

# NADZOR RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO

Poročilo za leto 2015



Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija  
Institut Ruđer Bošković, Zagreb, Hrvatska  
Nuklearna elektrarna Krško, Krško, Slovenija  
Zavod za varstvo pri delu, Ljubljana, Slovenija  
MEIS storitve za okolje d. o. o., Mali Vrh pri Šmarju, Slovenija





# **NADZOR RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO**

**Poročilo za leto 2015**



**Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija**

**Institut Ruđer Bošković, Zagreb, Hrvaška**

**Nuklearna elektrarna Krško, Krško, Slovenija**

**Zavod za varstvo pri delu, Ljubljana, Slovenija**

**MEIS storitve za okolje, d. o. o., Mali Vrh pri Šmarju, Slovenija**

IJS delovno poročilo  
IJS-DP-12059  
marec 2016

## **NADZOR RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO**

### **Poročilo za leto 2015**

**Odgovorni za izdajo poročila:** dr. Benjamin Zorko

**Koordinator za IJS:** dr. Benjamin Zorko

**Koordinator za NEK:** mag. Borut Breznik

**Skrbnik za NEK:** Aleš Volčanšek, univ. dipl. kem.

#### **Izvajalci meritev in drugi sodelujoči**

so navedeni na 3. strani v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2015, IJS-DP-12058*, ki je na priloženi zgoščenki.

**Urednica:** mag. Denis Glavič - Cindro

**Lektoriral:** dr. Jože Gasperič;

poročilo (razen angleškega prevoda izvlečka) je lektorirano po mednarodnem standardu ISO 80000

**Stavčni in računalniški prelom:** mag. Denis Glavič - Cindro

**Likovno in grafično uredila:** mag. Denis Glavič - Cindro

**Fotografije:** mag. Denis Glavič – Cindro, dr. Benjamin Zorko, arhiv NEK

**Oprema in vezava:** ABO grafika in Institut "Jožef Stefan"

**Založil:** Institut "Jožef Stefan"

**Prva izdaja:** 31. marec 2016

**Naročnik:** NE Krško, Vrbina 12, SI-8270 Krško

**Pogodba št.:** 3140469 (Z-8131020) z dne 7. 4. 2014

**Št. delovnega poročila:** IJS-DP-12059

Redakcija je bila končana marca 2016.

Vse pravice pridržane. Noben del poročila *Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2015* ter obeh prilog k poročilu: *Ovrednotenje izpustov iz NEK in primerjava z meritvami v okolju* in *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2015*, ne sme biti reproduciran, shranjen ali prepisan v kateri koli obliki oziroma na kateri koli način, bodisi elektronsko, mehansko, s fotokopiranjem, snemanjem ali kako drugače, brez predhodnega privoljenja Nuklearne elektrarne Krško ©.

Naklada: 55 izvodov



**NASLOV:**

Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško

IJS-DP-12059

marec 2016

**KLJUČNE BESEDE:**

poročanje rezultatov meritev, radioaktivno onesnaženje okolja, zračni in tekočinski radioaktivni izpusti, umetni in naravni radionuklidi, vsebnost radionuklidov, specifična aktivnost radionuklidov, površinske vode, podtalnica, vodovod, deževnica, talni in suhi used, zrak, aerosoli, zemlja, hrana, doze zunanjega sevanja, ocena učinkovitih doz, razredčitveni faktor, referenčna skupina prebivalstva, primerjalne meritve

**POVZETEK:**

Sumarni rezultati meritev radioaktivnosti umetnih in naravnih radionuklidov v različnih nadzorovanih medijih in ekspozijskih prenosnih poteh so podani z ocenami učinkovitih doz. Konzervativni oceni učinkovite doze posameznika zaradi emisij jedrske elektrarne dajejo v letu 2015 za atmosferske emisije *efektivno dozo* 0,12  $\mu\text{Sv}$  na leto na ograji NEK in za tekočinske emisije za referenčno skupino prebivalstva *efektivno dozo* 0,06  $\mu\text{Sv}$  na leto. V letu 2015 so bili tako vsi sevalni vplivi NEK-a na prebivalstvo v okolici ocenjeni na manj kot 0,18  $\mu\text{Sv}$  na leto, kar je 0,36 % avtorizirane mejne letne doze na ograji NEK (50  $\mu\text{Sv}$ ; vsota prispevkov po vseh prenosnih poteh). Iz meritev so bile ocenjene tudi izpostavitve naravnemu sevanju in prispevki zaradi splošne radioaktivne onesnaženosti okolja, ki so jo povzročile poskusne jedrske eksplozije in černobilska nesreča. ***Ocenjena vrednost sevalnih vplivov (letne učinkovite doze) NEK-a na prebivalstvo ob ograji NEK je približno 0,008 % značilnega neizogibnega naravnega ozadja.***

**TITLE:**

Off-site radiological monitoring of the Krško Nuclear Power Plant

IJS-DP-12059

March 2016

**KEYWORDS:**

reporting measurement results, radioactive contamination of the environment, airborne and liquid radioactive effluents, man-made and natural occurring radionuclides, specific activities, surface waters, underground water, tap water, rainwater, dry and ground deposition, airborne radionuclides, soil, foodstuffs, external radiation doses, effective dose assessments, dilution factor, reference (critical) population group, intercomparison measurements

**ABSTRACT:**

Summarised results of radioactivity measurements of antropogenic and natural occurring radionuclides are presented by different contamination media and exposure pathways in the form of assessed effective doses. Conservatively estimated effective dose received by members of general public as the result of NPP emissions in the year 2015 gives to a value of the *effective dose* of 0.12  $\mu\text{Sv}$  per year for atmospheric discharges at the NPP fence and 0.06  $\mu\text{Sv}$  per year for liquid discharges received by members of the reference (critical) population group. Thus, in 2015, the radiation effects of the Krško NPP on the population in the immediate surroundings were estimated at less than 0.18  $\mu\text{Sv}$  per year, what presents 0,36 % of the authorized dose limit at the NPP fence (50  $\mu\text{Sv}$ ; the sum of the contributions from all exposure pathways). From the measurements the exposure to the natural radiation and to the general radioactive contamination due to the nuclear test explosions and Chernobyl accident were assessed. ***The estimated sum of all radiation contributions (annual effective doses) from the NPP to the member of the public at the fence perimeter is 0.008 % of the characteristic unavoidable natural background radiation.***





## IZVAJALCI MERITEV

### INSTITUT "JOŽEF STEFAN" (IJS), LJUBLJANA

*Koordinator projekta za IJS:* dr. Benjamin Zorko

*Izvajalci na IJS:*

*Odsek za fiziko nizkih in srednjih energij (Odsek F2)*

D. Brodnik, D. Buh, B. Črnič, dipl. inž. fiz., P. Gerjol, mag. D. Glavič - Cindro, S. Gobec, dr. M. Korun, dr. J. Kožar Logar, dr. R. Krištof, dr. M. Nečemer, P. Osterman, prof. biol., U. Petrač, mag. B. Vodenik, dr. B. Zorko

*Odsek za znanosti o okolju (Odsek O2)*

B. Svetek, inž. kem. tehnol., dr. M. Štok, Z. Trkov, inž. kem. tehnol.

### ZAVOD ZA VARSTVO PRI DELU (ZVD), LJUBLJANA

*Koordinator projekta za ZVD:* dr. Gregor Omahen

*Izvajalci na ZVD:*

dr. M. Giacomelli, P. Jovanovič, inž. fiz., D. Konda, M. Levstek, dr. G. Omahen, L. Peršin

### INSTITUT RUĐER BOŠKOVIĆ (IRB), ZAGREB

*Koordinator projekta za IRB - ZIMO:* dr. Željko Grahek

*Izvajalci na IRB – Zavod za istraživanje mora i okoliša, Laboratorij za radioekologiju (IRB–ZIMO–LRE):*

dr. D. Barišić, dr. Ž. Grahek, G. Karanović, dipl. inž., T. Kardum, R. Kušić, dr. I. Lovrenčić, I. Milanović, dipl. inž., dr. M. Nodilo, I. Panjkret (zunanji sodelavec)

*Izvajalci na IRB – Laboratorij za mjerenje niskih aktivosti – Zavod za eksperimentalnu fiziku:*

dr. J. Barešić, mag. D. Borković, dr. N. Horvatinčić, dr. I. Krajcar Bronić, dr. B. Obelić (zunanji sodelavec), A. Rajtarić, dr. A. Sironić

*Izvajalci na IRB – Služba zaštite od zračenja i Laboratorij za radijacijsku kemiju i dozimetriju :*

R. Bernat, dipl. inž., dr. Ž. Knežević, mag. B. Vekić

### IZVAJALCI EMISIJSKIH MERITEV ZNOTRAJ OGRAJE NE KRŠKO NUKLEARNA ELEKTRARNA KRŠKO (NEK), KRŠKO

*Nosilec projekta za NE Krško:* mag. Borut Breznik

*Izvajalci v NEK:*

M. Simončič, univ. dipl. kem., dr. L. Mikelić, M. Pavlin, dipl. str., M. Urbanč, D. Mešiček, B. Vene, kem. tehnik, A. Volčanšek, univ. dipl. kem.

### IZVAJALCI IZRAČUNOV RAZREDČITVENIH IN DEPOZICIJSKIH KOEFICIENTOV PO LAGRANGEEVEM MODELU

*Izvajalci v MEIS storitve za okolje, d. o. o.*

dr. M. Z. Božnar, dr. B. Grašič, dr. P. Mlakar







## VSEBINA

<b>Uvod in upravne podlage</b>	ix / lxii
<b>Izveček</b>	xiii / lxii
<b>Summary</b>	xxxv / lxii
<b>Neodvisni nadzor pooblaščenih izvajalcev</b>	liii / lxii

### AVTORJI

<b>Poročilo</b>	mag. Denis Glavič - Cindro dr. Benjamin Zorko
<b>Izveček in angleški prevod izvlečka</b>	dr. Benjamin Zorko
<b>Neodvisni nadzor pooblaščenih izvajalcev</b>	mag. Denis Glavič - Cindro

**Ovrednotenje izpustov iz NEK in primerjava z meritvami v okolju,  
ISBN 978-961-264-092-7**

**Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško –  
Poročilo za leto 2015, IJS-DP-12058**

Imisijske meritve (meritve v okolju jedrske elektrarne)	
Tabele merskih rezultatov	M-1 / M-110
Tabele interkomparacijskih rezultatov	
Mednarodne primerjalne meritve izvajalcev	M-91 / M-110

*Poročilo Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško –  
Poročilo za leto 2015, IJS-DP-12058 je na priloženi zgoščenki.*





## LETNO POROČILO

Po pogodbi št. 3140469 (Z-8131020) z dne 7. 4. 2014 z NE Krško, Vrbina 12, SI-8270 Krško, obravnavamo v poročilu radiološko sliko v okolici NEK in širše. V ta namen v uvodu povzemamo ovrednotenja po posameznih sklopih, kot to zahtevata *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10)*, Ur. l. RS 20/2007, 2509, 6. 3. 2007 in *Pravilnik o spremembah in dopolnitvah pravilnika o monitoringu radioaktivnosti*, Ur. l. RS 97/2009, 12936, 30. 11. 2009 [9]. Uvod je povzetek prispevkov iz monografije *Značilnosti in ocena vplivov radioaktivnosti na prebivalstvo ob normalnem delovanju NEK*, kjer so ocene doz in drugi parametri obravnavani podrobno. Za potrebe poročila pa v strnjeni obliki podajamo ugotovitve za leto 2015.

Odgovorni za izdajo:

dr. Benjamin Zorko





## UVOD IN PRAVNE PODLAGE

Namen ovrednotenja je celovit in neodvisen izračun doz direktnega in indirektnega vpliva majhnih količin radioaktivnih snovi, ki jih v zrak in vodo med obratovanjem izpušča jedrska elektrarna Krško. Osnova za izvajanje obratovalnega nadzora je *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10)*, Ur. l. RS 20/2007, 2509, 6. 3. 2007 in *Pravilnik o spremembah in dopolnitvah pravilnika o monitoringu radioaktivnosti*, Ur. l. RS 97/2009, 12936, 30. 11. 2009 [9]. Program obsega meritve v okolju jedrske elektrarne (priloga 4, preglednica 3 iz pravilnika JV 10). Podroben program meritev je določen v *Tehnični specifikaciji za izvedbo storitve obratovalnega monitoringa radioaktivnosti v okolici NEK (pitne vode, zraka, hrane, reke Save, padavin, zemlje in sevanja v okolju skupaj z oceno doz prebivalstva) za leta 2014–2015 v Republiki Sloveniji*, NEK, TO.RZ, 4/2013, revizija: 1 in dodatno v *Radiological Effluent Technical Specifications (RETS)*, NEK-RETS, Rev. 7, poglavje 3.12, strani 43–60.

Da bi zajeli vse vplive radioaktivnosti na prebivalstvo, meritve v okolici elektrarne obsegajo zunanje sevanje (sevanje radionuklidov v zraku, iz tal, kozmično sevanje ter sevanje neposredno iz elektrarne) in koncentracije radioaktivnih snovi v zraku, hrani in vodi. Te snovi z vnosom v telo povzročijo notranje obsevanje. Koncentracije radionuklidov v zraku, hrani in vodi se merijo v odvzetih vzorcih v laboratorijih zunaj dosega sevanja, ki ga povzroča elektrarna. Za izračun doz so avtorji uporabili znanstveno potrjene modele in postopke. Ovrednotenje se nanaša na imisijske meritve v okolju ter povzetek programa emisijskih meritev. Za evalvacijo merskih podatkov in oceno doznih obremenitev so bili kot dopolnilni ali vzporedni podatki uporabljeni tudi:

- mesečna poročila NEK o tekočinskih in zračnih emisijah v letu 2015;
- mesečni izračuni zračnih razredčitvenih faktorjev Agencije Republike Slovenije za okolje za okolico NEK v letu 2015;
- mesečni izračuni zračnih razredčitvenih faktorjev MEIS storitve za okolje, d. o. o., za okolico NEK v letu 2015;
- nekateri merski podatki iz *Programa nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju Republike Slovenije* in posebnih meritev IJS.

Vpliv objektov, ki v okolje spuščajo radioaktivne snovi, nadziramo na dva načina. Na samem viru izpustov merimo emisije, to je sestavo radionuklidov in izpuščeno aktivnost, ter z modelom ocenjujemo dozne obremenitve prebivalstva v okolici objektov. Po drugi strani pa z neposrednimi meritvami ugotavljamo vnos radioaktivnih snovi v okolje, kar omogoča neposredno oceno izpostavljenosti prebivalstva. Slednje meritve omogočajo tudi oceno izpostavljenosti prebivalstva naravnemu sevanju in vplivom širšega okolja, kot so bile jedrske eksplozije in černobilska nesreča.

Zunanje sevanje se meri z elektronskimi merilniki hitrosti doze, ki se uporabljajo pri sprotne spremljanju zunanjega sevanja (MFM-203), in s pasivnimi termoluminiscenčnimi dozimetri (TLD). Radioaktivnost v zraku se določa iz vzorcev, dobljenih s črpanjem zraka skozi aerosolne filtre in filtre, ki zadržijo jod iz zraka, ter iz vzorcev deževnice in suhega useda. Radioaktivnost v reki Savi, kamor se iztekajo tekočinski izpusti, se določa iz meritev vzorcev vode, sedimentov in rib, radioaktivnost podzemnih vod pa iz vzorcev podtalnice in vzorcev vodovodne vode iz zajetij in črpališč. Vzorci hrane, ki so pridelani v okolici elektrarne in v katerih se meri vsebnost radionuklidov, so izbrani tako, da se lahko oceni celotni prispevek radioaktivnosti hrane k dozi. Poleg tega se določa še vsebnost radionuklidov v zemlji.

Izvajalci meritev so bili Institut "Jožef Stefan" (IJS) in Zavod za varstvo pri delu (ZVD) iz Ljubljane ter Institut Ruđer Bošković (IRB) iz Zagreba, Republika Hrvaška. Emisijske meritve znotraj ograje Nuklearne elektrarne Krško so izvedli sodelavci NEK.

Institut "Jožef Stefan" (IJS) in Zavod za varstvo pri delu (ZVD) sta pooblaščenca za izvajanje merilnega nadzora radioaktivnosti na podlagi 123. in 124. člena Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (Ur. l. RS, št. 102/04 - ZVISJV-UPB2 in Ur. l. RS št. 70/08 - ZVO-1B) ter 11. in 12. člena Pravilnika o monitoringu radioaktivnosti (Ur. l. RS, št. 20/07) s pooblastiloma 35400-9/2014/9 z





dne 18. 6. 2014 (IJS) in 35400-7/2014/2 z dne 21. 3. 2014 (ZVD), ki ju je izdala Uprava Republike Slovenije za jedrsko varnost (URSVJ) v soglasju z Upravo RS za varstvo pred sevanji (URSVS).

Pravilnik o pogojih in metodologiji za ocenjevanje doz pri varstvu delavcev in prebivalstva pred ionizirajočimi sevanji (Uradni list RS, št. 115, stran 15 700, 24. 11. 2004) [11] zahteva, da morajo poročilo o ocenah doz za posamezne značilne in referenčne skupine izdelati pooblaščen izvedenci varstva pred sevanji.

Uprava Republike Slovenije za varstvo pred sevanji je pooblastila za dajanje strokovnih mnenj, ki temeljijo na meritvah in/ali izračunih glede izdelave ocen varstva izpostavljenih delavcev pred sevanji, delovnih razmer izpostavljenih delavcev, obsegu izvajanja ukrepov varstva pred sevanji na opazovanih in nadzorovanih območjih, preverjanju učinkovitosti teh ukrepov, rednem umerjanju merilne opreme ter preverjanju uporabnosti zaščitne opreme na področju izpostavljenosti prebivalcev zaradi izvajanja sevalnih dejavnosti, naslednje sodelavce Instituta "Jožef Stefan" in Zavoda za varstvo pri delu:

- mag. Denis Glavič - Cindro z odločbo 1864-10/2012-3 z dne 15. 6. 2012
- mag. Matjaža Koželja z odločbo 1864-1/2013-3 z dne 26. 2. 2013
- dr. Gregorja Omahna z odločbo 1864-17/2011-3 z dne 10. 8. 2011
- mag. Matjaža Stepišnika z odločbo 1864-2/2012-3 z dne 8. 5. 2012
- dr. Benjamina Zorka z odločbo 1864-10/2013-3 z dne 16. 10. 2013 ter
- dr. Marka Giacomellija z odločbo 1864-5/2014-3 z dne 28. 7. 2014

Institut "Jožef Stefan" (IJS), Ljubljana, je z odločbo Uprave RS za varstvo pred sevanji (URSVS) št. 1864-6/2012-7 z dne 22. 5. 2012 na podlagi 30. člena Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (Ur. l. RS, št. 102/04 – ZVISJV-UPB2, Ur. l. RS št. 70/08 – ZVO-1B in Ur. l. RS št. 60/11 – ZVISJV-C) ter 11. člena Pravilnika o pooblaščenju izvajalcev strokovnih nalog s področja ionizirajočih sevanj (Ur. l. RS, št. 18/04) pooblaščen kot izvajalec dozimetrije za ugotavljanje izpostavljenosti zunanjemu obsevanju in dajanje strokovnih mnenj, ki temeljijo na meritvah in/ali izračunih na podlagi termoluminiscenčne dozimetrije sevanja gama, sevanja beta in rentgenske svetlobe.

Institut "Jožef Stefan" (IJS), Ljubljana, je s pooblastilom št. 1864-15/2012-3 z dne 26. 10. 2012, ki ga je izdala Uprava RS za varstvo pred sevanji (URSVS) na podlagi 27. člena Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (Ur. l. RS, št. 102/04 – ZVISJV-UPB2, Ur. l. RS št. 70/08 – ZVO-1B in Ur. l. RS št. 60/11 – ZVISJV-C) ter 6. člena Pravilnika o pooblaščenju izvajalcev strokovnih nalog s področja ionizirajočih sevanj (Ur. l. RS, št. 18/04), pooblaščen kot izvedenec varstva pred sevanji za dajanje strokovnih mnenj, ki temeljijo na meritvah in/ali izračunih in za izvajanje nadzornih meritev na nadzorovanih in opazovanih območjih, pregledov virov sevanja in osebne varovalne opreme.

Uprava Republike Slovenije za jedrsko varnost je z odločbo 3906-1/2007/8 z dne 9. 3. 2007 in 3571-3/2012/6 z dne 13. 3. 2012 pooblastila Institut "Jožef Stefan" za izvajanje del pooblaščenega izvedenca za sevalno in jedrsko varnost na področju izdelave varnostnih poročil in druge dokumentacije v zvezi s sevalno in jedrsko varnostjo za ocenjevanje vplivov jedrskih in sevalnih objektov na okolje.

Institut "Jožef Stefan" ima izdelan sistem zagotovitve kakovosti. Sistem kakovosti Odseka za fiziko nizkih in srednjih energij (F-2), v okviru katerega delujejo Laboratorij za meritve radioaktivnosti, Laboratorij za termoluminiscenčno dozimetrijo, Ekološki laboratorij z mobilno enoto in Laboratorij za tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo, je opisan v *Poslovniku kakovosti Odseka za fiziko nizkih in srednjih energij (F2-PK)*. Vsa dela, povezana z meritvami radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško v okviru *Programa nadzora radioaktivnosti v okolici NE Krško*, potekajo v skladu z institutskim in odsečnim poslovnikom in po postopkih, na katere se odsečni poslovník sklicuje. Laboratorij za meritve radioaktivnosti je akreditiran pri Slovenski akreditaciji za meritve sevalcev gama v trdnih in tekočih vzorcih, Laboratorij za termoluminiscenčno dozimetrijo za meritve doz s termoluminiscenčnimi dozimetri za uporabo v osebni in okoljski dozimetriji ter Ekološki laboratorij z mobilno enoto (ELME) za merjenje hitrosti doze s prenosnimi merilniki ionizirajočega sevanja in za neposredne meritve površinske kontaminacije s sevalci alfa, beta in z nizkoenergijskimi sevalci gama. Laboratorij za tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo je akreditiran za določanje tritija v vzorcih vode in urina po direktni metodi in po metodi z elektrolitsko obogatitvijo. Z akreditacijsko listino št. LP-022 jim



Slovenska akreditacija priznava izpolnjevanje zahtev standarda SIST EN ISO/IEC 17025:2005 pri teh dejavnostih. Odsek za znanosti v okolju, v okviru katerega deluje Laboratorij za radiokemijo, ima ravno tako izdelan sistem kakovosti, ki je skladen z zahtevami standarda SIST EN ISO/IEC 17025:2005. Metodi za določanje vsebnosti stroncija in tritija v vzorcih iz okolja sta od junija 2009 dalje akreditirani pri Slovenski akreditaciji pod zaporedno številko LP-090.

Na Institutu Ruđer Bošković ima Laboratorij za radioekologijo akreditacijo Hrvatske akreditacijske agencije (HAA) v skladu s standardom HRN EN ISO/IEC 17025:2007 pod zaporedno številko 1162/08 za določanje vsebnosti radionuklidov z visokoločljivostno spektrometrijo gama in za določanje vsebnosti Sr-90 po radiokemijski metodi v vzorcih iz okolja in proizvodih, vključno s hrano in pitno vodo, ter za določanje vsebnosti Fe-55 v vodnih vzorcih.

Zavod za varstvo pri delu ima delujoč sistem zagotovitve kakovosti, v katerega so vključene vse dejavnosti, povezane z meritvami v okviru *Programa nadzora radioaktivnosti v okolice NE Krško*. Laboratorij za merjenje specifičnih aktivnosti radionuklidov je akreditiran pri Slovenski akreditaciji za izvajanje visokoločljivostne spektrometrije gama v vzorcih aerosolov, padavin, zemlje, sedimentov in živil ter za določanje vsebnosti Sr-89 in Sr-90 v vzorcih iz okolja in živil. Z akreditacijsko listino št. LP-032 mu Slovenska akreditacija priznava izpolnjevanje zahtev standarda SIST EN ISO/IEC 17025:2005 pri teh dejavnostih.





## IZVLEČEK

### UVOD

Podobno kot v svetu, je prebivalstvo Slovenije izpostavljeno naravnemu ionizirajočemu sevanju in nekaterim antropogenim virom ionizirajočega sevanja, predvsem zaradi uporabe ionizirajočega sevanja v medicini in vpliva preostale černobilske kontaminacije in atmosferskih jedrskih poskusov. Pri prebivalstvu okolice Nuklearne elektrarne Krško (NEK) so dodatno mogoče izpostavitve zaradi atmosferskih in tekočinskih izpustov radioaktivnih snovi iz NEK in zaradi neposrednega sevanja iz objektov znotraj njene ograje.

Omejitev dodatne izpostavitve prebivalstva je bila določena že v lokacijski dokumentaciji NEK leta 1974, kjer je navedena zahteva, da celotna letna efektivna doza prispevkov vseh prenosnih poti na posameznika iz prebivalstva na robu ožje varstvene cone (500 m od osi reaktorja) in dalje ne sme presegati 50  $\mu\text{Sv}$ . Ta omejitev je bila po začetku obratovanja dopolnjena še z omejitvijo letne efektivne doze zunanjega sevanja na ograji objekta (200  $\mu\text{Sv}$  na leto) ter omejitvijo aktivnosti radionuklidov v tekočih in plinastih efluentih. Mejne vrednosti za efluente so naslednje:

- a) za atmosferske izpuste:
  - I-131: 18,5 GBq na leto;
  - aerosoli (radionuklidi s  $T_{1/2} > 8$  d): 18,5 GBq na leto;
- b) za tekočinske izpuste:
  - vsi radionuklidi razen H-3, C-14 in raztopljenih žlahtnih plinov: 100 GBq na leto, 40 GBq na trimesečje;
  - H-3: 45 TBq na leto.

Navedene mejne vrednosti za tekočinske izpuste so v veljavi od leta 2007, ko je prišlo do spremembe v povezavi s preходом NEK na 18-mesečni gorivni cikel. Pred tem so veljale prvotne omejitve, ki so bile nižje za H-3 (20 TBq na leto, 8 TBq na trimesečje) in višje za vse druge radionuklide, razen za C-14 in raztopljene žlahtne pline (200 GBq na leto in 80 GBq na trimesečje).

NEK mora upoštevati navedene *avtorizirane meje* in druge mejne vrednosti, ki se nanašajo na izpuste, ter druge sevalne vplive na okolje in prebivalstvo. Izpolnjevanje zahtev dokazuje NEK z *obratovalnim nadzorom radioaktivnosti*, katerega obseg in način izvajanja določata *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti* (Ur.l. RS, št. 20/2007) in *Pravilnik o spremembah in dopolnitvah pravilnika o monitoringu radioaktivnosti* (Ur.l. RS, št. 97/2009) [9]. Obratovalni nadzor radioaktivnosti obsega meritve *emisij* na samem objektu, meritve *imisij* v okolici, meritve zunanjega sevanja v okolju, ovrednotenje merskih rezultatov in oceno doz. Obseg nadzora radioaktivnosti določa priloga 4 omenjenega pravilnika (Zasnova programa obratovalnega monitoringa radioaktivnosti jedrske elektrarne). Pravilnik določa tudi zahteve, ki jih morajo izpolnjevati izvajalci nadzora radioaktivnosti, tehnične zahteve za merilno in analizno opremo in načine ter poti izpostavljenosti, ki jih je treba upoštevati pri ocenjevanju doz. Poleg NEK, ki meri emisije, sodelujejo pri izvedbi nadzora radioaktivnosti tudi različni *pooblaščenji izvajalci nadzora*.

To poročilo podaja rezultate nadzora radioaktivnosti, ki so ga NEK kot zavezanec in pooblaščenji izvajalci nadzora radioaktivnosti opravili v letu 2015. V poročilu niso obravnavane izpostavitve prebivalstva ionizirajočemu sevanju zaradi medicinskih diagnostičnih preiskav, ki so v razvitem svetu in tudi pri nas za naravnim sevanjem drugi najpomembnejši vzrok izpostavitvev.



## ZNAČILNOSTI VZORČEVANJA IN MERITEV

Vzorčevanje in meritve so v letu 2015 potekale v enakem obsegu in na enak način kot v preteklih letih, kar omogoča primerjavo rezultatov nadzora z rezultati iz preteklih let in določitev mogočih usmeritev. Značilnosti vzorčevanja in meritev so naslednje:

### 1) Reka Sava:

- a) kontinuirno vzorčevanje na treh lokacijah: (Krško – 3,2 km vzvodno, Brežice – 8,2 km nizvodno in Jesenice na Dolenjskem – 17,5 km nizvodno) za dolgožive radionuklide in enkratni vzorci nefiltrirane vode v Krškem, Brežicah, Jesenicah na Dolenjskem in Podsusedu pri Zagrebu (HR, okrog 30 km nizvodno od NEK) za kratkožive radionuklide;
- b) vzorčevanje sedimentov na šestih lokacijah (Krško vzvodno, pod jezom NEK, Pesje, Brežice, Jesenice na Dolenjskem, Podsused - HR nizvodno);
- c) vzorci rib: Krško, Brežice, Jesenice na Dolenjskem, Podsused (HR) in Otok (HR).

Meritve vzorcev vključujejo določanje koncentracije aktivnosti in specifične aktivnosti sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama (VLG), določanje koncentracije aktivnosti tritija (H-3) s tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo in določanje Sr-90/Sr-89 z radiokemično separacijo in štetjem na proporcionalnem števcu.

### 2) Vodovodi in črpališča:

- a) enkratni letni vzorci vode iz vodovoda v Ljubljani (referenčna lokacija);
- b) enkratni četrletni vzorci vode iz vodovodov v Krškem in Brežicah;
- c) mesečni sestavljeni vzorci črpališč v Bregah, Drnovem (vzorčevalno mesto se je zaradi zaprtja črpališča v mesecu maju 2015 zamenjalo z novim vzorčevalnim mestom v črpališču Rore), Brežicah ter vodovodov Spodnji Stari Grad in Brežice;
- č) vzorčevanje podtalnice v neposredni okolici elektrarne (četrletni enkratni vzorci iz vrtine E1 znotraj ograje NEK in mesečni enkratni vzorci iz vrtine VOP-4, Vrbina) in na dveh lokacijah na Hrvaškem (vrtini Medsave in Šibice).

Meritve vzorcev vključujejo določanje koncentracije aktivnosti sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama (VLG), določanje koncentracije aktivnosti tritija (H-3) s tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo in določanje koncentracije aktivnosti Sr-90/Sr-89 z radiokemično separacijo in štetjem na proporcionalnem števcu. Radiokemijska analiza Sr-89/Sr-90 se opravi na istih vzorcih kot visokoločljivostna spektrometrija gama.

### 3) Padavinski in suhi usedi:

- a) mesečni sestavljeni vzorci iz zbiralnikov padavin v Bregah, Krškem in na referenčni lokaciji v Dobovi ter v Ljubljani (kontrolna lokacija; v okviru nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji);
- b) mesečna menjava vazelinskih zbiralnikov suhega useda na osmih lokacijah v ožji in širši okolici NEK ter v Ljubljani (referenčna lokacija).

Pri vzorcih padavin so bile opravljene meritve z visokoločljivostno spektrometrijo gama, določena je bila še koncentracija aktivnosti tritija (H-3) s tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo in koncentracija aktivnosti Sr-90/Sr-89 z radiokemično analizo. Radiokemijska analiza Sr-89/Sr-90 se opravi na istih vzorcih kot visokoločljivostna spektrometrija gama. Na vazelinskih vzorcih so bile opravljene meritve z visokoločljivostno spektrometrijo gama.





#### 4) Zrak:

- a) vzorčevanje aerosolov se opravlja s kontinuirnim prečrpavanjem zraka skozi aerosolne filtre, ki se menjajo vsakih 15 dni; črpalke so postavljene na osmih lokacijah v okolici NEK (Spodnji Stari Grad, Krško – Stara vas, Leskovec, Brege, Vihre, Gornji Lenart, Spodnja Libna in referenčna lokacija Dobova) ter na kontrolni lokaciji v Ljubljani (nadzor radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji);
- b) vzorčevanje joda I-131 se opravlja s posebnimi črpalkami in filtri na istih lokacijah, kot poteka vzorčevanje aerosolov (razen v Dobovi);
- c) vzorčevanje za specifično meritev Sr-90/Sr-89 se opravlja s posebnimi črpalkami le v Dobovi;
- č) meritve emisij se opravijo na glavnem oddušniku NEK, pri čemer se odvzemajo vzorci za meritve joda, tritija (H-3), ogljika (C-14), aerosolov ter opravljajo meritve žlahtnih plinov;
- d) zbiranje vzorcev zračnega ogljika C-14 v CO<sub>2</sub> je kontinuirno potekalo na dveh mestih na ograji NEK, pri čemer je v letu 2015 bilo skupno zbranih štirinajst vzorcev. Kontrolne meritve so potekale v Zagrebu.

Meritve filtrov za aerosole in posebnih filtrov za I-131 se opravljajo z visokoločljivostno spektrometrijo gama, specifična meritev Sr-90/Sr-89 pa se opravlja s scintilacijskim spektrometrom beta. Radiokemijska analiza Sr-89/Sr-90 se opravi na istih vzorcih kot visokoločljivostna spektrometrija gama. Merjenje specifične aktivnosti C-14 v atmosferskem CO<sub>2</sub> poteka z uporabo tekočinskoscintilacijskega števca, pri čemer iz CO<sub>2</sub> tvorimo benzen.

#### 5) Zunanja izpostavljenost sevanju

##### Zunanje sevanje:

- a) doza zunanjega sevanja (sevanje gama in ionizirajoča komponenta kozmičnega sevanja) se meri s 57 TL-dozimetri v okolici NEK (nameščeni so krožno okoli NEK na razdaljah do 10 km) in devetimi TL-dozimetri na ograji NEK; dozimetri se odčitavajo v polletnih presledkih; referenčni dozimeter za vse meritve doze zunanjega sevanja je v Ljubljani; dodatnih 10 TL-dozimetrov je postavljenih na Hrvaškem;
- b) vzporedno potekajo meritve s TL-dozimetri na 50 lokacijah po državi;
- c) v okolici NEK je postavljenih 14 kontinuirnih merilnikov sevanja MFM-203, ki delujejo v sklopu mreže zgodnjega obveščanja; poleg teh je v mrežo zgodnjega obveščanja v Sloveniji vključenih še dodatnih 61 kontinuirnih merilnikov.

Vsi TL-dozimetri v Sloveniji se odčitavajo na sistemu IJS MR 200 (C), dozimetri na Hrvaškem pa na sistemu, ki je v uporabi na Institutu Ruđer Bošković v Zagrebu. Podatke iz kontinuirnih merilnikov zbira in posreduje URSJV.

##### Zemlja:

- a) vzorce zemlje zbiramo na štirih lokacijah nizvodno od NEK na poplavnih območjih (Amerika – 3,5 km od NEK, Gmajnice – 2,5 km od NEK, Gmajnice – 3,6 km od NEK in Kusova Vrbina-Trnje – 8,5 km od NEK); tri lokacije so na neobdelani zemlji, ena na obdelani; vzorčevanje poteka dvakrat letno, in sicer ločeno po globinah do 30 cm na neobdelani zemlji in do 50 cm na obdelani zemlji.

Meritve sevalcev gama se opravljajo z visokoločljivostno spektrometrijo gama, specifična aktivnost Sr-90/Sr-89 pa se določa z radiokemijsko analizo. Radiokemijska analiza Sr-89/Sr-90 se opravi na istih vzorcih kot visokoločljivostna spektrometrija gama.



## 6) Hrana:

- a) vzorčevanje poteka na naslednjih mestih: sadovnjak ob NEK (sadje), Pesje (mleko, zelenjava), Spodnja in Zgornja Pohanca (sadje), Brege (meso, mleko, zelenjava), Vihre (mleko, zelenjava), Vrbina (jajca, zelenjava, žito), Spodnji Stari Grad (meso, jajca, zelenjava), Žadovinek (zelenjava), Trnje (žito), Krško (zelenjava), Sevnica (meso), Vinska klet Leskovec (vino). V letu 2015 je bilo v okolici NEK skupno vzorčevanih 32 vrst živil.
- b) pogostost vzorčevanja je odvisna od vrste živila: mleko mesečno oziroma trimesečno za specifično meritev Sr-90/Sr-89, meso, jajca in žito enkrat letno, povrtnine, poljščine in sadje sezonsko;
- c) vzorčevanje rastlinstva, poljščin in sadja za določanje specifične aktivnosti C-14 je potekalo v letu 2015 dvakrat (julij in september) na 17 lokacijah v okolici NEK in v Dobovi; skupaj je bilo analiziranih 34 vzorcev. V Dobovi so bili v juliju vzorčevani in analizirani vzorca koruze in ječmena, v septembru pa vzorca koruze;
- č) specifične aktivnosti sevalcev gama so bile izmerjene z visokoločljivostno spektrometrijo gama, specifične aktivnosti Sr-90/Sr-89 pa z radiokemijsko metodo. Radiokemijska analiza Sr-89/Sr-90 se opravi na istih vzorcih kot visokoločljivostna spektrometrija gama.

## REZULTATI MERITEV

V letu 2015 smo pri evalvaciji merskih rezultatov upoštevali neposredne merske rezultate iz poročila *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2015, IJS-DP-12058*. Pri merskih rezultatih s spektrometrijo gama, opravljenimi na IJS, nismo navajali mej za odločitev, če je bila negotovost merskega rezultata večja od 80 % izmerjene vrednosti tako kot prejšnja leta. Ugotovili smo, da smo pri pretvarjanju tako poročenih merskih izidov nazaj v obliko, ki omogoča računanje doz, izgubljali del informacije oziroma so bile izračunane doze nekoliko podcenjene. Pri računanju doz bi lahko sledili tudi metodologiji uporabe najboljših ocen pri računanju doz, saj ta možnost daje zanesljivejše ocenjevanje doz, ker je razmerje doz, izračunane iz najboljših ocen, in doz, izračunane iz neposrednih rezultatov meritev, ter njegova negotovost odvisna od skladnosti merskih izidov (glej poglavje *Uporaba najboljših ocen pri računanju doz* [1]). Razmerje doz je vedno manjše ali enako ena, kar pomeni, da so doze, izračunane iz najboljših ocen, vedno manjše ali enake dozam, ki so izračunane iz neposrednih merskih rezultatov. Tej problematiki bomo v prihodnje namenili še dodatno pozornost, saj je treba tako naročnika kot tudi širšo javnost seznanjati z realnimi ocenami doz [43].

Pri evalvaciji podatkov, določenih s spektrometrijo gama, smo bili pozorni tudi na to, da smo razločevali med negotovostmi mesečnih povprečij (aritmetične srednje vrednosti) in stresanjem merskih vrednosti. Negotovost aritmetičnega povprečja smo ocenili z apriorno negotovostjo in jo pisali za znakom "±". Apriorna negotovost aritmetičnega povprečja upošteva negotovosti periodičnih merskih rezultatov. Negotovost aritmetičnega povprečja lahko ocenimo tudi s predpostavko, da so periodični merski rezultati porazdeljeni po normalni verjetnostni porazdelitvi. Standardno deviacijo takšne porazdelitve imenujemo stresanje. Če jo delimo s korenem števila meritev, pa pridemo do aposteriorne negotovosti aritmetičnega povprečja. Tako stresanje, kot tudi aposteriorno negotovost povprečja smo pisali za znakom ";". Če je bila aposteriorna negotovost povprečja večja od apriorne negotovosti povprečja, je stresanje podatkov znatno in najverjetneje vključuje sezonske variacije ali usmeritve, ki sledijo drugim pojavom v okolju. Obratno, če je bila apriorna negotovost povprečja večja od aposteriorne negotovosti povprečja, pa so negotovosti periodičnih merskih rezultatov precenjene. To se največkrat pojavi takrat, ko so opazovane vrednosti manjše od meje za odločitev oziroma meje detekcije. Če je merski rezultat pod mejo za odločitev, to lahko pomeni, da sevalec v spektru ni bil identificiran (izjema je Pb-210, kjer podajamo mejo detekcije) ali pa je bil signal najden, vendar je bil določen z veliko negotovostjo, kar pomeni, da znaten del verjetnostne porazdelitve, ki opisuje pravo vrednost, leži v območju negativnih vrednosti.

Pri radiokemijskih analizah (Sr-90 in H-3) smo mejo detekcije upoštevali kot negotovost enako kot v prejšnjih letih.



Definicije teh izrazov so v delovnem poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2015, IJS-DP-12058*. Ugotavljamo, da bo v prihodnje treba poenotiti poročanje merskih rezultatov vseh izvajalcev meritev.

Označba Sr-90/Sr-89 pomeni, da ni bila narejena analiza na Y-90. Ločitev za Y-90 se izvede samo v primerih, ko iz ponovitev meritev Sr-90/Sr-89 ugotovimo, da je izmerjena hitrost štetja res manjša od predhodno določene in je ta razlika hitrosti štetja posledica radioaktivnega razpada Sr-89. Poročane specifične aktivnosti Sr-89/Sr-90 se tako nanašajo le na koncentracije aktivnosti ali specifične aktivnosti Sr-90, saj kratkoživi Sr-89 ni prisoten v okolju od počernobilskega obdobja dalje. To potrjujejo tudi redna mesečna poročila o izpustih iz NEK, kjer Sr-89 ni bil zaznan.

## 1) Reka Sava

Povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti H-3 v letu 2015 v Brežicah ( $4,8 \pm 0,1$ ) kBq/m<sup>3</sup> je višja kot na referenčnem odvzemnem mestu Krško (pred papirnico) ( $0,57 \pm 0,08$ ) kBq/m<sup>3</sup>. Povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti H-3 v Brežicah je bilo v letu 2015 primerljivo s prejšnjimi leti ( $4,4$  kBq/m<sup>3</sup> v letu 2013,  $5,4$  kBq/m<sup>3</sup> v letu 2012,  $1,4$  kBq/m<sup>3</sup> v letu 2011), a je bilo višje kot v letu 2014 ( $0,88$  kBq/m<sup>3</sup>).

Najvišja mesečna koncentracija aktivnosti tritija v Savi v Brežicah je bila v marcu ( $20,8 \pm 0,8$ ) kBq/m<sup>3</sup>, medtem ko je bila v tem obdobju koncentracija aktivnosti na referenčnem odvzemu Krško ( $0,7 \pm 0,2$ ) kBq/m<sup>3</sup>. Najvišja izmerjena koncentracija aktivnosti v Brežicah v letu 2015 je bila tako 30-krat višja kot na referenčnem odvzemu. Podobna razmerja smo beležili pred letom 2014. Meritve tritija na lokacijah Brežice in Krško je opravil IJS.

V Jesenicah na Dolenjskem so meritve IRB prav tako pokazale povišane vrednosti z aritmetičnim povprečjem ( $1,9 \pm 0,6$ ) kBq/m<sup>3</sup> in z največjo vrednostjo ( $6,4 \pm 0,4$ ) kBq/m<sup>3</sup> prav tako v mesecu marcu, zaradi največjih izpuščenih aktivnosti H-3 v februarju in marcu.

Aritmetična sredina mesečnih koncentracij aktivnosti H-3 v letu 2015 je v Brežicah višja kot v Jesenicah na Dolenjskem za faktor 2,5, kar je lahko posledica dodatnega razredčenja vode reke Save zaradi pritokov Krke in Sotle, za katere predpostavljamo, da imata približno enako koncentracijo aktivnosti tritija kot Sava v Krškem oziroma druge reke v Sloveniji (pod 1 kBq/m<sup>3</sup>).

Koncentracija aktivnosti I-131 v rekah nima sezonskega nihanja, saj je povezana z izpusti, in ker ima I-131 zelo kratko razpolovno dobo (8 dni), ga je smiselno "loviti" z enkratnimi vzorčevanji. Koncentracije aktivnosti v Savi izrazito nihajo v enkratnih vzorcih in so večkrat tudi pod mejo detekcije. Realnejše ocene lahko temeljijo le na enkratnih odvzemih nefiltrirane vode (vzorčevanje na tri mesece) in ne na sestavljenih vzorcih, ki so bili zbrani v obdobju enega meseca ali v trimesečnem obdobju.

Povprečna četrletna koncentracija aktivnosti I-131 v enkratnih vzorcih na vzorčevalnih mestih je bila od ( $2,6 \pm 0,2$ ) Bq/m<sup>3</sup> do ( $4,5 \pm 0,3$ ) Bq/m<sup>3</sup> in je bila najvišja na odvzemnem mestu v Brežicah. Najvišja posamična vrednost ( $6,4 \pm 0,5$ ) Bq/m<sup>3</sup> je bila izmerjena v Jesenicah na Dolenjskem in se ni odmikala od najvišje posamične izmerjene vrednosti ( $5,9 \pm 0,7$ ) Bq/m<sup>3</sup> na referenčnem mestu v Krškem.

V okviru ločenega nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju v RS [14] joda (I-131) nismo zaznali v nobenem vzorcu rek Soče in Kolpe, enako kot v letih od 2008 do 2014. Enako kot v letu 2014, tudi v letu 2015 joda nismo detektirali niti v reki Krki. V vseh drugih rekah je bil I-131 določen vsaj enkrat v letu. Najvišja izmerjena koncentracija aktivnosti je bila ( $74 \pm 3$ ) Bq/m<sup>3</sup> v reki Savinji v januarju 2015. Najvišje letno povprečje 41 Bq/m<sup>3</sup> je bilo prav tako v vzorcih vode iz Savinje. V primerjavi s prejšnjimi leti so bile izmerjene koncentracije I-131 v rekah v okviru statističnega stresanja merskih izidov enake, če upoštevamo le tiste meritve, kjer je bil jod poročan nad mejo kvantifikacije. Izjemi sta povprečji joda v letu 2015 v rekah Muri in Savinji. V reki Muri je povprečje joda v letu 2015 nižje od večletnega povprečja, medtem ko je povprečje joda v letu 2015 v reki Savinji višje od večletnega povprečja (pa še to le zaradi januarskega vzorca).

Pri tem naj omenimo, da z vzorčevanjem in analizo joda v rekah Dravi in Muri nadziramo nivoje



I-131 zaradi izpustov iz avstrijskih bolnišnic, nikakor pa izpustov omenjenega radioizotopa iz mariborske bolnišnice UKC Maribor, ki je tretji največji uporabnik tega izotopa za medicinske namene v Sloveniji. Prav tako je treba omeniti še izpuste iz bolnic v Slovenj Gradcu in Izoli, kjer prav tako uporabljajo omenjeni izotop, podatkov o nadzoru izpustov omenjenega izotopa v reko Mislinjo oziroma slovensko morje pa ni.

V talnem sedimentu je I-131 zelo redko opažen, navadno v zelo nizkih koncentracijah. V tem letu jod ni bil zaznan v talnem sedimentu na nobeni lokaciji.

V vzorcih rib iz referenčnega odvzema (v Krškem nad jezom) in tudi v vzorcih iz nadzornih odvzemnih mest pod jezom NEK (meritve ZVD in IRB) ni bila zaznana prisotnost I-131, kar je enako kot v preteklih letih. Glede na koncentracije aktivnosti joda v enkratnih vzorcih nefiltrirane vode (okrog 5 Bq/m<sup>3</sup>) bi pričakovali, da je specifična aktivnost joda v ribah okrog 0,2 Bq/kg (upoštevajoč bioakumulacijski faktor  $B_r = 0,04 \text{ m}^3/\text{kg}$ ) [23], kar je pod mejo detekcije.

Cs-137 in Sr-90 sta v vzorcih vode, v filtrskih ostankih in sedimentih kot posledica splošne kontaminacije, prisotna pa sta tudi v tekočinskih izpustih iz NEK.

Mesečna povprečna koncentracija aktivnosti Cs-137 v suhem ostanku po izparevanju vzorca vode je bila na referenčnem mestu v Krškem 0,02 Bq/m<sup>3</sup>, kar je v okviru negotovosti povprečja podobno kot v Brežicah 0,05 Bq/m<sup>3</sup>.

Podobno kot pri suhem ostanku so bili rezultati meritev filtrskega ostanka pri vseh odvzemnih mestih praviloma pod mejo detekcije. Povprečna mesečna koncentracija aktivnosti Cs-137 0,15 Bq/m<sup>3</sup> v Brežicah je bila v okviru negotovosti povprečja enaka kot na referenčnem mestu Krško 0,17 Bq/m<sup>3</sup>. Nižje povprečne mesečne koncentracije aktivnosti ( $0,05 \pm 0,02$ ) Bq/m<sup>3</sup> smo izmerili tudi v Jesenicah na Dolenjskem.

Primerljivi so bili tudi rezultati meritev cezija v enkratnih vzorcih nefiltrirane vode (vodna sušina skupaj s filtrskim ostankom) na vseh odvzemnih mestih. Povprečne koncentracije aktivnosti cezija v drugih rekah po Sloveniji so podobne vrednostim, izmerjenim v reki Savi v okolici NEK. Najvišja povprečna koncentracija aktivnosti Cs-137 je bila izmerjena v reki Savinji ( $0,7 \pm 0,1$ ) Bq/m<sup>3</sup> [14]. Primerjava koncentracij aktivnosti z upoštevanjem merskih negotovosti kaže, da je vpliv NEK nemerljiv.

Aritmetična sredina specifične aktivnosti radioaktivnega cezija v talnih sedimentih v letu 2015, ki jih je določil IRB, je bila v Krškem (pod mostom) ( $6,2 \pm 0,6$ ) Bq/kg z največjo vrednostjo ( $6,9 \pm 1,0$ ) Bq/kg, pod jezom NEK ( $3,9 \pm 0,5$ ) Bq/kg z največjo vrednostjo ( $4,2 \pm 1,0$ ) Bq/kg, v Pesju ( $2,7 \pm 0,4$ ) Bq/kg z največjo vrednostjo ( $3,7 \pm 0,9$ ) Bq/kg, v Brežicah ( $1,6 \pm 0,3$ ) Bq/kg z največjo vrednostjo ( $2,9 \pm 0,7$ ) Bq/kg, v Jesenicah na Dolenjskem ( $0,9 \pm 0,2$ ) Bq/kg z največjo vrednostjo ( $1,2 \pm 0,4$ ) Bq/kg in v Podsusedu ( $0,6 \pm 2$ ) Bq/kg z največjo vrednostjo ( $1,1 \pm 0,4$ ) Bq/kg. Najvišja povprečna specifična aktivnost je bila izmerjena na referenčni lokaciji Krško. Rezultati meritev sedimentov, ki jih je izvedel ZVD, so primerljivi meritvam IRB.

Spektrometrične analize rib, ulovljenih na lokacijah, od katerih je referenčna v Krškem, druge pa nizvodno pod izpustom NEK, kažejo mesečne povprečne koncentracije aktivnosti Cs-137 od 0,02 Bq/kg do 0,1 Bq/kg (meritve ZVD).

Večina stroncija je raztopljena v sami vodi (100-krat več kot v filtrskem ostanku). V vodi (suhi ostanek po izparevanju vzorca vode) je stroncij v 10-krat višjih koncentracijah kot cezij.

Sr-90 se pojavlja v vodi na referenčnem mestu Krško v podobni letni povprečni koncentraciji aktivnosti ( $1,8 \pm 0,1$ ) Bq/m<sup>3</sup> kot v nadzornem mestu v Brežicah ( $2,4 \pm 0,1$ ) Bq/m<sup>3</sup> in v Jesenicah na Dolenjskem ( $2,2 \pm 0,1$ ) Bq/m<sup>3</sup>. V filtrskem ostanku je koncentracija aktivnosti Sr-90 navadno okrog 100-krat nižja kot v vodi in je nižja kot 0,1 Bq/m<sup>3</sup>. V filtrskem ostanku so koncentracije stroncija podobne kot pri ceziju.

Koncentracije aktivnosti Sr-90 v enkratnih vzorcih vode (nefiltrirani vzorci) so zelo podobne kot v kontinuirnih vzorcih filtrirane vode. Četrletna povprečja so od 1,9 Bq/m<sup>3</sup> do 2,6 Bq/m<sup>3</sup>. Najvišja posamična izmerjena vrednost je bila v Krškem ( $3,6 \pm 0,4$ ) Bq/m<sup>3</sup>.



Povprečne mesečne koncentracije aktivnosti stroncija v drugih rekah po Sloveniji so podobne, kot jih lahko izmerimo v Savi v okolici NEK. Povprečna koncentracija, izmerjena v Savi na lokaciji Laze pri Ljubljani, je bila  $(1,4 \pm 0,6)$  Bq/m<sup>3</sup> [14]. Primerjava meritev z upoštevanjem merskih negotovosti kaže, da je vpliv NEK nemerljiv.

Specifične aktivnosti stroncija v talnih sedimentih so tipično 10-krat nižje od specifičnih aktivnosti cezija. Povprečne aktivnosti, ki jih je izmeril ZVD, so bile  $(1,1 \pm 0,1)$  Bq/kg v Krškem,  $(0,1 \pm 0,1)$  Bq/kg v Brežicah in  $(0,6 \pm 0,1)$  Bq/kg v Jesenicah na Dolenjskem. Pri meritvah IRB je bil stroncij v talnih sedimentih merjen na lokaciji Podsused pri Zagrebu, kjer je bila povprečna specifična aktivnost pod 0,5 Bq/kg. Specifična aktivnost stroncija v talnem sedimentu je tako primerljiva z rezultati meritev iz predhodnih let.

Stroncij je bil izmerjen tudi v vseh vzorcih rib. V meritvah ZVD (cele ribe) se gibljejo povprečja po lokacijah od 0,3 Bq/kg do 1 Bq/kg, kar je v okviru stresa podobno kot v preteklih letih. Laboratorij IRB v ribah ni meril stroncija.

C-14 v savski vodi v letu 2015 ni bil merjen, temveč so bili merjeni le efluenti NEK. V letu 2013 je IRB v okviru dodatnih meritev [16] opravil meritve vsebnosti C-14 v reki neposredno med izpustom. Vsebnosti C-14 v enkratnih vzorcih vode so bile merljive v času izpusta tudi 600 m nizvodno od NEK ( $280,3 \pm 0,7$ ) pMC (delež modernega ogljika) ali 31,6 Bq/m<sup>3</sup> (upoštevamo: 100 pMC vode je 11,3 Bq/m<sup>3</sup>). V Savi vzvodno od NEK je bila izmerjena vsebnost C-14 v vodi 15,1 Bq/m<sup>3</sup>.

V letu 2015 C-14 v ribah ni bil merjen.

Drugi aktivacijski in fisijski produkti, ki so bili izmerjeni v emisijskih vzorcih izpustne vode, kot npr.: Mn-54, Co-58, Co-60, Ag-110m, Xe-133, v letu 2015 niso bili detektirani na nobeni lokaciji v okolju.

Naravni radionuklidi uranove (U-238, Ra-226 in Pb-210) in torijeve (Ra-228 in Th-228) razpadne vrste so bili redno zaznani v vseh vzorcih vode. V nefiltrirani vodi so bile na vseh odvzemnih mestih koncentracije aktivnosti U-238 do 5 Bq/m<sup>3</sup>. Koncentracije aktivnosti K-40 so nekoliko višje, in sicer okrog 30 Bq/m<sup>3</sup>. Največja izmerjena posamična koncentracija aktivnosti K-40 je bila v Krškem  $(47 \pm 5)$  Bq/m<sup>3</sup>. Predvsem za K-40 je značilno izrazito nihanje, ki je povezano predvsem z onesnaženostjo rek, v manjši meri pa tudi z geološko sestavo tal. Najvišja koncentracija aktivnosti K-40 je bila izmerjena v Savinji 510 Bq/m<sup>3</sup> [14]. Redno je bil v vodi izmerjen tudi kozmogeni radionuklid Be-7.

V sedimentih so bile na vseh odvzemnih mestih specifične aktivnosti U-238 in Ra-228 okrog 30 Bq/kg. Vsebnosti naravnih radionuklidov so primerljive z vrednostmi v drugih rekah po Sloveniji.

## 2) Vodovodi in črpališča

Podzemna voda, ki se črpa na brežiško-krškem polju, je lahko v stiku s savsko vodo, predvsem če vrtine niso globoke (Brege, Drnovo). Če vrtine niso globoke in če je zemljina prepustna, lahko voda pokaže tudi stik med padavinskim usedom in vodo iz črpališč. V tekočinskih izpustih iz NEK so prisotni različni umetni radionuklidi, pri čemer bi predvsem v vodi topni umetni radionuklidi lahko zašli tudi v podzemno vodo [33].

Poleg tritija, ki je tako naravnega kot umetnega izvora, je bil med radionuklidi, ki so umetnega izvora, v vodi iz črpališč in vrtin izmerjen le še Sr-90. V nekaterih vzorcih je bil zaznan tudi Cs-137, katerega vrednost je bila določena pod mejo kvantifikacije, kar pomeni, da so izmerjene vrednosti nizke in imajo zelo veliko mersko negotovost.

V letu 2015 je bila skupna količina tekočinskih izpustov H-3 iz NEK (16,3 TBq), kar je primerljivo s prejšnjimi leti z izjemo izpusta v letu 2014, ki je bil zelo majhen (1,7 TBq). Letni izpust H-3 v Savo je bil 36 % letne omejitve izpusta (45 TBq). Največji tekočinski izpust H-3 je bil v mesecu februarju (6,13 TBq) in samo nekaj manjši v mesecu marcu, tako da je bilo v teh dveh mesecih izpuščene  $\frac{3}{4}$  letne aktivnosti H-3 v tekočinskem izpustu.

Najvišja koncentracija aktivnosti je bila izmerjena meseca septembra v Bregah, in sicer je bila





koncentracija aktivnosti tritija ( $2\,165 \pm 246$ ) Bq/m<sup>3</sup>. Povprečna mesečna koncentracija aktivnosti tritija v vodi iz črpališča Brege je bila v letu 2015 ( $1\,828 \pm 57$ ) Bq/m<sup>3</sup> kar je primerljivo s prejšnjim letom in v okviru standardne deviacije ustreza povprečju zadnjih 19 let, ki je ( $1\,541; 323$ ) Bq/m<sup>3</sup>. V vodi na črpališču Drnovo je bila povprečna koncentracija tritija za prve štiri mesece ( $627 \pm 40$ ) Bq/m<sup>3</sup>, kar je znatno pod mejo predhodnega 18-letnega povprečja ( $1\,420; 354$ ) Bq/m<sup>3</sup>. Vzrok za to je, da je bilo črpališče Drnovo v postopku ustavljanja in je bila vzorčevana voda zelo verjetno že mešana z drugimi vodnimi viri. V vodovodu v Spodnjem Starem Gradu je bila izmerjena povprečna koncentracija aktivnosti tritija ( $1\,107 \pm 36$ ) Bq/m<sup>3</sup>, kar je v okviru standardne deviacije z 19-letnim povprečjem, ki je ( $1\,253; 368$ ) Bq/m<sup>3</sup>.

V krškem vodovodu (bencinski servis Petrol) je bila izračunana povprečna koncentracija aktivnosti tritija ( $0,78 \pm 0,08$ ) kBq/m<sup>3</sup>, na bencinskem servisu Petrol v Brežicah pa je bila vrednost pod mejo detekcije, ki je 0,1 kBq/m<sup>3</sup>.

Kot referenčno vrednost lahko vzamemo dolgoletno aritmetično povprečje koncentracije aktivnosti tritija v ljubljanskem vodovodu, 0,88 kBq/m<sup>3</sup>, ki se meri v okviru republiškega radiološkega nadzora pitne vode. V letu 2015 je bila izmerjena koncentracija aktivnosti H-3 v ljubljanskem vodovodu ( $0,87 \pm 0,08$ ) kBq/m<sup>3</sup>.

Četrletno povprečje koncentracije aktivnosti H-3 v vrtini E1 je bilo ( $1,9 \pm 0,1$ ) kBq/m<sup>3</sup>. Mesečno povprečje koncentracije aktivnosti H-3 v vodi iz vrtine VOP-4 je bilo ( $3,6 \pm 0,2$ ) kBq/m<sup>3</sup>. V vrtini E1 je bila izmerjena najvišja vrednost ( $2,3 \pm 0,2$ ) kBq/m<sup>3</sup> v prvi četrtini leta, v vrtini VOP-4 pa v aprilu ( $13,7 \pm 1,8$ ) kBq/m<sup>3</sup>. V nasprotju z letom 2014, ko vpliva izpustov tritija iz NEK ni bilo mogoče zaznati (nizki izpusti), pa v letu 2015 ugotavljamo, da izmerjene koncentracije aktivnosti H-3 v vrtinah VOP-4 in Medsave (Hrvaška) po mesecih posnemata izpuste tritija iz NEK po mesecih. Voda iz vrtin se ne uporablja niti kot pitna voda niti kot tehnološka voda.

Mesečno povprečje koncentracije aktivnosti stroncija Sr-90 v krških črpališčih in vodovodu je bilo pod 0,3 Bq/m<sup>3</sup>, v brežiškem vodovodnem sistemu pa pod 0,1 Bq/m<sup>3</sup>. Koncentracija aktivnosti Sr-90 v pitni vodi je bila najvišja v Spodnjem Starem Gradu, in sicer ( $1,4 \pm 0,4$ ) Bq/m<sup>3</sup> v mesecu januarju. Pretežno je bila koncentracija aktivnosti Sr-90 v vodi iz črpališč pod mejo detekcije. Izmerjena koncentracija aktivnosti Sr-90 v ljubljanskem vodovodu v 2015 je bila pod 0,3 Bq/m<sup>3</sup>, medtem ko je od leta 2002 do 2014 variirala od 0,4 Bq/m<sup>3</sup> do 1,5 Bq/m<sup>3</sup>.

V enkratno odvzetih četrletnih vzorcih je bila izmerjena koncentracija aktivnosti Sr-90 pod mejo detekcije v vodi, odvzeti na obeh bencinskih servisih v Krškem in Brežicah. Nekoliko višja vrednost četrletnega povprečja Sr-90 v primerjavi z vrednostmi v krških in brežiških črpališčih je bila izmerjena v vrtini E1 (znotraj ograje NEK) 0,3 Bq/m<sup>3</sup> ter vrtinah Medsave in Šibice na Hrvaškem, 2,6 Bq/m<sup>3</sup> in 3 Bq/m<sup>3</sup>. Nobena od teh vrednosti se bistveno ne odmika od podatkov iz prejšnjih let, kar kaže na to, da niso povezane z izpusti iz NEK, temveč gre za splošno kontaminacijo.

V mesečnih ali četrletnih vzorcih Cs-137 in I-131 na vseh vzorčevalnih mestih v Krškem in Brežicah ter tudi na Hrvaškem nista bila zaznana v pitni vodi ali pa sta bila pod mejo kvantifikacije.

Koncentracije aktivnosti naravnega izotopa K-40 so bile izmerjene na vseh vzorčevalnih mestih. Mesečne koncentracije aktivnosti K-40 v vseh črpališčih in obeh vodovodih so prikazane na sliki 2.5 v poglavju *Voda iz črpališč in vrtin*. Tu je razvidno, da je koncentracija aktivnosti K-40 povečana v vodi na črpališču Brege, kar nakazuje na zunanje vplive (gnojenje, večji vodostaj Save). Prav tako je bila v evalvaciji rezultatov meritev radioaktivnosti v pitni vodi [32] izdelana karta koncentracije aktivnosti K-40 v podzemni in pitni vodi po Sloveniji. Ugotovljeno je bilo, da je koncentracija aktivnosti K-40 malo višja na območju krškega vodonosnika in dosti bolj povečana v predelu severovzhodne Slovenije. Višjo koncentracijo aktivnosti K-40 si razlagamo z večjim vnosom kalija ob gnojenju kmetijskih površin nad območji vodonosnikov [34].

Za vsa vzorčevalna mesta krškega in brežiškega vodovoda velja, da so povprečja mesečnih koncentracij aktivnosti naravnega U-238 nizka, najvišje povprečje mesečnih vrednosti je bilo izmerjeno v vodi na črpališču Brežice, in sicer ( $3,4 \pm 0,1$ ) Bq/m<sup>3</sup>, in na črpališču Rore ( $3,4 \pm 1,0$ ) Bq/m<sup>3</sup>. Povprečne mesečne koncentracije aktivnosti Ra-226 se gibljejo od 0,9 Bq/m<sup>3</sup>



(vodovod Brežice) do  $2,0 \text{ Bq/m}^3$  (vodovod Spodnji Stari Grad). Koncentracija aktivnosti Pb-210 je bila od  $1,8 \text{ Bq/m}^3$  v vodi, načrpani na vodovodu Spodnji Stari Grad, do  $6,5 \text{ Bq/m}^3$  v vodi iz črpališča Brege. V Ljubljani je bila koncentracija aktivnosti Pb-210  $2,4 \text{ Bq/m}^3$ . Povprečna mesečna koncentracija aktivnosti Ra-228 v črpališču Brežice je bila  $0,4 \text{ Bq/m}^3$ , v Krškem pa  $1,0 \text{ Bq/m}^3$ . Povprečne mesečne koncentracije Th-228 se gibljejo med  $0,4 \text{ Bq/m}^3$  (Brežice) in  $1,5 \text{ Bq/m}^3$  (Rore). Be-7 je bil občasno detektiran v vseh črpališčih in vodovodih v Krškem in Brežicah. Povprečna mesečna koncentracija Be-7 je bila  $5,0 \text{ Bq/m}^3$  v Brežicah, v Krškem pa  $5,9 \text{ Bq/m}^3$ .

### 3) Padavinski in suhi usedi

Letna količina padavin v okolici NEK in Ljubljani je bila v letu 2015 primerljiva, saj je bila razlika med Bregami in Ljubljano samo okrog 6 %, kar je najmanj v zadnjih 20 letih. Na krškem območju je v letu 2015 padla povprečna količina padavin, nasprotno od Ljubljane, ki je prejela skoraj 20 % manj padavin od 20-letnega povprečja. Največ padavin je še vedno padlo v Ljubljani (1 106 mm). V Krškem, Bregah in Dobovi je padlo v povprečju 996 mm dežja. Razlika med količinami padavin v različnih krajih v okolici NEK je kvečjemu okrog 10 %, kar je nekoliko več od povprečja zadnjega desetletnega obdobja. Največ dežja je padlo v Bregah, najmanj v Krškem.

Koncentracija aktivnosti tritija v padavinah močno variira, in le koncentracije aktivnosti nad  $2 \text{ kBq/m}^3$  bi lahko pripisali izpustom iz NEK [37]. V letu 2015 je bila koncentracija aktivnosti tritija v padavinah višja od  $2 \text{ kBq/m}^3$  v Bregah 6-krat, v Krškem (Stara vas) pa 3-krat, enako kot v letu 2014. V Ljubljani so se izmerjene vrednosti gibale med najnižjo izmerjeno vrednostjo ( $0,5 \pm 0,05$ )  $\text{kBq/m}^3$  in ( $1,4 \pm 0,2$ )  $\text{kBq/m}^3$  s povprečno mesečno koncentracijo ( $0,97 \pm 0,05$ )  $\text{kBq/m}^3$ , v Bregah med ( $1,0 \pm 0,2$ )  $\text{kBq/m}^3$  in ( $4,3 \pm 0,4$ )  $\text{kBq/m}^3$  s povprečno mesečno koncentracijo ( $2,26 \pm 0,07$ )  $\text{kBq/m}^3$ , v Krškem med ( $0,9 \pm 0,2$ )  $\text{kBq/m}^3$  in ( $10 \pm 0,6$ )  $\text{kBq/m}^3$  s povprečno mesečno koncentracijo ( $2,28 \pm 0,08$ )  $\text{kBq/m}^3$  in Dobovi med ( $0,5 \pm 0,1$ )  $\text{kBq/m}^3$  in ( $3,4 \pm 0,4$ )  $\text{kBq/m}^3$  s povprečno mesečno koncentracijo ( $1,3 \pm 0,06$ )  $\text{kBq/m}^3$ . Povprečna mesečna koncentracija aktivnosti za leto 2015 je bila na vseh lokacijah v okviru stresanja podatkov primerljiva s prejšnjimi leti; najnižja v Ljubljani, najvišja pa v Bregah, kar je časovna usmeritev od leta 2005 naprej.

V letu 2015 je bil v NEK remont, tako da so bili zračni izpusti tritija višji kot v letu 2014, a primerljivi z leti od 2009 naprej. Najvišji izpusti tritija so bili v letu 2012.

Najvišji mesečni padavinski usedi H-3 so bili izmerjeni v Bregah, do  $450 \text{ Bq/m}^2$  v mesecu oktobru. Vrednosti in časovna poteka za Ljubljano in Dobovo sta primerljiva, nekoliko drugačen potek je za Krško in Brege, kjer se izrazita vrhova skladata z mesecema, ko je bilo največ padavin.

Povprečna aktivnost koncentracije Sr-90 za leto 2015 v Bregah je nekoliko višja, v Dobovi enaka, v Krškem pa nekoliko nižja od povprečja za 2014; najvišja koncentracija aktivnosti je bila ugotovljena v vzorcu iz Breg v marcu ( $3,3 \pm 0,7$ )  $\text{Bq/m}^3$ . Delež vzorcev, za katere so bile izmerjene vrednosti pod mejo detekcije, je bil v letu 2015 še večji kot v 2014 – takih rezultatov je okrog 80 %. Vse povprečne vrednosti za leto 2015 so za vse tri lokacije statistično enake, če uporabimo za merilo preskus zeta.

Podobna slika kot pri mesečnih koncentracijah, je tudi pri usedih stroncija. Od sedmih rezultatov nad mejo detekcije pozornost vzbujajo vrednosti v marcu, ko se stroncij pojavi na vseh treh lokacijah. Vrednosti celotnega mesečnega padavinskega useda Sr-90 na posameznih lokacijah se gibljejo med nič in  $0,12 \text{ Bq/m}^2$  (manj kot v letu 2014).

Najvišja koncentracija aktivnosti Cs-137 v padavinah v okolici NEK je bila ugotovljena za januarski vzorec v Bregah ( $0,10 \pm 0,02$ )  $\text{Bq/m}^3$ , medtem ko je bila v Ljubljani najvišja koncentracija aktivnosti Cs-137 v padavinah v novembru  $0,63 \text{ Bq/m}^3$ . Veliko merskih rezultatov ima veliko negotovost, kar pomeni, da so vrednosti pod mejo kvantifikacije.

Najvišje vrednosti padavinskega useda za Cs-137 so bile izmerjene v Ljubljani  $0,06 \text{ Bq/m}^2$  maja, v Bregah  $0,11 \text{ Bq/m}^2$  in v Dobovi  $0,09 \text{ Bq/m}^2$  januarja, pri zmerni količini padavin (resuspenzija prašnih delcev s tal), v Krškem  $0,05 \text{ Bq/m}^2$  pa oktobra, ko je bilo padavin več. V primerjavi z letom 2014 sta se tako povprečna koncentracija aktivnosti za leto 2015 kot letni padavinski used v Bregah nekoliko povečala, v Krškem in Ljubljani zmanjšala, v Dobovi pa ostala na enaki ravni. Najvišje vrednosti so bile izmerjene v Bregah, najnižje v Krškem.



#### 4) Zrak

Od umetnih radionuklidov sta bila v letu 2015 v aerosolih zaznana le Cs-137 in Sr-90, ki sta v okolju posledica splošne kontaminacije, medtem ko je prispevek NEK nemerljiv glede na modelne ocene [3]. Izmerjene povprečne koncentracije aktivnosti Cs-137 na posameznih merilnih mestih v okolici NEK so bile na ravni večletnega povprečja  $1,3 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ . Povprečje po vseh lokacijah v okolici NEK za leto 2015 je dvakrat nižje kot drugod po Sloveniji v letu 2015 in se ne odmika od večletnega povprečja po vseh lokacijah v okolici NEK. Večletno povprečje v Bregah je višje od drugih lokacij v okolici NEK, vendar še vedno primerljivo z vrednostmi v Ljubljani in drugod po Sloveniji. V letu 2015 je mesečno povprečje primerljivo z drugimi lokacijami v okolici NEK.

Meritve stroncija Sr-90 v okolju se izvajajo le v Dobovi in še to na trimesečnih sestavljenih vzorcih. Povprečna koncentracija aktivnosti v letu je bila  $0,3 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ , pri čemer je bila pri treh meritvah pod mejo detekcije. Večletno povprečje koncentracije aktivnosti za Sr-90 je  $0,7 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ .

Kljub najvišji letni izpušeni aktivnosti I-131 v zadnjih desetih letih,  $0,2 \text{ GBq}$ , ta kratkoživi radionuklid v letu 2015 ni bil detektiran na nobenem od sedmih merilnih mest v okolici NEK, kjer so postavljene kombinirane črpalke, in v Ljubljani.

Meritve naravnih radionuklidov v aerosolih v vzorcih iz okolice NEK kažejo prisotnost radionuklidov, ki jih izmerimo v okviru nadzornih meritev tudi na drugih mestih v Sloveniji. Pri tem velja, da se vrednosti Be-7 in Pb-210 dobro ujemajo na vseh merilnih mestih v okolici NEK in Ljubljani, ki je kontrolna lokacija, ter delno tudi z drugimi lokacijami po Sloveniji. Pri drugih naravnih radionuklidih (izotopi uranove in torijeve razpadne verige ter K-40) so razlike med posameznimi merilnimi mesti v okolici NEK nekaj večje, a še vedno v okviru merilnih negotovosti in pričakovanih odmikov, kar je posledica večje resuspenzije na obdelovanih kmetijskih površinah.

#### 5) Zunanja izpostavljenost sevanju

##### Zunanje sevanje

Letni okoljski dozni ekvivalent  $H^*(10)$  v okolici NEK, ki je bil izmerjen s TL-dozimetri, se giblje med  $0,67 \text{ mSv}$  in  $1,07 \text{ mSv}$ , pri čemer je bila povprečna vrednost  $(0,83 \pm 0,1) \text{ mSv}$  na leto. Na ograji NEK so bile izmerjene vrednosti med  $0,52 \text{ mSv}$  in  $0,64 \text{ mSv}$  na leto in povprečna vrednost  $(0,600 \pm 0,035) \text{ mSv}$  na leto. Meritve s TL-dozimetri po Sloveniji so dale povprečno vrednost okoljskega doznega ekvivalenta  $(0,90 \pm 0,15) \text{ mSv}$  na leto. Letni dozni ekvivalent zaradi zunanjega sevanja v zadnjem desetletju v okolici NEK v povprečju statistično fluktuirata za  $\pm 10 \%$  v okviru merske negotovosti. Dozimetri na Hrvaškem so v okviru negotovosti posameznih meritev in povprečja dali enako povprečno vrednost kot dozimetri v okolici NEK  $(0,75 \pm 0,10) \text{ mSv}$ .

Meritev  $H^*(10)$  s 14 kontinuirnimi merilniki MFM-203 v okolici NEK je v letu 2015 dala povprečno vrednost  $(0,81 \pm 0,16) \text{ mSv}$  na leto (v razponu od  $0,57 \text{ mSv}$  do  $1,1 \text{ mSv}$ ), kar je  $2 \%$  pod vrednostjo, dobljeno s TL-dozimetri, kar je v okviru stresanja merskih vrednosti isto.

Povprečni letni dozni ekvivalent pri 43 kontinuirnih merilnikih v Sloveniji, ki so pod nadzorom URSJV (mreža MZO in mreža URSJV), je bil v letu 2015  $(0,83 \pm 0,13) \text{ mSv}$  v razponu od  $0,57 \text{ mSv}$  do  $1,14 \text{ mSv}$ . Povprečni letni okoljski dozni ekvivalent, izmerjen s 44 MFM, je za  $7 \%$  nižji od tistega, ki ga kažejo meritve s TLD na območju Slovenije (v okviru stresanja merskih vrednosti je to isto). Iz primerjave letnih okoljskih doznih ekvivalentov v tabelah T-56/c in T-56/d, izmerjenih z MFM, z letnimi okoljskimi doznimi ekvivalenti, izmerjenimi s TLD po Sloveniji [14], lahko ugotovimo, da razlike vrednosti nihajo tudi za  $20 \%$  in več, čeprav so lokacije MFM in TLD bližnje.

V mreži 17 MFM, ki jo vzdržuje URSJV (mreža MZO, podskupina ARSO), pa je bil v letu 2015 povprečni letni okoljski dozni ekvivalent  $(0,97 \pm 0,17) \text{ mSv}$  v razponu od  $0,69 \text{ mSv}$  do  $1,3 \text{ mSv}$ . Ta dozni ekvivalent je večji za  $8 \%$  od povprečnega letnega doznega ekvivalenta, izmerjenega s TLD v Sloveniji (v okviru stresanja merskih vrednosti je to isto).



## Zemlja

Meritve vzorcev zemlje so pokazale le prisotnost globalne kontaminacije, izotopov Cs-137 in Sr-90.

Specifične aktivnosti Sr-90 v letu 2015 so v razponu od 0,12 Bq/kg v Kusovi Vrbini v globini 10–15 cm do 0,93 Bq/kg v globini 10–15 cm v Ameriki. Specifične aktivnosti Sr-90 v globinah 5–10 cm, 10–15 cm in 15–30 cm v Gmajnicah in Ameriki so v okviru stresanja podatkov enake (enakomerna porazdelitev), različne pa so specifične aktivnosti Sr-90 v vrhnji plasti v globini do 5 cm. Vzrok za nekoliko nižje specifične aktivnosti v Kusovi Vrbini je lahko prisotnost močnejšega izpiranja zemljine z vodo, saj področje leži na poplavnem območju.

Specifične aktivnosti Cs-137 v zemlji so od 1,2 Bq/kg v globini 5–10 cm v Kusovi Vrbini do 69 Bq/kg v globini 5–10 cm v neobdelani zemlji v Gmajnicah. Primerjave med različnimi lokacijami (in celo na isti lokaciji: Gmajnice in Kusova Vrbina) pokažejo bistveno večje stresanje izmerjenih specifičnih aktivnosti Cs-137 kot Sr-90, kar bi se lahko pojasnilo z drugačno prehodnostjo Cs-137 skozi zemljino. Skladno s pričakovanji je na poplavnem območju Kusove Vrbine specifična aktivnost Cs-137 najmanjša. Specifične aktivnosti Cs-137 v Gmajnicah in Ameriki v globini nad 10 cm so v okviru stresanja podatkov enake, medtem ko so specifične aktivnosti Cs-137 v globinah do 10 cm v Gmajnicah dvakrat višje kot v Ameriki.

V okviru nadzora radioaktivnosti v okolju v Republiki Sloveniji se meri used do globine 15 cm v Ljubljani, Kobaridu in Murski Soboti. V letu 2015 so bili na teh lokacijah izmerjeni povprečni četrtletni usedi Cs-137 ( $8,4 \pm 0,5$ ) kBq/m<sup>2</sup>, ( $7,1 \pm 0,1$ ) kBq/m<sup>2</sup> in ( $2,8 \pm 0,04$ ) kBq/m<sup>2</sup>. Te vrednosti so primerljive z vrednostmi, ki so bile izmerjene do globine 15 cm v Gmajnicah, Kusovi Vrbini in Ameriki, kjer so bili izmerjeni usedi ( $5,6 \pm 0,4$ ) kBq/m<sup>2</sup>, ( $0,31 \pm 0,02$ ) kBq/m<sup>2</sup> in ( $4,3 \pm 0,2$ ) kBq/m<sup>2</sup>. To kaže, da izmerjeni used Cs-137 v okolici NEK ni posledica izpustov NEK.

Usedi Sr-90 na lokacijah v okolici NEK so v okviru stresanja izmerkov primerljivi z usedi na lokacijah iz nadzora radioaktivnosti v Republiki Sloveniji. Usedi na lokacijah iz nadzora radioaktivnosti v Republiki Sloveniji so ( $0,17 \pm 0,01$ ) kBq/m<sup>2</sup>, ( $0,25 \pm 0,01$ ) kBq/m<sup>2</sup> in ( $0,12 \pm 0,01$ ) kBq/m<sup>2</sup>, na lokacijah v okolici NEK pa ( $0,084 \pm 0,003$ ) kBq/m<sup>2</sup>, ( $0,032$ ;  $0,014$ ) kBq/m<sup>2</sup> in ( $0,10 \pm 0,01$ ) kBq/m<sup>2</sup>.

Naravni radionuklidi, potomci uranove in torijeve razpadne verige, ter K-40 so v zemlji porazdeljeni enakomerno, razen Pb-210, ki se useda iz zraka kot potomec Rn-222. Potomca iz torijevega razpadnega niza Ra-228 in Th-228 sta v ravnovesju v vseh globinah in na vseh lokacijah. U-238 in Ra-226 nista v ravnovesju, ker je uran v vodi topnejši od radija in se zato bolj izpira. Rezultati meritev kažejo, da so koncentracije potomcev uranove in radijeve razpadne vrste ter K-40 na lokacijah, ki so izpostavljene rednim poplavam, nižje.

Rezultati meritev specifičnih aktivnosti naravnih radionuklidov v zemlji (K-40, U-238, Ra-226, Ra-228, Th-228) se ujemajo s povprečnimi specifičnimi aktivnostmi, ki jih za države južne Evrope navaja UNSCEAR [49]. Meritve tudi niso pokazale odvisnosti specifičnih aktivnosti radionuklidov od globine, razen za Pb-210 (višja specifična aktivnost na površini je posledica spiranja iz atmosfere). Podobno kot za Pb-210 velja za Be-7.

## 6) Hrana

Cs-137 in Sr-90 sta bila edina umetna radionuklida, ki sta bila izmerjena v vzorcih hrane v letu 2015. Izotop Cs-137 je bil v letu 2015 tako v okolici NEK kot drugod po Sloveniji detektiran v vseh skupinah vzorčevanih živil, ne pa tudi v vseh vzorcih. Specifična aktivnost Cs-137 v živilih v okolici NEK je bila od 0 Bq/kg do 0,2 Bq/kg in je primerljiva s specifično aktivnostjo Cs-137 v živilih, vzorčevanih drugod po Sloveniji, in je bila od 0,01 Bq/kg do 0,5 Bq/kg. V letu 2015 so bile drugod po Sloveniji vzorčevane tudi gozdne borovnice, nabrane na Pohorju, in gobe cigančki, ki so bile nabrane v Preddvoru. Specifična aktivnost Cs-137 v borovnicah je ( $15,1 \pm 0,4$ ) Bq/kg, v cigančkih pa kar ( $338 \pm 9$ ) Bq/kg. Prav tako je bila značilno višja specifična aktivnost Cs-137, izmerjena v mesu divje svinje iz Tržiča ( $39,9 \pm 1,1$ ) Bq/kg.



Glede na specifično aktivnost Cs-137 v hrani lahko hrano razdelimo v tri skupine, in sicer: največjo vsebnost Cs-137 najdemo v mesu in podzemni zelenjavi, sledijo žito, listna zelenjava, mleko in plodovke ter sadje in vino. V okolici NEK je največ Cs-137 v žitu, drugod po Sloveniji pa v mesu in podzemni zelenjavi. V posameznih živilih v okolici NEK je bila najvišja specifična aktivnost Cs-137 izmerjena v črni redkvi ( $0,2 \pm 0,01$ ) Bq/kg, medtem ko je bila specifična aktivnost Cs-137 v jabolkih in hruškah, vzorčevanih v sadovnjaku v neposredni bližini NEK  $< 0,1$  Bq/kg. V hrani, vzorčevani drugod po Sloveniji, je bila največja specifična aktivnost Cs-137 izmerjena v govejem mesu iz Tolmina, ( $0,50 \pm 0,02$ ) Bq/kg, in če izvzamemo divjačino, še v borovnicah in gobah (cigančki).

Radionuklid Sr-90 je bil v okolici NEK v letu 2015 detektiran v vseh skupinah živil. Specifična aktivnost Sr-90 v živilih v okolici NEK je bila od 0 Bq/kg do 0,38 Bq/kg, specifična aktivnost Sr-90 v živilih, vzorčevanih drugod po Sloveniji, pa od 0 Bq/kg do 2,35 Bq/kg. Živila se na osnovi vsebnosti Sr-90 zberejo v štiri skupine. V okolici NEK v skupino živil z večjo vsebnostjo Sr-90 spada hrana rastlinskega izvora, kot je žito. Pri vzorčenju drugod po Sloveniji pa se loči skupina meso in jajca. V okolici NEK so bile najvišje vrednosti detektirane v ječmenu ( $0,38 \pm 0,04$ ) Bq/kg, drugod po Sloveniji pa v piščančjem mesu ( $2,35 \pm 0,19$ ) Bq/kg s Ptuja.

Iz grafov, predstavljenih v poglavju *Radionuklidi v hrani*, lahko ugotovimo, da se vsebnosti obeh radionuklidov v vseh hranilih, ki se vzorčujejo na krško-brežiškem polju, še naprej manjšata. Manjšanje vsebnosti Cs-137 je, glede na rezultate meritev aktivnosti v hrani po Sloveniji (ZVD) v 2015 in pa na podatke iz diplomskega dela [68], manj izrazito v gozdnih ekosistemih. V letu 2015 namreč še vedno ugotavljamo značilno povišane vsebnosti Cs-137 v divjačini, gozdnih borovnicah in gobah cigančkih v primerjavi z vsebnostmi Cs-137 v živilih, vzorčenih v agrikulturnih ekosistemih.

Med naravnimi radionuklidi v hrani, kamor ti pridejo po različnih prenosnih poteh iz zemlje, umetnih gnojil in zraka, je najbolj zastopan K-40, prisotni pa so tudi radionuklidi iz razpadnih vrst U-238 in Th-232. Specifična aktivnost K-40 je bila v letu 2015 v hrani, ki je bila pridelana na krško-brežiškem polju, od 29 Bq/kg do 427 Bq/kg, v hrani, vzorčevani drugod po Sloveniji, pa so se specifične aktivnosti K-40 gibale od 22 Bq/kg do 160 Bq/kg. V skupino z večjo specifično aktivnostjo K-40 spadajo listna zelenjava in žita, med živila z manjšo aktivnostjo K-40 pa mleko, sadje in vino. Največ K-40 v letu 2015 je bilo v živilih, vzorčevanih v okolici NEK, v žitu in listni zelenjavi, v hrani, vzorčevani drugod po Sloveniji, pa v podzemni zelenjavi. V posameznih živilih v okolici NEK je bila najvišja specifična aktivnost K-40 izmerjena v fižolu ( $427 \pm 13$ ) Bq/kg, v hrani, vzorčevani po Sloveniji, pa v jagodah ( $160 \pm 9$ ) Bq/kg.

