

# MERITVE RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI REAKTORSKEGA CENTRA IJS

## POROČILO ZA LETO 2014



Leto izdaje: 2015      Revizija: 00

	Ime in priimek	Datum	Podpis
Izdelala	dr. Tinkara Bučar mag. Matjaž Stepišnik	6.3.2015	
Pregledal	mag. Matjaž Stepišnik	6.3.2015	
Odobril	prof. dr. Jadran Lenarčič, direktor IJS		

### Mnenje neodvisnega pooblaščenega izvedenca

Z ugotovitvami poročila, ki ga je pripravila Služba za varstvo pred ionizirajočim sevanjem na IJS, se v celoti strinjam.

	Ime in priimek	Datum	Podpis
Pooblaščen izvedenec	mag. Bogdan Pucelj		





*Naročnik* Institut "Jožef Stefan", Ljubljana (IJS)

*Izvajalec del:* Inštitut "Jožef Stefan" - Služba za varstvo pred ionizirajočim sevanjem (SVPIS)

*Naslov poročila:* MERITVE RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI REAKTORSKEGA CENTRA IJS, POROČILO ZA LETO 2014

*Pogodbena številka:* -

*Odgovorni nosilec naloge:* mag. Matjaž Stepišnik

*Avtorji poročila:* dr. Tinkara Bučar, mag. Matjaž Stepišnik

*Izvajalci meritev:* Emira Bašić, Thomas Breznik, Tinkara Bučar

*Štev.del.por. IJS:* IJS-DP-11799

*Kopije:* Arhiv SVPIS  
RIC  
URSJV  
URSVS  
Knjižnica IJS

*Slika na naslovni strani:* Zimski pogled na reaktor z vzhodne strani



**NASLOV POROČILA:**

Meritve radioaktivnosti v okolici Reaktorskega centra IJS  
Poročilo za leto 2014

februar 2015

**KLJUČNE BESEDE:**

Radioaktivnost v okolju, naravno sevanje, zunanje sevanje, emisije, imisije, izpostavitve prebivalcev sevanju

**POVZETEK:**

Predstavljeni so rezultati meritev radioaktivnosti in ocena vplivov na okolje v okviru nadzornega programa Reaktorskega centra. Ocena dozne obremenitve za prebivalstvo znaša manj kot 0,4  $\mu\text{Sv}$  na leto za atmosferske in manj kot 0,01  $\mu\text{Sv}$  na leto za tekočinske izpuste.

---

**REPORT TITLE:**

Environmental Radiation Monitoring of Reactor Centre  
Report for the year 2014

February 2015

**KEYWORDS:**

environmental radiation, natural radiation, external radiation, emissions, imissions, radiation exposure of population

**ABSTRACT:**

The results of radioactivity measurements in the vicinity of the Reactor center are presented. The exposure of the population was estimated to less than 0.4  $\mu\text{Sv}$  per year for atmospheric discharges and less than 0.01  $\mu\text{Sv}$  per year due to liquid discharges.



## UPORABLJENI IZRAZI

ARSO	Agencija RS za okolje
ELME	Ekološki laboratorij z mobilno enoto
IAEA	International Atomic Energy Agency
ICJT	Izobraževalni center za jedrsko tehnologijo
IJS	Institut Jožef Stefan
MDA	Spodnja meja detekcije
O-2	Odsek za znanosti o okolju
OVC	Objekt vroča celica
RC	Reaktorski center
RIC	Reaktorski infrastrukturni center
SVPIS	Služba za varstvo pred ionizirajočim sevanjem
TLD	Termoluminiscenčna dozimetrija
TRIGA	Training Research Isotope Production General Atomics
URSVJ	Uprava RS za jedrsko varnost
URSVS	Uprava RS za varstvo pred sevanji
VLG	Visokoločljivostna Spektrometrija Gama
ZVD	Zavod za varstvo pri delu



VSEBINA

<b>1</b>	<b>POVZETEK</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>VZORČEVALNE LOKACIJE</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>OVREDNOTENJE MERITEV</b> .....	<b>7</b>
3.1	MERITVE IZPUSTOV.....	7
3.1.1	<b>Tekočinski izpusti</b> .....	7
3.1.2	<b>Zračni izpusti</b> .....	7
3.1.3	<b>Zunanje sevanje</b> .....	7
3.2	MERITVE V OKOLJU.....	8
3.2.1	<b>Voda iz vodnjaka</b> .....	8
3.2.2	<b>Sedimenti Save</b> .....	9
3.2.3	<b>Zemlja</b> .....	9
3.2.4	<b>Zunanje sevanje</b> .....	9
3.2.5	<b>Vzdrževanje pripravljenosti</b> .....	11
3.3	MERITVE REAKTORSKIH TEKOČIN.....	13
3.3.1	<b>Primarna voda</b> .....	14
3.3.2	<b>Sekundarna voda</b> .....	14
3.3.3	<b>Voda iz bazena za iztrošene gorivne elemente</b> .....	14
<b>4</b>	<b>OCENA VPLIVOV</b> .....	<b>15</b>
4.1	ATMOSFERSKI IZPUSTI.....	15
4.1.1	<b>Ocena učinkovite doze zaradi atmosferskih izpustov</b> .....	16
4.2	TEKOČINSKI IZPUSTI.....	18
4.2.1	<b>Ocena učinkovitih doz zaradi tekočinskih izpustov</b> .....	18
<b>5</b>	<b>MERSKI REZULTATI</b> .....	<b>20</b>
5.1	PROGRAM NADZORNIH MERITEV SEVANJA V OKOLJU REAKTORSKEGA CENTRA.....	20
5.1.1	<b>Program meritev izpustov</b> .....	20
5.1.2	<b>Program meritev v okolju</b> .....	21
5.1.3	<b>Program meritev reaktorskih tekočin</b> .....	21
5.2	PREGLED TABEL.....	22
5.3	ENOTE IN NAZIVI KOLIČIN.....	31
5.3.1	<b>Voda</b> .....	31
5.3.2	<b>Zemlja</b> .....	31
5.3.3	<b>Zrak</b> .....	31
5.3.4	<b>Zunanja doza</b> .....	31
5.4	MERSKE METODE.....	31
5.4.1	<b>Termoluminiscenčna dozimetrija</b> .....	31
5.4.2	<b>Visokoločljivostna spektrometrija gama</b> .....	31
5.4.3	<b>Meritve hitrosti doze</b> .....	31
5.5	ORIENTACIJSKE SPODNJE DETEKCIJSKE MEJE IN NAČIN POROČANJA ZA VLG SPEKTROMETRIJO.....	32
5.6	PRIMERJALNE MERITVE.....	32
5.6.1	<b>IAEA-TEL-2014-1 Gamma-ray Spectra Evaluation</b> .....	32
5.6.2	<b>IAEA-TEL-2014-03 World-wide Proficiency</b> .....	33
5.6.3	<b>Primerjave meritev vzorca zemlje z ZVD</b> .....	34



## POVZETEK

Poročilo obravnava rezultate meritev, ki so bile v letu 2014 opravljene po Programu nadzornih meritev sevanja v okolici Reaktorskega centra IJS. Program nadzora je opredeljen v Programu varstva pred ionizirajočim sevanjem v raziskovalnem reaktorju TRIGA MARK II (IJS-DP-11287, april 2013). Program temelji na starem programu, ki je bil opredeljen v odločbi Uprave RS za jedrsko varnost št. 391-01/00-5-26546/MK z dne 10.11.2000 in je bil v letu 2013 posodobljen in usklajen s Pravilnikom o monitoringu radioaktivnosti (JV10, Ur.l. RS, št. 97/2009, Priloga 5: Zasnova programa območnega monitoringa raziskovalnega jedrskega reaktorja).

Avtorizirana mejna doza za prebivalce iz referenčne skupine iz odločbe Uprave RS za jedrsko varnost št. 318-46/90-1842/ML z dne 3.7.1992 je za Reaktorski center 50  $\mu\text{Sv}$  na leto.

Nadzorne meritve sestavljajo trije sklopi:

1. meritve izpustov (**emisije**),
2. meritve v okolju (**imisije**),
3. meritve reaktorskih tekočin

Z meritvami **emisij** ocenjujemo prispevek dejavnosti na Reaktorskem centru k izpostavitvi prebivalstva sevanju. Zaradi nemerljivih vplivov v okolju je ocena izpostavitve narejena na podlagi emisijskih vrednosti in z uporabo modelov razširjanja radioaktivnih snovi po atmosferski in tekočinski prenosni poti.

Meritve **imisij** omogočajo splošno oceno stanja radioaktivnosti na območju Reaktorskega centra, oceno morebitnih vplivov obratovanja reaktorja in drugih objektov znotraj centra, pa tudi vplive dogodkov zunaj centra, kot je bila npr. černobilska nesreča. Redne meritve imisij dajejo osnovno sliko o ničelnem stanju nekaterih radioloških parametrov na območju Reaktorskega centra in v bližnji okolici. Nadzor vsebuje tudi meritve za primer izrednega dogodka (kontaminacija zemlje in zraka), ki služijo za vzdrževanje pripravljenosti sodelavcev SVPIŠ.

V okviru nadzora reaktorskih tekočin izvajamo meritve vzorcev vode iz bazena reaktorja (primarna voda), iz sekundarnega kroga reaktorja ter iz bazena za iztrošene gorivne elemente. Z meritvami aktivnosti tekočin se posredno izvaja nadzor nad puščanjem gorivnih elementov, nad učinkovitostjo filtriranja vode in nad puščanjem med primarnim in sekundarnim krogom.

Nadzorni program temelji na dejavnostih, ki so povezane z Institutom Jožef Stefan in ne vključuje dodatnih meritev, ki se izvajajo za nadzor prehodnega skladišča radioaktivnih odpadkov, ki ga upravlja Agencija za radioaktivne odpadke.

**Na podlagi konservativnih predpostavk je bila letna efektivna doza zunanjega sevanja na prebivalca v okolici Reaktorskega centra zaradi atmosferskih izpustov plina Ar-41 ocenjena na manj kot 0,4  $\mu\text{Sv}$ , enako kot v letu 2013.**

**Ingestijska efektivna doza zaradi tekočinskih izpustov v reko Savo je bila konservativno ocenjena na manj kot 0,01  $\mu\text{Sv}$  na leto, enako kot v letu 2013.**

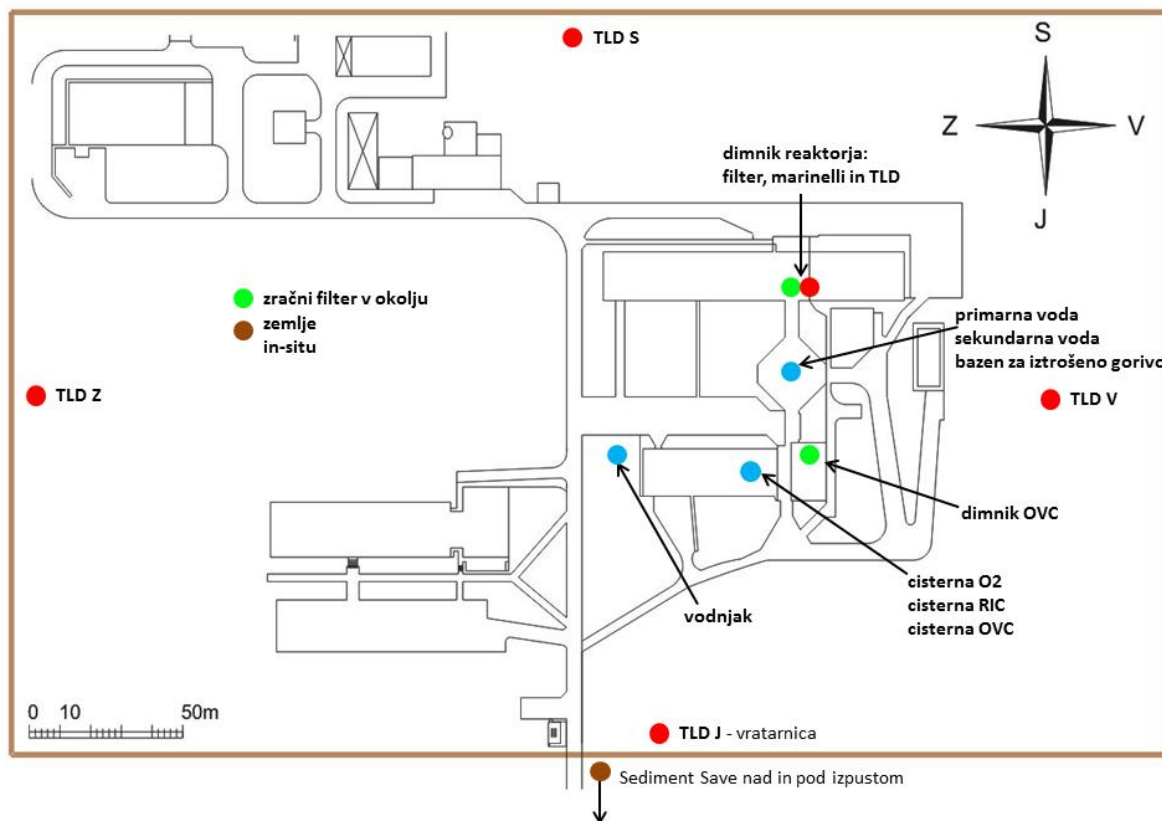
**Ocena izpostavljenosti prebivalstva zaradi atmosferskih (reaktor TRIGA) in tekočinskih izpustov (odsek O-2 in reaktor TRIGA) je podobna kot v prejšnjih letih.**

