

Center za fizikalne meritve

Št. poročila: **LMSAR-20140010-PJ**

Laboratorij za določanje specifičnih aktivnosti radionuklidov

Datum: 3.11.2014

## Sistematika no pregledovanje delovnega in bivalnega okolja 2014

Naročnik:

Ministrstvo za zdravje

Uprava RS za varstvo pred sevanji

Ajdovščina 4

1000 Ljubljana

Pogodba št.

C2717-14-232004 (št. 4301-2/2014), z dne  
17.2.2014

Koordinator na ZVD:

Dr. Gregor Omahen

Poslano:

3 x naročnik

1 x arhiv ZVD

Poročilo pripravil: Peter Jovanovič, inž. fiz.	Poročilo pregledal: dr. Gregor OMAHEN, univ. dipl. fiz.

Dokument vsebuje 67 strani in Poročilo LMSAR-20140010-A-PJ  
in ga je dovoljeno reproducirati samo v celoti

## Povzetek

V letu 2014 smo opravili sto enajst meritev koncentracije radona z detektorji sledi v enainšestdesetih objektih. Opravili smo štiri meritve koncentracije radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti z namenom določiti poteka koncentracije radona in potomcev in devet meritev koncentracije radona z merilnimi instrumenti z namenom določiti virov izhajanja radona v prostore zgradb (radon v zemlji, špranje, razpoke, kanalizacijski in drugi jaški...).

V enainšestdesetih objektih šol in vrtcev smo postavili sedemindeset detektorjev sledi. V osemindesetih prostorih vrtcev in šol so bile izmerjene koncentracije radona skupaj z negotovostjo meritve višje od  $400 \text{ Bq/m}^3$ .

V štirinajstih prostorih ostalih objektov smo izmerili koncentracijo radona z detektorji sledi. V treh prostorih ostalih objektov so bile izmerjene koncentracije radona višje od  $1000 \text{ Bq/m}^3$ .

V dvaintridesetih primerih so učinkovite doze nižje od  $1 \text{ mSv/leto}$ , v sedmih primerih so učinkovite doze med  $1 - 2 \text{ mSv/leto}$ , v petindvajsetih primerih so učinkovite doze med  $2 - 6 \text{ mSv/leto}$ , v petih primerih so učinkovite doze za višje od  $6 \text{ mSv/leto}$ .

V obdobju od 2006 do 2014 smo opravili 720 meritev koncentracije radona z detektorji sledi v 431 objektih, od tega 565 meritev v 390 šolah in vrtcih, 139 meritev v 33 javnih ustanovah in 16 meritev v 8 stanovanjih. Izmerjene koncentracije radona so bile v 65 šolah in vrtcih in dveh stanovanjih višje od  $400 \text{ Bq/m}^3$ . Izmerjene koncentracije radona so bile v 17 drugih ustanovah višje od  $1000 \text{ Bq/m}^3$ .

Na podlagi opravljenih meritev smo naredili korelacijo med koncentracijo radona v prostorih objektov in koncentracijo radona v režah v tleh v istih prostorih. Izmerjene koncentracije radona v režah, nižje od  $3000 - 5000 \text{ Bq/m}^3$ , niso sorazmerne s koncentracijo radona v prostoru. Razlog za to je lahko neustrezno izbrana reža. Lahko pa je v tleh veliko manjših rež (premer manjši od  $5 \text{ mm}$ ), v katerih ne moremo izvesti meritev in zato ne moremo določiti doprinosa k koncentraciji radona v prostoru. V takih primerih je mogoče smiselno izvesti ponovne meritve z detektorji sledi v daljšem časovnem obdobju, npr. od februarja do konca junija, ko se zaključijo šolsko 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 učinkovitimi dozami preko  $6 \text{ mSv}$  na leto.

## Vsebina

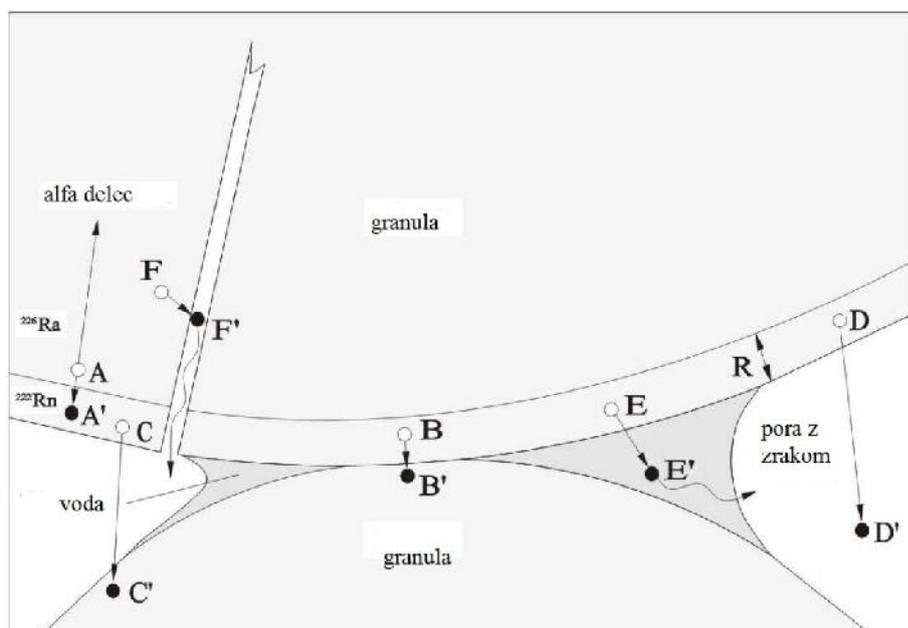
1	Uvod	4
1.1	Nastajanje radona v zemeljskih tleh	4
1.2	Transport radona v tleh	4
1.3	Radon v zgradbah	5
2	Namen in cilji naloge	5
3	Program meritev	6
4	Metode merjenja	8
4.1	Meritve koncentracije radona	8
4.1.1	Pasivna metoda – detektorji sledi	8
4.1.2	Aktivna metoda	8
4.1.3	Radon v zemlji	9
4.1.4	Meritve koncentracije vezanih radonovih potomcev	9
5	Rezultati meritev	10
5.1	Vrtci in osnovne šole	10
5.1.1	OŠ Vodmat	14
5.1.2	OŠ Sežana, PŠ Lokev	15
5.1.3	Vrtec Sežana, Enota Lokev	24
5.1.4	OŠ Kanal, PŠ Kal	33
5.1.5	OŠ Kobarid, PŠ Breginj	36
5.1.6	OŠ rni Vrh	40
5.1.7	OŠ Ribnica	48
5.2	Ostali objekti	51
5.2.1	UKC Ljubljana, Bohori eva ulica	52
5.2.2	SŽ VIT d. o. o., Diva a	56
6	Ocena prejetih efektivnih doz	57
7	Zaključki	62
8	Reference	66

## 1 Uvod

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

### 1.1 Nastajanje radona v zemeljskih tleh

Izotop radona,  $^{222}\text{Rn}$ , nastaja pri radioaktivnem razpadu izotopa radija,  $^{226}\text{Ra}$ , v granulah mineralov kamnin, pri kateri dobi kinetično energijo 86 keV [1]. Doseg atoma radona v mineralu je nekaj stotink  $\mu\text{m}$ , v vodi desetinka  $\mu\text{m}$  in v zraku 63  $\mu\text{m}$ . Difuzijski koeficient za radon je  $10^{-20} \text{ cm}^2/\text{s}$ , kar pomeni, da pridejo iz granule minerala samo tisti atomi radona, ki nastanejo pri razpadu radijevih atomov, ki se nahajajo v zunanji plasti do debeline 50 nm (Slika 1). Beli krogi predstavljajo atome  $^{226}\text{Ra}$ , črni pa atome  $^{222}\text{Rn}$ . V primerih A, B in C radon ne pride iz granule, v primerih D, E in F pa atomi radona pridejo v prostor med granulami. Delež atomov radona, ki pridejo v vmesni prostor med granulami, definiramo kot koeficient emanacije. Povprečna vrednost koeficienta emanacije je 0,2, razpon vrednosti je zelo širok od 0,01 do 0,7, odvisno od vrste mineralov (v nekaterih mineralih kot npr. zirkon, se atomi  $^{226}\text{Ra}$  nahajajo na površini, zato je koeficient emanacije večji) in količine vode med granulami. Koeficient emanacije narašča s količino vode med granulami (do 30 % nasičenosti), in nato zaradi manjšega difuzijskega koeficienta v vodi hitro pade [2].



Slika 1. Shematski prikaz izhajanja radona iz granul mineralov (povzeto po [2])

### 1.2 Transport radona v tleh

Radon, ki pride iz mineralov v prostor med granulami, se premika po tleh na dva načina, z difuzijo in s konvekcijo. Na oba načina vplivajo fizikalne lastnosti tal, kot velikost granul

kamnin, vlaga med granulami, poroznost, permeabilnost (prepustnost) in difuzivnost. Granule imajo velikosti od nekaj mikronov (fina glina) do več milimetrov (pesek). Prostor med granulami ni vedno zapolnjen z vodo, običajne vrednosti se gibajo med 15 % za pesek in 70 % za glino. Permeabilnost (prepustnost) tal se gibajo med  $10^{-7} \text{ m}^2$  za pesek in  $10^{-16} \text{ m}^2$  za glino [1].

Za suha, fina tla, skozi katera se giblje radon samo z difuzijo, velja Fickov zakon,

$$j_{Rn}^d = -D_e \frac{\delta C_{Rn}}{\delta x},$$

kjer je  $j_{Rn}^d$  gostota radonskega toka zaradi difuzije,  $D_e$  je efektivna difuzijska konstanta,  $C_{Rn}$  je koncentracija radona v tleh. V debelih plasteh zemljine, skozi katere se radon premika z difuzijo, vpeljemo difuzijsko dolžino za radon,  $L = (D_e/\lambda)$ , kjer je  $\lambda$  razpadna konstanta za radon. Difuzijska dolžina za radon je 1 m [1].

Za tla z večimi razpokami, skozi katera se giblje radon zaradi konvekcije, pa velja Darcy-jev zakon:

$$v = -\frac{k \delta p}{\mu \delta x},$$

kjer je  $v$  hitrost zraka,  $k$  permeabilnost tal,  $\mu$  viskoznost zraka in  $p$  zračni tlak [1].

### 1.3 Radon v zgradbah

Radon je inertni plin, kemijsko neaktiven, zato izhaja iz tal proti površju. Radon prihaja v zgradbe na dva načina, z difuzijo skozi temeljno ploščo ali s konvekcijo skozi razpoke, špranje ali luknje v tleh. Na vstopanje radona v zgradbe vplivata veter in ogrevanje prostorov v zgradbah. Veter povzroča ob zgradbah podtlak, zaradi česar se poveča tlak na razlika med zračnim tlakom pod temeljno ploščo in zračnim tlakom v zgradbi. Ogrevanje prostorov privede do razlike v temperaturi pod temeljno ploščo in prostorom nad njo in zaradi negativnega temperaturnega gradienta zrak izpod temeljne plošče hitreje vdira v objekt [1].

Hitrost vstopanja radona v objekte zaradi difuzije je  $10 - 37 \text{ Bq/m}^3/\text{h}$ . V primeru konvekcije je lahko hitrost vstopanja radona v objekt tudi za dva velikostna razreda višja [3].

## 2 Namen in cilji naloge

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  $87 \text{ Bq/m}^3$  je bila aproksimativno določena srednja letna vrednost, ki znaša  $54 \text{ Bq/m}^3$  [4], v 3 % bivalnih prostorov je bila presežena koncentracija radona  $400 \text{ Bq/m}^3$ , ki je v Uredbi UV2 [8] navedena kot mejna celoletna povprečna koncentracija za bivalno okolje.

V letih pred uvedbo nove zakonodaje iz varstva pred sevanji smo v Sloveniji izvajali tudi pilotne 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.

Z uvedbo nove zakonodaje je na podlagi 45. in 46. člena Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti [5] potrebno sistematno pregledovanje delovnega in bivalnega okolja zaradi naravnih virov sevanja [6]. Na delovnih mestih s povečano izpostavljenostjo zaposlenih je na podlagi Pravilnika SV5 [7] in Uredbe UV2 [8] potrebno izvajanje ukrepov za zmanjšanje izpostavljenosti naravnim virom.

V letih 2006 – 2014 je Uprava za varstvo pred sevanji (URSVS) razpisala projektne naloge za sistematno pregledovanje delovnega in bivalnega okolja zaradi naravnih virov sevanja, v katere so vključene meritve v vrtcih, šolah, drugih javnih ustanovah in podjetjih ter stanovanjskih objektih ([9] - [16] in to poročilo). 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 določiti osnovnega poteka koncentracij radona in potomcev ter iskanja virov radona v objektih.

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 [13].

### 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 februarja do oktobra 2014.

Opravili smo 111 meritev koncentracije radona z detektorji sledi v 69 objektih. Opravili smo devet meritev koncentracije radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti z namenom določiti osnovnega poteka koncentracije radona in potomcev. Meritve z merilnimi instrumenti smo opravili na UKC Ljubljana, PŠ Kal, PŠ Breginj, OŠ rni Vrh, dve meritvi, Vrtec Sežana, Enota Lokev, dve meritvi, OŠ Sežana, PŠ Lokev, dve meritvi. Opravili smo tudi tri meritve koncentracije radona z merilnimi instrumenti z namenom določiti virov izhajanja radona v prostore zgradb (radon v zemlji, špranje, razpoke, kanalizacijski in drugi jaški...). To so OŠ Vodmat, OŠ dr. F. Prešerna Ribnica in SŽ VIT d. o. o. Divača.

Vrtec Grgar so podrli, PŠ Trnovo je bila sanirana šele konec septembra, dislocirane enote vrtca v Novi Gorici ni, zato so izpadle štiri meritve koncentracije radona z detektorji sledi, ki smo jih nadomestili z meritvami v GŠ Šempeter (podružnica GŠ Nova Gorica), v OŠ rni Vrh (dve meritvi) in dveh stanovanjih (Koševska Reka in Maribor).

Tabela 1. Program meritev 2014

Objekt	Predvidene meritve			Opravljene meritve		
	a	b	c	a	b	c
OŠ Vodmat	1		1	1		1
UKC Ljubljana	4	1		4	1	
ZD Ljubljana	1			1		
OŠ Sostro (5 šol)	5			5		
Vrtec Škofljica (5 enot)	5			5		
OŠ Škofljica (3 šole)	3			3		
Dom krajanov Lavrica	1			1		
OŠ F. Prešerna Ribnica (3 šole)	5			5		
OŠ Ob Rinži (PŠ Ko evska Reka)	1			1		
SŽ (ŽP Diva a, SZ VIT)	5		1	5		1
OŠ Kanal (PŠ Kal)	2	1		2	1	
OŠ Kobarid (PŠ Breginj)	2	1		2	1	
OŠ Solkan (3 šole) <sup>1</sup>	6			3		
OŠ epovan	2			2		
OŠ rni Vrh <sup>4</sup>	9	2		10	2	
Vrtec Idrija (3 enote)	3			3		
Psihiatri na bolnišnica Idrija	1			1		
Vrtec Sežana (4 enote)	7	2		7	2	
OŠ Komen	3			3		
OŠ Sežana (PŠ Lokev)	4	2		4	2	
OŠ Šmihel (PŠ Bir na vas)	1			1		
OŠ Trebnje (PŠ Šentlovrenc)	1			1		
OŠ Škocjan (PŠ Bu ka)	1			1		
OŠ Stopi e (PŠ podgrad)	1			1		
OŠ Semi	1			1		
OŠ M.Š. Nataše momelj	3			3		
OŠ Prevole	2			2		
Vrtci Goriška regija <sup>2</sup>	14			13		
OŠ Goriška regija <sup>3</sup>	9			10		
Stanovanja				2		
Rezerva	8		1	8		1
Skupaj	111	9	3	111	9	3

Legenda:

a - osnovne meritve z detektorji sledi

b - kontinuirne meritve koncentracije radona in potomcev

c - iskanje virov radona z merilnimi instrumenti

<sup>1</sup> Vrtec Grgar podrli, PŠ Trnovo sanirana šele konec septembra

<sup>2</sup> Dislocirane enote vrta v Novi Gorici ni

<sup>3</sup> Dodatno ena meritev: Glasbena šola Šempeter

<sup>4</sup> Dodatno dve meritvi: OŠ rni Vrh

<sup>5</sup> Dodatno dve meritvi v stanovanjih

## 4 Metode merjenja

Koncentracijo radona v prostorih objektov izbranih ustanov smo določili ali 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 [17]. Trenutno koncentracijo radona v zemlji, jaških, razpokah in špranjah smo določili ali z merilnimi instrumenti (aktivna metoda). Meritev je trajala dve uri ali več [18].

### 4.1 Meritve koncentracije radona

#### 4.1.1 Pasivna metoda – detektorji sledi

Koncentracijo radona skozi daljše časovno obdobje smo določili ali z detektorji sledi, podjetja Landauer Nordic, 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 Landauer Nordic 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 [16], ND-LMSAR-3.02 [19] in OB-LMSAR-3.03 [20].



Slika 1. Detektor sledi

#### 4.1.2 Aktivna metoda

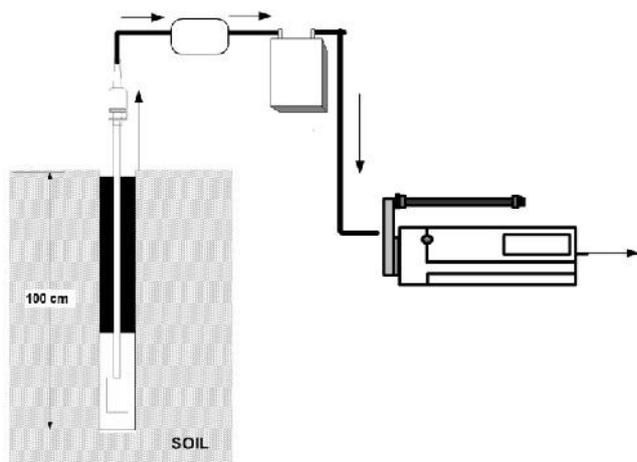
Časovni potek koncentracije radona za obdobje nekaj dni smo določili ali z merilnimi instrumenti Alphaguard (Genitron, Nemčija) in RAD 7 (DurrIDGE, ZDA). Detektor sevanja alfa v instrumentu Alphaguard je cilindrična ionizacijska celica z volumnom 0,5 litra, merilni instrumenti System 30 in RAD 7 pa uporabljata za določanje sevanja alfa polprevodniški detektor. Število sunkov na detektorju je premo sorazmerno koncentraciji radona oziroma radonovih potomcev v zraku, ki se podaja v  $\text{Bq/m}^3$ . Intervale merjenja nastavimo na željeno vrednost, od nekaj minut do več ur [18].

Meritve koncentracije radona v zraku smo izvedli skladno s postopkom DP-LMSAR-3.02 [18]. 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.

Napaka meritve s faktorjem razširjanja  $k = 1$  za merilni instrument Alphaguard je 8 %, za merilni instrument RAD7 znaša 8 % [18].

#### 4.1.3 Radon v zemlji

Koncentracijo radona v zemlji smo merili z merilnim instrumentom instrumenti Alphaguard (Genitron, Nemija) in RAD7 (DurrIDGE, ZDA). V zemljo smo zabili cev (notranji premer 1 cm) v globino 80 - 100 cm. Izhod cevi smo povezali s plastično cevko preko rpalke do merilnega instrumenta (Slika 3).



Slika 2. Merjenje koncentracije radona v zemlji

#### 4.1.4 Meritve koncentracije vezanih radonovih potomcev

Asovni potek koncentracije vezanih radonovih potomcev za obdobje nekaj dni smo določili ali z merilnim instrumentom WLM-30 (Working Level Monitor), firme Scintrex iz Kanade in Doseman Pro, Sarad, Nemija. Rpalke s pretokom 1 liter/minuto rpa 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  $\text{Bq/m}^3$  [18].

Interval vzorjenja 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 [18]. 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.

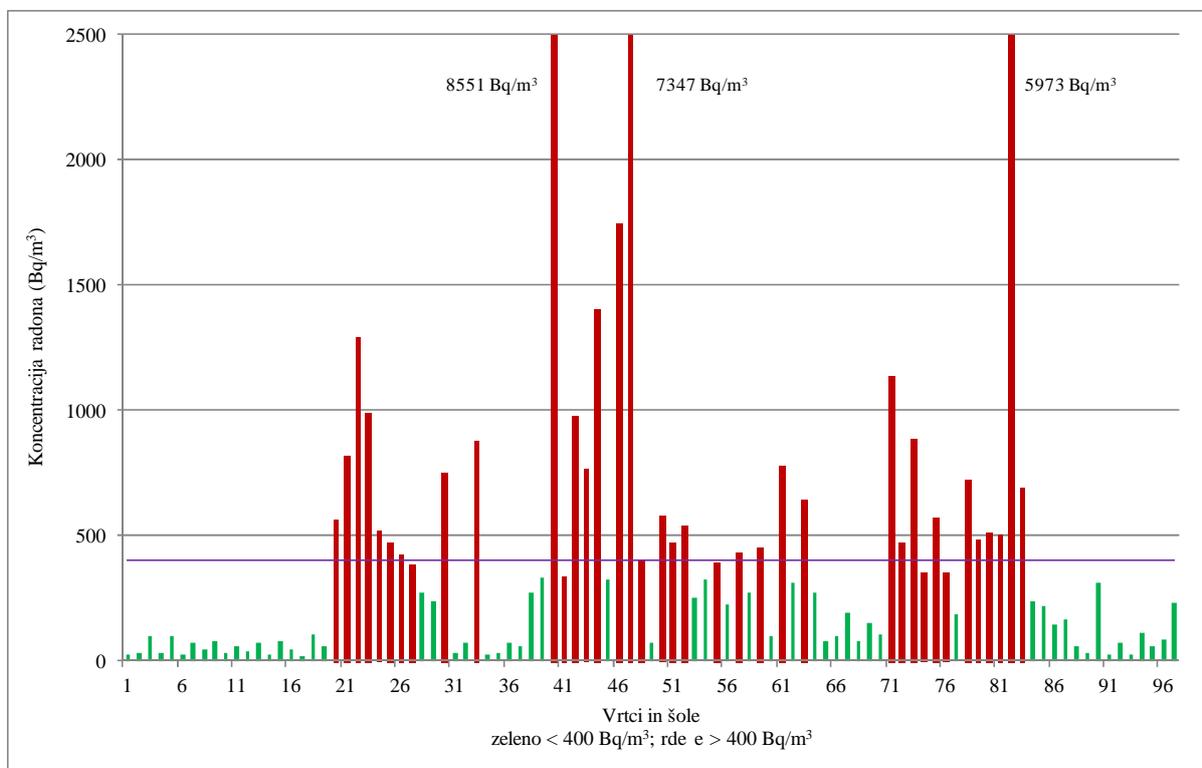
Napaka meritve s faktorjem razširjanja  $k = 1$  za merilni instrument BWLM-2S znaša 7 % in za merilni instrument Doseman Pro znaša 10 % [18].

## 5 Rezultati meritev

### 5.1 Vrtci in osnovne šole

Rezultati meritev koncentracije radona z detektorji sledi so prikazani v tabeli 2 in na sliki 3. V enainšestdesetih (61) objektih smo postavili sedemindeset (97) detektorjev sledi. V osemintiridesetih (38) prostorih vrtcev in šol so bile izmerjene koncentracije radona skupaj z negotovostjo meritve višje od  $400 \text{ Bq/m}^3$  (slika 3).

Vse izmerjene koncentracije radona, ki skupaj z negotovostjo meritve presegajo  $400 \text{ Bq/m}^3$ , so obarvane rde e. V devetinpetdesetih prostorih izbranih objektov so bile izmerjene vrednosti koncentracije radona nižje od  $400 \text{ Bq/m}^3$  (obarvano zeleno). Na sliki 4 podajamo verjetnostno in kumulativno porazdelitev izmerjenih koncentracij radona v vrtcih in šolah. V 34 % vseh merjenih prostorov šol in vrtcev je bila koncentracija radona višja od  $400 \text{ Bq/m}^3$ .