Specifična aktivnost U-238 je bila v živilih, vzorčevanih v okolici NEK, od 0 Bq/kg do 0,5 Bq/kg, drugod po Sloveniji pa od 0 Bq/kg do 6,1 Bq/kg. Specifična aktivnost Ra-226 je bila v živilih, vzorčevanih v okolici NEK, od 0 Bq/kg do 0,51 Bq/kg, drugod po Sloveniji pa od 0,02 Bq/kg do 1,3 Bq/kg. Specifična aktivnost Ra-228 je bila v živilih, vzorčevanih v okolici NEK, od 0 Bq/kg do 0,56 Bq/kg, drugod po Sloveniji pa od 0,02 Bq/kg do 0,6 Bq/kg. Specifična aktivnost Th-228 je bila v živilih, vzorčevanih v okolici NEK, od 0 Bq/kg do 0,37 Bq/kg, drugod po Sloveniji pa od 0,01 Bq/kg do 0,38 Bq/kg. Povprečne specifične aktivnosti naravnih radionuklidov v živilih, vzorčevanih v okolici NEK, so primerljive s tistimi drugod po Sloveniji. V splošnem največ omenjenih radionuklidov vsebujejo žita, najmanj pa vino in mleko.

Med naravne radionuklide v hrani spada tudi C-14, hkrati pa je C-14 merljiv tudi v izpušnih NEK. C-14 se v hrano rastlinskega izvora asimilira predvsem kot CO<sub>2</sub> v procesu fotosinteze. Specifična aktivnost C-14 je bila v okolici NEK v letu 2015 izmerjena v jabolkih, ječmenu, koruzi, pšenici, repici in travi, in sicer v juliju in septembru. Povprečne vsebnosti C-14 v živilih, vzorčevanih v okolici NEK, so bile največje v notranjem krogu ( $245; 4$ ) Bq na kilogram ogljika, sledi zunanji krog ( $238; 2$ ) Bq na kilogram ogljika, na kontrolni točki v Dobovi pa so živila vsebovala ( $229; 2$ ) Bq na kilogram ogljika. Vzorčevalna mesta so prikazana v poročilu IRB-ZEF-2016/2 [20]. V notranjem krogu (ograja NEK) je od osi reaktorja najbolj oddaljena točka R (500 m), medtem ko je zunanjem krogu najbolj oddaljena točka H (800 m).





## DISKUSIJA

### Umetni radionuklidi (H-3, Cs-137, Sr-90)

Po podatkih NEK so bili največji tekočinski izpusti H-3 opravljeni v mesecu februarju (6,1 TBq) in marcu (5,6 TBq), kar je red velikosti več kot največji mesečni izpust v letu 2014 in primerljivo z največjim mesečnim izpustom v letu 2013 (v septembru 4,4 TBq). Skupni letni izpust 16,3 TBq je bil približno 9-krat večji kot v letu 2014 (1,73 TBq) in primerljiv s dolgoletnim povprečjem (dolgoletno povprečje od 1999 do 2015 je 12 TBq). V času največjih izpustov v mesecu februarju in marcu sta bili opazno povišani koncentraciji aktivnosti v Savi v Brežicah (20,8 kBq/m<sup>3</sup>, slika 1.3) in Jesenicah na Dolenjskem (6,4 kBq/m<sup>3</sup>). Nižje izmerjene koncentracije v Jesenicah na Dolenjskem so običajne in so posledica redčenja zaradi dotokov Krke in Sotle.

Iz razlike med povprečnima mesečnima koncentracijama aktivnosti tritija v Brežicah in v Krškem smo dobili izmerjen prirastek koncentracije aktivnosti v Brežicah (4,25 ± 0,13) kBq/m<sup>3</sup>, kar je primerljivo z leti 2013 in 2012. Izračunan prirastek koncentracije aktivnosti tritija na mestu popolnega mešanja je bil 3,3 kBq/m<sup>3</sup>. Tako je bilo v letu 2015 razredčitveno razmerje *DR* v Brežicah ocenjeno na 1,3. Dolgoletno povprečno razredčitveno razmerje *DR* (od 2002 do 2015) na vzorčevalni lokaciji ob levem bregu Save v Brežicah je (1,5 ± 0,5).

Značilna koncentracija aktivnosti tritija v okolju po Sloveniji je pod 1 kBq/m<sup>3</sup>. Podobne koncentracije tritija je zaznati tudi v pitni vodi iz krškega in brežiškega vodnooskrbnega sistema. Najvišja koncentracija aktivnosti je bila izmerjena septembra v Bregah (2,2 ± 0,3) kBq/m<sup>3</sup>, vendar se povprečna mesečna koncentracija aktivnosti H-3 na vseh črpališčih in v vodovodih ne odmika od dolgoletnega povprečja. Ugotavljamo, da usmeritev padavinskega useda tritija v Bregah sledi usmeritvi koncentracije aktivnosti tritija v črpališču Brege. Usmeritev v Bregah lahko nakazuje, da povišanje koncentracije aktivnosti tritija v letu 2015 iz črpališča Brege ne moremo pripisati tekočinskim izpustom tritija iz NEK, temveč ugotavljamo, da je treba upoštevati morebitni vpliv padavin na podtalnico. Direktne povezave med zračnimi izpusti in koncentracijo tritija ne moremo tako enostavno zaznati in bi bile potrebne bolj natančne študije z upoštevanjem časovnih zamikov zaradi različnih transportnih poti (gibanja zračnih mas, difuzija padavinskega useda do vodonosnikov, mešanje v vodonosnikih itd.). Celotna slika o morebitnem vplivu izpustov iz NEK na pitno vodo iz črpališča Brege še zdaleč ni preprosta in enostavna. Prispevek H-3 k letoletni efektivni dozi zaradi pitja vode je zanemarljivo majhen.

Medtem ko povprečne mesečne koncentracije aktivnosti tritija v četrtletnih vzorcih iz vodovodov v Krškem in Brežicah ter enkratnega vzorca v Ljubljani sledijo že omenjenim usmeritvam, pa povprečna mesečna koncentracija aktivnosti tritija v vrtinah lahko niha sorazmerno z izpuščeno aktivnostjo v tekočih izpustih. Pri obravnavi korelacije med izpusti H-3 iz NEK in rezultati meritev je treba upoštevati, da so podani izpusti za ves mesec, vzorčevanje vode v črpališčih pa poteka od sredine enega meseca do sredine naslednjega meseca, vzorčevanje v vrtini VOP-4 (enkratni vzorec) pa se opravi v začetku meseca. Pričakovano bi bilo, da bodo odzivi posledično vidni s časovnim zamikom med emisijo in pojavom H-3 v črpališčih in vrtinah VOP-4, Medsave in Šibice. V letu 2015 je bilo, podobno kot v prejšnjih letih, mogoče najti vpliv izpustov H-3 iz NEK na vrtinah VOP-4 in Medsave (R Hrvaška).

Kratkoživi radioaktivni jod I-131 je občasno v tekočinskih efluentih NEK. V tem letu so bili izpusti I-131 2,2 MBq. Zaradi majhnih izpustov iz NEK in rezultatov meritev v okolju lahko ugotovimo, da so posledice izpustov I-131 iz NEK v okolje nemerljive. Povišane koncentracije aktivnosti joda je bilo mogoče izmeriti takoj po črnobilski nesreči. V nekaterih rekah v Sloveniji ga je mogoče najti zaradi aplikacije tega izotopa v medicini. V vodi iz črpališč, vodovodnega sistema in vrtin I-131 ni bilo zaznati.

Radioaktivni cezij Cs-137 je povsod v okolju in je posledica splošne in regionalne kontaminacije (jedrski poskusi in nesreča v Černobilu). Cezij izmerimo tudi v tekočinskih efluentih NEK. Letni izpust Cs-137 je bil 1,1 MBq, kar je več kot v letu 2014 (0,4 MBq) in manj kot leta 2013 (2,4 MBq). Cezij se slabo veže na grobo suspendirano snov (le nekaj odstotkov). Če bi prišlo do večjega izpusta NEK, bi to najprej zaznali v povečani koncentraciji aktivnosti v vodi (suhi ostanek po izparevanju vzorca vode) in le manjši delež bi zaznali v filtrskem ostanku (v grobi suspendirani snovi). Če upoštevamo letne izpuste, povprečni pretok Save in privzamemo razredčitveno razmerje na levem bregu v Brežicah, lahko ocenimo prirastek koncentracije aktivnosti Cs-137 v Brežicah na 4E-04 Bq/m<sup>3</sup>. Ocenjena koncentracija aktivnosti cezija je



pod mejo kvantifikacije in ga za to ni mogoče ločiti od splošne kontaminacije. Cezij se je v večini vzorcev vode pojavljal v zelo nizkih koncentracijah aktivnosti, blizu meje kvantifikacije, kar onemogoča ovrednotenje dolgoročnih teženj. Iz merskih rezultatov vzorcev vode, kjer je bil Cs-137 detektiran, lahko povzamemo le, da je povprečna mesečna koncentracija aktivnosti v okviru merske negotovosti na vseh odvzemnih mestih primerljiva in da je vpliv NEK na okolico in ljudi nemerljiv.

Specifične aktivnosti cezija v sedimentih kažejo najvišje vrednosti v Krškem. Specifična aktivnost cezija v sedimentu se v glavnem na vseh lokacijah z leti sistematično zmanjšuje. To je povezano z razpadom cezija, ki izvira iz splošne kontaminacije, ter istočasno z izpiranjem talnega sedimenta. Specifične aktivnosti umetnih radionuklidov so sicer v sedimentih zaradi izpiranja bistveno nižje kot v vrhni plasti zemlje (navadna specifična aktivnost cezija v zemlji je namreč nekaj deset bekerelov na kilogram). Zadnjih pet let je sicer opazno rahlo naraščanje koncentracije aktivnosti cezija na lokacijah Krško pred papirnico in pod jezom NEK. Ker narašča koncentracija aktivnosti tudi na referenčni lokaciji v Krškem, lahko sklenemo, da gre za naravne procese, ki niso povezani z izpusti NEK. Zaradi razmeroma velikih vzorčevalnih in merskih negotovosti lahko ugotovimo, da vpliva NEK v sedimentu ni mogoče ovrednotiti.

Specifična aktivnost cezija v ribah je v okviru stresanja na vseh odvzemnih mestih podobna,  $< 0,1$  Bq/kg. Glede na koncentracije aktivnosti cezija v vzorcih nefiltrirane vode (okrog  $0,1$  Bq/m<sup>3</sup>) bi pričakovali, da je specifična aktivnost cezija v ribah okrog  $0,2$  Bq/kg (upoštevajoč bioakumulacijski faktor  $2,0$  m<sup>3</sup>/kg). Podobno kot pri sedimentu ugotovimo, da je specifična aktivnost cezija v ribah kot posledica vpliva NEK nemerljiva.

Stroncij (Sr-90) je redno v tekočinskih izpustih NEK ( $0,08$  MBq v letu 2015), vendar so aktivnosti izpustov nekajkrat nižje od aktivnosti izpustov cezija. Kot je razvidno iz meritev, je večina stroncija v sami vodi (vodni sušini). Srednje vrednosti specifičnih aktivnosti Sr-90 so bile od  $0,2$  do  $0,3$  Bq/kg v letu 2015. Koncentracije aktivnosti Sr-90 so v okviru stresanja podobne rezultatom iz zadnjih nekaj let. Opazna je težnja padanja, ki je povezana z razpolovno dobo stroncija (28,8 let).

Ugotavljamo tudi, da je specifična aktivnost stroncija v ribah (vodni bioti), ki bi lahko bila posledica vpliva NEK, prav tako nemerljiva, saj v okviru stresanja ni razlik med posameznimi lokacijami. Ločeno merjenje kosti in mišic rib se ne izvaja od leta 2005, zato primerjava med specifičnimi aktivnostmi stroncija v vzorcih mišic in kosti rib ni mogoča. Stroncij se namreč v glavnem zadržuje v kosteh, kjer so navadno specifične aktivnosti dva velikostna reda višje kot v mišicah. Glede na koncentracije aktivnosti stroncija v vzorcih nefiltrirane vode (okrog  $3$  Bq/m<sup>3</sup>) bi pričakovali, da je specifična aktivnost stroncija v ribah okrog  $0,2$  Bq/kg (upoštevajoč bioakumulacijski faktor  $0,06$  m<sup>3</sup>/kg). Izmerjene povprečne specifične aktivnosti od  $0,2$  Bq/kg do  $0,3$  Bq/kg v letu 2015 se dobro ujemajo z oceno.

Drugi fisijski in aktivacijski produkti (Co-58, Co-60, Ag-110m, Cs-134) se navadno redno pojavljajo v tekočinskih izpustih NEK. Njihova skupna izpuščena aktivnost v letu 2015 je bila vsaj pet velikostnih redov nižja kot pri tritiju. Zanimivo je, da Cs-134 tudi v letu 2015 ni bil izmerjen v tekočinskih izpustih. V zadnjih nekaj letih ni bil noben izotop zaznan v okolju. Nazadnje je bil Co-60 detektiran v okolju v letih 2003 in 2006.

Tritij (T) se v zračnih izpustih pojavlja v obliki molekul HTO, HT in CHT. V letu 2015 je bil v NEK remont, tako da so bili zračni izpusti tritija pričakovano višji kot v letu 2014, ko so bili zračni izpusti H-3 nizki, na ravni tistih iz let 2005–2007. Zračni izpusti tritija so bili v letu 2015 primerljivi z leti od 2009 naprej. Najvišji izpusti tritija so bili v letu 2012.

Precejšnja sezonska variabilnost tritija zaradi njegovega nastajanja v zgornjih plasteh atmosfere se izraža tudi v vrednostih za tritij v padavinah. Težnja padanja koncentracij aktivnosti H-3 se nadaljuje, kar se lepo vidi predvsem na referenčni lokaciji v Ljubljani in Dobovi. Zmanjševanje koncentracij aktivnosti tritija v ozračju je posledica razpada antropogenega tritija iz obdobja nadzemnih jedrskih poskusov in njegovega odlaganja v oceane in površinske vode. Vrednosti in usmeritev so primerljive z rezultati za Dunaj in druga bližnja mesta [45]. Vrednosti za Brege so višje od krških, te pa so še vedno znatno višje od ljubljanskih, kar kaže na neizogiben vpliv NEK na koncentracije aktivnosti tritija v neposredni bližini elektrarne.

Sezonska nihanja koncentracije aktivnosti tritija v padavinah, izračunana za Ljubljano in za tri lokacije v



okolici NEK, lahko ovrednotimo s smernimi koeficienti korelacij in korelacijskim koeficientom med količino padavin in mesečnimi usedi. Precejšnje razlike med smernimi koeficienti za zimo in poletje potrjujejo različna obnašanja oziroma mehanizme za nastanek in transport tritija iz ozračja na Zemljo v obliki padavin. Čim večji je smerni koeficient, tem več tritija iz ozračja preide v padavine in s tem v padavinski used. Poleti so ti koeficienti višji kot pozimi, kar pomeni, da je prenos tritija iz ozračja v padavinske usede učinkovitejši poleti kot pozimi. Smerni koeficienti so večji za vzorčevalna mesta, kjer tudi sicer govorimo o večjem vplivu NEK. Pearsonov korelacijski koeficient kaže na to, da so tovrstne korelacije v Bregah in Krškem boljše kot v Ljubljani in pozimi v Dobovi.

Medtem ko je tritij praktično edini radionuklid, ki ga v naravi v okolici NEK lahko deloma pripišemo izpustom jedrske elektrarne, obenem pa na splošni ravni (še) nimamo (ponovnih) stabilnih naravnih vrednosti, je stanje pri drugih umetnih radionuklidih nekoliko drugačno. V splošnem lahko rečemo, da je stanje v Ljubljani in v okolici NEK precej podobno, razmerja med radionuklidi so praktično enaka, kar pomeni, da izmerjenih radionuklidov v splošnem ne moremo pripisati jedrski elektrarni.

Izračunano večletno aritmetično povprečje koncentracije aktivnosti Cs-137 za vse lokacije v okolici NEK je  $1,3 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ . Modelni izračun pokaže, da so iz zračnih izpustov iz NEK izračunane povprečne koncentracije aktivnosti Cs-137 v aerosolnih filtrih tudi v primeru najvišje izračunane mesečne koncentracije aktivnosti dva velikostna razreda nižje od izmerjenih vrednosti vrednosti v okolici NEK. Iz tega lahko sklenemo, da izmerjene povprečne mesečne koncentracije aktivnosti Cs-137 nekaj  $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$  na aerosolnih filtrih v okolici NEK niso posledica zračnih izpustov iz NEK, temveč posledica resuspenzije Cs-137 iz zemlje, kar je posledica černobilske nesreče in poskusnih jedrskih eksplozij v 50. in 60. letih dvajsetega stoletja.

Specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90, ki izvirata iz splošne kontaminacije, so v hrani posledica prisotnosti omenjenih radionuklidov v zemlji in delno useda na vegetacijo med rastjo. Specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v hrani z leti nihajo, vendar je opazna težnja zniževanja vrednosti. Tako se je specifična aktivnost Cs-137 v mleku od černobilske nesreče do danes znižala približno 200-krat, specifična aktivnost Sr-90 pa se je v enakem obdobju v mleku znižala za faktor 10. Izmerjena specifična aktivnost Cs-137 v mleku je tako že nekaj let na ravni izpred černobilskega obdobja (1984, 1985), specifična aktivnost Sr-90 pa je tudi za faktor 2 nižja kot pred černobilsko nesrečo. Tudi za druga živila živalskega izvora je opazna težnja zmanjševanja specifičnih aktivnosti Cs-137 in Sr-90 po černobilski nesreči, medtem ko nesreča v Fukušimi marca 2011 ni vplivala na povišanje specifičnih aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v hrani v Sloveniji. Na kultiviranih površinah privzem Cs-137 ter Sr-90 v rastline preko koreninskega sistema omejuje predvsem vezava atomov Cs-137 in Sr-90 v tleh (na glinene in organske delce), pa tudi povečana vsebnost kalija in s tem tudi radioaktivnega K-40 ter kalcija iz gnojil, ki močno zmanjšajo privzem obeh radionuklidov v rastline in s tem v hrano rastlinskega izvora in krmo [64]. Poleg tega se specifični aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v okolju z leti manjšata tudi zaradi radioaktivnega razpada, saj je razpolovni čas Cs-137 30,1 let, Sr-90 pa 28,8 let. Kljub omenjenim usmeritvam pa v živilih, vzorčevanih v gozdnih ekosistemih po Sloveniji, še vedno ugotavljamo značilno višje specifične aktivnosti Cs-137 v primerjavi z živilih, vzorčevanimi v agrikulturnih ekosistemih (vrednosti v krmi se v letu 2015 gibljejo od  $(0,08 \pm 0,04) \text{ Bq}/\text{kg}$  v koruzni silaži do  $(0,9 \pm 0,2) \text{ Bq}/\text{kg}$  v senu). V letu 2015 so se namreč specifične aktivnosti, izmerjene v divjačini ( $39,9 \pm 1,1$ ) Bq/kg, gozdnih borovnicah ( $15,1 \pm 0,4$ ) Bq/kg in gobah cigančkah ( $338 \pm 9$ ) Bq/kg, močno odmikale od specifičnih aktivnosti, izmerjenih v drugih živilih. Podatki niso presenetljivi, saj je bilo ugotovljeno, da je bila v gobah iz skupine koprenk, vzorčevanih v letih 2010–2011, specifična aktivnost Cs-137 tudi do 3 240 Bq/kg (Rozites caperata - pšenična koprenka ali ciganček) [77], v gozdnih tleh pa so se vrednosti Cs-137 gibale do 812 Bq/kg (Ljubljana Rožnik).

V okolici NEK je bilo največ Cs-137 v žitu, drugod po Sloveniji pa v mesu in podzemni zelenjavi. V posameznih živilih v okolici NEK je bila najvišja specifična aktivnost Cs-137 izmerjena v črni redkvi ( $0,2 \pm 0,01$ ) Bq/kg, medtem ko je bila specifična aktivnost Cs-137 v jabolkih in hruškah, vzorčevanih v sadovnjaku v neposredni bližini NEK  $< 0,1 \text{ Bq}/\text{kg}$ . V hrani, vzorčevani drugod po Sloveniji, je bila največja specifična aktivnost Cs-137 izmerjena v govejem mesu iz Tolmina,  $(0,50 \pm 0,02) \text{ Bq}/\text{kg}$ , če izvzamemo divjačino, borovnice in gobe cigančke.

V okolici NEK v skupino živil z večjo vsebnostjo Sr-90 spada hrana rastlinskega izvora, kot je žito. Pri



vzorčenju drugod po Sloveniji pa se loči skupina meso in jajca. V okolici NEK je bila v posameznih vzorcih živil najvišja specifična aktivnost Sr-90 izmerjena v ječmenu ( $0,38 \pm 0,04$ ) Bq/kg. V hrani, vzorčevani po Sloveniji, pa je bila največja specifična aktivnost Sr-90 izmerjena v piščančjem mesu s Ptuja, in sicer ( $2,35 \pm 0,19$ ) Bq/kg.

### Zunanje sevanje

Za meritve zunanjega sevanja v Sloveniji je v vseh primerih značilno izrazito zmanjševanje letnega okoljskega ekvivalenta, predvsem v prvih letih po černobilski nesreči (1986). Ta usmeritev se nadaljuje tudi v letu 2015. Vzrok je razpad usedlih kratkoživih sevalcev gama, ki so v začetnem obdobju največ prispevali k zunanjemu sevanju, in prodiranje Cs-137 v zemljo. V zadnjih petnajstih letih, ko je v okolju pomemben le še prispevek Cs-137, lahko upadanje pripišemo radioaktivnemu razpadu Cs-137 (njegova aktivnost se zmanjšuje za 2,3 % na leto). Prispevek Cs-137 k letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu lahko ocenimo na 0,13 mSv, kar je 1,6-krat več od ocene prispevka Cs-137 k letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu iz zemlje za lokacijo Gmajnice in je 0,08 mSv.

Od 1992 do 2015 so bili povprečni letni okoljski dozni ekvivalenti v Sloveniji višji od tistih v okolici NEK. Razlog je najverjetneje v večji pestrosti točk v programu nadzora radioaktivnosti v RS, ki vključuje tudi lokacije, kjer zaradi konfiguracije zemljišča, sestave tal ali večje nadmorske višine pričakujemo višje ravni sevanja. Povprečni letni okoljski dozni ekvivalent v okolici NEK je za 38 % višji od tistega na ograji NEK. Razliko pripisujemo prodnatim tlem (odstranjena plast zemlje) in zaščitnemu delovanju zgradb ter asfaltiranih površin znotraj ograje NEK, ki slabijo zunanje sevanje naravnih izotopov iz zemljišča. Neposredni vpliv sevanja iz elektrarniških objektov na ograji ni merljiv.

Povprečni letni okoljski dozni ekvivalent, izmerjen s TLD na Hrvaškem, se ujema s tistim, ki je bil izmerjen s TLD v okolici NEK, in se sistematsko ne odmika od doz, izmerjenih po Sloveniji.

Vzorčevanje zemlje poteka na poplavnih področjih tako, da sta usedanje iz zraka in poplavljanje prenosni poti, po katerih lahko izpusti NEK dosežejo mesta vzorčevanja. Veliko stresanje izračunanih vrednosti useda Cs-137 do globine 30 cm v zadnjih letih na neobdelanih površinah lahko pripišemo nehomogenosti useda, izpostavljenosti lokacij poplavam (Kusova Vrbinca) ter zapletenosti mehanizma migracije nanosa na mikrolokacijah, saj očitno ni korelacije niti na zelo bližnjih mestih vzorčevanja (Gmajnice). Eden izmed mogočih vzrokov je vpliv prednostnih smeri toka vode v zemeljski ruši, ki lahko bistveno spremeni pričakovano porazdelitev radionuklidov v zemlji tudi na bližnjih lokacijah. Na vseh lokacijah je opazno zniževanje usedov z leti, najizrazitejše je v Kusovi Vrbinca, v Ameriki se je v zadnjih 5 letih zniževanje usedov praktično ustavilo, v Gmajnicah pa stresanje izmerkov kaže na veliko nehomogenost useda.

### Naravni radionuklidi

Izmerjene aktivnosti naravnih radionuklidov (uranova in torijeva veriga, K-40, Be-7) se ne razlikujejo bistveno od vrednosti, izmerjenih v drugih krajih Slovenije, in vrednosti, ki jih podaja literatura. To velja tako za reko Savo, podtalnice, vodovode in usede kot za zrak in hrano. Prav tako velja, da so vrednosti primerljive z vrednostmi iz preteklih let.

### C-14

C-14 je sicer kozmogeni radionuklid, vendar je prisoten tudi v zračnih in tekočinskih izpustih NEK-a in prispeva k povečanju koncentracije aktivnosti C-14 v zraku in reki Savi.

C-14 se predvsem vgrajuje v rastline in v tej obliki vstopa v prehranbo ljudi. Primerjave meritev v vzorcih iz okolice NEK in Dobove so v preteklih letih pokazale, da dodatni C-14 iz NEK poveča specifično aktivnost C-14 v rastlinah v bližnji okolici ograje NEK predvsem takrat, ko je remont in s tem večji izpusti potekajo neposredno pred oziroma med vegetacijo, kot na primer v letih 2012 in 2015. V letu 2013 je bil remont po obdobju vegetacije, tako da je bilo povišanje specifičnih aktivnosti C-14 v rastlinstvu v bližnji okolici NEK manjše kot v letu 2012. Podobno je bilo v tudi letu 2014, ko remonta ni bilo.



Specifična aktivnost C-14 je bila v okolici NEK v letu 2015 izmerjena v jabolkih, ječmenu, koruzi, pšenici, repici in travi, in sicer v juliju in septembru. Povprečne vsebnosti C-14 v živilih, vzorčevanih v okolici NEK, so bile največje v notranjem krogu (245; 4) Bq na kilogram ogljika, sledi zunanji krog (238; 2) Bq na kilogram ogljika, na kontrolni točki v Dobovi, pa so živila vsebovala (229; 2) Bq na kilogram ogljika.

Od leta 2013 je NEK začel sistematično meriti C-14 v četrletnih vzorcih tekočinskih efluentov. Neposredne meritve C-14 v Savi se ne izvajajo redno. Skupna letna izpuščena aktivnost v Savo je bila v tem letu 1,2 GBq [20] (1,7 GBq v letu 2014). Izmerjeni izpusti se ujemajo z grobo oceno (1,8 GBq na leto oziroma 2,6 GBq/GW(e) na leto [24]). Aktivnost izpuščenega C-14 je okrog 4 velikostne rede nižja kot pri tritiju. Glede na letne izpuste v Savo je pričakovati, da bi povprečna koncentracija aktivnosti C-14 v Brežicah narasla za manj kot 0,4 Bq/m<sup>3</sup>. Zaradi prisotnosti kozmogenega C-14 v okolju je tako nizke koncentracije aktivnosti težko ločiti od naravnega ozadja.

V letu 2015 C-14 v ribah ni bil merjen. Vnos radioaktivnega ogljika v ribe ni enak kot pri drugih v vodi raztopljenih radionuklidih, kjer lahko prihaja do koncentriranja. Vnos poteka preko vode in vodnih rastlin, s katerimi se hranijo ribe. Obstaja popolno ravnovesje med raztopljenim anorganskim ogljikom v vodi in v ribi. To pomeni enako relativno specifično aktivnost C-14 (izražena v pMC) v vodi kot tudi v vodni bioti. Tako smo ocenili koncentracijski faktor za C-14 2,41 m<sup>3</sup>/kg. Na podlagi ocenjenega povprečenega prirastka C-14 v Savi (< 0,4 Bq/m<sup>3</sup>) zaradi vpliva NEK lahko ocenimo, da bi se relativna specifična aktivnost C-14 v ribah lahko povečala enako kot v vodi za manj kot 3,5 pMC ali manj kot 1 Bq/kg sveže snovi. Iz rezultatov meritev rib v letu 2014 (povprečje izmerjenih vzorcev 97 pMC [19]), ki so bile ujete v Jesenicah na Dolenjskem, ugotavljamo, da so izmerjene relativne specifične aktivnosti običajne za naravno okolje in vpliva NEK preko rib ni mogoče zaznati.

## OCENA VPLIVOV

### Tekočinski izpusti

Ob normalnem delovanju jedrske elektrarne so koncentracije aktivnosti izpuščenih radionuklidov, razen H-3, v okolju znatno pod detekcijskimi mejami oziroma je morebitni prispevek teh radionuklidov težko ločiti od ozadja (C-14, Cs-137). Zato njihov vpliv na človeka in okolje posredno ovrednotimo iz podatkov o izpustih v ozračje in o tekočinskih izpustih. Z uporabo modelov, ki opisujejo razširjanje radionuklidov po raznih prenosnih poteh v okolju, pa se ocenjuje izpostavljenost prebivalstva.

Za tekočinske izpuste je bil razvit model, ki kot referenčno skupino prebivalstva upošteva ribiče in njihove otroke. Ribiči lovijo tudi 350 m nizvodno od jezca NEK, preživijo določen čas na obrežju in uživajo savske ribe. V tem letu smo v model vključili tudi C-14, ki se je začel sistematično meriti v tekočinskih izpustih NEK. Modelni izračun, ki temelji na tekočinskih izpustih, podatkih o letnem pretoku reke Save in upoštevačoč značilnosti omenjene referenčne skupine, je pokazal, da je efektivna doza za odraslega zaradi izpustov v reko Savo v letu 2015 v Brežicah 0,03 μSv na leto (zadrževanje na obrežju in ingestija rib). Na referenčni lokaciji 350 m pod jezom NEK je izračunana letna efektivna doza za odraslega 0,06 μSv, kar je red velikost nižje kot v letih 2013 in 2014, a za red velikosti več kot v letih pred tem. Razlika s preteklimi leti gre na račun upoštevanja prispevka C-14, ki ima visok koncentracijski ali bioakumulacijski faktor. V letih 2013 in 2014 smo vzeli največji bioakumulacijski faktor za C-14, ki je objavljen v strokovni literaturi, 50 m<sup>3</sup>/kg. Za leto 2015 pa smo vzeli koncentracijski faktor 2,41 m<sup>3</sup>/kg, ki smo ga določili na posvetu strokovnjakov na delavnici dne 9. 12. 2015 v Ljubljani. Kljub spremenjeni metodologiji vrednotenja specifične aktivnosti C-14 v ribah, C-14 še vedno največ prispeva k celotni dozi iz vseh prispevkov (78 %), pri čemer je dominantna prenosna pot ingestija rib. Če upoštevamo samo zadrževanje na bregu, je praktično celotna obremenitev zaradi izpustov Co-60 in Co-58 (97 %). Če upoštevamo pitje savske vode, ki je malo verjetna prenosna pot, pa bi bil dominanten prispevek H-3 (100 %).



## Atmosferski izpusti

Pri ovrednotenju vpliva atmosferskih izpustov upoštevamo naslednje skupine radionuklidov:

- **žlahtni plini**, ki so izključno pomembni za zunanjo izpostavitve ob prehodu oblaka;
- **čisti sevalci beta**, kot sta H-3 in C-14, ki sta biološko pomembna le v primeru vnosa v organizem zaradi inhalacije (H-3, C-14) in ingestije (C-14);
- **sevalci beta/gama** v aerosolih (izotopi Co, Cs, Sr itd.) s prenosnimi potmi: inhalacija, zunanje sevanje iz useda, ingestija na rastline usedlih radionuklidov;
- **izotopi joda** v raznih fizikalnih in kemijskih oblikah, pomembnih pri inhalaciji ob prehodu oblaka in zaradi vnosa v telo z mlekom.

Tabeli A1 in A2 prikazujeta ovrednotenje zračnih emisij z modelnim izračunom razredčitvenih koeficientov v ozračju za leto 2015 in za posamezne skupine radionuklidov za najpomembnejše prenosne poti za prebivalce v naselju Spodnji Stari Grad, ki je najbližje naselje zunaj ograje NEK (tabela A1) in ob ograji NEK (tabela A2). Zahtevana omejitev dodatne izpostavitve prebivalstva na robu ožje varstvene cone (500 m od osi reaktorja) in dalje je, da celotna letna učinkovita doza prispevkov vseh prenosnih poti na posameznika iz prebivalstva ne sme presegati 50  $\mu\text{Sv}$ . Ta omejitev je bila po začetku obratovanja dopolnjena še z omejitvijo letne učinkovite doze zunanjega sevanja na ograji objekta (200  $\mu\text{Sv}$  na leto) ter omejitvijo aktivnosti radionuklidov v tekočih in plinastih efluentih. Iz tabel A1 in A2 lahko ugotovimo, da so prispevki k letni učinkoviti dozi za prebivalca na obeh lokacijah zanemarljivi (manj kot 0,23 % od predpisane omejitve 50  $\mu\text{Sv}$ ).

Razredčitvene faktorje za zunanje sevanje iz oblaka in inhalacijo od leta 2007 ocenjujemo z Lagrangeevim modelom (ki je bolj realističen, saj upošteva značilnosti terena in večji nabor meteoroloških spremenljivk). Prispevek sevanja iz useda je bil do leta 2010 ocenjen z Gaussovimi modelom, po letu 2011 pa prav tako z Lagrangeevim modelom [3]. Ocena za zračno imerzijo v letu 2015 je višja kot v prejšnjih letih, ocena za inhalacijo pa je primerljiva s prejšnjimi leti.

Meritve C-14 so bile v letu 2015 izvedene na vzorcih jabolk, ječmena, koruze, pšenice, repice in trave na Institutu Ruđer Bošković v Zagrebu. Rezultati meritev kažejo pričakovano rahlo povišanje specifične aktivnosti C-14 v vzorcih na razdalji do 1 km od osi reaktorja glede na vzorce vzete na referenčni točki v Dobovi. Ocenjena letna učinkovita doza zaradi ingestije C-14 je tako v okolici NEK (do 1 km) za 0,1  $\mu\text{Sv}$  višja kot na kontrolni točki v Dobovi. Pri izračunu doze, prejete zaradi C-14 v okolici NEK, smo konzervativno privzeli, da prebivalci uživajo hrano iz neposredne bližine NEK dva meseca v letu, drugih 10 mesecev pa hrano od drugod (Dobova). Iz tega izhaja, da tudi v primeru računanja doze zaradi C-14 upoštevamo, da prebivalci uživajo hrano, pridelano na krško-brežiškem področju (od ograje NEK do Dobove). Razlika med računanjem doze zaradi C-14 in doze zaradi vnosa drugih radionuklidov v hrano je potem v tem, da se za C-14 upošteva uteženo povprečje specifične aktivnosti C-14 glede na lokacijo vzorčevanja, za druge radionuklide pa to ni mogoče, zaradi različnih načinov vzorčevanja. Doza pri C-14 se nanaša na hrano in ne na posamezno vrsto hrane, saj se specifične aktivnosti C-14 (v Bq na kilogram ogljika) v raznih vrstah živil ne razlikujejo. Razmerje med izotopoma C-14 in C-12 je namreč v vseh organizmih konstantno in izraža razmerje med izotopoma v atmosferi. V primeru umetnih izpustov C-14 pa se razmerje med izotopi C-14 in C-12 tako v atmosferi kot v organizmih lahko spremeni, saj izotopi C-14 zamenjujejo izotope C-12 v organskih molekulah.

**Ugotavljamo, da so bili vsi načini izpostavitve prebivalstva zanemarljivi v primerjavi z naravnim sevanjem, doznimi omejitvami in avtoriziranimi mejami.**



**Tabela A1:** Izpostavitve sevanju prebivalstva (odrasla oseba) v naselju Spodnji Stari Grad zaradi atmosferskih izpustov iz NEK v letu 2015

Način izpostavitve	Prenosna pot	Najpomembnejši radionuklidi	Letna doza (mSv)
zunanje sevanje	– imerzija (oblak) – sevanje iz useda	– žlahtni plini (Ar-41, izotopi Xe) – aerosoli (I in Co izotopi, Cs-137)	8,2E-7 7,1E-12
inhalacija	oblak	H-3, C-14, I-131, I-132, I-133	4,2E-6
ingestija	rastlinska hrana	C-14	0

**Tabela A2:** Izpostavitve sevanju prebivalstva (odrasla oseba) ob ograji NEK zaradi atmosferskih izpustov iz NEK v letu 2015

Način izpostavitve	Prenosna pot	Najpomembnejši radionuklidi	Letna doza (mSv)
zunanje sevanje	– imerzija (oblak) – sevanje iz useda	– žlahtni plini (Ar-41, izotopi Xe) – aerosoli (I in Co izotopi, Cs-137)	9,8E-7 5,9E-11
inhalacija	oblak	H-3, C-14, I-131, I-133	1,6E-5
ingestija	rastlinska hrana	C-14	1,0E-4

### Naravno sevanje

Meritve zunanjega sevanja v okolici NEK so tudi v letu 2015 potrdile ugotovitve iz preteklosti, da gre za značilno naravno okolje, ki ga najdemo tudi drugje v Sloveniji in v svetu. Letni okoljski dozni ekvivalent  $H^*(10)$  sevanja gama in ionizirajoče komponente kozmičnega sevanja v okolici NEK je bil na prostem v povprečju 0,83 mSv. To je enako kot ocena letne efektivne doze za zaprte prostore 0,83 mSv (1998). K temu je treba dodati še prispevek  $H^*(10)$  nevtronskega kozmičnega sevanja, ki je za območje NEK 0,1 mSv na leto. Tako je bila skupna doza naravnega zunanjega sevanja  $H^*(10)$  v letu 2015 v okolici NEK 0,93 mSv na leto. Ustrezna letna efektivna doza (ob upoštevanju pretvorbenih faktorjev iz publikacije Radiation Protection 106, EC, 1999) je 0,78 mSv na leto, kar je nižje od podatka za svetovno povprečje (0,87 mSv na leto).

Meritev specifične aktivnosti naravnih radionuklidov v hrani pokaže vrednosti, ki so primerljive s povprečnimi vrednostmi v svetu, zato za ingestijsko efektivno dozo privzemamo sklepe iz UNSCEAR 2000 [50].

Posamezni prispevki k dozi naravnega sevanja so zbrani v tabeli B. Skupna letna efektivna doza je ocenjena na 2,37 mSv, kar je primerljivo s svetovnim povprečjem 2,4 mSv na leto [50].


**Tabela B:** Efektivne doze  $E$  zaradi naravnih virov sevanja v okolici NEK v letu 2015

Vir	Letna efektivna doza $E$ (mSv)
– sevanje gama in neposredno ionizirajoče kozmično sevanje <sup>#</sup>	0,70
– kozmični nevtroni [50]	0,1
ingestija (K, U, Th) ([50], efektivna doza)	0,27
inhalacija (kratkoživi potomci Rn-222, efektivna doza) <sup>##</sup>	1,3
<b>Skupaj</b>	<b>2,37</b>

**Opomba:** <sup>#</sup> Ocena efektivne doze zunanjega sevanja iz okoljskega ekvivalenta doze  $H^*(10)$  z upoštevanjem pretvorbene faktorja  $E/H^*(10) = 0,84$  za fotone 600 keV (Radiation Protection 106, EC, 1999). Pretvorbene faktorji v območju od 100 keV do 6 MeV so v območju med 0,84 in 0,89.

<sup>##</sup> Značilni prispevek kratkoživih radonovih potomcev k efektivni dozi je bil ocenjen v poročilu za leto 2000 (IJS-DP-8340, #3 na strani 7).

**Tabela C:** Povzetek letnih izpostavitv prebivalstva v okolici NEK za leto 2015

Vir	Prenosna pot	Letna efektivna doza (mSv)
naravno sevanje	- gama in ionizirajoče kozmično sevanje	0,70 <sup>**</sup>
	- kozmični nevtroni	0,1
	- ingestija (K, U, Th)	0,27
	- inhalacija (kratkoživi potomci Rn-222)	1,30
	Skupaj naravno sevanje	2,37
NEK – neposredno sevanje ob ograji NEK	neposredno sevanje iz objektov NEK	nedoločljivo
NEK atmosferski izpusti* (ob ograji NEK)	- zunanje sevanje iz oblaka	9,8E-7
	- zunanje sevanje iz useda (izotopi I in Co, Cs-137)	5,9E-11
	- inhalacija iz oblaka (H-3, C-14)	1,6E-5
	- ingestija (C-14)	1,0E-4
NEK tekočinski izpusti (Sava)*	- referenčna skupina (350 m pod jezom NEK)	6,0 E-5
	- odrasla oseba Brežice	3,0 E-5
černobilska kontaminacija, jedrski poskusi	zunanje sevanje <sup>**</sup>	< 0,04 <sup>***</sup>
	ingestija	7E-4
	inhalacija	9E-7

\* Skupne vsote prispevkov NEK ne navajamo, saj vsi prispevki niso aditivni, ker ne gre za iste skupine prebivalstva.

\*\* Ocena efektivne doze zunanjega sevanja iz okoliškega ekvivalenta doze  $H^*(10)$  z upoštevanjem pretvorbene faktorja  $E/H^*(10) = 0,84$  za fotone 600 keV (Radiation Protection 106, EC, 1999).

\*\*\* V tej oceni ni upoštevano, da se prebivalec zadržuje 20 % časa na prostem in da je faktor ščitenja pri zadrževanju v hiši 0,1.





### Primerjava s preteklimi leti

V tabeli C so predstavljeni posamezni prispevki k letni efektivni dozi za odraslo osebo ob ograji NEK zaradi emisij NEK v letu 2015. Če seštejemo vrednosti za atmosferske in tekočinske izpuste, ugotovimo, da je vpliv nadzorovanih izpustov iz NEK na prebivalstvo znatno pod avtorizirano mejo. Pri tem je treba poudariti, da gre za različne skupine prebivalstva in je zato seštevek samo groba ocena letne efektivne doze.

Od leta 2005 do 2011 se seštevek znižuje, v letu od 2012 pa je bila letna efektivna doza na prebivalca ob ograji NEK nekoliko višja zaradi vpliva na prehrambno verigo med vegetacijo (C-14), vendar še vedno dva velikostna reda pod avtorizirano mejo. Tudi v letih 2013 in 2014 lahko opazimo povišanje letne efektivne doze, vendar ga lahko pripišemo izključno prispevku C-14 v tekočinskih izpustih, ki ga v prejšnjih letih nismo upoštevali. V letu 2015 smo spremenili vrednotenje specifične aktivnosti C-14 v reki Savi in ribah, zaradi česar je seštevek nižji kot v letu 2014 in primerljiv z leti od 2007 in 2009. Pri primerjanju prispevkov v posameznih letih je treba upoštevati še, da se pri izračunu zunanega sevanja iz oblaka in inhalacije iz oblaka od leta 2007 uporablja Lagrangeev model, ki daje nižje vrednosti izpostavitve, ter da so bile vrednosti prispevka dozi zaradi ingestije C-14 (iz atmosferskih izpustov) do leta 2006 ocenjene na osnovi izpustov in podatkov iz podobnih elektrarn.

### Černobilska kontaminacija, poskusne jedrske eksplozije in nesreča v Fukušimi

V letu 2015 sta bila, podobno kot v preteklih letih, od antropogenih radionuklidov v zemlji merljiva še Cs-137 in Sr-90, ki izvirata iz černobilske nesreče in poskusnih jedrskih eksplozij. Radionuklidov, ki so ušli v ozračje po nesreči v japonski jedrski elektrarni v Fukušimi leta 2011, v letu 2015 ni bilo zaznati.

Prispevek Cs-137 k zunanjemu sevanju je bil ocenjen na manj kot 0,04 mSv na leto, kar je 4 % povprečne letne zunanje doze zaradi naravnega sevanja v okolici NEK. Ocena je primerljiva s tistimi v preteklih letih.

Predvidena efektivna doza zaradi inhalacije radionuklidov, ki so posledica splošne kontaminacije, je za odraslega posameznika ocenjena na 0,0009  $\mu$ Sv na leto.

Cs-137 in Sr-90 iz jedrskih poskusov in černobilske nesreče sta bila izmerjena v sledih v posameznih vrstah hrane. Efektivna doza zaradi uživanja te hrane je bila za leto 2015 ocenjena na (0,1; 0,01)  $\mu$ Sv na leto za Cs-137 in (0,6; 0,06)  $\mu$ Sv na leto za Sr-90, kar je skupaj okrog 1,0 % letne efektivne doze zaradi naravnih radionuklidov (brez K-40) v hrani. Ocenjena doza je primerljiva s tistimi iz prejšnjih let.

## SKLEPI

Povzetek izpostavitve prebivalstva v okolici NEK za leto 2015 je v tabeli C, kjer so navedeni prispevki naravnega sevanja, vplivi NEK ob ograji NEK in preostali vplivi černobilske kontaminacije in poskusnih jedrskih eksplozij:

- **v letu 2015 so bili vsi sevalni vplivi NEK-a ob ograji NEK in 350 m nizvodno od jezua NEK na prebivalstvo v okolici ocenjeni na manj kot 0,18  $\mu$ Sv na leto;**
- ocenjena vrednost je majhna v primerjavi z avtoriziranimi mejnima dozama za prebivalstvo v okolici NEK (efektivna doza 50  $\mu$ Sv na leto na razdalji 500 m (ograja NEK) za prispevke po vseh prenosnih poteh in doza zunanega sevanja 200  $\mu$ Sv na leto na ograji NEK);
- **ocenjena vrednost sevalnih vplivov NEK-a ob ograji NEK je približno 0,008 % značilnega neizogibnega naravnega ozadja.**





## S U M M A R Y

### INTRODUCTION

The population of Slovenia, like populations elsewhere in the world, is exposed to natural ionizing radiation as well as to certain anthropogenic sources of ionizing radiation, which come primarily from the use of such radiation in medicine, the residual Chernobyl contamination and the contamination generated by atmospheric nuclear tests. When it comes to the residents in the surroundings of the Krško Nuclear Power Plant (NPP), we could add the releases of atmospheric and liquid radioactive substances from the NPP and the direct radiation emanating from the buildings and objects inside the power plant's fenced perimeter.

The limitation of additional exposure of the population was laid down already in the site plan documentation for the NPP in 1974, which required the total annual effective dose from all exposure pathways to the reference person at the border of the restricted protective zone (500 m from the reactor axis) and beyond not to exceed 50  $\mu\text{Sv}$ . After the commissioning and start of the NPP operation, this limit was supplemented with the requirement that the annual effective dose from external radiation at the perimeter fence shall not exceed 200  $\mu\text{Sv}$  per year. Additional restrictions regarding radionuclide activity in liquid and atmospheric effluents were imposed. The activity limits for the effluents are as follows:

- a) For atmospheric releases:
  - I-131: 18.5 GBq per year;
  - aerosols (radionuclides with  $T_{1/2} > 8$  d): 18.5 GBq per year.
- b) For liquid effluents:
  - all radionuclides except H-3, C-14 and dissolved noble gases: 100 GBq per year, 40 GBq per trimester;
  - H-3: 45 TBq per year.

The above limits for liquid effluents have been in force since 2007, when a change was made in connection to the transition of the NPP to an 18-month fuel cycle. Original limits applied prior to this date were lower for H-3 (20 TBq per year, 8 TBq per trimester) and higher for all other radionuclides except H-3, C-14 and dissolved noble gases (200 GBq per year and 80 GBq per trimester).

The Krško NPP is required to comply with listed *authorised limits* and other dose limits related to releases, as well as other radiation impacts on the environment and population. The Krško NPP is required to provide evidence of compliance by performing *operational radioactivity monitoring*, the scope and method of which are prescribed by the *Rules on the monitoring of radioactivity* (Official Gazette of Republic Slovenia No. 20/2007) or *the Rules amending the Rules on the monitoring of radioactivity* (Official Gazette of Republic Slovenia No. 97/2009) [8]. Operational radioactivity monitoring includes measurements of *emissions* on the premises, measurements of *imissions* in the surroundings, measurements of external radiation in the environment, evaluation of measurement results and dose estimation. The scope of monitoring is defined in Annex 4 of the above Rules (Design of the operational radioactivity monitoring programme for the nuclear power plant). The Rules also define requirements that must be met by the providers of radioactivity monitoring, technical requirements for measurement and analysis equipment as well as the methods and exposure pathways that must be considered in dose evaluation. Apart from the Krško NPP, which is in charge of emission measurements, radioactivity monitoring is performed by various *authorised monitoring providers*.

This Report presents the results of radioactivity monitoring that was performed in 2014 by the Krško NPP – as the entity liable for monitoring, and by the authorised radioactivity monitoring providers. The Report does not deal with the exposure of the population to ionizing radiation caused by diagnostic medical examinations, which represents the second main source of exposure after natural radiation in the developed world as well as in Slovenia.



## CHARACTERISTICS OF SAMPLING AND MEASUREMENTS

In 2015, the scope and method of sampling and measurements was the same as in previous years, which enables comparison of the monitoring results with the results from previous years as well as the determination of trends. The characteristics of the sampling and measurements are as follows:

### 1) Sava River:

- a) Continuous sampling at three locations: (Krško – 3.2 km upstream, Brežice – 8.2 km downstream and Jesenice na Dolenjskem – 17.5 km downstream) for long-lived radionuclides and single samples of unfiltered water at Krško, Brežice, Jesenice na Dolenjskem and Podsused near Zagreb (CRO, around 30 km downstream from the Krško NPP) for short-lived radionuclides;
- b) sediment sampling at six locations (Krško upstream and under the Krško NPP dam, Pesje, Brežice, Jesenice na Dolenjskem and Podsused in Croatia – downstream of the Krško NPP dam);
- c) fish samples: Krško, Brežice, Jesenice na Dolenjskem, Podsused (CRO) and Otok (CRO).

Sample measurements involved the determination of the activity concentration and specific activity of gamma emitters using high resolution gamma-ray spectrometry (HRGS), tritium (H-3) the activity concentration and specific activity determination with liquid scintillation beta spectrometry and the determination of Sr-90/Sr-89 using radiochemical separation, and counting with a proportional counter.

### 2) Waterworks and pumping stations:

- a) single water sample from Ljubljana water system (reference location);
- b) quarterly water samples from the waterworks in Krško, Brežice;
- c) monthly composite samples from the pumping stations in Brege, Drnovo, Rore, Brežice and the waterworks in Spodnji Stari Grad and Brežice; in May 2015 sampling at the pumping station Drnovo was replaced by sampling at the pumping station Rore;
- d) sampling of groundwater in the immediate vicinity of the NPP (quarterly samples from the E1 borehole inside the Krško NPP perimeter fence and monthly samples from the VOP-4 borehole and two locations in Croatia (Medsave and Šibice boreholes).

The measurements were performed using the same methodology as that used for the Sava River samples.

### 3) Precipitation and dry fallout:

- a) monthly composite samples from precipitation collectors in Brege, Krško and the reference location in Dobova and Ljubljana (control location);
- b) monthly replacement of vaseline collecting plates for dry fallout at eight locations in the immediate and wider surroundings of the Krško NPP, and in Ljubljana (reference location).

Precipitation samples underwent measurements using high resolution gamma-ray spectrometry, tritium (H-3) activity concentration determination with liquid scintillation beta spectrometry and the determination of Sr-90/Sr-89 using radiochemical analysis. Measurements using high resolution gamma-ray spectrometry were performed on vaseline samples.

### 4) Air:

- a) aerosol sampling comprised of continuously pumping air through aerosol filters, which were exchanged every fifteen days. Pumps are located at eight locations in the surroundings of the Krško NPP (Spodnji Stari Grad, Krško – Stara vas, Leskovec, Brege, Vihre, Gornji Lenart, Spodnja Libna and reference location Dobova) and in Ljubljana (control location);
- b) iodine (I-131) sampling was performed with special pumps and filters at the same locations as



the sampling of aerosols (except for the Dobova location);

- c) sampling for the purpose of Sr-90/Sr-89-specific measurement was performed with special pumps in Dobova;
- d) emission measurements were performed at the Krško NPP's main vent, whereby samples for the measurement of iodine, tritium (H-3), carbon (C-14), aerosols and noble gases were collected;
- e) sampling of airborne C-14 in CO<sub>2</sub> was performed continuously at two locations on the Krško NPP perimeter fence. In 2015, a total of fourteen samples were collected and analysed. The control measurements were performed in Zagreb (Croatia).

The measurements of aerosol filters and specialised filters for I-131 were performed with high resolution gamma-ray spectrometry, and the Sr-90/Sr-89-specific measurement was performed using a beta scintillation spectrometer.

## 5) External Exposure to Radiation

### External radiation:

- a) external radiation dose (gamma radiation and the ionizing component of cosmic radiation) was measured using 57 TL dosimeters in the vicinity of the Krško NPP (the locations surround the plant up to a 10 km distance) and 9 TL dosimeters on the NPP perimeter fence. Data was collected from the dosimeters every six months. Ljubljana was the reference dosimeter location for all external radiation measurements. Additional 10 dosimeters were located in Croatia;
- b) measurements using 50 TL dosimeters at 50 locations distributed throughout Slovenia were performed in parallel with the measurements in the vicinity of the Krško NPP;
- c) 14 continuous radiation detectors MFM-203 operate in the vicinity of the Krško NPP as part of the Early Warning Network. In addition to these, 61 other continuous detectors are in operation at other locations in Slovenia, also as a part of the Early Warning Network.

All TL dosimeters used for monitoring in Slovenia were evaluated on the IJS MR 200 (C) system. Dosimeters in Croatia were evaluated on the system, which is located at the Ruđer Bošković Institute in Zagreb. The data from continuous detectors are collected and processed by the Slovenian Nuclear Safety Administration.

### Soil:

- a) soil samples were collected at four locations on the flood plains downstream of the Krško NPP (Amerika – 3.5 km from the NPP, Gmajnice – 2.5 km from the NPP, Gmajnice – 3.6 km from the NPP, and Kusova Vrbina-Trnje – 8.5 km from the NPP). One location is on cultivated land, while three are on non-cultivated land. Sampling was performed twice a year with samples taken in layers from different depths (down to 30 cm on non-cultivated land and down to 50 cm on cultivated land).

Sample measurements were performed using high resolution gamma-ray spectrometry, while strontium specific activity determination was performed using radiochemical analysis.

## 6) Food:

- a) the sampling of food was performed in the following locations: orchard next to the Krško NPP (fruits), Pesje (milk, vegetables), Spodnja Pohanca (fruits), Zgornja Pohanca (fruits), Brege (meat, milk, vegetables), Vihre (milk, vegetables), Vrbina (eggs, vegetables, cereals), Spodnji Stari Grad (meat, eggs, vegetables), Žadovinek (vegetables), Trnje (cereals), Krško (vegetables), Leskovec wine cellar (wine), Sevnica (meat); 32 various food samples were collected in 2015;
- b) sampling frequency depends on food category: milk was sampled monthly or quarterly (for the Sr-90/Sr-89-specific measurements); meat, eggs and cereals were sampled annually; vegetables, crops and fruits once per season;



- c) the sampling of vegetation, crops and fruits for C-14 specific activity determination took place twice in 2015 (July and September) at 17 locations in the surroundings of the Krško NPP and in the reference location in Dobova; a total of 34 samples were collected and analyzed. In Dobova four samples were collected (in July: samples of corn and barley, in September: two samples of corn);
- d) measurements of the specific activity of gamma emitters were performed using high resolution gamma-ray spectrometry, while Sr-90/Sr-89 specific activity determination was performed using radiochemical analysis.

## MEASUREMENT RESULTS

For the data interpretation and dose assessment in 2015, the primary measurement results obtained from gamma-ray spectrometry measurement results carried out by JSI (*Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2015, IJS-DP-12058*) are used. This means that we do not report the decision thresholds, if the uncertainty of the measurement result was greater than 80 % of the observed values (quantification limit), contrary to previous years. We found out that by converting the observed values near the natural limit into one-sided interval values and back to the two-sided interval values, some information was lost, therefore, the calculated effective dose was slightly underestimated.

The alternative approach for the data interpretation and the dose assessment one could also use the best estimate methodology. This option also offers a reliable assessment of the doses. The ratio of the dose, calculated from the best estimates, and the dose calculated from the primary measurements and its uncertainty depends on the results of the measurement results compliance (see chapter *Uporaba najboljših ocen pri računanju doz* [1]). The ratio of the doses is always less than or equal unity, which means that the dose, calculated from the best estimates, is always less than or equal doses, calculated from the primary measurement results [43] .

In the interpretation of the measurement results, and averages (arithmetic mean), we distinguish between the uncertainties of the average and standard deviation (data scattering). The uncertainty of the average could either be evaluated with a-priori uncertainty (uncertainty propagation rule) or with a-posteriori uncertainty (standard deviation divided by the square root of the number of samples). The a-priori uncertainty is written after the sign "±", while after the sign ";" the a-posteriori uncertainty of the average or standard deviation are given in conjunction with the relevant description in the text.

If the a-posteriori uncertainty is greater than a-priori uncertainty, then it is likely than the measurement results reported are subjected to seasonal variations, trends that can be linked with various phenomena in the environment. Conversely, if the a-priori uncertainty is greater than a-posteriori uncertainty this leads to conclusion the most likely several measurement results were determined with large uncertainties (below the quantification limit).

For the radiochemical analyses (Sr-90 and H-3) the detection limit was used as the uncertainty, the same as in 2013.

Definitions of these terms is given in the report *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto leto 2015, IJS-DP-12058*.

The designation Sr-90/Sr-89 means, that the separation to determine the activity of Y-90 was not performed. The separation to determine the activity of Y-90 shall be carried out only in cases, when the counting rate of Sr-90/Sr-89 decreases, and the difference is a result of a radioactive decay rate of Sr-89. Thus, the reported activity concentrations or specific activities of Sr-89/Sr-90 refer only to activity concentrations or specific activities of Sr-90, because the short-lived Sr-89 has not been present in the environment since post-chernobyl period. This is also confirmed by periodic monthly reports on atmospheric discharges from the Krško NPP, where the radionuclide Sr-89 was not detected.



## 1) Sava River:

In 2015 the monthly average of activity concentration of H-3 ( $4.8 \pm 0.1$ ) kBq/m<sup>3</sup> at Brežice was higher than ( $0.57 \pm 0.08$ ) kBq/m<sup>3</sup> in Krško and comparable with previous years before 2014 ( $4.4$  kBq/m<sup>3</sup> in 2013,  $5.4$  kBq/m<sup>3</sup> in 2012,  $1.4$  kBq/m<sup>3</sup> in 2011). For comparison, the monthly average of activity concentration of H-3 at Brežice in 2015 was eight times higher than at Krško, while in 2013 it was six times higher. This can be attributed to higher liquid releases of H-3 into Sava River in 2015.

The average monthly activity concentration of H-3 at Brežice was thus  $4.8$  kBq/m<sup>3</sup> with the highest value of monthly value of H-3 ( $20.8 \pm 0.8$ ) kBq/m<sup>3</sup> in March. The average monthly activity concentration of H-3 measured at the reference location in Krško (before the paper mill) was  $0.57$  kBq/m<sup>3</sup> with the highest value of H-3 in the same period ( $0.7 \pm 0.2$ ) kBq/m<sup>3</sup>. Otherwise the highest activity concentration of H-3 measured at the reference location in Krško was ( $0.9 \pm 0.2$ ) kBq/m<sup>3</sup> in June. These measurements of H-3 were carried out by the laboratories from JSI.

The IRB measurements at Jesenice na Dolenjskem obtained an monthly average of  $1.9$  kBq/m<sup>3</sup>, with the highest value of ( $6.4 \pm 0.4$ ) kBq/m<sup>3</sup> in March such as in Brežice. The average annual activity concentration of H-3 at Brežice in 2015 was higher than the average annual at Jesenice na Dolenjskem by a factor of 2.5, which is the consequence of an additional dilution of the water in the Sava River by the water from the rivers Krka and Sotla, for which we presume to have approximately the same activity concentration of tritium as the Sava at Krško or as other rivers in Slovenia (around  $1$  kBq/m<sup>3</sup>).

The measured values of I-131 in river Sava fluctuate significantly in one-time samples taken quarterly and are frequently below the detection limit. The I-131 average activity concentration in quarterly grab samples in 2015 was between  $2.6$  Bq/m<sup>3</sup> in Jesenice na Dolenjskem and  $4.5$  Bq/m<sup>3</sup> in Brežice. The highest value was recorded at the sampling locations at Jesenice na Dolenjskem, ( $6.4 \pm 0.5$ ) Bq/m<sup>3</sup>. The average concentrations measured in other rivers around Slovenia were mostly below  $9$  Bq/m<sup>3</sup>, with the highest average of I-131  $8.6$  Bq/m<sup>3</sup> in Savinja. Because I-131 was not found in liquid discharges in the year 2015, its presence in river Sava, as in other rivers, should be attributed to its use in medical institutions.

The I-131 isotope was not detected in river sediments in 2015.

No I-131 was detected in fish samples in 2015.

The radionuclides of Cs-137 and Sr-90 are present in samples of water, filter residues and sediments as a result of global contamination. They are also present in the liquid effluents of the Krško NPP.

The monthly average of Cs-137 for water measurements yielded  $0.02$  Bq/m<sup>3</sup>, and  $0.05$  Bq/m<sup>3</sup> at Krško and Brežice, respectively. The average monthly activity concentration of Cs-137 at Jesenice na Dolenjskem was  $0.03$  Bq/m<sup>3</sup>. The monthly average of Cs-137 activity concentrations in filter residues at Brežice was  $0.15$  Bq/m<sup>3</sup> and higher than at the reference location in Krško where it was  $0.17$  Bq/m<sup>3</sup>. The average of Cs-137 at Jesenice na Dolenjskem was  $0.05$  Bq/m<sup>3</sup>. The values are similar from the point of view of data variation. The average concentrations of Cs-137 in the water of other rivers around Slovenia are similar to those measured in the Sava River in the vicinity of the NPP. The highest average activity concentration of Cs-137 in other rivers was measured in the Savinja River,  $0.7$  Bq/m<sup>3</sup>. The contribution of Cs-137 due to the liquid discharges from the Krško NPP is thus indeterminable.

Measurements of the radioactivity in river sediments indicated the quarterly average value for Cs-137 at the location downstream from the NPP dam  $3.9$  Bq/kg, which is lower than at the reference point under the bridge at Krško,  $6.2$  Bq/kg. At other locations (Pesje, Brežice, Jesenice na Dolenjskem), the quarterly average specific activity of Cs-137 in river sediment ranges from  $0.9$  Bq/kg at Jesenice na Dolenjskem to  $2.7$  Bq/kg at Pesje.

Average concentrations of Cs-137 in fish range from  $0.02$  Bq/kg to  $0.1$  Bq/kg.

The average of Sr-90 for water samples taken at Brežice monthly yielded  $2.4$  Bq/m<sup>3</sup>. At Krško, for water samples taken quarterly the average of Sr-90 yielded  $1.8$  Bq/m<sup>3</sup> in 2015. The average monthly



activity concentration of Sr-90 at Jesenice na Dolenjskem was  $2.2 \text{ Bq/m}^3$ . The average of Sr-90 activity concentrations in filter residues prepared monthly was  $0.02 \text{ Bq/m}^3$  at Brežice. While in Krško for quarterly prepared sampled was  $0.04 \text{ Bq/m}^3$ . The average concentrations of Sr-90 in the water of other rivers around Slovenia are similar to those measured in the Sava River in the vicinity of the NPP. The average activity concentration of Sr-90 in Slovenian rivers in the year 2015 was the highest at Laze (Ljubljana)  $1.4 \text{ Bq/m}^3$ . The contribution of Sr-90 due to the liquid discharges from the Krško NPP is thus indeterminable.

Strontium specific activities were not measured within the IRB measurements of river sediments, with the exception of the Podsused location near Zagreb where the average value was below  $0.5 \text{ Bq/kg}$ . The average values measured by ZVD (Institute of Occupational Safety) were  $1.1 \text{ Bq/kg}$  in Krško,  $0.1 \text{ Bq/kg}$  in Brežice and  $0.6 \text{ Bq/kg}$  in Jesenice na Dolenjskem. Strontium specific activities in river sediment are thus comparable to the measurement results obtained in previous years. Strontium concentrations in river sediment are characteristically 10-times lower than caesium concentrations.

Average specific activities of Sr-90 in fish ranged from  $0.3 \text{ Bq/kg}$  to  $1 \text{ Bq/kg}$ , which is similar to the ranges from previous years.

The C-14 activity concentration in river Sava, and in fish was not measured in 2015. The activity concentration of C-14 was determined in liquid effluents only.

Other artificial radionuclides, which are present in the liquid effluents of the Krško NPP (Mn-54, Co-58, Co-60, Ag-110m, Xe-133) were not detected at any sampling location in 2015.

Of the naturally occurring radionuclides, we measured K-40 and the representatives of the uranium decay series (U-238, Ra-226, Pb-210) and thorium decay series (Ra-228 and Th-228) in 2015. The concentrations of U-238 in unfiltered water in 2015 were up to  $5 \text{ Bq/m}^3$ . The average monthly activity concentrations of K-40 in the Sava River were  $47 \text{ Bq/m}^3$  at Krško,  $37 \text{ Bq/m}^3$  at Brežice and  $54 \text{ Bq/m}^3$  at Jesenice na Dolenjskem. Cosmogenic Be-7 was also measured in the Sava River.

## 2) Waterworks and pumping stations

Similarly as in previous years, the highest H-3 concentrations in 2015 were measured at the pumping stations Brege, Rore, Drnovo and Spodnji Stari Grad – the Krško water supply area. The monthly average value at the Brege pumping station was  $1.8 \text{ kBq/m}^3$ , while the highest monthly average of  $(2.1 \pm 0.2) \text{ kBq/m}^3$  was measured in September. The average monthly activity concentrations of tritium for the first four months at the pumping stations of Drnovo was  $0.6 \text{ kBq/m}^3$ , what is much lower than the long-term average at this location. In May water sampling at this pumping station swapped with water sampling at the pumping station Rore. The average of H-3 in remaining 9 water samples from Rore was also  $0.6 \text{ kBq/m}^3$ . In Spodnji Stari Grad the monthly average was  $1.1 \text{ kBq/m}^3$ . The monthly average for tritium in the Brežice waterworks was  $190 \text{ Bq/m}^3$ , which is within the data uncertainty and scatter range as in 2011-2014, while this average in the Brežice – Glogov Brod pumping station was  $140 \text{ Bq/m}^3$ . The calculated average in the Krško waterworks (Petrol gas station) was  $0.8 \text{ kBq/m}^3$ , while the average at the Petrol gas station in Brežice was lower than the detection limit, namely  $< 0.1 \text{ kBq/m}^3$ . The assumed reference value is the multi-month mean value for tritium activity concentration in the Ljubljana waterworks of  $0.9 \text{ kBq/m}^3$ , which is determined within the scope of the national radiological monitoring of drinking water. In 2015, the measured H-3 activity concentration in the Ljubljana waterworks was  $(0.87 \pm 0.08) \text{ kBq/m}^3$ .

The quarterly average H-3 activity concentration in the E1 borehole was  $1.9 \text{ kBq/m}^3$ , and the monthly average in the VOP-4 borehole  $3.6 \text{ kBq/m}^3$ . The highest value in the E1 borehole was found in the first quarter of the year,  $(2.3 \pm 0.2) \text{ kBq/m}^3$ , while the highest value in the VOP-4 borehole was recorded in April  $(13.7 \pm 1.8) \text{ kBq/m}^3$ . The largest liquid release of H-3 from the Krško NPP in 2015 occurred in Februar ( $6.1 \text{ TBq}$ ). The total annual release of H-3 in liquid discharges in 2015 was 36 % of the annual limit of  $45 \text{ TBq}$ .

The monthly average of Sr-90 activity concentration in the Krško pumping stations and the





waterworks was  $0.3 \text{ Bq/m}^3$ , while it was  $0.1 \text{ Bq/m}^3$  in the Brežice waterworks system. The highest activity concentration of Sr-90 ( $1.4 \pm 0.4 \text{ Bq/m}^3$ ) was measured in water sample from Spodnji Stari Grad in January. The measured activity concentration of Sr-90 in the Ljubljana waterworks in 2015 was below  $0.3 \text{ Bq/m}^3$ , while since 2002 it varied between  $0.4 \text{ Bq/m}^3$  and  $1.5 \text{ Bq/m}^3$ .

At the E1 borehole (inside the Krško NPP perimeter fence) an average annual Sr-90 activity concentration of  $0.3 \text{ Bq/m}^3$  was calculated. At Medsave and Šibice boreholes in Croatia the average monthly activity concentrations of Sr-90 were  $2.6$  and  $3 \text{ Bq/m}^3$ , respectively. None of the presented values deviates significantly from the data from previous years.

The Cs-137 and I-131 radionuclides were not detected, or they below the limit of quantification, in drinking water in any monthly and quarterly samples at any of the sampling points in Krško and Brežice.

The activity concentrations of the naturally occurring K-40 isotope were measured at all sampling points. At the Krško pumping station and in the waterworks of Brege, Rore and Spodnji Stari Grad, the average monthly activity concentration of K-40 was  $41 \text{ Bq/m}^3$ , while it was  $22 \text{ Bq/m}^3$  in the Brežice water supply system.

The monthly averages of U-238 are low at all sampling points in the Krško and Brežice waterworks, whereby the highest annual average was measured in Brežice and Rore at  $3.4 \text{ Bq/m}^3$ . The average month activity concentrations of Ra-226 in the same locations range from  $0.9 \text{ Bq/m}^3$  (Brežice waterworks) to  $2 \text{ Bq/m}^3$  (Krško waterworks). The activity concentration of Pb-210 ranged from  $1.8 \text{ Bq/m}^3$  in waterworks of Spodnji Stari Grad to  $6.5 \text{ Bq/m}^3$  in the water from Brege pumping station. The activity concentration of Pb-210 in Ljubljana was  $2.4 \text{ Bq/m}^3$ . The annual average for Ra-228 ranged from  $0.4 \text{ Bq/m}^3$  (Brežice pumping station) to  $1 \text{ Bq/m}^3$  in the Krško waterworks. The concentrations of Th-232 range from  $0.4 \text{ Bq/m}^3$  (Brežice) to  $1.5 \text{ Bq/m}^3$  in waterworks of Rore. Be-7 was occasionally detected at all pumping stations and waterworks in Krško and Brežice. The average monthly activity concentration of Be-7 ranged from  $5 \text{ Bq/m}^3$  in Brežice to  $5.9 \text{ Bq/m}^3$  in Krško waterworks.

### 3) Precipitation and dry fallout

The annual precipitation quantity in Krško, Brege and Dobova was comparable as in Ljubljana in 2015. In Krško-Brežice region the annual precipitation quantity was similar to long-term value, while in Ljubljana the annual precipitation quantity was 20 % lower than the long-term value. The most precipitation occurred in Ljubljana (1 106 mm). In Krško, Brege and Dobova the average amount of precipitation was 996 mm. The difference between them is 10 % at the most. In 2015 the most precipitation occurred in Brege, while the lowest precipitation quantity was recorded in Krško.

The activity concentrations of tritium in precipitation varies widely, so only activity concentration larger than  $2 \text{ kBq/m}^3$  could likely be attributed to the atmospheric discharges from the Krško NPP [38]. The activity concentration of H-3 in precipitation was larger than  $2 \text{ kBq/m}^3$  in Brege 6-times and in Krško three times in 2015, the same as in 2014. In Ljubljana the activity concentration of tritium in precipitation samples in 2015 ranged from  $0.5 \text{ kBq/m}^3$  to  $1.4 \text{ kBq/m}^3$ , in Brege from  $1 \text{ kBq/m}^3$  to  $4.3 \text{ kBq/m}^3$ , in Krško from  $0.9 \text{ kBq/m}^3$  to  $10 \text{ kBq/m}^3$ , and in Dobova from  $0.5 \text{ kBq/m}^3$  to  $3.4 \text{ kBq/m}^3$ . The monthly average activity concentration of H-3 at all sampling location in 2015 was comparable with previous years. The monthly average of H-3 activity concentrations in precipitation at Brege was  $2.3 \text{ kBq/m}^3$ , at Krško was  $2.3 \text{ kBq/m}^3$ , while at Dobova (reference location) and Ljubljana (control location) they were  $1.3 \text{ kBq/m}^3$  and  $1 \text{ kBq/m}^3$ , which follow the trends obtained for the last decade.

The highest atmospheric releases of tritium in 2015 occurred in April and May during the NPP refuelling outage. The tritium releases were higher than in 2014 but of the same order of magnitude since 2009.

The highest monthly fallout of H-3 was measured in Brege,  $450 \text{ Bq/m}^2$  in October. The long-term trend of the fallout of H-3 is similar for locations Ljubljana and Dobova, while it is different for



Brege and Krško. In 2015 the highest calculated fallout of H-3 at Krško and Brege coincide with the highest precipitation quantity in October.

From the measurement results it can be noticed that the activity concentration of Sr-90 in precipitation samples in Brege, Krško and Dobova show similar trends in 2015. The activity concentration of Sr-90 was highest in March, among them the highest activity concentration  $3.3 \text{ Bq/m}^3$  was recorded in Brege. The measured values of Sr-90 in precipitation samples from all locations were below the quantification limit in 80 % cases.

The correlation of the activity concentration of Sr-90 in precipitation samples from all locations with the precipitation quantity in 2015 is unlikely. The monthly measurements of the activity concentration of Sr-90 in precipitation samples cannot be looked for the correlation with the atmospheric discharges from the NPP. Namely, the measurements of Sr-90 in air at the source (stack) are carried out quarterly. The total atmospheric releases of Sr-90 from the NPP yielded  $1.5 \text{ kBq}$  in 2015 what is similar to the releases of Sr-90  $1.7 \text{ kBq}$  in 2014.

The values of the total monthly precipitation fallout of Sr-90 in individual locations range between zero and  $0.12 \text{ Bq/m}^2$  and do not indicate a correlation with the quantity of precipitation.

The highest Cs-137 activity concentration was found in the January sample from Brege,  $0.1 \text{ Bq/m}^3$ , while it was the highest for the sampling location in Ljubljana  $0.63 \text{ Bq/m}^3$  in November. Most of the primary measurement results were either below the quantification or detection limit.

The highest precipitation fallout values for Cs-137 were measured in 2015: in Ljubljana  $0.06 \text{ Bq/m}^2$  (May), in Dobova  $0.09 \text{ Bq/m}^2$  (January), in Brege  $0.11 \text{ Bq/m}^2$  (January), and in Krško  $0.05 \text{ Bq/m}^2$  (October). Against the year 2014 the Cs-137 fallout increased in Brege, decreased in Ljubljana and Krško, while in Dobova remained leveled in 2015.

#### 4) Air

Due to the NPP refuelling outage the atmospheric releases of some isotopes (H-3, C-14, I-131, Cs-137) were higher than in 2014. For instance, the tritium release yielded  $5.6 \text{ TBq}$ , while it was  $4 \text{ TBq}$  in 2014,  $6.2 \text{ TBq}$  in 2013,  $9 \text{ TBq}$  in 2012, and  $5 \text{ TBq}$  in 2011. On the other hand the atmospheric releases of Co-58, Co-60, Sr-90 were similar or lower than the total releases in 2014

Of the artificial radionuclides, only Cs-137 and Sr-90 were detected in aerosols in 2015, whereby these two radionuclides are present in the environment as a result of global contamination, while the contribution of the Krško NPP cannot be measured with respect to the model estimates [3]. The measured average annual activity concentrations of Cs-137 at individual measurements locations in the surroundings of the Krško NPP were at the level of the long-term mean  $1.3 \mu\text{Bq/m}^3$ . The measured values of Cs-137 are smaller than the values obtained from locations within the scope of the monitoring of radioactivity in the environment in the Republic of Slovenia.

Specific Sr-90 measurements took place only at Dobova (reference location), where the measured activity concentrations are low, namely between zero and  $1.2 \mu\text{Bq/m}^3$ . In 2015 the arithmetic average of three-months composite samples showed  $0.3 \mu\text{Bq/m}^3$ , while the long-term average is  $0.7 \mu\text{Bq/m}^3$ .

The activity concentration of radioactive iodine, I-131, in the air was below the detection limit in 2015 in all samples from charcoal filters (gas) and aerosol filters (particles), although the atmospheric releases of I-131 from the NPP yielded  $0.2 \text{ GBq}$  the highest value in the last decade.

The measurement results of aerosol samples from the surroundings of the Krško NPP indicate the presence of naturally occurring radionuclides at the same level as at other locations in Slovenia where measurements were performed within the scope of the national monitoring assessment. The values for Be-7 and Pb-210 correlate well at all measurement points in the surroundings of the Krško NPP and in Ljubljana, which is the control location, and partly also at other locations in Slovenia. In the case of other naturally occurring radionuclides (isotopes from the uranium and thorium decay chains and the radioactive potassium), the differences between the individual measurement points in



the surroundings of the Krško NPP are slightly larger, but nevertheless within the range of measurement uncertainty and expected variations, which is the result of resuspension on cultivated agricultural surfaces.

## 5) External Exposure to Radiation

### External radiation

The annual ambient equivalent dose of  $H^*(10)$  in the surroundings of the Krško NPP, which was measured using TL-dosimeters, ranges between 0.67 mSv and 1.07 mSv, whereby the average value was 0.83 mSv per year. The measured values at the Krško NPP perimeter fence were between 0.52 mSv and 0.64 mSv per year, whereby the average value was 0.6 mSv per year. The measurements using TL-dosimeters around Slovenia yielded an average value of the ambient equivalent dose of 0.9 mSv per year. The annual equivalent dose of external radiation in the last decade in the surroundings of the Krško NPP has on average statistically fluctuated by  $\pm 10\%$  within the range of measurement and mean uncertainty. Dosimeters in Croatia have in 2015 in terms of precision yielded the same average value as those in the surroundings of the Krško NPP 0.75 mSv.

The measurements of  $H^*(10)$  using 14 continuous radiation monitors MFM-203 around the NPP in 2015 yielded an average value of 0.81 mSv per year, which is 2 % lower than the value obtained using TL-dosimeters in the area. The values obtained by MFM range from 0.57 mSv to 1.1 mSv. The average annual environmental equivalent dose of  $H^*(10)$  using continuous 44 radiation monitors MFM-203 (under control of the SNSA) in Slovenia was 0.83 mSv per year, which is 7 % less than the value obtained using TL-dosimeters in Slovenia. The annual average  $H^*(10)$  of 0.97 mSv obtained by 17 MFM radiation monitors managed by SNSA (subgroup Slovenian Environment Agency (SEA)) is 20 % higher than that obtained by TLD in Slovenia.

### Soil

The measurements of soil samples have shown besides natural radioactivity only the presence of globally spread artificial isotopes of Cs-137 and Sr-90. The specific activities of Cs-137 in soil range from 1.2 Bq/kg at the depth of 5–10 cm at Kusova Vrbina to 69 Bq/kg at the depth of 5–10 cm in uncultivated soil at Gmajnice. The specific activities of Cs-137 at all sampling locations are widely scattered. The Cs-137 values show larger dispersion than those of the Sr-90. This can be explained by different migration process of atoms of Cs-137 and Sr-90 through the soil. The specific activity of Cs-137 is the smallest at Kusova Vrbina (flood region). The specific activities of Cs-137 at depths larger than 10 cm in Gmajnice (uncultivated soil) and in Amerika are comparable with each other regarding the data scattering. On the other hand the specific activities of Cs-137 measured in uncultivated soil samples in Gmajnice taken at shallower depths show twice higher values than in Amerika.

The specific activities of Sr-90 in 2015 are within the range from 0.12 Bq/kg at Kusova Vrbina at the depth of 10–15 cm to 0.93 Bq/kg at the depth of 10–15 cm in uncultivated soil at Amerika. At depths down to 5 cm the specific activities of Sr-90 vary widely for all locations, while at greater depths the similar specific activities were measured (to the extent of data variation). The observed specific activities of Sr-90 in 2015 at Kusova Vrbina are lower than in previous years, what can likely be attributed to the soil wash out, since the location is placed in flood region.

The average fallout of Cs-137 (down to the depth of 15 cm) measured in 2015 at Gmajnice, Kusova Vrbina and Amerika was 5.6 kBq/m<sup>2</sup>, 0.31 kBq/m<sup>2</sup> and 4.3 kBq/m<sup>2</sup>, respectively. These values are comparable (to the extent of data variation) to the fallout down to the depth of 15 cm, which is determined within the scope of monitoring of radioactivity in the environment in Slovenia in 2015 (Ljubljana: 8.4 kBq/m<sup>2</sup>, Kobarid: 7.1 kBq/m<sup>2</sup> and Murska Sobota: 2.8 kBq/m<sup>2</sup>). The calculated Sr-90 fallout values for the soil sampling locations in the surroundings of the Krško NPP that range from 0.032 kBq/m<sup>2</sup> at Kusova Vrbina to 0.1 kBq/m<sup>2</sup> at Amerika are comparable with the results obtained elsewhere in Slovenia where they range from 0.12 kBq/m<sup>2</sup> at Murska Sobota to 0.25 kBq/m<sup>2</sup> at Kobarid.



The results of measurements of the concentrations of naturally occurring radionuclides in the soil (K-40, U-238, Ra-226, Ra-228, and Th-228) correspond to the average concentrations listed by the UNSCEAR for the countries in Southern Europe. The measurements have not shown any dependency between radionuclide specific activities and the depth, with the exception of Pb-210 (higher specific activity at the surface is the result of atmospheric washout). Similar is true of Be-7.

## 6) Food

In 2015 the only artificial radionuclides detected in the food samples were Cs-137 and Sr-90. In the scope of the monitoring of radioactivity around the NPP Krško in 2015, Cs-137 was detected in all kinds of food sampled in Krško-Brežice region. Similarly, the Cs-137 was also detected in all food samples collected from various places in Slovenia within the scope of monitoring of radioactivity in the environment in Slovenia in 2015.

The average specific activity of Cs-137 in food from the Krško NPP surroundings in 2015 was from 0 Bq/kg to 0.2 Bq/kg, which is the same as the value obtained for food sampled in Slovenia from 0.01 to 0.5 Bq/kg. The highest Cs-137 specific activity of 0.2 Bq/kg was detected in black radish sampled in Vrbinja, while the highest specific activity of Cs-137 /kg in food sampled in Slovenia was detected 0.5 Bq/kg in beef (Tolmin), while we did not take into account Cs-137 specific activities detected in wild fruits and meat sampled in Slovenia. These measurements yielded Cs-137 specific activities 15 Bq/kg in blueberries, 338 Bq/kg in mushrooms and 40 Bq/kg in wild boar.

The specific activity of Sr-90 in food in 2015 was from 0 Bq/kg to 0.38 Bq/kg, while in Slovenia it was from 0 Bq/kg to 2.35 Bq/kg. The highest specific activity of Sr-90 around the NPP Krško was found in barley 0.38 Bq/kg. In Slovenia apart from the Krško the highest specific activity of Sr-90 was measured in poultry from Ptuj, 2.35 Bq/kg.

The specific activities of naturally occurring radionuclides were determined for food, whereby the values obtained were as follows: from 29 Bq/kg to 427 Bq/kg for K-40, with the highest value found in bean –  $(427 \pm 13)$  Bq/kg, from zero to 3.5 Bq/kg for Pb-210, whereby the highest specific activity was found in elder tree  $(3.5 \pm 0.2)$  Bq/kg; from zero to 0.5 Bq/kg for U-238; from zero to 0.51 Bq/kg for Ra-226; from zero to 0.56 Bq/kg for Ra-228; from zero to 0.37 Bq/kg for Th-228; and from zero to 31 Bq/kg for Be-7.

The specific activity of C-14 in the surroundings of the Krško NPP was measured in apples, wheat, barley, rape, grass and corn (maize), namely in July and in September. The average specific activity of C-14 in the foodstuffs sampled near the NPP fence perimeter was 245 Bq/kg C, in the near vicinity of the NPP 238 Bq/kg C, while it was 229 Bq/kg C at the reference point in Dobova.

## DISCUSSION

### Artificial radionuclides (H-3, Cs-137, Sr-90)

The data from liquid effluent measurements show that liquid H-3 effluents in 2015 (16.3 TBq) were 36 % of the activity limit for H-3 (45 TBq per year), and comparable with the long-term average of 12 TBq (from 1999 to 2014). The highest monthly release of H-3 was 6.1 TBq, which occurred in February.

The calculations of the incremental increase of H-3 activity concentration based on the data on the releases of H-3 in liquid effluent show good correlation with the measurement data from the Sava River in Brežice both in terms of magnitude and time dependence, whereby the measured monthly average H-3 activity concentration increment at the Brežice sampling location due to the Krško NPP influence was  $(4.25 \pm 0.13)$  kBq/m<sup>3</sup>, which is comparable to previous years (2012, 2013). The estimated dilution ratio in Brežice was  $(1.5 \pm 0.5)$ , what is similar than a long-term average of 1.3.

The direct correlation between H-3 releases and H-3 activity concentration in the groundwater in 2015 is evident in the data from the VOP-4 borehole (time lag of one month) and Medsave borehole, where the



highest measured values coincide with the more extensive releases from Krško NPP. The average annual H-3 activity concentration in the VOP-4 borehole was  $3.6 \text{ kBq/m}^3$ . Before the NPP refuelling outage in April, the activity concentration of tritium in the VOP-4 borehole was the highest, namely  $13.7 \text{ kBq/m}^3$  – the sampling period is shifted by one month related to the discharges. The activity concentration of H-3 in the Medsave borehole in Croatia was also noticeably elevated, whereby the highest measured activity concentration of  $(4.1 \pm 0.8) \text{ kBq/m}^3$  was measured in March. The measured average annual concentrations of H-3 in the water from other pumping stations, waterworks and boreholes were directly comparable with the long-term averages. The highest monthly H-3 activity concentration was  $(2.2 \pm 0.3) \text{ kBq/m}^3$  in Brege pumping station in September. The trend of H-3 activity concentration in Brege pumping station shows a possible correlation with the atmospheric fallout, more than with the liquid discharges, meaning that the influence of the Krško NPP on drinking water can not be ruled out. However, the contribution of H-3 to the total annual effective dose due to drinking water is negligibly small.

Short-lived I-131 is occasionally present in the liquid effluents from the Krško NPP. In 2015 its total activity in liquid discharges was 2.2 MBq. The measured concentrations in the Sava River in Brežice are similar or even smaller than those measured in other rivers in Slovenia due to the medical use of I-131, thus the effect of the NPP Krško is indeterminable. I-131 was not detected in water samples from waterworks and pumping stations in Krško-Brežice region.

The annual liquid discharge of Cs-137 was 1.1 MBq and is higher than in 2014 (0,4 MBq) and lower than in 2013 (2,4 MBq). We estimated the increase of Cs-137 activity concentration in Brežice to  $4 \text{ E-}04 \text{ Bq/m}^3$  due to the Krško NPP influence. The estimation is based on the data on the releases of Cs-137 in liquid effluent and the dilution ratio in Brežice 1.5. The increase of Cs-137 activity concentration in Brežice is much below the detection limit of  $0.1 \text{ Bq/m}^3$ .

