

IJS delovno poročilo
IJS-DP-11219
Ljubljana, februar 2013

Nadzor radioaktivnosti Centralnega skladišča radioaktivnih odpadkov v Brinju

POROČILO ZA LETO 2012

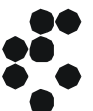


Izvajalca meritev:

Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija

Zavod za varstvo pri delu (ZVD), d.d.

Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija





Naročnik: Agencija za radioaktivne odpadke, Celovška 182, Ljubljana

Izvajalec: Institut "Jožef Stefan", Ljubljana (IJS)

Naslov poročila: Nadzor radioaktivnosti Centralnega skladišča radioaktivnih odpadkov v Brinju – POROČILO ZA LETO 2012

Odgovorni nosilec naloge: dr. Marijan Nečemer

Avtor poročila: mag. Matjaž Stepišnik, pooblaščen izvedenec iz varstva pred sevanji

Štev.del.por. IJS: IJS-DP-11219

Štev. projekta ARAO: 04-04-040-002

Izvajalci meritev na IJS: Drago Brodnik, Boštjan Črnič, dipl. inž. fiz., mag. Denis Glavič-Cindro, Sandi Gobec, dr. Marijan Nečemer, mag. Branko Vodenik, dr. Benjamin Zorko

Izvajalec meritev na ZVD: Peter Jovanovič, inž- fiz.

Kopije: ZIC (IJS knjižnica)
arhiv enote
ARAO

Izvedba meritev je usklajena z zahtevami programov za zagotovitev kakovosti IJS.

	<i>Ime in priimek</i>	<i>Datum</i>	<i>Podpis</i>
<i>Pripravil</i>	mag. Matjaž Stepišnik		
<i>Pregledal</i>	dr. Marijan Nečemer		
<i>Odobril</i>	prof. dr. Jadran Lenarčič		



NASLOV POROČILA:

Nadzor radioaktivnosti Centralnega skladišča radioaktivnih odpadkov v Brinju –
Poročilo za leto 2012

KLJUČNE BESEDE:

radioaktivno onesnaženje okolja, tekočinski radioaktivni izpusti, umetni in naravni radionuklidi, specifična aktivnost radionuklidov, doza zunanjega sevanja, ocena učinkovitih doz, referenčna skupina iz prebivalstva

POVZETEK:

Sumarni rezultati meritev radioaktivnosti umetnih in naravnih radionuklidov so podani z ocenami učinkovitih doz. Dozna obremenitev na posameznika iz referenčne skupine prebivalstva (okoliški kmet) je bila v letu 2012 konzervativno ocenjena na 0,02 $\mu\text{Sv}/\text{leto}$.

IJS-Report-11219
February 2013

REPORT TITLE:

Monitoring of Central LILW Storage Facility at Brinje –
Report for the year 2012

KEYWORDS:

Radioactive contamination of the environment, liquid radioactive effluents, man-made and natural radionuclides, specific activity, external radiation doses, effective dose assessment, reference population group

ABSTRACT:

Summarized results of radioactivity of man-made and natural radionuclides are presented and conservative dose burdens are estimated. Effective dose is conservatively estimated to less than 0.02 μSv per year for the reference group (local farmer) in the year 2012.



VSEBINA

1	Uvod	IV
2	Ovrednotenje meritev	1
2.1	Povzetek	1
2.2	VZORČEVALNA MESTA	2
2.3	EMISIJE	3
2.3.1	VODA (podzemni rezervoar)	3
2.3.2	ZRAK (radon v skladišču)	3
2.4	MERITVE V OKOLJU	4
2.4.1	ZUNANJE SEVANJE.....	4
2.4.2	ZRAK (radon v okolju).....	9
2.4.3	VODA (podtalnica).....	10
2.5	VZDRŽEVANJE PRIPRAVLJENOSTI	10
2.5.1	MERITVE KONTAMINACIJE TAL	10
2.5.2	TALNI USED.....	11
3	Ocena vpliva na okolje	11
3.1	Atmosferski izpusti	11
3.2	Tekočinski izpusti.....	12
3.3	Ocena prejete doze	12
4	Merski rezultati	14
4.1	Program nadzora	14
	(A) - Meritve emisij	14
	(B) - Meritve imisij	15
	(C) – Vzdrževanje pripravljenosti.....	16
4.2	Tabele meritev programa A, B in C	17
4.2.1	Voda (podzemni rezervoar).....	17
4.2.2	Zunanje sevanje.....	17
4.2.3	Zrak.....	18
4.2.4	Voda (podtalnica)	18
4.2.5	Meritve kontaminacije tal	19
4.2.6	Talni used	19
4.3	Enote in nazivi količin	20
4.4	Orientacijske spodnje detekcijske meje za VLG spektrometrijo.....	21
4.5	Rezultati mednarodnih primerjalnih meritev	22
4.5.1	IAEA, Analytical Quality Control Services, Avstrija.....	22
4.6	Referenčna dokumentacija	24



1 UVOD

V poročilu so podani in ovrednoteni rezultati meritev radioaktivnosti v Centralnem skladišču radioaktivnih odpadkov v Brinju za leto 2012. Osnova za monitoring radioaktivnosti je Program nadzora okolja skladišča, ki je opredeljen v Varnostnem poročilu za CSRAO v Brinju, rev. 0, ARAO-0401026000/07, december 2007. Program je bil odobren s strani URSJV z odobritvijo Varnostnega poročila. Program je skladen s Pravilnikom o monitoringu radioaktivnosti (JV10, Ur. l. RS, št. 20/2007).

Poročilo obsega evalvacijo letnih doznih obremenitev za glavne prenosne poti izpostavitve. Ovrednotenje merskih podatkov je bilo opravljeno na podlagi mesečnih poročil. Rezultati meritev so predstavljeni v obliki tabel v poglavju Merski rezultati.

Izvajalca programa vzorčevanja in meritev sta Institut "Jožef Stefan" (IJS) in Zavod za varstvo pri delu (ZVD). Obe organizaciji imata pooblastilo URSJV za izvajanje monitoringa.

Koncentracije sevalcev gama v vzorcih vode in talnem usedu so bile izmerjene v *Laboratoriju za radiološke merilne sisteme in meritve radioaktivnosti (LMR)* na *Odseku za fiziko nizkih in srednjih energij, IJS*. Meritve so bile izvedene v skladu s sistemom zagotovitve kakovosti, ki ustreza zahtevam standarda *SIST ISO/IEC 17025:2005*. LMR je od marca 2003 akreditiran pri Slovenski akreditaciji (št. akreditacijske listine LP-022).

Meritve doze zunanjega sevanja TLD so opravili sodelavci *Laboratorija za termoluminiscenčno dozimetrijo*, ki deluje v okviru *Odseka za fiziko nizkih in srednjih energij na IJS*. Laboratorij za termoluminiscenčno dozimetrijo je akreditiran pri Slovenski akreditaciji za izvajanje osebne in okoljske dozimetrije. Z akreditacijsko listino št. LP-022 z dne 4. 7. 2005 laboratoriju Slovenska akreditacija priznava izpolnjevanje zahtev standarda *SIST EN ISO/IEC 17025:2005* pri tej dejavnosti.

Meritve koncentracije radona z detektorji jedrskih sledi so opravili sodelavci *Zavoda za varstvo pri delu (ZVD)* preko laboratorija *Gammadata Landauer* iz Švedske. Sodelavci ZVD so opravili vzorčenje po postopku, akreditiranem pri Slovenski akreditaciji pod št. LP-032, meritve pa so opravili v laboratoriju *Gammadata Landauer*, ki je za to metodo akreditiran skladno z standardom *SIST EN ISO/IEC 17025:2005* pri švedski akreditacijski službi SWEDAC.

V letu 2012 so kot običajno v Brinju potekale aktivnosti sprejema radioaktivnih odpadkov (RAO) malih povzročiteljev v skladišče RAO. Sodelavci ARAO so v sodelovanju z IJS v drugi polovici leta v objektu vroča celica (OVC) izvajali demontažo radioaktivnih javljalnikov požara (JAP). Zaradi tega je redno potekal interni transport JAP med skladiščem in OVC. Izvajale so se tudi nadzorne meritve radioaktivnosti, redni pregledi skladišča in obiski obiskovalcev (inšpekcijski pregledi, drugi obiski).



2 OVREDNOTENJE MERITEV

2.1 POVZETEK

Redni nadzor radioaktivnosti Centralnega skladišča radioaktivnih odpadkov v Brinju obsega meritve emisij (meritev izpustov), meritve imisij (meritev v okolju) in vzdrževanje pripravljenosti. Izpostavitve sevanju se ocenjuje na podlagi meritev izpustov (emisij) in z uporabo ustreznih modelov, saj so rezultati meritev v okolju običajno pod mejo detekcije.

Emisije

Meritve emisij obsegajo meritve radona in potomcev v skladišču. Na podlagi teh meritev smo s pomočjo izdelanega modela ocenili atmosferske izpuste radona. Radon namreč izhaja iz radioaktivnih odpadkov (RAO), ki vsebujejo radioaktivne elemente uranovega razpadnega niza (z radijem kontaminirani odpadki). Prispevek radona v skladišču je predvsem posledica skladiščenih RAO, del pa je posledica naravnega okolja. Deleža prispevka iz naravnega okolja (prehod radona skozi stene) ni mogoče oceniti.

Na podlagi opravljenih meritev smo ocenili, da je bila povprečna letna hitrost izpuščanja radona iz skladišča okrog 6 Bq/s. Zmanjšanje izpustov v letih od 2009 do 2012 je posledica prepakiranja in dobre zatesnitve radijevih odpadkov v novo embalažo v letu 2008. Skupni povprečni letni izpust radona ocenjujemo na okrog 0,2 GBq.