**Slika 3. Histogram koncentracij radona v osnovnih šolah in vrtcih v letu 2014**

\* Vse izmerjene koncentracije radona, ki skupaj z negotovostjo meritve presegajo  $400 \text{ Bq/m}^3$ , so obarvane rde e

Tabela 2. Rezultati meritev koncentracije radona z detektorji sledi\*

Zap. št.	Detektor	Start	Stop	Prostor	Objekt	Konc. radona (Bq/m <sup>3</sup> )
1	686237-9	25.2.2014	10.4.2014	igralnica U enjaki	OŠ Solkan - vrtec	27 ± 4
2	704566-9	25.2.2014	11.4.2014	igralnica Zaj ki	Vrtec Rastje na OŠ Branik	35 ± 6
3	705003-2	25.2.2014	10.4.2014	igralnica Rde i baloni	Vrtec na OŠ Dornberk	100 ± 20
4	705152-7	25.2.2014	10.4.2014	igralnica Son ki	Vrtec Prva ina	32 ± 6
5	703977-9	25.2.2014	10.4.2014	igralnica Mavrice	Vrtec na OŠ Šempas	102 ± 20
6	703899-5	25.2.2014	10.4.2014	igralnica Son ki	VVO N. Gorica, Centralni v.	27 ± 4
7	704776-4	25.2.2014	10.4.2014	igralnica Medvedki	VVO N. Gorica, Vrtec Mojca	75 ± 10
8	703589-2	25.2.2014	10.4.2014	soba ravnateljica	VVO N. Gorica, uprava	44 ± 6
9	705127-9	25.2.2014	10.4.2014	igralnica Muce	VVO N. Gor., Vrtec Najdihojca	81 ± 12
10	705485-1	25.2.2014	10.4.2014	igralnica Modri pal ki	VVO N. Gorica, Vrtec Ciciban	33 ± 6
11	703811-0	25.2.2014	10.4.2014	igralnica Jagode	VVO N. Gorica, Vrtec Kurir ek	57 ± 8
12	705126-1	25.2.2014	10.4.2014	Igralnica Ra ke	VVO N. Gorica, Enota Kekec	36 ± 6
13	703803-7	25.2.2014	10.4.2014	igralnica Spomin ice	VVO N. Gorica, Vrtec J. Pavleti	69 ± 10
14	704890-3	25.2.2014	10.4.2014	Igralnica Sme	VVO N. Gorica, vrtec ri ek	23 ± 4
15	705165-9	27.2.2014	14.4.2014	igralnica Medvedki	Vrtec Škofljica, Enota Citron ek	80 ± 12
16	703703-9	27.2.2014	14.4.2014	igralnica Kužki	VVO Lavrica, vrtec stari	48 ± 8
17	705121-2	27.2.2014	10.4.2014	igralnica Žogice	VVO Lavrica, vrtec Bisernik	18,4 ± 5,8
18	700341-1	27.2.2014	14.4.2014	igralnica Krtki	VVO Lanovo, Enota Škratec	106 ± 20
19	711036-4	27.2.2014	14.4.2014	igralnica	DIO Albrehtova	57 ± 8
20	694838-4	24.2.2014	10.4.2014	igralnica P8	Vrtec Idrija, Enota Prelova	566 ± 70
21	703930-8	21.2.2014	10.4.2014	igralnica	Vrtec Idrija, Enota Sp. Idrija	816 ± 100
22	685144-8	29.8.2014	3.10.2014	v1 - omara	VVO Idrija, Enota mi vrh	1294 ± 160
23	705319-2	3.3.2014	14.4.2014	igralnica 1	VVO Sežana, Lehte, st. del	994 ± 120
24	704342-5	28.2.2014	10.4.2014	igralnica	VVO Sežana, Enota Komen	517 ± 70
25	705030-5	28.2.2014	14.4.2014	igralnica Zaj ki na OŠ	VVO Sežana, Enota Senože e	475 ± 60
26	686481-3	26.2.2014	14.4.2014	igralnica Žabice spodaj	VVO Sežana, Enota Lokev	425 ± 60
27	685712-2	26.2.2014	14.4.2014	igralnica zgoraj	VVO Sežana, Enota Lokev	386 ± 50
28	686091-0	22.5.2014	25.9.2014	igralnica Žabice spodaj	VVO Sežana, Enota Lokev	271 ± 40
29	686682-6	22.5.2014	25.9.2014	igralnica zgoraj	VVO Sežana, Enota Lokev	237 ± 30
30	705372-1	3.3.2014	16.4.2014	u ilnica 10 v kleti	OŠ Vodmat	755 ± 100
31	705047-9	27.2.2014	10.4.2014	knjižnica	OŠ Sostro	33 ± 6
32	705154-3	27.2.2014	10.4.2014	3.4. razred	OŠ Sostro, PŠ Besnica	72 ± 10
33	705182-4	27.2.2014	10.4.2014	u ilnica 1	OŠ Sostro, PŠ Jan e	876 ± 110
34	705318-4	27.2.2014	10.4.2014	u ilnica 1	OŠ Sostro, PŠ Lipoglav	26 ± 4
35	705196-4	27.2.2014	10.4.2014	1.2. razred	OŠ Sostro, PŠ Prežganje	35 ± 6
36	686923-4	27.2.2014	10.4.2014	1.a razred	OŠ Škofljica	70 ± 10
37	686205-6	27.2.2014	10.4.2014	2.m razred	OŠ Škofljica, PŠ Lavrica	59 ± 8
38	685956-5	27.2.2014	10.4.2014	1.2. razred	OŠ Škofljica, PŠ Želimlje	274 ± 40
39	704828-3	27.2.2014	10.4.2014	tehnika CK3 klet	OŠ F. Prešerna Ribnica	329 ± 50
40	686061-3	27.2.2014	10.4.2014	stavba A, u ilnica AP1	OŠ F. Prešerna Ribnica	8581 ± 1550
41	705043-8	27.2.2014	10.4.2014	stavba B, u ilnica BP5	OŠ F. Prešerna Ribnica	341 ± 50

\* Vse izmerjene koncentracije radona, ki skupaj z negotovostjo meritve (interval zaupanja  $k = 2$ ) presegajo 400 Bq/m<sup>3</sup>, so obarvane rde e

**Tabela 2 (nadaljevanje). Rezultati meritev koncentracije radona z detektorji sledi\***

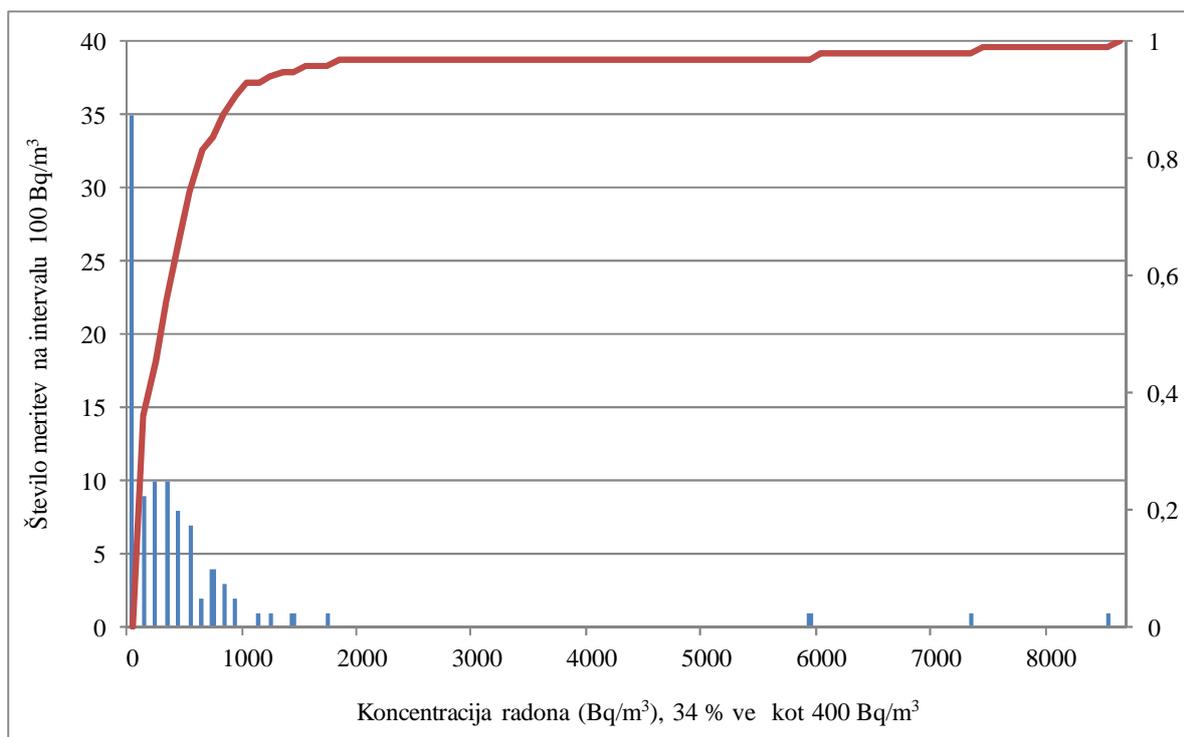
Zap. št.	Detektor	Start	Stop	Prostor	Objekt	Konc. radona (Bq/m <sup>3</sup> )
42	686257-7	21.5.2014	16.6.2014	hodnik	OŠ Ribnica	980 ± 120
43	686578-6	21.5.2014	16.6.2014	delavnica - klet	OŠ Ribnica	768 ± 100
44	686543-0	21.5.2014	16.6.2014	knjižnica	OŠ Ribnica	1406 ± 180
45	686686-7	21.5.2014	16.6.2014	arhiv - klet	OŠ Ribnica	327 ± 50
46	686208-0	21.5.2014	16.6.2014	pisarna knjižnice	OŠ Ribnica	1747 ± 220
47	685791-6	21.5.2014	16.6.2014	u ilnica API	OŠ Ribnica	7347 ± 1330
48	685616-5	21.5.2014	16.6.2014	u ilnica 1. a, 1. nad.	OŠ Ribnica	405 ± 60
49	703638-7	27.2.2014	10.4.2014	1. razred	OŠ Ribnica, PŠ Dolenja vas	71 ± 10
50	705307-7	27.2.2014	10.4.2014	3. razred	OŠ Ribnica, PŠ Sušje	579 ± 80
51	704123-9	24.2.2014	13.5.2014	u ilnica - jedilnica	PŠ Ko evska reka	470 ± 60
52	705718-5	26.2.2014	11.4.2014	2. -3. razred	OŠ Kanal, PŠ Kal	539 ± 70
53	703693-2	26.2.2014	11.4.2014	igralnica	OŠ Kanal, PŠ Kal	252 ± 40
54	685683-5	4.3.2014	14.4.2014	vrtec	OŠ Kobarid, PŠ Breginj	327 ± 50
55	686700-6	6.3.2014	10.4.2014	1.2. razred	OŠ Kobarid, PŠ Breginj	392 ± 60
56	686883-0	25.2.2014	10.4.2014	5.a razred	OŠ Solkan	225 ± 30
57	705491-9	25.2.2014	10.4.2014	3.4. razred	OŠ Solkan, PŠ Grgar	429 ± 60
58	686530-7	25.2.2014	10.4.2014	igralnica vrta	OŠ epovan	271 ± 40
59	686136-3	25.2.2014	10.4.2014	1. razred	OŠ epovan	449 ± 60
60	783250-4	30.8.2014	2.10.2014	telovadnica	OŠ rni vrh	97 ± 14
61	783782-6	30.8.2014	2.10.2014	tehni ni pouk	OŠ rni vrh	781 ± 100
62	783047-4	30.8.2014	2.10.2014	matematika	OŠ rni vrh	313 ± 50
63	783884-0	30.8.2014	2.10.2014	biologija	OŠ rni vrh	648 ± 90
64	783123-3	9.9.2014	2.10.2014	bivši vrtec	OŠ rni vrh	275 ± 40
65	783827-9	30.8.2014	2.10.2014	knjižnica (1. nad)	OŠ rni vrh	78 ± 14
66	783199-3	30.8.2014	2.10.2014	zbornica (1.nad.)	OŠ rni vrh	97 ± 14
67	780119-4	30.8.2014	2.10.2014	zgodovina, geografija	OŠ rni vrh	189 ± 30
68	783055-7	30.8.2014	2.10.2014	1. razred, 1. nad	OŠ rni vrh	82 ± 14
69	779115-5	30.8.2014	2.10.2014	angleš ina, gl. vzgoja	OŠ rni vrh	150 ± 30
70	782126-7	30.8.2014	2.10.2014	slovenš ina	OŠ rni vrh	108 ± 20
71	686088-6	26.2.2014	23.4.2014	1. 2. razred (prit.)	OŠ Sežana, PŠ Lokev	1140 ± 140
72	685992-0	26.2.2014	23.4.2014	3. 4. razred (1. nad.)	OŠ Sežana, PŠ Lokev	470 ± 60
73	686685-9	26.5.2014	2.10.2014	1. 2. razred (pr.)	OŠ Sežana, PŠ Lokev	885 ± 140
74	685117-4	26.5.2014	2.10.2014	3. 4. razred (1. nad.)	OŠ Sežana, PŠ Lokev	349 ± 50
75	704470-4	25.2.2014	14.4.2014	u ilnica 1. razred	OŠ Komen	575 ± 70
76	704792-1	25.2.2014	14.4.2014	u ilnica TIT	OŠ Komen	353 ± 50
77	705540-3	25.2.2014	14.4.2014	u . zgodovina (1. nad.)	OŠ Komen	186 ± 30
78	703963-9	21.2.2014	15.4.2014	u ilnica 1. razred	OŠ Šmihel, PŠ Bir na vas	726 ± 90
79	703898-7	3.3.2014	10.4.2014	u ilnica	OŠ Trebnje, PŠ Šentlovrenc	488 ± 70
80	704910-9	24.2.2014	15.4.2014	igralnica Ostržki	OŠ Škocjan, PŠ Bu ka	511 ± 70
81	704305-2	24.2.2014	15.4.2014	u ilnica (levo)	OŠ Stopi e, PŠ Podgrad	507 ± 70
82	704183-3	24.2.2014	11.4.2014	gospodinjstvo	OŠ Semi	5973 ± 1080

\* Vse izmerjene koncentracije radona, ki skupaj z negotovostjo meritve (interval zaupanja  $k = 2$ ) presegajo 400 Bq/m<sup>3</sup>, so obarvane rde e

**Tabela 2 (nadaljevanje). Rezultati meritev koncentracije radona z detektorji sledi\***

Zap. št.	Detektor	Start	Stop	Prostor	Objekt	Konc. radona (Bq/m <sup>3</sup> )
83	705013-1	24.2.2014	10.4.2014	u ilnica 7	OŠ M. Š.N. rnomelj	690 ± 90
84	705584-1	24.2.2014	10.4.2014	WC de ki, spodaj	OŠ M. Š.N. rnomelj	240 ± 40
85	126878-8	24.2.2014	10.4.2014	WC deklice, spodaj	OŠ M. Š.N. rnomelj	216 ± 30
86	704140-3	27.2.2014	10.4.2014	igralnica vrta 1	OŠ Prevole	148 ± 20
87	705236-8	27.2.2014	10.4.2014	igralnica vrta 2	OŠ Prevole	167 ± 30
88	705388-7	25.2.2014	11.4.2014	kemija	OŠ Branik	61 ± 8
89	704477-9	25.2.2014	10.4.2014	1. razred	OŠ Dornberk	34 ± 6
90	705531-2	25.2.2014	10.4.2014	1.2. razred	OŠ Dornberk, PŠ Prva ina	313 ± 40
91	705358-0	25.2.2014	10.4.2014	u ilnica tehni ni pouk	OŠ Šempas	23 ± 4
92	704119-7	25.2.2014	11.4.2014	1.2. razred	OŠ Kozara Nova Gorica	75 ± 10
93	705332-5	25.2.2014	10.4.2014	2. c razred	OŠ F. Erjavca Nova Gorica	23 ± 4
94	704519-8	25.2.2014	10.4.2014	4.b razred	OŠ M. Štrukelj Nova Gorica	114 ± 20
95	705771-4	25.2.2014	10.4.2014	1. b razred	OŠ M. Štrukelj, PŠ Ledine	58 ± 8
96	704101-5	25.2.2014	10.4.2014	zbornica - pritli je	GŠ N. Gorica, PŠ Šempeter	84 ± 12
97	704407-6	25.2.2014	10.4.2014	u ilnica tolkala v kleti	GŠ N. Gorica, Nova Gorica	235 ± 40

\* Vse izmerjene koncentracije radona, ki skupaj z negotovostjo (interval zaupanja  $k = 2$ ) meritve presegajo 400 Bq/m<sup>3</sup>, so obarvane rde e

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

### 5.1.1 OŠ Vodmat

V OŠ Vodmat smo določili ali koncentracijo radona z detektorji sledi že v letu 2013. Zaradi povišane koncentracije radona smo v letu 2014 ponovili meritve v učilnici 10 v kleti. V tabeli 3 je prikazana izmerjena koncentracija radona v učilnici 10 v kleti v letih 2013 in 2014. Izmerjena koncentracija radona je bila povišana tudi v letu 2014 (Tabela 2, Tabela 3).

**Tabela 3. Koncentracija radona v OŠ Vodmat**

Lokacija meritev: učilnica 10 v kleti

Leto	čas meritve	Bq/m <sup>3</sup>
2013	4.3.2013 – 16.4.2013	865 ± 110
2014	3.3.2014 – 16.4.2014	755 ± 100

Tlak v učilnici 10 je obnovljen. Po tleh so položene linolejne plošče, ki ne tesnijo povsod. Na nekaterih delih plošče že odstopajo. Pod umivalnikom je glavni odtok, preko katerega je položena tanjša plošča. V učilnici 10 smo določili ali tudi vire radona. V tabeli 4 je prikazana koncentracija radona v špranji pod tablo (Slika 5), v špranji umivalnikom (Slika 6) in v luknji v steni za odtok (Slika 7).



Slika 5: Radon v špranji pod tablo



Slika 6: Radon v špranji pod umivalnikom



Slika 7: Radon v luknji za odtok

**Tabela 4. Iskanje virov radona**

Lokacija meritev: OŠ Vodmat, u ilnica 10 v kleti

Lokacija	Merilni instrument	Bq/m <sup>3</sup>
Špranja pod tablo	RAD7	21000 ± 1900
Špranja pod umivalnikom	RAD7	10000 ± 1100
Luknja v steni za odtok	RAD7	18500 ± 1600

Po izjavah zaposlenih temeljna ploš a ni bila sanirana, zamenjan je bil samo tlak. Kakršni koli posegi oziroma sanacija tal, e je bila izvedeni, ni u inkovita. Predlagamo, da se zatesnijo robovi ob stikih s steno in da se zatesni odtok pod umivalnikom in v steni, od koder o itno prihaja v u ilnico veliko radona.

**5.1.2 OŠ Sežana, PŠ Lokev**

Podružni na šola Lokev je obnovljena. Po tleh je položen parket, ob robovih so kotne letve, za katerimi so vidne reže. Po hodniku, straniš ih in kuhinji so položene ploš ice. Objekt ni podkleten. Pod temeljno ploš o so položene perforirane cevi, napeljene v glavno cev, ki poteka ob dimniku do vrha objekta. Na podstrešju je v cev priklju en ventilator, ki rpa zrak izpod temeljne ploš e na prosto. Ob ventilatorju je ura s asovno nastavitvijo delovanja ventilatorja. Ventilator je vklju en od 2. ure zjutraj do 16. ure popoldan.

V PŠ Lokev smo dolo ali koncentracijo radona z detektorji sledi v u ilnici 1., 2. razred v letih 2012, 2013 in 2014 (Tabela 5). V letu 2014 smo dolo ali koncentracijo radona z detektorji sledi v u ilnici 1., 2. razred in v u ilnici 3., 4. razred v prvem nadstropju v zimskem in poletnem obdobju. Izmerjena koncentracija radona je bila v obeh u ilnicah v obeh letih obdobjih višja od 400 Bq/m<sup>3</sup> (Tabela Tabela 2, Tabela 5).

Izmerjene koncentracije radona v u ilnici 1., 2. razred v pritli ju so bile v zimskem obdobju kljub delovanju prisilnega prezra evanja zelo visoke (Tabela 5). Meritev koncentracije radona v u ilnici 3., 4. razred v prvem nadstropju je pokazala, da je tudi v prvem nadstropju koncentracija radona previsoka. Razlog za to je najbrž v prisilnem prezra evanju, ki ne odvaja dovolj zraka izpod temeljne ploš e stavbe. Lahko pa so pod stavbo velike razpoke, povezane s kraškim podzemljem in je vpliv jamskega zraka (bogatega z radonom) zelo odvisen od vremenskih pogojev. Iz slike 5 vidimo, da je bila koncentracija radona v zimskem obdobju v letih od 2012 do 2014 razli na. Razlog za to so vremenski pogoji v asu izvajanja meritev (v obdobju z ve vetra je manj radona, v obdobju s padavinami in brez vetra je ve radona, kar se lepo vidi iz slike 8).

**Tabela 5. Koncentracija radona v PŠ Lokev**

Lokacija meritev: u ilnica 1., 2. razred, u ilnica 3., 4. razred

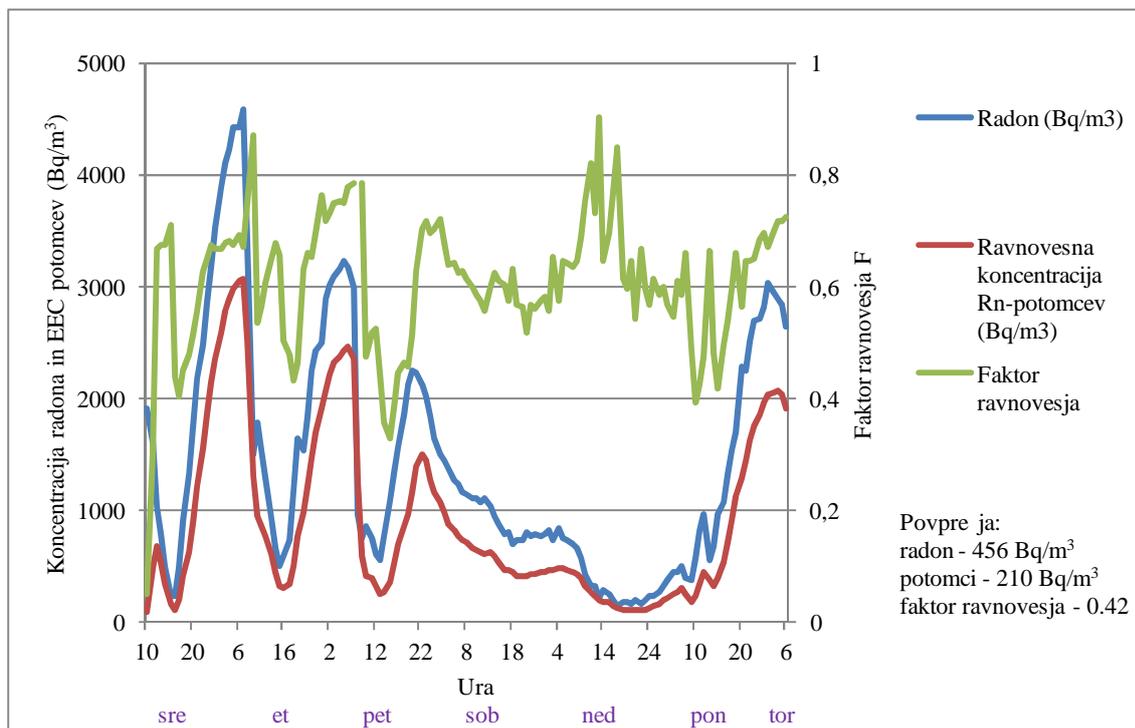
Leto	as meritve	U ilnica 1., 2. razred (pritli je)	U ilnica 3., 4. razred (nadstropje)
		Bq/m <sup>3</sup>	Bq/m <sup>3</sup>
2012	2.2.2012 – 10.4.2012	1820 ± 310	
2013	21.2.2013 – 17.4.2013	1370 ± 170	
2014	26.2.2014 – 23.4.2014	1140 ± 140	470 ± 60
2014	26.5.2014 – 2.10.2014	885 ± 140	349 ± 50

V u ilnici 1., 2. razred smo dolo ali koncentracijo radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti v zimskem obdobju od 26.2.104 do 4.3.2014 in v poletnem obdobju od 19.6. do 3.7.2014.

Povpre na koncentracija radona v u ilnici 1., 2. razred v asu izvajanja meritev v zimskem obdobju je bila  $1420 \pm 107 \text{ Bq/m}^3$ , povpre na ravnovesna koncentracija radonovih potomcev v asu izvajanja meritev je bila  $902 \pm 83 \text{ Bq/m}^3$ , povpre ni faktor ravnovesja je bil 0.61 (0.05 – 0.90). Izmerjene vrednosti so prikazane na sliki 8 in v tabeli 6.

Iz slike 8 vidimo, do je bila koncentracija radona prve tri dni izredno visoka, nato pa se je ob utno znižala. Podobno je bilo tudi v igralnici vrta, ki se nahaja v sosednji stavbi, ki je oddaljena od šole 15 m (Slika 12).

Preverili smo vremenske podatke za obdobje od 26.2. do 4.3.2014 (spletna stran ARSO: <http://meteo.arso.gov.si>). Prve tri dni (od 26.2. do 28.2.) je bilo deževno vreme z malo vetra in najvišjo dnevno temperaturo  $13 \text{ }^\circ\text{C}$ , nato sta sledila dva dneva (od 1.3 do 2.3.) z manj padavinami, mo nim vetrom in najvišjo dnevno temperaturo  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ , nato so padavine ponehale in najvišja dnevna temperatura je bila  $12 \text{ }^\circ\text{C}$ . Iz zgornjih podatkov vidimo, da je mo an veter zaradi podtlaka izpihal zrak, bogat z radonom, iz kraškega podzemlja, zato je bilo tudi v obeh stavbah (v vrtcu in šoli) manj radona.