**Sevalna izpostavitvev prebivalstva zaradi dejavnosti Reaktorskega centra je zanemarljiva v primerjavi z neizogibno izpostavitvijo naravnemu sevanju v običajnem okolju (2,4 mSv na leto) in predstavlja približno 1/100 avtorizirane dozne omejitve za prebivalstvo, ki znaša 50  $\mu\text{Sv}$  na leto.**



## 1 Vzorčevalne lokacije

Program nadzora je podrobneje predstavljen v poglavju Merski rezultati (poglavje 5). Večina merilnih mest je znotraj ograje Reaktorskega centra, vzorčenje savskega sedimenta pa se izvaja izven ograje Reaktorskega centra na izpustnem kanalu tekočinskih odpadkov v reko Savo. Vzorčevalne lokacije so prikazane na sliki 1. Vzorčenje poteka skladno s postopkom *Vzorčenje in meritve za ocenjevanje vpliva Reaktorskega centra na okolje (SVPIS-R-DN-31)*.



Slika 1: Vzorčevalne lokacije na Reaktorskem centru



## 2 Ovrednotenje meritev

### 2.1 Meritve izpustov

Z meritvami izpustov ocenjujemo prispevek dejavnosti na Reaktorskem centru k izpostavitvi prebivalstva sevanju. Program spremljanja emisij temelji na meritvah tekočinskih in atmosferskih izpustov ter zunanjšega sevanja na izpustnih mestih.

#### 2.1.1 Tekočinski izpusti

V izpustni kanal se iztekajo drenažne tekočine Odseka za znanosti o okolju (O-2), reaktorja in vročih celic. Drenažne tekočine Odseka O-2 v reko Savo izpuščamo običajno ob ponedeljkih, drenažne tekočine reaktorja v povprečju enkrat na mesec, zadrževalna cisterna drenaže vročih celic pa je bila v zadnjih letih suha, zato ni bilo meritev in izpustov v okolje.

V preteklih letih so bile radioaktivne snovi v nizkih koncentracijah občasno prisotne le v tekočinah iz zadrževalne cisterne Odseka za znanosti o okolju (O-2). Rezultati meritev za leto 2014 so združeni v tabeli M1 in kažejo, da so bili umetni radionuklidi zaznani le enkrat pod mejo detekcije. V cisterni drenaže reaktorja nismo zaznali prisotnosti umetnih radionuklidov (tabela M2). Cisterna reaktorja je bila v letu 2014 izčrpana šestkrat. Tekočine iz zadrževalne cisterne drenaže OVC nismo merili, saj je bila cisterna celo leto suha.

#### 2.1.2 Zračni izpusti

Pri atmosferski prenosni poti je najpomembnejše izpuščanje Ar-41 iz prezračevalnega sistema reaktorja. V votlih delih ob sredici (obsevalni kanali) iz naravnega argona Ar-40 v zraku z aktivacijo nastaja radioaktivni Ar-41, ki ima kratko razpolovno dobo (1,83 ure). Argon vzorčujemo v dimniku reaktorja enkrat mesečno, tako da odvezamo trenutni plinski vzorec (marinelli). Na samem izpustnem mestu z zračno črpalko lovimo tudi zračne delce na filtre. Filtre menjamo dvakrat tedensko. Količina prečrpanega zraka preko vsakega filtra je okoli 200 m<sup>3</sup>. Na enak način vzorčimo zračne delce tudi na izpuhu iz OVC.

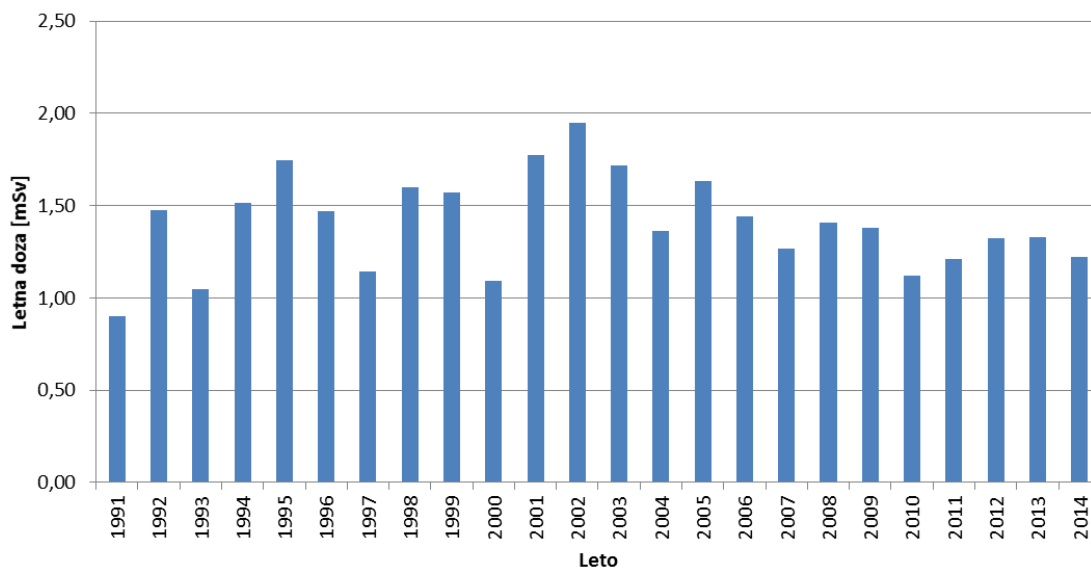
Vsebnost Ar-41 v dimniku reaktorja je v tabeli M3. Koncentracija argona ob delujočem reaktorju je bila v povprečju 82 kBq/m<sup>3</sup>. Na filtrih zračnih delcev v dimniku reaktorja smo v letu 2014 občasno zaznali nizke aktivnosti Na-24 (tabela M4), primerljive z mejo detekcije. Največja koncentracija 4,1 mBq/m<sup>3</sup> je bila izmerjena v avgustu in predstavlja manj kot 0,01 % izvedene koncentracije za prebivalstvo (530 Bq/m<sup>3</sup>). Na izpuhu iz OVC umetnih radionuklidov nismo zaznali (tabela M5).

#### 2.1.3 Zunanje sevanje

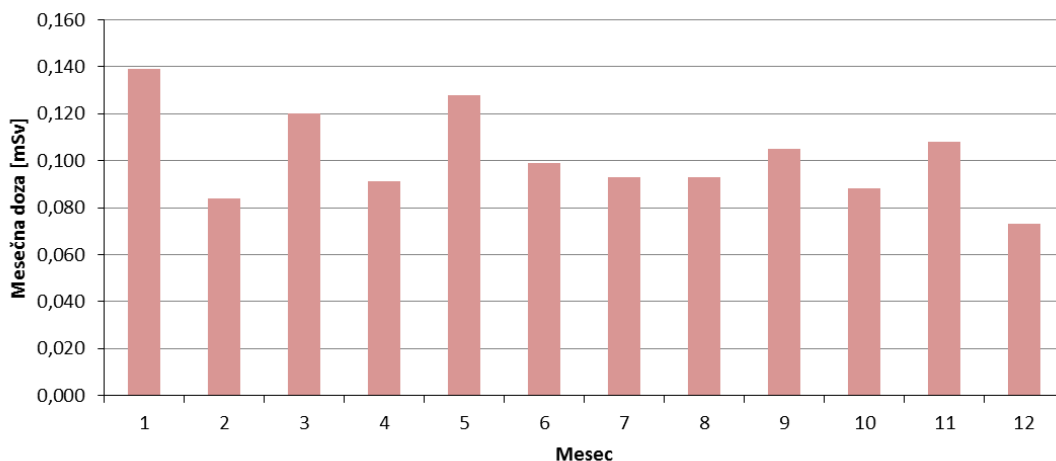
Na izpuhu reaktorja je nameščen še TLD, katerega doza je korelirana s časom in močjo obratovanja reaktorja. Na istem mestu je tudi kontinuirni merilnik sevanja, ki je del nadzornega sistema samega reaktorja in katerega polurni odčitki so predstavljeni na sliki 6.

Meritve zunanjega sevanja s TLD na izpuhu reaktorja TRIGA, ki je povečano zaradi radioaktivnega plina Ar-41, so za obdobje 1991-2014 prikazane na sliki 2. Vrednosti segajo od naravne letne doze TLD (0,9 mSv) do dvakratnega ozadja (največ 2,0 mSv za leto 2002) in so odvisne od obratovanja reaktorja. Za leto 2014 je bila skupna letna doza TLD 1,2 mSv in je na sliki 3 razčlenjena po posameznih mesecih.





Slika 2: Letne doze TLD na izpuhu iz reaktorja za obdobje 1991 – 2014



Slika 3: Mesečne doze TLD na izpuhu iz reaktorja v letu 2014 (Oznaka: 1.7D)

## 2.2 Meritve v okolju

Meritve v okolju omogočajo splošno oceno stanja radioaktivnosti na območju Reaktorskega centra, oceno morebitnih vplivov obratovanja reaktorja in drugih objektov znotraj centra, pa tudi vplive dogodkov zunaj centra, kot je bila npr. černobilska nesreča. Redne meritve dajejo osnovno sliko o ničelnem stanju nekaterih radioloških parametrov na območju Reaktorskega centra in v bližnji okolici. Nadzor vsebuje tudi meritve za primer izrednega dogodka (kontaminacija zemlje in zraka), ki služijo za vzdrževanje pripravljenosti sodelavcev SVPIS.

### 2.2.1 Voda iz vodnjaka

Vzorčenje vode iz vodnjaka poteka v neposredni bližini stavbe odseka O-2 (slika 1). Rezultati meritev so v tabeli M7. V vzorcih nismo zaznali prisotnosti radionuklidov, ki bi lahko bili posledica delovanja reaktorja. Aktivnosti umetnih radionuklidov v vseh izmerjenih vzorcih so bile pod detekcijsko mejo.



### 2.2.2 Sedimenti Save

Meritve vzorcev sedimenta reke Save (tabela M8) z lokacij nad izpustom in pod njim kažejo prisotnost naravnih radionuklidov v običajnih koncentracijah za sedimente. V teh vzorcih so bile izmerjene koncentracije Cs-137 okoli 1 Bq/kg. Koncentracije Cs-137, ki je posledica kontaminacije širšega okolja zaradi poskusnih jedrskih eksplozij in černobilske nesreče, so v sedimentih zaradi izpiranja bistveno nižje kot v gornji plasti zemlje, kjer običajno znašajo nekaj deset Bq/kg.

### 2.2.3 Zemlja

Vzorčili smo tudi zemljo na travniku na zahodni strani reaktorja (tabela M9). Vzorčenje smo izvedli s pomočjo "corerja" in naredili analizo za dve globini. Meritev za zgornjih deset centimetrov zemlje smo primerjali tudi z neodvisno meritvijo ZVD (poglavje 4.6.3). Vsebnosti naravnih radionuklidov so značilne za običajno zemljo. Izmerjena aktivnost Cs-137 v zgornji plasti ( $71 \pm 6$  Bq/kg) je primerljiva z običajnimi vrednostmi za zemlje (okoli 50 Bq/kg). Najvišje vrednosti Cs-137 v zgornji plasti zemlje smo izmerili leta 2012 v okolici meteorološke postaje, neposredno ob dozimetru na zahodni kontrolni točki. Izmerjena aktivnost je bila  $111 \pm 9$  Bq/kg.

