

MERITVE RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI REAKTORSKEGA CENTRA IJS

POROČILO ZA LETO 2015



Leto izdaje: 2016 Revizija: 00

	Ime in priimek	Datum	Podpis
Izdelala	dr. Tinkara Bučar mag. Matjaž Stepišnik	4.3.2016	
Pregledal	mag. Matjaž Stepišnik	4.3.2016	
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		

Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija





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 2015

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-12053

Kopije: Arhiv SVPIS
RIC
URSJV
URSVS
Knjižnica IJS

Slika na naslovni strani: Nočni pogled na reaktor z zahodne strani, avtor: Anže Jazbec



NASLOV POROČILA:

Meritve radioaktivnosti v okolici Reaktorskega centra IJS
Poročilo za leto 2015

marec 2016

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 0,5 μSv na leto za atmosferske in manj kot 0,01 μSv na leto za tekočinske izpuste.

REPORT TITLE:

Environmental Radiation Monitoring of Reactor Centre
Report for the year 2015

March 2016

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 0.5 μSv per year for atmospheric discharges and less than 0.01 μSv 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

1	VZORČEVALNE LOKACIJE.....	6
2	OVREDNOTENJE MERITEV.....	7
2.1	MERITVE IZPUSTOV.....	7
2.1.1	Tekočinski izpusti	7
2.1.2	Zračni izpusti.....	7
2.1.3	Zunanje sevanje	7
2.2	MERITVE V OKOLJU.....	8
2.2.1	Voda iz vodnjaka	8
2.2.2	Sedimenti Save.....	9
2.2.3	Zemlja.....	9
2.2.4	Zunanje sevanje	9
2.2.5	Vzdrževanje pripravljenosti	11
2.3	MERITVE REAKTORSKIH TEKOČIN	13
2.3.1	Primarna voda.....	14
2.3.2	Sekundarna voda	14
2.3.3	Voda iz bazena za iztrošene gorivne elemente	14
3	OCENA VPLIVOV	15
3.1	ATMOSFERSKI IZPUSTI	15
3.1.1	Ocena efektivne doze zaradi atmosferskih izpustov	16
3.2	TEKOČINSKI IZPUSTI	17
3.2.1	Ocena učinkovitih doz zaradi tekočinskih izpustov.....	18
4	MERSKI REZULTATI	20
4.1	PROGRAM NADZORNIH MERITEV SEVANJA V OKOLJU REAKTORSKEGA CENTRA.....	20
4.1.1	Program meritev izpustov	20
4.1.2	Program meritev v okolju	21
4.1.3	Program meritev reaktorskih tekočin.....	21
4.2	PREGLED TABEL.....	22
4.3	ENOTE IN NAZIVI KOLIČIN	32
4.3.1	Voda	32
4.3.2	Zemlja.....	32
4.3.3	Zrak	32
4.3.4	Zunanja doza.....	32
4.4	MERSKE METODE	32
4.4.1	Termoluminiscenčna dozimetrija.....	32
4.4.2	Visokoločljivostna spektrometrija gama	32
4.4.3	Meritve hitrosti doze.....	32
4.5	ORIENTACIJSKE SPODNJE DETEKCIJSKE MEJE IN NAČIN POROČANJA ZA VLG SPEKTROMETRIJO.....	33
4.6	PRIMERJALNE MERITVE.....	33
4.6.1	IAEA-TEL-2015-03 world-wide proficiency test on determination of anthropogenic and natural radionuclides in water, rice and soil samples.....	33
4.6.2	NPL environmental radioactivity proficiency test exercise 2015	34
4.7	NEODVISNI NADZOR OBRATOVALNEGA MONITORINGA	34



POVZETEK

Poročilo obravnava rezultate meritev, ki so bile v letu 2015 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 μSv 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 in opreme 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 0,5 μSv , podobno kot v letu 2014.

Ingestijska efektivna doza zaradi tekočinskih izpustov v reko Savo je bila konservativno ocenjena na manj kot 0,01 μSv na leto, enako kot v letu 2014.

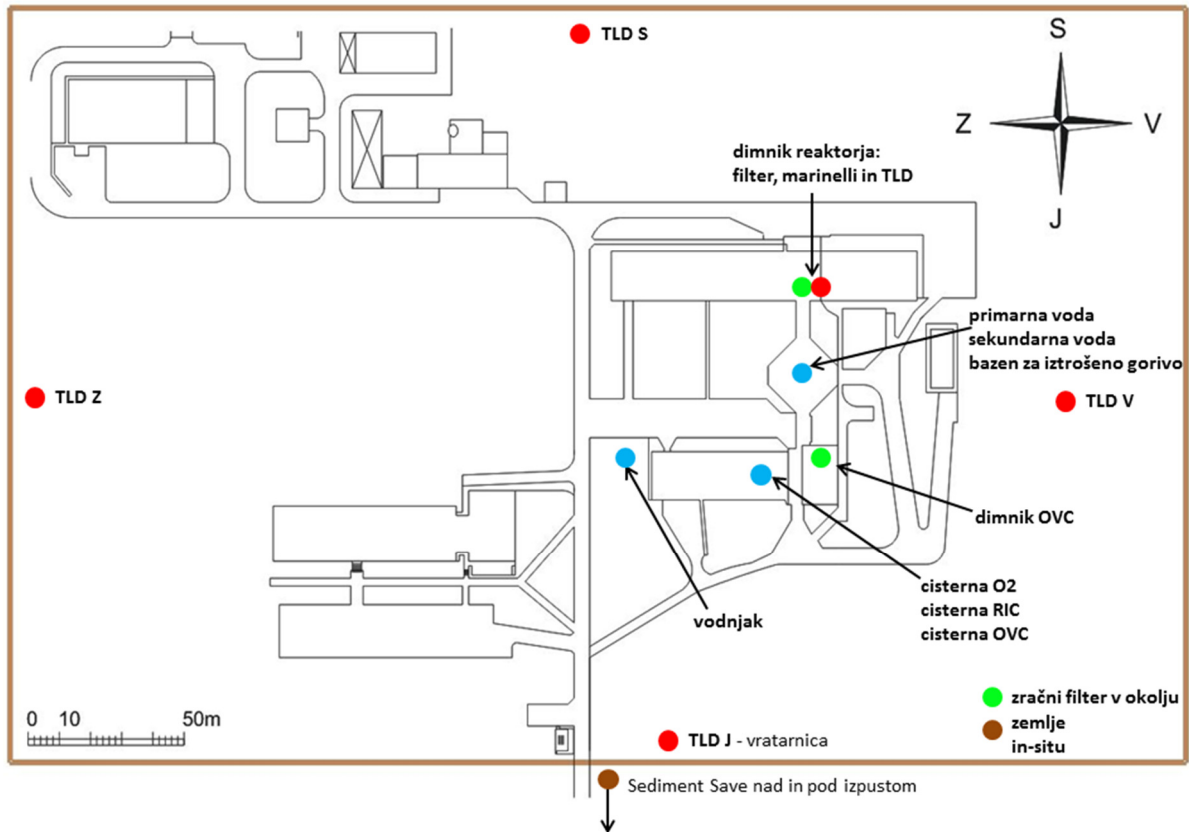
Ocena izpostavljenosti prebivalstva zaradi atmosferskih (reaktor TRIGA) in tekočinskih izpustov (odsek O-2 in reaktor TRIGA) je podobna kot v prejšnjih letih.

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 μSv na leto.



1 Vzorčevalne lokacije

Program nadzora je podrobneje predstavljen v poglavju Merski rezultati (poglavje 5). Večina merilnih mest je znotraj ograje Rektorskega centra, vzorčenje savskega sedimenta pa se izvaja izven ograje Rektorskega 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 Rektorskega centra na okolje (SVPIS-R-DN-31)*.



Slika 1: Vzorčevalne lokacije na Rektorskem centru



2 Ovrednotenje meritev

2.1 Meritve izpustov

Z meritvami izpustov ocenjujemo prispevek dejavnosti na Rektorskem centru k izpostavitvi prebivalstva sevanju. Program spremljanja emisij temelji na meritvah tekočinskih in atmosferskih izpustov ter zunanje 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 2015 so združeni v tabeli M1. V cisterni smo zaznali prisotnost Na-24, Co-60 in Zn-65 daleč pod dopustnimi koncentracijami aktivnosti. V cisterni drenaže reaktorja nismo zaznali prisotnosti umetnih radionuklidov (tabela M2). Cisterna reaktorja je bila v letu 2015 izčrpana petkrat. 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 m³. Na enak način vzorčimo zračne delce tudi na izpuhu iz OVC.

Vsebnosti Ar-41 v dimniku reaktorja so v tabeli M3. Aktivnost argona v dimniku se je v letu 2015 glede na prejšnja leta povišala. Iz tangencialnega kanala 6 smo 24.8.2015 odstranili kolimator, zaradi česar je v votlinah ob reaktorju več zraka. Tako je bila povprečna koncentracija aktivnosti v prvi polovici leta 97 kBq/m³ in je po odstranitvi eksperimentalne opreme narasla na 142 kBq/m³. Povprečna koncentracija argona ob delujočem reaktorju je bila preko celega leta v povprečju 112 kBq/m³. Na filtrih zračnih delcev v dimniku reaktorja smo nekajkrat zaznali prisotnost Na-24, Tc-99m in Zn-65 zelo nizkih aktivnosti primerljivih z mejo detekcije. Na izpuhu iz OVC v letu 2015 nismo zaznali umetnih radionuklidov (tabela M4, tabela M5).