The maximum monthly average specific activity of Cs-137 in sediments was in Krško. From the results it is evident that the cesium in sediment systematically decreases at all locations over the years. This is related to the decay of the isotope (from the global contamination), and at the same time to washing off the bottom sediment.

The specific activity of Cs-137 in fish was  $< 0.1 \text{ Bq/kg}$  at all locations (to the extent of data variation). Considering the concentration of Cs-137 in unfiltered river water  $\sim 0.1 \text{ Bq/m}^3$  and the bioaccumulation factor  $2.0 \text{ m}^3/\text{kg}$ , the expected specific activity of Cs-137 in fish would be  $0.2 \text{ Bq/kg}$ . It is unlikely that the measured specific activity of Cs-137 in fish could be attributed to the NPP's liquid discharges.

The radioactive isotope of Strontium, Sr-90 is also regularly presented in liquid effluents from the NPP. In 2015 its total activity in liquid discharges was 0.08 MBq that is lower than in 2014 (0.16 MBq). The Sr-90 activities are several times lower than those of Cs-137. It emerges from the measurement results that the Sr-90 is dissolved in the water. The range of the activity concentration values of Sr-90 in Sava River are similar to previous years from the point of view of data variation. We note also that the specific activity of Sr-90 in fish, which could be due to the effect of the NPP, is indeterminable. The average specific activities of Sr-90 ranged from  $0.2 \text{ Bq/kg}$  to  $0.3 \text{ Bq/kg}$  in 2015.

Since these radionuclides are part of the global contamination, they are present everywhere on Earth's surface and we cannot directly prove their origin. However, our measurements in the Sava River cannot establish the presence of Cs-137 or Sr-90 that originate from the Krško NPP. Measurements in recent years have shown a trend of decreasing values, which is simply the consequence of radioactive decay of radionuclides.

The effects of liquid Cs-137 and Sr-90 emissions in 2015 on drinking water in the surroundings of the Krško NPP could not be detected.

The trend of decreasing H-3 average annual activity concentration continues and is particularly evident for the control location in Ljubljana. The decreasing activity concentration of tritium in the atmosphere is the result of the decay of anthropogenic tritium from the period of above-ground nuclear tests and its deposition in the oceans and surface-running waters. The values and trends are comparable with the results from Vienna, Zagreb and other nearby cities. While Dobova follows the control values rather well, we are observing an irregular pattern at Krško and Brege. The highest increment of H-3 is observed at



Brege.

Seasonal fluctuations of tritium in precipitation calculated for Ljubljana and for three locations in the vicinity of the NPP can be evaluated with the directional coefficients of the correlations and correlation coefficient between the precipitation quantity and the monthly fallouts. Significant differences between the directional coefficients for winter and summer confirm different behavior or different mechanisms for the formation and transport of tritium from the atmosphere to the Earth in the form of precipitation. The higher the directional coefficient, the more tritium from the atmosphere is washed down. In the summer these coefficients are higher than in winter, which means that the transport of tritium from the atmosphere to the Earth surface is more efficient in summer than in winter. Directional coefficients are larger for sampling sites at Brege and Krško. Pearson's correlation coefficient indicates that these correlations in Brege and Krško are higher than in Ljubljana, and in Dobova in winter.

While tritium is practically the only radionuclide that can – in the surroundings of the Krško NPP – be attributed partly to the releases from the nuclear power plant, we (still) do not have (reproducible) stable natural values again on the global scale and the situation in terms of other radionuclides is slightly different. In general, we can say that the situation in Ljubljana and in the surroundings of the Krško NPP are rather similar with the ratios between radionuclides being practically the same, which means that the measured radionuclides can in general not be attributed to the nuclear power plant.

A model calculation shows that, even in the case of the highest calculated monthly activity concentration the calculated average concentrations of Cs-137 are several orders of magnitude beneath the guideline value  $1.3 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ , which is achieved in the aerosol measurements. We can conclude from the above that the measured average monthly concentrations of Cs-137 of a few  $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$  on aerosol filters in the surroundings of the Krško NPP are not the result of releases from the Krško NPP but rather of the resuspension of Cs-137 from soil, which is the result of the Chernobyl accident and nuclear tests performed in the 50s and 60s of the previous century.

The measured specific activities of Cs-137 and Sr-90 in food are the result of the presence of the mentioned radionuclides in soil and partly of the fallout deposition on vegetation during growth. Specific activities fluctuate from year to year, however, following the Chernobyl accident, they are decreasing and are already at the level prior to the accident in certain types of food (e.g. milk). A comparison of values from the Krško NPP surroundings and those from other parts of Slovenia shows that the concentrations of Cs-137 and Sr-90 in food of animal origin are in some places even higher than in the Krško NPP surroundings. The highest measured specific activity of Cs-137 was  $(0.2 \pm 0.01) \text{ Bq}/\text{kg}$  in black radish from the Krško NPP surroundings.

### External radiation

The external radiation measurements in Slovenia are in all cases characterised by pronounced decreases in the annual ambient dose equivalent, primarily in the initial years following the Chernobyl accident (1986). The cause is the decay of short-lived gamma emitters, which initially contributed the most to external radiation, as well as the penetration of Cs-137 deeper into the soil. Over the last fifteen years when there was only Cs-137 present in the environment, the decrease can be attributed to the radioactive decay of Cs-137 (its activity is decreasing by 2.3 % per year). The contribution of Cs-137 to the annual ambient dose equivalent can be estimated at 0.13 mSv, which 1.6-times higher than the contribution of Cs-137 to the annual ambient dose equivalent from soil for the location of Gmajnice, which is 0.08 mSv.

From 1992 to 2015, the average annual ambient dose equivalents in Slovenia were higher than those in the surroundings of the Krško NPP. The reason is most probably in the greater variety of locations in the radioactivity monitoring in the Republic of Slovenia, which also includes locations where the configuration of the land, composition of the soil and higher elevation lead to higher radiation levels. The average annual ambient dose equivalent in the surroundings of the Krško NPP is currently 38 % higher than the one at the perimeter fence of the Krško NPP. We attribute the difference to gravel surface (removed layer of soil) and the shielding effects of the buildings as well as the paved surfaces inside the Krško NPP perimeter fence, all of which mitigate the radiation of naturally occurring isotopes from the soil. The direct effect of radiation from the power plant facilities at the perimeter fence is not measurable.



The values of annual TLD doses in Croatia were systematically higher than those in Slovenia in the past. In 2010 changes were made to the majority of microlocations, or the dosimeters were relocated to more suitable locations. The average annual ambient dose equivalent measured using the TLD in Croatia has thus since 2010 correlated with the one measured using the TLD in the surroundings of the Krško NPP, and is also not systematically deviating from the doses measured around Slovenia.

Soil sampling is carried out on flood plains, therefore depositions from air and flooding are possible exposure pathways by way of which the releases from the Krško NPP can reach sampling locations. The Cs-137 fallout values down to the depth of 30 cm are scattered significantly which indicates special features of the microlocation where the sampling took place, the inhomogeneous deposition, as well as the exposure to floodings (Kusova Vrbina). A possible explanation for this could be the more complex mechanism of deposited material migration at the microlocation as there is obviously no correlation between measurements even on sampling locations that are very close to one another. One of the possible causes could also be the effect of the direction of the water movement in the soil that can significantly change the expected distribution of radionuclides in soil even in locations that are close to one another. In all locations there is a noticeable decrease of fallout over the last years, the most pronounced is in Kusova Vrbina. In America in the last 5 years, the decrease of fallout practically stopped, while in Gmajnice the data variation indicate an inhomogeneous distribution of the fallout.

### **Naturally occurring radionuclides**

Measured activities of naturally occurring radionuclides (uranium and thorium decay series, K-40, Be-7) do not differ significantly from values measured in other parts of Slovenia and values provided in the literature. This applies to the Sava River, waterworks, fallout, air and food. Also, the measured values are comparable with values from previous years.

### **C-14**

C-14 is a cosmogenic radionuclide, but is also present in the atmospheric and liquid releases of the Krško NPP and contributes to the increase in C-14 activity concentration in the air and Sava River.

C-14 is incorporated in vegetation and thus enters the food chain. Measurements of food samples (comparison of samples from the Krško NPP surroundings and samples from Dobova) have shown in the past years that the additional C-14 from the Krško NPP increases the specific activity in vegetation primarily when the NPP refuelling outage takes place just before or during the vegetation period.

In the year 2015 the specific activity of C-14 in the surroundings of the Krško NPP was measured in apples, wheat, barley, rape, grass and corn (maize), namely in July and in September. The arithmetic average specific activity of C-14 in the foodstuff sampled by the fence perimeter was (245; 4) Bq/kg C, (238; 2) Bq/kg C in the near vicinity of the NPP, while it was (229; 2) Bq/kg C at the reference point in Dobova.

In 2013 the Krško NPP initiated regular C-14 activity concentration measurements in composite quarterly samples of liquid effluents. The measurements are carried out by Rudjer Bošković Institute. Due to the presence of the cosmogenic C-14 in the environment, the contribution of the NPP in the environment is indistinguishable from the background radiation of C-14, like at Krško (before the ESW discharge) 15 Bq/m<sup>3</sup>. The estimated total activity of C-14 in liquid discharges in 2015 was 1.2 GBq which is lower than in 2014 (1.7 GBq), higher than in 2013 (0.85 GBq), but similar to earlier estimations of 1.1 GBq and 2 GBq for 2010 and 2011, respectively.

## **DOSE ESTIMATE**

### **Liquid effluents**

During normal operation of the NPP, the concentrations of released radionuclides in the environment are well below the detection limits. Therefore, the influence on the population and the environment can be



evaluated only indirectly from the data on the released liquid and atmospheric effluents. The exposure of the population can be estimated using models which describe the spreading of radionuclides in the environment via various exposure pathways.

A model has been developed for liquid effluents, which takes into account as the reference population a group of fishermen (and their children) fishing 350 m downstream of the Krško NPP dam, spending a certain amount of time at the riverbank and eating fish from the Sava River. This year also C-14 was included in the inventory of radionuclides used as the input for model calculation, as it was measured in liquid discharges in 2013. The model calculation, which takes into account liquid effluents, the annual river discharges into the Sava River and other particularities of the reference group, has shown that the highest effective dose for an adult due to the liquid effluents discharged into the Sava River in 2015 in Brežice was 3 E-5 mSv per year (while spending time at the riverbank and including the ingestion of fish). At the reference point 350 m downstream from the NPP dam the calculated effective dose for an adult was 6 E-5 mSv per year, what is by an order of magnitude lower than in 2013 and 2014, and by an order of magnitude higher than in previous years due to the contribution of C-14. It is absolutely necessary to note that bioaccumulation factors of C-14 for fish reported in literature varies significantly, therefore this estimate should be treated conservative. In the dose assessments for the years 2013 and 2014 a bioaccumulation factor of C-14 50 m<sup>3</sup>/kg was used, while for 2015 a value 2,41 m<sup>3</sup>/kg was used to calculate the C-14 specific activity in fish due to the liquid releases from the NPP.

The highest contribution to the total effective dose due to the liquid releases from the NPP calculated at the reference point 350 m downstream from the NPP dam is caused by C-14 (78 %) , whereby the dominant exposure pathways is a fish ingestion. Other relevant contributors are Co-58 and Co-60 (for external exposure, 97 % of the total dose). In case of drinking the water from Sava River, which is a highly improbable exposure pathway, the contribution of H-3 would be dominant.

### Atmospheric releases

In the evaluation of the dose contribution of atmospheric releases, the following groups of radionuclides are taken into account:

- **noble gasses**, which only cause external exposure and are important contributors to external exposure in case of a radioactive cloud immersion or submersion;
- **pure beta emitters** such as **H-3 and C-14**, which are biologically important as they get built into the body mostly during inhalation (H-3, C-14), and ingestion (C-14);
- **beta/gamma emitters** present in aerosols (Co, Cs, Sr etc.) with the following exposure pathways: inhalation, external radiation from fallout, and ingestion of radionuclides deposited on vegetation;
- **Iodine isotopes** in different physical and chemical forms, which are important contributors through inhalation exposure in case of inhalation in a radioactive cloud and due to their entry into the body through the ingestion of milk.

**Table A1:** Exposure of the population to radiation (adult person) in the Spodnji Stari Grad locality due to atmospheric releases from the Krško NPP in 2015

Exposure type	Exposure pathway	Most significant radionuclides	Annual effective dose (mSv)
external	– cloud immersion – groundshine	– noble gases (Ar-41, Xe isotopes) – aerosols (I and Co isotopes, Cs-137)	8.2 E-7 7.1 E-12
inhalation	radioactive cloud	H-3, C-14, I-131, I-132, I-133	4.2 E-6
ingestion	vegetal food	C-14	0





**Table A2:** Exposure of the population to radiation (adult person) at the Krško NPP fence due to atmospheric releases from the Krško NPP in 2015

Exposure type	Exposure pathway	Most significant radionuclides	Annual effective dose (mSv)
external	– cloud immersion – groundshine	– noble gases (Ar-41, Xe isotopes) – aerosols (I and Co isotopes, Cs-137)	9.8 E–7 5.9 E–11
inhalation	radioactive cloud	H-3, C-14, I-131, I-132, I-133	1.6 E–5
ingestion	vegetal food	C-14	1.0 E–4

Tables A1 and A2 show the evaluation of emissions using a model calculation of dilution factors in the atmosphere for 2015 and for individual groups of radionuclides for the most important exposure pathways for the member of the public (adult person) in Spodnji Stari Grad and at the NPP fence, respectively. It is required by law that the authorized limit 50  $\mu\text{Sv}$  at the border of the restricted protective zone (500 m from the reactor axis) and beyond must not be exceeded. It is evident from the data represented in Tables A1 and A2 that the sum of all contributions to the annual committed effective dose at both locations are negligible (less than 0.23 % of the 50  $\mu\text{Sv}$ ).

Since 2007, the evaluation of dilution factors for external radiation from the radioactive cloud and inhalation is performed with the Lagrange model (more realistic, considers the terrain specifics and a larger number of meteorological variables). Up to 2010, the contribution of radiation from fallout was estimated using the Gauss model, while after 2011 the Lagrange model is also being used for the same purpose [3]. The estimate for air immersion in 2015 is higher in comparison with previous years, and the estimate for inhalation is comparable with previous years.

The measurements of C-14 in 2015 were carried out on samples of apples, wheat, barley, rape, grass and corn (maize), namely in July and in September at the Ruđer Bošković Institute in Zagreb. The estimated increment of annual effective dose caused by ingestion of C-14 in the vicinity of the NPP (distances up to 1 km from the reactor axis) was 0.1  $\mu\text{Sv}$  with regards to the reference point in Dobova, where natural specific activity of C-14 was detected.

In the calculation of the effective dose received by the C-14 in the Krško NPP surroundings, we conservatively assumed that residents consume food at the fence perimeter two months per year, while in other 10 months they consume food from elsewhere (Dobova). It follows that, even in the case of calculation of the effective dose of C-14, it is assumed that residents consume food produced in Krško-Brežice field (from the fence perimeter to Dobova). The difference between the calculation of the dose due to the C-14 and the dose due to the other radionuclides presented in food is, that in the case of the C-14 we take into account a weighted average of specific activities of C-14 from all location, while such an approach is impossible for other radionuclides due to the different sampling strategies. The effective dose obtained for C-14 refers to the food in general and not to a specific type of food, since the specific activities of the C-14 (Bq/kg C) in various foods are not different. The ratio of C-14 and C-12 isotopes is constant in all organisms and reflects the ratio of the isotopes in the atmosphere. In the case of man-made releases of C-14, the ratio of C-14 and C-12 atoms in the atmosphere, as well as in biota may change, because the C-14 atoms would replace C-12 atoms in organic molecules.

**We find that all of the population exposure pathways were negligible in comparison with exposure to natural sources of radiation, dose limits and authorised limits.**

### Natural radiation

Measurements of the external exposure in the surroundings of the Krško NPP in 2015 confirmed the findings from the past, that we are dealing with a typical natural environment present elsewhere in Slovenia and the world. The annual ambient dose equivalent of  $H^*(10)$  due to gamma radiation and the



ionizing component of cosmic radiation in the vicinity of the Krško NPP amounted on average to 0.83 mSv per year in the open. In dwellings, the annual effective dose was estimated at 0.83 mSv per year. We need to add to this value the contribution of  $H^*(10)$  of the neutron component of cosmic radiation, which amounts to 0.10 mSv per year for the area of the Krško NPP. The total external radiation dose of  $H^*(10)$  in the vicinity of the Krško NPP thus amounted to 0.93 mSv per year in 2015. The corresponding annual effective dose  $E$  (using conversion factors from the publication entitled Radiation Protection 106, EC, 1999) is 0.78 mSv per year, which is lower than the data for the average worldwide value.

The measurements of natural radionuclide concentrations in foodstuffs yielded values comparable to the average worldwide data, which is why the conclusions of UNSCEAR 2000 have been adopted for the estimation of the effective ingestion dose.

Individual contributions to the natural radiation dose are shown in Table B. The total annual effective dose was estimated at 2.37 mSv per year, which is slightly lower than the average worldwide value of 2.4 mSv per year.

### Comparison with previous years

In Table C the individual contributions to annual effective dose for adult at the fence perimeter due the releases from the Krško NPP in 2015. If the values of atmospheric and liquid emissions are added, one can find that the influence of the Krško NPP via atmospheric and liquid discharges on the population are well below the authorized limit. However, we must emphasise that contributions are related to different population groups and the sum is therefore only a rough estimate of the annual effective dose.

The sum of the of estimated annual effective doses for adult person at the fence perimeter had decreased from 2005 to 2011. In 2012 it was slightly higher because of the releases prior to and after the refuelling outage and because of the effect on the food chain during the vegetation period (C-14), but nevertheless they were by two orders of magnitude below the authorised limit. Also in the years 2013-2014 an increase of the sum can be observed, which can solely be attributed to the contribution of C-14 in liquid discharges (not considered in previous years). In 2015 the methodology for calculating the C-14 content in fish due to the NPP liquid releases was modified, therefore the C-14 contribution to the total effective dose is lower than in 2013 and 2014. Consequently, the sum of the of estimated annual effective doses for adult person at the fence perimeter in 2015 is lower than in 2014, but comparable with the values obtained for 2007-2009. When comparing contributions by individual years, it must be taken into account that, since 2007, the Lagrange model has been used for the calculation of the immersion dose and inhalation dose. The Lagrange model typically yields lower dose values. Also, until 2006, the contribution of the C-14 ingestion dose (from atmospheric releases) was estimated based on the releases and data from similar nuclear power plants.

### Chernobyl contamination, nuclear weapons tests and the Fukushima accident

In 2015, similarly as in previous years, Cs-137 and Sr-90 originating from the Chernobyl nuclear accident and nuclear test explosions were the only two anthropogenic radionuclides in soil that could be measured. Other isotopes that were emitted into the atmosphere after the accident at the Fukushima nuclear power plant in Japan could no longer be detected in 2014.

The contribution of Cs-137 to the external radiation was estimated to be between below 0.04 mSv per year, which is less than 4 % of the average annual external natural radiation dose in the vicinity of the Krško NPP. The values are comparable to previous estimates.

The committed effective dose to an adult due to the inhalation of radionuclides resulting from global contamination is estimated to be 0.9 nSv per year.

Traces of Cs-137 and Sr-90 resulting from nuclear tests and the Chernobyl accident were measured in individual food categories. The effective dose due to ingestion of such food was estimated at (0.1; 0,01)  $\mu$ Sv per year for Cs-137 and at (0.6;0,06)  $\mu$ Sv per year for Sr-90 in 2015, which amounts in total to some 1.0 % of the annual effective dose due to the presence of naturally occurring radionuclides



in foodstuffs (excluding K-40). The estimated dose is comparable to the doses from previous years.

**Table B:** Effective doses from natural sources of radiation in the surroundings of the Krško NPP in 2015

Source	Annual effective dose (mSv)
– gamma radiation and the directly ionizing component of cosmic radiation <sup>#</sup>	0.70
– neutron component of cosmic radiation [50]	0.1
Ingestion (K, U, Th) ([50], effective dose)	0.27
Inhalation (short-lived daughters of Rn-222, effective dose) <sup>##</sup>	1.3
<b>Total</b>	<b>2.37</b>

**Note:** <sup>#</sup> Estimate of the effective dose of external radiation from the ambient equivalent dose of  $H^*(10)$  using the conversion factor  $E/H^*(10) = 0.84$  for 600 keV photons (Radiation Protection 106, EC, 1999). Conversion factors in the 100 keV to 6 MeV energy range are between 0.84 and 0.89.

<sup>##</sup> A typical contribution of radon short-lived daughter isotopes to the effective dose was discussed in the report for 2000 (IJS-DP-8340, #3, page 7).

**Table C:** Summary of the annual exposure of the population in the surroundings of the Krško NPP in 2015

Source	Exposure pathway	Annual effective dose (mSv)
natural radiation	- gamma radiation and the directly ionizing component of cosmic radiation	0.70 <sup>**</sup>
	- neutron component of cosmic radiation	0.1
	ingestion (K, U, Th)	0.27
	inhalation (Rn-222 short-lived daughters)	1.30
	<b>Total</b>	<b>2.37</b>
Krško NPP - direct radiation at the fence of the Krško NPP	direct irradiation from the Krško NPP buildings	indeterminable
Krško NPP atmospheric releases* (at the fence of the Krško NPP)	- external dose (air immersion)	9.8E-7
	- groundshine (I and Co isotopes, Cs-137)	5.9E-11
	- inhalation (H-3, C-14)	1.6E-5
	- ingestion (C-14)	1.0E-4
Krško NPP Liquid effluent (Sava)*	- reference group 350 m downstream from the NPP dam	6.0 E-5
	- adult in Brežice	3.0 E-5
Chernobyl accident, nuclear-weapons tests	- external dose <sup>**</sup>	< 0.04 <sup>***</sup>
	- ingestion	7E-4
	- inhalation	9E-7

\* The total sum of contributions of the Krško NPP is not given, since the contributions are not necessarily additive and the population groups are not the same.

<sup>\*\*</sup> Estimate of the effective dose of external radiation from the ambient equivalent dose of  $H^*(10)$  using the conversion factor  $E/H^*(10) = 0.84$  for 600 keV photons (Radiation Protection 106, EC, 1999).

<sup>\*\*\*</sup> This estimate is not based on the assumption that a person spends 20 % of the time in the open, and that the shielding factor in the house is 0.1.



## CONCLUSIONS

The summary of the results for the exposure of the population in the surroundings of the Krško NPP for 2015 is presented in Table C, where the contributions of natural radiation, the effects of the Krško NPP (at the fence for atmospheric discharges and at 350 m downstream for liquid discharges), the effects of the Chernobyl contamination and nuclear weapons tests are listed.

- **in 2015, the radiation effects of the Krško NPP on the population in the immediate surroundings, determined at the fence for atmospheric discharges and at 350 m downstream for liquid discharges, were estimated at less than 0.18  $\mu$ Sv per year;**
- the estimated value is small compared to the two authorized dose limits for the population in the surroundings of the Krško NPP (effective dose of 50  $\mu$ Sv per year at a distance of 500 m (NPP fence) for all contributions via all exposure pathways and external radiation dose of 200  $\mu$ Sv per year at the perimeter fence of the Krško NPP);
- **the estimated value of radiation effects of the Krško NPP is approximately 0.008 % of the characteristic unavoidable background radiation.**



## NEODVISNI NADZOR POOBLAŠČENIH IZVAJALCEV

### POVZETEK

*Opravljen je bil pregled rezultatov meritev iz programa neodvisnega nadzora obratovalnega nadzora med laboratoriji NEK, IJS in ZVD za leto 2015. Primerjava je bila opravljena za izbrane emisijske vzorce tekočinskih izpustov iz odpadnih merilnih rezervoarjev WMT in plinastih izpustov iz dimnika izza RM-24 ter za vzorce iz okolja (imisije) – meritve enkratnih vzorcev savske vode in sedimentov na lokacijah Krško in Brežice. Glede na kompleksnost postopkov vzorčenja, priprave vzorcev in meritev lahko ocenimo, da so ujemanja med sodelujočimi laboratoriji zadovoljiva, saj gre pri tej primerjavi za obravnavo različnih realnih vzorcev, ki so bili sicer odvzeti na istem mestu ob istem času, vendar po različnih postopkih vzorčenja, priprave vzorcev in meritev. Za izboljšanje kakovosti primerjav predlagamo, da bi v okviru neodvisnega merilnega nadzora obe sodelujoči instituciji (IJS in ZVD) izmerili tudi specifične aktivnosti istih vzorcev sedimenta, saj lahko le tako ocenimo vpliv vzorčenja na končni rezultat. Poleg tega predlagamo, da bi pri neodvisnem nadzoru meritev vsebnosti umetnih radionuklidov v vzorcih WMT sočasno sodelovali obe neodvisni instituciji – IJS in ZVD, saj so edini vodni vzorci, ki vsebujejo merljive vsebnosti umetnih radionuklidov.*

### UVOD

Na podlagi sklepov verifikacijske komisije po 35. členu pogodbe EURATOM iz leta 2007 in v skladu z Zakonom o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (Ur. l. RS 102/04, ZVISJV-UPB2) [8] in Pravilnikom o monitoringu radioaktivnosti (JV10) (Ur. l. RS 20/07) [9] se izvaja neodvisni nadzor meritev obratovalnega nadzora NE Krško, ki ga razpiše in vodi upravni organ (URJSV). Namen je zagotoviti neodvisno preverjanje obratovalnega nadzora. Neodvisnost preverjanja je zagotovljena s tem, da izvajalec, ki izvaja meritve v sklopu obratovalnega nadzora, ne more izvajati enakih meritev v okviru neodvisnega nadzora. Projektna naloga *Neodvisni nadzor obratovalnega monitoringa NE Krško za leto 2015* obsega tri sklope. Sklopa 1 in 2 obravnavata emisije, medtem ko sklop 3 obravnava primerjavo vzorčenja in meritev vzorcev iz okolja (imisijske meritve). Program meritev v vseh treh sklopih je prikazan v tabelah 1–3.

V letu 2015 je URJSV obema izvajalcema neodvisnega nadzora (IJS in ZVD) poslala vabilo za oddajo ponudbe za izvedbo javnega naročila *"Neodvisni nadzor obratovalnega monitoringa NE Krško za leto 2015"* šele 6. maja 2015. Zaradi tega neodvisni nadzor ni bil v celoti izveden na predpisan način, saj sta bila prva dva vzorca vode iz odpadnih merilnih rezervoarjev (WMT) predana izvajalcu 18. 6. 2015, kar ni bilo v času vzorčenja (26. 3. in 4. 6. 2015), prva dva vzorca plinastih izpustov NEK iz glavnega izpuha izza RM-24 v marcu in aprilu 2015 pa je neodvisni izvajalec izmeril predčasno, pred objavo javnega naročila in pred podpisom pogodbe.

V letu 2015 sta pri neodvisnem nadzoru emisij NEK – tekočinskih izpustov iz odpadnih merilnih rezervoarjev (WMT) sodelovala laboratorija NEK kot izvajalec obratovalnega nadzora in IJS kot izvajalec neodvisnega nadzora. Meritve vsebnosti tritija v teh vzorcih je izvedel IJS, Odsek O-2. V skladu s pogodbo in pripadajočo projektno nalogo mora odzemet vzorcev za redne meritve NEK in neodvisni nadzor potekati istočasno pod nadzorstvom predstavnika URJSV v vnaprej dogovorjenih terminih, vzorčevalec IJS pa tedaj prevzame vzorce v NEK. Oba izvajalca IJS in NEK nato opravita meritve prevzetih vzorcev po svojih postopkih.

Pri neodvisnem nadzoru emisij – plinastih izpustov NEK iz glavnega izpuha izza RM-24 sta v letu 2015 sodelovala laboratorija IJS kot izvajalec obratovalnega nadzora in ZVD kot izvajalec neodvisnega nadzora. Pri rednem obratovalnem nadzoru NEK mesečno pošilja filtre izvajalcu meritev (IJS), v mesecih, ko se izvaja neodvisni nadzor, pa NEK pošlje filtre najprej na ZVD. Ko na ZVD opravijo



meritve, pošljejo filtre na IJS. V tem primeru so bile meritve opravljene zaporedoma na istih vzorcih. Primerjava meritev aktivnosti alfa v zračnih filtrih v tem poročilu ni obravnavana.

Pri neodvisnem nadzoru imisij – okoljskih vzorcev se istočasno vzorčujeta sediment in savska voda 2-krat letno na dveh lokacijah iz rednega nadzora radioaktivnosti v okolici NEK (Krško in Brežice). Vzorčevalca ZVD (izvajalec obratovalnega nadzora) in IJS (izvajalec neodvisnega nadzora) istočasno na lokacijah, kjer se vzorčuje pri rednih meritvah, vzorčujeta vsak po svojih postopkih, vzorčevanje pa nadzira predstavnik URSJV. Pri vzorcih rek in sedimentov smo primerjali rezultate meritev z visokoločljivostno spektrometrijo gama, ki so bile opravljene na IJS (Odsek F-2) in ZVD, medtem ko smo pri rekah poleg rezultatov meritev sevalcev gama primerjali tudi rezultate meritev tritija, ki sta jih opravila pooblaščen laboratorija na Odseku F-2 in O-2 na IJS. Meritve tritija z Odseka O-2 so v tabelah poročane pri rezultatih IJS, meritve tritija z Odseka F-2 pa pri rezultatih meritev ZVD. Za vzorce rek in sedimentov je ZVD v okviru rednega radiološkega nadzora v okolici NEK opravil tudi analize stroncija Sr-90, kar pa se pri neodvisnem nadzoru ne preverja, zato IJS (Odsek O-2) teh meritev ni opravil.

**Tabela 1:** Program nadzora emisij – tekočinski izpusti (sklop 1) za leto 2015

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama	Odpadni merilni rezervoarji (WMT)	Kontinuuirni vzorec, odvzet hkrati za NEK, za izvajalca primerjalnih meritev in za neodvisni nadzor (manj kot 0,5 L vode)	4-krat letno	četrletno 4-krat (brez joda in žlahtnih plinov)
Meritve tritija (H-3) – specifična analiza s scintilacijskim spektrometrom	Odpadni merilni rezervoarji (WMT)		4-krat letno	četrletno 4-krat (brez joda in žlahtnih plinov)

**Tabela 2:** Program nadzora emisij – plinasti izpusti (sklop 2) za leto 2015

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama	Glavni izpuh izza RM-24	Zbirni mesečni zračni filter	4-krat letno	četrletno 4-krat (brez joda in žlahtnih plinov)
Aktivnost alfa	Glavni izpuh izza RM-24		2-krat letno	polletno 2-krat

**Tabela 3:** Program nadzora imisij (sklop 3) za leto 2015

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama	Krško	Sediment, enkratni vzorec	2-krat letno	polletno, 2-krat 2 meritvi
	Brežice		2-krat letno	
Izotopska analiza sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama	Krško	Rečna voda, enkratni vzorec	2-krat letno	polletno, 2-krat 2 meritvi
	Brežice		2-krat letno	
Meritve tritija (H-3), specifična analiza s scintilacijskim spektrometrom	Krško		2-krat letno	polletno, 2-krat 2 meritvi
	Brežice		2-krat letno	



## PRIMERJAVA REZULTATOV MERITEV

Rezultate rednih meritev izvajalcev obratovalnega nadzora in meritev neodvisnega nadzora smo med seboj primerjali z  $\zeta$ -preskusom, ki je definiran kot:

$$\zeta - \text{preskus} = \frac{\text{rezultat LAB1} - \text{rezultat LAB2}}{\sqrt{(\text{negotovost LAB1})^2 + (\text{negotovost LAB2})^2}}$$

kjer je LAB1 okrajšava za prvi laboratorij in LAB2 za drugi laboratorij, ki sodeluje v primerjavi. Prednost  $\zeta$ -preskusa je, da v medsebojni primerjavi poleg rezultatov posameznih laboratorijev upošteva tudi pripadajoče merilne negotovosti s faktorjem pokritja  $k = 1$ . Rezultate smo primerjali med seboj za vsak izotop posebej, pri čemer smo primerjali le tiste rezultate meritev, o katerih sta poročala oba laboratorija. V primeru, ko je bil en rezultat poročan kot meja kvantifikacije ali detekcije ( $<$  vrednost),  $\zeta$ -preskusa nismo naredili. Pri ovrednotenju rezultatov smo uporabili ista merila, kot jih uporabljajo pri National Physical Laboratory (NPL) iz Velike Britanije za ovrednotenje rezultatov primerjalnih meritev (tabela 4).

**Tabela 4:** Merila za ovrednotenje primerjave rezultatov meritev različnih izvajalcev

POGOJ	KOMENTAR
$ \zeta  \leq 1,64$	rezultata se ne razlikujeta
$1,64 <  \zeta  \leq 1,96$	rezultata se najbrž ne razlikujeta, vendar so potrebni dodatni podatki za potrditev
$1,96 <  \zeta  \leq 2,58$	brez dodatnih podatkov ne moremo podati odločitve o tem, ali se rezultati razlikujejo
$2,58 <  \zeta  \leq 3,29$	rezultata se najbrž znatno razlikujeta, vendar so potrebni dodatni podatki za potrditev
$3,29 <  \zeta $	rezultata se znatno razlikujeta

V tabelah od 5 do 10 so prikazani rezultati neodvisnih meritev izvajalcev obratovalnega nadzora in rednih meritev ter njihova medsebojna primerjava. V naši primerjavi smo predpostavili, da so rezultati primerljivi, če je  $\zeta$ -preskus  $|\zeta| < 1,96$ . V tabelah od 5 do 10 so s krepkim tiskom na sivi podlagi označene vse vrednosti  $\zeta$ -preskusov, ki so po absolutni vrednosti večje od 1,96.

V tabeli 5 so podane primerjave med rezultati meritev vod iz odpadnih merilnih rezervoarjev WMT (sklop 1). Poročani so bili le umetni radionuklidi, vse negotovosti v tabeli 5 so preračunane na 68-odstotno zanesljivost (faktor pokritja  $k = 1$ ), ker NEK pri rednih meritvah poroča o svojih rezultatih s 95-odstotno zanesljivostjo (faktor pokritja  $k = 2$ ). V skladu s priporočili EURATOM (2004/2/Euratom) poroča NEK za posamezne ključne neizmerjene radionuklide o aktivnostih, izračunanih na podlagi  $\frac{1}{4}$  MDA. Te aktivnosti so v primerjalnih tabelah obarvane modro in navedene v poljih za negotovost in jih nismo primerjali z rezultati IJS. Ker sta bila prva dva vzorca predana na IJS istočasno 18. 6. 2015 in ob predaji ni bil eksplicitno naveden dan vzorčevanja, sta bila oba vzorca analizirana na IJS, kot da bi bila vzorčevana na dan predaje, zaradi česar so aktivnosti radionuklidov s krajšim razpadnim časom v vzorcu, odvzetem v marcu, podcenjene. Oba laboratorija (NEK in IJS) sta v teh 4 vzorcih nad mejo kvantifikacije za sevalce gama poročala le o Co-58 in Ag-110m, in sicer le v vzorcu, odvzetem 4. 6. 2015. Na drugi strani pa je IJS pri svojih meritvah nad mejo kvantifikacije poročal tudi o Mn-54, Co-57, Co-60, Zr-95, Nb-95, Te-125m, Te-127m in Cs-137. IJS je poročal o aktivnostih nad mejo kvantifikacije za več radionuklidov kot NEK, kar lahko pojasnimo z različnim obsegom akreditacije NEK in IJS. Zaradi zahtev, definiranih v dokumentu NEK-RETS, Rev. 7, 2013, je NEK akreditiran za meritve koncentracij



aktivnosti večjih od  $1,9E+4$  Bq/m<sup>3</sup>, kar je tudi razvidno iz priloge k akreditacijski listini NEK št. LP-091 z dne 13. 1. 2015 (<http://slo-akreditacija.si/files/accreditation/261/pdf/LP091X.pdf>). Vsi izmerjeni radionuklidi pri IJS, razen Te-127m, o katerih NEK ne poroča, imajo nižje koncentracije aktivnosti. Oba rezultata, ki smo ju lahko primerjali, sta nad mejo sprejemljivosti. Rezultata za Co-58 se razlikujeta za okoli 15 %, ampak ker so merske negotovosti majhne, je  $\zeta$ -preskus tik nad mejo sprejemljivosti. Koncentracija aktivnosti Ag-110m v junijskem vzorcu je nizka in zunaj obsega akreditacije NEK, kar je vzrok za večje razhajanje. Tritij je bil določen v vseh 4 vzorcih pri obeh sodelujočih laboratorijih. Primerjava med rezultati NEK in IJS, Odsek O-2, potrjuje dobra ujemanja pri prvih treh vzorcih, pri zadnjem pa je zunaj obsega sprejemljivosti, in sicer predvsem zaradi majhnih negotovosti rezultatov.

V tabeli 6 so podane primerjave med rezultati meritev vsebnosti radionuklidov v aerosolnih filtrih iz glavnega izpuha izza RM-24 (sklop 2). Ravno tako so bili poročani le umetni radionuklidi, negotovosti v tabeli pa so podane z 68-odstotno zanesljivostjo (faktor pokritja  $k = 1$ ). V izbranih vzorcih je bilo zelo malo umetnih radionuklidov, saj je IJS nad mejo detekcije poročal o Co-60 v marčevskem in aprilskem vzorcu, o Cs-137 v marčevskem in o I-131 v aprilskem vzorcu. ZVD pa je nad mejo kvantifikacije poročal le o I-131 v aprilskem vzorcu. Edini rezultat, ki ga lahko primerjamo, je torej I-131 v aprilskem vzorcu, kjer je ujemanje dobro. Vse koncentracije aktivnosti, o katerih je poročal IJS, so bile za dva ali 3 rede velikosti nižje kot pri I-131, kar je verjetno pod mejo kvantifikacije pri meritvah na ZVD.

Iz tabel 7 in 8, kjer so prikazani rezultati meritev IJS in ZVD za vzorce vod iz reke Save v Krškem in Brežicah (sklop 3), je bilo med seboj primerjanih 33 rezultatov, od katerih se nad mejo sprejemljivosti razlikuje 9 rezultatov. Največje razlike so pri Be-7, kjer ZVD tako kot v letih 2014, 2013 in 2012 sistematsko poroča o bistveno višjih vrednostih kot IJS. To je lahko posledica samega načina vzorčevanja, priprave vzorcev (morebiten zajem Be-7 iz zraka pri pripravi sušin) ali merske procedure. Poleg tega so tudi velike razlike pri določitvi koncentracij aktivnosti Pb-210 v junijskem vzorcu in Ra-228 v septembrskem vzorcu na obeh lokacijah. Pri letošnji primerjavi v okviru neodvisnega nadzora so razhajanja med vzorci savskih vod primerljiva z razhajanja v letu 2014 in večja kot so bila v letu 2013, ko je imelo previsoke vrednosti  $\zeta$ -preskusa 5 od 23 rezultatov. To kaže, da ima poleg priprave vzorcev in merskih postopkov tudi vzorčevanje velik vpliv na končne rezultate. Nasprotno od spektrometrije gama se rezultati pri tritiju med obema laboratorijema dobro ujemajo, razen pri junijskem vzorcu na lokaciji Krško.

V tabelah 9 in 10 so zbrani rezultati in primerjave meritev sevalcev gama v vzorcih sedimentov, vzorčevanih v Krškem in v Brežicah. Na obeh lokacijah je bilo med seboj primerjanih 32 rezultatov, 15 rezultatov je imelo  $\zeta$ -preskus po absolutni vrednosti večji od 1,96, kar je bistveno slabše, kot je bilo leta 2014, ko je imelo 9 rezultatov od 30  $\zeta$ -preskus po absolutni vrednosti večji od 1,96 in primerljivo kot leta 2013.

Nabori poročanih radionuklidov pri obeh izvajalcih so v vseh vzorcih rečnih vod in sedimentov podobni, rezultati pri vzorcih sedimentov so tako različni, da jih ne moremo med seboj primerjati, razen pri vzorcu sedimentov, vzorčevanem v septembru v Brežicah, kjer so vsi rezultati, razen Ra-226, med seboj primerljivi. Specifična aktivnost za Ra-226 pa je bila pri tem vzorcu pri meritvah ZVD nižja, ker niso upoštevali korekcij zaradi izhajanja radona iz vzorca. Dejstvo, da so rezultati meritev savske vode med seboj bolj primerljivi kot rezultati meritev sedimentov, ravno tako kaže, da je glavni vzrok neprimerljivosti rezultatov pri vzorcih sedimentov vzorčevanje in nehomogenost vzorčevanega materiala.





Tabela 5: Primerjava rezultatov emisijskih meritev tekočinskih izpustov iz WMT \*

Vzroč. mesto	WMT											
	IJS, Odsek F-2 (gama spektrometrija), IJS, Odsek O-2 (H-3)				NEK				ζ-preskus			
Datum vzor.	18. 6. 2015	18. 6. 2015	3. 9. 2015	11. 12. 2015	26. 3. 2015	4. 6. 2015	3. 9. 2015	11. 12. 2015	Prvi vzorec	Drugi vzorec	Tretji vzorec	Četrty vzorec
Kol. vzorca (L)	0,24	0,24	0,25	0,24	1,0	1,0	1,0	1,0				
Koda vzorca	KI15WWM61	KI15WWM62	KI15WWM91	KI15WWM61	26.03.2015 WMT#2	4.6.2015 WMT#2	03.09.2015 WMT#2	11.12.2015 WMT#2				
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )											
Na-22												
Cr-51												
Mn-54		8,1E+02 ± 1E+02		4,8E+01 ± 4E+01								
Fe-59												
Co-57		1,0E+02 ± 1E+02										
Co-58		2,7E+04 ± 1E+03	3,5E+03 ± 4E+02	5,0E+02 ± 6E+01	4E+02	3,1E+04 ± 2E+03	8E+02	5E+02				
Co-60		5,7E+03 ± 3E+02	1,6E+03 ± 2E+02	9,3E+02 ± 7E+01	5E+02	1E+03	8E+02	7E+02				
Zn-65												
Sr-85												
Y-88												
Y-92												
Zr,Nb-95												
Zr-95		3,6E+02 ± 2E+02										
Nb-95		1,3E+03 ± 4E+02										
Nb-97												
Mo-99												
Tc-99m												
Ru-103												
Ru-106												
Ag-110m		1,2E+04 ± 5E+02	2,6E+03 ± 1E+02	1,2E+03 ± 8E+01	6E+02	7,4E+03 ± 8E+02	9E+02	7E+02				
Sn-117m												
Sb-124												
Sb-125												
Te-123m												
Te-125m	1,7E+03 ± 6E+02	1,5E+04 ± 1E+03										
Te-127m	3,8E+03 ± 2E+03	4,0E+04 ± 4E+03										
Te-129m												
Te-132												
I-131							7E+02					
I-133							7E+02					
Cs-134												
Cs-137	1,3E+02 ± 2E+02	2,7E+02 ± 1E+02	1,4E+02 ± 9E+01	2,3E+00 ± 2E+01								
Ba-140												
La-140												
Ce-141												
Ce-144												
Fe-55							3E+03	2E+03				
H-3	2,2E+10 ± 4E+08	4,1E+09 ± 7E+07	1,8E+10 ± 5E+08	2,0E+09 ± 5E+07	2,4E+10 ± 2E+09	4,4E+09 ± 3E+08	2,0E+10 ± 1E+09	1,8E+09 ± 1E+08	-1,26	-1,06	-1,66	2,22

\* Vse negotovosti so podane s faktorjem pokritja  $k = 1$  (interval z 68-odstotno zanesljivostjo). Z modro barvo so označeni tisti rezultati, ki jih je NEK izračunal na podlagi ¼ MDA. S krepkim tiskom na sivi podlagi so označeni ζ-preskusi, večji od 1,96.



Tabela 6: Primerjava rezultatov emisijskih meritev plinastih izpustov iz dimnika RM-24 \*

Vzrč. mesto	RM-24											
Pooblaščenca organizacija	IJS				ZVD				ζ-preskus			
Datum vzor.	3. 3. 2015 - 31. 3. 2015	31. 3. 2015 - 29. 4. 2015	28. 7. 2015 - 1. 9. 2015	3. 11. 2015 - 1. 12. 2015	3. 3. 2015 - 31. 3. 2015	31. 3. 2015 - 29. 4. 2015	28. 7. 2015 - 1. 9. 2015	3. 11. 2015 - 1. 12. 2015	Prvi vzorec	Drugi vzorec	Tretji vzorec	Četrty vzorec
Kol. vzorca (m <sup>3</sup> )	1267,0	1337,0	1686,0	1311,0	1267,0	1337,0	1686,0	1311,0				
Koda vzorca	K15AERM2431	K15AERM2441	K15AERM2481	K15AERM24B1	RV1410415	RV1840515	RV3340915	RV4501215				
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m <sup>3</sup> )											
Na-22												
Cr-51												
Mn-54												
Fe-59												
Co-57												
Co-58												
Co-60	9,9E-06 ± 6E-06	2,6E-05 ± 6E-06										
Zn-65												
Sr-85												
Y-88												
Y-92												
Zr,Nb-95												
Zr-95												
Nb-95												
Nb-97												
Mo-99												
Tc-99m												
Ru-103												
Ru-106												
Ag-110m												
Sn-113												
Sn-117m												
Sb-124												
Sb-125												
Te-123m												
Te-125m												
Te-127m												
Te-129m												
Te-132												
I-131		1,2E-03 ± 1E-04				1,0E-03 ± 1E-04				1,33		
I-133												
Cs-134												
Cs-137	1,8E-05 ± 5E-06											
Ba-140												
La-140												
Ce-141												
Ce-144												
Fe-55												

\* Negotovosti so podane s faktorjem pokritja  $k = 1$  (interval z 68-odstotno zanesljivostjo)


**Tabela 7:** Primerjava rezultatov meritev za reko Savo v Krškem \*

Vzrč. mesto	Krško					
	IJS		ZVD		Prvi vzorec	Drugi vzorec
Datum vzorčevanja	18. 6. 2015	8. 9. 2015	18. 6. 2015	8. 9. 2015	18. 6. 2015	8. 9. 2015
Kol. vzorca (L)	55,30	53,65	45,4	45,75	ζ-preskus	ζ-preskus
Koda vzorca	KI15SN161	KI15SN191	RSKRK215	RSKRK315		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )					
U-238	2,0E+00 ± 1E+00	3,7E+00 ± 1E+00				
Ra-226	1,0E+00 ± 4E-01	7,7E-01 ± 6E-01	1,7E+00 ± 3E-01	1,2E+00 ± 3E-01	-1,33	-0,65
Pb-210	1,1E-02 ± 1E-01	3,8E+00 ± 1E+00	3,8E+01 ± 4E+00	6,9E+00 ± 3E+00	<b>-9,49</b>	-0,94
Ra-228	1,5E+00 ± 6E-01	3,9E-01 ± 5E-01	1,1E+00 ± 8E-01	2,2E+00 ± 7E-01	0,44	<b>-2,06</b>
Th-228	4,4E-01 ± 3E-01	1,1E-01 ± 3E-01		1,1E+00 ± 5E-01	1,44	-1,76
Th-230		2,3E+01 ± 3E+01				
K-40	3,5E+01 ± 5E+00	4,0E+01 ± 4E+00	4,7E+01 ± 5E+00	4,6E+01 ± 5E+00	-1,70	-0,91
Be-7	2,6E+00 ± 1E+00	1,4E+01 ± 2E+00	1,6E+02 ± 1E+01	3,8E+01 ± 2E+00	<b>-15,65</b>	<b>-9,58</b>
I-131	4,8E+00 ± 1E+00	2,4E+00 ± 6E-01	5,9E+00 ± 7E-01		-0,77	
Cs-134						
Cs-137	8,0E-02 ± 1E-01	5,8E-01 ± 3E-01	< 1E+00	< 1E+00	0,08	0,56
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
H-3	8,2E+02 ± 2E+02	5,2E+02 ± 1E+02	4,4E+02 ± 6E+01	6,2E+02 ± 6E+01	<b>2,27</b>	-0,67
Sr-90	-----	-----	2,5E+00 ± 3E-01	3,6E+00 ± 4E-01		

\* Meritve tritija sta opravila pooblaščen laboratorija na Odseku F-2 in O-2 na IJS. Meritve tritija z Odseka O-2 so v tabelah poročane pri rezultatih IJS, meritve tritija z Odseka F-2 pa pri rezultatih meritev ZVD.

**Tabela 8:** Primerjava rezultatov meritev za reko Savo v Brežicah \*

Vzrč. mesto	Brežice					
	IJS		ZVD		Prvi vzorec	Drugi vzorec
Datum vzorčevanja	18. 6. 2015	8. 9. 2015	18. 6. 2015	8. 9. 2015	18. 6. 2015	8. 9. 2015
Kol. vzorca (L)	54,83	55,30	43,8	45,05	ζ-preskus	ζ-preskus
Koda vzorca	KI15SN361	KI15SN391	RSBRK215	RSBRK315		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )					
U-238	3,7E+00 ± 3E+00	1,2E+00 ± 5E-01				
Ra-226	1,4E+00 ± 5E-01	3,1E+00 ± 6E-01	2,2E+00 ± 3E-01		-1,26	
Pb-210	2,0E+00 ± 1E+00	6,4E+00 ± 6E-01	1,7E+01 ± 2E+00	1,1E+01 ± 3E+00	<b>-6,37</b>	-1,52
Ra-228	1,2E+00 ± 4E-01	6,6E-01 ± 2E-01	9,8E-01 ± 6E-01	4,1E+00 ± 9E-01	0,28	<b>-3,71</b>
Th-228	7,7E-01 ± 2E-01	2,2E+00 ± 1E-01		1,3E+00 ± 5E-01		1,80
Th-230						
K-40	3,5E+01 ± 3E+00	4,0E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 4E+00	3,9E+01 ± 5E+00	-1,40	0,12
Be-7	1,9E+00 ± 6E-01	1,8E+01 ± 2E+00	7,7E+01 ± 5E+00	7,1E+01 ± 3E+00	<b>-14,91</b>	<b>-14,75</b>
I-131	5,7E+00 ± 7E-01	2,6E+00 ± 2E-01	5,7E+00 ± 7E-01	3,5E+00 ± 6E-01	0,05	-1,47
Cs-134						
Cs-137	3,5E-02 ± 8E-02	1,5E-01 ± 7E-02	< 1E+00	< 1E+00	0,03	0,15
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
H-3	6,7E+02 ± 1E+02	7,3E+02 ± 2E+02	6,0E+02 ± 1E+02	7,8E+02 ± 9E+01	0,40	-0,26
Sr-90	-----	-----	2,8E+00 ± 4E-01	2,7E+00 ± 3E-01		

\* Meritve tritija sta opravila pooblaščen laboratorija na Odseku F-2 in O-2 na IJS. Meritve tritija z Odseka O-2 so v tabelah poročane pri rezultatih IJS, meritve tritija z Odseka F-2 pa pri rezultatih meritev ZVD.


**Tabela 9:** Primerjava rezultatov meritev za rečni sediment v Krškem

Vzrč. mesto	Krško					
	IJS		ZVD		Prvi vzorec	Drugi vzorec
Pooblaščen organizacija					18. 6. 2015	8. 9. 2015
Datum vzorčevanja	18. 6. 2015	8. 9. 2015	18. 6. 2015	8. 9. 2015	18. 6. 2015	8. 9. 2015
Kol. vzorca (kg)	<b>0,44</b>	<b>0,43</b>	<b>0,060</b>	<b>0,054</b>	ζ-preskus	ζ-preskus
Koda vzorca	KI15SD161	KI15SD191	SDKRK215	SDKRK315		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)					
U-238	1,9E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 3E+00	2,8E+01 ± 5E+00	3,6E+01 ± 7E+00	-1,57	-1,15
Ra-226	3,3E+01 ± 3E+00	3,8E+01 ± 4E+00	3,5E+01 ± 6E-01	3,5E+01 ± 8E-01	-0,43	0,66
Pb-210	4,5E+01 ± 3E+00	5,4E+01 ± 1E+01	4,7E+01 ± 4E+00	1,1E+02 ± 9E+00	-0,31	<b>-3,44</b>
Ra-228	2,3E+01 ± 7E-01	3,0E+01 ± 9E-01	3,6E+01 ± 9E-01	3,7E+01 ± 1E+00	<b>-10,95</b>	<b>-4,57</b>
Th-228	2,2E+01 ± 8E-01	3,0E+01 ± 8E-01	3,1E+01 ± 1E+00	3,3E+01 ± 1E+00	<b>-6,67</b>	-1,80
Th-230						
K-40	2,8E+02 ± 3E+01	3,5E+02 ± 3E+01	4,3E+02 ± 2E+01	4,4E+02 ± 2E+01	<b>-4,26</b>	<b>-2,52</b>
Be-7	1,1E+01 ± 1E+00	5,9E+01 ± 3E+00	9,5E+00 ± 8E-01	7,4E+01 ± 4E+00	0,95	<b>-3,30</b>
I-131						
Cs-134						
Cs-137	4,2E+00 ± 2E-01	7,1E+00 ± 3E-01	8,9E+00 ± 3E-01	9,3E+00 ± 4E-01	<b>-14,86</b>	<b>-4,33</b>
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
Sr-90	-----	-----	1,1E+00 ± 2E-01	6,2E-01 ± 3E-01		

**Tabela 10:** Primerjava rezultatov meritev za rečni sediment v Brežicah

Vzrč. mesto	Brežice					
	IJS		ZVD		Prvi vzorec	Drugi vzorec
Pooblaščen organizacija					18. 6. 2015	8. 9. 2015
Datum vzorčevanja	18. 6. 2015	8. 9. 2015	18. 6. 2015	8. 9. 2015	18. 6. 2015	8. 9. 2015
Kol. vzorca (kg)	<b>0,49</b>	<b>0,49</b>	<b>0,073</b>	<b>0,078</b>	ζ-preskus	ζ-preskus
Koda vzorca	KI15SD161	KI15SD191	SDBRK215	SDBRK315		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)					
U-238	1,7E+01 ± 2E+00	2,1E+01 ± 2E+00	1,1E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 7E+00	<b>2,22</b>	-1,24
Ra-226	2,5E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 3E+00	1,8E+01 ± 4E-01	2,6E+01 ± 7E-01	<b>2,95</b>	<b>2,28</b>
Pb-210	2,9E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 1E+01	1,9E+01 ± 2E+00	4,6E+01 ± 5E+00	<b>2,43</b>	-1,46
Ra-228	1,9E+01 ± 7E-01	2,4E+01 ± 7E-01	1,9E+01 ± 5E-01	2,6E+01 ± 1E+00	0,51	-0,89
Th-228	1,9E+01 ± 6E-01	2,4E+01 ± 6E-01	1,6E+01 ± 6E-01	2,2E+01 ± 2E+00	<b>3,88</b>	1,65
Th-230	7,3E+00 ± 1E+01					
K-40	2,2E+02 ± 2E+01	3,0E+02 ± 3E+01	2,2E+02 ± 1E+01	3,3E+02 ± 2E+01	0,13	-0,83
Be-7	4,3E+00 ± 8E-01	1,9E+01 ± 1E+00	5,4E+00 ± 7E-01	1,5E+01 ± 2E+00	-1,00	1,63
I-131						
Cs-134						
Cs-137	1,1E+00 ± 2E-01	3,0E+00 ± 2E-01	2,0E+00 ± 5E-02	3,1E+00 ± 4E-01	<b>-5,68</b>	-0,17
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
Sr-90	-----	-----	< 3,0E-01	< 3,0E-01		



## DISKUSIJA

Pooblašчени laboratoriji redno in v primernem obsegu sodelujejo na mednarodnih primerjalnih meritvah, kjer z naborom različnih vzorcev pokrivajo vse ključne matrike vzorcev iz programa nadzora radioaktivnosti. Ti rezultati so zbrani na priloženi zgoščenci v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2015, IJS-DP-12058, marec 2016* v poglavju *Tabele rezultatov primerjalnih meritev*. Ob rezultatih so podana tudi ovrednotenja in ocene uspešnosti, kot so jih podali izvajalci primerjalnih meritev. V skladu z zahtevami standarda ISO/IEC 17025:2005, po katerem so vsi izvajalci akreditirani za svoje dejavnosti, morajo izvajalci primerjalnih meritev svoje rezultate ovrednotiti ter v primeru razhajanj poiskati vzroke in uvesti ustrezne korektivne ukrepe in voditi zapise, kar strokovni ocenjevalci natančno pregledujejo ob obiskih akreditacijskih služb. Kakovost izvajanja primerjalnih meritev ocenjujejo akreditacijske službe in je pogoj za vzdrževanje obsega akreditacije.

Med primerjalnimi meritvami in neodvisnim nadzorom je ključna razlika. Pri mednarodnih medlaboratorijskih primerjavah vzorčevanja ni, laboratoriji dobijo v analizo pripravljene vzorce, kar pomeni, da so homogeni in da so referenčne vrednosti dobro definirane in izmerjene na neodvisen način. V laboratoriju opravijo le zadnjo fazo priprave vzorcev – skladno s svojimi postopki jih zapakirajo v ustrezne posodice, določijo podatke za analizo ter izmerijo in analizirajo vsebnosti radionuklidov. Pri neodvisnem nadzoru pa laboratoriji opravijo tudi vzorčevanje in celotno pripravo vzorcev, ki med drugim vključuje tudi sušenje in homogenizacijo. Neodvisni nadzor torej daje primerjavo celotnega postopka, ki vključuje vzorčevanje, pripravo, meritve in izračun aktivnosti detektiranih radionuklidov.

To potrjuje, da je primerjava vzorcev iz okolja zelo kompleksna in zahteva zelo podrobno obravnavo, če želimo ovrednotiti kvaliteto poročanih rezultatov meritev. Okoljski vzorci so nehomogeni, poleg tega je tudi matrika vzorca slabo definirana. Po vzorčevanju se vzorci obdelajo v laboratorijih in pripravijo za analizo. Ker so postopki vzorčevanja in priprave vzorcev za analizo različni v pooblaščenih laboratorijih, lahko pričakujemo dodatno neujemanje med merskimi rezultati, na kar vsa leta opozarjajo sistematske razlike pri rezultatih za Be-7 in različne radionuklide iz uranove in torijeve razpadne verige. Rednih mednarodnih primerjav postopkov vzorčevanja, ki bi potrjevali primerljivost, ni.

**Rezultati medlaboratorijskih primerjav in dodatne primerjalne študije, ki smo jo v letu 2015 izvedli v okviru internega medsebojnega preverjanja kakovosti rezultatov meritev, potrjujejo, da so merski postopki med IJS in ZVD na istih vzorcih skladni in primerljivi. Zato lahko velike razlike med rezultati meritev vsebnosti radionuklidov v vzorcih sedimentov pripisujemo nehomogenosti vzorčevanega materiala, saj vzorčevalci IJS in ZVD niso opravili vzorčevanja na popolnoma enak način in na isti mikrolokaciji. Na podlagi teh sklepov predlagamo, da bi obseg neodvisnega merilnega nadzora razširili še na izmenjavo vzorcev sedimentov, kjer so medsebojne razlike največje. Tako bi izmerili aktivnosti na istih vzorcih in bi lahko ocenili vpliv vzorčevanja na končni rezultat.**

Pri neodvisnem nadzoru emisijskih meritev je tako pri tekočinskih izpustih iz odpadnih merilnih rezervoarjev WMT kot tudi pri plinastih izpustih v dimniku RM24 vsebnost radionuklidov premajhna, da bi opravili kakovostno primerjavo. Pri teh vzorcih dodatne priprave ni bilo oziroma je bila minimalna, zato so rezultati med seboj bistveno bolj primerljivi.

**Ker so vzorci WMT edini vodni vzorci, ki lahko vsebujejo merljive koncentracije aktivnosti umetnih radionuklidov, tako kot v predhodnih letih ponovno predlagamo, da bi pri neodvisnem nadzoru teh vzorcev sočasno sodelovali obe neodvisni inštituciji – IJS in ZVD, saj nobena izmed njih ne opravlja rednih meritev teh vzorcev. S tem bi pridobili dodatno primerjavo med IJS in ZVD pri vzorcih, ki imajo povišane vsebnosti radionuklidov. Poleg tega bi oba laboratorija pridobila dodatne dragocene izkušnje pri analizi spektrov s povišano vsebnostjo umetnih radionuklidov ter s tem izboljšala usposobljenost in pripravljenost na morebitne izredne dogodke. Poleg tega predlagamo, da bi vzorce za primerjavo odvzeli med rednim remontom NEK in neposredno po njem, ko je v vzorcih lahko več umetnih radionuklidov, kar omogoča bolj kakovostno primerjavo.**



Glede na kompleksnost postopkov lahko kljub vsemu trdimo, da so ujemanja med izvajalci obratovalnega nadzora in neodvisnega nadzora zadovoljiva, saj gre tu za obravnavo različnih realnih vzorcev, ki so bili sicer odvzeti na istem mestu ob istem času, priprava za analizo in postopki analize se razlikujejo v obeh laboratorijih, na primer pri sedimentih je bila analizirana bistveno različna količina vzorca v laboratorijih IJS in ZVD. Poleg tega te primerjave potrjujejo, da vzorčevanje največ prispeva k razpršenosti in različnosti merskih rezultatov, pri merilni negotovosti pa ta prispevek ni upoštevan.

## SKLEPI

Pri neodvisnem nadzoru emisijskih in imisijskih meritev je izbor in število primerjanih vzorcev premajhno za zanesljivo statistično obdelavo rezultatov meritev pooblaščenih izvajalcev. V tem obsegu nam daje le grobo oceno sprejemljivosti poročenih rezultatov meritev. Poleg tega je bila v vodah iz odpadnih merilnih rezervoarjev (WMT) in pri plinastih emisijah iz glavnega izpuha vsebnost radionuklidov prenizka, da bi lahko opravili kvalitetno primerjavo. Opažena neskladja med poročanimi rezultati pooblaščenih izvajalcev pri neodvisnem nadzoru imisij v okolju lahko v veliki meri pripišemo vzorčevanju in nehomogenosti vzorčevanega materiala. Tako kot v preteklih letih, sta tudi letos v diskusiji priprava vzorca in predvsem vzorčevanje poudarjena kot parametra, ki lahko bistveno vplivata na rezultat meritve, zato bi bilo v prihodnje tema komponentama meritev smiselno nameniti dodatno pozornost.

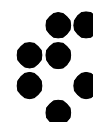
Ker se rezultati pri določitvi vsebnosti Be-7 sistematsko razlikujejo tako v vzorcih sedimentov kot v vzorcih rečnih vod, predlagamo, da obe sodelujoči inštituciji (IJS in ZVD) preverita svoje postopke vzorčevanja, priprave vzorcev in meritev ter poiščeta in ovrednotita morebitne vzroke za ta razhajanja.

Tako kot v predhodnem letu ponovno predlagamo, da bi v bodoče pri neodvisnem nadzoru tekočinskih emisij (WMT) sodelovala oba laboratorija (IJS in ZVD), saj bi tako pridobili dodatno primerjavo med IJS in ZVD pri vzorcih, ki imajo povišane vsebnosti radionuklidov. S tem bi oba laboratorija pridobila dodatne izkušnje pri analizi spektrov s povišano vsebnostjo umetnih radionuklidov ter s tem izboljšala usposobljenost in pripravljenost na morebitne izredne dogodke. Poleg tega tudi predlagamo, da bi v okviru neodvisnega merilnega nadzora obe instituciji izmerili tudi specifične aktivnosti istih vzorcev sedimentov, saj lahko le tako ocenimo vpliv vzorčevanja na končni rezultat.

# OVREDNOTENJE IZPUSTOV IZ NEK IN PRIMERJAVA Z MERITVAMI V OKOLJU



**Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija**





## OVREDNOTENJE IZPUSTOV IZ NEK IN PRIMERJAVA Z MERITVAMI V OKOLJU

**Odgovorni za izdajo:** dr. Benjamin Zorko

**Urednika:** dr. Benjamin Zorko in mag. Denis Glavič - Cindro

**Recenzija:** dr. Ines Krajcar Bronič, mag. Matjaž Koželj, doc. dr. Matej Lipoglavšek, mag. Borut Breznik

**Lektoriral:** dr. Jože Gasperič  
monografija je lektorirana po mednarodnem standardu ISO 80000

### POGLAVJE

### AVTORJI

**Reka Sava**

mag. Matjaž Stepišnik, IJS

**Voda iz črpališč in vrtin**

dr. Toni Petrovič, IJS

**Padavine in suhi used**

dr. Jasmina Kožar Logar, IJS

**Zrak**

dr. Benjamin Zorko, IJS

**Zunanje sevanje**

Boštjan Črnič, dipl. inž. fiz., IJS

**Radionuklidi v hrani**

dr. Katarina Vogel - Mikuš, BF

**Založil:** Institut "Jožef Stefan", Jamova 39, Ljubljana

**Prva izdaja:** marec 2016

CIP - Kataložni zapis o publikaciji  
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

539.16:502.175(497.4)  
621.311.25(497.4Krško)

OVREDNOTENJE izpustov iz NEK in primerjava z meritvami v  
okolju / [avtorji Matjaž Stepišnik ... [et al.] ; urednika Benjamin  
Zorko in Denis Glavič - Cindro]. - 1. izd. - Ljubljana : Institut  
Jožef Stefan, 2016

ISBN 978-961-264-092-7  
1. Stepišnik, Matjaž 2. Zorko, Benjamin  
284259584

Vse pravice pridržane. Noben del monografije ne sme biti reproduciran, shranjen ali prepisan v kateri koli obliki oziroma na kateri koli način, bodisi elektronsko, mehansko, s fotokopiranjem, snemanjem ali kako drugače, brez predhodnega privoljenja Nuklearne elektrarne Krško ©.

**Naklada:** 55 izvodov





## VSEBINA

### **Predgovor urednika**

<b>1</b>	<b>Reka Sava</b>	<b>1 / 108</b>
<b>2</b>	<b>Voda iz črpališč in vrtin</b>	<b>21 / 108</b>
<b>3</b>	<b>Padavine in suhi used</b>	<b>39 / 108</b>
<b>4</b>	<b>Zrak</b>	<b>53 / 108</b>
<b>5</b>	<b>Zunanje sevanje</b>	<b>71 / 108</b>
<b>6</b>	<b>Radionuklidi v hrani</b>	<b>87 / 108</b>
<b>7</b>	<b>Reference</b>	<b>105 / 108</b>





## PREDGOVOR UREDNIKA

Monografija *Ovrednotenje izpustov iz NEK in primerjava z meritvami v okolju* obravnava in razlaga neposredne merske rezultate radioaktivnosti na merilnih postajah v okolici NEK v obdobju ob koncu 27. gorivnega ciklusa in začetnem obdobju 28. gorivnega ciklusa delovanja jedrske elektrarne.

Za ovrednotenje zračnih in tekočinskih izpustov uporabljamo prikladne modele. Ti imajo vgrajene kompleksne matematične in numerične algoritme, ki ustrezajo fizikalnim procesom. Tako izračunamo predvidene koncentracije aktivnosti ali specifične aktivnosti izbranih radionuklidov v tistih medijih, preko katerih se nato radioaktivnost lahko vnese v človekovo telo (ingestija, inhalacija) ali pa obdaja človekovo telo (zunanje sevanje). Z upoštevanjem porabe ali časa zadrževanja v izbranem mediju lahko ocenimo predvidene letne efektivne doze ali okoljski dozni ekvivalent zračnih in tekočinskih izpustov iz NEK na referenčno skupino ljudi po starostnih skupinah (odrasli, otroci in dojenčki), ki živijo v neposredni bližini jedrske elektrarne. Predvidene koncentracije aktivnosti ali specifične aktivnosti radionuklidov nato primerjamo z izmerjenimi vrednostmi v vzorcih iz okolja na istih lokacijah v okolici NEK. Rezultati meritev v okolju v okolici NEK pa se še kritično primerjajo z rezultati meritev na izbrani referenčni ali kontrolni lokaciji (Ljubljana, Dobova) ter drugod po Sloveniji.

Na podlagi mesečnih povprečij za vzorce iz okolja in modelnih ocen je mogoče pokazati časovne usmeritve, kar je zelo pomembno pri kritični razlagi obremenitve prebivalstva zaradi umestitve jedrskega objekta v njihov življenjski prostor. Ovrednotenje merskih rezultatov lahko razdelimo na oceno doz zaradi prispevka naravnih radionuklidov (prispevki naravnih radionuklidov uranove in torijeve razpadne vrste, radioaktivnega kalija K-40 in kozmogenih Be-7 in H-3), umetnih radionuklidov, ki so ostanki onesnaženja okolja zaradi jedrskih poskusov in nesreče v Černobilu (Cs-137, Sr-90, H-3, C-14) ter zaradi prispevka tistih radionuklidov, ki so v zračnih in tekočinskih izpustih iz NEK (H-3, C-14). Pomemben delež je tudi prispevek medicinske diagnostike, vendar se ta v tej monografiji ne obravnava.

Koncentracije aktivnosti (tekočine, zrak) ali specifične aktivnosti (hrana, zemlja) sevalcev gama so v okolju nizke, zato pri vzorčevanju in pripravi vzorcev uporabljamo metode, s katerimi koncentriramo sevalce gama v vzorcu (filtriranje, izparevanje). Kljub vsemu se večkrat zgodi, da je merski rezultat pod mejo kvantifikacije. To pomeni, da sevalec v spektru ni bil identificiran ali pa je bil signal najden, vendar je bil določen z veliko negotovostjo. Če je negotovost merskega rezultata večja od opažene vrednosti, to pomeni, da znaten del verjetnostne porazdelitve, ki opisuje pravo vrednost, leži v območju negativnih vrednosti, ki pa ne opisujejo realnega fizikalnega procesa.

Negotovost povprečja je ocenjena z apriorno negotovostjo in jo pišemo za znakom " $\pm$ ". Apriorna negotovost povprečja upošteva negotovosti posameznih merskih rezultatov. Negotovost povprečja lahko ocenimo tudi tako, da izračunamo standardno deviacijo normalne porazdelitve vseh periodičnih merskih rezultatov, kar imenujemo stresanje. Če standardno deviacijo delimo s korenem števila meritev, pridemo do aposteriorne negotovosti povprečja. Tako stresanje, kot tudi aposteriorno negotovost povprečja pišemo za znakom ";". Če je aposteriorna negotovost povprečja večja od apriorne negotovosti povprečja, je bilo stresanje podatkov znatno, kar lahko pripišemo sezonskim variacijam ali usmeritvam, ki sledijo drugim pojavom v okolju. Obratno, če je apriorna negotovost povprečja večja od aposteriorne negotovosti povprečja, pa so bile negotovosti periodičnih merskih rezultatov ali precenjene ali pa manjše od meje kvantifikacije. Če so bile opazovane vrednosti manjše od meje kvantifikacije, bi lahko opaženo vrednost nadomestili z ničlo, negotovost pa z vsoto opažene vrednosti in negotovosti, pomnožene s faktorjem 1,65.

Monografija *Ovrednotenje izpustov iz NEK in primerjava z meritvami v okolju* je sestavljena iz 7 poglavij, v katerih kritično obravnavamo značilne prenosne poti razširjanja radionuklidov po vodi, zraku, zemlji, uživanju hrane in direktno zunanje sevanje. Poglavja se vsebinsko dopolnjujejo in prepletajo. V prvem poglavju razlagamo vpliv tekočinskih izpustov iz NEK na okolico in referenčno skupino ljudi (ribiči), to je do vnosa radionuklidov v telo (efektivna doza zaradi notranjega obsevanja) in tudi zunanega sevanja (efektivna doza zaradi zunanega obsevanja). Tekočinski izpusti lahko vplivajo na pitno vodo zaradi mogočega stika Save s podtalnico, kar se obravnava v drugem poglavju. Za indikacijo tekočinskih izpustov se analizira tudi voda iz vrtin, ki so zelo blizu Save, pri čemer se ta voda ne



uporablja za pitje ali kot tehnološka voda. Za potrditev morebitnega vpliva pa se analizira voda iz črpališč, zajetij in vodovodnih sistemov v krški in brežiški občini. Ker so nekatera črpališča plitva, zemljina pa prepustna, je mogoč vpliv na podtalnico tudi po zračni prenosni poti. Pri tem je mogočih več poti zunanjega in notranjega obsevanja. Pri usedih (3. poglavje) se obravnava padavinski in suhi used na vazelinskih ploščah. Used lahko vodi do zunanjega in notranjega obsevanja, saj se delci v zraku posedajo na tla in lahko preko listov značilno pridejo v rastlinje, ki ga prebivalci uživajo. Če se takšen used zadrži na tleh, pa so prebivalci lahko izpostavljeni še zunanjemu sevanju. Transport in razširjanje plinov in aerosolov obravnava 4. poglavje. Pri tem je glavno orodje numerični izračun razredčitvenih koeficientov po Lagrangeevem modelu, ki realno opisuje razširjanje radioaktivnih snovi od točke izpusta na razgibanih in zahtevanih terenih ter območjih, kjer je hitrost vetra majhna (okolica NEK). V tem poglavju se oceni prispevek inhalacije in zračne imerzije zaradi atmosferskih izpustov iz NEK ob ograji NEK, kritično pa se komentirajo okoljske meritve z zračnimi črpalkami (aerosolni in ogljeni filtri). V petem poglavju se obravnava zunanje sevanje, ki izvira iz useda na tleh. Pri tem se primerja direktno ionizirajoče sevanje, ki se meri s termoluminiscenčnimi dozimetri v okolju in spektroskopskimi meritvami vzorcev zemlje. Naslednje, 6. poglavje opisuje in razlaga vplive na prebivalstvo zaradi uživanja hrane, ki je pridelana na krško-brežiškem polju. V zadnjem poglavju so zbrane vse reference, uporabljene v monografiji *Ovrednotenje izpustov iz NEK in primerjava z meritvami v okolju*.

Avtorji poglavij v monografiji na izviren in znanstveno-strokovno način kritično komentirajo rezultate meritev na izvoru in v okolju ter izračunane učinkovite doze in tako ocenjujejo mogoč vpliv na posameznika iz prebivalstva. Če povzamemo izsledke poglavij, lahko sklenemo, da prebivalci, ki živijo na krško-brežiškem polju, v vaseh v celotnem okrožju v okolici NEK in ob ograji NEK, niso nič bolj izpostavljeni ionizirajočemu sevanju kot prebivalci drugod po Sloveniji. Ocenjujemo, da je prispevek NEK zaradi zračnih in tekočinskih izpustov zanemarljiv tako z biološkega kot tudi statističnega vidika. Prispevki nekaterih radionuklidov (H-3, C-14) so zelo majhni, drugih (Cs-137, Sr-90, I-131, ...) pa so v primerjavi s splošno onesnaženostjo nemerljivi. Elektrarna ima tako večletni kontinuirni varni način obratovanja s kontroliranimi majhnimi izpusti v okolje in zanemarljivim vplivom na prebivalstvo v okolici NEK in ob sami ograji.

Obravnava emisijskih in imisijskih rezultatov meritev in izračun letnih učinkovnih doz izpostavljenosti ionizirajočemu sevanju ima podlago v slovenski zakonodaji z vidika varstva pred sevanji, ki zahteva takšno ovrednotenje (pravilnik JV 10), in v znanstvenem izražanju, saj lahko le tako v realnih razmerah preverjamo različne znanstvene metode in načine ovrednotenja merskih podatkov. Avtorji obravnavajo problematiko izpustov iz jedrske elektrarne ter morebitne vplive na ljudi v bližnji in širši okolici NEK ter skladno z zakonodajo podajajo neodvisna in znanstveno-strokovno utemeljena strokovna mnenja. Avtorji monografije so znanstveniki in strokovnjaki s področja jedrske fizike, kemije in biologije, poleg tega pa so tudi strokovnjaki s področij jedrske varnosti in zaščite pred ionizirajočimi sevanji.

Monografijo so neodvisno recenzirali ("peer review") dr. Ines Krajcar Bronić, mag. Matjaž Koželj in doc. dr. Matej Lipoglavšek.

Prva recenzentka, dr. Ines Krajcar Bronić, je mednarodno uveljavljena raziskovalka na področju fizike sevanja, meritev H-3, C-14 in stabilnih izotopov pri različnih interdisciplinarnih znanstvenih projektih (ekologija, arheologija, geologija itd.). Zaposlena je kot znanstvena svetnica na Institutu Ruđer Bošković, Zagreb, Hrvaška. Doktorat znanosti iz fizike je pridobila leta 1993 na Univerzi v Zagrebu. Od leta 1982 dela v laboratoriju *Radiocarbon and Tritium Laboratory of the Department of Experimental Physics* na IRB. Bila je posebna svetovalka pri IAEA-projektu *Atomic and Molecular Data for Radiotherapy* in članica komiteja dveh poročil ICRU (International Commission on Radiation Units and Measurements): *Elastic Scattering of Electrons and Positrons*, ICRU Report 77 in *Key Data for Measurement Standards in the Dosimetry of Ionizing Radiations*. Bila je štipendistka sklada Alexander-von-Humboldt na PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt) v Braunschweigu, Nemčija, specializirala pa se je še na IJS v Ljubljani, na Argonne National Laboratory, ZDA, Univerzi Bern, Švica, v Veliki Britaniji, na Japonskem (Univerzi Waseda in Yamaguchi). Bila je "principal investigator" treh hrvaško-slovenskih projektov in koordinatorka projekta FP6 *AMS-C-14* (2007–2008). Je članica *International Radiation Physics Society*, *International Radiation Protection Association*, *European Society for Isotope Research*, *Croatian Physical Society*, *Croatian Humboldtianer Club* in *Croatian Radiation Protection Association*, katerega



sekretarka je že od leta 2008. Dr. Ines Krajcar Bronić je avtorica 62 znanstvenih člankov v uglednih mednarodnih revijah in ima okoli 140 prispevkov v drugih revijah, knjigah itd.

Mag. Matjaž Koželj ima več kot dvajsetletne izkušnje na področju jedrske tehnologije in varstva pred sevanji. Pri vrednotenju vplivov NE Krško na okolje in prebivalstvo sodeluje že več kot deset let. Je pooblaščen izvedenec varstva pred sevanji za področje izpostavljenosti prebivalcev zaradi izvajanja sevalnih dejavnosti in področje varstva pred sevanji v jedrskih objektih, industriji, raziskovalnih in izobraževalnih ustanovah. Je predavatelj v Izobraževalnem centru za jedrsko tehnologijo Instituta "Jožef Stefan", kjer sodeluje pri izvedbi predavanj na področju varstva pred sevanji, jedrske in reaktorske fizike ter instrumentacije in regulacije. Mag. Matjaž Koželj je avtor ali soavtor več kot osemdeset izvirnih znanstvenih in strokovnih člankov, znanstvenih prispevkov na konferencah, samostojnih znanstvenih in strokovnih sestavkov, poročil in elaboratov. V preteklosti je kot ekspert in predavatelj sodeloval pri več tečajih, ki jih je organizirala Mednarodna agencija za atomsko energijo. Skoraj petnajst let je že član, zadnja leta pa tudi vodja ene izmed strokovnih skupin za oceno doz v skupini za obvladovanje izrednega dogodka pri Upravi RS za jedrsko varnost. Je tudi član Izvršilnega odbora Društva Slovenije za varstvo pred sevanji.

Doc. dr. Matej Lipoglavšek je docent za področje fizike na Fakulteti za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani. Diplomiral je leta 1993 s področja varstva pred sevanji na Univerzi v Ljubljani, magistriral leta 1996 na Univerzi v Uppsali na Švedskem in doktoriral leta 1998 s področja jedrske fizike na Lund University na Švedskem. Podoktorsko se je usposabljal v Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, ZDA, in v iThemba LABS, Cape Town, Južna Afrika. Bil je predlagatelj in odgovorni raziskovalec pri več eksperimentih v Niels Bohr Institute, Kopenhagen, Danska, INFN-LNL, Legnaro, Italija, Argonne National Laboratory, Argonne, ZDA, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, ZDA in iThemba LABS, Cape Town, Južna Afrika. Z varstvom pred sevanji se ukvarja že več kot 20 let. Je soavtor 74 izvirnih znanstvenih člankov s področij jedrske fizike in varstva pred sevanji. Od leta 2004 do 2012 je bil vodja Odseka za fiziko nizkih in srednjih energij na Institutu "Jožef Stefan", sedaj pa je zaposlen kot vodja Ekološkega laboratorija z mobilno enoto na Institutu "Jožef Stefan". Bil je član upravnega odbora Društva Slovenije za varstvo pred sevanji, je član programskega odbora European Nuclear Physics Conference in In-kind Review Board v FAIR, Darmstadt, Nemčija. Je pooblaščen izvedenec varstva pred sevanji od URSVS in odgovorni nosilec projekta *Nadzor radioaktivnosti v okolici nuklearne elektrarne Krško* od Instituta "Jožef Stefan".

dr. Benjamin Zorko, odgovorni urednik





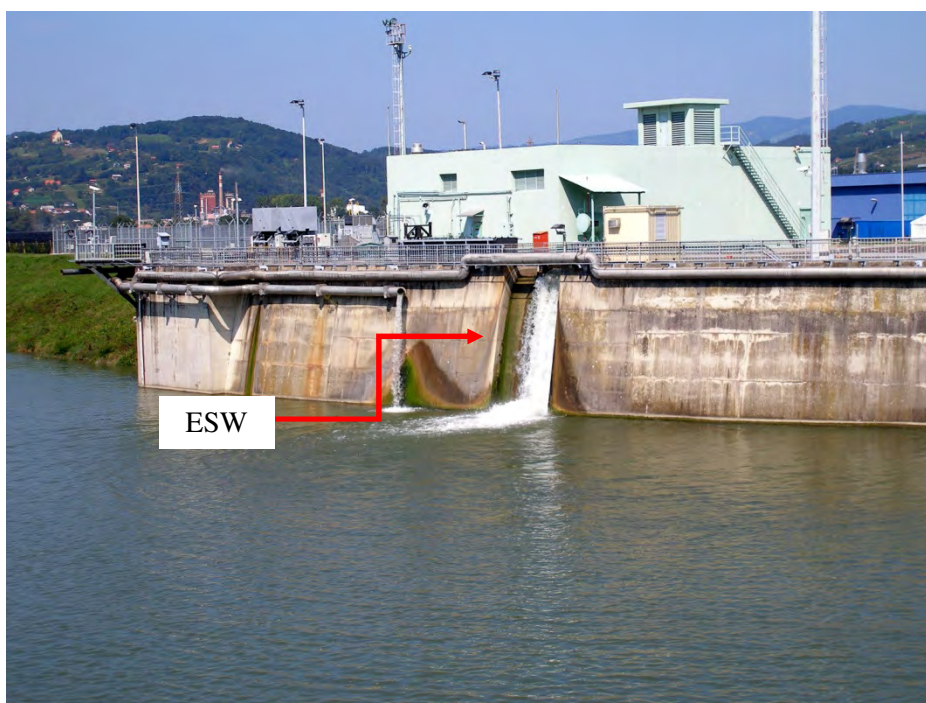
## 1 REKA SAVA

### POVZETEK

V poglavju so predstavljeni in ovrednoteni rezultati meritev radioaktivnosti v reki Savi in ocena vplivov na prebivalstvo po savski prenosni poti na podlagi meritev tekočinskih izpustov in z uporabo modela. V letu 2015 je bila skupna aktivnost tekočinskih izpustov v okolje nekoliko višja kot v letu 2014, vendar primerljiva z letom 2013. Najvišjo izpuščeno aktivnost je imel tritij, ki je edini umetni radionuklid, ki ga redno merimo v reki Savi in je zagotovo vsaj delno posledica tekočinskih izpustov NEK. Pri vseh drugih umetnih radionuklidih je vpliv NEK v okolju nemerljiv oziroma nedoločljiv. Vsebnosti cezija in stroncija nizvodno od NEK zelo verjetno nista posledica vpliva NEK, ampak neenakomerne globalne kontaminacije. Prisotnost joda je posledica uporabe tega izotopa v terapevtske in diagnostične namene v bolnišnicah. Letna efektivna doza zaradi zadrževanja na obrežju (zunanje sevanje) in ingestije rib za referenčno skupino prebivalstva po savski prenosni poti je manjša od 0,1  $\mu\text{Sv}$  na leto.

### UVOD

Nadzorni program meritev na reki Savi obsega meritve v okolju (imisije) in meritve tekočinskih izpustov na samem viru v NEK (emisije). Meritve v okolju omogočajo splošno oceno stanja na območju okoli NEK, oceno morebitnih vplivov nizvodno od elektrarne in tudi vplivov zunanjih dogodkov, kot je bila černobilska nesreča. V ta namen se izvaja vzorčevanje in meritve vode, suspendirane snovi v vodi, sedimentov in vodne biote. Lokacije vzorčevanja so postavljene nizvodno in vzvodno od NEK, tako da je mogoče ločiti med ostalimi zunanjimi vplivi in dejanskimi vplivi elektrarne.



**Slika 1.1:** Izhod bistvene oskrbne vode (ESW), kjer se izpuščajo radioaktivne tekočine v reko Savo.



NEK pri normalnem obratovanju občasno kontrolirano izpušča v okolje tekočine iz izpustnih rezervoarjev. Tekočine z razmeroma nizkimi aktivnostmi se izpuščajo v reko Savo skozi kanal bistvene oskrbne vode (ESW - Essential Service Water), ki je pred jezom elektrarne (slika 1.1). Preko kanala se tako izpuščajo radioaktivne tekočine iz odpadnih merilnih rezervoarjev (WMT) in sistema za kaluženje uparjalnikov (SGBD). Izpuščena radioaktivnost je zaradi redčenja s savsko vodo na vzorčevalnih lokacijah, razen pri tritiju, skoraj vedno pod detekcijsko mejo meritev v okolju.

V reki Savi so prisotni tudi naravni radionuklidi uranove in torijeve razpadne verige ter radioaktivni kalij (K-40). V vzorcih je vedno berilij (Be-7), ki je kozmogene narave. Poleg tega sta prisotna še tritij (H-3) in radioaktivni ogljik (C-14), ki sta tako kozmogene kot antropogene narave. Poleg naravnih izotopov so zaradi globalne kontaminacije in medicinske uporabe radioaktivnih snovi povsod v okolju tudi umetni radionuklidi: stroncij (Sr-90), cezij (Cs-137) in jod (I-131).