**Slika 8. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v  $\text{Bq/m}^3$**

Lokacija merjenja: PŠ Lokev, u ilnica 1., 2. razred

Datum meritve: 26.2.2014 ob 10:00 do 4.3.2014 ob 6:00

Merilni instrumenti: Alphaguard 1387, BWLM 2S

**Tabela 6. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m<sup>3</sup>**

Lokacija merjenja: PŠ Lokev, u ilnica 1., 2. razred

Datum meritve: 26.2.2014 ob 10:00 do 4.3.2014 ob 6:00

Merilni instrumenti: Alphaguard 1387, BWLM 2S

Ura	Koncentracija radona (Bq/m <sup>3</sup> )	Ravnovesna koncentracija Rn potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja F
10	1912	98	0,05
11	1608	488	0,30
12	1032	687	0,67
13	784	529	0,68
14	498	337	0,68
15	235	167	0,71
16	231	101	0,44
17	478	192	0,40
18	920	412	0,45
19	1328	634	0,48
20	1744	895	0,51
21	2176	1210	0,56
22	2480	1556	0,63
23	2880	1869	0,65
24	3184	2145	0,67
1	3536	2364	0,67
2	3888	2589	0,67
3	4096	2777	0,68
4	4224	2882	0,68
5	4416	2981	0,68
6	4416	3059	0,69
7	4576	3065	0,67
8	3344	2517	0,75
9	1496	1300	0,87
10	1784	953	0,53
11	1528	859	0,56
12	1280	778	0,61
13	928	602	0,65
14	668	452	0,68
15	502	329	0,66
16	596	299	0,50
17	728	349	0,48
18	1176	507	0,43
19	1648	765	0,46
20	1544	977	0,63
21	1832	1208	0,66
22	2240	1460	0,65
23	2432	1695	0,70
24	2496	1904	0,76
1	2896	2073	0,72

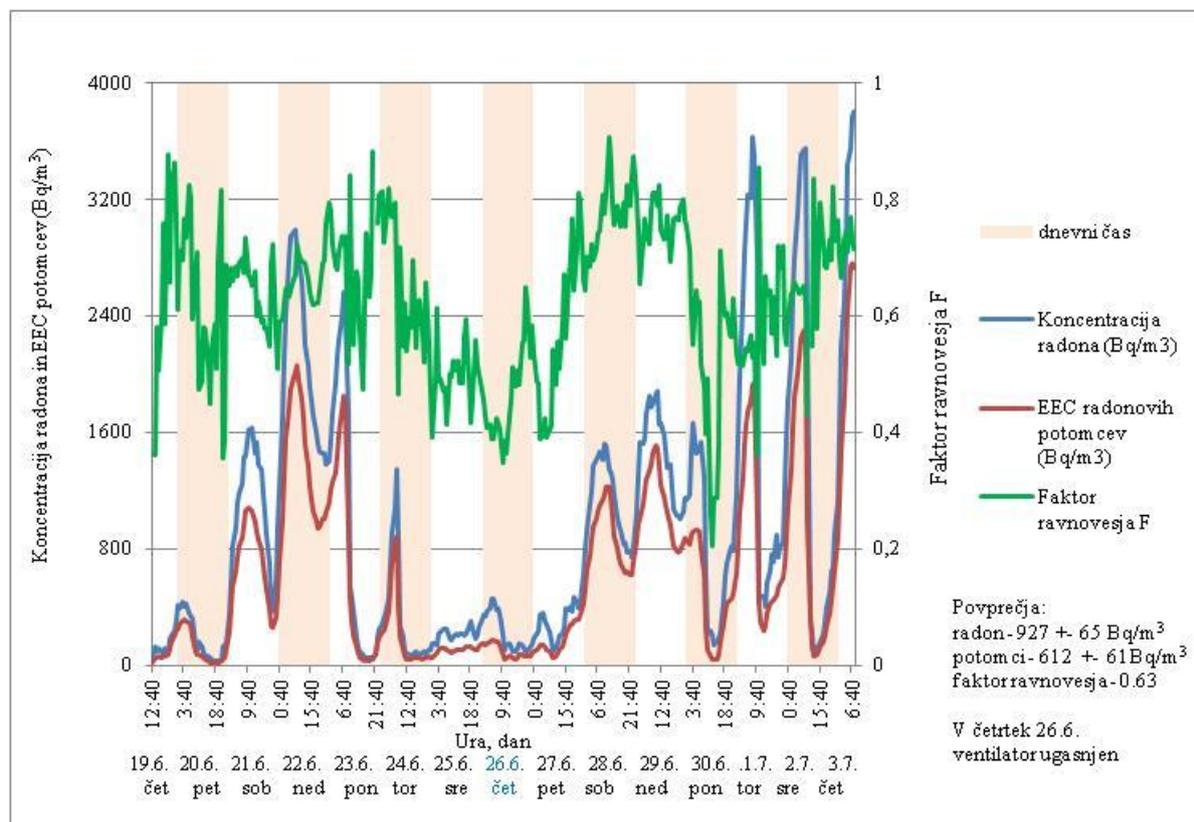
Ura	Koncentracija radona (Bq/m <sup>3</sup> )	Ravnovesna koncentracija Rn potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja F
2	3008	2204	0,73
3	3088	2317	0,75
4	3152	2375	0,75
5	3232	2422	0,75
6	3168	2466	0,78
7	2992	2347	0,78
8	944	1248	
9	744	584	0,78
10	852	404	0,47
11	748	386	0,52
12	608	320	0,53
13	556	246	0,44
14	764	273	0,36
15	1096	360	0,33
16	1344	518	0,39
17	1568	698	0,45
18	1856	863	0,46
19	2128	971	0,46
20	2240	1155	0,52
21	2224	1395	0,63
22	2128	1496	0,70
23	2008	1438	0,72
24	1832	1276	0,70
1	1640	1155	0,70
2	1496	1079	0,72
3	1448	980	0,68
4	1376	880	0,64
5	1272	818	0,64
6	1240	774	0,62
7	1168	732	0,63
8	1152	708	0,61
9	1112	666	0,60
10	1104	645	0,58
11	1080	619	0,57
12	1104	615	0,56
13	1040	622	0,60
14	940	588	0,63
15	876	534	0,61
16	784	474	0,60
17	812	466	0,57

Ura	Koncentracija radona (Bq/m <sup>3</sup> )	Ravnovesna koncentracija Rn potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja F
18	700	441	0,63
19	728	413	0,57
20	732	414	0,57
21	812	419	0,52
22	764	435	0,57
23	784	438	0,56
24	776	445	0,57
1	784	456	0,58
2	820	457	0,56
3	728	475	0,65
4	832	478	0,58
5	756	487	0,64
6	732	470	0,64
7	704	448	0,64
8	664	428	0,64
9	580	400	0,69
10	428	322	0,75
11	330	271	0,82
12	320	234	0,73
13	219	198	0,90
14	280	181	0,65
15	251	174	0,70
16	192	148	0,77
17	149	127	0,85
18	181	111	0,61
19	178	106	0,60
20	162	105	0,65
21	202	109	0,54
22	166	111	0,67
23	192	114	0,60
24	226	128	0,57
1	235	144	0,61
2	278	163	0,59
3	316	189	0,60
4	382	217	0,57
5	450	246	0,55
6	446	273	0,61
7	508	297	0,58
8	392	259	0,66
9	376	182	0,48
10	576	227	0,39
11	816	348	0,43
12	960	454	0,47
13	560	372	0,66

Ura	Koncentracija radona (Bq/m <sup>3</sup> )	Ravnovesna koncentracija Rn potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja F
14	672	324	0,48
15	960	400	0,42
16	1080	537	0,50
17	1320	712	0,54
18	1536	916	0,60
19	1696	1120	0,66
20	2288	1291	0,56
21	2240	1447	0,65
22	2512	1622	0,65
23	2688	1744	0,65
24	2704	1848	0,68
1	2816	1958	0,70
2	3040	2037	0,67
3	2944	2058	0,70
4	2896	2074	0,72
5	2832	2027	0,72
6	2640	1909	0,72

Povpre na koncentracija radona v u ilnici 1., 2. razred v asu izvajanja meritev v poletnem obdobju je bila  $927 \pm 65 \text{ Bq/m}^3$ , povpre na ravnovesna koncentracija radonovih potomcev v asu izvajanja meritev je bila  $612 \pm 61 \text{ Bq/m}^3$ , povpre ni faktor ravnovesja je bil 0.63 (0.21 – 0.88). Izmerjene vrednosti so prikazane na sliki 9 in v tabeli 7.

Iz slike 9 vidimo, da je bila koncentracija radona po izklopu ventilatorja nižja kot pri vklopljenem ventilatorju. Razlog za to je najbrž sprememba vremenskih pogojev, saj je koncentracija radona v naslednjih dneh spet narasla.



**Slika 9. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v  $\text{Bq/m}^3$**

Lokacija merjenja: PŠ Lokev, u ilnica 1., 2. razred

Datum meritve: 19.6.2014 ob 12:40 do 3.7.2014 ob 7:40

Merilni instrumenti: Alphaguard 2124, BWLM 2S

**Tabela 7. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m<sup>3</sup>**

Lokacija merjenja: PŠ Lokev, u ilnica 1., 2. razred (pritli je), u ilnica 3., 4. razred (prvo nadstropje)

Datum meritve: 19.6.2014 ob 12:40 do 3.7.2014 ob 7:40

Merilni instrumenti: Alphaguard 2124, RAD7, BWLM 2S

Ura	Koncentracija radona 1., 2. razred pritli je (Bq/m <sup>3</sup> )	EEC radonovih potomcev 1., 2. razred pritli je (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja 1., 2. razred pritli je F	Koncentracija radona 3., 4. razred 1. nadstropje (Bq/m <sup>3</sup> )
12:40	57	21	0,36	97
13:40	132	48	0,36	97
14:40	94	55	0,58	89
15:40	116	59	0,51	82
16:40	94	56	0,60	68
17:40	80	61	0,76	54
18:40	117	69	0,59	44
19:40	91	80	0,88	35
20:40	183	120	0,66	46
21:40	205	168	0,82	57
22:40	240	207	0,86	72
23:40	310	237	0,76	86
0:40	420	256	0,61	110
1:40	396	282	0,71	134
2:40	438	305	0,70	160
3:40	406	311	0,77	186
4:40	422	310	0,73	185
5:40	358	295	0,83	185
6:40	338	271	0,80	188
7:40	332	197	0,59	191
8:40	140	94	0,67	159
9:40	104	74	0,71	126
10:40	168	79	0,47	123
11:40	133	65	0,49	119
12:40	90	52	0,58	95
13:40	69	40	0,58	71
14:40	63	32	0,51	54
15:40	57	26	0,45	38
16:40	42	23	0,54	35
17:40	32	19	0,59	31
18:40	34	17	0,51	29
19:40	26	18	0,69	28
20:40	33	27	0,82	37
21:40	127	45	0,36	46
22:40	142	54	0,38	44
23:40	155	107	0,69	42
0:40	352	229	0,65	42
1:40	572	390	0,68	43
2:40	824	545	0,66	46
3:40	944	646	0,68	49
4:40	1112	742	0,67	60
5:40	1184	818	0,69	71
6:40	1248	873	0,70	61

Ura	Koncentracija radona 1., 2. razred pritli je (Bq/m <sup>3</sup> )	EEC radonovih potomcev 1., 2. razred pritli je (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja 1., 2. razred pritli je F	Koncentracija radona 3., 4. razred 1. nadstropje (Bq/m <sup>3</sup> )
7:40	1432	965	0,67	51
8:40	1440	1059	0,74	63
9:40	1624	1087	0,67	75
10:40	1616	1076	0,67	71
11:40	1632	1065	0,65	68
12:40	1456	986	0,68	68
13:40	1536	923	0,60	68
14:40	1384	864	0,62	74
15:40	1352	798	0,59	79
16:40	1184	703	0,59	79
17:40	1048	605	0,58	79
18:40	900	520	0,58	96
19:40	696	381	0,55	113
20:40	402	278	0,69	142
21:40	366	265	0,72	171
22:40	576	325	0,56	254
23:40	948	482	0,51	337
0:40	1192	704	0,59	443
1:40	1672	996	0,60	550
2:40	2096	1301	0,62	671
3:40	2400	1553	0,65	792
4:40	2784	1759	0,63	941
5:40	2944	1895	0,64	1091
6:40	2960	1936	0,65	1183
7:40	2992	2012	0,67	1274
8:40	2848	2058	0,72	1323
9:40	2784	1965	0,71	1372
10:40	2640	1831	0,69	1393
11:40	2448	1694	0,69	1415
12:40	2208	1524	0,69	1388
13:40	2064	1366	0,66	1361
14:40	1904	1222	0,64	1211
15:40	1816	1138	0,63	1062
16:40	1720	1065	0,62	1009
17:40	1600	996	0,62	957
18:40	1520	946	0,62	915
19:40	1472	949	0,65	873
20:40	1456	1005	0,69	880
21:40	1456	1012	0,70	887
22:40	1384	1049	0,76	894
23:40	1400	1113	0,80	901
0:40	1544	1205	0,78	968
1:40	1736	1254	0,72	1036

Ura	Koncentracija radona 1., 2. razred pritli je (Bq/m <sup>3</sup> )	EEC radonovih potomcev 1., 2. razred pritli je (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja 1., 2. razred pritli je F	Koncentracija radona 3., 4. razred 1. nadstropje (Bq/m <sup>3</sup> )
2:40	1936	1327	0,69	1074
3:40	2128	1444	0,68	1112
4:40	2240	1590	0,71	1166
5:40	2400	1769	0,74	1220
6:40	2560	1855	0,72	1269
7:40	2400	1769	0,74	1318
8:40	1744	904	0,52	995
9:40	544	458	0,84	672
10:40	470	296	0,63	484
11:40	378	208	0,55	297
12:40	200	135	0,68	190
13:40	127	84	0,66	83
14:40	97	56	0,57	66
15:40	80	38	0,47	49
16:40	56	35	0,62	41
17:40	51	38	0,74	34
18:40	58	37	0,63	34
19:40	58	39	0,67	33
20:40	54	48	0,88	33
21:40	70	82		33
22:40	197	150	0,76	33
23:40	246	199	0,81	33
0:40	280	228	0,81	40
1:40	328	238	0,73	46
2:40	362	273	0,75	50
3:40	456	373	0,82	54
4:40	692	537	0,78	61
5:40	904	696	0,77	68
6:40	1080	859	0,80	86
7:40	1352	885	0,65	104
8:40	880	409	0,46	98
9:40	272	195	0,72	93
10:40	200	110	0,55	59
11:40	99	61	0,62	25
12:40	84	45	0,54	25
13:40	74	44	0,60	26
14:40	69	40	0,58	34
15:40	72	50	0,70	42
16:40	94	51	0,55	28
17:40	82	51	0,62	14
18:40	79	49	0,63	18
19:40	83	47	0,57	23
20:40	93	48	0,52	26
21:40	85	56	0,66	28
22:40	109	60	0,55	55
23:40	113	53	0,47	82
0:40	148	58	0,39	88

Ura	Koncentracija radona 1., 2. razred pritli je (Bq/m <sup>3</sup> )	EEC radonovih potomcev 1., 2. razred pritli je (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja 1., 2. razred pritli je F	Koncentracija radona 3., 4. razred 1. nadstropje (Bq/m <sup>3</sup> )
1:40	149	73	0,49	93
2:40	140	86	0,61	123
3:40	214	105	0,49	152
4:40	234	116	0,49	168
5:40	252	119	0,47	184
6:40	248	119	0,48	190
7:40	256	106	0,41	197
8:40	188	94	0,50	186
9:40	179	89	0,50	176
10:40	195	102	0,52	143
11:40	220	112	0,51	109
12:40	211	110	0,52	126
13:40	217	105	0,48	143
14:40	219	106	0,48	154
15:40	207	117	0,56	165
16:40	220	131	0,59	184
17:40	272	133	0,49	202
18:40	308	128	0,42	199
19:40	253	116	0,46	197
20:40	187	105	0,56	192
21:40	211	109	0,52	188
22:40	260	130	0,50	194
23:40	320	151	0,47	201
0:40	344	157	0,46	204
1:40	342	146	0,43	206
2:40	370	151	0,41	249
3:40	394	163	0,41	293
4:40	456	177	0,39	309
5:40	460	179	0,39	326
6:40	384	164	0,43	325
7:40	396	165	0,42	323
8:40	348	141	0,40	239
9:40	205	72	0,35	156
10:40	111	43	0,39	103
11:40	137	50	0,36	51
13:40	134	61	0,46	43
14:40	94	48	0,51	43
15:40	97	46	0,48	42
16:40	115	58	0,51	51
17:40	153	74	0,48	61
18:40	140	78	0,55	62
19:40	121	68	0,56	64
20:40	92	60	0,65	64
21:40	96	60	0,63	65
22:40	130	69	0,53	67
23:40	143	83	0,58	68
0:40	188	101	0,54	77

Ura	Koncentracija radona 1., 2. razred pritli je (Bq/m <sup>3</sup> )	EEC radonovih potomcev 1., 2. razred pritli je (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja 1., 2. razred pritli je F	Koncentracija radona 3., 4. razred 1. nadstropje (Bq/m <sup>3</sup> )
1:40	221	108	0,49	87
2:40	244	118	0,48	109
3:40	350	136	0,39	132
4:40	364	143	0,39	136
5:40	306	130	0,42	139
6:40	282	111	0,39	129
7:40	234	95	0,41	119
8:40	172	71	0,41	117
9:40	98	53	0,54	116
10:40	125	60	0,48	65
11:40	149	83	0,56	14
12:40	206	105	0,51	19
13:40	221	130	0,59	23
14:40	258	174	0,67	27
15:40	388	218	0,56	31
16:40	386	259	0,67	37
17:40	404	284	0,70	42
18:40	376	288	0,77	39
19:40	470	302	0,64	35
20:40	440	316	0,72	42
21:40	396	321	0,81	50
22:40	436	348	0,80	53
23:40	640	422	0,66	57
0:40	804	518	0,64	61
1:40	916	642	0,70	65
2:40	1104	757	0,69	65
3:40	1192	861	0,72	65
4:40	1368	952	0,70	64
5:40	1416	1011	0,71	62
6:40	1432	1065	0,74	80
7:40	1472	1098	0,75	99
8:40	1416	1144	0,81	95
9:40	1520	1177	0,77	91
10:40	1512	1227	0,81	95
11:40	1352	1225	0,91	99
12:40	1320	1142	0,86	80
13:40	1280	1013	0,79	61
14:40	1168	883	0,76	50
15:40	1020	806	0,79	39
16:40	968	743	0,77	32
17:40	932	702	0,75	24
18:40	828	659	0,80	26
19:40	844	637	0,75	29
20:40	780	643	0,82	29
21:40	788	623	0,79	29
22:40	744	625	0,84	45
23:40	816	714	0,88	61

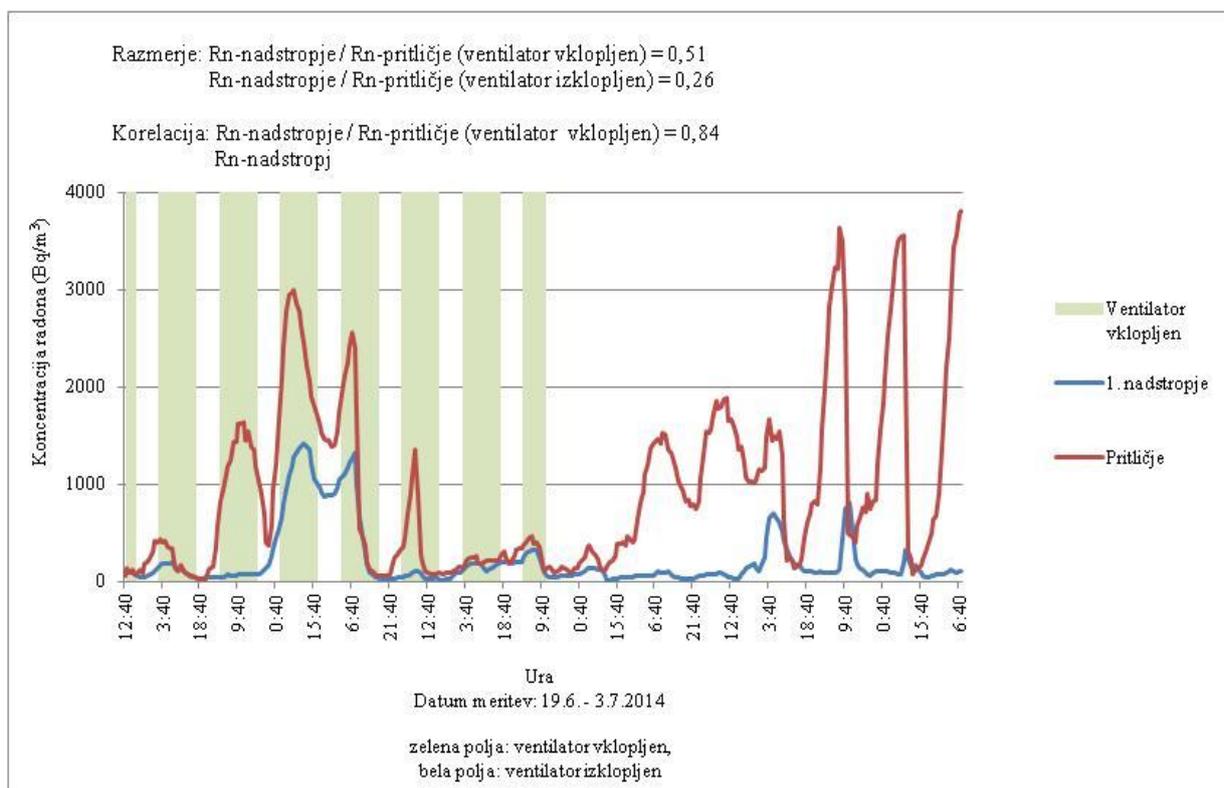
Ura	Koncentracija radona 1., 2. razred pritli je (Bq/m <sup>3</sup> )	EEC radonovih potomcev 1., 2. razred pritli je (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja 1., 2. razred pritli je F	Koncentracija radona 3., 4. razred 1. nadstropje (Bq/m <sup>3</sup> )
0:40	1056	850	0,80	61
1:40	1296	974	0,75	61
2:40	1536	1006	0,66	69
3:40	1520	1106	0,73	78
4:40	1552	1191	0,77	74
5:40	1736	1284	0,74	70
6:40	1848	1337	0,72	80
7:40	1776	1385	0,78	89
8:40	1800	1459	0,81	83
9:40	1864	1512	0,81	76
10:40	1880	1485	0,79	62
11:40	1656	1366	0,82	48
12:40	1664	1243	0,75	41
13:40	1592	1163	0,73	33
14:40	1480	1104	0,75	30
15:40	1360	1051	0,77	27
16:40	1384	960	0,69	66
17:40	1216	883	0,73	105
18:40	1072	822	0,77	130
19:40	1024	788	0,77	156
20:40	1024	783	0,76	167
21:40	1008	792	0,79	178
22:40	1048	837	0,80	142
23:40	1152	881	0,76	105
0:40	1144	864	0,75	178
1:40	1168	833	0,71	251
2:40	1480	901	0,61	449
3:40	1664	918	0,55	647
4:40	1456	936	0,64	677
5:40	1496	928	0,62	706
6:40	1464	914	0,62	653
7:40	1536	794	0,52	600
8:40	1288	619	0,48	512
9:40	640	254	0,40	423
10:40	217	107	0,49	340
11:40	242	63	0,26	257
12:40	206	43	0,21	219
13:40	143	41	0,29	181
14:40	159	46	0,29	171
15:40	189	71	0,38	161
16:40	232	165	0,71	134
17:40	452	280	0,62	106
18:40	608	364	0,60	107
19:40	696	421	0,60	108
20:40	788	447	0,57	99
21:40	824	464	0,56	90
22:40	788	496	0,63	95

Ura	Koncentracija radona 1., 2. razred pritli je (Bq/m <sup>3</sup> )	EEC radonovih potomcev 1., 2. razred pritli je (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja 1., 2. razred pritli je F	Koncentracija radona 3., 4. razred 1. nadstropje (Bq/m <sup>3</sup> )
23:40	1168	627	0,54	100
0:40	1560	808	0,52	97
1:40	1976	1052	0,53	93
2:40	2496	1283	0,51	87
3:40	2832	1507	0,53	82
4:40	3040	1660	0,55	84
5:40	3232	1746	0,54	87
6:40	3216	1821	0,57	104
7:40	3632	1924	0,53	121
8:40	3504	1941	0,55	433
9:40	2784	1007	0,36	744
10:40	496	425	0,86	779
11:40	478	291	0,61	814
12:40	472	245	0,52	521
13:40	408	273	0,67	227
14:40	572	363	0,63	182
15:40	656	423	0,65	137
16:40	768	438	0,57	114
17:40	716	452	0,63	91
18:40	900	478	0,53	76
19:40	744	537	0,72	61
20:40	824	562	0,68	84
21:40	836	602	0,72	108
22:40	1200	688	0,57	105
23:40	1560	861	0,55	101
0:40	1824	1084	0,59	104
1:40	2096	1340	0,64	107
2:40	2528	1623	0,64	99
3:40	2800	1844	0,66	91
4:40	3104	2004	0,65	87
5:40	3312	2115	0,64	83
6:40	3504	2243	0,64	81
7:40	3536	2303	0,65	79
8:40	3552	2195	0,62	199
9:40	2336	1002	0,43	320

Ura	Koncentracija radona 1., 2. razred pritli je (Bq/m <sup>3</sup> )	EEC radonovih potomcev 1., 2. razred pritli je (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja 1., 2. razred pritli je F	Koncentracija radona 3., 4. razred 1. nadstropje (Bq/m <sup>3</sup> )
10:40	308	334		237
11:40	230	126	0,55	153
12:40	76	63	0,84	157
13:40	125	72	0,58	161
14:40	134	95	0,71	125
15:40	161	128	0,79	89
16:40	223	161	0,72	65
17:40	308	211	0,68	41
18:40	402	275	0,68	49
19:40	500	366	0,73	58
20:40	644	447	0,69	62
21:40	664	545	0,82	66
22:40	904	659	0,73	67
23:40	1128	862	0,76	68
0:40	1600	1124	0,70	79
1:40	2192	1459	0,67	90
2:40	2512	1835	0,73	107
3:40	2848	2116	0,74	123
4:40	3440	2437	0,71	109
5:40	3552	2736	0,77	95
6:40	3776	2764	0,73	100
7:40	3808	2725	0,72	106

V poletnem obdobju smo isto asno merili koncentracijo radona v u ilnici 1. 2. razred v pritli ju in v u ilnici 3. 4. razred v prvem nadstropju (Slika 10, Tabela 7). V u ilnici v nadstropju so bila med meritvijo okna ves as odprta. Povpre na koncentracija radona v u ilnici v nadstropju je bila v asu vklopljenega ventilatorja  $303 \pm 25$  Bq/m<sup>3</sup>, v asu izklopljenega ventilatorja pa  $133 \pm 11$  Bq/m<sup>3</sup>. Iz slike 10 vidimo, da je bila koncentracija radona v u ilnici v pritli ju pri vklopljenem ventilatorju  $724 \pm 55$  Bq/m<sup>3</sup>, pri izklopljenem ventilatorju pa  $1137 \pm 75$  Bq/m<sup>3</sup>.

Iz slike 10 tudi vidimo mo no korelacijo med koncentracijo radona v obeh u ilnicah pri vklopljenem ventilatorju, medtem ko pri izklopljenem ventilatorju korelacije ni. To pomeni, da je koncentracija radona v u ilnici v nadstropju najbrž povišana zaradi puš anja cevi, skozi katere ventilator rpa zrak izpod temeljne ploš e skozi dimnik na prosto.



### Slika 10. Koncentracija radona v u ilnici v pritli ju in v u ilnici v nadstropju ( $Bq/m^3$ )

Lokacija merjenja: PŠ Lokev, u ilnica 1., 2. razred v pritli ju, u ilnica 3., 4. razred v prvem nadstropju

Datum meritve: 19.6.2014 ob 12:40 do 3.7.2014 ob 7:40

Merilni instrumenti: Alphaguard 2124, RAD7

Zgornji podatki tudi potrjujejo domnevo, da je prisilno prezra evanje v PŠ Lokev neustrezno oziroma prešibko, da bi lahko odvedlo zrak bogat z radonom izpod temeljen ploš e skozi prezra evalni sistem na prosto.

