

IJS Delovno Poročilo
IJS-DP-9648
Izdaja 1, september, 2007

SISTEMATIČNO PREGLEDOVANJE DELOVNEGA IN BIVALNEGA OKOLJA 2007

**Janja Vaupotič, Petra Žvab, Nataša Smrekar,
Asta Gregorič, Petra Dujmovič, Ivan Kobal**



Ljubljana, september 2007

Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija





Naročnik: Ministrstvo za zdravje
Uprava Republike Slovenije za varstvo pred sevanji
Ajdovščina 4
1000 Ljubljana

Izvajalec: Institut "Jožef Stefan"
Odsek za znanosti o okolju, Center za radon
Jamova 39
1000 Ljubljana

Pogodba št.: 437-3/2007

Nosilka naloge: doc. dr. Janja Vaupotič

Naslov poročila: SISTEMATIČNO PREGLEDOVANJE
DELOVNEGA IN BIVALNEGA OKOLJA 2007

Avtorji poročila: Janja Vaupotič, Petra Žvab, Nataša Smrekar, Asta Gregorič,
Petra Dujmovič, Ivan Kobal

Številka poročila: IJS-DP-9648

Število strani: 72 + priloge (6×)

Datoteka: IJS-DP-9648

Število kopij: naročnik (4 × vezano poročilo in *pdf* elektronska verzija)
knjižnica IJS (*pdf* elektronska verzija)
arhiv QA odseka oziroma strokovne enote (*pdf* elektronska verzija)
nosilka naloge (1× vezano poročilo ter *doc* in *pdf* elektronska verzija)

**Vodja
organizacijske enote:** prof. dr. Milena Horvat



Naslov naloge:	SISTEMATIČNO PREGLEDOVANJE DELOVNEGA IN BIVALNEGA OKOLJA 2007	IJS-DP-9648 september 2007
Avtorji:	Janja Vaupotič, Petra Žvab, Nataša Smrekar, Asta Gregorič, Petra Dujmovič, Ivan Kobal	
Ključne besede:	radioaktivnost, radon, radonovi razpadni produkti, meritve, delovni prostori, izvori, efektivne doze	
Povzetek:	V okviru naloge, ki smo jo izvedli za Upravo RS za varstvo pred sevanji v letu 2007, smo preiskali radon v skupno 285 prostorih 53 zgradb (vrtci, šole, delovni prostori, stanovanja), v katerih so predhodne meritve pokazale povišane nivoje, ali v njih radon še ni bil izmerjen. V zgradbah s povišanimi koncentracijami smo iskali izvore radona. Nekaj meritev smo izvedli v dveh kraških jamah in na treh lokacijah v zunanjem zraku. Meritve smo izvajali od februarja do avgusta; s scintilacijskimi celicami smo merili trenutne koncentracije radona, z detektorji jedrskeih sledi povprečne in kontinuirne s prenosnimi meritniki. Povprečne koncentracije radona so bile višje od 400 Bq m ⁻³ v 21 prostorih vrtcev in šol, 2 delovnih prostorih javnih zgradb in višje od 1000 Bq m ⁻³ v 9 prostorih vrtcev in šol, 4 prostorih javnih zgradb in 4 prostorih stanovanj. Obsevne dose smo izračunali po metodologiji ICRP-65 za 3010 oseb in so v območju od 0,06 do 77 mSv na leto.	
Report Title:	SYSTEMATIC SURVEY OF WORKING AND LIVING ENVIRONMENTS IN 2007	REPORT-9648 September 2007
Authors:	Janja Vaupotič, Petra Žvab, Nataša Smrekar, Asta Gregorič, Petra Dujmovič, Ivan Kobal	
Keywords:	radioactivity, radon, radon decay products, measurements, workplaces, sources, effective doses	
Summary:	For the project of the Slovenian Radiation Protection Administration carried out in 2007, radon was investigated in 285 rooms of 53 buildings (kindergartens, schools, workplaces, dwellings), in which previous measurements had showed increased radon levels or radon has been not surveyed yet. In buildings with high radon level, sources of radon have been sought. Several measurements have been performed in two karstic caves and in outdoor air at three places. Measurements were carried out from February to August; instantaneous radon concentrations were measured by alpha scintillation cells, average radon concentrations by using etched-track detectors and for continuous measurements various types of portable devices were used. Average radon concentrations exceeded 400 Bq m ⁻³ in 21 rooms of kindergartens and schools and in 2 workplaces. They exceeded 1000 Bq m ⁻³ in 9 rooms of kindergartens and schools, at 4 workplaces and in 4 dwellings. Annual effective doses, calculated for 3010 persons according to the ICRP 65 methodology, range from 0.06 to 77 mSv.	



VSEBINA

	stran
1. UVOD	1
2. KRATEK PREGLED DOSEDANJIH RAZISKAV RADONA V DELOVNEM IN BIVALNEM OKOLJU V SLOVENIJI, KI JIH JE IZVAJAL INSTITUT "JOŽEF STEFAN"	2
3. NAMEN, PROGRAM IN POTEK RAZISKAVE	3
3.1. Namen	3
3.2. Program	3
3.3. Potek	6
4. MERILNE TEHNIKE IN INSTRUMENTACIJA	6
4.1. Meritve radona in radonovih kratkoživih razpadnih produktov	6
4.1.1. Detektorji jedrskih sledi	7
4.1.2. Kontinuirni meritniki	7
4.1.2.1. AlphaGuard	7
4.1.2.2. RadonScout	8
4.1.2.3. RTM 2010-2 (Radon Thoron Monitor)	8
4.1.2.4. Barasol	8
4.1.2.5. EQF 3020 in EQF 3020-2 (Radon and Radon Progeny monitor)	8
4.1.3. Alfa-scintilacijske celice	9
4.2. Meritve sevanja gama	9
5. KONCENTRACIJE RADONA IN NJEGOVIH RAZPADNIH PRODUKTOV TER SEVANJE GAMA	10
5.1. Trenutne in povprečne koncentracije radona	10
5.2. Hitrosti doz sevanja gama	34
5.3. Koncentracije radona in njegovih kratkoživih razpadnih produktov, izmerjene s kontinuirnimi meritniki	34
5.4. Izvori radona	49
6. OBSEVNE DOZE	57
6.1. Metodologija izračuna doz	57
6.2. Izračun doz	58
7. ZAKLJUČKI	69
8. LITERATURA	71
SEZNAM PRILOG	

1. UVOD

Radon s svojimi kratkoživimi radioaktivnimi razpadnimi produkti v povprečju prispeva več kot polovico k letni efektivni dozi, ki jo prejmemo od vseh naravnih izvorov ionizirajočih sevanj, to je približno 1,2 mSv od skupaj 2,4 mSv (1). V skrbi za zdravje ljudi so mednarodne organizacije v zadnjih 20 letih izdale priporočila tudi za mejne koncentracije radona. Tako na primer Mednarodna komisija za radiološko zaščito (ICRP) priporoča, da povprečna letna koncentracija radona v zraku doma naj ne bi presegala od 200 do 600 Bq m^{-3} , na delovnem mestu pa ne od 500 do 1500 Bq m^{-3} (2). V večini razvitih držav so že izvedli ali še izvajajo obsežne sistematične preiskave radona v bivalnem okolju in tudi v delovnih okoljih (ne-uranskih), kjer lahko pričakujemo povišano izpostavljenost radonu. Temu trendu sledi tudi Slovenija, saj v 45. členu *Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrske varnosti* (3) ureja sistematično pregledovanje delovnega in bivalnega okolja. Prav tako vključuje radon tudi *Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb*, ki vključuje tudi radon. Pravilnik navaja, da je dopustna povprečna letna koncentracija radona v stanovanjskih objektih 400 Bq m^{-3} , z dodatnim priporočilom za le 200 Bq m^{-3} (4). *Pravilnik o pogojih in metodologiji za ocenjevanje doz pri varstvu delavcev in prebivalstva pred ionizirajočimi sevanji* pa v svojem 9. členu kategorizira efektivne doze za naravno sevanje in sevanje od umetnih virov in navaja potrebne ukrepe (5).

Radioaktivni žlahtni plin radon nastaja v zemeljski skorji z radioaktivnim razpadom radija v razpadnih nizih urana, torija in aktinija. Ima tri izotope z masami 222, 220 in 219, ki jih imenujemo radon (^{222}Rn), toron (^{220}Rn) in aktinon (^{219}Rn). Ker imata toron in aktinon kratke razpolovne čase, večinoma razpadeta že v zemlji in ne prideta na površje. Razpolovni čas ^{222}Rn pa je 3,82 dni in to mu omogoča, da kljub radioaktivnemu razpadu pride z difuzijo in konvekcijo iz zemlje v ozračje. Zato, če ni navedeno drugače, vedno mislimo na ^{222}Rn , ko govorimo o radonu. Koncentracije radona so običajno v naslednjih območjih: v talnem zraku od nekaj kBq m^{-3} do nekaj MBq m^{-3} , v zraku prostorov od nekaj 10 Bq m^{-3} do nekaj kBq m^{-3} (svetovno povprečje je 45 Bq m^{-3}) in v zunanjem zraku od nekaj Bq m^{-3} do nekaj 10 Bq m^{-3} (svetovno povprečje je 7 Bq m^{-3}) (1).

Nekateri avtorji ocenjujejo, da k celokupnemu radonu prispeva 41 % advekcija iz tal, 21 % difuzija iz gradbenih materialov, 20 % je prispevek iz zunanjega zraka, 15 % difuzija iz tal, 2 % sproščanje iz vode in 1 % prispeva naravni plin (6). V ozračju se radon hitro razredči in njegova koncentracija v zunanjem zraku redko preseže 50 Bq m^{-3} (1). Drugače pa je v zaprtih prostorih, kot so hiše, stanovanja, delovni prostori. Če tla in stene v zgradbi, ki mejijo na zemljo, niso dobro izdelane in izolirane, prihaja radon v prostor. V notranjem zraku so koncentracije do nekaj 100 Bq m^{-3} , v nekaterih primerih pa dosežejo tudi do nekaj 1000 Bq m^{-3} (1). Dodaten izvor radona v notranjem zraku so lahko gradiva, ki vsebujejo povišane vsebnosti radija (^{226}Ra). Vendar samo zaradi tega prispevka koncentracije v notranjem zraku običajno ne presežejo 400 Bq m^{-3} (7). Tudi naravni plin je lahko dodaten izvor radona. V zemeljskem plinu, ki ga rabimo pri nas, so koncentracije radona od 40 do 60 Bq m^{-3} , tako da je ta prispevek zanemarljiv. Koncentracijo radona v zraku v prostoru povečuje tudi uporaba vode. Ker pa je faktor prehoda iz vode v zrak 10^{-4} (1), to pomeni, da uporaba vode s koncentracijo radona 10 kBq m^{-3} prispeva dodatno h koncentraciji radona v zraku le 1 Bq m^{-3} . To je pri vsakodnevni uporabi vode doma skoraj zanemarljiv prispevek, pri večji količini vode (zaprta kopališča, terapevtske kopeli, črpališča vode) pa ta vir ni več zanemarljiv, še posebej, če je v vodi povišana koncentracija radona.

Radon je radioaktivен in dalje razpada v kratkožive razpadne produkte (RnRP) polonij (^{218}Po in ^{214}Po), svinec (^{214}Pb) in bizmut (^{214}Bi), ki so tudi radioaktivni. Imenujemo jih radonovi kratkoživi razpadni produkti. V mirnem zraku se načeloma lahko vzpostavi radioaktivno

ravnotežje, se pravi, da so aktivnosti radona in njegovih razpadnih produktov enake. Za razliko od radona, ki je plin, so njegovi razpadni produkti kovine, ki v zraku nastopajo kot gruče velikosti do 10 nm (imenujemo jih nevezani ali 'unattached' RnRP) in kot aerosoli velikosti med 200 in 800 nm (imenujemo jih vezani ali 'attached' RnRP). Zaradi te različne narave radona in njegovih razpadnih produktov ni radioaktivno ravnotežje praktično nikoli doseženo. Stopnjo ravnotežja podajamo s takoimenovanim ravnotežnim faktorjem, ki je v različnih okoljih lahko zelo različen, v bivalnem okolju pa so njegove vrednosti med 0,20 in 0,60 (ozioroma 20 do 60%).

Sam radon pravzaprav niti ni zelo nevaren, saj ga pri dihanju izdihamo. Drugače pa je z radonovimi kratkoživimi razpadnimi produkti, ki jih pri dihanju naša pljuča odfiltrirajo od zraka in se deponirajo na stenah dihalnih poti. Na teh mestih obsevajo bližnje tkivo in ga s tem poškodujejo, kar lahko vodi do pojava raka (8).

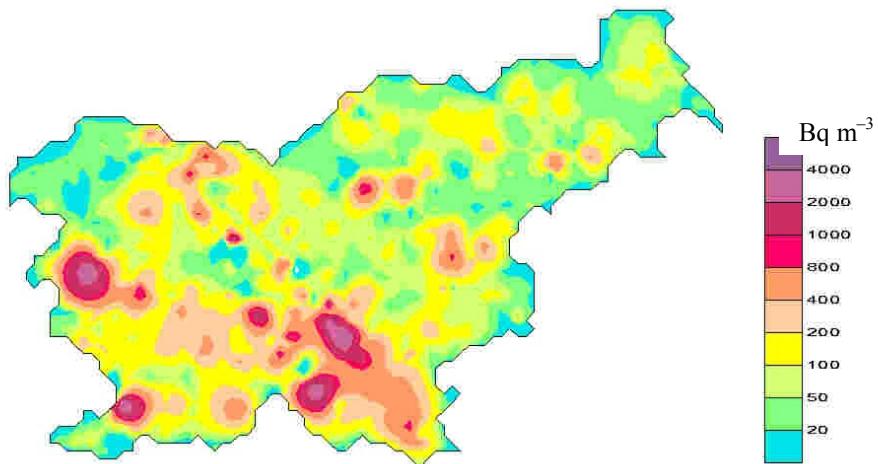
Torou posvečamo v splošnem mnogo manjšo pozornost kot radonu. Zaradi kratke razpolovne dobe je njegovo zadrževanje v prostoru omejeno na bližino tal in zidov. Ker torou v splošnem pripisemo le manji delež doze, največ do 15 %, ga ponavadi v preiskave okolja le izjemoma vključujemo (območja bogata s torijevo rudo). Ker v Sloveniji podatkov o koncentracijah torona v okolju do sedaj skoraj nismo imeli, smo v okviru te naloge izmerili poleg radona tudi toron v vseh prostorih, predvidenih za meritve povprečnih koncentracij radona.

2. KRATEK PREGLED DOSEDANJIH RAZISKAV RADONA V DELOVNEM IN BIVALNEM OKOLJU V SLOVENIJI, KI JIH JE IZVAJAL INSTITUT "JOŽEF STEFAN"

Pri pripravi nacionalnega programa meritev radona v bivalnem in delovnem (ne-rudniškem) okolju smo se v Sloveniji zgledovali po državah, ki so temu problemu posvetile največ pozornosti. Na prvem mestu je prav gotovo Švedsko. Pri pripravi programov za vrtce in šole pa smo se najbolj zgledovali po ameriški EPA (Environmental Protection Agency). Slovenski radonski program v veliki meri financira Uprava RS za varstvo pred sevanji, začel pa se je leta 1990 na iniciativo iste ustanove, takratnega Zdravstvenega inšpektorata RS. Program še vedno teče, v prvih letih smo se posvetili najbolj občutljivi populaciji v otroških vrtcih (730) in šolah (890), tem so sledila stanovanja in domovi (1000 naključno izbranih). Našli smo 123 vrtcev in šol s koncentracijo radona v zraku nad 400 Bq m^{-3} (9–12), za katere je Uprava RS za varstvo pred sevanji financirala dodatne preiskave (13–17), rezultati teh pa so bili osnova za sanacije objektov. Izo koncentracije radona v vrtcih in šolah so prikazani na sliki 1. Da bi zagotovili visoko strokovno usposobljenost za izvedbo sanacij, smo ob finančni podpori Ministrstva za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo (takratnega Ministrstva za znanost in tehnologijo) leta 1998 ustanovili Center za radon, ki združuje eksperte z Instituta Jožef Stefan, Univerze v Novi Gorici in Zavoda za gradbeništvo Slovenije. Doslej je bilo uspešno saniranih več kot 30 zgradb (18).

Meritvam v vrtcih in šolah so po letu 1999 sledila nekatera druga potencialno radonsko ogrožena delovna okolja, kot so kraške jame (19), zdravilišča (20), vodovodna podjetja (21, 22), bolnišnice (23) in vinske kleti (24). Zaradi povišanih koncentracij radona v zraku Postojanske jame je Uprava RS za varstvo pred sevanji tam uvedla reden nadzor radona, na podlagi katerega vodstvo jame vzdržuje zadovoljivo nizke efektivne doze svojih delavcev v jami. V bolnišnicah in vinskih kleteh so koncentracije radona v glavnem nizke in je le na nekaterih mestih potreben občasen nadzor. Nekatere mednarodne študije so pokazale, da lahko tudi radon v vodi predstavlja znaten

prispevek k dozi. Preiskave naših vod tega niso potrdile. V vodi v termah in vodnih zajetjih je koncentracija radona do nekaj kBq m^{-3} in je zato tudi koncentracija v zraku na teh delovnih mestih nizka: v termah vedno pod 200 Bq m^{-3} , v vodnih zajetjih je sicer višja, vendar je zadrževalni čas delavcev kratek in zato efektivna doza zadovoljivo nizka.



Slika 1: Izo koncentracije radona v slovenskih vrtcih in šolah

V letu 2004 je Uprava RS za varstvo pred sevanji financirala naložo v okviru katere smo preiskali še 78 zgradb (okrog 230 prostorov), lociranih predvsem na območjih povečanega tveganja za radon. Med objekti so prevladovale visoke in višje šole, vrtci in osnovne ter srednje šole, različni delovni prostori (avtobusne in železniške postaje, policijske in zdravstvene postaje, občinske zgradbe, poštni uradi, itd.) ter zgradbe na oziroma ob odlagališčih pepela. V 13,6 % prostorov je bila koncentracije radona višje od 400 Bq m^{-3} in v nadaljnjih 6 % višja od 1000 Bq m^{-3} , kar je narekovalo nadaljnje ukrepe za znižanje sevalnih obremenitev populacije na področjih povečanega tveganja (25).

V letošnjem letu je Uprava RS za varstvo pred sevanji razpisala naložo "Sistematično pregledovanje delovnega in bivalnega okolja 2007", v okviru katere so načrtovali meritve radona v 49 objektih, kraški jami in zunanjem zraku. Seznam meritnih mest je v prilogi 1.

3. NAMEN, PROGRAM IN POTEK RAZISKAVE

3.1. Namen

Namen raziskave je ocena izpostavljenosti radonu na delovnih mestih, v domovih in v zunanjem zraku na izbranih lokacijah.

3.2. Program

Po programu, ki smo ga prejeli od Uprave RS za varstvo pred sevanji, je bilo v letošnjem letu v raziskavo vključenih 53 zgradb različne namembnosti, Križna jama in zunanji zrak v okolici deponije Trbovlje (priloga 1).

Opravili smo naslednje meritve in analize:

- meritve trenutnih koncentracij radona v zraku s scintilacijskimi celicami alfa
- meritve povprečnih koncentracij radona in torona v zraku z detektorji jedrskeih sledi
- kontinuirne, najmanj enotedenske meritve koncentracij radona in radonovih kratkoživih razpadnih produktov v zraku v enem izmed prostorov z najvišjo koncentracijo radona
- meritve koncentracij radona iz potencialnih izvorov
- meritve hitrosti doz sevanja gama
- izračun efektivnih doz zaradi radonovih kratkoživih razpadnih produktov v zraku

Poleg v programu predvidenih meritev radona z detektorji jedrskeih sledi smo v večjem številu prostorov opravili dodatne meritve trenutnih koncentracij radona v zraku, da bi dobili čim bolj popolno sliko o nivojih radona v posamezni zgradbi. Z detektorji jedrskeih sledi smo dodatno merili tudi povprečne koncentracije torona v zraku, saj imamo o koncentracija torona v Sloveniji zaenkrat zelo malo podatkov. Poleg predvidenih kontinuirnih meritev radona in radonovih kratkoživih razpadnih produktov smo v nekaterih izbranih prostorih dodatno kontinuirno merili še radon v zraku in v izvorih. V tabeli 1 je številčni pregled opravljenih analiz.

Tabela 1: Število analiz glede na vrsto meritve in izbor merilne tehnike

Analiza	Število
Zgradbe - celotno število vseh zgradb	53
Zgradbe - vrtci	9
Zgradbe - šole	28
Zgradbe - javne	6
Zgradbe - stanovanja	3
Zgradbe - terme	7
Zgradbe - izvori	20
Prostori - celotno število vseh prostorov	285
Prostori - vrtci	38
Prostori - šole	194
Prostori - javni	31
Prostori - stanovanja	6
Prostori - terme	16
Izvori - zgradbe	20
Izvori – vzorčevalna mesta	59
Kraške jame - vse	2
Kraške jame - vzorčevalna mesta	11
Zunanji zrak - vzorčevalna mesta	3
Detektorji jedrskeih sledi (Rn / Tn)	116×2
Termoluminiscentni detektorji (gama)	2
Kontinuirni merilniki (Rn / RnRP)	16
Kontinuirni merilniki (Rn)	6
Kontinuirni merilniki (Rn) - izvori	6
Scintilacijske celice	346
Efektivne doze	3010

Meritve so potekale na naslednjih lokacijah:

Vrtci in šole:

1. LJUBLJANA, Osnovna šola Ketteja in Murna
2. IVANČNA GORICA, Vzgojno varstveni zavod, Enota Čebelica, Šentvid pri Stični
3. IVANČNA GORICA, Vzgojno varstveni zavod, Enota Polžek, Višnja Gora
4. STIČNA, Osnovna šola Stična
5. Podružnična šola Muljava
6. Podružnična šola Ambrus
7. Podružnična šola Zagradec
8. Podružnična šola Krka
9. RIBNICA, Glasbena šola Ribnica
10. Podružnična šola Loški potok
11. RIBNICA, Osnovna šola dr. F. Prešerna Ribnica
12. Podružnična šola Dolenja vas
13. VIDEV-DOBREPOLJE, Osnovna šola Dobrepolje
14. Podružnična šola Struge
15. Podružnična šola Ponikve
16. VELIKE LAŠČE, Osnovna šola Primož Trubar
17. RAKEK, Osnovna šola Jožeta Krajca
18. Podružnična šola Unec
19. IGA VAS, Osnovna šola Iga vas
20. PREVALJE, Osnovna šola Franja Goloba Prevalje
21. KRANJ, Osnovna šola Simona Jenka, Podružnična šola Center
22. ŠKOFJA LOKA, Osnovna šola Ivana Groharja, Podružnična šola Bukovščica
23. RADOVLJICA, Osnovna šola A.T. Linharta, Podružnična šola Mošnje
24. TRŽIČ, Osnova šola Tržič
25. GODOVIČ, Osnovna šola in vrtec
26. IDRIJA, Osnovna šola Idrija – igralnice vrtca
27. SEŽANA, Vrtec Sežana, Enota Jasli
28. SEŽANA, Vrtec Sežana, Enota Lokev
29. SEŽANA, Vrtec Sežana, Enota Divača
30. SEŽANA, Vrtec Sežana, Enota Komen
31. KOMEN, Osnovna šola Antona Šebelja-Stjenka
32. NOVO MESTO, Vrtec Ciciban, Enota Marjetice
33. NOVO MESTO, Glasbeni vrtec Ringa raja
34. NOVO MESTO, Šolski center Novo mesto
35. SEMIČ, Osnovna šola Belokranjskega odreda Semič
36. DOLENJSKE TOPLICE, Osnovna šola Dolenjske Toplice
37. ŽUŽEMBERK, Osnovna šola Žužemberk, Podružniška šola Dvor

Delovni prostori:

38. LJUBLJANA, Psihiatrična klinika
39. MARIBOR, Splošna bolnišnica
40. IDRIJA, Psihiatrična bolnišnica
41. DIVAČA, Zdravstvena postaja
42. DIVAČA, Lekarna
43. KOMEN, Občina

Stanovanja:

44. MISLINJA, stanovanje Javornik
45. TRBOVLJE, stanovanje Turnšek
46. IDRIJA, stanovanjski blok (Lapanja, Mrak, Tušar, Lapanje)

Terme:

47. PANONSKE TERME, Terme 3000
48. PANONSKE TERME, Terme Radenci
49. PANONSKE TERME, Terme Ptuj
50. PANONSKE TERME, Terme Lendava
51. PANONSKE TERME, Terme Banovci
52. TERME KRKA, Terme Dolenjske Toplice
53. TERME KRKA, Terme Šmarješke Toplice

Kraške jame:

1. Križna jama
2. Županova jama (bivša Taborska jama)

Zunanji zrak:

1. TRBOVLJE, pri odlagališču elektrofiltrskega pepela

3.3. Potek

V seznamu objektov, ki smo ga prejeli od Uprave RS za varstvo pred sevanji (priloga 1), so bile za vsak objekt podane lokacije in naslovi, za večino pa tudi kontaktne osebe in njihove telefonske številke. Poklicali smo jih in se dogovorili za obisk oziroma smo jim detektorje poslali po pošti skupaj z navodili, kako naj jih izpostavijo. Večino detektorjev smo postavili sami in istočasno odvzeli še vzorce zraka v prostorih in iz morebitnih izvorov za kasnejšo laboratorijsko analizo trenutne koncentracije radona. Detektorji jedrskeih sledi so bili v prostorih izpostavljeni približno šest tednov, v Križni jami en mesec in na prostem okrog štiri mesece. Na dveh lokacijah smo istočasno z detektorji jedrskeih sledi izpostavili termoluminiscentne detektorje za merjenej doze sevanja gama. Po končani meritvi smo v Ljubljani in bližnji okolici detektorje pobrali sami in ob tej priložnosti še enkrat izmerili trenutne koncentracije radona v zraku in v iz morebitnih izvorov. V oddaljenejših mestih smo se dogovorili, da nam po končani meritvi detektorje vrnejo po pošti.

Detektorje jedrskeih sledi smo v prostorih izpostavili v višini od 1,5 do 2 m od tal, vsaj 0,5 m oddaljene od zidu ali okna. Na prostem smo detektorje jedrskeih sledi in termoluminiscentne detektorje izpostavili na višini 1,5 m od tal.

4. MERILNE TEHNIKE IN INSTRUMENTACIJA

4.1. Meritve radona in radonovih kratkoživih razpadnih produktov

Merilne tehnike za določanje radona so v splošnem zasnovane na naslednjem principu. Radon skupaj z zrakom vstopa z difuzijo (pasivno) ali s črpanjem (aktivno) v prostor detektorja (točno določene prostornine) skozi filter, ki zadrži radonove kratkožive razpadne produkte. V detektorju radon razpada v kratkožive razpadne produkte. Običajno detektiramo sevanje alfa, ki ga oddajajo radon in novonastali kratkoživi razpadni produkti, sevalci alfa.

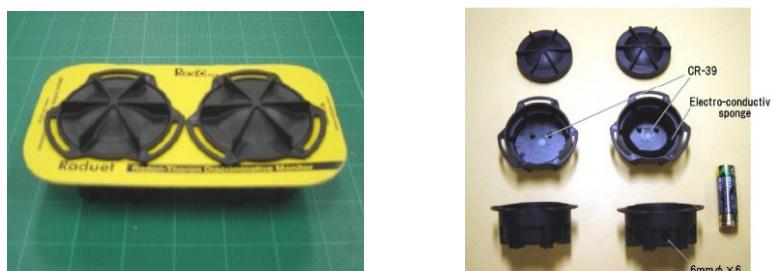
Uporavili smo naslednjo instrumentacijo:

- **detektorje jedrskih sledi** (pasivna metoda za merjenje povprečne koncentracije radona in torona v zraku)
- **kontinuirne merilnike** (pasivni ali aktivni instrumenti za merjenje koncentracije radona in radonovih kratkoživih razpadnih produktov v zaporednih časovnih intervalih)
- **alfa scintilacijske celice** (aktivna metoda za merjenje trenutne koncentracije radona v zraku ali iz izvorov)

4.1.1. Detektorji jedrskih sledi

Pasivna metoda merjenja povprečne koncentracije radona z detektorjem jedrskih sledi je zasnovana na štetju jedrskih sledi, ki jih v detektorski foliji naredijo delci alfa pri razpadu radona in njegovih kratkoživih razpadnih produktov v notranjosti detektorja. Sledi, ki so v detektorski foliji vidne šele po kemični in termični obdelavi, štejemo pod mikroskopom ali s kakšnim drugim merilnim sistemom. Gostota sledi je sorazmerna povprečni koncentraciji radona v zraku za obdobje, v katerem je bil detektor izpostavljen.

Uporabili smo detektorje jedrskih sledi Radosys (slika 2), ki jih proizvaja madžarsko podjetje Radosys, Ltd (<http://www.radosys.com/>), evaluirali pa so jih na National Institute of Radiological Sciences (NIRS), Chiba, Japonska. Poleg sistema za detekcijo radona so na NIRS razvili še sistem za detekcijo torona, zato smo na vsakem merilnem mestu izpostavili detektorski par za določitev obeh plinov. Po zaključku meritve smo detektorje poslali v razvijanje in ovrednotenje v NIRS, od koder smo dobili povprečne koncentracije radona in torona in standardni odklon za obdobje izpostavitve detektorjev. Karakteristike detektorjev so v prilogi 2.



Slika 2: Detektor jedrskih sledi NIRS (detektorski par za meritev radona in torona)

4.1.2. Kontinuirni merilniki

Uporabili smo štiri tipe prenosnih kontinuirnih merilnikov, in sicer: pasivne merilnike AlphaGuard, RadonScout ter Barasol za meritve radona v zraku in iz izvorov ter aktivne instrumente EQF 3020 in EQF 3020-2 za meritve radona in radonovih kratkoživih razpadnih produktov v zraku.

4.1.2.1. AlphaGuard

AlphaGuard (Genitron, Nemčija) lahko deluje kot pasiven ali aktivni instrument. Radon skupaj z zrakom difundira skozi filter v notranjost ionizacijske celice. Instrument deluje avtomatizirano v izbranem časovnem intervalu. Merilno območje je od 2 Bq m^{-3} do 2 MBq m^{-3} . Certifikat o kalibraciji je v prilogi 3.

4.1.2.2. RadonScout

RadonScout (Sarad, Nemčija) je pasiven instrument, pri katerem radon skupaj z zrakom difundira v merilno komoro preko filtra, na katerem se odfiltrirajo kratkoživi radonovi razpadni produkti. V komori je polvodniški detektor površine $2,3\text{ cm}^2$, ki je pod napetostjo -50 V , da se na njem deponirajo pozitivni ioni radonovih razpadnih produktov (v glavnem ^{218}Po), ki nastajajo iz radona v komori. Instrument daje poleg koncentracije radona tudi temperaturo in relativno vlažnost zraka. Frekvenco vzorčenja in analize lahko nastavimo na enkrat na uro ali enkrat na tri ure. Merilno območje je od 50 Bq m^{-3} do 1 MBq m^{-3} .

4.1.2.3. RTM 2010-2 (Radon Thoron Monitor)

RTM-2010-2 (Sarad, Nemčija) je aktiven prenosni merilnik radona in torona, ki lahko prečrpa od $0,5$ ali 3 dm^3 zraka v minuti. Radon skupaj z zrakom vstopa v merilno komoro preko filtra, na katerem se odfiltrirajo kratkoživi radonovi razpadni produkti. V komori je polvodniški detektor, ki je pod visoko negativno napetostjo, da se na njem deponirajo pozitivni ioni ^{218}Po in ^{216}Po , ki nastajajo v komori z razpadom ^{222}Rn oziroma ^{220}Rn . Frekvenco vzorčenja in analize lahko nastavimo na enkrat na minuto do enkrat na uro. Merilno območje za radon je od 2 Bq m^{-3} do 10 MBq m^{-3} . Certifikat o kalibraciji je v prilogi 4.

4.1.2.4. Barasol

Barasol (Algade, Francija) je pasiven prenosni instrument, namenjen kontinuiranemu merjenju aktivnosti ^{222}Rn v zraku in vodi. Silicijev detektor površine 450 mm^2 in debeline $100\text{ }\mu\text{m}$ je zaščiten je z $0,5\mu\text{m}$ debelo plastjo aluminija. Detektor zaznava energije alfa v območju med $0,7$ in $6,1\text{ MeV}$. Občutljivost instrumenta je 50 Bq m^{-3} .

4.1.2.5. EQF 3020 in EQF 3020-2 (Radon and Radon Progeny Monitor)

EQF 3020 in EQF 3020-2 (Sarad, Nemčija) sta aktivna instrumenta, ki poleg koncentracije radona v zraku zmerita tudi koncentracijo radonovih kratkoživih razpadnih produktov, ločeno vezanih in nevezanih, ravnotežni faktor ter temperaturo in relativno vlažnost zraka. Instrumenta podatke shranjujeta, tako da jih naknadno prenesemo na osebni računalnik in obdelamo. Merilno območje za radon je od 0 Bq m^{-3} do 10 MBq m^{-3} , za radonove razpadne produkte v prosti in v vezani oblikih pa od 0 do 500 k Bq m^{-3} . Certifikat o kalibraciji je v prilogi 5.

Kontinuirni instrumenti so prikazani na slikah 3 do 7.



Slika 3: AlphaGuard



Slika 4: RadonScout



Slika 5: Barasol



Slika 6: RTM 2010-2



Slika 7: EQF 3020-2

4.1.3. Alfa-scintilacijske celice

Alfa-scintilacijska tehnika za merjenje trenutne koncentracije radona je zasnovana na merjenju celokupne aktivnosti alfa ^{222}Rn , ^{218}Po in ^{214}Po , ki so v vzorcu zraka v scintilacijski celici. Za to uporabljam alfa scintilacijski števec.

Za naše potrebe smo v sodelovanju s podjetjem AMES razvili sistem za merjenje koncentracije radona PRN 145, ki sestoji iz števca in kompleta alfa-scintilacijskih celic (slika 8).



Slika 8: Alfa scintilacijski števec s scintilacijsko celico

Scintilacijske celice so umerjene posredno s scintilacijskimi celicami, ki smo jih umerili s standarno raztopino radijevega klorida (NIST-SRM št. 4966) (26, 27)). Konstante celic (izkoristki) so okrog $2 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1} \text{ Bq}^{-1} \text{ m}^3$, ozadje pa 3 min^{-1} , kar nam daje pri 30-minutnem štetju spodnjo mejo detekcije $20\text{--}50 \text{ Bq m}^{-3}$ (28). Scintilacijske celice umerjamo dvakrat letno.

Instrumente redno preverjamo na interkomparacijskih meritvah (29) ter pri proizvajalcih.