Skladišče je pasiven objekt in redno ne proizvaja tekočih izpustov. To potrjujejo tudi rezultati meritev vsebnosti radionuklidov v odpadnih vodah, ki se zbirajo v podzemnem rezervoarju.

Imisije

Meritve imisij obsegajo meritve zunanjega sevanja s TL dozimetri, meritve vsebnosti radionuklidov v podtalnici in meritve radona v okolici skladišča. Meritve zunanjega sevanja kažejo, da njegova raven pade na naravno ozadje že v neposredni bližini transportnih vrat skladišča. Vpliv skladišča iz meritev podtalnice ni bil zaznan. Meritve radona v neposredni okolici skladišča kažejo običajne koncentracije v okolju. Vpliva v okolju zaradi majhnih izpustov radona ni mogoče zaznati.

Ocena izpostavitve

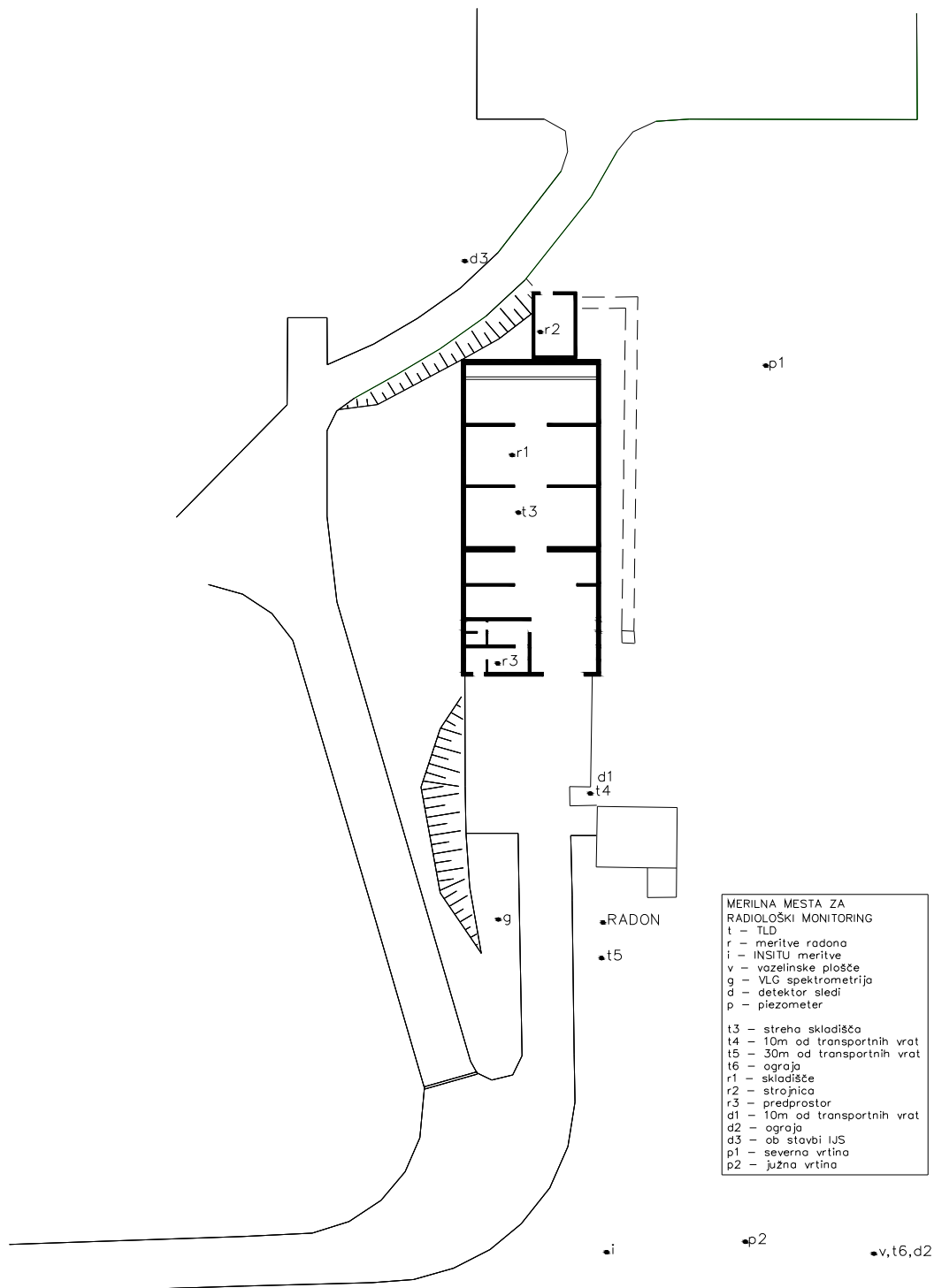
Pri izpostavljenosti referenčnih skupin prebivalstva sta obravnavani glavni prenosni poti: notranja obsevanost zaradi inhalacije radonovih potomcev in neposredno zunanje sevanje iz objekta. Na podlagi ocene emisij v okolje in imisijskih meritev je bila narejena konzervativna ocena prejetih doz za tri skupine: varnostnika reaktorskega centra, ki se giblje okoli skladišča, okoliškega kmeta, ki se zadržuje na zunanji strani ograje reaktorskega centra in delavca IJS, ki ima pisarno v neposredni bližini skladišča.

Efektivna letna doza zaradi vdihavanja radona in potomcev, ki jo je po tem modelu prejel okoliški kmet, je 0,02 μ Sv. Efektivna letna doza, ki sta jo prejela varnostnik in zaposleni na Reaktorskem centru je manj kot 0,9 μ Sv.



2.2 VZORČEVALNA MESTA

Na sliki 1 so podane lokacije vzorčevanja iz programa nadzora radioaktivnosti za leto 2012.



Slika 1: Shematski prikaz vzorčevalnih mest



2.3 EMISIJE

2.3.1 VODA (podzemni rezervoar)

Vzorčevanje vode poteka iz podzemnega rezervoarja, ki je bil zgrajen lokaciji (slika 1, lokacija g) ob pomožnem objektu. V njem se zbira odpadna sanitarna voda iz umivalnice in kondenzat sušenja zraka skladiščnega prostora. Vzorčevanje in meritve vode v podzemnem rezervoarju je opravil IJS v juniju. Tekočinski vzorec je bil analiziran po izparevanju (koncentriranju) in homogenizaciji.

Iz tabele 4 je razvidno, da v podzemnem rezervoarju niso več prisotni umetni radionuklidi (razen cezija). V podobnih koncentracijah kot v preteklih letih je bil izmerjen Cs-137, ki je najverjetneje povezan z globalno kontaminacijo in ne z vplivom skladišča. V preteklih letih sta se občasno pojavljala Co-60 in Am-241.

Koncentracije naravnih radionuklidov v podzemnem rezervoarju so običajne za površinske ali podzemne vode v naravnem okolju.

2.3.2 ZRAK (radon v skladišču)

Izpuste radona in potomcev v okolje se ocenjuje preko meritev trenutne koncentracije radona v skladišču. Radon se preko prezračevalnega sistema širi v okolje, medtem ko radonovi potomci ostanejo na filtrih. Meritve radona v skladišču sta opravila služba za varstvo pred sevanji ARAO in ZVD s kontinuirnim merilnikom radona ALPHAGUARD.

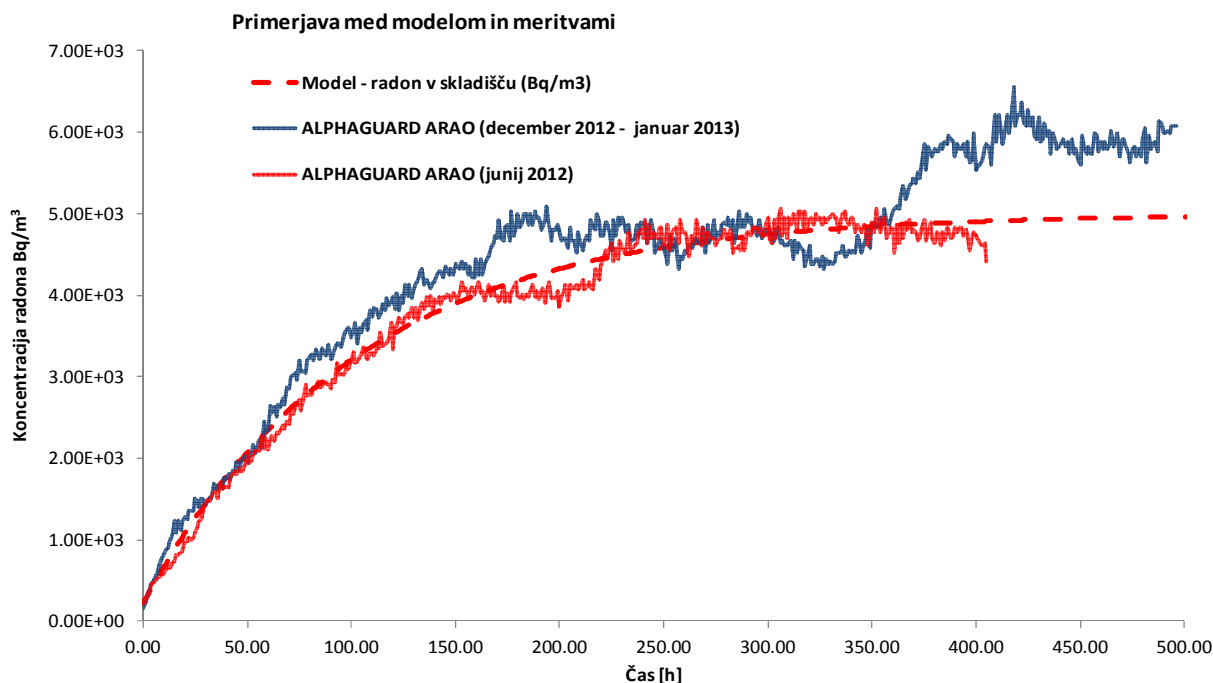
V preteklih letih se je koncentracija radona v skladišču izrazito spreminjala. Prvotno je bila koncentracija radona, kadar v skladišču ni bilo prisilnega prezračevanja, do 8000 Bq/m^3 . Po rekonstrukciji skladišča leta 2004 je koncentracija radona v zaprtem skladišču pri zaprtih loputih za dovod svežega zraka narasla na okrog 20.000 Bq/m^3 . Visoke koncentracije radona so bile posledica slabega tesnjenja sodov, ki so vsebovali radij. Leta 2008 je potekal projekt prepakiranja RAO ("Izboljšanje ravnanja z institucionalnimi RAO v Sloveniji"). V okviru projekta so bili prepakirani tudi radijevi odpadki. Radij, ki je bil vzrok za visoke koncentracije radona, je bil hermetično zavarjen v novo embalažo. Najpomembnejše je bilo prepakiranje soda, ki je vseboval radijevo barvo in radijeva mačja očesa. Zaradi tega je koncentracija radona v skladišču ob koncu leta 2008 padla na okrog 4000 Bq/m^3 . Bistveno nižje koncentracije radona v skladišču omogočajo boljše delovne pogoje.

