjena z detektorji sledi (Tabela 2), presega 400 Bq/m^3 ($955 \pm 120 \text{ Bq/m}^3$) samo v igralnici Mehurčki, ne pa tudi v igralnici Gumbki ($218 \pm 30 \text{ Bq/m}^3$). 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] je bilo v igralnici Mehurčki izmerjeno $640 \pm 80 \text{ Bq/m}^3$ in v letu 2010 je bila izmerjena koncentracija radona $780 \pm 100 \text{ Bq/m}^3$ [18].

V igralnici Mehurčki v vrtcu v OŠ Bučka nismo našli nobenih špranj v tleh ali ob steni. Merili smo koncentracijo radona v sifonu v otroškem stranišču ob igralnici in v jašku v kleti (Slika 5, Tabela 3). Izmerili smo tudi koncentracijo radona v zemlji nekaj metrov stran od objekta (Slika 6, Tabela 4).

Tabela 3. Iskanje virov radona

Lokacija: OŠ Bučka

Datum meritev: 3.2.2011 ob 10:00

Lokacija meritve	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m^3)
Sifon v stranišču	RAD 7	140 ± 50
Jašek v kleti	RAD 7	400 ± 100



Slika 5. Koncentracija radona v sifonu v WC-ju



Slika 6. Koncentracija radona v zemlji

Tabela 4. Koncentracija radona v zemlji

Lokacija: travnik ob OŠ Bučka

Datum meritev: 3.2.2011 ob 10:00

Zemljepisne koordinate: N45° 55' 43.1''; E15° 19' 2.9''	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m ³)
Zemlja – globina 80 cm	Alphaguard	108000 ± 5000

V zemlji je bila izmerjena koncentracija radona 108000 ± 5000 Bq/m³, kar pomeni, da je zemlja zelo močan vir radona. Glede na nizke koncentracije radona v sifonu v WC-ju ob igralnicah smatramo, da so glavni vir radona v igralnici razpoke v tleh, najbrž ob stikih s steno, a so premajhne, da bi bile opazne in bi lahko merili izhajanje radona.

Predlagamo, da se odstranijo kotne letve v igralnicah in preverijo stične ploskve med tlemi in stenami. Špranje naj se zaližejo z ustreznim vodoodpornim materialom. V kolikor to ne bo zadostovalo, predlagamo podobno rešitev kot v vrtcu v Muljavi in sicer montažo ventilatorja, ki bo črpal zrak izpod temeljne plošče.

5.1.2. VVO Sežana, Vrtec Lokev

Vrtec Lokev je bil pred leti delno obnovljen, izvedena je bila tudi sanacija tal v objektu. Pod temeljno ploščo igralnice vrtca je bila položena cev (brez ventilatorja), katere izpuh je viden ob steni objekta (Slika 9). V igralnici so po tleh položene linolej plošče, ob stenah so plastične letve, ni vidnih špranj ali razpok. V igralnici ni nobenih odtokov ali jaškov.

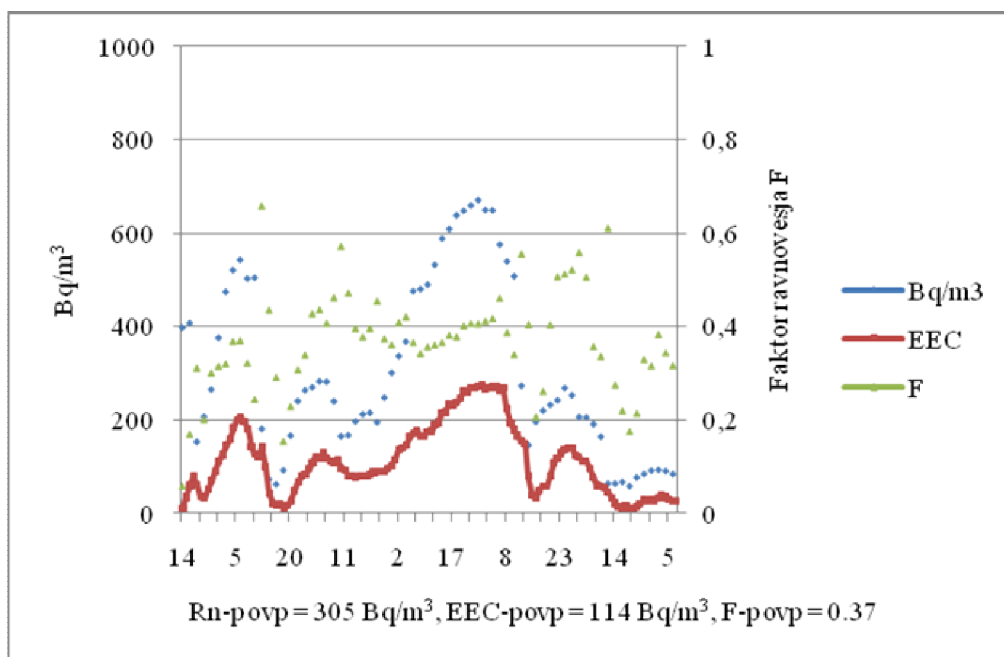
V vrtcu Lokev smo izvajali meritve koncentracije radona z detektorji sledi v zimskem in poletnem obdobju. Izmerjena koncentracija radona je bila poleti in pozimi višja od 400 Bq/m³, 992 ± 120 Bq/m³ pozimi in 555 ± 20 Bq/m³ poleti (Tabela 2). Tudi v letu 2010 so bile izmerjene koncentracije radona v zimskem in poletnem obdobju višje od 400 Bq/m³ [18].

V vrtcu Lokev smo merili koncentracijo radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti v igralnici Zvezdice (Slika 7, Tabela 3 – glej prilogo). Iskali smo tudi vire radona (Tabela 5). Povprečna koncentracija radona v času merjenja je bila 305 Bq/m³,

povprečni faktor ravnovesja je bil 37 %. Iz slike 7 je razvidno, da so bile najvišje koncentracije radona izmerjene ponoči in preko vikenda.

Če primerjamo koncentracije radona, izmerjene z merilnimi instrumenti v zimskem obdobju, s koncentracijami radona, izmerjenimi z detektorji sledi v istem obdobju, vidimo, da so slednje dosti višje. Razlika gre na račun zaprtih prostorov v nočnem času in preko vikendov.

Poudariti moramo, da merimo koncentracijo radona in njegovih potomcev z merilnimi instrumenti izključno za določanje faktorja ravnovesja, ki je potreben za oceno prejete letne učinkovite doze za zaposlene in otroke in ne za določanje povprečne koncentracije radona v prostoru. Povprečno koncentracijo radona v prostoru določamo z detektorji sledi, ker s to metodo zajamemo daljše časovno obdobje in ker je neprimerno cenejša od metode z merilnimi instrumenti.



Slika 7. Koncentracija radona in potomcev

Lokacija: Vrtec Lokev, igralnica Zvezdice

Datum meritev: 24.2.2011 ob 14:00 do 2.3.2011 ob 7:00

Merilni instrumenti: RAD 7, Doseman Pro 199

Tabela 5. Iskanje virov radona

Lokacija: Vrtec Lokev

Datum meritev: 24.2.2011 ob 11:00

Lokacija meritve	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m ³)
Sifon v otroškem stranišču	RAD 7	< 200
Sifon v garderobi	RAD 7	320 ± 100
Sifon v stranišču za odrasle	RAD 7	450 ± 100
Špranja za vrati v garderobi	RAD 7	4000 ± 800
Izpuh iz stene pod temeljno ploščo zunaj	RAD 7	11000 ± 1300
Kanalizacijski jašek na vrtu	RAD 7	11500 ± 1300

Koncentracije radona v sifonih so bile nizke, ker so sifoni stalno v uporabi in so zaliti z vodo. Koncentracija radona v špranji za vrati v garderobi (Slika 8) ne vpliva na koncentracijo radona v igralnici, kaže pa na to, da so take špranje v igralnici lahko močan vir radona. Koncentracija radona v izpuhu izpod temeljne plošče (Slika 9) je visoka in v ugodnih vremenskih pogojih (veter, mraz) odnaša dobršen del radona izpod temeljne plošče na prosto. V primeru inverzije ali toplega vremena pa zrak težje piha izpod temeljne plošče in gre skozi špranje v igralnico vrtca.