### 2.2.4 Zunanje sevanje

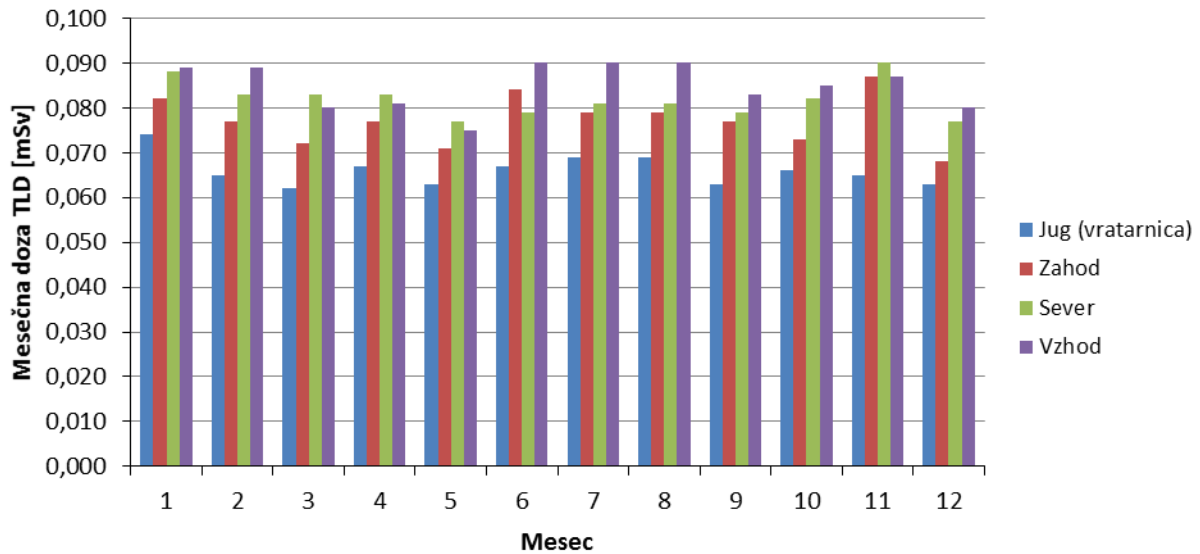
Meritve zunanjega sevanja z dozimetri TLD poteka na štirih mestih znotraj ograje Reaktorskega centra. Dozimetri so nameščeni na višini 1m in pokrivajo štiri osnovne smeri neba. Izvajanje meritev na posameznih mestih se je začelo v različnih obdobjih (tabela 1).

**Tabela 1: Merilna mesta za merjenje zunanjega sevanja s TLD**

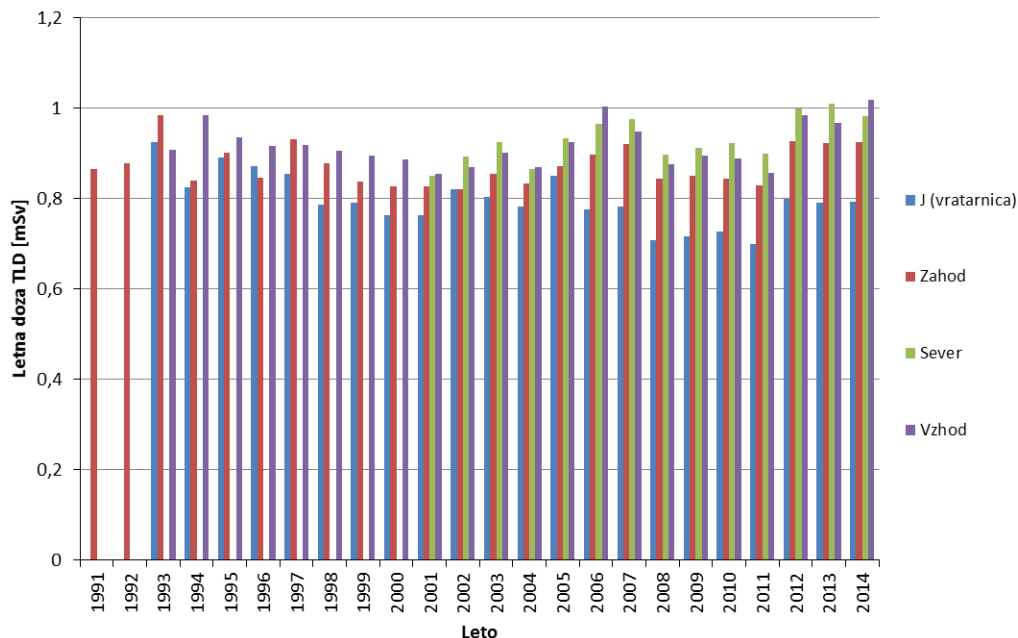
Oznaka	Mesto	Uveden	Opomba
TLD-jug	vratarnica	1993	vhod v Reaktorski center
TLD-zahod	meteorološka postaja	1991	kontinuirni merilnik URSJV
TLD-sever	ograja	2001	severno mesto – ograja RC
TLD-vzhod	bližina reaktorja, skladišča RAO	1993	kontinuirno mesto LB111 (okolje)

Na vzhodnem merilnem mestu (TLD-vzhod) poteka tudi kontinuirna meritev hitrosti doze z detektorjem Berthold LB111.

Mesečne doze TLD na merilnih mestih za leto 2014 so na sliki 4 in v tabeli M10, letne doze za celotno obdobje opravljanja meritev pa na sliki 5. Razlike med posameznimi točkami so zanemarljive, letne vrednosti pa so na ravni tistih, ki jih pričakujemo v običajnem naravnem okolju (okrog 0,07 mSv/mesec oziroma 0,9 mSv/leto).



Slika 4: Mesečne doze TLD na merilnih točkah v letu 2014 (Oznaka 2.6D – 2.9D)



Slika 5: Letne doze TLD na merilnih točkah v obdobju 1991 – 2014

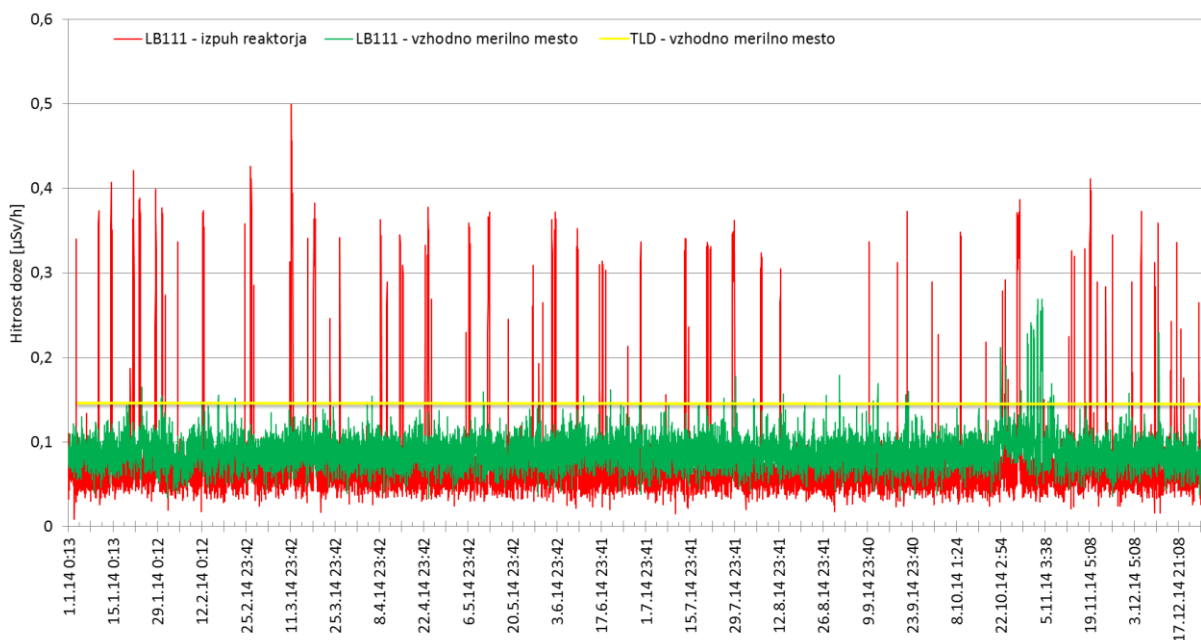
Na sliki 6 je hitrost doze merjena v polurnih intervalih z merilnikom Berthold LB111 na vzhodni kontrolni točki in na izpuhu iz reaktorske hale. Izstopajo sledeče značilnosti:

- Do opaznih povečanj zunanje sevanja (med okoli 0,3 in 0,4  $\mu\text{Sv/h}$ ) na izpuhu reaktorja prihaja ob obratovanju reaktorja in jih povzroča žlahtni plin Ar-41, kar je razvidno tudi iz primerjave letnih doz na vzhodni kontrolni točki (tabela M10) in na izpuhu iz reaktorja (tabela M6).
- Povečanja zunanje sevanja na vzhodni kontrolni točki se pojavljajo ob padavinah, ki iz ozračja izperejo kratkožive radonove potomce. Pojav je naraven in ni povezan z obratovanjem reaktorja.
- S slike 6 je razvidno, da je zunanje sevanje takrat, ko reaktor ne obratuje, na izpuhu reaktorja (okoli 0,05  $\mu\text{Sv/h}$ ) nižje kot na vzhodnem merilnem mestu (okoli 0,1  $\mu\text{Sv/h}$ ).



Merilnik na travniku je namreč izpostavljen višjemu naravnemu sevanju kot tisti na izpuhu, ki je pred naravnim sevanjem iz zemlje zaščiten z zgradbo.

- V mesecu oktobru lahko opazimo povišane vrednosti hitrosti doze na vzhodnem merilnem mestu (slika 6). Vzrok za skok je bila mehanska okvara sonde, ki je bila dne 4.11.2014 zamenjana.



**Slika 6: Hitrost doze na vzhodni merilni točki in na izpuhu v letu 2014 (kontinuirni merilnik Berthold LB111 in TLD) (Oznaka: 1.6HD)**

### 2.2.5 Vzdrževanje pripravljenosti

V program vzdrževanja pripravljenosti za primer izrednega dogodka spadajo meritve kontaminacije zemlje in zraka v okolju. S terenskimi meritvami ugotavljamo ničelno stanje v bližnji okolici, kar je bistveno za vrednotenje sprememb ob morebitnih izrednih dogodkih znotraj Reaktorskega centra ali pri zunanjih dogodkih, ki bi vplivali na radiološke razmere na območju Reaktorskega centra.

Spektrometrijo gama in-situ smo izvedli s prenosnim HPGe spektrometrom na travniku zahodno od reaktorja, severozahodno od zgradbe ICJT (slika 7). Rezultati meritev so v tabeli M11 in smo jih na rednem usposabljanju mobilnega radiološkega laboratorija ELME (PRIMER 2014, IJS-DP-11756) primerjali z meritvami ELME. Vsi rezultati poročanih radionuklidov se dobro ujemajo, kar potrjuje njihovo zanesljivost.