Predlagamo, da se preveri sistem prezra evanja (kje so cevi, pod celo stavbo ali samo enim prostorom, ali so povezane med sabo), da se preveri delovanje prezra evanja z mo nejšim ventilatorjem in da se sanira temeljna ploš a, v kolikor bodo gradbeni strokovnjaki ugotovili, da je preve razpokana.

#### 5.1.3 Vrtec Sežana, Enota Lokev

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

V vrtcu v Lokvi smo dolo ali koncentracijo radona z detektorji sledi v igralnici v pritli ju v letih 2010 do 2014. Izmerjene koncentracije radona so prikazane v tabeli 7. V letu 2014 smo dolo ali koncentracijo radona z detektorji sledi v igralnici v pritli ju in v igralnici v prvem nadstropju v zimskem in poletnem obdobju (Tabela 2, Tabela 8).

Iz rezultatov meritev vidimo, da je koncentracija radona v zimskem asu v istem obdobju (od februarja do aprila) lahko zelo razli na. Razlog za to so vremenski pogoji. Slabo deževno

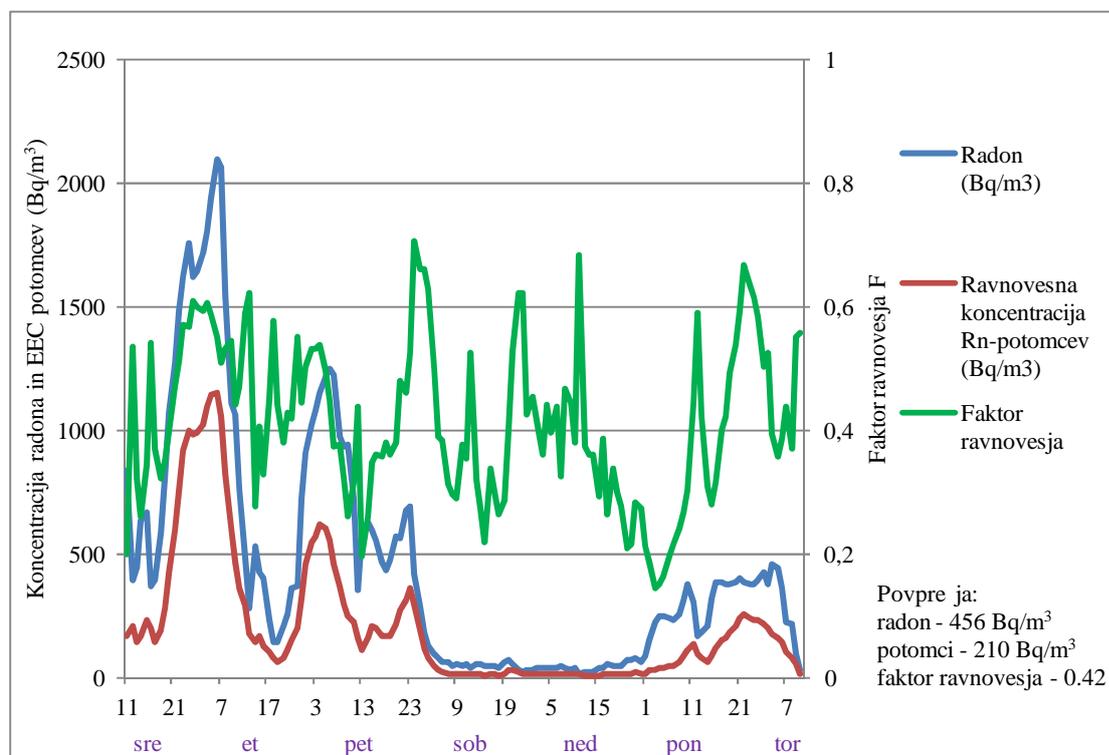
vreme in nizek zra ni tlak povzro a mo nejši tok radona izpod temeljne ploš e v objekt, son no in vetrovno vreme pa ga zmanjša. V letu 2011 smo iskali vi re radona v objektu. Ugotovljeno je bilo, da je koncentracija radona v izpuhu izpod temeljne ploš e  $11000 \pm 1300 \text{ Bq/m}^3$ . V primeru slabega vremena radon ne izhaja izpod temeljne ploš e na prosto, ampak v prostor nad njim, kar pove a koncentracijo radona v prostoru.

**Tabela 8. Koncentracija radona v vrtcu Lokev**

Lokacija meritev: Igralnica v pritli ju, igralnica v nadstropju

Leto	as meritve	Igralnica pritli je $\text{Bq/m}^3$	Igralnica nadstropje $\text{Bq/m}^3$
2010	12.2.2010 – 14.4.2010	$1360 \pm 170$	
2010	18.6.2010 – 2.9.2010	$1230 \pm 170$	
2011	3.2.2011 – 5.4.2011	$992 \pm 120$	
2011	11.5.2011 – 29.6.2011	$555 \pm 70$	
2012	1.2.2012 – 6.4.2012	$930 \pm 120$	
2013	21.2.2013 – 16.4.2013	$322 \pm 50$	
2014	26.2.2014 – 14.4.2014	$425 \pm 60$	$386 \pm 50$
2014	22.5.2014 – 25.9.2014	$271 \pm 40$	$237 \pm 40$

V igralnici v pritli ju smo dolo ali koncentracijo radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti v zimskem obdobju od 26.2.2014 do 4.3.2014. Povpre na koncentracija radona v asu izvajanja meritev je bila  $456 \pm 34 \text{ Bq/m}^3$ , povpre na ravnovesna koncentracija radonovih potomcev v asu izvajanja meritev je bila  $210 \pm 34 \text{ Bq/m}^3$ , povpre ni faktor ravnovesja je bil 0.42 (0.15 – 0.71). Izmerjene vrednosti so prikazane na sliki 11 in v tabeli 9.



**Slika 11. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v  $\text{Bq/m}^3$**

Lokacija merjenja: Vrtec Lokev, igralnica v pritli ju

Datum meritve: 26.2.2014 ob 11:00 do 4.3.2014 ob 10:00

Merilni instrumenti: Alphaguard 2124, Doseman Pro 152

**Tabela 9. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m<sup>3</sup>**

Lokacija merjenja: Vrtec Lokev, igralnica Zvezdice

Datum meritve: 26.2.2014 ob 11:00 do 4.3.2014 ob 10:00

Merilni instrumenti: Alphaguard 2124, Doseman Pro 152

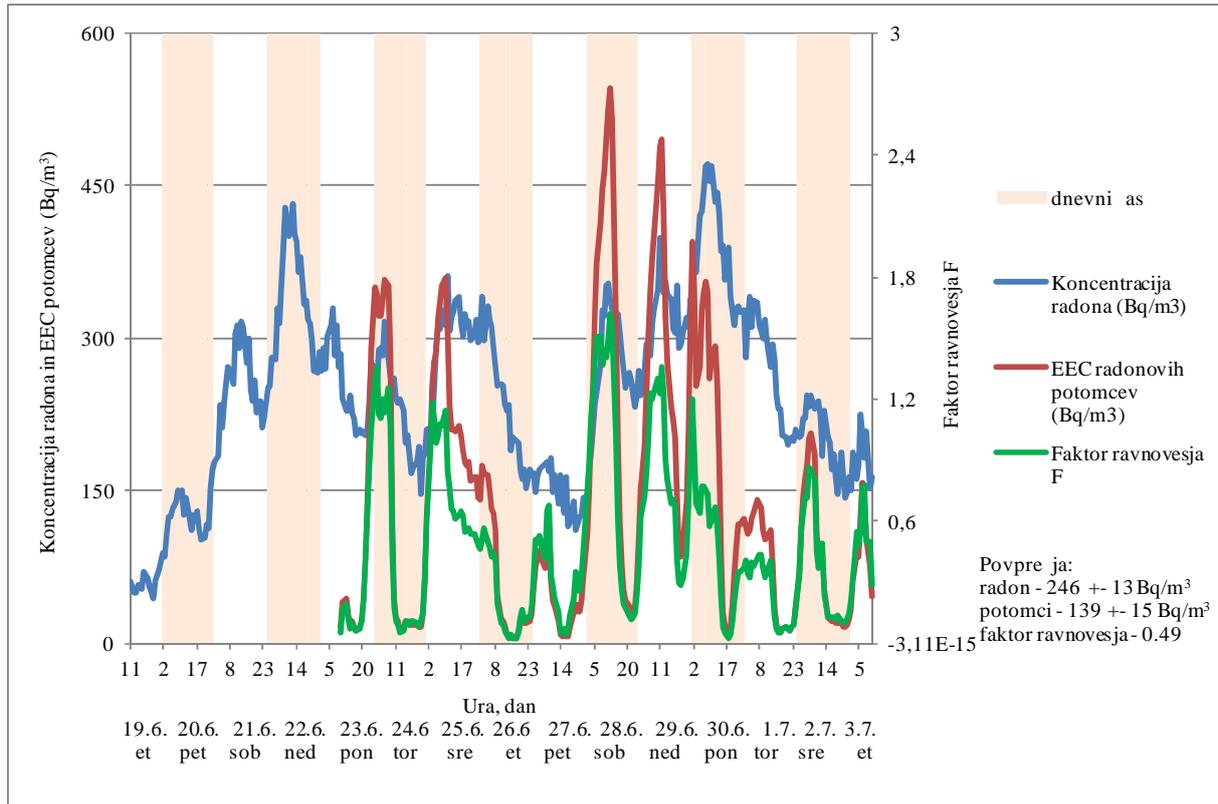
Ura	Koncentracija radona (Bq/m <sup>3</sup> )	Ravnovesna koncentracija Rn potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja F
11	840	168	0,20
12	398	213	0,53
13	444	143	0,32
14	640	167	0,26
15	672	231	0,34
16	370	200	0,54
17	396	147	0,37
18	588	189	0,32
19	808	284	0,35
20	1072	428	0,40
21	1272	597	0,47
22	1480	757	0,51
23	1616	920	0,57
24	1760	997	0,57
1	1616	985	0,61
2	1648	988	0,60
3	1720	1022	0,59
4	1808	1094	0,61
5	1944	1140	0,59
6	2096	1156	0,55
7	2064	1054	0,51
8	1544	822	0,53
9	1112	607	0,55
10	1064	469	0,44
11	764	361	0,47
12	484	286	0,59
13	284	177	0,62
14	528	147	0,28
15	424	172	0,41
16	402	132	0,33
17	237	107	0,45
18	144	83	0,58
19	144	64	0,44
20	211	80	0,38
21	260	111	0,43
22	364	152	0,42
23	368	203	0,55
24	728	323	0,44
1	912	459	0,50
2	1024	545	0,53

Ura	Koncentracija radona (Bq/m <sup>3</sup> )	Ravnovesna koncentracija Rn potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja F
3	1080	573	0,53
4	1152	621	0,54
5	1216	603	0,50
6	1248	557	0,45
7	1224	458	0,37
8	976	368	0,38
9	932	301	0,32
10	944	247	0,26
11	724	228	0,31
12	358	157	0,44
13	568	112	0,20
14	628	163	0,26
15	596	207	0,35
16	556	201	0,36
17	464	166	0,36
18	438	166	0,38
19	474	172	0,36
20	572	217	0,38
21	564	270	0,48
22	676	312	0,46
23	692	363	0,52
24	420	297	0,71
1	292	193	0,66
2	181	120	0,66
3	127	80	0,63
4	97	49	0,50
5	83	32	0,39
6	65	25	0,38
7	62	19	0,31
8	51	15	0,30
9	52	15	0,29
10	46	17	0,38
11	52	18	0,35
12	37	19	0,53
13	54	17	0,32
14	55	15	0,27
15	49	11	0,22
16	48	16	0,34
17	47	14	0,30
18	41	11	0,26

Ura	Koncentracija radona (Bq/m <sup>3</sup> )	Ravnovesna koncentracija Rn potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja F
19	60	17	0,29
20	72	29	0,41
21	55	29	0,53
22	33	21	0,62
23	26	16	0,62
24	33	14	0,43
1	31	14	0,45
2	39	16	0,42
3	42	15	0,36
4	39	17	0,44
5	41	16	0,40
6	37	16	0,44
7	50	16	0,32
8	37	17	0,47
9	34	15	0,44
10	37	14	0,38
11	19	13	0,68
12	26	10	0,37
13	27	10	0,36
14	27	10	0,36
15	37	11	0,29
16	42	16	0,39
17	57	15	0,27
18	48	16	0,34
19	47	14	0,30
20	47	13	0,28
21	72	15	0,21
22	70	15	0,22
23	76	22	0,28
24	63	17	0,27
1	91	19	0,21
2	151	28	0,19
3	223	32	0,15
4	250	38	0,15
5	249	41	0,16
6	242	48	0,20
7	235	51	0,22
8	260	63	0,24
9	314	84	0,27
10	380	116	0,30
11	308	137	0,45

Ura	Koncentracija radona (Bq/m <sup>3</sup> )	Ravnovesna koncentracija Rn potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja F
12	168	99	0,59
13	184	78	0,42
14	209	65	0,31
15	318	90	0,28
16	390	123	0,32
17	388	154	0,40
18	376	159	0,42
19	378	187	0,49
20	388	208	0,54
21	406	241	0,59
22	386	258	0,67
23	382	243	0,64
24	380	234	0,62
1	394	230	0,58
2	428	215	0,50
3	378	199	0,53
4	460	180	0,39
5	442	159	0,36
6	362	140	0,39
7	229	100	0,44
8	218	81	0,37
9	96	53	0,55
10	33	18	0,56

V igralnici v pritli ju smo dolo ali koncentracijo radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti tudi v poletnem obdobju od 19.6.2014 do 3.7.2014. Povpre na koncentracija radona v asu izvajanja meritev je bila  $246 \pm 13 \text{ Bq/m}^3$ , povpre na ravnovesna koncentracija radonovih potomcev v asu izvajanja meritev je bila  $139 \pm 15 \text{ Bq/m}^3$ , povpre ni faktor ravnovesja je bil 0.49 (0.03 – 0.98). Izmerjene vrednosti so prikazane na sliki 12 in v tabeli 10.



**Slika 12. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v  $\text{Bq/m}^3$**

Lokacija merjenja: Vrtec Sežana, Enota Lokev, igralnica v pritli ju

Datum meritve: 19.6.2014 ob 11:00 do 3.7.2014 ob 10:00

Merilni instrumenti: Alphaguard 1387, Doseman Pro 153

**Tabela 10. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m<sup>3</sup>**

Lokacija merjenja: Vrtec Sežana, Enota Lokev, igralnica v pritli ju

Datum meritve: 19.6.2014 ob 11:00 do 3.7.2014 ob 10:00

Merilni instrumenti: Alphaguard 1387, Doseman Pro 153

Ura	Koncentracija radona (Bq/m <sup>3</sup> )	Ravnovesna koncentracija Rn potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja F	Ura	Koncentracija radona (Bq/m <sup>3</sup> )	Ravnovesna koncentracija Rn potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja F
11	61			2	184		
12	49			3	235		
13	49			4	212		
14	57			5	236		
15	57			6	256		
16	53			7	271		
17	71			8	269		
18	64			9	254		
19	56			10	305		
20	51			11	313		
21	44			12	290		
22	61			13	316		
23	67			14	311		
24	72			15	275		
1	89			16	299		
2	85			17	249		
3	108			18	239		
4	124			19	259		
5	125			20	228		
6	132			21	238		
7	139			22	212		
8	152			23	222		
9	148			24	236		
10	151			1	251		
11	126			2	254		
12	142			3	282		
13	123			4	279		
14	111			5	330		
15	127			6	315		
16	121			7	352		
17	129			8	388		
18	112			9	429		
19	102			10	401		
20	105			11	412		
21	118			12	432		
22	114			13	403		
23	152			14	395		
24	172			15	365		
1	179			16	380		

Ura	Koncentracija radona (Bq/m <sup>3</sup> )	Ravnovesna koncentracija Rn potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja F
17	334		
18	337		
19	318		
20	315		
21	298		
22	269		
23	266		
24	287		
1	267		
2	291		
3	271		
4	302		
5	312		
6	330		
7	282		
8	312		
9	271		
10	285	16	0,06
11	240	41	0,17
12	230	45	0,20
13	229	27	0,12
14	243	18	0,07
15	227	22	0,10
16	222	17	0,08
17	205	13	0,06
18	211	16	0,08
19	208	23	0,11
20	208	45	0,22
21	205	86	0,42
22	209	135	0,65
23	237	202	0,85
24	275	290	1,05
1	270	349	1,30
2	252	343	1,36
3	288	323	1,12
4	291	323	1,11
5	282	340	1,20
6	316	358	1,13
7	280	353	1,26
8	262	281	1,07
9	254	113	0,44
10	261	45	0,17
11	240	26	0,11
12	236	21	0,09

Ura	Koncentracija radona (Bq/m <sup>3</sup> )	Ravnovesna koncentracija Rn potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja F
13	241	12	0,05
14	229	15	0,07
15	196	22	0,11
16	204	21	0,10
17	186	18	0,09
18	168	18	0,11
19	173	18	0,11
20	178	18	0,10
21	193	16	0,08
22	146	16	0,11
23	184	27	0,15
24	186	62	0,33
1	211	125	0,59
2	212	201	0,95
3	214	253	1,18
4	251	277	1,10
5	292	287	0,98
6	311	318	1,02
7	310	335	1,08
8	328	351	1,07
9	313	359	1,15
10	361	304	0,84
11	306	233	0,76
12	320	211	0,66
13	326	211	0,65
14	337	208	0,62
15	341	214	0,63
16	315	204	0,65
17	301	190	0,63
18	324	179	0,55
19	315	175	0,56
20	316	179	0,57
21	299	160	0,54
22	301	163	0,54
23	319	163	0,51
24	297	143	0,48
1	306	142	0,46
2	341	175	0,51
3	298	168	0,56
4	331	165	0,50
5	318	150	0,47
6	311	133	0,43
7	291	128	0,44
8	272	111	0,41

Ura	Koncentracija radona (Bq/m <sup>3</sup> )	Ravnovesna koncentracija Rn potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja F
9	253	48	0,19
10	255	25	0,10
11	253	22	0,09
12	234	16	0,07
13	228	10	0,04
14	234	6	0,03
15	189	8	0,04
16	204	6	0,03
17	200	5	0,03
18	198	11	0,05
19	170	21	0,12
20	162	27	0,17
21	170	19	0,11
22	152	19	0,13
23	171	22	0,13
24	165	30	0,18
1	167	54	0,32
2	150	76	0,51
3	165	84	0,51
4	171	91	0,53
5	172	83	0,48
6	176	74	0,42
7	179	116	0,65
8	169	114	0,68
9	182	61	0,33
10	148	42	0,29
11	165	36	0,22
12	138	22	0,16
13	166	9	0,05
14	140	8	0,06
15	128	9	0,07
16	163	7	0,04
17	116	8	0,07
18	119	17	0,14
19	139	31	0,22
20	111	39	0,35
21	117	31	0,26
22	124	32	0,26
23	126	42	0,33
24	143	66	0,46
1	146	108	0,74
2	173	155	0,89
3	186	209	1,12
4	209	254	1,22

Ura	Koncentracija radona (Bq/m <sup>3</sup> )	Ravnovesna koncentracija Rn potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja F
5	235	326	1,39
6	248	374	1,51
7	274	413	1,50
8	327	447	1,37
9	321	464	1,44
10	352	496	1,41
11	354	526	1,49
12	337	546	1,62
13	329	515	1,56
14	310	319	1,03
15	325	202	0,62
16	305	120	0,39
17	289	77	0,27
18	271	54	0,20
19	251	43	0,17
20	266	37	0,14
21	259	31	0,12
22	246	31	0,13
23	232	34	0,15
24	244	59	0,24
1	269	103	0,38
2	244	152	0,62
3	268	194	0,72
4	294	249	0,85
5	298	303	1,02
6	282	347	1,23
7	315	379	1,21
8	328	405	1,23
9	349	454	1,30
10	398	488	1,23
11	365	496	1,36
12	344	424	1,23
13	355	320	0,90
14	343	275	0,80
15	339	233	0,69
16	310	219	0,71
17	306	203	0,67
18	352	143	0,41
19	290	87	0,30
20	295	84	0,29
21	306	97	0,32
22	320	140	0,44
23	312	209	0,67
24	339	320	0,95

Ura	Koncentracija radona (Bq/m <sup>3</sup> )	Ravnovesna koncentracija Rn potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja F
1	329	394	1,20
2	372	352	0,95
3	366	253	0,69
4	420	271	0,64
5	425	327	0,77
6	445	345	0,77
7	470	356	0,76
8	471	344	0,73
9	455	261	0,57
10	469	282	0,60
11	434	292	0,67
12	444	255	0,58
13	423	180	0,43
14	386	85	0,22
15	391	32	0,08
16	357	18	0,05
17	389	11	0,03
18	340	15	0,04
19	328	37	0,11
20	314	68	0,22
21	329	94	0,29
22	332	117	0,35
23	326	116	0,36
24	327	122	0,37
1	282	115	0,41
2	320	108	0,34
3	342	112	0,33
4	311	123	0,40
5	337	128	0,38
6	336	142	0,42
7	313	137	0,44
8	307	135	0,44
9	301	112	0,37
10	318	103	0,32
11	298	105	0,35
12	272	111	0,41
13	294	77	0,26
14	280	35	0,13
15	245	18	0,08
16	231	13	0,06
17	230	11	0,05
18	205	15	0,07
19	202	16	0,08
20	196	14	0,07

Ura	Koncentracija radona (Bq/m <sup>3</sup> )	Ravnovesna koncentracija Rn potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja F
21	202	13	0,07
22	202	17	0,08
23	199	18	0,09
24	210	35	0,17
1	203	70	0,34
2	204	114	0,56
3	221	144	0,65
4	222	161	0,73
5	243	174	0,72
6	233	202	0,87
7	244	206	0,85
8	230	187	0,81
9	237	107	0,45
10	239	89	0,37
11	223	97	0,44
12	185	91	0,49
13	229	55	0,24
14	203	26	0,13
15	198	25	0,12
16	172	22	0,13
17	186	25	0,13
18	165	19	0,12
19	147	20	0,14
20	188	20	0,11
21	162	17	0,10
22	144	16	0,11
23	150	18	0,12
24	163	24	0,15
1	151	33	0,22
2	188	61	0,32
3	162	88	0,54
4	176	85	0,49
5	225	123	0,55
6	207	158	0,76
7	182	142	0,78
8	208	104	0,50
9	153	77	0,50
10	164	47	0,28

Iz meritev z merilnimi instrumenti vidimo, da je koncentracija radona v poletnem obdobju dvakrat nižja kot v zimskem obdobju. Iz meritev v zimskem obdobju smo videli, da je koncentracija radona v igralnici zelo odvisna od vremenskih pogojev.

Predlagamo, da se preveri možnost obnove cevi pod temeljno ploščo z vgradnjo ventilatorja, ki bo deloval v primeru slabega vremena.

#### 5.1.4 OŠ Kanal, PŠ Kal

Podružnica na šola Kal je star objekt. V pritli ju sta učilnica in igralnica vrta. Po tleh je položen parket, ob robovih so kotne letve, za katerimi so vidne reže. Objekt ni podkleten.

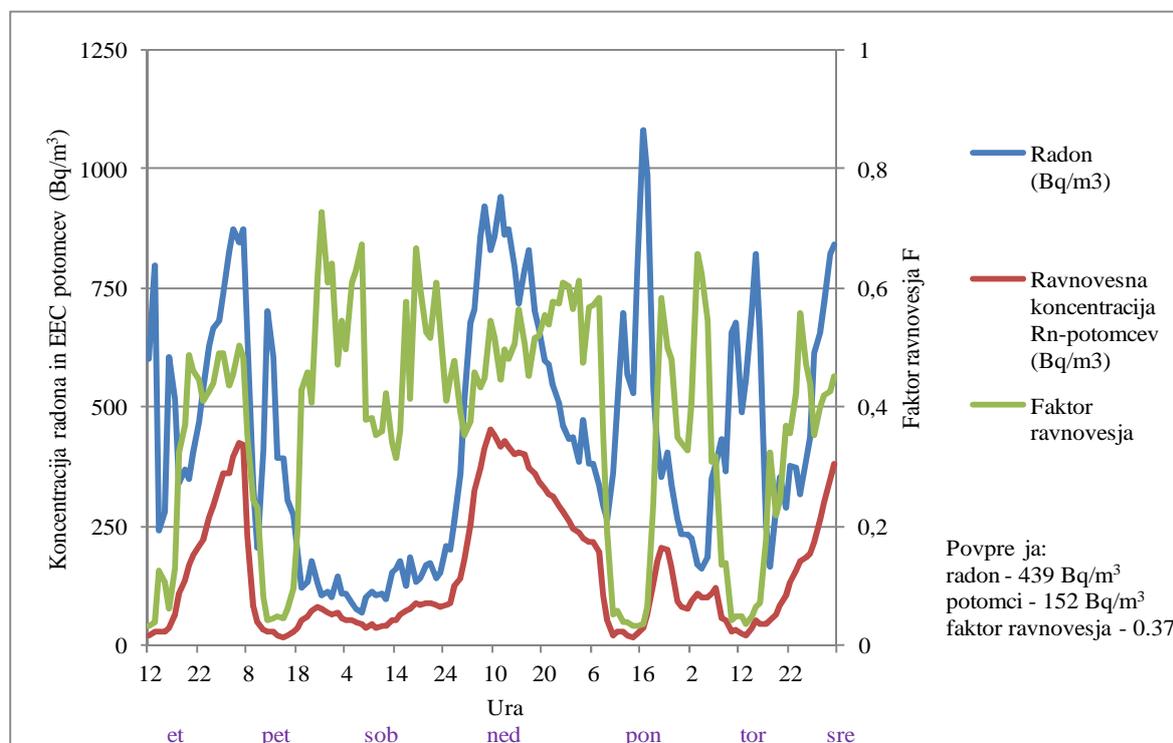
V PŠ Kal smo določili koncentracijo radona z detektorji sledi v učilnici 2., 3. razred in v igralnici vrta v letih 2013 in 2014. Izmerjene koncentracije radona v igralnici so bile nižje od  $400 \text{ Bq/m}^3$ , izmerjene koncentracije radona v učilnici pa so prikazane v tabeli 11.