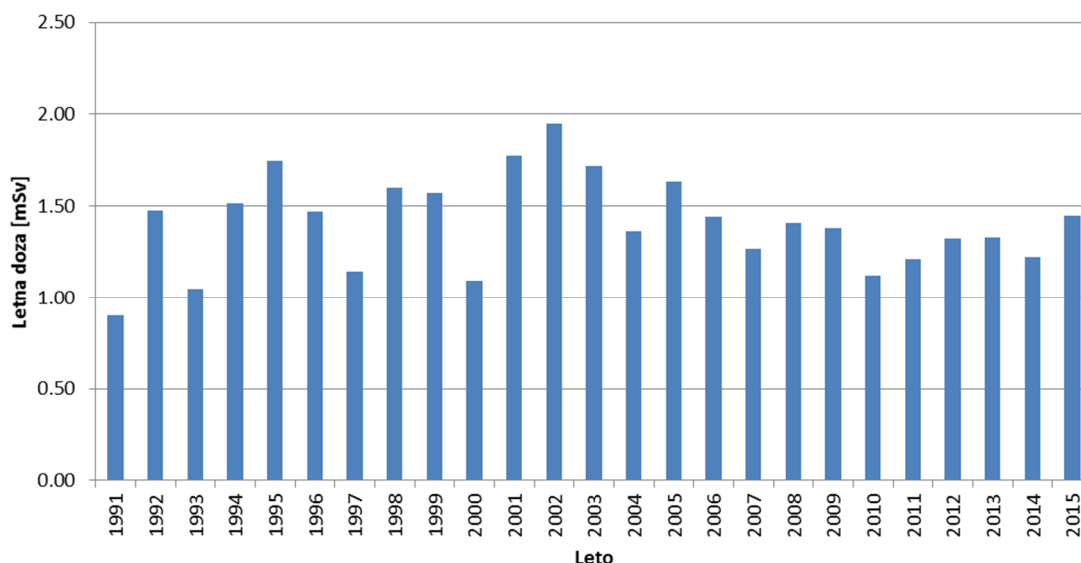
2.1.3 Zunanje sevanje

Na izpuhu reaktorja je nameščen TLD, katerega doza je korelirana s trajanjem 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.

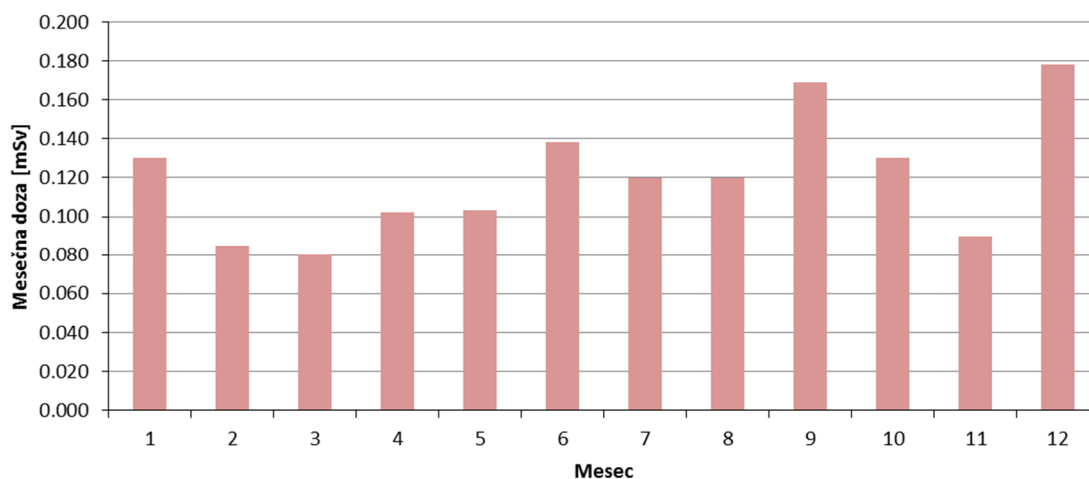
Meritve zunanjega sevanja s TLD na izpuhu reaktorja TRIGA, ki je povečano zaradi radioaktivnega plina Ar-41, so za obdobje 1991-2015 prikazane na sliki 2. Vrednosti segajo od naravne letne doze TLD (0,9 mSv) do dvakratnega ozadja (največ 2,0 mSv za leto 2002) in so



odvisne od obratovanja reaktorja. Za leto 2015 je bila skupna letna doza TLD 1,4 mSv in je na sliki 3 razčlenjena po posameznih mesecih.



Slika 2: Letne doze TLD na izpuhu iz reaktorja za obdobje 1991 – 2015



Slika 3: Mesečne doze TLD na izpuhu iz reaktorja v letu 2015 (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 SVPIŠ.

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 jugovzhodni strani reaktorja (tabela M9). Vzorčenje smo izvedli s pomočjo "corerja" in naredili analizo za dve globini. Vsebnosti naravnih radionuklidov so značilne za običajno zemljo. Izmerjena aktivnost Cs-137 v zgornji plasti (58 ± 5) 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 ± 9) Bq/kg.

2.2.4 Zunanje sevanje

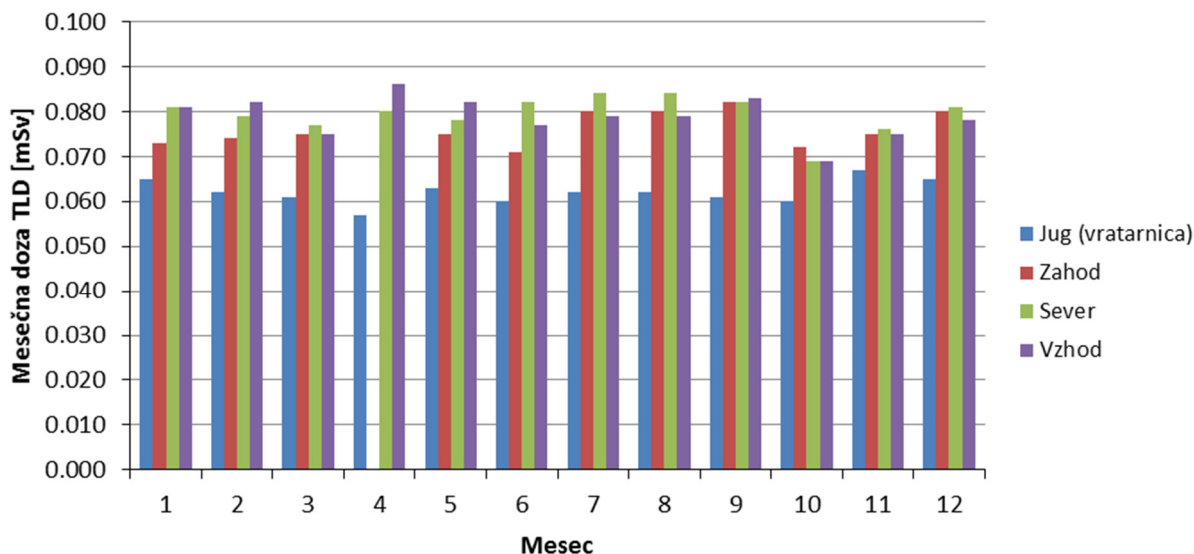
Meritev zunanjega sevanja z dozimetri TLD poteka na štirih mestih znotraj ograje Reaktorskega centra. Dozimetri so nameščeni na višini 1m in pokrivajo štiri osnovne smeri neba. Izvajanje meritev na posameznih mestih se je začelo v različnih obdobjih (tabela 1).