Vsako leto se redno izvajajo kontinuirne meritve radona v skladišču (vsaj dvakrat letno). Na ta način se nadzira stanje embalaže, v kateri je radij. Meritve trajajo tri tedne pri zaprtem in neprezračevanem skladišču. Najvišja (ravnovesna) koncentracija je dosežena v približno 14 dneh. Takrat se vzpostavi ravnovesje med nastajanjem, razpadom in izpusti radona iz skladišča. Radon namreč delno uhaja iz skladišča tudi kadar skladišča ne prezračujemo in so zatesnjene vse prezračevalne odprtine.

V letu 2012 je bila najvišja izmerjena koncentracija radona v zaprtem in neprezračevanem skladišču okrog 6600 Bq/m^3 v zimskem obdobju, kar je podobno kot v letu 2011 (graf 1). Najvišja koncentracija radona v poletnih mesecih je bila okrog 5100 Bq/m^3 . Že nekaj let zapored opažamo najvišje izmerjene koncentracije radona v zimskih mesecih. Za skladišče je bil v preteklih letih (pred letom 2008) značilen obraten trend nižjih koncentracij radona v zimskih mesecih kot v poletnih mesecih.



Podobno kot v preteklih letih smo po isti metodologiji iz meritev naraščanja koncentracije radona pri neprezračevanem in zaprtem skladišču ocenili izpuste radona v okolje (glej poglavje Atmosferski izpusti).



Graf 1: Rezultati meritev spreminjanja koncentracije radona v skladišču po ustavitvi prezračevanja izmerjene v poletnem in zimskem obdobju. Na grafu je tudi krivulja, ki jo dobimo s prilaganjem modelskih parametrov na realne meritve izvedene v juniju.

2.4 MERITVE V OKOLJU

2.4.1 ZUNANJE SEVANJE

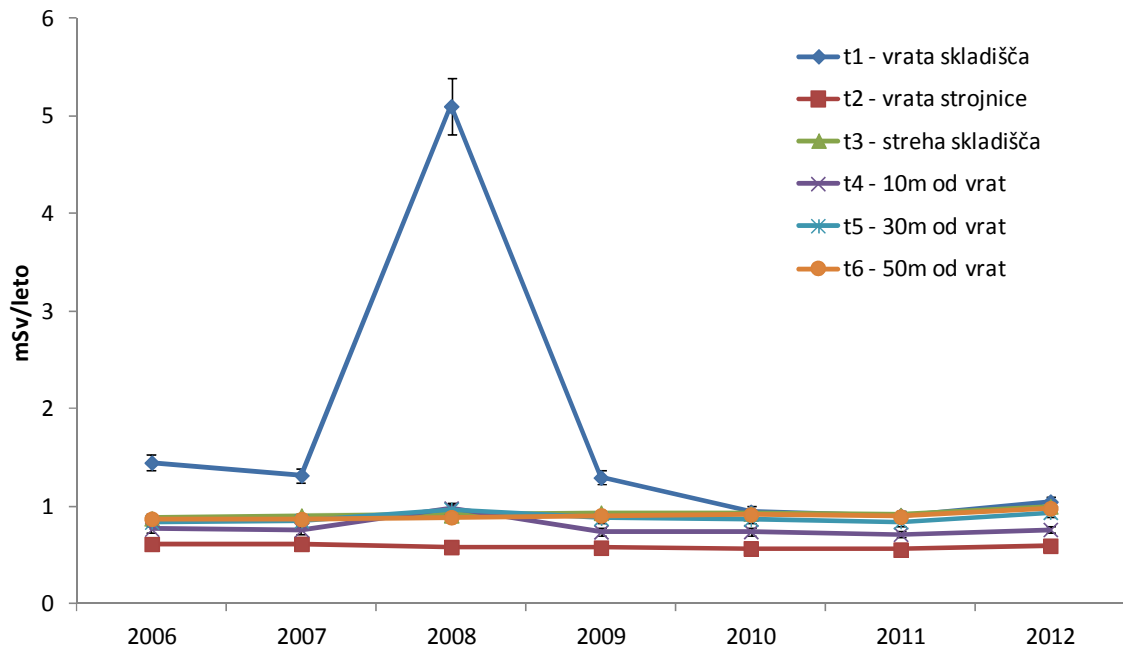
V okviru nadzora se izvajajo meritve zunanjega sevanja s TL dozimetri na petih lokacijah in sicer na vratih skladišča, na vratih strojnice, na strehi skladišča, 10 m od vrat skladišča in 30 m od tovornih vrat skladišča. TL dozimetri se menjavajo enkrat mesečno. Dodatno se izvajajo meritve tudi na referenčni lokaciji na ograji Reaktorskega centra 50 m od skladišča. Rezultati meritev so v tabeli 5 ter na grafih 2 in 3. Meritve je opravil IJS, Odsek za fiziko nizkih in srednjih energij, Laboratorij za TLD.

Izmerjena letna doza (okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$) na vratih skladišča je znašala 1,05 mSv (0,91 mSv v letu 2011). Iz grafa 2 je razvidno, da se je zunanje sevanje ob vratih skladišča zmanjšalo glede na leta pred letom 2009. Zmanjšanje je predvsem posledica prepakiranja RAO v ustrežnejšo embalažo in boljša razmestitev RAO v skladišču. Na povečanje zunanjega sevanja pri transpornih vratih lahko vpliva tudi več aktivnosti obdelave in priprave RAO (pogostejše premikanje sodov).

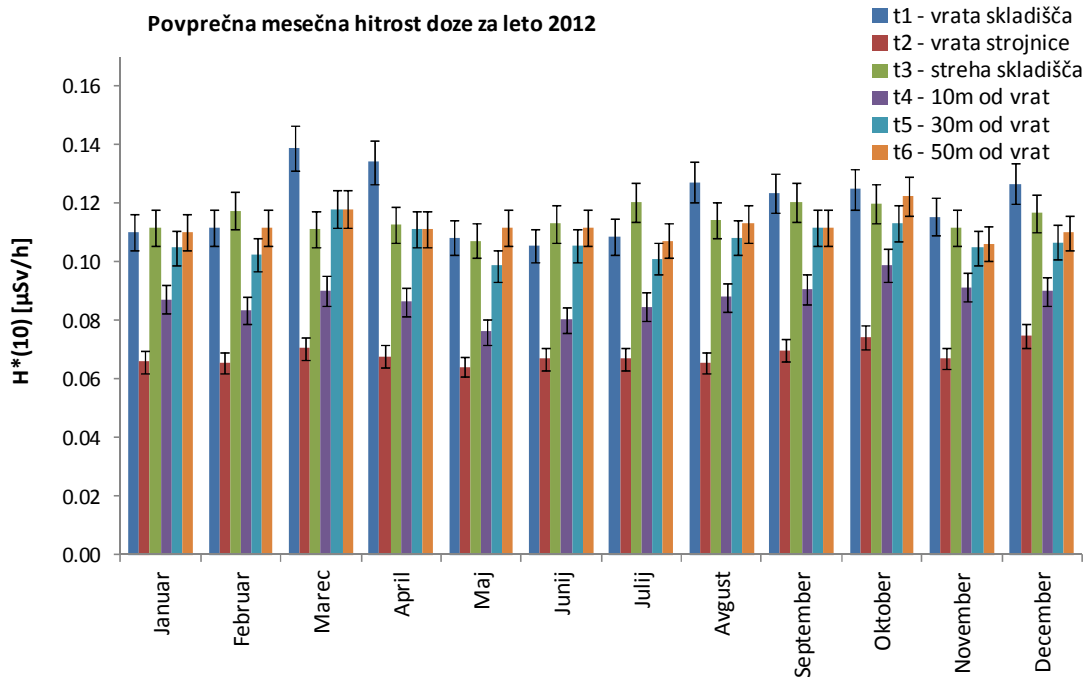
Zunanje sevanje je tako sedaj tudi na tovornih vratih skladišča primerljivo z naravnim ozadjem in bistveno nižje od zakonskih zahtev ($0,5 \mu\text{Sv/h}$). Največja povprečna mesečna hitrost doze je bila



izmerjena na vratih skladišča v mesecu marcu 0,14 $\mu\text{Sv/h}$ (graf 3). Minimalno povišane vrednosti v marcu na vratih skladišča so povezane z sprejemom novih RAO. Na strehi skladišča in ob strojnici so bile letne doze na nivoju običajnega naravnega ozadja. Razlike med posameznimi lokacijami so bolj odvisne od sestave tal (naravne radioaktivnosti, vlažnosti), kot od sevanja iz samega skladišča. Iz meritev lahko zaključimo, da je bil vpliv skladišča iz vidika zunanjega sevanja nemerljiv, saj je bila izmerjena letna doza 10 m od vrat 0,76 mSv in je bila nižja kot na referenčni lokaciji na ograji RC (0,98 mSv). Podobno je bilo tudi 30 m od skladišča (letna doza 0,94 mSv), kjer je zunanje sevanje nižje od referenčne lokacije. Nižji nivoji sevanja ob skladišču so posledica manjše prisotnosti naravne radioaktivnosti v asfaltnih in betonskih materialih kot v običajni zemlji.

