

MERITVE RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI REAKTORSKEGA CENTRA IJS

POROČILO ZA LETO 2016



Leto izdaje: 2017 Revizija: 00

	Ime in priimek	Datum	Podpis
Izdelala	dr. Tinkara Bučar mag. Matjaž Stepišnik	6.3.2017	
Pregledal	mag. Matjaž Stepišnik	6.3.2017	
Odobril	prof. dr. Jadran Lenarčič, direktor IJS	8.3.2017	

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	Dr. Gregor Omahen	6.3.2017	

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 2016

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-12244

Kopije: Arhiv SVPIS
RIC
URSJV
URSVS
Knjižnica IJS

Slika na naslovni strani: Pogled na Reaktorski center z JV strani



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
URSJV	Uprava RS za jedrsko varnost
URSVS	Uprava RS za varstvo pred sevanji
VLG	Visokoločljivostna Spektrometrija Gama
ZVD	Zavod za varstvo pri delu, d.o.o.

REFERENČNA DOKUMENTACIJA

- Tedenska in mesečna poročila o rezultatih meritev vzorcev v okviru programa nadzornih meritev
- Mesečna poročila o rezultatih okoljske dozimetrije, F2 – IJS
- Program varstva pred ionizirajočim sevanjem v raziskovalnem reaktorju TRIGA MARK II, IJS-DP-11287 (OVIDS-RIC-04/13)
- Vzorčenje in meritve za ocenjevanje vpliva reaktorskega centra na okolje, SVPIS-R-DN-31
- Laboratorijske in terenske meritve s spektrometrijo gama, ELME-DN-17
- Meritve hitrosti doze z uporabo prenosnih merilnikov, ELME-DN-04
- Meritve površinske kontaminacije z uporabo prenosnih merilnikov, ELME-DN-03
- Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (ZVISJV-UPB2) (Ur.l. RS št. 102/2004), ZVISJV-C (60/11), ZVISJV-D (74/2015)
- Uredba o sevalnih dejavnostih, UV1 (Ur.l. RS, št. 48/2004 in Ur.l. RS, št. 9/2006)
- Uredba o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih, UV2 (Ur.l. RS, št. 49/2004)
- Interkomparacijske meritve hitrosti doze 2016, Ronneburg, Nemčija (IJS-DP-12168)
- Primerjalne meritve hitrosti doze in spektrometrije gama PRIMER 2016 (IJS-DP-12215)
- Handbook of Health Physics and Radiological Health, Third edition, Bernard Shlein et.al., Williams and Wilkins, 1998



VSEBINA

1	UVOD	6
2	VZORČEVALNE LOKACIJE.....	7
3	OVREDNOTENJE MERITEV.....	8
3.1	MERITVE IZPUSTOV.....	8
3.1.1	Tekočinski izpusti	8
3.1.2	Zračni izpusti.....	8
3.1.3	Zunanje sevanje	8
3.2	MERITVE V OKOLJU.....	9
3.2.1	Voda iz vodnjaka	9
3.2.2	Sedimenti Save.....	10
3.2.3	Zemlja.....	10
3.2.4	Zunanje sevanje	10
3.2.5	Vzdrževanje pripravljenosti	12
3.3	MERITVE REAKTORSKIH TEKOČIN	14
3.3.1	Primarna voda.....	14
3.3.2	Sekundarna voda	15
3.3.3	Voda iz bazena za iztrošene gorivne elemente	15
4	OCENA VPLIVOV	16
4.1	ATMOSFERSKI IZPUSTI	16
4.1.1	Ocena učinkovite doze zaradi atmosferskih izpustov	17
4.2	TEKOČINSKI IZPUSTI	19
4.2.1	Ocena učinkovitih doz zaradi tekočinskih izpustov.....	19
5	MERSKI REZULTATI	21
5.1	PROGRAM NADZORNIH MERITEV SEVANJA V OKOLJU REAKTORSKEGA CENTRA.....	21
5.1.1	Program meritev izpustov	21
5.1.2	Program meritev v okolju	22
5.1.3	Program meritev reaktorskih tekočin.....	22
5.2	PREGLED TABEL.....	23
5.3	ENOTE IN NAZIVI KOLIČIN	33
5.3.1	Voda	33
5.3.2	Zemlja.....	33
5.3.3	Zrak	33
5.3.4	Zunanja doza.....	33
5.4	MERSKE METODE	33
5.4.1	Visokoločljivostna spektrometrija gama	33
5.4.2	Meritve hitrosti doze.....	33
5.4.3	Termoluminiscenčna dozimetrija.....	33
5.5	ORIENTACIJSKE SPODNJE DETEKCIJSKE MEJE IN NAČIN POROČANJA ZA VLG SPEKTROMETRIJO.....	34
5.6	PRIMERJALNE MERITVE	34
5.6.1	Spektrometrija gama.....	34
5.6.2	Meritve hitrosti doze.....	35
5.7	NEODVISNI NADZOR OBRATOVALNEGA MONITORINGA	35