Slika 8. Špranja v tleh v garderobi



Slika 9. Izpuh izpod temeljne plošče

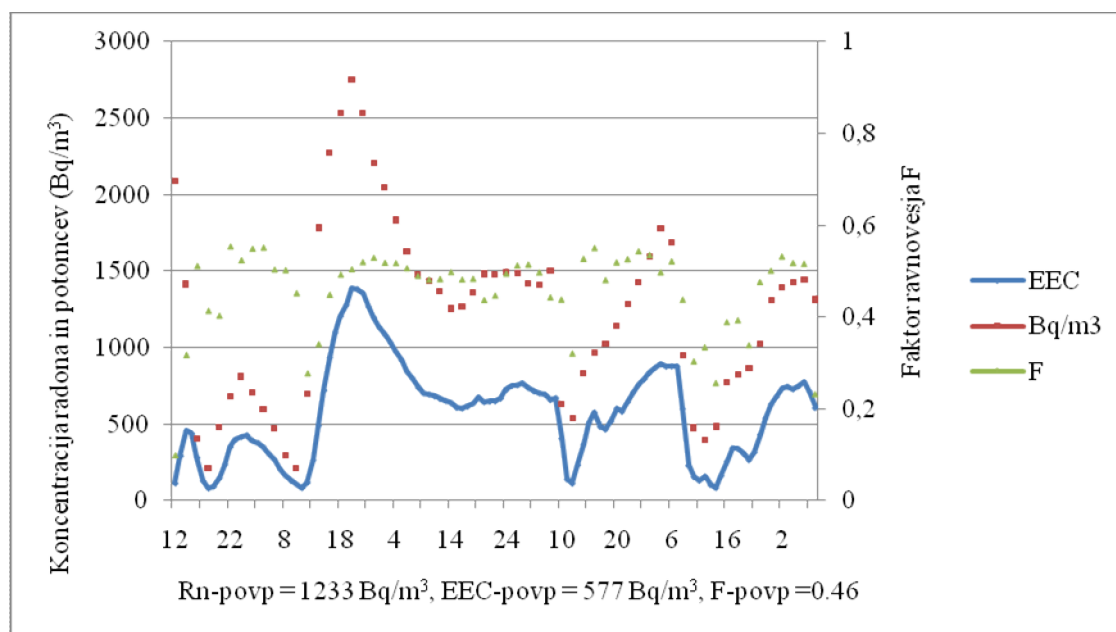
Predlagamo, da se izpuh izpod temeljne plošče poveže s cevjo z ustreznim ventilatorjem (ob zunanji steni ali kjer je tehnično lažje izvedljivo), ki bi deloval v času neustreznih vremenskih pogojev.

5.1.3. OŠ Semič

V OŠ Semič smo izvajali meritve koncentracije radona z detektorji sledi v zimskem obdobju učilnici za gospodinjski pouk in v Podružnični šoli Štrekljevec v učilnici v pritličju. Izmerjena koncentracija radona v učilnici gospodinjski pouk je bila $1149 \pm 140 \text{ Bq/m}^3$, v Podružnični šoli Štrekljevec pa $2100 \pm 320 \text{ Bq/m}^3$ (Tabela 2). Tudi v letu 2010 so bile izmerjene koncentracije radona v obeh učilnicah višje od 400 Bq/m^3 [18].

V OŠ Semič smo merili koncentracijo radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti v učilnici gospodinjski pouk (Slika 10, Tabela 4 – glej prilogo). Iskali smo tudi vire radona (Tabela 6). Povprečna koncentracija radona v času merjenja je bila 1233 Bq/m^3 , povprečni faktor ravnovesja je bil 46 %. Iz slike 10 je razvidno, da so bile najvišje koncentracije radona izmerjene ponoči in preko vikenda.

Vire radona v OŠ Semič smo iskali v učilnici gospodinjski pouk in v garderobi ob učilnici. Učilnica je ob oknih približno en meter ugreznjena v tla. V učilnici je po tleh položen parket, ob stenah so lesene letve, ob katerih so opazne špranje. Izmerili smo koncentracijo radona v špranji v kotu pod oknom ob tabli in v vodnem jašku v garderobi ob učilnici. V špranji v učilnici smo izmerili $20500 \pm 1800 \text{ Bq/m}^3$, v jašku pa $17700 \pm 1700 \text{ Bq/m}^3$. Obe koncentraciji sta visoki. Glede na majhno razliko med obema koncentracijama smatramo, da prihaja radon direktno iz zemlje tako v vodni jašek kot tudi v učilnico.



Slika 10. Koncentracija radona in potomcev

Lokacija: OŠ Semič, učilnica gospodinjstvo

Datum meritev: 11.2.2011 ob 12:00 do 16.2.2011 ob 8:00

Merilni instrumenti: RAD 7, Doseman Pro 199

Tabela 6. Iskanje virov radona

Lokacija: OŠ Semič

Datum meritev: 11.2.2011 ob 12:00

Lokacija meritve	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m ³)
Vodni jašek v garderobi za čistilke	RAD 7	17700 ± 1700
Špranja ob steni v učilnici gospodinjstvo	RAD 7	20500 ± 1800

Predlagamo sanacijo tal v učilnici tako, da se najprej zatesni vse špranje in razpoke in nato ponovi meritve z detektorji sledi. V primeru ponovno previsokih koncentracij radona predlagamo sanacijo tal oziroma postavitev ventilacijskega sistema za odvajanje zraka izpod temeljne plošče mimo zgradbe na prosto.

5.1.4. OŠ Milke Šobar Nataše Črnomelj

V OŠ Milke Šobar Nataše smo izvajali meritve koncentracije radona z detektorji sledi v zimskem obdobju v učilnici 5 razred in v učilnici posebnega oddelka. Izmerjeni koncentraciji radona v učilnicah sta bili 871 ± 110 Bq/m³ in 1660 ± 230 Bq/m³, zapovrstjo (Tabela 2).

V OŠ Milke Šobar Nataše v Črnomlju smo merili tudi koncentracijo radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti in sicer v učilnici posebnega oddelka. Rezultati meritev so prikazani na sliki 11 in v tabeli 5 (glej prilogo). Iskali smo tudi vire radona (Tabela 7, Slika 12) in merili koncentracijo radona v zemlji (Tabela 8, Slika 13).

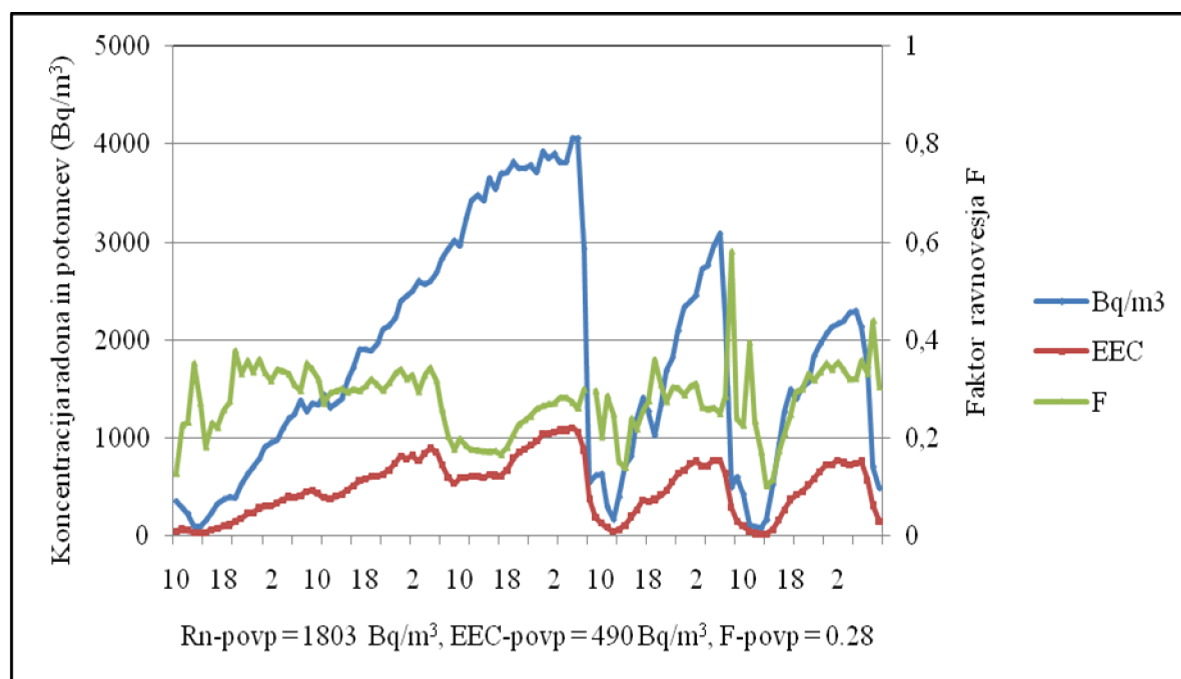
Tabela 7. Iskanje virov radona

Lokacija: OŠ Milke Šobar Nataše, posebni oddelek

Datum meritev: 11.2.2011 ob 10:00

Lokacija meritve	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m ³)
Kanal za centralno napeljavo v učilnici	RAD 7	6000 ± 1000
Jašek za kanalizacijo	Alphaguard	600 ± 100
Sifon v stranišču	RAD 7	5100 ± 1000

Povprečna koncentracija radona v učilnici v času merjenja je bila 1803 Bq/m³, povprečni faktor ravnovesja je bil 28 %. Iz slike 11 je razvidno, da so bile najvišje koncentracije radona izmerjene ponoči in preko vikenda. Koncentracija radona v učilnici je zjutraj ob odprtju okna hitro padla pod 400 Bq/m³, po končanem pouku v popoldanskem času pa je spet hitro naraščala.