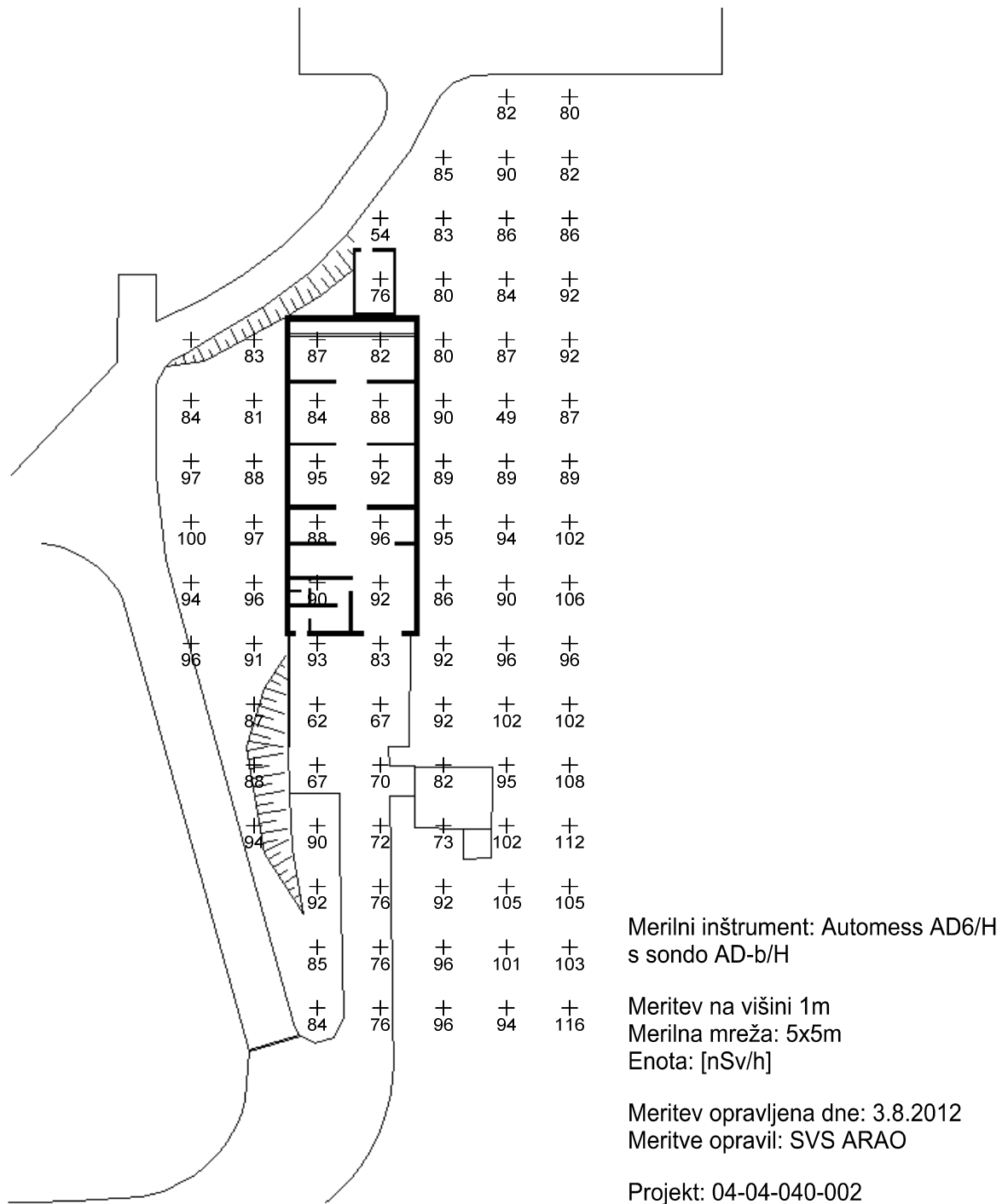


Graf 2: Rezultati meritev zunanjega sevanja s TLD okrog skladišča



Graf 3: Povprečne mesečne hitrosti doze zunanjega sevanja v okolici skladišča leta 2012

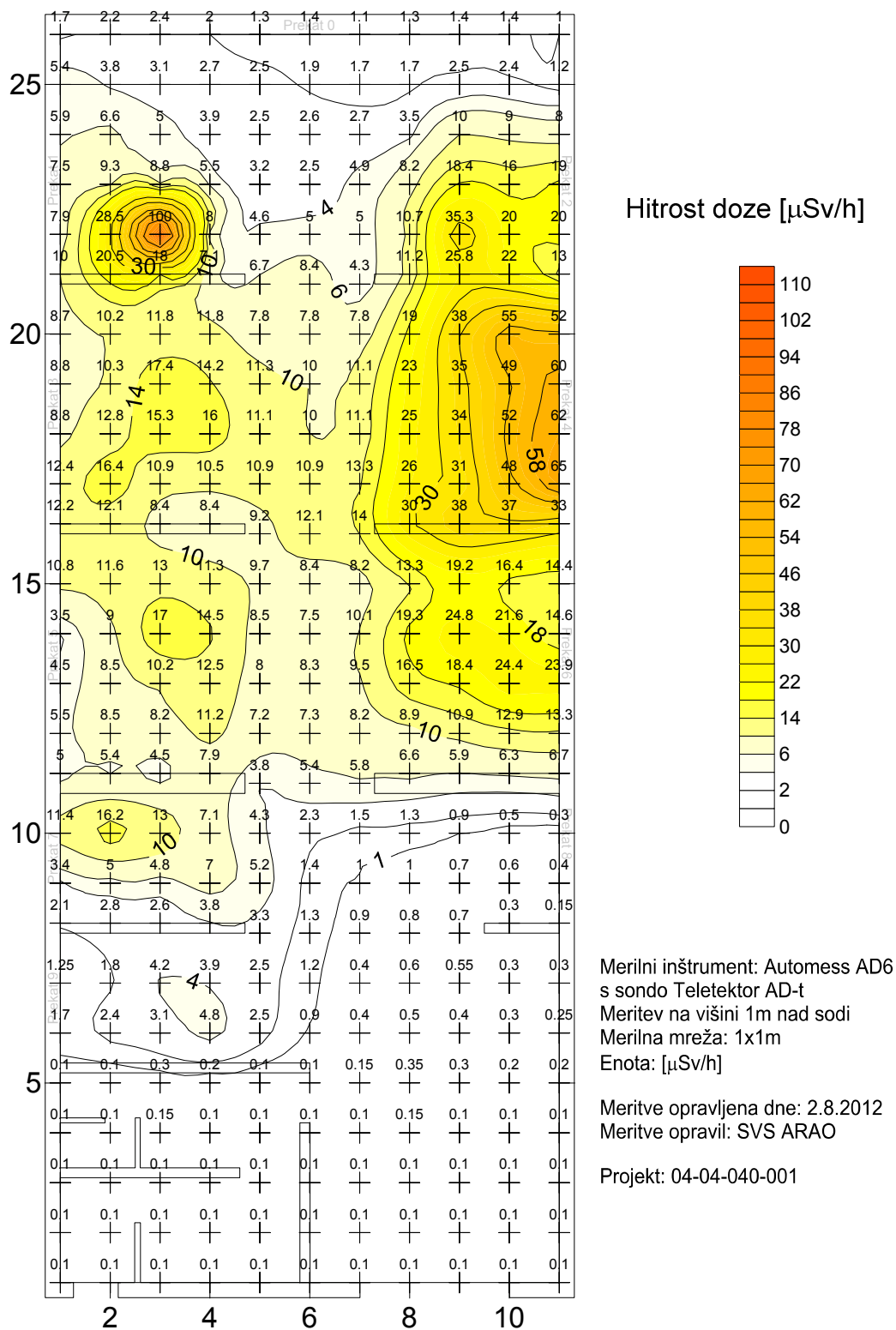
Kot dopolnilni nadzor so bile izvedene tudi meritve hitrosti doze s prenosnimi merilniki na višini 1 m v okolici skladišča v mreži 5 m × 5 m (slika 2). Meritve so opravili delavci ARAO v sklopu nadzora sevanja. Izmerjene hitrosti doze so bile od 0,054 µSv/h (betonska površina za skladiščem) pa do 0,108 µSv/h (na travniku ob pomožnem objektu). Vrednosti so primerljive z meritvami TLD.



Slika 2: Meritve hitrosti doze $H^*(10)$ [nSv/h] s prenosnim merilnikom v okolici skladišča



Na sliki 3 so prikazane meritve hitrosti doze v skladišču. Nivoji zunanega sevanja so dosti nižji, kot v preteklih letih zaradi prepakiranja RAO v letu 2008 in nove razmestitve, tako da se bolj aktivni sodi nahajajo globlje v prekatih. Največja izmerjena hitrost doze v skladišču je bila v prekatu 1 okrog 100 $\mu\text{Sv/h}$.