**Tabela 11. Koncentracija radona v PŠ Kal**

Lokacija meritev: učilnica 2., 3. razred

Leto	čas meritve	$\text{Bq/m}^3$
2013	6.3.2013 – 16.4.2013	$694 \pm 90$
2014	26.2.2014 – 11.4.2014	$539 \pm 70$

V učilnici 2., 3. razred smo določili koncentracijo radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti v obdobju od 6.3.2014 do 12.3.2014. Povprečna koncentracija radona v času izvajanja meritev je bila  $439 \pm 30 \text{ Bq/m}^3$ , povprečna koncentracija radonovih potomcev v času izvajanja meritev je bila  $152 \pm 28 \text{ Bq/m}^3$ , povprečni faktor ravnovesja je bil 0.37 (0.03 – 0.73). Izmerjene vrednosti so prikazane na sliki 13 in v tabeli 12.



**Slika 13. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v  $\text{Bq/m}^3$**

Lokacija merjenja: PŠ Kal, učilnica 2., 3. razred

Datum meritev: 6.3.2014 ob 12:00 do 12.3.2014 ob 7:00

Merilni instrumenti: Alphaguard 1387, Doseman Pro 216

**Tabela 12. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m<sup>3</sup>**

Lokacija merjenja: PŠ Kal, ulnica 2., 3. razred

Datum meritve: 6.3.2014 ob 12:00 do 12.3.2014 ob 7:00

Merilni instrumenti: Alphaguard 1387, Doseman Pro 216

Ura	Koncentracija radona (Bq/m <sup>3</sup> )	Ravnovesna koncentracija Rn potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja F
12	600	19	0,03
13	796	30	0,04
14	241	30	0,12
15	280	30	0,11
16	604	38	0,06
17	516	66	0,13
18	342	111	0,32
19	370	136	0,37
20	350	171	0,49
21	406	188	0,46
22	470	210	0,45
23	536	220	0,41
24	628	267	0,43
1	664	292	0,44
2	680	333	0,49
3	736	362	0,49
4	824	360	0,44
5	872	398	0,46
6	844	425	0,50
7	872	422	0,48
8	652	229	0,35
9	332	81	0,24
10	206	47	0,23
11	408	33	0,08
12	700	30	0,04
13	604	27	0,04
14	392	19	0,05
15	394	17	0,04
16	304	19	0,06
17	274	27	0,10
18	197	38	0,19
19	121	52	0,43
20	134	62	0,46
21	175	71	0,41
22	128	79	0,62
23	104	76	0,73
24	114	70	0,61
1	101	65	0,64
2	144	68	0,47
3	107	58	0,55

Ura	Koncentracija radona (Bq/m <sup>3</sup> )	Ravnovesna koncentracija Rn potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja F
4	108	54	0,50
5	88	54	0,61
6	78	49	0,63
7	68	46	0,67
8	100	38	0,38
9	112	43	0,38
10	103	36	0,35
11	110	40	0,36
12	97	41	0,42
13	153	52	0,34
14	161	51	0,31
15	176	63	0,36
16	126	73	0,58
17	184	76	0,41
18	133	88	0,67
19	142	85	0,60
20	168	88	0,53
21	171	88	0,52
22	140	85	0,61
23	154	82	0,53
24	208	85	0,41
1	201	90	0,45
2	262	125	0,48
3	362	142	0,39
4	512	180	0,35
5	676	254	0,38
6	704	324	0,46
7	856	371	0,43
8	920	414	0,45
9	828	452	0,55
10	856	441	0,51
11	940	419	0,45
12	860	428	0,50
13	872	419	0,48
14	792	401	0,51
15	716	404	0,56
16	788	400	0,51
17	828	374	0,45
18	700	360	0,51
19	664	344	0,52

Ura	Koncentracija radona (Bq/m <sup>3</sup> )	Ravnovesna koncentracija Rn potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja F
20	596	330	0,55
21	588	318	0,54
22	544	314	0,58
23	508	292	0,58
24	462	281	0,61
1	432	261	0,60
2	438	246	0,56
3	384	235	0,61
4	474	224	0,47
5	382	216	0,57
6	380	216	0,57
7	338	198	0,58
8	294	104	0,35
9	266	51	0,19
10	360	19	0,05
11	498	28	0,06
12	696	27	0,04
13	568	22	0,04
14	528	17	0,03
15	784	25	0,03
16	1080	38	0,04
17	984	63	0,06
18	536	128	0,24
19	416	179	0,43
20	352	205	0,58
21	404	202	0,50
22	338	163	0,48
23	266	93	0,35
24	233	79	0,34
1	231	76	0,33
2	225	92	0,41
3	168	111	0,66
4	162	101	0,62
5	183	100	0,54
6	348	107	0,31
7	380	120	0,32
8	434	58	0,13
9	364	51	0,14
10	656	28	0,04
11	676	33	0,05
12	490	24	0,05
13	556	21	0,04
14	704	35	0,05

Ura	Koncentracija radona (Bq/m <sup>3</sup> )	Ravnovesna koncentracija Rn potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja F
15	820	52	0,06
16	648	46	0,07
17	252	44	0,18
18	165	54	0,33
19	288	63	0,22
20	352	85	0,24
21	288	106	0,37
22	376	134	0,36
23	374	158	0,42
24	318	177	0,56
1	390	183	0,47
2	438	193	0,44
3	612	216	0,35
4	656	264	0,40
5	720	302	0,42
6	820	351	0,43
7	840	379	0,45

Iz slike 13 vidimo, da je bila koncentracija radona dopoldan med poukom višja kot v nočnem času. Razlog za to je ogrevanje objekta med delovnim časom, kar je povzročilo podtlak med zrakom pod temeljno ploščo v prostorih ter posledično močnejši pretok zraka z radonom izpod temeljne plošče v objekt.

Predlagamo sanacijo temeljne plošče.

### 5.1.5 OŠ Kobarid, PŠ Breginj

Podružnica na šola Breginj je starejši objekt. V pritličju so učilnice in igralnica vrtca. Pod tleh je položen parket, ob robovih so kotne letve, za katerimi so vidne reže.

V PŠ Breginj smo določili koncentracijo radona z detektorji sledi v učilnici 1., 2. razred v letih 2013 in 2014 (Tabela 13). V letu 2014 smo določili koncentracijo radona z detektorji sledi tudi v igralnici vrtca. Izmerjena koncentracija radona je bila  $327 \pm 50 \text{ Bq/m}^3$  (Tabela 2).

**Tabela 13. Koncentracija radona v PŠ Breginj**

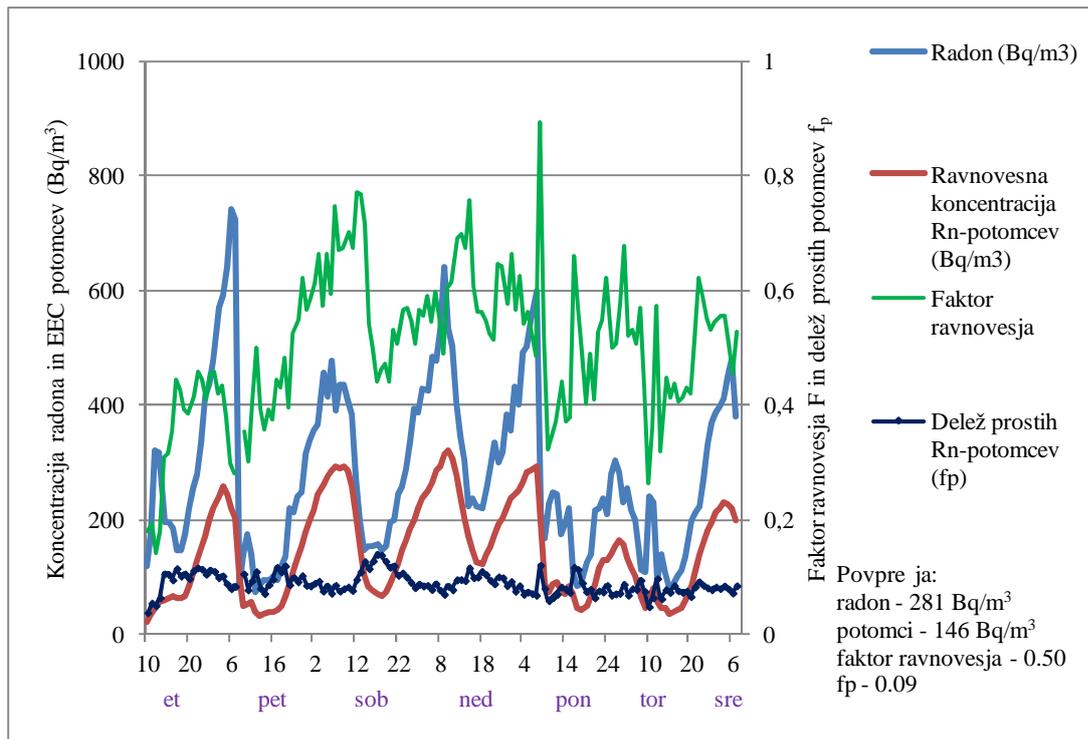
Lokacija meritev: učilnica 1., 2. razred

Leto	čas meritev	$\text{Bq/m}^3$
2013	5.3.2013 – 18.4.2013	$1067 \pm 130$
2014	6.3.2014 – 10.4.2014	$392 \pm 60$

Glede na izmerjene koncentracije radona z detektorji sledi v PŠ Breginj (učilnica 1., 2. razred) vidimo, da je koncentracija radona tudi v PŠ Breginj tako kot v PŠ Kal (Tabela 2) in PŠ Lokev (Tabela 2) zelo odvisna od vremenskih pogojev. V letu 2013 je bilo v istem časovnem obdobju hladno in tla so bila prekrita s snegom, v letu 2014 pa je bilo toplo vreme brez snega.

V učilnici 1., 2. razred smo določili koncentracijo radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti v obdobju od 6.3.2014 do 12.3.2014. Povprečna koncentracija radona v času izvajanja meritev je bila  $282 \pm 19 \text{ Bq/m}^3$ , povprečna koncentracija radonovih potomcev v času izvajanja meritev je bila  $146 \pm 12 \text{ Bq/m}^3$ , povprečni faktor ravnovesja je bil 0.50 (0.14 – 0.89). Določili smo tudi delež nevezanih radonovih potomcev  $f_p$ . Povprečna vrednost  $f_p$  je bila 0.09 (Slika 14, Tabela 14).

Predlagamo ponovitev meritev koncentracije radona z detektorji sledi v zimskem in poletnem obdobju in tesnjenje vidnih razpok ob stikih stena – tla.



**Slika 14 Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m<sup>3</sup>**

Lokacija merjenja: PŠ Breginj, u ilnica 1., 2. razred

Datum meritve: 6.3.2014 ob 10:00 do 12.3.2014 ob 8:00

Merilni instrumenti: Alphaguard 2124, BWLM 2S

**Tabela 14. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m<sup>3</sup>**

Lokacija merjenja: PŠ Breginj, u ilnica 1., 2. razred

Datum meritve: 6.3.2014 ob 10:00 do 12.3.2014 ob 8:00

Merilni instrumenti: Alphaguard 2124, BWLM 2S

Ura	Koncentracija radona (Bq/m <sup>3</sup> )	Ravnovesna koncentracija Rn potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja F	Delež prostih potomcev radona (f <sub>p</sub> )	Ura	Koncentracija radona (Bq/m <sup>3</sup> )	Ravnovesna koncentracija Rn potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja F	Delež prostih potomcev radona (f <sub>p</sub> )
10	118	21,29	0,18	0,038	4	456	261,29	0,57	0,076
11	179	34,43	0,19	0,055	5	414	275,04	0,66	0,085
12	322	45,73	0,14	0,050	6	478	284,06	0,59	0,072
13	318	57,45	0,18	0,064	7	390	291,88	0,75	0,086
14	195	59,91	0,31	0,106	8	434	290,52	0,67	0,076
15	197	61,88	0,31	0,105	9	434	292,86	0,67	0,080
16	185	65,23	0,35	0,095	10	406	285,01	0,70	0,083
17	145	64,59	0,45	0,115	11	384	258,28	0,67	0,077
18	146	62,16	0,43	0,102	12	272	209,31	0,77	0,096
19	173	67,88	0,39	0,106	13	200	153,26	0,77	0,110
20	221	84,89	0,38	0,097	14	147	105,07	0,71	0,127
21	255	105,73	0,41	0,112	15	154	83,28	0,54	0,115
22	278	127,71	0,46	0,116	16	152	75,28	0,50	0,129
23	336	149,17	0,44	0,114	17	156	68,49	0,44	0,140
24	416	169,82	0,41	0,105	18	147	67,92	0,46	0,139
1	434	197,61	0,46	0,112	19	154	72,51	0,47	0,128
2	478	218,69	0,46	0,110	20	195	86,12	0,44	0,118
3	572	239,8	0,42	0,100	21	199	105,61	0,53	0,120
4	592	256,85	0,43	0,102	22	244	123,84	0,51	0,104
5	640	242,8	0,38	0,089	23	258	145,65	0,56	0,108
6	740	220,12	0,30	0,080	24	290	165,13	0,57	0,100
7	724	203,08	0,28	0,084	1	338	185,56	0,55	0,091
8	79	100,99			2	394	199,68	0,51	0,082
9	141	49,98	0,35	0,106	3	386	218,55	0,57	0,088
10	174	52,29	0,30	0,078	4	430	238,53	0,55	0,085
11	141	57,61	0,41	0,094	5	424	250,12	0,59	0,086
12	75	37,36	0,50	0,110	6	484	263,43	0,54	0,079
13	83	32,44	0,39	0,080	7	476	284,29	0,60	0,089
14	94	33,68	0,36	0,072	8	532	293,52	0,55	0,077
15	96	37,56	0,39	0,087	9	640	312,08	0,49	0,070
16	102	38,07	0,37	0,096	10	532	320,49	0,60	0,084
17	96	42,62	0,44	0,117	11	502	308,07	0,61	0,078
18	118	50,64	0,43	0,109	12	404	278,77	0,69	0,096
19	136	65,52	0,48	0,120	13	344	239,65	0,70	0,096
20	220	86,98	0,40	0,087	14	302	203,36	0,67	0,094
21	211	110,41	0,52	0,100	15	224	169,76	0,76	0,116
22	240	131,94	0,55	0,092	16	238	145,02	0,61	0,100
23	249	155,15	0,62	0,103	17	222	124,75	0,56	0,100
24	312	176,46	0,57	0,086	18	219	123,01	0,56	0,110
1	338	198,08	0,59	0,085	19	255	139,44	0,55	0,104
2	354	216,42	0,61	0,090	20	294	154,13	0,52	0,095
3	366	242,96	0,66	0,093	21	336	172,94	0,51	0,089

Ura	Koncentracija radona (Bq/m <sup>3</sup> )	Ravnovesna koncentracija Rn potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja F	Delež prostih potomcev radona (f <sub>p</sub> )
22	298	192,29	0,65	0,101
23	316	202,88	0,64	0,099
24	382	220,01	0,58	0,086
1	356	235,57	0,66	0,093
2	432	244,27	0,57	0,076
3	402	251,34	0,63	0,085
4	492	265,99	0,54	0,070
5	500	281,14	0,56	0,074
6	548	286,43	0,52	0,072
7	600	291,54	0,49	0,069
8	213	190,47	0,89	0,121
9	168	87,58	0,52	0,080
10	226	73,13	0,32	0,059
11	249	86,22	0,35	0,065
12	243	90,08	0,37	0,071
13	173	76,41	0,44	0,083
14	191	70,89	0,37	0,079
15	221	83,9	0,38	0,073
16	108	71,1	0,66	0,117
17	83	47,35	0,57	0,114
18	87	42,56	0,49	0,090
19	126	50,56	0,40	0,075
20	138	67,63	0,49	0,079
21	217	89,12	0,41	0,064
22	220	116,12	0,53	0,077
23	236	129,5	0,55	0,074
24	208	129,47	0,62	0,086
1	278	138,45	0,50	0,069
2	304	154,29	0,51	0,071
3	282	162,42	0,58	0,072
4	231	156,49	0,68	0,088
5	256	133,59	0,52	0,069
6	216	114,86	0,53	0,080
7	198	100,55	0,51	0,079
8	113	64,34	0,57	0,095
9	108	46,45	0,43	0,075
10	241	63,52	0,26	0,049
11	229	82,17	0,36	0,064
12	96	54,91	0,57	0,098
13	139	44,22	0,32	0,062
14	104	46,54	0,45	0,078
15	82	33,71	0,41	0,074
16	87	37,97	0,44	0,086
17	101	41,03	0,41	0,076
18	111	45,69	0,41	0,074
19	137	59,13	0,43	0,076

Ura	Koncentracija radona (Bq/m <sup>3</sup> )	Ravnovesna koncentracija Rn potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja F	Delež prostih potomcev radona (f <sub>p</sub> )
20	198	83,21	0,42	0,066
21	214	110,4	0,52	0,083
22	223	138,96	0,62	0,092
23	272	160,63	0,59	0,086
24	330	182,38	0,55	0,082
1	370	196,76	0,53	0,078
2	388	211,23	0,54	0,083
3	396	220,23	0,56	0,080
4	412	228,83	0,56	0,085
5	448	227,42	0,51	0,080
6	482	219,81	0,46	0,072
7	378	199,32	0,53	0,085

### 5.1.6 OŠ rni Vrh

Osnovna šola rni vrh ima dva dela, stari in novi del ter telovadnico, ki so združeni v eno zgradbo. Stari del stavbe je bil že pred leti obnovljen. Okna so nova, stene so obnovljene. V u ilnicah je po tleh položen linolej. V tleh ni vidnih nobenih razpok ali špranj. Ob stikih tal s stenami so prilepljene obrobe. Vidi se, da obrobe odstopajo zaradi vlage. V u ilnicah, razen v u ilnici za biologijo, ni odtokov in sifonov za vodo v tleh, ampak gredo odto ne cevi v steno in od tam v kanalizacijo. Glavna kanalizacija poteka po hodniku.

Prve meritve koncentracije radona z detektorji sledi v OŠ rni Vrh so bile opravljene v letu 2013. Na podlagi opravljenih meritev koncentracije radona z detektorji sledi v prostoru vrta v rnem vrhu, oddelek na osnovni šoli [21], se je pojavilo vprašanje ali niso mogo e presežene koncentracije radona tudi v drugih u ilnicah. Zato je vodstvo OŠ rni vrh naro ilo uradne meritve asovnega poteka koncentracije radona z merilnimi instrumenti v dveh u ilnicah, ena v pritli ju, druga v prvem nadstropju [22]. Isto asno so bili v ve u ilnicah postavljeni detektorji sledi [22]. Na podlagi rezultatov meritev koncentracije radona z merilnimi instrumenti in detektorji sledi je bila izvedena sanacija objekta. Vgrajena sta bila dva sistema za odvajanje zraka izpod temeljne ploš e na južni in zahodni strani telovadnice (Slika 15, Slika 16) in en sistem za odvajanje zraka iz kanalizacije, ki poteka med starim in novim delom šole na severni strani objekta (Slika 17).



Slika 15. Ventilator telovadnica - jug



Slika 16. Ventilator telovadnica - zahod



**Slika 17. Ventilator šola - sever**

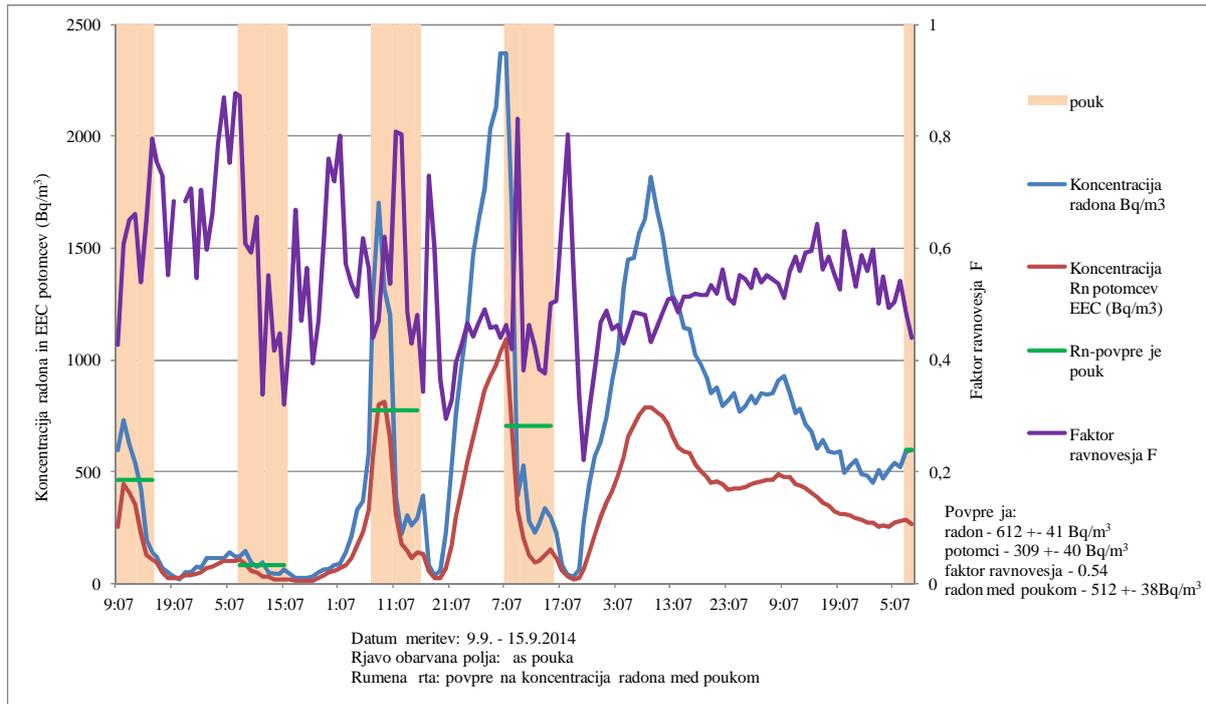
V obdobju od 30.8. do 2.10.2014 smo izvajali meritve koncentracije radona z detektorji sledi v ve u ilnicah po izvedeni sanaciji objekta. Rezultati meritev so prikazani v tabeli 2. Iz rezultatov meritev vidimo, da je koncentracija radona v telovadnici in vseh prostorih v nadstropju precej nižja od  $400 \text{ Bq/m}^3$ , kar kaže na ustrezno izvedeno sanacijo (kar morajo potrditi še meritve zimskem obdobju v letu 2015).

V u ilnici tehni ni pouk je bila izmerjena koncentracija radona še vedno previsoka,  $781 \pm 100 \text{ Bq/m}^3$ , a znatno nižja kot pred sanacijo (pred sanacijo  $3097 \pm 380 \text{ Bq/m}^3$ ). Prav tako je bila koncentracija radona previsoka v u ilnici biologija,  $648 \pm 90 \text{ Bq/m}^3$  (pred sanacijo  $4040 \pm 313 \text{ Bq/m}^3$ ). V u ilnici matematika je bila izmerjena koncentracija radona nižja od  $400 \text{ Bq/m}^3$ ,  $313 \pm 50 \text{ Bq/m}^3$  (pred sanacijo  $1780 \pm 165 \text{ Bq/m}^3$ ), a predvidevamo, da bo v zimskem obdobju preseгла  $400 \text{ Bq/m}^3$ .

Meritve koncentracije radona z detektorji sledi kažejo na to, da je sanacija telovadnice uspešna. Rezultati meritev v u ilnicah v pritli ju šole pa kažejo na to, da je en sam sistem za prezra evanje o itno prešibak, da bi rpal zrak izpod celega objekta.

V obdobju od 9.9.2014 do 15.9.2014 smo izvajali meritve asovnega poteka koncentracije radona in radonovih potomcev z merilnimi instrumenti v u ilnicah biologija in matematika. Povpre na koncentracija radona v u ilnici biologija med izvajanjem meritev je bila  $612 \pm 41 \text{ Bq/m}^3$ , povpre na ravnovesna koncentracija radonovih potomcev je bila  $309 \pm 40 \text{ Bq/m}^3$ , povpre ni faktor ravnovesja je bil 0.54 (0.22 do 0.88). Povpre na koncentracija radona v asu pouka med 7. in 15. uro je bila  $512 \pm 38 \text{ Bq/m}^3$  ( Slika 18, Tabela 14).

V u ilnici biologija smo isto asno dolo ali tudi koncentracijo radona v špranji v kotu pod oknom. Koncentracija radona v u ilnici je sledila koncentraciji radona v špranji (Slika 19).