Slika 11. Koncentracija radona in potomcev

Lokacija: OŠ Milke Šobar Nataše, posebni oddelek

Datum meritev: 11.2.2011 ob 10:00 do 16.2.2011 ob 9:00

Merilni instrumenti: Alphaguard, Doseman Pro 152

Tabela 8. Koncentracija radona v zemlji

Lokacija: OŠ Milke Šobar Nataše, posebni oddelek

Datum meritev: 11.2.2011 ob 11:00

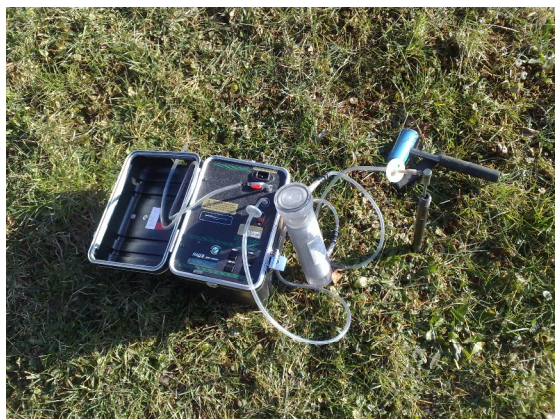
Merilni instrumenti: Alphaguard

Zemljepisne koordinate: N45° 34' 27.7''; E15° 11' 34.2''	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m^3)
Zemlja – globina 80 cm	Alphaguard	25500 ± 2000

Vire radona v OŠ Milke Šobar Nataše smo iskali v kanalu za centralno napeljavo v učilnici posebnega oddelka (Slika 12), v jaški za kanalizacijo na hodniku in v sifonu v WC-ju. V učilnici je po tleh položen parket, ob stenah so lesene letve, ob katerih ni opaznih špranj. Je pa odprtina v pokrovu kanalu za centralno napeljavo (Slika 12). V kanalu za centralno napeljavo v učilnici smo izmerili $6000 \pm 1000 \text{ Bq/m}^3$, v sifonu WC-ja pa $5100 \pm 1000 \text{ Bq/m}^3$. Obe koncentraciji sta visoki. V jaški za kanalizacijo je bila izmerjena nizka koncentracija radona, $600 \pm 100 \text{ Bq/m}^3$.



Slika 12. Kanal za centralno napeljavo



Slika 13. Radon v zemlji

Koncentracijo radona v zemlji smo merili nekaj metrov stran od objekta (Slika 13). Izmerili smo $25500 \pm 2000 \text{ Bq/m}^3$.

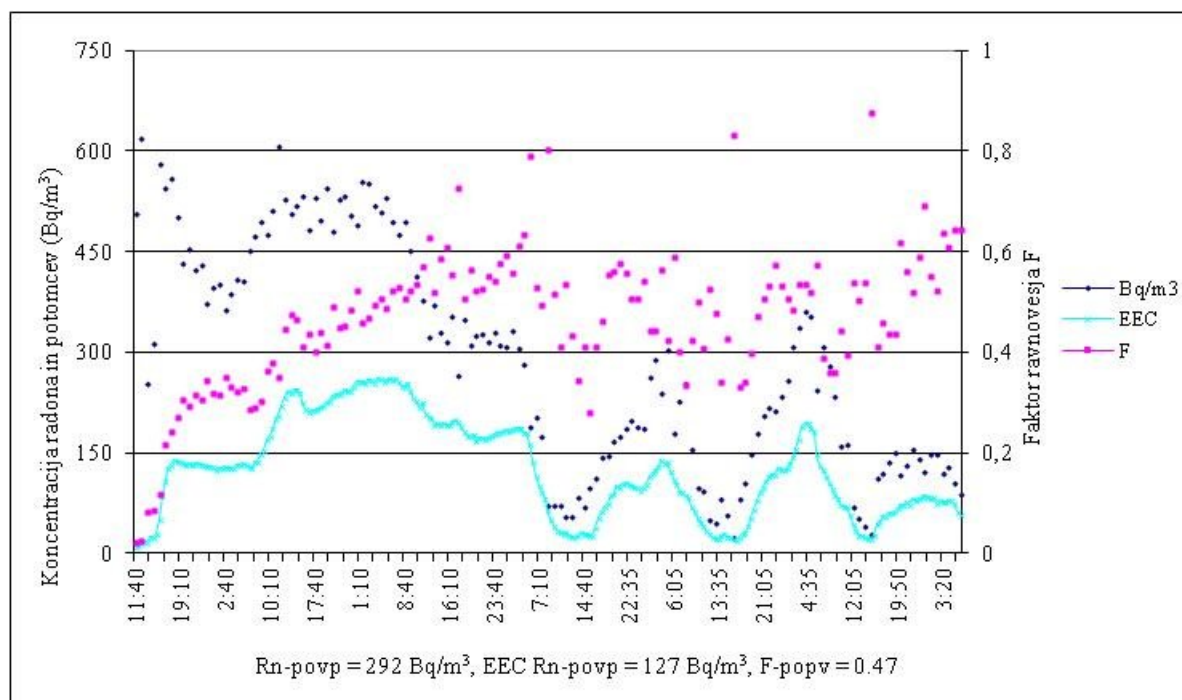
Predlagamo tesnjenje kanala za centralno napeljavo in ponovne meritve koncentracije radona z detektorji sledi.

5.1.5. VVO Ivančna Gorica, Vrtec Muljava

Meritve v letih 2008 [15], 2009 [16] in 2010 [18] so pokazale, da so koncentracije radona v zimskem obdobju v igralnici vrtca 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. Zaradi visokih koncentracij radona v igralnici vrtca Muljava je bila konec leta 2010 izvedena sanacija objekta. Sanacija je bila izvedena tako, da so pod temeljno ploščo pod igralnico vrtca namestili cev do vrha objekta in jo povezali z ventilatorjem, ki stalno črpa zrak izpod temeljne plošče na prosto (Slika 15).

V vrtcu Muljava smo izvajali meritve koncentracije radona z detektorji sledi v zimskem obdobju v igralnici vrtca po izvedeni sanaciji. Izmerjena koncentracija radona v igralnici je bila $370 \pm 50 \text{ Bq/m}^3$ (Tabela 2).

V vrtcu Muljava smo merili tudi koncentracijo radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti v igralnici vrtca po sanaciji objekta. Rezultati meritev so prikazani na sliki 14 in tabeli 6 (glej prilogo). Povprečna koncentracija radona v času izvajanja meritev v igralnici vrtca je bila 292 Bq/m^3 . Najvišje vrednosti koncentracij radona so bile izmerjene v nočnem času in preko vikenda, ko so bila okna in vrata zaprta. Povprečni faktor ravnovesja v času meritve je bil 47 %.



Slika 14. Koncentracija radona in radonovih potomcev

Lokacija: Vrtec Muljava, igralnica

Datum meritev: 28.1.2011 ob 11:40 do 3.2.2011 ob 6:30

Merilni instrumenti: Alphaguard, WLM 30



Slika 15. Izvedba sanacije vrtca Muljava

Izmerili smo tudi koncentracijo radona v zemlji. Izmerjena koncentracija je bila $127000 \pm 6000 \text{ Bq/m}^3$ (Tabela 9).

Tabela 9. Koncentracija radona v zemlji

Lokacija: Vrtec Muljava, travnik ob vrtcu

Datum meritev: : 28.1.2011 ob 10:00, sončno, sneg

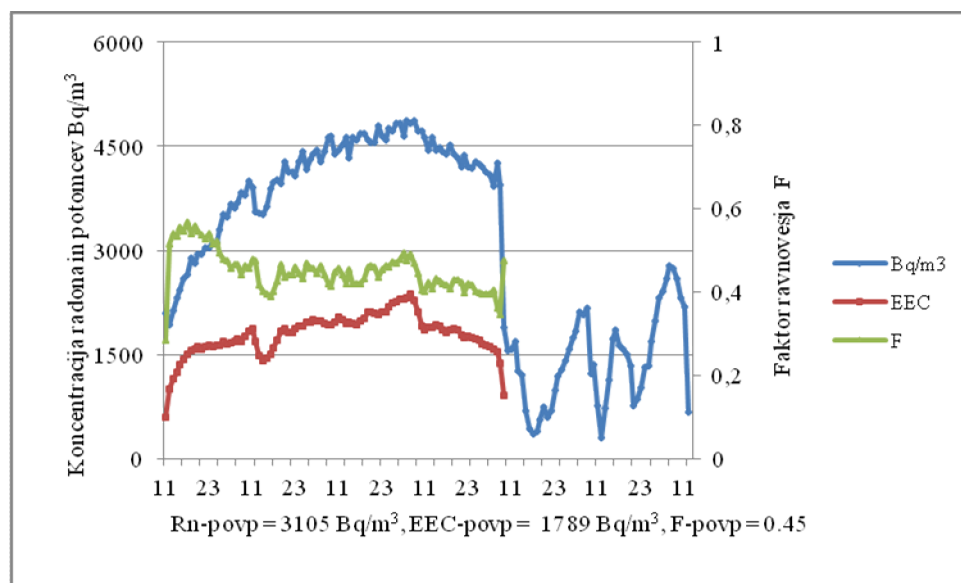
Zemljepisne koordinate:	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m^3)
N45 54 17.1; E14 48 07.2		
Zemlja – globina 80 cm	Alphaguard	127000 ± 6000

Glede na rezultate meritev koncentracije radona in radonovih potomcev v igralnici vrtca smatramo, da je bila sanacija objekta uspešna. Vendar je potrebno poudariti, da mora ventilator delovati ves čas ali vsaj med delavniki.

5.1.6. VVO Sežana, Vrtec Tomaj

V vrtcu Tomaj smo izvajali meritve koncentracije radona z detektorji sledi v zimskem obdobju. Izmerjena koncentracija radona je bila višja od 400 Bq/m^3 , $2102 \pm 350 \text{ Bq/m}^3$ (Tabela 2). Tudi v letu 2010 so bile izmerjene koncentracije radona tako v zimskem kot v poletnem obdobju višje od 400 Bq/m^3 [18].

V vrtcu Tomaj smo merili koncentracijo radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti v igralnici (Slika 16, Tabela 7 – glej prilogo). Iskali smo tudi vire radona (Tabela 10). Povprečna koncentracija radona v času merjenja je bila 3105 Bq/m^3 , povprečni faktor ravnovesja je bil 45 %. Iz slike 16 je razvidno, da so bile najvišje koncentracije radona izmerjene ponoči in preko vikenda. Koncentracija radona je po odprtju oken hitro padla, a ne pod 400 Bq/m^3 , ob zaprtju pa spet hitro narasla, kar pomeni, da je v igralnici močan vir radona.