POVZETEK

V poročilu so ovrednoteni rezultati meritev radioaktivnosti v okolici Reaktorskega centra. Na podlagi meritev in z uporabo modela je ocenjen vpliv na prebivalstvo.

V letu 2016 so bili atmosferski izpusti žlahtnega plina Ar-41, ki največ prispeva k izpostavljenosti, ocenjeni na 1,0 TBq. Na podlagi konservativnih predpostavk je bila letna efektivna doza zunanjega sevanja na prebivalca v okolici Reaktorskega centra zaradi atmosferskih izpustov ocenjena na manj kot 1 μ Sv, kar je podobno kot v letu 2015.

Ingestijska efektivna doza zaradi tekočinskih izpustov v reko Savo je bila konservativno ocenjena na manj kot 0,01 μ Sv na leto, enako kot v letu 2015.

Sevalna izpostavitvev prebivalstva zaradi dejavnosti Reaktorskega centra je zanemarljiva v primerjavi z neizogibno izpostavitvijo naravnemu sevanju v običajnem okolju (2,4 mSv na leto). Predstavlja približno 1/100 avtorizirane dozne omejitve za prebivalstvo, ki znaša 50 μ Sv na leto.



1 Uvod

Poročilo obravnava rezultate meritev, ki so bile v letu 2016 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.

Program nadzora je podrobneje predstavljen v poglavju 5.1. Nadzorne meritve sestavljajo trije sklopi: meritve izpustov (**emisije**), meritve v okolju (**imisije**) in 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. Izpusti so ovrednoteni v poglavju 3.1, vplivi izpustov na prebivalstvo pa so ocenjeni v poglavju 4.

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. Meritve v okolju so ovrednotene v poglavju 3.2.

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. Meritve reaktorskih tekočin so ovrednotene v poglavju 3.3.

Za nadzorne meritve se uporabljajo tri merske metode: visokoločljivostna sepektrometrija gama, meritve hitrosti doze in termoluminiscenčna dozimetrija. Opisane so v poglavju 5.4. Usposobljenost laboratorija za izvajanje nadzornih meritev potrjujemo s primerjalnimi meritvami (poglavje 5.6) in z neodvisnim nadzorom obratovalnega monitoringa (poglavje 5.7).