Tabela 1: Merilna mesta za merjenje zunanjega sevanja s TLD

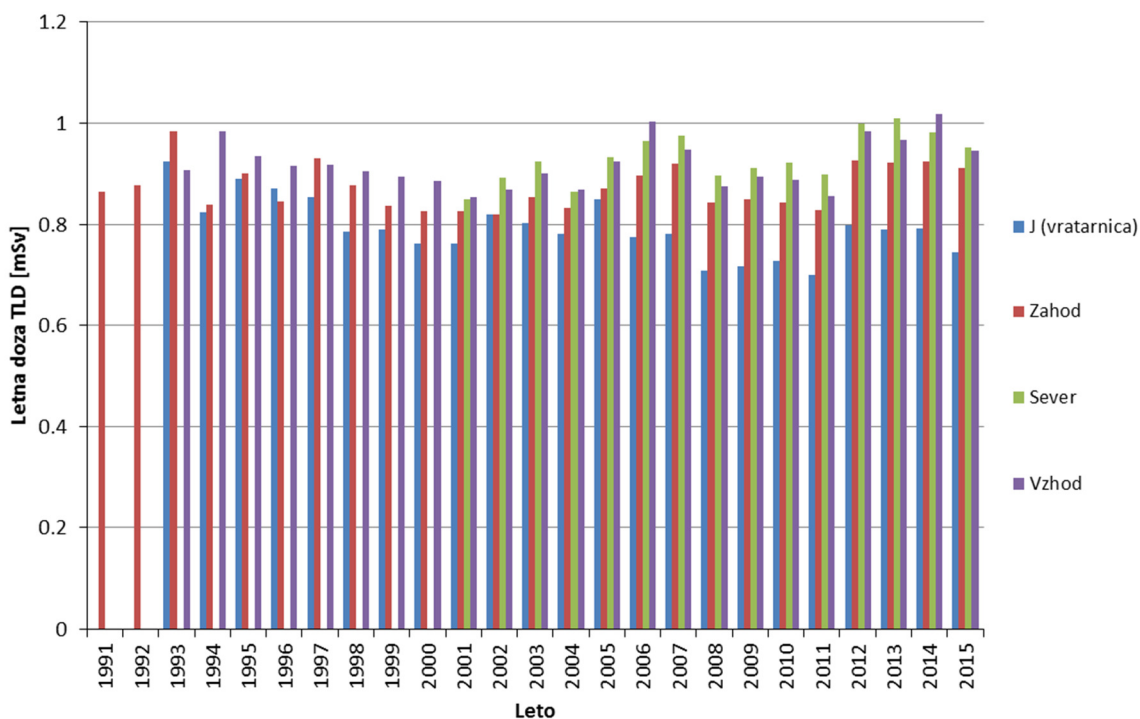
Oznaka	Mesto	Uveden	Opomba
TLD-jug	vratarnica	1993	vhod v Reaktorski center
TLD-zahod	meteorološka postaja	1991	kontinuirni merilnik URSJV
TLD-sever	ograja	2001	severno mesto – ograja RC
TLD-vzhod	bližina reaktorja, skladišča RAO	1993	kontinuirno mesto LB111 (okolje)

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

Mesečne doze TLD na merilnih mestih za leto 2015 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). Aprila 2015 se je dozimeter z vzhodne merilne točke izgubil, zato vrednosti ne poročamo (slika 4). V letošnji vsoti (slika 5) za leto 2015 je za zahodno točko v mesecu aprilu upoštevana privzeta vrednost 0,075 mSv (tabela M10).



Slika 4: Mesečne doze TLD na merilnih točkah v letu 2015 (Oznaka 2.6D – 2.9D)



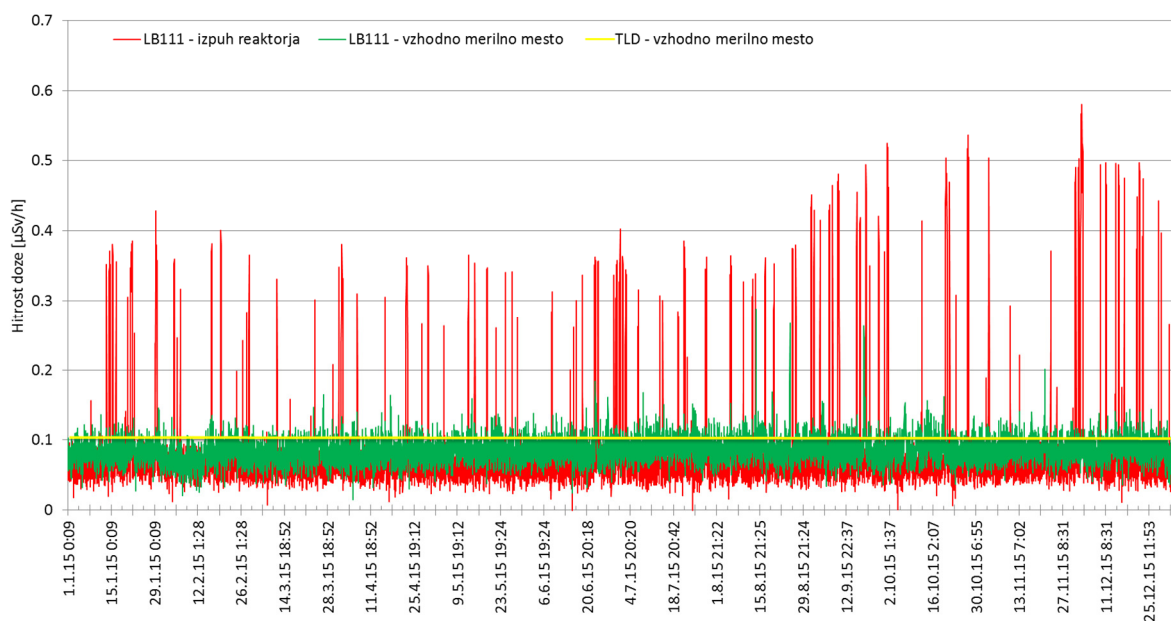
Slika 5: Letne doze TLD na merilnih točkah v obdobju 1991 – 2015

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 zunanjega sevanja (med okoli 0,3 in 0,5 $\mu\text{Sv/h}$) 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 zunanjega 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.
- Od konca avgusta dalje lahko opazimo povišane maksimalne vrednosti hitrosti doze na izpuhu reaktorja (slika 6). Vzrok za povišane vrednosti je odstranitev eksperimentalne opreme iz tangencialnega kanala 6 v reaktorju, zaradi česar se je povečala količina zraka v bližini reaktorske sredice. Ob delovanju reaktorja se tako od 24. 8. 2015 dalje aktivira večja količina argona kot doslej, kar zaznamo kot povišane vrednosti hitrosti doze na izpuhu reaktorja. Povprečna hitrost doze na izpuhu reaktorja se je pri delovanju reaktorja na polni moči s približno 0,35 $\mu\text{Sv/h}$ povišala na okrog 0,5 $\mu\text{Sv/h}$.



Slika 6: Hitrost doze na vzhodni merilni točki in na izpuhu v letu 2015 (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 jugovzhodno od reaktorja (slika 7). Rezultati meritev so v tabeli M11 in smo jih na rednem usposabljanju mobilnega radiološkega laboratorija ELME (PRIMER 2015, IJS-DP-11981) primerjali z meritvami ELME. Vsi rezultati poročanih radionuklidov se dobro ujemajo, kar potrjuje njihovo zanesljivost.



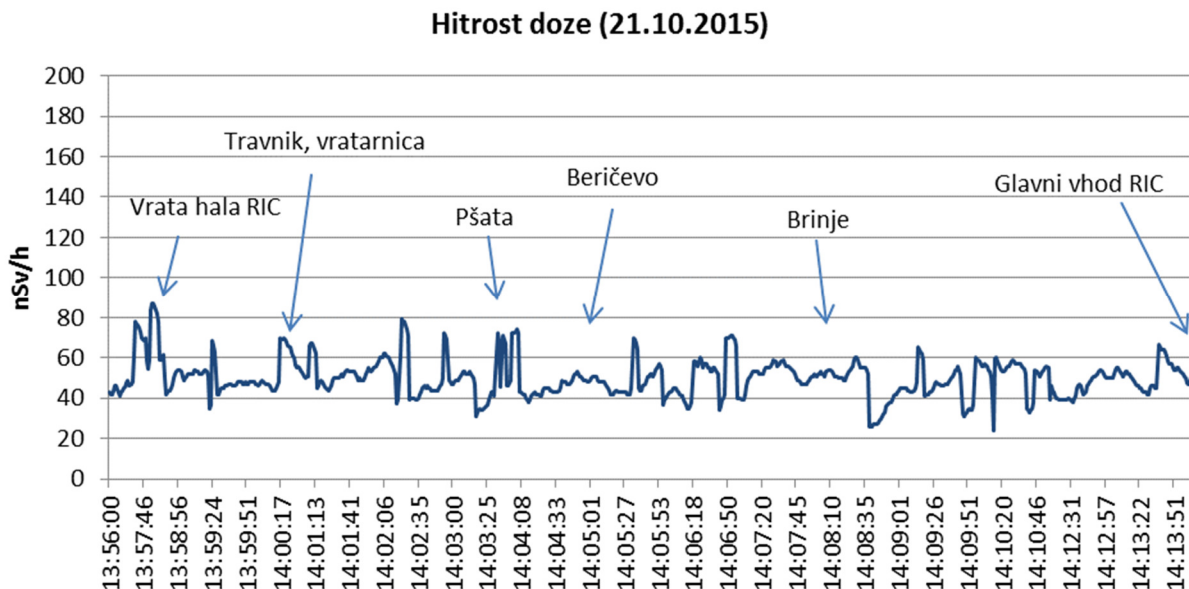
Slika 7: Spektrometrija gama in-situ na zahodni strani reaktorja v okviru vaje in primerjalnih meritev med tremi različnimi laboratoriji, 21.10.2015

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 (31 ± 4) Bq/kg ob predpostavki enakomerne porazdelitve) so primerljive z vrednostmi meritev v letu 2014 (29 ± 3) Bq/kg. Glede na to, da smo merili na popolnoma drugi strani reaktorskega centra, bi bilo odstopanje lahko tudi bistveno večje.