4.2. Meritve hitrosti doz sevanja gama

Meritve hitrosti doz sevanja gama za nas opravlja Odsek za fiziko nizkih in srednjih energij Instituta "Jožef Stefan". Meritve opravljajo s termoluminescentnimi dozimetri TLD - $\text{CaF}_2:\text{Mn}$ - IJS - 05 (30, 31). V tej preiskavi so nam pripravili detektorje in jih po končani meritvi tudi evaluirali, izpostavili pa smo jih sami. Njihovo poročilo o meritvah je v prilogi 6.

5. KONCENTRACIJE RADONA IN NJEGOVIH RAZPADNIH PRODUKTOV TER SEVANJE GAMA

Kot smo omenili že prej, smo koncentracije radona merili z alfa-scintilacijskimi celicami (trenutne koncentracije) in detektorji jedrskega sledi (povprečne koncentracije radona in torona), koncentracije radona in radonovih kratkoživih razpadnih produktov v izbranih prostorih pa smo merili s prenosnimi kontinuirnimi instrumenti.

5.1. Trenutne in povprečne koncentracije radona

Trenutne in povprečne koncentracij radona podajamo skupaj v tabeli 2. V tabeli 2a so zbrani rezultati za vrtce in šole, v tabeli 2b za delovne prostore, v tabeli 2c za stanovanja, v tabeli 2d za terme in v tabeli 2e za kraške jame. Mesto, naziv in naslov uporabnika (lastnika) zgradbe so osenčeni. S poševno pisavo so napisani datumi v stolpcih **Trenutna C_{Rn}** in **Povprečna C_{Rn}** in pomenijo pri trenutnih meritvah datum odvzema vzorca zraka, pri povprečnih pa datume začetka in zaključka meritve. V stolpcu **Povprečna C_{Rn}** je za en prostor velikokrat podanih več rezultatov meritve z različnimi datumimi, ki so jim dodane zvezdice. Število zvezdic pri datumu ustreza številu zvezdic pri rezultatu. V štirih primerih smo na istem vzorčevalnem mestu izpostavili dva detektorja, v skladu s postopki za zagotavljanje in preverjanje kakovosti meritve. Vsak prostor, kjer smo opravili meritve, je označen s kodo. Ta sestoji iz štirih dvoznakovnih delov, ki so med seboj ločeni s pomišljaji. Prva dva znaka sta dvomestno število in pomenita omrežno skupino regije, kot jih označuje Telefonski imenik Slovenije 2001. Drugi del kode sta črki, ki označujeta mesto (kraj). Tretji del kode sta črki in pomenita okrajšavo namembnosti prostora (na primer VR za vrtec ali OŠ za osnovno šolo). Zadnji, četrtni del kode je zopet dvomestno število in pomeni zaporedno številko merjenega prostora znotraj iste zgradbe. Če razložimo na primeru: koda 01-LJ-OŠ-03 pomeni, da smo meritve opravili v omrežni skupini 01, v Ljubljani, v osnovni šoli, v tretjem prostoru. V tabeli si rezultati sledijo po omrežnih skupinah vzorčevalnega mesta, naraščajoče od 01 do 07. Pod **Mesto meritve** je opis - naziv prostora, kot so ga poimenovali zaposleni oziroma odgovorne osebe, ki so nas spremljale pri odvzemuh vzorcev in postavljanju detektorjev. Oznaka **N** v tretjem stolpcu pa pomeni nadstropje, v katerem je merjeni prostor (oznaka **k** pomeni klet, **p** pritličje in **I** prvo nadstropje).

Tabela 2a: Trenutne koncentracije radona ter povprečne koncentracije radona in torona v zraku
vrtcev in šol v letu 2007

<i>Koda</i>	<i>Mesto meritve</i>	<i>N</i>	<i>Trenutna</i> C_{Rn} $Bq m^{-3}$	<i>Povprečna</i> C_{Rn} $Bq m^{-3}$	<i>Povprečna</i> C_{Tn} $Bq m^{-3}$
LJUBLJANA Osnovna šola Ketteja in Murna Koširjeva ulica 2				23.02.-23.04.	23.02.-23.04.
01-LJ-OŠ-01	učilnica 7	<i>p</i>	20.03., *23.04. 65 ± 11 *143 ± 11	206 ± 13	128 ± 56
01-LJ-OŠ-02	učilnica 10	<i>p</i>	20.03., *12.04., **23.04. 706 ± 27 *21 ± 6 **LLD = 22	—	—
01-LJ-OŠ-03	učilnica 11	<i>p</i>	12.04., *23.04. 24 ± 6 *LLD = 21	164 ± 11	137 ± 51
01-LJ-OŠ-04	učilnica 12	<i>p</i>	20.03. 72 ± 12	—	—
01-LJ-OŠ-05	učilnica 14	<i>p</i>	20.03., *12.04., **23.04. 822 ± 29 *104 ± 12 **47 ± 8	768 ± 24	112 ± 104
01-LJ-OŠ-06	prostor za čistila	<i>p</i>	20.03. 189 ± 31	—	—
01-LJ-OŠ-07	učilnica 27	<i>I</i>	12.04. 29 ± 5	—	—
01-LJ-OŠ-08	sanitarije ženske	<i>p</i>	12.04. LLD = 20	—	—
01-LJ-OŠ-09	sanitarije moški	<i>p</i>	12.04. 25 ± 6	—	—
IVANČNA GORICA Vzgojno varstveni zavod Cesta II. grupe odredov 18					
Enota Čebelica Šentvid pri Stični 43a				23.02.-24.04.	23.02.-24.04.
01-ŠE-VR-01	igralnica zajčki	<i>p</i>	05.03. 171 ± 14	—	—
01-ŠE-VR-02	igralnica metulji	<i>p</i>	05.03. 103 ± 12	—	—
01-ŠE-VR-03	pisarna, kabinet	<i>p</i>	05.03. 63 ± 10	—	—
01-ŠE-VR-04	igralnica medvedki (jasli)	<i>p</i>	23.02. 114 ± 13	—	—
01-ŠE-VR-05	igralnica pikapolonice	<i>p</i>	—	122 ± 10	ND

<i>Koda</i>	<i>Mesto meritve</i>	<i>N</i>	<i>Trenutna</i> C_{Rn} $Bq\ m^{-3}$	<i>Povprečna</i> C_{Rn} $Bq\ m^{-3}$	<i>Povprečna</i> C_{Tn} $Bq\ m^{-3}$
Enota Polžek Ciglarjeva ulica 27 Višnja Gora				26.02.-25.04.	26.02.-25.04.
01-VG-VR-01	igralnica medvedki	<i>p</i>	23.03. LLD = 18	22 ± 4	11 ± 19
01-VG-VR-02	igralnica mucki	<i>p</i>	26.02. LLD = 13	—	—
01-VG-VR-03	kabinet	<i>p</i>	23.03. LLD = 23	—	—
01-VG-VR-04	kuhinja	<i>p</i>	26.02. LLD = 16	—	—
STIČNA Osnovna šola Stična Cesta II. grupe odredov 40				23.02.-18.04.	23.02.-18.04.
01-ST-OŠ-01	učilnica 1. razreda	<i>I</i>	—	78 ± 8	65 ± 37
01-ST-OŠ-02	učilnica 2. rezreda	<i>I</i>	23.02. 92 ± 13	—	—
01-ST-OŠ-03	učilnica 3. razreda	<i>I</i>	23.02. 115 ± 13	—	—
01-ST-OŠ-04	zbornica	<i>I</i>	23.02. 150 ± 15	—	—
Podružnična šola Muljava Muljava 3				23.02.-17.04.	23.02.-17.04.
01-MU-OŠ-01	igralnica - vrtec	<i>p</i>	23.02. 785 ± 38	> 4755 > 4609	> 232
01-MU-OŠ-02	učilnica 1., 2. razreda	<i>I</i>	23.02. 441 ± 30	—	—
01-MU-OŠ-03	učilnica 3., 4. razreda	<i>p</i>	23.03. 145 ± 12	349 ± 17	84 ± 75
01-MU-OŠ-04	učilnica 4. razreda	<i>I</i>	23.02. 559 ± 25	—	—
01-MU-OŠ-05	klet pod učilnico	<i>k</i>	15.03. 1419 ± 39	—	—
01-MU-OŠ-06	kuhinja	<i>p</i>	15.03. LLD = 57	—	—
01-MU-OŠ-07	klet pod kuhinjo	<i>k</i>	15.03. 1433 ± 40	—	—
01-MU-OŠ-08	OPB	<i>I</i>	23.03. 591 ± 24	—	—
01-MU-OŠ-09	knjižnica	<i>I</i>	23.03. 726 ± 27	—	—
01-MU-OŠ-10	garderoba vrtca, pregrajen hodnik	<i>p</i>	23.03. 465 ± 21	—	—

Koda	Mesto meritve	N	Trenutna C_{Rn} $Bq m^{-3}$	Povprečna C_{Rn} $Bq m^{-3}$	Povprečna C_{Tn} $Bq m^{-3}$
Podružnična šola Ambrus Ambrus 33				23.02.-17.04.	23.02.-17.04.
01-AM-OŠ-01	učilnica v pritličju	<i>p</i>	—	198 ± 13	ND
01-AM-OŠ-02	učilnica 1., 2. razred devetletke	<i>I</i>	23.02. 315 ± 19	418 ± 19	91 ± 82
01-AM-OŠ-03	učilnica 4. razred	<i>I</i>	23.02. 300 ± 18	—	—
01-AM-OŠ-04	hodnik	<i>p</i>	23.02. 352 ± 20	—	—
Podružnična šola Zagradec Zagradec 33				23.02.-16.04.	23.02.-16.04.
01-ZA-OŠ-01	učilnica 1. razreda	<i>p</i>	—	432 ± 19	11 ± 83
01-ZA-OŠ-02	učilnica 4. razreda	<i>p</i>	23.02. 257 ± 17	—	—
01-ZA-OŠ-03	učilnica III.	<i>I</i>	23.02. 132 ± 14	—	—
01-ZA-OŠ-04	učilnica IV.		23.02. 36 ± 8	—	—
Podružnična šola Krka Krka 47				23.02.-17.04.	23.02.-17.04.
01-KK-OŠ-01	učilnica 1	<i>p</i>	23.02. 80 ± 11	—	—
01-KK-OŠ-02	učilnica 2	<i>p</i>	—	265 ± 15	4 ± 64
01-KK-OŠ-03	učilnica 3	<i>p</i>	23.02. 107 ± 12	—	—
RIBNICA Glasbena šola Ribnica Kolodvorska ulica 10				23.02.-17.04.	23.02.-17.04.
01-RI-GŠ-01	učilnica 1	<i>k</i>	02.04. 87 ± 23	1630 ± 35	ND
01-RI-GŠ-02	učilnica 2	<i>p</i>	23.02., *10.04. 1771 ± 89 *788 ± 27	—	—
01-RI-GŠ-03	kurilnica	<i>k</i>	10.04. 609 ± 23	—	—
01-RI-GŠ-04	dvorana	<i>p</i>	10.04. 574 ± 23	—	—

Koda	Mesto meritve	N	Trenutna C_{Rn} $Bq\ m^{-3}$	Povprečna C_{Rn} $Bq\ m^{-3}$	Povprečna C_{Tn} $Bq\ m^{-3}$
LOŠKI POTOK Osnovna šola dr. Antona Debeljaka Hrib 101				23.02.-17.04.	23.02.-17.04.
01-LP-OŠ-01	pikapolonice – soba 3	<i>p</i>	02.04. 182 ± 14	383 ± 18	ND
01-LP-OŠ-02	igralnica metuljčki	<i>p</i>	23.02., *10.04. 55 ± 9 *117 ± 11	–	–
01-LP-OŠ-03	učilnica gospodinjstva, 36	<i>I</i>	02.04. 137 ± 12	–	–
01-LP-OŠ-04	učilnica matematike, 40	<i>I</i>	02.04. 103 ± 11	–	–
01-LP-OŠ-05	učilnica 4. razreda osemletke	<i>I</i>	02.04. LLD = 35	–	–
01-LP-OŠ-06	učilnica slovenskega jezika, 49	<i>II</i>	02.04. LLD = 22	–	–
01-LP-OŠ-07	multimedijiški prostor	<i>II</i>	02.04., *10.04. 154 ± 11 *397 ± 19	–	–
01-LP-OŠ-08	jedilnica	<i>p</i>	02.04. 49 ± 11	–	–
RIBNICA Osnovna šola dr. F. Prešerna Ribnica Šolska ulica 2				23.02.-16.04.	23.02.-16.04.
01-RI-OŠ-01	učilnica CP1	<i>p</i>	–	116 ± 10	2 ± 43
01-RI-OŠ-02	učilnica CP2	<i>p</i>	23.02. 167 ± 14	–	–
01-RI-OŠ-03	učilnica CP4	<i>p</i>	23.02. 63 ± 11	–	–
01-RI-OŠ-04	učilnica CK1	<i>k</i>	23.02. 560 ± 25	–	–
01-RI-OŠ-05	učilnica CK2	<i>k</i>	–	1360 ± 35	ND
01-RI-OŠ-06	učilnica CK4	<i>k</i>	–	778 ± 26	ND
01-RI-OŠ-07	učilnica BP4	<i>p</i>	–	140 ± 11	ND
01-RI-OŠ-08	učilnica BP5	<i>p</i>	23.02. 118 ± 12	–	–
01-RI-OŠ-09	gospodinjstvo teorija (B)	<i>k</i>	–	526 ± 21 470 ± 20	ND
01-RI-OŠ-10	gospodinjstvo praksa (B)	<i>k</i>	23.02. 411 ± 20	–	–
01-RI-OŠ-11	jedilnica (B)	<i>k</i>	–	478 ± 20	22 ± 87

Koda	Mesto meritve	N	Trenutna C_{Rn} $Bq m^{-3}$	Povprečna C_{Rn} $Bq m^{-3}$	Povprečna C_{Tn} $Bq m^{-3}$
Podružnična šola Dolenja vas Šolska ulica 9				23.02.-16.04.	23.02.-16.04.
01-DV-OŠ-01	učilnica 1D devetletke	<i>k</i>	—	70 ± 8	23 ± 35
01-DV-OŠ-02	knjižnica - 8022	<i>k</i>	23.02. 33 ± 8	—	—
01-DV-OŠ-03	video učilnica - 8024	<i>k</i>	23.02. LLD = 25	—	—
01-DV-OŠ-04	delavnica hišnika	<i>k</i>	23.02. 380 ± 20	—	—
01-DV-OŠ-05	telovadnica	<i>p</i>	—	86 ± 9	18 ± 38
VIDEM-DOBREPOLJE Osnovna šola Dobrepolje Videm 80				23.02.-29.03.	23.02.-29.03.
01-DO-OŠ-01	učilnica biologije	<i>p</i>	—	122 ± 13	107 ± 59
01-DO-OŠ-02	učilnica tehnike, 8.b	<i>p</i>	23.02. 75 ± 12	—	—
01-DO-OŠ-03	učilnica kemija–fizika, 9.a	<i>p</i>	23.02. 336 ± 19	—	—
Podružnična šola Struge Lipa 16				23.02.-29.03.	23.02.-29.03.
01-SR-OŠ-01	učilnica kemije	<i>p</i>	—	216 ± 17	ND
01-SR-OŠ-02	učilnica tehnike	<i>p</i>	23.02. 218 ± 16	—	—
01-SR-OŠ-03	učilnica fizike–matematike	<i>p</i>	23.02. 154 ± 14	—	—
Podružnična šola Ponikve Ponikve 38				23.02.-29.03.	23.02.-29.03.
01-PN-OŠ-01	učilnica 1.–3. razred	<i>p</i>	—	237 ± 18	ND
01-PN-OŠ-02	učilnica 4.–5. razred	<i>p</i>	—	94 ± 11	33 ± 50
01-PN-OŠ-03	zbornica	<i>p</i>	23.02. 332 ± 18	—	—

Koda	Mesto meritve	N	Trenutna C_{Rn} $Bq m^{-3}$	Povprečna C_{Rn} $Bq m^{-3}$	Povprečna C_{Tn} $Bq m^{-3}$
VELIKE LAŠČE Osnovna šola Primož Trubar Šolska ulica 11				23.02.-25.04.	23.02.- 25.04.
01-VL-OŠ-01	učilnica 8, gospodinjstvo	p	02.04. 54 ± 12	88 ± 8	70 ± 37
01-VL-OŠ-02	učilnica VII, tehnika	p	02.04. LLD = 30	91 ± 8	96 ± 38
01-VL-OŠ-03	kabinet tehnika	p	02.04. LLD = 18	94 ± 8	33 ± 37
01-VL-OŠ-04	hodnik med tehniko in kabinetom	p	—	105 ± 9	20 ± 39
01-VL-OŠ-05	likovna učilnica	p	23.02. LLD = 23	—	—
01-VL-OŠ-06	kuhinja	p	23.02. LLD = 33	—	—
01-VL-OŠ-07	učilnica II	p	23.02. 65 ± 18	—	—
01-VL-OŠ-08	učilnica V, 7.razred	p	02.04. 44 ± 8	—	—
01-VL-OŠ-09	učilnica IV, 2.a razred	p	02.04. 156 ± 14	—	—
01-VL-OŠ-10	čakalnica zobozdravnik	p	02.04. 55 ± 9	—	—
01-VL-OŠ-11	telovadnica	p	02.04., *10.04. 72 ± 12 *167 ± 13	—	—
01-VL-OŠ-12	kurilnica	k	10.04. 33 ± 8	—	—
01-VL-OŠ-13	zaklonišče	k	10.04. 653 ± 26	—	—
RAKEK Osnovna šola Jožeta Krajca Partizanska cesta 28				23.02.-16.04.	23.02.-16.04.
01-RA-OŠ-01	učilnica 1.a (stara šola)	p	08.03. 491 ± 24	2190 ± 45	95 ± 186
01-RA-OŠ-02	učilnica 5.a (stara šola)	p	08.03. 632 ± 26	2080 ± 40	ND
01-RA-OŠ-03	telovadnica	p	22.03. 490 ± 40	770 ± 26	308 ± 114
01-RA-OŠ-04	mala telovadnica	p	08.03. 1015 ± 33	—	—
01-RA-OŠ-05	učilnica 5.b (nova šola)	p	—	—	—
01-RA-OŠ-06	učilnica 6 (nova šola)	p	—	95 ± 9	27 ± 40

Koda	Mesto meritve	N	Trenutna C_{Rn} $Bq m^{-3}$	Povprečna C_{Rn} $Bq m^{-3}$	Povprečna C_{Tn} $Bq m^{-3}$
Podružnična šola Unec Unec 59				23.02.-16.04.	23.02.-16.04.
01-UN-OŠ-01	telovadnica	<i>p</i>	08.03. 72 ± 10	600 ± 23	ND
01-UN-OŠ-02	garderoba	<i>p</i>	08.03. 42 ± 10	—	—
01-UN-OŠ-03	kuhinja	<i>p</i>	08.03. 45 ± 10	—	—
01-UN-OŠ-04	učilnica 1	<i>I</i>	08.03. 53 ± 11	—	—
01-UN-OŠ-05	učilnica 2 (nad telovadnicom)	<i>I</i>	08.03. 81 ± 12	—	—
IGA VAS Osnovna šola Iga vas Iga vas 1				27.02.-19.04. *27.02.-24.04.	27.02.-19.04 *27.02.-24.04
01-IV-OŠ-01	igralnica 1–2	<i>p</i>	27.02. 1235 ± 35	75 ± 8	21 ± 36
01-IV-OŠ-02	igralnica 2–4	<i>p</i>	27.02. 506 ± 22	40 ± 5	3 ± 20
01-IV-OŠ-03	mešana skupina	<i>p</i>	—	*44 ± 5	*ND
01-IV-OŠ-04	telovadnica	<i>p</i>	—	*52 ± 5	*ND
01-IV-OŠ-05	garderoba – previjalna miza	<i>p</i>	—	—	—
01-IV-OŠ-06	hodnik	<i>p</i>	27.02. 259 ± 18	—	—
01-IV-OŠ-07	učilnica 3. razreda	<i>I</i>	27.02. 347 ± 19	—	—
01-IV-OŠ-08	kurilnica	<i>k</i>	27.02. 249 ± 15	—	—

Koda	Mesto meritve	N	Trenutna C_{Rn} $Bq m^{-3}$	Povprečna C_{Rn} $Bq m^{-3}$	Povprečna C_{Tn} $Bq m^{-3}$
PREVALJE Osnovna šola Franja Goloba Prevalje Polje 4				27.02.-19.04.	27.02.-19.04.
02-PR-OŠ-01	učilnica 1.A	<i>p</i>	27.02., *19.04. 186 ± 12 *41 ± 7	—	—
02-PR-OŠ-02	učilnica 1.B	<i>p</i>	27.02., *11.04. 461 ± 19 *19 ± 6	—	—
02-PR-OŠ-03	učilnica 2.A	<i>p</i>	27.02., *11.04. 237 ± 14 *LLD = 20	—	—
02-PR-OŠ-04	učilnica 2.B	<i>p</i>	27.02. LLD = 25	706 ± 25	ND
02-PR-OŠ-05	učilnica 3.A	<i>p</i>	27.02., *11.04. 73 ± 8 *LLD = 22	1665 ± 38	ND
02-PR-OŠ-06	knjižnica	<i>p</i>	27.02. 71 ± 15	—	—
02-PR-OŠ-07	prostor za čistilke	<i>p</i>	27.02., *11.04. 473 ± 25 *24 ± 10	—	—
02-PR-OŠ-08	prostor socialne pedagoginje	<i>p</i>	27.02. 116 ± 12	—	—
KRANJ Osnovna šola Simona Jenka Podružnična šola Center Komenskega 2				27.02.-16.04.	27.02.-16.04.
04-KR-OŠ-01	zbornica	<i>I</i>	—	1005 ± 30	23 ± 131
04-KR-OŠ-02	kuhinja	<i>p</i>	27.02. 88 ± 9	—	—
04-KR-OŠ-03	učilnica 2C	<i>p</i>	27.02. 163 ± 12	394 ± 19	ND
04-KR-OŠ-04	učilnica 3M, OPB	<i>p</i>	—	583 ± 23	ND
04-KR-OŠ-05	učilnica 4C	<i>p</i>	27.02. 173 ± 13	467 ± 21	165 ± 92
04-KR-OŠ-06	učilnica 4M	<i>p</i>	27.02. 75 ± 7	—	—
04-KR-OŠ-07	učilnica matematika, slovenščina	<i>I</i>	27.02. 242 ± 9	—	—
04-KR-OŠ-08	učilnica likovna vzgoja	<i>I</i>	27.02. 460 ± 19	—	—
04-KR-OŠ-09	knjižnica	<i>I</i>	27.02. 549 ± 25	—	—
04-KR-OŠ-10	pisarna	<i>I</i>	27.02. 610 ± 22	—	—

<i>Koda</i>	<i>Mesto meritve</i>	<i>N</i>	<i>Trenutna</i> C_{Rn} $Bq m^{-3}$	<i>Povprečna</i> C_{Rn} $Bq m^{-3}$	<i>Povprečna</i> C_{Tn} $Bq m^{-3}$
ŠKOFJA LOKA Osnovna šola Ivana Groharja Podružnična šola Bukovščica Bukovščica 4				27.02.-17.04.	27.02.-17.04.
04-BU-OŠ-01	učilnica 11	<i>p</i>	27.02., *22.05., **05.06. 169 ± 11 *37±7 **57 ± 9	85 ± 9	84 ± 41
04-BU-OŠ-02	kabinet 12	<i>p</i>	22.05. LLD = 20	125 ± 11	67 ± 48
04-BU-OŠ-03	hodnik	<i>p</i>	—	84 ± 9	ND
04-BU-OŠ-04	telovadnica	<i>p</i>	27.02., *22.05. 124 ± 12 *31 ± 7	75 ± 9	75 ± 39
04-BU-OŠ-05	učilnica 21	<i>I</i>	27.02., *22.05. 125 ± 10 *23 ± 6	—	—
04-BU-OŠ-06	jedilnica	<i>I</i>	27.02., *22.05., **05.06. 1463 ± 33 *34 ± 9 **LLD = 20	—	—
04-BU-OŠ-07	klet	<i>k</i>	05.06. 901 ± 32	—	—
RADOVLJICA Osnovna šola A.T. Linharta Podružnična šola Mošnje Mošnje 40				27.02.-23.04.	27.02.-23.04.
04-MO-OŠ-01	učilnica 3, devetletka	<i>p</i>	—	313 ± 16	ND
04-MO-OŠ-02	kuhinja	<i>p</i>	—	133 ± 11	ND
04-MO-OŠ-03	jedilnica	<i>p</i>	27.02. LLD = 29	—	—
04-MO-OŠ-04	učilnica 4. razred devetletke	<i>I</i>	27.02. LLD = 28	—	—
04-MO-OŠ-05	učilnica 4. razred osemletke, OPB	<i>I</i>	27.02. LLD = 69	—	—

<i>Koda</i>	<i>Mesto meritve</i>	<i>N</i>	<i>Trenutna</i> C_{Rn} $Bq m^{-3}$	<i>Povprečna</i> C_{Rn} $Bq m^{-3}$	<i>Povprečna</i> C_{Tn} $Bq m^{-3}$
TRŽIČ Osnova šola Tržič Podljubelj 107				27.02.-16.04.	27.02.-16.04.
04-TR-OŠ-01	učilnica 3	<i>p</i>	27.02. 202 ± 26	870 ± 29	ND
04-TR-OŠ-02	kuhinja	<i>p</i>	27.02. LLD = 64	—	—
04-TR-OŠ-03	učilnica 8	<i>I</i>	27.02. 72 ± 8	—	—
04-TR-OŠ-04	učilnica 9 (novi del)	<i>I</i>	27.02. 57 ± 16	—	—
04-TR-OŠ-05	učilnica 10 (novi del)	<i>II</i>	27.02. 95 ± 9	—	—
GODOVIČ Osnovna šola in vrtec Godovič 35b				26.02.-16.04.	26.02.-16.04.
05-GD-OŠ-01	učilnica 1., 2., 3. razred	<i>p</i>	08.03. 129 ± 12	184 ± 13	50 ± 57
05-GD-OŠ-02	učilnica 4. razred	<i>p</i>	26.02. 401 ± 19	—	—
05-GD-OŠ-03	učilnica 5. razred	<i>p</i>	08.03. 31 ± 8	354 ± 18	ND
05-GD-OŠ-04	zbornica	<i>p</i>	26.02. 519 ± 23	—	—
05-GD-OŠ-05	kuhinja	<i>p</i>	26.02. 409 ± 19	—	—
05-GD-OŠ-06	jedilnica	<i>p</i>	26.02. 163 ± 13	—	—
05-GD-OŠ-07	skupni hodnik	<i>p</i>	26.02. 432 ± 20	—	—
05-GD-OŠ-08	kurilnica	<i>p</i>	19.03. 860 ± 66	—	—
05-GD-OŠ-09	kabinet	<i>p</i>	19.03. 1591 ± 67	—	—
05-GD-VR-01	igralnica	<i>p</i>	26.02., *19.03. 460 ± 20 $*272 \pm 17$	389 ± 19	215 ± 84
05-GD-VR-02	sanitarije vrtca	<i>p</i>	19.03. 550 ± 28	578 ± 23	ND

Koda	Mesto meritve	N	Trenutna C_{Rn} $Bq\ m^{-3}$	Povprečna C_{Rn} $Bq\ m^{-3}$	Povprečna C_{Tn} $Bq\ m^{-3}$
IDRIJA Osnovna šola Idrija – igralnice vrtca Lapajnetova 50				26.02.-16.04.	26.02.-16.04.
05-ID-VR-01	igralnica II/27, ježek	p	–	59 ± 8	ND
05-ID-VR-02	igralnica II/28, pikapolonica	p	–	151 ± 12	ND
05-ID-VR-03	igralnica II/30, metuljček	p	26.02. 27 ± 7	–	–
05-ID-VR-04	igralnica II/26, medvedek	p	26.02. 76 ± 11	–	–
05-ID-VR-05	garderoba	p	26.02. 129 ± 13	–	–
05-ID-VR-06	pedagoška soba	p	26.02. 216 ± 14	–	–
SEŽANA Vrtec Sežana, Jožeta Pahorja 1					
Enota Jasli Rgentova 1				28.02.-16.04.	28.02.-16.04.
05-SŽ-VR-01	igralnica muce	p	28.02. 166 ± 13	794 ± 28	ND
05-SŽ-VR-02	igralnica medvedki	p	28.02. LLD = 30	–	–
05-SŽ-VR-03	igralnica metuljčki	p	28.02. 29 ± 8	–	–
05-SŽ-VR-04	igralnica pikapolonice	p	28.02. LLD = 26	–	–
Enota Lokev Lokev 124				28.02.-16.04.	28.02.-16.04.
05-LO-VR-01	igralnica	p	28.02. 117 ± 10	312 ± 17	46 ± 75
Enota Divača Kosovelova ulica 9				28.02.-19.04.	28.02.-19.04.
05-DI-VR-01	igralnica medvedki	p	28.02. 251 ± 15	–	–
05-DI-VR-02	igralnica pikapolonice	p	28.02., *22-03. 324 ± 18 *LLD = 42	–	–
05-DI-VR-03	igralnica sončki (jasli)	p	28.02. 520 ± 22	516 ± 22	ND
05-DI-VR-04	igralnica kužki	p	28.02. 328 ± 17	–	–

Koda	Mesto meritve	N	Trenutna C_{Rn} $Bq m^{-3}$	Povprečna C_{Rn} $Bq m^{-3}$	Povprečna C_{Tn} $Bq m^{-3}$
Enota Komen Komen 61b				28.02.-16.04.	28.02.-16.04.
05-KO-VR-01	igralnica malčki	<i>p</i>	28.02. 50 ± 7	422 ± 20	60 ± 87
05-KO-VR-02	mala šola – sredinski prostor	<i>p</i>	28.02. 80 ± 10	–	–
05-KO-VR-03	igralnica na levo	<i>p</i>	28.02. LLD = 31	–	–
05-KO-VR-04	zbornica	<i>p</i>	28.02. 63 ± 15	–	–
KOMEN Osnovna šola Antona Šebelja-Stjenka Komen 16a				28.02.-17.04. *23.04.-05.06.	28.02.-17.04. *23.04.-05.06.
05-KO-OŠ-01	velika telovadnica	<i>p</i>	28.02. 2402 ± 43	izgubljen *999 ± 30	izgubljen *82 ± 138
05-KO-OŠ-02	mala telovadnica	<i>I</i>	28.02. 1356 ± 33	–	–
05-KO-OŠ-03	učilnica tehničnega pouka	<i>p</i>	28.02. 99 ± 10	706 ± 26	256 ± 113
05-KO-OŠ-04	učilnica 4. razreda devetletke	<i>p</i>	28.02. 134 ± 13	950 ± 30	368 ± 131
05-KO-OŠ-05	učilnica 5. razreda devetletke	<i>p</i>	28.02. LLD = 23	–	–
05-KO-OŠ-06	šolska kuhinja	<i>p</i>	28.02. 324 ± 17	–	–
05-KO-OŠ-07	pisarna šolske pedagoginje	<i>I</i>	28.02. 163 ± 24	–	–
05-KO-OŠ-08	zbornica	<i>I</i>	28.02. 265 ± 15	–	–
05-KO-OŠ-09	učilnica 1. razreda – podaljšano bivanje skupine A	<i>p</i>	28.02. 55 ± 12	–	–
NOVO MESTO Vrtec Ciciban					
Enota Marjetice Lešnica 15				23.02.-19.04.	23.02.-19.04.
07-NM-VR-01	igralnica ribice	<i>p</i>	05.03. 65 ± 9	–	–
07-NM-VR-02	igralnica račke	<i>p</i>	05.03. 29 ± 6	145 ± 11	73 ± 49
07-NM-VR-03	kurilnica	<i>k</i>	05.03. 67 ± 10	–	–
07-NM-VR-04	telovadnica	<i>p</i>	05.03. 35 ± 7	–	–
07-NM-VR-05	kopalnica	<i>p</i>	05.03. 121 ± 13	–	–

Koda	Mesto meritve	N	Trenutna C_{Rn} $Bq m^{-3}$	Povprečna C_{Rn} $Bq m^{-3}$	Povprečna C_{Tn} $Bq m^{-3}$
NOVO MESTO Glasbeni vrtec Ringa raja Ragovo 2				23.02.-18.04.	23.02.-18.04.
07-NM-GV-01	igralnica slavčki	<i>I</i>	23.02. 79 ± 22	204 ± 13 209 ± 13	17 ± 56 ND
07-NM-GV-02	kuhinja	<i>p</i>	23.02. LLD = 55	—	—
07-NM-GV-03	igralnica črički	<i>p</i>	23.02. 135 ± 100	—	—
NOVO MESTO Šolski center Novo mesto Šegova ulica 112				26.02.-24.04.	26.02.-24.04.
07-NM-ŠC-01	kabinet mehanika	<i>p</i>	15.03. 4550 ± 85	3010 ± 50	ND
07-NM-ŠC-02	učilnica RZ2	<i>p</i>	15.03. 349 ± 20	izgubljen	izgubljen
07-NM-ŠC-03	učilnica RZ1	<i>p</i>	05.03., *15.03. 58 ± 10 * 224 ± 17	izgubljen	izgubljen
07-NM-ŠC-04	zbornica	<i>I</i>	26.02. LLD = 44	—	—
07-NM-ŠC-05	učilnica 105	<i>I</i>	26.02. LLD = 37	—	—
07-NM-ŠC-06	jedilnica	<i>p</i>	26.02. 43 ± 9	—	—
07-NM-ŠC-07	učilnica 15a	<i>p</i>	05.03. 77 ± 12	—	—
07-NM-ŠC-08	pisarna – delavnica hišnik	<i>p</i>	—	—	—
07-NM-ŠC-09	kabinet štv. 26	<i>p</i>	05.03. 41 ± 9	—	—
07-NM-ŠC-10	gradbeni kabinet 2	<i>p</i>	05.03., *15.03. 599 ± 26 * 709 ± 29	—	—
07-NM-ŠC-11	gimnastična dvorana	<i>k</i>	05.03. LLD = 91	—	—
07-NM-ŠC-12	telovadnica	<i>p</i>	05.03. LLD = 64	—	—
07-NM-ŠC-13	hodnik pred kabinetom mehanika (pri sifonu)	<i>p</i>	15.03. 92 ± 12	—	—
07-NM-ŠC-14	učilnica RZ4 gradbena šola	<i>p</i>	15.03. 39 ± 8	—	—
07-NM-ŠC-15	učilnica RZ3 gradbena šola	<i>p</i>	15.03. 353 ± 21	—	—
07-NM-ŠC-16	prostor med RZ4 in RZ3	<i>p</i>	15.03. 34 ± 10	—	—