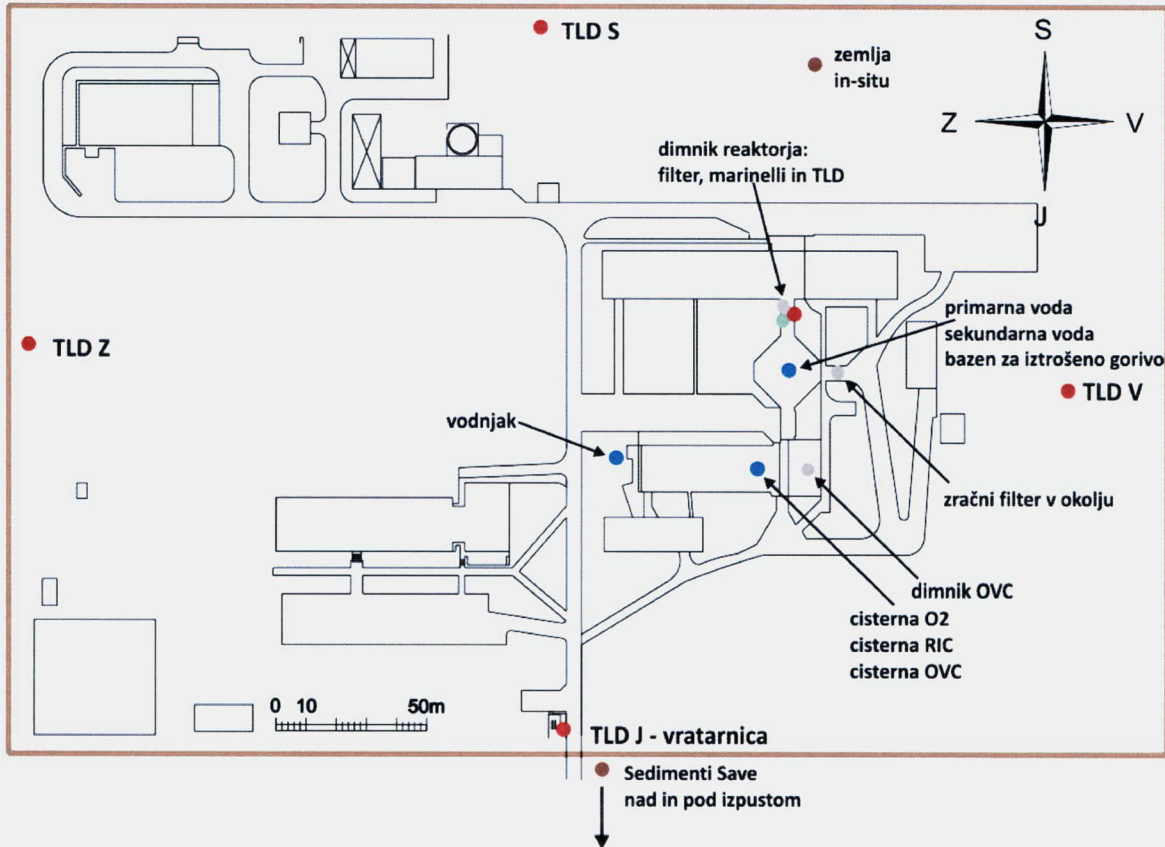
V letu 2016 je na reaktorskem centru potekala raziskovalna dejavnost, ki je vključevala obsevanje vzorcev v reaktorju ter rutinsko delo z radioaktivnimi snovmi in obsevanimi vzorci. Delo ni bistveno odstopalo od dejavnosti iz preteklih let.

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.



2 Vzorčevalne lokacije

Vzorčenje poteka skladno s postopkom *Vzorčenje in meritve za ocenjevanje vpliva Reaktorskega centra na okolje (SVPIS-R-DN-31)*. Vzorčevalne lokacije so prikazane na sliki 1. Večina vzorčevalnih mest je znotraj ograje Reaktorskega centra, vzorčenje savskega sedimenta pa se izvaja izven ograje Reaktorskega centra na izpustnem kanalu tekočinskih odplak v reko Savo.



Slika 1: Vzorčevalne lokacije na Reaktorskem centru v letu 2016



3 Ovrednotenje meritev

3.1 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 zunanega sevanja na izpustnih mestih.

3.1.1 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 običajno prisotne le v tekočinah iz zadrževalne cisterne Odseka za znanosti o okolju (O-2). Rezultati meritev za leto 2016 so združeni v tabelah M1 in M2. V cisterni O-2 smo zaznali prisotnost Na-24 in Co-60, v cisterni drenaže reaktorja pa Co-57, Co-60, Cs-137, Eu-152 in Eu-154. Vse izmerjene aktivnosti so bile pod dopustnimi koncentracijami za izpust v okolje, povzetimi po UV1, tabela 3. Največja aktivnost je bila izmerjena junija v cisterni O-2 (14,4 Bq/kg Na-24). Cisterna reaktorja je bila v letu 2016 izčrpana šestkrat. Tekočine iz zadrževalne cisterne drenaže OVC nismo merili, saj je bila cisterna celo leto suha.