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.

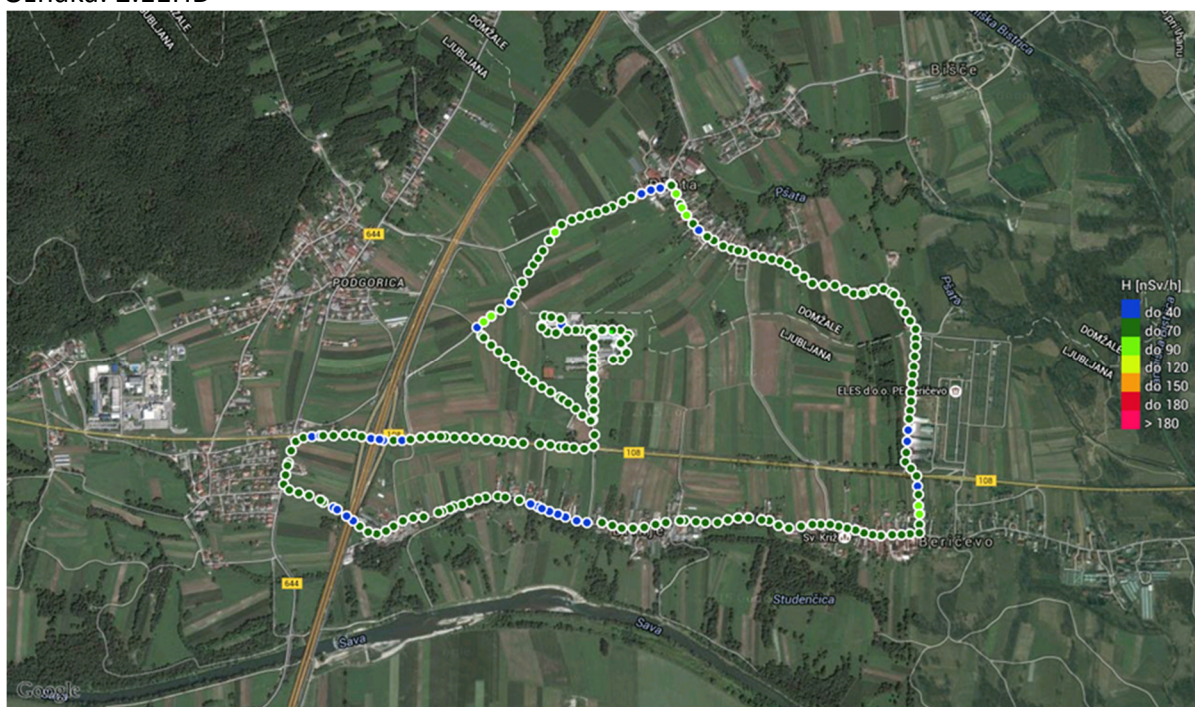
Zrak smo vzorčili s prenosnim vzorčevalnikom in izmerili v laboratoriju s spektrometrijo gama. Rezultati meritev so v tabeli M12. V vzorcu nismo zaznali prisotnosti umetnih radionuklidov.

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 Reaktorskega centra (21.10.2015 s scintilacijsko sondo Automess 6150AD-b/H).

Oznaka: 2.11HD



Slika 9: Lokacija meritev hitrosti doze na krožni poti v okolici Reaktorskega centra (21.10.2015)

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 kBq/m^3 . K njej prispevajo aktivacijski produkti Na-24, Ar-41, Cr-51, Mn-54, Mn-56, Co-58, Co-60, Zn-65, Tc-99m, Sb-122 in W-187. Njihove koncentracije so za primarno vodo običajne. Višje aktivnosti Ar-41 so v vodi merljive le med obratovanjem reaktorja oziroma takoj po njegovi zaustavitvi. 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 smo letos, kot tudi že v preteklih letih, občasno zaznali prisotnost umetnih radionuklidov 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

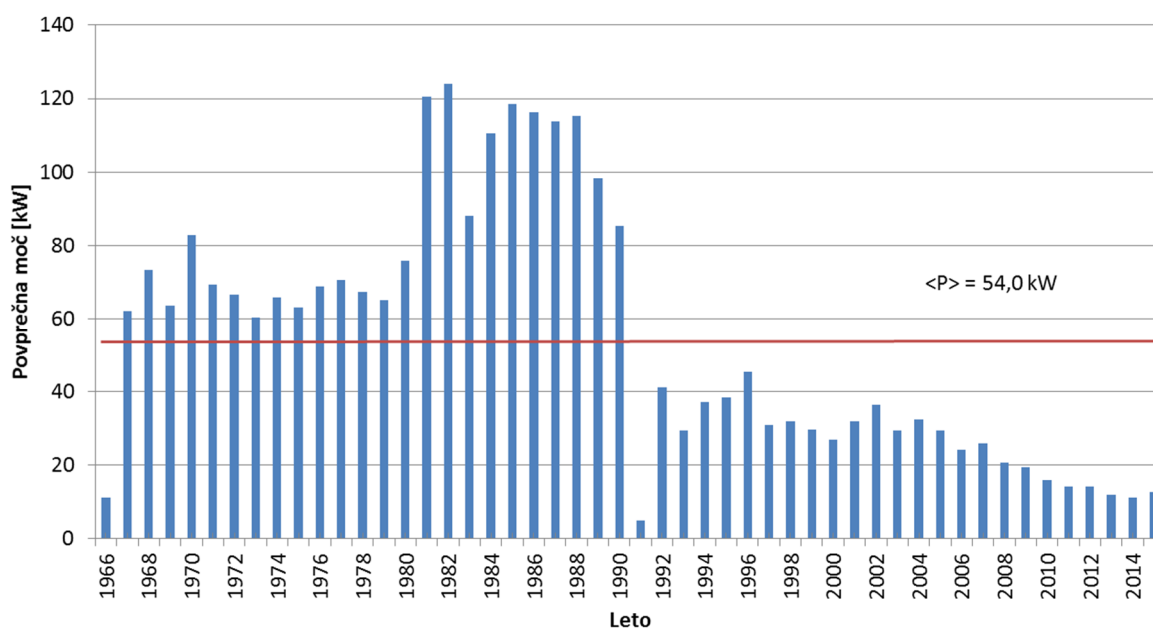
Neposredne meritve v okolju ne kažejo na zaznaven radiološki vpliv Reaktorskega centra. Zaradi tega je možna le posredna ocena izpostavitve prebivalstva na podlagi emisijskih meritev in modelov. K izpostavitvi prispevata le zunanja izpostavitve zaradi atmosferskih izpustov Ar-41 (imerzija) in izpostavitve 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 kBq/m^3 pri moči reaktorja 250 kW (tabela M3). Radiološko je razmeroma nepomemben, saj kot žlahtni plin ni nevaren pri inhalaciji.

Zaradi obnove tangencialnega eksperimentalnega kanala številka 6, 24.8.2015, se je hitrost doze v dimniku ob obratovanju reaktorja povečala z $0,35 \text{ } \mu\text{Sv/h}$ na $0,5 \text{ } \mu\text{Sv/h}$, vrednosti meritev zraka iz dimnika z marinelijem pa so se dvignile za približno 45 %. Pri obnovi tangencialnega kanala smo namreč iz kanala odstranili del eksperimentalne opreme, zaradi česar se je povečal volumen zraka ob sredici.

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 bila do leta 2015 zgornja ocena za aktivnost Ar-41 100 kBq/m^3 , kar pri danem pretoku pomeni hitrost izpuščanja Ar-41 $0,5 \text{ MBq/s}$. Od obnove tangencialnega kanala dalje se je povišala tudi aktivnost Ar-41 v ventilacijskem sistemu. V letu 2015 je bila maksimalna izmerjena aktivnost 154 kBq/m^3 in s tem maksimalna hitrost izpuščanja $0,8 \text{ MBq/s}$. Povprečna moč reaktorja za leto 2015 je bila 13 kW (slika 10) in ocenjena povprečna hitrost izpuščanja ($Q = \frac{P}{P_{\max}} Q_{\max}$) 28 kBq/s ter s tem letna količina izpuščenega Ar-41 $0,9 \text{ TBq}$.



Slika 10: Povprečna obratovalna moč reaktorja TRIGA v obdobju 1966-2015



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

- upoštevamo Gaussov model za talni izpust ($h = 0$ 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 28 kBq/s.

Oddaljenost od vira [m]:	100	500
disperzijski faktor ($v \chi / Q$) razred D (m^{-2})	1,0E-2	5,0E-4
χ – koncentracija [Bq/m^3]	280	14
disperzijski faktor ($v \chi / Q$) razred E (m^{-2})	2,0E-2	1,0E-3
χ – koncentracija [Bq/m^3]	561	28

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 σ_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 σ_y .