<i>Koda</i>	<i>Mesto meritve</i>	<i>N</i>	<i>Trenutna</i> C_{Rn} $Bq\ m^{-3}$	<i>Povprečna</i> C_{Rn} $Bq\ m^{-3}$	<i>Povprečna</i> C_{Tn} $Bq\ m^{-3}$
SEMIČ Osnovna šola Belokranjskega odreda Semič Šolska ulica 1				26.02.-16.04.	26.02.-16.04.
07-SE-OŠ-01	učilnica gospodinjstva	<i>p</i>	–	1060 ± 30	ND
07-SE-OŠ-02	učilnica 63, slovenščina	<i>p</i>	26.02. 573 ± 38	–	–
07-SE-OŠ-03	učilnica 68	<i>I</i>	26.02. 91 ± 25	–	–
07-SE-OŠ-04	učilnica 26, kemija	<i>p</i>	26.02. LLD = 33	–	–
07-SE-OŠ-05	učilnica 45	<i>p</i>	26.02. LLD = 46	–	–
DOLENJSKE TOPLICE Osnovna šola Dolenjske Toplice Pionirska cesta 35				26.02.-18.04.	26.02.-18.04.
07-DT-OŠ-01	kabinet kemije, št. 72	<i>p</i>	–	128 ± 11	ND
07-DT-OŠ-02	učilnica kemije	<i>p</i>	–	104 ± 10	78 ± 44
07-DT-OŠ-03	učilnica likovna vzgoja	<i>p</i>	26.02. 176 ± 12	–	–
07-DT-OŠ-04	učilnica matematika	<i>p</i>	26.02. 75 ± 10	–	–
07-DT-OŠ-05	učilnica 1a	<i>p</i>	26.02. 408 ± 19	–	–
07-DT-OŠ-06	učilnica 1b	<i>p</i>	26.02. 200 ± 14	–	–
07-DT-OŠ-07	učilnica 3a	<i>p</i>	26.02. 183 ± 12	–	–

Koda	Mesto meritve	N	Trenutna C_{Rn} $Bq m^{-3}$	Povprečna C_{Rn} $Bq m^{-3}$	Povprečna C_{Tn} $Bq m^{-3}$
ŽUŽEMBERK Osnovna šola Žužemberk Podružniška šola Dvor Dvor 16				26.02.-25.04. *05.03.-19.04.	26.02.-25.04. *05.03.-19.04.
07-DV-OŠ-01	110, igralnica 3 (pikapolonice)	<i>p</i>	<i>05.03.</i> 183 ± 14	841 ± 26	ND
07-DV-OŠ-02	108, igralnica 2 (miške)	<i>p</i>	<i>26.02., *05.03.,</i> <i>**15.03.</i> 302 ± 15 $*107 \pm 12$ $**92 \pm 11$	—	—
07-DV-OŠ-03	106, igralnica 1, (metulji)	<i>p</i>	<i>26.02., *05.03.</i> 660 ± 22 $*102 \pm 14$	—	—
07-DV-OŠ-04	103, učilnica 1	<i>p</i>	<i>26.02., *15.03.</i> 680 ± 23 $*277 \pm 13$	$*484 \pm 21$	*ND
07-DV-OŠ-05	135, telovadnica	<i>p</i>	<i>26.02.</i> 65 ± 8	—	—
07-DV-OŠ-06	204, učilnica 4	<i>I</i>	<i>26.02.</i> 106 ± 10	—	—
07-DV-OŠ-07	202, učilnica 2	<i>I</i>	<i>05.03.</i> 68 ± 12	—	—
07-DV-OŠ-08	garderoba	<i>p</i>	<i>05.03.</i> 106 ± 12	—	—
07-DV-OŠ-09	203, učilnica 3*	<i>I</i>	—	—	—
07-DV-OŠ-10	hodnik pred igralnico 2 (108)	<i>p</i>	<i>15.03.</i> 505 ± 23	—	—
07-DV-OŠ-11	hodnik pri jašku pod stopnicami	<i>p</i>	<i>15.03.</i> 135 ± 10	—	—

* opravljena kontinuirna meritev z instrumentom AlphaGuard

Tabela 2b: Trenutne koncentracije radona ter povprečne koncentracije radona in torona v zraku
delovnih prostorov v letu 2007

Koda	Mesto meritve	N	Trenutna C_{Rn} $Bq m^{-3}$	Povprečna C_{Rn} $Bq m^{-3}$	Povprečna C_{Tn} $Bq m^{-3}$
LJUBLJANA Psihiatrična klinika Studenec 48				23.02.-23.04.	23.02.-23.04.
01-LJ-PK-01	mizarska delavnica	<i>p</i>	20.03., *30.03., **10.04., ***23.04. 392 ± 19 *413 ± 20 **207 ± 14 ***165 ± 14	782 ± 24	47 ± 104
01-LJ-PK-02	kovinska delavnica	<i>p</i>	20.03., *10.04. LLD = 18 *LLD = 59	—	—
01-LJ-PK-03	kovinska delavnica – ročna	<i>p</i>	30.03. LLD = 20	—	—
01-LJ-PK-04	delavnica terapija	<i>p</i>	20.03. 278 ± 17	—	—
01-LJ-PK-05	skladišče tehničnega materiala - pisarna	<i>p</i>	20.03. 150 ± 22	—	—
01-LJ-PK-06	arhiv – pri mizarski delavnici	<i>p</i>	20.03. 5160 ± 105	—	—
MARIBOR Splošna bolnišnica Maribor Ljubljanska ulica 5				27.02.-19.04.	27.02.-19.04.
02-MB-SB-01	pisrana – referat za VZPD	<i>p</i>	11.04., *19.04. LLD = 16 *LLD = 19	64 ± 6	ND
02-MB-SB-02	citološki laboratorij (ginekološki oddelek)	<i>k</i>	11.04., *19.04. LLD = 13 *43 ± 7	61 ± 8	ND
02-MB-SB-03	fotokopirnica	<i>k</i>	27.02. LLD = 25	—	—
02-MB-SB-04	infekcijski oddelek - administracija	<i>k</i>	27.02., *11.04. 43 ± 9 *LLD = 21	92 ± 9	78 ± 42
02-MB-SB-05	EEG laboratorij (dermatološka stavba)	<i>k</i>	27.02. LLD=18	—	—
02-MB-SB-06	kadrovska pravna služba	<i>p</i>	27.02. LLD = 21	—	—

Koda	Mesto meritve	N	Trenutna C_{Rn} $Bq m^{-3}$	Povprečna C_{Rn} $Bq m^{-3}$	Povprečna C_{Tn} $Bq m^{-3}$
IDRIJA Psihiatrična bolnišnica Pot sv. Antona 49				26.02.-16.04.	26.02.-16.04.
05-ID-PB-01	sprejemni prostor	p	19.03. 227 ± 15	1100 ± 30	ND
05-ID-PB-02	prostor z zdravili	p	26.02. 731 ± 27	—	—
05-ID-PB-03	prostor za izdelavo mazil	p	26.02. 869 ± 28	—	—
05-ID-PB-04	pisarna	p	26.02. 769 ± 27	—	—
05-ID-PB-05	kopalnica	p	19.03. 344 ± 19	—	—
05-ID-PB-06	sanitarije	p	19.03. 246 ± 42	—	—
DIVAČA Zdravstvena postaja Divača Ulica 1. maja 1				28.02.-17.04.	28.02.-17.04.
05-DI-ZP-01	klet	k	28.02. 545 ± 22	3280 ± 55	1361 ± 244
05-DI-ZP-02	sestrski prostor	p	28.02. 59 ± 11	1293 ± 35	ND
05-DI-ZP-03	splošna ambulanta	p	28.02. LLD = 34	—	—
05-DI-ZP-04	zobotehniški laboratorij	p	28.02. 115 ± 11	—	—
05-DI-ZP-05	zobna ambulanta	p	28.02., * 22.03. 111 ± 11 *381 ± 20	1296 ± 35	305 ± 151
DIVAČA Lekarna Divača Ulica 1. maja 1				28.02.-17.04.	28.02.-17.04.
05-DI-LE-01	sprejemni prostor	p	28.02. LLD = 27	608 ± 24	ND
05-DI-LE-02	skladišče	p	28.02. LLD = 31	—	—
05-DI-LE-03	pisarna	p	28.02. 40 ± 13	—	—

<i>Koda</i>	<i>Mesto meritve</i>	<i>N</i>	<i>Trenutna</i> C_{Rn} $Bq m^{-3}$	<i>Povprečna</i> C_{Rn} $Bq m^{-3}$	<i>Povprečna</i> C_{Tn} $Bq m^{-3}$
KOMEN Občina Komen Komen 86				22.03.-05.06.	22.03.-05.06.
05-KO-OB-01	tajništvo	<i>I</i>	28.02. 160 ± 14	—	—
05-KO-OB-02	soba direktorja	<i>I</i>	28.02. 116 ± 11	—	—
05-KO-OB-03	pisarna za komunalne dejavnosti	<i>II</i>	28.02. 179 ± 15	—	—
05-KO-OB-04	krajevni urad	<i>p</i>	22.03. 75 ± 27	135 ± 9	ND
05-KO-OB-05	sanitarije krajevnega urada	<i>p</i>	22.03. LLD = 52	—	—

Tabela 2c: Trenutne koncentracije radona ter povprečne koncentracije radona in torona v zraku
stanovanj v letu 2007

Koda	Mesto meritve	N	Trenutna C_{Rn} $Bq m^{-3}$	Povprečna C_{Rn} $Bq m^{-3}$	Povprečna C_{Tn} $Bq m^{-3}$
MISLINJA Stanovanje Vinko Javornik Razborca 5				03.03.-24.04.	23.03.-07.06.
03-MI-ST-01	spalnica	<i>p</i>	—	139 ± 8	ND
TRBOVLJE Stanovanje Adam Turnšek Prapretno pri Hrastniku 18a				23.03.-07.06. *23.03.-06.07. **03.04.-06.07.	23.03.-07.06.. *23.03.-06.07. **03.04.-06.07.
03-TR-ST-01	spalnica	<i>p</i>	—	36 ± 5	23 ± 21
03-TR-ZU-02	zunanji zrak pred hišo Turnšek		—	**17 ± 3 **12 ± 3	**10 ± 13 **18 ± 12
03-TR-ZU-03	zunanji zrak pri elektr. drogu na začetku doline		—	*22 ± 3	*23 ± 15
03-TR-ZU-04	zunanji zrak pri odlagališču elekrofiltrskega pepela		—	*30 ± 4	*ND
IDRIJA Stanovanjski blok Tomšičeva 19				08.03.-19.04. *08.03.-15.03.	08.03.-19.04. *08.03.-15.03.
05-ID-ST-01	Ivica Lapanja dnevna soba	<i>p</i>	08.03. 6240 ± 120	> 5900	> 700
05-ID-ST-02	Metka Mrak dnevna soba	<i>p</i>	08.03. 5390 ± 115	> 6260	ND
05-ID-ST-03	Tušar spalnica	<i>p</i>	08.03. 53 ± 9	*3010 ± 60	ND
05-ID-ST-04	Marija Lapanje kuhinja	<i>p</i>	08.03. 1070 ± 50	3015 ± 60	ND

Tabela 2d: Trenutne koncentracije radona ter povprečne koncentracije radona in torona v zraku **term** v letu 2007

Koda	Mesto meritve	N	Trenutna C_{Rn} $Bq m^{-3}$	Povprečna C_{Rn} $Bq m^{-3}$	Povprečna C_{Tn} $Bq m^{-3}$
PANONSKE TERME					
Terme 3000 Kranjčeva 12 Moravske Toplice				07.03.-10.05.	07.03.-10.05.
02-MT-TE-01	bazen Hotel LIVADA	p	07.03. LLD = 18	13 ± 3	5 ± 14
02-MT-TE-02	soba 009 Hotel LIVADA	p	07.03. 19 ± 6	40 ± 5	ND
02-MT-TE-03	bazen Hotel AJDA	p	07.03. LLD = 18	10 ± 3	20 ± 15
02-MT-TE-04	bazen (najstarejši) Hotel TERMAL	p	07.03. LLD = 18	19 ± 4	14 ± 17
02-MT-TE-05	bazen TERME 3000	p	07.03. 24 ± 6	izgubljen	izgubljen
Terme Radenci Zdraviliško naselje 12				07.03.-09.05.	07.03.-09.05.
02-RA-TE-01	večnamenski bazen	p	07.03. LLD = 19	20 ± 4	ND
02-RA-TE-02	kopeli CO ₂ (kabina 1)	p	07.03. LLD = 16	15 ± 4	10 ± 16
Terme Ptuj Pot v toplice 9				07.03.-10.05.	07.03.-10.05.
02-PT-TE-01	bazen	p	07.03. 22 ± 6	21 ± 4	ND
Terme Lendava Tomšičeva 2a				07.03.-10.05.	07.03.-10.05.
02-LE-TE-01	bazen – novi del	p	07.03. LLD = 21	15 ± 4	1 ± 15
02-LE-TE-02	bazen – stari del	p	07.03. 19 ± 4	20 ± 4	16 ± 18
Terme Banovci Banovci 1a				07.03.-10.05.	07.03.-10.05.
02-BA-TE-01	bazen	p	07.03. LLD = 18	21 ± 4	ND

<i>Koda</i>	<i>Mesto meritve</i>	<i>N</i>	<i>Trenutna</i> C_{Rn} $Bq\ m^{-3}$	<i>Povprečna</i> C_{Rn} $Bq\ m^{-3}$	<i>Povprečna</i> C_{Tn} $Bq\ m^{-3}$
TERME KRKA Ljubljanska cesta 26					
Terme Dolenjske Toplice Zdraviliški trg 7				<i>13.03.-23.05.</i>	<i>13.03.-23.05.</i>
07-DT-TE-01	notranji bazen Hotel BALNEA	<i>p</i>	<i>13.03.</i> 35 ± 6	34 ± 5	37 ± 22
07-DT-TE-02	notranji bazen - knežji Hotel VITAL	<i>p</i>	<i>13.03.</i> 177 ± 10	153 ± 10	22 ± 43
07-DT-TE-03	recepција Hotel VITAL	<i>k</i>	<i>13.03.</i> 25 ± 6	—	—
Terme Šmarješke Toplice				<i>13.03.-23.05.</i>	<i>13.03.-23.05.</i>
07-ŠT-TE-01	bazen (prvi)	<i>p</i>	<i>13.03.</i> 20 ± 4	31 ± 5	ND
07-DT-TE-02	recepција	<i>p</i>	<i>13.03.</i> LLD = 18	31 ± 5	19 ± 21

Tabela 2e: Trenutne koncentracije radona ter povprečne koncentracije radona in torona v zraku
kraških jam v letu 2007

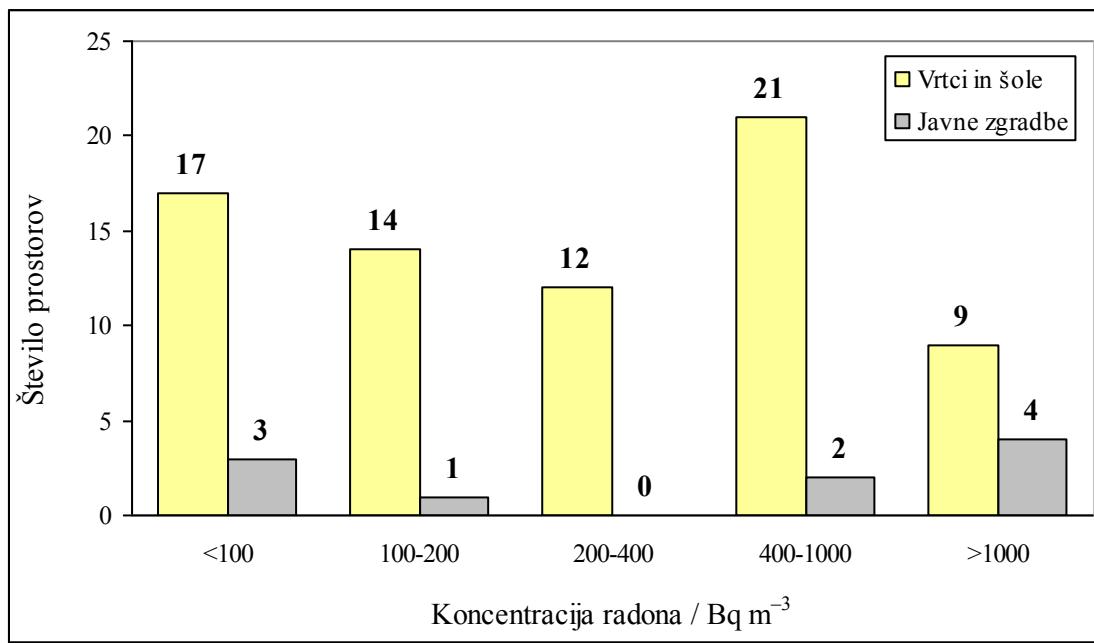
Koda	Mesto meritve	N	Trenutna C_{Rn} $Bq m^{-3}$	Povprečna C_{Rn} $Bq m^{-3}$	Povprečna C_{Tn} $Bq m^{-3}$
KRIŽNA JAMA Društvo ljubiteljev Križne jame Bloška polica 7			29.06.	29.06.-01.08.	29.06.-01.08.
01-KR-JA-01	Čimboraso		3800 ± 50	6870 ± 35	880 ± 230
01-KR-JA-02	Jezerški rov - orgle		3550 ± 110	4060 ± 75	800 ± 320
ŽUPANOVA JAMA			01.08.		
01-ŽU-JA-01	Ledenica - kupola		3740 ± 60	—	—
01-ŽU-JA-02	Vstopna dvorana		4400 ± 140	—	—
01-ŽU-JA-03	Velika dvorana		2830 ± 50	—	—
01-ŽU-JA-04	Blatna dvorana		3950 ± 60	—	—
01-ŽU-JA-05	Matjaževa dvorana		3900 ± 60	—	—
01-ŽU-JA-06	Zadnja dvorana		5100 ± 70	—	—
01-ŽU-JA-07	Matjaževa dvorana-vhod		4900 ± 70	—	—
01-ŽU-JA-08	Velika dvorana - odor		1810 ± 50	—	—
01-ŽU-JA-09	Rov med vstopno in veliko dvorano		4880 ± 70	—	—

LLD = $4,66 \sqrt{n_b}$: spodnja meja zaznavnosti, HASL (32)

ND = nedoločljiv

Trenutne koncentracije radona v zraku smo izmerili ob postavitvi ali pobiranju detektorjev jedrskeih sledi, največkrat v prostorih, ki niso bili predvideni za meritev z detektorjem jedrskeih sledi, da bi dobili čimveč informacij o nivojih radona v posamezni zgradbi. Rezultati so zbrani v četrtem stolpcu tabele 2 (**Trenutna C_{Rn}**). Trenutne koncentracije radona smo izmerili v 260 prostorih, in sicer v 198 prostorih vrtcev in šol, 31 delovnih prostorih javnih zgradb, 4 prostorih stanovanj, 16 prostorih term in na 11 merilnih mestih v kraških jamah. Trenutne koncentracije radona v zraku prostorov so bile v območju od 13 do 6240 Bq m^{-3} , v kraških jamah pa od 1810 do 5100 Bq m^{-3} . V vrtcih in šolah smo našli 37 prostorov s koncentracijo radona višjo od 400 Bq m^{-3} in 10 prostorov s koncentracijo nad 1000 Bq m^{-3} . Na delovnih mestih je bila koncentracija radona višja od 400 Bq m^{-3} v 5 prostorih in višja od 1000 Bq m^{-3} v 1 prostoru. V stanovanjih smo našli 3 prostore s koncentracijo radona višjo od 1000 Bq m^{-3} . Ob odvzemenu vzorcev zraka za določitev trenutne koncentracije radona so bili nekateri prostori zaprti in neprezračeni, drugi prezračeni ali delno prezračeni. Tako je trenutna koncentracija radona odraz stanja v prostoru v času odvzema vzorca in ni nujno, da se ujema s povprečno koncentracijo radona. V nekaj primerih, kot so na primer prostori 01-LJ-OŠ-02, 01-LJ-OŠ-04, 01-RI-GŠ-02, 02-PR-OŠ-02, 02-PR-OŠ-07 in 04-BU-OŠ-06, smo izmerili v istem prostoru ob različnih datumih povsem drugačne koncentracije radona. Kadar uporabljamo pri meritvah samo alfa-scintilacijsko metodo, praviloma odvzemamo vzorce zraka izključno v neprezračenih prostorih (pred meritvijo zaprtih vsaj za 12 ur). V tej nalogi je bila to le dopolnilna tehnika, zato se nismo držali tega pravila in se predhodno nismo dogovarjali za pogoje vzorčevanja.

Za meritve povprečnih koncentracij radona smo izpostavili 116 detektorjev jedrskeih sledi (od tega 5 podvojenih) v 106 prostorih, 3 na prostem in 2 v Križni jami. V 4 prostorih so detektor izgubili (3 v vrtcih in šolah in 1 v termah). Rezultati so zbrani v petem stolpcu tabele 2 (**Povprečna C_{Rn}**). Koncentracije radona višje od 1000 Bq m^{-3} so v tabeli 2 obarvane rdeče, koncentracije radona višje od 400 Bq m^{-3} pa oranžno. Na sliki 9 so prikazani rezultati meritve za vrtce in šole ter za javne zgradbe. V vrtcih in šolah smo opravili 73 meritve v 37 zgradbah, v javnih ustanovah pa 10 meritve v 6 zgradbah. Povprečne koncentracije radona smo merili v glavnem od konca februarja do druge polovice aprila in dobili naslednje porazdelitve: **vrtci in šole:** v 17 prostorih (23 %) so bile koncentracije radona nižje od 100 Bq m^{-3} , v 14 prostorih (19 %) od 100 do 200 Bq m^{-3} , v 12 prostorih (17 %) od 200 do 400 Bq m^{-3} , v 21 prostorih (29 %) od 400 do 1000 Bq m^{-3} , in v 9 prostorih (12 %) nad 1000 Bq m^{-3} , **delovni prostori:** v 3 prostorih so bile koncentracije radona nižje 100 Bq m^{-3} , v 1 prostoru od 100 do 200 Bq m^{-3} , v 2 prostorih od 400 do 1000 Bq m^{-3} , in v 4 prostorih nad 1000 Bq m^{-3} . V **stanovanjih** smo opravili 6 meritve, v stanovanjskem bloku v Idriji so vse povprečne koncentracije radona presegle 3000 Bq m^{-3} . V 7 zgradbah **term** smo izvedli 14 meritve, povprečne koncentracije radona so bile v 13 prostorih do 40 Bq m^{-3} , v enem prostoru pa je bila koncentracija 137 Bq m^{-3} . **Na prostem** smo opravili tri meritve povprečne koncentracije radona v bližini odlagališča elektrofiltrskega pepela v Trbovljah. Koncentracije radona so bile v območju od 12 do 30 Bq m^{-3} , naraščale so od začetka doline proti odlagališču. Če primerjamo te rezultate s povprečjem za Slovenijo, $14,2 \text{ Bq m}^{-3}$, dobljenem na osnovi enoletnih meritve povprečnih koncentracij radona z detektorji jedrskeih sledi na 60 lokacijah po vsej državi, koncentracije niso znatno povišane. V **Križni jami** smo opravili 2 meritve, koncentraciji sta bili visoki, 4060 in 6870 Bq m^{-3} .



Slika 9: Porazdelitev povprečnih koncentracij radona v prostorih vrtcev, šol in javnih zgradb

Z detektorji jedrskega sledenja smo poleg radona merili tudi toron (v detektorskem paru sta bila po dva detektorja, eden za radon in drugi za toron). Izpostavili smo 116 detektorjev za toron (od tega 5 podvojenih) v 106 prostorih, 3 na prostem in 2 v Križni jami. Na istih 4 mestih kot detektor za radon, so izgubili tudi detektor za toron (3 v vrtcih in šolah in 1 v termah). Čeprav smo detektorje izpostavili v skladu z navodili laboratorija NIRS, ki nam je filme evaluiral, kar 45 % meritev torona ni uspelo, saj števila sledi na filmu ni bilo možno določiti. Standardni odklon posameznega rezultata je od 50 do 100 %, zato lahko te rezultate razumemo zgolj kot preliminarne orientacijske vrednosti. V prostorih vrtcev in šol ter delovnih prostorih javnih ustanov je razmerje koncentracij Tn/Rn 0,16. To je podobno razmerju ki ga zasledimo v literaturi in kaže, da Slovenijo lahko uvrstimo med države s običajnimi vrednostmi torona v zraku.

5.2. Hitrosti doz sevanja gama

V Trbovljah smo izpostavili 2 termoluminiscentna dozimetra, enega pred stanovanjsko hišo Turnšek in drugega sredi doline, na koncu katere je odlagališče elektrofiltrskega pepela. Ob stanovanjski hiši smo izmerili hitrost doze sevanja gama $53 \mu\text{Sv mo}^{-1}$, sredi doline pa $71 \mu\text{Sv mo}^{-1}$ ('mo' pomeni mesec). Poročilo o meritvah, ki so ga pripravili na Odseku za fiziko nizkih in srednjih energij Instituta "Jožef Stefan", je v prilogi 6.

5.3. Koncentracije radona in njegovih kratkoživih razpadnih produktov, izmerjene s kontinuirnimi merilniki

Koncentracije radona in njegovih kratkoživih razpadnih produktov smo merili kontinuirno sedem do štirinajst dni v 16 različnih zgradbah. Prostor za meritev je bil določen v seznamu, ki smo ga dobili od Uprave RS za varstvo pred sevanji.

Kontinuirne meritve smo izvedli v naslednjih zgradbah:

Vrtci in šole:

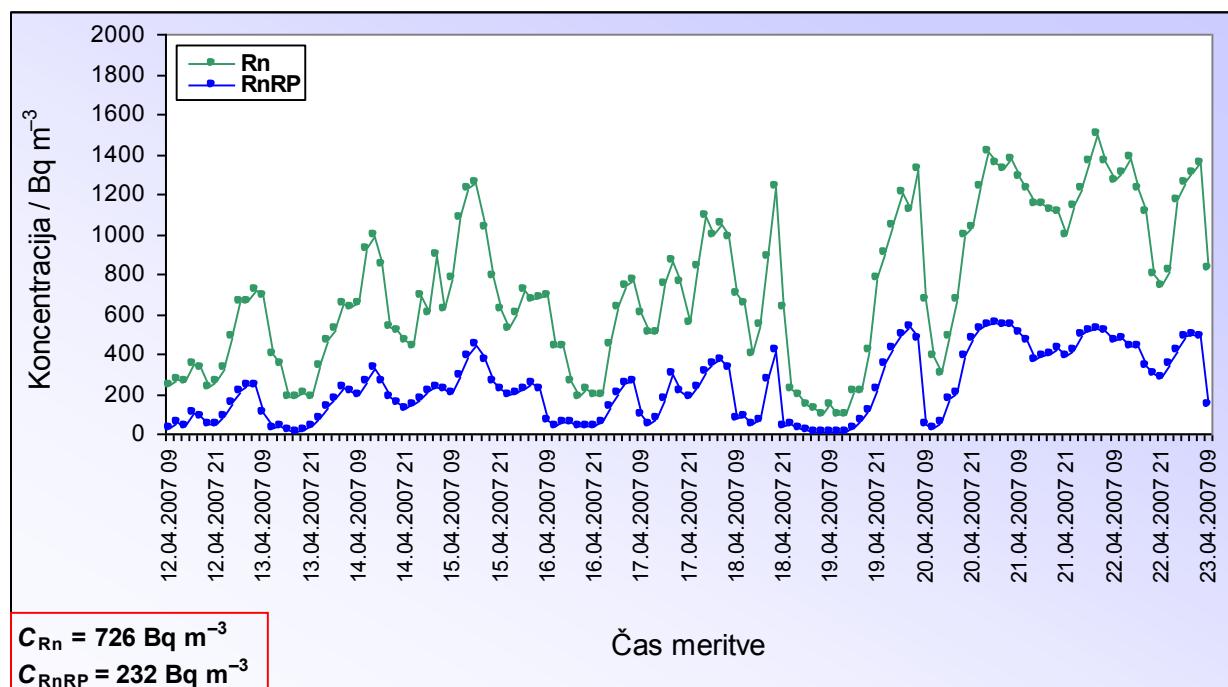
1. LJUBLJANA: Osnovna šola Ketteja in Murna
učilnica 14 (01-LJ-OŠ-05), merilnik Sarad EQF-3020
(12.04. – 23.04.2007) slika 10
2. ŠENTVID PRI STIČNI: Vzgojno varstveni zavod Ivančna Gorica, Enota Čebelica
igralnica pikapolonice (01-ŠE-VR-04), merilnik Sarad EQF-3020-2
(23.02. – 04.03.2007) slika 11
3. VIŠNJA GORA: Vzgojno varstveni zavod Ivančna Gorica, Enota Polžek
igralnica mucki (01-VG-VR-02), merilnik Sarad EQF-3020-2
(23.03. – 02.04.2007) slika 12
4. MULJAVA: Osnovna šola Stična, Podružnična šola Muljava
igralnici v pritličju (01-MU-OŠ-01), merilnik Sarad EQF-3020-2
(15.03. do 23.03.2007) slika 13
5. RIBNICA: Glasbena šola Ribnica
učilnica 1 (01-RI-GŠ-01), merilnik Sarad EQF-3020-2
(02.04. do 10.04.2007) slika 14
6. LOŠKI POTOK: Osnovna šola dr. Antona Debeljaka
multimedijijski prostor (01-LP-OŠ-07), merilnik Sarad EQF-3020-2
(02.04. do 10.04.2007) slika 15
7. VELIKE LAŠČE: Osnovna šola Primož Trubar
učilnica gospodinjstva (01-VL-OŠ-01), merilnik Sarad EQF-3020-2
(02.04. do 10.04.2007) slika 16
8. IGA VAS: Osnovna šola Iga vas
igralnica 1-2 (01-IV-OŠ-01), merilnik Sarad EQF-3020-2
(27.02. do 08.03.2007) slika 17
9. PREVALJE:
učilnica 2.B (02-PR-OŠ-04), merilnik Sarad EQF-3020-2
(11.04. do 19.04.2007) slika 18
10. GODOVIČ: Osnovna šola in vrtec Godovič
igralnica (05-GD-VR-01), merilnik Sarad EQF-3020-2
(08.03. do 19.03.2007) slika 19
11. NOVO MESTO: Vrtec Ciciban Novo mesto, Enota Marjetica
igralnica račke (07-NM-VR-02), merilnik Sarad EQF-3020-2
(23.02. do 05.03.2007) slika 20
12. NOVO MESTO: Šolski center Novo mesto
kabinet mehanike (07-NM-ŠC-01), merilnik Sarad EQF-3020-2
(05.03. do 15.03.2007) slika 21
13. DVOR: Osnovna šola Žužemberk, Podružnična šola Dvor
igralnica pikapolonice (07-DV-OŠ-01), merilnik Sarad EQF-3020-2
(05.03. do 15.03.2007) slika 22

Delovni prostori:

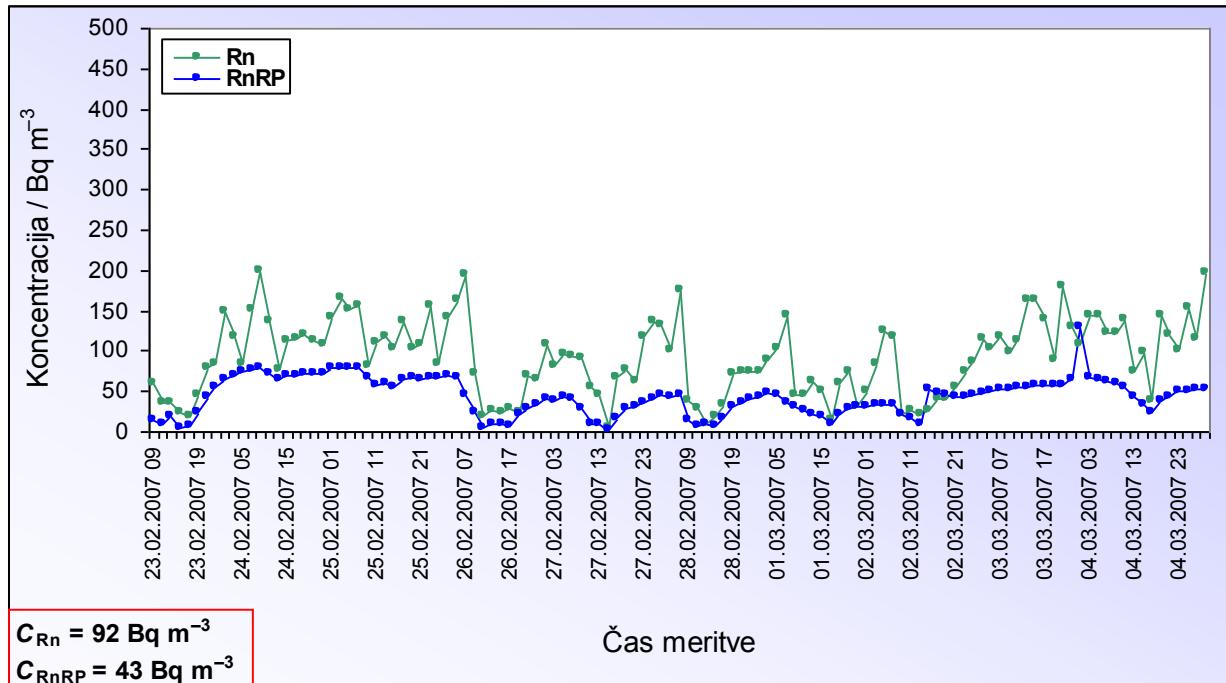
14. LJUBLJANA: Psihiatrična klinika Ljubljana
mizarska delavnica (01-LJ-PK-01), merilnik Sarad EQF-3020-2
(20.03. do 29.03.2007) slika 23
15. MARIBOR: Splošna bolnišnica Maribor
referat (02-MB-SB-01), merilnik Sarad EQF-3020-2
(11.04. do 19.04.2007) slika 24
16. IDRIJA: Psihiatrična bolnišnica Idrija
sprejemni prostor (05-ID-PB-01), merilnik Sarad EQF-3020-2
(25.09. do 03.10.2007) slika 25

Rezultati so grafično prikazani na slikah od 10 do 25. Krivulja zelene barve pomeni koncentracijo radona, krivulja modre barve pa koncentracijo radonovih kratkoživih razpadnih produktov. Na vsaki sliki podajamo v levem kotu spodaj povprečni koncentraciji radona in radonovih kratkoživih razpadnih produktov, izračunani na osnovi podatkov kontinuirne meritve. Iz razmerja med koncentracijo radonovih razpadnih produktov in koncentracijo radona dobimo vrednost za ravnotežni faktor, F , ki jo potrebujemo za oceno obsevnih doz.