3.1.2 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 je od spremembe postavitve eksperimentalne opreme v tangencialnem kanalu 6 v avgustu 2015 ostala skozi celo leto 2016 povišana glede na prejšnja leta, kot je bilo tudi pričakovati. Ob nadaljnjih spremembah eksperimentalne opreme lahko pričakujemo, da se bo aktivnost argona v dimniku ustrezno spreminjala. Povprečna koncentracija aktivnosti argona ob delujočem reaktorju v letu 2016 je bila 136 kBq/m³, največja koncentracija pa je bila izmerjena v decembru 162 kBq/m³. Na filterih zračnih delcev v dimniku reaktorja smo nekajkrat zaznali prisotnost Na-24 zelo nizkih aktivnosti, primerljivih z mejo detekcije (tabela M4).

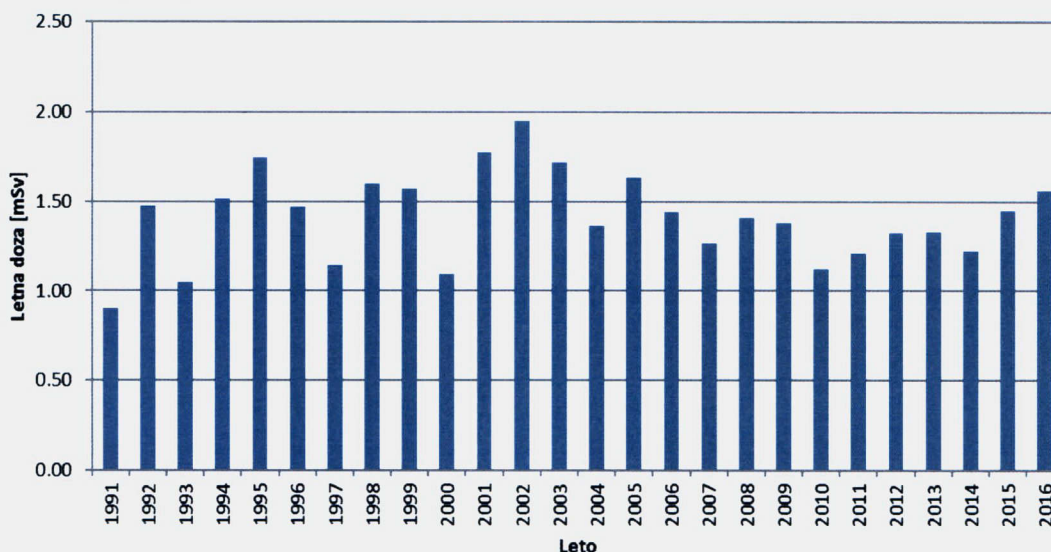
3.1.3 Zunanje sevanje

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 in podrobneje opisani v poglavju 3.2.4.

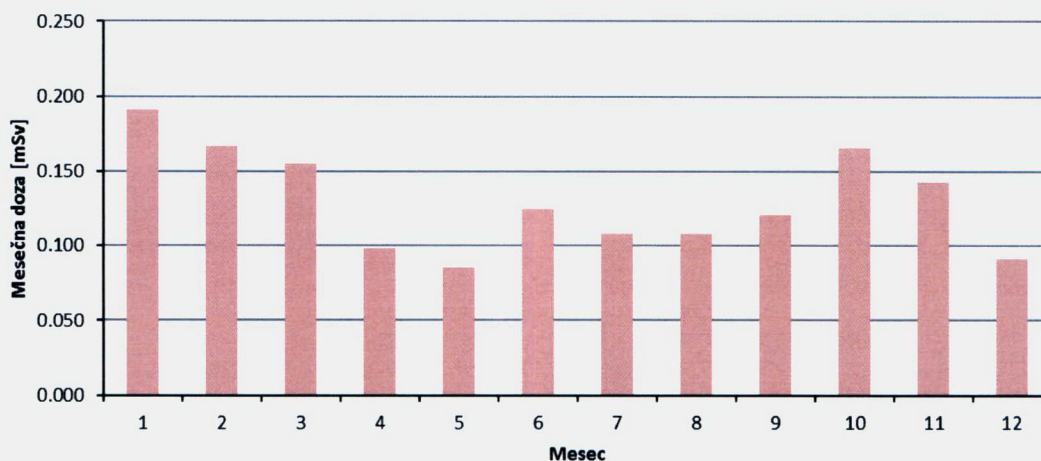
Meritve zunanjega sevanja s TLD na izpuhu reaktorja TRIGA, ki je povečano zaradi