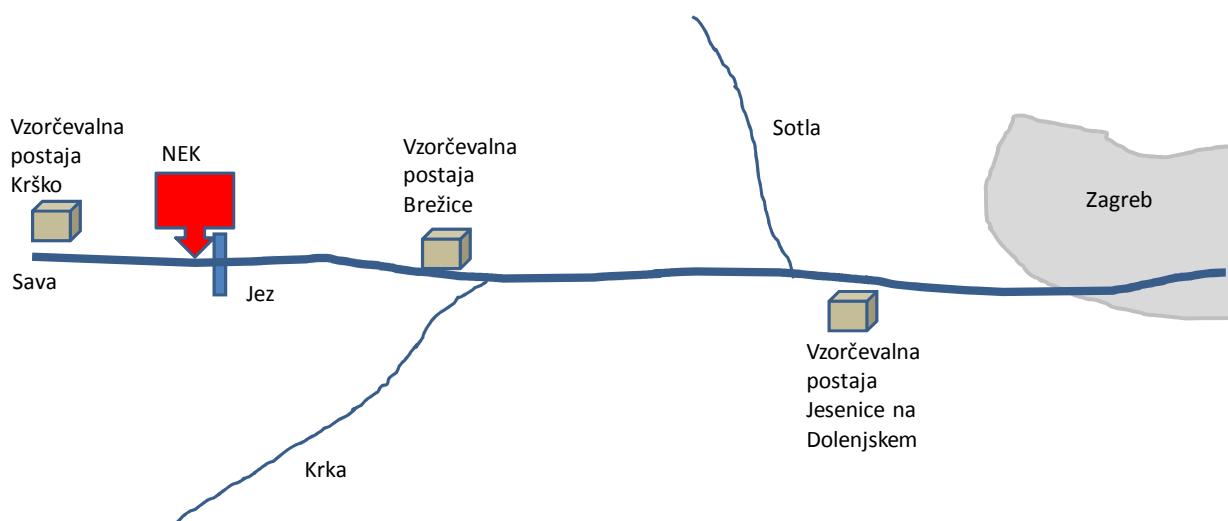
Vplive na okolje ocenjujemo na podlagi neposrednih meritev izpustov (emisij) in z uporabo modela, ki je natančneje opisan v poročilu *Izpostavitve referenčne skupine prebivalcev sevanju zaradi tekočinskih izpustov NEK v reko Savo (IJS-DP-10114)* [22]. Model upošteva najpomembnejše prenosne poti in načine izpostavitve referenčne skupine iz prebivalstva. Ocena vpliva na okolje ne vključuje ovrednotenja prejetih doz zaradi naravnih radionuklidov, saj ti niso del izpustov NEK.

Neodvisno od radiološkega nadzora NEK se izvaja tudi nadzor drugih rek po Sloveniji v okviru programa nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji. Na Savi v Ljubljani, Krki, Savi pri Brežicah, Dravi, Muri, Kolpi se jemljejo enkratni vzorci vode četrtletno ali polletno. Rezultati teh meritev se uporabljajo za splošno oceno stanja v Sloveniji, istočasno pa jih uporabljamo kot referenčne vrednosti za oceno vpliva NEK.

## ZNAČILNOSTI VZORČEVANJA IN MERITEV

Kontinuirno vzorčevanje reke Save je potekalo na treh lokacijah, in sicer v Krškem pred papirnico (3,2 km vzvodno od NEK na levem bregu, slika 1.2), v Brežicah (8,2 km nizvodno od NEK in 400 m nizvodno od starega mostu na levem bregu) in v Jesenicah na Dolenjskem (17,5 km nizvodno od NEK na desnem bregu).

Na referenčnem odvzemnem mestu Krško (v črpalni postaji za tehnološko vodo papirnice Vipap) deluje kontinuirni vzorčevalnik z ročnim zajemom dnevnih vzorcev. Meritve vzorcev s te lokacije pa se izvajajo četrtletno, razen za tritij, ki se meri mesečno.



**Slika 1.2:** Shematski prikaz obstoječih vzorčevalnih postaj ob reki Savi





Na odvzemnem mestu Brežice deluje kontinuirni vzorčevalnik z avtomatskim zajemom vode. Vse meritve vzorcev s te lokacije se izvajajo mesečno. Kontinuirno vzorčevanje v Brežicah omogoča odzvem enodnevnega vzorca v primeru izrednega dogodka. Voda se črpa v prelivno zbirno posodo. Iz prelivne posode manjša črpalka kontinuirno črpa vodo in jo naliva v eno izmed štirih zbirnih posod. Na dan se nabere okoli 3,2 litra vode. Vzorčevalec nato vsake tri dni iz vsake zbirne posode v vzorčevalno posodo (mesečni vzorec 50 litrov) natoči 1,6 litra vode, ostalo pa odlije. V Brežicah in Jesenicah na Dolenjskem se meritve vzorcev izvajajo mesečno. Vzorčevanje je opravljal NEK, meritve vzorcev pa so opravljale neodvisne organizacije ZVD, IRB in IJS.

Kontinuirna vzorčevanja in meritve sestavljenih dnevnih vzorcev savske vode so namenjene predvsem za določanje povprečne koncentracije aktivnosti dolgoživih izotopov. Pri tem se ločeno merita voda in filtrski ostanek, ki se kot groba suspendirana snov predhodno odstrani iz vode s filtriranjem.

Kontinuirno vzorčevanje ne omogoča ovrednotenja kratkoživih izotopov. Zato se neodvisno izvaja tudi vzorčevanje enkratnih vzorcev nefiltrirane vode (50-litrski vzorci). Iz rezultatov teh meritev lahko natančneje ocenimo koncentracije aktivnosti kratkoživega joda (I-131). Tako je potekal ločen odzvem enkratnih vzorcev vode na štirih lokacijah, in sicer v Krškem pod mostom, v Brežicah pod starim mostom, v Jesenicah na Dolenjskem in v kraju Podsused pri Zagrebu (okrog 30 km nizvodno od NEK). Vzorčevanje in meritve enkratnih vzorcev vode sta opravila ZVD in IRB.

Za ovrednotenje vplivov preko savske prenosne poti se spremlja tudi radioaktivnost v sedimentih. Pri sedimentih so pomembne dolgoletne usmeritve povezane z globalno kontaminacijo in tudi informacija o ničelnem stanju v primeru, da bi prišlo do resnejših izpustov iz NEK. Vzorčevanje sedimentov je potekalo na šestih lokacijah, in sicer vzvodno od NEK pod mostom (na levem bregu), pod jezom v NEK (desni breg), pri Pesju (na levem bregu), pri Brežicah (na levem bregu), pri Jesenicah na Dolenjskem (na desnem bregu) in na Hrvaškem v kraju Podsused pri Zagrebu.

Poleg spremljanja radioaktivnosti površinskih vod in sedimentov je pomemben indikator kontaminacije v Savi tudi vodna biota (ribe). Ulov rib je potekal v Krškem, Brežicah, Jesenicah na Dolenjskem ter v Republiki Hrvaški v krajih Podsused in Otok. Vzorčevanje in meritve rib v Sloveniji je opravil ZVD, na Hrvaškem pa IRB.

Pri vzorcih vode, sedimentov in rib ločeno potekajo meritve sevalcev gama in čistih sevalcev beta (H-3, C-14 in Sr-90). Nadzor C-14 v tekočinskih izpustih NEK se redno izvaja od leta 2013 [17], [18], [20]. V letu 2014 pa se je spremljal tudi C-14 v ribah [19], v letu 2015 pa ni bil merjen.

Vsebnost sevalcev gama v vzorcih reke Save se je določala z visokoločljivostno spektrometrijo gama po postopku izvajalca meritev, ki vključuje pripravo vzorca s suhozračnim sušenjem in homogenizacijo. S tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo (LSC) je bila merjena koncentracija aktivnosti tritija (H-3) v vodnem destilatu savske vode. Z metodo LSC se je merila tudi vsebnost C-14 v vodi. Aktivnost Sr-90 se je določala z radiokemično separacijo in štetjem na proporcionalnem števcu po postopku izvajalca meritve. Merska metoda za določanje stroncija ne omogoča ločenega merjenja izotopov Sr-90 in Sr-89, zato se izmerjena aktivnost nanaša na skupno aktivnost Sr-90/Sr-89. Ker pa je bila koncentracija aktivnosti kratkoživega Sr-89 v tekočinskih izpustih NEK pod mejo detekcije, se koncentracija aktivnosti Sr-90/Sr-89 dejansko nanaša le na Sr-90. Poleg tega pa je zaradi kratke razpolovne dobe Sr-89, ki bi bil posledica globalne kontaminacije, že v celoti razpadel.

Vzorčevanje in meritve na savski prenosni poti razlikujemo glede na vrsto vzorcev:

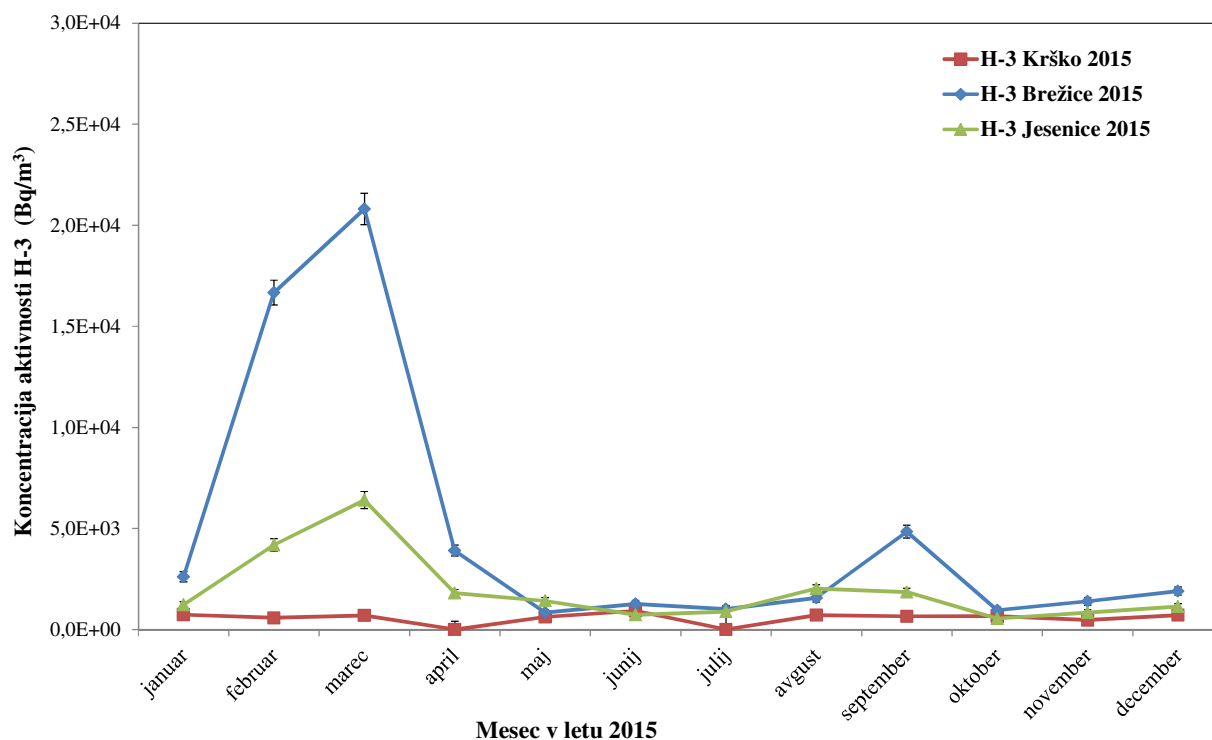
- vzorčevanje vode skupaj z grobo suspendirano snovjo (količina vzorca vode je 50 litrov) in ločene meritve sušine vzorcev vode in filtrskega ostanka vode, ki se kot groba suspendirana snov predhodno odstrani iz vode s filtriranjem;
- vzorčevanje talnih sedimentov, ki v glavnem vsebujejo fini pesek (količina vzorca okrog 150 g); vzorčevanje gibljevih sedimentov, ki vsebujejo več organske snovi, se od leta 2005 ne izvaja več;
- vzorčevanje in meritve rib vrst mrena, klen, podust, smuč, beli amur, platnica, ploščič, ščuka in krap z maso okrog 400 g (izmerjenih je bilo 24 rib); pred pripravo vzorcev se odstranijo repi in glave rib; dodatne meritve ribjih mladice in ločene meritve kosti in mišic odraslih rib se od leta 2006 ne izvajajo več.



## REZULTATI MERITEV

Tabele z merskimi rezultati so na priloženi zgoščenci v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2015, IJS-DP-12058, marec 2015*. Tabele z merskimi podatki o vodah in sedimentih so: T-1 do T-4 (ZVD, H-3 – IJS); T-5, T-6 (IRB); T-7, T-9, T-10, T-12, T-13, T-14 (ZVD, H-3 – IJS); T-11, T-15/p, T-16/p1, T-16/p2, T-16/p3, T-17/p, T-18 (IRB). Tabele z merskimi podatki o ribah so: T-19, T-21, T-22 (ZVD); T-22/p1, T-24, T-25 (IRB). V tabelah so rezultati meritev podani z neposrednimi merskimi rezultati in njihovimi negotovostmi. Srednjo vrednost rezultatov meritev v tem letu imenujemo mesečno povprečje, aritmetično povprečje, včasih pa tudi samo povprečje. Števila za znakom "±" so apriorna negotovost povprečja, medtem ko so števila za znakom ";" aposteriorna negotovost povprečja. V nekaterih primerih so števila za znakom ";" tudi stresanje podatkov ali standardna deviacija. Pojmi so ustrezno pojasnjeni v *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2015, IJS-DP-12058*. Pokaže se, da letno dozo lahko izračunamo iz danega mesečnega, četrletnega ali polletnega aritmetičnega povprečja ob predpostavki, da je vnos hrane, vode ali zraka v telo in organizem človeka konstanten skozi celo leto. Pri obravnavi merskih rezultatov se lahko uporablja tudi uteženo povprečje, kar je ustrezno napisano.

**Radioaktivni tritij (H-3)** je redno prisoten v tekočinskih efluentih NEK. Na sliki 1.3 so prikazane primerjave koncentracij aktivnosti tritija v savski vodi na lokacijah Krško, Brežice in Jesenice na Dolenjskem v letu 2015.



**Slika 1.3:** Primerjava koncentracij aktivnosti tritija v savski vodi na lokacijah Krško, Brežice in Jesenice na Dolenjskem. Lokacija Krško je glede na tok Save pred elektrarno in je zato referenčna.



Povprečna mesečna koncentracija aktivnosti H-3 v Brežicah ( $4,8 \pm 0,1$ ) kBq/m<sup>3</sup> je višja od referenčnega odvzemnega mesta Krško (pred papirnico) ( $0,57 \pm 0,08$ ) kBq/m<sup>3</sup>. V letu 2014 smo v Brežicah izmerili nekoliko nižjo povprečno koncentracijo aktivnosti ( $0,88$  kBq/m<sup>3</sup>), vendar letošnji rezultati meritev se bistveno ne razlikujejo od izmerjenih povprečnih letnih aktivnosti v predhodnih letih ( $4,4$  kBq/m<sup>3</sup> v letu 2013,  $5,4$  kBq/m<sup>3</sup> v letu 2012,  $1,4$  kBq/m<sup>3</sup> v letu 2011). Najvišja vrednost mesečnih povprečij v Brežicah je bila v marcu ( $20,8 \pm 0,8$ ) kBq/m<sup>3</sup>, medtem ko je bila v tem obdobju koncentracija aktivnosti na referenčnem odvzemu Krško ( $0,7 \pm 0,2$ ) kBq/m<sup>3</sup>. Najvišja izmerjena koncentracija aktivnosti v Brežicah je 30-krat višja kot na referenčnem odvzemu. Podobna razmerja smo ugotovili pred letom 2014. Meritve tritija na lokacijah Brežice in Krško je opravil IJS.

V Jesenicah na Dolenjskem so meritve IRB prav tako pokazale povišane vrednosti z letnim povprečjem ( $1,9 \pm 0,6$ ) kBq/m<sup>3</sup> in z največjo vrednostjo ( $6,4 \pm 0,4$ ) kBq/m<sup>3</sup> prav tako v mesecu marcu.

V drugih rekah v Sloveniji so bile povprečne mesečne koncentracije H-3 večinoma pod  $1$  kBq/m<sup>3</sup> [14].

V talnem sedimentu je I-131 zelo redko opažen, navadno v zelo nizkih koncentracijah. V tem letu jod ni bil zaznan na nobeni lokaciji.

V vzorcih rib iz referenčnega odvzema (v Krškem nad jezom) in tudi v vzorcih iz nadzornih odvzemnih mest pod jezom NEK (meritve ZVD in IRB) ni bila zaznana prisotnost I-131, kar je enako kot v preteklih letih. Glede na koncentracije aktivnosti joda v enkratnih vzorcih nefiltrirane vode (okrog  $5$  Bq/m<sup>3</sup>) bi pričakovali, da je specifična aktivnost joda v ribah okrog  $0,2$  Bq/kg (upoštevajoč bioakumulacijski faktor  $B_r = 0,04$  m<sup>3</sup>/kg) [23], kar je pod mejo detekcije.

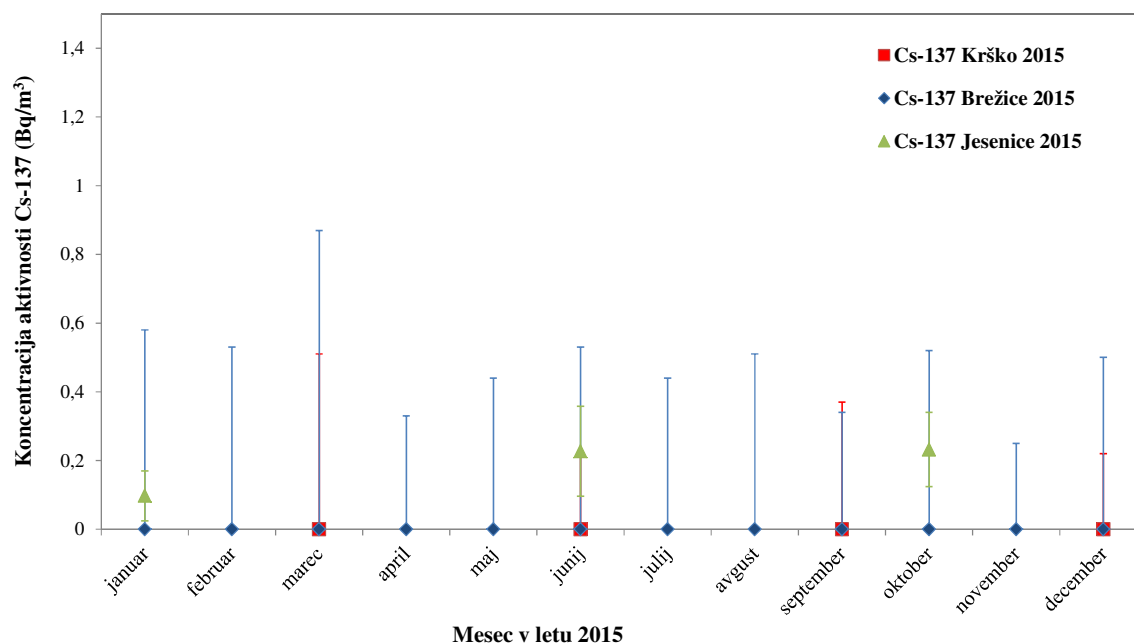
**Radioaktivni izotop cezija Cs-137** je povsod v okolju zaradi globalne kontaminacije, izmerili pa smo ga tudi v tekočinskih efluentih NEK. Na večini odvzemnih mest so bili rezultati meritev cezija v suhem ostanku po izparevanju vzorca vode na spodnji detekcijski meji. Povprečna mesečna koncentracija aktivnosti v suhem ostanku po izparevanju vzorca vode je bila na referenčnem mestu v Krškem ( $0,02 \pm 0,3$ ) Bq/m<sup>3</sup>, kar je v okviru merilne negotovosti podobno kot v Brežicah ( $0,05 \pm 0,3$ ) Bq/m<sup>3</sup>.

Cs-137 se je navadno pojavljal v nekoliko višjih koncentracijah v filtrskem ostanku kot v vodni sušini. Podobno kot pri vodni sušini so bili rezultati meritev filtrskega ostanka pri vseh odvzemnih mestih praviloma na spodnji detekcijski meji. Na sliki 1.4 je prikazana primerjava rezultatov meritev Cs-137 v filtrskem ostanku na različnih odvzemnih mestih. Povprečna mesečna koncentracija aktivnosti Cs-137  $< 0,15$  Bq/m<sup>3</sup> v Brežicah je enaka kot na referenčnem mestu Krško  $< 0,17$  Bq/m<sup>3</sup>. Podobne zelo nizke povprečne koncentracije aktivnosti v filtrskem ostanku ( $0,05 \pm 0,02$ ) Bq/m<sup>3</sup> smo izmerili tudi v Jesenicah na Dolenjskem.

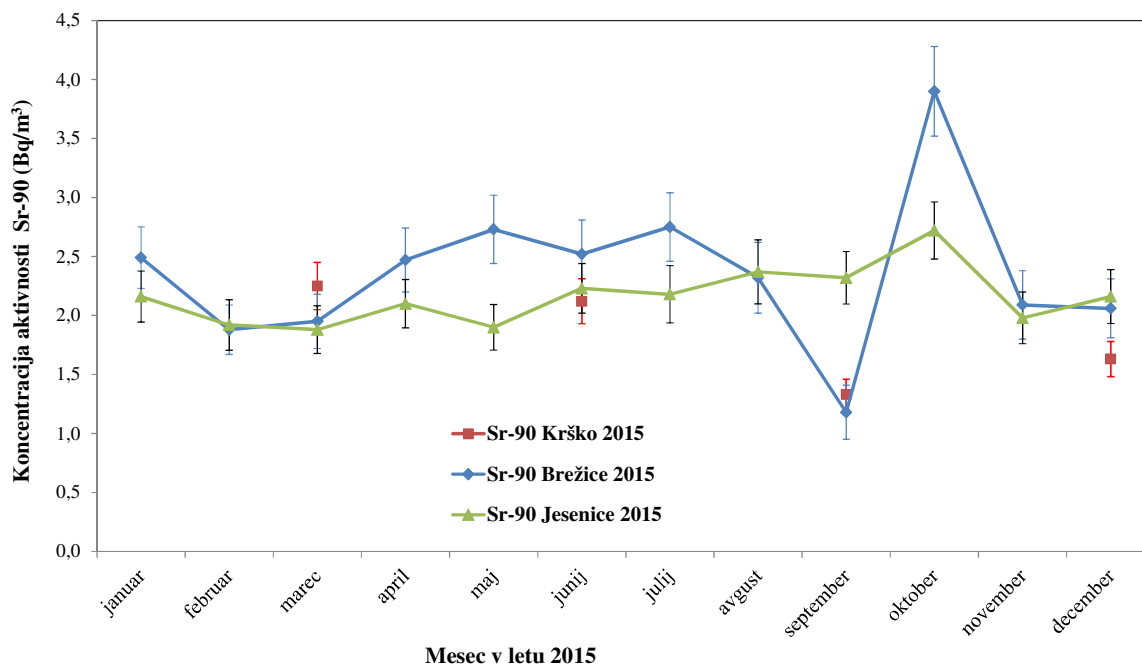
Primerljivi so bili tudi rezultati meritev cezija enkratnih vzorcev nefiltrirane vode (vodna sušina skupaj s filtrskim ostankom) na vseh odvzemnih mestih. Povprečne koncentracije aktivnosti cezija v drugih rekah po Sloveniji so podobne vrednostim, izmerjenim v reki Savi v okolici NEK. Najvišja povprečna koncentracija aktivnosti Cs-137 je bila izmerjena v reki Savinji ( $0,7 \pm 0,1$ ) Bq/m<sup>3</sup> [14]. Primerjava koncentracij aktivnosti z upoštevanjem merskih negotovosti kaže, da je vpliv NEK nemerljiv.

Povprečna specifična aktivnost radioaktivnega cezija v talnih sedimentih, ki jih je določil IRB, je bila v Krškem (pod mostom) ( $6,2 \pm 0,6$ ) Bq/kg z največjo vrednostjo ( $6,9 \pm 1,0$ ) Bq/kg, pod jezom NEK ( $3,9 \pm 0,5$ ) Bq/kg z največjo vrednostjo ( $4,2 \pm 1,0$ ) Bq/kg, v Pesju ( $2,7 \pm 0,4$ ) Bq/kg z največjo vrednostjo ( $3,7 \pm 0,9$ ) Bq/kg, v Brežicah ( $1,6 \pm 0,3$ ) Bq/kg z največjo vrednostjo ( $2,9 \pm 0,7$ ) Bq/kg, v Jesenicah na Dolenjskem ( $0,9 \pm 0,2$ ) Bq/kg z največjo vrednostjo ( $1,2 \pm 0,4$ ) Bq/kg in v Podsusedu ( $0,6 \pm 0,2$ ) Bq/kg z največjo vrednostjo ( $1,1 \pm 0,4$ ) Bq/kg. Najvišja povprečna specifična aktivnost je bila izmerjena na referenčni lokaciji Krško. Rezultati meritev sedimentov, ki jih je izvedel ZVD, so primerljivi meritvam IRB.

Spektrometrične analize rib, ulovljenih na lokacijah, od katerih je referenčna v Krškem, druge pa nizvodno pod izpustom NEK, kažejo povprečne mesečne specifične aktivnosti Cs-137 od  $0,02$  Bq/kg do  $0,1$  Bq/kg.



**Slika 1.4:** Primerjava mesečnih koncentracij aktivnosti Cs-137 v filtrskem ostanku (groba suspendirana snov) reke Save na lokacijah Krško, Brežice in Jesenice na Dolenjskem.



**Slika 1.5:** Primerjava mesečnih koncentracij aktivnosti Sr-90 v vodi (v suhem ostanku po izparevanju vzorca) reke Save na lokacijah Krško, Brežice in Jesenice na Dolenjskem. V Krškem so izmerjeni kvartalni vzorci, zato na grafu za to mesto ni povezane linije.



**Radioaktivni stroncij Sr-90** je podobno kot radioaktivni izotop cezija Cs-137 povsod v okolju in je posledica globalne kontaminacije. Delež stroncija v okolju v primerjavi s cezijem je bil zaradi vpliva Černobila na področju Slovenije skoraj zanemarljiv. Kot posledica poskusnih jedrskih eksplozij pa je bil used obeh radionuklidov na naši geografski širini primerljiv.

Večina stroncija je raztopljena v sami vodi (100-krat več kot v filtrskem ostanku). V vodi (suhi ostanek po izparevanju vzorca vode) je stroncij v 10-krat višjih koncentracijah kot cezij. Na sliki 1.5 je prikazana primerjava rezultatov meritev Sr-90 v vodi na različnih odzemnih mestih v letu 2015.

Sr-90 se pojavlja v vodi na referenčnem mestu Krško v podobni letni povprečni koncentraciji aktivnosti ( $1,8 \pm 0,1$ ) Bq/m<sup>3</sup> kot v nadzornem mestu v Brežicah ( $2,4 \pm 0,1$ ) Bq/m<sup>3</sup> in v Jesenicah na Dolenjskem ( $2,2 \pm 0,1$ ) Bq/m<sup>3</sup>. V filtrskem ostanku je koncentracija aktivnosti Sr-90 navadno okrog 100-krat nižja kot v vodi in je nižja kot 0,1 Bq/m<sup>3</sup>. V filtrskem ostanku so koncentracije stroncija podobne kot pri ceziju.

Koncentracije aktivnosti Sr-90 v enkratnih vzorcih vode (nefiltrirani vzorci) so zelo podobne kot v kontinuirnih vzorcih filtrirane vode. Na vseh lokacijah so četrletna povprečja od 1,9 Bq/m<sup>3</sup> do 2,6 Bq/m<sup>3</sup>. Najvišja posamična izmerjena vrednost je bila v Krškem ( $3,6 \pm 0,4$ ) Bq/m<sup>3</sup>.

Povprečne koncentracije aktivnosti stroncija v drugih rekah po Sloveniji so podobne, kot jih lahko izmerimo v Savi v okolici NEK. Povprečna koncentracija, izmerjena v Savi na lokaciji Laze pri Ljubljani, je bila ( $1,4 \pm 0,6$ ) Bq/m<sup>3</sup> [14].

Specifične aktivnosti stroncija v talnih sedimentih so tipično 10-krat nižje od specifičnih aktivnosti cezija. Povprečne aktivnosti, ki jih je izmeril ZVD, so bile ( $1,1 \pm 0,1$ ) Bq/kg v Krškem, ( $0,1 \pm 0,1$ ) Bq/kg v Brežicah in ( $0,6 \pm 0,1$ ) Bq/kg v Jesenicah na Dolenjskem. Pri meritvah IRB je bil stroncij v talnih sedimentih merjen na lokaciji Podsused pri Zagrebu, kjer je bila povprečna specifična aktivnost < 0,5 Bq/kg. Specifična aktivnost stroncija v talnem sedimentu je tako primerljiva z rezultati meritev iz predhodnih let.

Stroncij je bil izmerjen tudi v vseh vzorcih rib. V meritvah ZVD (mišice in kosti ribe skupaj) se gibljejo povprečja po lokacijah od ( $0,10 \pm 0,02$ ) Bq/kg do ( $0,3 \pm 0,8$ ) Bq/kg, kar je v okviru negotovosti podobno kot v preteklih letih. Laboratorij IRB v ribah ni meril stroncija.

**Radioaktivni izotop ogljika C-14** v savski vodi in v ribah v tem letu ni bil merjen. Merjeni so bili efluenti NEK. Ob zadnjih meritvah v savski vodi v letu 2013 je IRB v okviru dodatnega nadzora opravil meritve specifične aktivnosti C-14 v reki neposredno med izpustom. Vsebnosti C-14 v enkratnih vzorcih vode so bile v času izpusta merljive tudi 600 m nizvodno od NEK [16].

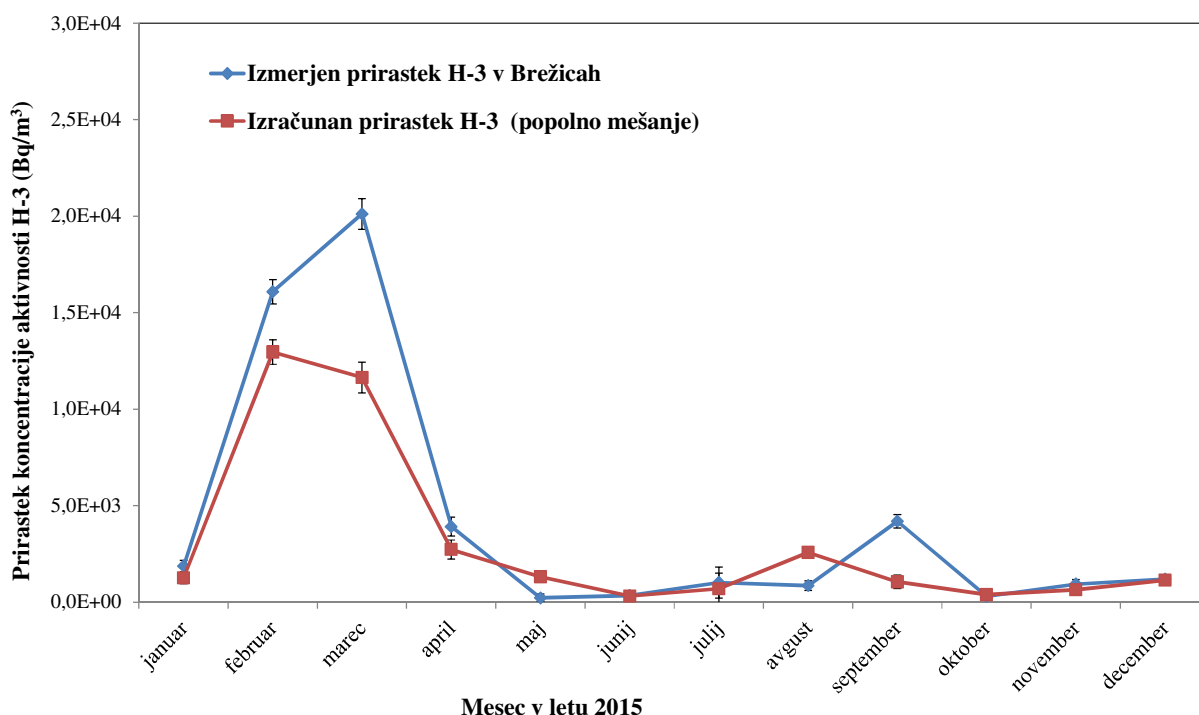
**Drugi aktivacijski in fisiski produkti**, ki so bili izmerjeni v emisijskih vzorcih izpustne vode, kot npr.: Co-58, Co-60, Ag-110m, Xe-133, v letu 2015 niso bili detektirani na nobeni lokaciji v okolju.

**Naravni radionuklidi** uranove (U-238, Ra-226 in Pb-210) in torijeve (Ra-228 in Th-228) razpadne vrste so bili redno zaznani v vseh vzorcih vode. V nefiltrirani vodi so bile na vseh odzemnih mestih koncentracije aktivnosti U-238 in Ra-228 okrog 1 Bq/m<sup>3</sup>. Koncentracije aktivnosti K-40 so bile nekoliko višje, in sicer okrog 30 Bq/m<sup>3</sup>. Največja izmerjena posamična koncentracija aktivnosti K-40 je bila v Krškem ( $47 \pm 5$ ) Bq/m<sup>3</sup>. Redno je bil merjen tudi kozmogeni radionuklid Be-7. V sedimentih so bile na vseh odzemnih mestih specifične aktivnosti U-238 in Ra-228 okrog 30 Bq/kg.

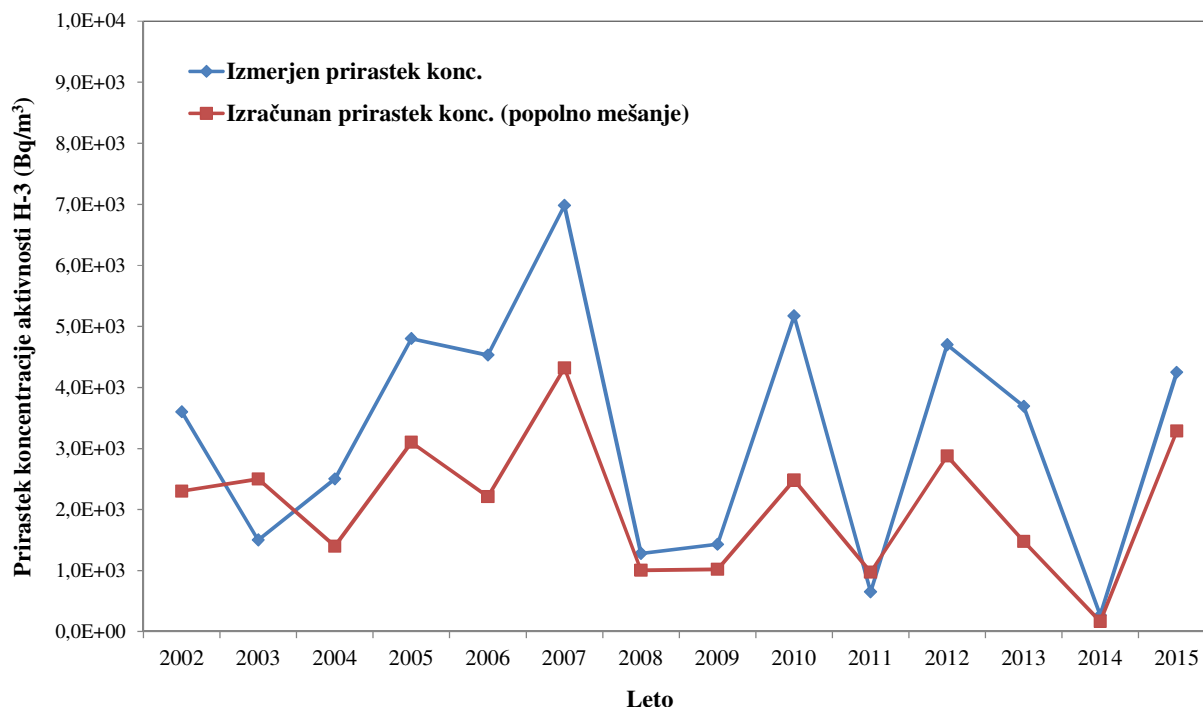
Vsebnosti naravnih radionuklidov so primerljive z vrednostmi v drugih rekah po Sloveniji. Predvsem za K-40 je značilno izrazito nihanje, ki je povezano predvsem z onesnaženostjo rek, v manjši meri pa tudi z geološko sestavo tal. Najvišja koncentracija aktivnosti K-40 je bila izmerjena v Savinji 510 Bq/m<sup>3</sup> [14].

## DISKUSIJA

Vpliv na okolje po savski prenosni poti ocenjujemo na podlagi primerjave rezultatov emisijskih meritev (meritev vzorcev iz odpadnih merilnih rezervoarjev – WMT in kaluž uparjalnikov – SGBD), ki jih izvaja NEK, in rezultatov meritev vzorcev reke Save.



**Slika 1.6:** Primerjava med mesečnimi izmerjenimi prirastki koncentracije aktivnosti tritija v reki Savi v Brežicah in izračunanimi prirastki koncentracije aktivnosti. Izračunana koncentracija aktivnosti je dobljena iz mesečnih tekočinskih izpustov H-3 in pretoka Save (mesečni izpust / mesečna prostornina pretečene Save).



**Slika 1.7:** Primerjava med letnimi povprečnimi prirastki koncentracije aktivnosti H-3 v reki Savi v Brežicah in izračunanimi koncentracijami aktivnosti, dobljenimi na podlagi letnih tekočinskih izpustov in pretoka Save (letni izpust / letna prostornina pretečene Save) ob predpostavki popolnega mešanja



V vseh jedrskih elektrarnah je radioaktivni izotop vodika tritij (H-3) v tekočinskih in atmosferskih izpustih. Kot kozmogeni radionuklid nastaja tudi v zgornji plasti atmosfere pri jedrskih reakcijah visokoenergijskega kozmičnega sevanja na dušiku. Tritij se veže v molekulo vode (HTO) in z dežjem pride do zemeljske površine. Večina tritija je razredčena v oceanih. Poskusne jedrske eksplozije v 50. in 60. letih prejšnjega stoletja so naravni inventar tritija povečale za dva velikostna reda. Tako je njegova koncentracija aktivnosti v deževnici na severni polobli narasla z  $0,6 \text{ kBq/m}^3$  na  $150 \text{ kBq/m}^3$  v letu 1963. Do danes je zaradi radioaktivnega razpada in prehoda v oceanske vode koncentracija aktivnosti H-3 v deževnici padla na okrog  $1 \text{ kBq/m}^3$  [21].

Po podatkih NEK so bili največji tekočinski izpusti H-3 opravljeni v mesecu februarju ( $6,1 \text{ TBq}$ ) in marcu ( $5,6 \text{ TBq}$ ), kar je red velikosti več kot največji mesečni izpust v letu 2014 in primerljivo z največjim mesečnim izpustom v letu 2013 (v septembru  $4,4 \text{ TBq}$ ). Skupni letni izpust  $16,3 \text{ TBq}$  je bil približno 9-krat večji kot v letu 2014 ( $1,73 \text{ TBq}$ ) in primerljiv z dolgoletnim povprečjem (dolgoletno povprečje od 1999 do 2015 je  $12 \text{ TBq}$ ). V času največjih izpustov v mesecu februarju in marcu sta bili opazno povišani koncentraciji aktivnosti H-3 v reki Savi v Brežicah ( $20,8 \text{ kBq/m}^3$ , slika 1.3) in Jesenicah na Dolenjskem ( $6,4 \text{ kBq/m}^3$ ). Nižje izmerjene koncentracije v Jesenicah na Dolenjskem so običajne in so posledica redčenja zaradi dotokov Krke in Sotle.

V vseh letih je tudi redno povišana koncentracija tritija v podzemni vodi v vrtini VOP-4 (blizu levega brega Save,  $600 \text{ m}$  nizvodno od jezua NEK). Mesečno povprečje koncentracije aktivnosti H-3 v tej vrtini je bilo letos  $3,6 \text{ kBq/m}^3$  (najvišja izmerjena koncentracija ( $14 \pm 2$ )  $\text{kBq/m}^3$  v mesecu aprilu), kar je bistveni odmik od običajnih naravnih koncentracij.

Tritij je edini radionuklid, ki ga je mogoče sistematično spremljati v okolju in je nedvomno posledica izpustov NEK. Tritij zato lahko uporabljamo kot sledilec in z njegovo razredčitvijo ocenimo tudi koncentracije drugih radionuklidov, ki jih navadno ne zaznavamo v okolju [23].

Zaradi mesečnih izpustov NEK je bila opazna izrazita korelacija s povišanimi koncentracijami tritija v Savi. Na sliki 1.6 je prikazana primerjava med izmerjenimi mesečnimi prirastki koncentracije aktivnosti H-3 in izračunanimi koncentracijami aktivnosti H-3 v Brežicah. Prirastek koncentracije aktivnosti tritija v Brežicah pomeni, da je bila odšteta izmerjena koncentracija aktivnosti tritija (naravno ozadje) na referenčnem mestu v Krškem pred NEK. Izračunane koncentracije aktivnosti smo dobili tako, da smo mesečni izpust H-3 delili z mesečno količino pretečene savske vode. Poleg tega smo predpostavili, da je prišlo do popolnega mešanja vode na omenjeni lokaciji.

Na sliki 1.7 je narejena primerjava med izmerjenimi letnimi prirastki koncentracije aktivnosti in izračunanimi letnimi koncentracijami aktivnosti H-3 v Brežicah od leta 2002. Dolgoletne težnje kažejo, da na mestu vzorčevanja v Brežicah najverjetneje še ne pride do popolnega mešanja izpuščenih radionuklidov s savsko vodo. To je razvidno s slike 1.7, kjer so izmerjeni povprečni letni prirastki koncentracije aktivnosti tritija sistematično večji kot izračunani prirastki ob predpostavki popolnega mešanja vode. Iz meritev lahko ocenimo razredčitveno razmerje  $DR$  (*Dilution Ratio*) v Brežicah. Razredčitveno razmerje  $DR$  je razmerje med prirastkom koncentracije aktivnosti tritija na nekem mestu pod izpustom (npr. v Brežicah) in prirastkom koncentracije aktivnosti tritija na mestu s popolnim mešanjem vode:

$$DR = \frac{C_{w,L}}{C_{w,tot}} \quad (1.1)$$

kjer sta  $C_{w,L}$  prirastek koncentracije aktivnosti tritija na določeni lokaciji ( $\text{Bq/m}^3$ ) in  $C_{w,tot}$  prirastek koncentracije aktivnosti tritija na mestu popolnega mešanja ( $\text{Bq/m}^3$ ) [23]. Prirastek koncentracije aktivnosti na mestu popolnega mešanja izračunamo iz izraza (1.2):

$$C_{w,tot} = \frac{A_{H-3}}{F \times t} \quad (1.2)$$



kjer sta  $A_{H-3}$  skupna letna izpuščena aktivnost tritija (Bq), produkt  $F \times t$  pa celotni letni volumen pretečene Save v kubičnih metrih. Pri tem je  $F$  povprečni letni pretok,  $t$  pa je čas (eno leto).

Vrednosti  $DR$  so lahko 0 na lokacijah, kjer še ni prišlo do mešanja, med 0 in 1 na lokacijah, kjer se čista voda le delno meša s kontaminirano (npr. na nasprotnem bregu pod izpustom) ali pa  $DR > 1$  na lokacijah, kjer je mešanje kontaminirane vode s čisto nepopolno (npr. na istem bregu neposredno pod izpustom). Pri popolnem mešanju je  $DR$  enak 1.

Iz razlike med povprečnima letnima koncentracijama aktivnosti tritija v Brežicah in v Krškem smo dobili izmerjen prirastek koncentracije aktivnosti v Brežicah  $C_{w,L}$ , ki je  $(4,25 \pm 0,13)$  kBq/m<sup>3</sup>, kar je primerljivo z leti 2013 in 2012 (slika 1.7). Izračunan prirastek koncentracije aktivnosti tritija na mestu popolnega mešanja  $C_{w,tot}$  je bil 3,3 kBq/m<sup>3</sup>. Tako je bilo v letu 2015 razredčitveno razmerje  $DR$  v Brežicah ocenjeno na 1,3. Dolgoletno povprečno razredčitveno razmerje  $DR$  (od 2002 do 2015) na vzorčevalni lokaciji ob levem bregu v Brežicah je  $(1,5 \pm 0,5)$ .

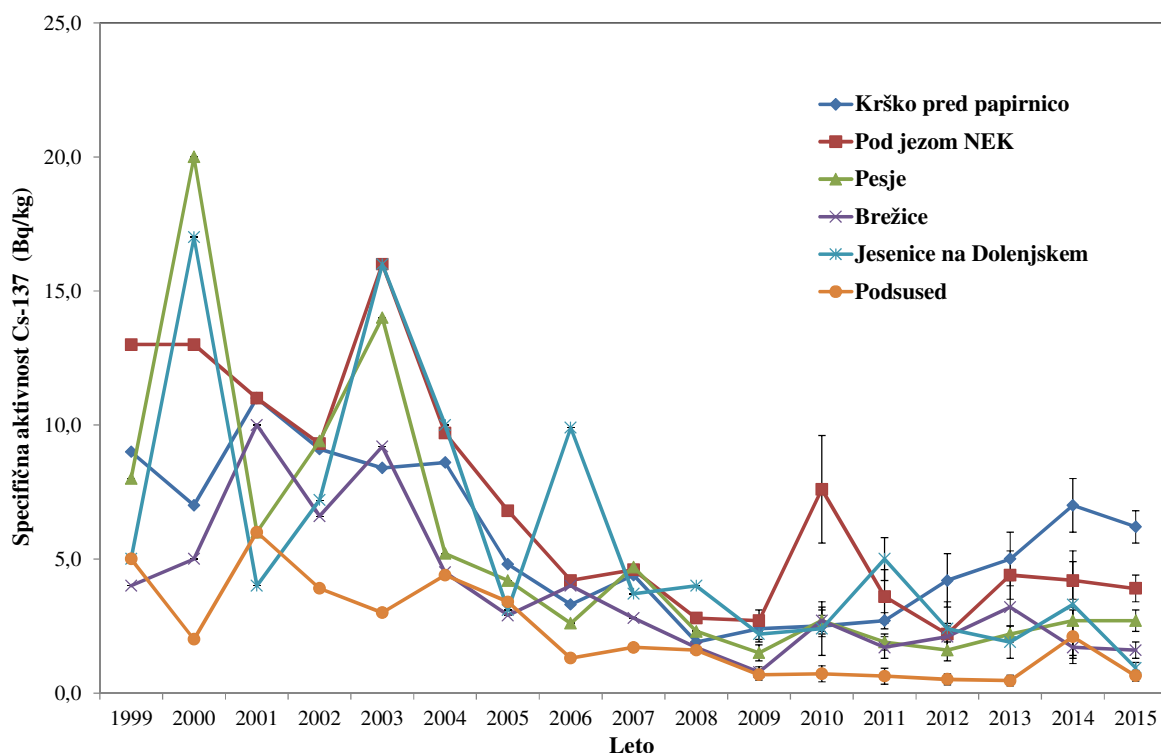
Kratkoživi radioaktivni jod (I-131) je občasno opažen v tekočinskih efluentih NEK. Povišane koncentracije joda je bilo mogoče izmeriti takoj po černobilski nesreči. V nekaterih rekah v Sloveniji ga je mogoče najti zaradi uporabe tega izotopa v medicini. V tem letu so bili celotni izpusti I-131 iz NEK 2,2 MBq. Zaradi običajno majhnih izpustov iz NEK in rezultatov meritev v okolju lahko ugotovimo, da je vpliv NEK nemerljiv.

Radioaktivni cezij (Cs-137) je povsod v okolju in je posledica globalne in regionalne kontaminacije (jedrski poskusi in nesreča v Černobilu). Cezij izmerimo tudi v tekočinskih efluentih NEK. Letni izpust Cs-137 je bil 1,1 MBq, kar je več kot v letu 2014 (0,4 MBq) in primerljivo z letom 2013 (2,4 MBq). Cezij se slabo veže na grobo suspendirano snov (le nekaj odstotkov) [23]. Če bi prišlo do večjega izpusta NEK, bi to najprej zaznali v povečani koncentraciji aktivnosti v vodi (suhi ostanek po izparevanju vzorca vode) in le manjši delež bi zaznali v filtrskem ostanku (v grobi suspendirani snovi). Če upoštevamo letne izpuste, povprečni pretok Save in privzamemo razredčitveno razmerje na levem bregu v Brežicah, lahko ocenimo prirastek koncentracije aktivnosti Cs-137  $C_{w,L}$  v Brežicah na okrog  $4 \text{ E-}04$  Bq/m<sup>3</sup>. Ocenjena koncentracija cezija je daleč pod mejo detekcije in je zato ni mogoče ločiti od globalne kontaminacije. Iz merskih rezultatov vode, kjer je bil Cs-137 detektiran, lahko povzamemo le, da je povprečna koncentracija aktivnosti v okviru merske negotovosti na vseh odvzemnih mestih primerljiva in da je vpliv NEK nemerljiv.

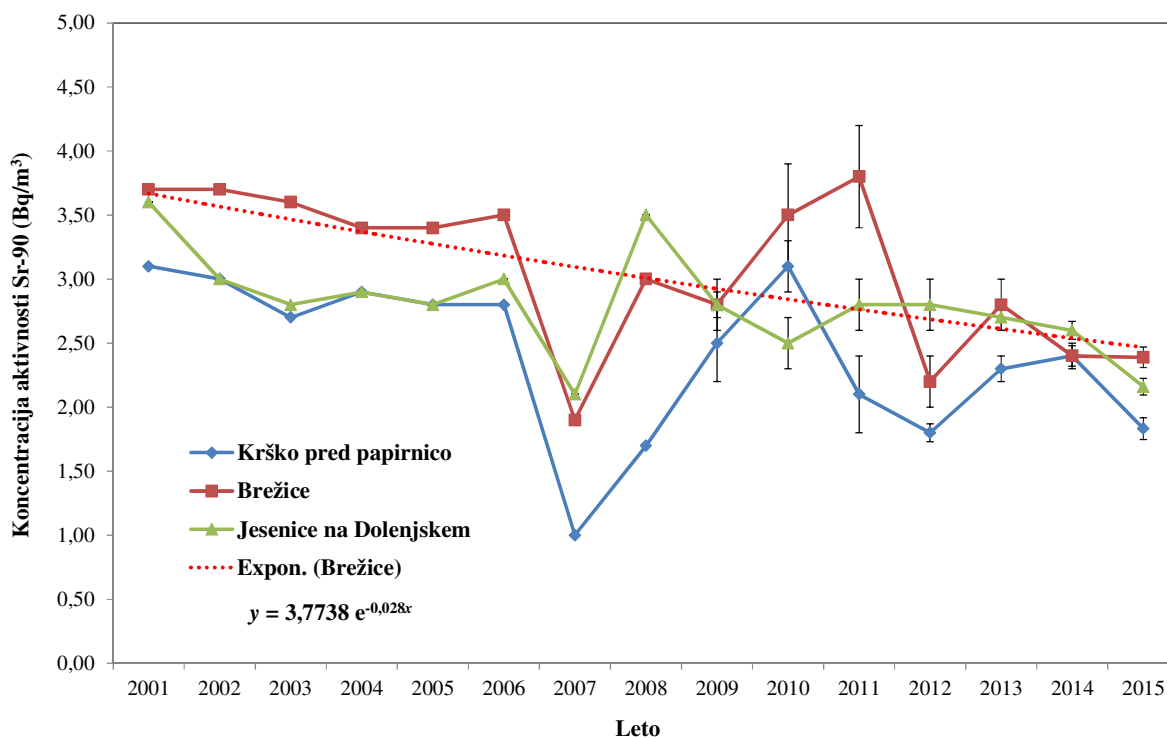
Specifična aktivnost cezija v sedimentih kaže najvišje povprečne mesečne aktivnosti v Krškem (slika 1.8). S slike je razvidno, da se specifična aktivnost cezija v sedimentu v glavnem na vseh lokacijah z leti sistematično zmanjšuje. To je povezano z razpadom izotopa (iz globalne kontaminacije) ter istočasno z izpiranjem talnega sedimenta. Specifične aktivnosti umetnih radionuklidov so sicer v sedimentih zaradi izpiranja bistveno nižje kot v vrhnji plasti zemlje (navadna specifična aktivnost cezija v zemlji je namreč nekaj deset bekerelov na kilogram). V zadnjih letih je bilo opazno naraščanje specifične aktivnosti cezija na lokacijah Krško pred papirnico, kar je posledica naravnih procesov, ki niso vezani na izpuste NEK. Zaradi majhnih izpustov in razmeroma velikih vzorčevalnih in merskih negotovosti lahko sklenemo, da vpliva NEK-a v sedimentu ni mogoče zaznati.

Specifična aktivnost cezija v ribah je v okviru merske negotovosti na vseh odvzemnih mestih podobna ( $< 0,1$  Bq/kg). Glede na koncentracije aktivnosti cezija v vzorcih nefiltrirane vode (okrog  $0,1$  Bq/m<sup>3</sup>) bi pričakovali, da je specifična aktivnost cezija v ribah okrog  $0,2$  Bq/kg (upoštevajoč koncentracijski faktor  $B_r = 2,0 \text{ m}^3/\text{kg}$ ) [23]. Podobno kot pri sedimentu ugotovimo, da je specifična aktivnost cezija v ribah kot posledica vpliva NEK nemerljiva.





**Slika 1.8:** Primerjava specifičnih aktivnosti Cs-137 v talnem sedimentu reke Save. Merske negotovosti so v zadnjih letih od 0,3 Bq/kg do 2 Bq/kg.



**Slika 1.9:** Primerjava povprečnih koncentracij aktivnosti Sr-90 v vodi (vodni sušini) reke Save in usmeritev eksponentnega upadanja zaradi radioaktivnega razpada (razpadna konstanta Sr-90 je 0,024 na leto)



Radioaktivni stroncij (Sr-90) je redno v tekočinskih izpustih NEK (0,08 MBq v letu 2015), vendar so aktivnosti izpustov precej nižje od aktivnosti izpustov cezija. Kot je razvidno iz meritev, je večina stroncija v sami vodi (vodni sušini). Koncentracije aktivnosti Sr-90 so v okviru merske negotovosti podobne rezultatom iz zadnjih nekaj let (glej sliko 1.9). Opazna je težnja padanja, ki je povezana z razpolovno dobo stroncija (28,8 let). Primerjava meritev na različnih lokacijah z upoštevanjem merskih negotovosti kaže, da je vpliv NEK nemerljiv.

Ugotavljamo tudi, da je specifična aktivnost stroncija v ribah (vodni bioti), ki bi bila lahko posledica vpliva NEK, prav tako nemerljiva, saj v okviru merske negotovosti ni razlik med posameznimi lokacijami. Ločeno merjenje kosti in mišic rib se ne izvaja od leta 2005, zato primerjava med specifičnimi aktivnostmi stroncija v vzorcih mišic in kosti rib ni mogoča. Stroncij se namreč v glavnem kopiči v kosteh, kjer so navadno vsebnosti dva velikostna reda višje kot v mišicah. Glede na koncentracije aktivnosti stroncija v vzorcih nefiltrirane vode (okrog 3 Bq/m<sup>3</sup>) bi pričakovali, da je specifična aktivnost stroncija v ribah okrog 0,2 Bq/kg (upoštevajoč bioakumulacijski faktor  $B_r = 0,06 \text{ m}^3/\text{kg}$ ) [23]. Izmerjene povprečne specifične aktivnosti od 0,1 Bq/kg do 0,3 Bq/kg se dobro ujemajo z oceno.

Večina C-14 v okolju je danes posledica naravnega kozmičnega sevanja. Poskusne jedrske eksplozije so njegovo aktivnost v atmosferi v 60. letih podvojile. Le manjši delež C-14 nastaja zaradi izpustov jedrskih objektov. Od leta 2013 se C-14 sistematično meri v četrletnih vzorcih tekočinskih efluentov. Neposredne meritve C-14 v Savi se ne izvajajo redno. Skupna letna izpuščena aktivnost v Savo je bila v tem letu 1,2 GBq [20] (1,7 GBq v letu 2014). Izmerjeni izpusti se ujemajo z grobo oceno (1,8 GBq na leto oziroma 2,6 GBq/GW na leto [24]). Aktivnost izpuščenega C-14 je okrog 4 velikostne rede nižja kot pri tritiju.

Problematika C-14 v okolju je bila podrobneje analizirana tudi na delavnici, ki sta jo pripravila IRB in IJS [25] dne 9.12.2015. Na delavnici so bila obravnavana tudi odprta vprašanja, povezana z izpostavljenostjo prebivalstva preko savske prenosne poti. Za določanje relativne specifične aktivnosti C-14 se uporablja enota pMC (percent modern carbon). Glede na definicijo relativne specifične aktivnosti je 100 pMC enako 226 Bq/kg stabilnega ogljika. Običajne relativne specifične aktivnosti v atmosferskem CO<sub>2</sub> so okrog 105 pMC in so se praktično vrnile na prvotno vrednost 100 pMC pred začetkom jedrskih atmosferskih poskusov. V vodnem okolju je njegova relativna specifična aktivnost nekoliko nižja zaradi redčenja iz starih karbonatnih sedimentov. V tekočinskih izpustih jedrskih elektrarn je C-14 v anorganski obliki ([CO<sub>2</sub>] + [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>] + [CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>]). V površinskih vodah je C-14 glede na običajni pH večinoma v obliki karbonatov (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>). V Savi je tipično 250 mg/L HCO<sub>3</sub>, kar je 50 mg/L ogljika v vodi. Iz slednjega in osnovne definicije (100 pMC = 226 Bq/kg stabilnega ogljika) preračunamo pretvorbo iz enote pMC v Bq/m<sup>3</sup> (100 pMC je enako 11,3 Bq/m<sup>3</sup> savske vode). Glede na letne izpuste v Savo je pričakovati, da bi povprečna koncentracija aktivnosti C-14 v Brežicah narasla za manj kot 0,4 Bq/m<sup>3</sup> (ali < 3,5 pMC). Zaradi prisotnosti kozmogenega C-14 v okolju je tako nizke koncentracije aktivnosti težko ločiti od naravnega ozadja.

V letu 2015 C-14 v ribah ni bil merjen. Vnos radioaktivnega ogljika v ribe ni enak kot pri drugih v vodi raztopljenih radionuklidih, kjer lahko prihaja do koncentriranja. Vnos poteka preko vode in vodnih rastlin, s katerimi se hranijo ribe. Obstaja popolno ravnovesje med raztopljenim anorganskim ogljikom v vodi in v ribi [29]. To pomeni enako relativno specifično aktivnost C-14 (izraženo v pMC) v vodi kot tudi v vodni bioti. Če upoštevamo maso stabilnega ogljika v sveži ribi (120 g ogljika na kilogram sveže snovi) je običajna relativna specifična aktivnost 100 pMC enaka 27,2 Bq/kg sveže snovi. Na tej predpostavki smo ocenili koncentracijski faktor  $B_r$ , ki ga zapišemo z izrazom:

$$B_r = \frac{C_{\text{riba}}}{C_{\text{voda}}} = \frac{27,2 \text{ Bq/kg sveže snovi}}{11,3 \text{ Bq/m}^3} = 2,41 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \quad (1.3)$$

kjer je:

- $C_{\text{riba}}$  specifična aktivnost na kilogram sveže ribe (Bq/kg sveže snovi),
- $C_{\text{voda}}$  koncentracija aktivnosti vode (Bq/m<sup>3</sup>).



Pri drugih radioaktivnih elementih koncentracijski faktor zaradi kopičenja imenujemo tudi bioakumulacijski faktor. Ocene koncentracijskega faktorja za C-14 se v literaturi med seboj razlikujejo tudi za dva velikostna reda [26], [29]. V preteklih letih (2013 in 2014) smo pri vrednotenju izpostavljenosti prebivalstva povzeli oceno  $B_r = 50 \text{ m}^3/\text{kg}$  [27]. Iz zgornje analize je razvidno, da smo morda precenili koncentracijski faktor C-14, zato bomo v bodoče uporabljali bolj realno oceno  $B_r = 2,41 \text{ m}^3/\text{kg}$  [25], za modelski izračun doz (glej nadaljevanje).

Na podlagi ocenjenega povprečenega prirastka C-14 v Savi ( $< 0,4 \text{ Bq/m}^3$ ) zaradi vpliva NEK lahko ocenimo, da bi se relativna specifična aktivnost C-14 v ribah lahko povečala enako kot v vodi za manj kot 3,5 pMC ali manj kot  $1 \text{ Bq/kg}$  sveže snovi (upoštevamo da je  $100 \text{ pMC}$  v ribi  $27,2 \text{ Bq/kg}$  sveže snovi). Iz rezultatov meritev rib v letu 2014 (povprečje izmerjenih vzorcev je  $97 \text{ pMC}$  [19]), ki so bile ujete v Jesenicah na Dolenjskem, ugotavljamo, da so izmerjene relativne specifične aktivnosti običajne za naravno okolje in vpliva NEK preko rib ni mogoče zaznati.

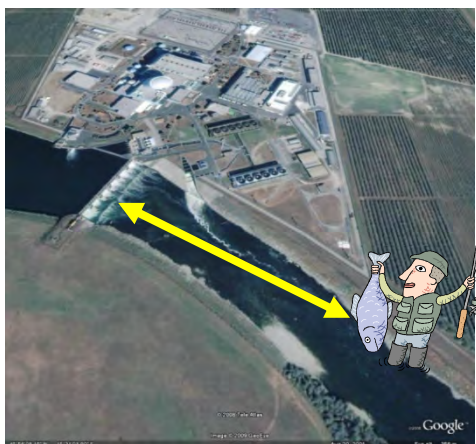
Drugi fizijski in aktivacijski produkti (Co-58, Co-60, Ag-110m, Cs-134) se navadno redno pojavljajo v tekočinskih izpustih NEK. Njihova skupna izpuščena aktivnost v letu 2015 je bila vsaj šest velikostnih redov nižja kot pri tritiju. Podobno kot v preteklem letu tudi v tem letu Cs-134 sploh ni bil izmerjen v tekočinskih izpustih. V zadnjih nekaj letih ni bil noben naštetih radionuklidov zaznan v okolju. Nazadnje je bil detektiran Co-60 v letih 2003 in 2006 v vodi in sedimentu.

Koncentracije aktivnosti naravnih radionuklidov so primerljive z rezultati meritev v drugih rekah po Sloveniji. V efluentih NEK naravni radionuklidi niso prisotni, zato ne ocenjujemo njihove obremenitve na okolje.

Koncentracije aktivnosti naravnih in umetnih radionuklidov so znatno pod izpeljanimi koncentracijami za pitno vodo, kot jih določa *Uredba o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih (UV2)* [10].

## OCENA VPLIVOV

Izpostavitve prebivalstva se ocenjuje na podlagi neposrednih meritev izpustov (emisij) in z uporabo ustreznih modelov. V letu 2003 sta bila izdelana metodologija in model za oceno doz pri izpostavitvi prebivalcev [22] in revidirana v letu 2009 (*Izpostavitve referenčne skupine prebivalcev sevnanju zaradi tekočinskih izpustov NEK v reko Savo – Nova referenčna lokacija* [23]). V metodologiji so identificirane glavne prenosne poti, načini izpostavitve in referenčne skupine za Slovenijo in Hrvaško. Za modelno oceno obremenitev, ki bi jih lahko prinesle zgolj prenosne poti, ki potekajo po Savi, je bila izbrana kot referenčna skupina brežiških športnih ribičev in članov njihovih družin (to je tista skupina, ki potencialno prejme najvišje doze). Za oceno vplivov izpuščenih radioaktivnosti v okolje ob normalnem obratovanju jedrskega objekta smo upoštevali tri starostne skupine: 1 leto, 7–12 let in odrasli  $> 17$  let, ki smo jih privzeli tudi v tej metodologiji. Metodologija računanja letne učinkovite doze je uporabna le za celoletno vrednotenje vplivov, ne pa tudi pri ocenjevanju večletnega vpliva, saj večletni nanos in radioaktivni razpad nista upoštevana v modelu. Prvotne ocene, ki so bile narejene v letu 2003, so predpostavljale, da so referenčna skupina ribiči, ki ribarijo pri Brežicah, kjer naj bi bilo popolno mešanje izpuščene radioaktivnosti v reko Savo. Kasnejša analiza v letu 2009 je ugotovila, da ribiči pogosto ribarijo znatno bližje NEK, kjer je mešanje še nepopolno. V revidiranem modelu je dodana nova lokacija za ribiče (levi del struge, 350 m pod jezom NEK), ki je prikazana na sliki 1.10. Za to skupino se upošteva drugo razredčitveno razmerje  $DR$ , saj na tem mestu ne prihaja do popolnega mešanja s savsko vodo. V študiji [23] je ocenjeno, da je koncentracija aktivnosti izpuščenih radionuklidov na tem mestu trikrat večja  $DR = (3 \pm 2)$  od koncentracije na mestu popolnega mešanja reke. Revizija modela je prav tako pokazala, da tudi na stari lokaciji v Brežicah še ne pride do popolnega mešanja Save. Dolgoletno povprečno razredčitveno razmerje  $DR$  na vzorčevalni lokaciji ob levem bregu v Brežicah je  $(1,5 \pm 0,5)$ .



**Slika 1.10:** Lokacija, kjer se računa modelska doza za referenčno skupino (ribiči) 350 m od jezua. Stara lokacija je bila 7,7 km nizvodno od jezua NEK.

V tabeli 1.1 so podani dozni faktorji, porazdelitveni koeficienti in koncentracijski faktorji, ki se uporabljajo pri modelskem izračunu doz. V tabeli 1.2 je inventar letnih tekočinskih izpustov NEK, kar je vhodni podatek pri oceni letne efektivne doze. V tabeli 1.2 so navedeni tudi vsi pomembni radionuklidi, ki bi potencialno lahko bili v izpustnih vodah. Iz tabele je razvidno, da je največ izpuščenega H-3 (tritija), vendar je ta izotop z vidika radiotoksičnosti malo pomemben. Pomembna sta aktivacijska produkta Co-60 in Co-58 ter fisijski produkti Cs-134, Cs-137 in Sr-90. Pomemben je tudi C-14, ki sicer nima visoke radiotoksičnosti, vendar je po izpustih takoj za tritijem in ima razmeroma visok koncentracijski faktor v ribah. Pri izračunu letne efektivne doze nismo upoštevali prispevka žlahtnih plinov Xe-131m, Xe-133, Xe-133m, Xe-135, Kr-85m in drugih zelo kratkoživih radionuklidov, ker pri ingestiji niso pomembni.

Za izračun letne efektivne doze v letu 2015 so bili uporabljeni naslednji vhodni podatki:

- dozni faktorji iz tabele 1.1; pri C-14 smo upoštevali novi koncentracijski faktor ( $B_r = 2,41 \text{ m}^3/\text{kg}$ ) [25]; razlogi za spremembo so že podani v diskusiji;
- letni izpust radionuklidov iz poročil NEK (tabela 1.2);
- povprečni pretok Save v Brežicah v tem obdobju ( $157 \text{ m}^3/\text{s}$ );
- razredčitveno razmerje  $DR$  na novi lokaciji (350 m nizvodno od jezua NEK) je  $(3 \pm 2)$  in v Brežicah  $(1,5 \pm 0,5)$ ; dolgoletno povprečno razredčitveno razmerje od 2002 do 2015, dobljeno iz primerjave meritev tritija v izpustih in v Brežicah (slika 1.7);
- povprečna koncentracija suspendiranega sedimenta ( $0,01 \text{ kg}/\text{m}^3$ );
- predpostavimo maksimalno izpostavljenega posameznika in ekstremno porabo (največja mogoča ocena izpostavitve).


**Tabela 1.1:** Dozni faktorji, porazdelitveni koeficienti in bioakumulacijski faktorji za izotope v tekočinskih izpustih NEK

Izotop	Ingestijski dozni faktorji			Zunanje sevanje – površinska kontaminacija	Imerzija v vodi	Porazdelitveni koeficienti in koncentracijski faktorji	
	< 1 let (Sv/Bq)	7–12 let (Sv/Bq)	> 17 let (Sv/Bq)	(Sv na leto)/(Bq/m <sup>2</sup> )	(Sv/s)/(Bq/m <sup>3</sup> )	$K_D$ (m <sup>3</sup> /t)	$B_r$ (m <sup>3</sup> /t)
Cr-51	3,50E-10	7,80E-11	3,80E-11	9,80E-10	3,30E-18	2,00E+04	2,00E+02
Mn-54	5,40E-09	1,30E-09	7,10E-10	2,60E-08	8,88E-17	5,00E+04	4,00E+02
Fe-59	7,90E-09	4,70E-09	1,80E-09	3,60E-08	1,29E-16	1,00E+04	2,00E+02
Co-57	2,90E-09	5,80E-10	2,10E-10	3,63E-09	1,25E-17	2,00E+04	3,00E+02
Co-58	7,30E-09	1,70E-09	7,40E-10	3,00E-08	1,03E-16	2,00E+04	3,00E+02
Co-60	5,40E-08	1,10E-08	3,40E-09	7,50E-08	2,74E-16	2,00E+04	3,00E+02
Zn-65	3,60E-08	6,40E-09	3,90E-09	1,80E-08	6,29E-17	1,00E+03	1,00E+03
Zr-95	8,50E-09	1,90E-09	9,50E-10	4,70E-08	7,82E-17	6,00E+04	3,00E+02
Nb-95	4,60E-09	1,10E-09	5,80E-10	4,70E-08	8,11E-17	1,00E+02	3,00E+02
Ru-103	7,10E-09	1,50E-09	7,30E-10	1,50E-08	4,89E-17	7,00E+03	1,00E+01
Ru-106	8,40E-08	1,50E-08	7,00E-09	1,10E-08	2,24E-17	7,00E+03	1,00E+01
Ag-110m	2,40E-08	5,20E-09	2,80E-09	8,50E-08	2,94E-16	2,00E+02	2,30E+00
Sb-124	2,50E-08	5,20E-09	2,50E-09	5,60E-08	1,98E-16	5,00E+02	1,00E+02
Sb-125	1,10E-08	2,10E-09	1,10E-09	1,40E-08	4,39E-17	5,00E+02	1,00E+02
Te-123m	1,90E-08	2,80E-09	1,40E-09	4,51E-09	1,44E-17	3,00E+01	4,00E+02
I-131	1,80E-07	5,20E-08	2,20E-08	1,20E-08	3,98E-17	3,00E+02	4,00E+01
Cs-134	2,60E-08	1,40E-08	1,90E-08	4,90E-08	1,64E-16	2,00E+03	2,00E+03
Cs-137	2,10E-08	1,00E-08	1,30E-08	1,80E-08	6,26E-17	2,00E+03	2,00E+03
Ce-141	8,10E-09	1,50E-09	7,10E-10	2,40E-09	7,38E-17	3,00E+04	3,00E+01
Ce-144	6,60E-08	1,10E-08	5,20E-09	5,70E-09	2,03E-17	3,00E+04	3,00E+01
C-14	1,40E-09	8,00E-10	5,80E-10	5,08E-13	4,39E-22	2,00E+03	2,41E+03*
H-3	6,40E-11	2,30E-11	1,80E-11	0,00E+00	0	3,00E-02	1,00E+00
Fe-55	7,60E-09	1,10E-09	3,30E-10	0,00E+00	0	1,00E+04	2,00E+02
Sr-90	2,30E-07	6,00E-08	2,80E-08	3,50E-09	1,46E-20	2,00E+03	6,00E+01

\* Koncentracijski faktor  $B_r$  za C-14 je spremenjen glede na izračune v preteklem letu, ko smo uporabljali 5,00E+04

Od številnih mogočih prenosnih poti vnosa izpuščenih radionuklidov so za prebivalce v okolici NEK kot najverjetnejše evidentirane tiste, ki so navedene v tabeli 1.3. Analiza izpostavitve je pokazala, da do najvišjih izpostavitve pride zaradi zadrževanja na bregu (zunanje sevanje) in uživanja rečnih rib. Po dostopnih informacijah napajanje živine in zalivanje pridelkov z rečno vodo nista značilnosti tega področja, zato ju nismo podrobneje analizirali. Pitje rečne vode prav tako ni realno zaradi onesnaženosti reke. Vpliv reke Save na pitno vodo se obravnava v poglavju *Voda iz črpališč in vrtin*. Analizirana je tudi izpostavitve pri plavanju v reki Savi. Ta prenosna pot se zdi malo verjetna, saj je savski breg pod NEK težko dostopen in neprijazen, zato plavanje ni upoštevano v modelu. Mnogo verjetnejše je kopanje v reki Krki.

V modelu je upoštevano zadrževanje na bregu in uživanje rib, ki je značilno za ribiče, ki so v našem primeru referenčna (kritična) skupina. Podrobni podatki o navadah ribičev so bili dobljeni od gospodarja Ribiške družine Brestanica-Krško. Ta družina šteje 150 članov, od tega je bilo v letu 2002 aktivnih 120. Po informacijah gospodarja ribiške družine morda tretjina ribičev uživa ujete ribe. Ti ribiči so referenčna skupina, ki šteje 36 ljudi. V tabeli 1.4 so podane značilnosti referenčne skupine ribičev, ki so bile uporabljene v metodologiji, kot so: čas, ki ga ribič in njegov otrok preživita na bregu, in letna poraba rib iz Save. Za oceno izpostavljenosti pri pitju savske vode (malo verjetna prenosna pot) so uporabljeni podatki za letno porabo Evropske unije in slovenske zakonodaje po starostnih skupinah: 260 L (1 leto), 350 L (otroci 7–12 let) in 750 L (odrasli > 17 let).



Tabela 1.2: Inventar tekočinskih izpustov v letu 2014 in 2015 [6]

Radionuklid	2014 (Bq na leto)	2015 (Bq na leto)
H-3	1,73E+12	1,63E+13
C-14	1,69E+09	1,21E+09
Na-24	–	–
Cr-51	–	–
Mn-54	2,57E+05	–
Fe-55	5,06E+06	5,63E+06
Fe-59	–	–
Co-57	–	–
Co-58	2,65E+07	7,96E+06
Co-60	5,28E+06	4,83E+06
Zn-65	–	–
Se-75	–	–
Sr-85	–	–
Sr-89	–	–
Sr-90	1,58E+05	7,57E+04
Y-92	–	–
Zr-95	–	–
Nb-95	3,37E+05	–
Nb-97	–	–
Mo-99	–	–
Tc-99m	–	–
Kr-85	–	–
Kr-85m	–	–
Kr-87	–	–
Kr-88	–	–
Rb-88	–	–
Ru-103	–	–
Ru-106	–	–
Ag-110m	5,06E+06	1,07E+07
Sn-113	–	–
Sb-124	–	–
Sb-125	–	–
Te-123m	–	–
Te-125m	–	–
Te-127m	–	–
Te-129m	–	–
Te-132	–	–
I-129	–	–
I-131	–	2,22E+06
I-132	–	–
I-133	–	3,32E+05
I-134	–	–
Cs-134	–	–
Cs-137	4,01E+05	1,12E+06
Cs-136	–	–
Cs-138	–	–
Xe-131m	–	–
Xe-133	1,45E+05	1,17E+08
Xe-133m	–	–
Xe-135	2,40E+05	1,30E+05
Xe-135m	–	–
Ba-140	–	–
La-140	–	–
Ce-141	3,96E+05	–
Ce-144	4,99E+06	7,20E+05
Hg-203	–	–


**Tabela 1.3:** Načini in poti izpostavitve v okolici NEK – savska prenosna pot

Način izpostavitve	Pot izpostavitve	Verjetnost izpostavitve
zunanje obsevanje	<b>zadrževanje na bregu</b> plavanje	<b>zelo verjetno</b> malo verjetno
ingestija	<b>ribe</b> rečna voda napajanje živine (meso, mleko) zalivanje pridelkov	<b>zelo verjetno</b> malo verjetno ni značilnost področja ni značilnost področja

**Tabela 1.4:** Značilnosti referenčne skupine in maksimalno izpostavljenega posameznika za Slovenijo, uporabljene v metodologiji

	Referenčna skupina	Maksimalno izpostavljeni posameznik
čas, ki ga ribič preživi na bregu	200 h	<b>500 h</b>
čas, ki ga ob ribiču preživi njegov otrok (10 let)	100 h	<b>250 h</b>
letna poraba rib iz Save – ribič	10 kg	<b>45 kg</b>
letna poraba rib iz Save – otrok (10 let)	3 kg	<b>10 kg</b>
letna poraba rib iz Save – dojenček (1 leto)	0 kg	<b>0 kg</b>
velikost referenčne (kritične) skupine	36 ljudi	–

**Tabela 1.5:** Efektivna letna doza posameznika iz referenčne skupine prebivalstva v Brežicah, pri čemer upoštevamo maksimalno izpostavljenega posameznika (ekstremna poraba)

Starostna skupina	Brežice	
	Rečni breg in ingestija rib (zelo verjetna prenosna pot)	Pitje savske vode (malo verjetna prenosna pot)
	Doza ( $\mu\text{Sv}$ na leto)	
<b>odrasli (&gt; 17 let)</b>	<b>0,03 <math>\mu\text{Sv}</math></b> Prispevek zunanjega sevanja: 0,002 $\mu\text{Sv}$ Prispevek ingestije rib: 0,028 $\mu\text{Sv}$ Prispevek ingestije rib (samo C-14): 0,023 $\mu\text{Sv}$	0,07 $\mu\text{Sv}$
<b>otroci (od 7 do 12 let)</b>	<b>0,01 <math>\mu\text{Sv}</math></b> Prispevek zunanjega sevanja: 0,001 $\mu\text{Sv}$ Prispevek ingestije rib: 0,008 $\mu\text{Sv}$	0,04 $\mu\text{Sv}$
<b>dojenčki (1 leto)</b>	<b>0 <math>\mu\text{Sv}</math></b>	0,08 $\mu\text{Sv}$



**Tabela 1.6:** Efektivna letna doza posameznika iz referenčne skupine prebivalstva na lokaciji 350 m pod jezom, pri čemer upoštevamo maksimalno izpostavljenega posameznika (ekstremna poraba)

Starostna skupina	350 m pod jezom NEK	
	Rečni breg in ingestija rib (zelo verjetna prenosna pot)	Pitje savske vode (malo verjetna prenosna pot)
	Doza ( $\mu\text{Sv}$ na leto)	
odrasli (> 17 let)	<b>0,06 <math>\mu\text{Sv}</math></b> Prispevek zunanjega sevanja: 0,004 $\mu\text{Sv}$ Prispevek ingestije rib: 0,055 $\mu\text{Sv}$ Prispevek ingestije rib (samo C-14): 0,046 $\mu\text{Sv}$	0,13 $\mu\text{Sv}$
otroci (od 7 do 12 let)	<b>0,02 <math>\mu\text{Sv}</math></b> Prispevek zunanjega sevanja: 0,002 $\mu\text{Sv}$ Prispevek ingestije rib: 0,017 $\mu\text{Sv}$	0,08 $\mu\text{Sv}$
dojenčki (1 leto)	<b>0 <math>\mu\text{Sv}</math></b>	0,17 $\mu\text{Sv}$

Ocenjena letna efektivna doza za posamezno skupino, narejena na podlagi realnih izpustov NEK in ob predpostavkah največje izpostavitve (ekstremna poraba in maksimalni čas zadrževanja na obrežju, tabela 1.5), je za odraslo osebo v Brežicah 0,03  $\mu\text{Sv}$ . Na bližji lokaciji (350 m nizvodno od NEK) pa je izračunana letna efektivna doza za odraslo osebo 0,06  $\mu\text{Sv}$  (tabela 1.6). Največja negotovost izračuna letnih efektivnih doz izvira iz negotovosti bioakumulacijskih faktorjev  $B_f$  za ribe, saj se privzeti faktorji lahko odmikajo tudi za red velikosti. Podobno ne poznamo tudi negotovosti doznih faktorjev, ki so večji od merskih negotovosti.

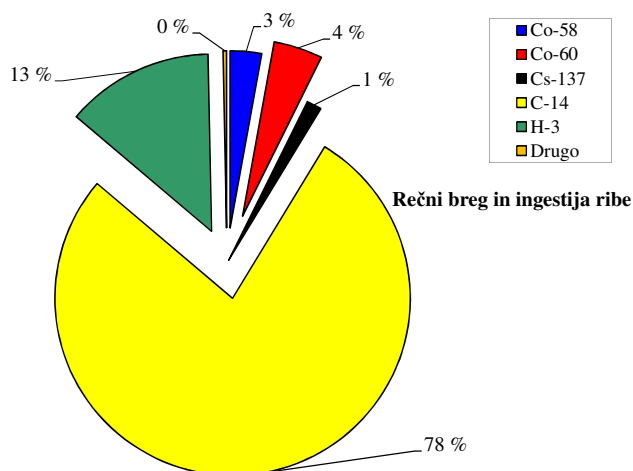
Druge starostne skupine (otroci in dojenčki) prejmejo še nižjo efektivno dozo. Vzporedno je narejena tudi ocena efektivne letne doze ob predpostavki pitja rečne vode. V poročilu *IJS-DP-10114* [23] je bilo ugotovljeno, da je prenosna pot pitja rečne vode malo verjetna.

Na slikah 1.11, 1.12 so deleži prispevkov posameznih radionuklidov, ki največ prispevajo k prejeti dozi pri zelo verjetni prenosni poti (zadrževanje na rečnem bregu in ingestija rib).

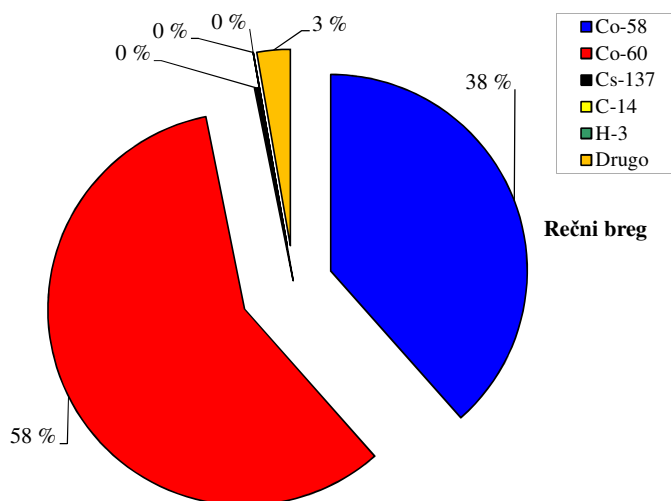
Zaradi spremenjene metodologije vrednotenja C-14, kjer smo znižali oceno koncentracijskega faktorja v ribah za red velikosti, je letna efektivna doza za zelo verjetno prenosno pot nižja, kot smo jo ocenili v letu 2014 in 2013. Efektivna doza je primerljiva z dozami iz preteklih let, ko C-14 še ni bil vrednoten (pred letom 2013).

C-14 še vedno največ prispeva k celotni dozi iz vseh prispevkov (78 %, dominantna je ingestija rib). Če upoštevamo samo zadrževanje na bregu, je praktično celotna obremenitev zaradi Co-60 in Co-58 (97 %). Če upoštevamo pitje savske vode, ki je malo verjetna prenosna pot, postane dominanten prispevek H-3 (skoraj 100 %).





**Slika 1.11:** Prispevki posameznih radionuklidov k skupni dozi (zadrževanje na rečnem bregu in ingestija ribe na lokaciji 350 m nizvodno od NEK). Največ prispeva C-14.



**Slika 1.12:** Prispevki posameznih radionuklidov k zunanji dozi pri zadrževanju na rečnem bregu 350 m nizvodno od NEK. Največ prispevata Co-58 in Co-60.

## SKLEPI

Tritij je edini radionuklid v okolju, ki ga lahko sistematično merimo v savski rečni vodi in je zagotovo vsaj delno posledica izpustov NEK. Njegov prispevek v reki Savi je bil v letu 2015 nekoliko višji kot v letu 2014 vendar primerljiv s preteklimi leti (2013 in 2012). Tritij se v okolju pojavlja tudi kot kozmogeni radionuklid, saj nastaja v višjih plasteh ozračja in se s padavinami spira na tla.

Vpliv NEK zaradi izpustov drugih radionuklidov v reko Savo je v okolju nemerljiv. Glede na podatke o količini izpustov NEK bi morali v okoljskih vzorcih takoj za tritijem zaznati C-14, Co-58, Co-60, Ag-110m in Cs-137.



C-14 v okoljskih vzorcih ni bil merjen. Skupna letna izpuščena aktivnost C-14 v Savo je bila štiri velikostne rede nižja kot pri tritiju. Glede na običajno prisotnost C-14 v okolju bi ga zaradi razmeroma majnih izpustov zelo težko ločili od naravnega ozadja.

Kobaltovih izotopov v okolju v letu 2015 nismo zaznali. Aktivnosti cezija in stroncija v vzorcih nizvodno od NEK zelo verjetno nista posledica vpliva NEK, ampak neenakomerne globalne kontaminacije. Prisotnost joda v okolju je posledica uporabe tega izotopa v terapevtske in diagnostične namene v bolnišnicah.

Na podlagi izmerjenih izpustov NEK za leto 2015 in upoštevanja ustreznih razredčitev, ki smo jih uporabili v modelni oceni, lahko sklenemo, da je izračunana efektivna doza referenčne skupine na kateri koli lokaciji nizvodno od NEK zaradi savske prenosne poti manjša od 0,1  $\mu\text{Sv}$  na leto.