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

* 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 Shleien et.al., Williams and Wilkins, 1998

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

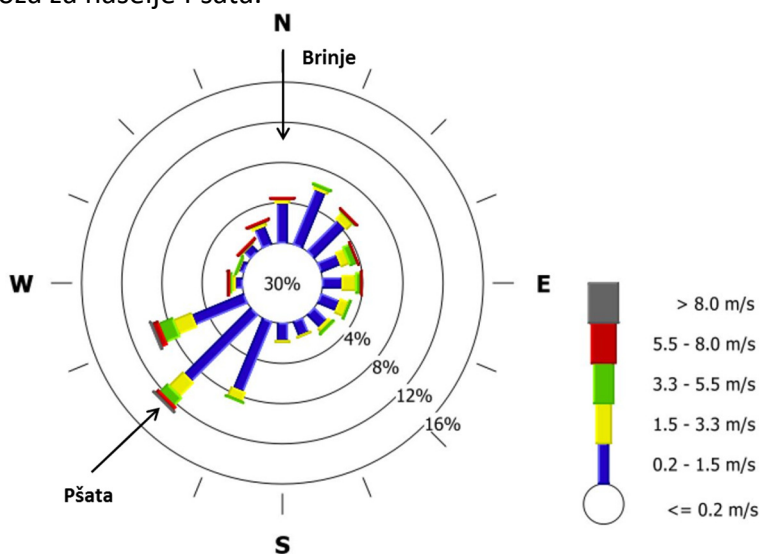
$$E_{im} = \chi \cdot D_{im} (Ar) \cdot R \cdot t \cdot d,$$

kjer je:



- χ 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 σ_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 2015 (slika 11), za katero smo podatke dobili z meteorološke postaje Rektorskega centra, je razvidno, da je bila v letu 2015 dominantna smer vetra res proti najbližjemu naselju Pšata, kamor je veter pihal 12,8 % časa, in da je bila hitrost vetra v povprečju 1,1 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 2015, osrednji del predstavlja brezvetrje (30%)

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

Razred stabilnosti ozračja	Oddaljenost od vira [m]	100	500
D	Hitrost doze [$\mu\text{Sv}/\text{h}$]	1,85 E-4	4,32 E-5
	Letna doza [μSv]	0,01	0,38
E	Hitrost doze [$\mu\text{Sv}/\text{h}$]	3,70 E-4	6,17 E-5
	Letna doza [μSv]	0,02	0,54
Povprečje D in E		0,02	0,46

Ob predpostavki, da se človek zadržuje 65 ur/leto ob ograji Rektorskega centra, je efektivna letna doza 0,02 μSv . V oddaljenosti 500 m (Pšata) je ob celoletnem zadrževanju efektivna letna doza 0,46 μSv . **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 Rektorskega 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 2015 pa smo zaznali tri radionuklide blizu detekcijske meje in to Na-24, Co-60 in Zn-65 (tabela M1).

3.2.1 Ocena učinkovitih 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 učinkovito dozo za ingestijo izračunamo iz enačbe:

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

kjer je:

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

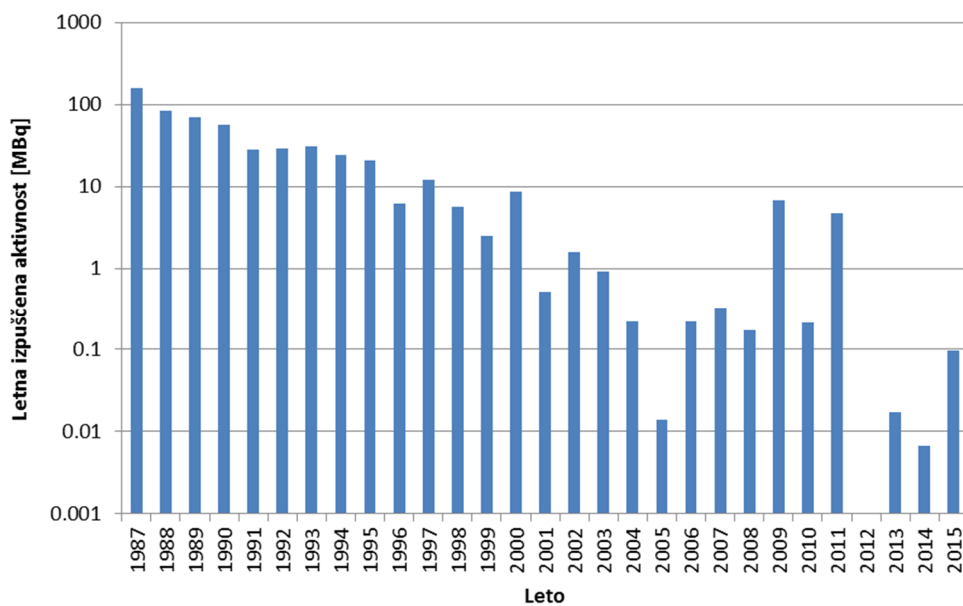
* Vrednost povprečnega pretoka Save ostaja iz zgodovinskih razlogov $58 \text{ m}^3/\text{s}$, čeprav se številka sama iz leta v leto spreminja. Dolgoletno povprečje je več kot $58 \text{ m}^3/\text{s}$, zato z ohranjanjem nižje številke ostaja ocena konservativna.

V letu 2015 smo le nekajkrat zaznali umetne radionuklide v izpustih (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_{ing} [Sv/Bq]	E [nSv]
Na-24	1,14E+04	4,30E-10	8,78E-03
Co-60	4,39E+03	3,40E-09	2,68E-02
Zn-65	8,19E+04	3,90E-09	5,73E-01
Skupaj	9,76E+04	-	6,09E-01

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



Slika 12: Letne izpuščene aktivnosti iz cisterne odseka O-2 v obdobju 1987-2015



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
TEKOČINSKI IZPUSTI					
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
ZRAK					
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	vročna celica – zračni delci	filter	VLG	kontinuirano (menjava 2x tedensko)	2x tedensko
ZUNANJE SEVANJE					
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
TEKOČINE					
2.1G	vodnjak - podtalnica	Tekočina	VLG	1x mesečno	1x mesečno
REČNI SEDIMENT					
2.2G	Sava nad izpustom	Sediment	VLG	1x letno	1x letno
2.3G	Sava pod izpustom	Sediment	VLG	1x letno	1x letno
TLA					
2.4G	Znotraj ograje RC	Zemlja 0-10 cm	VLG	1x letno	1x letno
ZUNANJE SEVANJE					
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 (vratarnica)	-	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
MERITVE KONTAMINACIJE V OKOLJU ZA PRIMER IZREDNEGA DOGODKA					
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
TEKOČINSKI IZPUSTI					
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 aktivnosti zemlje 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 2015

Oznaka: 1.1G

Datum vzorčenja	V [m ³]	pH	Aktivnost Na-24 [Bq/kg]	Aktivnost Co-60 [Bq/kg]	Aktivnost Zn-65 [Bq/kg]
05.01.2015	3,59	7,0	-	-	-
12.01.2015	5,03	7,0	-	-	-
19.01.2015	4,18	7,0	-	-	-
23.01.2015	8,47	7,0	-	-	-
02.02.2015	8,13	7,0	-	-	-
09.02.2015	7,30	7,0	-	-	-
16.02.2015	8,10	7,0	-	-	-
23.02.2015	9,30	7,0	-	-	-
02.03.2015	8,55	7,0	-	-	-
09.03.2015	8,89	7,0	-	-	-
16.03.2015	7,96	7,0	-	-	-
24.03.2015	9,30	7,0	-	-	-
30.03.2015	8,81	7,0	-	-	-
07.04.2015	9,68	7,0	-	-	-
13.04.2015	7,80	7,0	-	-	-
20.04.2015	6,41	7,0	-	-	-
28.04.2015	8,08	7,0	-	-	-
04.05.2015	7,33	7,0	-	-	-
11.05.2015	8,19	7,0	-	-	-
18.05.2015	7,58	7,0	-	-	-
22.05.2015	6,04	7,0	-	-	-
01.06.2015	7,67	7,0	-	-	-
05.06.2015	6,67	7,0	-	-	-
15.06.2015	7,76	7,0	-	-	-
22.06.2015	6,04	7,0	-	-	-
06.07.2015	5,30	7,0	-	-	-
13.07.2015	6,79	7,0	-	-	-
20.07.2015	5,91	7,0	-	-	-
27.07.2015	7,39	7,0	-	-	-
03.08.2015	7,62	7,0	-	-	-
10.08.2015	6,96	7,0	-	-	-
17.08.2015	4,04	7,0	-	-	-
31.08.2015	8,51	7,0	-	-	-
04.09.2015	5,23	7,0	-	-	-
14.09.2015	5,30	7,0	-	-	-
21.09.2015	6,30	7,0	-	-	-
28.09.2015	7,40	7,0	-	-	-
05.10.2015	5,63	7,0	2,02 ± 0,58	-	-
12.10.2015	5,96	7,0	-	-	-
19.10.2015	8,33	7,0	-	-	-
26.10.2015	5,96	7,0	-	-	-
02.11.2015	5,82	7,0	-	-	-
09.11.2015	6,46	7,0	-	-	-
16.11.2015	7,00	7,0	-	-	-
23.11.2015	6,96	7,0	-	-	7,59 ± 1,04
30.11.2015	6,04	7,0	-	-	-
07.12.2015	5,94	7,0	-	0,74 ± 0,35	4,89 ± 0,76
14.12.2015	5,82	7,0	-	-	-
21.12.2015	5,16	7,0	-	-	-
28.12.2015	5,15	7,0	-	-	-



Tabela M2: Meritve aktivnosti tekočinskih izpustov iz drenaže reaktorja in vročih celic v letu 2015

Oznaka: 1.2G

Datum vzorčenja Cisterne RIC	V [m ³]	Aktivnost [Bq/kg]
04.03.2015	3,59	-
01.06.2015	3,79	-
22.07.2015	4,36	-
20.08.2015	3,90	-
19.10.2015	4,41	-

Opomba: V vzorcih ni bil zaznan noben umetni radionuklid. Cisterne OVC v letu 2015 nismo nikoli praznili.