Slika 16. Koncentracija radona in potomcev

Lokacija: Vrtec Tomaj, igralnica

Datum meritev: 24.2.2011 ob 11:00 do 2.3.2011 ob 12:00

Merilni instrumenti: Alphaguard, Doseman Pro 153

Tlaki v igralnici so obnovljeni, po tleh so položene linolej plošče. Stiki ob stenah so oblepljeni s plastičnimi letvami. V tleh ni vidnih nobenih špranj ali razpok, ni odtokov ali napeljav za elektriko ali centralno ogrevanje.

Izvajali smo meritve koncentracije radona v sifonu v otroškem stranišču v pritličju, v umivalniku v igralnici, v kanalu za centralno napeljavo in v jašku za kanalizacijo. Rezultati meritev so prikazani v tabeli 15.

Tabela 10. Iskanje virov radona

Lokacija: VVO Tomaj

Datum meritev: 24.2.2011 ob 11:00

Lokacija meritve	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m ³)
Sifon v WC-ju v pritličju	RAD 7	950 ± 300
Umivalnik v igralnici	RAD 7	1300 ± 300
Kanal za centralno napeljavo	RAD 7	1700 ± 400
Jašek za kanalizacijo	RAD 7	2400 ± 450

Meritve iskanja virov koncentracije radona v sifonih, kanalih in jaških kažejo na to, da so glavni vzrok povišanih koncentracij radona v objektu najbrž kraška tla pod objektom in razpoke v tleh ali ob stenah objekta in ne kanalizacija ali druge napeljave pod temeljno ploščo objekta.

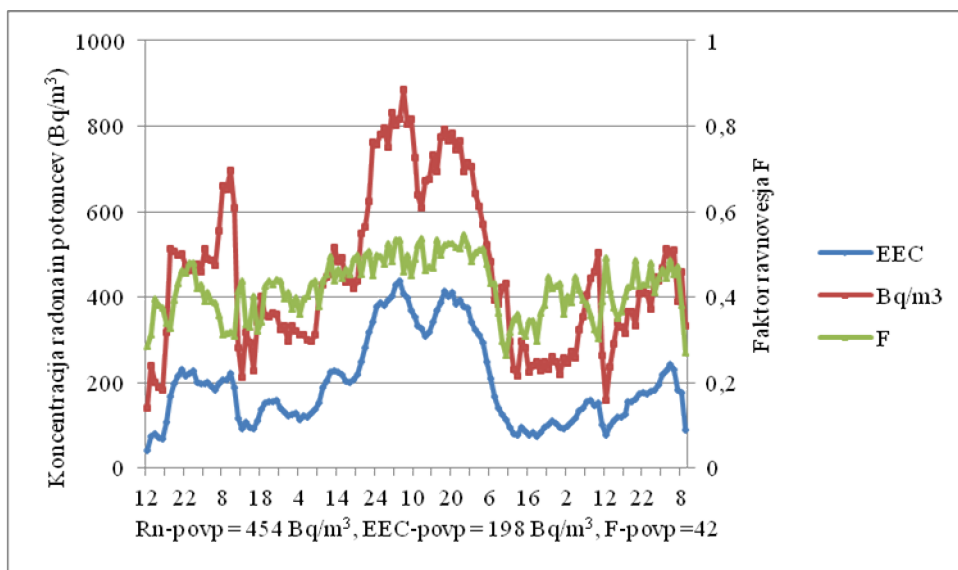
Glede na zahtevo staršev in odločbe URSVS [19] smo izvajali dodatne meritve v igralnici vrtca (ni del tega programa). Ugotovili smo, da so glavni vir radona špranje in razpoke ob stiku tla – stena, v katerih smo izmerili koncentracije radona, višje od 60000 Bq/m³. Sanacija objekta je v teku.

5.1.7. VVO Kočevje, enota Livold

V vrtcu Livold smo izvajali meritve koncentracije radona z detektorji sledi v zimskem obdobju v igralnici Bibe v pritličju in v učilnici OŠ v prvem nadstropju. Izmerjena koncentracija radona v igralnici Bibe je bila 582 ± 80 Bq/m³, v učilnici OŠ 330 ± 50 Bq/m³ (Tabela 2). V letu 2010 je bila izmerjena koncentracija radona v igralnici Bibe 582 ± 80 Bq/m³ [18].

V vrtcu Livold smo merili koncentracijo radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti v igralnici Bibe (Slika 17, Tabela 8 – glej prilogo). Povprečna koncentracija

radona v času merjenja je bila 454 Bq/m^3 , povprečni faktor ravnovesja je bil 42 %. Iz slike 17 je razvidno, da so bile najvišje koncentracije radona izmerjene ponoči in preko vikenda.



Slika 17. Koncentracija radona in radonovih potomcev

Lokacija: Vrtec Livold, igralnica Bibe

Datum meritev: 17.2.2011 ob 12:00 do 23.2.2011 ob 9:00

Merilni instrumenti: Alphaguard, Doseman Pro 153

Glede na to, da je bila povprečna koncentracija radona, merjena z detektorji sledi, v letih 2010 in 2011 v igralnici Bibe le malo višja od 400 Bq/m^3 , meritve z merilnimi instrumenti pa so pokazale, da je koncentracija radona visoka le v nočnem času in preko vikenda, med obratovanjem vrtca pa je nižja od 400 Bq/m^3 , smatramo, da so koncentracije radona v okviru dovoljenih vrednosti in sanacija ni potrebna.

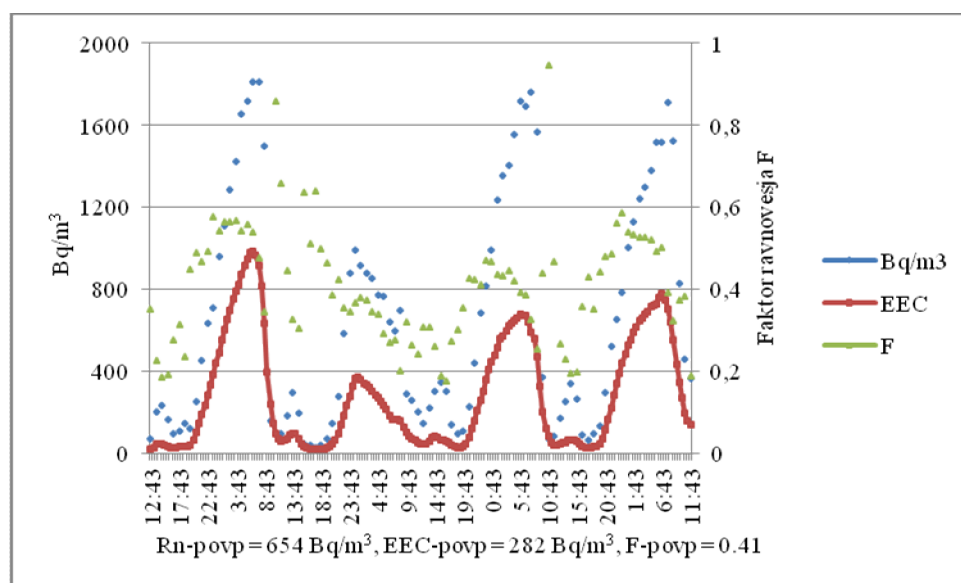
5.1.8. OŠ Vavta vas, vrtec Vavta vas

V vrtcu Vavta vas smo izvajali meritve koncentracije radona z detektorji sledi v zimskem obdobju v igralnicah Bibe in Pikapolonice. Izmerjeni koncentraciji radona v igralnicah sta bili $1614 \pm 220 \text{ Bq/m}^3$ in $721 \pm 90 \text{ Bq/m}^3$, zapovrstjo (Tabela 2). Meritve koncentracije radona z detektorji sledi v vrtcu Vavta vas smo izvajali že v letih 2008 [15], 2009 [16] in 2010 [17]. Izmerjena koncentracija radona so prikazane v tabeli 11. Koncentracije radona so bile v vseh letih previsoke v igralnici Bibe. Razlog za to je v tem, da leži igralnica Bibe na nepodkletenem delu stavbe, igralnica Pikapolonice pa na delno podkletenem in dvignjenem delu stavbe.

Tabela 11. Koncentracija radona v vrtcu Vavta vas, detektorji sledi

Leto	Bibe	Pikapolonice
2008	846 ± 89	420 ± 45
2009	540 ± 70	440 ± 60
2010	1800 ± 250	700 ± 90

V vrtcu Vavta vas smo merili tudi koncentracijo radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti in sicer v igralnici Bibe. Meritve smo izvajali v aprilu 2011. Rezultati meritev so prikazani na sliki 18 in v tabeli 9 (glej prilogo). Iskali smo tudi vire radona, v sifonu in v špranji v igralnici Bibe (Slika 19, Tabela 12) ter merili koncentracijo radona v zemlji (Slika 20, Tabela 13).

**Slika 18. Koncentracija radona in radonovih potomcev**

Lokacija: Vrtec Vavta vas, igralnica Bibe

Datum meritev: 11.4.2011 ob 12:43 do 15.4.2011 ob 11:43

Merilni instrumenti: Alphaguard, WLM 30

Povprečna koncentracija radona v igralnici v času merjenja je bila 1654 Bq/m^3 , povprečni faktor ravnovesja je bil 41 %. Iz slike 11 je razvidno, da so bile najvišje koncentracije radona izmerjene v nočnem času. Koncentracija radona v igralnici je zjutraj ob odprtju okna hitro padla pod 400 Bq/m^3 , po zaprtju vrta v popoldanskem času pa je spet hitro naraščala.