## 2 VODA IZ ČRPALIŠČ IN VRTIN

### POVZETEK

*V poglavju obravnavamo radioaktivnost v pitni in podzemni vodi na brežiško-krškem polju. Voda se lahko uporablja za pitje, namakanje ali druge gospodarske namene, lahko pride v neposredni stik s savsko vodo ali usedom zaradi padavin. Na podlagi merskih rezultatov v letu 2015 ter na podlagi rezultatov meritev iz preteklih let ugotavljamo mogoč vpliv zaradi izpustov NEK na pitno vodo in podtalnico v občinah Krško in Brežice. V letu 2015 je bila vzorčevana voda iz vodovodov in črpališč v Brežicah in Krškem, iz vrtine znotraj ograje NEK ter iz podtalnice na Hrvaškem. V odvzetih vzorcih so bile izmerjene koncentracije aktivnosti naravnih in umetnih radionuklidov. Med umetnimi radionuklidi sta bila zaznana le H-3 in Sr-90, Cs-137 je bil pod mejo kvantifikacije, I-131 pa v pitni vodi in podtalnici ni bil zaznan. Vpliv tritija iz NEK je bil zaznan v vrtinah VOP-4 in Medsave. Na podlagi izmerjenih vrednosti je bila ocenjena letna efektivna doza za tri starostne skupine prebivalstva, ki uporabljajo vodo iz vzorčevanih vodovodov in črpališč za pitje. Izračunane letne efektivne doze zaradi prispevka umetnih radionuklidov v vodi k celotni izračunani letni dozi zaradi pitja vode za odrasle so podobne kot v prejšnjih letih in so glede na celotno letno dozo 0,2 % v brežiškem in 0,6 % v krškem vodovodu. Na podlagi opravljenih meritev in iz teh izračunanih povprečnih letnih koncentracij aktivnosti umetnih radionuklidov v vodovodih in črpališčih v okolici NEK lahko trdimo, da je v letu 2015 vpliv NEK na pitno vodo zanemarljivo majhen.*

### UVOD

NEK med svojim obratovanjem nadzorovano izpušča majhne količine radioaktivnih snovi v zrak in v reko Savo. Zaradi tega je med drugimi nadzori uveden tudi nadzor pitnih voda v okolici NEK. Z analizami ugotavljamo koncentracije aktivnosti naravnih in umetnih radionuklidov ter iz tega sklepamo na morebitni prispevek k celotni letni efektivni dozi prebivalcev zaradi obratovanja NEK. Študije vpliva NEK na pitno vodo in podtalnico v preteklih letih so pokazale, da lahko z naravnimi radionuklidi posredno opazujemo tudi druge vplive na okolje (prekomerno gnojenje kmetijskih površin nad vodonosniki, poplave itd.) [32].

Lokacije in obseg vzorčevanja pitne vode in podtalnice so določene v programu nadzora, ki ga pripravi upravni organ (JV10, URSJV) [9]. Vzorčevalna mesta so izbrana tako, da so vključena črpališča vodovodov, za katera ni izključena možnost, da se napajajo iz reke Save. V reko NEK izpušča tekoče izpuste. V okviru republiškega nadzora radioaktivnosti v pitni vodi v Sloveniji [15] se redno analizira tudi vzorec vode na referenčni lokaciji (vodovod Ljubljana).

Od sredine preteklega stoletja je prebivalstvo izpostavljeno antropogenim virom radioaktivnosti, ki so v okolju zaradi nadzemnih jedrskih poskusov, černobilske nesreče in uporabe virov v medicini, tako da so umetni radionuklidi v našem okolju tudi brez vpliva NEK. V skladu z zahtevami pravilnika JV10 [9] ovrednotimo sevalne obremenitve za tri starostne skupine, in sicer za enoletnega otroka, desetletnega otroka in odraslo osebo. Pri tem upoštevamo dozne pretvorbene faktorje (predvidena efektivna doza na enoto vnosa zaradi zaužitja  $h(g)_{j,ing}$  za posameznike iz prebivalstva) iz tabele 1 v uredbi UV2 [10] za starostne skupine do 1 leta, od 7 do 12 let ter starejše od 17 let. Pri izračunih upoštevamo, da odrasla oseba letno zaužije  $0,75 \text{ m}^3$  vode, desetletni otrok  $0,35 \text{ m}^3$  vode in enoletni otrok  $0,26 \text{ m}^3$  vode.

### ZNAČILNOSTI VZORČEVANJA IN MERITEV

Obseg, način in pogostost vzorčevanja ter zahteve za merilne postopke in opremo pri nadzoru določa Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10) [9]. V prilogi, ki določa zasnovo letnega programa nadzora radioaktivnosti v okolju jedrske elektrarne, so za pitno vodo predpisane kontrolne meritve z visokoločljivostno spektrometrijo gama ter specifični analizi na vsebnost stroncija Sr-89/Sr-90 in tritija H-3.



Izpeljane vrednosti koncentracij (IK) umetnih radionuklidov v pitni vodi so navedene v *Uredbi o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih (UV2)* [10], *Tabela 4*, in povzete v poročilu *Meritve radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2008* (tabela 2.1) [4]. Izmerjene koncentracije radionuklidov v pitni vodi teh vrednosti ne smejo presežati, pri čemer pa je treba upoštevati še, da je vsota deležev izmerjenih koncentracij glede na izpeljane koncentracije manjša od ena.

Kot določa *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10)* [9], so metode vzorčevanja, priprave vzorcev in meritev izbrane tako, da je za sevalce beta in gama detekcijska meja pod tridesetino mejnih vrednosti kontaminacije za pitno vodo, ki so določene v *Uredbi o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih (UV2)* [10]. Metode vzorčevanja, meritev in analiz so podrobno opisane v naslednjih dokumentih izvajalcev meritev na IJS: *Zbiranje vzorcev pitnih, površinskih in podtalnih vod (LMR-DN-05)*, *Priprava sušine vzorcev vod (LMR-DN-06)*, *Visokoločljivostna spektrometrija gama v laboratoriju (LMR-DN-10)*, *Določanje stroncija z beta štetjem (SDN-O2-STC(01))*, *Vzorčevanje in priprava vzorcev za določitev tritija (LSC-DN-06)*, *Meritve vsebnosti radionuklidov s tekočinskoscintilacijskim števcem Quantulus (LSC-DN-08)* in *Analiza in izračun vsebnosti tritija (LSC-DN-07)*.

Vzorčevanje vodovodov, črpališč in podtalnice (vrtine) je v letu 2015 potekalo v skladu s postopkom *Izvedba programov Rednega nadzora radioaktivnosti v okolici NE Krško in v Republiki Sloveniji (LMR-OP-02)* na naslednjih lokacijah:

1. *Mesečni sestavljeni vzorci črpališč in vodovodov:*

- črpališče Brege, desni breg Save, 1,4 km od jeza NEK, 1,1 km od Save;
- črpališče Drnovo, desni breg Save, 3,1 km od jeza NEK, 2,3 km od Save (globina vrtine je 18 m); vzorčevalno mesto se je zaradi zaprtja črpališča v mesecu maju 2015 zamenjalo z novim vzorčevalnim mestom v črpališču Rore;
- črpališče Rore, desni breg Save, 1 km od Save, črpališče je vzvodno od NEK; začetek vzorčevanja v maju 2015;
- vodovod Spodnji Stari Grad, levi breg Save, 2,8 km od Save;
- vodovod Brežice, levi breg Save, 2,5 km od Save;
- črpališče Brežice – Glogov Brod VT1, levi breg Save, 3,2 km od Save (globina vrtine je 200 m).

2. *Enkratni četrtletni vzorci:*

- vodovod Krško (bencinski servis Petrola, Krško), levi breg Save;
- vodovod Brežice (bencinski servis Petrola, Brežice), desni breg Save;
- vrtina E1 znotraj vzhodne ograje NEK (četrtletni vzorci), levi breg Save.

3. *Enkratni mesečni vzorci:*

- vrtina VOP-4, levi breg Save, približno 600 m nizvodno od jezua NEK in približno 50 m od struge Save (samo analiza tritija);
- vrtina Medsave, Republika Hrvaška, desni breg Save 23 km od NEK, 0,1 km od Save, kontrolna točka med Savo in črpališči na Hrvaškem;
- vrtina Šibice, Republika Hrvaška, levi breg Save, 22 km od NEK, 2 km od Save, (globina vrtine je 10–15 m).

4. *Enkratno letno vzorčevanje na referenčni lokaciji*

- vodovod Ljubljana (republiški nadzor radioaktivnosti pitne vode [15])

V črpališčih Brege, Drnovo (do meseca maja 2015), Rore (od meseca maja 2015) in Brežice – Glogov Brod VT1 ter na odzemnem mestu vodovod Spodnji Stari Grad so nameščeni avtomatski vzorčevalniki (slika 2.1). Avtomatski vzorčevalniki na vsake tri ure dodajo približno 190 mL vzorca pitne vode v 50-litrski sod. Tako dobimo povprečno mešanico vzorca pitne vode za celotno mesečno obdobje. Dnevni nadzor so opravljali nadzorniki črpališč ali uporabniki pitne vode. Lokacije so zapisane v organizacijskem postopku *Izvedba programa rednega nadzora radioaktivnosti v okolici NE Krško in v R Sloveniji (LMR-OP-02)*. Na bencinskih servisih in iz vrtine E1 se odvzame enkratni vzorec četrtletno. Iz vrtine



VOP-4 se jemlje enkratni mesečni vzorec na začetku tekočega meseca. Vzorčevanje na Hrvaškem se opravlja na dveh vzorčevalnih mestih v bližini Zagreba (enkratno mesečno vzorčevanje na začetku meseca in spektroskopske analize so opravili na IRB).



**Slika 2.1:** Avtomatski vzorčevalnik za vodo na enem izmed črpališč v okolici NEK

Sistem za oskrbo s pitno vodo v občini Krško ima 4 711 vodovodnih priključkov, na katere je vezanih 14 888 uporabnikov pitne vode [30]. Voda se zagotavlja s področja Krškega polja in neposredne bližine reke Save, kjer so v delovanju trije vodni viri: črpališče Drnovo, črpališče Brege in vrtine v Rorah (R4, R6 in R7). Na območju Dolenje vasi je še manjši vir Črna mlaka. Največ vode na leto načrpajo v Rorah od 341 640 m<sup>3</sup> na leto iz vrtine R4 do 735 840 m<sup>3</sup> na leto iz vrtine R7. V vodovodnem sistem Krško prihaja tudi do mešanja vode iz različnih vodnih virov, saj so vodni viri in objekti na sistemu povezani. Ugotovljeno je bilo, da so vsa črpališča občasno onesnažena s pesticidi (gnojenje kmetijskih površin) in drugim mikrobiološkim onesnaženjem. Nenaden pojav onesnaženja iz okolja je lahko tudi pokazatelj premikov podzemnih plasti, ki usmerjajo tok vode in njene pritoke [32].

Sistem za oskrbo vode v občini Brežice ima 7 624 priključkov in 19 249 uporabnikov pitne vode [31]. Voda se zagotavlja iz vrtin v Pišecah, Prilipah, Brežini, Novaščkah, vrtine PE-1/90 in iz črpališča Glogov Brod (VT-1/84). Največ vode (3 200 m<sup>3</sup>) na dan načrpajo v črpališču Glogov Brod. Podatkov o morebitni mikrobiološki onesnaženosti omenjenih črpališč nimamo.

## REZULTATI MERITEV

Podzemna voda, ki se črpa na krško-brežiškem polju, je lahko v stiku s savsko vodo, predvsem pri plitvih

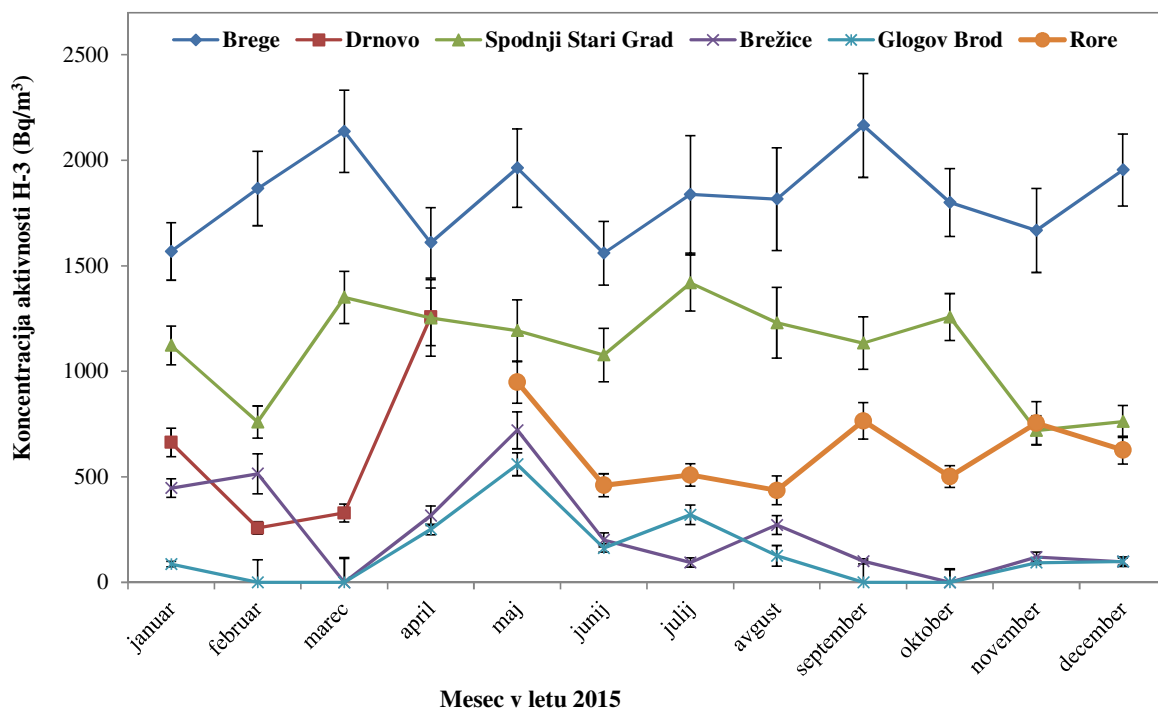


vrtnah (Brege, Drnovo). Če vrtine niso globoke, bi se morda lahko pokazal tudi stik med padavinskim usedom in vodo iz vrtin. V tekočinskih izpustih iz NEK so različni umetni radionuklidi, pri čemer bi predvsem v vodi topni umetni radionuklidi lahko zašli tudi v podzemno vodo [33]. Verjetnost za take dogodke je odvisna od geološke sestave in globine črpanja vode. Pri imisijskih meritvah reke Save so redno detektirani radionuklidi H-3, Cs-137, I-131 in Sr-90. Radionuklida Cs-137 in Sr-90 najverjetneje izvirata iz neenakomernega useda zaradi černobilske nesreče in jedrskih poskusov ter njenega spiranja v površinske vode, I-131 pa je terapevtski radionuklid, ki je v rekah po Sloveniji zaradi izpustov iz medicinskih ustanov. Tritij nastaja tako v jedrski elektrarni kot tudi v ozračju. Prispevke Cs-137, I-131 in Sr-90 zaradi tekočinskih izpustov v Savi je nemogoče natančno določiti, saj so emisijske koncentracije zanemarljive v primerjavi z drugimi viri. Edini umetni radionuklid, ki je očiten in je tako v emisijskih in imisijskih merskih rezultatih, je tritij H-3.

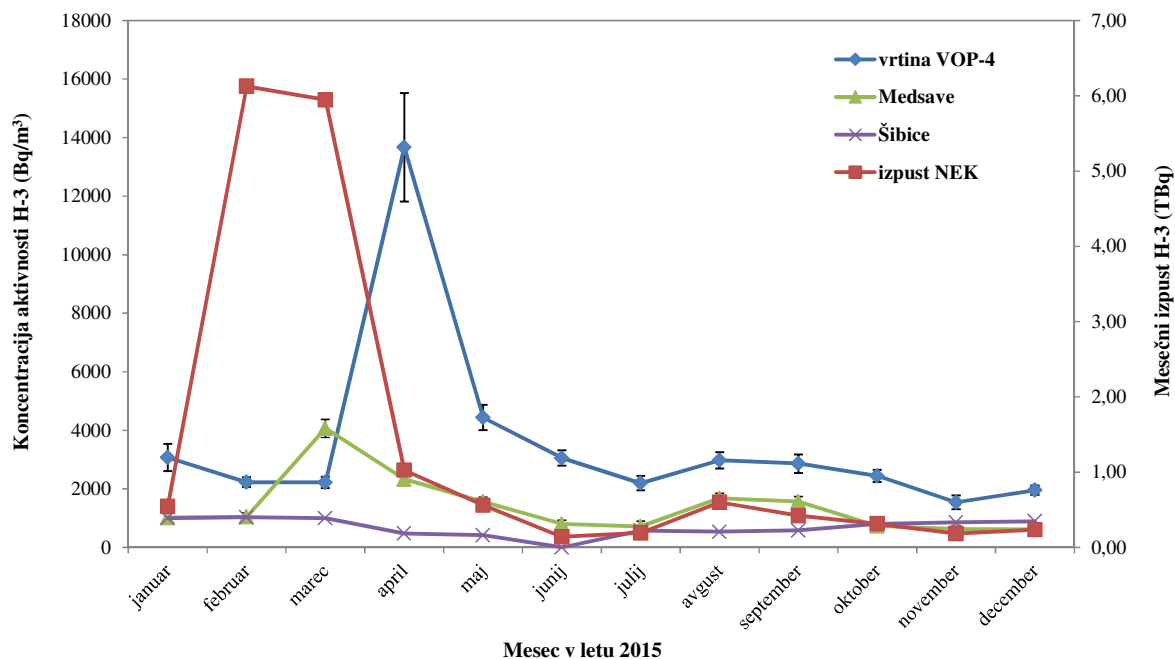
Rezultati meritev koncentracije aktivnosti umetnih in naravnih radionuklidov v enkratnih četrletnih vzorcih pitne vode v Krškem in Brežicah, rezultati meritev mesečnih sestavljenih vzorcev iz črpališč in vodovodov v Krškem, razvrščenih po oddaljenosti od NEK, rezultati meritev mesečnih sestavljenih vzorcev črpališč in vodovodov v Brežicah ter rezultati meritev koncentracij aktivnosti za podtalnico na Hrvaškem so predstavljeni v tabelah od T-28 do T-36, ki so na priloženi zgoščenki v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2015, IJS-DP-12058, marec 2016*. V tabelah so rezultati meritev podani z neposrednimi merskimi rezultati in njihovimi negotovostmi. Srednjo vrednost rezultatov meritev v tem letu imenujemo mesečno povprečje, aritmetično povprečje, včasih pa tudi samo povprečje. Števila za znakom "±" so apriorna negotovost povprečja, medtem ko so števila za znakom ";" aposteriorna negotovost povprečja. V nekaterih primerih so števila za znakom ";" tudi stresanje podatkov ali standardna deviacija. Pojmi so ustrezno pojasnjeni v *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2015, IJS-DP-12058*. Pokaže se, da letno dozo lahko izračunamo iz danega mesečnega, četrletnega ali polletnega aritmetičnega povprečja ob predpostavki, da je vnos hrane, vode ali zraka v telo in organizem človeka konstanten skozi celo leto. Pri obravnavi merskih rezultatov se lahko uporablja tudi uteženo povprečje, kar je ustrezno napisano.

Poleg tritija, ki je tako naravna kot umetnega izvora, je bil med radionuklidi, ki so umetnega izvora, v vodi iz črpališč in vrtin izmerjen le še Sr-90. V nekaterih vzorcih je bil zaznan tudi Cs-137, katerega vrednost je bila določena pod mejo kvantifikacije, kar pomeni da imajo izmerjene vrednosti zelo veliko mersko negotovost. Kot smo že zgoraj omenjali, je Cs-137 used iz černobilske nesreče in jedrskih poskusov. Dodatni dokaz za to je, da smo Cs-137 izmerili tudi v vodovodu v Ljubljani. Podobno kot v prejšnjih letih radioaktivni izotop joda I-131 ni bil zaznan v nobenem izmed vzorcev iz krškega in brežiškega vodovodnega sistema, kot tudi ne v vzorcih vrtin E1 v NEK, VOP-4, Medsave in Šibice na Hrvaškem. Med naravnimi radionuklidi so bili zaznani radionuklidi uranove in torijeve razpadne verige, radioaktivni kalij K-40 ter kozmogeni Be-7, ki nastaja v zemeljski atmosferi in se spira na tla z deževnico. Prisotnost Be-7 v vzorcih lahko kaže na mešanje med padavinami in podtalnico oziroma vodo v vodonosniku.

Na sliki 2.2 so prikazane koncentracije aktivnosti H-3 v mesečnih sestavljenih vzorcih vode iz črpališč in vodovodov v okolici NEK. Najvišje koncentracije aktivnosti H-3 so bile v letu 2015 izmerjene v črpališčih, ki napajajo krški vodovod. Vzorčevalno mesto na črpališču Drnovo je bilo zaradi prenehanja delovanja v mesecu maju zamenjano z novim vzorčevalnim mestom v Rorah. Najvišja koncentracija aktivnosti je bila izmerjena meseca septembra v Bregah, in sicer je bila koncentracija aktivnosti tritija  $(2\,165 \pm 246) \text{ Bq/m}^3$ . Povprečna mesečna koncentracija aktivnosti tritija v vodi iz črpališča Brege je bila letos  $(1\,828 \pm 57) \text{ Bq/m}^3$ , kar je primerljivo s prejšnjim letom in v okviru standardne deviacije ustreza povprečju zadnjih 19 let, ki je  $(1\,541; 323) \text{ Bq/m}^3$ . V vodi na črpališču Drnovo je povprečna koncentracija tritija za prve štiri mesece  $(627 \pm 40) \text{ Bq/m}^3$ , kar je znatno pod mejo predhodnega 18-letnega povprečja  $(1\,420; 354) \text{ Bq/m}^3$ . Vzrok za to je, da je bilo črpališče Drnovo v postopku ustavljanja in je bila vzorčevana voda zelo verjetno že mešana z drugimi vodnimi viri. V vodovodu v Spodnjem Starem Gradu je bila izmerjena povprečna koncentracija aktivnosti tritija  $(1\,107 \pm 36) \text{ Bq/m}^3$ , kar je v okviru standardne deviacije enako 19-letnemu povprečju, ki je  $(1\,253; 368) \text{ Bq/m}^3$ .



**Slika 2.2:** Mesečna koncentracija aktivnosti H-3 vzorcih pitne vode iz črpališč in vodovodov za leto 2015



**Slika 2.3:** Koncentracija aktivnosti H-3 v mesečnih vzorcih podtalnice v neposredni okolici NEK (vrtina VOP-4) in v vrtinah Medsave in Šibice na Hrvaškem ter aktivnost H-3 v mesečnem tekočinskem izpustu v Savo za leto 2015



V letu 2015 je bila koncentracija aktivnosti tritija v vodi iz krških črpališč podobna kot v letu 2014, pri čemer je bila najvišja v Bregah. Vrtina v Bregah je relativno plitva, kar potencialno omogoča izmenjavo tako s Savo kot tudi s padavinskim usedom.

Rezultati meritev koncentracije tritija v vodovodu Spodnji Stari Grad so v okviru dolgoletnega povprečja.

V skladu s pričakovanji je koncentracija aktivnosti tritija v pitni vodi v brežiškem vodovodnem sistemu bistveno nižja od koncentracije tritija v krškem vodnooskrbnem območju, kar lahko razlagamo s tem, da gre pri vrtini Glogov Brod za vodo, ki že dolgo ni imela stika s površjem. Mesečno povprečje H-3 v letu 2015 v pitni vodi v brežiškem vodnooskrbnem območju je  $(190 \pm 13) \text{ Bq/m}^3$ . Kot je že bilo pojasnjeno [32], je manjša koncentracija aktivnosti H-3 posledica globlje vrtine na črpališču Brežice – Glogov Brod. Vrtina je globoka okoli 200 metrov (vrtini Drnovo in Brege sta globoki okoli 18 m), kar pomeni, da je vir v črpališču Brežice dobro ločen od reke Save, njen vpliv pa je mogoče le občasno zaznati. Vodovod Brežice ima to leto malo višjo koncentracijo H-3 kot v črpališču, kar nakazuje na mešanje vode iz drugih črpališč. V tabeli 2.1 so predstavljene srednje vrednosti koncentracije aktivnosti tritija v vodi iz črpališč v krških in brežiških vodnooskrbnih sistemih.

**Tabela 2.1** Srednja vrednost koncentracije aktivnosti H-3 v črpališčih in vodovodih v okolici NEK za leto 2015. Vrednost za znakom "±" je apriorna negotovost povprečja.

Lokacija	Letno povprečje
	Bq/m <sup>3</sup>
Brege	1829 ± 57
Drnovo *	627 ± 40
Rore **	625 ± 27
Spodnji Stari Grad	1107 ± 36
Brežice	240 ± 15
Glogov Brod	142 ± 13

\* Srednja vrednost za prve štiri mesece v letu 2015

\*\* Srednja vrednost od maja do decembra 2015

Poleg rednih mesečnih odvzemov vode na črpališčih in vodovodih v občinah Krško in Brežice je bila tako kot prejšnja leta analizirana tudi voda z enkratnimi odvzemi na bencinskih servisih Petrol v Krškem in v Brežicah. Povprečna mesečna koncentracija aktivnosti tritija za enkratne odvzeme v Brežicah je bila pod mejo kvantizacije ( $< 119 \text{ Bq/m}^3$ ). Mesečno povprečje koncentracije aktivnosti tritija v Krškem je bilo  $(783 \pm 78) \text{ Bq/m}^3$ . Kot referenčno vrednost lahko vzamemo dolgoletno povprečje koncentracije aktivnosti tritija v ljubljanskem vodovodu  $875 \text{ Bq/m}^3$ , ki se meri v okviru republiškega nadzora radioaktivnosti pitne vode [15].

Za nadzor stika in izmenjave vode med Savo in podtalnico na brežiško-krškem polju se preverja tudi stanje v vrtinah E1 v NEK in VOP-4 na slovenski strani ter v vrtinah Medsave in Šibice na Hrvaškem. Pri tem je treba poudariti, da vrtine v Sloveniji in na Hrvaškem niso namenjene za črpanje pitne vode niti kot tehnološka voda. Mesečno aritmetično povprečje koncentracije aktivnosti H-3 v vzorcih vrtine E1 v NEK je  $(1\,947 \pm 104) \text{ Bq/m}^3$ , v vodi iz vrtine VOP 4 pa  $(3\,560 \pm 170) \text{ Bq/m}^3$ . Najvišja koncentracija aktivnosti H-3 je bila izmerjena v aprilskem vzorcu  $(13\,670 \pm 1\,853) \text{ Bq/m}^3$ , kar sledi največjim izpustom tritija v mesecu februarju in marcu. S slike 2.3, kjer je prikazana koncentracija aktivnosti H-3 v mesečnih vzorcih iz vrtine VOP-4 v neposredni okolici NEK ter vrtinah Medsave in Šibice na Hrvaškem v primerjavi z mesečnimi tekočimi izpusti H-3 v Savo (mesečni izpusti so predstavljeni na desni osi), lahko razberemo, da je bil izpust rahlo zaznan v mesecu marcu in aprilu tudi v vrtini Medsave na Hrvaškem.

Večino časa je bila koncentracija aktivnosti Sr-90 v vodi iz črpališč in vodovodov v Krškem in Brežicah pod mejo kvantifikacije. Zaradi preglednosti te podatke prikazujemo kot tabelo (tabela 2.2) in ne kot graf.





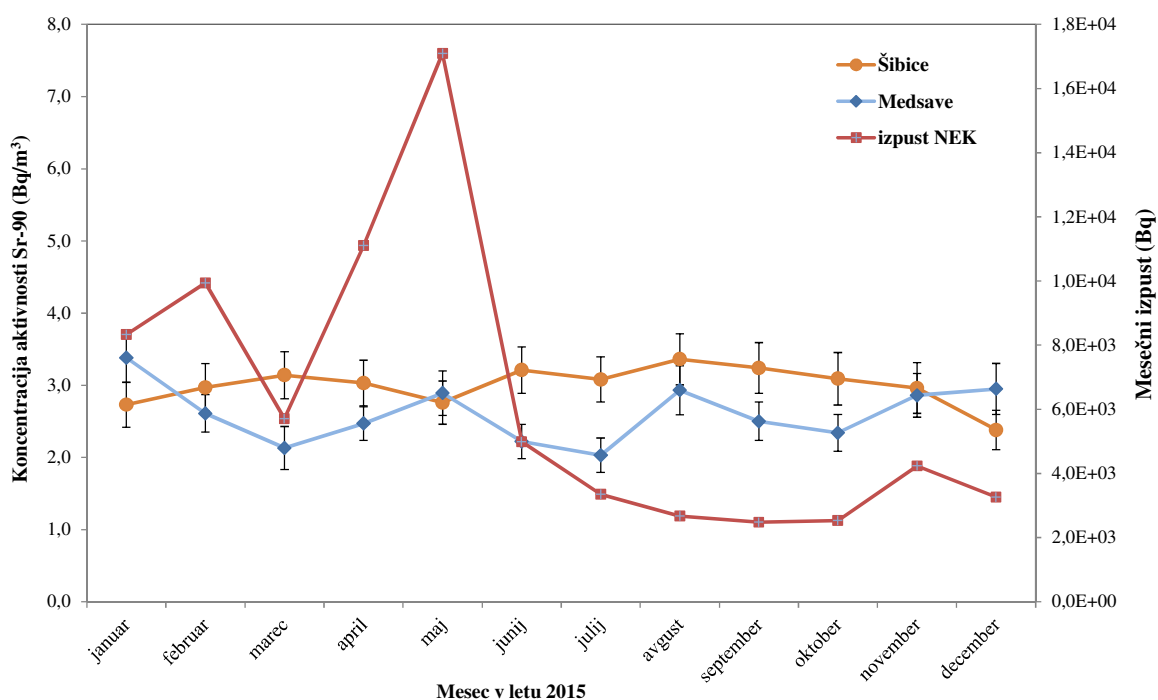
Na sliki 2.4 so prikazani mesečni tekoči izpusti Sr-90 iz NEK (slednji so predstavljeni na desni osi) ter koncentracija aktivnosti stroncija v hrvaških vrtinah. Mesečno aritmetično povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti Sr-90 v vrtini Šibice na Hrvaškem je bila  $3,0 \text{ Bq/m}^3$ , v Medsavah pa  $2,6 \text{ Bq/m}^3$ , pri čemer se vrednosti ne odmikata od usmeritve prejšnjih let. Kot lahko sklepamo s slike 2.4, izmerjene koncentracije Sr-90 v Šibicah in Medsavah tako niso povezane z izpusti iz NEK, temveč gre za splošno kontaminacijo. V enkratno odvzetih četrletnih vzorcih v vodovodu Brežice in Krško je bila izmerjena koncentracija aktivnosti Sr-90 tudi pod mejo detekcije. Mesečno aritmetično povprečje koncentracij aktivnosti Sr-90 v vzorcih iz vrtine E1 NEK je bilo  $(0,3 \pm 0,2) \text{ Bq/m}^3$

**Tabela 2.2** Koncentracija aktivnosti Sr-90 v mesečnih sestavljenih vzorcih iz črpališč in vodovodov v okolici NEK v letu 2015; številka za znakom "<" je meja detekcije.

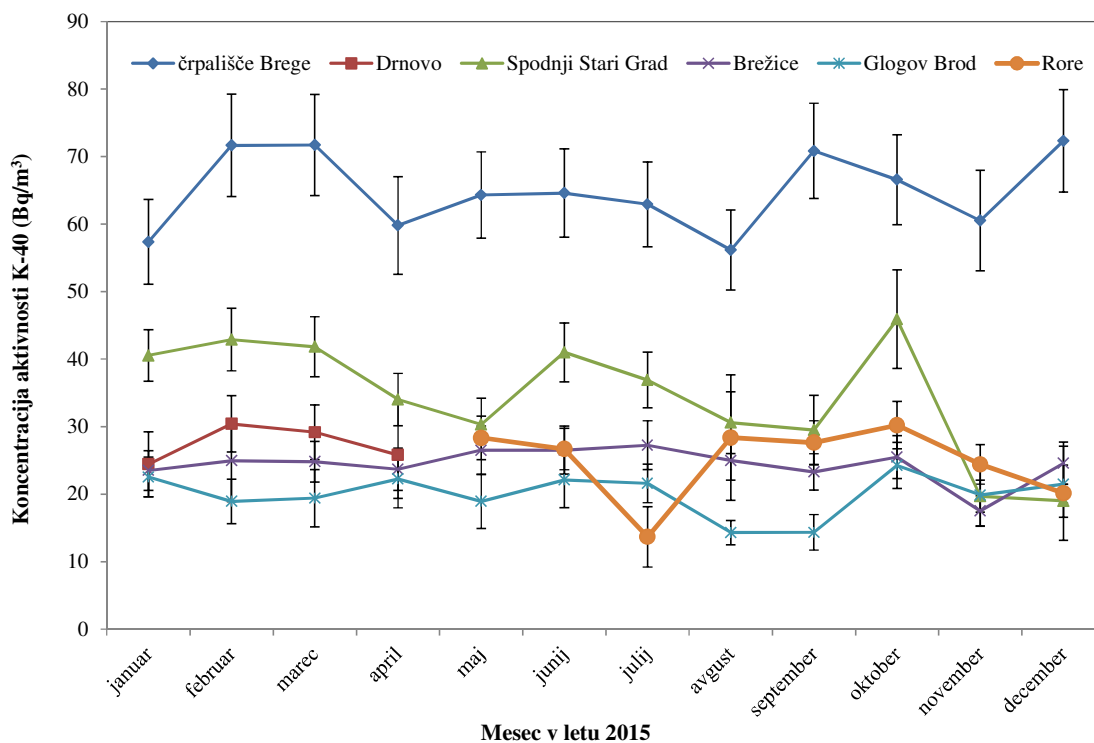
	Črpališče Brege	Črpališče Drnovo	Črpališče Rore	Vodovod Krško (Spodnji Stari Grad)	Vodovod Brežice	Črpališče Brežice (Glogov Brod)
	A ( $\text{Bq/m}^3$ )					
januar	< 0,6	< 0,6		< 0,3	$1,4 \pm 0,4$	$0,6 \pm 0,2$
februar	< 0,4	< 0,5		$0,8 \pm 0,1$	< 0,6	< 0,5
marec	< 0,8	< 0,7		$1 \pm 0,3$	< 0,6	< 0,5
april	< 0,6	< 1,1		< 1,4	< 0,5	< 0,3
maj	< 0,5		< 0,5	< 0,4	< 0,5	< 0,4
junij	< 0,8		< 0,6	$0,5 \pm 0,1$	< 0,4	< 0,5
julij	< 0,5		< 0,8	< 1,4	< 0,3	< 0,4
avgust	< 0,4		< 1,5	< 0,3	< 0,4	< 0,3
september	$0,5 \pm 0,1$		< 0,4	< 0,5	< 0,3	< 0,4
oktober	< 0,5		< 0,4	< 0,7	< 1	< 0,3
november	< 0,7		< 0,4	$0,8 \pm 0,1$	< 0,3	< 0,4
december	< 0,5		< 0,5	$0,6 \pm 0,1$	< 0,4	< 0,5

Koncentracije aktivnosti naravnega radionuklida K-40 so bile izmerjene na vseh vzorčevalnih mestih. Mesečne koncentracije aktivnosti K-40 v vseh črpališčih in obeh vodovodih so prikazane na sliki 2.5. Tu je razvidno, da je koncentracija aktivnosti K-40 povečana v vodi na črpališču Brege, kar nakazuje na zunanje vplive (padavinski used, večji vodostaj Save). V evalvaciji rezultatov meritev radioaktivnosti v pitni vodi [32] je bila izdelana karta koncentracije aktivnosti K-40 v podzemni in pitni vodi po Sloveniji. Večina meritev je bila opravljena v okviru republiškega programa nadzora radioaktivnosti v pitni vodi po Sloveniji [15]. Ugotovljeno je bilo, da je koncentracija aktivnosti K-40 malo višja na območju krškega vodonosnika in precej bolj povečana v predelu severovzhodne Slovenije. Višjo koncentracijo aktivnosti K-40 si razlagamo z večjim vnosom kalija ob gnojenju kmetijskih površin nad območji vodonosnikov [34].

Za vsa vzorčevalna mesta krškega in brežiškega vodovoda velja, da so povprečja mesečnih koncentracij aktivnosti naravnega U-238 nizka, najvišje mesečno aritmetično povprečje mesečnih vrednosti je bilo izmerjeno v vodi na črpališču Brežice, in sicer  $(3,4 \pm 0,1) \text{ Bq/m}^3$ , in na črpališču Rore  $(3,4 \pm 1,0) \text{ Bq/m}^3$ . Mesečne aritmetične povprečne koncentracije aktivnosti Ra-226 se gibljejo od  $0,9 \text{ Bq/m}^3$  (vodovod Brežice) do  $2,0 \text{ Bq/m}^3$  (vodovod Spodnji Stari Grad). Mesečno aritmetično povprečje koncentracije aktivnosti Pb-210 je bila od  $1,8 \text{ Bq/m}^3$  v vodi, načrpani na vodovodu Spodnji Stari Grad, in do  $6,5 \text{ Bq/m}^3$  v vodi iz črpališča Brege. V Ljubljani je bila koncentracija aktivnosti Pb-210  $2,4 \text{ Bq/m}^3$ . Povprečna mesečna koncentracija aktivnosti Ra-228 v črpališču Brežice je bila  $0,4 \text{ Bq/m}^3$ , v Krškem pa  $1,0 \text{ Bq/m}^3$ . Povprečne mesečne koncentracije Th-228 se gibljejo med  $0,4 \text{ Bq/m}^3$  (Brežice) in  $1,5 \text{ Bq/m}^3$  (Rore). Be-7 je bil občasno detektiran v vseh črpališčih in vodovodih v Krškem in Brežicah. Povprečna mesečna koncentracija Be-7 je bila  $5,0 \text{ Bq/m}^3$  v Brežicah, v Krškem pa  $5,9 \text{ Bq/m}^3$ .



Slika 2.4: Koncentracija aktivnosti Sr-90 v mesečnih enkratnih vzorcih vrtin na Hrvaškem ter mesečni tekočinski izpusti Sr-90 v Savo v letu 2015



Slika 2.5: Povprečne mesečne koncentracije aktivnosti K-40 v vodovodih in črpališčih za leto 2015



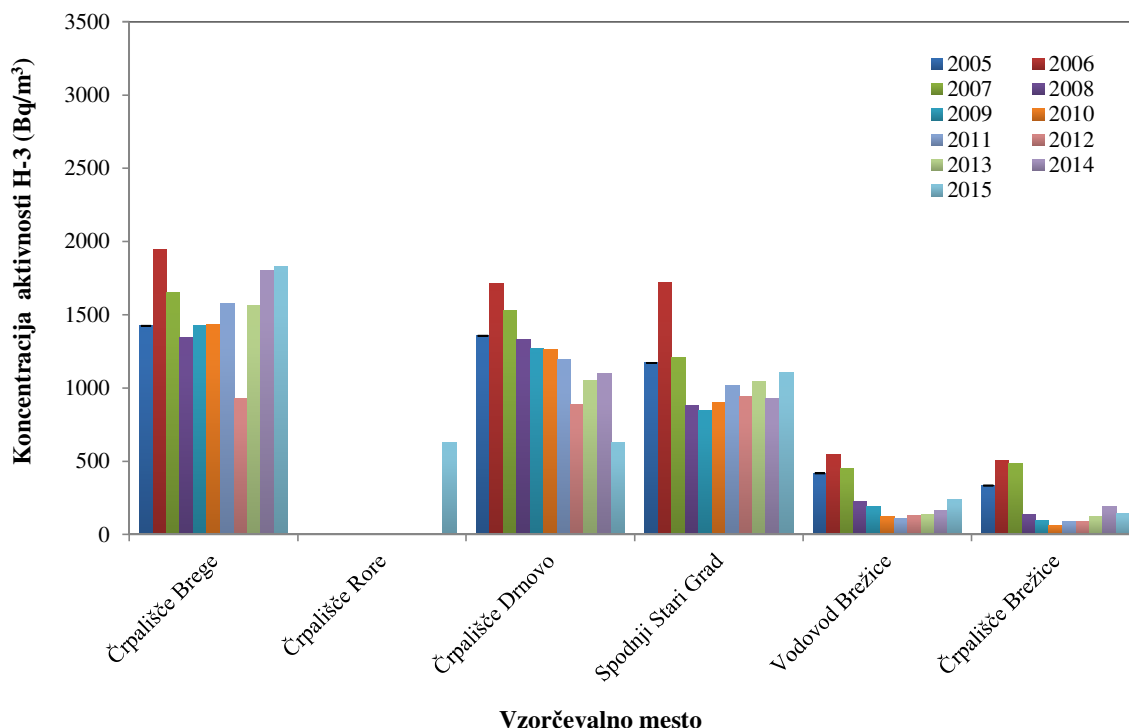
## DISKUSIJA

Z analizami radionuklidov v pitnih in podzemnih vodah v okolici NEK ugotavljamo morebitni vpliv NEK na onesnaženje podzemne in posledično pitne vode v okolici NEK. Pri analizi vzorcev izmerimo koncentracije tako umetnih kot tudi naravnih radionuklidov. Koncentracije naravnih radionuklidov uporabimo za izračun primerjave prispevka naravnih in umetnih radionuklidov k letni dozi. Poleg primerjave pa lahko naravne radionuklide uporabimo kot indikatorje nenadnih sprememb v okolju. V eni od študij se je izkazalo, da je lahko naravni radionuklid K-40 indikator za prekomerno gnojenje kmetijskih površin, ki so nad vodonosniki [32] in s tem posledično tudi mogoč indikator za povečanje koncentracije nitratov v zemlji in podtalnici ter s tem v pitni vodi. Za kvalitetnejšo rast pridelkov v kmetijstvu se kalij uporablja kot mineralno gnojilo kmetijskih površin, pri čemer je gnojenje eden izmed razlogov za povečanje koncentracije nitratov v podzemnih vodah. Z določanjem vsebnosti umetnih radionuklidov v pitni vodi in podtalnici pa ugotavljamo vpliv morebitnega onesnaževanja zaradi izpustov iz NEK. V tekočih izpustih NEK je največ H-3, ki se prenaša kot voda ali vodna para. V letu 2015 je bila skupna količina tekočinskih izpustov H-3 iz NEK (16,3 TBq), kar je primerljivo s prejšnjimi leti z izjemo lanskoletnega izpusta, ki je bil zelo majhen (1,7 TBq). Letni izpust H-3 v Savo je bil 36 % letne omejitve izpusta (45 TBq). Največji tekočinski izpust H-3 je bil v mesecu februarju (6,13 TBq).

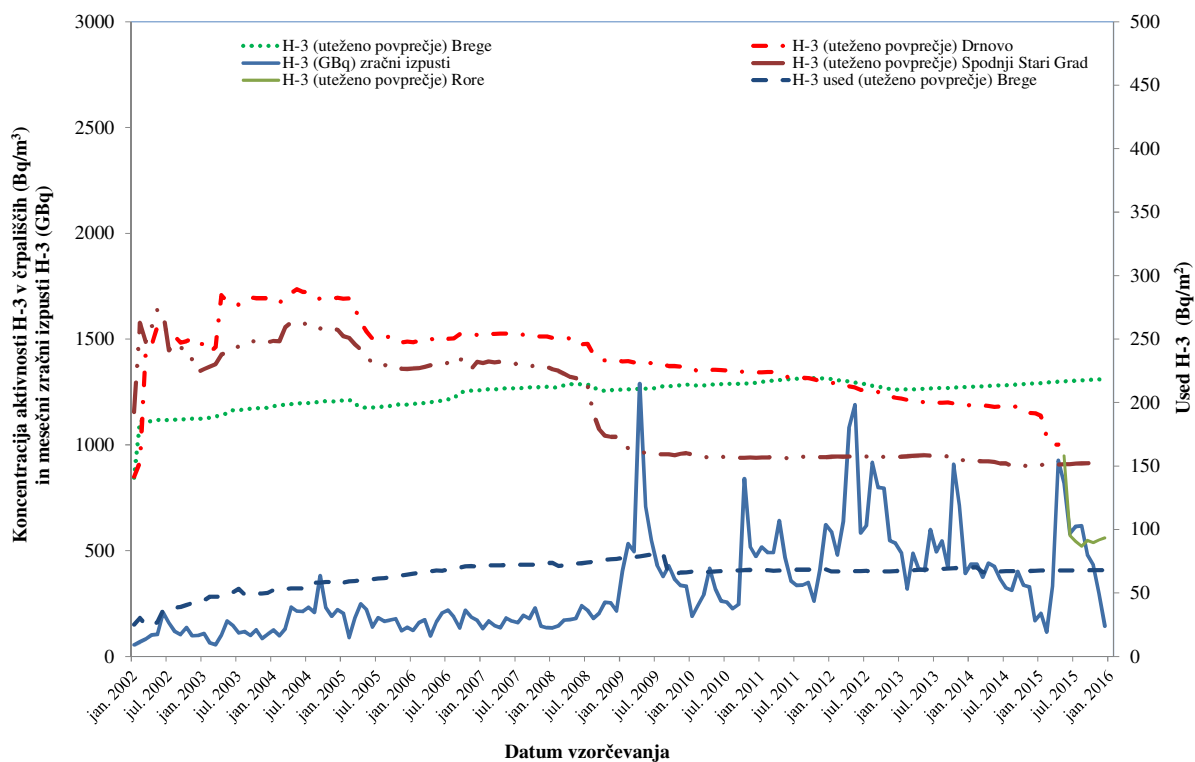
Pomembno vlogo pri razjasnitvi morebitnega vpliva elektrarne na okolico in ljudi ima primerjava rezultatov meritev v enem letu z dolgoletnim povprečjem za izbrani radionuklid na isti lokaciji. Primerjava povprečnih letnih koncentracij H-3 v vzorcih vode iz črpališč in vodovodov v okolici NEK od leta 2005 do 2015 je prikazana na sliki 2.6. Ugotovimo lahko, da je izračunana povprečna letna koncentracija aktivnosti tritija v vodovodih in črpališčih v okolici NEK v letu 2015 v okviru negotovosti primerljivega velikostnega reda kot v preteklih letih.

**Tabela 2.3:** Korelacijski koeficienti primerjave med mesečnimi koncentracijami aktivnosti H-3 v črpališčih Brege, Drnovo in Spodnji Stari Grad s tekočinskimi izpusti in padavinskim usedom od leta 2002 do leta 2015. Črpališča Drnovo to leto nismo upoštevali zaradi ukinitve obratovanja.

Lokacija	Breg		Drnovo		Spodnji Stari Grad	
	Korelacijski koeficient (črpališče, used)	Korelacijski koeficient (črpališče, izpust)	Korelacijski koeficient (črpališče, used)	Korelacijski koeficient (črpališče, izpust)	Korelacijski koeficient (črpališče, used)	Korelacijski koeficient (črpališče, izpust)
2002	0,71	-0,21	0,46	0,4	0,63	0,1
2003	-0,12	0,26	-0,41	-0,15	-0,22	0,46
2004	0,44	0,15	-0,12	0,002	0,23	-0,31
2005	-0,1	0,56	0,28	0,21	0,03	0,34
2006	0,2	-0,21	-0,17	-0,21	0,19	-0,21
2007	-0,05	0,50	-0,33	-0,58	-0,17	-0,03
2008	0,13	-0,23	0,04	-0,25	0,15	0,05
2009	0,29	-0,2	-0,4	0,004	0,11	-0,41
2010	0,17	0,11	-0,64	0,21	-0,24	0,25
2011	-0,02	-0,71	-0,06	-0,45	0,05	-0,25
2012	0,16	-0,04	-0,48	0,22	-0,08	0,13
2013	0,51	0,38	0,12	0,68	0,33	-0,21
2014	-0,25	-0,41	0,15	-0,17	-0,03	-0,15
2015	-0,18	0,38	-	-	-0,26	-0,08



**Slika 2.6:** Povprečne mesečne koncentracije aktivnosti H-3 v vodovodih, črpališčih in podtalnici od leta 2005 do 2015 v okolici NEK



**Slika 2.7:** Primerjava med uteženim povprečjem koncentracije aktivnosti H-3 v pitni vodi (Brege, Drnovo in Rore), uteženim povprečnim usedom tritija v Bregah ( $Bq/m^2$ ) ter mesečnimi zračnimi izpusti od leta 2002 do 2015



Kot smo opazili na slikah 2.2 in 2.6, je koncentracija aktivnosti tritija v Bregah najvišja, kar nakazuje na stik vodonosnika s površjem. Če podrobno pogledamo podatke na grafih za H-3 (slika 2.2) in K-40 (slika 2.5), opazimo, da sta usmeritvi za H-3 in K-40 podobni. Ta korelacija dodatno potrjuje mešanje meteornih voda z vodonosnikom na črpališču Brege.

Za boljši pregled koncentracije tritija v krškem vodnooskrbnem sistemu smo podrobneje preučili večletne usmeritve koncentracije H-3 v črpališčih Brege, Drnovo, Rore in Spodnji Stari Grad. Primerjali smo jih s padavinskim usedom na lokaciji Brege in s tekočinskimi in zračnimi izpusti iz NEK od leta 2002 do 2015. Če za primerjavo uporabimo vzorčni korelacijski (Pearsonov) koeficient [35], lahko ugotovimo, da v letu 2015 ni najti nobenih korelacij med tekočinskimi izpusti iz NEK in vodami na črpališčih v Krškem. Ker sta črpališči v Bregah in Drnovem relativno plitvi, smo na podlagi podatkov, ki so na voljo, pogledali še možnost vpliva deževnice in s tem padavinskega useda na vodo v črpališču. Korelacijski koeficienti primerjav med koncentracijo tritija v Bregah, Drnovem in Spodnjem Starem Gradu s padavinskim usedom v Bregah so prav tako prikazani v tabeli 2.3. Za vse lokacije so koeficienti največkrat negativni oziroma se gibljejo okoli vrednosti nič, iz česar sklepamo, da direktne korelacije med zračnimi izpusti in izmerjenimi vrednostmi v vodah ne moremo določiti, saj je čas transporta meteornih voda iz površine do vodonosnika predolg, da bi lahko korelacije na letnem nivoju pokazale pozitivne rezultate.

Za prikazovanje usmeritve koncentracije tritija smo uporabili še uteženo povprečje [32] od januarja 2002 do decembra 2015:

$$\bar{C}_{H,n+1} = \bar{C}_{H,n} + \frac{\sigma_{\bar{C}_{H,n}}^2}{\sigma_{\bar{C}_{H,n}}^2 + \sigma_{C_{H,n+1}}^2} (C_{H,n+1} - \bar{C}_{H,n}) \quad (2.1)$$

kjer indeks  $n$  pomeni čas (meseč),  $\bar{C}_{H,n+1}$  uteženo povprečje, ki je izboljšano od  $\bar{C}_{H,n}$  z utežjo, ki jo določata disperzija ocene dosedanjih rezultatov meritev  $\sigma_{\bar{C}_{H,n}}^2$  in disperzija zadnje meritve  $\sigma_{C_{H,n+1}}^2$ .

S  $C_{H,n+1}$  označimo zadnjo meritev. Na sliki 2.7 je prikazana primerjava uteženega povprečja koncentracij aktivnosti tritija v Bregah, Drnovem, Rorah in Spodnjem Starem Gradu z uteženim povprečjem padavinskega useda v Bregah od leta 2002 do leta 2015. Za primerjavo smo na to sliko dodali še mesečne zračne izpuste tritija iz NEK od leta 2002 do leta 2015. Tu lahko opazimo, da usmeritev padavinskega useda tritija v Bregah sledi usmeritvi koncentracije aktivnosti tritija v Bregah. Usmeritev v Bregah lahko nakazuje, da povišanje koncentracije aktivnosti tritija v letu 2015 iz črpališča Brege ne moremo pripisati tekočinskemu izpustom tritija iz NEK, temveč ugotavljamo, da je treba upoštevati morebitni vpliv padavin na podtalnico. Poleg korelacijskih koeficientov, za katere smo ugotovili, da ne morejo biti pokazatelj stika med meteornimi vodami, reko Savo in vodonosnikom v Bregah, pa lahko iz usmeritev aktivnosti tritija sklepamo drugače. Ker je bila večina tritija izpuščena v okolje med jedrskimi poskusi v petdesetih in šestdesetih letih prejšnjega stoletja in le ta še ni do konca razpadel, je pričakovati, da se bo dolgoletna usmeritev padanja aktivnosti tritija nadaljevala. Na drugi strani nastaja tritij tudi kot kozmogeni radionuklid pri jedrskih reakcijah visokoenergijskega kozmičnega sevanja na dušiku v zgornjih plasteh atmosfere. Koncentracija tritija bo torej padala dokler ne bo tritij le še kozmogenega izvora. To potrjujejo grafi na slikah 2.6 in 2.7, razen za črpališče Brege. Na sliki 2.7 je lepo razvidno, da koncentracije tritija v Bregah z leti rahlo narašča oziroma je skoraj konstantna. To dodatno potrjuje stik vodonosnika z meteornimi vodami, ki vsebujejo tudi tritij, izpuščen v zračnih izpustih iz NEK. Treba je poudariti, da je bila največja izmerjena aktivnost tritija za leto 2015 na črpališču v Bregah  $2\,165\text{ Bq/m}^3$ , kar je 2 % izpeljane koncentracije tritija ( $100\,000\text{ Bq/m}^3$ ) za pitno vodo. Če primerjamo srednje letne vsebnosti tritija v črpališču Brege z drugimi črpališči, opazimo, da je večji del tritija nastal med jedrskimi poskusi in v atmosferi, tako da je prispevek tritija iz NEK še toliko manjši. Kot smo že prej ugotovili, direktne korelacije (zaradi časovnih zamikov pri transportu itd.) med zračnimi izpusti in koncentracijo tritija ne moremo tako enostavno zaznati in bi bile potrebne bolj natančne študije z upoštevanjem časovnih zamikov zaradi različnih transportnih poti (gibanja zračnih mas, difuzija padavinskega useda do vodonosnikov, mešanje v vodonosnikih itd.). Celotna slika o morebitnem vplivu izpustov iz NEK na pitno vodo iz črpališča Brege še zdaleč ni preprosta in enostavna, zato bo treba, tudi z vključitvijo strokovnjakov s področja hidrogeologije, razdelati prenosne poti na brežiško-krškem polju ter preučiti

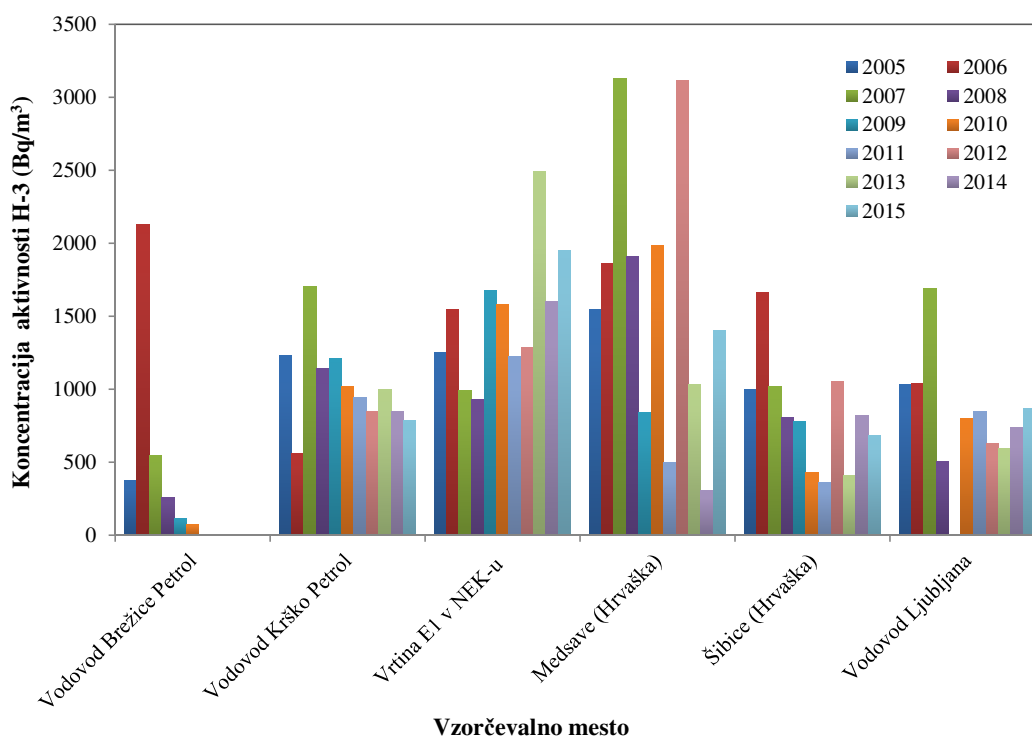


morebitne izmenjave med različnimi geološkimi sistemi.

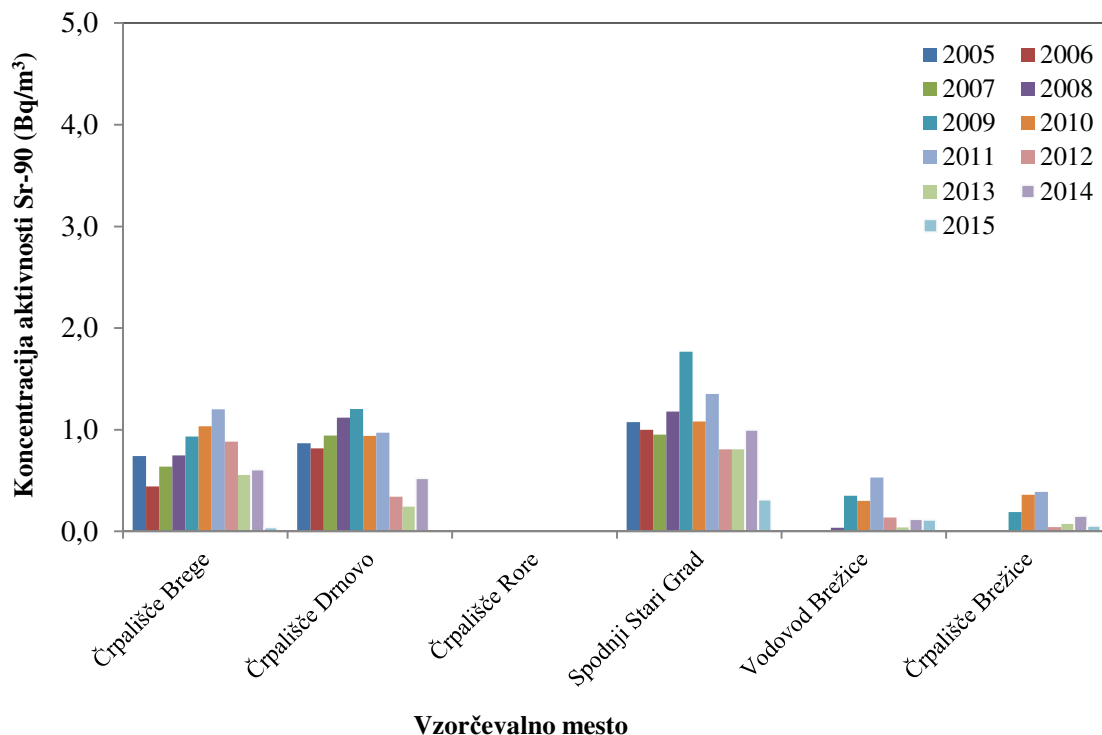
Edina korelacija, ki je vidna že s slike 2.3, je med vodnimi izpusti tritija v reko Savo in izmerjenimi aktivnostmi tritija v vrtinah VOP-4 in Medsave. Pri obravnavi korelacije med izpusti H-3 iz NEK in rezultati meritev je treba upoštevati, da so podani izpusti za ves mesec, vzorčevanje vode v črpališčih pa poteka od sredine enega meseca do sredine naslednjega meseca, vzorčevanje v vrtini VOP-4 (enkratni vzorec) pa se opravi v začetku meseca. Pričakovali bi, da bodo odzivi posledično vidni s časovnim zamikom med emisijo in pojavom H-3 v črpališčih in vrtinah VOP-4, Medsave in Šibice. S slike je očitno razviden časovni zamik odziva na izpuste iz NEK v vrtini VOP-4 in Medsave. V letu 2015 je bilo, podobno kot v prejšnjih letih, mogoče ugotoviti vpliv tekočinskih izpustov H-3 iz NEK le v dveh vrtinah, in sicer v vrtini VOP-4 in Medsave. Vzrok za časovni zamik je različen čas transporta vode iz Save do vzorčevanih vrtin. Pri vrtini VOP-4 je ta zamik dva meseca in korelacijski koeficient 0,81. Pri vrtini Medsave na Hrvaškem pa je zamik en mesec in korelacijski koeficient med izmerjeno vrednostjo in izpustom 0,87. Pri obeh je korelacijski koeficient blizu ena, kar nakazuje na močno korelacijo med vodnim izpustom tritija iz NEK in izmerjenimi vrednostmi.

Ker je prispevek tritija k celotni efektivni dozi zaradi pitja zelo majhen (tabela 2.4), stanje za zdaj ni zaskrbljujoče, saj je koncentracija aktivnosti tritija v pitni vodi v krških črpališčih in vodovodih krepko pod izpeljano koncentracijo (IK) za H-3 v pitni vodi, ki je za odrasle osebe ( $10^5 \text{ Bq/m}^3$ ). V povprečju se koncentracija aktivnosti H-3 v okolju (reke, padavine) v Sloveniji v okviru merske negotovosti giblje okoli  $1\ 000 \text{ Bq/m}^3$  [14].

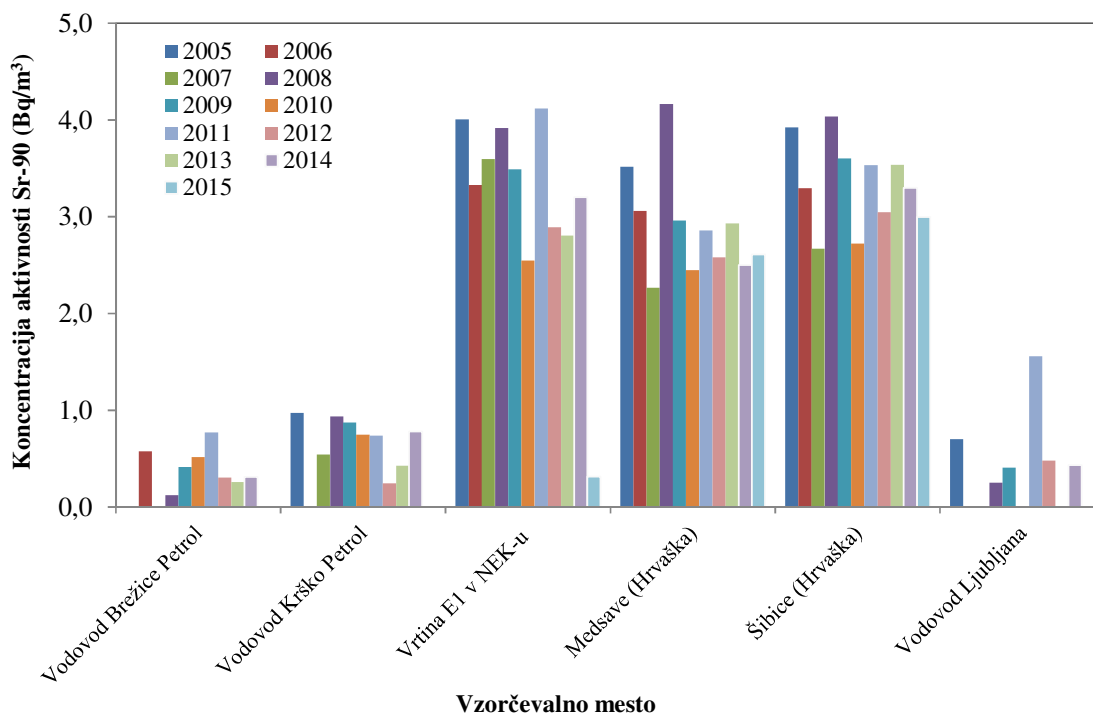
Na sliki 2.8 prikazujemo povprečne mesečne koncentracije aktivnosti H-3 v vodovodih in podtalnici od leta 2005 do 2015 v Sloveniji in na Hrvaškem. Medtem ko izmerjene koncentracije aktivnosti tritija v četrtletnih vzorcih iz vodovodov v Krškem in Brežicah ter enkratnega vzorca v Ljubljani sledijo že omenjenim usmeritvam, pa izmerjena mesečna koncentracija aktivnosti tritija v vrtinah lahko niha sorazmerno z izpuščeno aktivnostjo v tekočih izpustih. V letu 2014 so bili izpusti H-3 za faktor deset manjši od izpusta v letu 2015, kar je lepo razvidno, če primerjamo letošnjo koncentracijo aktivnosti H-3 z lansko za vrtino Medsave.



**Slika 2.8:** Povprečne letne koncentracije H-3 v vodovodih in podtalnici od leta 2005 do 2015 v Sloveniji in na Hrvaškem



**Slika 2.9:** Povprečne letne koncentracije aktivnosti Sr-90 v vodovodih in črpališčih od leta 2005 do 2015 v okolici NEK. Izmerjena koncentracija Sr-90 na črpališču Rore za leto 2015 je bila pod mejo kvantifikacije.



**Slika 2.10:** Povprečne letne koncentracije aktivnosti Sr-90 v vodovodih, črpališčih in podtalnici od leta 2005 do 2015 v Sloveniji in na Hrvaškem



Pri poročanju merskih rezultatov stroncija Sr-90 v črpališčih in vodovodih zaradi vnosa umetnih radionuklidov pri pitju vodovodne vode je nihanje povprečnih letnih koncentracij opaznejše, opazna pa je tudi razlika med krškim in brežiškim vodnooskrbnim sistemom, podobno kot pri obravnavi tritija. Dejstvo je tudi, da so izpuščene aktivnosti stroncija v odpadni vodi nekaj redov velikosti nižje od tritijevih. Tekoči izpusti Sr-90 so bili v letu 2015 približno za pol manjši kot prejšnje leto in podobni kot leto poprej. Po pričakovanju so povprečne mesečne koncentracije aktivnosti Sr-90 v mesečnih vzorcih vodovodov, črpališč in podtalnice primerljivega velikostnega reda kot v preteklih letih. Koncentracije aktivnosti Sr-90 v črpališčih in vodovodih Krško in Brežice so bile tudi v tem letu znatno nižje (nekaj velikostnih redov) od izpeljane vrednosti koncentracije (IK) za Sr-90 v pitni vodi, ki je za odrasle osebe  $4\,800\text{ Bq/m}^3$ . Izračunane povprečne letne koncentracije aktivnosti stroncija v vodovodih in črpališčih v okolici NEK od leta 2005 do leta 2015 so prikazane na slikah 2.9 in 2.10. Koncentracija aktivnosti stroncija v črpališčih in vodovodih v letu 2015 je primerljiva s koncentracijo stroncija na vseh lokacijah v prejšnjih letih.

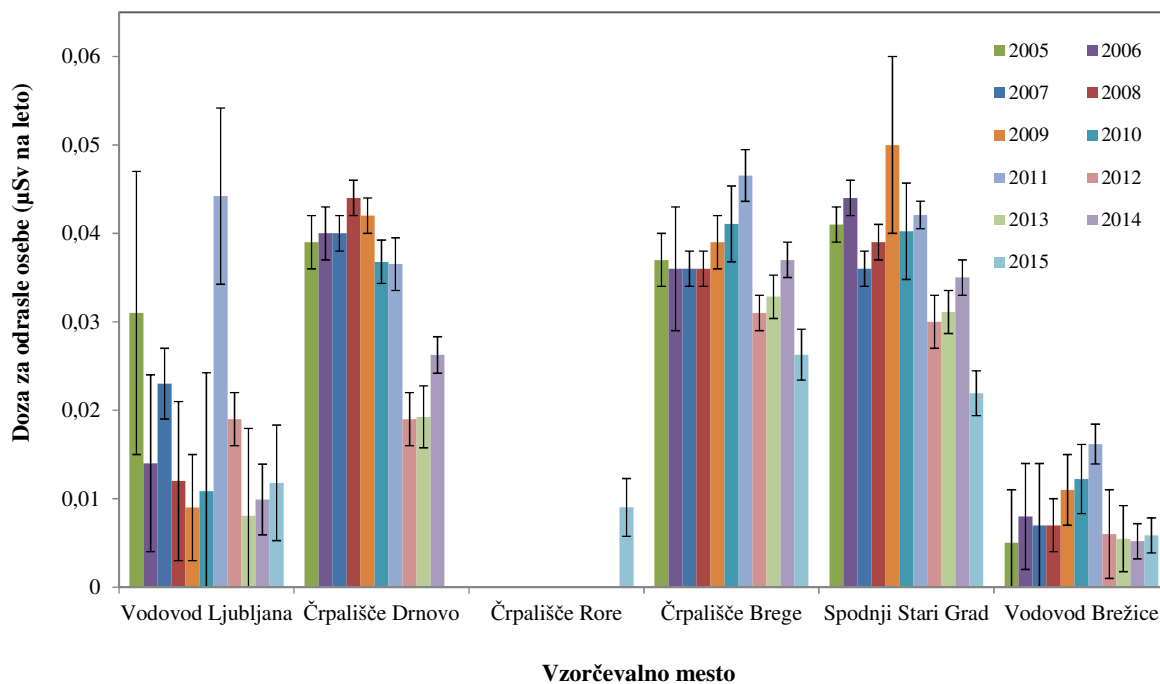
## OCENA VPLIVOV

V tabeli 2.4 so prikazane izračunane letne efektivne doze zaradi vnosa umetnih radionuklidov pri pitju vodovodne vode za tri starostne skupine prebivalstva. Za primerjavo so podane tudi izračunane letne efektivne doze, izračunane na osnovi meritev na referenčni lokaciji (vodovod Ljubljana), ki se izvajajo v okviru republiškega nadzora pitne vode. Letne efektivne doze so izračunane ob predpostavki, da odrasel človek popije na leto  $0,75\text{ m}^3$  vode, desetletni otrok  $0,35\text{ m}^3$  vode in enoletni otrok  $0,26\text{ m}^3$  vode na leto. Letna efektivna doza za umetne radionuklide v pitni vodi je vsota prispevkov zaradi prisotnosti H-3, Sr-90 in Cs-137. Drugih umetnih radionuklidov ni bilo zaznani v izmerjenih vzorcih. Letna efektivna doza za naravne radionuklide v pitni vodi je vsota prispevkov radionuklidov iz uranove in torijeve razpadne vrste ter Be-7 in K-40.

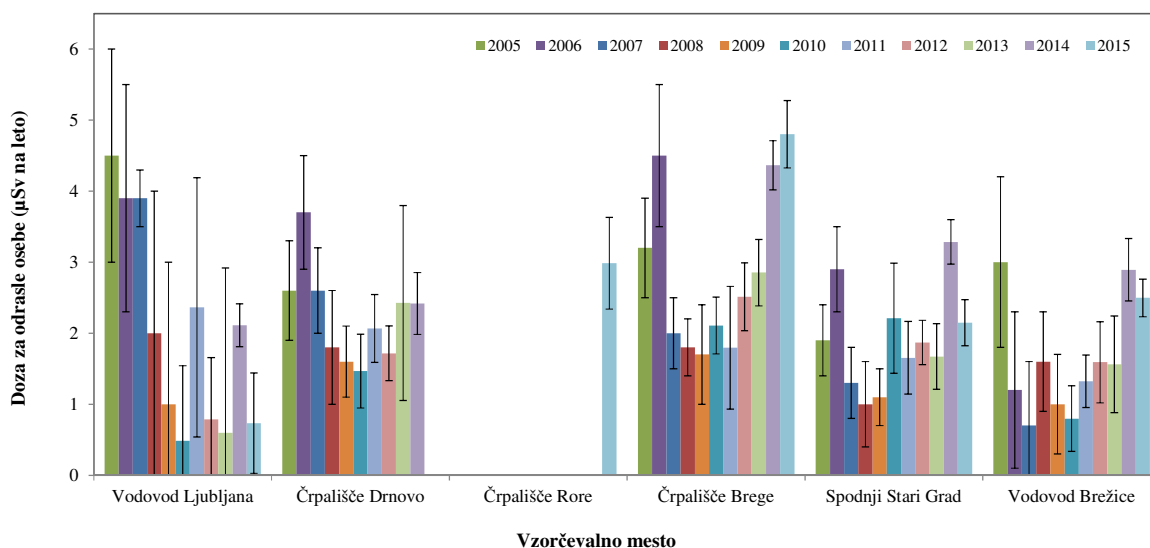
**Tabela 2.4:** Izračunane letne efektivne doze za odraslega, otroka in dojenčka zaradi umetnih in naravnih radionuklidov v vodovodih ter črpališčih pitne vode in podtalnice v letu 2015

STAROSTNA SKUPINA	DOZA	ENKRATNI LETNI VZOREC	ENKRATNI ČETRTLETNI VZORCI		MESEČNI SESTAVLJENI VZORCI				
		VODOVOD LJUBLJANA	VODOVOD BREŽICE	VODOVOD KRŠKO	VODOVODNI SISTEM BREŽICE		VODOVODNI SISTEM KRŠKO		
					Vodovod Brežice (Volčanšek)	Črpališča Brežice (Glogov Brod)	Črpališče Brege	Črpališče Rore	Vodovod Krško (Spodnji Stari Grad)
Letna efektivna doza ( $\mu\text{Sv}$ )									
ODRASLI	za umetne radionuklide	$0,012 \pm 0,007$	$0,001 \pm 0,004$	$0,011 \pm 0,005$	$0,006 \pm 0,002$	$0,004 \pm 0,001$	$0,026 \pm 0,003$	$0,009 \pm 0,003$	$0,022 \pm 0,003$
	za naravne radionuklide	$0,7 \pm 0,7$	$2,5 \pm 0,6$	$1,9 \pm 0,6$	$2,5 \pm 0,3$	$4,1 \pm 0,4$	$4,8 \pm 0,5$	$3,0 \pm 0,6$	$2,1 \pm 0,3$
Vsota		$0,7 \pm 0,7$	$2,5 \pm 0,6$	$1,9 \pm 0,6$	$2,5 \pm 0,3$	$4,1 \pm 0,4$	$4,8 \pm 0,5$	$3,0 \pm 0,6$	$2,1 \pm 0,3$
OTROCI	za umetne radionuklide	$0,007 \pm 0,006$	$0,001 \pm 0,003$	$0,006 \pm 0,005$	$0,004 \pm 0,002$	$0,002 \pm 0,001$	$0,016 \pm 0,003$	$0,005 \pm 0,003$	$0,016 \pm 0,002$
	za naravne radionuklide	$1,2 \pm 1,0$	$3,4 \pm 0,7$	$3,0 \pm 0,8$	$3,6 \pm 0,4$	$5,5 \pm 0,5$	$6,6 \pm 0,6$	$4,5 \pm 0,9$	$3,1 \pm 0,4$
Vsota		$1,2 \pm 1,0$	$3,4 \pm 0,7$	$3,0 \pm 0,8$	$3,6 \pm 0,4$	$5,5 \pm 0,5$	$6,6 \pm 0,6$	$4,5 \pm 0,9$	$3,1 \pm 0,4$
DOJENČKI	za umetne radionuklide	$0,014 \pm 0,018$	$0,003 \pm 0,009$	$0,013 \pm 0,013$	$0,011 \pm 0,006$	$0,006 \pm 0,004$	$0,034 \pm 0,008$	$0,011 \pm 0,009$	$0,037 \pm 0,007$
	za naravne radionuklide	$6,6 \pm 4,4$	$13,4 \pm 2,6$	$14,3 \pm 3,0$	$15,0 \pm 1,6$	$20,5 \pm 1,9$	$26,3 \pm 2,2$	$22,3 \pm 4,7$	$14,2 \pm 1,7$
Vsota		$6,6 \pm 4,4$	$13,4 \pm 2,6$	$14,3 \pm 3,0$	$15,1 \pm 1,6$	$20,5 \pm 1,9$	$26,4 \pm 2,2$	$22,3 \pm 4,7$	$14,2 \pm 1,7$





**Slika 2.11:** Ocenjeni prispevek umetnih radionuklidov k letni dozi za odraslo osebo v zadnjih enajstih letih na različnih vzorčevalnih lokacijah



**Slika 2.12:** Ocenjena letna doza zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov za odraslo osebo v zadnjih enajstih letih na različnih vzorčevalnih lokacijah



Iz tabele 2.4 lahko ugotovimo, da je v letu 2015 ocenjena letna efektivna doza za odraslo osebo zaradi prisotnosti umetnih radionuklidov v krškem vodnooskrbnem sistemu  $0,02 \mu\text{Sv}$ . Od naravnih radionuklidov največ prispeva k celotni dozi Pb-210. Čeprav je črpališče Brege najbližje točki izpustov iz NEK oziroma Savi, je ocenjena letna doza zaradi prisotnosti umetnih radionuklidov v Bregah v okviru negotovosti primerljiva z ocenjeno letno dozo v Spodnjem Starem Gradu, kar pomeni, da opaženo povišanje koncentracije tritija v Bregah v letu 2015 nima nobenega zaznavnega vpliva na prebivalstvo. V brežiškem vodovodnem sistemu je ocenjena povprečna letna efektivna doza v letu 2015 za odraslo osebo zaradi prisotnosti umetnih radionuklidov  $0,005 \mu\text{Sv}$ . Celotna povprečna ocenjena letna doza za odraslo osebo zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov v pitni vodi je  $3,3 \mu\text{Sv}$ . Od naravnih radionuklidov tudi tukaj k celotni dozi največ prispeva Pb-210. V krškem vodovodnem sistemu je prispevek umetnih radionuklidov višji kot v brežiškem vodovodu, kar je bilo opaženo tudi v preteklih letih. Razlog za to je, da je krška pitna voda črpana iz vodonosnika, ki je delno napajana iz rek Save in Krke. V ljubljanskem vodovodu je bil prispevek umetnih radionuklidov ocenjen na  $0,012 \mu\text{Sv}$  na leto za odraslo osebo, kar je  $0,6 \%$  celotne ocenjene letne doze zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov ( $0,7 \mu\text{Sv}$ ). Tudi v letu 2015 je prispevek umetnih radionuklidov k skupni dozi v Ljubljani primerljiv z izračunanimi vrednostmi za vzorčevalna mesta v okolici NEK, kar še dodatno dokazuje, da je vpliv tekočinskih izpustov iz NEK na okolje zanemarljiv. Poudariti velja, da je letna efektivna doza za odraslo osebo zaradi vnosa naravnih radionuklidov pri pitju vodovodne vode, enako kot pri ingestiji hrane, upoštevana v vsoti prispevkov k dozi naravnega sevanja (tabeli B in C v izvlečku).

Na slikah 2.11 in 2.12 je prikazana primerjava ocenjenih letnih doz za odraslo osebo zaradi prisotnosti umetnih radionuklidov ter celotnih ocenjenih letnih doz zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov v črpališčih Brege in Drnovo ter vodovodu Spodnji Stari Grad, ki so blizu NEK, v primerjavi z vodovodom Ljubljana in vodovodom Brežice v zadnjih enajstih letih (ob ocenjeni porabi pitne vode  $0,75 \text{ m}^3$  na leto). Čeprav so koncentracije naravnih radionuklidov v črpališčih in vodovodih v splošnem nizke, naravni radionuklidi uranove in torijeve razpadne vrste prispevajo največ k ocenjeni letni efektivni dozi. Če podrobno pogledamo sliki 2.11 in 2.12, ugotovimo, da je ordinatna os na sliki 2.11 v primerjavi z ordinatno osjo na sliki 2.12 za faktor sto manjša in je prispevek umetnih radionuklidov k letni dozi za odraslo osebo zaradi tekočinskih in zračnih izpustov NEK zanemarljiv v primerjavi s prispevkom k letni dozi zaradi umetnih radionuklidov iz splošne kontaminacije in naravnih radionuklidov zaradi naravnega sevanja v pitni vodi. Zaradi visokih doznih faktorjev največ prispevajo k celotni ocenjeni dozi Ra-226, Pb-210 in Ra-228.

## SKLEPI

Med umetnimi radionuklidi so bili v pitni vodi in podtalnici v letu 2015 zaznani le H-3, Sr-90 in Cs-137, slednji je bil zaznan na meji kvantifikacije. Prvi je naravnega in umetnega izvora (splošna kontaminacija, izpusti NEK), drugi in tretji pa sta v okolje prišla po jedrskih poskusih (splošna kontaminacija), nekaj Sr-90 pa je zaznati tudi v izpustih NEK. Vpliv NEK na pitno vodo je zanemarljiv. V primerjavi s prejšnjim letom je v letu 2015 opaziti malo višjo koncentracijo aktivnosti H-3 v bližnjih vrtinah, ki so za izpustom iz NEK v reko Savo. Razlog za to so 9-krat večji izpusti H-3 iz NEK v letu 2015 kot v letu 2014. Je pa treba poudariti, da je letna koncentracija aktivnosti H-3 v izpustih iz NEK primerljiva z leti pred 2014, in tudi izmerjene vrednosti v pitni vodi in podtalnici so primerljive z leti pred 2014.

Značilna koncentracija aktivnosti tritija v okolju po Sloveniji je  $1\,000 \text{ Bq/m}^3$ . Podobne koncentracije tritija je zaznati tudi v pitni vodi iz krškega in brežiškega vodnooskrbnega sistema. Najvišja koncentracija aktivnosti je bila izmerjena septembra v Bregah ( $2\,165 \pm 246 \text{ Bq/m}^3$ ), vendar se povprečna mesečna koncentracija aktivnosti H-3 na vseh črpališčih in vodovodih ne odmika od dolgoletnega povprečja.

Ocenjena letna doza v letu 2015 zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov v brežiškem vodnooskrbnem sistemu za odraslo osebo je  $4,1 \mu\text{Sv}$ . Obremenitev z umetnimi radionuklidi iz brežiškega vodovoda je  $0,2 \%$  celotne izračunane letne doze zaradi pitja vodovodne vode za odraslo osebo. Prispevek umetnih radionuklidov k letni efektivni dozi za otroke je  $0,1 \%$ , za dojenčke pa  $0,07 \%$ .



Ocenjena letna doza v krškem vodnooskrbnem sistemu v letu 2015 za odraslo osebo je 4,8  $\mu\text{Sv}$ . Obremenitev z umetnimi radionuklidi je približno 1 % celotne izračunane letne doze zaradi pitja vode za odraslo osebo. Prispevek umetnih radionuklidov k letni efektivni dozi za otroke je 0,5 %, za dojenčke pa 0,3 %.

Ocenjena letna doza v ljubljanskem vodovodu v letu 2015 je 0,7  $\mu\text{Sv}$  za odraslo osebo. Obremenitev z umetnimi radionuklidi iz ljubljanskega vodovoda je 1,6 % celotne izračunane letne doze za odraslo osebo ter 0,6 % za otroka in 0,2 % za dojenčka.

Izračunane letne doze zaradi umetnih radionuklidov v pitni vodi so daleč pod izpeljanimi vrednostmi koncentracij, ki so izračunane ob upoštevanju, da je vrednost mejne efektivne doze 100  $\mu\text{Sv}$  na leto oziroma avtorizirano mejno dozo 50  $\mu\text{Sv}$  [10]. Delež doze v primerjavi z avtorizirano mejno dozo v brežiškem vodnooskrbnem sistemu je 8,2 %, v krškem vodnooskrbnem sistemu pa 9,6 %, pri čemer je v obeh primerih prispevek umetnih radionuklidov še veliko manjši.

Dozne obremenitve zaradi prisotnosti naravnih radionuklidov ne vsebujejo prispevka Po-210, ki ga ne merimo, zato pričakujemo, da so dozne obremenitve zaradi prisotnosti naravnih radionuklidov dejansko (a ne znatno) višje.





### 3 PADAVINE IN SUHI USED

#### POVZETEK

*V poglavju Padavine in suhi used smo pregledali merske rezultate s treh lokacij za padavine in z osmih mest za suhe usede v okolici NEK ter jih primerjali z vrednostmi z referenčne točke v Ljubljani. V letu 2015 je bilo izmerjenih po 48 padavinskih vzorcev in vzorcev vazelinskih plošč. Uporabljene so bile tri različne analize tehnike: visokoločljivostna spektrometrija gama, tekočinskoscintilacijska spektrometrija in radiokemijska metoda z meritvami na proporcionalnem števcu.*

*V padavinskih vzorcih in vazelinskih ploščah so bili izmerjeni radioaktivni izotopi H-3, Be-7, Na-22, Cs-137, Sr-90 ter U-238, Ra-226, Ra-228, Pb-210, Th-228, Th-230 in K-40. Izmerjene koncentracije aktivnosti usedov se bistveno ne odmikajo od dolgoletnih povprečij.*

*Študirali smo korelacije med parametri, kot so količina padavin, koncentracija aktivnosti radionuklidov, padavinski in suhi used in neposredni zračni izpusti jedrske elektrarne. Podatke smo primerjali z večletnimi nizi in iskali morebitne odmike od dolgoletnih povprečij.*

*V splošnem ni opaziti korelacije med izpusti elektrarne in vsebnostjo radionuklidov v okolju. Izjema je tritij, ki pa na dozo ne vpliva bistveno. Izračunali smo efektivno dozo zaradi zunanjega sevanja useda in ingestijsko dozo ter ocenili obremenjenost prebivalstva v okolici jedrske elektrarne in na referenčni točki v Ljubljani. Prispevek umetnih radionuklidov v okolici NEK k skupni dozi je zanemarljiv. Doze v okolici NEK so primerljive z dozami na referenčni točki v Ljubljani.*

#### UVOD

Meritve padavinskih in suhih usedov so eden od načinov nadzora zračnih izpustov poleg spektrometrijskih analiz aerosolnih filtrov na izvoru in aerosolnih ter ogleh filtrov v okolju (poglavje *Zrak*). Padavine so nepogrešljiv element pri kroženju vode in transportno sredstvo za pline in aerosole iz ozračja na površino Zemlje. Lovilniki so postavljeni v bližini jedrskih objektov (Krško, Brege, Dobova) kot tudi na referenčni lokaciji (Ljubljana). Del aerosolov zbiramo v obliki suhega useda na vazelinskih ploščah. Postavljene so v okolici jedrske elektrarne in na referenčni lokaciji v Ljubljani. Tako zajamemo vse sestavne dele ozračja: pline, aerosole in vodo, vse tri v različnih pojavnih oblikah in agregatnih stanjih. Te podatke uporabimo za določitev doznih obremenitev ljudi, ki živijo v okolici jedrskega objekta. Rezultate primerjamo z vrednostmi na referenčni lokaciji.

Usedle radioaktivne snovi s sevanjem neposredno prispevajo k izpostavitvi ljudi, vsrkanе v rastline prek korenin ali listov pa pridejo z užitnimi deli v prehransko verigo ljudi, kar se podrobneje obravnava v poglavju *Radionuklidi v hrani*. Padavine s pronicanjem skozi zemeljske plasti postanejo del podzemnih vod, to pa potem uporabljamo kot pitno vodo (poglavje *Voda iz črpališč in vrtin*), zato igrajo padavine pomembno vlogo pri prenosu radioaktivnih onesnaževalcev iz zraka v živa bitja.