Tabela M3: Meritve aktivnosti žlahtnih plinov (Ar-41) v izpuhu iz reaktorja v letu 2015

Oznaka: 1.3G

Datum vzorčenja	P _{reaktorja} [kW]	Aktivnost Ar-41 [kBq/m ³]
21.01.2015	250	104 ± 7
16.02.2015	250	102 ± 7
03.03.2015	250	108 ± 7
02.04.2015	250	98,1 ± 6,4
13.05.2015	250	96,2 ± 6,3
19.06.2015	250	88,9 ± 5,9
01.07.2015	250	81,6 ± 5,4
13.08.2015	250	96,7 ± 6,3
01.09.2015	250	123 ± 8
01.10.2015	250	148 ± 10
03.11.2015	250	141 ± 9
03.12.2015	250	154 ± 10
Povprečje:	250	112

Opomba: Zaradi odstranitve eksperimentalne opreme iz tangencialnega kanala 6 se je po 24. 8. 2015 aktivnost argona v dimniku ob obratovanju reaktorja povišala za približno 45 %.


Tabela M4: Meritve aktivnosti filtrov zračnih delcev na izpuhu reaktorja v letu 2015

Oznaka: 1.4G

Datum vzorčenja	V [m ³]	Aktivnost [Bq]	Datum vzorčenja	V [m ³]	Aktivnost [Bq]	Datum vzorčenja	V [m ³]	Aktivnost [Bq]		Datum vzorčenja	V [m ³]	Aktivnost [Bq]	
Januar			Februar			Marec			April			Na-24	
2.1.15	157	-	2.2.15	179	-	2.3.15	196	-	-	2.4.15	182	-	
5.1.15	128	-	5.2.15	142	-	5.3.15	160	-	-	7.4.15	285	-	
8.1.15	143	-	9.2.15	231	-	9.3.15	247	-	-	9.4.15	115	-	
12.1.15	220	-	12.2.15	138	-	12.3.15	121	-	-	13.4.15	225	-	
15.1.15	147	-	16.2.15	180	-	16.3.15	216	-	-	16.4.15	187	-	
19.1.15	208	-	19.2.15	138	-	19.3.15	139	-	-	20.4.15	323	-	
22.1.15	145	-	23.2.15	167	-	23.3.15	133	-	-	23.4.15	182	1,76 ± 0,27	
26.1.15	222	-	26.2.15	168	-	26.3.15	151	-	-	28.4.15	302	-	
29.1.15	156	-				30.3.15	227	-	-	30.4.15	142	-	
Maj			Junij			Julij			Na-24	Tc-99m	Avgust		Na-24
4.5.15	234	-	1.6.15	379	-	2.7.15	204	3,22 ± 0,58	9,99 ± 2,29	3.8.15	292	-	
7.5.15	192	-	4.6.15	202	-	6.7.15	266	-	-	6.8.15	187	-	
11.5.15	259	-	8.6.15	271	-	9.7.15	192	-	-	10.8.15	260	-	
14.5.15	197	-	11.6.15	207	-	13.7.15	285	-	-	13.8.15	181	-	
18.5.15	266	-	15.6.15	280	-	16.7.15	198	-	-	17.8.15	225	0,75 ± 0,42	
21.5.15	208	-	18.6.15	213	-	20.7.15	274	-	-	20.8.15	208	2,98 ± 0,52	
25.5.15	260	-	22.6.15	233	-	23.7.15	199	-	-	24.8.15	264	-	
28.5.15	206	-	29.6.15	450	-	27.7.15	280	-	-	27.8.15	212	4,62 ± 0,58	
						30.7.15	202	-	-	31.8.15	246	-	
September			Oktober			November			Zn-65	December			Na-24
3.9.15	200	-	1.10.15	206	2,49 ± 0,42	2.11.15	216	-	-	3.12.15	142	23,4 ± 2,2	
7.9.15	285	-	5.10.15	236	-	5.11.15	132	-	-	7.12.15	171	-	
10.9.15	200	1,12 ± 0,24	8.10.15	193	-	9.11.15	163	-	-	10.12.15	143	-	
14.9.15	262	-	12.10.15	270	-	12.11.15	142	-	-	14.12.15	188	-	
17.9.15	189	0,81 ± 0,23	15.10.15	185	-	16.11.15	167	-	-	17.12.15	115	-	
21.9.15	272	-	19.10.15	230	-	19.11.15	153	-	-	21.12.15	164	-	
24.9.15	192	-	22.10.15	201	1,20 ± 0,37	23.11.15	234	0,13 ± 0,04	-	24.12.15	139	-	
28.9.15	278	-	26.10.15	235	-	26.11.15	157	-	-	28.12.15	153	-	
			29.10.15	143	-	30.11.15	184	-	-	30.12.15	79	-	


Tabela M5: Meritve aktivnosti filtrov zračnih delcev na izpuhu vroče celice v letu 2015

Oznaka: 1.5G

Datum vzorčenja	V [m ³]	Aktivnost [Bq]	Datum vzorčenja	V [m ³]	Aktivnost [Bq]	Datum vzorčenja	V [m ³]	Aktivnost [Bq]	Datum vzorčenja	V [m ³]	Aktivnost [Bq]
Januar			Februar			Marec			April		
2.1.15	57	-	2.2.15	60	-	2.3.15	55	-	2.4.15	204	-
5.1.15	45	-	5.2.15	41	-	5.3.15	50	-	7.4.15	342	-
8.1.15	42	-	9.2.15	63	-	9.3.15	277	-	9.4.15	128	-
12.1.15	57	-	12.2.15	45	-	12.3.15	182	-	13.4.15	244	-
15.1.15	38	-	16.2.15	65	-	16.3.15	247	-	16.4.15	187	-
19.1.15	-*	-	19.2.15	47	-	19.3.15	184	-	20.4.15	269	-
22.1.15	20	-	23.2.15	58	-	23.3.15	228	-	23.4.15	255	-
26.1.15	36	-	26.2.15	43	-	26.3.15	200	-	28.4.15	343	-
29.1.15	29	-				30.3.15	246	-	30.4.15	138	-
Maj			Junij			Julij			Avgust		
4.5.15	286	-	1.6.15	281	-	2.7.15	203	-	3.8.15	281	-
7.5.15	193	-	4.6.15	202	-	6.7.15	267	-	6.8.15	198	-
11.5.15	285	-	8.6.15	275	-	9.7.15	210	-	10.8.15	273	-
14.5.15	200	-	11.6.15	218	-	13.7.15	269	-	13.8.15	194	-
18.5.15	282	-	15.6.15	278	-	16.7.15	194	-	17.8.15	225	-
21.5.15	219	-	18.6.15	204	-	20.7.15	283	-	20.8.15	203	-
25.5.15	255	-	22.6.15	276	-	23.7.15	203	-	24.8.15	278	-
28.5.15	197	-	29.6.15	465	-	27.7.15	270	-	27.8.15	195	-
						30.7.15	214	-	31.8.15	263	-
September			Oktober			November			December		
3.9.15	206	-	1.10.15	205	-	2.11.15	262	-	3.12.15	198	-
7.9.15	271	-	5.10.15	263	-	5.11.15	194	-	7.12.15	276	-
10.9.15	224	-	8.10.15	214	-	9.11.15	260	-	10.12.15	208	-
14.9.15	276	-	12.10.15	263	-	12.11.15	200	-	14.12.15	284	-
17.9.15	185	-	15.10.15	203	-	16.11.15	263	-	17.12.15	210	-
21.9.15	277	-	19.10.15	273	-	19.11.15	197	-	21.12.15	264	-
24.9.15	203	-	22.10.15	202	-	23.11.15	273	-	24.12.15	202	-
28.9.15	278	-	26.10.15	261	-	26.11.15	215	-	28.12.15	272	-
			29.10.15	196	-	30.11.15	277	-	30.12.15	139	-

Opomba: V vzorcih ni bil zaznan noben umetni radionuklid.

*Črpalka je bila na remontu, zato v tem obdobju vzorčenja ni bilo.