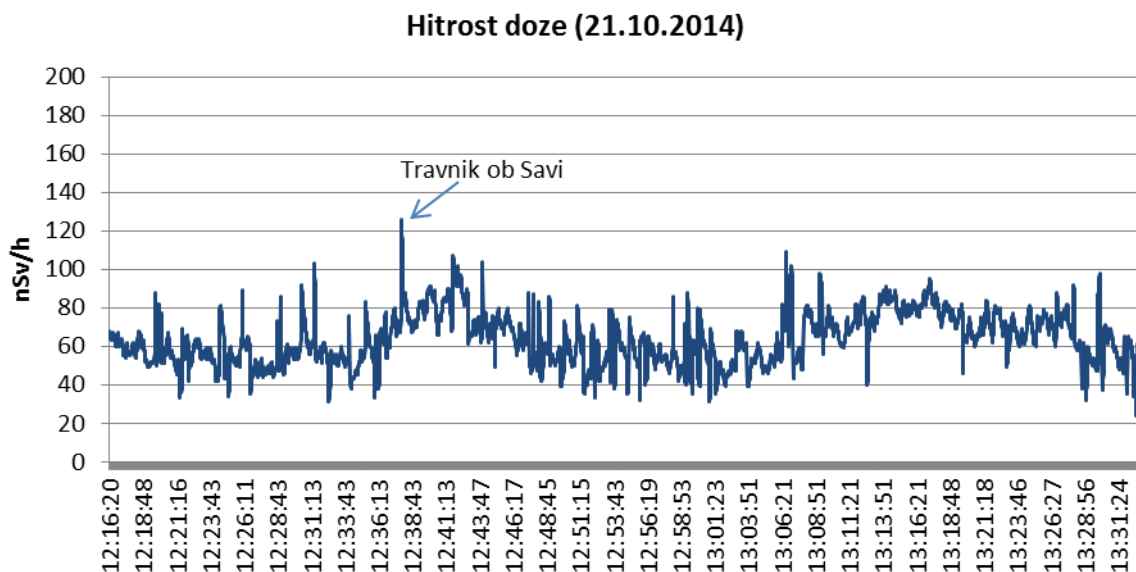
**Slika 7: Spektrometrija gama in-situ na zahodni strani reaktorja v okviru vaje in primerjalnih meritev med tremi različnimi laboratoriji, 22.10.2014**

Pri meritvah in-situ smo po pričakovanju zaznali prisotnost naravnih radionuklidov in Cs-137, ki je posledica kontaminacije širšega okolja zaradi poskusnih jedrskih eksplozij in černobilske nesreče. Vse vrednosti so običajne za naravno okolje. Vrednosti za Cs-137 ( $29 \pm 3$  Bq/kg ob predpostavki enakomerne porazdelitve) so primerljive z vrednostmi meritev v letu 2013 ( $27 \pm 6$  Bq/kg), kar je pričakovano, saj smo merili na istem področju Reaktorskega centra.

Hitrost doze znotraj ograje Reaktorskega centra in v njegovi okolici smo merili z občutljivim merilnikom, primernim za merjenje naravnega ozadja. Rezultati meritev in njihove lokacije na krožni poti so na slikah 8 in 9. Izmerjene hitrosti doze znotraj ograje Reaktorskega centra in v okoliških naseljih so primerljive z nivoji sevanja drugod po Sloveniji.

Zrak smo vzorčili s prenosnim vzorčevalnikom in izmerili v laboratoriju s spektrometrijo gama. Rezultati meritev so v tabeli M12. V vzorcu nismo zaznali prisotnosti umetnih radionuklidov.

Vse meritve v okviru vzdrževanja pripravljenosti so potrdile, da ni radiološkega vpliva delovanja jedrskega objekta na njegovo okolico.



**Slika 8: Meritve hitrosti doze na krožni poti v okolici objektov Reaktorskega centra (21.10.2014 s scintilacijsko sondo Automess 6150AD-b/H).**

Oznaka: 2.11HD



**Slika 9: Lokacija meritev hitrosti doze na krožni poti v okolici objektov Reaktorskega centra (21.10.2014)**

Oznaka: 2.11HD

### 2.3 Meritve reaktorskih tekočin

V okviru nadzora reaktorskih tekočin izvajamo meritve vzorcev (VLG spektrometrija) vode iz bazena reaktorja (primarna voda), iz sekundarnega kroga reaktorja ter iz bazena za iztrošene gorivne elemente. Z meritvami aktivnosti tekočin se posredno izvaja nadzor nad puščanjem gorivnih elementov, nad učinkovitostjo filtriranja vode in nad puščanjem med primarnim in sekundarnim krogom.



### 2.3.1 Primarna voda

Primarna voda se vzorčuje enkrat na teden, običajno nekaj dni po zaustavitvi reaktorja. Rezultati meritev so v tabeli M13. Skupna specifična aktivnost sevalcev gama je nekaj dni po zaustavitvi reaktorja okrog  $100 \text{ kBq/m}^3$ . K njej prispevajo aktivacijski produkti Na-24, Ar-41, Cr-51, Mn-56, Co-58, Co-60, Tc-99m, Sb-122 in W-187. Njihove koncentracije so za primarno vodo običajne. V primarni vodi nismo zaznali fisijskih produktov, iz česar je razvidno, da gorivo ni poškodovano.

### 2.3.2 Sekundarna voda

Vzorčenje sekundarne vode poteka enkrat na mesec med obratovanjem reaktorja. Rezultati meritev so v tabeli M14. V vzorcih ni bil zaznan noben umetni radionuklid, zato sklepamo, da ni puščanja med primarnim in sekundarnim krogom.

### 2.3.3 Voda iz bazena za iztrošene gorivne elemente

Vzorčenje vode iz bazena za iztrošene gorivne elemente poteka enkrat mesečno. Rezultati meritev so v tabeli M15. V vzorcih vode letos nismo zaznali prisotnosti umetnih radionuklidov. V vodi bazena za iztrošene gorivne elemente smo v preteklosti redno merili Co-60 in Cs-137 v nizkih koncentracijah, čeprav v bazenu od leta 2001 ni več izrabljenih gorivnih elementov. Prisotnost omenjenih radionuklidov je posledica pretekle kontaminacije.





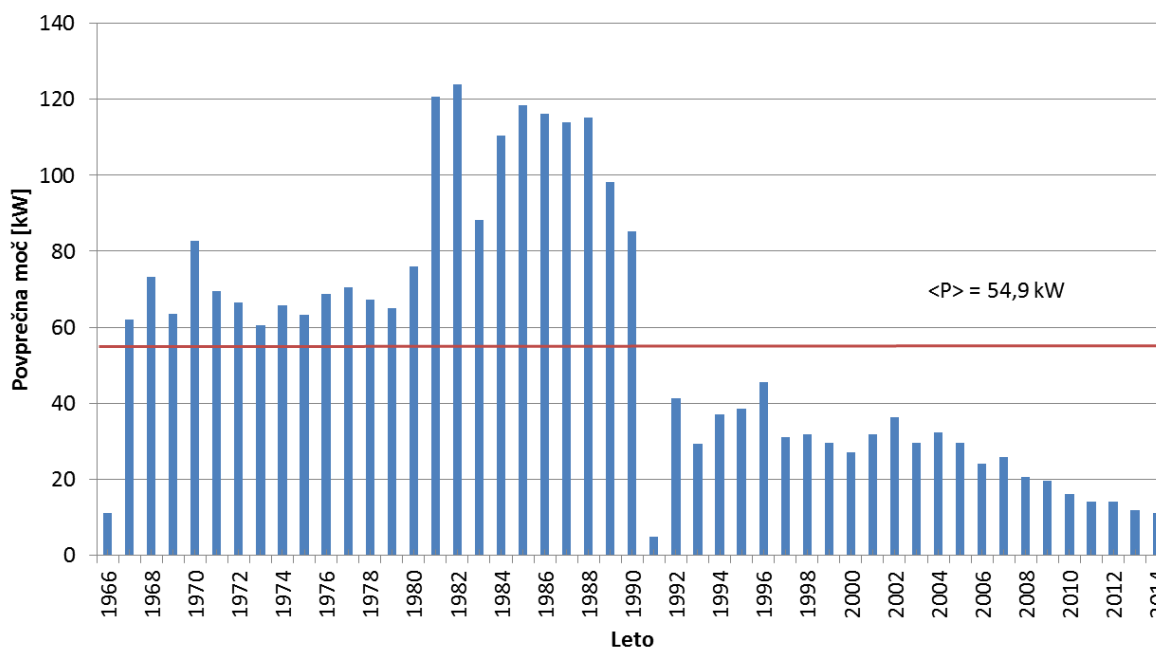
### 3 Ocena vplivov

Neposredne meritve v okolju ne kažejo na zaznaven radiološki vpliv Reaktorskega centra. Zaradi tega je možna le posredna ocena izpostavitve prebivalstva na podlagi emisijskih meritev in modelov. K izpostavitvi prispevata le zunanja izpostavitve zaradi atmosferskih izpustov Ar-41 (imerzija) in izpostavitve zaradi tekočinskih izpustov iz zadrževalnih cistern v savsko vodo (ingestija).

#### 3.1 Atmosferski izpusti

Med obratovanjem reaktorja nastaja v zraku ob sredici radioaktivni Ar-41 z aktivacijo Ar-40. Ventilacijski sistem ga sproti izpihava v okolje. Aktivnost nastalega Ar-41 je po prehodnem obdobju po zagonu reaktorja sorazmerna z obratovalno močjo reaktorja. Občasne meritve na izpuhu kažejo, da je značilna koncentracija okrog  $100 \text{ kBq/m}^3$  pri moči reaktorja  $250 \text{ kW}$  (tabela M3). Radiološko je razmeroma nepomemben, saj kot žlahtni plin ni nevaren pri inhalaciji.

Od obnove ventilacijskega sistema v aprilu in maju leta 2010 dalje ocenjujemo povprečni pretok zraka v dimniku na  $5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Pri polni moči reaktorja je zgornja ocena za aktivnost Ar-41  $100 \text{ kBq/m}^3$ , kar pri danem pretoku pomeni hitrost izpuščanja Ar-41  $0,5 \text{ MBq/s}$ . V letu 2014 je bila povprečna moč reaktorja  $11 \text{ kW}$  (slika 10) in ocenjena povprečna hitrost izpuščanja ( $Q = \frac{P}{P_{\max}} Q_{\max}$ )  $22 \text{ kBq/s}$  ter s tem letna količina izpuščenega Ar-41  $0,7 \text{ TBq}$ .



Slika 10: Povprečna obratovalna moč reaktorja TRIGA v obdobju 1966-2014

Koncentracijo argona v zraku v okolju smo ocenili z Gausovim modelom. Ob tem smo upoštevali sledeče predpostavke:

- upoštevamo Gaussov model za talni izpust ( $h = 0 \text{ m}$ ),





- disperzijski faktor  $v \cdot \chi / Q$  za razred stabilnosti ozračja D in E je povzet iz tabele 11.3.5 (stran 11-50), Handbook of Health Physics and Radiological Health, Third edition, Bernard Shleien et.al., Williams and Wilkins, 1998,
- povprečna hitrost vetra je 1 m/s.

V tabeli 2 so disperzijski faktorji za razdaljo 100 m (ograja) in 500 m (Pšata) za razreda stabilnosti D in E.

**Tabela 2: Parametri Gaussovega modela za različne oddaljenosti od vira. Upoštevali smo izpust 22 kBq/s.**

Oddaljenost od vira [m]:	100	500
disperzijski faktor ( $v \chi / Q$ ) razred D ( $m^{-2}$ )	1,0E-2	5,0E-4
$\chi$ – koncentracija [ $Bq/m^3$ ]	221	11
disperzijski faktor ( $v \chi / Q$ ) razred E ( $m^{-2}$ )	2,0E-2	1,0E-3
$\chi$ – koncentracija [ $Bq/m^3$ ]	442	22

### 3.1.1 Ocena efektivne doze zaradi atmosferskih izpustov

Pri oceni efektivne doze zaradi atmosferskih izpustov smo uporabili sledeče vhodne parametre in predpostavke:

- dozni pretvorbeni faktor za imerzijo v polneskončnem oblaku Ar-41: 5,3E-3  $\mu Sv/dan/Bq/m^3$ ,
- delež R oblaka z radijem  $\sigma_y$  glede na polneskončni oblak (tabela 3),
- predpostavili smo, da veter piha 10 % časa v smeri najbližjega naselja (Pšata),
- predpostavljena je celoletna izpostavitvev (8760 ur) za prebivalce Pšate (razdalja 500 m) in 65 ur na leto za osebo na ograji (razdalja 100 m),
- na podlagi meteorološkega mnenja ARSO smo predpostavili, da so v ozračju polovico leta stabilnostne razmere razreda D in polovico leta stabilnostne razmere razreda E.