radioaktivnega plina Ar-41, so za obdobje 1991-2016 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 2016 je bila skupna letna doza TLD 1,6 mSv in je na sliki 3 razčlenjena po posameznih mesecih.



Slika 2: Letne doze TLD na izpuhu iz reaktorja za obdobje 1991 – 2016



Slika 3: Mesečne doze TLD na izpuhu iz reaktorja v letu 2016 (Oznaka: 1.7D)

3.2 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. Meritve v okolju so običajno pod mejo detekcije in nam dajo predvsem 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.

3.2.1 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.

3.2.2 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. 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. V letu 2016 v vzorcu sedimenta z lokacije nad izpustom Cs-137 nismo niti zaznali, v vzorcu sedimenta z lokacije pod izpustom pa smo ga zaznali, a je bila njegova vrednost pod detekcijsko mejo.

3.2.3 Zemlja

Zemljo smo vzorčili na travniku na severovzhodni 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 (43 ± 4) 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.

3.2.4 Zunanje sevanje

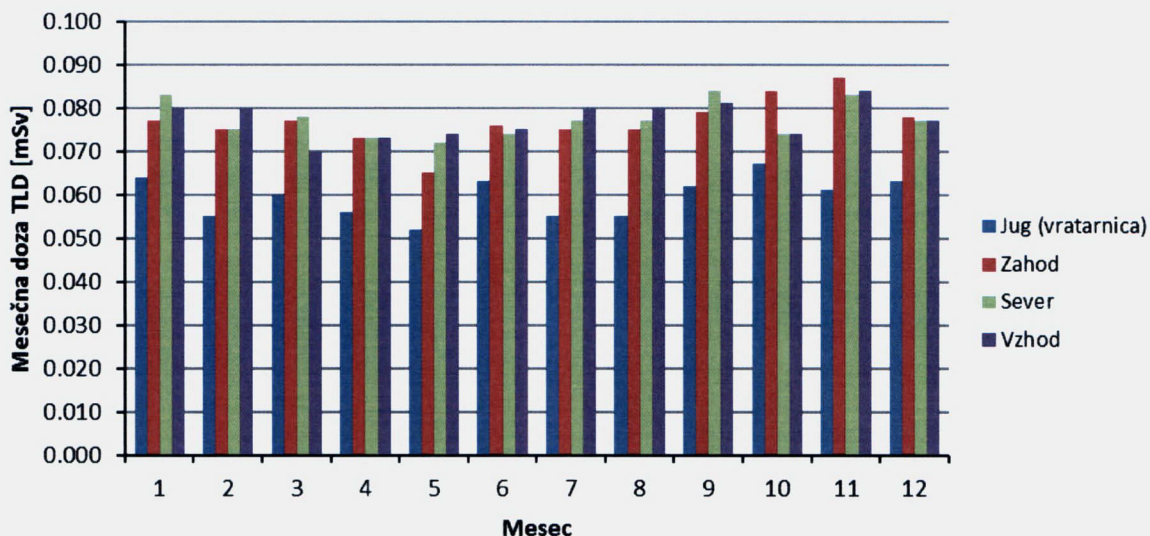
Meritev zunanjega sevanja z dozimetri TLD poteka na štirih mestih znotraj ograje Reaktorskega centra. Dozimetri so nameščeni na višini 1 m in pokrivajo štiri osnovne smeri neba. Izvajanje meritev na posameznih mestih se je začelo v različnih obdobjih (tabela 1).