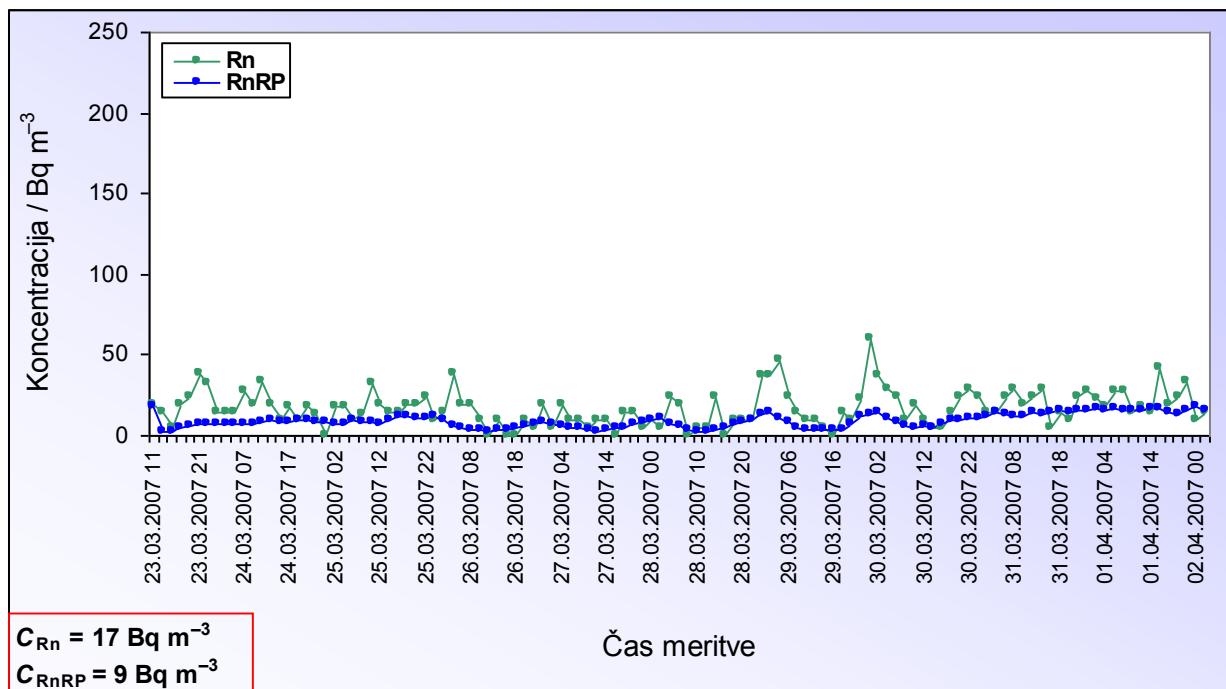
Vrtci in šole:



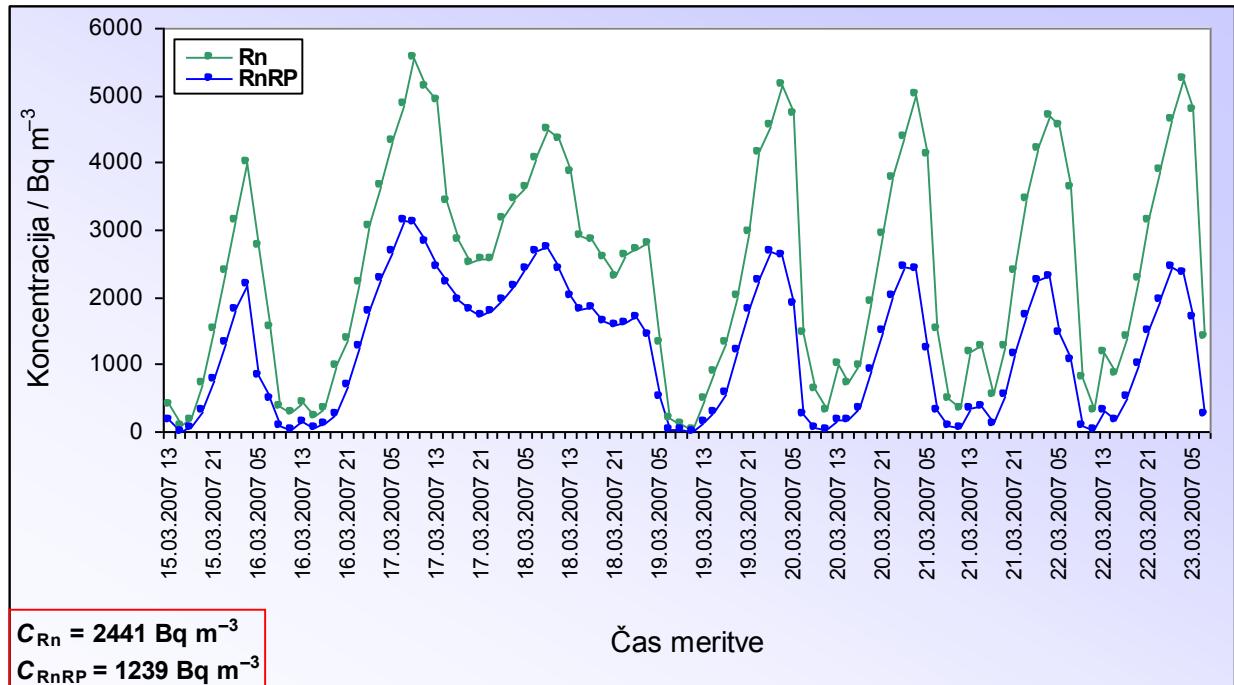
Slika 10: Kontinuirna meritev koncentracije radona (Rn) in radonovih razpadnih produktov (RnRP) v učilnici 14 (01-LJ-OŠ-05) Osnovne šole Ketteja in Murna v času od 12.04. do 23.04.2007



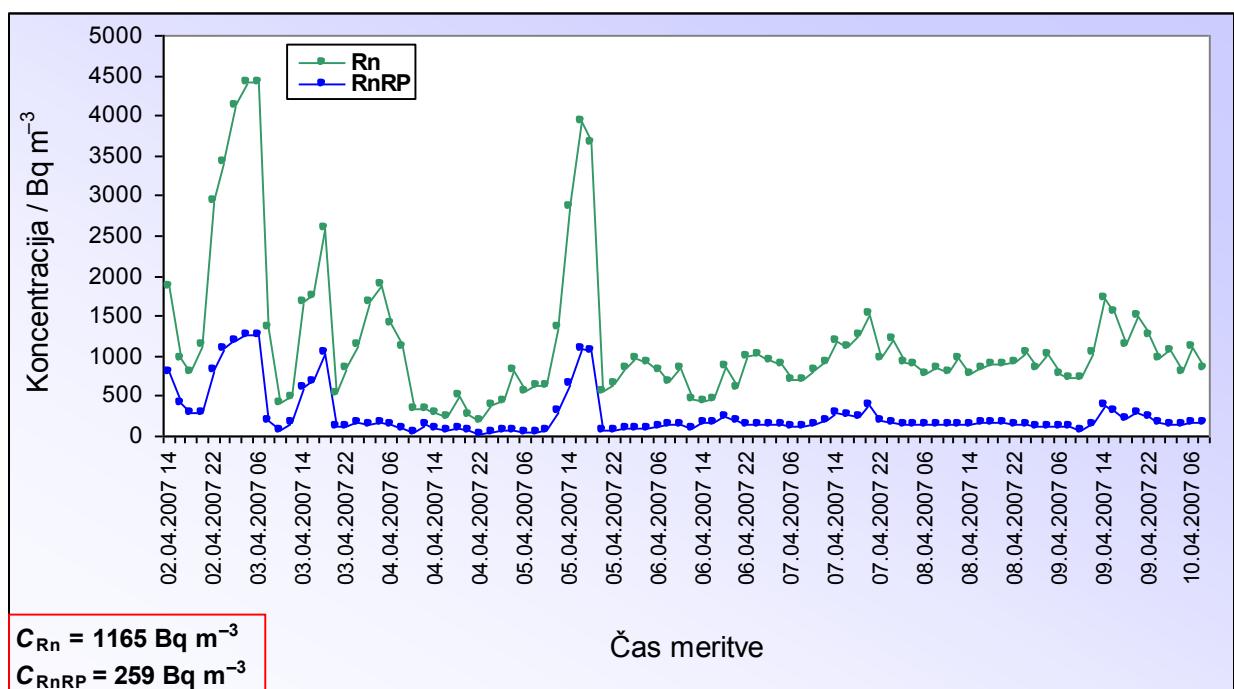
Slika 11: Kontinuirna meritev koncentracije radona (Rn) in radonovih razpadnih produktov (RnRP) v igralnici pikapolonice (01-ŠE-VR-04) Vzgojno varstvenega zavoda Ivančna Gorica, Enota Čebelica, Šentvid pri Stični v času od 23.02. do 04.03.2007



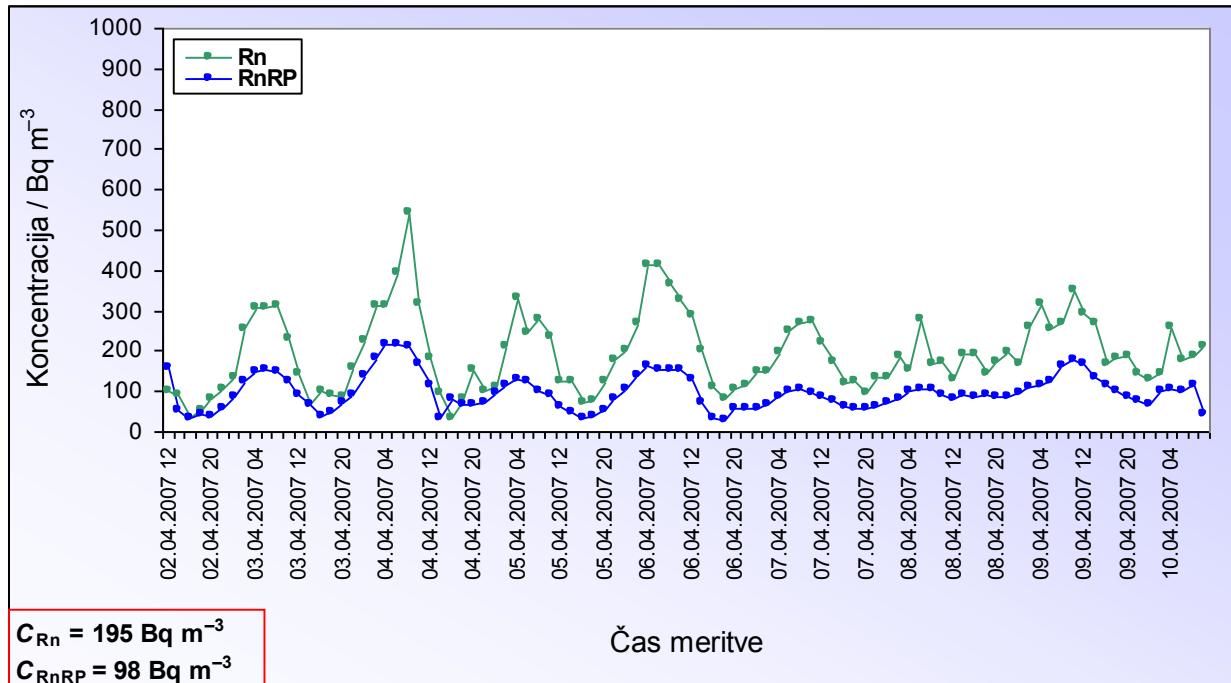
Slika 12: Kontinuirna meritev koncentracije radona (Rn) in radonovih razpadnih produktov (RnRP) v igralnici mucki (01-VG-VR-02) Vzgojno varstvenega zavoda Ivančna Gorica, Enota Polžek, Višnja Gora v času od 23.03. do 02.04.2007



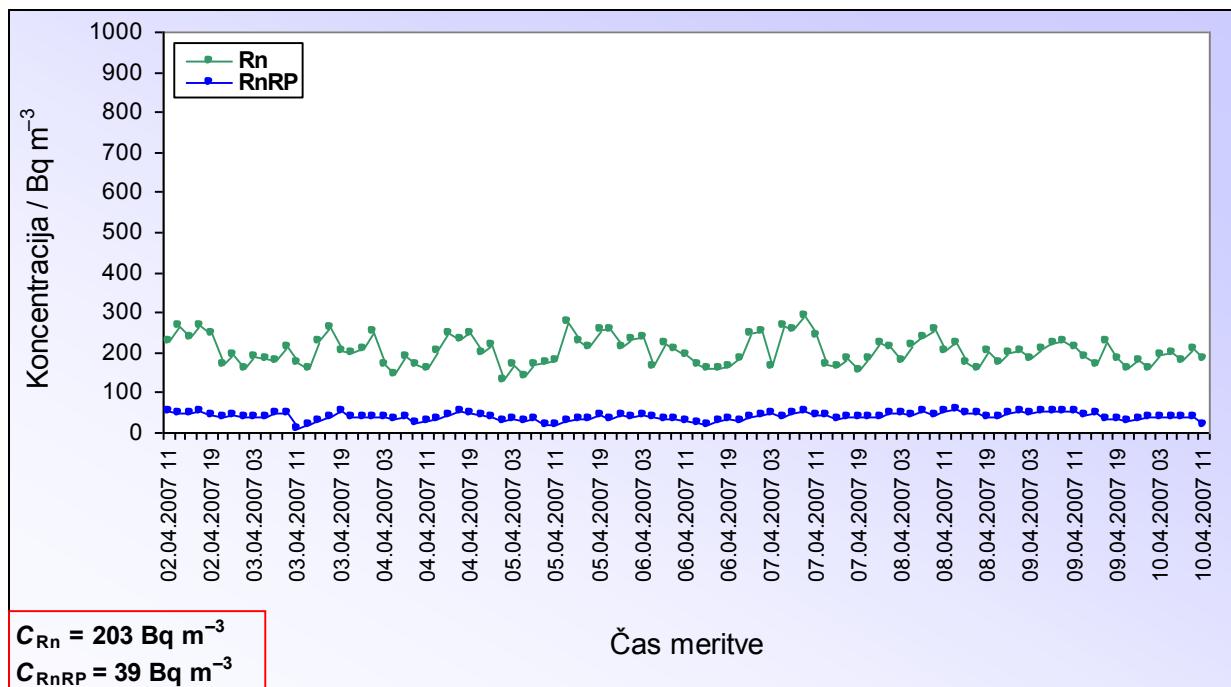
Slika 13: Kontinuirna meritev koncentracije radona (Rn) in radonovih razpadnih produktov (RnRP) v igralnici v pritličju (01-MU-OŠ-01) Osnovna šola Stična, Podružnične šole Muljava v času od 15.03. do 23.03.2007



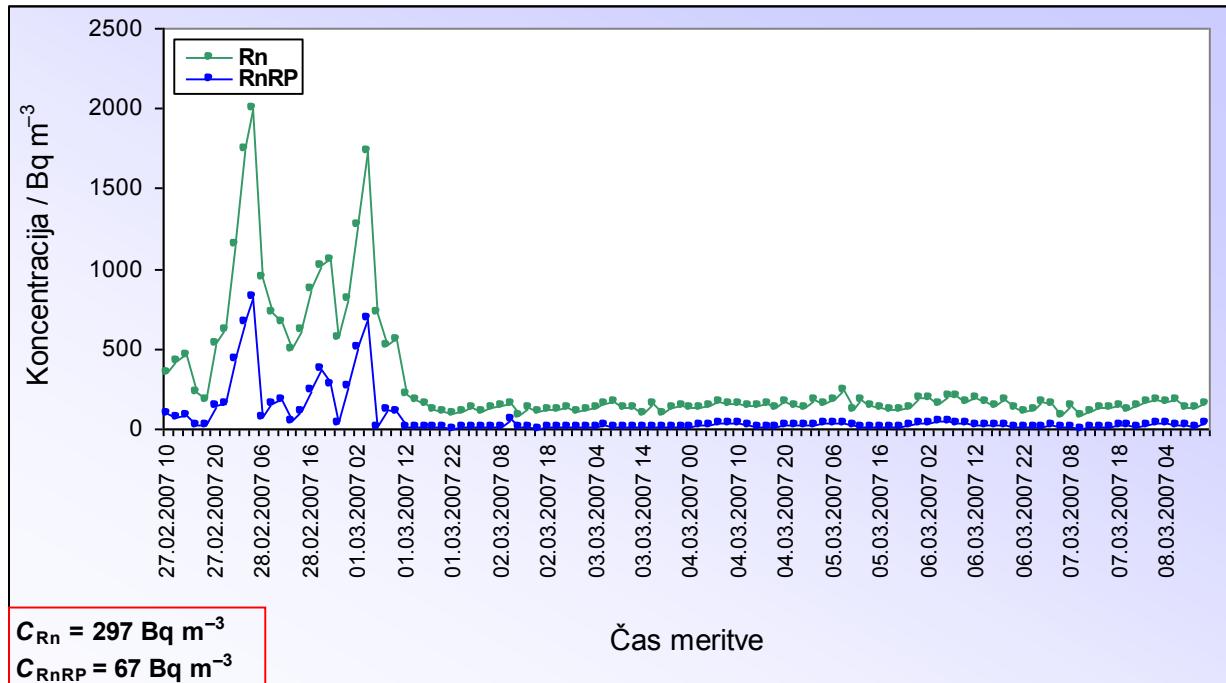
Slika 14: Kontinuirna meritev koncentracije radona (Rn) in radonovih razpadnih produktov (RnRP) v učilnici 1 (01-RI-GŠ-01) Glasbene šole Ribnica v času od 02.04. do 10.04.2007



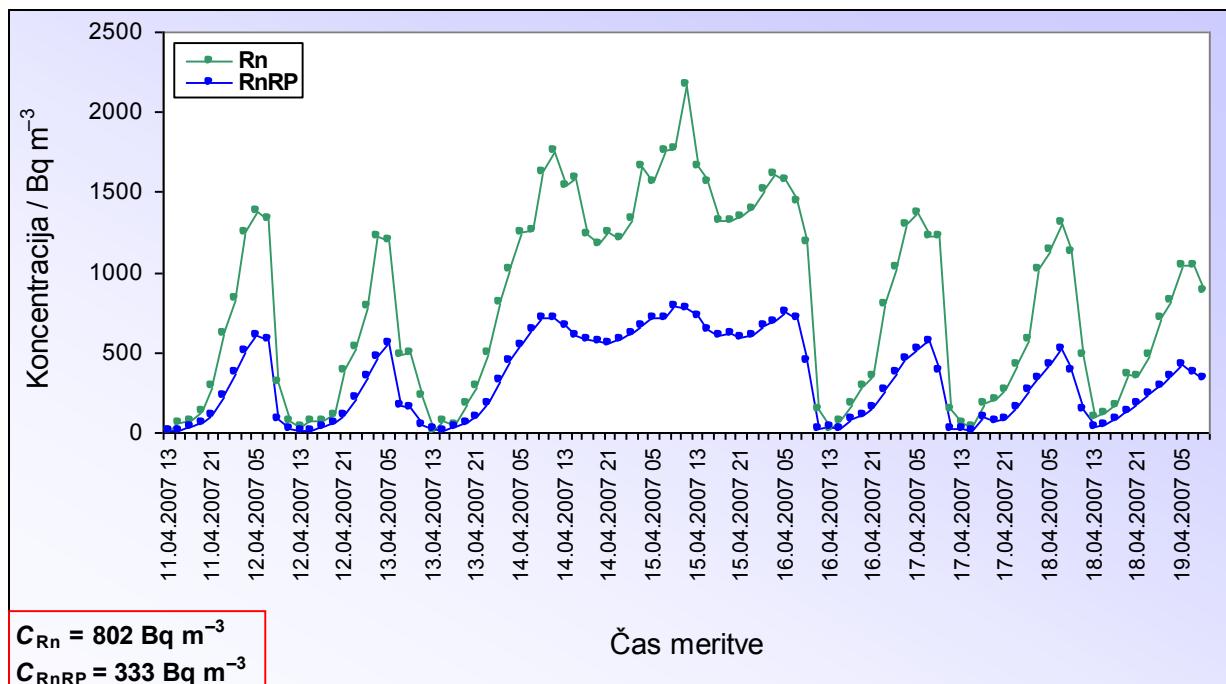
Slika 15: Kontinuirna meritev koncentracije radona (Rn) in radonovih razpadnih produktov (RnRP) v multimedijskem prostoru (01-LP-OŠ-07) Osnovne šole dr. Antona Debeljaka Loški potok v času od 02.04. do 10.04.2007



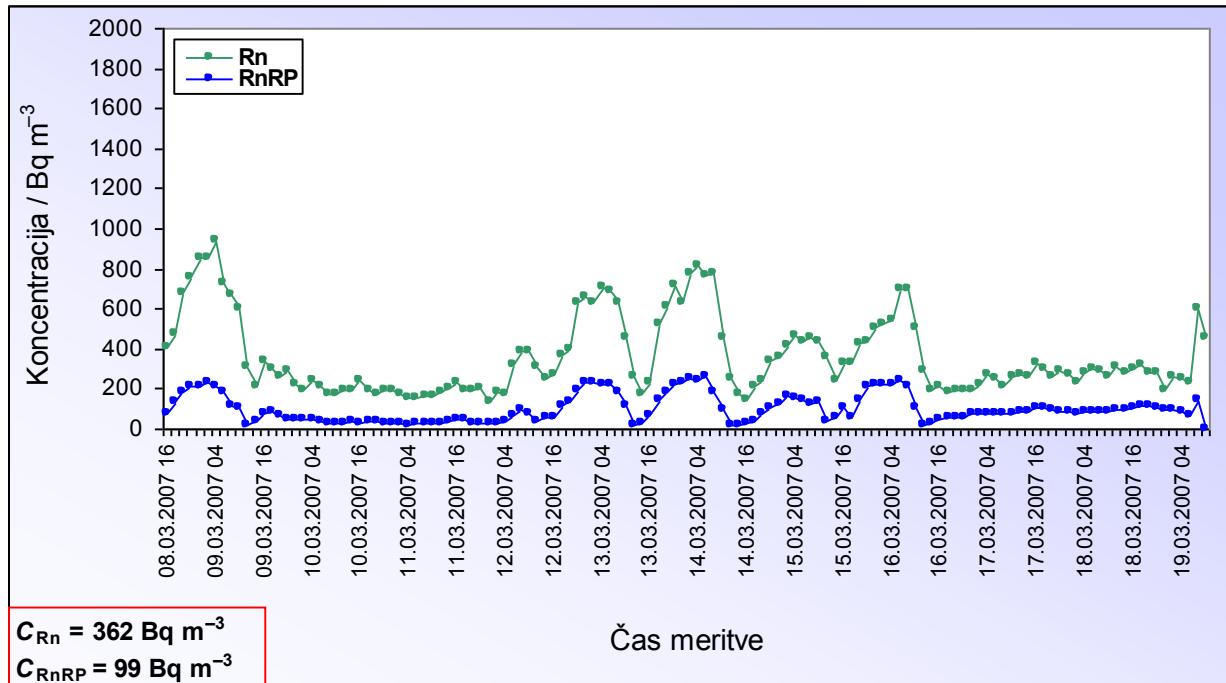
Slika 16: Kontinuirna meritev koncentracije radona (Rn) in radonovih razpadnih produktov (RnRP) v učilnici gospodinjstvo (01-VL-OŠ-01) Osnovne šole Primož Trubar, Velike Lašče v času od 02.04. do 10.04.2007



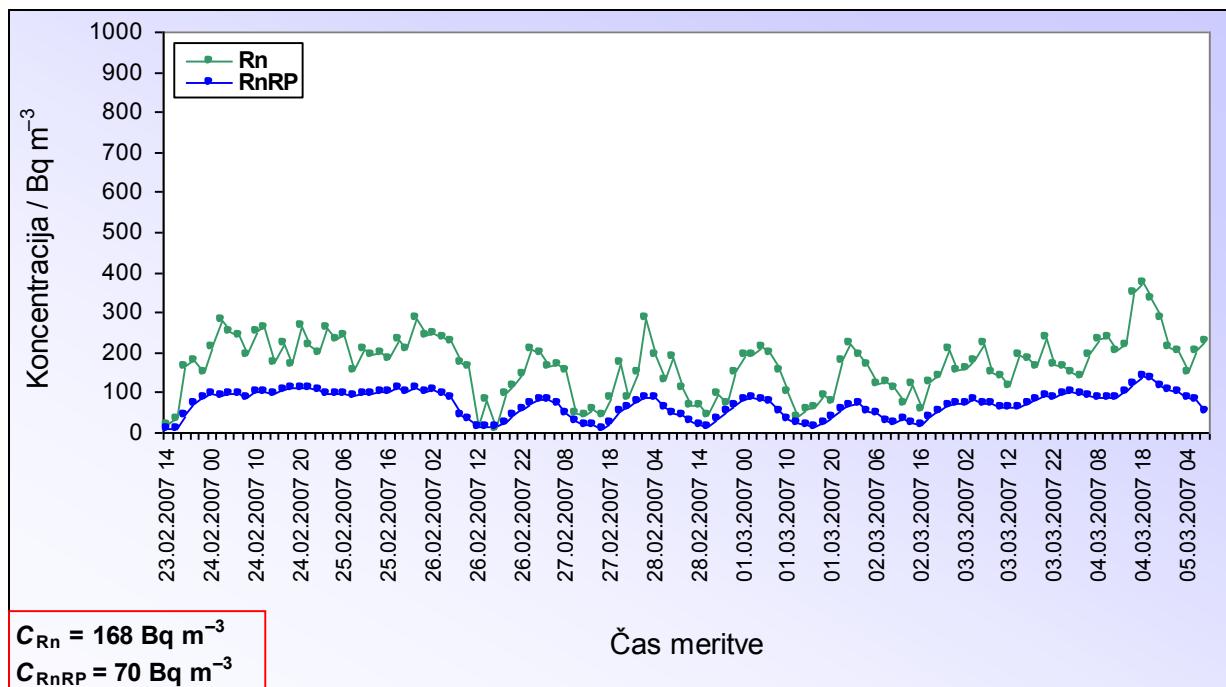
Slika 17: Kontinuirna meritev koncentracije radona (Rn) in radonovih razpadnih produktov (RnRP) v igralnici 1-2 (01-IV-OŠ-01) Osnovne šole Iga vas v času od 27.02. do 08.03.2007



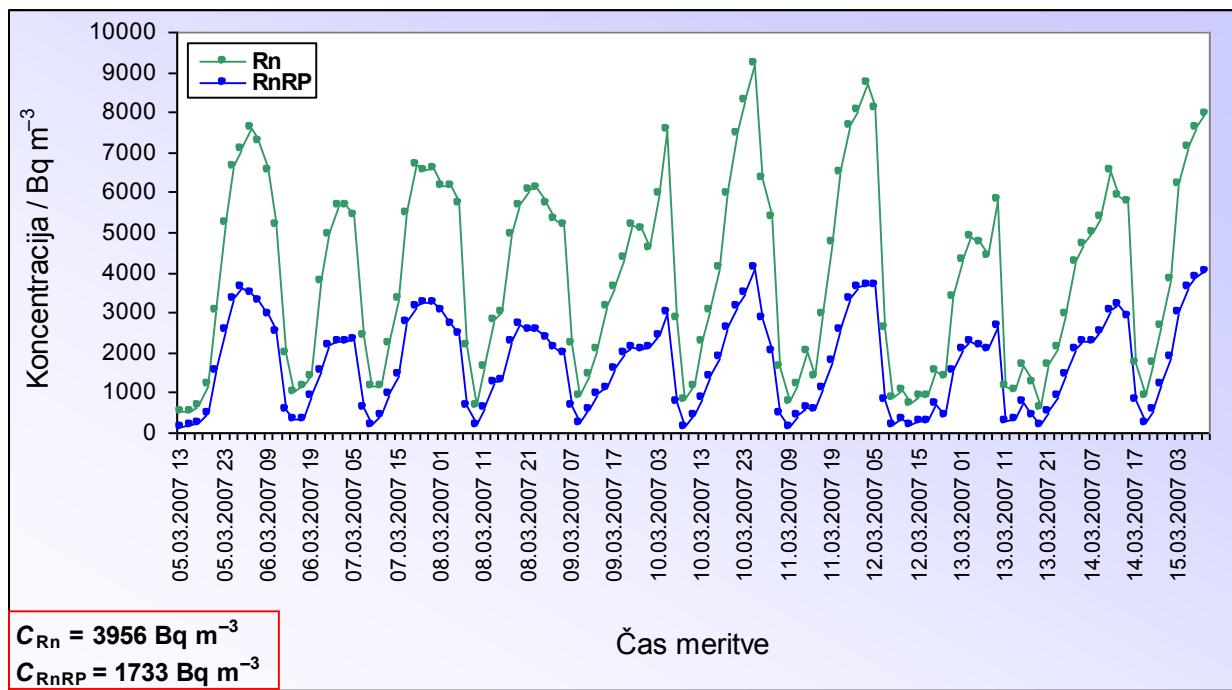
Slika 18: Kontinuirna meritev koncentracije radona (Rn) in radonovih razpadnih produktov (RnRP) v učilnici 2.B (02-PR-OŠ-04) Osnovne šole Prevalje v času od 11.04. do 19.04.2007



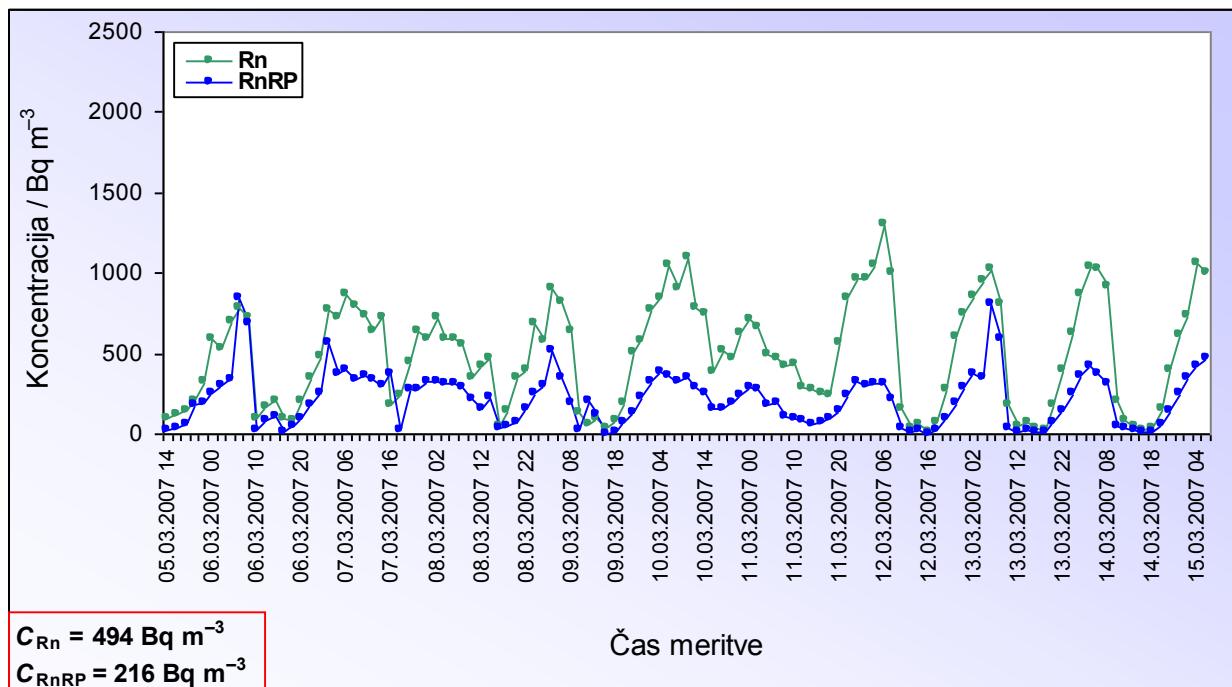
Slika 19: Kontinuirna meritev koncentracije radona (Rn) in radonovih razpadnih produktov (RnRP) v igralnici (05-GD-VR-01) v Osnovni šoli in vrtcu Godovič v času od 08.03. do 19.03.2007



Slika 20: Kontinuirna meritev koncentracije radona (Rn) in radonovih razpadnih produktov (RnRP) v igralnici račke (07-NM-VR-02) Vrta Ciciban Novo mesto, Enota Marjetica v času od 23.02. do 05.03.2007

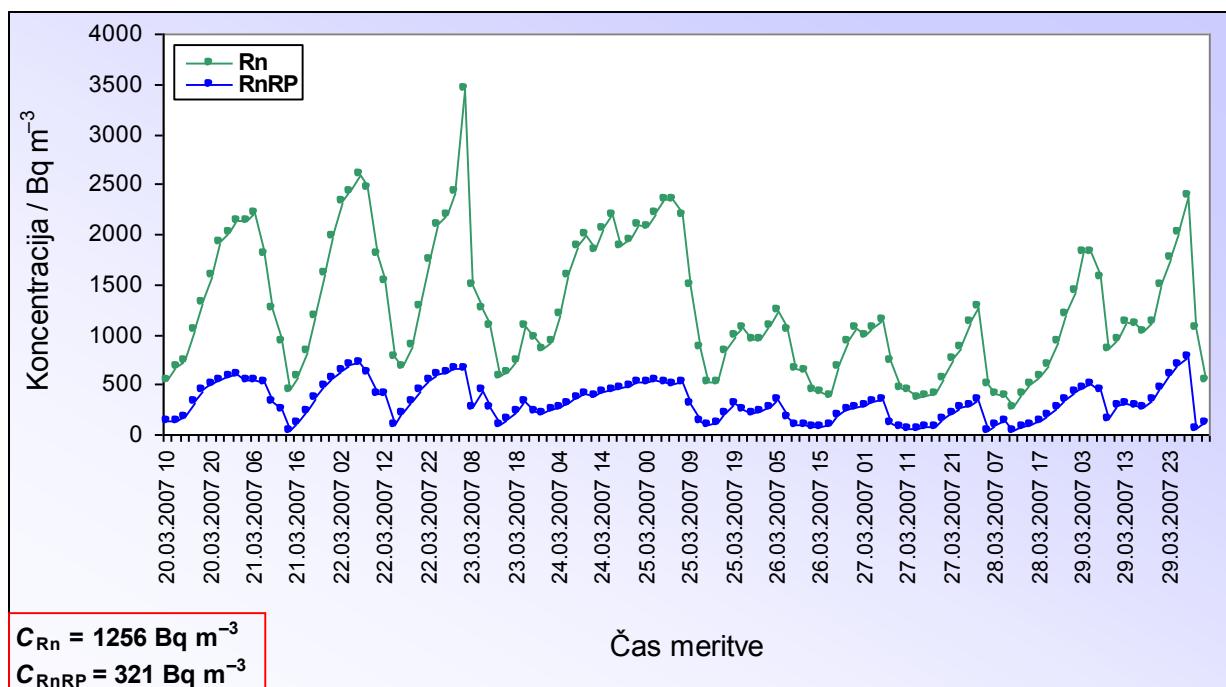


Slika 21: Kontinuirna meritev koncentracije radona (Rn) in radonovih razpadnih produktov (RnRP) v kabinetu mehanike (07-NM-ŠC-01) Šolskega centra Novo mesto v času od 05.03. do 15.03.2007