Tabela 12. Iskanje virov radona

Lokacija: Vrtec Vavta vas

Datum meritev: 9.2.2011 ob 11:00

Lokacija meritve	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m ³)
Sifon v WC-ju igralnica Bibe	RAD 7	1500 ± 250
Špranja ob steni	RAD 7	3000 ± 300

**Slika 19. Iskanje vira radona - sifon v igralnici Bibe****Slika 20. Koncentracija radona v zemlji****Tabela 13. Koncentracija radona v zemlji**

Lokacija: Vrtec Vavta vas, travnik ob vrtcu

Datum meritev: : 3.2.2011 ob 10:00, sončno, sneg

Zemljepisne koordinate: N45 46 56.7; E14 04 52.3	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m ³)
Zemlja – globina 80 cm	Alphaguard	105000 ± 5000

Izmerjena koncentracija radona v zemlji kaže na to, da je zemlja močan vir radona, ki prihaja v igralnico Bibe skozi špranje in razpoke, kar so pokazale tudi meritve v špranji v igralnici.

V igralnici Bibe je po tleh položen parket, ob stenah so kotne letve. Špranje so zaradi kotnih letev in omar težko vidne in slabo dostopne. Predlagamo sanacijo tal v igralnici in sicer da se odstranijo letve, pregledajo stiki in razpoke zalijejo z ustreznim materialom. V kolikor to ne bo zadoščalo, predlagamo sanacijo celotnih tal ali namestitev cevne sistema za odvajanje zraka izpod temeljne plošče igralnice.

5.1.9. OŠ Prevole, igralnica vrtca

Koncentracijo radona z detektorji sledi v osnovni šoli Prevole smo izvajali že v letih 2008 [15], 2009 [16] in 2010 [18]. Zaradi povišane koncentracije radona v igralnici Polžki smo se odločili, da v letu 2010 ponovimo meritve koncentracije radona z detektorji sledi 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. Izmerjene koncentracije radona z detektorji sledi v igralnicah Polžki in Miškolini za vsa leta so prikazane v tabeli 14.

Tabela 14. Koncentracija radona v letih 2008 – 2011

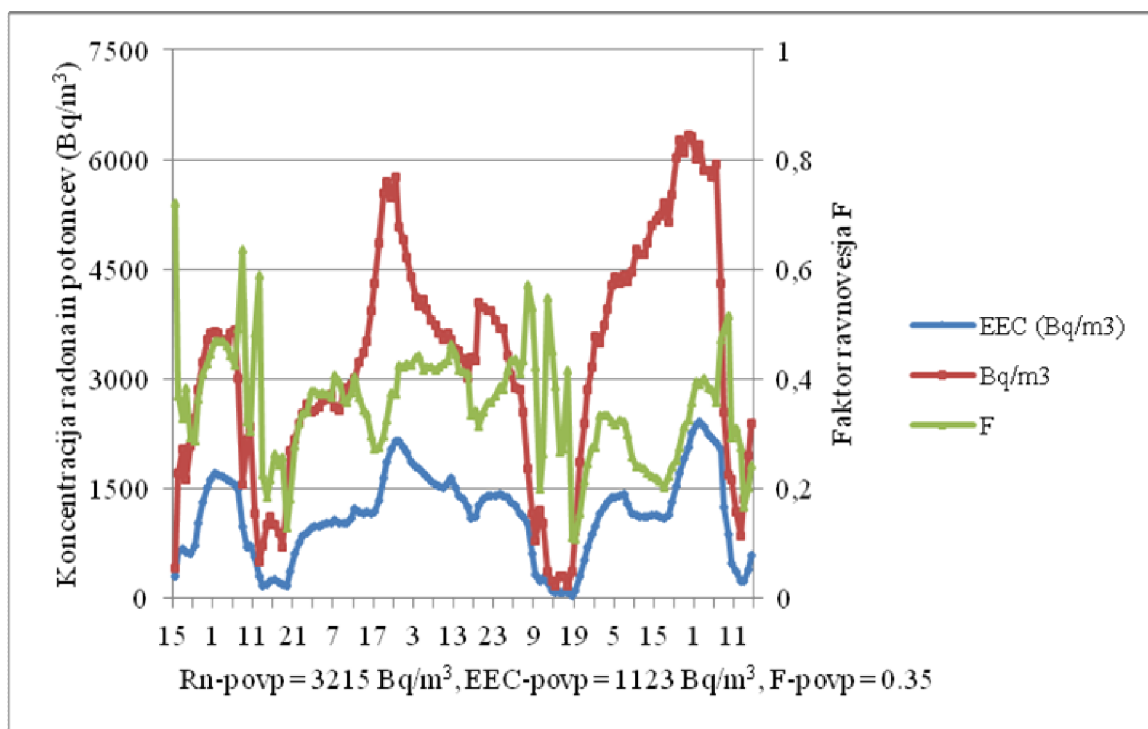
Leto	Polžki	Polžki-poleti	Miškolini
2008	1684 ± 208		
2009	1740 ± 230		1620 ± 220
2010	2410 ± 400	1280 ± 180	1280 ± 180
2011	2410 ± 510		1937 ± 290

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.

V obdobju od 3.2.2011 do 9.2.2011 smo izvajali meritve koncentracije radona in radonovih potomcev v igralnici Polžki. Povprečna koncentracija radona v času izvajanja meritev je bila 3215 Bq/m³, povprečna koncentracija radonovih potomcev je bila 1123 Bq/m³, povprečni faktor ravnovesja pa 35 %. 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 21, Tabela 10 – glej prilogo).

Dne 3.2.2011 smo izvedli tudi meritve koncentracije radona v zemlji in meritve v špranji ob steni v igralnici vrtca. 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 15). Izmerjena koncentracija radona je bila 82100 ± 3870 Bq/m³, 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 ob stikih tla - stena. Izmerjena koncentracija radona v špranji je bila 13700 ± 330 Bq/m³ (Tabela 16).

**Slika 21. Koncentracija radona in radonovih potomcev**

Lokacija: OŠ Prevole, igralnica vrtca Polžki

Datum meritev: 3.2.2011 ob 15:00 do 9.2.2011 ob 15:00

Merilni instrumenti: Alphaguard, Doseman Pro 199

Tabela 15. Koncentracija radona v zemlji

Lokacija: OŠ Prevole, travnik ob šoli

Datum meritev: : 3.2.2011 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	82100 ± 3870

Tabela 16. Iskanje virov radona

Lokacija: OŠ Prevalje

Datum meritev: 3.2.2010 ob 10:00

Lokacija meritve	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m^3)
Špranja ob steni v igralnici Polžki	Alphaguard	13700 ± 330

5.2. Ostali objekti

Koncentracijo radona z detektorji sledi smo določali v dveh ustanovah. To sta Ministrstvo za obrambo (vojaške delavnice v Todražu) in CPM – Gradbeni materiali (Rudnik Mežica). Skupaj smo opravili trinajst meritev koncentracije radona z detektorji sledi, dve meritvi koncentracije radona in radonovih potomcev in eno meritev koncentracije radona z merilnimi instrumenti z namenom iskanja virov radona v prostorih. Rezultati meritev koncentracije radona z detektorji sledi so prikazani v tabeli 17. Izmerjene koncentracije radona v zraku, ki skupaj z negotovostjo meritve presegajo 1000 Bq/m^3 , so obarvane rdeče.

Tabela 17. Koncentracija radona v ostalih ustanovah
Merjeno z detektorji sledi

Z.št.	št. det.	Start	Stop	Lokacija	Ostali objekti	Bq/m ³
1	502212-4	10.2.2011	4.5.2011	popravilo orožja	MORS Todraž	1085 ± 130
2	502772-7	10.2.2011	4.5.2011	minometna delavnica	MORS Todraž	1273 ± 170
3	502163-9	10.2.2011	4.5.2011	skladišče	MORS Todraž	653 ± 80
4	502754-5	16.4.2011	27.7.2011	jug-7. obzorje - tur. del	Rud. Mežica	2208 ± 400
5	502990-5	16.4.2011	27.7.2011	Glančnik rov 8. obzorje - tur. del	Rud. Mežica	2567 ± 470
6	503159-6	16.4.2011	27.7.2011	Igrčevo 4. obzorje - koles. del	Rud. Mežica	2615 ± 480
7	502423-7	16.4.2011	27.7.2011	Fridrihov rov 4. obzorje - kol. del	Rud. Mežica	1002 ± 140
8	502910-3	16.4.2011	27.7.2011	Knap med 7. in 8. obzorjem - tur. del	Rud. Mežica	2214 ± 400
9	550956-7	30.8.2011	24.10.2011	jug-7. obzorje - tur. del	Rud. Mežica	1724 ± 240
10	551237-1	30.8.2011	24.10.2011	Glančnik rov 8. obzorje - tur. del	Rud. Mežica	2119 ± 330
11	551554-9	30.8.2011	24.10.2011	Igrčevo 4. obzorje - koles. del	Rud. Mežica	1025 ± 130
12	601006-0	30.8.2011	24.10.2011	Fridrihov rov 4. obzorje - kol. del	Rud. Mežica	1991 ± 310
13	551398-1	30.8.2011	24.10.2011	Knap med 7. in 8. obzorjem - tur. del	Rud. Mežica	2031 ± 310

rdeča - koncentracija radona presega 1000 Bq/m^3

Tako v objektu MORS na Todražu kot v rudniku Mežica so izmerjene koncentracije radona presegale dovoljeno mejo 1000 Bq/m^3 .