**Tabela 3: Deleži hitrosti doze iz oblaka z radijem  $\sigma_y$ .**

Oddaljenost od vira [m]:	100	500
$\sigma_y$ [m] - razred D	8	40
R – delež oblaka z radijem $\sigma_y$ glede na polneskončni oblak*	<b>0,03</b>	<b>0,14</b>
$\sigma_y$ [m] - razred E	6	30
R – delež oblaka z radijem $\sigma_y$ glede na polneskončni oblak*	<b>0,03</b>	<b>0,1</b>

\* Delež med končnim in polneskončnim oblakom je povzet s slike 11.3.2 (stran 11-46), Handbook of Health Physics and Radiological Health, Third edition, Bernard Shlein et.al., Williams and Wilkins, 1998

Efektivno dozo  $E_{im}$  zaradi zunanje izpostavljenosti Ar-41 izračunamo iz enačbe:

$$E_{im} = \chi \cdot D_{im}(Ar) \cdot R \cdot t \cdot d$$

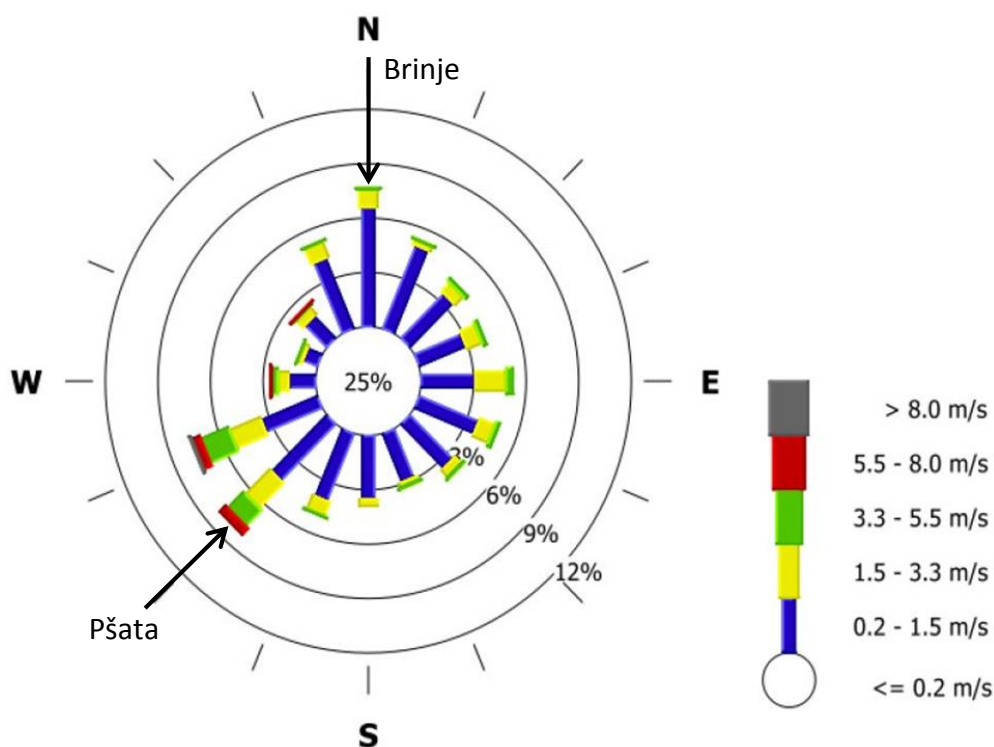
kjer je:

- $\chi$  koncentracija Ar-41 v zraku,
- $D_{im}(Ar)$  dozni pretvorbeni faktor za imerzijo v polneskončnem oblaku Ar-41,



- $R$  popravek iz polneskončnega oblaka v oblak s končnim radijem  $\sigma_y$  (delež polneskončnega oblaka),  
 $t$  čas zadrževanja na določenem mestu,  
 $d$  delež časa, ko veter piha v določeni smeri.

Doze so zaradi primerljivosti s prejšnjimi leti računane za najbližje naselje Pšata. Iz rože vetrov za leto 2014 (slika 11), za katero smo podatke dobili z meteorološke postaje Rektorskega centra, je razvidno, da je bila v letu 2014 dominantna smer vetra proti najbližjemu naselju Pšata, kamor je veter pihal 8,1 % časa, in da je bila hitrost vetra v povprečju 1,9 m/s, kar je več kot 1 m/s, kolikor smo upoštevali v izračunu. V tabeli 4 so izračunane hitrosti doze in efektivna letna doza za naselje Pšata.



Slika 11: Roža vetrov za leto 2014, osrednji del predstavlja brezvetrije (25%)

Tabela 4: Ocenjene hitrosti doze in letne doze zaradi izpustov Ar-41

Razred stabilnosti ozračja	Oddaljenost od vira [m]	100	500
D	Hitrost doze [ $\mu\text{Sv/h}$ ]	1,46 E-4	3,40 E-5
	Letna doza [ $\mu\text{Sv}$ ]	<b>0,01</b>	<b>0,30</b>
E	Hitrost doze [ $\mu\text{Sv/h}$ ]	2,91 E-4	4,86 E-5
	Letna doza [ $\mu\text{Sv}$ ]	<b>0,02</b>	<b>0,43</b>
Povprečje D in E		<b>0,01</b>	<b>0,36</b>

Ob predpostavki, da se človek zadržuje 65 ur/leto ob ograji Rektorskega centra, je efektivna letna doza 0,01  $\mu\text{Sv}$ . V oddaljenosti 500 m (Pšata) je ob letošnjem zadrževanju efektivna letna doza 0,36  $\mu\text{Sv}$ . **Ocenjujemo, da je efektivna letna doza, prejeta preko te prenosne poti,**



zanemarljiva. Tudi v primeru, da bi reaktor obratoval celo leto na polni moči, bi bila prejeta letna doza na oddaljenosti 500 m zanemarljiva ( $< 10 \mu\text{Sv}$ ).

### 3.2 Tekočinski izpusti

Drenažne tekočine Reaktorskega centra se zbirajo v treh ločenih zadrževalnih cisternah (reaktor, Odsek za znanosti o okolju O-2 in OVC). V letu 2012 prvič do sedaj nismo zaznali v izpustih nobenih umetnih radionuklidov, v letu 2014 pa je bil, tako kot v letu 2013, v izpustih le enkrat zaznan umetni radionuklid. V letu 2014 je bil to Sb-125 pod mejo detekcije (tabela M1).

#### 3.2.1 Ocena efektivnih doz zaradi tekočinskih izpustov

Ocena doze zaradi tekočinskih izpustov temelji na hipotetični predpostavki zauživanja savske vode po izpustu tekočin iz zadrževalne cisterne. Ocena je zelo konservativna, saj predpostavlja, da človek celo leto pije savsko vodo.

Letno efektivno dozo za ingestijo izračunamo iz enačbe:

$$E_{\text{ing}} = \sum_i \frac{A_i}{\phi \cdot t_{\text{izp}}} V_1 \cdot DF_{\text{ing},i}$$

kjer je:

- $A_i$  letna izpuščena aktivnost izotopa  $i$ ,
- $\phi$  povprečni pretok Save ( $58 \text{ m}^3/\text{s}^*$ ),
- $t_{\text{izp}}$  trajanje izpusta (okrog 2 h),
- $V_1$  količina zaužite vode v enem letu ( $0,75 \text{ m}^3/\text{leto}$ ),
- $DF_{\text{ing},i}$  dozni faktor za ingestijo izotopa  $i$ .

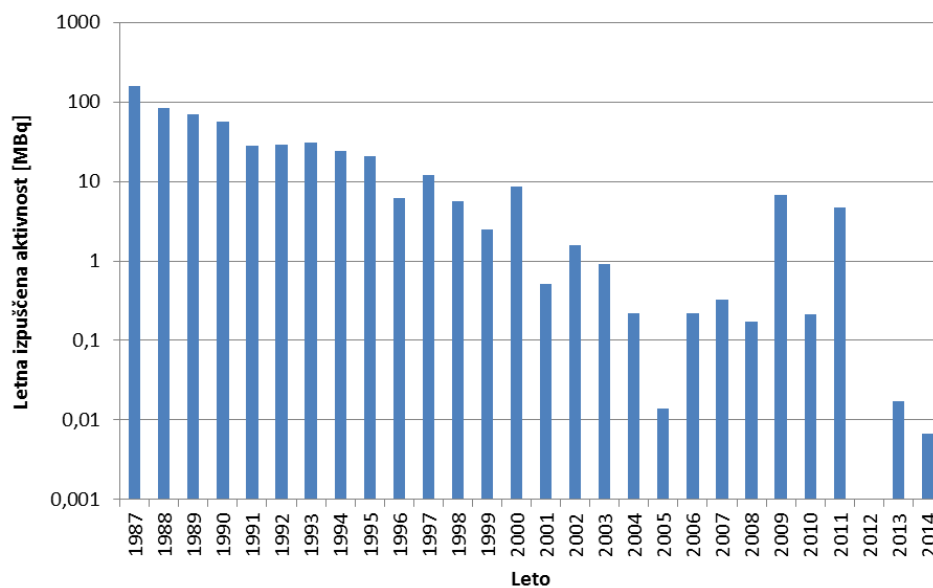
\* Vrednost povprečnega pretoka Save ostaja iz zgodovinskih razlogov  $58 \text{ m}^3/\text{s}$ , čeprav se številka sama iz leta v leto spreminja. Dolgoletno povprečje je več kot  $58 \text{ m}^3/\text{s}$ , zato z ohranjanjem nižje številke ostaja ocena konservativna.

V letu 2014 smo zaznali umetne radionuklide v izpustih le enkrat (tabela M1, slika 12). V tabeli 5 je ocenjena letna ingestijska doza.

**Tabela 5: Ocenjena letna doza zaradi tekočinskih izpustov**

Radionuklid	A [Bq/leto]	$D_{\text{ing}}$ [Sv/Bq]	E [nSv]
<b>Sb-125</b>	6,80E+03	1,1E-09	1,34E-02
<b>Skupaj</b>	6,80E+03		<b>1,34E-02</b>

Efektivna letna ingestijska doza je ocenjena na manj kot  $0,01 \mu\text{Sv}$ . **Ocenjujemo, da je tudi efektivna letna doza preko te prenosne poti zanemarljiva.**



Slika 12: Letne izpuščene aktivnosti iz cisterne odseka O-2 v obdobju 1987-2014



## 4 MERSKI REZULTATI

### 4.1 Program nadzornih meritev sevanja v okolju Reaktorskega centra

Program nadzora je opredeljen v Programu varstva pred ionizirajočim sevanjem v raziskovalnem reaktorju TRIGA MARK II (IJS-DP-11287, april 2013). Program temelji na starem programu, ki je bil opredeljen v odločbi Uprave RS za jedrsko varnost št. 391-01/00-5-26546/MK z dne 10.11.2000 in je bil v letu 2013 posodobljen in usklajen s Pravilnikom o monitoringu radioaktivnosti (JV10, Ur.l. RS, št. 97/2009, Priloga 5: Zasnova programa območnega monitoringa raziskovalnega jedrskega reaktorja).

#### 4.1.1 Program meritev izpustov

Oznaka	Vzorčevalno mesto	Vrsta vzorca	Merska metoda	Pogostost vzorčenja	Pogostost meritve
<b>TEKOČINSKI IZPUSTI</b>					
1.1G	izpustna cisterna O-2	tekočina	VLG	pred praznjenjem (predvidoma 1x tedensko)	predvidoma 1x tedensko
1.2G	drenaža reaktor + OVC	tekočina	VLG	pred praznjenjem (nekajkrat letno)	nekajkrat letno
<b>ZRAK</b>					
1.3G	izpuh reaktorja – žlahtni plini	plinski	VLG	med obratovanjem (1x mesečno)	1x mesečno
1.4G	izpuh reaktorja – zračni delci	filter	VLG	kontinuirano (menjava 2x tedensko)	2x tedensko
1.5G	vročica celica – zračni delci	filter	VLG	kontinuirano (menjava 2x tedensko)	2x tedensko
<b>ZUNANJE SEVANJE</b>					
1.6HD	izpuh reaktorja	-	hitrost doze	kontinuirano	beleženje v 30 min intervalih
1.7D	izpuh reaktorja	-	TLD	kontinuirano (menjava 1x mesečno)	1x mesečno