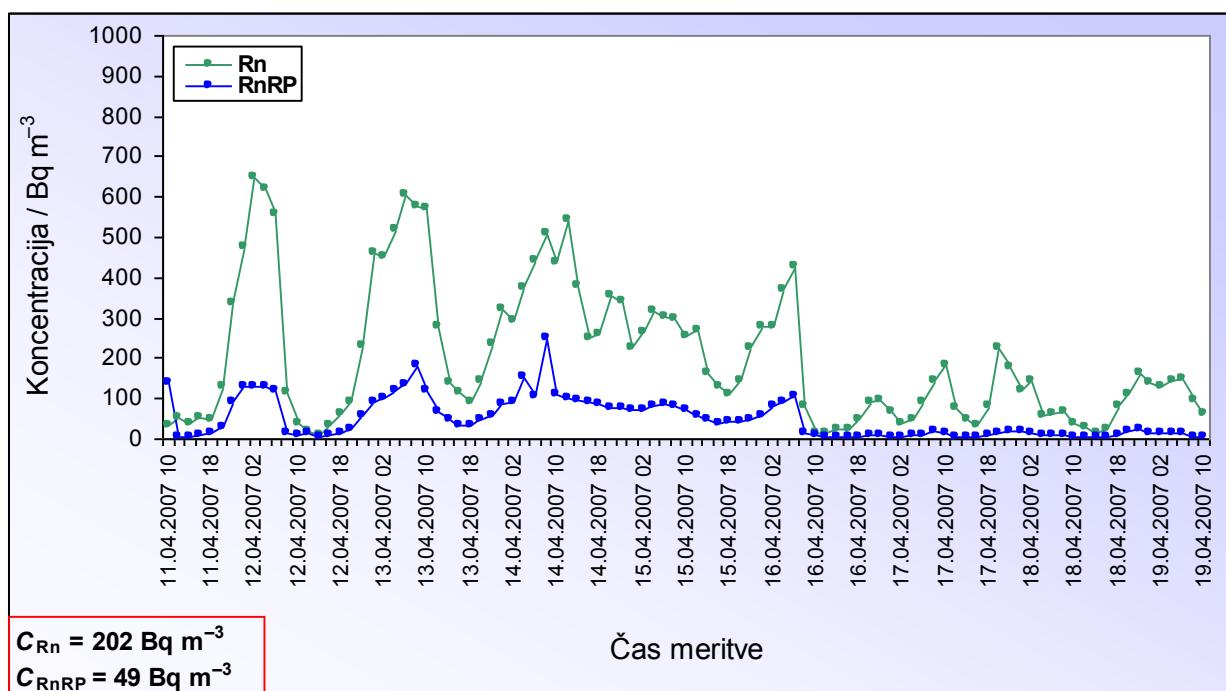


Slika 22: Kontinuirna meritev koncentracije radona (Rn) in radonovih razpadnih produktov (RnRP) v igralnici pikapolonice (07-DV-OŠ-01) Osnovne šole Žužemberk, Podružnične šole Dvor v času od 05.03. do 15.03.2007

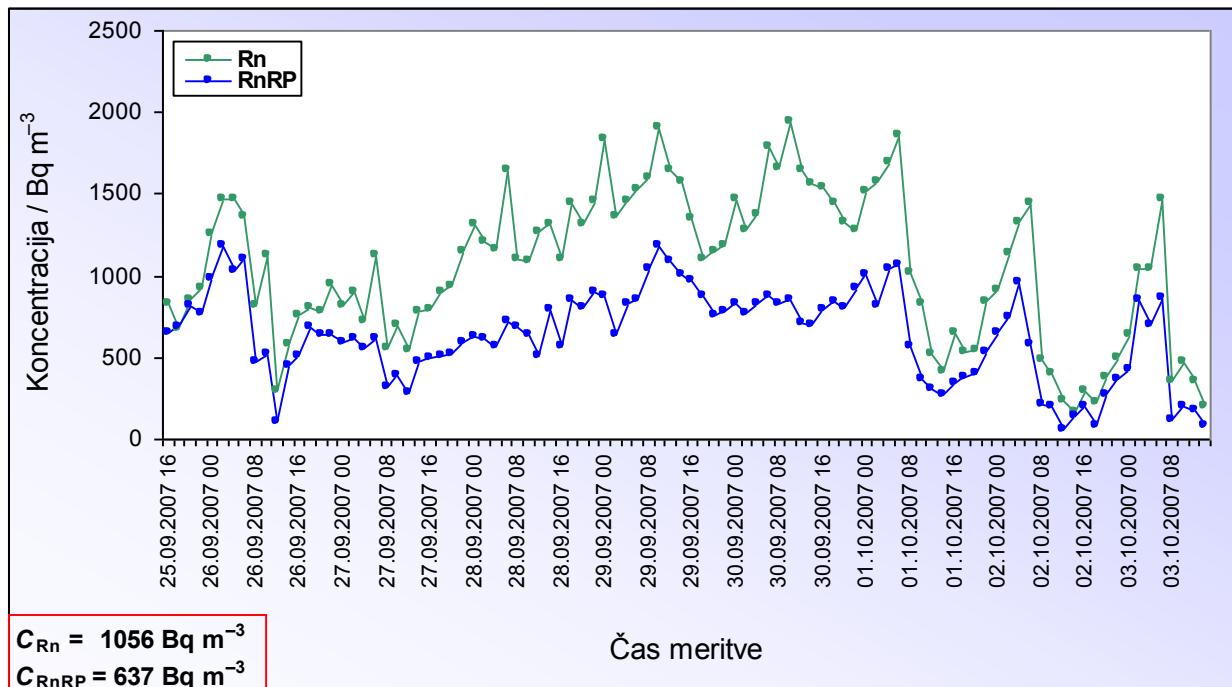
Delovni prostori:



Slika 23: Kontinuirna meritev koncentracije radona (Rn) in radonovih razpadnih produktov (RnRP) v mizarski delavnici (01-LJ-PK-01) Psihiatrične klinike Ljubljana v času od 20.03. do 29.03.2007



Slika 24: Kontinuirna meritev koncentracije radona (Rn) in radonovih razpadnih produktov (RnRP) v referatu (02-MB-SB-01) Splošne bolnišnice Maribor v času od 11.04. do 19.04.2007



Slika 25: Kontinuirna meritev koncentracije radona (Rn) in radonovih razpadnih produktov (RnRP) v sprejemnem prostoru (05-ID-PB-01) Psihatrične bolnišnice Idrija v času od 25.09. do 03.10.2007

Iz podatkov, dobljenih s kontinuirnimi merilniki, smo izračunali povprečne koncentracije radona, povprečne koncentracije radonovih kratkoživih razpadnih produktov in povprečni ravnotežni faktor med radonom in radonovimi razpadnimi produkti za celotna obdobja kontinuirnih meritev. Vrednosti so zbrane v tabeli 3. Koncentracije radona so v območju od 17 do 3956 Bq m^{-3} , koncentracije radonovih kratkoživih razpadnih produktov v območju od 9 do 1733 Bq m^{-3} in ravnotežni faktor v območju od 0,19 do 0,60. Povprečni ravnotežni faktor iz vseh kontinuirnih meritev je 0,38. Naše izkušnje kažejo, da so ravnotežni faktorji v pomladanskem času nižji od jesenskih za vsaj 20 %, čeprav so vremenske razmere podobne. Vzrok je verjetno v bolj intenzivnem prezračevanju prostorov.

S kontinuirnim instrumentom smo najvišje koncentracije izmerili v zraku kabineta mehanike (07-NM-ŠC-01) Šolskega centra v Novem mestu, in sicer koncentracijo radona 3956 Bq m^{-3} in koncentracijo radonovih kratkoživih razpadnih produktov 1733 Bq m^{-3} (slika 21). Koncentracije radona višje od 1000 Bq m^{-3} smo našli še v Podružnični šoli Muljava (01-MU-OŠ-01) (slika 13), Glasbeni šoli Ribnica (01-RI-GŠ-01) (slika 14), v Psihatrični kliniki Ljubljana (01-LJ-PK-01) (slika 23) in v Psihatrični bolnišnici Idrija (05-ID-PB-01) (slika 25). V igralnici 1-2 (01-IV-OŠ-01) Osnovne šole Iga vas, kjer so namestili odzračevalni sistem za znižanje koncentracije radona, ta ob našem prihodu ni delal. Usposobili so ga v naslednjih nekaj dneh, kar je vidno tudi na grafu, saj je koncentracija v nekaj urah padla pod 200 Bq m^{-3} (slika 17).

Tabela 3: Povprečne koncentracije radona (C_{Rn}), radonovih razpadnih produktov (C_{RnRP}) in ravnotežni faktor (F), izračunani na osnovi meritev s kontinuirnimi merilniki

Mesto meritve	C_{Rn} Bq m ⁻³	C_{RnRP} Bq m ⁻³	F
Osnovna šola Ketteja in Murna Ljubljana	726	232	0,32
Vzgojno varstveni zavod Ivančna Gorica, Enota Čebelica Šentvid pri Stični	92	43	0,47
Vzgojno varstveni zavod Ivančna Gorica, Enota Polžek Višnja Gora	17	9	0,53
Osnovna šola Stična, Podružnična šola Muljava Muljava	2441	1239	0,51
Glasbena šola Ribnica Ribnica	1165	259	0,22
Osnovna šola dr. Antona Debeljaka Loški potok	195	98	0,50
Osnovna šola Primož Trubar Velike Lašče	203	39	0,19
Osnovna šola Iga vas Iga vas	297	67	0,23
Osnovna šola Prevalje Prevalje	802	333	0,42
Osnovna šola in vrtec Godovič Godovič	362	99	0,27
Vrtec Ciciban Novo mesto, Enota Marjetica Novo mesto	168	70	0,42
Šolski center Novo mesto	3956	1733	0,44
Osnovna šola Žužemberk, Podružnična šola Dvor Dvor	494	216	0,44
Psihiatrična klinika Ljubljana Ljubljana	1256	321	0,26
Splošna bolnišnica Maribor Maribor	202	49	0,24
Psihiatrična bolnišnica Idrija Idrija	1056	637	0,60

V nekaj zgradbah smo opravili dodatne kontinuirne meritve koncentracije radona, da bi dobili čim bolj popolno informacijo o gibanju radona po zgradbi in o nihanju koncentracij v posameznem prostoru.

Meritve smo izvedli v naslednjih zgradbah:

Vrtci in šole:

- VIŠNJA GORA: Vzgojno varstveni zavod Ivančna Gorica, Enota Polžek igralnica medvedki (01-VG-VR-02), merilnik AlphaGuard (23.03. – 02.04.2007)

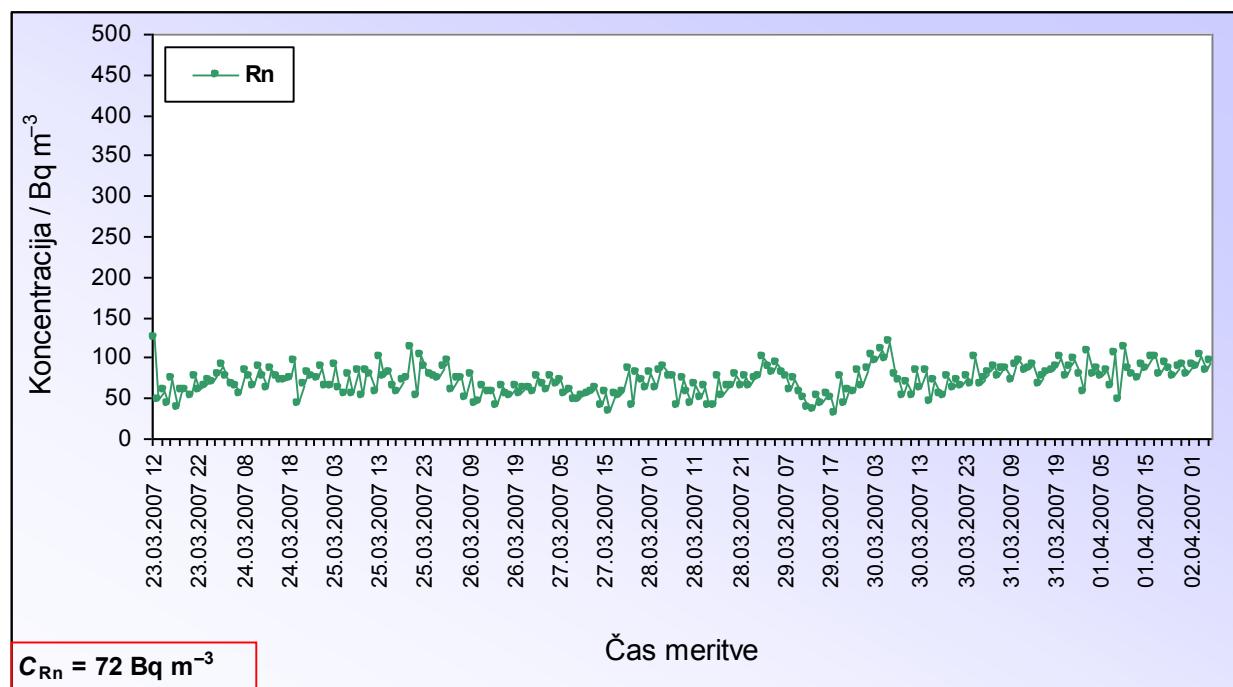
slika 26

2. MULJAVA: Osnovna šola Stična, Podružnična šola Muljava učilnica 3, 4. razreda (01-MU-OŠ-03), merilnik AlphaGuard (15.03. do 23.03.2007) slika 27
3. VELIKE LAŠČE: Osnovna šola Primož Trubar kabinet tehnike (01-VL-OŠ-01), merilnik AlphaGuard (02.04. do 10.04.2007) slika 28
4. NOVO MESTO: Vrtec Ciciban Novo mesto, Enota Marjetica igralnica ribice (07-NM-VR-02), merilnik AlphaGuard (23.02. do 05.03.2007) slika 29
5. DVOR: Osnovna šola Žužemberk, Podružnična šola Dvor 203, učilnica 3 (07-DV-OŠ-09), merilnik AlphaGuard (05.03. do 15.03.2007) slika 30

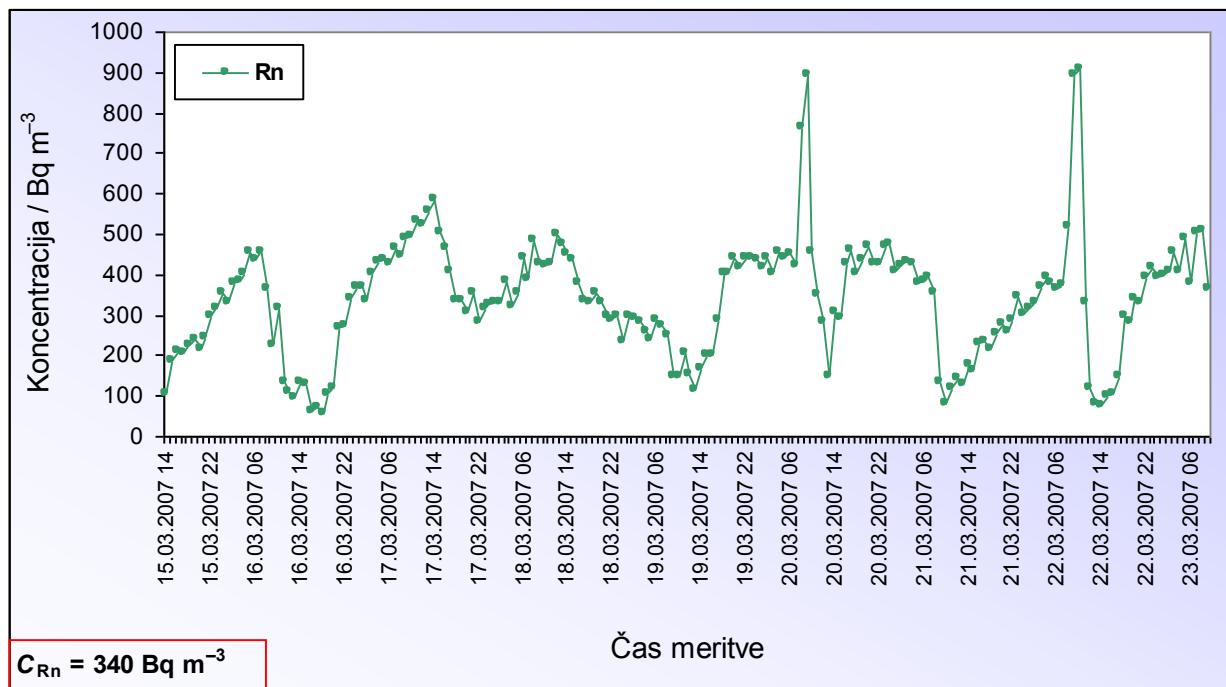
Delovni prostori:

6. LJUBLJANA: Psihiatrična klinika Ljubljana kovinska delavnica (01-LJ-PK-02), merilnik AlphaGuard (30.03. do 10.04.2007) slika 31

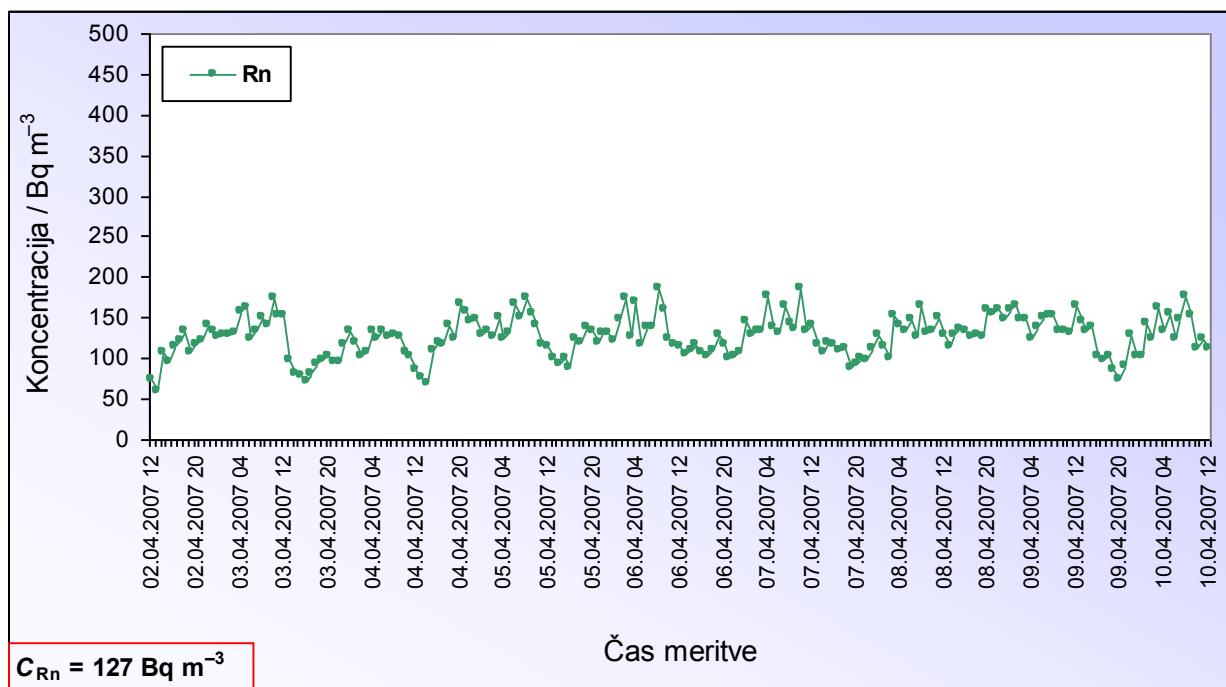
Rezultati so v grafični obliki prikazani na slikah od 26 do 31. Z izjemo Podružnične šole Muljava (slika 27) so bile koncentracije radona v zraku zadovoljivo nizke.



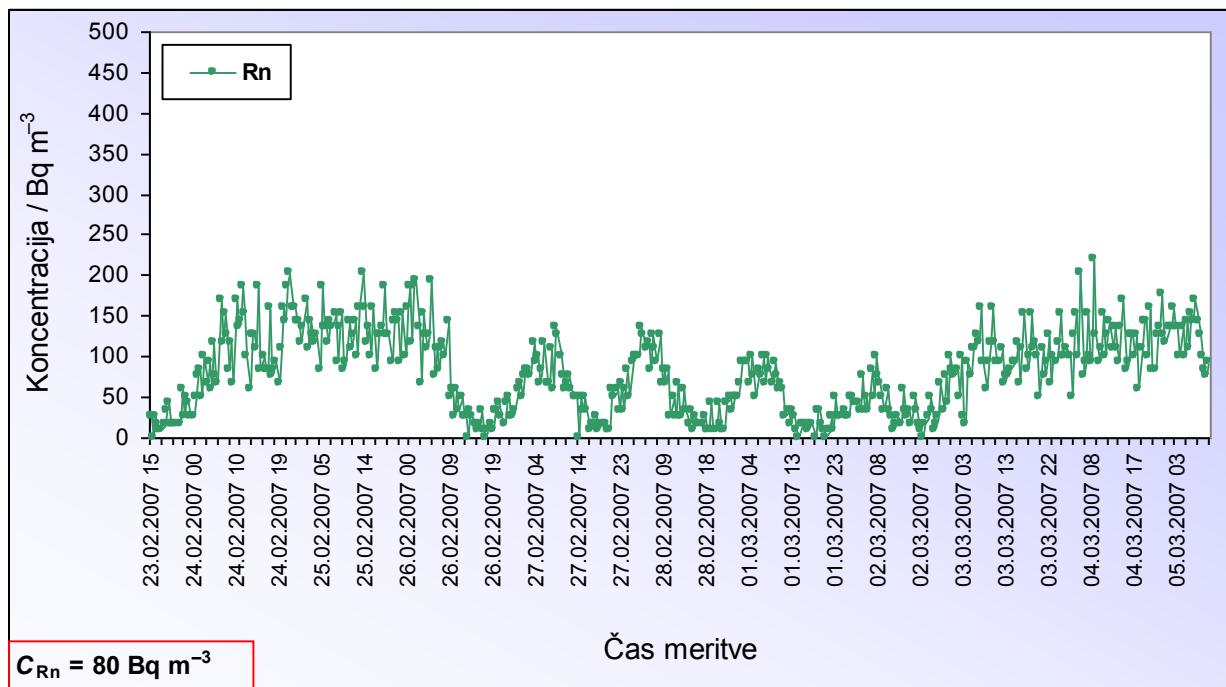
Slika 26: Kontinuirna meritev koncentracije radona (Rn) v igralnici medvedki (01-VG-VR-02) Vzgojno varstvenega zavoda Ivančna Gorica, Enota Polžek, Višnja Gora v času od 23.03. do 02.04.2007



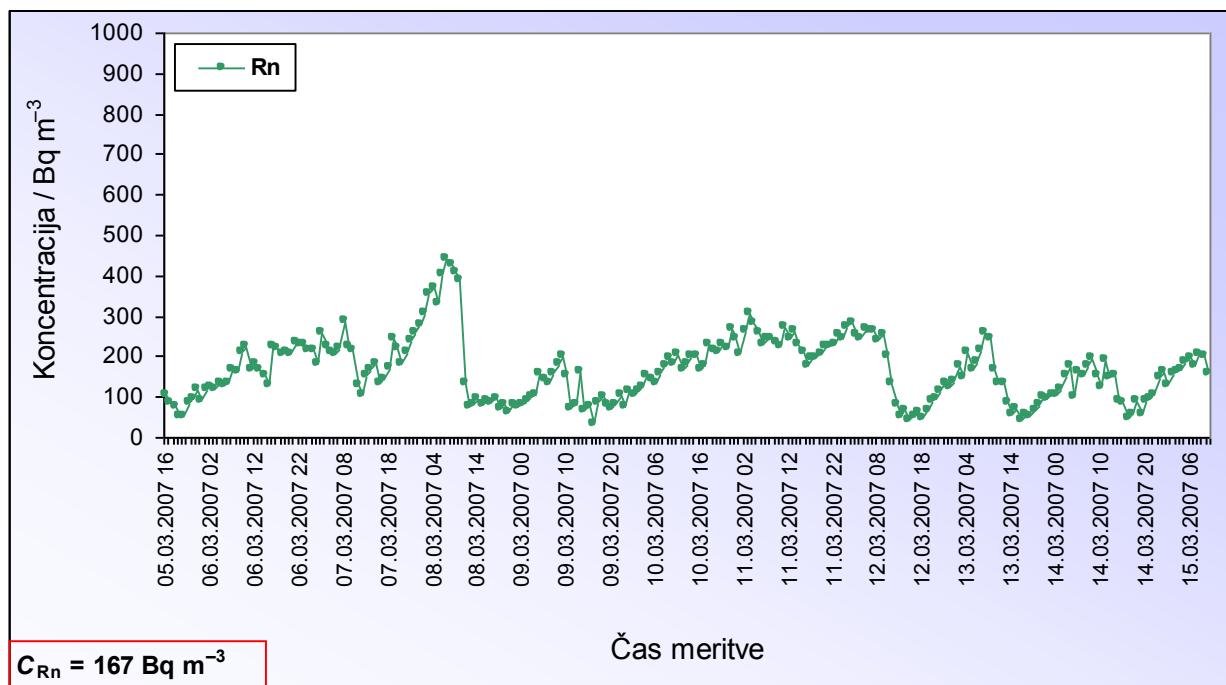
Slika 27: Kontinuirna meritev koncentracije radona (Rn) v učilnica 3, 4. razreda (01-MU-OŠ-03) Osnovna šola Stična, Podružnične šole Muljava v času od 15.03. do 23.03.2007



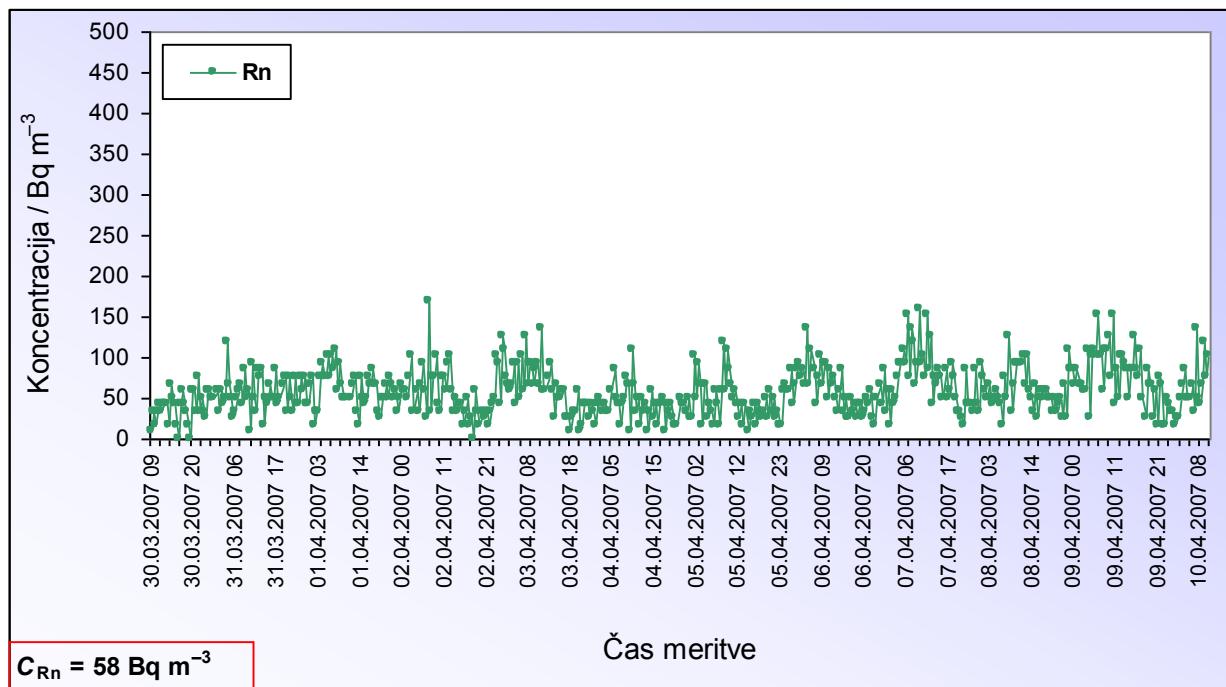
Slika 28: Kontinuirna meritev koncentracije radona (Rn) v kabinetu tehnike (01-VL-OŠ-03) Osnovne šole Primož Trubar, Velike Lašče v času od 02.04. do 10.04.2007



Slika 29: Kontinuirna meritev koncentracije radona (Rn) v igralnici ribice (07-NM-VR-01) Vrtca Ciciban Novo mesto, Enota Marjetica v času od 23.02. do 05.03.2007



Slika 30: Kontinuirna meritev koncentracije radona (Rn) v 203, učilnica 3 (07-DV-OŠ-09) Osnovne šole Žužemberk, Podružnične šole Dvor v času od 05.03. do 15.03.2007



Slika 31: Kontinuirna meritev koncentracije radona (Rn) v kovinski delavnici (01-LJ-PK-02) Psihiatrične klinike Ljubljana v času od 30.03. do 10.04.2007

5.4. Izvori radona

V prostorih s povišanimi koncentracijami radona v zraku smo poskušali identificirati izvore radona. Iz jaškov, sifonov, stikov med tlemi in steno, špranj in poškodb v tleh ali steni ter drugih potencialnih izvorov smo v alfa-scintilacijske celice napolnili vzorce zraka in kasneje v laboratoriju izmerili koncentracije radona. Izvore smo iskali na 59 mestih v 20 zgradbah. Rezultati so zbrani v tabeli 4. V tabeli so povišane koncentracije radona v izvorih obarvane rdeče. Zagotovo lahko trdimo, da smo našli izvor radona v 8 zgradbah, drugod spet smo na potencialnih izvorih izmerili nizke vsebnosti radona. Najvišje trenutne koncentracije smo v izvoru našli v Osnovni šoli in vrtcu v Godoviču: v vodu-jašku za centralno kurjavo iz cisterne v kurilnici (05-GD-OŠ-08) je bila koncentracija radona 53 kBq m^{-3} . Odvzem vzorca zraka je prikazan na sliki 32.



Slika 32: Odvzem vzorca zraka iz voda-jaška za centralno kurjavo v kleti v Osnovni šolo in vtrcu v Godoviču

Tabela 4: Koncentracije radona na potencialnih izvorih

<i>Koda</i>	<i>Mesto meritve</i>	<i>Mesto izvora</i>	<i>Trenutna C_{Rn}</i> <i>Bq m⁻³</i>
LJUBLJANA			
Osnovna šola Ketteja in Murna, Koširjeva ul. 2			
01-LJ-OŠ-02	učilnica 10	špranja v parketu	12.04. 130 ± 10
01-LJ-OŠ-02	učilnica 10	jašek	23.04. 24 ± 9
01-LJ-OŠ-03	učilnica 11	jašek	23.04. LLD=21
01-LJ-OŠ-05	učilnica 14	jašek za vodo v steni	12.04. 6820 ± 80
01-LJ-OŠ-05	učilnica 14	jašek	23.04. 3500 ± 45
01-LJ-OŠ-08	sanitarije ženske	sifon pod lijakom	12.04. LLD=14
01-LJ-OŠ-09	sanitarije moški	sifon	12.04. 30 ± 7
IVANČNA GORICA			
Vzgojno varstveni zavod, Cesta II. Grupe odredov 18			
Enota Čebelica, Šentvid pri Stični 43a			
01-ŠE-VR-05	kuhinja	jašek za vodo	05.03. 130 ± 11
Enota Polžek, Ciglarjeva ulica 27, Višnja Gora			
01-VG-VR-04	kuhinja	sifon pod umivalnikom	23.03. 34 ± 8
01-VG-VR-05	sanitarije za otroke	sifon pri umivalnikih	23.03. LLD=26
RIBNICA			
Glasbena šola Ribnica, Kolodvorska ulica 10			
01-RI-GŠ-02	učilnica 2	špranja ob radiatorju	10.04. 69 ± 9
01-RI-GŠ-04	dvorana	špranja ob radiatorju	10.04. 191 ± 13
01-RI-GŠ-05	sanitarije	sifon	02.04. 960 ± 57
Osnovna šola Loški potok			
01-LP-OŠ-09	sanitarije pri zbornici	sifon	02.04. 101 ± 21
VELIKE LAŠČE			
Osnovna šola Primož Trubar, Šolska ul. 11			
01-VL-OŠ-01	učilnica 8, gospodinjstvo	sifon	02.04. 102 ± 21
01-VL-OŠ-02	učilnica VII, tehnika	stik stene s tlemi	10.04. 73 ± 10
01-RA-OŠ-08	hodnik pri učilnici 1 (nova šola)	razdelilna omarica	08.03. 170 ± 14

<i>Koda</i>	<i>Mesto meritve</i>	<i>Mesto izvora</i>	<i>Trenutna C_{Rn}</i> <i>Bq m⁻³</i>
Podružnična šola Unec, Unec 59			
01-UN-OŠ-03	kuhinja	talni sifon	08.03. LLD=44
01-UN-OŠ-03	kuhinja	večji talni sifon	08.03. LLD=47
01-UN-OŠ-06	kotlovnica	odvodni jašek	08.03. 263 ± 33
01-UN-OŠ-07	hodnik poleg kuhinje	talni sifon	08.03. LLD=61
PREVALJE Osnovna šola Franja Goloba Prevalje, Polje 4			
02-PR-OŠ-02	učilnica 1.B	luknja v steni	11.04. LLD=87
02-PR-OŠ-03	učilnica 2.A	jašek	11.04. 22000 ± 160
ŠKOFJA LOKA Osnovna šola Ivana Groharja, podružnična šola Bukovščica, Bukovščica 4			
04-BU-OŠ-02	kabinet 12	jašek	05.06. 64 ± 10
04-BU-OŠ-03	hodnik	jašek	05.06. LLD = 19
GODOVIČ Osnovna šola in vrtec, Godovič 35b			
05-GD-OŠ-08	kurilnica	vod-jašek iz cisterne za centralno kurjavo	19.03. 53000 ± 900
05-GD-OŠ-09	kabinet	sifon	08.03., * 19.03. 14970 ± 180 * 37400 ± 750
05-GD-VR-01	igralnica	jašek v steni, cevi za talno gretje	19.03. 1344 ± 44
05-GD-VR-02	sanitarije vrtca	kanalizacijski jašek	19.03. 3960 ± 110
KOMEN Osnovna šola Antona Šebelja-Stjenka, Komen 16a			
05-KO-OŠ-01	velika telovadnica	luknja za namestitev mreže	22.03. 309 ± 18
05-KO-OŠ-01	velika telovadnica	pod poškodovanim parketom	22.03. 517 ± 23
05-KO-OŠ-03	učilnica tehničnega pouka	špranja v parketu	22.03. 22 ± 7
05-KO-OŠ-06	šolska kuhinja	odtok pod kuhalnikom	22.03. 264 ± 17
05-KO-OŠ-10	učilnica 3. razreda	pod parketom	22.03. LLD=43
05-KO-OŠ-11	pritličje	odtočni kanalizacijski jašek	22.03. 3700 ± 60