Slika 3: Meritve hitrosti doze ($\mu\text{Sv/h}$) s prenosnim merilnikom v skladišču. Merske točke so bile oddaljene najmanj pol metra od sodov.



2.4.2 ZRAK (radon v okolju)

Meritve koncentracije radona v okolju se izvajajo z detektorji sledi, ki so integrirni merilniki. Detektorji sledi so bili nameščeni za obdobje treh mesecev (kvartalno). Meritve je izvajal ZVD na treh lokacijah (slika 1):

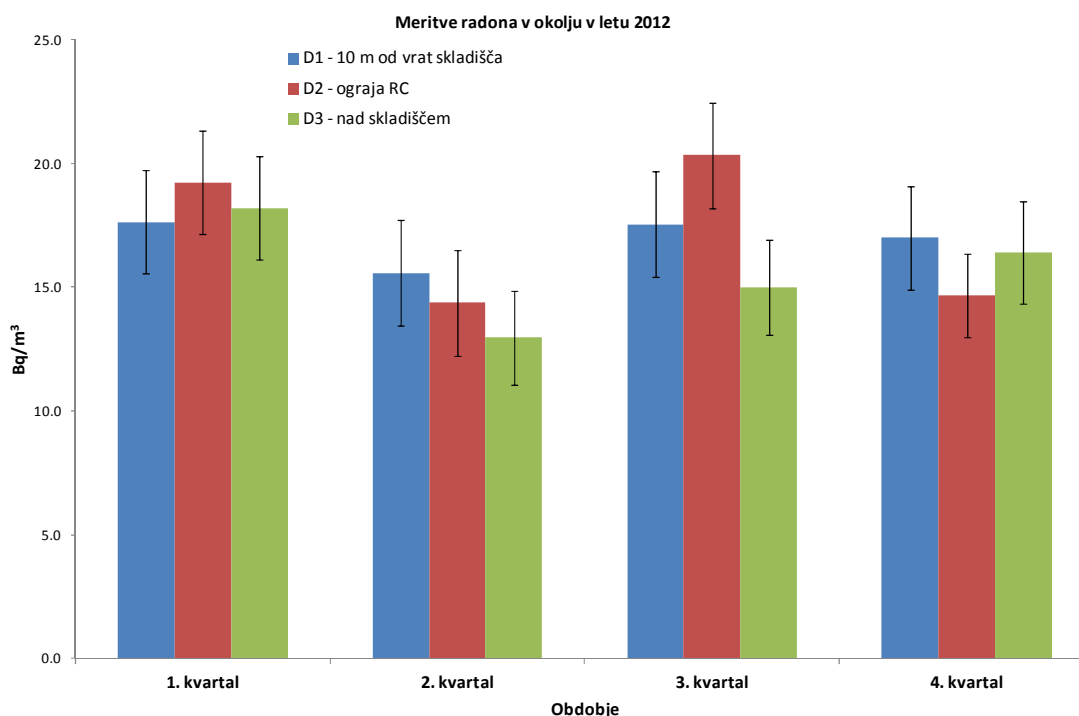
- ob pomožnem objektu 10 m od skladišča (lokacija - D1);
- na ograji RC - južno (lokacija – D2);
- nad skladiščem - severno (lokacija – D3).

Na vsakem merilnem mestu je bilo istočasno izpostavljenih več detektorjev (običajno trije) na višini 150 cm nad tlemi. Rezultati meritev so podani na grafu 4 in v tabeli 6. Povprečna letna koncentracija radona na lokaciji D1 (10 m od skladišča) je bila $(17 \pm 1) \text{ Bq/m}^3$ in je bila enaka kot na lokaciji D2 (ograja RC). Na lokaciji D3 (nad skladiščem ob stavbi IJS) je bila koncentracija nekoliko nižja $(16 \pm 1) \text{ Bq/m}^3$. Vse povprečne vrednosti so primerljive z rezultati meritev iz preteklih let ($15 \text{ Bq/m}^3 - 35 \text{ Bq/m}^3$).

Na splošno so koncentracije radona v neposredni okolici skladišča takšne, kot jih običajno izmerimo v Ljubljani – okrog 20 Bq/m^3 (referenca: Letno poročilo o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti v RS leta 2011).

Ob tem je potrebno poudariti, da prezračevanje skladišča obratuje nekaj ur na teden in so izpusti radona povišani le prvo uro po vklopu prezračevanja, medtem ko detektorji sledi merijo trimesečno povprečje.

Iz primerjave meritev na različnih lokacijah v okolju ni mogoče ovrednotiti vpliva skladišča zaradi izpustov radona, saj so izpusti tako majhni, da jih ni mogoče zaznati s tovrstno mersko metodo.



Graf 4: Koncentracija radona v okolici skladišča



2.4.3 VODA (podtalnica)

Od leta 2006 se izvaja program vzorčevanja podtalnice. Vzorci vode so bili vzeti na južni vrtini (slika 1, oznaka p2) in severni vrtini (oznaka p1). Obe lokaciji sta približno 30 m od skladišča. Podtalnica se giblje od severa proti jugu, tako da je severna vrtina (p1) referenčna, medtem ko se na južni vrtini (p2) meri morebitni vpliv skladišča. Rezultati meritev so podani v tabeli 7.

V vzorcu podtalnice iz vrtine p2 so bili prisotni samo naravni radionuklidi. Izmerjeni so bili U-238 ($3,5 \text{ Bq/m}^3$), Ra-226 ($4,7 \text{ Bq/m}^3$), Pb-210 ($<3,6 \text{ Bq/m}^3$), Ra-228 ($0,7 \text{ Bq/m}^3$), Th-228 ($<0,28 \text{ Bq/m}^3$) in K-40 (38 Bq/m^3).

Izmerjene koncentracije naravnih radionuklidov so v okviru merske negotovosti enake, kot smo jih izmerili na referenčni lokaciji p1 in so običajne za naravno okolje.

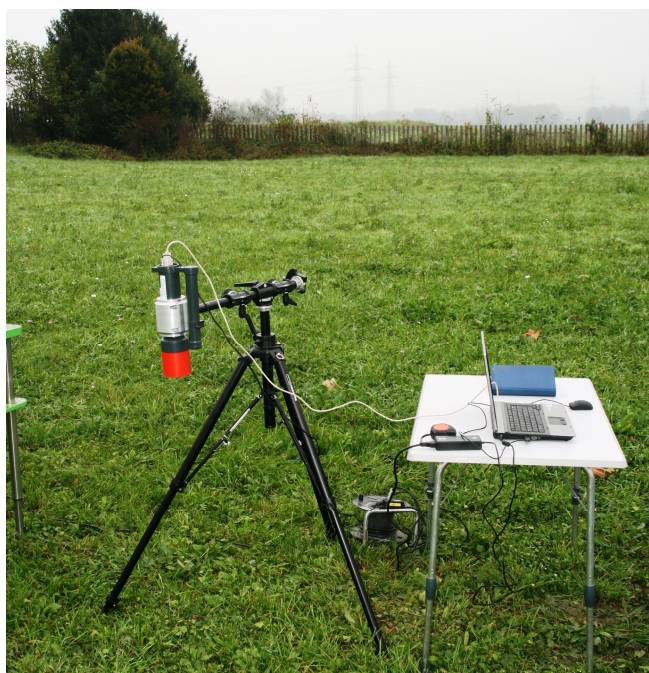
Umetni radionuklid Cs-137 ni bil zaznan na nobeni lokaciji.

2.5 VZDRŽEVANJE PRIPRAVLJENOSTI

2.5.1 MERITVE KONTAMINACIJE TAL

V okviru vzdrževanja pripravljenosti so bile opravljene primerjalne meritve s spektrometrijo gama in-situ med ARAO in IJS (ELME) na lokaciji južno od pomožnega objekta skladišča (slika 4). Namen meritev je preverjanje usposobljenosti ekipe in merilne opreme, da lahko v primeru izrednega dogodka v okolju naredi hitro oceno stopnje kontaminacije tal.

Rezultati meritev so podani v tabeli 8. Predpostavljena je enakomerna porazdelitev za naravne radionuklide in da so naravni radionuklidi torijevega (Th-232, Ra-228, Th-228) in uranovega (U-238, Ra-226) razpadnega niza v ravnovesju. Rezultati za Cs-137 so podani ločeno s predpostavko površinske kontaminacije. Primerjava rezultatov meritev kaže zadovoljivo ujemanje med meritvami IJS in ARAO. Izmerjene vsebnosti naravnih radionuklidov in Cs-137 so običajne za naravno okolje.





Slika 4: Meritve in-situ v neposredni okolici skladišča in reaktorja

2.5.2 TALNI USED

V okviru vzdrževanja pripravljenosti je nameščena vazelinska plošča na lokaciji južno ob ograji 50 m od skladišča, ki meri celoletni suhi used. Namen meritev useda na vazelinski plošči je ocena depozita radioaktivnosti v primeru izrednega dogodka. Iz tabele 9 je razvidno, da so bili na vazelinski plošči izmerjeni naravni radionuklidi in Cs-137, ki je del globalne kontaminacije. Rezultati so bili v okviru merske negotovosti primerljivi z meritvami iz predhodnih let. Zelo dobro je tudi ujemanje aktivnosti kozmogenega radionuklida Be-7 pri meritvah talnega useda in in-situ meritvah (tabela 8 in 9).

3 OCENA VPLIVA NA OKOLJE

3.1 ATMOSFERSKI IZPUSTI

Atmosferski izpusti iz CSRAO so posledica povečane koncentracije radona v skladišču. Radon nastaja v radioaktivnih odpadkih, ki vsebujejo radij.