**4.1.2 Program meritev v okolju**

Oznaka	Vzorčevalno mesto	Vrsta vzorca	Merska metoda	Pogostost vzorčenja	Pogostost meritve
<b>TEKOČINE</b>					
2.1G	vodnjak - podtalnica	Tekočina	VLG	1x mesečno	1x mesečno
<b>REČNI SEDIMENT</b>					
2.2G	Sava nad izpustom	Sediment	VLG	1x letno	1x letno
2.3G	Sava pod izpustom	Sediment	VLG	1x letno	1x letno
<b>TLA</b>					
2.4G	Znotraj ograje RC	Zemlja 0-10 cm	VLG	1x letno	1x letno
<b>ZUNANJE SEVANJE</b>					
2.5HD	vzhodna kontrolna točka	-	hitrost doze	kontinuirano	beleženje v 30 min intervalih
2.6D	vzhodna kontrolna točka	-	TLD	kontinuirano (menjava 1x mesečno)	1x mesečno
2.7D	južna kontrolna točka (vratarica)	-	TLD	kontinuirano (menjava 1x mesečno)	1x mesečno
2.8D	zahodna kontrolna točka (meteorološka postaja)	-	TLD	kontinuirano (menjava 1x mesečno)	1x mesečno
2.9D	severna kontrolna točka (ograja)	-	TLD	kontinuirano (menjava 1x mesečno)	1x mesečno
<b>MERITVE KONTAMINACIJE V OKOLJU ZA PRIMER IZREDNEGA DOGODKA</b>					
2.10IS	znotraj ograje RC (na mestu vzorca zelje)	zemlja	in-situ VLG	1x letno	1x letno
2.11HD	krožna pot okoli objekta	-	hitrost doze	1x letno	intervalno beleženje
2.12G	znotraj ograje RC – zračni delci	filter	VLG	1x letno	1x letno

**4.1.3 Program meritev reaktorskih tekočin**

Oznaka	Vzorčevalno mesto	Vrsta vzorca	Merska metoda	Pogostost vzorčenja	Pogostost meritve
<b>TEKOČINSKI IZPUSTI</b>					
3.1G	primarna voda	tekočina	VLG	1x tedensko	1x tedensko
3.2G	sekundarna voda	tekočina	VLG	1x mesečno	1x mesečno
3.3G	bazen z gorivnimi elementi	tekočina	VLG	1x mesečno	1x mesečno



## 4.2 Pregled tabel

Tabela M1: Meritve tekočinskih izpustov iz zadrževalne cisterne odseka O-2 (1.1G)

Tabela M2: Meritve aktivnosti tekočinskih izpustov iz drenaže reaktorja in vročih celic (1.2G)

Tabela M3: Meritve aktivnosti žlahtnih plinov (Ar-41) v izpuhu iz reaktorja (1.3G)

Tabela M4: Meritve aktivnosti filtrov zračnih delcev na izpuhu reaktorja (1.4G)

Tabela M5: Meritve aktivnosti filtrov zračnih delcev na izpuhu vroče celice (1.5G)

Tabela M6: Mesečne doze TLD na izpuhu iz reaktorja (1.7D)

Tabela M7: Meritve aktivnosti vode iz vodnjaka (2.1G)

Tabela M8: Meritve aktivnosti sedimentov Save (2.2G – 2.3G)

Tabela M9: Meritve aktivnostizemlje v okolici reaktorja (2.4G)

Tabela M10: Mesečne doze TLD na kontrolnih merilnih točkah (2.6D – 2.9D)

Tabela M11: Meritev depozita – in-situ (2.10IS)

Tabela M12: Meritev aktivnosti filtra zračnih delcev v okolici reaktorja (2.12G)

Tabela M13: Meritve aktivnosti primarne vode reaktorja (3.1G)

Tabela M14: Meritve aktivnosti sekundarne vode reaktorja (3.2G)

Tabela M15: Meritve aktivnosti vode iz bazena za iztrošene gorivne elemente (3.3G)



**Tabela M1: Meritve aktivnosti tekočinskih izpustov iz zadrževalne cisterne odseka O-2 v letu 2014**

Oznaka: 1.1G

Datum vzorčenja	V [m <sup>3</sup> ]	pH	Aktivnost Sb-125 [Bq/kg]
06.01.2014	3,06	7,0	-
13.01.2014	5,72	7,0	-
20.01.2014	7,07	7,0	-
27.01.2014	6,32	7,0	-
03.02.2014	9,71	7,0	-
10.02.2014	11,72	7,0	-
17.02.2014	8,19	7,0	-
24.02.2014	12,15	7,0	-
03.03.2014	14,23	7,0	-
10.03.2014	13,74	7,0	-
17.03.2014	6,95	7,0	-
24.03.2014	7,80	7,0	-
31.03.2014	9,95	7,0	-
07.04.2014	14,41	7,0	-
14.04.2014	7,99	7,0	-
22.04.2014	8,76	7,0	-
25.04.2014	4,90	7,0	-
05.05.2014	7,32	7,0	-
12.05.2014	4,49	7,0	-
19.05.2014	7,60	7,0	-
26.05.2014	4,34	7,0	-
02.06.2014	4,34	7,0	-
09.06.2014	7,18	7,0	-
16.06.2014	7,07	7,0	-
30.06.2014	9,97	7,0	-
07.07.2014	5,41	7,0	-
14.07.2014	8,71	7,0	-
21.07.2014	7,21	7,0	-
28.07.2014	7,01	7,0	-
04.08.2014	9,00	7,0	-
11.08.2014	8,50	7,0	-
18.08.2014	5,05	7,0	-
01.09.2014	4,52	7,0	-
08.09.2014	3,09	7,0	2,20 ± 1,33
15.09.2014	6,96	7,0	-
22.09.2014	7,87	7,0	-
29.09.2014	13,16	7,0	-
06.10.2014	6,06	7,0	-
13.10.2014	6,51	7,0	-
20.10.2014	6,41	7,0	-
27.10.2014	6,67	7,0	-
03.11.2014	5,87	7,0	-
10.11.2014	3,85	7,0	-
17.11.2014	6,32	7,0	-
24.11.2014	7,58	7,0	-
28.11.2014	5,20	7,0	-
08.12.2014	11,74	7,0	-
15.12.2014	13,30	7,0	-
23.12.2014	9,23	7,0	-





**Tabela M2: Meritve aktivnosti tekočinskih izpustov iz drenaže reaktorja in vročih celic v letu 2014**

Oznaka: 1.2G

Datum vzorčenja	V [m <sup>3</sup> ]	Aktivnost [Bq/kg]
16.01.2014	3,51	-
07.04.2014	3,55	-
11.06.2014	3,58	-
22.07.2014	3,68	-
02.09.2014	3,64	-
21.11.2014	3,55	-

Opomba: V vzorcih ni bil zaznan noben umetni radionuklid. Cisterne OVC v letu 2014 nismo nikoli praznili.

**Tabela M3: Meritve aktivnosti žlahtnih plinov (Ar-41) v izpuhu iz reaktorja v letu 2014**

Oznaka: 1.3G

Datum vzorčenja	P <sub>reaktorja</sub> [kW]	Aktivnost Ar-41 [kBq/m <sup>3</sup> ]
14.01.2014	250	91,3 ± 7,6
12.02.2014	250	83,7 ± 7,0
12.03.2014	250	84,5 ± 7,1
09.04.2014	250	78,6 ± 6,6
07.05.2014	250	82,0 ± 6,9
03.06.2014	250	74,9 ± 6,3
14.07.2014	250	73,3 ± 6,3
22.09.2014	250	75,4 ± 6,4
09.10.2014	250	78,2 ± 6,7
19.11.2014	250	84,7 ± 7,1
10.12.2014	250	89,6 ± 7,4
Povprečje:	250	81,5


**Tabela M4: Meritve aktivnosti filtrov zračnih delcev na izpuhu reaktorja v letu 2014**

Oznaka: 1.4G

Datum vzorčenja	V [m <sup>3</sup> ]	Aktivnost [Bq]	Datum vzorčenja	V [m <sup>3</sup> ]	Aktivnost [Bq]	Datum vzorčenja	V [m <sup>3</sup> ]	Aktivnost [Bq]
<b>Januar</b>			<b>Februar</b>			<b>Marec</b>		
2.1.14	164	-	3.2.14	154	-	3.3.14	208	-
6.1.14	194	-	6.2.14	196	-	6.3.14	164	-
9.1.14	148	-	10.2.14	182	-	10.3.14	191	-
13.1.14	194	-	13.2.14	163	-	13.3.14	135	-
16.1.14	167	-	17.2.14	213	-	17.3.14	157	-
20.1.14	212	-	20.2.14	146	-	20.3.14	146	-
23.1.14	170	-	24.2.14	208	-	24.3.14	197	-
27.1.14	218	-	27.2.14	153	-	27.3.14	193	-
30.1.14	138	-				31.3.14	197	-
<b>April</b>			<b>Maj</b>			<b>Junij</b>		
3.4.14	150	-	2.5.14	489	-	2.6.14	270	-
7.4.14	214	-	5.5.14	216	-	5.6.14	180	-
10.4.14	192	-	8.5.14	193	-	9.6.14	230	-
14.4.14	250	-	12.5.14	263	-	12.6.14	185	-
17.4.14	206	-	15.5.14	212	-	16.6.14	267	-
22.4.14	287	-	19.5.14	290	-	19.6.14	195	-
24.4.14	133	-	22.5.14	177	-	23.6.14	261	-
			26.5.14	254	-	26.6.14	208	-
			29.5.14	203	-	30.6.14	273	-

Datum vzorčenja	V [m <sup>3</sup> ]	Aktivnost Na-24 [Bq]	Datum vzorčenja	V [m <sup>3</sup> ]	Aktivnost Na-24 [Bq]	Datum vzorčenja	V [m <sup>3</sup> ]	Aktivnost [Bq]
<b>Julij</b>			<b>Avgust</b>			<b>September</b>		
3.7.14	192	-	4.8.14	249	-	1.9.14	242	-
7.7.14	259	-	7.8.14	192	0,79 ± 0,24	4.9.14	181	-
10.7.14	198	-	11.8.14	240	-	8.9.14	227	-
14.7.14	278	0,76 ± 0,26	13.8.14	122	-	11.9.14	186	-
17.7.14	184	-	18.8.14	319	-	15.9.14	255	-
21.7.14	188	-	21.8.14	183	-	18.9.14	165	-
24.7.14	166	-	26.8.14	307	-	22.9.14	232	-
29.7.14	232	-	28.8.14	130	-	25.9.14	188	-
31.7.14	187	0,41 ± 0,09				29.9.14	246	-
<b>Oktober</b>			<b>November</b>			<b>December</b>		
2.10.14	181	-	3.11.14	186	-	1.12.14	191	-
6.10.14	232	-	7.11.14	172	-	4.12.14	193	-
9.10.14	165	-	10.11.14	216	-	8.12.14	215	-
13.10.14	236	-	13.11.14	161	-	11.12.14	171	-
16.10.14	178	-	17.11.14	220	-	15.12.14	154	-
20.10.14	247	-	20.11.14	182	-	18.12.14	139	-
23.10.14	190	-	24.11.14	249	-	22.12.14	217	-
30.10.14	156	-	27.11.14	173	-	24.12.14	117	-
						29.12.14	281	-


**Tabela M5: Meritve aktivnosti filtrov zračnih delcev na izpuhu vroče celice v letu 2014**

Oznaka: 1.5G

Datum vzorčenja	V [m <sup>3</sup> ]	Aktivnost [Bq]	Datum vzorčenja	V [m <sup>3</sup> ]	Aktivnost [Bq]	Datum vzorčenja	V [m <sup>3</sup> ]	Aktivnost [Bq]
<b>Januar</b>			<b>Februar</b>			<b>Marec</b>		
2.1.14	136	-	3.2.14	140	-	3.3.14	171	-
6.1.14	169	-	6.2.14	101	-	6.3.14	130	-
9.1.14	115	-	10.2.14	154	-	10.3.14	174	-
13.1.14	140	-	13.2.14	124	-	13.3.14	126	-
16.1.17	108	-	17.2.14	155	-	17.3.14	161	-
20.1.14	136	-	20.2.14	115	-	20.3.14	117	-
23.1.14	106	-	24.2.14	158	-	24.3.14	165	-
27.1.14	138	-	27.2.14	124	-	27.3.14	98	-
30.1.14	103	-				31.3.14	141	-
<b>April</b>			<b>Maj</b>			<b>Junij</b>		
3.4.14	103	-	2.5.14	462	-	2.6.14	247	-
7.4.14	218	-	5.5.14	206	-	5.6.14	192	-
10.4.14	200	-	8.5.14	197	-	9.6.14	243	-
14.4.14	249	-	12.5.14	252	-	12.6.14	233	-
17.4.14	200	-	15.5.14	183	-	16.6.14	258	-
22.4.14	304	-	19.5.14	258	-	19.6.14	185	-
24.4.14	125	-	22.5.14	192	-	23.6.14	254	-
			26.5.14	240	-	26.6.14	191	-
			29.5.14	191	-	30.6.14	305	-

Datum vzorčenja	V [m <sup>3</sup> ]	Aktivnost [Bq]	Datum vzorčenja	V [m <sup>3</sup> ]	Aktivnost [Bq]	Datum vzorčenja	V [m <sup>3</sup> ]	Aktivnost [Bq]
<b>Julij</b>			<b>Avgust</b>			<b>September</b>		
3.7.14	185	-	4.8.14	210	-	1.9.14	174	-
7.7.14	243	-	7.8.14	160	-	4.9.14	122	-
10.7.14	180	-	12.8.14	200	-	8.9.14	147	-
14.7.14	242	-	13.8.14	95	-	11.9.14	114	-
17.7.14	167	-	18.8.14	146	-	15.9.14	135	-
21.7.14	218	-	21.8.14	142	-	18.9.14	110	-
24.7.14	161	-	26.8.14	229	-	22.9.14	155	-
29.7.14	205	-	28.8.14	94	-	25.9.14	111	-
31.7.14	161	-				29.9.14	142	-
<b>Oktober</b>			<b>November</b>			<b>December</b>		
2.10.14	104	-	3.11.14	108	-	1.12.14	82	-
6.10.14	130	-	7.11.14	78	-	4.12.14	64	-
9.10.14	91	-	10.11.14	95	-	8.12.14	80	-
13.10.14	123	-	13.11.14	73	-	11.12.14	58	-
16.10.14	87	-	17.11.14	94	-	15.12.14	70	-
20.10.14	122	-	20.11.14	67	-	18.12.14	47	-
23.10.14	89	-	24.11.14	91	-	22.12.14	65	-
27.10.14	116	-	27.11.14	66	-	24.12.14	30	-
30.10.14	78	-				29.12.14	80	-

Opomba: V vzorcih ni bil zaznan noben umetni radionuklid.