Tritij, radioaktivni izotop vodika, je eden redkih radionuklidov, ki jih jedrske elektrarne izpuščajo v takih količinah, da se dajo meriti tudi v okoljskih vzorcih. Del tritijevega inventarja v ozračju prispevajo tudi različne industrijske panoge, ki ga uporabljajo kot vstopno surovino pri izdelavi instrumentov in svetlečih oznak. Predvsem na severni zemeljski polobli je del tritija v ozračju dediščina nadzemnih jedrskih poskusov. Ti so pripomogli k povečanju tritijeve koncentracije aktivnosti za tri velikostne rede. Koncentracija aktivnosti se dandanes počasi približuje ravni iz predjedrske dobe. Tritij je sicer tudi kozmogen izotop in nastaja v zgornjih plasteh ozračja z interakcijo kozmičnih žarkov in dušika. Tritij v ozračju postane sestavni del vodne molekule in se tako vključi v globalni vodni krog, ki je bistvenega pomena za življenje na Zemlji.

V letu 2015 so bili v vzorcih padavin in vazelinskih plošč izmerjeni H-3, umetni radionuklidi Cs-137, Sr-90, kozmogen Be-7 in Na-22 ter naravni radioizotopi K-40, U-238, Th-228, Th-230, Ra-226, Ra-228 in Pb-210.



## ZNAČILNOSTI VZORČEVANJA IN MERITEV

Mesečno vzorčevanje padavin in suhega useda poteka kontinuirno v skladu s postopkom *Zbiranje vzorcev deževnice in talnega useda (LMR-DN-04)*.

Lovilniki padavin so v Krškem, Bregah, Dobovi in na referenčni lokaciji v Ljubljani (IJS). Lovilnik padavin je sestavljen iz lijaka in neprozornega temnega 50-litrskega plastičnega soda, ki sta povezana z neprozorno plastično cevjo. Lijak iz polirane nerjavne pločevine, ki zajema padavine na efektivni površini 0,25 m<sup>2</sup>, je opremljen s kovinsko mrežico za prestrezanje listja in drugih predmetov. Oblikovan je tako, da so izgube padavin zaradi pršenja vode iz lijaka minimalne. Ob lovilniku padavin v Krškem in Dobovi je tudi merilnik količine padavin, ki se dnevno odčitava, za lokaciji Brege in Ljubljana pa uporabljamo meritve ARSO.

Zbrani tekočinski vzorec padavin se razdeli na dva dela: v litrskem podvzorcju se ugotavlja vsebnost tritija (H-3), iz preostalega vzorca se pripravi vodno sušino za analize sevalcev gama in stroncija po postopku *Priprava sušine vzorcev vod (LMR-DN-06)*.

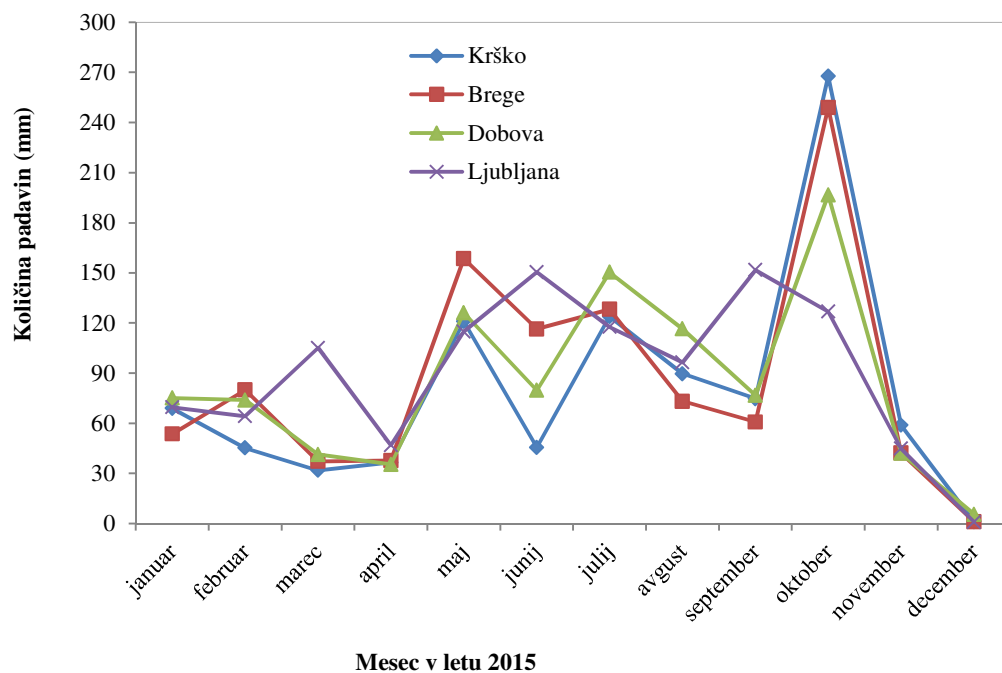
Koncentracijo aktivnosti tritija določimo s tekočinskoscintilacijskim števcem po elektrolitski obogatitvi po postopkih *Določanje tritija s tekočinskim scintilacijskim štetjem (SDN-O2-STC(02))*, *Vzorčenje in priprava vzorcev za določitev tritija (LSC-DN-06)*, *Analiza in izračun vsebnosti tritija H-3 (LSC-DN-07)* in *Meritve vsebnosti radionuklidov s tekočinskoscintilacijskim števcem Quantulus (LSC-DN-08)*. Meritve ljubljanskih padavin so bile v letu 2015 opravljene v okviru raziskovalnega programa odseka F-2, saj jih predpisani nadzor radioaktivnosti ne predvideva niti financira. Za določitev aktivnosti sevalcev gama uporabljamo visokoločljivostno spektrometrijo gama. Analizo stroncija opravimo po radiokemičnem postopku *Določanje stroncija z beta štetjem (SDN-O2-STC(01))*.

Za vzorčevanje suhega useda je v *Pravilniku o monitoringu radioaktivnosti (JV10)* [9] predvideno 12 vzorčevalnih mest, vendar so bila štiri na ograji NEK leta 2005 opuščena. Suhi talni used se zbira na vazelinskih ploščah površine 0,3 m<sup>2</sup> iz poliakrilatnega pleksi stekla. Postavljene so od 1,8 m do 2 m nad površino tal in premazane s tanko plastjo farmacevtske vazeline. Na ploščah se ujamejo tudi resuspendirani prašni delci. Priprava vzorca je hitra in enostavna: postrgana vazelina s plošč se rahlo segreje, da se enakomerno porazdeli po merski posodici. Zbiralniki suhega useda so postavljeni na osmih vzorčevalnih mestih v ožji in širši okolici NEK. Meritve sevalcev gama se izvajajo na treh sestavljenih vzorcih: ožja okolica NEK (vzorčevalna mesta 1, 7 in 8 na razdalji približno 1 km), širša okolica NEK (vzorčevalna mesta od 2 do 5 na razdalji približno 3 km) in daljna okolica (vzorčevalno mesto 6, najdlje od NEK, na razdalji približno 4,5 km). Referenčno mesto za suhi used je v Ljubljani.

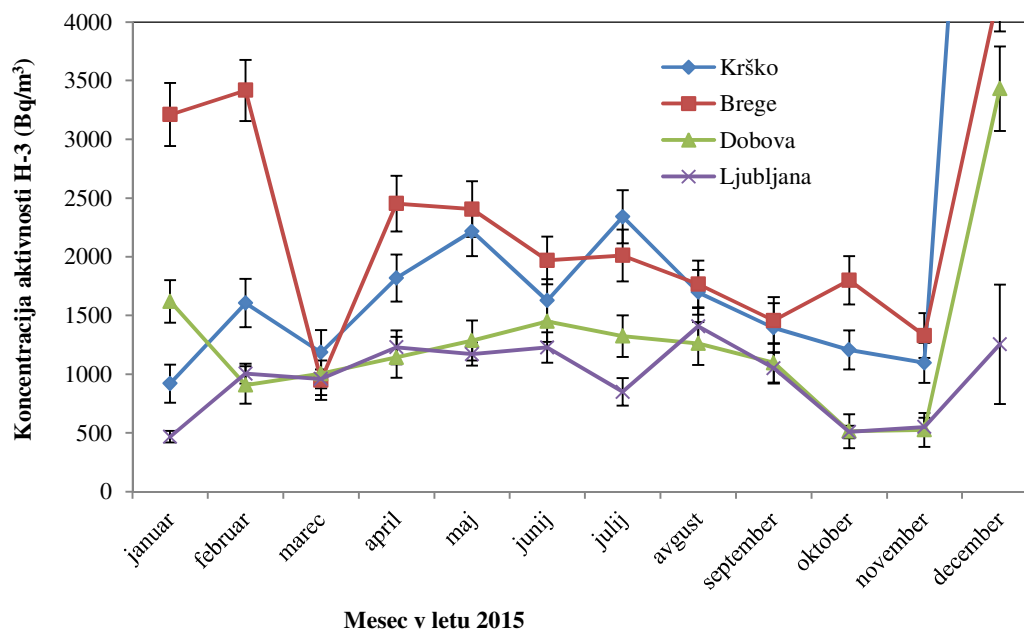
## REZULTATI MERITEV

### Padavine

Letna količina padavin v okolici NEK in Ljubljani je bila v letu 2015 primerljiva, saj je bila razlika med Bregami in Ljubljano samo okrog 6 %, kar je najmanj v zadnjih dvajsetih letih. Na krškem območju je v letu 2015 padla povprečna količina padavin, nasprotno od Ljubljane, ki je prejela skoraj 20 % manj padavin od 20-letnega povprečja. Največ padavin je še vedno padlo v Ljubljani (1 106 mm). V Krškem, Bregah in Dobovi je padlo v povprečju 996 mm dežja. Razlika med količinami padavin v različnih krajih v okolici NEK je kvečjemu okrog 10 %, kar je nekoliko več od povprečja zadnjega desetletnega obdobja. Največ dežja je padlo v Bregah, najmanj v Krškem. Mesečne količine padavin v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani so prikazane na sliki 3.1. Oktober je bil v okolici NEK daleč najbolj vodnat mesec, saj je na primer v Krškem padlo skoraj 29 % letne količine, medtem ko v Ljubljani v letu 2015 ni bilo meseca z izrazito veliko padavinami. Najmanj dežja je bilo povsod decembra. Poletni meseci so bili bolj deževni kot zimski. Malo padavin je bilo še aprila in novembra.



Slika 3.1: Mesečne količine padavin v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani



Slika 3.2: Mesečne koncentracije aktivnosti tritija v padavinah v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani



### Padavinski used

Rezultati meritev vzorcev padavin so prikazani v tabelah T-37 (Brege), T-38 (Krško), T-39 (Dobova) in T-40 (Ljubljana). Vse meritve je opravil IJS. Tabele z merskimi rezultati so na priloženi zgoščenki v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2015, IJS-DP-12058*, marec 2016. V tabelah so rezultati meritev podani z neposrednimi merskimi rezultati in njihovimi negotovostmi. Srednjo vrednost rezultatov meritev v tem letu imenujemo mesečno povprečje, aritmetično povprečje, včasih pa tudi samo povprečje. Števila za znakom " $\pm$ " so apriorna negotovost povprečja, medtem ko so števila za znakom ";" aposteriorna negotovost povprečja. V nekaterih primerih so števila za znakom ";" tudi stresanje podatkov ali standardna deviacija. Pojmi so ustrezno pojasnjeni v *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2015, IJS-DP-12058*. Pokaže se, da letno dozo lahko izračunamo iz danega mesečnega, četrletnega ali polletnega aritmetičnega povprečja ob predpostavki, da je vnos hrane, vode ali zraka v telo in organizem človeka konstanten skozi celo leto. Pri obravnavi merskih rezultatov se lahko uporablja tudi uteženo povprečje, kar je ustrezno napisano.

V vzorcih padavin so bili ugotovljeni H-3, Be-7, K-40, Cs-137, Sr-90 ter potomci uranove in torijeve razpadne vrste. Analiza Y-90 ni bila opravljena, zato so v merskih tabelah podane koncentracije aktivnosti Sr-90/Sr-90, čeprav praktično ni možnosti, da bi bil v vzorcu tudi Sr-89, saj ta kratkoživi izotop v izpustih NEK v letu 2015, podobno kot v prejšnjih letih, ni bil zaznan.

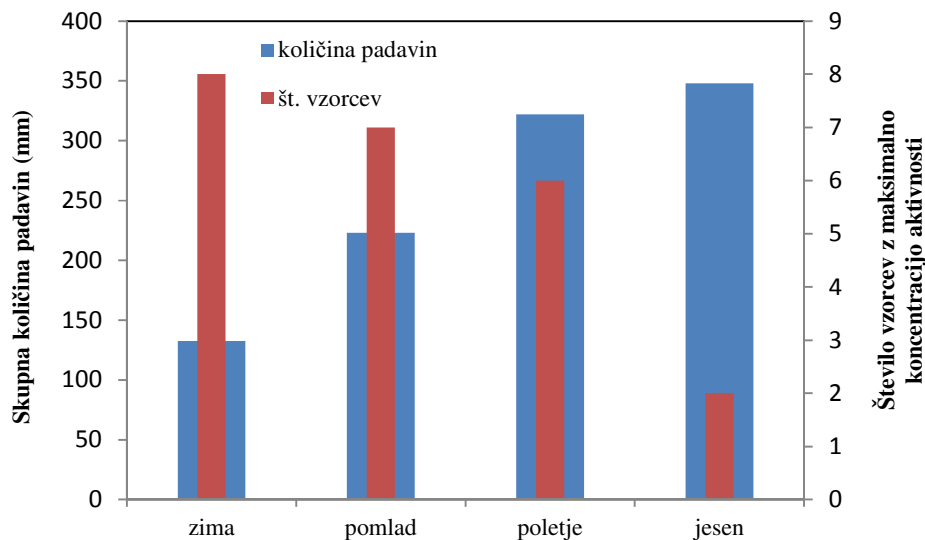
Koncentracije aktivnosti tritija v padavinah so prikazane na sliki 3.2 in v grobem sledijo običajnim naravnim letnim gibanjem tritija v ozračju severne zemeljske poloble, kjer so vrednosti poleti v splošnem višje kot pozimi [36]. Izjema so vrednosti za december v okolici NEK, ko praktično sploh ni bilo padavin in vzorci zato niso primerljivi z drugimi enajstimi v letu 2015. Rezultati za mesec december so bili pridobljeni po akreditirani direktni metodi, saj za elektrolitsko obogatitev ni bilo dovolj vzorca.

Podatki za Dobovo se lepo prilegajo ljubljanskim vrednostim. V Bregah in tudi Krškem je vzorec koncentracij aktivnosti nekoliko drugačen kot v Dobovi, kar je lepo razvidno iz dolgoletnih letnih povprečij na sliki 3.11. Mesečne vrednosti koncentracij aktivnosti in izpustov so v letu 2015 še najbolj korelirane za Brege v poletnih mesecih, v splošnem pa ne moremo govoriti o dobri korelaciji. Delež spranega tritija iz ozračja namreč zelo variira glede na vremenske razmere – od smeri in hitrosti vetra, časovnega razmika med padavinami in izpustom, višine padavinskih oblakov in izpusta ter izdatnosti padavin. Povprečna mesečna koncentracija aktivnosti za leto 2015 je bila na vseh lokacijah višja kot v letu 2014 tudi brez upoštevanja decembrskih vrednosti; najnižja v Ljubljani, najvišja pa v Bregah, kar je že ustaljena večletna praksa (slika 3. 11).

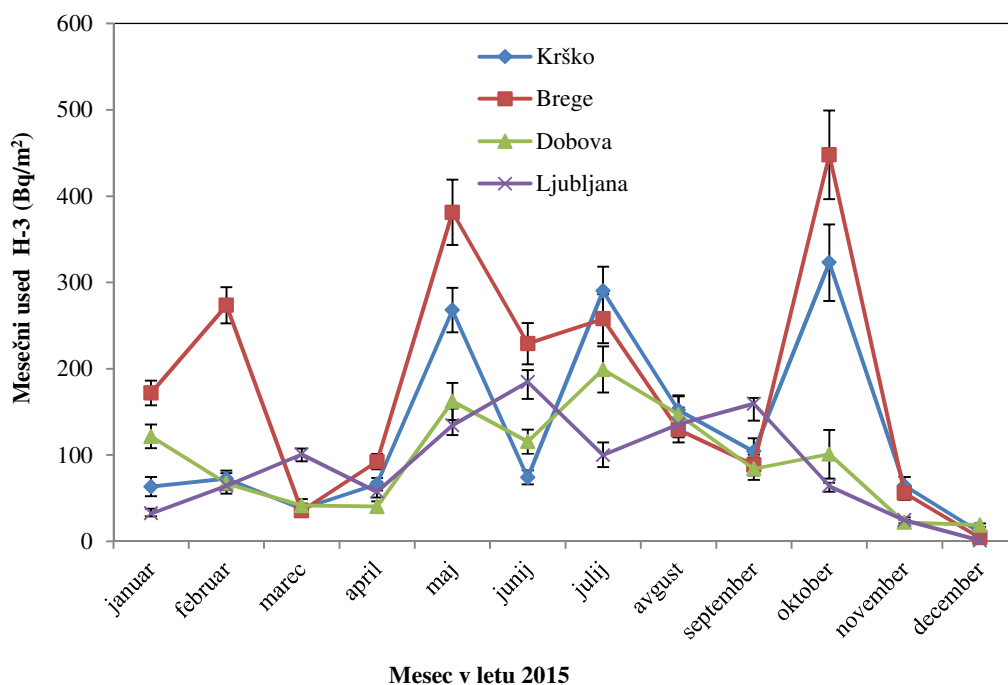
**Tabela 3.1:** Pojavljanje najvišjih izmerjenih mesečnih koncentracij aktivnosti za H-3, Sr-90, Cs-137, Be-7, K-40 in Pb-210 v vzorcih padavin v Bregah, Krškem, Dobovi in Ljubljani v letu 2015. December je izvzet iz statistike. Zvezdica pomeni, da je bila decembrska vrednost sicer najvišja v letu.

Radionuklid v padavinah	LJUBLJANA	BREGE	KRŠKO	DOBOVA
H-3	avgust	* februar	* julij	* januar
Sr-90		marec	marec	marec
Cs-137	november	januar	maj	januar
Be-7	* julij	julij	julij	september
K-40	* april	* junij	* april	* januar
Pb-210	* maj	* januar	* januar	januar





**Slika 3.3:** Količine padavin v posameznih letnih časih (zima: januar, februar; pomlad: marec, april, maj; poletje: junij, julij, avgust; jesen: september, oktober, november) in število rezultatov z najvišjimi koncentracijami v posameznem letnem obdobju. December je izpuščen iz statistike. Upoštevane so vse štiri lokacije (Krško, Brege, Dobova in Ljubljana) in vseh šest najpogosteje izmerjenih radionuklidov (H-3, Sr-90, Cs-137, Be-7, K-40 in Pb-210). Skupno število rezultatov je 23, ker Sr-90 v ljubljanskih padavinah ni bil ugotavljan.

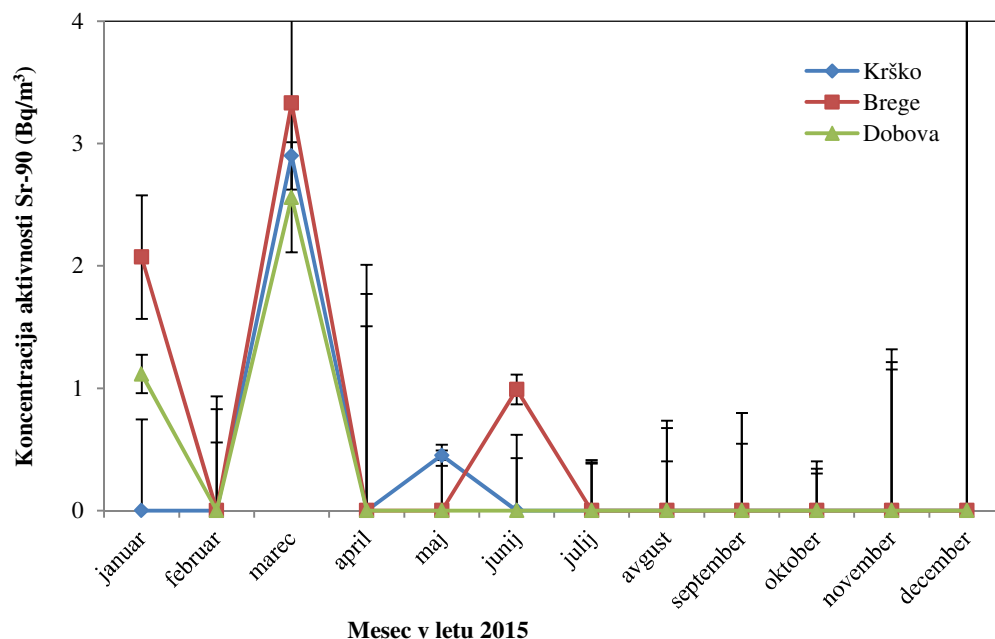


**Slika 3.4:** Mesečni padavinski used tritija v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani v letu 2015

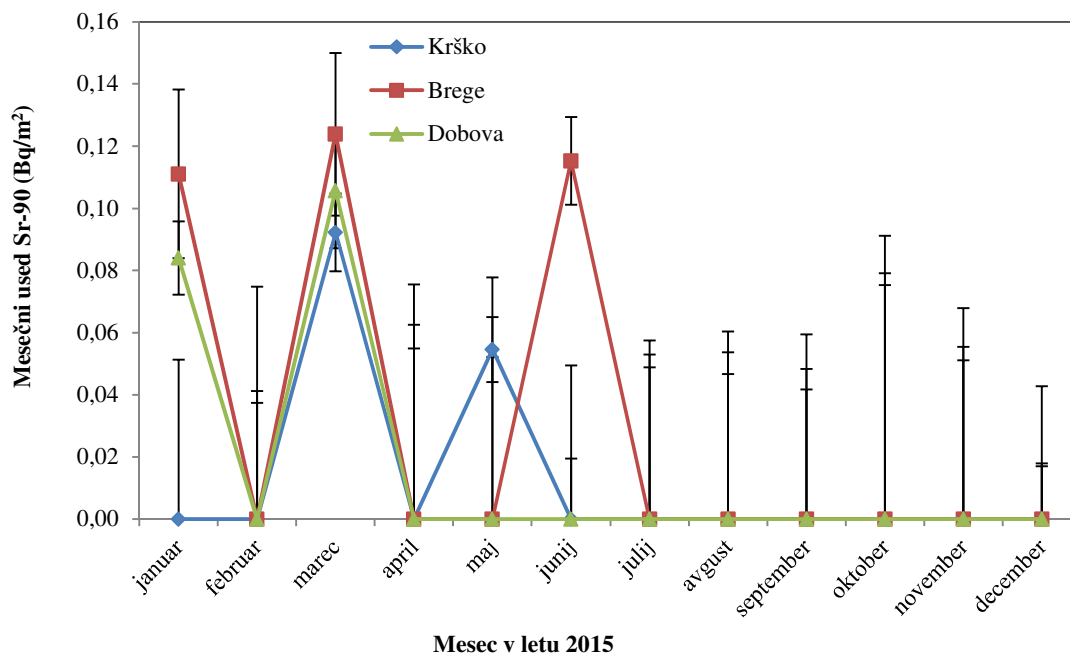


Pri računanju in razlagi povprečnih vrednosti je treba biti vedno previden, posebno še v primerih, če je niz podatkov pridobljen v različnih razmerah. Leto 2015 je že bilo tako: na eni strani imamo mesec oktober, ko je padla skoraj tretjina letnih padavin, na drugi december z zanemarljivo malo padavinami. Kar 11 od 23 maksimalnih koncentracij aktivnosti za šest radionuklidov H-3, Sr-90, Cs-137, Be-7, K-40 in Pb-210 na štirih lokacijah je bilo izmerjenih decembra. Koncentracije aktivnosti stroncija v ljubljanskih vzorcih padavin v skladu s predpisanim programom nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji namreč niso bile določene. Nekatere vrednosti, na primer koncentracija aktivnosti za Pb-210 v Ljubljani, je bila trinajstkrat višja od povprečja preostalih 11 mesecev. Decembrska koncentracija aktivnosti za K-40 v Krškem je bila 24-krat višja od 11-mesečnega povprečja, H-3, ravno tako v Krškem, pa skoraj sedemkrat. V tabeli 3.1 so zbrani podatki, v katerih mesecih so se pojavljale maksimalne koncentracije aktivnosti za posamezne radionuklide, če ne upoštevamo decembrskih vrednosti. O zakonitostih težko govorimo: v primeru minimalnih padavin so se v letu 2015 enako vedli H-3, K-40 in Pb-210. Najvišje koncentracije aktivnosti za Sr-90 so bile povsod izmerjene v marcu. Pri Be-7 in Cs-137 ni opaziti posebnega vzorca, ne glede letnih časov ne pogostosti padavin. V oktobru z največ padavinami ni bila ugotovljena niti ena najvišja koncentracija. Glede na sliko 3.3 bi vseeno lahko rekli, da so najvišje izmerjene koncentracije aktivnosti po navadi izmerjene v sušnih mesecih.

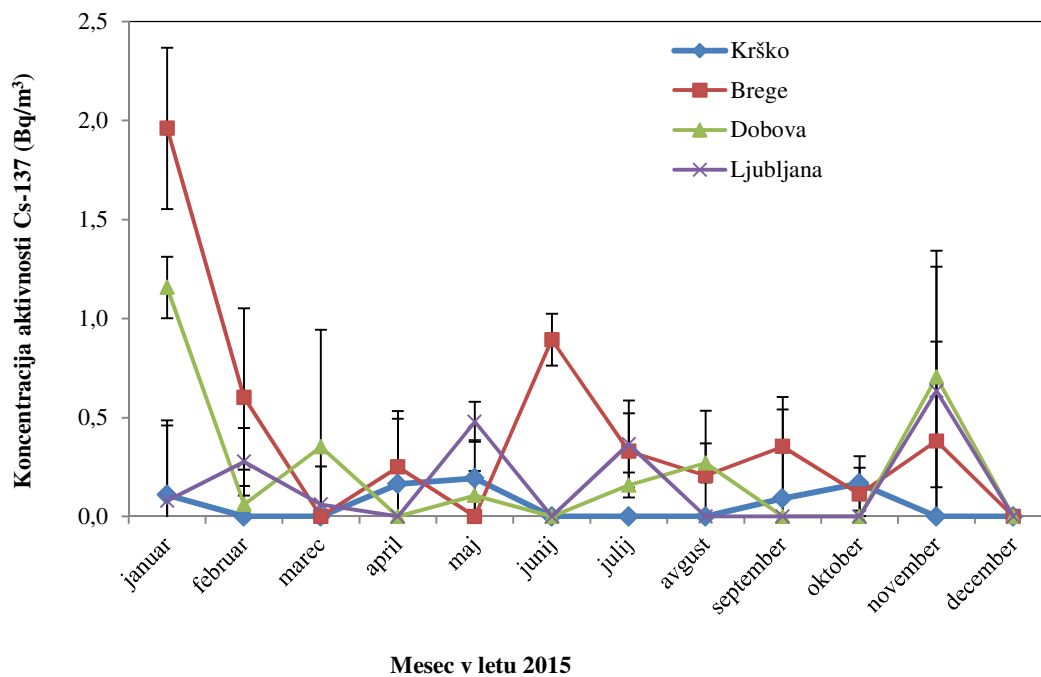
Na sliki 3.3 december ni zajet v statistiko – upoštevane so najvišje koncentracije aktivnosti v preostalih enajstih mesecih. V tem primeru je korelacijski koeficient  $R^2$  med količino padavin in številom rezultatov z najvišjimi mesečnimi koncentracijami aktivnosti 0,69. V primeru, da upoštevamo tudi december, je korelacija celo boljša (0,82). Mesečne padavinske usede, aktivnosti padavin na kvadratni meter površine, izračunamo z množenjem koncentracij aktivnosti in količin padavin. Na sliki 3.4 so predstavljeni mesečni padavinski usedi H-3 za vsa štiri vzorčevalna mesta: Ljubljano, Brege, Krško in Dobovo. Najvišje vrednosti so bile izmerjene v Bregah. Vrednosti in časovna poteka za Ljubljano in Dobovo sta primerljiva, nekoliko drugačen potek je za Krško in Brege, kjer se izrazita vrhova skladata z mesecema, ko je bilo največ padavin.



**Slika 3.5:** Mesečne koncentracije aktivnosti stroncija v padavinah v okolici NEK. V ljubljanskih vzorcih se stroncij ne določa.



**Slika 3.6:** Mesečni padavinski used stroncija v padavinah v Krškem, Bregah in Dobovi. V ljubljanskih vzorcih se stroncij ne določa.



**Slika 3.7:** Mesečne koncentracije aktivnosti Cs-137 v letu 2015 v padavinah v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani



Slika 3.5 prikazuje koncentracije aktivnosti stroncija v padavinah v letu 2015. Delež vzorcev, za katere so bile izmerjene vrednosti pod mejo za odločitev oziroma pod mejo detekcije, je bil v letu 2015 še večji kot v 2014 – takih rezultatov je okrog 80 %. Povprečna aktivnost koncentracije za leto 2015 v Bregah je vseeno nekoliko višja, v Dobovi enaka, v Krškem pa nekoliko nižja od povprečja za 2014. Seveda so vse povprečne vrednosti za leto 2015 za vse tri lokacije statistično enake, če uporabimo za merilo preskus zeta. Podobna slika je tudi pri usedih stroncija, ki so predstavljeni na sliki 3.6. Od sedmih rezultatov nad mejo detekcije pozornost vzbujajo sorazmerno visoke vrednosti v marcu, ko se stroncij pojavi na vseh treh lokacijah.

Mesečne koncentracije aktivnosti Cs-137 v padavinah v Krškem, Bregah, Dobovi in v Ljubljani so prikazane na sliki 3.7, padavinski used pa na sliki 3.8. V primerjavi z letom 2014 sta se tako povprečna koncentracija aktivnosti za leto 2015 kot letni padavinski used v Bregah nekoliko povečala, v Krškem in Ljubljani zmanjšala, v Dobovi pa ostala na enaki ravni. Najvišje vrednosti so bile izmerjene v Bregah, najnižje v Krškem. Najvišje vrednosti so bile izmerjene januarja in junija, ki sta bila glede količine padavin precej povprečna meseca.

### Suhi used

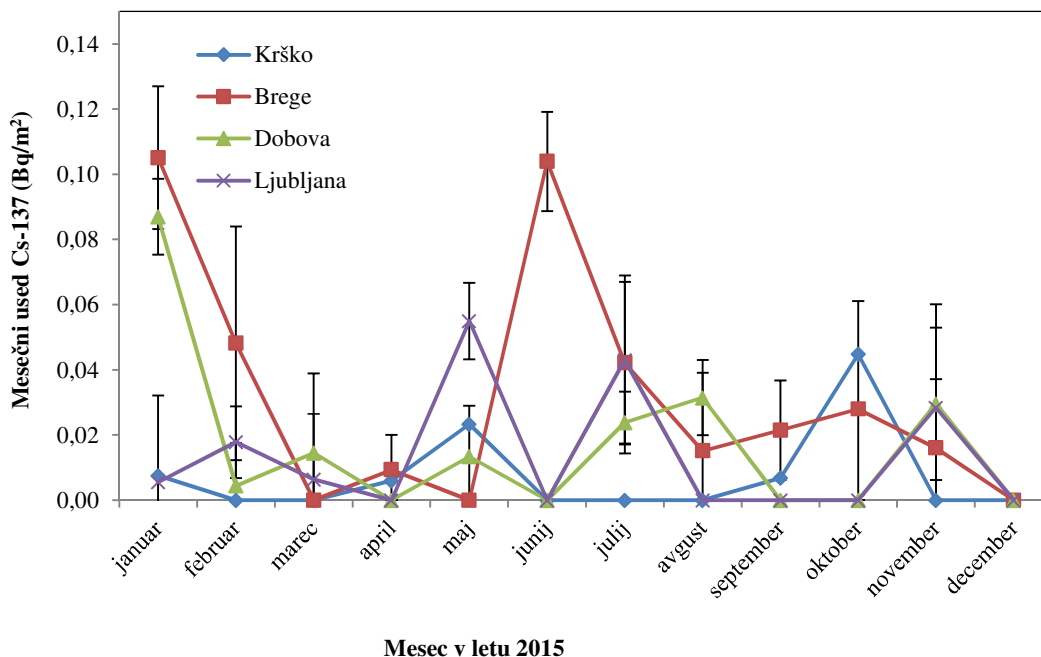
Rezultati meritev vzorcev suhih usedov so prikazani v tabelah T-42/1 (širša okolica NEK), T-42/2 (vzorčevalno mesto 6), T-42/3 (ožja okolica NEK) in T-42/4 (Ljubljana). Vse meritve je opravil IJS. Tabele z merskimi rezultati so na priloženi zgoščenci v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2015, IJS-DP-12058*, marec 2016.

V vzorcih suhega useda so bili v letu 2015 izmerjeni Be-7, K-40, Cs-137 in potomci uranove in torijeve razpadne vrste, skupaj 8 radionuklidov. Na sliki 3.9 so prikazane relativne razlike letnih padavinskih in suhih usedov vzorčevalnih mest v okolici NEK glede na ljubljanske vrednosti, izračunane po enačbi 3.1.

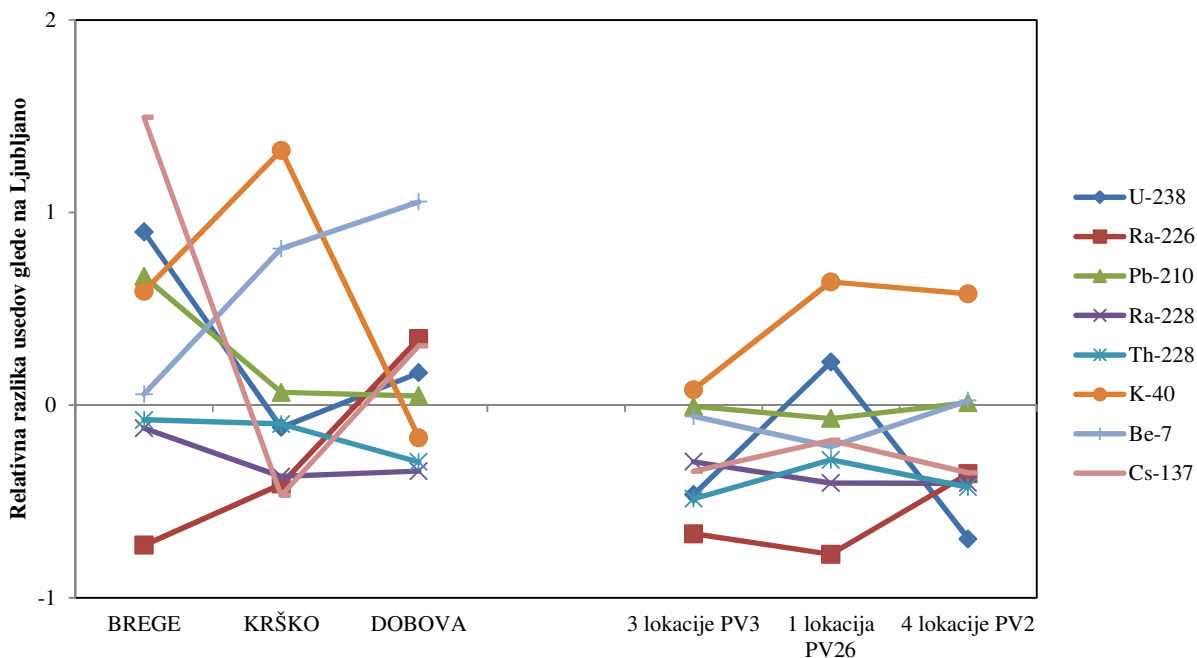
$$\text{relativna razlika} = \frac{\text{vrednost NEK} - \text{vrednost LJ}}{\text{vrednost LJ}} \quad (3.1)$$

Pozitivne vrednosti pomenijo, da so izmerjene vrednosti v okolici NEK večje od vrednosti v Ljubljani. Negativne vrednosti pa, ravno nasprotno, prikazujejo, da so v okolici NEK usedi manjši od ljubljanskih. Na večini vazelinskih plošč je bilo več usedov v Ljubljani, izjema je le K-40 in U-238 v daljni okolici NEK. V padavinskih usedih je bilo več radionuklidov zaznanih v okolici NEK kot v Ljubljani.

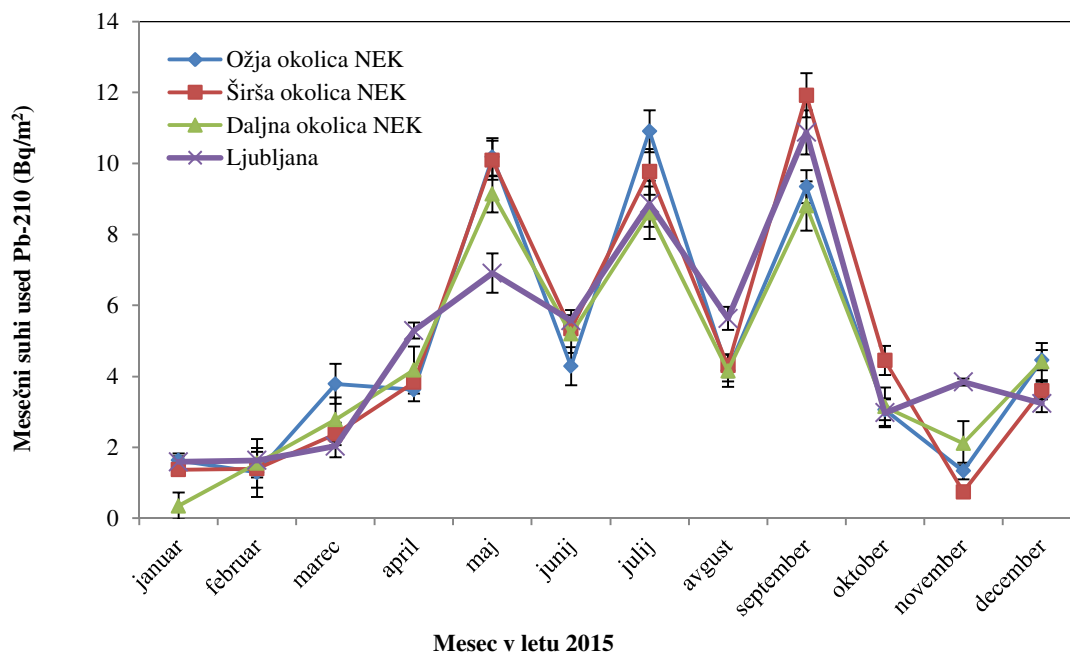
Čeprav k dozi največ prispeva Pb-210, si tokrat pogledajmo podatke o mesečnih suhih usedih za ta radionuklid. Prikazani so na sliki 3.10. Ugotovimo zelo podobne vrednosti in poteke za vse štiri lokacije. Največje vrednosti so bile izmerjene septembra na vseh vzorčevalnih mestih.



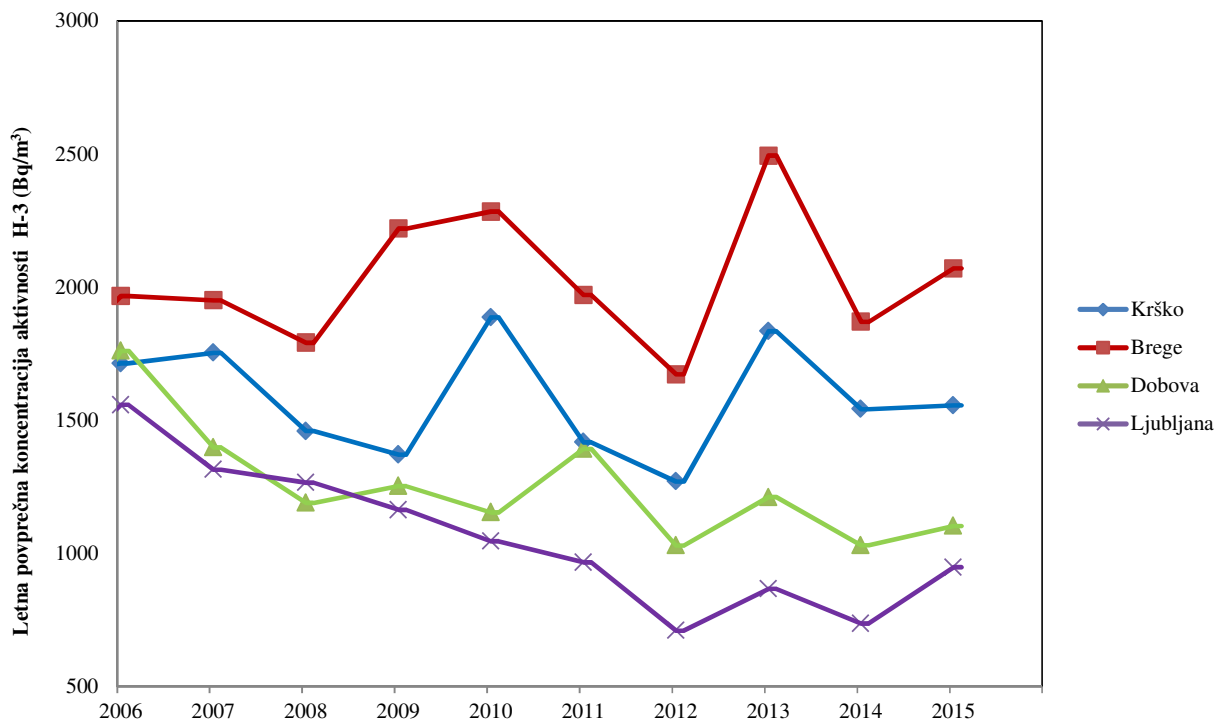
Slika 3.8: Padavinski used Cs-137 v letu 2015 v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani



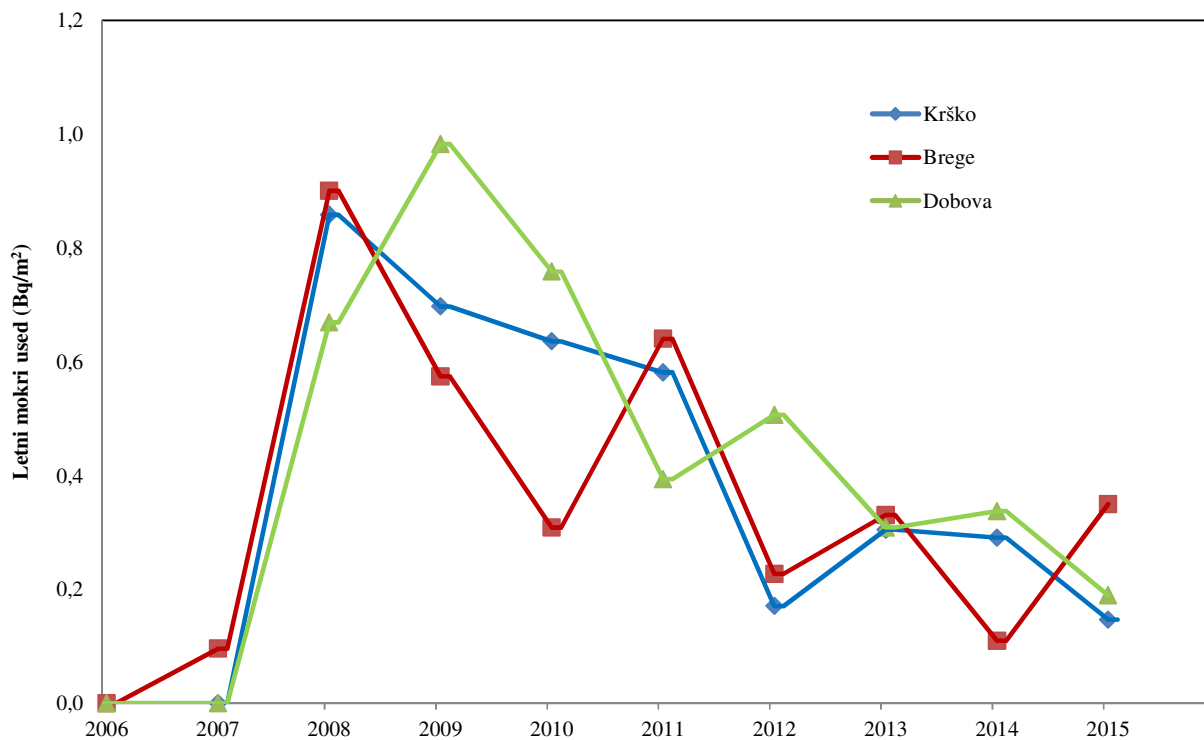
Slika 3.9: Letni usedi v padavinah, zbranih v lovilnikih deževnice (leva stran grafa) in na vazelinskih ploščah na različnih lokacijah okrog NEK (desna stran grafa) glede na Ljubljano v letu 2015. Na ordinatni osi je relativna razlika med vzorčevalnimi mesti v okolici NEK in Ljubljano, ki jo lahko vzamemo za referenčno točko, saj je bila količina padavin na vseh lokacijah podobna. PV3, PV2 in PV26 so oznake za vzorčevalna mesta za suhi used v ožji, širši in daljni okolici NEK.



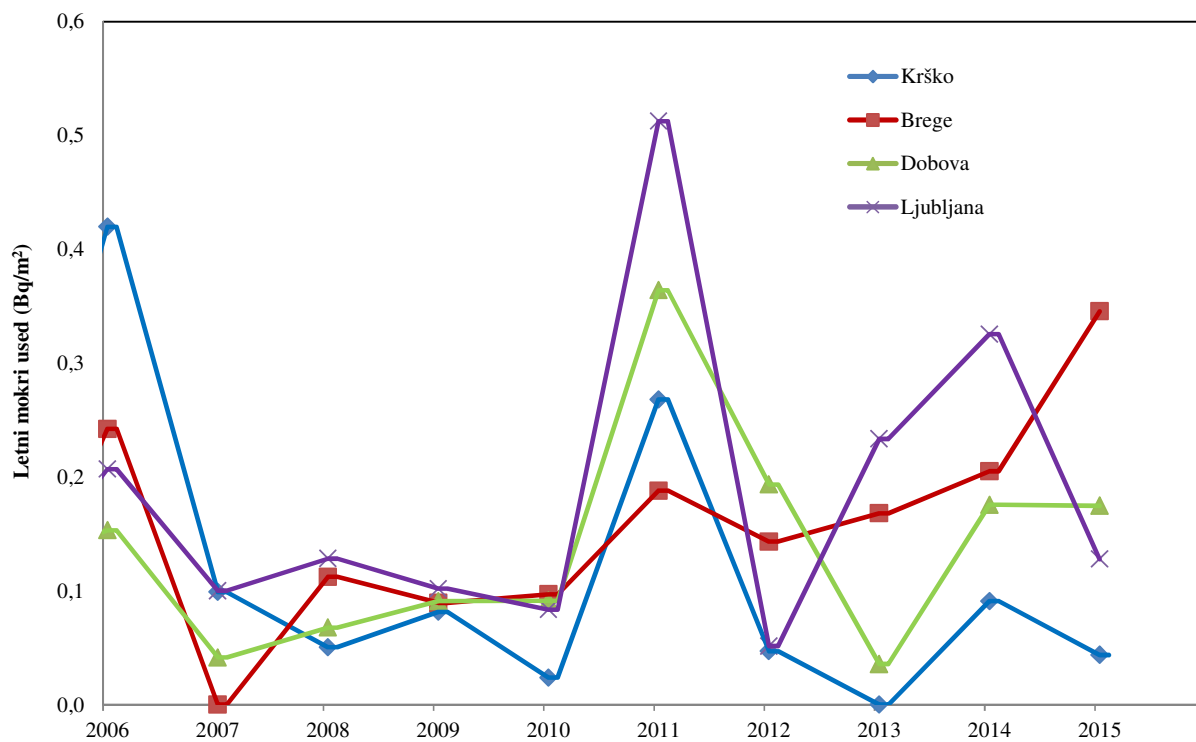
Slika 3.10: Mesečni suhi used Pb-210 v Ljubljani, v širši in ožji okolici NEK ter na vzorčevalnem mestu, ki je najdlje od NEK



Slika 3.11: Povprečje letnih koncentracij aktivnosti H-3 v padavinah za zadnje desetletje (2006–2015)



Slika 3.12: Letni padavinski used Sr-90 za zadnjih 10 let



Slika 3.13: Letni padavinski used Cs-137 za zadnjih 10 let



## DISKUSIJA

Desetletni niz povprečnih koncentracij aktivnosti za H-3 v padavinah je prikazan na sliki 3.11. Pri letu 2015 decembrska koncentracija ni upoštevana. Bila je namreč tudi sedemkrat višja od siceršnjega letnega povprečja, kar gre na račun izredno pičlih padavin. Polletna sezonska nihanja tritija v letnih povprečjih koncentracij aktivnosti seveda niso vidna, lepo pa se opazi še vedno padajoča smer v Ljubljani in Dobovi. To je pojav, značilen predvsem za severno zemeljsko poloblo in pomeni, da je v ozračju še vedno nekaj tako imenovanega bombnega tritija, antropogenega tritija iz obdobja nadzemnih jedrskih poskusov. Drugačen potek opazimo za Brege in Krško. Vrednosti za Brege so višje od krških, te pa so še vedno znatno višje od ljubljanskih, kar kaže na nezgrešljiv vpliv NEK na koncentracije aktivnosti tritija v neposredni bližini elektrarne. Sezonska nihanja tritija ponazarja tabela 3.2, kjer so nanizani smerni koeficienti korelacij in korelacijski koeficient med količino padavin in mesečnimi usedi. Precejšnje razlike med smernimi koeficienti za zimo in poletje potrjujejo različne načine vedenja oziroma mehanizme za nastanek in transport tritija iz ozračja na Zemljo v obliki padavin. Čim večji je smerni koeficient, tem več tritija iz ozračja preide v padavine in s tem v padavinski used. Poleti so ti koeficienti višji kot pozimi, kar pomeni, da je prenos tritija iz ozračja v padavinske usede učinkovitejši poleti kot pozimi. Smerni koeficienti so večji za vzorčevalna mesta, kjer tudi sicer govorimo o večjem vplivu NEK. Pearsonov korelacijski koeficient  $R^2$  kaže na to, da so tovrstne korelacije v Bregah in Krškem boljše kot v Ljubljani in pozimi v Dobovi.

Medtem ko je tritij praktično edini radionuklid, ki ga v okolici NEK lahko deloma pripišemo izpustom jedrske elektrarne, je stanje pri drugih radionuklidih nekoliko drugačno. Primerjava med usedi radionuklidov v Ljubljani in za lokacije v okolici NEK pokaže, da so v kar 60 % primerov vrednosti usedov v Ljubljani višje kot v okolici NEK.

**Tabela 3.2:** Korelacijski koeficienti  $R^2$  in smerni koeficienti korelacij za odvisnost pomladno – poletnih oziroma jesensko – zimskih padavinskih usedov tritija od količine padavin za leto 2015

	pomlad - poletje		jesen - zima	
	smerni koeficient	$R^2$	smerni koeficient	$R^2$
Ljubljana	1,10	0,74	0,89	0,77
Brege	2,46	0,96	1,77	0,86
Krško	2,36	0,96	1,18	0,98
Dobova	1,38	0,99	0,43	0,44

Slika 3.12 prikazuje letne padavinske usede Sr-90 na vseh treh lokacijah v okolici NEK med 2006 in 2015. Usedi so v letu 2015 nižji od 0,4 Bq/m<sup>2</sup>. Na sliki 3.13 je prikazan večletni potek letnih padavinskih usedov za Cs-137. V Krškem, Dobovi in Ljubljani je letni used Cs-137 napram letu 2015 padel. V Bregah se nadaljuje naraščajoči trend, ki traja že od leta 2007, z znatnejšim povišanjem v letu 2011 zaradi nesreče v Fukušimi.





## OCENA VPLIVOV

Oceno vplivov radioaktivnega useda ovrednotimo z efektivno dozo zaradi zunanjega sevanja radioaktivnih izotopov iz useda in z ingestijsko dozo. Efektivne doze zaradi zunanjega sevanja useda ocenimo s produktom letnega useda in doznega faktorja [5], [10] za posamezen radionuklid ob predpostavki štiriurnega zadrževanja na prostem. V tabeli 3.3 so povzete sumarne vrednosti zunanjih doz. K dozi največ prispeva kozmogeni Be-7, ki se s padavinami izpira iz ozračja, in sicer okrog 60 %. Efektivna doza zaradi zunanjega sevanja useda za umetne radionuklide v okolici NEK je bila v letu 2015 nekoliko nižja kot v letu 2014. Efektivna doza zaradi zunanjega sevanja useda umetnih radionuklidov prispeva v okolici NEK in v Ljubljani približno 0,5 % k celotni zunanji dozi, enako za vse starostne skupine. Umetni radionuklidi so torej pri računanju zunanjih doz v letu 2015 zaradi obseva zanemarljivi.

**Tabela 3.3:** Efektivne doze zaradi zunanjega sevanja useda v letu 2015 ob predpostavki zadrževanja na prostem 4 ure na dan (Ni primerljivo z oceno doze v poglavju *Zunanje sevanje*, saj tam ni upoštevano, da se prebivalec zadržuje 20 % časa na prostem in da je faktor ščitenja pri zadrževanju v hiši 0,1.)

Starostna skupina	Radionuklidi	Okolica NEK (povprečje lokacij)	Ljubljana
		doza/ $\mu$ Sv	
ODRASLI OTROCI DOJENČKI	UMETNI	0,000 3 $\pm$ 0,000 1	0,000 24 $\pm$ 0,000 08
	VSI	0,071 6 $\pm$ 0,0107	0,052 7 $\pm$ 0,002 3

**Tabela 3.4:** Ingestijske doze zaradi letnega padavinskega useda v letu 2015 za odrasle, otroke in dojenčke

Starostna skupina	Masa zaužitega rastlinja (kg)	Radionuklidi	Okolica NEK (povprečje lokacij)	Ljubljana
			doza/ $\mu$ Sv	
ODRASLI	25	UMETNI	0,015 $\pm$ 0,003	0,007 $\pm$ 0,001
		VSI	31 $\pm$ 5	25 $\pm$ 0,8
OTROCI	15	UMETNI	0,012 $\pm$ 0,002	0,005 3 $\pm$ 0,000 8
		VSI	52 $\pm$ 8	42 $\pm$ 1
DOJENČKI	2,5	UMETNI	0,037 $\pm$ 0,006	0,014 $\pm$ 0,002
		VSI	235 $\pm$ 37	191 $\pm$ 6



Efektivno ingestijsko dozo izračunamo s produktom koncentracije aktivnosti radionuklidov v masi 1 kg sveže rastline, ki jo zaužije človek, mase zaužitega rastlinja (25 kg za odraslo osebo, 15 kg za otroke in 2,5 kg za dojenčke) in doznega faktorja [5], [10], [46]. Pri tem se upošteva le used na zeleni del rastlin in posledični vnos radionuklidov v rastlino, medtem ko prevladujoči transport radionuklidov iz zemlje ni upoštevan. Ta je zajet v poglavju *Radionuklidi v hrani*. Pri izračunu nismo upoštevali, da vse rastlinje pred zaužitjem operemo ali olupimo in tako speremo tudi do 90 % vseh radionuklidov na površini. Iz tabele 3.4 je razvidno, da je efektivna ingestijska doza v letu 2015 za naravne in umetne radionuklide višja v okolici NEK. Ugotovitev velja za vse starostne skupine. K skupni ingestijski efektivni dozi tako v Ljubljani kot v okolici NEK največ prispeva Pb-210 (med 94 % in 99 %). Efektivna ingestijska doza zaradi umetnih radionuklidov k celotni efektivni ingestijski dozi za odraslo osebo prispeva v okolici NEK 0,05 %, v Ljubljani pa 0,03 %. Prispevek za otroka in dojenčka je še manjši. Umetni radionuklidi so torej pri računanju zunanjih doz v letu 2015 zaradi ingestije zanemarljivi. Vseeno je pri primerjavi za umetne radionuklide treba upoštevati, da se v padavinah v Ljubljani ne določa vsebnost Sr-90. Prispevek efektivne ingestijske doze zaradi Sr-90 k efektivni ingestijski dozi za umetne radionuklide v okolici NEK je 17 % za odraslo osebo, 26 % za otroka in 33 % za dojenčka.

## SKLEPI

V letu 2015 ni bilo večjih posebnosti glede radionuklidov v padavinah in suhih usedih, če seveda izvajamo december, ki je bil tako rekoč brez padavin. Decembrske koncentracije aktivnosti tako niso upoštevane pri izračunu letnih povprečij za potrebe te evalvacije, so pa vključene pri vseh padavinskih in suhih usedih. Različni radionuklidi se sicer zelo različno vedejo v ekstremnih razmerah, vseeno pa praviloma velja, da v zelo sušnih mesecih izmerimo sorazmerno visoke koncentracije aktivnosti: v najbolj deževnem mesecu ni niti eden radionuklid dosegel največje letne vrednosti, medtem ko je bilo v decembrskih vzorcih izmerjenih kar 11 od 23 letnih najvišjih izmerjenih koncentracij aktivnosti šestih radionuklidov na štirih lokacijah.

Tritij je še vedno edini radionuklid iz zračnih izpustov NEK, ki je neposredno zaznan v padavinah predvsem v Bregah in Krškem. Tritij sicer po splošno uporabljani metodologiji praktično ne vpliva k dozni obremenitvi. Prehod tritija iz ozračja v padavinske vzorce je učinkovitejši poleti kot pozimi. Neposredno korelacijo med tritijevimi izpusti in količinami tritija smo opazili predvsem za poletne mesece v Bregah. Stopnja korelacije je zelo pogojena z veliko parametri, zato pri mesečnih ali celo letnih povprečjih ni vedno opazna.

Med umetnimi radionuklidi sta bila v padavinah občasno določena Sr-90 in Cs-137. Tako povprečne kot najvišje koncentracije aktivnosti stroncija v padavinah so enakega reda velikosti kot v prejšnjem letu. Letna koncentracija aktivnosti za Cs-137 je v Bregah višja kot v Ljubljani, v Dobovi in Krškem pa nižja.

K efektivni dozi zaradi zunanjega sevanja useda in ingestijski dozi, računani za padavinske usede, prispevajo predvsem naravni radionuklidi. V letu 2015 so vse izračunane doze, vezane na padavine, nekoliko nižje kot v letu 2014. Obremenitev prebivalcev v okolici NEK in na referenčni točki v Ljubljani je primerljiva, vpliv NEK pa zanemarljiv.



## 4 ZRAK

### POVZETEK

V poglavju so predstavljeni in evalvirani rezultati meritev plinskih in aerosolnih vzorcev v okolju (imisije) ter aerosolnih filtrov na glavnem oddušniku NEK (emisije). Ocena vpliva na prebivalstvo po zračni prenosni poti je bila narejena na podlagi meritev zračnih izpustov in z uporabo Lagrangeevega modela. Lokacije vzorčevanja so bile v okviru rednega nadzora radioaktivnosti zraka v okolici NEK v letu 2015 enake kot prejšnja leta. Iz meritev ocenjene letne efektivne doze prebivalcev zaradi inhalacije in imerzije umetnih radionuklidov, ki so posledica izpustov iz NEK (0,9 nSv), so zanemarljive in več velikostnih redov nižje od letne efektivne doze, ki jo zaradi inhalacije povzročajo naravni radionuklidi (47  $\mu$ Sv). Modelna ocena daje oceno efektivne letne doze za odraslo osebo v naselju Spodnji Stari Grad 5,1 nSv, na ograji NEK pa 17 nSv. Modelna ocena zajema vse izpuščene radionuklide, medtem ko efektivna doza izračunana iz meritev v okolju upošteva le globalna kontaminanta Cs-137 in Sr-90. Pri dozah zaradi naravnih radionuklidov ne upoštevamo prispevka kratkoživih potomcev radona.

### UVOD

Zračni izpusti jedrske elektrarne imajo skupaj s tekočimi izpusti neposreden vpliv na okolje in ljudi, ki živijo v okolici takšnega objekta. Za nadzor zračnih izpustov opravljamo spektrometrške analize aerosolnih filtrov na izvoru (tik pred izpustom v okolje) ter aerosolnih in ogljenih filtrov v okolju (imisijske meritve). Izmerjene aktivnosti radionuklidov na izvoru so vhodni podatki za modelne izračune, s katerimi se napoveduje njihova porazdelitev in aktivnost radionuklidov v okolju. Pri oceni doz se uporabljajo sodobni modeli, ki najbolje upoštevajo meteorološke parametre, ravninsko geometrijo in druge značilnosti v okolici obravnavanega objekta. Modele lahko preverimo z neposrednimi meritvami v okolju. Neodvisni laboratoriji vzorčijo okoljske vzorce in tako preverjajo vpliv elektrarne na okolje in ljudi.

Vzorčevanje emisij je potekalo na glavnem oddušniku NEK, kjer se odzemajo vzorci za meritve joda, tritija (H-3), ogljika (C-14), aerosolov (aerosolni filtri v monitorju RM-24) ter opravljajo meritve žlahtnih plinov. Njihove koncentracije aktivnosti na izbranih lokacijah v okolici NEK se določajo z uporabo Lagrangeevega disperzijskega modela Spray [39], [40], [41], [42]. Meritve aerosolov in I-131 v okolju se izvajajo na osmih lokacijah v okolici NEK (Spodnji Stari Grad, Krško - Stara vas, Leskovec, Brege, Vihre, Gornji Lenart, Spodnja Libna in Dobova) na različnih oddaljenostih od glavnega izpuha NEK, kar omogoča spremljanje razširjanja zračnih efluentov v vseh smereh (jod I-131 se v Dobovi ne vzorčuje). Poudariti je treba, da so v okolici NEK pogoste spremembe smeri vetra, tudi večkrat na dan, hitrost vetra je nizka in da sta prevladujoči smeri vetra proti jugozahodu in proti jugovzhodu. Kontrolne meritve aerosolov so bile opravljene z vzorci, ki so bili pridobljeni z vzorčevanjem na lokaciji v Ljubljani.

Doze so izračunane na podlagi modelskih izračunov in izmerjenih koncentracij aktivnosti radionuklidov. Izračuni so narejeni tudi za lokacije, kjer so postavljene aerosolne črpalke. Metodologija računanja doz je predstavljena v postopku *Ocena sevalnih obremenitev (LMR-RP-01)*, izdaja 02, julij 2015.

Vzorčevanje in meritve radioaktivnosti zraka v okolici Nuklearne elektrarne Krško se izvaja v okviru obratovalnega nadzora radioaktivnosti. Tega mora v skladu s 124. členom *Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti* (ZVISJV, Ur. l. RS št. 102/2004, 60/2011) [8] zagotavljati upravljevec jedrskega objekta. Podobno kot spremljamo radioaktivnost v okolju v Sloveniji, jo spremljajo tudi v drugih državah članicah EU, saj to zahteva 35. člen pogodbe o ustanovitvi Evropske skupnosti za atomsko energijo [47].



## ZNAČILNOSTI VZORČEVANJA IN MERITEV

Vzorčevanje zračnih emisij in imisij je v letu 2015 potekalo na podoben način kot v preteklih letih, kar zagotavlja primerljivost z rezultati iz prejšnjih poročil oziroma evalvacij. Aerosole smo vzorčevali na osmih mestih v okolici NEK (slika 4.1): Spodnji Stari Grad – AE1 (1,5 km), Krško - Stara vas – AE2 (1,8 km), Leskovec – AE3 (3 km), Brege – AE4 (2,3 km), Vihre – AE5 (2,9 km), Gornji Lenart – AE6 (5,9 km), Spodnja Libna – AE7 (1,4 km) in Dobova – AE8 (12 km). Na istih mestih kot vzorčevanje aerosolov je potekalo vzorčevanje I-131 z izjemo lokacije v Dobovi. Vzorčevanje za specifično meritev Sr-90 se je izvajalo le v Dobovi. Kontrolne meritve aerosolov so bile opravljene z vzorci, ki so bili pridobljeni z vzorčevanjem na lokaciji v Ljubljani na dvorišču Instituta "Jožef Stefan" v okviru programa nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju v RS [14].

Vzorčevanje aerosolov je potekalo s kontinuirnim prečrpavanjem zraka skozi aerosolne filtre. Filtri se menjajo vsakih 15 dni, pri čemer se skozi filtre prečrpa najmanj 10 000 m<sup>3</sup> zraka mesečno. V Dobovi in na dvorišču IJS v Ljubljani je potekalo vzorčevanje z zračnimi črpalkami, ki skozi filtre mesečno prečrpajo od 100 000 m<sup>3</sup> do 150 000 m<sup>3</sup> zraka. Izotopska analiza aerosolov se izvaja na sestavljenih mesečnih vzorcih z visokoločljivostno spektrometrijo gama. Vzorčevanje in meritve vzorcev na vseh osmih mestih ter vzorčevanje in meritve v Ljubljani je opravil IJS.

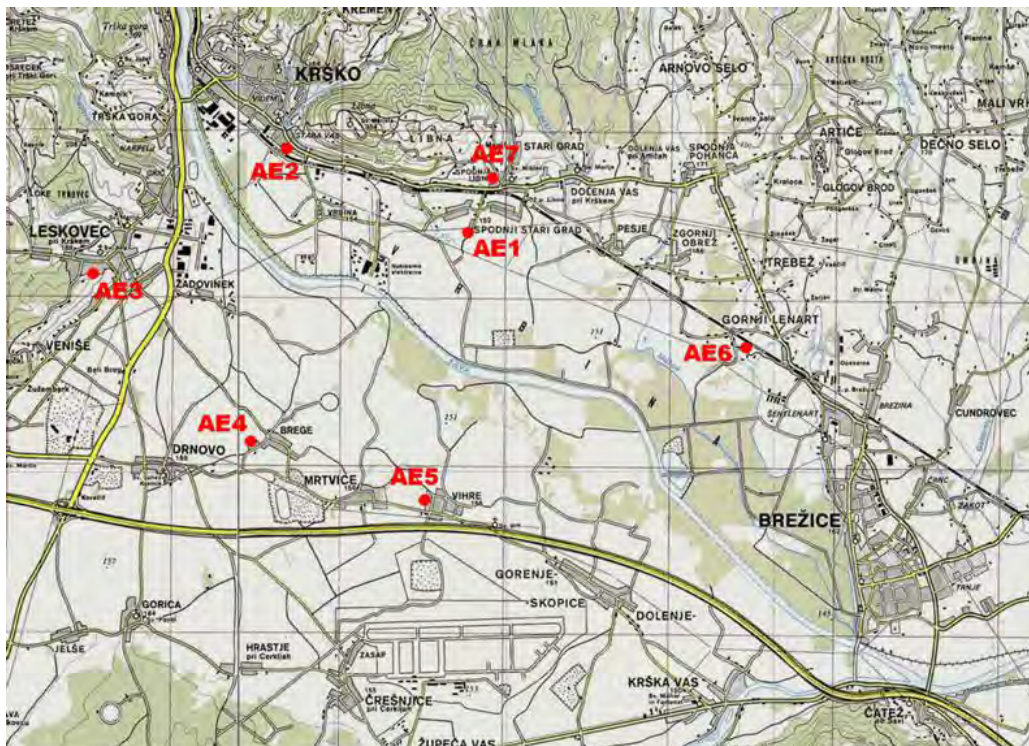
Zaradi specifičnih lastnosti I-131 in njegovih spojin je vzorčevanje I-131 potekalo ločeno s črpalkami z manjšim pretokom in s posebnimi filtri iz steklenih mikrovlaknen in aktivnega oglja, prepojenega s trietilendiaminom. Filtri zbirajo atomski in molekularni jod (I, I<sub>2</sub>), metiljodid (CH<sub>3</sub>I), HI, HOI in jod, vezan na aerosole. Črpanje je kontinuirno, filtri se menjajo vsakih 15 dni, pri čemer se skozi filtre prečrpa od 1 000 m<sup>3</sup> do 1 400 m<sup>3</sup> zraka. Specifična meritev adsorbiranega I-131 in izotopska analiza aerosolov se izvaja z visokoločljivostno spektrometrijo gama. Vzorčevanje in specifične meritve joda je opravil IJS.

Na sliki 4.2 prikazujemo kombinirano zračno črpalko, na katero sta priključena ločena filtra, na katerih poteka paralelno ločeno vzorčevanje jodovih in aerosolnih vzorcev.

Vzorčevanje emisij NEK se opravlja na glavnem oddušniku z odvzemom reprezentativnega vzorca, ki se črpa skozi več merilnikov sevanja in vrača v oddušnik. Posebej se vzorčujejo tritij (H-3), ogljik (C-14), Sr-90 (za specifične analize s scintilacijskim spektrometrom beta) ter aerosoli za izotopsko analizo sevalcev s spektrometrijo gama preko aerosolnih filtrov v monitorju RM-24. Meritev žlahtnih plinov poteka kontinuirno v posebnem merilnem zbiralniku. Vzorčevanje in specifične analize tritija (H-3) in ogljika (C-14) je opravil IJS, meritve vzorcev filtrov za vzorčevanje aerosolov na oddušniku pa NEK in IJS. NEK je opravil tudi meritve emisij joda ter žlahtnih plinov.

## REZULTATI MERITEV

Rezultate imisijskih meritev aerosolov na lokacijah na krško-brežiškem polju prikazujemo v tabelah od T-44 (Spodnji Stari Grad), T-45 (Krško – Stara Vas), T-46 (Leskovec), T-47 (Brege), T-48 (Vihre), T-49 (Gornji Lenart), T-50 (Libna) in T-51 (Dobova). V tabeli T-52 so prikazani rezultati meritev v Ljubljani, na dvorišču IJS, ki so vzeti iz programa nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju v RS v letu 2015 [N5]. Imisijske meritve ogleh filtrov, na katere se ulovijo plinasti izpusti I-131, so prikazane v tabeli T-43. Tabele z merskimi rezultati so na priloženi zgoščenci v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2015*, IJS-DP-12058, marec 2016. V tabelah so rezultati meritev podani z neposrednimi merskimi rezultati in njihovimi negotovostmi. Srednjo vrednost rezultatov meritev v tem letu imenujemo mesečno povprečje, aritmetično povprečje, včasih pa tudi samo povprečje. Števila za znakom "±" so apriorna negotovost povprečja, medtem ko so števila za znakom ";" aposteriorna negotovost povprečja. V nekaterih primerih so števila za znakom ";" tudi stresanje podatkov ali standardna deviacija. Pojmi so ustrezno pojasnjeni v *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2015*, IJS-DP-12058. Pokaže se, da letno dozo lahko izračunamo iz danega mesečnega, četrletnega ali polletnega aritmetičnega povprečja ob predpostavki, da je vnos hrane, vode ali zraka v telo in organizem človeka konstanten skozi celo leto. Pri obravnavi merskih rezultatov se lahko uporablja tudi uteženo povprečje, kar je ustrezno napisano.



**Slika 4.1:** Načrt okolice NE Krško z vrisanimi lokacijami zračnih črpalk



**Slika 4.2:** Kombinirana zračna črpalka IJS na lokaciji Spodnji Stari Grad. Gre za tipsko črpalko, ki je tudi na drugih lokacijah v okolici NEK. V letu 2015 je bilo izvedeno prvo ocenjevanje hrupa merilne naprave, ki jo je izvedlo podjetje Epi Spektrum varstvo okolja, informacijski sistemi in storitve, d. o. o. Na podlagi meritev hrupa in modelnega izračuna je bilo ocenjeno, da obremenitev s hrupom zaradi obratovanja vzorčevalnika zraka pri najbližjih stavbah z varovanimi prostori ne presega mejnih vrednosti za vir hrupa in mejnih koničnih vrednosti kazalcev hrupa za obrat ali napravo.



V letu 2015 je bil remont v NEK od 11. 4. 2015 do 17. 5. 2015, ko se je začel 28. gorivni cikel. V času, ko v NEK poteka remont, so navadno izpusti večji kot med rednim obratovanjem, kar velja za izpuste tritija (H-3), ogljika (C-14), joda in žlahtnih plinov. Iz podatkov o meritvah vsebnosti plinov v izpuhu NEK, ki sta jih opravila NEK in IJS, ter iz podatka o nominalnem dnevnem izpuhu skozi oddušnik ( $47 \text{ m}^3/\text{s}$  oziroma  $4\,059\,000 \text{ m}^3$  na dan) so bile določene mesečne in letne emisije posameznih radionuklidov (tabela 4.1). Podatki so vzeti iz programa meritev plinastih efluentov (izvajalec IJS) [7] in podatkov o meritvah filtrov RM24 na izvoru, ki jih je posredoval NEK [6].

**Tabela 4.1:** Zračni izpusti iz dimnika NEK na višini 60 m

	<b>Izotop</b>	<b>Letni izpust (Bq)</b>
<b>Pare, plini (inhalacija)</b>	I-131	2,0E+08
	I-132	5,5E+08
	I-133	1,8E+07
	I-135	-
	HTO	5,4E+12
	HT + CHT	1,5E+11
	C-14 v CO <sub>2</sub>	6,8E+10
	C-14 v CH <sub>4</sub>	1,1E+10
<b>Aerosoli (inhalacija)</b>	Mn-54	2,7E+03
	Co-57	-
	Co-58	4,2E+03
	Co-60	2,0E+04
	Nb-95	-
	Ru-103	2,9E+05
	Ag-110m	-
	Sb-125	-
	Te-125m	-
	Te-127m	-
	Cs-137	1,1E+06
	Fe-55	1,4E+04
	Sr-90	1,5E+03
	Se-75	2,0E+05
<b>Žlahtni plini (imerzija)</b>	Xe-131m	8,6E+11
	Xe-133	2,6E+12
	Xe-133m	3,7E+10
	Xe-135	1,3E+11
	Xe-135m	9,8E+09
	Ar-41	1,0E+10
	Kr-85	6,6E+10
	Kr-85m	-
<b>Inhalacija – skupna izpuščena aktivnost</b>		<b>5,6E+12</b>
<b>Imerzija – skupna izpuščena aktivnost</b>		<b>3,7E+12</b>
<b>Skupna izpuščena aktivnost</b>		<b>9,4E+12</b>





V tabeli 4.1 so pri aerosolih predstavljene višje vrednosti enega od izvajalcev, o aktivnosti žlahtnih plinov pa poroča le NEK. Pri tem je potrebno povedati, da se pri poročanju merskih rezultatov v bližini naravne limite uporablja priporočilo evropske komisije [44], ki določa, da se poroča četrtna meje detekcije določenega radionuklida za vsak mesec, če je le ta bil vsaj enkrat detektiran v letu. Takšen način poročanja lahko pomeni, da je letna izpuščena aktivnost precenjena. V letu 2015 se je izkazalo, da je izpust Cs-137 precenjen za 72 %, Ru-103 za 42 %, Xe-131m za 59 %, itd. Posledično sta tudi ocenjeni učinkoviti dozi zaradi vdihavanja in zunanjšega sevanja žlahtnih plinov precenjeni do 5%. Pomanjkljivost tovrstnega poročanja je tudi s stališča metrologije, saj se izgubi informacija o negotovosti rezultatov meritev in letne vsote [43].

Iz tabele 4.1 je razvidno, da skozi dimnik uhaja največ tritija v obliki vodne pare (HTO). Izkaže se, da je to glavni prispevek k modelski oceni učinkovite doze zaradi vdihavanja na izbranih lokacijah v okolici NEK (tabela 4.5). Znatne so tudi izpuščene aktivnosti žlahtnih plinov, vendar pa je modelska ocena učinkovite doze zaradi zunanjšega sevanja red velikosti nižja od učinkovite doze zaradi vdihavanja, izračunane na lokacijah v okolici NEK (tabela 4.6).

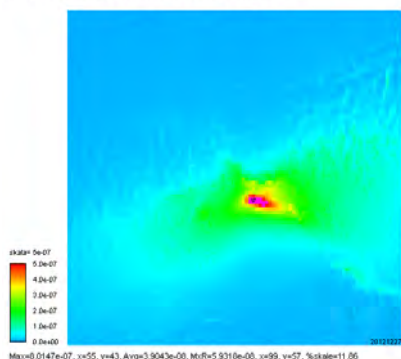
Modeliranje širjenja emitiranih snovi v zraku je postopek, s katerim z ustreznimi modeli, realiziranimi v obliki programske opreme, ocenimo koncentracije emitirane snovi v zunanjem zraku. Z modelom izračunamo razredčitvene koeficiente ( $\chi/Q$ ) z enoto  $s/m^3$ . Razredčitveni koeficient je normirano merilo za redčenje v ozračju in nam pove, kolikšna je koncentracija emitirane snovi v obravnavani točki okolja, če je emisija enotska (enaka 1 Bq/s). Razredčitveni koeficient se za podano mrežo celic nad obravnavano domeno (okolica NEK) izračuna za vsak polurni interval v obravnavanem letu posebej. Časovno povprečenje razredčitvenega koeficienta pa se izvrši nad vsako celico posebej. Metodologija privzema, da je emisija v obravnavanih intervalih za povprečenje konstantna.

**Tabela 4.2:** Razredčitveni koeficienti ( $\chi/Q$ )/(s/m<sup>3</sup>) v letu 2015 za naselja v okolici NEK, ki jih je pripravilo podjetje MEIS storitve za okolje, d. o. o., z uporabo Lagrangeevega modela

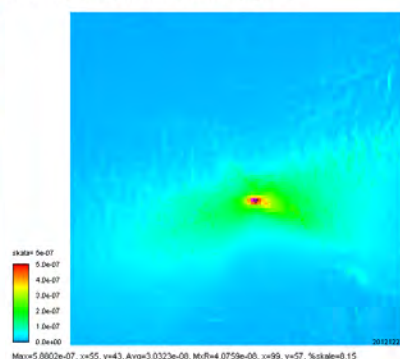
2015	Spodnji Stari Grad	Vrbina	Brežice	Vihre	Mrtvice	Brege	Žadovinek	Leskovec	Krško - Stara vas	Pesje	Dobova	Ograja NEK
januar	1,2E-07	8,0E-08	1,7E-08	1,8E-08	2,3E-08	6,3E-08	1,1E-07	1,1E-07	6,2E-08	1,1E-07	9,2E-09	1,1E-07
februar	1,1E-07	1,4E-07	2,5E-08	2,3E-08	3,1E-08	6,3E-08	1,1E-07	1,1E-07	7,7E-08	8,8E-08	1,1E-08	1,7E-07
marec	8,1E-08	8,2E-08	5,1E-08	2,0E-08	2,3E-08	4,3E-08	7,0E-08	6,0E-08	4,6E-08	7,0E-08	3,2E-08	9,2E-08
april	1,4E-07	1,3E-07	3,0E-08	2,1E-08	3,1E-08	4,0E-08	5,9E-08	7,9E-08	7,9E-08	1,1E-07	1,8E-08	1,0E-07
maj	1,2E-07	2,0E-07	2,9E-08	2,0E-08	2,3E-08	5,9E-08	1,2E-07	8,8E-08	6,7E-08	1,2E-07	1,2E-08	3,1E-07
junij	1,8E-07	4,4E-07	9,5E-08	1,0E-07	1,1E-07	1,5E-07	2,2E-07	1,5E-07	1,2E-07	1,3E-07	3,7E-08	6,0E-07
julij	1,7E-07	5,4E-07	1,0E-07	1,6E-07	2,4E-07	2,4E-07	3,4E-07	1,7E-07	1,1E-07	1,5E-07	3,0E-08	1,6E-06
avgust	1,0E-07	3,4E-07	9,3E-08	2,2E-07	1,9E-07	1,4E-07	2,0E-07	8,9E-08	8,3E-08	1,3E-07	3,4E-08	1,5E-06
september	1,9E-07	2,0E-07	7,9E-08	1,0E-07	1,1E-07	2,3E-07	2,7E-07	1,0E-07	8,5E-08	1,1E-07	2,8E-08	3,1E-07
oktober	1,6E-07	2,6E-07	9,5E-08	9,7E-08	1,4E-07	2,2E-07	3,8E-07	2,5E-07	1,4E-07	1,3E-07	3,6E-08	2,4E-07
november	1,5E-07	1,3E-07	1,1E-07	9,1E-08	8,2E-08	1,3E-07	1,8E-07	1,0E-07	6,1E-08	2,5E-07	5,0E-08	1,9E-07
december	6,9E-08	2,8E-08	3,9E-08	1,0E-08	1,6E-08	2,9E-08	4,2E-08	1,2E-07	2,5E-08	1,0E-07	3,3E-08	3,9E-08



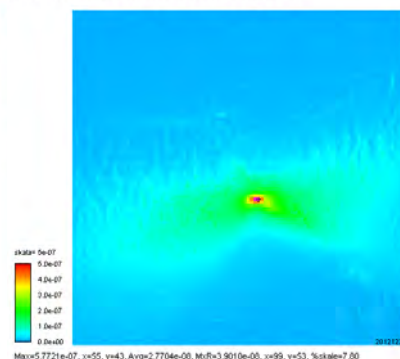
01-01-08, 00:00, NEK LGM, Letni, X/Q, Povp.



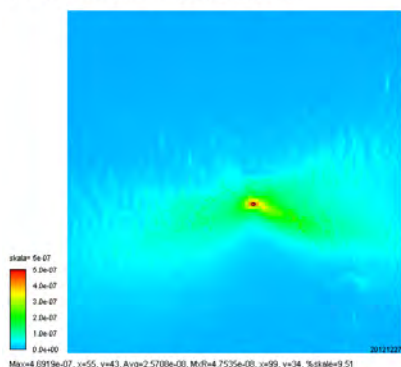
01-01-09, 00:00, NEK LGM, Letni, X/Q, Povp.



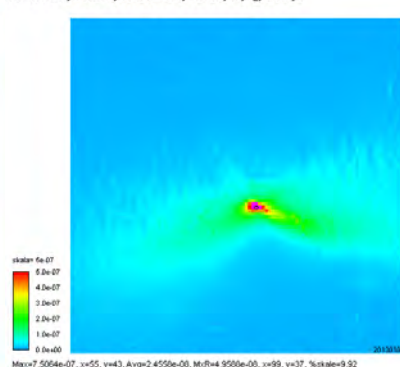
01-01-10, 00:00, NEK LGM, Letni, X/Q, Povp.



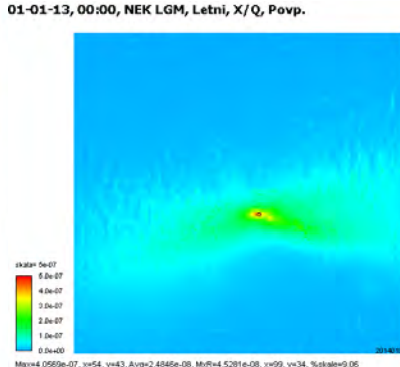
01-01-11, 00:00, NEK LGM, Letni, X/Q, Povp.



01-01-12, 00:00, NEK LGM, Letni, X/Q, Povp.



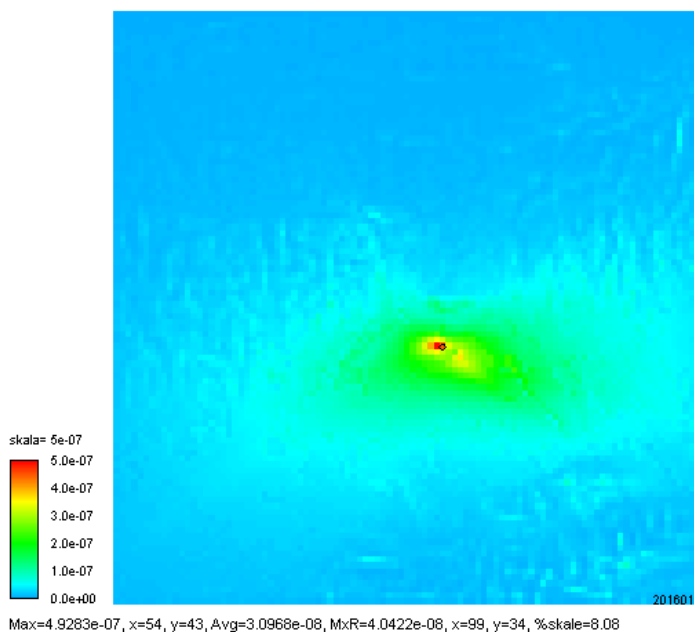
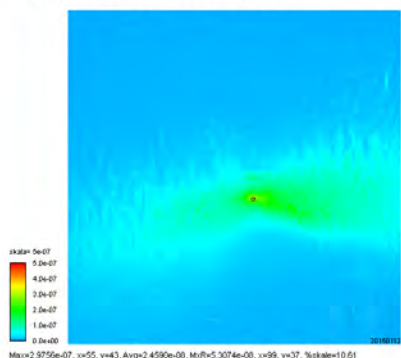
01-01-13, 00:00, NEK LGM, Letni, X/Q, Povp.



a) Leta od 2008 do 2013

01-01-15, 00:00, NEK LGM, Letni, X/Q, Povp.

01-01-14, 00:00, NEK LGM, Letni, X/Q, Povp.



b) Leti 2014 in 2015

**Slika 4.3:** Povprečni letni razredčitveni koeficienti ( $\chi/Q$ ) z enoto  $s/m^3$ , izračunani po Lagrangeevem modelu za izpust z višine 60 m za okolico NEK za leta 2008–2013 (na zgornjih slikah) in za leta 2014 in 2015 (na spodnjih dveh slikah).

Podatke je posredoval MEIS storitve za okolje, d. o. o.





Za zahtevne razmere, kakršne nastopajo v okolici NE Krško, od 2007 dalje uporabljamo Lagrangeev model širjenja emitiranih snovi v zraku, saj ta upošteva konfiguracijo tal in dejanske meteorološke razmere. Prav tako se upošteva izpust na višini 60 m. Pred letom 2007 smo za opis širjenja izpuščenih snovi v ozračju uporabljali le Gaussov model, ki je upošteval izpust pri tleh. Ugotavljamo, da primerjava med rezultati, obdelanimi z Gaussovimi modelom pred letom 2007 in Lagrangeevim modelom po letu 2007, ni primerljiva. Oba modela in razlike med njima smo podrobno opisali v poročilu za leto 2007.