<i>Koda</i>	<i>Mesto meritve</i>	<i>Mesto izvora</i>	<i>Trenutna C_{Rn}</i> <i>Bq m⁻³</i>
KOMEN Občina Komen, Komen 86			
05-KO-OB-04	krajevni urad	luknja ob izhodu za cev pri radiatorju	22.03. 104 ± 25
NOVO MESTO Vrtec Ciciban – Enota Marjetice, Lešnica 15			
07-NM-VR-04	telovadnica	omara v steni	05.03. LLD=15
07-NM-VR-05	kopalnica	jašek	05.03. LLD=17
07-NM-VR-06	hodnik	jašek v steni	05.03. 43 ± 9
NOVO MESTO Šolski center Novo mesto, Šegova ul. 112			
07-NM-ŠC-08	pisarna – delavnica hišnik	špranja pri talnem jašku	05.03. LLD=72
07-NM-ŠC-13	hodnik pred kabinetom mehanika	sifonski jašek	15.03. 1146 ± 73
07-NM-ŠC-15	RZ3, gradbena šola	sifonski jašek (zamašen)	16.03. 6400 ± 180
07-NM-ŠC-17	hodnik pred gradbenim kabinetom 2	sifonski jašek (zamašen)	05.03., *15.03. 2050 ± 85 *2290 ± 100
ŽUŽEMBERK Osnovna šola Žužemberk – podružniška šola Dvor, Dvor 16			
07-DV-OŠ-10	hodnik pred igralnico 2 (108)	jašek, špranja – stik med pokrovom in tlemi	05.03. 942 ± 57
07-DV-OŠ-10	hodnik pred igralnico 2 (108)	jašek	15.03. 672 ± 47
07-DV-OŠ-11	hodnik pri jašku pod stopnicami	jašek	15.03. 10300 ± 200
07-DV-OŠ-12	hodnik pred učilnico 1 (103)	jašek, stik (špranja) med pokrovom in tlemi	05.03. 3260 ± 150

Delovni prostori

<i>Koda</i>	<i>Mesto meritve</i>	<i>Mesto izvora</i>	<i>Trenutna C_{Rn}</i> <i>Bq m⁻³</i>
LJUBLJANA Psihiatrična klinika, Studenec 48			
01-LJ-PK-01	mizarska delavnica	vodni jašek	20.03. 3160 ± 50
07-DV-OŠ-10	hodnik pred igralnico 2 (108)	pod deskami	30.03. 113 ± 12
01-LJ-PK-02	kovinska delavnica	avtomobilski jašek	20.03. 379 ± 20
MARIBOR Splošna bolnišnica Maribor, Ljubljanska ul. 5			
02-MB-SB-07	hodnik proti fotokopirnici	luknja	11.04. 22 ± 8
02-MB-SB-08	hodnik (dermatološka stavba)	odtočni jašek	11.04. 220 ± 17
IDRIJA Psihiatrična bolnišnica, Pot sv. Antona 49			
05-ID-PB-01	sprejemni prostor	jašek za centralno	19.03. 71 ± 10
05-ID-PB-05	kopalnica	sifon	19.03. 319 ± 38
DIVAČA Zdravstvena postaja Divača, Ul. 1. maja 1			
05-DI-ZP-01	klet	jašek	22.03. 4370 ± 70
05-DI-ZP-06	kopalnica	sifon v kabini s prho	22.03. 477 ± 23
05-DI-ZP-07	hodnik	inštalacija v steni	22.03. 354 ± 22

Na nekaj izbranih mestih smo v potencialnih izvorih radon merili tudi kontinuirno, in sicer:

Vrtci in šole:

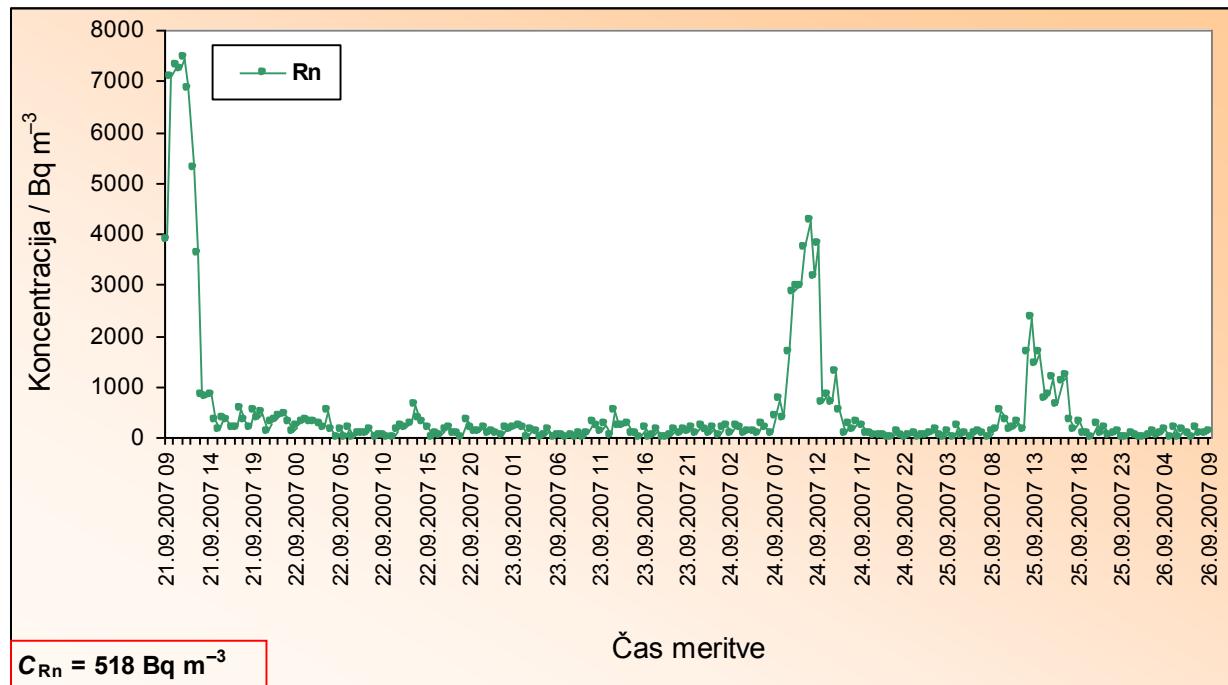
1. LJUBLJANA: Osnovna šola Ketteja in Murna, meritnik RadonScout slika 33
 2. RAKEK: Osnovna šola Jožeta Krajca, meritnik RadonScout slika 34

Delovni prostori:

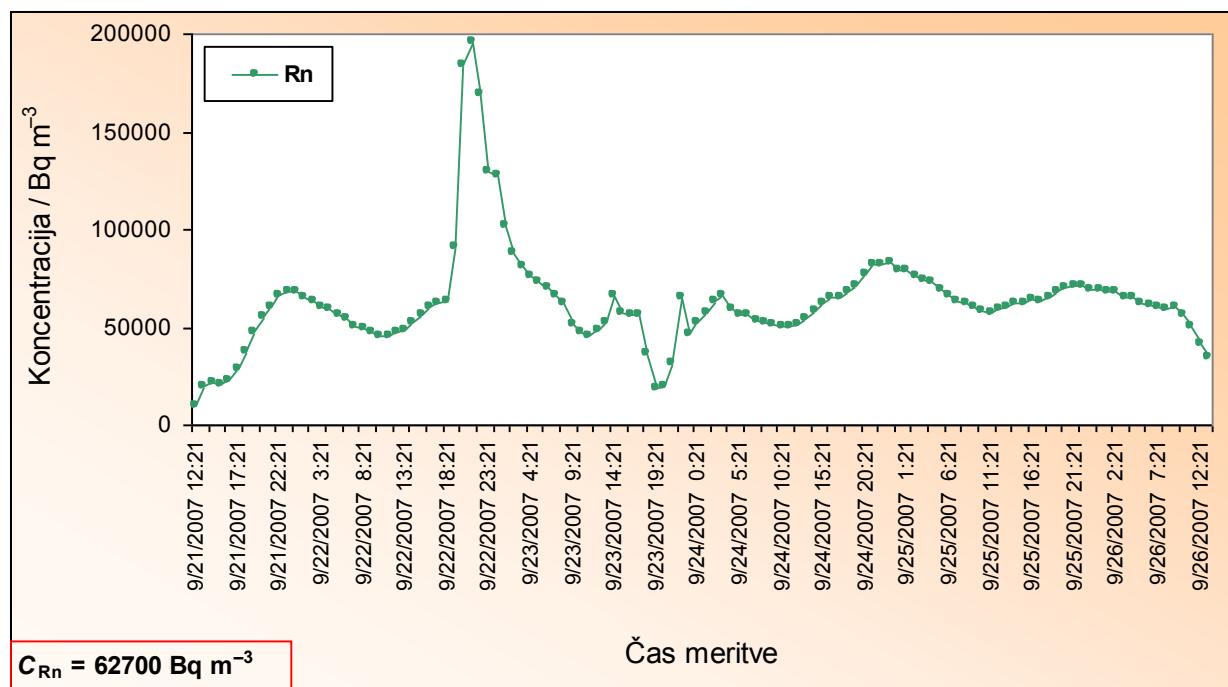
- | | | |
|----|--|----------------------|
| 3. | LJUBLJANA, Psihiatrična klinika Ljubljana, merilnik RTM 2010-2
LJUBLJANA, Psihiatrična klinika Ljubljana, merilnik RadonScout | slika 35
slika 36 |
| 4. | IDRIJA: Psihiatrična klinika Idrija, merilnik RadonScout | slika 37 |
| 5. | DIVAČA: Zdravstvena postaja, merilnik Barasol | slika 38 |

Rezultati so grafično predstavljeni na slikah od 33 do 38.

Vrtci in šole:

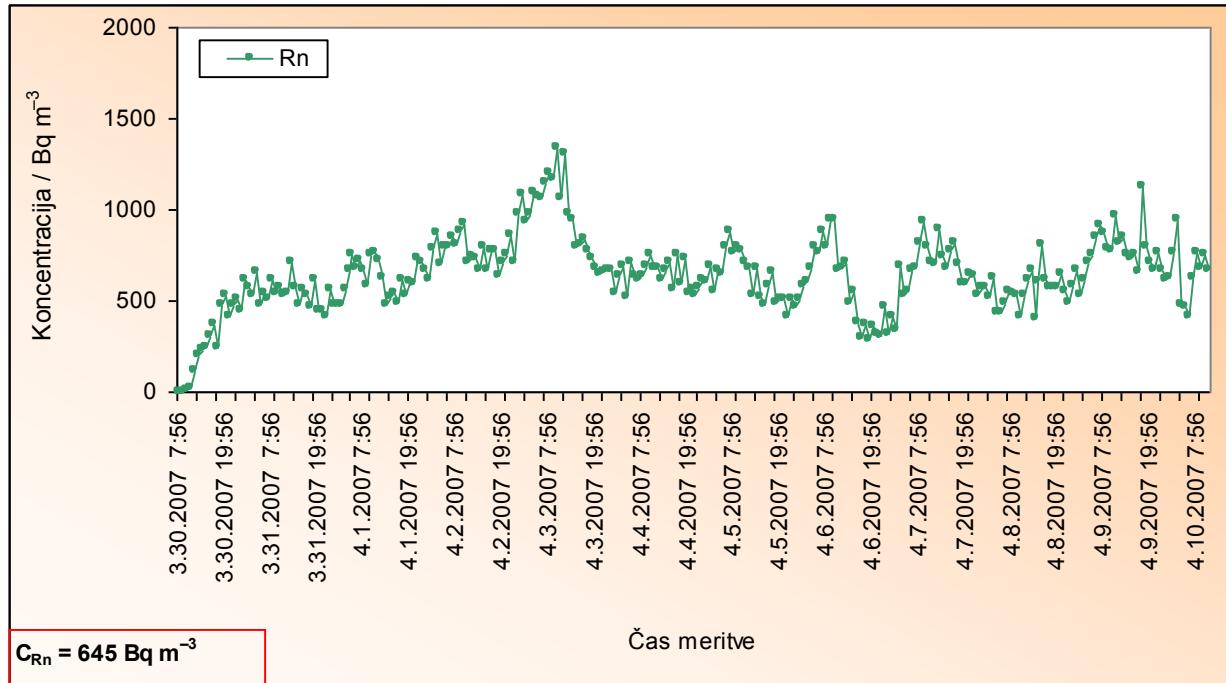


Slika 33: Kontinuirna meritev koncentracije radona (Rn) v jašku za vodo v steni v učilnici 14 (01-LJ-OŠ-05) Osnovne šole Ketteja in Murna, Ljubljana v času od 21.09. do 26.09.2007

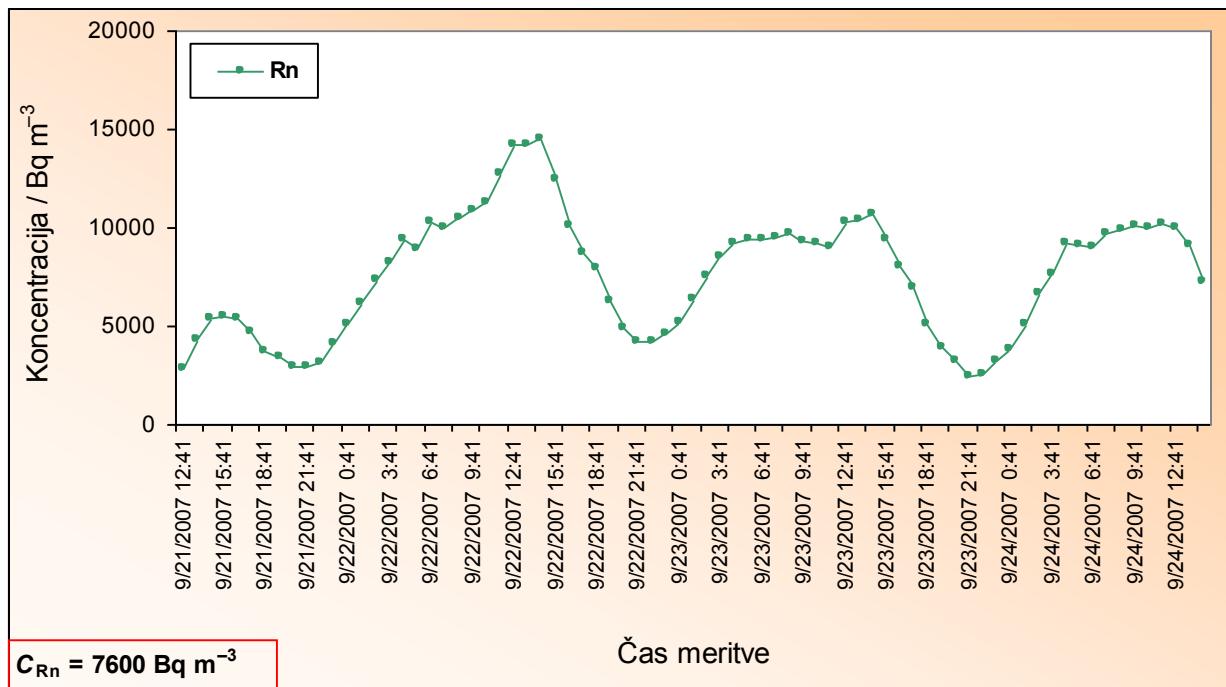


Slika 34: Kontinuirna meritev koncentracije radona (Rn) v vodnem jašku Osnovne šole Jožeta Krajca, Rakek v času od 21.09. do 26.09.2007

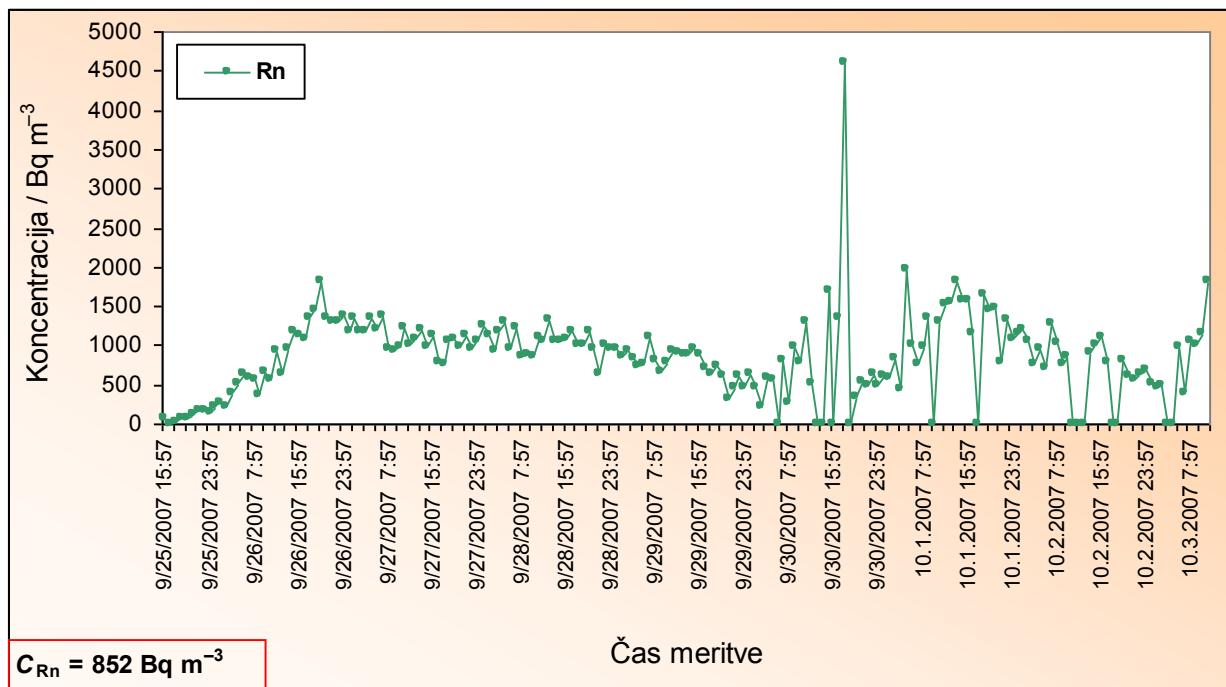
Delovni prostori:



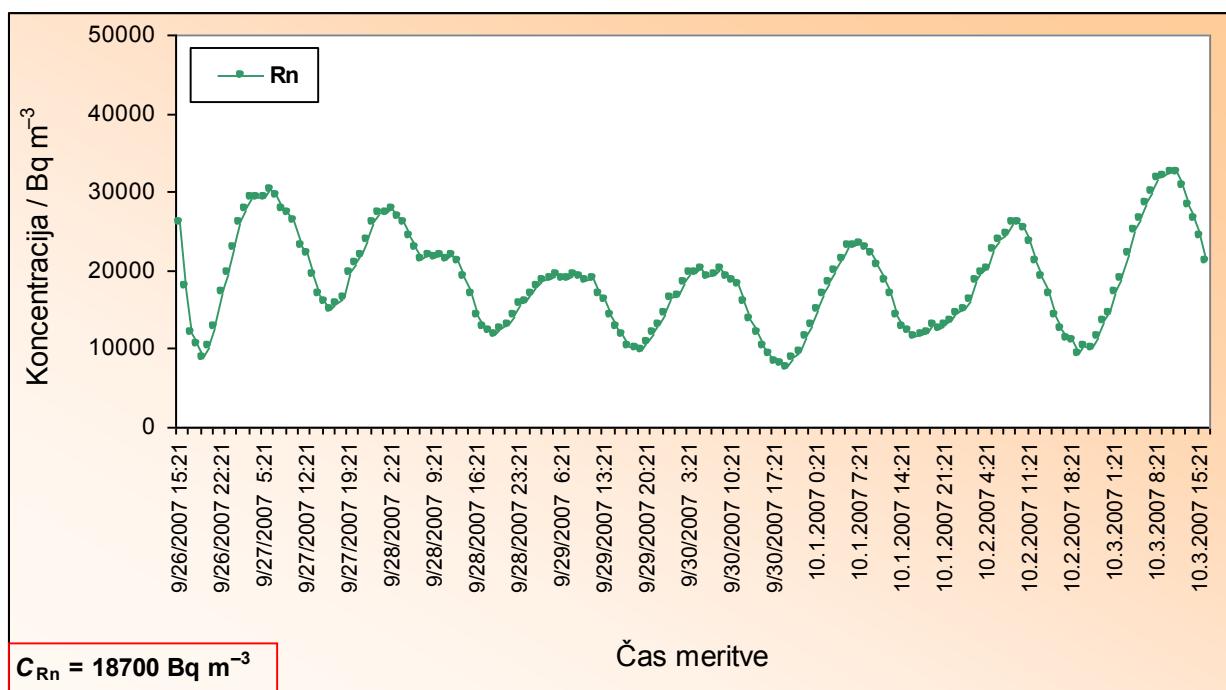
Slika 35: Kontinuirna meritev koncentracije radona (Rn) v avtomobilskem jašku kovinske delavnice (01-LJ-PK-02) Psihiatricne klinike Ljubljana v času od 30.03. do 10.04.2007



Slika 36: Kontinuirna meritev koncentracije radona (Rn) v vodnem jašku v mizarski delavnici (01-LJ-PK-01) Psihiatricne klinike Ljubljana v času od 21.09. do 24.09.2007



Slika 37: Kontinuirna meritev koncentracije radona (Rn) v jašku v Psihiatrični bolnišnici Idrija v času od 25.09. do 03.10.2007



Slika 38: Kontinuirna meritev koncentracije radona (Rn) v jašku v kleti (05-DI-ZP-01) Zdravstvene postaje Divača v času od 26.09. do 03.10.2007

Najvišjo koncenracijo radona v izvoru smo s kontinuirnim merilnikom izmerili v vodnem jašku Osnovne šole Jožeta Krajca v Rakeku, in sicer $22.09.2007$ okrog 126 kBq m^{-3} (slika 34). Visoko koncenracijo radona, do 30 kBq m^{-3} , smo našli tudi v jašku v kleti Zdravstvene postaje Divača (slika 38). V mizarski delavnici Psihiatrične klinike Ljubljana pa smo izmerili koncenracijo radona do 15 kBq m^{-3} (slika 36). Prikaz postavitve kontinuirnega instrumenta RadonScout v mizarski delavnici (01-LJ-PK-01) na Psihiatrični kliniki Ljubljana je na sliki 39.



Slika 39: Postavitev kontinuirnega merilnika v vodni jašek v mizarski delavnici Psihiatrične klinike Ljubljana

V splošnem so glavni vzrok za povišane koncenracije radona v zgradbah talni jaški. Radon se v jaških kopiči in ker so jaški običajno slabo izolirani in zatesnjeni, še širi v prostore.

6. OBSEVNE DOZE

Izračunali smo letne obsevne doze, ki jih prejmejo zaposleni (in otroci) v prostorih vrtcev in šol ter v drugih zgradbah kot tudi vodiči v Križni in Županovi jami zaradi dihanja zraka, ki vsebuje radonove kratkožive razpadne produkte.

6.1. Metodologija izračuna doz

Dozimetrija je zelo obsežno področje, zato se moramo v tem poročilu omejiti le na definicijo in opis nekaj osnovnih pojmov, ki so potrebni za izračun in predstavitev obsevne doze, ki jo oseba prejme zaradi dihanja zraka z določeno koncenracijo radona in radonovih kratkoživih razpadnih produktov. Kot smo omenili že zgoraj, je prispevek k dozi od samega radona zanemarljiv v primerjavi s prispevkom od radonovih razpadnih produktov. Zato v izračunu doz nastopa koncenracija radonovih razpadnih produktov. Če merimo koncenracijo radona in ne koncenracije radonovih razpadnih produktov, izračunamo koncenracijo razpadnih produktov tako, da koncenracijo radona pomnožimo z ravnotežnim faktorjem. Obsevno izpostavljenost radonu in radonovim razpadnim produktom izražamo kot produkt koncenracije in časa izpostavljenosti.

Koncenracijo radonovih razpadnih produktov pogosto zaradi enostavnosti in široke rabe izražamo tudi v enotah WL (working level), pri čemer 1 WL ustreza ravnotežni koncenraciji

radona 3700 Bq m^{-3} oziroma koncentraciji energije alfa $21,6 \mu\text{J m}^{-3}$ (ali $1,3 \times 10^5 \text{ MeV L}^{-1}$). Če je oseba izpostavljena en mesec (170 ur) koncentraciji radonovih razpadnih produktov 1 WL, govorimo o izpostavljenosti 1 WLM (working level month). Čeprav te enote niso v sistemu SI, jih zaradi praktičnosti tudi mi uporabljamo v tem poročilu.

Izpostavljenost E_p je torej definirana z izrazoma:

$$E_p / \text{Bq h m}^{-3} = C \times F \times t$$

$$E_p / \text{WLM} = C \times F \times t / 3700 / 170,$$

kjer je:

C ... koncentracija radona v zraku (Bq m^{-3})

t ... čas izpostavljenosti - čas dihanja radona (h)

F ... faktor radioaktivnega ravnotežja med radonom in radonovimi kratkoživimi razpadnimi produkti

Če pomnožimo izpostavljenost z doznim pretvorbenim faktorjem, dobimo efektivno dozo. Dozni pretvorbeni faktor je prvenstveno odvisen od metodologije. Po metodologiji ICRP-65 (2) je njegova vrednost 5 mSv WLM^{-1} . Pri izračunu doz v tem poročilu smo uporabili to vrednost.

Za natančen izračun doz bi morali poznati koncentracijo radona in ravnotežni faktor v vsakem volumnu vdihanega zraka. Ker je to praktično nemogoče, si pomagamo s povprečnimi koncentracijami radona in povprečnimi vrednostmi ravnotežnega faktorja. Povprečja so različna: dnevna, tedenska, mesečna, trimesečna, pač odvisno od uporabljenih meritnih opreme.

Z detektorji jedrskih sledi smo v vrtcih, šolah in ostalih javnih ustanovah in termah izmerili povprečne šest-tedenske koncentracije radona v obdobju februar - april 2007. Šest-tedenske povprečne koncentracije radona smo privzeli kot celoletna povprečja. V Križni jami so meritve potekale julija 2007. Za faktor ravnotežja smo vzeli vrednost 0,40, kot ga navaja International Basic Safety Standards 115 v tabeli II-II (33). Od kontaktnih oseb smo dobili sezname zaposlenih ter podatke o številu vpisanih otrok/ucencev in podatke o času, ko delajo oziroma se zadržujejo v prostorih, v katerih smo izvedli meritve.

Za izračun efektivnih doz smo uporabljali naslednjo splošno enačbo, glede na razpoložljive podatke bodisi v celoti ali ustrezno poenostavljeno:

$$E = \sum_{m=1}^i t \times C_m \times F_m \times w_m \times cf$$

kjer imajo t , C in F iste pomene kot zgoraj, ostale oznaake pa pomenijo:

w časovna utež zadrževanja v prostoru m

$cf = DCF/3700/170$, $DCF = 5 \text{ mSv WLM}^{-1}$ (2)

m mesto meritve v prostorih od 1 do i

6.2. Izračun doz

Efektivne doze smo izračunali iz povprečnih koncentracij radona v zraku, ki smo jih dobili z detektorji jedrskih sledi Radosys (NIRS), in iz časa izpostavljenosti, ki smo ga dobili od kontaktnih oseb. V dozimetrijo smo vključili osebe, ki delajo v prostorih s povprečno koncentracijo radona višjo od 400 Bq m^{-3} . Vhodni podatki za izračun efektivnih doz so zbrani v

tabeli 2. Pri izračunu doz smo za vsako osebo upoštevali časovne uteži po prostorih. Upoštevali smo tudi, da je doza za otroke/učence za faktor 1,5 višja kot za odrasle (34).

Letne efektivne doze podajamo v tabeli 5. Kot rečeno, smo jih izračunali za osebe, ki delajo v prostorih s povprečno koncentracijo radona nad 400 Bq m^{-3} . V tabeli so osebe označene s šifro ali opisom - nazivom delovnega mesta. Kontaktne osebe smo zaprosili za poimenske sezname oziroma šifre zaposlenih ali za nazive njihovih delovnih mest. V primerih, ko smo dobili poimenski seznam, smo naredili šifre sami. Sestoje se iz prve črke imena in prvih treh črk priimka. Nazive delovnih mest smo ohranili v nespremenjeni obliki. Tako se v prvem stolpcu v tabeli 5 zaposleni pojavlja pod šifro, ki sestoji iz štirih črk, ali pa pod opisom - nazivom delovnega mesta. Če je oseba vodena z opisom - nazivom delovnega mesta in v tem prostoru dela več ljudi, podajamo njihovo število v oklepaju. V tabeli 5 si zgradbe sledijo v enakem vrstnem redu kot v tabeli 2. V drugem stolpcu podajamo letno število ur, ki jih oseba prezivi (se zadržuje, dela) v tem prostoru, in v tretjem stolpcu letno efektivno dozo. Če je oseba oziroma naziv delovnega mesta označen z zvezdico, pomeni, da smo dozo izračunali na osnovi trenutne koncentracije radona, ker v tem prostoru ni bil izpostavljen detektor jedrskejih sledi in nimamo podatka o povprečni koncentraciji radona.

Efektivne doze smo izračunali za 3010 oseb (v vrtcih in šolah tudi za otroke), ki svoj delovnik v celoti ali delno prezivijo v prostorih s povišano koncentracijo radona. Po kategorizaciji efektivnih doz, navedenih v *Pravilniku o pogojih in metodologiji za ocenjevanje doz pri varstvu delavcev in prebivalstva pred ionizirajočimi sevanji* (5), podajamo število oseb v posamezni kategoriji.

Efektivne doze so:

- zelo visoke, če so višje od 50 mSv na leto: **3 osebe**
- visoke, če so višje od 20 mSv na leto: **28 oseb**
- povišane, če so nad 6 mSv na leto za naravno sevanje ali nad 1 mSv na leto za sevanje od umetnih virov: **49 oseb**
- nizke, če so do 6 mSv na leto za naravno sevanje ali do 1 mSv na leto za sevanje od umetnih virov: **336 oseb**
- zelo nizke, če so do 2 mSv na leto za naravno sevanje ali do 0,3 mSv na leto za sevanje od umetnih virov: **2594 oseb**
- zanemarljive, če so nižje od 0,01 mSv na leto: **nobena oseba**

Tabela 5a. Letne efektivne doze zaposlenih in otrok zaradi vdihavanja radonovih razpadnih produktov v vrtcih in šolah

Oseba ali delovno mesto (število oseb)	Letno št. ur	Letna efektivna doza / mSv
LJUBLJANA		
Osnovna šola Ketteja in Murna, Koširjeva ulica 2		
<i>učilnica 10 *</i>		
učitelj RMOD	630	1,41
učitelj PB KBRÜ	630	1,41
učenec 2.a (20)	1300	4,38
učenec 2.a (1)	600	2,03
učenec 2.b (10)	600	2,03
<i>učilnica 14</i>		
učitelj AMIL	630	1,54
učenec (23)	630	2,31
STIČNA		
Podružnična šola Muljava, Muljava 3		
<i>igralnica – vrtec</i>		
vzgojiteljica (2)	1650	24,7
otrok (21)	1760	39,5
<i>učilnica 1., 2. razreda *</i>		
učiteljica	770	1,08
vzgojiteljica	770	1,08
učenec 1., 2. razreda (15)	770	1,62
<i>učilnica 3. razreda</i>		
učiteljica	820	0,91
učenec 1.-3. razred (23)	1330	2,22
učitelj	1100	1,22
vzgojiteljica	230	0,26
<i>učilnica 4., 5. razreda *</i>		
učitelj	970	1,72
učenec (14)	970	2,58
<i>garderoba vrtca, pregrajen hodnik *</i>		
vzgojiteljica	110	0,16
pomočnica vzgojiteljice	110	0,16
otrok (21)	110	0,24
STIČNA		
Podružnična šola Ambrus, Ambrus 33		
<i>učilnica 1., 2. razreda</i>		
učiteljica	1140	1,52
vzgojiteljica	1140	1,52
učenec (13)	1140	2,28
snažilka	380	0,51
<i>učilnica 4. razreda *</i>		
učiteljica	1140	1,09
učenec (10)	1140	1,64
snažilka	380	0,36

Oseba ali delovno mesto (število oseb)	Letno št. ur	Letna efektivna doza / mSv
STIČNA		
Podružnična šola Zagradec, Zagradec 33		
<i>učilnica 1. razreda</i>		
učiteljica MPEČ	760	1,53
učiteljica MPUS	380	0,76
učiteljica OPB AORE	760	1,53
učenec 1. razreda (5)	760	2,30
učenec 1. razreda (10)	1520	4,58
učenec OPB (13)	760	2,30
RIBNICA		
Glasbena šola Ribnica, Kolodvorska ulica 10		
<i>učilnica 1</i>		
učitelj (2) DSAV, SBAL	1225	6,36
učenec (6)	35	0,27
<i>učilnica 2 *</i>		
učitelj (2) DŽGA, VPAP	1225	6,90
učenec (17)	35	0,30
LOŠKI POTOK		
Osnovna šola dr. Antona Debeljaka, Hrib 101		
<i>pikapolonice – soba 3</i>		
vzgojiteljica (2)	1491	1,82
otrok (17)	1704	3,12
<i>multimedijski prostor *</i>		
učitelj	385	0,49
učenec (14)	35	0,06
RIBNICA		
Osnovna šola dr. F. Prešerna Ribnica, Šolska ulica 2		
<i>učilnica CK1 (likovni pouk) *</i>		
učiteljica	770	1,37
učenec (84)	70	0,18
učenec (336)	35	0,08
<i>učilnica CK2 (tehnični pouk)</i>		
učitelj	227	0,98
učitelj	455	1,97
učenec (54)	70	0,45
učenec (25)	87	0,57
učenec (189)		0,23
<i>gospodinjstvo – teorija</i>		
učitelj (2)	35	0,06
učenec (20)	35	0,09
<i>jedilnica</i>		
zunanji uporabniki (50)	85	0,09
učenec (191)	35	0,20
RIBNICA		
Podružnična šola Dolenja vas, Šolska ulica 9		
<i>delavnica hišnika *</i>		
hišnik	460	0,56

Oseba ali delovno mesto (število oseb)	Letno št. ur	Letna efektivna doza / mSv
RAKEK		
Osnovna šola Jožeta Krajca, Partizanska cesta 28		
<i>učilnica 1.a (stara šola)</i>		
učitelj (2)	735	5,13
učenec (115)	105	1,10
<i>učilnica 5.a (stara šola)</i>		
učitelj (4)	455	3,01
učenec (115)	105	1,04
<i>Telovadnica</i>		
učitelj (7)	105	0,73
učitelj ŠVZ (2)	740	5,16
učenec (227)	105	0,73
RAKEK		
Podružnična šola Unec, Unec 59		
<i>Telovadnica</i>		
učitelj (2)	175	0,33
učitelj (3)	150	0,28
učenec (39)	150	0,42
PREVALJE		
Osnovna šola Franja Goloba Prevalje, Polje 4		
<i>učilnica 1.B *</i>		
učiteljica (2)	820	1,20
učenec 1.B (8)	820	1,80
učenec 1.B (20)	995	2,19
učenec PB (15)	175	0,39
<i>učilnica 2.B</i>		
učiteljica	850	1,91
učenci 2.B (26)	850	2,87
<i>učilnica 3.A</i>		
učitelj	950	5,03
učenec 3.A (27)	950	7,55
<i>prostor za čistilke *</i>		
čistilka (10)	320	0,48