**Tabela M6: Mesečne doze TLD na izpuhu iz reaktorja v letu 2014**

Oznaka: 1.7D

Mesec	Mesečna doza [mSv/mesec]
januar	0,139
februar	0,084
marec	0,120
april	0,091
maj	0,128
junij	0,099
julij	0,093
avgust	0,093
september	0,105
oktober	0,088
november	0,108
december	0,073
<b>skupaj 2014</b>	<b>1,221</b>

**Tabela M7: Meritve aktivnosti vode iz vodnjaka v letu 2014**

Oznaka: 2.1G

Datum vzorčenja	gladina podtalnice [m]	Aktivnost [Bq/kg]
06.01.2014	9,1	-
05.02.2014	9,1	-
03.03.2014	8,7	-
08.04.2013	9,6	-
08.05.2014	9,9	-
05.06.2014	9,8	-
02.07.2014	9,7	-
19.08.2014	9,7	-
03.09.2014	9,3	-
01.10.2014	9,6	-
05.11.2014	9,6	-
03.12.2014	8,7	-

Opomba: V vzorcih ni bil zaznan noben umetni radionuklid.

**Tabela M8: Meritve aktivnosti sedimentov Save (21.10.2014)**

Oznaka: 2.2G – 2.3G

Izotop	A/m [Bq/kg]	
	nad izpustom	pod izpustom
masa [g]	368	321
K-40	146 ± 11	210 ± 16
Cs-137	0,64 ± 0,16	1,01 ± 0,14
Pb-210	56,2 ± 12,0	21,3 ± 10,4
Ra-226	19,0 ± 1,6	19,3 ± 1,6
Ra-228	12,6 ± 1,0	16,4 ± 1,3
Th-228	11,2 ± 0,9	15,6 ± 1,2
U-238	28,2 ± 4,7	15,3 ± 7,2



**Tabela M9: Meritve aktivnosti zemlje v okolici reaktorja (22.10.2014 na zahodni strani Reaktorskega centra)**

Oznaka: 2.4G

Izotop	A/m [Bq/kg]		A/S [kBq/m <sup>2</sup> ]
	0 - 10 cm	10 - 20 cm	Depozit 0 – 20 cm
masa [g]	302	355	
K-40	339 ± 26	346 ± 26	-
Cs-137	71,2 ± 6,1	19,9 ± 1,7	1,8 ± 0,2
Pb-210	116 ± 21	76,7 ± 17,2	-
Ra-226	40,2 ± 3,4	45,2 ± 3,7	-
Ra-228	35,8 ± 2,8	36,2 ± 2,7	-
Th-228	36,1 ± 2,9	35,0 ± 2,7	-
U-238	28,6 ± 9,5	27,6 ± 10,3	-

**Tabela M10: Mesečne doze TLD na kontrolnih merilnih točkah v letu 2014**

Oznaka: 2.6D – 2.9D

Mesec	Mesečna doza [mSv/mesec]			
	Jug	Zahod	Sever	Vzhod
januar	0,074	0,082	0,088	0,089
februar	0,065	0,077	0,083	0,089
marec	0,062	0,072	0,083	0,080
april	0,067	0,077	0,083	0,081
maj	0,063	0,071	0,077	0,075
junij	0,067	0,084	0,079	0,090
julij	0,069	0,079	0,081	0,090
avgust	0,069	0,079	0,081	0,090
september	0,063	0,077	0,079	0,083
oktober	0,066	0,073	0,082	0,085
november	0,065	0,087	0,090	0,087
december	0,063	0,068	0,077	0,080
<b>skupaj 2014</b>	<b>0,793</b>	<b>0,926</b>	<b>0,983</b>	<b>1,019</b>

**Tabela M11: Meritev depozita – in-situ (22.10.2014 na zahodni strani reaktorja)**

Oznaka: 2.10IS

Izotop	Enakomerna porazdelitev [Bq/kg]	Površinska porazdelitev [kBq/m <sup>2</sup> ]
K-40	189 ± 21	-
Cs-137	28,6 ± 3,4	1,05 ± 0,12
Ra-226	20,2 ± 2,4	-
Ra-228	19,1 ± 2,2	-
Th-228	19,5 ± 2,1	-

**Tabela M12: Meritev aktivnosti filtra zračnih delcev v okolici reaktorja (22.10.2014 na zahodni strani Reaktorskega centra)**

Oznaka: 2.12G

Datum vzorčenja	V [m <sup>3</sup> ]	Aktivnost [Bq]
22.10.14	72	-

Opomba: V vzorcu ni bil zaznan noben umetni radionuklid.


**Tabela M13: Meritve aktivnosti primarne vode reaktorja v letu 2014**

Oznaka: 3.1G

Datum	P <sub>reakt.</sub> [kW]	Na-24 [Bq/kg]	Ar-41 [Bq/kg]	Cr-51 [Bq/kg]	Mn-56 [Bq/kg]	Co-58 [Bq/kg]	Co-60 [Bq/kg]	Tc-99m [Bq/kg]	Sb-122 [Bq/kg]	W-187 [Bq/kg]
06.01.2014	0	18,4 ± 2,6	-	-	-	-	-	-	-	-
13.01.2014	0	41,0 ± 4,8	-	-	-	-	-	2,12 ± 0,85	-	9,63 ± 2,40
20.01.2014	0	-	-	-	-	-	-	3,74 ± 1,02	-	-
27.01.2014	0	43,1 ± 5,9	-	19,1 ± 6,1	-	4,18 ± 1,17	-	10,9 ± 2,2	5,28 ± 1,44	13,7 ± 3,70
03.02.2014	0	28,2 ± 3,7	-	18,5 ± 6,3	-	2,66 ± 0,91	-	5,87 ± 1,47	5,70 ± 1,31	-
10.02.2014	0	-	-	6,48 ± 4,00	-	-	-	-	-	-
17.02.2014	0	-	-	17,2 ± 5,9	-	2,05 ± 0,87	4,1 ± 1,0	-	-	-
24.02.2014	0	-	-	-	-	3,21 ± 0,86	-	-	-	-
03.03.2014	0	52,3 ± 5,8	-	13,0 ± 5,7	-	2,75 ± 0,84	-	5,90 ± 1,47	3,17 ± 1,24	15,2 ± 3,7
10.03.2014	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17.03.2014	0	15,7 ± 2,5	-	29,9 ± 6,6	-	3,50 ± 0,94	-	4,28 ± 1,28	2,19 ± 1,07	-
24.03.2014	0	17,9 ± 2,8	-	31,4 ± 7,1	-	1,86 ± 0,91	-	6,87 ± 1,71	-	6,58 ± 3,64
31.03.2014	0	12,0 ± 2,2	-	19,0 ± 6,8	-	-	-	-	-	-
07.04.2014	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14.04.2014	0	21,6 ± 3,1	-	14,0 ± 6,4	-	-	-	2,36 ± 1,05	3,28 ± 1,12	-
22.04.2014	0	-	-	16,1 ± 4,2	-	-	-	-	-	-
05.05.2014	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12.05.2014	0	11,8 ± 2,1	-	14,8 ± 4,6	-	3,51 ± 0,95	-	4,32 ± 1,27	2,71 ± 1,16	-
19.05.2014	0	-	-	13,4 ± 4,8	-	1,87 ± 0,95	-	2,97 ± 1,14	-	-
26.05.2014	0	7,60 ± 1,69	-	-	-	-	-	-	-	-
02.06.2014	0	16,1 ± 2,5	-	-	-	-	-	3,50 ± 1,08	-	-
09.06.2014	0	-	-	22,5 ± 6,4	-	3,10 ± 0,78	-	-	-	-
16.06.2014	0	-	-	23,5 ± 6,0	-	-	-	1,65 ± 0,81	-	-
23.06.2014	0	9,3 ± 2,1	-	21,1 ± 5,8	-	3,72 ± 0,80	-	-	-	-
30.06.2014	0	42,8 ± 5,1	5482 ± 509	25,9 ± 11,7	324 ± 27	-	-	-	-	-
02.07.2014	0	71,9 ± 7,6	-	-	-	-	-	3,99 ± 0,91	-	12,1 ± 2,6
07.07.2014	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.07.2014	0	9,41 ± 1,90	-	-	-	-	-	-	-	-
14.07.2014	250	384 ± 37	17264 ± 1596	-	1285 ± 99	-	-	-	-	70,0 ± 9,8
21.07.2014	250	324 ± 31	17054 ± 1573	-	1209 ± 92	-	-	-	-	53,7 ± 10,0
28.07.2014	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29.07.2014	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31.07.2014	250	552 ± 52	-	29,4 ± 8,4	-	6,28 ± 1,94	-	21,1 ± 3,9	6,40 ± 2,19	55,8 ± 5,3
04.08.2014	0	1,79 ± 1,15	-	12,5 ± 4,7	-	-	-	-	-	-
11.08.2014	0	36,8 ± 4,4	-	15,6 ± 5,6	-	-	-	3,62 ± 1,09	2,59 ± 1,25	-
18.08.2014	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28.08.2014	0	-	-	7,8 ± 4,7	-	-	-	-	-	-
01.09.2014	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
08.09.2014	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15.09.2014	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22.09.2014	0	19,0 ± 2,8	-	-	-	-	-	-	-	-
29.09.2014	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06.10.2014	0	4,03 ± 1,20	-	-	-	-	-	-	-	-
13.10.2014	0	13,6 ± 2,3	-	-	-	-	-	3,13 ± 0,99	-	-
20.10.2014	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24.10.2014	0	134 ± 13	1321 ± 123	-	86,1 ± 8,3	-	-	3,84 ± 1,39	-	18,1 ± 4,2
27.10.2014	250	458 ± 44	21038 ± 1938	-	1472 ± 111	-	-	-	-	76,0 ± 11,9
03.11.2014	0	16,3 ± 2,5	793 ± 74	-	66,9 ± 6,2	-	-	4,70 ± 1,16	-	-
07.11.2014	0	11,0 ± 1,9	785 ± 73	-	39,3 ± 4,6	-	-	-	-	-
10.11.2014	0	10,5 ± 1,9	1151 ± 107	-	59,8 ± 6,2	-	-	-	-	-
11.11.2014	0	7,78 ± 1,97	-	-	-	-	-	-	-	-
17.11.2014	0	26,4 ± 3,5	-	-	-	-	-	3,54 ± 1,15	-	-
24.11.2014	0	99,1 ± 10,2	3988 ± 371	23,4 ± 9,6	353 ± 29	-	-	7,13 ± 2,29	6,02 ± 2,01	-
01.12.2014	0	-	-	-	-	1,18 ± 0,52	-	2,44 ± 0,74	-	-
08.12.2014	0	18,3 ± 2,6	-	-	-	-	-	-	-	-
15.12.2014	0	8,92 ± 1,94	-	10,3 ± 4,7	-	-	-	2,64 ± 1,05	-	-
22.12.2014	0	16,0 ± 2,5	-	-	-	-	-	1,16 ± 0,52	-	-
29.12.2014	0	-	-	-	-	3,54 ± 0,99	-	-	-	-



**Tabela M14: Meritve aktivnosti sekundarne vode reaktorja v letu 2014**

Oznaka: 3.2G

Datum vzorčenja	Aktivnost [Bq/kg]
14.01.2014	-
12.02.2014	-
12.03.2014	-
09.04.2014	-
07.05.2014	-
03.06.2014	-
14.07.2014	-
10.09.2014	-
09.10.2014	-
13.11.2014	-
03.12.2014	-

Opomba: V vzorcih ni bil zaznan noben umetni radionuklid.