Na sliki 4.3 so predstavljeni mesečni razredčitveni koeficienti ( $\chi/Q$ ) v enotah  $s/m^3$  za izpust z višine 60 m za okolico elektrarne. Porazdelitev je narejena na osnovi izračunanih mesečnih koeficientov  $\chi/Q$ . Podatke je posredoval MEIS storitve za okolje, d. o. o. Prikazani so koeficienti za leto 2015 (spodnja slika) in za primerjavo še iz prejšnjih let od 2008 dalje. S slike 4.3 je razvidno, da sta prevladujoči smeri, v katerih se v povprečju gibljejo izpusti NEK, proti jugozahodu in proti jugovzhodu.

**Tabela 4.3:** Primerjava večletnih povprečij izmerjenih mesečnih koncentracij aktivnosti Cs-137 v aerosolih v okviru nadzorov radioaktivnosti v okolici NEK in v Republiki Sloveniji s podatki za leto 2015

Lokacija	od 2005 do 2014	2015
	Koncentracija aktivnosti (Bq/m <sup>3</sup> )	
Spodnji Stari Grad	1,8E-06 ± 1E-07	1,7E-06 ± 3E-07
Stara vas	1,9E-06 ± 1E-07	1,6E-06 ± 4E-07
Leskovec	1,9E-06 ± 1E-07	1,7E-06 ± 4E-07
Brege	2,6E-06 ± 1E-07	1,6E-06 ± 4E-07
Vihre	1,9E-06 ± 1E-07	9,4E-07 ± 2E-07
Gornji Lenart	1,7E-06 ± 1E-07	9,6E-07 ± 3E-07
Spodnja Libna	1,5E-06 ± 1E-07	9,6E-07 ± 3E-07
Dobova	1,6E-06 ± 1E-07	1,4E-06 ± 1E-07
Povprečje NEK	1,3E-06 ± 2E-08	1,3E-06 ± 1E-07
Ljubljana	1,9E-06 ± 5E-08	2,4E-06 ± 9E-08
Jareninski vrh	-	2,0E-06 ± 2E-07
Predmeja	-	2,0E-06 ± 2,6E-07

**Tabela 4.4:** Primerjava povprečij izmerjenih mesečnih koncentracij aktivnosti radionuklidov v aerosolih v okviru nadzorov radioaktivnosti v okolici NEK in v Republiki Sloveniji za leto 2015

Vzorčevalno mesto	JARENINSKI VRH*	PREDMEJA*	LJUBLJANA	POVPREČJE KRAJEV V OKOLICI NEK
IZOTOP	Koncentracija aktivnost (Bq/m <sup>3</sup> )			
U-238	4,0E-06 ± 1E-06	5,3E-06 ± 3E-06	1,8E-06 ± 9E-07	1,3E-05 ± 2E-06
Ra-226	4,7E-06 ± 4E-07	8,2E-06 ± 6E-07	2,3E-06 ± 3E-06	1,3E-06 ± 1E-06
Pb-210	9,0E-04 ± 5E-05	5,4E-04 ± 5E-05	8,6E-04 ± 1E-05	8,0E-04 ± 4E-05
Ra-228	1,6E-06 ± 4E-07	3,2E-06 ± 2E-01	8,6E-07 ± 3E-07	6,3E-06 ± 8E-07
Th-230				2,8E-06 ± 2E-06
Th-228	4,4E-06 ± 7E-07	5,9E-06 ± 1E-06	2,8E-06 ± 1E-07	6,7E-06 ± 7E-07
K-40	3,0E-04 ± 1E-05	4,2E-04 ± 2E-05	1,5E-05 ± 2E-05	1,8E-06 ± 2E-06
Be-7	4,0E-03 ± 2E-04	4,4E-03 ± 2E-04	4,4E-03 ± 7E-05	3,8E-03 ± 2E-04
I-131				
Cs-134				
Cs-137	2,0E-06 ± 2E-07	2,0E-06 ± 3E-07	2,4E-06 ± 9E-08	1,3E-06 ± 1E-07
Sr-90	Meritev ni v programu	Meritev ni v programu	Meritev ni v programu	3,0E-07 ± 2E-07

\* Rezultati iz programa nadzora radioaktivnost v življenjskem okolju Republike Slovenije

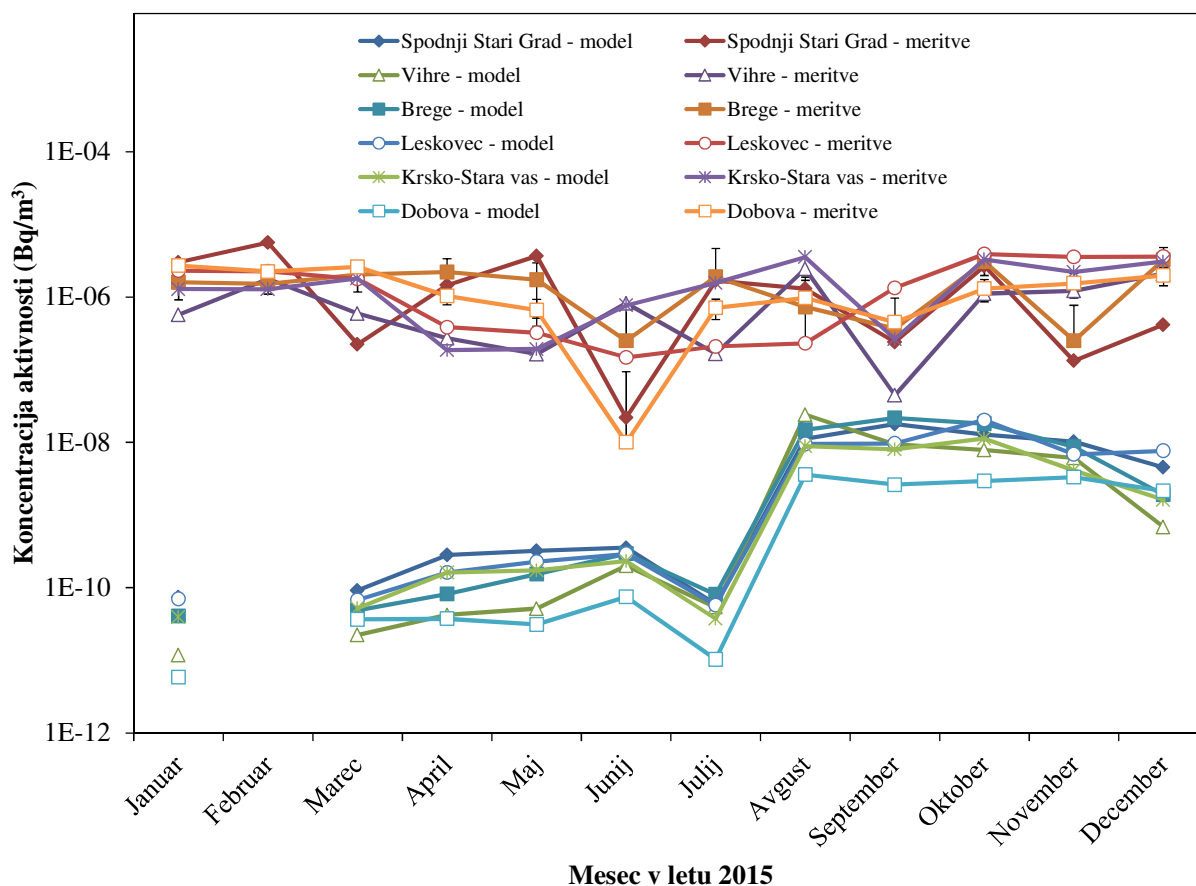


Iz podatkov o meritvah mesečnih emisij posameznih radionuklidov (tabela 4.1) ter iz izračunanih mesečnih razredčitvenih koeficientov  $(\chi/Q)$  (tabela 4.2), so bile izračunane koncentracije aktivnosti posameznih radionuklidov po mesecih  $a_{jl}$  na lokaciji  $l$ :

$$a_{jl, \text{mes}} = a_{js, \text{mes}} \cdot \Phi_v \cdot (\chi/Q)_l \quad (4.1)$$

Tu je  $a_{js}$  mesečna koncentracija aktivnosti radionuklida  $j$  na točki izpusta,  $\Phi_v$  pretok oziroma hitrost izpusta v enotah  $\text{m}^3/\text{s}$  ter  $(\chi/Q)_l$  razredčitveni faktor na lokaciji  $l$  v enotah  $\text{s}/\text{m}^3$ .

Izmed umetnih radionuklidov sta bila v letu 2015 v aerosolih, zbranih na filtrih zračnih črpalk, zaznana Cs-137 in Sr-90. Prisotnost Cs-137 in Sr-90 v okolju je posledica globalne kontaminacije, medtem ko je prispevek NEK nemerljiv glede na modelne ocene. Izmerjene povprečne koncentracije aktivnosti Cs-137 na posameznih merilnih mestih v okolici NEK v letu 2015, v Ljubljani in lokacijah v okviru nadzora radioaktivnosti v Republiki Sloveniji so prikazane v tabeli 4.3. Za primerjavo so prikazana tudi večletna povprečja za posamezno lokacijo, razen za Jareninski vrh in Predmejo. Meritve aerosolov v okviru republiškega programa potekajo na lokacijah v Ljubljani (Institut "Jožef Stefan"), v Predmeji in na Jareninskem vrhu (ZVD Zavod za varstvo pri delu) [13]). Iz tabele 4.4 lahko razberemo, da so bile povprečne koncentracije aktivnosti Cs-137 na lokacijah v okolici NEK v letu 2015 nižje od dolgoletnih povprečij. Povprečje po vseh lokacijah za leto 2015 je dvakrat nižje kot drugod po Sloveniji v letu 2015. Večletno povprečje v Bregah je višje od drugih lokacij v okolici NEK, vendar še vedno primerljivo z vrednostmi v Ljubljani in drugod po Sloveniji. Anomalijo lahko pripišemo okoljskim posebnostim na tej lokaciji.



**Slika 4.4:** Primerjava izračunanih in izmerjenih mesečnih koncentracij aktivnosti Cs-137 v različno oddaljenih naseljih



Na sliki 4.4 prikazujemo izračunane in izmerjene mesečne koncentracije aktivnosti Cs-137 za lokacije: Spodnji Stari Grad, Vihre, Brege, Krško – Stara vas Leskovec in Dobova. Iz predstavljenih podatkov na sliki 4.4 je razvidno, da so koncentracije aktivnosti Cs-137, izračunane iz enačbe (4.1), tudi v primeru najvišje izračunane mesečne koncentracije več velikostnih razredov nižje od izmerjenih vrednosti v okolju. Ordinatna os je logaritemska. Iz tega lahko sklenemo, da izmerjene mesečne koncentracije Cs-137, nekaj  $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ , na aerosolnih filterih v okolici NEK niso posledica izpustov iz NEK, temveč posledica splošne onesnaženosti okolja zaradi černobilske nesreče in poskusnih jedrskih eksplozij v 50. in 60. letih dvajsetega stoletja ter v manjši meri nesreče v Fukušimi. Zato je za oceno prispevka NEK k dozi smiselno upoštevati le vrednosti, dobljene z modelnimi izračuni (enačba (4.1)).

V dosedanjih poročilih prejšnjih let smo privzeli hipotezo, da so izmerjene koncentracije aktivnosti Cs-137 na filterih vzorčevalnih črpalk posledica resuspenzije Cs-137 iz zemlje. Iz literature ([48], [49], [1]) lahko sklenemo, da je prispevek h koncentraciji aktivnosti Cs-137 v zraku v hladnih mesecih v veliki meri posledica uporabe trdih goriv (predvsem lesa, briketov in peletov). V toplih mesecih pa je prispevek manj izrazit in je najverjetneje posledica več dejavnikov, v največji meri zaradi resuspenzije s tal in lebdenja delcev v ozračju ter v manjši meri zaradi prometa in industrije.

Kljub najvišji letni izpuščeni aktivnosti I-131 v zadnjih desetih letih, 0,2 GBq, ta kratkoživi radionuklid v letu 2015 ni bil detektiran na nobenem od sedmih merilnih mest v okolici NEK, kjer so postavljene kombinirane črpalke, in v Ljubljani.

Meritve stroncija Sr-90 v okolju se izvajajo le v Dobovi, in še to na trimesečnih sestavljenih vzorcih. Povprečna koncentracija aktivnosti v letu je bila  $0,35 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ , pri čemer je bila pri treh meritvah pod mejo detekcije. Večletno povprečje koncentracije aktivnosti za Sr-90 je  $0,7 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ . Izotop Sr-89 v letu 2015 ni bil detektiran v zračnih izpustih NEK.

Rezultati meritev naravnih radionuklidov v aerosolih v okolju na posameznih mestih ne kažejo ujemanja (tabela 4.4). Pri Be-7 in Pb-210 je ujemanje v okviru negotovosti povprečja dobro. Povprečna koncentracija aktivnosti Be-7 v letu 2015 v okolici NEK je bila  $3\,800 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ , Pb-210 pa  $800 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ . V Ljubljani sta bili povprečni koncentraciji  $4\,400 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$  in  $860 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ . Za kozmogeni Be-7 ugotavljamo, da je bila v okviru negotovosti povprečij na vseh vzorčevalnih mestih v okolici NEK, Jareninskem vrhu, Predmeji in v Ljubljani izmerjena enaka vrednost. Podobna ugotovitev velja tudi za Pb-210, z izjemo Predmeje. Tak rezultat za Be-7 in Pb-210 je pričakovan predvsem za lokacije s podobnim padavinskim režimom in posledičnega izpiranja aerosolov iz ozračja. Letna količina padavin v okolici NEK in Ljubljani je bila v letu 2015 primerljiva (glej poglavje *Padavinski in suhi usedi*), saj je bila razlika med Bregami in Ljubljano samo okrog 6 %, kar je najmanj v zadnjih 20 letih.

Pri drugih naravnih radionuklidih so razlike med posameznimi merilnimi mesti v okolici NEK, Ljubljano in drugimi lokacijami po Sloveniji večje (tabela 4.4). Neujemanje lahko pripišemo različni sestavi tal, bližini obdelovalnih polj, neupoštevanju ekshalacije radona pri meritvah Ra-226 za vzorce iz Predmeje in Jareninskega vrha ter uporabi zračnih črpalk z različnimi pretoki. Meritve koncentracije aktivnosti radionuklidov v aerosolih v Ljubljani so najbolj natančne, zato se v primerjavah uporabljajo kot referenčne. Ob primerjavi vrednosti z lokacij v okolici NEK in v Ljubljani je treba upoštevati, da zračna črpalka na vzorčevalnem mestu v Ljubljani prečrpa približno desetkrat več zraka kot črpalke v okolici NEK, kar zniža mejo detekcije, razen v Dobovi, kjer je črpalka enaka kot v Ljubljani. Ob upoštevanju teh dejstev lahko sklenemo, da so vrednosti naravnih radionuklidov v zraku v okolici NEK podobne tistim, ki jih izmerimo v okviru nadzornih meritev radioaktivnosti v Republiki Sloveniji [12].

Izvajalec meritev od leta 2008 dalje med izmerjenimi radionuklidi v okolju poroča tudi o Na-22, tega leta je namreč povečal občutljivost meritev. Podobno kot Be-7, je Na-22 kozmogeni radionuklid, njegove koncentracije pa so navadno več 1 000-krat nižje od koncentracij Be-7. V letu 2015 je bila povprečna koncentracija aktivnosti Na-22  $0,09 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ . Radionuklid je bil občasno zaznan tudi v preteklih letih, a se vrednosti v tabelah niso navajale.



## DISKUSIJA

Namen spremljanja radioaktivnosti v vzorcih zraka je ocena doz, ki jih prejmejo prebivalci, ki živijo v okolici NEK. Človek z vdihavanjem zraka vnese v telo določeno količino radionuklidov, ki so v zraku. Radionuklidi se lahko nato iz pljuč razširjajo v druge dele telesa in poleg pljuč povzročajo tudi delno obsevanost drugih organov človeka. Prejeta doza je odvisna od koncentracije aktivnosti posameznih radionuklidov v zraku, vrste radionuklidov in hitrosti dihanja. Efektivna doza  $E_{l,inh,mes}(g)$ , ki jo prejme posameznik v starostni skupini prebivalstva  $g$  v enem mesecu na lokaciji  $l$ , se ugotavlja kot vsota vseh prispevkov zaradi vnosa različnih radionuklidov z vdihavanjem:

$$E_{l,inh,mes}(g) = \sum_j h(g)_{j,inh} A_{j,l,inh,mes} \quad (4.2)$$

pri čemer je  $h(g)_{j,inh}$  predvidena efektivna doza na enoto vnosa  $j$ -tega radionuklida zaradi vdihavanja, izražena v Sv/Bq, in  $A_{j,l,inh,mes}$  posamezni mesečni vnos  $j$ -tega radionuklida z vdihavanjem, izražen v Bq.

V našem primeru mesečni vnos  $j$ -tega radionuklida  $A_{j,l,inh,mes}$  izračunamo kot:

$$A_{j,l,inh,mes} = a_{j,l,mes} \frac{1}{12} V(g) \quad (4.3)$$

kjer je  $a_{j,l,mes}$  koncentracija/specifična aktivnost  $j$ -tega radionuklida iz enačbe (4.1) in  $V(g)$  letna hitrost dihanja za določeno starostno skupino  $g$ . V enačbi (4.3) smo upoštevali, da je hitrost dihanja enakomerna celo leto. Ob upoštevanju privzetih hitrosti dihanja za določeno starostno skupino in podatkov o mesečnih emisijah posameznih radionuklidov lahko ocenimo vnos posameznega radionuklida v telo zaradi vdihavanja. Z upoštevanjem ustreznih doznih pretvorbenih faktorjev  $h(g)_{j,inh}$  [10] za posamezne radionuklide in posamezno starostno skupino dobimo oceno za mesečne prispevke posameznega izotopa k letni dozi. Letna efektivna doza zaradi vdihavanja za posamezno starostno skupino je potem vsota mesečnih efektivnih doz, ki jih izračunamo iz enačbe (4.2).

Efektivno dozo zaradi imerzije izračunamo ob predpostavki, da zanemarimo inhalacijo žlahtnih plinov v primerjavi z zunanjim sevanjem, ki ga povzroča polneskončni oblak žlahtnih plinov. Mesečno efektivno dozo zaradi imerzije na lokaciji  $l$  izračunamo kot:

$$E_{l,im,mes} = \sum_j h_{j,im} A_{j,l,im,mes} \quad (4.4)$$

pri čemer je  $h_{j,im}$  predvidena efektivna doza ((Sv/d)/(Bq/m<sup>3</sup>))  $j$ -tega radionuklida, prejeta v enem dnevu na enoto koncentracije aktivnosti v zraku (tabela 6, [10]). Pretvorbeni dozni koeficienti so enaki za vse starostne skupine. Aktivnost  $A_{j,l,im,mes}$  na lokaciji  $l$  izračunamo iz zveze, ki jo podaja enačba (4.5)

$$A_{j,l,im,mes} = A_{jS,mes} (\chi/Q)_l \quad (4.5)$$

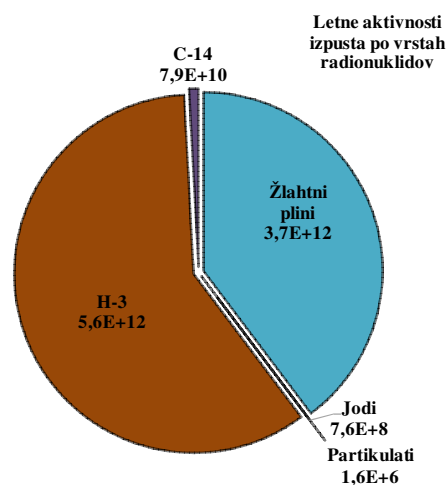
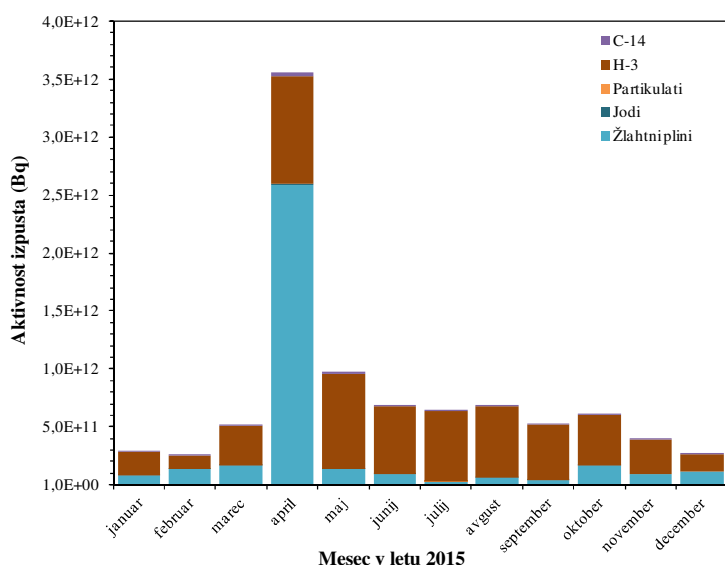
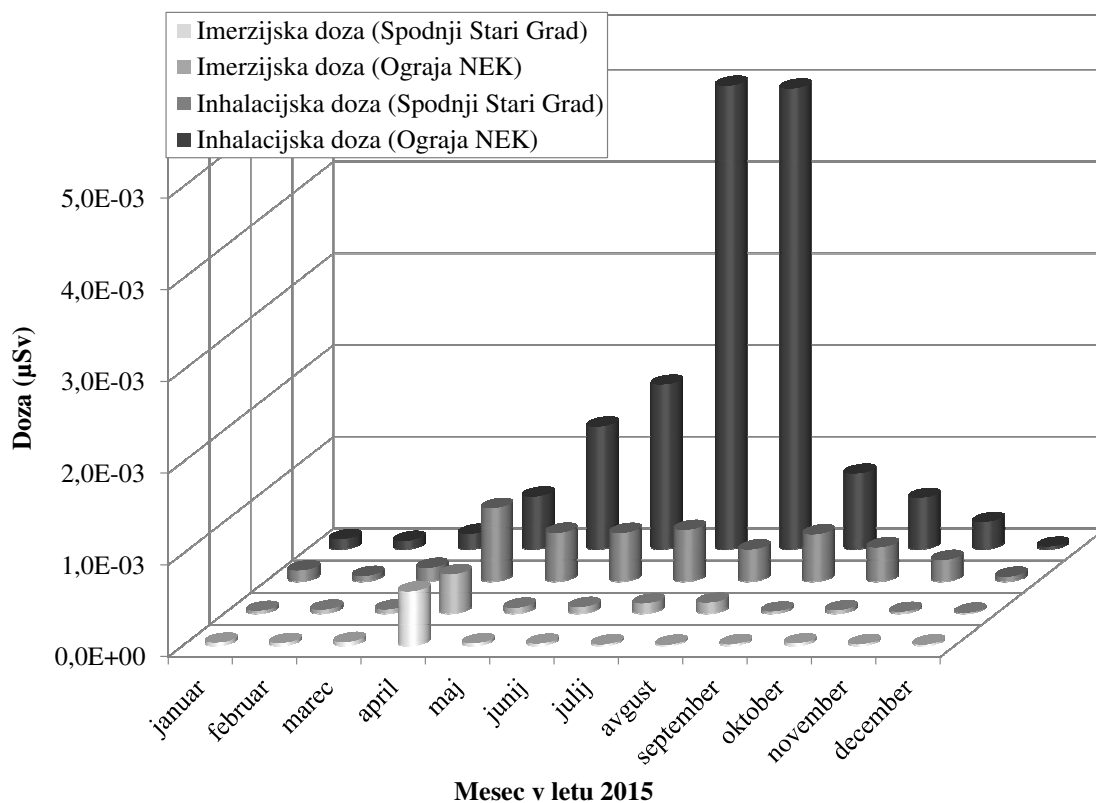
kjer je  $A_{jS,mes}$  izpuščena mesečna aktivnost,  $(\chi/Q)_l$  razredčitveni faktor na lokaciji  $l$  v enotah s/m<sup>3</sup>. Letna efektivna doza zaradi imerzije je potem za vse starostne skupine vsota mesečnih efektivnih doz, ki jih izračunamo iz enačbe (4.4). Pri tem upoštevamo, da ima dan 86 400 s.

Na podlagi zgoraj opisane metodologije je tako izračun doz narejen ob upoštevanju mesečnih razredčitvenih koeficientov  $\chi/Q$ , izračunanih na podlagi Lagrangeevega modela za vsa naselja v okolici NEK in ograjo NEK. Podatke je posredoval MEIS storitve za okolje, d. o. o.

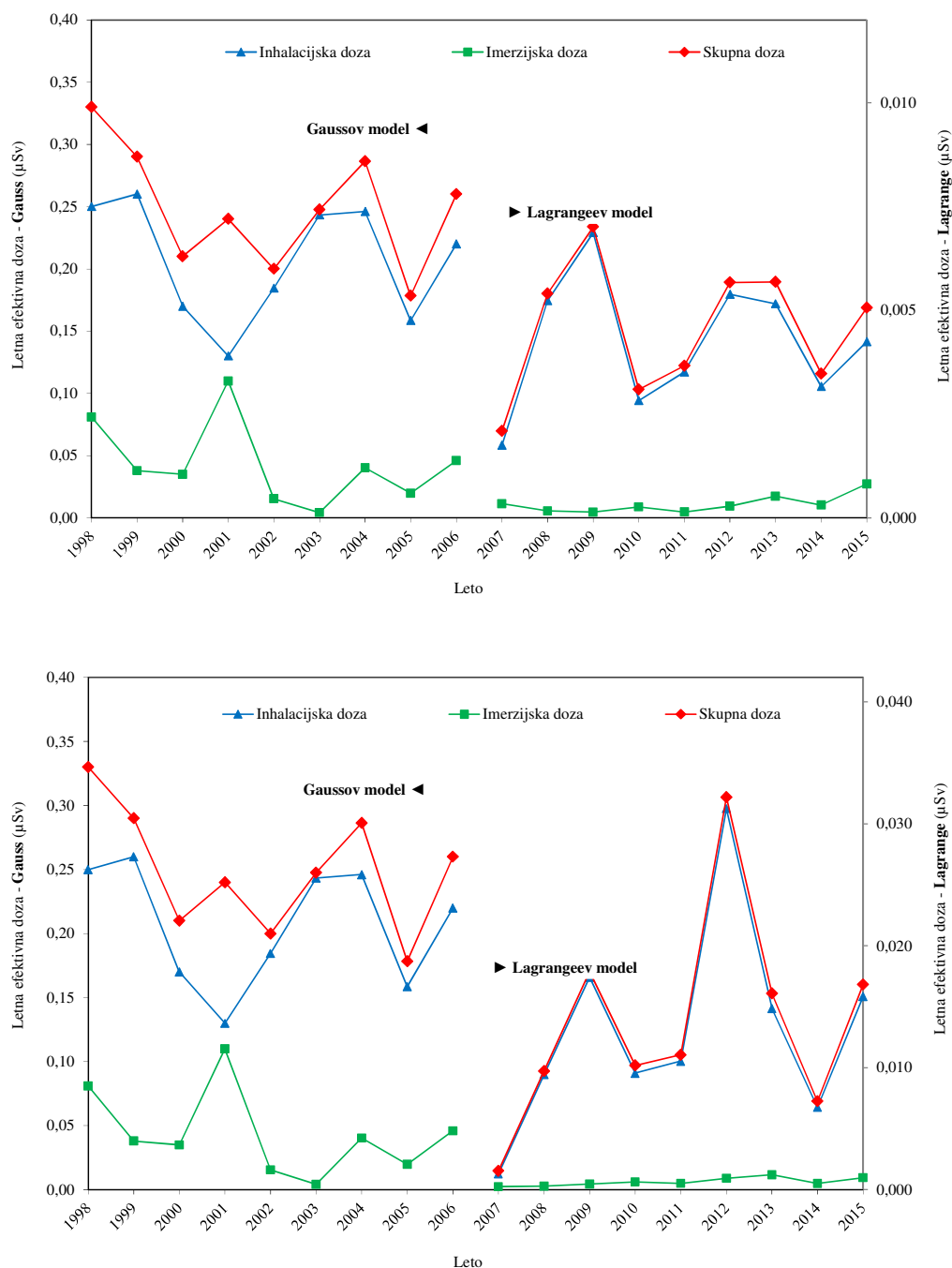
Inhalacijska doza po mesecih v letu 2015 za posameznika iz prebivalstva v naselju Spodnji Stari Grad in na ograji NEK je prikazana na sliki 4.5. Inhalacijska doza je izračunana na podlagi plinskih izpustov iz NEK, ki so prikazani na sliki 4.5 spodaj. Največja mesečna inhalacijska doza v Spodnjem Starem Gradu je bila v aprilu 2015, na ograji NEK v juliju in avgustu. Povišana doza v Spodnjem Starem Gradu je posledica večjih izpustov, saj so bili takrat najvišji v letu (slika 4.5 spodaj), medtem ko na ograji NEK povišana doza ni posledica večjih izpustov, ampak posledica meteoroloških razmer. To je lepo razvidno iz tabele 4.2, kjer so izračunani razredčitveni faktorji najvišji.



Zunanje obsevanje zaradi radioaktivnih izotopov v zraku (imerzijska doza) je predvsem posledica izpustov žlahtnih plinov različnih izotopov ksenona in Ar-41 v letu 2015. Celotna letna imerzijska doza za Spodnji Stari Grad za leto 2015 je bila 0,8 nSv, za ograjo NEK pa 1 nSv. Čeprav je na obeh lokacijah višja kot pred leti, je vrednost zelo nizka v primerjavi z inhalacijsko dozo na istih mestih. Skozi leto ni bilo opaziti mesečnih variacij imerzijske doze, odstopa le april, to je tik pred remontom, ki se je pričel 11. 4. 2015 (slika 4.5).



**Slika 4.6:** Mesečne inhalacijske in imerzijske doze za posameznika iz prebivalstva v naselju Spodnji Stari Grad in na ograji NEK (zgornji graf). Na spodnjem grafu so mesečni plinski izpusti NEK [6], na podlagi katerih so doze izračunane.

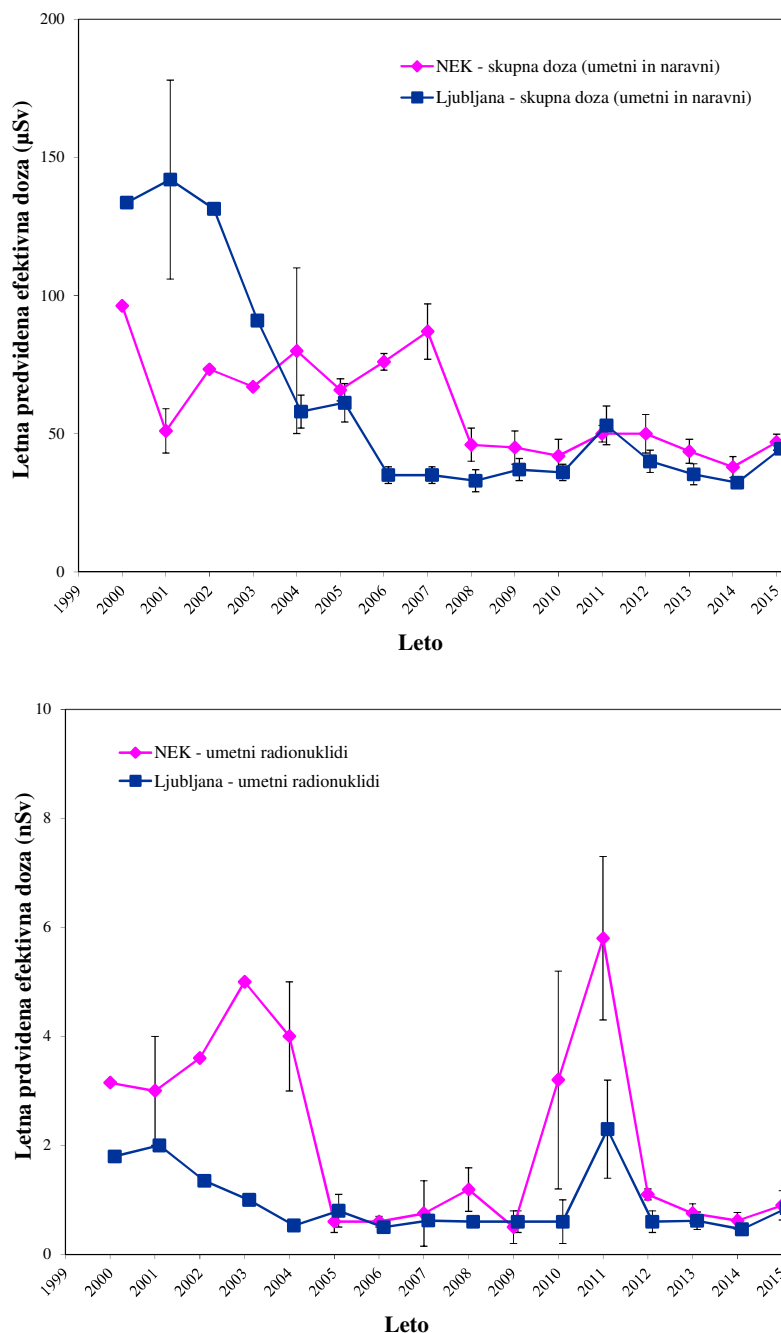


**Slika 4.6:** Ocena inhalacijskih, imerzijskih in skupnih doz za odrasle za Spodnji Stari Grad (zgoraj) in ograjo NEK (spodaj) od leta 1998 dalje (µSv na leto). Opomba: v letu 2007 je bil spremenjen model za izračun razredčitvenih faktorjev. Grafi obeh modelov so prikazani na različnih skalah (Gauss levo na primarni osi in Lagrange desno na sekundarni osi).

Na sliki 4.6 je povzetek ocen inhalacijskih in imerzijskih doz od leta 1998 dalje, izračunanih iz podatkov o plinskih emisijah iz NEK in iz povprečnih mesečnih razredčitvenih koeficientov  $\chi/Q$ , ki so jih za Spodnji Stari Grad izračunali na Agenciji RS za okolje (do vključno leta 2006) in MEIS storitve za okolje, d. o. o. (od leta 2007 dalje) [3]. Razvidno je, da se z uporabo Lagrangeevega modela za izračun razredčitvenih koeficientov oziroma razširjanja efluentov (aerosoli, partikulati, molekule) v zraku izračunana doza bistveno zmanjša. Sedanja ocenjena letna efektivna doza, ki temelji na izračunanih



razredčitvenih koeficientih po Lagrangeevem modelu, je za velikostni red (nekaj 10-krat) manjša od tistih pred 2007 (v neposredni bližini – ograja NEK – je ocena doze nižja za dva velikostna reda), saj Lagrangeev model upošteva izpust na višini 60 m, medtem ko je Gaussov model upošteval talni izpust. V dodatku k poročilu za leto 2007 [3] je opisana primerjava med izračunom razredčitvenih faktorjev z različnimi modeli. Izračunane doze zaradi vdihavanja zračnih delcev iz podatkov o zračnih emisijah in razredčitvenih koeficientov iz Lagrangeevega modela so v letu 2015, ob upoštevanju negotovosti določitve doz, na ravni nivojev v obdobju 2007–2014. To kaže na stabilne razmere obratovanja jedrske elektrarne in na podobnost letnih vremenskih razmer.



**Slika 4.7:** Primerjava predvidenih letnih efektivnih doz v okolici NEK in Ljubljani za odrasle osebe iz meritev aerosolov za naravne in umetne radionuklide skupaj (slika zgoraj v enotah µSv) in posebej za umetne radionuklide (slika spodaj v enotah nSv). Vrisane negotovosti imajo faktor pokritja  $k = 1$  (68-odstotna zanesljivost).



Na sliki 4.7 so predstavljene predvidene letne efektivne doze zaradi umetnih radionuklidov ( $\mu\text{Sv}$  na leto) za odraslega človeka, izračunane iz meritev aerosolnih filtrov v okolici NEK in v Ljubljani v letih od 2000 do 2015. Kot je razvidno s slike 4.6, je prispevek umetnih radionuklidov v Ljubljani in okolici NEK zelo podoben in je v zadnjih letih okoli ali manj od 1 nSv. Visoka doza umetnih radionuklidov v letu 2003 je bila posledica prispevka Sr-90, ki je to leto prispeval kar tri četrtine doze. Vendar pa poročilo o meritvah radioaktivnosti v okolici NEK za leto 2003 ugotavlja, da prispevek ni posledica izpustov iz NEK, temveč resuspenzije z zemlje. Podobno povišan prispevek resuspendiranega Sr-90 z zemlje je bilo opaziti v izmerkih v letih 2000–2004 in 2010–2011, kjer je prispevek k letni dozi nekaj nSv. Višja doza zaradi umetnih radionuklidov v letu 2011 je opazna tako v Ljubljani kot okolici NEK. To je posledica izmerjenih vrednosti Cs-134, Cs-137 in I-131 v marcu in aprilu 2011 oziroma jedrske nesreče v Fukušimi. Prispevek Sr-90 k dozi v Ljubljani ni ovrednoten, ker se v zračnih filtrih v okviru nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju Slovenije v Ljubljani ne določa vsebnosti Sr-90. Če primerjamo doze zaradi drugih umetnih radionuklidov, lahko ugotovimo, da so doze umetnih radionuklidov v Ljubljani in okolici NEK podobne oziroma praktično enake, vsekakor pa zanemarljive v primerjavi s prispevkom naravnih radionuklidov. Prispevek naravnih radionuklidov je za okrog 4 velikostne rede višji od prispevka umetnih.

Za doze naravnih radionuklidov je značilno, da variirajo po letih, kar velja tako za lokacije v okolici NEK kot za lokacijo v Ljubljani. Poleg tega je bil v letu 2006 v Ljubljani spremenjen način vzorčevanja. Največji prispevek k dozi naravnih radionuklidov povzroča Pb-210, kar ni toliko posledica visokih koncentracij v zraku, temveč velikega doznega pretvorbene faktorja, ki ga ima ta izotop [10]. V splošnem lahko rečemo, da so na prostem v okolici NEK efektivne doze zaradi inhalacije naravnih radionuklidov enake kot drugod po Sloveniji in so nekaj 10  $\mu\text{Sv}$  na leto [12].

## OCENA VPLIVOV

Zaradi zelo nizkih koncentracij umetnih radionuklidov v zračnih izpustih NEK na lokacijah meritev v aerosolih praktično ni mogoče izmeriti njihovih koncentracij oziroma so pod mejo detekcije. Zato si pri oceni koncentracije radionuklidov na posameznih lokacijah pomagamo z računskimi modeli, ki ocenijo razredčitve koncentracije radionuklidov od točke izpusta.

Meritve emisij na izpuhu NEK (tabela 4.1) in podatki o izračunanih povprečnih mesečnih razredčitvenih koeficientih ( $\chi/Q$ ) za posamezna mesta v okolici NEK (tabela 4.2) nam omogočajo, da izračunamo inhalacijski in imerzijski prispevek k letni efektivni dozi zaradi zračnih emisij NEK. V tabelah 4.5 in 4.6 so izračunane inhalacijske in imerzijske doze v okolici NEK. Najvišje izračunane doze so bile v letu 2015 v Vrbini in nato v Žadovinku, kjer so stopnje razredčitve najnižje.

Iz povprečnih mesečnih koncentracij aktivnosti za okolico NEK ter za Ljubljano so določene predvidene efektivne doze za tri starostne skupine: 1) odrasle, starejše od 17 let, 2) otroke, stare od 7 do 12 let, in 3) dojenčke, stare do enega leta (tabela 4.7). Pri tem smo upoštevali dozne pretvorbene faktorje  $h(g)_{j,\text{inh}}$  (predvidena efektivna doza na enoto vnosa) iz reference [10] in hitrosti dihanja 17 L/min (9 000 m<sup>3</sup> na leto) za odraslega posameznika, 10,6 L/min za otroka (5 585 m<sup>3</sup> na leto) in 2,0 L/min (1 044 m<sup>3</sup> na leto) za dojenčka. S seštevanjem predvidenih efektivnih doz za posamezne radionuklide dobimo predvideno efektivno dozo zaradi inhalacije umetnih radionuklidov ter za inhalacijo vseh radionuklidov v aerosolih vključno z naravnimi, pri čemer pa ne upoštevamo prispevka kratkoživih potomcev radona in torona. Rezultati izračunov so zbrani v tabeli 4.7.

Mesečne koncentracije aktivnosti I-131 v zraku (ogleni filtri, tabela T-43) so bili pod mejno merilno koncentracijo aktivnosti 0,1 mBq/m<sup>3</sup>, ki jo navaja izvajalec meritev IJS. I-131 prav tako ni bil detektiran v aerosolih (tabele T-44 do T-51), kjer pa izvajalec meritev navaja še nižjo mejno merilno koncentracijo aktivnosti 0,01 mBq/m<sup>3</sup> za I-131 v aerosolih v naseljih v okolici NEK. Z uporabo zmogljivejše aerosolne črpalke v Dobovi pa je mejna merilna koncentracija aktivnosti za jod 0,001 mBq/m<sup>3</sup>. Oceno za zgornjo mejo prispevka I-131 v zraku dobimo tako, da za koncentracijo aktivnosti privzamemo najmanjšo merljivo koncentracijo aktivnosti 0,01 mBq/m<sup>3</sup>. Letne predvidene efektivne doze, ki jih tako izračunamo,





so za odraslega človeka 0,7 nSv, za otroka 1,1 nSv in za dojenčka pa 0,8 nSv na lokaciji aerosolnih črpalk (razlike so posledica pretvorbenih doznih faktorjev in količine vdihanega zraka). Za Dobovo bi dobili potem desekrat nižjo predvideno efektivno dozo. Zaradi zračnih izpustov I-131 lahko iz tabele 4.5 preberemo, da je ocenjena predvidena doza za odraslo osebo na ograji NEK 0,06 nSv, v Spodnjem Starem Gradu 0,056 nSv in v Dobovi 0,007 nSv. Iz tega izhaja, da so koncentracije aktivnosti joda v zraku zaradi zračnih izpustov iz NEK prenizke, da bi jih lahko detektirali s črpalkami.

**Tabela 4.5:** Predvidene letne efektivne doze zaradi inhalacije in imerzije za odraslega prebivalca na referenčni lokaciji Spodnji Stari Grad (smer VSV, razdalja 1,5 km) in na najbližji lokaciji na ograji NEK (0,5 km) – prispevki posameznih izotopov v letu 2015.

	Izotop	Letna efektivna doza ( $\mu\text{Sv}$ )	
		Spodnji Stari Grad	Ograja NEK
Pare, plini (inhalacija)	I-131	5,6E-05	6,0E-05
	I-132	2,4E-06	1,8E-06
	I-133	9,4E-07	2,0E-06
	I-135	–	–
	HTO	3,9E-03	1,5E-02
	HT + CHT	1,1E-06	2,5E-06
	C-14 v CO <sub>2</sub>	1,6E-05	3,8E-05
	C-14 v CH <sub>4</sub>	2,6E-04	6,4E-04
Aerosoli (inhalacija)	Mn-54	1,5E-10	3,7E-10
	Co-57	–	–
	Co-58	3,1E-10	7,9E-10
	Co-60	2,0E-08	2,5E-08
	Nb-95	–	–
	Ru-103	3,9E-08	1,7E-07
	Ag-110m	–	–
	Sb-125	–	–
	Te-125m	–	–
	Te-127m	–	–
	Cs-137	1,7E-06	6,7E-06
	Fe-55	4,7E-10	7,2E-10
	Sr-90	1,0E-08	3,8E-08
Se-75	1,1E-08	6,9E-08	
Žlahtni plini (imerzija)	Xe-131m	4,1E-05	1,0E-04
	Xe-133	5,0E-04	4,1E-04
	Xe-133m	6,7E-06	1,1E-05
	Xe-135	1,7E-04	1,9E-04
	Xe-135m	2,2E-05	3,3E-05
	Ar-41	8,1E-05	2,3E-04
	Kr-85	1,4E-06	1,5E-06
	Kr-85m	–	–
<b>Inhalacijska doza</b>		<b>4,2E-03</b>	<b>1,6E-02</b>
<b>Imerzijska doza</b>		<b>8,2E-04</b>	<b>9,8E-04</b>
<b>DOZA - SKUPAJ</b>		<b>5,1E-03</b>	<b>1,7E-02</b>



Iz tabele 4.5 je razvidno, da je praktično vsa inhalacijska doza posledica zračnih emisij tritija. Tritij prispeva k skupni inhalacijski dozi 3,9 nSv na leto v Spodnjem Starem Gradu (predvsem v obliki emisij HTO), kar je podobno kot v preteklih letih (2014: 3 nSv; 2013: 5,2 nSv; 2012: 5,4 nSv; 2011: 3,5 nSv; 2010: 2,7 nSv; 2009: 5,9 nSv). Na ograji NEK v letu 2015 je prispevek tritija iz zračnih izpustov NEK 15,1 nSv na leto, kar je prav tako podobno kot v prejšnjih letih (2014: 6,3 nSv; 2013: 11,7 nSv; 2012: 31 nSv; 2011: 10,5 nSv; 2010: 9,0 nSv; 2009: 15,5 nSv). Naslednji največji prispevek k skupni inhalacijski dozi je prispevek C-14, 0,3 nSv (5 %). V preteklih letih je ta vrednost variirala: 0,17 nSv (5,3 %) v 2014, 1,4 nSv (27 %) v 2013, 0,05 nSv (9,3 %) v 2012, 0,01 nSv (3,8 %) v 2011, 0,1 nSv (4,6 %) v 2010. Podobni deleži C-14 po letih so tudi za odraslo osebo ob ograji NEK. Na ograji NEK je prispevek H-3 k skupni inhalacijski dozi, v letu 2015 15,1 nSv (90 %), medtem ko je prispevek C-14 0,7 nSv (4 %).

Ocenjeni prispevek k skupni inhalacijski dozi vseh drugih radionuklidov je bistveno manjši. Podobno kot v letih 2012, 2013 in 2014 so bili tudi v letu 2015 v izpustih izmerjeni prispevki joda, ki jih sicer ni bilo leta 2011 in 2010. To kaže, da je bila integriteta goriva v 27. gorivnem ciklu (2013–2015) ponovno slabša kot v gorivnem ciklu 2012–2013, ko je celo prišlo do večjih poškodb gorivnih palic. Izpusti joda so bili v letu 2015 najvišji v zadnjih desetih letih.

Ocenjena predvidena efektivna letna inhalacijska doza za odraslo osebo za Spodnji Stari Grad za leto 2015 je 4,2 nSv, ob ograji NEK pa 16 nSv. V obdobju 2007–2014 so se predvidene letne inhalacijske doze za odraslo osebo za Spodnji Stari Grad gibale med 1,7 nSv (2007) in 6,9 nSv (2009), za odraslo osebo ob ograji NEK pa med 1,3 nSv (2007) in 31 nSv (2009). Večja doza v letu 2009, 2012 in 2013 je predvsem posledica večjih izpustov tritija (8,8 TBq v 2012, 6,2 TBq v 2013 in 5,9 TBq v 2009 v primerjavi z 1,1 TBq v 2014 in 1,9 TBq v 2007). V letu 2015 so bili izpusti tritija spet višji, in sicer 5,6 TBq.

Precej manj so k dozi prispevali drugi izotopi. V letih 2007–2008 so bile imerzijske doze prav tako okoli 10-krat nižje, vendar ne toliko zaradi manjših izpustov iz NEK, temveč zaradi vremenskih razmer in posledično večjih razredčitvev. S slike 4.3 je razvidno, da so razredčitveni koeficienti v letih 2009–2012 zelo podobni in da so razredčitve v zadnjih letih manjše kot npr. v letih 2007 in 2008. Celotna letna doza za odraslega človeka v Spodnjem Starem Gradu, ki je posledica inhalacije in imerzije v letu 2015, je bila 5,1 nSv. Doze so podobne kot v preteklih letih (2014: 3,5 nSv; 2013: 5,7 nSv; 2012: 5,7 nSv; 2011: 3,7 nSv; 2010: 3,1 nSv). Za primerjavo je v tabeli 4.6 navedena tudi izračunana predvidene letna efektivna doza za najbližjo lokacijo, in sicer ob ograji NEK. Kot je vidno iz preglednice so doze v bližini NEK (0,5 km) skoraj 3-krat večje kot pa na referenčni lokaciji Spodnji Stari Grad (1,5 km).

V tabeli 4.6 so zbrane izračunane doze za odraslega človeka, otroka in dojenčka za različna mesta v okolici NEK. Predvidene letne efektivne doze za odraslega človeka se gibljejo od 0,9 nSv (Dobova) do 17 nSv (ograja NEK).

Meritve na aerosolnih filtrih v okolici NEK kažejo, da je med naravnimi radionuklidi najpomembnejši prispevek k letni predvideni efektivni dozi za odraslega človeka prispevek naravnega izotopa Pb-210, in sicer  $(40 \pm 2)$   $\mu$ Sv na leto, kar je zelo podobno dozam iz preteklih let ( $37\text{--}49$   $\mu$ Sv na leto v obdobju 2005–2014). Prispevek Pb-210 k celotni dozi je največji tudi zaradi visokega doznega pretvorbenega faktorja [10]. Drugi naravni radionuklid po prispevku k dozi v letu 2015 je Th-230 ( $2,5 \pm 2,0$ )  $\mu$ Sv, tretji pa Th-228 ( $2,4 \pm 0,2$ )  $\mu$ Sv. Velika negotovost povprečja in vrednosti pod mejo kvantifikacije potrjujejo dejstvo, da so koncentracije aktivnosti Th-230 na meji zaznavanja in izmerjenih vrednosti oziroma prispevkov k dozi, ki jih povzroča Th-230, tega prispevka ne moremo obravnavati z enako pomembnostjo kot pri radionuklidih, ki jih bolje detektiramo.

Prispevek umetnih radionuklidov je v primerjavi s prispevkom naravnih radionuklidov zelo majhen. V letu 2015 sta k dozi med umetnimi radionuklidi prispevala Cs-137 in Sr-90. V letu 2015 sta prispevka umetnih radionuklidov Cs-137 in Sr-90 primerljiva. Oba radionuklida navadno zaznamo v aerosolih zaradi več dejavnikov, v hladnih mesecih predvsem zaradi individualnih kurišč in kontaminacije lesnih kuriv (predvsem Cs-137, za Sr-90 nimamo tako podrobnih podatkov), sicer pa v toplejših mesecih predvsem zaradi resuspenzije prašnih delcev s tal in lebdenja delcev v ozračju. Oba radionuklida sta posledica globalne kontaminacije zaradi jedrskih poskusnih eksplozij in černobilske kontaminacije.



Izračunana predvidena efektivna doza za odraslo osebo zaradi umetnih radionuklidov je več kot 10 000-krat manjša od izračunane doze zaradi naravnih radionuklidov. Povprečna izračunana efektivna doza za odraslo osebo zaradi umetnih radionuklidov v obdobju 2007–2014 je bila  $(1,7 \pm 0,9)$  nSv. V tem obdobju je bila največja doza v letu 2011  $(5,8 \pm 1,5)$  nSv, ko se je zgodila jedrska nesreča v Fukušimi. Vendar je tudi v letu 2011 največji delež k dozi še vedno prispeval Sr-90 zaradi resuspenzije z zemlje in ne morebitna kontaminacija kot posledica izpustov med nesrečo v Fukušimi. V letu 2015 je izračunana efektivna doza za odraslo osebo zaradi umetnih radionuklidov  $(0,9 \pm 0,3)$  nSv. Govorimo o povprečju letnih doz po lokacijah aerosolnih črpalk v okolici NEK. Obremenitev odraslega prebivalstva zaradi vdihavanja Cs-137 in Sr-90 je nizka, v letu 2015 je bil prispevek Cs-137 k letni dozi  $(0,5 \pm 0,05)$  nSv in Sr-90  $(0,4 \pm 0,3)$  nSv.

Meritve aerosolnih filtrov v Ljubljani in v okolici NEK kažejo, da je med naravnimi radionuklidi pomemben samo prispevek Pb-210, ki je za odraslo osebo med  $40 \mu\text{Sv}$  na leto v okolici NEK in  $43 \mu\text{Sv}$  na leto v Ljubljani.

**Tabela 4.6:** Ocene inhalacijskih in imerzijskih doz za okolico NEK v letu 2015 z uporabo Lagrangeevega modela. Uporabljeni so podatki za dozne pretvorbene faktorje iz reference [10] za odrasle in otroke.

PREGLED SKUPNIH LETNIH DOZ (Lagrangeev model)								
Naselje	Razdalja od NEK [km]	Inhalacijska doza [ $\mu\text{Sv}$ ]			Imerzijska doza [ $\mu\text{Sv}$ ]	Skupna doza [ $\mu\text{Sv}$ ]		
		Odrasli	Otroci	Dojenčki	Odrasli (otroci, dojenčki)	Odrasli	Otroci	Dojenčki
Ograja NEK	0,5	1,6E-02	1,2E-02	4,8E-03	9,8E-04	1,7E-02	1,3E-02	5,7E-03
Vrbina	0,8	7,4E-03	5,7E-03	2,2E-03	8,6E-04	8,3E-03	6,5E-03	3,1E-03
Spodnji Stari Grad	1,5	4,2E-03	3,2E-03	1,3E-03	8,2E-04	5,1E-03	4,0E-03	2,1E-03
Žadovinek	1,7	5,5E-03	4,2E-03	1,6E-03	5,3E-04	6,0E-03	4,7E-03	2,2E-03
Krško - Stara vas	1,7	2,6E-03	1,9E-03	7,8E-04	4,7E-04	3,0E-03	2,4E-03	1,2E-03
Brege	2,3	3,7E-03	2,8E-03	1,1E-03	3,5E-04	4,0E-03	3,1E-03	1,4E-03
Mrtvice	2,8	2,8E-03	2,1E-03	8,4E-04	2,5E-04	3,1E-03	2,4E-03	1,1E-03
Leskovec	2,9	3,5E-03	2,6E-03	1,1E-03	5,5E-04	4,0E-03	3,2E-03	1,6E-03
Pesje	3,0	3,8E-03	2,9E-03	1,2E-03	6,9E-04	4,5E-03	3,6E-03	1,8E-03
Vihre	3,1	2,5E-03	1,9E-03	7,3E-04	1,8E-04	2,7E-03	2,1E-03	9,2E-04
Brežice	7,1	2,0E-03	1,5E-03	5,9E-04	2,3E-04	2,2E-03	1,7E-03	8,2E-04
Dobova	12,1	8,1E-04	6,1E-04	2,4E-04	1,3E-04	9,4E-04	7,4E-04	3,7E-04

\* Barvna skala sorazmerno izraža skupno dozo – rdeča najvišjo, zelena najnižjo.

**Tabela 4.7:** Aerosolni filtri v letu 2015 – povzetek vsot predvidenih efektivnih doz zaradi inhalacije za odrasle, otroke in dojenčke, izračunane iz merskih podatkov v T-44 do T-55 ter doznih pretvorbene faktorjev iz reference [10].

STAROSTNA SKUPINA	VRSTA VSOTE	AEROSOLNI FILTRI – POVPREČJE ( $\mu\text{Sv}$ na leto)	
		OKOLICA NEK	LJUBLJANA
ODRASLI	umetni radionuklidi	$0,000\ 9 \pm 0,000\ 3$	$0,000\ 8 \pm 0,000\ 03$
	umetni in naravni radionuklidi	$47 \pm 3$	$45 \pm 1$
OTROCI	umetni radionuklidi	$0,000\ 7 \pm 0,000\ 2$	$0,000\ 6 \pm 0,000\ 02$
	umetni in naravni radionuklidi	$37 \pm 2$	$36 \pm 1$
DOJENČKI	umetni radionuklidi	$0,000\ 3 \pm 0,000\ 1$	$0,000\ 3 \pm 0,000\ 01$
	umetni in naravni radionuklidi	$18 \pm 1$	$17 \pm 0,3$



Izračunana predvidena letna efektivna doza zaradi inhalacije za prebivalca v okolici NEK za leto 2015 je v okviru negotovosti vsote vseh prispevkov enaka kot za prebivalca v Ljubljani. Prispevek umetnih radionuklidov je tako v okolici NEK kot v Ljubljani zanemarljiv. Povzetek vsot predvidenih efektivnih doz, izračunanih iz meritev aerosolnih filtrov, je pokazan v tabeli 4.5.

## SKLEPI

Sedanji program vzorčevanja in meritev omogoča primeren vpogled in nadzor zračnih emisij NEK in koncentracij aktivnosti radionuklidov v zraku v okolici NEK. Tako merilne kot tudi evalvacijske metode dajejo konsistentne in zanesljive podatke, ki omogočajo primerjavo za vrsto let nazaj.

Od leta 2007 za izračun doz zaradi atmosferskih izpustov uporabljamo Lagrangeev model, ki bolje opisuje razširjanje radioaktivnih snovi od točke izpusta z višine 60 m na razgibanih in zahtevnih terenih, kot je to primer v okolici NEK [3]. Z uporabo tega modela so izračunane predvidene letne efektivne doze zaradi inhalacije in imerzije skoraj stokrat nižje kot pred letom 2007, ko smo za izračun razredčitvenih koeficientov uporabljali Gaussov model ob privzetku talnega izpusta. Največja razlika med modeloma je v bližini izpustnega mesta, z oddaljenostjo od izpusta pa so razlike med izračunanimi razredčitveni koeficienti po obeh modelih nižje (do nekaj 10-krat).

V letu 2008 je Evropska komisija izdala poročilo [51], v katerem so izračunane predvidene letne efektivne doze zaradi izpustov iz jedrskih elektrarn in obratov za predelavo jedrskega goriva v Evropi. Doze v poročilu Evropske komisije so izračunane za referenčno skupino prebivalstva za vse objekte ob enakih predpostavkah in na enakih razdaljah 500 m in 5 000 m od objekta. Pri ocenjevanju doze zaradi plinskih izpustov je efektivna doza za 75 % objektov manjša od 1,4  $\mu\text{Sv}$  na leto na razdalji 500 m in manjša od 0,24  $\mu\text{Sv}$  na leto na razdalji 5 000 m. Za NEK so ocenjene doze bistveno nižje, kot je razvidno iz tabele 4.6, na razdaljah 500 m oziroma 800 m od NEK (ekvivalent 500 m) so doze 0,017  $\mu\text{Sv}$  oziroma 0,008  $\mu\text{Sv}$  na leto, na večjih razdaljah 3 000 m oziroma 7 100 m od NEK (ekvivalent 5 000 m) pa so doze 0,0045  $\mu\text{Sv}$  oziroma 0,0022  $\mu\text{Sv}$  na leto.

Ovrednotenje imisij na osnovi evalvacije meritev aerosolnih filtrov ter atmosferskih emisij z modelnimi izračuni razredčitvenih koeficientov, ki temeljijo na realnih vremenskih podatkih, je za leto 2015 pokazalo naslednje:

- izpusti hlapov in plinov, ki vsebujejo tritij, povzročajo največjo efektivno dozo zaradi inhalacije; ta je v Spodnjem Stare Gradu za odraslega posameznika iz referenčne skupine prebivalstva 4,2 nSv na leto, ob ograji NEK pa 16 nSv na leto; prispevki drugih radionuklidov k inhalacijski dozi so bistveno manjši, vendar pri tem niso upoštevane posledice prehoda radionuklidov iz zraka v druge prenosne poti;
- ocenjena skupna letna efektivna doza za odraslega posameznika iz referenčne skupine prebivalstva, ki je posledica inhalacije in imerzije zaradi izpustov NEK, je v Spodnjem Starem Gradu 5,1 nSv, ob ograji NEK pa 17 nSv v letu 2015.
- predvidena efektivna doza zaradi inhalacije aerosolov v okolici NEK je predvsem posledica inhalacije dolgoživih naravnih radionuklidov in je za odraslega posameznika  $(47 \pm 3) \mu\text{Sv}$  na leto; doza je v okviru pričakovanj in na ravni povprečne vrednosti zadnjih let;
- predvidena efektivna doza zaradi inhalacije umetnih radionuklidov v aerosolih v okolici NEK je posledica radionuklidov, ki so del globalne kontaminacije zaradi jedrskih poskusov in černobilske kontaminacije in je za odraslega posameznika  $(0,9 \pm 0,3) \text{nSv}$  na leto;
- izpusti žlahtnih plinov iz NEK (izotopi Xe) povzročajo glavnino zunanjega sevanja (imerzijska doza), ki je za odraslega posameznika iz referenčne skupine prebivalstva (naselje Spodnji Stari Grad) 0,8 nSv na leto; na ograji NEK je 1 nSv na leto.



## 5 ZUNANJE SEVANJE

### POVZETEK

*Prebivalstvo je izpostavljeno zunanjemu sevanju zaradi sevanja naravnih in umetnih radionuklidov v zemlji, kozmičnega sevanja, sevanja iz oblaka in zunanjega sevanja zaradi useda, ki se odloži po prehodu radioaktivnega oblaka ob izpustu radioaktivnih snovi iz NEK v okolje. Izpostavljenost zunanjemu sevanju se izračuna na podlagi merskih podatkov radioaktivnosti zemlje in zraka, neposredno pa se meri s termoluminiscenčnimi dozimetri in kontinuirnimi merilniki.*

*Za izračun prispevka sevanja naravnih in umetnih radionuklidov v zemlji je tudi v letu 2015 v okviru nadzora radioaktivnosti potekalo vzorčevanje zemlje na štirih lokacijah v okolici NEK. Ločeno so bili merjeni vzorci iz različnih globin zaradi spremljanja globinske porazdelitve koncentracije radionuklidov. Rezultati meritev kažejo, da se specifične aktivnosti naravnih radionuklidov z globino ne spreminjajo, so pa manjše na lokacijah, ki so največkrat poplavljenе. Vrednosti letnega okoljskega doznega ekvivalenta  $H^*(10)$  zaradi naravnih in umetnih radionuklidov v zemlji pri predpostavki enakomerne porazdelitve v letu 2015 v okolici NEK so med  $(0,42 \pm 0,04)$  mSv za zemljo v Kusovi Vrbini in  $(0,63 \pm 0,05)$  mSv za neobdelano zemljo v Ameriki, pri čemer je prispevek Cs-137, ki izvira iz globalne kontaminacije v drugi polovici 20. stoletja, med 1 % in 13 %. Na podlagi meritev globinske odvisnosti specifične aktivnosti Cs-137 na posameznih lokacijah lahko opazimo kompleksnost delovanja površinske in podtalne vode na porazdelitev useda.*

*V letu 2015 so bile v okviru obratovalnega nadzora radioaktivnosti NEK opravljene neodvisne meritve doze zunanjega sevanja s termoluminiscenčnimi dozimetri (TLD) in kontinuirnimi merilniki hitrosti doze (MFM) po programu, ki ga predvideva Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (Ur. l. RS 20/07) (JV10). Meritve s TLD in MFM kažejo v okviru merske negotovosti enako vrednost letnega okoljskega doznega ekvivalenta  $H^*(10)$  kot v zadnjih letih. Povprečni letni okoljski dozni ekvivalent  $H^*(10)$  je bil v okolici NEK  $(0,83 \pm 0,10)$  mSv, na ograji NEK  $(0,60 \pm 0,04)$  mSv in v okolici Zagreba na Hrvaškem  $(0,75 \pm 0,11)$  mSv. Vrednost letnega okoljskega doznega ekvivalenta v okolici NEK, ki je bil določen z meritvami z dozimetri tipa TLD-IJS-05, ki jih uporablja IJS, in dozimetri tipa TLD-100(H), ki jih na hrvaški strani uporablja IRB, je v okviru merske negotovosti enaka. Prispevki NEK k zunanjemu sevanju zunaj ograje zaradi sevanja iz objektov NEK in atmosferskih izpustov radioaktivnih snovi so bili, enako kot prejšnja leta, v letu 2015 nemerljivi z nespecifičnimi detektorji, kot sta to TLD in MFM. Posredno smo konzervativno ocenili, da je bila letna efektivna doza zunanjega sevanja zaradi izpustov iz NEK manjša od  $0,01 \mu\text{Sv}$ .*

### UVOD

Ionizirajoče sevanje prežema naravno okolje in življenjski prostor človeka. V zemlji so s stališča izpostavljenosti ljudi pomembni predvsem radionuklidi iz razpadnih verig urana U-238 (z razpolovnim časom  $T_{1/2} = 4,468 \cdot 10^9$  let) in torija Th-232 ( $T_{1/2} = 1,405 \cdot 10^{10}$  let) ter radioaktivni kalij K-40 ( $T_{1/2} = 1,277 \cdot 10^9$  let). Sevanje iz zemlje je po svetu različno in je povezano z geološkimi in geografskimi značilnostmi. Višje hitrosti doze se pojavljajo tam, kjer so vulkanske kamnine (granit), nižje hitrosti doze pa na področju sedimentnih kamnin. Pri tem so tudi izjeme, kot so skrilavci in kamnine, bogate s fosfati. Povprečne koncentracije, ki jih navaja UNSCEAR za K-40, U-238 in Th-232 so v zemlji: 420 Bq/kg, 33 Bq/kg, in 45 Bq/kg [50].

V Zemljo tudi nenehno trkajo kozmični žarki iz vesolja (pretežno protoni, pomemben delež kozmičnega sevanja na zemljski površini pa so tudi sekundarni mioni in nevtroni). V atmosferi interagirajo na različne načine z jedri dušika, kisika in drugih elementov, pri čemer nastajajo kozmogeni radionuklidi (H-3, Be-7, C-14 itd.), ki se z vremenskimi procesi usedajo na zemljo.

Poleg naravnih radionuklidov je v življenjskem in naravnem okolju razpršenih kar nekaj umetnih



radionuklidov, ki pomenijo globalno antropogeno kontaminacijo. So posledica poskusnih jedrskih eksplozij (H-3, C-14, Cs-137, Sr-90 in drugi), nesreč z jedrskimi materiali (Cs-137, Sr-90 in drugi) in kontaminacije zaradi vplivov jedrskih objektov in uporabnikov jedrskih snovi (raziskovalni centri, jedrske elektrarne, obrati za predelavo izrabljenega goriva, uporaba v medicini itd.).

Tako je tudi prebivalstvo v okolici NEK izpostavljeno omenjenim virom zunanega sevanja, potencialno pa še zunanjemu sevanju zaradi vplivov NEK, kot so: neposredno sevanje gama in nevtronov iz objektov znotraj ograje NEK, sevanje gama ob prehodu oblaka pri atmosferskih izpustih radioaktivnih snovi iz NEK, sevanje gama zaradi usedlih radioaktivnih snovi pri atmosferskih izpustih. Zunanje sevanje s kontaminiranega zemljišča sčasoma upada zaradi radioaktivnega razpada in izpiranja radioaktivnih snovi v zemljo.

Ker bi bila prisotnost Cs-137, Sr-90 in drugih fisijskih in aktivacijskih produktov v zemlji lahko tudi posledica izpustov iz jedrske elektrarne Krško (NEK), se na podlagi *Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (ZVISJV)* [8] in *Pravilnika o monitoringu radioaktivnosti (JV10)* [9] izvajajo periodična vzorčenja in meritve specifičnih aktivnosti radionuklidov v zemlji iz okolice NEK. Namen meritev je ugotoviti in ovrednotiti morebitni vpliv jedrske elektrarne na prisotnost umetnih radionuklidov v zemlji in oceniti njihove prispevke k zunanji dozi sevanja ter spremljati transport radionuklidov v zemlji (vnos radionuklidov v podtalnico in prehranjevalno verigo ljudi).

Termoluminiscenčni dozimetri (TLD) se uporabljajo za spremljanje doze zunanega sevanja zaradi ugotavljanja lokalnih posebnosti in razponov, oceno vplivov NEK zaradi atmosferskih izpustov radioaktivnih snovi oziroma za preverjanje modelnih ocen na podlagi emisij, oceno izpostavitve zunanjemu sevanju ob nezgodi po prehodu radioaktivnega oblaka in oceno izpostavitve zunanjemu sevanju zaradi nelokalnih vplivov (kot je bila npr. černobilska kontaminacija).

Za sprotno spremljanje hitrosti doze zunanega sevanja in zgodnjega opozarjanja se uporabljajo kontinuirni merilniki hitrosti doze – MFM, ki so nameščeni v mrežo po Sloveniji.

## ZNAČILNOSTI VZORČEVANJA IN MERITEV

Vzorce zemlje se zbira na štirih lokacijah nizvodno od NEK, in sicer na poplavnih območjih. Najpogosteje poplavljen lokacija je Kusova Vrbina, navadno pri pretoku Save večjem od 1 000 m<sup>3</sup>/s. Prisotnost umetnih radionuklidov v zemlji je lahko posledica radioaktivnega useda iz zraka, kakor tudi posledica odlaganja radionuklidov na poplavnih območjih zaradi tekočih izpustov v reko Savo. Poplavljanje lahko tudi spremeni globinske porazdelitve radionuklidov, ki jih tipično pričakujemo v zemlji.

Tri lokacije, kjer poteka vzorčevanje zemlje, so na neobdelanih površinah, ena pa na njivi (obdelana površina), ki ni vključena v program meritev, definiranem v pravilniku *JV10* [9]. Vzorce zemlje z obdelane površine se uporablja za določanje vpliva mešanja zemlje na porazdelitev radionuklidov. Vzorce se zbira na štirih globinah, tako da je mogoče spremljati specifične aktivnosti radionuklidov z globino. Pomembno je, da so mesta, kjer se na posamezni lokaciji vzorčuje zemlja, dovolj blizu, da so rezultati meritev med seboj korelirani in je mogoče spremljati transport radionuklidov v zemlji.

Zemlja se vzorčuje spomladi in jeseni na naslednjih lokacijah:

- Amerika, levi breg Save, nizvodna razdalja od NEK 3,5 km, tip zemlje je rjava naplavina;
- Gmajnice, desni breg Save, nizvodna razdalja od NEK 2,5 km, tip zemlje: mivkasta borovina, neobdelana zemlja;
- Gmajnice, desni breg Save, nizvodna razdalja od NEK 3,6 km, tip zemlje je rjava naplavina, obdelana zemlja (rezultati meritev koncentracij radionuklidov na tej lokaciji se ne uporabljajo pri ocenjevanju izpostavljenosti zunanjemu obsevanju);
- Kusova Vrbina – Trnje, levi breg Save, nizvodna razdalja od NEK 8,5 km, tip zemlje je mivkasta borovina.

Zaradi izgradnje akumulacije HE Brežice, bo vzorčevalno mesto Amerika najkasneje v letu 2017 potrebno nadomestiti z novim vzorčevalnim mestom.



Vzorčevalna metoda je predpisana s *Pravilnikom o monitoringu radioaktivnosti (JV 10)* [9], postopek vzorčevanja pa je opisan v navodilu *Zbiranje in priprava vzorcev zemlje (LMR-DN-07)*. Zaradi izpiranja Cs-137 v globlje plasti zemlje se od leta 2009 kot vrhni sloj vzorčuje zemlja iz globine 0–5 cm in ne več ločeno v dveh plasteh: 0–2 cm in 2–5 cm kot v prejšnjih letih. Tako se na lokacijah, kjer se vzorčuje neobdelana zemlja, zbira vzorce iz globin 0–5 cm, 5–10 cm, 10–15 cm in 15–30 cm. Prav tako se hkrati z vzorcem zemlje zbere še vzorec trave. Specifične aktivnosti sevalcev gama v vzorcih zemlje se meri z visokoločljivostno spektrometrijo gama, kasneje pa se izmeri še specifična aktivnost stroncija z destruktivno radiokemijsko analizo.

Na podlagi *Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti* (Ur. l. RS 102/04, UPB-2 okrajšano ZVISJV) [8] in *Pravilnika o monitoringu radioaktivnosti* (Ur. l. RS 20/07, *JV10*) [9] se zunanje sevanje v okolici NEK neprekinjeno meri z okoljskimi termoluminiscenčnimi dozimetri (TLD). Neposredne meritve zunanje doze sevanja v okolici NEK (sevanje gama in ionizirajoča komponenta kozmičnega sevanja) se izvajajo s 57 TLD (tip TLD-IJS-05) v okolici NEK in z devetimi TLD istega tipa na ograji NEK. Dozimetri so nameščeni krožno okoli NEK na razdaljah do 10 km od elektrarne. Postavljeni so na lokacijah, ki vključujejo tako urbano kot ruralno okolje z obdelanim in neobdelanim zemljiščem in so postavljeni na višini 1 m od tal. Seznam dozimetrov zunaj ograje NEK in na njej z osnovnimi podatki je v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2015, IJS-DP-12058*, v tabelah T-53/a, razmestitev pa je prikazana na drugem zemljevidu v prilogi tega poročila. V okviru nadzornega programa NEK je na Hrvaškem postavljenih še 10 TLD (podatki v tabeli T-55). V Sloveniji neodvisno poteka v okviru programa nadzora radioaktivnosti v RS meritev doze zunanjega sevanja s TLD na 50 lokacijah po vsej državi (podatki so v tabeli T-54). Kot referenčni dozimeter za obdelavo rezultatov meritev doze zunanjega sevanja upoštevamo TLD, ki je postavljen na dvorišču IJS.

Vsi TLD, tako tisti, ki se uporabljajo v programu rednega obratovalnega nadzora, kot tisti, ki so razporejeni po Sloveniji, se odčitavajo polletno, in sicer v obdobju junij–julij in december–januar. Odčitavanje poteka na sistemu IJS MR 200 (C) v Laboratoriju za termoluminiscenčno dozimetrijo na IJS. Z merskim sistemom lahko merimo osebne in okoljske doze (okoljski dozni ekvivalent  $H^*(10)$ ) v intervalu doz od 5  $\mu\text{Sv}$  do 5 Sv [56]. Dozimetri TLD-IJS-05 ( $\text{CaF}_2:\text{Mn}$ ) so umerjeni v fotonskem sevalnem polju pri energijah od 40 keV do 1 332 keV v Laboratoriju za dozimetrične standarde (NDS) na IJS. Pred namestitvijo TLD se opravi individualna kalibracija dozimetrov po postopku *Umerjanje (kalibracija) dozimetrov IJS TLD-05 (TLD-KP-02)*.

Na Hrvaškem se doza zunanjega sevanja meri s TLD-100H (LiF: Mg, Cu, P) in TLD-100 (LiF: Mg, Ti) [57]. Vsi dozimetri so kalibrirani v Sekundarnem standardnem dozimetrijskem laboratoriju (SSDL) na Institutu Ruđer Bošković v Zagrebu [56], [57].

Dodatno je v okolici NEK postavljenih še 14 kontinuirnih merilnikov MFM-203, 13 jih nadzira NEK, enega pa URSJV. Poleg teh merilnikov je po vsej Sloveniji še 35 merilnikov MFM v sklopu mreže zgodnjega obveščanja (MZO), 18 merilnikov v sklopu mreže URSJV – MZO (podskupina ARSO) in 8 merilnikov v sklopu mreže URSJV. Kontinuirni merilniki hitrosti doze so povezani v sistem mreže za zgodnje zaznavanje zunanjega sevanja, ki je dostopna na spletnem naslovu <http://www.radioaktivnost.si>.

## REZULTATI MERITEV

Rezultati meritev specifične aktivnosti radionuklidov v vzorcih zemlje in iz aktivnosti izračunanih okoljskih doznih ekvivalentov so v primerih, ko je med največjo in najmanjšo vrednostjo razmerje več kot 2, podani kot *povprečna vrednost; stresanje podatkov*, v drugih primerih pa kot *povprečna vrednost  $\pm$  negotovost*.

Rezultati meritev specifične aktivnosti radionuklidov v vzorcih zemlje so zbrani v tabelah T-57, T-58, T-59 in T-60, ki so na priloženi zgoščenki v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2015, IJS-DP-12058*, marec 2016. Pričakovano so bili izmerjeni naravni radionuklidi ter umetna radionuklida Cs-137 in Sr-90, ki sta povsod prisotna zaradi globalne kontaminacije. Drugi radionuklidi, ki se pojavljajo v izpustih NEK (plinski izpusti so prikazani v



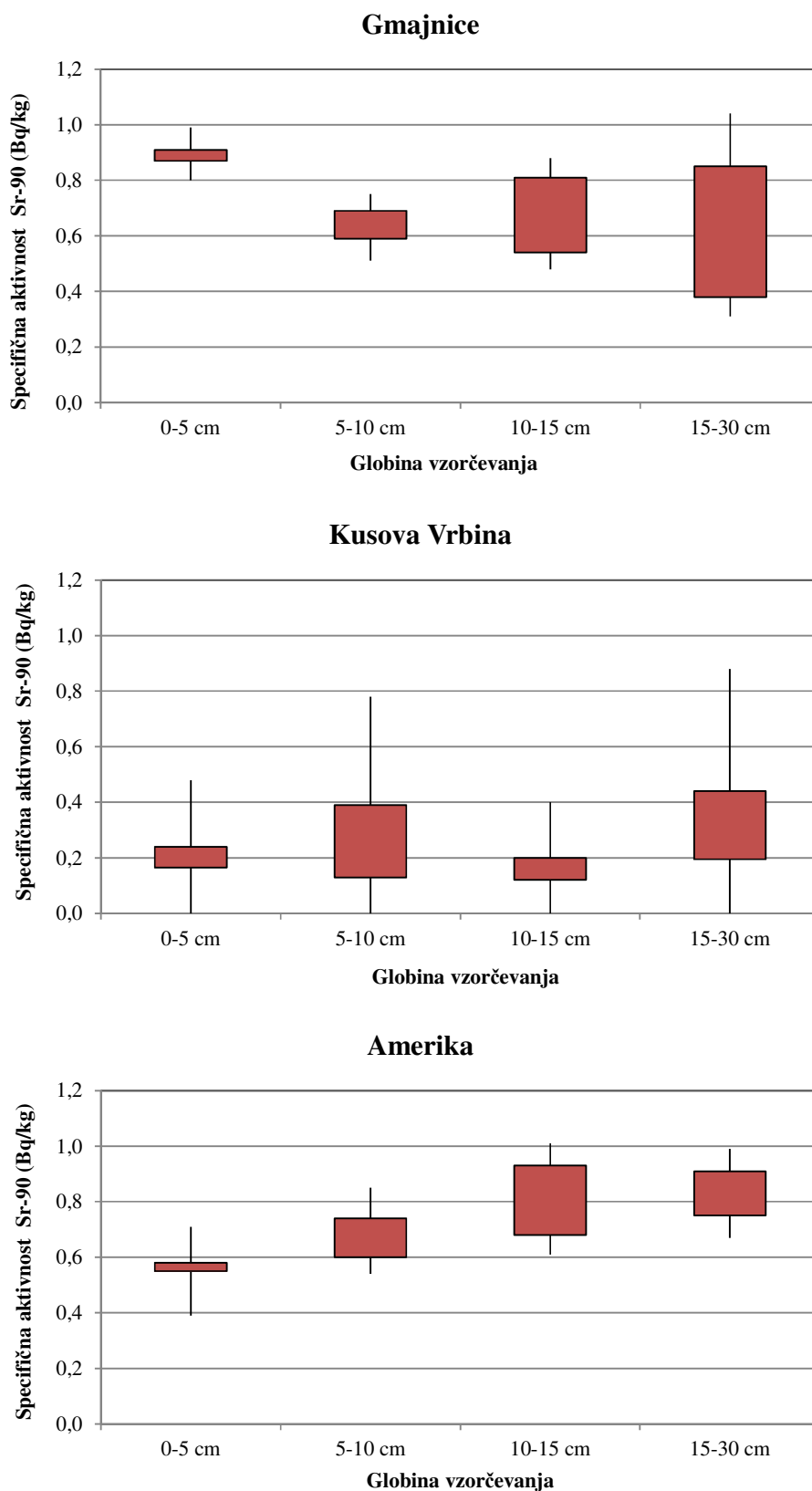
tabeli 5.5, tekoči izpusti pa se obravnavajo v poglavju *Reka Sava*), pa niso bili izmerjeni. Specifične aktivnosti naravnih radionuklidov, članov uranove in torijeve razpadne vrste ter K-40, v zemlji se v okviru negotovosti tipično ujemajo pri spomladanskem in jesenskem vzorčevanju. Specifične aktivnosti ne kažejo nobene značilne odvisnosti od globine vzorčevanja. Izjema je Pb-210, ki se kot razpadni produkt Rn-222 izpira iz atmosfere in zato so njegove koncentracije večje v zgornjih plasteh. Podobno velja za kozmogeni Be-7, ki pa je zaradi kratkega razpolovnega časa v merljivih specifičnih aktivnostih navzoč le v zgornjih plasteh zemlje. Specifični aktivnosti obeh potomcev torijeve razpadne vrste, Ra-228 in Th-228, se ujemata, pri uranovi razpadni vrsti pa je zaradi večje topnosti urana specifična aktivnost U-238 nižja od specifične aktivnosti Ra-226. Specifične aktivnosti K-40, U-238 in Ra-226 se ujemajo s povprečnimi aktivnostmi, ki jih navaja UNSCEAR [50] za države južne Evrope.

Specifične aktivnosti Sr-90 v letu 2015 so v razponu od 0,12 Bq/kg v Kusovi Vrbini v globini 10–15 cm do 0,93 Bq/kg v globini 10–15 cm v Ameriki. Na sliki 5.1 je prikazana globinska porazdelitev specifične aktivnosti Sr-90 za leto 2015. Vzrok za nekoliko nižje specifične aktivnosti v Kusovi Vrbini je lahko prisotnost močnejšega izpiranja zemljine z vodo, saj področje leži na poplavnem območju. Na sliki 5.2 je prikazana globinska porazdelitev za Cs-137. Specifične aktivnosti Cs-137 v zemlji so od 1,2 Bq/kg v globini 5–10 cm v Kusovi Vrbini do 69 Bq/kg v globini 5–10 cm v neobdelani zemlji v Gmajnicah. Primerjave med različnimi lokacijami (in celo na isti lokaciji: Gmajnice in Kusova Vrbina) pokažejo bistveno večje stresanje izmerjenih specifičnih aktivnosti Cs-137 kot Sr-90, kar bi se lahko pojasnilo z drugačno prehodnostjo Cs-137 skozi zemljino. Pričakovano je na poplavnem območju Kusove Vrbine specifična aktivnost najmanjša, razlika med Gmajnicami in Ameriko v globini nad 10 cm pa je verjetno posledica različne prehodnosti Cs-137 zaradi drugačne sestave zemljine.

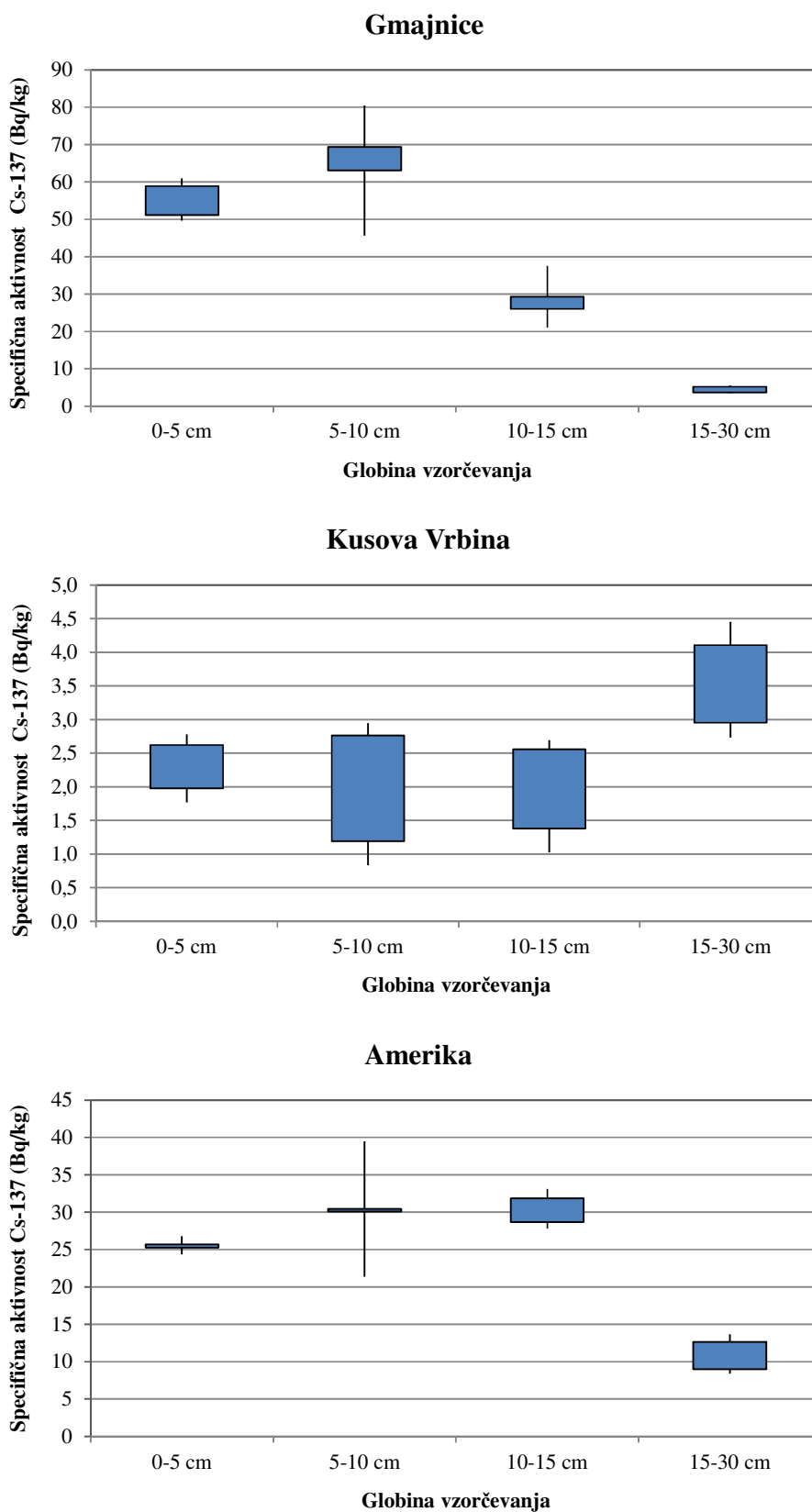
Rezultati meritev doze zunanjšega sevanja (sevanja gama in ionizirajoče komponente kozmičnega sevanja) za leto 2015 so v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2015, IJS-DP-12058* v tabelah T-53/b in T-53/c za okolico NEK in za TLD na ograji NEK. V tabeli 5.1 so povzeti povprečni letni dozni ekvivalenti za okolico NEK, za ograjo NEK, po Sloveniji in za okolico Zagreba na Hrvaškem. V okviru merske negotovosti so letni dozni ekvivalenti za dozimetre v različnih oddaljenostih od NEK primerljivi s tistimi v preteklih letih. Na sliki 5.3 je prikazana pogostost doz po doznih intervalih za vseh 67 TLD, ki se uporabljajo pri rednem nadzoru NEK. S slike je razvidno, da porazdelitev doz ni monotona, prisoten pa je en vrh. Porazdelitev doz med 0,50 mSv in 0,65 mSv ustreza dozam, ki so bile izmerjene na ograji NEK, vrh med 0,70 mSv in 1,00 mSv pa pripada dozam, ki so bile izmerjene z dozimetri v okolici NEK. Nižje doze na ograji NEK lahko pojasnimo s prodnatimi tlemi ter zaščitnim delovanjem zgradb in asfaltiranih površin znotraj ograje NEK, ki slabijo zunanje sevanje naravnih radionuklidov iz zemljišča.