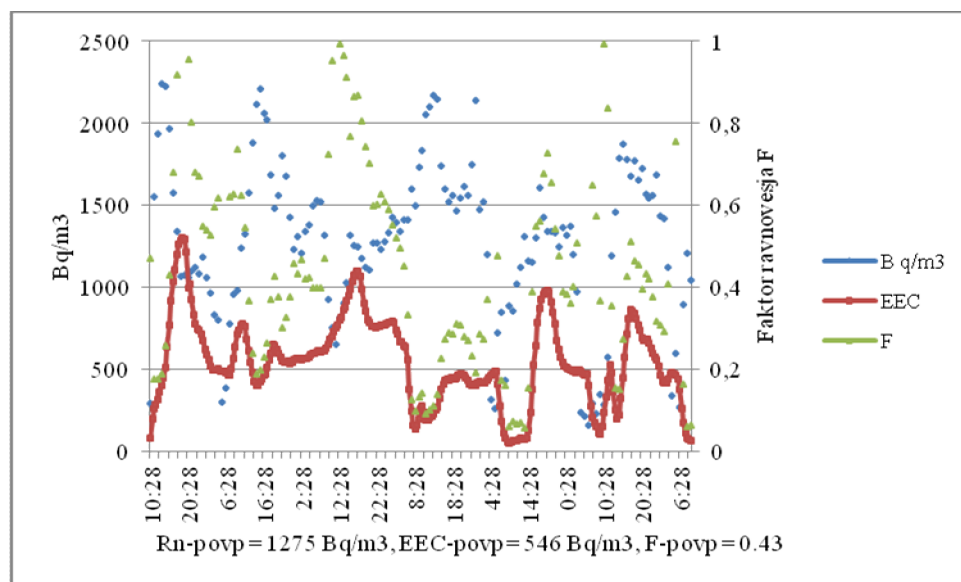
5.2.1. MORS – delavnice na Todražu

Opravili smo tri meritve koncentracije radona z detektorji sledi. Meritve smo izvajali času od 10.2.2011 do 4.5.2011 v delavnici popravilo orožja, minometni delavnici in skladišču. Rezultati meritev so prikazani v tabeli 17. Meritve z detektorji sledi smo izvajali že v letu 2009 [16]. Rezultati meritev koncentracije radona v letih 2009 in 2010 so prikazani v tabeli 18.

Tabela 18. 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 popravilo orožja	970 ± 120	950 ± 120
Minometna delavnica	800 ± 100	770 ± 100
skladišče	590 ± 80	800 ± 100

V obdobju od 24.3.2011 do 31.3.2011 smo izvedli meritve koncentracije radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti v delavnici popravilo orožja na Todražu. Povprečna koncentracija radona v delavnici v času izvajanja meritev je bila 1275 Bq/m³, povprečna koncentracija radonovih potomcev je bila 546 Bq/m³, povprečni faktor ravnovesja pa 43 % (Slika 22, Tabela 11 – glej prilogo).

**Slika 22. Koncentracija radona in radonovih potomcev**

Lokacija: MORS Todraž, delavnica popravilo orožja

Datum meritev: 24.3.2011 ob 10:28 do 31.3.2011 ob 9:28

Merilni instrumenti: Alphaguard, WLM 30

V delavnicah MORS na Todražu smo izvajali meritve z namenom iskanja virov radona v objektu (Slika 23, Slika 24). Meritve smo izvajali 10.2.2011 v dopoldanskem času v več prostorih objekta. Rezultati meritev so prikazani v tabeli 19.

Tabela 19. Iskanje virov radona

Lokacija: MORS Todraž

Datum meritev: 10.2.2010 ob 9:00

Lokacija meritve	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m ³)
Kanal za električno napeljavo delavnica 1	RAD 7	910 ± 330
Kanal za električno napeljavo delavnica 1	RAD 7	890 ± 330
Kanal za električno napeljavo delavnica 1	RAD 7	12900 ± 1400
Kanal za popravilo avtomobilov 4	Alphaguard	73880 ± 3300

**Slika 23. Radon v kanalu za el. napeljavo****Slika 24. Radon v kanalu za popravilo avtomobilov**

Meritve koncentracije radona z detektorji sledi, z merilnimi instrumenti in iskanje virov radona so pokazale, da so v objektu MORS na Todražu koncentracije radona previsoke, zato predlagamo sanacijo tal v objektu.

6. Ocena prejetih efektivnih doz

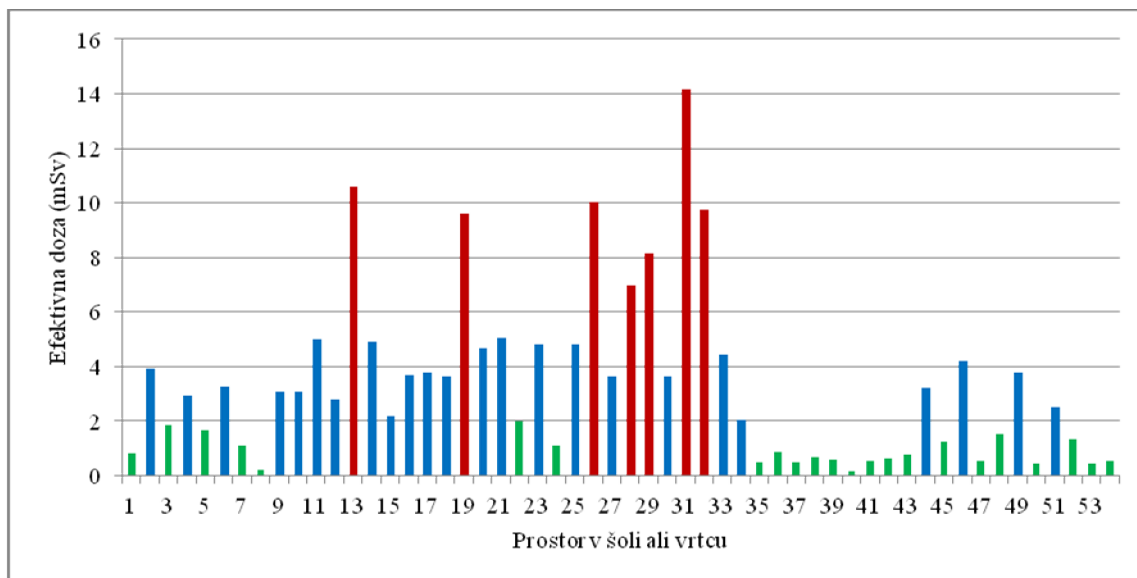
Efektivne doze zaradi inhalacije radona in radonovih potomcev smo ocenili na podlagi opravljenih meritev za vse objekte, ne glede na to ali je bila presežena vrednost koncentracije radona 400 Bq/m³ za vrtce in šole ter 1000 Bq/m³ za druga delovna mesta. Upoštevali smo metodologijo iz Uredbe UV2 [6]. 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.

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 25. Ocenjene efektivne doze za zaposlene v ostalih ustanovah so prikazane v tabeli 21 in na sliki 26. 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 27

Slika 25. 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

Z.St	Lokacija	Objekt	ure odrasli	doza (mSv)	ure otroci	doza (mSv)
1	oblački	Župnjijski vrtec Vrhnika	1584	0,82	1584	0,82
2	iskre	Žup. vrtec Vrhnika - Kaplanija	1584	3,91	1584	3,91
3	igralnica vrtca	Muljava	1584	1,86	1584	1,86
4	igralnica Bibe	vrtec Livold	1584	2,93	1584	2,93
5	2. razred 1 nad.	OŠ Livold	1584	1,66	1584	1,66
6	jedilnica	OŠ Kočevska Reka	1320	3,24	1320	3,24
7	igralnica Škratki	vrtec Kočevska Reka	1584	1,10	1584	1,10
8	igralnica Miške	vrtec Stara cerkev	1584	0,23	1584	0,23
9	1. razred	OŠ Sentrupert	1320	3,07	1320	3,07
10	2. razred	OŠ Sentrupert	1320	3,10	1320	3,10
11	igralnica Zvezdice	vrtec Lokev	1584	5,00	1584	5,00
12	igralnica Zvezdice	vrtec Lokev	1584	2,80	1584	2,80
13	igralnica	vrtec Tomaj	1584	10,59	1584	10,59
14	Pajki	vrtec na OŠ Senožeče	1584	4,93	1584	4,93
15	Pajki	vrtec na OŠ Senožeče	1584	2,19	1584	2,19
16	igralnica vrtca Sončki	vrtec Divača	1584	3,68	1584	3,68
17	igralnica vrtca Sončki	vrtec Divača	1584	3,79	1584	3,79
18	igralnica Pikapolonice	vrtec Senožeče	1584	3,66	1584	3,66
19	igralnica Miške	vrtec Sežana enota Jasli	1584	9,58	1584	9,58
20	igralnica vrtca	vrtec Komen	1584	4,66	1584	4,66
21	igralnica vrtca	vrtec na OŠ Komen	1584	5,07	1584	5,07
22	igralnica Pikapolonice	vrtec Dutovlje	1584	1,99	1584	1,99
23	igralnica Gumbki	vrtec na OŠ Bučka	1584	4,81	1584	4,81
24	igralnica Mehurčki	vrtec na OŠ Bučka	1584	1,10	1584	1,10
25	gospodinjstvo	OŠ Semič	1320	4,82	1320	4,82
26	garderoba čistilke	OŠ Semič	1320	10,03	1320	10,03
27	5. razred	OŠ M. Šobar Nataše Črnomelj	1320	3,66	1320	3,66
28	posebni oddelek	OŠ M. Šobar Nataše Črnomelj	1320	6,97	1320	6,97
29	igralnica Bibe	vrtec Vavta vas	1584	8,13	1584	8,13
30	igralnica Pikapolonice	vrtec Vavta vas	1584	3,63	1584	3,63
31	igralnica Polžki	vrtec na OŠ Prevole	1584	14,17	1584	14,17
32	igralnica Miškolini	vrtec na OŠ Prevole	1584	9,76	1584	9,76
33	1. razred	OŠ Prevole	1320	4,46	1320	4,46
34	2. razred	OŠ Prevole	1320	2,02	1320	2,02
35	1. razred	OŠ Bršljin	1320	0,50	1320	0,50
36	tehnični pouk	OŠ Center Novo mesto	1320	0,88	1320	0,88
37	1. razred	OŠ Mali Slatnik	1320	0,47	1320	0,47
38	2. razred	OŠ Dragotin Kette	1320	0,70	1320	0,70
39	likovni pouk	OŠ Drska	1320	0,58	1320	0,58
40	1. a razred	OŠ Grm	1320	0,14	1320	0,14
41	2. razred	OŠ Otočec	1320	0,52	1320	0,52
42	5. razred	OŠ Stopiče	1320	0,63	1320	0,63
43	1 - 3. razred	OŠ Dolž	1320	0,78	1320	0,78
44	5. razred	OŠ Podgrad	1320	3,24	1320	3,24
45	2. razred	OŠ Šmihel	1320	1,26	1320	1,26
46	1. razred	OŠ Birčna vas	1320	4,20	1320	4,20