Tabela M6: Mesečne doze TLD na izpuhu iz reaktorja v letu 2015

Oznaka: 1.7D

Mesec	Mesečna doza [mSv/mesec]
januar	0,130
februar	0,085
marec	0,080
april	0,102
maj	0,103
junij	0,138
julij	0,120
avgust	0,120
september	0,169
oktober	0,130
november	0,090
december	0,178
skupaj 2014	1,445

Tabela M7: Meritve aktivnosti vode iz vodnjaka v letu 2015

Oznaka: 2.1G

Datum vzorčenja	gladina podtalnice [m]	Aktivnost [Bq/kg]
14.01.2015	9,9	-
03.02.2015	10,2	-
04.03.2015	9,6	-
02.04.2015	9,7	-
06.05.2015	10,0	-
03.06.2015	9,8	-
06.07.2015	10,0	-
11.08.2015	10,0	-
02.09.2015	9,8	-
07.10.2015	9,9	-
03.11.2015	9,7	-
02.12.2015	10,1	-

Opomba: V vzorcih ni bil zaznan noben umetni radionuklid.

Tabela M8: Meritve aktivnosti sedimentov Save (21.10.2015)

Oznaka: 2.2G – 2.3G

Izotop	A/m [Bq/kg]	
	nad izpustom	pod izpustom
masa [g]	390	367
K-40	163 ± 13	331 ± 24
Cs-137	0,59 ± 0,23	1,02 ± 0,26
Ra-226	20,2 ± 1,7	25,6 ± 2,1
Ra-228	13,2 ± 1,2	25,1 ± 1,9
Th-228	12,4 ± 1,0	25,1 ± 1,9
U-238	16,8 ± 3,8	21,2 ± 7,7


Tabela M9: Meritve aktivnosti zemlje v okolici reaktorja (21.10.2015 na JV strani RC)

Oznaka: 2.4G

Izotop	A/m [Bq/kg]		A/S [kBq/m ²]
	0 - 10 cm	10 - 20 cm	Depozit 0 – 20 cm
masa [g]	287	312	
K-40	414 ± 32	408 ± 31	-
Cs-137	58,5 ± 5,0	35,5 ± 3,0	8,9 ± 1,1
Pb-210	47,1 ± 19,9	49,3 ± 18,9	-
Ra-226	80,5 ± 6,8	81,3 ± 6,7	-
Ra-228	45,3 ± 3,5	44,2 ± 3,3	-
Th-228	44,1 ± 3,5	44,4 ± 3,5	-
U-238	38,3 ± 13,0	24,4 ± 10,6	-

Tabela M10: Mesečne doze TLD na kontrolnih merilnih točkah v letu 2015

Oznaka: 2.6D – 2.9D

Mesec	Mesečna doza [mSv/mesec]			
	Jug	Zahod	Sever	Vzhod
januar	0,065	0,073	0,081	0,081
februar	0,062	0,074	0,079	0,082
marec	0,061	0,075	0,077	0,075
april	0,057	-*	0,080	0,086
maj	0,063	0,075	0,078	0,082
junij	0,060	0,071	0,082	0,077
julij	0,062	0,080	0,084	0,079
avgust	0,062	0,080	0,084	0,079
september	0,061	0,082	0,082	0,083
oktober	0,060	0,072	0,069	0,069
november	0,067	0,075	0,076	0,075
december	0,065	0,080	0,081	0,078
skupaj 2015	0,745	0,912*	0,953	0,946

*Dozimeter na zahodni kontrolni točki za april je izgubljen. V vsoti za zahodno točko je zaradi dolgoletnega povprečja za mesec april privzeta vrednost 0,075 mSv.

Tabela M11: Meritev depozita – in-situ (21.10.2015 na JV strani RC)

Oznaka: 2.10IS

Izotop	Enakomerna porazdelitev [Bq/kg]	Površinska porazdelitev [kBq/m ²]
K-40	275 ± 30	-
Cs-137	30,9 ± 3,6	1,14 ± 0,13
Ra-226	35,9 ± 4,4	-
Ra-228	26,9 ± 3,0	-
Th-228	28,7 ± 3,1	-

Tabela M12: Meritev aktivnosti filtra zračnih delcev v okolici reaktorja (22.10.2015 na parkirišču O2)

Oznaka: 2.12G

Datum vzorčenja	V [m ³]	Aktivnost [Bq]
22.10.15	47	-

Opomba: V vzorcu ni bil zaznan noben umetni radionuklid.


Tabela M13: Meritve aktivnosti primarne vode reaktorja v letu 2015

Oznaka: 3.1G

Datum	P _{reakt.} [kW]	Na-24 [Bq/kg]	Ar-41 [Bq/kg]	Cr-51 [Bq/kg]	Mn-54 [Bq/kg]	Mn-56 [Bq/kg]
05.01.2015	0	-	-	-	1,89 ± 0,46	-
12.01.2015	0	-	-	-	0,75 ± 0,32	-
19.01.2015	0	62,5 ± 5,2	-	19,1 ± 4,5	-	-
26.01.2015	0	13,4 ± 1,4	-	-	-	-
02.02.2015	0	41,1 ± 3,6	694 ± 55	10,6 ± 4,8	-	31,4 ± 3,7
09.02.2015	0	13,3 ± 1,5	-	-	-	-
16.02.2015	0	-	-	-	-	-
23.02.2015	0	15,0 ± 2,3	-	-	-	-
02.03.2015	0	-	-	-	-	-
09.03.2015	0	-	-	-	-	-
16.03.2015	0,1	3,57 ± 1,28	135 ± 14	-	-	4,84 ± 1,97
23.03.2015	0	-	-	-	-	-
24.03.2015	0	36,5 ± 3,1	645 ± 50	-	-	50,4 ± 4,6
30.03.2015	0,15	-	-	-	-	-
07.04.2015	0	14,3 ± 2,20	-	-	-	-
13.04.2015	0	-	-	-	-	-
20.04.2015	0	-	-	-	-	-
28.04.2015	0	9,72 ± 1,71	-	8,44 ± 4,46	-	-
04.05.2015	0	11,8 ± 2,0	-	-	-	-
11.05.2015	0	-	-	-	-	-
18.05.2015	0	40,9 ± 4,6	-	-	-	-
25.05.2015	0	16,7 ± 2,3	-	-	-	-
01.06.2015	0	13,0 ± 2,4	-	-	-	-
08.06.2015	0	-	-	-	-	-
15.06.2015	0	-	-	-	-	-
22.06.2015	0	17,8 ± 2,7	-	-	-	-
29.06.2015	0	8,51 ± 1,03	-	10,1 ± 2,9	1,02 ± 0,38	-
06.07.2015	0	97,6 ± 9,8	-	21,5 ± 6,7	-	-
13.07.2015	0	-	-	16,1 ± 5,4	-	-
20.07.2015	250	221 ± 21	20366 ± 1866	-	-	1142 ± 85
27.07.2015	0	14,5 ± 2,0	-	14,1 ± 5,0	-	-
03.08.2015	0	15,8 ± 1,6	-	37,5 ± 5,6	2,84 ± 0,61	-
10.08.2015	0	49,4 ± 5,4	-	-	1,39 ± 0,86	-
17.08.2015	0	42,4 ± 4,7	-	15,8 ± 5,5	-	-
24.08.2015	0	18,0 ± 2,5	-	16,3 ± 5,9	-	-
31.08.2015	0	20,6 ± 2,3	-	9,38 ± 3,15	1,75 ± 0,50	-
07.09.2015	0	42,2 ± 3,6	-	17,5 ± 4,4	1,28 ± 0,37	-
14.09.2015	0	41,8 ± 3,6	-	25,8 ± 5,0	2,11 ± 0,51	-
21.09.2015	0	15,4 ± 1,6	-	16,7 ± 3,9	1,59 ± 0,40	-
28.09.2015	0	21,8 ± 2,1	6,16 ± 2,47	12,8 ± 3,8	-	-
06.10.2015	0	7,86 ± 1,00	-	26,8 ± 4,7	1,13 ± 0,39	-
12.10.2015	0	-	-	-	1,02 ± 0,37	-
19.10.2015	0	-	-	6,82 ± 2,95	-	-
26.10.2015	0	12,5 ± 1,3	-	12,9 ± 3,8	1,12 ± 0,35	-
02.11.2015	0	5,34 ± 0,88	-	21,5 ± 4,5	1,16 ± 0,42	-
09.11.2015	0	-	-	17,2 ± 3,7	-	-
16.11.2015	0	6,56 ± 0,86	806 ± 62	-	-	39,4 ± 3,6
30.11.2015	0	-	-	-	-	-
07.12.2015	0	45,1 ± 3,8	-	7,21 ± 3,32	-	-
14.12.2015	0	35,4 ± 3,1	18,2 ± 4,0	-	-	-
21.12.2015	0,1	9,87 ± 1,26	-	-	1,54 ± 0,44	-
28.12.2015	0	7,99 ± 0,99	-	14,2 ± 2,5	1,96 ± 0,51	-