Oseba ali delovno mesto (število oseb)	Letno št. ur	Letna efektivna doza / mSv
KRANJ		
Osnovna šola Simona Jenka, Komenskega 2		
<i>zbornica</i>		
učitelj (20)	700	2,23
<i>učilnica 2C</i>		
učiteljica	735	0,92
učenec (10)	735	1,38
<i>učilnica 3M, OPB</i>		
učiteljica (2)	892	1,65
učenec (42)	122	0,33
<i>učilnica 4C</i>		
učiteljica	910	1,35
učenec (10)	910	2,03
<i>učilnica likovne vzgoje *</i>		
učiteljica	735	1,08
učenec (22)	735	1,62
<i>knjižnica *</i>		
učiteljica (2)	490	0,86
TRŽIČ		
Osnovna šola Tržič, Podljubelj 107		
<i>učilnica 3</i>		
MAHA	60	0,17
učenec (9)	60	0,26
HAHA	60	0,17
učenec (11)	60	0,26
UMEG	60	0,17
učenec (7)	60	0,26
JKUR	60	0,17
učenec (19)	60	0,26
MMEG	35	0,10

Oseba ali delovno mesto (število oseb)	Letno št. ur	Letna efektivna doza / mSv
GODOVIČ		
Osnovna šola in vrtec, Godovič 35b		
<i>ucilnica 4. razred *</i>		
učiteljica	700	0,93
učenci (8)	700	1,40
<i>ucilnica 5. razred *</i>		
učitelj (2)	1400	1,58
učenci (29)	1400	2,37
<i>zbornica *</i>		
učiteljice (5)	70	0,12
<i>kuhinja *</i>		
kuharica	242	0,31
<i>Igralnica</i>		
vzgojiteljica (2)	396	0,50
otroci (19)	396	0,75
<i>sanitarije vrtca</i>		
vzgojiteljica (2)	44	0,08
otroci (19)	44	0,12
SEŽANA		
Vrtec Sežana, Jožeta Pahorja 1		
Enota Jasli, Rgentova 1		
<i>igralnica muce</i>		
strokovna delavka (2)	1600	4,04
otrok (14)	1600	6,06
SEŽANA		
Vrtec Sežana, Enota Divača, Kosovelova ulica 9		
<i>igralnica pikapolonice *</i>		
strokovna delavka (2)	1600	1,65
otrok (17)	1600	2,48
<i>igralnica sončki (jasli)</i>		
strokovna delavka (2)	1600	2,63
otrok (12)	1600	3,95
<i>igralnica kužki *</i>		
strokovna delavka (2)	1600	1,67
otrok (9)	1600	2,51
SEŽANA		
Vrtec Sežana, Enota Komen, Komen 61b		
<i>igralnica malčki</i>		
strokovna delavka (2)	1800	2,42
otrok (17)	1800	3,63

Oseba ali delovno mesto (število oseb)	Letno št. ur	Letna efektivna doza / mSv
KOMEN		
Osnovna šola Antonia Šibelja Stjenka, Komen 16a		
<i>velika telovadnica</i>		
športni pedagog (11)	770	2,45
učenci (180)	175	0,84
<i>učilnica tehničnega pouka</i>		
učitelj (1)	105	0,09
učenci (35)	35	0,05
<i>učilnica 4. razreda devetletke</i>		
učiteljica	840	0,68
učenci (20)	840	1,02
<i>šolska kuhinja *</i>		
kuharica (3)	1840	1,50
NOVO MESTO		
Šolski center Novo mesto, Šegova ulica 112		
<i>kabinet mehanika</i>		
PŠTE, ATOM	70	0,67
<i>učilnica RZ2 *</i>		
učenec (180)	105	0,18
učitelj (6)	105	0,12
<i>gradbeni kabinet 2 *</i>		
DGRU, NCES	350	0,79
<i>učilnica RZ3, gradbena šola *</i>		
učitelj (7)	175	0,20
učenec (120)	175	0,30
SEMIČ		
Osnovna šola Belokranjskega odreda Semič, Šolska ulica 1		
<i>učilnica gospodinjstva</i>		
učiteljica RJER	700	2,35
učiteljica PKAS	122	0,41
učenec (40)	88	0,45
<i>učilnica 63, slovenščina *</i>		
učiteljica KLOR	805	1,47
učenec (75)	122	0,30
učenec (40)	130	0,36

Oseba ali delovno mesto (število oseb)	Letno št. ur	Letna efektivna doza / mSv
ŽUŽEMBERK		
Osnovna šola Žužemberk, Podružniška šola Dvor, Dvor 16		
110, igralnica 3 (pikapolonice)		
vzgojiteljica (2)	151	0,40
otroci (12)	151	0,60
108, igralnica 2 (miške) *		
vzgojiteljica (2)	230	0,22
otroci (9)	230	0,33
106, igralnica 1 (metulji) *		
vzgojiteljica (2)	118	0,25
otroci (16)	118	0,38
103, učilnica 1		
vzgojiteljica (2)	87	0,13
otroci (21)	87	0,20

Tabela 5b. Letne efektivne doze zaposlenih zaradi vdihavanja radonovih razpadnih produktov v delovnih prostorih

Oseba ali delovno mesto (število oseb)	Letno št. ur	Letna efektivna doza / mSv
LJUBLJANA		
Psihiatrična klinika, Studenec 48		
<i>mizarska delavnica</i>		
ASUH	1850	4,60
AVER	783	1,95
<i>arhiv – pri mizarski delavnici *</i>		
BVAT	25	0,41
IDRIJA		
Lekarna Idrija, Lapajnetova 59		
<i>sprejemni prostor</i>		
farmacevtski tehnik (2)	250	0,88
čistilka	250	0,88
<i>prostor z zdravili *</i>		
farmacevtski tehnik (2)	1750	4,07
magister farmacije (5)	1750	4,07
čistilka	1750	4,07
<i>prostor za izdelavo mazil *</i>		
farmacevtski tehnik (2)	250	0,69
<i>pisarna *</i>		
upravnica	900	2,20
DIVAČA		
Zdravstvena postaja Divača, Ulica 1. maja 1		
<i>sestrski prostor</i>		
zdravnik	1840	7,56
medicinska sestra	1840	7,56
<i>zobna ambulanta</i>		
MTAV	2088	8,60
TKOC	2088	8,60
<i>zobotehnični laboratorij *</i>		
ACER	2088	0,76
SCER	2088	0,76
DIVAČA		
Lekarna Divača, Ulica 1. maja 1		
<i>sprejemni prostor *</i>		
DTUR	1750	3,38
oseba iz matične lekarne	300	0,58

Tabela 5c. Letne efektivne doze stanovalcev zaradi vdihavanja radonovih razpadnih produktov v domovih

Oseba ali delovno mesto (število oseb)	Letno št. ur	Letna efektivna doza / mSv
IDRIJA		
stanovanjski blok, Tomšičeva 19		
ILAP	7665	77
MMRA	4380	49
IMRA	4380	49
TMRA	4380	49
JMRA	4380	74
DMRA	4380	74
ATUŠ	6569	38
MLAP	7665	40

Tabela 5d. Letne efektivne doze vodičev zaradi vdihavanja radonovih razpadnih produktov v kraških jamah

Oseba ali delovno mesto (število oseb)	Letno št. ur	Letna efektivna doza / mSv
KRIŽNA JAMA		
Društvo ljubiteljev Križne jame, Bloška polica 7		
Čimboraso		
vodič (5)	40	0,87
Jezerski rov - orgle		
vodič (4)	100	2,58
ŽUPANOVA JAMA		
turistični obisk *	1	0,01

7. ZAKLJUČKI

V okviru naloge smo preiskali radon v skupno 285 prostorih 53 zgradb (vrtci, šole, delovni prostori, stanovanja), v katerih so predhodne meritve pokazale povišane nivoje, ali v njih radon še ni bil izmerjen. V zgradbah s povišanimi koncentracijami smo iskali izvore radona. Nekaj meritev smo izvedli v dveh kraških jamah in na treh lokacijah v zunanjem zraku. Meritve smo izvajali od februarja do avgusta; s scintilacijskimi celicami smo merili trenutne, z detektorji jedrskega sledi pa povprečne koncentracije radona, medtem ko smo merili radon in radonove razpadne produkte kontinuirno s prenosnimi merilniki.

Meritve in analize v so pokazale naslednje:

- Trenutne koncentracije radona so bile:
 - v 260 prostorih v območju od 13 do 6240 Bq m^{-3}
 - v 2 kraških jamah v območju od 1810 do 5100 Bq m^{-3}
 - v 37 prostorih vrtcev in šol nad 400 Bq m^{-3}
 - v 10 prostorih vrtcev in šol nad 1000 Bq m^{-3}
 - na delovnih mestih v 5 prostorih nad 400 Bq m^{-3}
 - na delovnih mestih v 1 prostoru nad 1000 Bq m^{-3}
- Povprečne koncentracije radona so bile:
 - v 106 prostorih v območju od 10 do 4680 Bq m^{-3}
 - v 21 prostorih vrtcev in šol nad 400 Bq m^{-3}
 - v 9 prostorih vrtcev in šol nad 1000 Bq m^{-3}
 - na delovnih mestih v 2 prostih nad 400 Bq m^{-3}
 - na delovnih mestih v 4 prostorih s nad 1000 Bq m^{-3}
 - v 6 stanovanjih od 36 do > 5900 Bq m^{-3}
 - v 14 prostorih term od 10 do 153 Bq m^{-3}
 - na 3 lokacijah v zunanjem zraku od 12 do 30 Bq m^{-3}
 - v Križni jami na 2 lokacijah med 4060 in 6870 Bq m^{-3}
- Povprečne koncentracije torona (preliminarne):
 - v območju od 1 do 1361 Bq m^{-3}
 - razmerje koncentracij $T_{\text{n}}/R_{\text{n}}$ je 0,16
- Hitrosti doz sevanja gama:
 - $53 \mu\text{Sv mo}^{-1}$ pred stanovanjsko hišo v Trbovljah
 - $71 \mu\text{Sv mo}^{-1}$ sredi doline, na koncu katere je odlagališče elektrofiltrskega pepela
- Kontinuirne meritve koncentracij radona in radonovih kratkoživih razpadnih produktov:
 - območje povprečnih koncentracij radona od 17 do 3956 Bq m^{-3}
 - območje povprečnih koncentracij radonovih kratkoživih razpadnih produktov od 9 do 1733 Bq m^{-3}
 - območje ravnotežnega faktorja od 0,19 do 0,60 s povprečno vrednostjo 0,38
- Iskanje zvorov radona:
 - Scintilacijske celice:
 - izmerili na 59 mestih v 20 zgradbah
 - izvore identificirali v 8 zgradbah

- najvišja koncentracija radona je bila 53 kBq m^{-3} v vodu-jašku
- Kontinuirni merilniki:
 - izvedli 6 meritev v 5 zgradbah
 - najvišja koncentracija je bila 126 kBq m^{-3} v vodnem jašku
- Letne efektivne doze smo izračunali za 3010 oseb in so:
 - v območju od 0,06 do 77 mSv na leto

Ker je bila raziskava usmerjena predvsem na zgradbe, v katerih smo v preteklih letih že našli povišane koncentracije radona, je odstotek zgradb s koncentracijami radona nad mejno vrednostjo pričakovano višji kot v predhodnih raziskavah. V vrtcih in šolah smo našli 12 % prostorov s povprečno koncentracijo radona nad 1000 Bq m^{-3} in v 29 % prostorov s povprečno koncentracijo radona nad 400 Bq m^{-3} . V delovnih prostorih je bila povprečna koncentracija radona višja od 1000 Bq m^{-3} v 21 % prostorov in višja od 400 Bq m^{-3} v 11 % prostorov. Rezultati naših dosedanjih raziskav kažejo, da lahko v Sloveniji pričakujemo povišane koncentracije radona ($> 400 \text{ Bq m}^{-3}$) v približno 8 % zgradb.

Med kritične šole in vrtce lahko uvrstimo Podružnično šolo Muljava, Glasbeno šolo Ribnica, Osnovno šolo dr. Franceta Prešerna Ribnica, Osnovno šolo Jožeta Krajca Rakek, Podružnično šolo Center Kranj, Osnovno šolo in vrtec Godovič, Osnovno šolo Antona Šebelja-Stijenke in Šolski center Novo mesto. Med kritične delovne prostore pa lahko uvrstimo Psihiatrični kliniko Ljubljana, Psihiatrično bolnišnico Idrija in Zdravstveno postajo Divača. Najbolj kritičen pa je stanovanjski blok v Idriji.

Med preiskovanimi zgradbami je bilo 13 zgradb, v katerih je bila zaradi previsokih nivojev radona sanacija že izvedena in so bile tokratne meritve namenjene kontroli stanja. Zaskrbljujoče je, da v 8 zgradbah koncentracije v vseh prostorih še vedno niso zadovoljivo nizke.

Čeprav smo v nekaterih termah v Sloveniji našli visoke koncentracije radona v termalni vodi, pa radon v zraku ni problem, saj imajo naše terme učinkovite prezračevalne sisteme.

V splošnem so glavni vzrok za povišane koncentracije radona v zgradbah talni jaški. Radon se v jaških kopiči in ker jaški običajno niso dovolj dobro izolirani in zatesnjeni, se širi v prostore nad njimi.

V obeh kraških jamah so izmerjene koncentracije v zgornjem delu rezultatov, ki jih običajno dobimo v kraških jamah.

V zunanjem zraku v bližini odlagališča ekektrofiltrskega pepela koncentracije niso znatno povišane, če jih primerjamo s povprečno koncentracijo v Sloveniji, $14,2 \text{ Bq m}^{-3}$, dobljeno na osnovi enoletnih meritev povprečnih koncentracij radona z detektorji jedrskih sledi na 60 lokacijah po vsej državi.

Letne efektivne doze so za 86 % oseb nižje od 2 mSv in za 11 % oseb nižje od 6 mSv. Okrog 3 % oseb prejme letno efektivno dozo višjo od 6 mSv, od tega 3 osebe nad 50 mSv. Potrebno bo takojšnje ukrepanje za znižanje koncentracij radona v njihovih domovih.

8. LITERATURA

- (1) United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). Sources and Effects of Ionizing Radiation. UNSCEAR Publication, E.94.IX.2, United Nations, New York; 1993.
- (2) International Commission on Radiological Protection (ICRP), Protection against radon-222 at home and at work. Publication 65; Pergamon Press; 1994.
- (3) Uradni list Republike Slovenije. Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti. Št. 67/2002.
- (4) Uradni list Republike Slovenije. Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb. Št. 42/2002.
- (5) Uradni list Republike Slovenije. Pravilnik o pogojih in metodologiji za ocenjevanje doz pri varstvu delavcev in prebivalstva pred ionizirajočimi sevanji. Št. 115/2003.
- (6) Dwivedi, K. K.; Mishra, R.; Tripathy, S. P.; Kulshreshtha, A.; Sinha, D.; Srivastava, A.; Deka, P.; Bhattcharjee, B.; Ramachandran, T. V.; Nambi, K. S. V. Simultaneous determination of radon and thoron and their progeny in dwellings. *Radiat. Meas.* 33:7–11; 2001.
- (7) Commission of the European Communities (CEC). Exposure to Natural Radiation in Dwellings of the European Communities. Working Party Report of the Commission of the European Communities, Luxembourg; May 1987.
- (8) Doll, R. Risks from radon. *Radiat. Prot. Dosim.* 42:149–153; 1992.
- (9) Vaupotič, J.; Križman, M.; Planinič, J.; Pezdič, J.; Adamič, K.; Stegnar, P.; Kobal, I. Systematic radon and gamma measurements in kindergartens and play schools in Slovenia. *Health Phys.* 66:550–556; 1994.
- (10) Vaupotič, J.; Šikovec, M.; Kobal, I. Systematic radon and gamma-ray measurements in Slovenian schools. *Health Phys.* 78:559–562; 2000.
- (11) Popit, A.; Vaupotič, J. Indoor radon concentrations in relation to geology in Slovenia. *Environ. Geol.* 42:330–337; 2002.
- (12) Humar, M.; Šutej, T.; Skvarč, J.; Mljač, L.; Radež, M.; Ilić, R. Indoor and outdoor radon survey in Slovenia by etched track detectors. *Radiat Prot. Dos.* 45:549–552; 1992.
- (13) Kobal, I.; Dujmovič, P.; Vaupotič, J. Raziskave radona v 6 vrtcih in 24 šolah s povišanimi trenutnimi koncentracijami radona v zraku. IJS DP-7671; 1997.
- (14) Rode, M.; Dujmovič, P.; Kobal, I.; Vaupotič, J. Dodatne raziskave radona v vrtcih in šolah s trenutnimi koncentracijami radona med 600 in 1000 Bq m⁻³. IJS DP-7892; 1998.
- (15) Vaupotič, J.; Dujmovič, P.; Svetek, B. Vpliv prezračevanja na koncentracije radona v vrtcih in šolah s povišanimi koncentracijami. IJS DP-8077; 1999.
- (16) Popit, A.; Dujmovič, P.; Vaupotič, J. Koncentracije radona v vrtcih in šolah s povišanimi koncentracijami času kurilne sezone. IJS DP-8233; 2000.
- (17) Roglič, A.; Dujmovič, P.; Vaupotič, J. Dodatne raziskave radona v vrtcih in šolah s trenutnimi koncentracijami radona med 400 in 600 Bq m⁻³. IJS-DP-8410; 2001.

- (18) Vaupotič, J. Indoor radon in Slovenia. Nucl. Technol. Radiat. Prot. 18:36–43; 2003.
- (19) Vaupotič, J.; Kobal, I. Unattached fraction of radon decay products as a crucial parameter for radon dosimetry in Postojna cave = Delež prostih radonovih razpadnih produktov kot kritičen primer v dozimetriji radona v Postojnski jami. Acta Carsol. 33/1:85–100; 2004.
- (20) Vaupotič, J.; Kobal, I. Radon exposure in Slovenian spas. Radiat. Prot. Dosim. 97:265–270; 2001.
- (21) Roglič, A.; Dujmovič, P.; Kobal, I.; Vaupotič, J. Meritve radona in radija v vodovodnih podjetjih. IJS-DP-8449; 2001.
- (22) Vaupotič, J. Radon exposure at drinking water supply plants in Slovenia. Health Phys. 83: 901–906; 2002.
- (23) Vaupotič, J.; Roglič, A.; Dujmovič, P.; Kobal, I. Radon v slovenskih bolnišnicah. IJS-DP-8672; 2002.
- (24) Szerbin, P.; Vaupotič, J.; Csige, I.; Kobal, I.; Hunyadi, I. Radon in vine cellars in Hungary and Slovenia. 6th International Conference on High levels of Natural Radiation and Radon Areas, Osaka, Japonska, 2004, Book of Abstracts, 117; 2004.
- (25) Vaupotič, J. Radon v javnih zgradbah v Sloveniji. IJS-DP-9029; 2004.
- (26) Rushing, D. A.; Garcia, W. J.; Clark, D. A. Analysis of effluents and environmental samples. In: *IAEA (International Atomic Energy Agency) Symposium on Radiological Health and Safety in Mining and Milling of Nuclear Materials*, 12-16 October 1963. Vienna, Austria: International Atomic Energy Agency; 1964:184–197.
- (27) Kristan J, Kobal I. A modified scintillation cell for the determination of radon in uranium mine atmosphere. *Health Phys.* 1973;24:103–104.
- (28) Vaupotič, J.; Ančik, M.; Kobal, I. Alpha scintillation cell for direct measurement of indoor radon. *J. Environ. Sci. & Health A*27:1535–1540; 1992.
- (29) Križman M. *Report on the Intercomparison Experiment for Radon and Progeny in Air*. URSJV RP 47/2001; Nuclear Safety Administration: Ljubljana, 2001;1-7.
- (30) Mihelič, M.; Rupnik, Z.; Satalić, P.; Miklavžič, U. Mikroracunalniški TL analizator IJS MR-200 kao rutinski čitač doze. XIII. Jugoslovanski simpozij za zaščito pred sevanji, Pula, 1985, Zbornik referatov, 641-644, 1985.
- (31) Miklavžič, U.; Mihelič, M.; Sosič, E.; Žele, M. Letne doze zunanjega sevanja v Sloveniji; IJS DP-6696, 1993.
- (32) Health and Safety Laboratory (HDSL). Reporting data. D-08-01, 1983.
- (33) International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources. Safety Series No. 115. International Atomic Energy Agency, Vienna; 1996.
- (34) International Commission on Radiological Protection (ICRP). Lung cancer risk from indoor exposures to radon daughters; Publication 50, Pergamon Press, Oxford, England, 1987.

SEZNAM PRILOG

1. Seznam objektov s program meritev, ki smo ga prejeli od Uprave RS za varstvo pred sevanji
2. Karakteristike detektorjev Radosys
3. Certifikat o kalibraciji kontinuirnega merilnika AlphaGuard
4. Certifikat o kalibraciji kontinuirnega merilnika RTM 2010-2
5. Certifikat o kalibraciji kontinuirnega merilnika EQF 3020-2
6. Poročilo o meritvah hitrosti doz sevanja gama

Priloga 1

Tabela : Seznam objektov

Objekt	Lokacija	Vrsta meritve	Število meritev a+b c+d	Opombe	Kontaktna oseba
Osnovna šola Ketteja in Murna, Koširjeva ulica 2, 1000 Ljubljana	Učilnica 14, prostorček za čistila, WC-ji (lahko krađejo?), odtoki	Osnovne Dodatne	3 + 0 0 + 1	Preveč radona - najti močan vir radona	Alenka Kondrič, ravnateljica, 520 65 70
Psihiatrična klinika Ljubljana, Studenec 48, 1000 Ljubljana	Delavnice Tehničnih služb	Osnovne Dodatne	1 + 0 1 + 0	Preveč radona - ugotoviti vir (pepel?)	Bojan Vatovec, vodja tehničnih služb, 587 21 00 ali 041 718 913
Vzgojno varstveni zavod Ivančna Gorica, Cesta II. grupe odredov 17, 1295 Iv. Gorica	2 enoti (Čebelica v Iv. Gorici in Polžek Višnja Gora)	Osnovne Dodatne	2 + 0 2 + 0	Povišan radon	Branka Kovaček, ravnateljica, 788 71 63
Osnovna šola Stična, cesta II. grupe odredov 40, 1295 Ivančna Gorica	Podružnične šole Muljava (skupaj z vrtcem), Ambrus, Krka, Zgradec, Stična	Osnovne Dodatne	7 + 0 (po 2 v Muljavi in Ambrusu) 1 + 0 (v Muljavi)	Povišan radon v Muljavi in kontrola stanja drugje	Marjan Potokar, ravnatelj, 788 72 60, za Ambrus Tatjana Hren, vodja šole, 780 10 88
Glasbena šola Ribnica, Kolodvorska ulica 10, 1310 Ribnica	Učilnica v kleti in učilnica v podružnici Loški potok	Osnovne Dodatne	2 + 0 2 + 0	Preveč radona pozimi, povišan radon poleti	Bernarda Kogovšek, ravnateljica, 836 97 33
Osnovna šola dr. F. Prešerna Ribnica, Šolska ulica 2, 1310 Ribnica	Objekta B in C po nadstropjih, telovadnica v podružnični šoli Dolenja vas	Osnovne	8 + 0	Ponekod preveč radona (učilnici za gospodinjstvo in tehnični pouk)	France Ivanec, ravnatelj, 835 04 00
Osnovna šola Dobrepolje, Videm 00, 1312 Videm-Dobrepolje	Stari del (učilnica biologije ali kemije), učilnica kemije šole v Strugah in dve učilnici v Podružnični šoli Ponikve	Osnovne	4 + 0	Kontrola stanja	Ivan Grandovec, ravnatelj, 780 72 10
Osnovna šola Primož Trubar Velike Lašče, Šolska ulica 11, 1315 Velike Lašče	Učilnica tehničnega pouka in okrog nje (kabinet, hodnik, gospodinjstvo)	Osnovne Dodatne	4 + 0 1 + 0	Preveč radona - najti vir	Edi Zgonc, ravnatelj, 788 14 10
Osnovna šola Jožeta Krajca Rakek, Partizanska cesta 28, 1381 Rakek	Stara šola na Partizanski 33; Telovadnica v Podružnični šoli Unec, Unec 59	Osnovne Osnovne Dodatne	3 + 0 1 + 0 0 + 1	Še ni merjeno; Preveč radona (najti vir)	Irena Peteh-Kranjc, pomočnica ravnateljice, 705 25 10
Društvo ljubiteljev Križne jame, Bloška	Križna jama (stari/novi rov)	Osnovne	2 + 0	Še ni merjeno	Alojz Troha, 041 632 153

Objekt	Lokacija	Vrsta meritve	Število meritev a+b c+d	Opombe	Kontaktna oseba
polica 7, 1384 Grahovo					
Osnovna šola Heroja Janeza Hribarja, Stari trg pri Ložu, Cesta Notranjskega odreda 32, 1386 Stari trg pri Ložu	Vrtec Iga vas (dve igralnici, garderoba in bližnji prostori)	Osnovne Dodatne	4 + 0 1 + 0	Preveč radona (najti vir)	Tatjana Leskovec, pomočnica ravnateljice, 707 12 57
XY, 1420 Trbovlje	Trbovlje, ob odlagališču pepela zunaj in znotraj hiše	Osnovne TLD	2 + 0 (ena dvojna) 1 + 0	Prošnja prebivalca	Bo znana naknadno
Spošna bolnišnica Maribor, Ljubljanska ulica 5, 2000 Maribor	Upravno infekcijska stavba	Osnovne Dodatne	3 + 0 1 + 0	Povišan radon	Marija Mlinarič ali Franci Petek, varnost in zdravje pri delu, 02 321 10 00
Vinko Javornik, Razborca 5, 2382 Mislinja	Stanovanje	Osnovne	1 + 0	Prošnja stanovalke (elektrofiltrski pepel)	gospa Javornik, 02 885 54 01
Osnovna šola Franja Goloba Prevalje, Polje 4, 2391 Prevalje	Učilnica 2.a (v šolskem letu 2002/03) in sosednja učilnica	Osnovne Dodatne	2 + 0 1 + 0	Preveč radona	Ivan Kušnik, ravnatelj, 02 823 45 00
Osnovna šola Simona Jenka Kranj, Ulica 31. divizije 7A, 4000 Kranj	Podružnica Center, Komenskega 2, 4000 Kranj	Osnovne	4 + 0	Povišan radon	Rudolf Planinšek, pomočnik ravnateljice, 04 255 96 70
Osnovna šola Ivana Groharja, Podlubnik 1, 4220 Škofja Loka	Podružnica Bukovščica 4, 4227 Selca (spodnja učilnica, učilnica 1/2. razred, hodnik, telovadnica)	Osnovne	4 + 0	Kontrola stanja po sanaciji	Zlatko Košič, ravnatelj, 04 506 11 00
Osnovna šola A. T. Linharta Radovljica, Kranjska cesta 27, 4240 Radovljica	Podružnična šola Mošnje, Mošnje 40, 4240 Radovljica	Osnovne	2 + 0	Kontrola stanja po sanaciji	Zlata Rejc, ravnateljica ali Branko Pirih, hišnik, 04 533 75 00
Osnovna šola Idrija, Lapajnetova ulica 50, 5280 Idrija	Podružnična šola Godovič, 5275 Godovič	Osnovne	2 + 0	nova šola (povišan radon v vrtcu)	Marta Pajer-Šemrl, ravnateljica, 05 372 62 00
Vrtec Idrija, Prelovčeva ulica 11, 5280 Idrija	Enota Godovič, 5275 Godovič; Igralnici v OŠ Idrija, Lapajnetova 50	Osnovne Dodatne Osnovne	2 + 0 1 + 0 2 + 0	Povišan radon Preseljeni otroci z Arkove ul.	Silva Križič, ravnateljica, 05 374 33 10
Psihiatrična bolnišnica Idrija, Pot sv. Antona 49, 5280 Idrija	Lekarna	Osnovne Dodatne (kineta)	1 + 0 0 + 1	Preveč radona (tudi poleti)	Franci Smolnikar, vodja vzdrževanja, 05 373 44 00
Stanovanjski blok Rudnika Idrija	Prenuta - Tomšičeva ulica 19, 5280 Idrija (pritlična stanovanja)	Osnovne	4 + 0	Preveč radona	Tatjana Dizdarevič, varstvo pri delu Rudnika Idrija,

Objekt	Lokacija	Vrsta meritve	Število meritev a+b c+d	Opombe	Kontaktna oseba
					05 374 39 20
Vrtec Sežana, Ulica Jožeta Pahorja 1, 6210 Sežana	Enote Jasli, Lokev, Divača in Komen	Osnovne	4 + 0	Kontrola stanja zaradi povišanega radona	Dragica Kranjec, ravnateljica, 05 731 02 20
Zdravstveni dom Sežana, Partizanska cesta 24, 6210 Sežana	Zdravstvena postaja Divača, Ulica 1. maja 1, 6215 Divača	Osnovne Dodatne	3 + 0 0 + 1	Najti močan vir radona	Ljubislava Škibin, dr.med., direktorica, 05 731 14 00 (Sežana), 05 731 14 80 (Divača)
Kraške lekarne Ilirska Bistrica - Podružnica Divača	Lekarna Divača, Ulica 1. maja 1, 6215 Divača	Osnovne	1 + 0	povišan radon	Darinka Turkalj, 05 731 17 80
Osnovna šola Antonia Šibelja-Stjenka, Komen 61A, 6223 Komen	Učilnici 4. razreda 9-letke in tehničnega pouka, telovadnica	Osnovne Dodatne	3 + 0 0 + 1	Preveč radona Najti vir	Nada Lozej, ravnateljica, 05 731 89 20
Občina Komen, Komen 86, 6223 Komen	Občinski prostor v sosednji stavbi (Komen 87)	Osnovne	1 + 0	Se prenavlja, ni še merjeno	Andrejina Nardin, urbanistka, 05 731 04 71 ali mag. Erik Modic, pomočnik župana, 05 731 04 50
Vrtec Ciciban, Ragovska ulica 18, 8000 Novo mesto	Vrtec Marjetica - igralnica "račke"	Osnovne Dodatne	1 + 0 1 + 0	Povišan radon	Olga Žagar Tratar, vodja ZHRP, 07 371 83 11
Glasbeni vrtec Ringa raja Novo mesto	Ragovo 2, 8000 Novo mesto	Osnovne	1 + 0	Še ni merjeno	Andreja Rauch, 07 338 03 55
Šolski center Novo mesto, Šegova ulica 112, 8000 Novo mesto	Učilnici RZ1 in RZ2, kabinet mehanike, jaški	Osnovne Dodatne	3 + 0 1 + 1	Preveč radona preveriti jaške	Drago Ponikvar, tehnične službe, 07 393 21 00
Terme Krka, Ljubljanska cesta 26, 8501 Novo mesto	Terme Dolenjske toplice in Terme Šmarješke toplice, prostori po dogovoru	Osnovne	4 + 0	Še ni merjeno	Trenutno Miro Škufca, referent varstva pri delu, 031 366 363
Osnovna šola Belokranjskega odreda Semič, Šolska ulica 1, 8333 Semič	Sanirana učilnica kemije	Osnovne	1 + 0	Kontrola stanja	Silva Jančan, ravnateljica, 07 356 81 62 ali 07 306 72 35
Osnovna šola Dolenjske Toplice, Pionirska cesta 35, 8350 Dolenjske Toplice	Učilnica kemije in saniran prostor	Osnovne	2 + 0	Kontrola stanja	Darja Brezovar, ravnateljica, 07 384 52 00
Osnovna šola Žužemberk, Baragova cesta 1, 8360 Žužemberk	Podružnična šola Dvor, Dvor 16, 8361 Dvor	Osnovne Dodatne	1 + 0 1 + 0	Čuden porast radona nad 800 Bq/m ³	mag. Jelka Mrvar, ravnateljica, 07 308 70 22
Panonske terme	Terme 3000 (Moravske toplice),	Osnovne	Skupaj 11	Prošnja naročnika - dogovor z Evo	Eva Pintarič, varstvo pri delu,

Objekt	Lokacija	Vrsta meritve	Število meritev a+b c+d	Opombe	Kontaktna oseba
	Terme Radenci, Terme Ptuj, Terme Lendava, Terme Banovci		5 + 0 2 + 0 1 + 0 2 + 0 1 + 0	Pintarič, Radenska, Zdraviliško naselje 12, 9252 Radenci	02 520 10 00

Izvajalec bo v navedenih objektih izvedel 107 osnovnih in 20 dodatnih meritov v skladu z opredelitvami v tabeli. Opredelitev vrste meritov je sledeča:

- a) Osnovne: detektorji jedrskeh sledi (okrog en mesec v zimsko pomladanskem času - februar/marec; izjema je Križna jama, kjer bi bile meritve poleti - julij/avgust);
- b) Osnovne: v Trbovljah se na prostem doda še dozimeter TLD za zunanje gama/beta sevanje, za meritve vsebnosti radona na prostem se na isto mesto nastavita dve posodici z detektorji jedrskeh sledi zaradi zmanjšanja statistične nezanesljivosti;
- c) Dodatne: kontinuirane meritve radona in njegovih potomcev (po okrog en teden) v prostorih: vrtec v Iga vasi, vrtec na Godoviču, šola na Dvoru, psihiatrična klinika v Ljubljani, šola Kette Murn v Ljubljani, šola v Velikih Laščah, vrtci v Muljavi, Ivančni Gorici in Višnji Gori, glasbeni šoli v Ribnici in Loškem potoku, bolnišnica v Mariboru, šola v Prevaljah, psihiatrična bolnišnica v Idriji, en vrtec in srednješolski center v Novem mestu;
- d) Dodatne: iskanje virov radona v jaških, razpokah, kinetah, odtokih, ceveh ali drugih odprtinh s črpanjem vzorcev zraka v scintilacijske ali druge celice - lahko so trenutne ali kontinuirane meritve s preizkušenimi metodami. Lokacije so šola Kette-Murn v Ljubljani (odtok), kineta v lekarni psihiatrične bolnišnice Idrija, špranje v telovadnici šole Komen ter jaški v šolskem centru Novo mesto, v telovadnici šole Unec in v zdravstveni postaji v Divači.

Priloga 2

Detektorji jedrskih sledi:

Quality assurance and quality control of radon measurements at NIRS, Japan

S. Tokonami*, T. Ishikawa, H. Takahashi, Y. Kobayashi, Y. Yatabe, K. Iwaoka, A. Sorimachi, H. Yonehara, Y.

Yamada

National Institute of Radiological Sciences, 4-9-1 Anagawa, Inage-ku, Chiba 263-8555, Japan

Abstract

Since radon is internationally noted as the second cause of lung cancer, many countries are about to solve the problem worldwide. In addition, a new evidence of lung cancer risk has been recently found out with a low level below 200 Bq m⁻³. Thus the action level will have to be set lower than before. Importance of radon exposure has been further recognized and accurate radon concentrations will be required. The NIRS accommodates both radon and thoron chambers for quality assurance and quality control of radon measurements.