Izpusti zaradi izhajanja radona iz skladišča so ocenjeni z modelom, ki je natančneje opisan v poročilu ARAO-T1511-3/2 "*Emisije radona iz skladišča radioaktivnih odpadkov in vpliv na okolje*". V modelu predpostavimo, da radon stalno uhaja iz skladišča, tudi kadar ne prezračujemo skladišča. Občasno se vklaplja tudi prezračevanje. Izpusti se ovrednotijo na podlagi kontinuirnih meritev radona v skladišču in prilagajanja modelskih parametrov na realne meritve (glej graf 1).

Ocenjujemo, da je povprečna hitrost izpuščanja v okviru merske negotovosti podobna kot v preteklem letu (6 ± 2) Bq/s. Pri tem smo predpostavili enako kot v preteklih letih, da je prezračevanje skladišča delovalo polovico leta. Izpusti vključujejo tudi prispevek radona zaradi naravnega okolja (prehod radona skozi stene in tla skladišča). V tabeli 1 je primerjava med ocenami izpustov v preteklih letih. Vse ocene so bile narejene po isti metodologiji. Znižanje izpustov radona je posledica rekonstrukcije skladišča in v kasnejšem obdobju premeščanja in prepakiranja RAO (projekti kondicioniranja RAO v letu 2005 in 2008).

Tabela 1: Ocena povprečnih izpustov radona iz skladišča v preteklih letih

Obdobje	Ocenjeni izpusti
Pred rekonstrukcijo skladišča (pred letom 2004)	~75 Bq/s
Po rekonstrukciji in pred izvedbo kondicioniranja RAO (po letu 2004 in pred koncem leta 2005)	~52 Bq/s
V letih 2006 in 2007	~33 Bq/s
Po kondicioniranju RAO leta 2008	~10 Bq/s
V letih 2009 in 2010	~4 Bq/s
V letih 2011 in 2012	~6 Bq/s

Skupni letni izpust radona v okolje v letu 2012 ocenjujemo na približno 0,2 GBq/leto, kar je enako



kot smo ocenil v letu 2011.

Prispevek k povišanju koncentracije radona v okolici skladišča zaradi izpustov smo ocenili z Gaussovimi modelom. Ob tem smo upoštevali naslednje predpostavke:

- privzeli smo Gaussov model za talni izpust ($h = 0$ m);
- normaliziran disperzijski faktor $v \cdot \chi/Q$ je vzet iz referenc – stabilnost ozračja D in E;
- povprečna hitrost vetra v je 1 m/s.

Iz tabele 2 je razvidno, da je po Gaussovem modelu povprečna koncentracija radona na razdalji 50 m od CSRAO (razdalja do ograje reaktorskega centra) okrog $0,34 \text{ Bq/m}^3$ nad ozadjem.

Tabela 2: Parametri Gaussovega modela za različne oddaljenosti od CSRAO. Upoštevali smo izpust $6,13 \text{ Bq/s}$.

Oddaljenost od vira (m):	10	30	50	100
Disperzijski faktor $v \cdot \chi/Q$ razred D:	0,8	0,1	0,04	1,00E-02
χ – Koncentracija Radona (Bq/m^3)	4,90	0,61	0,25	0,06
Disperzijski faktor $v \cdot \chi/Q$ razred E:	1,8	0,2	0,07	2,00E-02
χ – Koncentracija Radona (Bq/m^3)	11,04	1,23	0,43	0,12

3.2 TEKOČINSKI IZPUSTI

Rezultati vzorčevanja vode iz podzemnega rezervoarja skladišča (odpadne vode iz skladišča) kažejo, da je v vodi prisoten le Cs-137. Prisotnost Cs-137 je najverjetneje posledica globalne kontaminacije. Izmerjene koncentracije radionuklidov so skladne z zahtevami za opustitev nadzora (Uredba o sevalni dejavnosti UV1, tabela 3) in tudi pod omejitvami za pitno vodo.

Po opravljenih meritvah so bile odpadne vode odpeljane iz podzemnega rezervoarja na komunalno čistilno napravo. Vpliv skladišča preko te prenosne poti je bil nemerljiv.

3.3 OCENA PREJETE DOZE

Ocena izpostavitve je narejena na podlagi 27. člena pravilnika o pogojih in metodologiji za ocenjevanje doz pri varstvu delavcev in prebivalstva pred ionizirajočimi sevanji (Uradni list RS št. 50/03).

Pri oceni prejete efektivne doze smo upoštevali dve prenosni poti:

- vpliv zunanjega sevanja gama;
- inhalacijo radonovih potomcev.

Vpliv zunanjega sevanja smo ovrednotili na podlagi rezultatov meritev TLD.

Vpliv radona in potomcev smo ocenili na podlagi ocenjenega povprečnega izpusta $6,13 \text{ Bq/s}$. Oceno prejete doze smo naredili za tri odrasle predstavnike referenčne skupine:

- za varnostnika-receptorja, ki se pogosteje zadržuje okoli skladišča;
- za zaposlenega IJS v stavbi v neposredni bližini skladišča in



- za okoliškega kmeta, ki se zadržuje ob ograji Reaktorskega centra (odrasla oseba).

Slednji predstavlja referenčno skupino iz prebivalstva. Po naših ocenah se druge starostne skupine prebivalstva časovno zelo omejeno zadržujejo v neposredni okolici Reaktorskega Centra in jih zato nismo upoštevali.

Pri oceni doze smo upoštevali naslednje predpostavke:

1. Ocenimo, da je skupen čas zadrževanja na tej lokaciji 65 ur/leto za varnostnika in za okoliškega kmeta. Zaposleni na IJS se zadržuje v svoji pisarni v neposredni bližini 1700 ur/leto.
2. Predpostavimo, da se varnostnik-receptor ob rutinskem ogledu okolice skladišča zadržuje v povprečju 10 m od skladišča in da se okoliški kmet zadržuje na razdalji 50 m od skladišča. Za zaposlenega na IJS smo upoštevali oddaljenost 30 m od skladišča.
3. Predpostavimo Gaussov model redčenja ob konstantni smeri vetra (zelo konservativna predpostavka, glej poglavje *Atmosferski izpusti*). Upoštevamo, da so polovico časa razmere razreda D in polovico časa razmere razreda E. Pri varnostniku in okoliškem kmetu predpostavimo, da veter stalno piha v njuno smer s hitrostjo 1 m/s. V resnici je povprečna hitrost vetra višja. Pri zaposlenem na IJS predpostavimo, da veter piha le 30 % časa v smeri prostorov IJS.
4. Konzervativno predpostavimo, da radonovi potomci iz skladišča deloma uhajajo v okolje. Tako smo uporabili ravnovesni faktor $f = 0,1$ med radonom in potomci. Za zaposlenega na IJS upoštevamo ravnovesni faktor $f = 0,3$ v zaprtem prostoru (pisarni).
5. Upoštevamo dozni pretvorbeni faktor DF iz koncentracije radona in potomcev v dozo za okoliškega kmeta in varnostnika IJS - $7,8 \times 10^{-9}$ Sv/(Bq / (m³ ura)). Faktor je dobljen iz produkta doznega pretvorbenega faktorja $1,4$ Sv/(J h m⁻³) za delovno okolje in pretvorbenega faktorja iz Bq/m³ EEC v J/m³ PAEC, ki je $20,8 \mu\text{J} / 3700$ Bq).
Podobno dobimo dozni faktor za pisarniškega delavca na IJS - $6,1 \times 10^{-9}$ Sv/(Bq / (m³ ura)), kjer upoštevamo zaradi manjše hitrosti dihanja dozni pretvorbeni faktor $1,1$ Sv/(J h m⁻³).
Upoštevamo, da je doza zaradi radona zanemarljiva, saj je ta delež približno 1 % doze radonovih potomcev.
6. Ocenjujemo, da je prispevek hitrosti doze zaradi zunanjega sevanja iz skladišča na razdalji 10 m od skladišča nemerljiv. Na referenčni lokaciji je namreč letna doza zaradi zunanjega sevanja višja kot na razdalji 10 m od skladišča (glej rezultate meritev TLD).

V tabeli 3 so prikazane izračunane letne efektivne doze za omenjene primere. **Na podlagi zgornjih predpostavk ocenjujemo, da so letne efektivne doze za zaposlene na IJS in za okoliško prebivalstvo zanemarljive.**

Tabela 3: Ocenjena letna efektivna doza za referenčno skupino

	Varnostnik - receptor	Okoliški kmet	Delavec IJS
Oddaljenost (m):	10	50	30
Radonovi potomci (μSv)	0,40	0,02	0,86
Zunanje sevanje (μSv)	0	0	0



Skupna efektivna doza (μSv)	0,40	0,02	0,86
--	-------------	-------------	-------------

4 MERSKI REZULTATI

4.1 PROGRAM NADZORA

Osnova za monitoring radioaktivnosti je Program nadzora okolja skladišča, ki je opredeljen v Varnostnem poročilu za CSRAO v Brinju, rev. 0, ARAO-0401026000/07, december 2007.