Datum	P _{reakt.} [kW]	Co-58 [Bq/kg]	Co-60 [Bq/kg]	Zn-65 [Bq/kg]	Tc-99m [Bq/kg]	Sb-122 [Bq/kg]	W-187 [Bq/kg]
05.01.2015	0	2,17 ± 0,53	1,23 ± 0,41	-	-	-	-
12.01.2015	0	0,56 ± 0,29	-	-	-	-	-
19.01.2015	0	3,32 ± 0,58	-	-	12,7 ± 1,6	4,53 ± 0,86	12,1 ± 1,9
26.01.2015	0	3,09 ± 0,53	-	-	5,29 ± 0,74	3,72 ± 0,68	-
02.02.2015	0	4,20 ± 0,77	1,46 ± 0,50	-	10,0 ± 1,3	4,85 ± 0,91	8,70 ± 1,67
09.02.2015	0	3,35 ± 0,56	-	-	3,32 ± 0,68	1,56 ± 0,50	-
16.02.2015	0	-	-	-	-	-	-
23.02.2015	0	-	-	-	1,83 ± 0,71	-	-
02.03.2015	0	-	-	-	-	-	-
09.03.2015	0	-	-	8,86 ± 2,44	-	-	-
16.03.2015	0,1	-	-	-	-	-	-
23.03.2015	0	-	-	-	-	-	-
24.03.2015	0	2,02 ± 0,80	-	-	-	-	11,1 ± 1,9
30.03.2015	0,15	-	-	-	-	-	-
07.04.2015	0	-	-	-	4,80 ± 1,14	-	7,43 ± 2,93
13.04.2015	0	-	-	-	-	-	-
20.04.2015	0	-	-	-	-	-	-
28.04.2015	0	-	-	-	5,81 ± 1,31	-	-
04.05.2015	0	-	-	-	1,95 ± 0,78	-	-
11.05.2015	0	-	-	4,77 ± 1,30	-	-	-
18.05.2015	0	-	-	-	-	3,22 ± 1,05	9,36 ± 2,41
25.05.2015	0	1,91 ± 0,68	-	-	2,41 ± 0,65	2,68 ± 1,02	-
01.06.2015	0	-	-	-	1,59 ± 0,66	2,18 ± 1,05	-
08.06.2015	0	-	-	-	-	-	-
15.06.2015	0	1,92 ± 0,85	-	-	1,25 ± 0,69	-	-
22.06.2015	0	-	-	-	1,23 ± 0,53	-	-
29.06.2015	0	2,95 ± 0,63	-	-	2,93 ± 0,47	2,91 ± 0,62	4,20 ± 0,98
06.07.2015	0	3,73 ± 1,13	-	-	25,4 ± 4,7	7,95 ± 1,66	11,5 ± 3,0
13.07.2015	0	-	-	-	5,87 ± 1,25	-	-
20.07.2015	250	-	-	-	-	-	-
27.07.2015	0	-	-	-	-	3,61 ± 1,16	-
03.08.2015	0	4,96 ± 0,74	1,68 ± 0,52	4,41 ± 1,05	4,10 ± 0,76	4,06 ± 0,80	-
10.08.2015	0	3,63 ± 1,01	-	-	3,98 ± 0,99	-	-
17.08.2015	0	1,73 ± 0,89	-	-	-	6,42 ± 1,32	-
24.08.2015	0	2,63 ± 0,79	-	-	2,95 ± 0,89	-	-
31.08.2015	0	1,83 ± 0,46	1,61 ± 0,47	-	12,0 ± 2,2	2,87 ± 0,79	4,12 ± 1,60
07.09.2015	0	1,79 ± 0,55	-	-	7,52 ± 0,99	2,99 ± 0,48	-
14.09.2015	0	4,10 ± 0,68	-	-	8,76 ± 1,18	6,36 ± 0,95	6,87 ± 1,43
21.09.2015	0	3,46 ± 0,57	-	-	-	1,81 ± 0,59	-
28.09.2015	0	1,46 ± 0,44	-	-	2,76 ± 0,55	-	3,99 ± 1,96
06.10.2015	0	2,28 ± 0,54	-	-	3,33 ± 0,66	1,59 ± 0,59	-
12.10.2015	0	1,97 ± 0,41	-	-	-	-	-
19.10.2015	0	-	-	-	-	-	-
26.10.2015	0	2,31 ± 0,53	-	-	6,20 ± 0,93	2,31 ± 0,59	2,74 ± 1,25
02.11.2015	0	4,11 ± 0,65	-	-	3,08 ± 0,60	3,39 ± 0,68	-
09.11.2015	0	1,97 ± 0,49	1,12 ± 0,46	1,56 ± 0,57	3,05 ± 0,63	-	-
16.11.2015	0	-	-	6,71 ± 1,24	-	-	-
30.11.2015	0	-	1,20 ± 0,30	8,52 ± 1,11	-	-	-
07.12.2015	0	3,44 ± 0,57	-	5,96 ± 0,93	14,3 ± 1,8	3,49 ± 0,71	-
14.12.2015	0	-	-	-	7,84 ± 1,11	1,91 ± 0,65	-
21.12.2015	0,1	3,19 ± 0,54	-	-	4,96 ± 0,83	2,10 ± 0,59	-
28.12.2015	0	3,46 ± 0,63	-	-	3,66 ± 0,73	3,03 ± 0,72	-



Tabela M14: Meritve aktivnosti sekundarne vode reaktorja v letu 2015

Oznaka: 3.2G

Datum vzorčenja	Aktivnost [Bq/kg]
13.01.2015	-
04.02.2015	-
03.03.2015	-
02.04.2015	-
13.05.2015	-
17.06.2015	-
01.07.2015	-
13.08.2015	-
01.09.2015	-
01.10.2015	-
03.11.2015	-
3.12.2015	-

Opomba: V vzorcih ni bil zaznan noben umetni radionuklid.

Tabela M15: Meritve aktivnosti vode iz bazena za iztrošene gorivne elemente v letu 2015

Oznaka: 3.3G

Datum vzorčenja	pH	Co-60 [Bq/kg]	Cs-137 [Bq/kg]
13.01.2015	6,0	-	-
04.02.2015	6,0	-	-
03.03.2015	6,0	-	-
01.04.2015	6,0	-	-
07.05.2015	6,0	-	0,97 ± 0,37
03.06.2015	6,0	-	-
07.07.2015	5,5	0,78 ± 0,25	-
12.08.2015	5,5	-	2,32 ± 0,44
02.09.2015	5,5	-	-
07.10.2015	5,0	-	-
03.11.2015	5,0	-	-
03.12.2015	6,0	-	-



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/m² 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.

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 ³			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 2015 smo sodelovali v dveh mednarodnih primerjalnih meritvah, vendar je zaključena le ena. Njeni rezultati potrjujejo usposobljenost laboratorija SVPIŠ za meritve.

4.6.1 IAEA-TEL-2015-03 world-wide proficiency test on determination of anthropogenic and natural radionuclides in water, rice and soil samples

Vsebnost umetnih radionuklidov v vodnih vzorcih

Izotop	A [Bq/g]		Ustreznost
	SVPIŠ	IAEA	
Cs-134	29,1 ± 2,2	30,0 ± 0,9	ustreza
Cs-137	30,2 ± 2,8	30,1 ± 0,9	ustreza



Izotop	A [Bq/g]		Ustreznost
	SVPIS	IAEA	
Na-22	60,7 ± 4,9	65,1 ± 1,5	ustreza
Zn-65	162,1 ± 13,3	177,3 ± 5,7	ustreza

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

4.6.2 NPL environmental radioactivity proficiency test exercise 2015

Rok za oddajo rezultatov meritev vode z visoko vsebnostjo sevalcev gama je 4. 3. 2016.

4.7 Neodvisni nadzor obratovalnega monitoringa

Skladno z zahtevami Pravilnika o monitoringu radioaktivnosti (Ur.l. RS 20/07, 97/09) smo v letu 2015 izvedli primerjavo z neodvisno meritvijo pooblaščne organizacije (ZVD). Primerjali smo meritev zračnega filtra z izpuha reaktorja. Filter smo po vzorčenju (3. 12. 2015) najprej merili na IJS (4. 12. 2015), nato pa smo ga odnesli na ZVD, kjer so našo meritev 7. 12. 2015 ponovili.

Izotop	A [Bq]		A _{SVPIS} /A _{ZVD}	u-test
	SVPIS	ZVD		
Be-7	1,2* ± 0,6	0,29 ± 0,06	4,04	1,47
Na-24	6,9 ± 0,6	-	-	-

*rezultat meritve je na meji detekcije

Kriterij sprejemljivosti za $u = \frac{A_{SVPIS} - A_{ZVD}}{\sqrt{u_{SVPIS}^2 + u_{ZVD}^2}}$ je $u < 1,96$, kjer sta u_{SVPIS} in u_{ZVD} negotovosti meritev.

Rezultate meritev je težko primerjati. Zaradi kratkega razpolovnega časa za Na-24 in časovnega razmika med meritvijo na IJS in na ZVD, ZVD Na-24 ni detektiral. Do neke mere je mogoče primerjati le Be-7, ki ima razpolovno dobo 53 dni. Rezultati meritev za Be-7 se v okviru u-testa ujemajo.