KEYWORDS: *radon, thoron, quality assurance, quality control*

1. Introduction

The WHO launched the International Radon Project in January, 2005. The project involves risk assessment, exposure guidelines, cost effectiveness, measurement and mitigation, risk communication and evaluation and coordination. Radon is regarded as the global burden disease and the second cause of lung cancer incidence followed by tobacco smoking. Many countries are about to solve the problem worldwide. In general, residential radon is regulated by the action level with 200-600 Bq m⁻³ of radon concentration based on the ICRP recommendation. Recently a new evidence of lung cancer risk has been found out with a low exposure level below 200 Bq m⁻³^{1), 2)}. Thus the WHO is planning to recommend a new guideline of radon exposure. The action level will be revised with a lower level than before.

From such international circumstances, importance of radon exposure has been recognized again. If the new guideline is set up, an indoor radon survey will be definitely initiated. Although radon concentrations are to be measured in this survey, measurement data have to be sufficiently assured from the viewpoint of their reliability. Alpha track detectors are suitable for large-scale and long-term surveys so as to obtain annual radon concentrations. These detectors are generally calibrated in a well-controlled environment such as a radon chamber. However, Tokonami (2005) has pointed out that some of them are sensitive to thoron³⁾. This finding implies that radon readings will be overestimated and detectors will have to be examined with thoron exposure tests. The NIRS accommodates both radon and thoron facilities for above all the purposes. This study describes quality assurance and control for alpha track detectors with these facilities in detail.

*Corresponding author: Tel: +81-43-206-3018, Fax: +81-43-256-9616, E-mail: tokonami@nirs.go.jp

2. Materials and Methods

2.1 Configuration of Radon/Aerosol Chamber

The NIRS has two chambers. One is a radon chamber, which controls radon concentration and particle size of ambient aerosols as well as environmental factors of temperature and relative humidity. The inner volume is 25 m³ so that many instruments can be accommodated for calibration, evaluation and intercomparison. Radon gas is supplied from ceramic source of Ra-226 located outside of the chamber. In the chamber, a scintillation cell and its associated equipment (Pylon A300 and AB-5) are used for continuous monitoring with the flow-through method and a pulse ionization chamber (AlphaGUARD) is placed in the chamber. In order to assure accurate radon concentrations, a

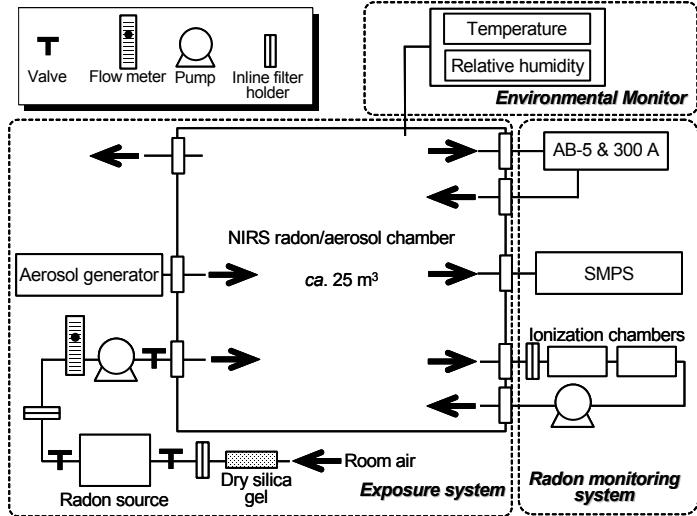


Fig. 1. An arrangement of equipment located outside of the radon/aerosol chamber.

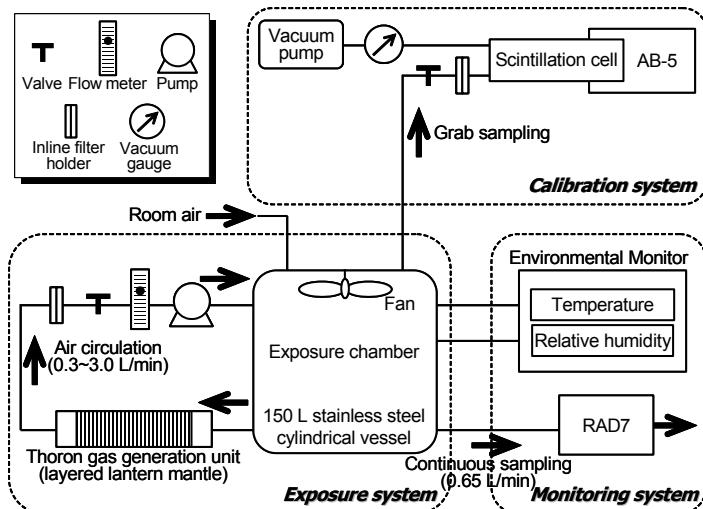


Fig. 2. A block diagram of the NIRS thoron chamber.

2.2 Configuration of Thoron Chamber

The other chamber is for thoron. **Figure 2** illustrates a block diagram of the NIRS thoron chamber. It consists of three components: exposure, monitoring and calibration systems. Since the exposure chamber is small enough to make thoron concentrations uniform with a stirrer fan, only compact detectors can be calibrated. Layered lantern mantles in a plastic cylinder are used as the thoron source. The detailed information is available in Kobayashi et al. (2005)^{5).}

3. Results and Discussion

Figure 3 exemplifies a time variation of radon concentration, temperature and relative humidity. When radon measuring devices are calibrated, they are placed in the chamber and are exposed to radon. The radon concentration is well controlled and is constantly maintained throughout the exposure period. For radon progeny devices, aerosol generators are operated. Aerosol concentrations are so low that a lot of unattached progeny are present in the chamber. The reference method for radon progeny basically involves a ZnS scintillation detector and its associated equipments.

Figure 4 exemplifies a time variation of thoron concentration, temperature and relative humidity. In the thoron chamber, these parameters are not controlled but are continuously monitored. Since importance of thoron has been further recognized, many foreign scientists have started to study about thoron. They worried about interference of thoron to radon measurements and therefore checked their radon detector or designed their own thoron detector. Thus our chamber is frequently used for their performance test and calibration.

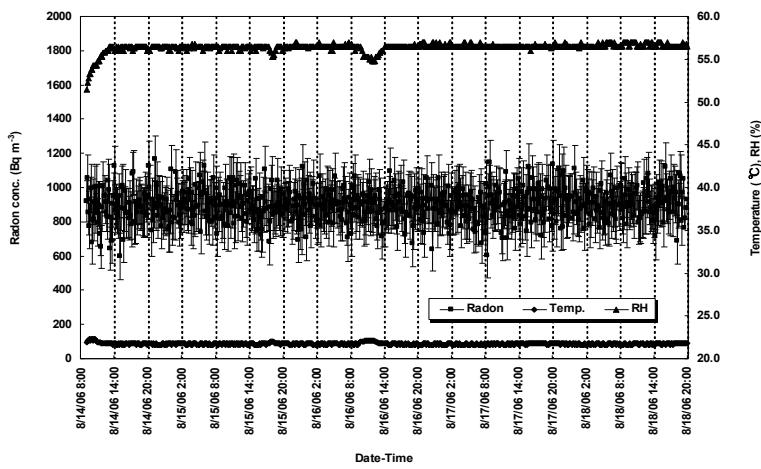


Fig. 3. Time variation of radon concentration, temperature and relative humidity.

4. Conclusion

Quality assurance and quality control of radon measurements at NIRS are described in this paper. Although many indoor radon surveys were carried out, some of them were affected by thoron with their readings. Since importance of thoron has been widely recognized, thoron chamber should be introduced in the QA/QC.

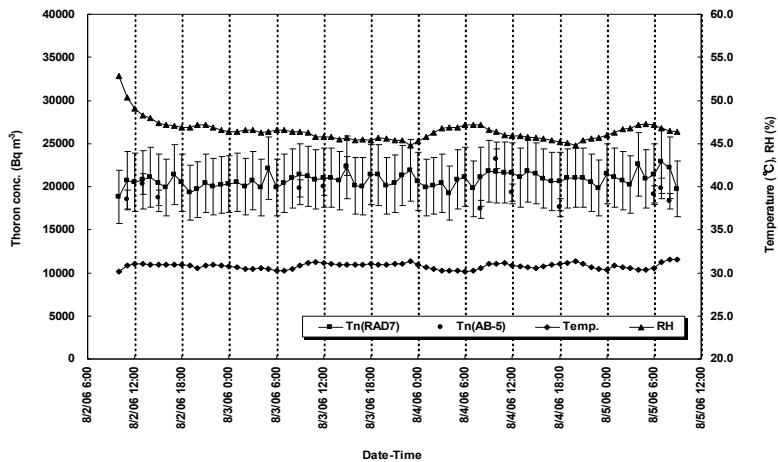


Fig. 4. Time variation of thoron concentration, temperature and relative humidity.

References

- 1) S. Darby, D. Hill, A. Auvinen, J. M. Barros-Dios, H. Baysson, F. Bochicchio, H. Deo, R. Falk, F. Forastiere, M. Hakama, I. Heid, L. Kreienbrock, M. Kreuzer, F. Lagarde, I. Makelainen, C. Muirhead, W. Oberaigner, G. Pershagen, A. Ruano-Ravina, E. Ruosteenoja, A. Schaffrath Rosario, M. Tirmarche, L. Tomasek, E. Whitley, H.-E. Wichmann, R. Doll, Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies, *British Medical Journal*, 330:223, doi:10.1136/bmjj.38308.477650.63, (2005).
- 2) D. Krewski, J. H. Lubin, J. M. Zielinski, M. Alavanja, V. S. Catalan, R. W. Field, J. B. Klotz, E. G. Letourneau, C. F. Lynch, J. I. Lyon, D. P. Sandler, J. B. Schoenberg, D. J. Steck, J. A. Stolwijk, C. Weinberg, H. B. Wilcox, Residential radon and risk of lung cancer, *Epidemiology*, **16**, 137 (2005).
- 3) S. Tokonami, Summary of dosimetry (radon and thoron) studies, International Congress Series 1276, High Levels of Natural Radiation and Radon Areas: Radiation Dose and Health Effects, pp. 151 (2005).
- 4) S. Tokonami, Y. Ishimori, T. Ishikawa, K., Yamasaki, Y. Yamada, Intercomparison exercise of measurement techniques for radon, rodon decay products and their particle size distributions at NIRS, Japanese Journal of Health Physics, **40**, 183 (2005).
- 5) Y. Kobayashi, S. Tokonami, H. Takahashi, W. Zhuo, H. Yonehara, Practicality of the thoron calibration chamber system at NIRS, Japan, International Congress Series 1276, High Levels of Natural Radiation and Radon Areas: Radiation Dose and Health Effects, pp. 281 (2005).

Priloga 3



CERTIFICATE OF CALIBRATION

User: Jozef Stefan Institute, Ljubljana, SI (via AMES d.o.o.)

Instrument: AlphaGUARD S/N EF 1675 manufacturing sequence (16-11)

Date of calibration: 23.01.2007, 21:00 hrs. – 24.01.2007, 09:00 hrs. (1 kBq/m³)
23.01.2007, 10:30 hrs. – 24.01.2007, 15:30 hrs. (10 kBq/m³)

Method of calibration: See attachment: „Factory Calibration at Genitron Instruments' Facilities“

Place of calibration: Factory calibration performed in Genitron Instrument's professional calibration system, Frankfurt/Germany

Calibration based on: Factory reference unit AlphaGUARD S/N EF0501 traceable to

- PTB 1998 Certificate No. 6.101-173/09.98-934, calibration effected Feb. 25 – April 15, 1998, AlphaGUARD S/N EF 934
- NIST Ra-226 source (USA), RM 4968/CP-100
- NPL Rn-222 source (GB), X2/94
- International Calibration Experiment, ICE '94 (see enclosure, sheet 2)

Calibration tolerance: specified by the factory +/- 3 % RMP (Radon Monitoring Proficiency) test performed by EPA Montgomery, USA, states a tolerance of +/- 2 % (see sheet 3)

Exact calibration levels and results:

Target value	Measured value	Radon mean deviation
1190,8 Bq/m ³	1169,4 Bq/m ³	-1,8 %
11027 Bq/m ³	10848 Bq/m ³	-1,62 %

It is stated that all sensor calibration performed is according to the values specified in the technical description of the radon monitor AlphaGUARD.

For further results of different calibration laboratories worldwide see enclosed sheet 4.

GENITRON INSTRUMENTS GMBH
Walter Buerkin, Product Manager

Genitron Instruments GmbH Heerstraße 149 D-60488 Frankfurt am Main Germany
Tel.: ++49 - (0)69 - 97 65 14-0 · Fax ++49 - (0)69 - 76 53 27 · E-Mail: sales@genitron.de

Geschäftsführer
Jean-Claude Gérard Magne
HRB 22722 Frankfurt a. M.

Dresdner Bank AG
BLZ 500 800 00
Konto 240 17 / 000

Frankfurter Volksbank eG
BLZ 501 900 00
Konto 959 111

Postbank Ffm.
BLZ 500 100 60
Konto 400 80-602

Priloga 4



Kalibrierzertifikat / Calibration Certificate

Zertifikat Nr. Certificate No.	CC_RTM2010_00032_2006-08-08		
Gerät Instrument	RM2000	Seriennummer Serial Number	32/10/97

Die Bestimmung der Sensitivität erfolgt anhand einer Vergleichsmessung in einer geschlossenen Kalibrierkammer mit einem Volumen von ca. 12 m³ unter den im Zertifikat angegebenen Bedingungen. Als Vergleichsnormal wird ein kontinuierlich arbeitendes Referenzgerät verwendet, welches einer jährlichen Anschlusskalibrierung durch das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS, DKD akkreditiert durch die PTB) unterzogen wird.

Die Dauer der Vergleichsmessung wird so gewählt, dass der statistische Fehler (3σ Vertrauensintervall) des zu kalibrierenden Gerätes $\pm 5\%$ nicht übersteigt. Der statistische Fehler (3σ Vertrauensintervall) der Referenzmessung ist kleiner $\pm 1\%$, die systematische Abweichung vom Kalibernormal (DKD) beträgt maximal $\pm 8\%$.

Für die Einhaltung der angemessenen Frist von 1 Jahr zur Wiederholung der Kalibrierung ist der Benutzer verantwortlich.

The Sensitivity of the instrument will be determined by comparison to a reference instrument within a sealed 12 m³ calibration chamber under the ambient conditions stated in this certificate. The reference instrument undergoes an annual re-calibration by the German federal office for radiation protection "Bundesamt für Strahlenschutz" (BfS, DKD accredited by PTB).

The duration of the comparison measurement will be set as long to ensure a maximum statistical error (3σ confidence interval) of $\pm 5\%$ for the instrument under calibration. The statistical error (3σ confidence interval) of the reference measurement is below $\pm 1\%$, the systematic deviation related to the calibration standard (DKD) does not exceed $\pm 8\%$.

The user is obliged to have the object recalibrated at the appropriate interval of 1 year.

Energiekalibrierung / Energy Calibration

Verstärkung / Gain	Offset	Tailing Po-214 → Po-216	Tailing Po-216 → Po-218
KeV/channel	keV	%	%
-	-	10	25

Kalibrierbedingungen / Ambient Conditions

Parameter / Parameter	Grenzwerte (Mittelwert) / Limits (Avg.)			Messwerte / Actual Values		
	Einheit Unit	Minimum	Maximum	Minimum	Mittelwert Average	Maximum
Radonkonzentration / Radon Concentration	Bq/m ³	1500	2500	1684	1822	1968
Luftfeuchte / Humidity	%	30	70	60	60	61
Temperatur / Temperature	°C	10,0	30,0	24,1	24,4	24,9
Gleichgewichtsfaktor / Equilibrium Factor	-	0,1	0,7	0,20	0,22	0,24

Kalibrierparameter / Calibration Constants

	Kalibierkonstante / Calibration Factors			Sensitivität / Sensitivity			Stat. Fehler Stat. Error
	K0	K1	K2	5°C/10%RH	20°C/50%RH	30°C/90%RH	
Einheit	cpm/kBq/m ³	g/m ³	cpm/kBq/m ³	cpm/kBq/m ³			%
Fast Mode	1,06	10,00	1,06	2,06	1,51	1,13	3,9
Slow Mode	-	-	-	-	-	-	-
Thoron	0,96	10,00	0,96	1,85	1,36	1,02	3,87

SARAD GmbH Wiesbadener Straße 10 D-01159 Dresden Tel: +49/(0)351-6580712 Fax: +49/(0)351-6580718 e-mail: info@sarad.de	Datum / Date:	08.08.2006	Geprüft:	 Wiesbadener Straße 10 D-01159 Dresden Tel: +49/(0)351-6580712 Fax: +49/(0)351-6580718
	Gültig bis / Valid to:	07.08.2007	Certified:	
RM2000_00032-Kalibrierung_08-08-06.xls				

Priloga 5



Kalibrierzertifikat / Calibration Certificate

Zertifikat Nr. Certificate No.	CC_EQF3020_00022_2006-10-12		
Gerät Instrument	EQF3020	Seriennummer Serial Number	22/03/96

Die Bestimmung der Sensitivität erfolgt anhand einer Vergleichsmessung in einer geschlossenen Kalibrierkammer mit einem Volumen von ca. 12 m³ unter den im Zertifikat angegebenen Bedingungen. Als Vergleichsnormal wird ein kontinuierlich arbeitendes Referenzgerät verwendet, welches einer jährlichen Anschlusskalibrierung durch das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS, DKD akkreditiert durch die PTB) unterzogen wird.

Die Dauer der Vergleichsmessung wird so gewählt, dass der statistische Fehler (3σ Vertrauensintervall) des zu kalibrierenden Gerätes $\pm 5\%$ nicht übersteigt. Der statistische Fehler (3σ Vertrauensintervall) der Referenzmessung ist kleiner $\pm 1\%$, die systematische Abweichung vom Kalibriernormal (DKD) beträgt maximal $\pm 8\%$. Für die Einhaltung der angemessenen Frist von 1 Jahr zur Wiederholung der Kalibrierung ist der Benutzer verantwortlich.

The Sensitivity of the instrument will be determined by comparison to a reference instrument within a sealed 12 m³ calibration chamber under the ambient conditions stated in this certificate. The reference instrument undergoes an annual re-calibration by the German federal office for radiation protection "Bundesamt für Strahlenschutz" (BfS, DKD accredited by PTB).

The duration of the comparison measurement will be set as long to ensure a maximum statistical error (3σ confidence interval) of $\pm 5\%$ for the instrument under calibration. The statistical error (3σ confidence interval) of the reference measurement is below $\pm 1\%$, the systematic deviation related to the calibration standard (DKD) does not exceed $\pm 8\%$. The user is obliged to have the object recalibrated at the appropriate interval of 1 year.

Kalibrierbedingungen / Ambient Conditions

Parameter / Parameter	Grenzwerte (Mittelwert) / Limits (Avg.)			Meßwerte / Actual Values
	Einheit Unit	Minimum	Maximum	
Radonkonzentration / Radon Concentration	Bq/m ³	1500	2500	1935
Gleichgewichtsfaktor / Equilibrium Factor	-	0,2	0,7	0,23
Luftfeuchte / Humidity	%	30	70	68
Temperatur / Temperature	°C	10,0	30,0	22

Kalibrierparameter / Calibration Constants

Radon	93
Attached Progeny	7475
Unattached Progeny	2720

SARAD GmbH
Wiesbadener Straße 10
D-01159 Dresden
Tel: +49/(0)351-6580712
Fax: +49/(0)351-6580718
e-mail: info@sarad.de

Datum / Date: 12.10.2006 Geprüft: *10/03/07*
Gültig bis / Valid to: 11.10.2007 Certified: *10/03/07*

EQF022_11-10-06_KK.xls

SARAD
Wiesbadener Straße 10
D-01159 Dresden
Tel: +49/(0)351-6580712
Fax: +49/(0)351-6580718

Priloga 6

Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija

Jamova 39, 1001 Ljubljana, p. p. 3000 / Tel.: (01) 477 34 76 / Faks: (01) 477 31 51 / www.ijs.si



POROČILO O REZULTATIH MERITEV DOZ

REPORT ON THE DOSE MEASUREMENT RESULTS

Številka:
Number: BBC
PETRA D. 20077/1

Stran:
Page: 1 od 2

Naročnik
Customer Posebne meritve,

Kontaktna oseba
Contact person

dr. Benjamin Zorko

Skupina
Group BBC
PETRA D.

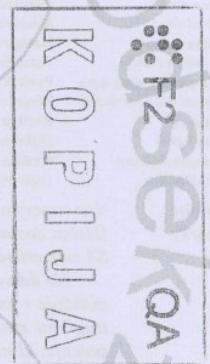
Številka serije
Serial Number 20077

Številka podserije
Subserial Number 1

Datum vrnjenje dozimetrov
Date of dosimeters return 10.7.2007

Merska metoda
Method of measurement Termoluminiscenčna dozimetrija
Thermoluminescent dosimetry

Tip dozimetra
Dosimeter type TLD - CaF₂:Mn - IJS-05



Skupni podatki za izračun korigirane dodatne doze
Specifications to calculate additional dose corrected

Število TL tablet v prponki

Number of TL tablets in the badge

Utežni faktorji tablet

Weighting factors of TL tablets

Prvi korekcijski faktor (f1) - rezerva

First correction factor - for future use

Drugi korekcijski faktor (f2) - svetlobni izkoristek

Second correction factor - light collection efficiency

Tretji korekcijski faktor (f3) - umeritev tablete

Third correction factor - TL tablet calibration factor

Mesečna doza okolja

Monthly background dose

Konteinerska doza

Container dose

Umeritvena konstanta

Calibration constant

3	(D _{oz})	0	D _{oz} ± 0,054D _{oz} [μSv]
0,5	(D _{kon})	60	D _{oz} ± 0,054D _{oz} [μSv]
0,5			
0,88			
0,94			
0,96			
	41	Sv/enoto signala Sv/signal unit	

**SLOVENSKA
AKREDITACIJA**
SIST EN ISO/IEC 17025
LP-022

Meritve opravil Measurement performed <i>Sandi Gobec</i> Sandi Gobec	Tehnični vodja laboratorija Technical manager of the laboratory <i>Boštjan Črnčič</i> Boštjan Črnčič, dipl. inž. fiz.	Datum izdaje poročila Date of report issue 17.7.2007
---	--	--

Poročilo o opravljenih meritvah doz je celovit dokument, zato reproducija posameznih delov brez pismene privolitve IJS ni dovoljena.
The report of dose measurements may not be reproduced other than in full except with prior written permission of issuing laboratory.

REZULTATI MERITEV
RESULTS OF THE MEASUREMENTS

Številka
Number

BBC
 PETRA D. 2007/1

Stran
Page 2 od 2

Datum izdaje TLD <i>Issue date</i>	12.3.2007	Datum meritve TLD <i>Measurement date</i>	17.7.2007	Obdobje uporabe TLD <i>Period of TLD usage</i>	127 dni
Skupina <i>Group</i>	BBC	Število podserij <i>Number of subserials</i>	1		
TLD merilni sistem MR 200 <i>TLD measurement system</i>	3	Datum izpisa <i>Printing date</i>	17.7.2007		

Številka podserije
Subserial ID Number 1

ID številka <i>ID Number</i>	Ime <i>Name</i>	Obdobje obseva <i>Exposure period</i>	Čas obseva <i>Exposure time</i>	Korigirana celotna doza <i>Total dose corrected</i>	Mesečna doza <i>Dose rate</i>	Korigirana dodatna doza <i>Additional dose corrected</i>
000001	1	23.3.2007	6.7.2007	105	288	71

Pojasnila izrazov

Explanation of terms

ID Številka <i>ID Number</i>	Identifikacijska številka za določeno osebo (pripomka TLD) <i>Personal identification number (TLD badge)</i>
Ime <i>Name</i>	Ime nosilca TLD pripomke ali naziv merilnega mesta <i>Name of TLD user or measurement site description</i>
Korigirana celotna doza <i>Total dose corrected</i>	Utežena doza pomnožena s korekcijskimi faktorji f1, f2 in f3 <i>Average dose multiplied by correction factors f1, f2 and f3</i>
Utežena doza <i>Weighted dose</i>	Povprečna izmerjena doza iz tablet, ki so sta v plastičnem ohišju <i>Measured dose averaged over measured tablets in the plastic sheet</i>
Mesečna doza <i>Dose rate (monthly)</i>	Korigirana celotna doza v času obseva, preračunana na mesec <i>Total dose corrected calculated to one month period</i>
Korigirana dodatna doza <i>Additional dose corrected</i>	Prejeta doza nad ozadjem, pomnožena z energijskim faktorjem f5 <i>Absorbed dose above the background dose multiplied by an energy correction factor f5</i>
Čas obseva <i>Exposure time</i>	Razlika med datumom konca obseva in datumom začetka obseva <i>Difference between end and start date of exposure</i>
Čas razpoložljivosti <i>Availability time</i>	Razlika med datumom meritve in datumom izdaje TLD <i>Difference between measurement date and issue date</i>
Opombe <i>Remarks</i>	Vse izmerjene doze so v mejah normalne in ne odstopajo od prejšnjih meritev. <i>All measured doses are within the normal range and do not deviate from previous measurements.</i> Osebni dozimetri so umerjeni na dozo Hp(10) v laboratoriju za dozimetrične standarde na IJS, ki je akreditiran pri SA za meritve veličin v varstvu pred sevanji (ekvivalentna doza) pod št. LK-017. <i>Personal dosimeters are calibrated at the National Institute for Radiation Protection and Nuclear Safety (IJS) against the standard dose Hp(10) for the measurement of radiation levels in protection against ionizing radiation (equivalent dose). It is accredited under reference number LK-017.</i>

Na delovnem mestu (polje sevanja) je dozimetre potrebeno nositi na vidnem mestu (prsa, pas). Če se oseba ne zadržuje v polju sevanja, mora biti dozimeter shranjen v prostoru izven polja sevanja. Se posebej se je potrebno izogibati rentgenskemu sevanju pri zdravstvenih pregledih, pregledih prtljage na letališčih in drugih virov sevanja, ki niso značilni za določeno delovno mesto.

- Negotovosti**
Uncertainties
1. Poročane negotovosti so izračunane v skladu z vodili GUM (1995) in so podane z intervalom zaupanja z 68% zanesljivostjo.
 2. Relativna standardna merilna negotovost korigirane celotne doze je $\pm 5,4\%$.
 3. Mesečna doza: a) če je datum izdaje TLD enak datumu začetka obseva in datum konca obseva enak datumu meritve, je relativna standardna negotovost $\pm 5,4\%$.

b) v vseh ostalih primerih se upošteva standardna negotovost, ki se izračuna iz enačbe:

$$u_{mes}(D_{mes}) = 0,054 \cdot \sqrt{\left(\frac{30,416}{t_n}\right)^2 \cdot D_{kor}^2 + \left(\frac{t_r - t_n}{t_n}\right)^2 \cdot D_{kon}^2}$$

4. Standardna negotovost korigirane dodatne doze se izračuna iz izraza:

$$u_{dod}(D_{dod}) = 0,054 \cdot \sqrt{\left(\frac{t_n \cdot f_5}{30,416}\right)^2 \cdot D_{oz}^2 + \left(\frac{(t_r - t_n) \cdot f_5}{30,416}\right)^2 \cdot D_{kon}^2 + \left(D_{kor} - D_{oz} \frac{t_n}{30,416} - D_{kon} \frac{(t_r - t_n)}{30,416}\right)^2 \cdot 0,86 \cdot f_5^2}$$

Če želite dodatna pojasnila, nas, prosim, pokličite na telefon
If you have any question, do not hesitate to contact us by phone

+ 386 (0)1 4773 476

Elektronska pošta
E-mail bostjan.crnic@ijs.si

h

Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija

Jamova 39, 1001 Ljubljana, p. p. 3000 / Tel.: (01) 477 34 76 / Faks: (01) 477 31 51 / www.ijc.si



POROČILO O REZULTATIH MERITEV DOZ

REPORT ON THE DOSE MEASUREMENT RESULTS

Številka:
Number: BBC
PETRA D. 20077/2

Stran:
Page: 1 od 2

Naročnik
Customer Posebne meritve,

Kontaktna oseba
Contact person

dr. Benjamin Zorko

Štupina
Group BBC
PETRA D.

Številka serije
Serial Number 20077

Številka podserije
Subserial Number 2

Datum vrnitve dozimetrov
Date of dosimeters return 10.7.2007

Merska metoda
Method of measurement Termoluminiscenčna dozimetrija
Thermoluminescent dosimetry

Tip dozimetra
Dosimeter type TLD - CaF₂:Mn - IJS-05

Skupni podatki za izračun korigirane dodatne doze
Specifications to calculate additional dose corrected

Število TL tablet v pripomki Number of TL tablets in the badge	3	0,5
Utežni faktorji tablet Weighting factors of TL tablets	0,5	0,88
Prvi korekcijski faktor (f1) - rezerva First correction factor - for future use	0,88	0,94
Drugi korekcijski faktor (f2) - svetlobni izkoristek Second correction factor - light collection efficiency	0,94	0,96
Tretji korekcijski faktor (f3) - umeritev tablete Third correction factor - TL tablet calibration factor	0,96	0
Mesečna doza okolja Monthly background dose	(D _{0z})	D _{0z} ± 0,054D _{0z} [μSv]
Kontejnierska doza Container dose	(D _{kon})	60 D _{0z} ± 0,054D _{0z} [μSv]
Umeritvena konstanta Calibration constant	41	Sv/enoto signala Sv/signal unit



Meritve opravil Measurement performed Sandi Gobec	Tehnični vodja laboratorija Technical manager of the laboratory Boštjan Črnč, dipl. inž. fiz.	Datum izdaje poročila Date of report issue 17.7.2007
---	---	--

Poročilo o opravljenih meritvah doz je celovit dokument, zato reproducija posameznih delov brez pismene privolitve IJS ni dovoljena.
The report of dose measurements may not be reproduced other than in full except with prior written permission of issuing laboratory.

REZULTATI MERITEV
RESULTS OF THE MEASUREMENTS

Številka
Number

BBC
 PETRA D. 2007/2

Stran
Page 2 od 2

Datum izdaje TLD <i>Issue date</i>	2.4.2007	Datum meritve TLD <i>Measurement date</i>	17.7.2007	Obdobje uporabe TLD <i>Period of TLD usage</i>	106 dni
Skupina <i>Group</i>	BBC PETRA D.	Število podserij <i>Number of subserials</i>	1		
TLD meritni sistem MR 200 <i>TLD measurement system</i>	3	Datum izpisa <i>Printing date</i>	17.7.2007		

Številka podserije 2
Subserial ID Number

ID številka <i>ID Number</i>	Ime <i>Name</i>	Obdobje obseva <i>Exposure period</i>	Čas obseva <i>Exposure time</i>	Korigirana <i>Total dose</i>	Mesečna doza <i>Dose rate</i>	Korigirana <i>Additional dose</i>
		začetek <i>Begin</i>	konec <i>End</i>	corrected [μSv]	[μSv / mesec] <i>[μSv/month]</i>	corrected [μSv]
000001	1	2.4.2007	6.7.2007	95	185	53
						166

Pojasnila izrazov

Explanation of terms

ID Številka <i>ID Number</i>	Identifikacijska številka za določeno osebo (priponka TLD) <i>Personal identification number (TLD badge)</i>
Ime <i>Name</i>	Ime nosilca TLD priponke ali naziv merilnega mesta <i>Name of TLD user or measurement site description</i>
Korigirana celotna doza <i>Total dose corrected</i>	Utežena doza pomnožena s korekcijskimi faktorji f1, f2 in f3 <i>Average dose multiplied by correction factors f1, f2 and f3</i>
Utežena doza <i>Weighted dose</i>	Povprečna izmerjena doza iz tablet, ki so/sta v plastičnem ohišju <i>Measured dose averaged over measured tablets in the plastic sheet</i>
Mesečna doza <i>Dose rate (monthly)</i>	Korigirana celotna doza v času obseva, preračunana na mesec <i>Total dose corrected calculated to one month period</i>
Korigirana dodatna doza <i>Additional dose corrected</i>	Prejeta doza nad ozadjem, pomnožena z energijskim faktorjem f5 <i>Absorbed dose above the background dose multiplied by an energy correction factor f5</i>
Čas obseva <i>Exposure time</i>	Razlika med datumom konca obseva in datumom začetka obseva <i>Difference between end and start date of exposure</i>
Čas razpoložljivosti <i>Availability time</i>	Razlika med datumom meritve in datumom izdaje TLD <i>Difference between measurement date and issue date</i>

Opombe Vse izmerjene doze so v mejah normalne in ne odstopajo od prejšnjih meritiv.
Remarks Osebni dozimetri so umerjeni na dozo Hp(10) v laboratoriju za dozimetrične standarde na IJS, ki je akreditiran pri SA za meritve veličin v varstvu pred sevanji (ekvivalentna doza) pod št. LK-017.

Na delovnem mestu (polje sevanja) je dozimetre potrebeno nositi na vidnem mestu (prsa, pas). Če se oseba ne zadržuje v polju sevanja, mora biti dozimeter shranjen v prostoru izven polja sevanja. Se posebej se je potrebno izogibati rentgenskemu sevanju pri zdravstvenih pregledih, pregledih prtljage na letališčih in drugih virov sevanja, ki niso značilni za določeno delovno mesto.

- Negotovosti** 1. Porocane negotovosti so izračunane v skladu z vodili GUM (1995) in so podane z intervalom zaupanja z 68% zanesljivostjo.
Uncertainties 2. Relativna standardna merilna negotovost korigirane celotne doze je $\pm 5,4\%$.
 3. Mesečna doza: a) če je datum izdaje TLD enak datumu začetka obseva in datumu konca obseva enak datumu meritve, je relativna standardna negotovost $\pm 5,4\%$.

b) v vseh ostalih primerih se upošteva standardna negotovost, ki se izračuna iz enačbe:

$$u_{mes}(D_{mes}) = 0,054 \cdot \sqrt{\left(\frac{30,416}{t_n}\right)^2 \cdot D_{kor}^2 + \left(\frac{t_r - t_n}{t_n}\right)^2 \cdot D_{kon}^2}$$

4. Standardna negotovost korigirane dodatne doze se izračuna iz izraza:

$$u_{dod}(D_{dod}) = 0,054 \cdot \sqrt{f_5^2 \cdot D_{kor}^2 + \left(\frac{t_n \cdot f_5}{30,416}\right)^2 \cdot D_{oz}^2 + \left(\frac{(t_r - t_n) \cdot f_5}{30,416}\right)^2 \cdot D_{kon}^2 + \left(D_{kor} - D_{oz} \frac{t_n}{30,416} - D_{kon} \frac{(t_r - t_n)}{30,416}\right)^2 \cdot 0.86 \cdot f_5^2}$$

Če želite dodatna pojasnila, nas, prosim, pokličite na telefon + 386 (0)1 4773 476 Elektronska pošta E-mail bostjan.crnic@ijs.si
If you have any question, do not hesitate to contact us by phone

h