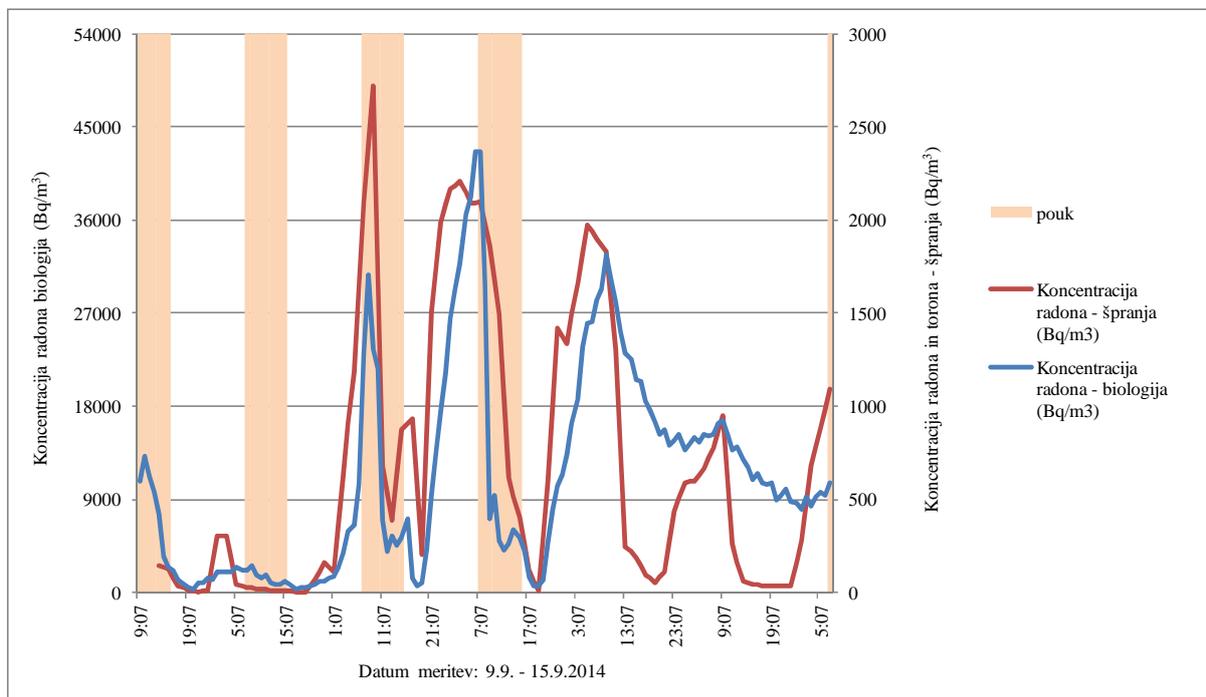


**Slika 18. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m<sup>3</sup>**

Lokacija merjenja: OŠ rni Vrh, u ilnica biologija

Datum meritve: 9.9.2014 ob 9:07 do 15.9.2014 ob 8:07

Merilni instrumenti: Alphaguard 2124, Doseman Pro 152



**Slika 19. Koncentracija radona v u ilnici biologija in v špranji v kotu pod oknom (Bq/m<sup>3</sup>)**

Lokacija merjenja: OŠ rni Vrh, u ilnica biologija

Datum meritve: 9.9.2014 ob 9:07 do 15.9.2014 ob 8:07

Merilni instrumenti: Alphaguard 2124, RAD7

**Tabela 14. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m<sup>3</sup>**

Lokacija merjenja: OŠ rni Vrh, u ilnica biologija

Datum meritve: 9.9.2014 ob 9:07 do 15.9.2014 ob 8:07

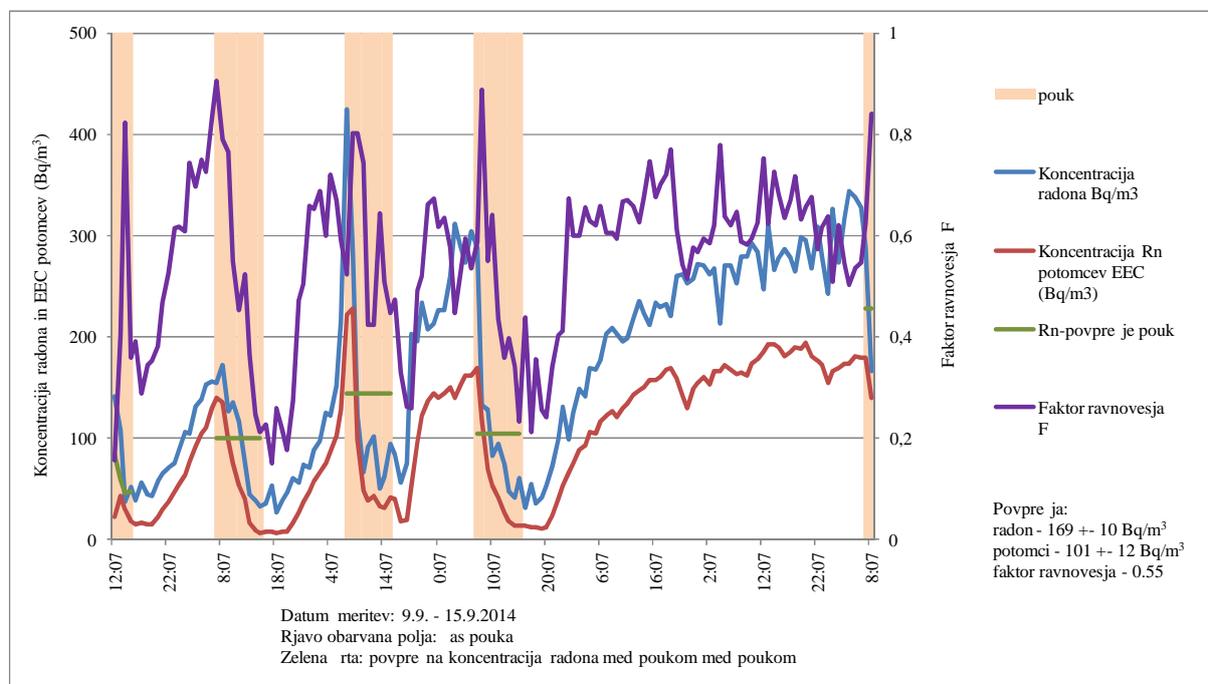
Merilni instrumenti: Alphaguard 2124, Doseman Pro 152

Ura	Koncentracija radona (Bq/m <sup>3</sup> )	Ravnovesna koncentracija Rn potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja F	Ura	Koncentracija radona (Bq/m <sup>3</sup> )	Ravnovesna koncentracija Rn potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja F
9:07	596	254	0,43	0:07	78	56	0,72
10:07	728	442	0,61	1:07	85	68	0,80
11:07	620	404	0,65	2:07	140	80	0,57
12:07	540	357	0,66	3:07	209	112	0,54
13:07	422	227	0,54	4:07	332	171	0,51
14:07	195	127	0,65	5:07	364	225	0,62
15:07	137	109	0,80	6:07	584	329	0,56
16:07	120	91	0,76	7:07	1280	564	0,44
17:07	71	52	0,73	8:07	1704	802	0,47
18:07	47	26	0,55	9:07	1312	813	0,62
19:07	30	21	0,68	10:07	1200	645	0,54
20:07	20	25		11:07	386	312	0,81
21:07	49	33	0,68	12:07	222	178	0,80
22:07	52	37	0,71	13:07	302	147	0,49
23:07	73	40	0,55	14:07	256	110	0,43
0:07	66	46	0,70	15:07	292	140	0,48
1:07	112	67	0,60	16:07	392	134	0,34
2:07	111	73	0,66	17:07	80	58	0,73
3:07	111	87	0,79	18:07	36	22	0,60
4:07	113	98	0,87	19:07	56	21	0,37
5:07	135	102	0,75	20:07	228	67	0,29
6:07	117	103	0,88	21:07	524	172	0,33
7:07	120	105	0,87	22:07	760	300	0,40
8:07	142	86	0,61	23:07	976	417	0,43
9:07	91	54	0,59	0:07	1176	548	0,47
10:07	74	49	0,66	1:07	1472	652	0,44
11:07	96	32	0,34	2:07	1632	761	0,47
12:07	49	27	0,55	3:07	1768	866	0,49
13:07	44	18	0,42	4:07	2032	930	0,46
14:07	41	18	0,45	5:07	2128	977	0,46
15:07	61	19	0,32	6:07	2368	1038	0,44
16:07	41	18	0,45	7:07	2368	1093	0,46
17:07	21	14	0,67	8:07	1656	692	0,42
18:07	23	11	0,47	9:07	394	327	0,83
19:07	23	13	0,56	10:07	524	200	0,38
20:07	33	13	0,39	11:07	278	129	0,46
21:07	46	22	0,47	12:07	227	96	0,42
22:07	59	37	0,62	13:07	264	102	0,38
23:07	64	49	0,76	14:07	338	127	0,38

Ura	Koncentracija radona (Bq/m <sup>3</sup> )	Ravnovesna koncentracija Rn potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja F
15:07	298	149	0,50
16:07	226	114	0,51
17:07	84	55	0,66
18:07	39	31	0,80
19:07	33	18	0,56
20:07	65	22	0,33
21:07	270	59	0,22
22:07	444	137	0,31
23:07	572	221	0,39
0:07	632	296	0,47
1:07	740	361	0,49
2:07	908	413	0,45
3:07	1040	481	0,46
4:07	1320	566	0,43
5:07	1448	656	0,45
6:07	1456	707	0,49
7:07	1568	758	0,48
8:07	1632	785	0,48
9:07	1816	784	0,43
10:07	1680	770	0,46
11:07	1560	752	0,48
12:07	1400	711	0,51
13:07	1288	659	0,51
14:07	1248	606	0,49
15:07	1144	589	0,51
16:07	1136	582	0,51
17:07	1024	530	0,52
18:07	976	502	0,51
19:07	920	474	0,52
20:07	848	451	0,53
21:07	876	454	0,52
22:07	792	444	0,56
23:07	816	416	0,51
0:07	848	426	0,50
1:07	768	424	0,55
2:07	796	433	0,54
3:07	836	442	0,53
4:07	804	453	0,56
5:07	852	459	0,54
6:07	844	464	0,55
7:07	848	460	0,54
8:07	908	486	0,54
9:07	928	473	0,51

Ura	Koncentracija radona (Bq/m <sup>3</sup> )	Ravnovesna koncentracija Rn potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja F
10:07	848	474	0,56
11:07	764	446	0,58
12:07	780	435	0,56
13:07	712	422	0,59
14:07	676	403	0,60
15:07	604	388	0,64
16:07	640	360	0,56
17:07	592	347	0,59
18:07	584	323	0,55
19:07	588	310	0,53
20:07	494	311	0,63
21:07	524	305	0,58
22:07	552	293	0,53
23:07	488	286	0,59
0:07	480	269	0,56
1:07	450	269	0,60
2:07	510	255	0,50
3:07	466	256	0,55
4:07	510	252	0,49
5:07	536	270	0,50
6:07	520	281	0,54
7:07	592	287	0,49
8:07	596	262	0,44

Povpre na koncentracija radona v u ilnici matematika med izvajanjem meritev je bila  $169 \pm 10 \text{ Bq/m}^3$ , povpre na ravnovesna koncentracija radonovih potomcev je bila  $101 \pm 12 \text{ Bq/m}^3$ , povpre ni faktor ravnovesja je bil 0.55 (0.15 do 0.90). Povpre na koncentracija radona v asu pouka med 7. in 15. uro je bila  $116 \pm 9 \text{ Bq/m}^3$  ( Slika 20, Tabela 15).



### Slika 20. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v $\text{Bq/m}^3$

Lokacija merjenja: OŠ rni Vrh, u ilnica matematika

Datum meritve: 9.9.2014 ob 12:07 do 15.9.2014 ob 8:07

Merilni instrumenti: Alphaguard 1387, Doseman Pro 211

**Tabela 15. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m<sup>3</sup>**

Lokacija merjenja: OŠ rni Vrh, u ilnica matematika

Datum meritve: 9.9.2014 ob 12:07 do 15.9.2014 ob 8:07

Merilni instrumenti: Alphaguard 1387, Doseman Pro 211

Ura	Koncentracija radona (Bq/m <sup>3</sup> )	Ravnovesna koncentracija Rn potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja F	Ura	Koncentracija radona (Bq/m <sup>3</sup> )	Ravnovesna koncentracija Rn potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja F
12:07	141	22	0,16	3:07	125	75	0,60
13:07	107	43	0,40	4:07	122	88	0,72
14:07	37	30	0,82	5:07	152	102	0,67
15:07	52	19	0,36	6:07	216	128	0,59
16:07	39	15	0,39	7:07	424	222	0,52
17:07	57	16	0,29	8:07	284	228	0,80
18:07	44	15	0,35	9:07	124	99	0,80
19:07	43	15	0,35	10:07	66	49	0,74
20:07	58	22	0,38	11:07	91	39	0,42
21:07	65	30	0,47	12:07	102	43	0,42
22:07	71	37	0,53	13:07	51	33	0,64
23:07	76	47	0,62	14:07	62	32	0,51
0:07	89	55	0,62	15:07	94	42	0,45
1:07	106	64	0,61	16:07	84	40	0,47
2:07	104	77	0,74	17:07	57	19	0,33
3:07	131	91	0,70	18:07	76	20	0,26
4:07	139	104	0,75	19:07	203	53	0,26
5:07	153	111	0,73	20:07	195	96	0,49
6:07	156	130	0,83	21:07	234	122	0,52
7:07	154	139	0,90	22:07	207	137	0,66
8:07	172	136	0,79	23:07	214	144	0,67
9:07	127	97	0,76	0:07	226	139	0,62
10:07	136	75	0,55	1:07	227	144	0,63
11:07	116	53	0,45	2:07	260	150	0,58
12:07	76	40	0,52	3:07	312	139	0,45
13:07	45	16	0,36	4:07	288	153	0,53
14:07	38	9	0,25	5:07	274	163	0,59
15:07	33	7	0,21	6:07	304	163	0,53
16:07	36	8	0,23	7:07	288	170	0,59
17:07	54	8	0,15	8:07	133	118	0,89
18:07	27	7	0,26	9:07	128	70	0,55
19:07	38	8	0,22	10:07	82	53	0,64
20:07	46	8	0,18	11:07	94	41	0,44
21:07	60	16	0,27	12:07	75	27	0,36
22:07	57	27	0,47	13:07	47	19	0,40
23:07	74	37	0,51	14:07	41	14	0,34
0:07	71	47	0,66	15:07	60	14	0,23
1:07	88	57	0,65	16:07	32	14	0,44
2:07	97	67	0,69	17:07	55	12	0,21

Ura	Koncentracija radona (Bq/m <sup>3</sup> )	Ravnovesna koncentracija Rn potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja F	Ura	Koncentracija radona (Bq/m <sup>3</sup> )	Ravnovesna koncentracija Rn potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja F
18:07	36	13	0,36	12:07	247	186	0,75
19:07	41	11	0,26	13:07	310	193	0,62
20:07	53	13	0,24	14:07	266	193	0,73
21:07	72	25	0,34	15:07	278	190	0,68
22:07	99	40	0,40	16:07	286	181	0,63
23:07	131	54	0,41	17:07	278	186	0,67
0:07	99	67	0,67	18:07	264	190	0,72
1:07	125	75	0,60	19:07	298	188	0,63
2:07	148	89	0,60	20:07	296	194	0,66
3:07	141	92	0,66	21:07	268	181	0,68
4:07	169	106	0,63	22:07	308	177	0,57
5:07	168	104	0,62	23:07	278	172	0,62
6:07	176	116	0,66	0:07	242	154	0,64
7:07	203	123	0,61	1:07	326	166	0,51
8:07	209	126	0,60	2:07	274	170	0,62
9:07	203	121	0,59	3:07	318	173	0,54
10:07	195	130	0,67	4:07	344	173	0,50
11:07	199	133	0,67	5:07	338	181	0,54
12:07	217	143	0,66	6:07	328	179	0,55
13:07	235	147	0,63	7:07	288	180	0,63
14:07	223	150	0,67	8:07	167	140	0,84
15:07	212	158	0,75				
16:07	234	158	0,68				
17:07	229	160	0,70				
18:07	232	167	0,72				
19:07	220	170	0,77				
20:07	260	159	0,61				
21:07	262	142	0,54				
22:07	253	130	0,51				
23:07	258	149	0,58				
0:07	272	154	0,57				
1:07	270	160	0,59				
2:07	262	153	0,59				
3:07	268	166	0,62				
4:07	213	166	0,78				
5:07	270	172	0,64				
6:07	270	167	0,62				
7:07	253	164	0,65				
8:07	280	165	0,59				
9:07	280	163	0,58				
10:07	292	173	0,59				
11:07	284	178	0,63				

Meritve koncentracije radona z detektorji sledi so bile opravljene v poletnem obdobju, ko so sicer koncentracije radona nižje kot pozimi, a je kljub temu v u ilnicah tehni ni pouk in biologija, ki so obarvane rde e, koncentracija radona previsoka (Tabela 2). V kolikor se bo u ilnica bivši vrtec uporabljala kot ra unalniška u ilnica, bo v kurilni sezoni koncentracija radona v tej u ilnici zagotovo preseгла 400 Bq/m<sup>3</sup>.

Ravno tako to velja za u ilnico matematika, da bo v kurilni sezoni koncentracija radona v tej u ilnici preseгла 400 Bq/m<sup>3</sup>. Sanacija, ki je bila izvedena tako, da rpa zrak iz napeljave za kanalizacijo na severni strani objekta, ima najbrž vgrajen ventilator s premajhno mo jo, da bi ventilator rpal zrak tudi iz drugih delov pod temeljno ploš o zgoraj omenjenih u ilnic. Smotrno bi bilo preveriti sanacijo z mo nejšim ventilatorjem oziroma sanirati tlake v u ilnicah bivši vrtec, matematika in biologija.

Sanacija telovadnice je zelo uspešna. Smatramo, da tudi v kurilni sezoni koncentracija radona v telovadnici ne bo dosti narasla.

U ilnica tehni ni pouk se nahaja na južni strani objekta. Izmerjena koncentracija radona v u ilnici je zelo visoka 781 ± 100 Bq/m<sup>3</sup>. Smotrno bi bilo vgraditi podoben sistem za rpanje zraka izpod temeljne ploš e kot je bil vgrajen v telovadnici.

### 5.1.7 OŠ Ribnica

Na podlagi opravljenih meritev koncentracije radona z detektorji sledi v prostorih OŠ Ribnica, (poro ilo LMSAR-71/2014-PJ, z dne 28.4.2014) smo izvedli meritve iskanja virov radona v u ilnici AP1, stavba A, kjer je bila izmerjena povišana koncentracija radona. Isto asno smo v izbranih prostorih v stavbi A postavili detektorje sledi, s katerimi smo dolo ili koncentracijo radona za obdobje enega meseca.

Stavba A je zgrajena kot dvonadstropna stavba z visokim pritli jem, ki je dvignjeno 1.5 m od tal. Osrednji del stavbe, v katerem se nahajata stopniš e in hodnik (po celi širini stavbe), je delno podkleten in se nahaja 2 m pod tlemi. Na levi strani od stopniš a v kleti se nahaja prostor z arhivom, na desni pa je delavnica. V obeh prostorih so okna. Levo od prostora z arhivom in desno od delavnice stavba ni podkletena. Na nepodkletenem delu stavbe v visokem pritli ju se nahajata u ilnica AP1, knjižnica in pisarna. V prvem nadstropju so tudi u ilnice.

Stavba A je bila po navedbah zaposlenih nazadnje obnovljena leta 1997. Okna, stene in tlaki so bili obnovljeni. V u ilnicah je po tleh položen parket. Stopniš e, hodnik ter tlaki v kletnih prostorih so betonski oziroma so po tleh položene ploš ice.

Vire radona smo iskali v u ilnici AP1, v knjižnici in v kleti v prostoru za arhiv. U ilnica AP1 se trenutno ne uporablja, okna so stalno zaprta. Po tleh je položen parket. V tleh ni vidnih nobenih razpok ali špranj. Ob stikih tal s stenami so prilepljene obrobe. V u ilnici je umivalnik za vodo. Pod umivalnikom je odprtina, v kateri je ventil. Vire radona smo iskali na petih lokacijah v prostoru, v špranji ob steni pod umivalnikom (Slika 21), v špranji ob vhodnih vratih (Slika 22), v špranji pod oknom diagonalno nasproti vhodnih vrat (Slika 23), v špranji pod tablo (Slika 24) in v odprtini za ventil (Slika 25). Rezultati meritev iskanja virov radona so prikazani v tabeli 16.



Slika 21. Špranja ob steni pod umivalnikom



Slika 22. Špranja ob steni ob vhodnih vratih



Slika 23. Špranja pod oknom



Slika 24. Špranja pod tablo



Slika 25. Odprtina pod umivalnikom za ventil

**Tabela 16. Iskanje virov radona**

U ilnica AP1

Datum meritve: 21.5.2014 ob 8:00 do 12:30

Zap. Št	Lokacija:	Merilni instrument	Koncentracija radona (Bq/m <sup>3</sup> )
1	špranja ob steni pod umivalnikom	RAD7	28500 ± 2000
2	špranja ob steni ob vhodnih vratih	Alphaguard	14500 ± 1000
3	špranja pod oknom diametralno nasproti vrat	RAD7	10400 ± 1000
4	Špranja pod tablo	RAD7	11300 ± 1300
5	odprtina pod umivalnikom za ventil	RAD7	12400 ± 1400

V knjižnici je po tleh položen parket, z obrobami ob stenah. V tleh so na več mestih vidne nekaj mm velike razpoke, pod katerimi je betonska plošča, ki ni videti razpokana. Pod oknom pri radiatorju je vidna razpoka, kjer smo iskali vir radona (Slika 26). Izmerjena koncentracija radona je bila  $5500 \pm 800 \text{ Bq/m}^3$ .

V prostoru z arhivom so po tleh položene plošče. Vidi se, da je prostor zelo vlažen, ker odpada omet. Na stiku tal z obrobniimi ploščicami je manjša razpoka, kjer smo iskali vir radona (Slika 27). Izmerjena koncentracija radona je bila  $6500 \pm 900 \text{ Bq/m}^3$ .



Slika 26. Špranja pod oknom v knjižnici



Slika 27. Špranja v tleh v prostoru z arhivom

Iz meritev iskanja virov radona v uilnici AP1 vidimo, da je špranja pod umivalnikom največji vir radona. Tudi razpoke v tleh ob steni so možen vir radona. Predvidevamo, da so ob stenah pod obrobami razpoke po vsej dolžini, zato so tudi izmerjene koncentracije radona v uilnici AP1 na toliko od 2 do 5 (Tabela 16) podobne. Izmerjena koncentracija radona kaže na to, da je so tla pod objektom možen vir radona. Istočasno smo v uilnici AP1 določili koncentracijo radona z merilnim instrumentom Alphaguard. Izmerjena koncentracija radona v uilnici AP1 je bila  $7350 \pm 500 \text{ Bq/m}^3$ .

Detektorje jadrskih sledi smo postavili v sedem prostorov v stavbi A. Čas izpostavitve detektorjev je bil od 21.5.2014 do 16.6.2014 (Tabela 2, Tabela 17).

**Tabela 17. Rezultati meritev koncentracije radona z detektorji sledi**

Zap. št.	Številka detektorja	Začetek meritve Datum	Ura	Konec meritve Datum	Ura	lokacija (soba)	Konc. radona $\text{Bq/m}^3$
1	686257-7	21.5.2014	10	16.6.2014	8	hodnik	980 $\pm$ 120
2	686578-6	21.5.2014	10	16.6.2014	8	delavnica - klet	768 $\pm$ 100
3	686543-0	21.5.2014	10	16.6.2014	8	knjižnica	1406 $\pm$ 180
4	686686-7	21.5.2014	10	16.6.2014	8	arhiv - klet	327 $\pm$ 50
5	686208-0	21.5.2014	10	16.6.2014	8	pisarna knjižnice	1747 $\pm$ 220
6	685791-6	21.5.2014	10	16.6.2014	8	u ilnica AP1	7347 $\pm$ 1330
7	685616-5	21.5.2014	10	16.6.2014	8	u ilnica 1. a, 1. nadstropje nad AP1	405 $\pm$ 60

- Število podano za znakom +- je skupna standardna negotovost in se nanaša na interval zaupanja z 95 % zanesljivostjo.
- Koncentracije radona, navedene v poročilu, se nanašajo le na lokacijo merjenja v času izpostavitve detektorja

Izmerjena koncentracija radona je bila najnižja v prostoru arhiva v kleti in sicer  $334 \pm 45$  Bq/m<sup>3</sup>. Nekoliko višja je bila koncentracija radona v delavnici v kleti,  $770 \pm 96$  Bq/m<sup>3</sup>. To sta edina dva prostora v stavbi, ki sta podkletena. Vsi ostali prostori (razen u ilnice v prvem nadstropju) se nahajajo v visokem pritli ju (1.5 m nad tlemi). Vse u ilnice, razen u ilnice AP1, so bile v asu izvajanja meritev normalno prezra evane (ob asno ali stalno odprta okna med delovnim asom). V vseh teh u ilnicah oziroma drugih prostorih izmerjene koncentracije radona presegajo 400 Bq/m<sup>3</sup>.

Rezultati meritev koncentracije radona z detektorji sledi kažejo na to, da je v vseh prostorih v stavbi A koncentracija radona previsoka. Povpre na koncentracija radona v prostoru AP1 v asu izvajanja meritev z merilnim instrumentom Alphaguard je bila  $7350 \pm 500$  Bq/m<sup>3</sup>, v celotnem obdobju izvajanja meritev z detektorji sledi pa  $7347 \pm 1330$  Bq/m<sup>3</sup>, kar je krepko nad 400 Bq/m<sup>3</sup>. Najnižje koncentracije radona so bile izmerjene le v kletnih prostorih, kar najbrž pomeni, da so bila tla v kletnih prostorih ob obnovi stavbe A sanirana, v prostorih v visokem pritli ju pa ne.

Izmerjene koncentracije radona v špranjah v u ilnici AP1 kažejo na to, da so tla pod objektom mo an vir radona, bodisi zaradi kraškega sveta bodisi zaradi nasutja pod objektom, ki vsebuje visoke specifi ne aktivnosti izotopa radija – <sup>226</sup>Ra.

Predlagamo, da se v stavbi A preveri možnost sanacije celotne temeljne ploš e v prostorih v visokem pritli ju in vgradnje prisilnega sistema za prezra evanje. Isto asno predlagamo, da se preveri (mogo e iz gradbene dokumentacije), kaj se nahaja pod visokim pritli jem (nasuti material ali mogo e zasuti prostori).

## 5.2 Ostali objekti

Rezultati meritev koncentracije radona z detektorji sledi so prikazani v tabeli 18. V osmih objektih smo postavili štirinajst detektorjev sledi. V treh prostorih so bile izmerjene koncentracije radona skupaj z negotovostjo meritve višje od 1000 Bq/m<sup>3</sup>.