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

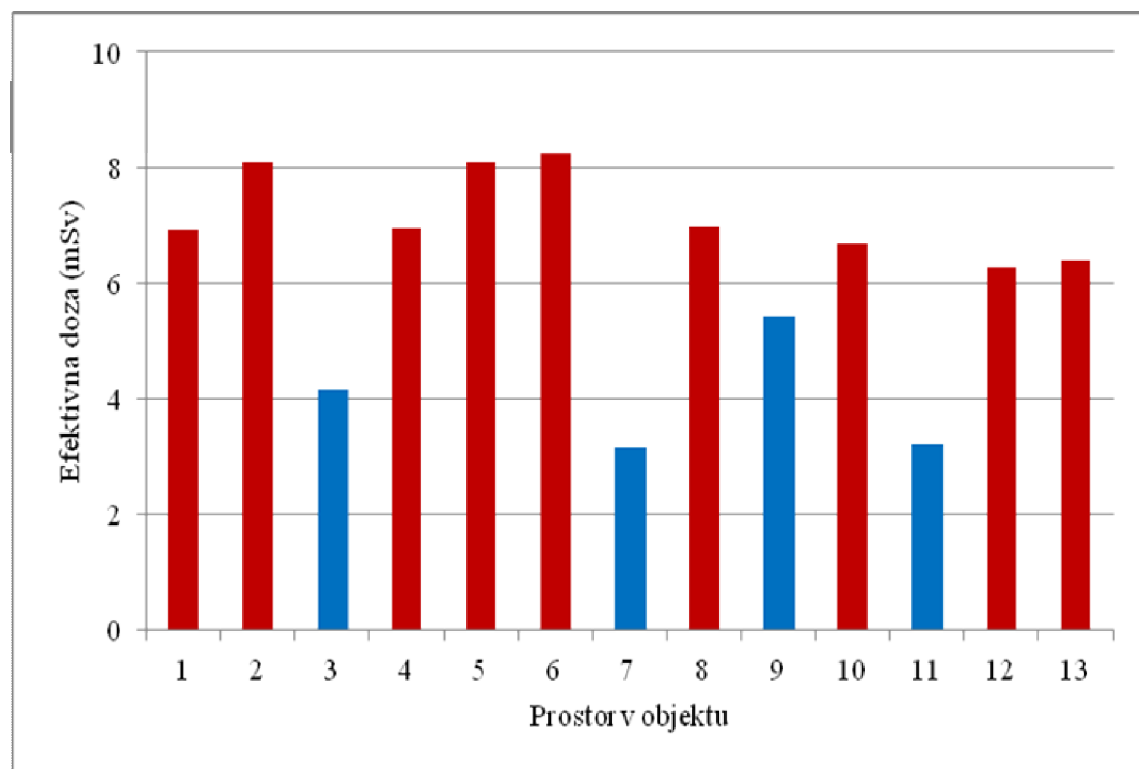
Tabela 20 (nadaljevanje). Ocenjene letne efektivne doze za odrasle in otroke v vrtcih in šolah

47	učilnica 2. glasba	OŠ Trebnje	1320	0,52	1320	0,52
48	1. razred	Dolenja nemška vas	1320	1,53	1320	1,53
49	1. razred	OŠ Šentlovrenc Trebnje	1320	3,76	1320	3,76
50	knjižnica	OŠ Veliki Gaber	1320	0,44	1320	0,44
51	1. razred	OŠ Mokronog	1320	2,51	1320	2,51
52	1. razred	OŠ Trebelno	1320	1,36	1320	1,36
53	1. razred	OŠ Mima	1320	0,46	1320	0,46
54	1. razred	OŠ šentrupert (Mima)	1320	0,52	1320	0,52

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



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 28

Slika 26. Histogram efektivnih doz za zaposlene v ostalih ustanovah (mSv/leto)

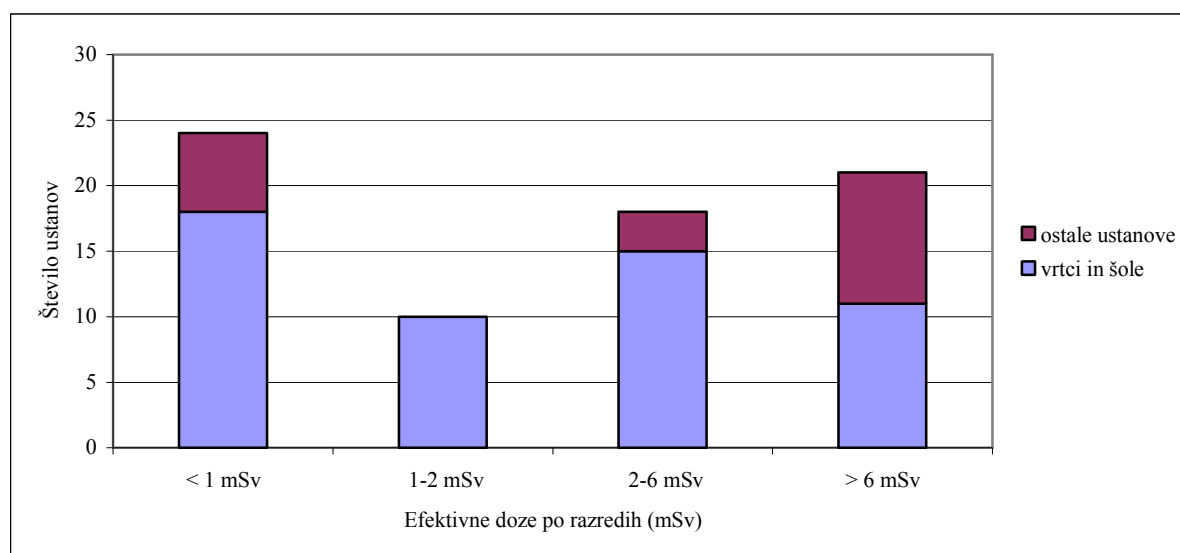
Tabela 21. Ocenjene letne efektivne doze za zaposlene v ostalih ustanovah

Z.št	Lokacija	Objekt	ure (h)	doza (mSv)
1	popravilo orožja	MORS Todraž	2000	6,90
2	minometna delavnica	MORS Todraž	2000	8,10
3	skladišče	MORS Todraž	2000	4,15
4	jug-7. obzorje - tur. del jame	Rudnik Mežica	600	6,95
5	Glančnik rov 8. obzorje - tur. del jame	Rudnik Mežica	600	8,08
6	Igrčevo 4. obzorje - kolesarski del jame	Rudnik Mežica	600	8,23
7	Fridrihov rov 4. obzorje - kolesarski del jame	Rudnik Mežica	600	3,15
8	Knap med 7. in 8. obzorjem - tur. del jame	Rudnik Mežica	600	6,97
9	jug-7. obzorje - tur. del jame	Rudnik Mežica	600	5,43
10	Glančnik rov 8. obzorje - tur. del jame	Rudnik Mežica	600	6,67
11	Igrčevo 4. obzorje - kolesarski del jame	Rudnik Mežica	600	3,23
12	Fridrihov rov 4. obzorje - kolesarski del jame	Rudnik Mežica	600	6,27
13	Knap med 7. in 8. obzorjem - tur. del jame	Rudnik Mežica	600	6,39

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

Rdeča - efektivna doza večja od 6 mSv/leto

Na sliki 27 so prikazane doze za zaposlene in otroke v vseh sedeminšestdesetih prostorih šol, vrtcev in ostalih ustanov, v katerih smo izvajali meritve koncentracije radona z detektorji sledi, razporejene po razredih. V petnajstih primerih so efektivne doze nižje od 1 mSv/leto, v osmih primerih so efektivne doze med 1 – 2 mSv/leto, v osemindvajsetih primerih so efektivne doze med 2 - 6 mSv/leto, v šestnajstih primerih so efektivne doze za višje od 6 mSv/leto.