**Tabela M15: Meritve aktivnosti vode iz bazena za iztrošene gorivne elemente v letu 2014**

Oznaka: 3.3G

Datum vzorčenja	pH	Aktivnost [Bq/kg]
08.01.2014	6,0	-
06.02.2014	6,0	-
05.03.2014	6,0	-
09.04.2014	6,0	-
07.05.2014	6,0	-
04.06.2014	6,0	-
02.07.2014	6,0	-
20.08.2014	6,0	-
04.09.2014	6,0	-
01.10.2014	6,0	-
05.11.2014	6,0	-
03.12.2014	6,0	-

Opomba: V vzorcih ni bil zaznan noben umetni radionuklid.



### 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.

#### 4.3.1 Voda

Aktivnost poročamo v Bq/kg.

#### 4.3.2 Zemlja

Aktivnost poročamo v Bq/kg osušene zemlje ali kot depozit v Bq/m<sup>2</sup> za umetne radionuklide v primeru spektrometrije gama in-situ.

#### 4.3.3 Zrak

Aktivnost poročamo v Bq (skupna aktivnost filtra).

#### 4.3.4 Zunanja doza

Poročamo okoljski dozni ekvivalent  $H^*(10)$  v sievertih (Sv). Okoljska doza za običajno naravno okolje je  $H^*(10) = 1,2 \times K_a$ .  $K_a$  je absorbirana doza v zraku v grayih (Gy).

### 4.4 Merske metode

#### 4.4.1 Termoluminiscenčna dozimetrija

Doze zunanjega sevanja merimo z okoljskimi pasivnimi dozimetri. Odčitavanje termoluminiscenčnih dozimetrov se izvaja v sodelovanju s pooblaščenim in akreditiranim dozimetričnim Laboratorijem za termoluminiscenčno dozimetrijo na Odseku za fiziko nizkih in srednjih energij. Metoda je bila akreditirana pri Slovenski akreditaciji (SA) pod zaporedno številko LP-022.

#### 4.4.2 Visokoločljivostna spektrometrija gama

Koncentracije sevalcev gama v vzorcih vod, filtrov, žlahtnih plinov, zemlje in sedimentov se merijo z visokoločljivostno spektrometrijo gama. Vzorčenje poteka skladno s postopkom *Vzorčenje in meritve za ocenjevanje vpliva Reaktorskega centra na okolje (SVPIS-R-DN-31)*. Vzorci se merijo po postopku *Laboratorijske in terenske meritve s spektrometrijo gama (ELME-DN-17)*. Metoda meritve tekočinskih vzorcev, zemeljskih vzorcev in filtrov je akreditirana pri Slovenski akreditaciji (SA) pod zaporedno številko LP-022 skladno s standardom SIS EN ISO/IEC 17025. Konec leta 2014 smo v sistem akreditacije dodali nov germanijev spektrometer z večjim izkoristkom in zato nekoliko nižjo detekcijsko mejo. S tem detektorjem smo letos izmerili le vzorce zemlje, od leta 2015 dalje pa bo to primarni detektor za meritve vzorcev za nadzor okolja reaktorskega centra.

#### 4.4.3 Meritve hitrosti doze

Meritve hitrosti doze v okolju se izvajajo v okviru vzdrževanja pripravljenosti in potekajo po internem postopku Meritve hitrosti doze z uporabo prenosnih merilnikov ELME-DN-04. Metoda je akreditirana pri Slovenski akreditaciji (SA) pod zaporedno številko LP-022 skladno s standardom SIS EN ISO/IEC 17025.





## 4.5 Orientacijske spodnje detekcijske meje in način poročanja za VLG spektrometrijo

Spodnjo detekcijsko mejo (MDA) izračunamo kot  $L_D = 2,71 + 4,65\sqrt{B}$ , kjer je  $B$  število sunkov v ustreznem ozadju. V tabeli so orientacijske spodnje detekcijske meje (MDA) za VLG detektorjev d0 (CANBERRA), d1 (ORTEC) in d2 (CANBERRA).

MEDIJ	Voda			Zrak			Zemlja		
Velikost vzorca	240 mL			200 m <sup>3</sup>			240 mL		
Enota	[Bq/kg]			[Bq]			[Bq/kg]		
Detektor	d0	d1	d2	d0	d1	d2	d0	d1	d2
Na-24	2,42	3,23	2,00	0,20	0,55	0,16	2,06	5,39	0,74
Ar-41	3,45	13,5	3,31	0,29	0,81	0,23	3,49	9,96	0,04
Cr-51	12,9	37,6	11,80	0,86	2,12	0,77	14,1	3,36	7,93
Mn-54	2,09	5,91	1,71	0,16	0,42	0,13	2,02	5,66	0,59
Co-58	2,06	6,02	1,75	0,15	0,40	0,11	1,93	5,15	0,97
Co-60	2,28	7,67	1,84	0,20	0,61	0,16	1,99	6,24	1,08
Zn-65	5,42	14,1	4,16	0,41	1,02	0,33	5,70	14,4	2,99
I-131	1,73	4,63	1,47	0,11	0,28	0,10	1,72	4,34	0,96
Cs-137	2,26	6,17	1,79	0,15	0,41	0,12	1,71	4,30	0,72
K-40	41,0	104	33,40	3,50	7,64	2,56	29,8	96,4	18,20
Ra-226	2,93	11,4	3,71	0,26	0,63	0,23	3,84	7,94	2,67
Ra-228	8,42	15,9	6,77	0,70	1,77	0,52	7,53	16,7	4,29
Th-228	2,68	4,61	2,77	0,17	0,40	0,19	2,39	7,07	1,58
U-238	18,1	51,4	23,20	1,03	2,55	1,27	20,8	42,3	16,60

Rezultat meritve poročamo, kadar vrednost rezultata presega mejo za odločitev (Decision threshold:  $L_C = 1,645\sqrt{2B}$ , kjer je  $B$  število sunkov v ustreznem ozadju). V tem primeru lahko s 95 % verjetnostjo trdimo, da je radionuklid prisoten v vzorcu. Če vrednost ne presega meje odločitve, radionuklid v vzorcu ni bil zaznan in rezultata ne poročamo.

Za zemlje, sedimente ter površinski depozit (in-situ) poročamo izmerjene umetne in naravne radionuklide, za vse ostale meritve poročamo le prisotnost umetnih radionuklidov.

## 4.6 Primerjalne meritve

V letu 2014 smo sodelovali v treh mednarodnih primerjalnih meritvah. Rezultati mednarodnih primerjalnih meritev potrjujejo usposobljenost laboratorija SVPIŠ za meritve.

### 4.6.1 IAEA-TEL-2014-1 Inter-laboratory Comparison on Gamma-ray Spectra Evaluation

Interkomparacija evaluacije že posnetih realnih okoljskih spektrov – zračni filter in gobe, izmerjenih z gamaspektrometrično metodo. Namesto vzorcev so laboratorijem poslali dva realna spektra, iz katerih so izbrisali večino vitalnih podatkov. Dodali so samo tiste, ki so jih spektrometriji nujno potrebovali za analizo, npr. dolžina meritve, geometrija vzorca, karakteristike detektorja, podatki o kalibracijskem viru, meritev ozadja idr. Vsak od spektrov je imel drugače izbrane vhodne parametre, tako da je bilo za analizo potrebno fundamentalno razumevanje principa delovanja spektrometrije gama kot tudi praktično znanje uporabe primernih računalniških algoritmov in postopkov za obdelavo.



## Zračni filter

Radionuklid	A [Bq]		Ustreznost
	IJS	IAEA	
Be-7	141 ± 2	146 ± 7	ustreza
I-131	7,23 ± 0,18	6,18 ± 1,67	ustreza
Cs-134	0,46 ± 0,03	0,443 ± 0,034	ustreza
Cs-137	0,29 ± 0,04	0,334 ± 0,065	ustreza

## Vzorec gob

Radionuklid	A [Bq]		Ustreznost
	IJS	IAEA	
Be-7	5,63 ± 0,42	5,58 ± 0,84	ustreza
K-40	376 ± 24	385,8 ± 37,8	ustreza
Cs-134	0,11 ± 0,01	0,118 ± 0,012	ustreza
Cs-137	5,54 ± 0,32	5,805 ± 0,304	ustreza
Pb-210	9,78 ± 0,78	10,7 ± 2,1	ustreza
Tl-208	0,18 ± 0,03	0,220 ± 0,032	ustreza
Pb-212	0,68 ± 0,05	0,664 ± 0,105	ustreza
Bi-214	0,46 ± 0,05	0,496 ± 0,068	ustreza
Pb-214	0,72 ± 0,07	0,720 ± 0,122	ustreza
Ac-228	0,61 ± 0,10	0,65 ± 0,10	ustreza
Th-234	0,66 ± 0,30	0,760 ± 0,504	ustreza

Vse izračunane aktivnosti ustrezajo kriterijem sprejemljivosti, kot jih je določil organizator, kar pomeni, da smo ustrezno ovrednotili vse vhodne parametre ter jih pravilno upoštevali v svojih izračunih.

#### 4.6.2 IAEA-TEL-2014-03 World-wide Proficiency Test on the determination of anthropogenic and natural radionuclides in water, seaweed and sediment samples

## Vsebnost umetnih radionuklidov v vodnih vzorcih

Izotop	A [Bq/g]		Ustreznost
	SVPIS	IAEA	
Cs-134	20,08 ± 1,30	21,4 ± 0,2	ustreza
Cs-137	13,22 ± 1,14	12,06 ± 0,1	ustreza

Izotop	A [Bq/g]		Ustreznost
	SVPIS	IAEA	
Am-241	16,00 ± 2,13	16,25 ± 0,2	ustreza
Eu-152	46,23 ± 2,70	50,05 ± 0,41	ustreza

Poročali smo le rezultate za oba vodna vzorca. Vse izmerjene aktivnosti ustrezajo kriterijem sprejemljivosti, kot jih je določil organizator.



#### 4.6.3 Primerjave meritev vzorca zemlje z ZVD

Skladno z inšpekcijskim pregledom URSJV dne 17.4.2014 (0612-1/2014/3) smo v letu 2014 prvič izvedli tudi primerjavo z neodvisno meritvijo pooblaščne organizacije (ZVD). Letos smo primerjali meritev vzorca zemlje. Za vzorec zemlje od 0 do 10 cm smo vzeli dvakrat več zemlje in ga razdelili na dva dela. En del je pripravil in izmeril ZVD, drug del pa smo v okviru naših rednih meritev (tabela M9) pripravili in izmerili na IJS.

Izotop	A [Bq/kg]		A <sub>SVPIŠ</sub> /A <sub>ZVD</sub>	u-test
	SVPIŠ	ZVD		
K-40	339 ± 26	367 ± 20	0,92	-0,85
Cs-137	71,2 ± 6,1	89,6 ± 2,3	0,79	-2,83
Pb-210	116 ± 21	113 ± 9	1,03	0,14
Ra-226	40,2 ± 3,4	50,6 ± 0,9	0,80	-2,96
Ra-228	35,8 ± 2,8	37,7 ± 1,0	0,95	-0,64
Th-228	36,1 ± 2,9	34,1 ± 1,1	1,06	0,64
U-238	28,6 ± 9,5	39,7 ± 2,6	0,72	-1,13

Kriterij sprejemljivosti za  $u = \frac{A_{SVPIŠ} - A_{ZVD}}{\sqrt{u_{SVPIŠ}^2 + u_{ZVD}^2}}$  je  $u < 1,96$ , kjer sta  $u$  negotovosti meritev. Odstopanja med rezultati sta v dveh primerih tudi večji od 20 % (u-test več kot 1,96), kar pa ni presenetljivo, saj ne gre za meritev istega vzorca.