**Tabela 18. Koncentracija radona v ostalih objektih\***

Zap. št.	Detektor	Start	Stop	Prostor	Objekt	Konc. radona (Bq/m <sup>3</sup> )
98	704509-9	5.2.2014	16.4.2014	soba 41	UKC Bohori eva	20 ± 4
99	703577-7	4.3.2014	16.4.2014	soba 33	UKC Ljubljana	129 ± 20
100	705850-6	4.3.2014	16.4.2014	soba 32	UKC Ljubljana	181 ± 30
101	705612-0	4.3.2014	16.4.2014	soba 30	UKC Ljubljana	353 ± 50
102	704341-7	13.3.2014	20.5.2014	amb. št. 5 (dr. Stojan)	ZD Ljubljana	240 ± 30
103	705714-4	27.3.2014	21.5.2014	Dom krajanov Lavrica	Dom krajanov Lavrica	68 ± 10
104	704415-9	21.2.2014	10.4.2014	lekarna, pisarna	Psihiatri na bolnišnica Idrija	1266 ± 160
105	684682-8	26.2.2014	17.4.2014	Prometna pisarna	SŽ Diva a	456 ± 60
106	686242-9	7.3.2014	17.4.2014	nabavna služba	SŽ VIT Diva a	643 ± 80
107	685468-1	7.3.2014	17.4.2014	materialno skladiš e	SŽ VIT Diva a	1024 ± 130
108	684683-6	7.3.2014	17.4.2014	pisarna strokovni u .	SŽ VIT Diva a	963 ± 120
109	686036-5	7.3.2014	17.4.2014	pisarna voz. Del.	SŽ VIT Diva a	270 ± 40
110	685856-7	24.4.2014	16.7.2014	dnevna soba	Cveto Bauer	229 ± 30
111	684745-3	30.4.2014	14.7.2014	soba	Jernej Malnar	121 ± 20

\* Vse izmerjene koncentracije radona, ki skupaj z negotovostjo meritve ( $k = 2$ ) presegajo 1000 Bq/m<sup>3</sup>, so obarvane rde e

### 5.2.1 UKC Ljubljana, Bohori eva ulica

Objekt UKC na Bohori evi ulici 28 je star in delno podkleten. Tudi v kletnih prostorih so delovna mesta zaposlenih. V delovnih prostorih je po tleh položen parket, ob stikih s stenami so kotne letve, ki delno zakrivajo špranje med steno in tlemi. V objektu smo določili koncentracijo radona in radonovih potomcev z detektorji sledi že v letu 2013.

Na podlagi rezultatov meritev koncentracije radona in radonovih potomcev v letu 2013 so na UKC za eliš sanirati posamezne sobe v objektu na Bohori evi ulici 28 [31]. Sanirali so dve sobi, sobo 40 a in 40 b. Iz obeh sob so odstranili tlake in najmanj 50 cm materiala pod tlaki. Obnovili in izolirali so temelje. Skozi temelj v sosednjo sobo (soba 41) so izvrtali luknjo (premer 12 cm) in na drugi strani odstranili 20 do 30 cm materiala. V sobi 40 a in 40 b so nasuli 30 cm novega materiala, nanj položili drenažne cevi, pokrili z nekaj cm peska in nanj položili folijo (kombinacija izotekt in alufolija, izdelano v Švici). Na vse to so položili estrih in končali tlak. Drenažne cevi iz obeh sob so povezali in napeljali v odvodno cev v kotu stene v sobi 40 b, ki gre pod streho objekta. Tam je v cev vgrajen 250 W ventilator, ki vleče zrak izpod objekta na prosto.

Po končani sanaciji obeh sob smo izvedli kontrolne meritve koncentracije radona in radonovih potomcev v sobi 40 b (Slika 28, Slika 29). Meritve smo izvedli v obdobju od 30.1 do 5.2.2014.

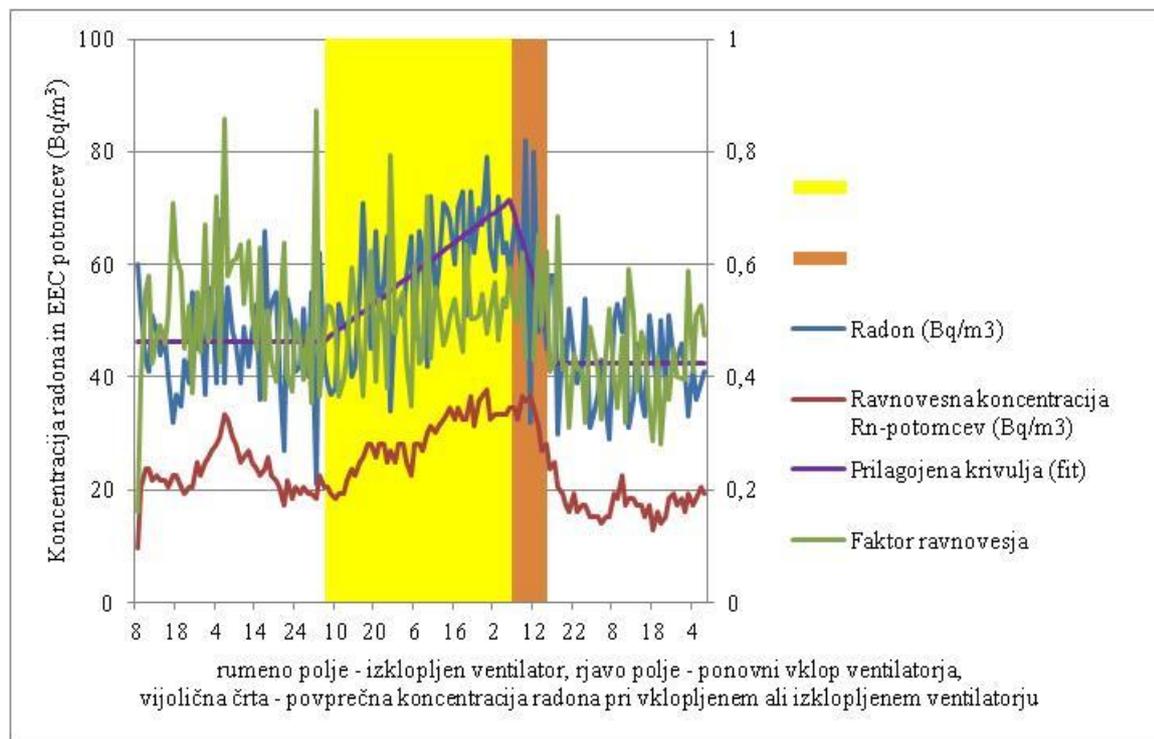


Slika 28. Soba 40 b po sanaciji



Slika 29. Meritve v sobi 40 b

Povprečna koncentracija radona v sobi 40 b v času meritve je bila  $50 \pm 3 \text{ Bq/m}^3$  (21 – 82  $\text{Bq/m}^3$ ), povprečna koncentracija radonovih potomcev v času meritve je bila  $24 \pm 3 \text{ Bq/m}^3$  (10 – 38  $\text{Bq/m}^3$ ), povprečna vrednost faktorja ravnovesja F je bila 0.49 (0.16 – 0.87). Rezultati meritev so prikazani na sliki 30 in v tabeli 19.



**Slika 30. Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m<sup>3</sup>**

Lokacija merjenja: UKC, soba 40 b

Datum meritve: 30.1.2014 ob 8:00 do 5.2.2014 ob 8:00

Merilni instrumenti: Alphaguard 1387, Doseman Pro 152

Ventilator je deloval ves čas izvajanja meritev, razen od sobote ob 8. uri zjutraj do ponedeljka ob 7. uri zjutraj, ko je bil izključen. Na sliki 30 je z rumeno barvo označeno časovno obdobje, v katerem je bil ventilator izključen. Z vijolično črto (prilagojena krivulja -fit) je prikazana povprečna koncentracija radona v posameznih fazah delovanja ventilatorja. Koncentracija radona je iz začetne povprečne vrednosti 46,4 Bq/m<sup>3</sup> po izklopu ventilatorja narasla do 71,4 Bq/m<sup>3</sup>, po ponovnem vklopu ventilatorja pa se je znižala na 42,4 Bq/m<sup>3</sup>.

Koncentracija radona v sobi 40 b je bila med izvajanjem meritev zelo nizka. Tudi v času izklopa ventilatorja koncentracija radona ni narasla preko 100 Bq/m<sup>3</sup>, kar je najbrž posledica dobrega tesnjenja tal in vleka zraka izpod temeljne plošče zaradi temperaturne razlike med zrakom v tleh in zunanjim zrakom. Smatramo, da je sanacija uspešna.

**Tabela 19 Koncentracija radona in ravnovesna koncentracija radonovih potomcev (EEC) v Bq/m<sup>3</sup>**

Lokacija merjenja: soba 40

Datum meritve: 30.1.2014 ob 8:00 do 5.2.2014 ob 8:00

Merilni instrumenti: Alphaguard 1387, Doseman Pro 152

Ura	Koncentracija radona (Bq/m <sup>3</sup> )	Ravnovesna koncentracija Rn potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja F
8	60	10	0,16
9	52	21	0,39
10	43	24	0,55
11	41	24	0,58
12	51	22	0,42
13	48	23	0,47
14	44	22	0,49
15	47	22	0,46
16	40	21	0,51
17	32	23	0,71
18	37	23	0,61
19	35	21	0,59
20	43	19	0,45
21	39	21	0,53
22	55	21	0,37
23	45	25	0,55
24	51	23	0,44
1	37	25	0,67
2	56	26	0,46
3	54	27	0,50
4	39	28	0,72
5	68	29	0,43
6	39	33	0,86
7	56	32	0,58
8	48	29	0,61
9	46	28	0,61
10	39	25	0,64
11	49	26	0,53
12	42	27	0,64
13	48	25	0,52
14	53	24	0,45
15	36	23	0,63
16	66	24	0,36
17	50	26	0,52
18	53	23	0,43
19	55	22	0,39
20	42	21	0,49
21	27	17	0,64
22	54	22	0,40

Ura	Koncentracija radona (Bq/m <sup>3</sup> )	Ravnovesna koncentracija Rn potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja F
23	49	18	0,37
24	41	21	0,50
1	42	19	0,46
2	52	21	0,39
3	40	19	0,49
4	55	19	0,35
5	21	18	0,87
6	62	23	0,37
7	43	21	0,48
8	39	21	0,53
9	37	19	0,53
10	38	18	0,48
11	53	19	0,37
12	49	19	0,40
13	49	22	0,44
14	40	24	0,59
15	42	23	0,54
16	56	25	0,44
17	71	26	0,37
18	50	28	0,56
19	45	28	0,62
20	66	26	0,39
21	52	28	0,54
22	57	28	0,49
23	65	25	0,38
24	34	27	0,79
1	52	25	0,48
2	53	28	0,53
3	51	28	0,55
4	58	25	0,43
5	65	23	0,35
6	47	28	0,60
7	66	28	0,43
8	62	27	0,44
9	42	30	0,72
10	72	31	0,44
11	54	30	0,56
12	59	31	0,53
13	71	32	0,46

Ura	Koncentracija radona (Bq/m <sup>3</sup> )	Ravnovesna koncentracija Rn potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja F
14	70	33	0,48
15	68	35	0,51
16	60	32	0,54
17	70	35	0,49
18	73	32	0,44
19	51	32	0,64
20	73	37	0,50
21	62	31	0,51
22	70	36	0,51
23	67	37	0,55
24	79	38	0,48
1	63	32	0,51
2	59	33	0,57
3	72	33	0,47
4	62	33	0,54
5	64	33	0,52
6	58	35	0,60
7	67	35	0,52
8	65	32	0,50
9	59	37	0,62
10	82	36	0,43
11	32	37	
12	80	35	0,43
13	48	31	0,65
14	55	27	0,49
15	45	28	0,62
16	58	24	0,41
17	58	25	0,43
18	30	21	0,68
19	47	19	0,41
20	41	17	0,42
21	52	16	0,31
22	44	19	0,44
23	39	16	0,42
24	42	17	0,41
1	54	17	0,32
2	31	15	0,49
3	33	15	0,46
4	37	15	0,41
5	43	14	0,33
6	34	15	0,44
7	29	15	0,52
8	50	19	0,39
9	53	18	0,35

Ura	Koncentracija radona (Bq/m <sup>3</sup> )	Ravnovesna koncentracija Rn potomcev EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Faktor ravnovesja F
10	48	23	0,47
11	54	17	0,32
12	31	18	0,59
13	36	18	0,51
14	46	17	0,38
15	36	17	0,48
16	33	15	0,46
17	51	17	0,34
18	45	13	0,29
19	37	16	0,44
20	50	14	0,28
21	38	15	0,40
22	51	18	0,36
23	43	19	0,45
24	43	17	0,40
1	46	18	0,40
2	41	16	0,40
3	33	19	0,59
4	42	17	0,41
5	36	18	0,51
6	39	21	0,53
7	41	19	0,47

### 5.2.2 SŽ VIT d. o. o., Divača

Pisarna obratovodje je v zgradbi ob železniški progi. Zgradba pod pisarno ni podkletena. V pisarni je po tleh položen linolej, ki ni razpokan (je v enem kosu). Pod linolejem so lesena tla, pod katerimi ni betonske plošče. Linolej se zaključuje ob steni z leseno letvijo. Edine vidne razpoke so ob stikih stene s tlemi. V kotu pisarne je dimnik, a je zgoraj zaprt, zato ni vleka skozi dimnik. Dimnika nismo odpirali zaradi možnosti onesnaženja prostora s sajami.

Na podlagi opravljenih meritev koncentracije radona z detektorji sledi v pisarni obratovodje, SŽ VIT d. o. o., Ulica Ludvika Požrlja 22, Divača v letu 2013 smo v letu 2014 iskali vire radona v tem prostoru. Koncentracija radona, izmerjena z detektorji sledi v pisarni obratovodje v letu 2013 je bila  $1969 \pm 300 \text{ Bq/m}^3$ .

Vire radona smo iskali v špranji v tleh za vhodnimi vrati in v špranji v tleh ob dimniku. Rezultati meritev so prikazani v tabeli 20.

**Tabela 20. Iskanje virov radona v pisarni obratovodje**

Datum meritev: 13.3.2014

Lokacija	Merilni instrument	Koncentracija radona $\text{Bq/m}^3$
Špranja za vhodnimi vrati	RAD 7	$4500 \pm 600$
Špranja pri dimniku	RAD 7	$15300 \pm 1100$

Koncentracija radona v špranjah kaže na to, da so tla pod objektom možno vir radona. Predlagamo sanacijo temeljne plošče in vgradnjo cevi za prisilno prezračenje pod temeljno ploščo.

## 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  $400 \text{ Bq/m}^3$  za vrtce in šole ter  $1000 \text{ Bq/m}^3$  za druga delovna mesta. Upoštevali smo metodologijo iz Uredbe UV2 [8]. Pri oceni smo privzeli, da so izmerjene koncentracije radona enake povprečnim letnim koncentracijam radona v objektu (prav so trajale samo en mesec in ne celo leto). V primeru, da smo izvedli meritve v istem objektu v prostorih, 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 prebivalce smo privzeli, da prebijejo dve tretjini časa na leto v stanovanju, za obiskovalce doma krajanov pa, da tam prebijejo največ 500 ur na leto.

Kljub temu, da smo v nekaterih ustanovah določili tudi faktor ravnovesja, ga pri oceni prejete efektivne doze nismo upoštevali, ker so bile to le trenutne vrednosti. Pri izražanju smo za vse objekte privzeli faktor 0.4 iz Uredbe UV2 [8].

Ocenjene efektivne doze za zaposlene in otroke v vrtcih in šolah so prikazane v tabeli 21 in na sliki 31. Ocenjene efektivne doze za zaposlene v ostalih ustanovah so prikazane v tabeli 22. Z rdečo barvo so označene efektivne doze, višje od  $2 \text{ mSv}$  na leto. Po ICRP 65 [23] prispevajo povprečne letne koncentracije radona med  $200 - 600 \text{ Bq/m}^3$  v bivalnem okolju ( $400 \text{ Bq/m}^3$  smo privzeli za vrtce in šole) in med  $500 - 1500 \text{ Bq/m}^3$  v delovnem okolju ( $1000 \text{ Bq/m}^3$  smo privzeli za delovno okolje) efektivno dozo med  $2 - 6 \text{ mSv/leto}$ . Po Uredbi UV2 [8] povprečna celoletna koncentracija radona  $400 \text{ Bq/m}^3$  ob ravnovesnem faktorju 0.4 doprinese k letni efektivni dozi  $6 \text{ mSv}$ . 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  $2 \text{ mSv/leto}$ , saj prejmejo delež efektivne doze zaradi naravnih sevanj tudi v bivalnem okolju.

Tabela 21. Ocenjene letne efektivne doze za odrasle in otroke v vrtcih in šolah\*

Zap.št.	Lokacija	Objekt	Št. ur	Ef. doza (mSv)
1	igralnica U enjaki	OŠ Solkan - vrtec	1320	0,11 ± 0,02
2	igralnica Zaj ki	Vrtec Rastje na OŠ Branik	1584	0,18 ± 0,03
3	igralnica Rde i baloni	Vrtec na OŠ Dornberk	1584	0,50 ± 0,10
4	igralnica Son ki	Vrtec Prva ina	1584	0,16 ± 0,03
5	igralnica Mavrice	Vrtec na OŠ Šempas	1584	0,51 ± 0,10
6	igralnica Son ki	VVO N. Gorica, Centralni vrtec	1584	0,14 ± 0,02
7	igralnica Medvedi	VVO N. Gorica, Vrtec Mojca	1584	0,38 ± 0,05
8	soba ravnateljica	VVO N. Gorica, uprava	1584	0,22 ± 0,03
9	igralnica Muce	VVO N. Gorica, Vrtec Najdihojca	1584	0,41 ± 0,06
10	igralnica Modri pal ki	VVO N. Gorica, Vrtec Ciciban	1584	0,17 ± 0,03
11	igralnica Jagode	VVO N. Gorica, Vrtec Kurir ek	1584	0,29 ± 0,04
12	Igralnica Ra ke	VVO N. Gorica, Enota Kekec	1584	0,18 ± 0,03
13	igralnica Spomin ice	VVO N. Gorica, Vrtec J. Pavleti	1584	0,35 ± 0,05
14	Igralnica Srne	VVO N. Gorica, vrtec ri ek	1584	0,12 ± 0,02
15	igralnica Medvedki	Vrtec Škofljica, Enota Citron ek	1584	0,40 ± 0,06
16	igralnica Kužki	VVO Lavrica, vrtec stari	1584	0,24 ± 0,04
17	igralnica Žogice	VVO Lavrica, vrtec Bisemik	1584	0,09 ± 0,03
18	igralnica Krtki	VVO Lanovo, Enota Škratec	1584	0,53 ± 0,10
19	igralnica	DIO Albrehtova	1584	0,29 ± 0,04
20	igralnica P8	Vrtec Idrija, Enota Prelov eva	1584	2,85 ± 0,35
21	igralnica	Vrtec Idrija, Enota Spodnja Idrija	1584	4,11 ± 0,50
22	v1 - omara	VVO Idrija, Enota mi vrh	1584	6,52 ± 0,81
23	igralnica l	VVO Sežana, Enota Lehte, stari del	1584	5,01 ± 0,60
24	igralnica	VVO Sežana, Enota Komen	1584	2,60 ± 0,35
25	igralnica Zaj ki na OŠ	VVO Sežana, Enota Senože e	1584	2,39 ± 0,30
26	igralnica spodaj	VVO Sežana, Enota Lokev	1584	2,14 ± 0,30
27	igralnica zgoraj	VVO Sežana, Enota Lokev	1584	1,94 ± 0,25
28	igralnica Žabice spodaj	VVO Sežana, Enota Lokev	1584	1,36 ± 0,20
29	igralnica zgoraj	VVO Sežana, Enota Lokev	1584	1,19 ± 0,15
30	u ilnica 10 v kleti	OŠ Vodmat	1320	3,17 ± 0,42
31	knjižnica	OŠ Sostro	1320	0,14 ± 0,03
32	3.4. razred	OŠ Sostro, PŠ Besnica	1320	0,30 ± 0,04
33	u ilnica 1	OŠ Sostro, PŠ Jan e	1320	3,68 ± 0,46
34	u ilnica 1	OŠ Sostro, PŠ Lipoglav	1320	0,11 ± 0,02
35	1.2. razred	OŠ Sostro, PŠ Prežganje	1320	0,15 ± 0,03
36	1.a razred	OŠ Škofljica	1320	0,29 ± 0,04
37	2.m razred	OŠ Škofljica, PŠ Lavrica	1320	0,25 ± 0,03
38	1.2. razred	OŠ Škofljica, PŠ Želumlje	1320	1,15 ± 0,17
39	tehnika CK3 klet	OŠ F. Prešerna Ribnica	1320	1,38 ± 0,21
40	stavba A, u ilnica AP1	OŠ F. Prešerna Ribnica	1320	36,02 ± 6,51
41	stavba B, u ilnica BP5	OŠ F. Prešerna Ribnica	1320	1,43 ± 0,21
42	hodnik	OŠ Ribnica	1320	4,11 ± 0,50

\* efektivna doza je za otroke in odrasle enaka, ker upoštevamo enako število ur zadrževanja v prostoru

rna – efektivna doza manjša od 2 mSv/leto

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

Rde a - efektivna doza ve ja od 6 mSv/leto

**Tabela 21 (nadaljevanje). Ocenjene letne efektivne doze za odrasle in otroke v vrtcih in šolah**

Zap.št.	Lokacija	Objekt	Št. ur	Ef. doza (mSv)
43	delavnica - klet	OŠ Ribnica	1320	3,22 ± 0,42
44	knjižnica	OŠ Ribnica	1320	5,90 ± 0,76
45	arhiv - klet	OŠ Ribnica	1320	1,37 ± 0,21
46	pisarna knjižnice	OŠ Ribnica	1320	7,33 ± 0,92
47	učilnica API	OŠ Ribnica	1320	30,84 ± 5,58
48	učilnica 1. a, 1. nadstropje	OŠ Ribnica	1320	1,70 ± 0,25
49	1. razred	OŠ Ribnica, PŠ Dolenja vas	1320	0,30 ± 0,04
50	3. razred	OŠ Ribnica, PŠ Sušje	1320	2,43 ± 0,34
51	učilnica - jedilnica	PŠ Koveška reka	1320	1,97 ± 0,25
52	2. -3. razred	OŠ Kanal, PŠ Kal	1320	2,26 ± 0,29
53	igralnica	OŠ Kanal, PŠ Kal	1320	1,06 ± 0,17
54	vrtec	OŠ Kobarid, PŠ Breginj	1320	1,37 ± 0,21
55	1.2. razred	OŠ Kobarid, PŠ Breginj	1320	1,65 ± 0,25
56	5.a razred	OŠ Solkan	1320	0,94 ± 0,13
57	3.4. razred	OŠ Solkan, PŠ Grgar	1320	1,80 ± 0,25
58	igralnica vrtca	OŠ Šepovan	1320	1,14 ± 0,17
59	1. razred	OŠ Šepovan	1320	1,88 ± 0,25
60	telovadnica	OŠ Rni vrh	1320	0,41 ± 0,06
61	tehnika pouk	OŠ Rni vrh	1320	3,28 ± 0,42
62	matematika	OŠ Rni vrh	1320	1,31 ± 0,21
63	biologija	OŠ Rni vrh	1320	2,72 ± 0,38
64	bivši vrtec	OŠ Rni vrh	1320	1,15 ± 0,17
65	knjižnica (1. nad)	OŠ Rni vrh	1320	0,33 ± 0,06
66	zbornica (1.nad.)	OŠ Rni vrh	1320	0,41 ± 0,06
67	zgodovina, geografija	OŠ Rni vrh	1320	0,79 ± 0,13
68	1. razred, 1. nad	OŠ Rni vrh	1320	0,34 ± 0,06
69	angleščina, gl. vzgoja	OŠ Rni vrh	1320	0,63 ± 0,13
70	slovenščina	OŠ Rni vrh	1320	0,45 ± 0,08
71	1. 2. razred (pritlije)	OŠ Sežana, PŠ Lokev	1320	4,78 ± 0,59
72	3. 4. razred (1. nadstropje)	OŠ Sežana, PŠ Lokev	1320	1,97 ± 0,25
73	1. 2. razred (pritlije)	OŠ Sežana, PŠ Lokev	1320	3,71 ± 0,59
74	3. 4. razred (1. nadstropje)	OŠ Sežana, PŠ Lokev	1320	1,46 ± 0,21
75	učilnica 1. razred	OŠ Komen	1320	2,41 ± 0,29
76	učilnica TIT	OŠ Komen	1320	1,48 ± 0,21
77	učilnica zgodovina (1. nad)	OŠ Komen	1320	0,78 ± 0,13
78	učilnica 1. razred	OŠ Šmihel, PŠ Birna vas	1320	3,05 ± 0,38
79	učilnica	OŠ Trebnje, PŠ Šentlovrenc	1320	2,05 ± 0,29
80	igralnica Ostržki	OŠ Škocjan, PŠ Bukarja	1320	2,14 ± 0,29
81	učilnica (levo)	OŠ Stopiče, PŠ Podgrad	1320	2,13 ± 0,29
82	gospodinjstvo	OŠ Semi	1320	25,07 ± 4,53
83	učilnica 7	OŠ M. Š.N. Romelj	1320	2,90 ± 0,38