**Slika 27. Efektivne doze po razredih**

7. Zaključki

V petinštiridesetih različnih objektih je bilo opravljenih sedeminšestdeset (67) meritev koncentracije radona z detektorji sledi. Izmerjene koncentracije radona so v dvajsetih (od štiriinpetdesetih) izbranih prostorih šol in vrtcev nižje od 400 Bq/m^3 , v štiriintridesetih pa višje od 400 Bq/m^3 . Izmerjene koncentracije radona v drugih ustanovah so v enem od izbranih prostorov (od trinajstih) nižje od 1000 Bq/m^3 , v dvanajstih pa višje od 1000 Bq/m^3 .

V petindvajsetih vrtcih, šolah in ostalih ustanovah od skupaj petinštiridesetih so ocenjene efektivne doze za zaposlene in otroke višje od 2 mSv/leto , od tega v osmih 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 prejeta efektivno dozo za zaposlene. V letu 2010 in 2011 smo opravili nekaj meritev v vrtcih na Krasu v zimskem in poletnem obdobju. Rezultati so pokazali, da so v nekaterih vrtcih koncentracije radona tudi v poletnih mesecih enake kot v zimskem obdobju. Zato smatramo, da bi bilo smotrno 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 efektivnimi dozami preko 6 mSv na leto.

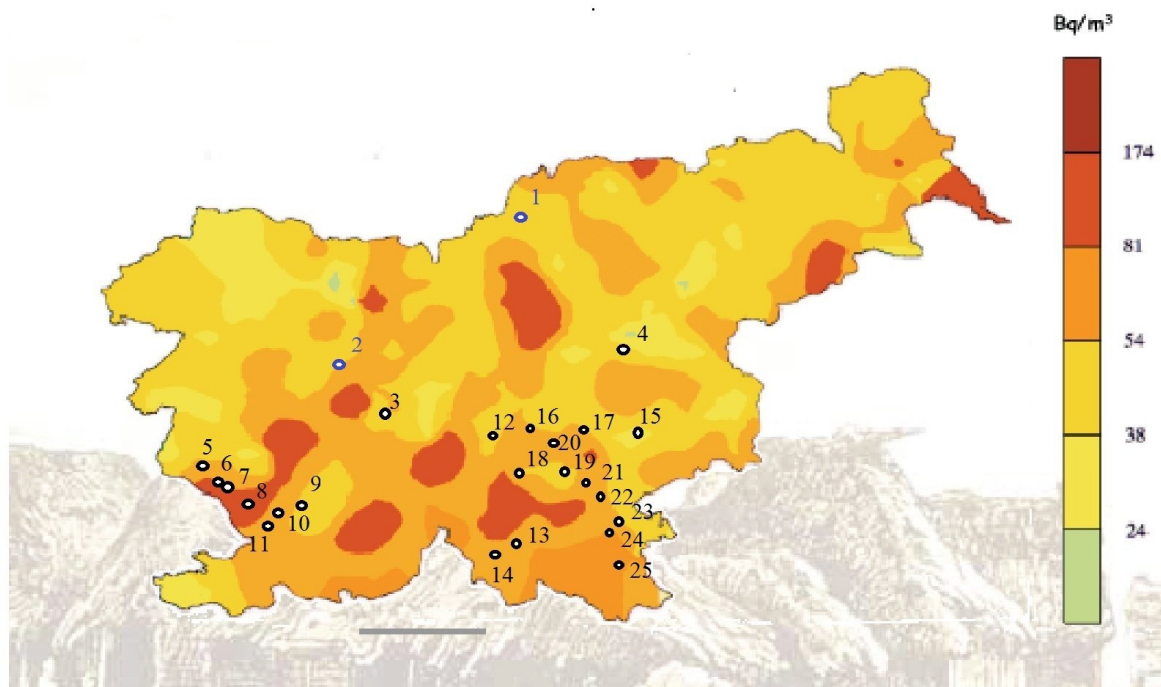
Ocenjene efektivne doze so v nekaterih primerih mogoče previsoke, saj je ocena konzervativna, a ne glede na to, so pomemben parameter pri reševanju problematike sevalne obremenjenosti zaposlenih in prebivalcev. Smotrno bi bilo, če bi se s pristojnimi v ustanovah, v katerih so bile izmerjene visoke koncentracije radona in posledično ocenjene visoke efektivne 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 efektivnih doz.

Ekstremni primeri so OŠ Milke Šobar Nataše, vrtec Vavta vas, vrtec Sežana enota Jasli, OŠ Semič, vrtec Tomaj in vrtec v OŠ Prevole. Stvari se premikajo v pravo smer, a kot kaže, sanacije objektov ne bodo niti preproste niti poceni.

Na sliki 28 so prikazane lokacije meritev koncentracije radona v letih od 2006 do 2011 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 29 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

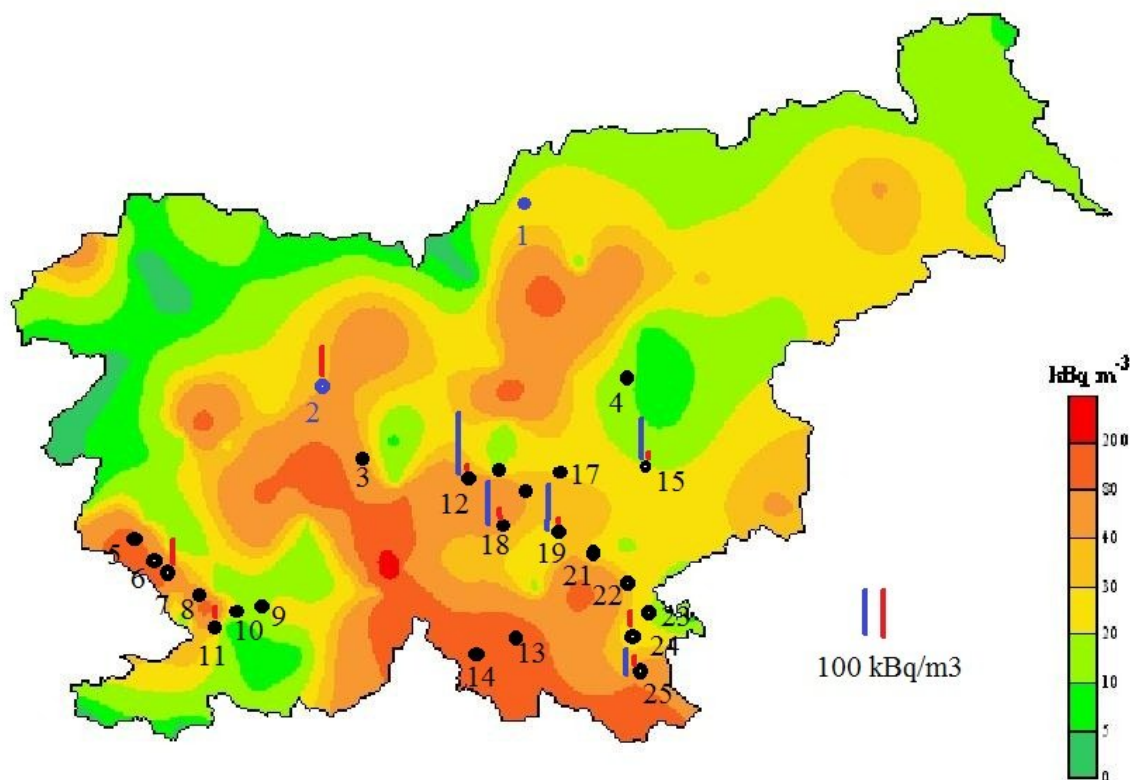
meritvah so nanešeni na karto radonskega potenciala v tleh v Sloveniji, izdelano na podlagi raziskovalne naloge [13].



Legenda:

1	Rudnik Mežica	14	OŠ Kočevska Reka
2	MORS Todraž	15	vrtec na OŠ Bučka
3	Žup. vrtec Vrhnika - Kaplanija	16	OŠ Šentlovrenc Trebnje
4	OŠ Šentrupert	17	OŠ Mokronog
5	vrtec Komen	18	vrtec na OŠ Prevole
6	vrtec Dutovlje	19	vrtec Vavta vas
7	vrtec Tomaj	20	Dolenja nemška vas
8	vrtec Sežana enota Jasli	21	OŠ Birčna vas
9	vrtec na OŠ Senožeče	22	OŠ Podgrad
10	vrtec Divača	23	OŠ Štrekljevec
11	vrtec Lokev	24	OŠ Semič
12	Muljava	25	OŠ M. Šobar Nataše Črnomelj
13	vrtec Livold		

Slika 28. Lokacije meritev koncentracije radona v objektih, ki presegajo 400 Bq/m^3 v vrtcih in osnovnih šolah (črne številke) oziroma 1000 Bq/m^3 v ostalih objektih (modre številke)



Slika 29. Koncentracija radona v tleh (modre številke) in v razpokah v objektih (rdeče številke), številke lokacij so iste kot na sliki 28

Iz slik 28 in 29 je razvidno, da obstaja korelacija med koncentracijo radona v tleh in v objektih. Na sliki 28 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 Kemski, 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
18. P. Jovanovič: Sistematično pregledovanje delovnega in bivalnega okolja, LMSAR-20100017-PJ, ZVD, 2010
19. Ministrstvo za zdravje, URSVS: Odločba št. 0610-7/2011-2-B02, z dne 20.4.2011