(A) - Meritve emisij

VODA (podzemni rezervoar)

Vrsta in opis meritve	Vzorčevalno mesto	Vrsta vzorca	Pogostost vzorčevanja	Pogostost meritve	Letno število meritev
Izotopska analiza, VL gama spektrometrija	Jašek večjega prekata podzemnega rezervoarja	Voda (enkratni trenutni vzorec)	Pred praznjenjem, najkasneje pri zapolnitvi 75 % volumna podzemnega rezervoarja	Pred praznjenjem, najkasneje pri zapolnitvi 75 % volumna podzemnega rezervoarja	Najmanj 2 × letno

ZUNANJE SEVANJE

Vrsta in opis meritve	Vzorčevalno mesto	Vrsta vzorca	Pogostost vzorčevanja	Pogostost meritve	Letno število meritev
Zunanje sevanje, TL dozimeter	t1 – Vrata skladišča t2 – Vrata strojnice t3 – Nad skladiščem t4 – 10 m od transp. vrat t5 – 30 m od transp. vrat	Doza zunanjega sevanja	Kontinuirano, 1 mesec	1 × mesečno	12 × 5 TLD



(B) - Meritve imisij

ZUNANJE SEVANJE

Vrsta in opis meritve	Vzorčevalno mesto	Vrsta vzorca	Pogostost vzorčevanja	Pogostost meritve	Letno število meritev
Zunanje sevanje, TL dozimeter	t6 – Ograja (50 m od skladišča) referenčno mesto	Doza zunanjega sevanja	Kontinuirano, 1 mesec	1 × mesečno	12 × 1 TLD

ZRAK

Vrsta in opis meritve	Vzorčevalno mesto	Vrsta vzorca	Pogostost vzorčevanja	Pogostost meritve	Letno število meritev
Kontinuirne meritve koncentracije radona, detektor sledi	d1 – 10 m od transp. vrat d3 – Pred zgradbo IJS, smer NW d2 – Ograja (50 m od skladišča), referenčno mesto	Zrak	Kvartalno	Kvartalno	4 × 3 × 3 (prvo leto 3 detektorji na merilno mesto)

VODA (podtalnica)

Vrsta in opis meritve	Vzorčevalno mesto	Vrsta vzorca	Pogostost vzorčevanja	Pogostost meritve	Letno število meritev
Izotopska analiza, VL gama spektrometrija	p – 2 piezometer, južna vrtina p – 1 piezometer severna vrtina	Voda	Letno	Letno	1 ×



(C) – Vzdrževanje pripravljenosti

MERITVE KONTAMINACIJE TAL

Vrsta in opis meritve	Vzorčevalno mesto	Vrsta vzorca	Pogostost vzorčevanja	Pogostost meritve	Letno število meritev
In-situ gama spektrometrija (NaJ(Tl))	Na ožjem območju zunaj skladišča NSRAO	Travnata tla	-	1 × letno	1 × letno

TALNI USED

Vrsta in opis meritve	Vzorčevalno mesto	Vrsta vzorca	Pogostost vzorčevanja	Pogostost meritve	Letno število meritev
Vazelinska plošča, izotopska analiza z VL gama spektrometrijo	40 m ESE od vhodnih vrat skladišča, znotraj zunanje ograje območja	Trdni zračni delci	Kontinuirno, letni kompozitum kvartalnih vzorčenj ali zbirni celoletni vzorec	1 × letno	1 × letno



4.2 TABELE MERITEV PROGRAMA A, B IN C

4.2.1 Voda (podzemni rezervoar)

Tabela 4: *Specifične aktivnosti radionuklidov v vzorcih vode iz podzemnega rezervoarja. Meritve je opravil IJS.*

Oznaka vzorca	RA12-VN1-61 19. 6. 2012
IZOTOP	Specifična aktivnost (Bq/m ³)
Be-7	2,7E+01 ± 1,7E+00
K-40	1,2E+02 ± 1,2E+01
Cs-137	1,8E-01 ± 8,1E-02
Pb-210	3,9E+00 ± 2,3E+00
Ra-226	3,6E+00 ± 7,6E-01
Ra-228	1,5E+00 ± 6,0E-01
Th-228	1,1E+00 ± 6,1E-01
U-238	<3,0E+00

4.2.2 Zunanje sevanje

Tabela 5: *Mesečne doze (mSv), izmerjene s TLD v okolici skladišča od januarja do decembra 2012. Meritve je izvedel IJS.*

Datum	Mesec	t1 - vrata skladišča	t2 - vrata strojnice	t3 - streha skladišča	t4 - 10m od vrat	t5 - 30m od vrat	t6 - 50m od vrat
6.1. - 6.2. 2012	Januar	0.082	0.049	0.083	0.065	0.078	0.082
6.2. - 5.3.2012	Februar	0.075	0.044	0.079	0.056	0.069	0.075
5.3. - 10.4.2012	Marec	0.120	0.061	0.096	0.078	0.102	0.102
10.4. - 7.5.2012	April	0.087	0.044	0.073	0.056	0.072	0.072
7.5. - 11.6.2012	Maj	0.091	0.054	0.090	0.064	0.083	0.094
11.6. - 9.7.2012	Junij	0.071	0.045	0.076	0.054	0.071	0.075
9.7. - 6.8.2012	Julij	0.073	0.045	0.081	0.057	0.068	0.072
6.8. - 10.9.2012	Avgust	0.107	0.055	0.096	0.074	0.091	0.095
10.9. - 8.10.2012	September	0.083	0.047	0.081	0.061	0.075	0.075
8.10. - 9.11.2012	Oktober	0.096	0.057	0.092	0.076	0.087	0.094
9.11. - 10.12.2012	November	0.086	0.050	0.083	0.068	0.078	0.079
10.12. - 4.1.2013	December	0.076	0.045	0.070	0.054	0.064	0.066
Letna doza (mSv):		1.05	0.60	1.00	0.76	0.94	0.98



4.2.3 Zrak

Tabela 6: Rezultati meritev koncentracij radona z detektorji jedrskih sledi. Meritve je opravil Zavod za varstvo pri delu ZVD, ki je uporabil detektorje jedrskih sledi Gammadata iz Švedske.

2012		Koncentracija (Bq/m ³)						
Lokacija	3. 1.–5. 4. 2012	Uteženo povprečje	5. 4.–2. 7. 2012	Uteženo povprečje	2. 7.–1. 10. 2012	Uteženo povprečje	1. 10.–2. 1. 2013	Uteženo povprečje
D1 - 10 m od vrat skladišča	18,2 ± 3,6	17,6 ± 2,1	14 ± 3,7	15,6 ± 2,1	17,9 ± 3,7	17,6 ± 2,1	16,1 ± 3,6	17,0 ± 2,1
	17,8 ± 3,6		14 ± 3,7		16,5 ± 3,7		18,8 ± 3,6	
	16,9 ± 3,6		18,7 ± 3,7		18,3 ± 3,7		16,1 ± 3,6	
D2 - Ograja RC	20,9 ± 3,6	19,2 ± 2,1	13,6 ± 3,7	14,4 ± 2,1	19,7 ± 3,7	20,3 ± 2,1	14,8 ± 2,7	14,6 ± 1,7
	18,6 ± 3,6		14,5 ± 3,7		22 ± 3,7		16,6 ± 3,6	
	18,2 ± 3,6		15 ± 3,7		19,3 ± 3,7		13,4 ± 2,7	
D3 - Nad skladiščem	17,3 ± 3,6	18,2 ± 2,1	11,2 ± 2,8	13,0 ± 1,9	17 ± 3,7	15,0 ± 1,9	15,2 ± 3,6	16,4 ± 2,1
	16,4 ± 3,6		14,0 ± 3,7		15,1 ± 3,7		16,1 ± 3,6	
	20,9 ± 3,6		15,0 ± 3,7		13,8 ± 2,8		17,9 ± 3,6	

4.2.4 Voda (podtalnica)

Tabela 7: Specifične aktivnosti radionuklidov v vzorcih vode iz vrtin (severna vrtina P1 in južna vrtina P2). Meritev je opravil IJS.

Oznaka vzorca:	RA12-VRP1-91 6. 10. 2012	RA12-VRP2-91 6. 10. 2012
IZOTOP	Specifična aktivnost (Bq/m ³)	Specifična aktivnost (Bq/m ³)
Be-7	–	–
K-40	1,3E+02 ± 1,3E+01	3,8E+01 ± 4,3E+00
Cs-137	–	–
Pb-210	2,2E+01 ± 1,8E+00	< 3,6E+00
Ra-226	1,8E+01 ± 1,9E+00	4,7E+00 ± 7,3E-01
Ra-228	4,8E+00 ± 4,7E-01	7,3E-01 ± 3,5E-01
Th-228	8,2E+00 ± 3,6E-01	< 2,8E-01
U-238	1,1E+01 ± 1,2E+00	3,5E+00 ± 1,5E+00



4.2.5 Meritve kontaminacije tal

Tabela 8: In-situ spektrometrija gama na travniku južno od skladišča. Primerjalne meritve med IJS (ELME) in ARAO.

	HPGe –IJS (ELME) 22. 10. 2012	3×3" NaI(Tl) – ARAO 22. 10. 2012
Predpostavljena enakomerna porazdelitev	(Bq/kg)	
Be-7	17 ± 4	–
K-40	270 ± 40	341
Cs-137	29 ± 5	33
Pb-210	–	–
Ra-226	48 ± 8	30
Ra-228	32 ± 5	–
Th-228	31 ± 5	25*
Predpostavljena površinska porazdelitev	(Bq/m²)	
Be-7	640 ± 170	–
Cs-137	1230 ± 190	977

* Th-228 izračunan iz aktivnosti izmerjenega Tl-208 (9 Bq/kg) z upoštevanjem razvejitvenega deleža 35,9%

4.2.6 Talni used

Tabela 9: Specifične aktivnosti radionuklidov v vzorcu talnega useda. Meritev je opravil IJS

Oznaka vzorca:	RA12-PV1-M1 3. 1. 2012 – 4. 1. 2013
IZOTOP	Specifična aktivnost (Bq/m ²)
Be-7	7,7E+02 ± 5,0E+01
K-40	4,4E+00 ± 4,9E-01
Cs-137	5,2E-01 ± 3,1E-02
Pb-210	7,8E+01 ± 4,2E+00
Ra-226	8,1E-01 ± 1,7E-01
Ra-228	4,7E-01 ± 4,2E-02
Th-228	4,7E-01 ± 3,4E-02
U-238	3,5E-01 ± 1,0E-01



4.3 ENOTE IN NAZIVI KOLIČIN

V tabelah uporabljamo enote in oznake, ki naj bi najbolj neposredno omogočale izračun obremenitve človeka in so v skladu z zakonodajnimi podatki.