\* efektivna doza je za otroke in odrasle enaka, ker upoštevamo enako število ur zadrževanja v prostoru

rna – efektivna doza manjša od 2 mSv/leto

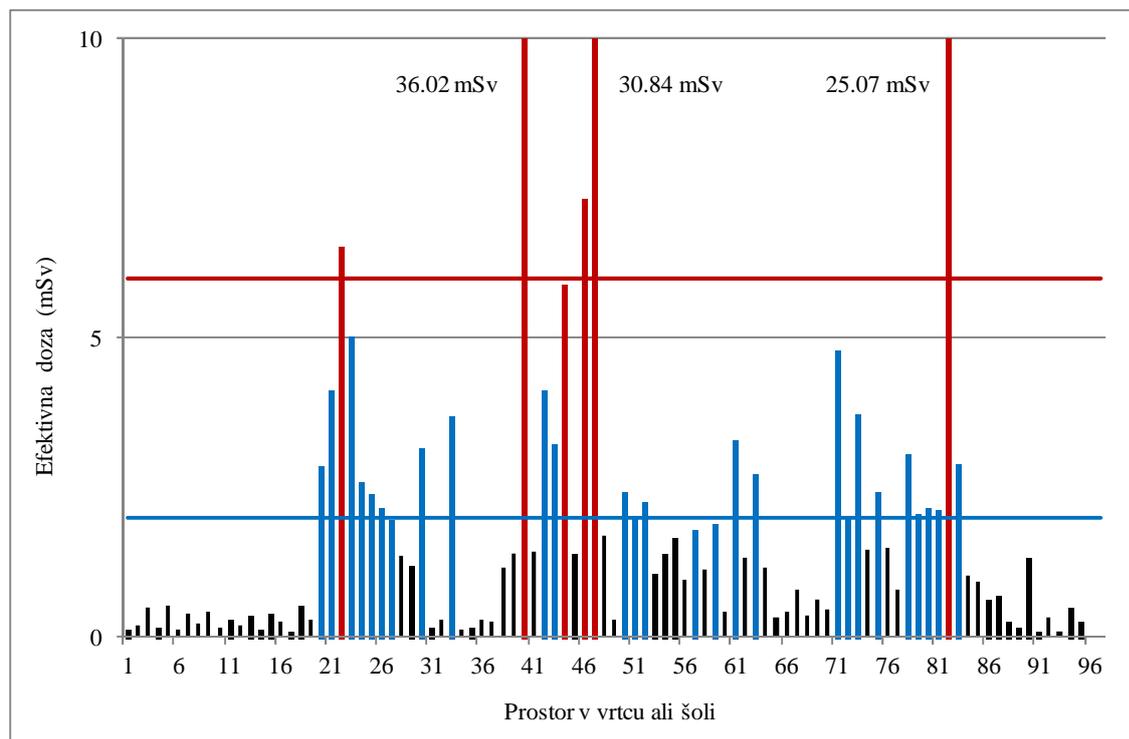
Modra - efektivna doza je od 2 mSv/leto in manjša od 6 mSv/leto

Rdeča - efektivna doza je od 6 mSv/leto

**Tabela 21 (nadaljevanje). Ocenjene letne efektivne doze za odrasle in otroke v vrtcih in šolah**

Zap.št.	Lokacija	Objekt	Št. ur	Ef. doza (mSv)
84	WC dečki, v desno spodaj	OŠ M. Š.N. momelj		
85	WC deklice, levo spodaj	OŠ M. Š.N. momelj		
86	igralnica vrtca 1	OŠ Prevole	1320	0,62 ± 0,08
87	igralnica vrtca 2	OŠ Prevole	1320	0,70 ± 0,13
88	kemija	OŠ Branik	1320	0,26 ± 0,03
89	1. razred	OŠ Dornberk	1320	0,14 ± 0,03
90	1.2. razred	OŠ Dornberk, PŠ Prva in	1320	1,31 ± 0,17
91	učilnica tehnični pouk	OŠ Šempas	1320	0,10 ± 0,02
92	1.2. razred	OŠ Kozara Nova Gorica	1320	0,31 ± 0,04
93	2. c razred	OŠ F. Erjavca Nova Gorica	1320	0,10 ± 0,02
94	4.b razred	OŠ M. Štrukelj Nova Gorica	1320	0,48 ± 0,08
95	1. b razred	OŠ M. Štrukelj, PŠ Ledine	1320	0,24 ± 0,03
96	zbornica - pritličje	GS N. Gorica, PŠ Šempeter	1320	0,35 ± 0,05
97	učilnica tolkala v kleti	GS N. Gorica, Nova Gorica	1320	0,99 ± 0,17

\* efektivna doza je za otroke in odrasle enaka, ker upoštevamo enako število ur zadrževanja v prostoru  
 rna – 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



rna – 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 20

**Slika 30. Histogram efektivnih doz za zaposlene in otroke v vrtcih in šolah (mSv/leto)**

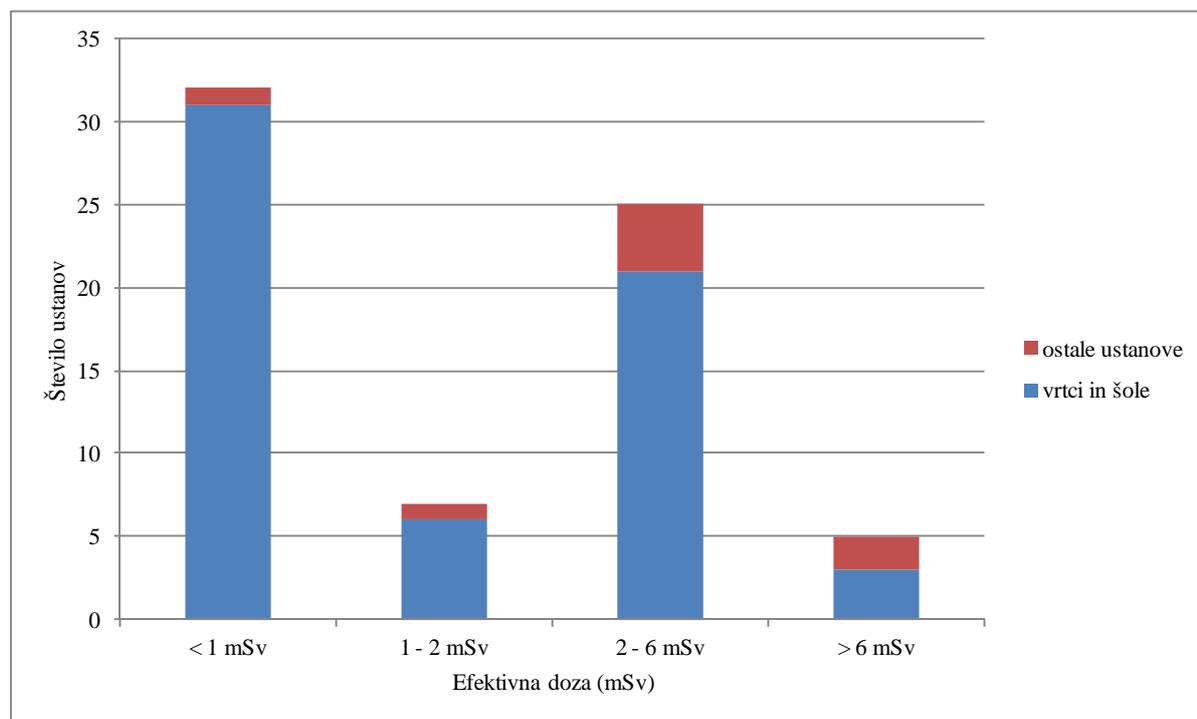
**Tabela 22. Ocenjene letne efektivne doze za zaposlene v drugih ustanovah**

Zap.št.	Lokacija	Objekt	Št. ur	Ef. doza (mSv)
1	soba 41	UKC Bohori eva	2000	0,13 ± 0,03
2	soba 33	UKC Ljubljana	2000	0,82 ± 0,13
3	soba 32	UKC Ljubljana	2000	1,15 ± 0,19
4	soba 30	UKC Ljubljana	2000	2,24 ± 0,32
5	ambulanta št. 5 (dr. Stojan	ZD Ljubljana	2000	1,53 ± 0,19
6	Dom krajanov Lavrica	Dom krajanov Lavrica	500	0,11 ± 0,06
7	lekarna, pisarna	Psihiatri na bolnišnica Idrija	2000	8,05 ± 0,25
8	Prometna pisarna	SŽ Diva a	2000	2,90 ± 0,38
9	nabavna služba (kamnita h	SŽ VIT Diva a	2000	4,09 ± 0,51
10	materialno skladiš e	SŽ VIT Diva a	2000	6,51 ± 0,83
11	pisarna strokovni u itelj	SŽ VIT Diva a	2000	6,12 ± 0,76
12	pisarna vozovna delavnica	SŽ VIT Diva a	2000	1,72 ± 0,25
13	dnevna soba	Cveto Bauer, Maribor	5840	4,25 ± 0,48
14	soba	Jernej Malnar, Ko evska Reka	5840	2,25 ± 0,32

rna – efektivna doza manjša od 2 mSv/leto  
 Modra - efektivna doza ve ja od 2 mSv/leto in manjša od 6 mSv/leto  
 Rde a - efektivna doza ve ja od 6 mSv/leto

Na sliki 31 so prikazane doze za zaposlene in otroke v vseh devetinšestdesetih (69) objektih (vrtcih, šolah in ostalih ustanovah), v katerih smo izvajali meritve koncentracije radona z detektorji sledi, razporejene po razredih. Na sliki 31 so prikazane samo tiste efektivne doze, ki so izra unane iz najvišje izmerjene koncentracije radona izmed vseh merjenih prostorov v objektu.

V dvaintridesetih primerih so efektivne doze nižje od 1 mSv/leto, v sedmih primerih so efektivne doze med 1 – 2 mSv/leto, v petindvajsetih primerih so efektivne doze med 2 - 6 mSv/leto, v petih primerih so efektivne doze za višje od 6 mSv/leto.

**Slika 31. Efektivne doze po razredih**

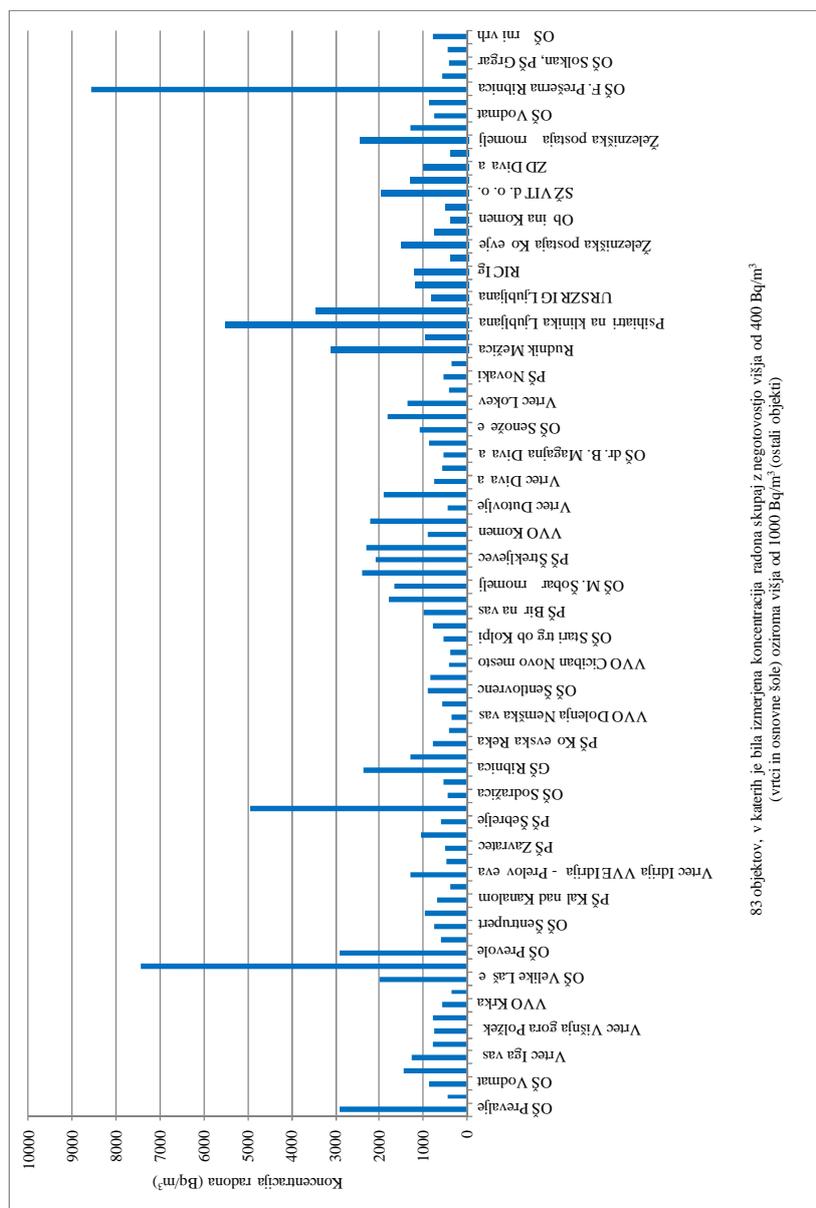
## 7 Zaključki

V obdobju od 2006 do 2014 smo opravili 720 meritev koncentracije radona z detektorji sledi v 431 objektih, od tega 565 meritev v 390 šolah in vrtcih, 139 meritev v 33 javnih ustanovah in 16 meritev v 8 stanovanjih. Izmerjene koncentracije radona so bile v 65 šolah in vrtcih in dveh stanovanjih višje od  $400 \text{ Bq/m}^3$ . Izmerjene koncentracije radona so bile v 17 drugih ustanovah višje od  $1000 \text{ Bq/m}^3$ .

V poročilu [13] smo podrobneje opisali kako geološka struktura tal [26 - 30] in vremenski pogoji v različnih letnih obdobjih vplivajo na koncentracijo radona v objektih in s tem na prejeta efektivna doza 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, prav tako so praviloma koncentracije radona v zimskem obdobju običajno nekajkrat višje kot v poletnem obdobju. V letu 2014 smo izvedli meritve koncentracije radona z detektorji sledi v zimskem in poletnem obdobju v dveh objektih na Krasu (OŠ in vrtec Lokev). V OŠ Lokev so bile izmerjene koncentracije radona previsoke v obeh obdobjih, v vrtcu Lokev pa samo v poletnem obdobju. Glede na to, da sta to sosednja objekta, vidimo, da ni smotno predvidevati iz ene meritve v enem objektu, kakšna bo koncentracija radona v drugem objektu, pa tudi za to potrebne meritve. 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 efektivnimi dozami preko  $6 \text{ mSv}$  na leto.

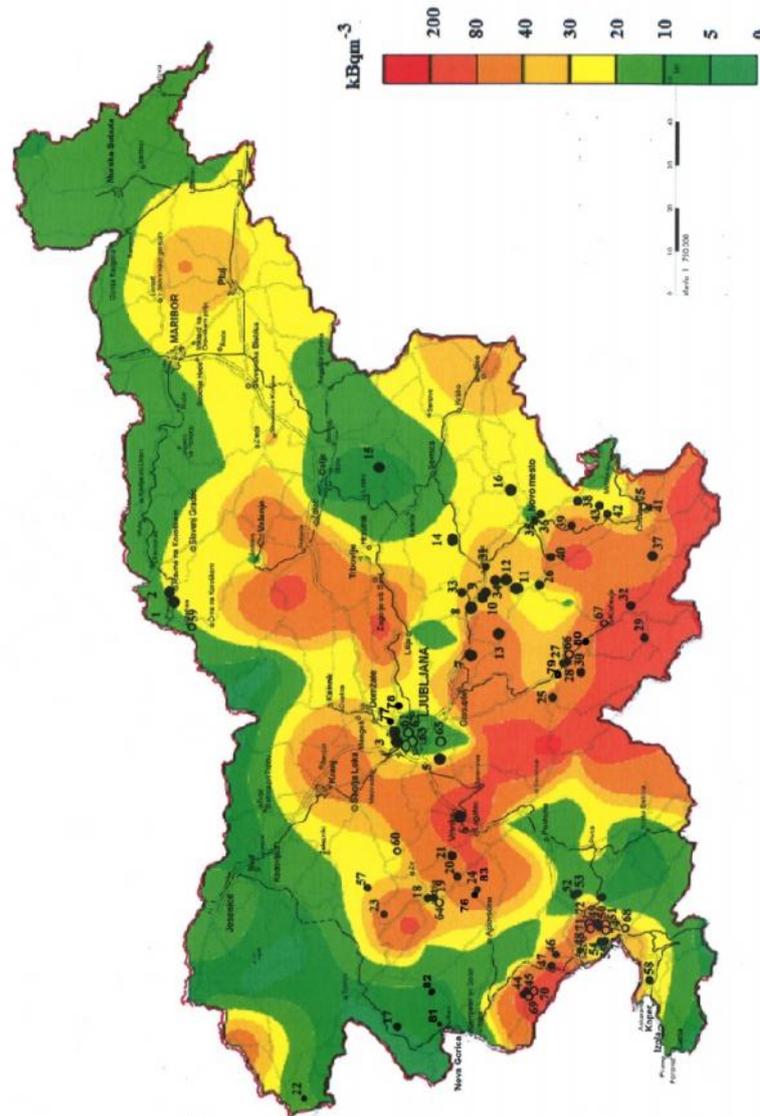
Ocenjene efektivne doze so v nekaterih primerih mogoče previsoke, saj je ocena konzervativna, a ne glede na to, so pomemben parameter pri reševanju problematike sevalne obremenjenosti zaposlenih in prebivalcev. Smotno bi bilo, če bi se s pristojnimi v ustanovah, v katerih so bile izmerjene visoke koncentracije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

Na sliki 32 je prikazanih 75 lokacij meritev koncentracije radona z detektorji sledi v vrtcih in osnovnih šolah, v katerih so izmerjene koncentracije radona v obdobju 2006 - 2014 presegle  $400 \text{ Bq/m}^3$  in v ostalih objektih, v katerih so izmerjene koncentracije radona presegle  $1000 \text{ Bq/m}^3$ . Modri pravokotniki predstavljajo meritve v šolah in vrtcih, vijolični pa v ostalih objektih.



Slika 32. Šole, vrtci in ostali objekti, kjer so se izvajale meritve koncentracije radona v letih 2006 – 2014

Slika 33 prikazuje lokacije meritev koncentracije radona iz slike 32, nanešene na karto meritev koncentracij radona v zemlji v Sloveniji, izdelano na podlagi raziskovalne naloge [28]. Številke na karti ustrezajo lokacijam pod sliko 32.



Slika 33. Lokacije meritev koncentracije radona v objektih, ki presegajo  $400 \text{ Bq/m}^3$  v vrtcih in osnovnih šolah ( rne to ke) oziroma  $1000 \text{ Bq/m}^3$  v ostalih objektih (krogi)

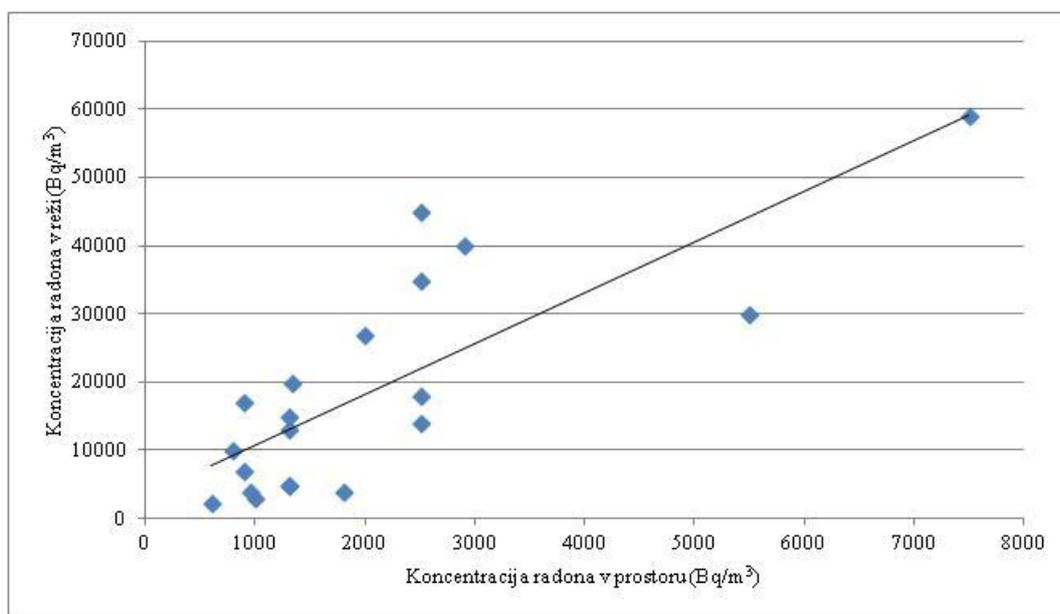
Iz slike 33 je razvidno, da obstaja korelacija med koncentracijo radona v tleh [28] in koncentracijo radona v merjenih objektih. Predlagamo, da se v bodo e izvede ve meritev koncentracije radona in potomcev v posameznem objektu, v razpokah in v tleh v razli njih letnih obdobjih in se tako laže predlaga ustrezne ukrepe sanacije.

V tabeli 23 so prikazani izbrani objekti, v katerih smo izvajali meritve koncentracijo radona z detektorji sledi, koncentracijo radona v režah in koncentracijo radona v zemlji ob objektu. Številke objektov so iste kot na sliki 32.

**Tabela 23. Koncentracija radona v izbranih objektih, režah in zemlji (v Bq/m<sup>3</sup>)**

Št.	Objekt	Rn v prostoru	Rn v reži	Rn v zemlji
1	OŠ Prevalje	2900	40000	75000
12	OŠ Muljava	7500	59000	127000
16	OŠ Bu ka	950	4000	108000
13	OŠ Prevole	2500	14000	82000
26	PŠ Dvor	1000	3000	
29	PŠ Ko evska reka	800	10000	380000
40	VVO Vavta vas	1800	4000	105000
39	OŠ Bir na vas	900	7000	88000
44	OŠ Komen	2000	27000	226000
45	VVO Komen	900	17000	160000
46	VVO Tomaj	2500	45000	
48	Vrtec Sežana, Jasli	1300	13000	150000
54	PŠ Lokev	1300	15000	
43	PŠ Štrekljevec	2500	35000	
42	OŠ Semi	1330	20000	
27	GŠ Ribnica	600	2400	
62	UKC Ljubljana	1300	5000	
61	PK Ljubljana	5500	30000	
73	ŽP Diva a	1300	5000	
75	ŽP rnomelj	2500	18000	
79	OŠ Ribnica	7340	28500	
83	OŠ rni Vrh	780	12300	100000

Slika 34 prikazuje korelacijo med koncentracijo radona v objektih in koncentracijo radona v režah. Iz slike vidimo, da izmerjene koncentracije radona v režah, nižje od 3000 - 5000 Bq/m<sup>3</sup>, niso sorazmerne s koncentracijo radona v prostoru. Razlog za to je neustrezno izbrana reža (npr. VVO Vavta vas – št. 40 v tabeli 19) ali pa je v tleh veliko manjših rež, katerih posamezni doprinos k koncentraciji radona v prostoru ne moremo izmeriti (npr. GŠ Ribnica, PŠ Dvor , OŠ Bu ka). V takih primerih, kot so zadnji trije, je smiselno izvesti ponovne meritve z detektorji sledi v daljšem časovnem obdobju, npr. od februarja do konca junija, ko se zaključi šolsko leto.

**Slika 34. Korelacija med koncentracijo radona v izbranih objektih in koncentracijo radona v režah**

## 8 Reference

1. W. W. Nazaroff, A. V. Nero: Radon and its decay products in indoor air, John Wiley & Sons, 1988
2. An overview of radon surveys in Europe, Luxembourg, EC
3. UNSCEAR 93, UN, New York, 1993
4. M. Humar in ostali: Koncentracija radona v bivalnem okolju Slovenije, IJS-DP-7164, IJS, 1995
5. ZVISJ-UPB2), Ur.list RS št. 102, 2004
6. Program sistemati nega pregledovanja delovnega in bivalnega okolja, Ur.list RS št. 17, 2006
7. Pravilnik o pogojih in metodologiji ocenjevanja doz pri varstvu delavcev in prebivalstva pred ionizirajoimi sevanji, Ur.list RS št. 115, 2003
8. Uredba o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih, Ur.list RS št. 49, 2004
9. P. Jovanovi :Sistematni pregledovanje delovnega in bivalnega okolja, LMSAR-20060047-PJ, ZVD, 2006
10. J. Vavpoti : IJS-DP-9648, IJS, 2007
11. P. Jovanovi : Sistematni pregledovanje delovnega in bivalnega okolja, LMSAR-20080030-PJ, ZVD, 2008
12. P. Jovanovi : Sistematni pregledovanje delovnega in bivalnega okolja, LMSAR-20090042-PJ, ZVD, 2009
13. P. Jovanovi : Sistematni pregledovanje delovnega in bivalnega okolja, LMSAR-20100017-PJ, ZVD, 2010
14. P. Jovanovi : Sistematni pregledovanje delovnega in bivalnega okolja, LMSAR-20100017-PJ, ZVD, 2011
15. P. Jovanovi : Sistematni pregledovanje delovnega in bivalnega okolja, LMSAR-20100017-PJ, ZVD, 2012
16. P. Jovanovi : Sistematni pregledovanje delovnega in bivalnega okolja, LMSAR-20100017-PJ, ZVD, 2013
17. DP-LMSAR-3.03-Določevanje koncentracije radona z detektorji sledi-rev 5
18. DP-LMSAR-3.02-Merjenje koncentracije radona in radonovih potomcev-rev5
19. ND-LMSAR-3.02-Navodilo za merjenje koncentracije radona z detektorji sledi-rev1
20. OB-LMSAR-3.03-Obrazec za vodenje evidence o detektorjih sledi-rev2
21. Poročilo o meritvah koncentracije radona, LMSAR-20130012-B-PJ, ZVD, 24.10.2013,
22. P. Jovanovi : Poročilo o meritvah koncentracije radona, LMSAR-20130053-PJ, z dne 5.12.2013 in Dodatek k poročilu, LMSAR-20130053-A-PJ, z dne 13.1.2014
23. ICRP 65: Protection Against Radon-222 at Home and at Work, Pergamon, 1994
24. Poročilo LMSAR-71/2014-PJ, z dne 28.4.2014
25. Poročilo o meritvah koncentracije radona, OŠ dr. Franceta Prešerna Ribnica, LMSAR-85/2014-PJ, z dne 30.6.2014
26. Joachim Kemski, Ralf Klingel: Das geogene Radon-Potential, v knjigi: Siehl. A.: Umweltradioaktivität, Ernst & Sohn, Bonn, 1996
27. K. A.Landman: Diffusion of radon through cracks in a concrete slab, Health Physics, Vol. 43, No. 1, 1982
28. IJS-DP-9694-1: J. Vavpoti , Radonski potencial v tleh na območjih s povišanimi koncentracijami radona v zaprtih prostorih, IJS, 2007

29. M. Andjelov: Rezultati radiometričnih in geokemičnih meritev za karto naravne radioaktivnosti Slovenije, *Geologija*, 36, 1993
30. Tanner, A. B., 1980, Radon mitigation in the ground: A supplementary review. In *The Natural Radiation Environment Vol. 3* pp 5-56, Springfield, VA, National Technical Information Service.
31. Poročilo LMSAR-20130012-A-PJ, z dne 6.1.2013.