Tabela 1: Merilna mesta za merjenje zunanjega sevanja s TLD

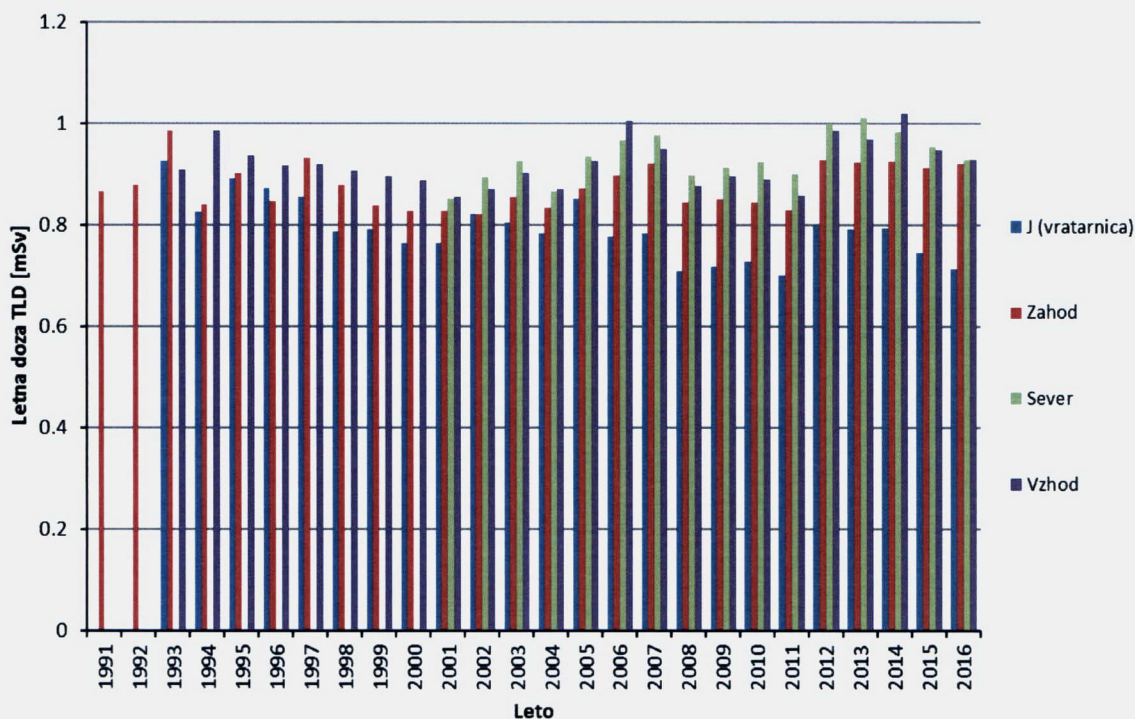
Oznaka	Mesto	Uveden	Opomba
TLD-jug	vratarnica	1993	vhod v Reaktorski center
TLD-zahod	meteorološka postaja	1991	kontinuirni merilnik URSJV
TLD-sever	ograja	2001	severno mesto – ograja RC
TLD-vzhod	bližina reaktorja, skladišča RAO	1993	kontinuirno mesto LB111 (okolje)

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

Mesečne doze TLD na merilnih mestih za leto 2016 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, nekoliko izstopa le dozimeter na južni strani reaktorskega centra. Ker je dozimeter postavljen ob vratarnici, so njegove vrednosti konstantno nekoliko nižje od ostalih dozimetrov, ki so postavljeni nad zemljo. Letne vrednosti 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 2016 (Oznaka 2.6D – 2.9D)



Slika 5: Letne doze TLD na merilnih točkah v obdobju 1991 – 2016

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 zunanega sevanja (okoli 0,5 μ 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).