VODA

- Aktivnost se navaja v enotah: Bq/m³.

ZEMLJA

- Aktivnost vzorcev zemlje se podaja v Bq/kg "osušene zemlje" in v Bq/m². Pri in-situ meritvah je aktivnost podana v Bq/kg mokre zemlje.

ZUNANJA DOZA

- Podajamo jo z okoljskim doznim ekvivalentom H*(10) izraženim z enoto Sv (Sievert). Okoljska doza za običajno naravno okolje je: $H^*(10) = 1,22 \times K_a$. K_a je absorbirana doza v zraku izražena z enoto Gy (Gray).

ZRAK

- Aktivnost radona brez podatkov o potomcih se podaja v "Bq/m³ Rn".
- Aktivnost radonovih potomcev se podaja s koncentracijo radona v ravnovesju s potomci "Bq m⁻³ EEC" - ekvivalentne ravnovesne koncentracije radona (Equilibrium Equivalent radon Concentration).
- Ravnovesni faktor F je ravnovesje med radonom in radonovimi potomci in se izraža kot razmerje med koncentracijo EEC in dejansko koncentracijo radona v Bq/m³:

$$F = EEC / \text{Konc.}_{Rn-222}$$



4.4 ORIENTACIJSKE SPODNJE DETEKCIJSKE MEJE ZA VLG SPEKTROMETRIJO

V tabeli 10 so podane orientacijske spodnje detekcijske meje za VLG na IJS (*Odsek F-2*).

Tabela 10: *Spodnje detekcijske meje VLG na IJS*

medij	VODA
enota	Bq/m ³
velikost vzorca	0,05 m ³
Be-7	4,0
Cr-51	8,0
Mn-54	0,45
Co-57	0,27
Co-58	0,33
Fe-59	0,72
Co-60	0,16
Zn-65	0,6
Zr-95	0,4
Nb-95	0,54
Ru-103	0,57
Ru-106	3,0
Sb-124	0,27
Sb-125	0,7
I-131	5,7
Cs-134	0,17
Cs-136	0,9
Cs-137	0,33
Ba-140	1,2



4.5 REZULTATI MEDNARODNIH PRIMERJALNIH MERITEV

Rezultati mednarodnih primerjalnih meritev potrjujejo usposobljenost laboratorijev za meritve izpustov (emisij) in meritve vzorcev v okolju (imisij).

4.5.1 IAEA, Analytical Quality Control Services, Avstrija

IAEA Worldwide Open Proficiency Test: Determination of Natural and Artificial Radionuclides in Water, IAEA-TEL-2011-04 Almera

V oktobru 2011 je IAEA, Analytical Quality Control Services razposlal 3 vzorce umetno kontaminirane vode za določanje vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov. Pri tem preverjanju je *Odsek F-2* sodeloval pri določitvi sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama. Končni individualni rezultati so bili poslani sodelujočim laboratorijem maja 2012.

V naslednjih 3 tabelah so zbrani rezultati analiz IJS (koda laboratorija 39 za Odsek F-2) in primerjave z referenčnimi vrednostmi IAEA za vzorce kontaminirane vode.

REZULTATI IJS (Odsek F-2)

IAEA-TEL-2011-04 Spiked Water, Sample 1 analize IJS opravljene <i>oktobra 2011</i> , končni rezultati objavljeni <i>maja 2012</i>					
IZOTOP	IAEA	IJS (Odsek F-2) Lab. No. 238	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Am-241	4,7 ± 0,1	4,64 ± 0,18	-1,28	-0,29	A
Ba-133	5,0 ± 0,1	5,36 ± 0,24	7,20	1,38	A
Co-60	15,3 ± 0,2	14,87 ± 0,73	-2,81	-0,57	A
Cs-134	7,7 ± 0,1	7,28 ± 0,22	-5,45	-1,74	A
Cs-137	6,2 ± 0,1	6,15 ± 0,18	-0,81	-0,24	A
Eu-152	15,4 ± 0,2	14,71 ± 0,44	-4,48	-1,43	A
H-3	50,2 ± 0,9	51,93 ± 2,15	3,45	0,74	A



IAEA-TEL-2011-04 Spiked Water, Sample 2 analize IJS opravljene <i>oktobra 2011</i> , končni rezultati objavljeni <i>maja 2012</i>					
IZOTOP	IAEA	IJS (Odsek F-2) Lab. No. 238	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Am-241	2,4 ± 0,1	2,53 ± 0,13	5,42	0,79	A
Ba-133	2,5 ± 0,1	2,54 ± 0,11	1,60	0,27	A
Co-60	7,6 ± 0,1	7,48 ± 0,22	-1,58	-0,50	A
Cs-134	3,8 ± 0,1	3,69 ± 0,12	-2,89	-0,70	A
Cs-137	3,1 ± 0,1	3,11 ± 0,14	0,32	0,06	A
Eu-152	7,7 ± 0,1	8,05 ± 0,42	4,55	0,81	A
H-3	25,0 ± 0,5	27,24 ± 1,35	8,96	1,56	A

IAEA-TEL-2011-04 Spiked Water, Sample 3 analize IJS opravljene <i>oktobra 2011</i> , končni rezultati objavljeni <i>maja 2012</i>					
IZOTOP	IAEA	IJS (Odsek F-2) Lab. No. 238	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Am-241	3,3 ± 0,1	3,5 ± 0,17	6,06	1,01	A
Ba-133	3,5 ± 0,1	3,83 ± 0,11	9,43	2,22	A
Co-60	10,7 ± 0,2	10,5 ± 0,32	-1,87	-0,53	A
Cs-134	5,4 ± 0,1	5,32 ± 0,16	-1,48	-0,42	A
Cs-137	4,4 ± 0,1	4,31 ± 0,16	-2,05	-0,48	A
Eu-152	10,8 ± 0,2	10,6 ± 0,54	-1,85	-0,35	A
H-3	35,1 ± 0,6	36,69 ± 1,32	4,53	1,10	A



4.6 REFERENČNA DOKUMENTACIJA

- Mesečna poročila o rezultatih analiz v okviru programa nadzornih meritev v okolici Centralnega skladišča RAO v Brinju, IJS
- Nadzor radioaktivnosti Centralnega skladišča radioaktivnih odpadkov v Brinju (poročila iz preteklih let), IJS
- Emisije radona iz skladišča radioaktivnih odpadkov in vpliv na okolje, ARAO-T1511-3/2.
- In-situ kalibracija NaI(Tl) spektrometra NANOSPEC, ARAO-T1511-3/6
- Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (ZVISJV-UPB2) (Ur.l. RS št. 102/2004), ZVISJV-C (60/11)
- Uredba o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih (Ur.l. RS, št. 49/2004)
- Protection against Radon-222 at Home and at Work (ICRP Publication 65)
- **Seznam pomembnih dokumentov akreditiranega laboratorija LMR na IJS:**

Organizacijski postopki

<i>LMR-OP-04/05</i>	Organizacija laboratorija in razporeditev delavcev - Laboratorij za radiološke merilne sisteme in meritve radioaktivnosti
<i>LMR-OP-05/06</i>	Sistematizacija in razporeditev delavcev - Laboratorij za radiološke merilne sisteme in meritve radioaktivnosti
<i>LMR-OP-07/03</i>	Letni program kalibracij in kontrolnih meritev v Laboratoriju za radiološke merilne sisteme in meritve radioaktivnosti

Delovna navodila

<i>LMR-DN-05/03</i>	Zbiranje vzorcev pitnih, površinskih in podtalnih vod
<i>LMR-DN-06/10</i>	Priprava sušine vzorcev vode
<i>LMR-DN-08/07</i>	Priprava vzorcev za viskoločljivostno spektrometrijo gama
<i>LMR-DN-09/08</i>	Označevanje vzorcev za viskoločljivostno spektrometrijo gama
<i>LMR-DN-10/12</i>	Viskoločljivostna spektrometrija gama v laboratoriju
<i>LMR-DN-11/09</i>	Dodatna navodila za uporabo programov za analizo meritev na VLG
<i>LMR-DN-27/05</i>	Rokovanje z vzorci
<i>ELME-DN-14/07</i>	Meritve in situ s prenosnim spektrometrom gama

Računski postopki

<i>LMR-RP-01/01</i>	Ocena sevalnih obremenitev
<i>LMR-RP-02/00</i>	Struktura direktorijev in kratek opis datotek na delovni postaji Alpha
<i>LMR-RP-03/00</i>	Program za analizo meritev na VLG na delovni postaji Alpha
<i>LMR-RP-04/00</i>	Seznam in kratek opis algoritmov za analizo spektrov na VLG
<i>LMR-RP-05/02</i>	Ocena merilne negotovosti



- **Seznam dokumentov akreditiranega laboratorija za TLD na IJS**

Organizacijski postopki

TLD-OP-01/02 Opis del in nalog osebja v *Laboratoriju za termoluminiscenčno dozimetrijo*

Delovna navodila

TLD-DN-01/08 Priprava, izdaja in sprejem termoluminiscenčnih dozimetrov (TLD)

TLD-DN-02/08 Čitanje (merjenje) termoluminiscenčnih dozimetrov (TLD)

TLD-DN-03/07 Izpisovanje, dokumentiranje in arhiviranje poročil o TL dozah

Kontrolni postopki

TLD-KP-03/03 Zagotavljanje kakovosti merskih rezultatov

Računski postopki

TLD-RP-01/02 Kratek opis metode za čitanje doz s TL analizatorjem IJS MR 200 (C)

TLD-RP-02/02 Ocena merilne negotovosti pri čitanju doz s TL analizatorjem IJS MR 200 (C)