Hitrost doze v okolici NEK se meri s štirinajstimi kontinuirnimi merilniki hitrosti doze MFM. Rezultati so v tabeli T-56/a. Pri rezultatih meritev s temi merilniki je lastno ozadje merilnikov upoštevano in odšteto od izmerkova. V letu 2015 je bil izmerjen povprečni letni okoljski dozni ekvivalent  $H^*(10)$  ( $0,81 \pm 0,16$ ) mSv v razponu od 0,57 mSv do 1,08 mSv. Povprečni letni okoljski dozni ekvivalent iz teh meritev je za 2 % manjši, kot je povprečni letni okoljski dozni ekvivalent, izmerjen s TLD v okolici NEK (tabela 5.1). Povprečni letni dozni ekvivalent pri 43 kontinuirnih merilnikih v Sloveniji, ki so pod nadzorom URSJV (mreži MZO in URSJV), je bil v letu 2015 ( $0,83 \pm 0,13$ ) mSv v razponu od 0,57 mSv do 1,14 mSv. Povprečni letni okoljski dozni ekvivalent, izmerjen s 43 MFM, je za 7 % nižji od tistega, ki ga kažejo meritve s TLD na območju Slovenije (tabela 5.1). Iz primerjave letnih okoljskih doznih ekvivalentov v tabelah T-56/c in T-56/d, izmerjenih z MFM, z letnimi okoljskimi doznimi ekvivalenti, izmerjenimi s TLD po Sloveniji [14], ugotavljamo, da vrednosti nihajo tudi za 20 % in več, čeprav so lokacije MFM in TLD bližnje. Za TLD in MFM, ki sta pri meteorološki postaji Reaktorskega centra IJS v Brinju, smo ugotovili zelo dobro ujemanje med mesečnimi izmerki:  $u$ -preskus za mesečne izmerke med TLD in MFM je med 0,55 in 1,36, kar pomeni dobro ujemanje. Tako razlike med letnim doznim ekvivalentom, izmerjenim s TLD in MFM, lahko pripišemo sezonskim vplivom, vzorčevanju, postavitvi dozimetra (podlaga) in drugim vplivom, ne pa sami kalibraciji ali morebitni nenatančnosti merilnikov. Povprečni letni okoljski dozni ekvivalent, izmerjen s 17 MFM v mreži URSJV – MZO (podskupina ARSO), pa je bil v letu 2015 ( $0,97 \pm 0,17$ ) mSv v razponu od 0,69 mSv do 1,28 mSv. Ta dozni ekvivalent je večji za 8 % od povprečnega letnega doznega ekvivalenta, izmerjenega s TLD v Sloveniji.





**Slika 5.1:** Globinska porazdelitev specifične aktivnosti Sr-90 na lokacijah Gmajnice (neobdelana zemlja), Kusova Vrbina in Amerika v letu 2015. Višine pravokotnikov ustrezajo vrednostim od najmanjše do največje izmerjene aktivnosti v letu, polne črtice pa pomenijo razširjeno območje izmerjenih vrednosti z upoštevanjem negotovosti.

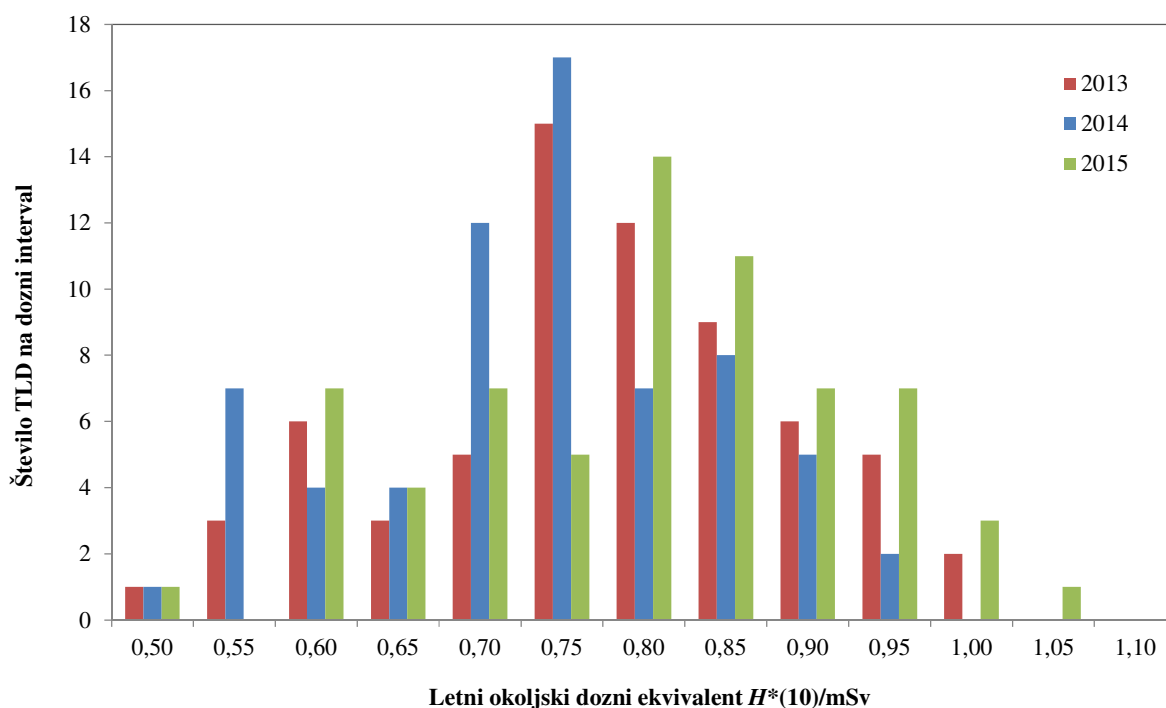


**Slika 5.2:** Globinska porazdelitev specifične aktivnosti Cs-137 na lokacijah Gmajnice (neobdelana zemlja), Kusova Vrbina in Amerika v letu 2015. Višine pravokotnikov ustrezajo vrednostim od najmanjše do največje izmerjene aktivnosti v letu, polne črtice pa pomenijo razširjeno območje izmerjenih vrednosti z upoštevanjem negotovosti.



**Tabela 5.1:** Letni okoljski dozni ekvivalent  $H^*(10)$  na ograji NEK, v okolici NEK, v Sloveniji, Ljubljani in na Hrvaškem v letu 2015

Lokacija	Št. TLD	$H^*(10)/\text{mSv}$	Razpon $H^*(10)/\text{mSv}$
Na ograji NEK	9	$0,599 \pm 0,035$	0,520–0,644
Okolica NEK skupaj	57	$0,829 \pm 0,096$	0,667–1,069
Okolica NEK do 1,5 km	13	$0,805 \pm 0,122$	0,694–1,069
Okolica NEK od 1,5 km do 5 km	22	$0,825 \pm 0,095$	0,667–0,978
Okolica NEK od 5 km do 10 km	22	$0,842 \pm 0,089$	0,675–0,990
Slovenija	50	$0,895 \pm 0,153$	0,606–1,381
Ljubljana – referenčna lokacija	1	$0,848 \pm 0,119$	/
Hrvaška	10	$0,750 \pm 0,105$	0,612–0,923



**Slika 5.3:** Porazdelitev letnega okoljskega doznega ekvivalenta  $H^*(10)$  za vse dozimetre ( $N = 67$ ) na ograji NEK in v okolici NEK ter na referenčni lokaciji v Ljubljani po doznih intervalih 0,05 mSv v letih 2013, 2014 in 2015. Pri posameznem doznem intervalu je navedena srednja vrednost tega intervala (npr. za interval od 0,525 mSv do 0,575 mSv je to 0,55 mSv).



## DISKUSIJA

Usedanje iz zraka in poplavljanje reke Save sta glavni prenosni poti, po katerih lahko izpusti iz NEK dosežejo lokacije, kjer se zbirajo vzorci zemlje. Used Cs-137 do globine 30 cm, izmerjen v zadnjih letih na neobdelanih površinah, je predstavljen v tabeli 5.2. Veliko stresanje izmerkov lahko pripišemo nehomogenosti useda, izpostavljenosti lokacij poplavam (Kusova Vrbina) ter zapletenosti mehanizma migracije useda na mikrolokacijah, saj očitno ni korelacije niti pri zelo bližnjih mestih vzorčevanja (Gmajnice). Eden izmed mogočih vzrokov je vpliv prednostnih smeri toka vode v zemeljski ruši, ki lahko bistveno spremeni pričakovano porazdelitev radionuklidov v zemlji tudi na bližnjih lokacijah [53]. V Kusovi Vrbini je opazno zniževanje usedov z leti, v Ameriki se je v zadnjih petih letih zniževanje usedov praktično ustavilo, v Gmajnicah pa stresanje izmerkov kaže na veliko nehomogenost useda.

V okviru nadzora radioaktivnosti v okolju v Republiki Sloveniji se meri used do globine 15 cm v Ljubljani, Kobaridu in Murski Soboti. V letu 2015 so bili na teh lokacijah izmerjeni povprečni usedi Cs-137 ( $8,4 \pm 0,5$ ) kBq/m<sup>2</sup>, ( $7,1 \pm 0,1$ ) kBq/m<sup>2</sup> in ( $2,77 \pm 0,04$ ) kBq/m<sup>2</sup>. Te vrednosti so primerljive z vrednostmi, ki so bile izmerjene do globine 15 cm v Gmajnicah, Kusovi Vrbini in Ameriki, kjer so bili izmerjeni usedi ( $5,6 \pm 0,4$ ) kBq/m<sup>2</sup>, ( $0,31 \pm 0,02$ ) kBq/m<sup>2</sup> in ( $4,3 \pm 0,2$ ) kBq/m<sup>2</sup>. To kaže, da izmerjeni used Cs-137 v okolici NEK ni posledica izpustov NEK. Usedi Sr-90 na lokacijah v okolici NEK so v okviru stresanja izmerkov primerljivi z usedi na lokacijah iz nadzora radioaktivnosti v Republiki Sloveniji. Usedi na lokacijah iz nadzora radioaktivnosti v Republiki Sloveniji so ( $0,17 \pm 0,01$ ) kBq/m<sup>2</sup>, ( $0,25 \pm 0,01$ ) kBq/m<sup>2</sup> in ( $0,12 \pm 0,01$ ) kBq/m<sup>2</sup>, na lokacijah v okolici NEK pa ( $0,084 \pm 0,003$ ) kBq/m<sup>2</sup>, ( $0,032$ ;  $0,014$ ) kBq/m<sup>2</sup> in ( $0,10 \pm 0,01$ ) kBq/m<sup>2</sup>.

**Tabela 5.2:** Primerjava usedov Cs-137 do globine 30 cm na vzorčevalnih mestih z neobdelano zemljo

LETO / ODVZEM	GMAJNICE	KUSOVA VRBINA	AMERIKA
	Used (kBq/m <sup>2</sup> )		
2005/1	13,0 ± 0,4	4,5 ± 0,1	13,4 ± 0,4
2005/2	11,0 ± 0,3	6,4 ± 0,2	8,4 ± 0,3
2006/1	10,0 ± 0,3	3,1 ± 0,1	13,0 ± 0,4
2006/2	10,0 ± 0,3	3,7 ± 0,1	11,0 ± 0,3
2007/1	11,0 ± 0,2	3,6 ± 0,1	8,5 ± 0,2
2007/2	6,9 ± 0,2	7,2 ± 0,2	14,0 ± 0,3
2008/1	13,0 ± 0,3	3,2 ± 0,1	9,3 ± 0,2
2008/2	14,0 ± 0,4	3,4 ± 0,1	9,2 ± 0,3
2009/1	3,20 ± 0,1	3,9 ± 0,1	8,1 ± 0,3
2009/2	6,6 ± 0,2	2,5 ± 0,1	7,7 ± 0,2
2010/1	12,0 ± 0,4	3,1 ± 0,1	7,1 ± 0,2
2010/2	8,2 ± 0,3	1,7 ± 0,1	6,0 ± 0,2
2011/1	8,8 ± 0,3	2,7 ± 0,1	7,4 ± 0,2
2011/2	7,7 ± 0,2	2,4 ± 0,1	7,5 ± 0,3
2012/1	12,2 ± 0,3	1,0 ± 0,1	7,5 ± 0,2
2012/2	11,3 ± 0,3	1,6 ± 0,1	6,7 ± 0,2
2013/1	4,7 ± 0,1	0,7 ± 0,1	6,9 ± 0,2
2013/2	15,8 ± 0,4	1,2 ± 0,1	7,8 ± 0,2
2014/1	3,3 ± 0,1	0,6 ± 0,1	7,4 ± 0,2
2014/2	1,8 ± 0,1	1,5 ± 0,1	6,9 ± 0,2
2015/1	6,1 ± 0,8	0,7 ± 0,1	6,2 ± 0,2
2015/2	6,2 ± 0,1	1,0 ± 0,1	6,3 ± 0,5



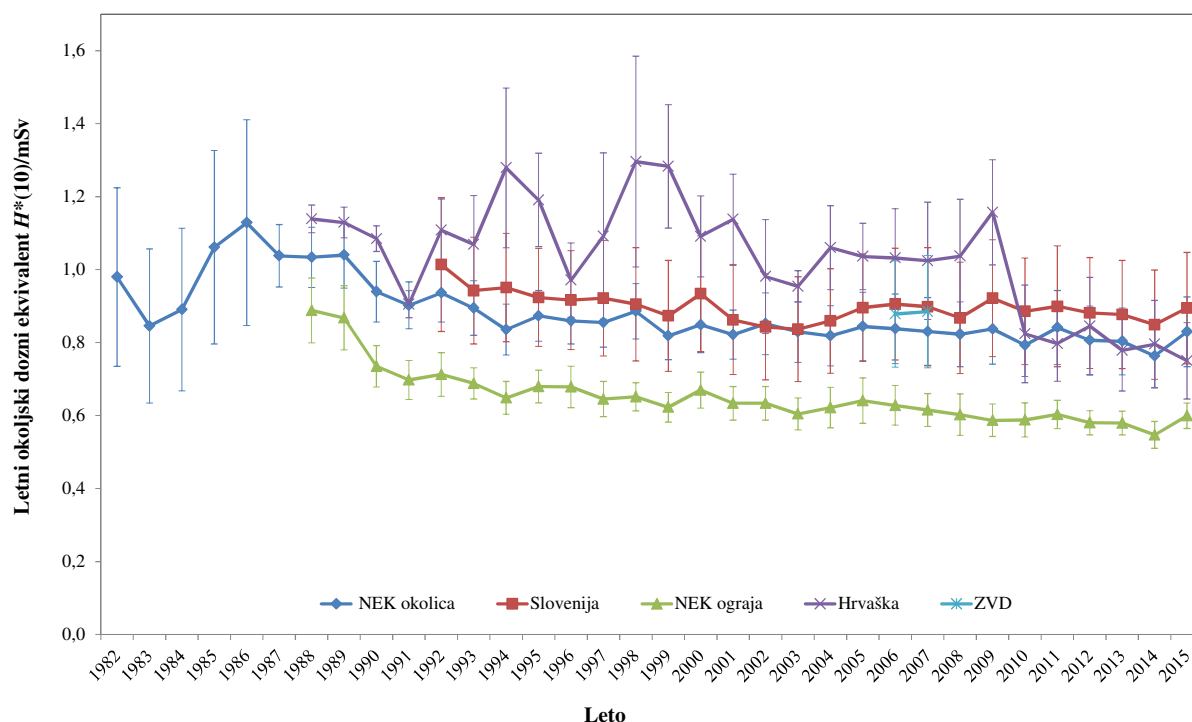
Naravni radionuklidi, potomci uranove in torijeve razpadne verige, ter K-40 so v zemlji porazdeljeni enakomerno, razen Pb-210, ki se useda iz zraka kot potomec Rn-222. Potomca iz torijevega razpadnega niza Ra-228 in Th-228 sta v ravnovesju v vseh globinah in na vseh lokacijah. U-238 in Ra-226 nista v ravnovesju, ker je uran v vodi topnejši od radija in se zato bolj izpira. Rezultati meritev kažejo, da so koncentracije potomcev uranove in radijeve razpadne vrste ter K-40 na lokacijah, ki so izpostavljene rednim poplavam, nižje.

Na sliki 5.4 so za obdobje od leta 1982 do 2015 povzeti rezultati letnih okoljskih doznih ekvivalentov, izmerjenih s TLD, v okolici NEK, na ograji NEK, v Sloveniji in na Hrvaškem. Za leti 2006 in 2007 sta dodani povprečni meritev s TLD za Slovenijo, ki jih je izvajal ZVD.

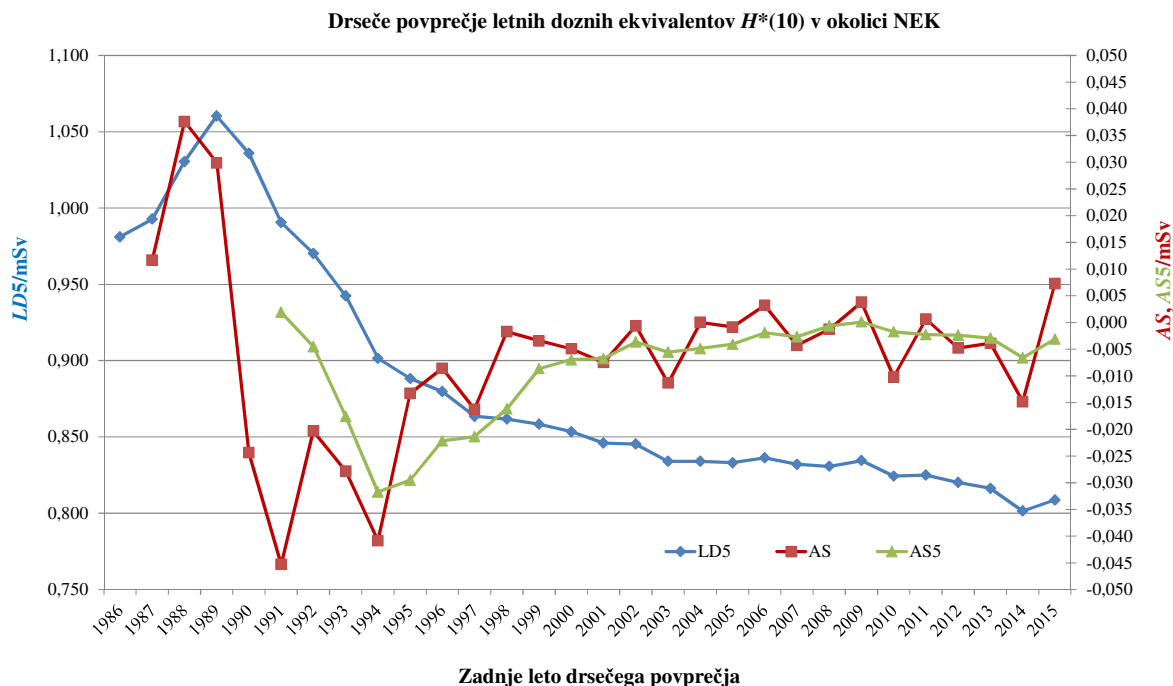
Za meritve, narejene na območju Slovenije, je značilno izrazito zmanjševanje letne doze, predvsem v prvih letih po črnbilski nesreči, ki se je zgodila leta 1986. Vzrok je razpad usedlih kratkoživih sevalcev gama, ki so v začetnem obdobju največ prispevali k zunanjemu sevanju, in prodiranje Cs-137 v globino. V zadnjih desetih letih, ko je v okolju še edini umetni sevalec gama Cs-137, upadanje, ki ga lahko pripišemo radioaktivnemu razpadu Cs-137 (njegova aktivnost se zmanjšuje za 2,3 % na leto), ni več tako izrazito, saj je sprememba (zmanjšanje) letne doze manjša od negotovosti meritev. Na sliki 5.5 iz 5-letnih drsečih povprečij absolutnih sprememb letnih doz (AS5) v okolici NEK lahko ocenimo, da se letni okoljski dozni ekvivalent vsako leto zmanjša za približno 0,003 mSv. Če celotno zmanjšanje letnega okoljskega doznega ekvivalenta pripišemo izključno radioaktivnemu razpadu Cs-137, dobimo za oceno prispevka Cs-137 k letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu 0,13 mSv, kar je približno polovico več od ocene prispevka Cs-137 k letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu iz zemlje, ki jo dobimo z enačbo (5.1) in podatkov iz tabele 5.3 za lokacijo Gmajnice in je 0,08 mSv.

Od leta 1992 do 2015 so bili povprečni letni okoljski dozni ekvivalenti v Sloveniji višji od tistih v okolici NEK. Razlog je najverjetneje v večji pestrosti točk v programu nadzora radioaktivnosti v RS, ki vključuje tudi lokacije, kjer zaradi konfiguracije zemljišča, sestave tal ali večje nadmorske višine pričakujemo višje ravni sevanja. Povprečni letni okoljski dozni ekvivalent v okolici NEK je za 38 % višji od tistega na ograji NEK. Razliko pripisujemo prodnatim tlem (odstranjena plast zemlje) in zaščitnemu delovanju zgradb ter asfaltiranih površin znotraj ograje NEK, ki slabijo zunanje sevanje naravnih izotopov iz zemljišča. Neposredni vpliv sevanja iz elektrarniških objektov na ograji ni merljiv. Ta sklep so v preteklosti potrjevale meritve sevanja z ionizacijsko celico na krožni poti znotraj ograje ob rednih obhodih mobilne enote v NEK (ROMENEK). Nekoliko povišane vrednosti so bile izmerjene le v bližini skladišča RAO in rezervoarja RWST, drugod pa so bile nižje od tistih v naravnem okolju. Za dozimetre na ograji NEK pa je poleg nižjih vrednosti značilna še majhna disperzija izmerkov na različnih mestih, kar kaže na enakomerno sevalno okolje.

Vrednosti letnih doz TLD v okolici Zagreba na Hrvaškem so bile v preteklosti sistematično višje od tistih v Sloveniji. Leta 2010 je prišlo do zamenjave izvajalca meritev, zato so se spremenile tudi mikrolokacije, saj so bili dozimetri prestavljeni na ustrežnejša mesta. Tako se od leta 2010 povprečni letni dozni ekvivalent, izmerjen s TLD na Hrvaškem, ujema s tistim, ki je bil izmerjen s TLD v okolici NEK, in se sistematsko ne odmika od doz, izmerjenih po Sloveniji. Takšna ugotovitev je zelo pomembna za potrditev kakovosti merskih podatkov, izmerjenih s TLD, saj z različnimi uporabljenimi materiali, ki se uporabljajo kot dozimetri, in z različnimi merskimi postopki dobimo v okviru merske negotovosti enako vrednost povprečnega letnega okoljskega doznega ekvivalenta. To je še dodatna potrditev tega, da dozimetri v okolici NEK kažejo pravo vrednost ter da lahko vsa nihanja merskih podatkov pripišemo fluktuacijam zaradi razgibanega, geološko raznolikega terena in drugih mogočih vplivov (pokritost tal s snežno odejo, posegi v okolje itd.).



**Slika 5.4:** Povprečni letni okoljski dozni ekvivalent  $H^*(10)$  v okolici NEK, na ograji NEK, v Sloveniji in na Hrvaškem od 1982 do 2015



**Slika 5.5:** Petletno drseče povprečje letnega okoljskega doznega ekvivalenta  $H^*(10)$  ( $LD5$ ), absolutna sprememba 5-letnega drsečega povprečja ( $AS$ ) in 5-letno drseče povprečje absolutne spremembe ( $AS5$ ) v okolici NEK od 1982 do 2015. Negotovosti za  $LD5$  so med 0,030 mSv in 0,11 mSv, za  $AS$  med 0,043 mSv in 0,13 mSv ter za  $AS5$  med 0,019 mSv in 0,033 mSv. Zaradi boljše preglednosti negotovosti na sliki niso prikazane.


**Tabela 5.3:** Primerjava izračunanega in izmerjenega letnega doznega ekvivalenta v letu 2015 za tri lokacije vzorčevanja zemlje v okolici NEK

Izotop	Povprečna polletna specifična aktivnost (0–15 cm)  (Bq/kg)	Letni dozni ekvivalent, $H^*(10)$		Letni dozni ekvivalent, $H^*(10)$ (TLD)  (mSv)
		Sevanje tal	Sevanje tal in kozmična komponenta	
		(mSv)		
<b>Gmajnice</b>				<b>št. dozimetra 59</b>
Ra-226	34,5 ± 5,1	0,60 ± 0,07	0,87 ± 0,08	0,68 ± 0,10
Ra-228	28,5 ± 2,8			
K-40	362 ± 32			
Cs-137	47,6 ± 4,7			
<b>Kusova Vrbina</b>				<b>št. dozimetra 21</b>
Ra-226	29,2 ± 3,4	0,42 ± 0,04	0,69 ± 0,05	0,71 ± 0,10
Ra-228	21,7 ± 1,4			
K-40	294 ± 22			
Cs-137	2,1 ± 0,2			
<b>Amerika</b>				<b>št. dozimetra 63</b>
Ra-226	40,6 ± 4,5	0,63 ± 0,05	0,90 ± 0,06	0,81 ± 0,11
Ra-228	31,2 ± 2,3			
K-40	383 ± 29			
Cs-137	29,0 ± 2,2			

Dozimetri v okolici NEK so postavljeni na mestih, kjer se nadmorska višina spreminja od 155 m v Krškem do 434 m v Velikem Trnu nad Krškim. Iz enačbe (7) v poročilu *Ovrednotenje rezultatov meritev radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško* [5] lahko potem izračunamo, da je letna efektivna doza kozmičnih žarkov v Krškem 0,242 mSv na leto, v Velikem Trnu pa 0,255 mSv, kar pomeni, da je doza zaradi kozmičnega sevanja na nadmorskih višinah dozimetrov v okolici jedrskega objekta v Krškem skoraj enaka. Izračun prispevka kozmičnega sevanja lahko naredimo tudi s programom EXPACS [57], ki za prispevek kozmičnega sevanja k letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu da 0,30 mSv. Pri tem v nobenem izračunu nevtronska komponenta kozmičnega sevanja ni bila upoštevana, ker TLD, ki se uporabljajo v okolici NEK, za nevtrone niso občutljivi. Na podlagi obeh izračunov lahko skupen prispevek kozmičnega sevanja k letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu ocenimo na  $(0,27 \pm 0,03)$  mSv.

Iz meritev specifičnih aktivnosti naravnih radionuklidov v zemlji lahko ocenimo še prispevek zemeljskega sevanja. Za izračun letnega okoljskega doznega ekvivalenta  $H^*(10)$  uporabimo novo enačbo (5.1), ki jo dobimo iz stare enačbe (8) v [5]:

$$H^*(10)_{\text{letno}} = \sum_i w_i C_i \quad (5.1)$$

V enačbi (5.1) smo s  $C_i$  označili specifične aktivnosti Ra-226, Th-232 (Ra-228), K-40 in Cs-137 v zemlji, ki so izražene z enoto Bq/kg. Koeficienti  $w_i$  so značilni za posamezne radionuklide ali radionuklide v razpadni shemi določenega radionuklida, ustrezne vrednosti za posamezni radionuklid pa so 4,94, 6,56, 0,449 in 1,68 ter so izraženi v enotah  $\mu\text{Sv}/(\text{Bq}/\text{kg})$ . Enačba (8) je primerna za izračun letnega okoljskega doznega ekvivalenta, če je porazdelitev radionuklidov neodvisna od globine [59]. To dobro velja za



naravne radionuklide, ne velja pa za porazdelitev cezija, ki se z globino spreminja [59]. Vendar v prvem približku, ko gre za oceno, lahko to zanemarimo, saj je prispevek Cs-137 med vsemi radionuklidi, ki nastopajo v enačbi (5.1), v povprečju najnižji (1–13 %). Iz rezultatov meritev specifičnih aktivnosti radionuklidov v zemlji, ki so zbrani v tabelah T-57, T-58, T-59 in T-60, lahko povzamemo povprečne aktivnosti Ra-226, Ra-228 (Th-232), K-40 in Cs-137 v globinah od 0 cm do 15 cm na lokacijah v Gmajnicah, Kusovi Vrbini in Ameriki.

Na lokacijah Gmajnice in Amerika se vzorčuje neobdelana zemlja, ki je podobna kot podlaga pri večini merilnih postaj za TLD. Na lokaciji Kusova Vrbina pa se vzorčuje mešanica naplavin in zemlje, ki je podobna podlagi, na kateri stoji TLD v neposredni bližini. Iz povprečnih specifičnih aktivnosti Ra-226, Ra-228, K-40 in Cs-137 v zemlji na lokacijah Gmajnice, Kusova Vrbina in Amerika po enačbi (5.1) izračunamo okoljske dozne ekvivalente za omenjene lokacije. Rezultati so zbrani v tabeli 5.3. Iz tabele 5.3 lahko ocenimo, da je prispevek zemeljskega sevanja k letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu v okolici NEK v razponu od 0,42 mSv do 0,63 mSv. Izračunani prispevek kozmične komponente je približno eno tretjino celotne letne doze brez nevtronske komponente. Za lokaciji Kusova Vrbina in Amerika se vsota obeh prispevkov v okviru negotovosti ujema z izmerki TLD.

## OCENA VPLIVOV

Iz dejanske globinske porazdelitve specifične aktivnosti Cs-137 je bil ocenjen letni okoljski dozni ekvivalent  $H^*(10)$ , ki je posledica globalne kontaminacije. Za izračun hitrosti doze so bili uporabljeni rezultati računa Monte Carlo, ki omogoča določitev prispevkov Cs-137 iz različnih globin [52]. Okoljski dozni ekvivalent  $H^*(10)$  je bil izračunan iz zveze  $H^*(10) = w \cdot D$  po standardu ISO 4037-3, pri čemer je  $D$  absorbirana doza v zraku na letni ravni,  $w = 1,20$  pa je konverzijski faktor za pretvorbo absorbirane doze v okoljski dozni ekvivalent za Cs-137. Iz tabele 5.4 je razvidno, da so ocenjeni letni okoljski dozni ekvivalenti zaradi Cs-137 na lokacijah v okolici NEK v območju med 0,002 mSv in 0,024 mSv. To je primerljivo z vrednostmi na lokacijah, kjer se zemlja vzorčuje v okviru nadzora radioaktivnosti v Republiki Sloveniji. Tam so ocenjene letne doze  $H^*(10)$  v razponu od 0,021 mSv do 0,05 mSv.

**Tabela 5.4:** Ocenjena letna vrednost  $H^*(10)$  zaradi globalne kontaminacije s Cs-137 do globine 15 cm v letu 2015

LOKACIJA	$H^*(10)/\text{mSv}$	LOKACIJA	$H^*(10)/\text{mSv}$
Gmajnice, neobdelana	$0,037 \pm 0,007$	Ljubljana	$0,05 \pm 0,01$
Kusova Vrbina	$0,002 \pm 0,001$	Kobarid	$0,05 \pm 0,01$
Amerika	$0,024 \pm 0,005$	Murska Sobota	$0,021 \pm 0,004$

Povprečne svetovne specifične aktivnosti v zemlji, ki jih navaja UNSCEAR, so 420 Bq/kg za K-40, 33 Bq/kg za U-238 in 45 Bq/kg za Th-232 [50]. Te vrednosti se dobro ujemajo z izmerjenimi vrednostmi v zemlji v okolici NEK, ki so navedene v tabeli 5.3 (izmerjene vrednosti za Ra-226 in Th-228 smo primerjali z vrednostmi, ki jih navaja UNSCEAR za U-238 in Th-232).

Kot je bilo ugotovljeno, prispevkov NEK k dozi zunanega sevanja ni mogoče neposredno meriti s TLD in MFM. Mreža TLD zato meri dozo sevanja gama naravnih radionuklidov v okolju, ionizirajoče komponente sevanja kozmičnega porekla ter prispevka globalne kontaminacije s Cs-137. Povprečni izmerjeni letni okoljski dozni ekvivalent v okolici NEK v letu 2015 je bil  $(0,83 \pm 0,10)$  mSv (tabela 5.1), kar je v okviru merske negotovosti enako kot v letu 2014,  $(0,76 \pm 0,09)$  mSv, v letu 2013,  $(0,80 \pm 0,09)$  mSv ter v letu 2012,  $(0,81 \pm 0,09)$  mSv.





Ker okoljski TLD ne merijo doze nevtronske komponente kozmičnega sevanja, smo le-to ocenili na podlagi poročila [50] in izračuna z uporabo programa EXPACS [57]. Pri izpostavitvi svetovnega prebivalstva poročilo ocenjuje po prebivalstvu uteženo povprečje, upoštevajoč nadmorsko višino in geografsko širino. Ker leži območje Krškega 155 m nad morsk gladino, smo privzeli podatek iz poročila [50], kjer za gladino morja na geografski širini  $50^\circ$  ocenjujejo letno efektivno nevtronsko dozo na 0,079 mSv, kar pomeni letni prispevek 0,103 mSv k letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu, če upoštevamo pretvorbeni faktor 1,3 med nevtronsko dozo in  $H^*(10)$  [61], [62]. S programom EXPACS [57] pa lahko ob upoštevanju dejanske geografske lege in nadmorske višine Krškega ter privzete 10 % vlažnosti tal naredimo izračun, ki nam da za prispevek nevtronov k letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu v letu 2015 0,089 mSv. Prispevek nevtronov k letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu lahko na podlagi obeh izračunov ocenimo na  $(0,096 \pm 0,007)$  mSv.

Kot smo že ugotovili, je bil prispevek sevanja gama iz objektov znotraj ograje NEK k letni dozi na ograji pod mejo zaznavnosti. V preteklosti so bili nekajkrat izmerjeni počasni in hitri nevtroni v bližini odprtine za vnos in iznos opreme na zadrževalnem hramu (*equipment hatch*) [54], opravljene pa so bile tudi meritve hitrosti doze nevtronov zunaj ograje NEK. V primeru meritev zunaj ograje NEK se je pokazalo, da je bilo izmerjeno le naravno ozadje kozmičnih nevtronov [55]. Ugotavljamo, da je prispevek sevanj iz objektov znotraj ograje NEK k zunanji dozi zunaj ograje zanemarljiv.

Letne efektivne doze zunanjega sevanja ob prehodu oblaka (imerzijske doze) pri atmosferskih izpustih iz NEK so ocenjene v poglavju *Zrak* na podlagi podatkov o izpuščenih aktivnostih in ob upoštevanju razredčitvenih koeficientov, dobljenih iz Lagrangeevega modela.

Used se računa za lokacije, na katerih poteka vzorčevanje zraka. Podatki, ki so potrebni za izračun, so izpusti iz NEK in depozicijski faktorji na posameznih lokacijah. Depozicijski faktorji se računajo po Lagrangeevem modelu, ki upošteva realne meteorološke podatke o gibanju zračnih mas in o padavinah. Iz podatkov o gibanju zračnih mas se določijo razredčitveni koeficienti  $\chi/Q$ , ki opisujejo koncentracijo radionuklidov v posameznih celicah modelne domene. Velikost modelne domene v NEK je  $25 \text{ km} \times 25 \text{ km} \times 3 \text{ km}$  in je razdeljena na  $100 \times 100$  celic v horizontalni smeri in 20 celic po vertikali. Celica je velika  $250 \text{ m} \times 250 \text{ m}$ , višina celice pa je spremenljiva in je odvisna od višine, kjer je celica. Tabele vrednosti depozicijskih faktorjev in razredčitvenih koeficientov so v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2015, IJS-DP-12058*, marec 2016.

Depozicijski faktor (imenovan tudi *koeficient relativne depozicije*)  $D/Q$  za določeno lokacijo z enoto  $\text{s/m}^2$  se izračuna po enačbi:

$$D/Q = k_T \cdot (\chi/Q)_1 \cdot h_1 + k_{\text{WDD}} \cdot \sum_{i=1}^N (\chi/Q)_i \cdot h_i \quad (5.2)$$

Pri tem je  $k_T$  faktor dotika, ki pove, kolikšen del radionuklidov se odloži pri stiku zračnih mas s tlemi,  $(\chi/Q)_1$  razredčitveni koeficient prvega prizemnega nivoja,  $h_1$  višina nivoja prvega prizemnega nivoja,  $k_{\text{WDD}}$  faktor mokre in suhe depozicije,  $(\chi/Q)_i$  razredčitveni koeficienti nivojev  $i$ ,  $h_i$  višina nivoja  $i$  in  $N$  število nivojev v domeni.

Prispevki k letni efektivni dozi zaradi useda iz oblaka so zbrani v tabeli 5.5. Letna efektivna doza za posamezni radionuklid na določeni lokaciji je produkt letnega izpusta, depozicijskega faktorja iz enačbe (5.2), ki so ga izračunali v podjetju MEIS storitve za okolje, d. o. o., in doznega pretvorbenega koeficienta  $DCF$  [60]. Dozni pretvorbeni koeficient upošteva izpostavljenost zaradi useda in resuspenzije s tal po štirih dneh, pri končni oceni efektivne doze pa smo konzervativno privzeli, da se je izpust celoletne aktivnosti ponavljal vsake 4 dni skozi vse leto (skupni ocenjeni letni izpust je vsota približno 91 dejanskih izpustov v tem letu). Iz rezultatov je razvidno, da je bila v letu 2015 letna efektivna doza največja na oddaljenosti 0,5 km od dimnika NEK, vendar je tudi ta prispevek popolnoma zanemarljiv glede na druge prispevke zunanjega sevanja. Tega prispevka NEK ni mogoče izmeriti niti s TLD niti s kontinuirnimi merilniki, ki so v okolici NEK, saj je daleč pod mejo detekcije. Že same variacije letnih efektivnih doz na posameznih lokacijah zaradi različnosti naravnega sevanja daleč presegajo prispevek NEK.


**Tabela 5.5:** Ocena letne efektivne doze zunanega sevanja zaradi useda radioaktivnih snovi za različne razdalje  $r$  od NEK za leto 2015

Oddaljenost od dimnika NEK (km)			0,5 km	0,8	1	1,5	3,25	7,5
Izotop	Izpust (Bq na leto)	DCF (Sv na leto) / (Bq/m <sup>2</sup> )	Letna efektivna doza zunanega sevanja zaradi useda radioaktivnih snovi (mSv)					
I-131	1,95E+08	7,83E-11	3,42E-11	6,86E-12	3,92E-12	4,09E-12	1,08E-12	6,96E-13
I-132	5,50E+08	1,84E-11	2,26E-11	4,53E-12	2,59E-12	2,70E-12	7,16E-13	4,60E-13
I-133	1,79E+07	4,32E-11	1,73E-12	3,46E-13	1,98E-13	2,07E-13	5,46E-14	3,51E-14
H-3	4,36E+12							
C-14	2,31E+10							
Cr-51		7,02E-12						
Mn-54	2,75E+03	1,94E-10	1,19E-15	2,39E-16	1,37E-16	1,43E-16	3,78E-17	2,43E-17
Co-58	4,20E+03	2,24E-10	2,11E-15	4,22E-16	2,41E-16	2,52E-16	6,67E-17	4,28E-17
Co-60	1,97E+04	5,67E-10	2,50E-14	5,01E-15	2,86E-15	2,99E-15	7,91E-16	5,08E-16
Zr-95		1,70E-10						
Nb-95		1,73E-10						
Ag-110m		6,48E-10						
Sb-124		4,05E-10						
Te-125m		2,97E-12						
Te-127m		2,97E-12						
Cs-137	1,11E+06	1,35E-10	3,36E-13	6,74E-14	3,85E-14	4,02E-14	1,06E-14	6,84E-15
Fe-55	1,37E+04	4,86E-14	1,49E-18	2,99E-19	1,71E-19	1,79E-19	4,73E-20	3,03E-20
Sr-90	1,54E+03	2,40E-11	8,30E-17	1,66E-17	9,49E-18	9,92E-18	2,63E-18	1,69E-18
<b>VSOTA</b>			5,89E-11	1,18E-11	6,74E-12	7,05E-12	1,87E-12	1,20E-12

**Tabela 5.6:** Doze  $H^*(10)$  zaradi zunanega sevanja v letu 2015 za prebivalstvo v okolici NEK

Vir	Podatki	$H^*(10)/mSv$
sevanje gama + ionizirajoča komponenta kozmičnega sevanja	TLD	0,83 (89 %)
kozmični nevtroni	[50], [57]	0,10 (11 %)
<b>naravno sevanje – skupaj</b>		<b>0,93 (100 %)</b>
kontaminacija zaradi černobilske nesreče in poskusnih jedrskih eksplozij	Cs-137 v zemlji	< 0,04 (< 4 %)**
<b>NEK – atmosferski izpusti</b>	<b>used (model)</b>	< 6E-11
<b>SKUPAJ</b>		<b>&lt; 0,97</b>

\* Ocena deleža glede na naravno sevanje. V tej oceni ni upoštevano, da se prebivalec zadržuje 20 % časa na prostem in da je faktor ščitenja pri zadrževanju v zgradbah 0,1, temveč je konservativno privzeto, da se prebivalec ves čas zadržuje na prostem.



V tabeli 5.6 so povzete ocenjene letne vrednosti  $H^*(10)$  za prebivalstvo v okolici NEK. Prevladuje izpostavitve zaradi naravnega sevanja in useda Cs-137 zaradi globalne kontaminacije. Prispevek NEK je, kot že rečeno, zanemarljiv.

## SKLEPI

Pri meritvah specifičnih aktivnosti radionuklidov v vzorcih zemlje, zbranih v letu 2015, vpliva NEK ni bilo mogoče zaznati. Prisotnost umetnih radionuklidov v okolju je posledica globalne kontaminacije zaradi jedrskih poskusov in černobilske nesreče. Letni okoljski dozni ekvivalent  $H^*(10)$  zaradi naravnih radionuklidov v zemlji je med 0,60 mSv in 0,63 mSv, na območjih rednih poplav pa približno 0,4 mSv. Letni okoljski dozni ekvivalenti zaradi globalne kontaminacije so v razponu od 0,002 mSv do 0,024 mSv. Prispevek kontaminacije zemljišča in urbanih površin s Cs-137 (černobilska nesreča in poskusne jedrske eksplozije) k letni dozi  $H^*(10)$  v letu 2015 je pri predpostavki enakomerne porazdelitve specifične aktivnosti Cs-137 od 1 % do 13 % skupne doze zaradi naravnih in umetnih radionuklidov v zemlji, ob upoštevanju dejanske globinske porazdelitve specifične aktivnosti Cs-137, pa je prispevek k skupni letni dozi manj kot 3 %.

Prispevki NEK k zunanjemu sevanju zunaj ograje zaradi sevanja iz objektov NEK in atmosferskih izpustov radioaktivnih snovi so zanemarljivi in nemerljivi s TLD in kontinuirnimi merilniki. Meja detekcije s TLD je 7,5  $\mu$ Sv. Posredno konservativno ocenjujemo, da je letna efektivna doza zaradi sevanja iz NEK manjša od 0,1  $\mu$ Sv.

Vrednost  $H^*(10)$  zaradi zunanjega sevanja naravnih sevalcev gama, ionizirajoče komponente kozmičnega sevanja in kozmičnih nevtronov v letu 2015 je bila za prebivalstvo v okolici NEK 0,93 mSv na leto in je primerljiva z oceno za svetovno prebivalstvo ter z ocenami za okolico NEK v prejšnjih letih. Primerjava ocene vrednosti  $H^*(10)$  ter izmerkov s TLD kaže dobro ujemanje.

Primerjava modelnih rezultatov za used iz radioaktivnega oblaka, izračunanih z Lagrangeevim modelom, je pokazala, da je bil prispevek zaradi atmosferskih izpustov NEK v letu 2015 nemerljiv, saj je bil nekaj velikostnih redov manjši od meje detekcije merilnikov. Merilniki pa bi bili še vedno sposobni zaznati morebiten človeku nevaren izpust.





## 6 RADIONUKLIDI V HRANI

### POVZETEK

*Namen določanja specifičnih aktivnosti radionuklidov v živilih, vzorčevanih v okolici NEK, je, da se preveri vpliv izpustov NEK na hrano in posledično oceni sevalna obremenitev prebivalstva zaradi uživanja hrane, ki vsebuje radionuklide. Specifične aktivnosti radionuklidov v živilih, vzorčevanih v okolici NEK, smo primerjali s specifičnimi aktivnostmi radionuklidov v živilih, vzorčevanih drugod po Sloveniji, in v krmi.*

*Pri oceni sevalne obremenitve prebivalcev v okolici NEK smo predpostavili, da le-ti uživajo le hrano, pridelano na krško-brežiškem področju, pri oceni sevalne obremenitve prebivalcev drugod po Sloveniji pa smo predpostavili, da uživajo hrano s celotnega območja Slovenije. Pri izračunu doze, prejete zaradi C-14 v okolici NEK, smo konzervativno privzeli, da prebivalci uživajo hrano iz neposredne bližine NEK dva meseca v letu, drugih 10 mesecev pa hrano od drugod (Dobova). Iz tega izhaja, da tudi v primeru računanja doze zaradi C-14 upoštevamo, da prebivalci uživajo hrano, pridelano na krško-brežiškem področju (od ograje NEK do Dobove). Razlika med računanjem doze zaradi C-14 in doze zaradi vnosa drugih radionuklidov v hrano je v tem, da se za C-14 upošteva uteženo povprečje specifične aktivnosti C-14 glede na lokacijo vzorčevanja, za druge radionuklide pa zaradi različnega načina vzorčevanja to ni mogoče. Doza pri C-14 se nanaša na hrano in ne na posamezno vrsto hrane, saj se specifične aktivnosti C-14 (v Bq na kilogram ogljika) v raznih vrstah živil ne razlikujejo. Razmerje med izotopoma C-14 in C-12 je namreč v vseh organizmih konstantno in izraža razmerje med izotopoma v atmosferi.*

*Ocenili smo, da je predvidena efektivna doza prebivalstva v okolici NEK zaradi vsebnosti naravnih radionuklidov K-40, Pb-210, U-238, Ra-226, Ra-228 in Th-228 v hrani v letu 2015 ( $214 \pm 14$ )  $\mu$ Sv za odrasle osebe, brez upoštevanja K-40 pa ( $73 \pm 14$ )  $\mu$ Sv, drugod po Sloveniji pa je predvidena efektivna doza prebivalstva zaradi vsebnosti naravnih radionuklidov v hrani ( $220 \pm 44$ )  $\mu$ Sv, brez upoštevanja K-40 pa ( $93 \pm 38$ )  $\mu$ Sv.*

*Vsebnost umetnih radionuklidov Cs-137 in Sr-90 v hrani je povečala sevalno obremenitev prebivalcev okolice NEK še za ( $0,7 \pm 0,1$ )  $\mu$ Sv, kar je le 1,0 % celotne izračunane efektivne doze zaradi uživanja hrane brez upoštevanja K-40. To je z biološkega vidika zanemarljivo. Sevalna obremenitev prebivalcev zaradi uživanja hrane, kontaminirane s Cs-137 in Sr-90, drugod po Sloveniji je ( $1,2 \pm 0,4$ )  $\mu$ Sv, kar je v okviru merske negotovosti primerljivo z rezultati, dobljenimi v okolici NEK. Radionuklida Cs-137 in Sr-90 v hrani izvirata iz kontaminacije zaradi jedrskih poskusov v preteklosti in nesreče v Černobilu in nista posledica atmosferskih izpustov iz NEK.*

*V zračnih izpustih NEK je bil izmerjen tudi radioaktivni izotop C-14, ki v naravi nastaja kot produkt kozmičnega sevanja. Lokalno je mogoče opaziti njegove variacije tudi zaradi izpustov iz jedrskih elektrarn in obratov za predelavo goriva, njegova vsebnost pa je bila v preteklosti povečana predvsem zaradi poskusnih jedrskih eksplozij. Izotop C-14 se, enako kot običajni ogljik C-12, v procesu fotosinteze vgrajuje v rastline in preko hrane je tudi v živih bitjih. Aktivnost med remontom izpuščenega C-14 (večinoma v obliki CO<sub>2</sub>) je bila namreč v letu 2015 nekoliko manjša kot v preteklih letih. Ocenjena doza prebivalstva v krajih, kjer vpliva NEK v letu 2015 ni bilo mogoče zaznati (Dobova), je bila v rastlinski hrani zaradi vsebnosti naravnega C-14 ( $14,6 \pm 0,2$ )  $\mu$ Sv. V neposredni bližini elektrarne do razdalje 1 km od osi reaktorja je bilo mogoče zaznati v rastlinju tudi C-14 zaradi atmosferskih izpustov iz NEK. Ocenjena doza zaradi atmosferskih izpustov C-14 iz NEK je bila 0,1  $\mu$ Sv, celotna ocenjena doza prebivalstva v neposredni bližini NEK pa je bila ( $14,7 \pm 0,2$ )  $\mu$ Sv. V okviru merske negotovosti je tako doza zaradi C-14, prejeta v okolici NEK in v Dobovi, primerljiva z ocenami iz prejšnjih let. Doza, prejeta zaradi C-14, je prav tako kot v primeru doz, prejetih zaradi Cs-137 in Sr-90, z biološkega vidika zanemarljiva.*



## UVOD

Izpusti radionuklidov v okolje, bodisi zaradi normalnega obratovanja jedrskih objektov ali izrednih dogodkov, lahko potencialno vodijo k izpostavitvi okoliškega prebivalstva ionizirajočemu sevanju. Radionuklidi najpogosteje prehajajo v okolje preko izpustov v atmosfero ali v vodne sisteme, pri čemer lahko posledično prihaja do kontaminacije zraka, voda, tal, rastlinstva in živalstva. Poti vnosa radionuklidov v človeški organizem sta predvsem inhalacija in ingestija, zato je v okolici nuklearnih objektov potreben stalen nadzor radioaktivnosti v zraku, vodi, tleh, pa tudi v hrani rastlinskega in živalskega izvora, ki jo pridelujejo v okolici jedrskih objektov.

V hrano rastlinskega izvora prehajajo radionuklidi predvsem preko koreninskega sistema rastlin, lahko pa tudi s površine listov, kamor se odložijo kot usedi iz atmosfere. Sem spada predvsem kontaminacija s Pb-210. Stopnja privzema radionuklidov v rastline prek koreninskega sistema je v največji meri odvisna od biodostopnosti posameznih radionuklidov v tleh, na kar pa poleg topnosti radionuklidov vplivajo predvsem številni abiotski in biotski talni dejavniki [63]. Na absorpcijo radionuklidov v rastline prek listne površine vplivajo predvsem morfološke značilnosti rastlin (npr. velikost površine, strukture na listih) in okoljski dejavniki, kot sta npr. količina padavin in vetrovnost. Rastlinski organi se lahko z radionuklidi površinsko kontaminirajo tudi zaradi neposrednega stika z zemljo, kar velja predvsem za gomolje, korenike, čebulo, liste in plodove, ki uspevajo pri tleh, kot npr. jagode [64]. Na vsebnost radionuklidov v rastlinah pa vplivajo tudi človeške aktivnosti, kot so obdelovanje površin, gnojenje, uporaba pesticidov, promet in industrijsko onesnaževanje.

Specifična aktivnost radionuklidov v hranilih živalskega izvora je povezana predvsem s tem, da živali uživajo z radionuklidi kontaminirano hrano in vodo. Na stopnjo kontaminacije živalskega organizma, predvsem rastlinojedov, v veliki meri vpliva preferenca prehranjevanja z določenimi vrstami rastlinske hrane [64], radionuklide pa najdemo tudi v krmilih za prehrano domačih živali. Končno koncentracijo radionuklidov v živalskem organizmu določa razmerje med asimilacijo in izločanjem. Kopičenje v posameznih organih oziroma tkivih je v veliki meri odvisno od fizikalnih in kemijskih značilnosti posameznega radionuklida, vrste hrane in vsebnosti elementov, ki s posameznim radionuklidom tekmujejo za privzem, ter od fiziološkega stanja živali, predvsem stopnje metabolizma. Na vnos radionuklidov v človeški organizem vplivajo podobni faktorji kot na vnos v živalski organizem, le da ljudje s predhodno pripravo in čiščenjem hrane (pranje, lupljenje) lahko dodatno zmanjšajo specifično aktivnost radionuklidov v hrani [64].

Radioaktivni izotop ogljika C-14 nastaja v Zemljini atmosferi kot produkt jedrskih reakcij med jedri dušika N-14 in nevtroni, ki so posledica kozmičnega sevanja [65]. Skupaj z drugimi ogljikovimi izotopi kot CO<sub>2</sub> vstopa v biološki in geokemični ogljikov cikel Zemlje. Do povečanja koncentracij C-14 na zemeljskem površju je prišlo predvsem v sredini 20. stoletja zaradi jedrskih poskusov. Po prepovedi jedrskih poskusov se zaradi izmenjave C-14 in drugih izotopov ogljika med atmosfero, biosfero in oceani vsebnosti C-14 v atmosferi manjšajo, tako so danes le malo večje od naravne ravnotežne vrednosti [65].

Jedrski objekti, še posebej jedrske elektrarne, lahko vplivajo na povišanje radioaktivnosti tako v atmosferi v svoji neposredni okolici kot tudi v rastlinju, ki tam uspeva. Aktivnost C-14 v atmosferi se izraža v rastlinju, saj rastline v procesu fotosinteze asimilirajo CO<sub>2</sub>. Izmerjena aktivnost C-14 v enoletnih rastlinah ali drevesnih letnicah tako izraža povprečno vsebnost C-14 v atmosferskem CO<sub>2</sub> med rastno sezono. C-14 tako vstopa v prehranjevalno verigo, s tem pa se lahko poveča dozna obremenitev lokalnega prebivalstva zaradi ingestije. Vpliv jedrske elektrarne na povišanje aktivnosti C-14 v rastlinstvu oziroma hrani se določa tako, da se aktivnosti C-14 v rastlinju z neposredne okolice elektrarne primerjajo s tistimi s kontrolnega področja, to je področja, ki je tako oddaljeno od vira radioaktivnosti, da neposrednih vplivov ni več mogoče najti.

Doza pri C-14 se nanaša na hrano in ne na posamezne vrste hrane, saj se specifične aktivnosti C-14 v raznih vrstah sadja ali zelenjave ne razlikujejo. Tudi hrana živalskega izvora ima tako enako specifično aktivnost, če se živali prehranjujejo z rastlinami iz okolice NEK. Treba se je zavedati, da je C-14 del organskih molekul v organizmih, medtem ko drugi radionuklidi (Cs-137, K-40 ...) ne spadajo med strukturne elemente.



## ZNAČILNOSTI VZORČEVANJA IN MERITEV

Vzorčevanje živil v okolici Nuklearne elektrarne Krško poteka na mestih, ki imajo podobno sestavo tal kot tista pri vzorčevanju zemlje. Za zemljo je značilna pedološka raznolikost (obrečni peščeni aluvij, diluvialna ilovica s kremenovimi produkti, apnenec). Zaradi odvisnosti prenosnih faktorjev od vrste tal se vzorci hrane odvezajo vedno na istem mestu, če je le mogoče. Na primer v Vrbini, Bregah in Spodnjem Starem Gradu se hrana prideluje le za potrebe radiološkega nadzora. Odvzemna mesta vzorcev hrane v letu 2015, ki so označena na priloženem zemljevidu na koncu poročila, so bila: sadovnjak ob NEK (sadje), Pesje (mleko, zelenjava), Spodnja in Zgornja Pohanca (sadje), Brege (meso, mleko, zelenjava), Vihre (mleko, zelenjava), Vrbina (jajca, zelenjava, žito), Spodnji Stari Grad (meso, jajca, zelenjava), Žadovinek (zelenjava), Trnje (žito), Krško (zelenjava), Sevnica (meso), Vinska klet Leskovec (vino). V letu 2015 je bilo v okolici NEK skupno vzorčevanih 32 vrst živil.

V vzorcih živil so bile izmerjene specifične aktivnosti sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama (VLG) in vsebnost Sr-90/Sr-89 z radiokemijsko metodo. Vzorčevanje, meritve in analize vseh vzorcev živil so bile opravljene na IJS in ZVD. Rastlinski vzorci živil, razen žit, so bili pred analizami oprani s tekočo vodo, saj je poleg vnosa radionuklidov v rastline iz tal prek koreninskega sistema del kontaminacije zelenjave in sadja z radionuklidi tudi površinska kontaminacija, sploh če so deli rastlin med gojenjem v neposrednem stiku z zemljo.

Od radionuklidov, ki jih detektiramo v izpustih NEK, je v hrani C-14, ki pa se pojavlja v okolju tudi naravno. Meritve vsebnosti C-14 v rastlinskih vzorcih, vzorčevanih v juliju in septembru 2015 ob ograji NEK (notranji krog), v bližnji okolici NEK (zunanji krog) in na kontrolni točki v Dobovi, so bile opravljene na Institutu Ruđer Bošković v Zagrebu. Specifična aktivnost C-14 je bila izmerjena v jabolkih, ječmenu, koruzi, pšenici, repici in travi.

Pokritost domače proizvodnje hrane s potrošnjo, tj. stopnja samooskrbe, je v Sloveniji za živalske proizvode precej višja kot za rastlinske proizvode. V letu 2012 je bila pokritost za žita 70 %, zelenjavo 34 %, krompir 55 %, jajca 92 % in meso 83 %. Po podatkih o rabi zemljišč in stopnji samooskrbe v Sloveniji lahko predvidevamo, da tudi prebivalci na krško-brežiškem območju večino hrane kupijo. Kupljena hrana tako prihaja iz drugih območij v Sloveniji oziroma iz uvoza (večji del). Republiški program nadzora radionuklidov v hrani predvideva vzorčevanje hrane, pridelane v Sloveniji, medtem ko hrana, ki prihaja iz uvoza, ni natančneje kontrolirana, tako da podatki o vsebnosti radionuklidov niso znani in je zato težko oceniti dejanske doze, ki jih prebivalci dobijo zaradi uživanja hrane. Zato je letna učinkovita doza zaradi ingestije izračunana ob predpostavki, da prebivalci uživajo le hrano, pridelano na krško-brežiškem področju. Pri izračunu doze, prejete zaradi C-14, pa se upošteva, da prebivalci uživajo hrano iz notranjega kroga NEK dva meseca v letu, drugih 10 mesecev pa hrano od drugod [17], [18].

## REZULTATI MERITEV

Tabele z merskimi rezultati so na priloženi zgoščenci v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2015, IJS-DP-12058*, marec 2016.

Rezultati meritev vzorcev hrane so prikazani v tabelah T-61 (mleko - Pesje), T-62 (mleko - Vihre), T-63 (mleko - Brege), T-64 (I-131 v vzorcih mleka), T-65, T-66, T-67 (sadje – jabolka, hruške, jagode), T-68 (rdeče in belo vino, bezeg), T-69 do T-73 (podzemna zelenjava: krompir, korenje, črna redkev, rdeča pesa, čebula; listna zelenjava - solata, zelje, radič, blitva, peteršilj; plodovke - paprika, paradižnik, feferoni, ohrovt, jajčevci, fižol, kumare; žita - pšenica, koruza, ječmen) T-74, T-75 (kokošja jajca; kokošje, svinjsko, goveje in divjačinsko meso). Vrednosti specifične aktivnosti posameznih radionuklidov so v tekstu podane kot (vsebnost; standardna deviacija) ali kot (vsebnost ± negotovost).

V vzorcih hrane so bili detektirani naravni radionuklidi iz razpadnih verig radionuklidov U-238 in Th-232 ter K-40 in kozmogeni Be-7, med umetnimi pa le Cs-137 in Sr-90/Sr-89. Ker Sr-89 ni bil izmerjen v izpustih NEK, se vsi merski rezultati nanašajo na Sr-90.



V nadaljevanju so rezultati vsebnosti radionuklidov v živilih v okolici NEK podani primerjalno glede na vsebnosti radionuklidov v živilih, vzorčevanih drugod po Sloveniji. Slednje meritve je izvedel ZVD. Vzorčevana so bila naslednja živila: mleko; sadje - jagode, češnje, breskve, marelice, jabolka in gozdne borovnice; podzemna zelenjava - krompir; listna zelenjava - zelje; plodovke - bučke, paprika; žita in kruh - pšenica, koruza, beli in koruzni kruh, pšenična in ržena moka (v grafih in tabelah združeni kot žita); jajca in meso (kokošja jajca, kokošje, svinjsko in goveje meso, postrvi ter divjačina). Rezultati meritev povprečnih specifičnih aktivnosti radionuklidov za posamezne skupine živil, pa tudi doz, prejetih zaradi uživanja posameznih skupin živil, ki vsebujejo radionuklide, so predstavljeni v obliki barvnih diagramov z dodanim drevesom podobnosti (na osnovi analize grozdov). Tovrstni prikaz rezultatov nam omogoča hitro primerjavo vsebnosti radionuklidov v okolici NEK in drugod po Sloveniji, na osnovi grupiranja podatkov in gradientnega obarvanja polj, pri čemer različne barve posameznih polj pomenijo različne vrednosti. Polja, obarvana vijolično in modro, pomenijo nižje vrednosti, polja obarvana rumeno in zeleno, srednje vrednosti, polja, obarvana oranžno in rdeče, pa višje vrednosti.

### Umetni radionuklidi

Radioaktivni izotop cezija (Cs-137) in radioaktivni izotop stroncija (Sr-90) sta prisotna kot kontaminacija v vrhnji plasti zemlje zaradi jedrskih poskusov v preteklosti in nesreče v Černobilu, detektirana pa sta tudi v izpustih NEK. Izotop Cs-137 je bil v letu 2015 tako v okolici NEK kot drugod po Sloveniji detektiran v vseh skupinah vzorčevanih živil. Vino je bilo vzorčevano samo v okolici NEK (slika 6.1). Meritve drugod po Sloveniji je izvedel ZVD.

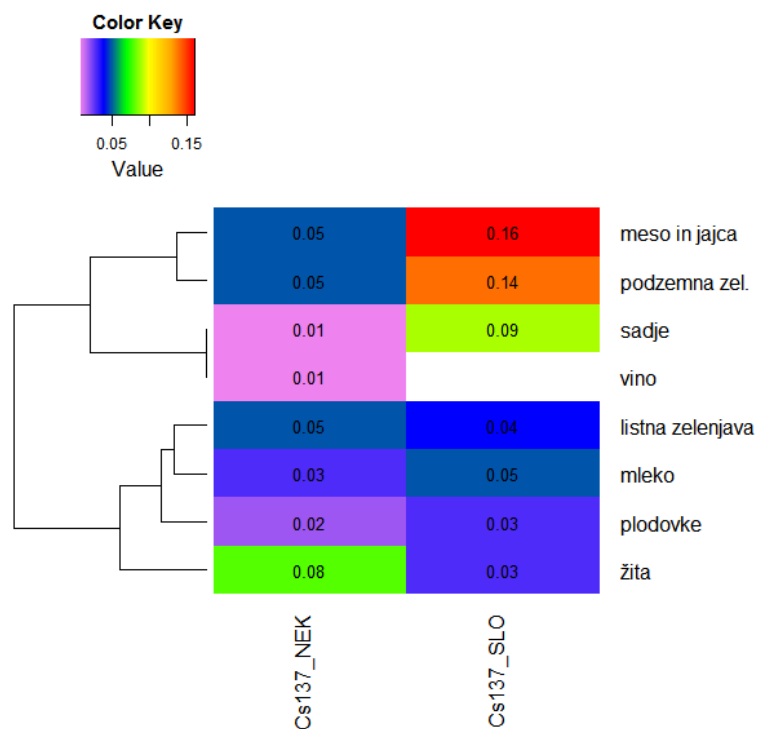
Specifična aktivnost Cs-137 v živilih v okolici NEK je od 0 Bq/kg do 0,2 Bq/kg in je primerljiva s specifično aktivnostjo Cs-137 v živilih, vzorčevanih drugod po Sloveniji, ki je od 0,01 Bq/kg do 0,5 Bq/kg [12]. V letu 2015 so bile drugod po Sloveniji vzorčevane tudi gozdne borovnice, nabrane na Pohorju, in gobe cigančki, ki so bile nabrane v Preddvoru. Specifična aktivnost Cs-137 v borovnicah je  $(15,1 \pm 0,4)$  Bq/kg, v cigančkih pa kar  $(338 \pm 9)$  Bq/kg. Prav tako je bila značilno višja specifična aktivnost Cs-137 izmerjena v mesu divje svinje iz Tržiča  $(39,9 \pm 1,1)$  Bq/kg. Zaradi velikega odmika od drugih vzorčevanih živil, pa tudi zato, ker omenjena živila prebivalci Slovenije uživajo v manjših količinah, omenjene vrednosti niso bile vključene v izračun povprečne specifične aktivnosti Cs-137 (slika 6.1).

S slike 6.1 je razvidno, da na osnovi vsebnosti Cs-137 lahko živila zberemo v tri skupine, in sicer: največjo vsebnost Cs-137 najdemo v mesu in podzemni zelenjavi, sledijo žito, listna zelenjava, mleko in plodovke ter sadje in vino. V okolici NEK je največ Cs-137 v žitu, drugod po Sloveniji pa v mesu in podzemni zelenjavi.

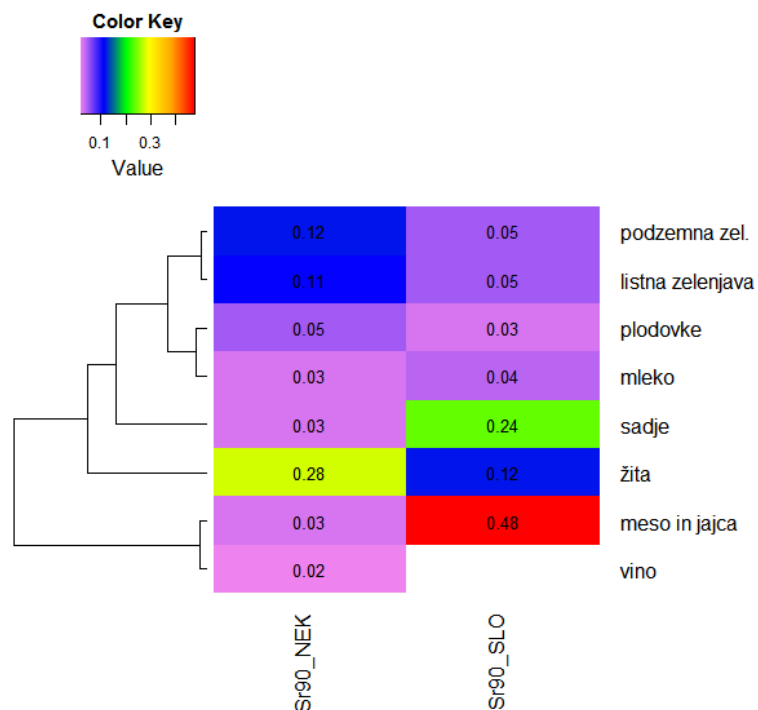
V posameznih živilih v okolici NEK je bila najvišja specifična aktivnost Cs-137 izmerjena v črni redkvi  $(0,20 \pm 0,01)$  Bq/kg, medtem ko je bila specifična aktivnost Cs-137 v jabolkih in hruškah, vzorčevanih v sadovnjaku v neposredni bližini NEK  $< 0,1$  Bq/kg. V hrani, vzorčevani drugod po Sloveniji, je bila največja specifična aktivnost Cs-137 izmerjena v govejem mesu iz Tolmina,  $(0,5 \pm 0,02)$  Bq/kg, če izvzamemo divjačino, borovnice in gobe cigančke.

Izotop Sr-90 je bil v okolici NEK v letu 2015 detektiran v vseh skupinah živil (slika 6.2). Specifična aktivnost Sr-90 v živilih v okolici NEK je od 0 Bq/kg do 0,38 Bq/kg, specifična aktivnost Sr-90 v živilih, vzorčevanih drugod po Sloveniji, pa od 0 Bq/kg do 2,35 Bq/kg.





**Slika 6.1:** Izmerjene povprečne specifične aktivnosti Cs-137 (Bq/kg) v vzorčevanih skupinah živil v letu 2015 v okolici NEK in drugod po Sloveniji



**Slika 6.2:** Izmerjene povprečne specifične aktivnosti Sr-90 (Bq/kg) v vzorčevanih skupinah živil v letu 2015 v okolici NEK in drugod po Sloveniji



Živila se na osnovi vsebnosti Sr-90 zberejo v štiri skupine. V okolici NEK v skupino živil z večjo vsebnostjo Sr-90 spada hrana rastlinskega izvora, kot je žito. Pri vzorčenju drugod po Sloveniji pa se razlikuje skupina meso in jajca. (slika 6.2).

Največ Sr-90 najdemo v okolici NEK v žitih, drugod po Sloveniji pa v mesu in sadju (slika 6.2). V okolici NEK so bile najvišje vrednosti detektirane v ječmenu ( $0,38 \pm 0,04$ ) Bq/kg, drugod po Sloveniji pa v piščančjem mesu ( $2,35 \pm 0,19$ ) Bq/kg s Ptuja.

### Naravni radionuklidi

Med naravnimi radionuklidi v hrani, kamor ti pridejo po različnih prenosnih poteh iz zemlje, umetnih gnojil in zraka, je najbolj zastopan K-40, prisotni pa so tudi radionuklidi iz razpadnih vrst U-238 in Th-232. Aktivnost Be-7 je od 0 Bq/kg do 21,5 Bq/kg, predvidena efektivna doza zaradi Be-7 v hrani pa je zanemarljiva, zato smo ga izključili iz nadaljnje predstavitve rezultatov.

Specifična aktivnost K-40 je bila v letu 2015 v hrani, ki je bila pridelana na krško-brežiškem polju, od 29 Bq/kg do 427 Bq/kg, v hrani, vzorčevani drugod po Sloveniji, pa so se specifične aktivnosti gibale od 22 Bq/kg do 160 Bq/kg. Specifične aktivnosti K-40 v posameznih skupinah živil so prikazane na sliki 6.3. V skupino z večjo specifično aktivnostjo K-40 spadajo listna zelenjava in žita, med živila z manjšo aktivnostjo K-40 pa mleko, sadje in vino (slika 6.3).

Največ K-40 v letu 2015 je bilo v živilih, vzorčevanih v okolici NEK, v žitu in listni zelenjavi, v hrani, vzorčevani drugod po Sloveniji, pa v podzemni zelenjavi. V posameznih živilih v okolici NEK je bila najvišja specifična aktivnost K-40 izmerjena v fižolu ( $427 \pm 13$ ) Bq/kg, v hrani, vzorčevani po Sloveniji, pa v jagodah ( $160 \pm 9$ ) Bq/kg.

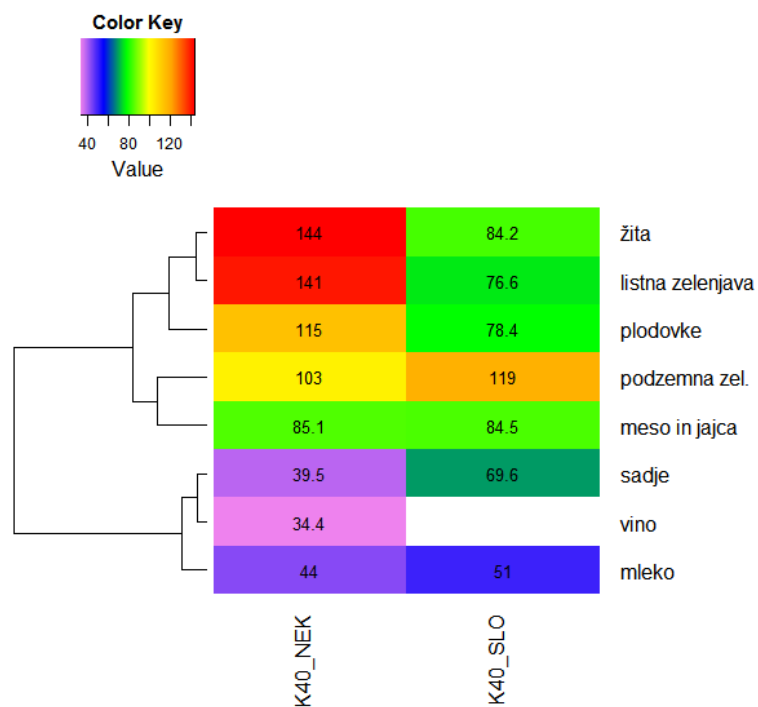
Od naravnih radionuklidov je k letni efektivni dozi zaradi uživanja hrane, ki je brez upoštevanja K-40 ( $73 \pm 14$ )  $\mu$ Sv, največ prispeval Pb-210, in sicer 50,4 %. Specifična aktivnost Pb-210 v živilih je prikazana na sliki 6.4 in je bila v okolici NEK od 0 Bq/kg do 3,3 Bq/kg, drugod po Sloveniji pa od 0,03 Bq/kg do 0,64 Bq/kg.

Največ Pb-210 je bilo v letu 2015 v okolici NEK v listni zelenjavi, žitih in plodovkah, drugod po Sloveniji pa v mesu in jajcih ter podzemni zelenjavi (slika 6.4), najmanjše specifične aktivnosti pa so bile izmerjene v mleku (slika 6.4). V posameznih živilih v okolici NEK je bila najvišja specifična aktivnost Pb-210 izmerjena v bezgu ( $3,5 \pm 0,5$ ) Bq/kg, v živilih, vzorčevanih po Sloveniji, pa v borovnicah ( $0,64 \pm 0,08$ ) Bq/kg.

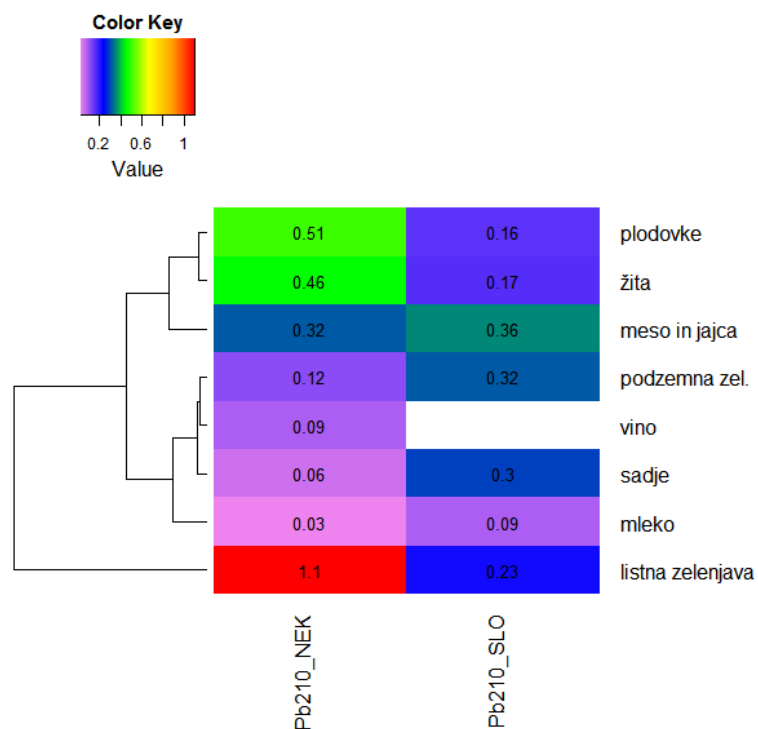
Povprečna specifična aktivnost U-238, Ra-226, Ra-228 in Th-228 v vzorčevanih skupinah živil je prikazana na sliki 6.5. V splošnem največ omenjenih radionuklidov vsebujejo žita, najmanj pa vino in mleko.

Specifična aktivnost U-238 je bila v živilih, vzorčevanih v okolici NEK, od 0 Bq/kg do 0,5 Bq/kg, drugod po Sloveniji pa od 0 Bq/kg do 6,1 Bq/kg. Specifična aktivnost Ra-226 je bila v živilih, vzorčevanih v okolici NEK, od 0 Bq/kg do 0,51 Bq/kg, drugod po Sloveniji pa od 0,02 Bq/kg do 1,3 Bq/kg. Specifična aktivnost Ra-228 je bila v živilih, vzorčevanih v okolici NEK, od 0 Bq/kg do 0,56 Bq/kg, drugod po Sloveniji pa od 0,02 Bq/kg do 0,6 Bq/kg. Specifična aktivnost Th-228 je bila v živilih, vzorčevanih v okolici NEK, od 0 Bq/kg do 0,37 Bq/kg, drugod po Sloveniji pa od 0,01 Bq/kg do 0,38 Bq/kg. Povprečne specifične aktivnosti naravnih radionuklidov v živilih, vzorčevanih v okolici NEK, so primerljive s tistimi drugod po Sloveniji (tabela 6.1).

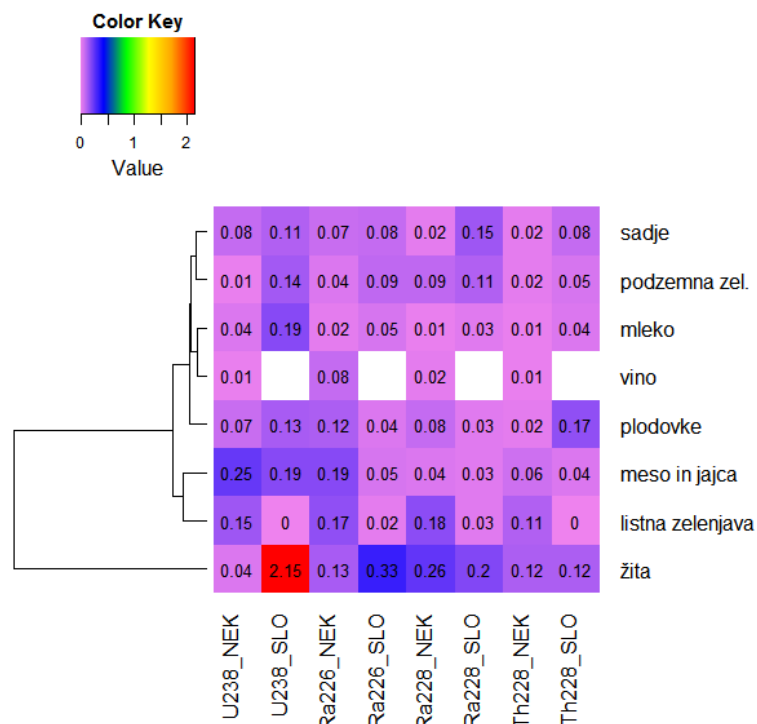
Največja povprečna specifična aktivnost U-238 je bila v okolici NEK v letu 2015 izmerjena v mesu in jajcih, v živilih, vzorčevanih drugod po Sloveniji, pa v žitih (slika 6.5). Največja povprečna specifična aktivnost Ra-226 je bila v okolici NEK izmerjena v mesu in jajcih, drugod po Sloveniji pa v žitih. Največja povprečna specifična aktivnost Ra-228 in Th-228 je bila v okolici NEK izmerjena v žitih, drugod po Sloveniji pa v žitih in plodovkah.



**Slika 6.3:** Izmerjene povprečne specifične aktivnosti K-40 (Bq/kg) v vzorčevanih skupinah živil v letu 2015 v okolici NEK in drugod po Sloveniji



**Slika 6.4:** Izmerjene povprečne specifične aktivnosti Pb-210 (Bq/kg) v vzorčevanih skupinah živil v letu 2015 v okolici NEK in drugod po Sloveniji



**Slika 6.5:** Izmerjene povprečne specifične aktivnosti U-238, Ra-226, Ra-228 in Th-228 (Bq/kg) v vzorčenih skupinah živil v letu 2015 v okolici NEK in drugod po Sloveniji

Tabela 6.1 prikazuje povprečne vrednosti in standardne deviacije (stresanje) vsebnosti merjenih radionuklidov v vseh živilih, vzorčenih v okolici NEK in drugod po Sloveniji v letu 2015. Zaradi velike variabilnosti v vsebnosti radionuklidov v posameznih živilih, se povprečne vsebnosti radionuklidov Cs-137, Sr-90, K-40, Pb-210, Ra-226, Ra-228 in Th-228 v živilih, vzorčenih v okolici NEK in drugod po Sloveniji, med seboj ne razlikujejo (statistična analiza, Duncanov test,  $p < 0,05$ ).

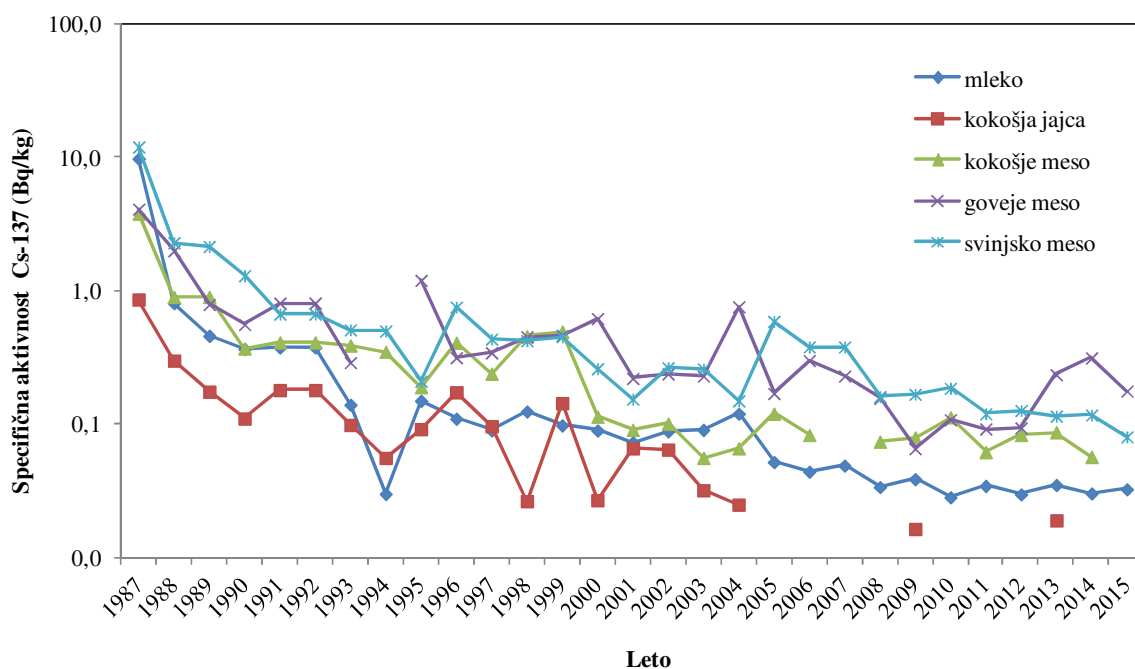
**Tabela 6.1:** Povprečne vsebnosti merjenih radionuklidov (Bq/kg) v živilih, vzorčenih v okolici NEK in drugod po Sloveniji (povprečje; standardna deviacija) v letu 2015. \*V povprečje niso upoštevane specifične aktivnosti Cs-137, izmerjene v divjačini, borovnicah in gobah cigančkih.

	NEK	SLOVENIJA
radionuklid	povprečje; standardna deviacija	
Cs-137	0,04; 0,03	0,08*; 0,05
Sr-90	0,08; 0,09	0,14; 0,17
K-40	88; 45	81; 21
Pb-210	0,34; 0,36	0,23; 0,10
U-238	0,08; 0,08	0,42; 0,77
Ra-226	0,10; 0,06	0,09; 0,11
Ra-228	0,09; 0,09	0,09; 0,07
Th-228	0,05; 0,05	0,07; 0,06

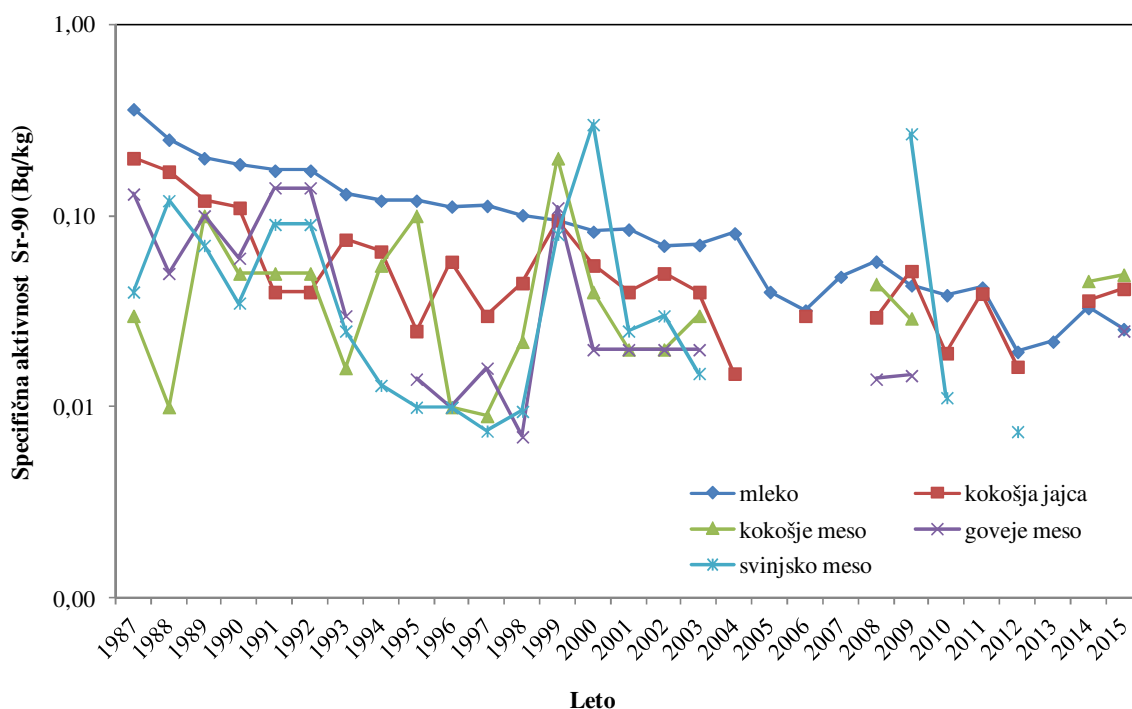


## DISKUSIJA

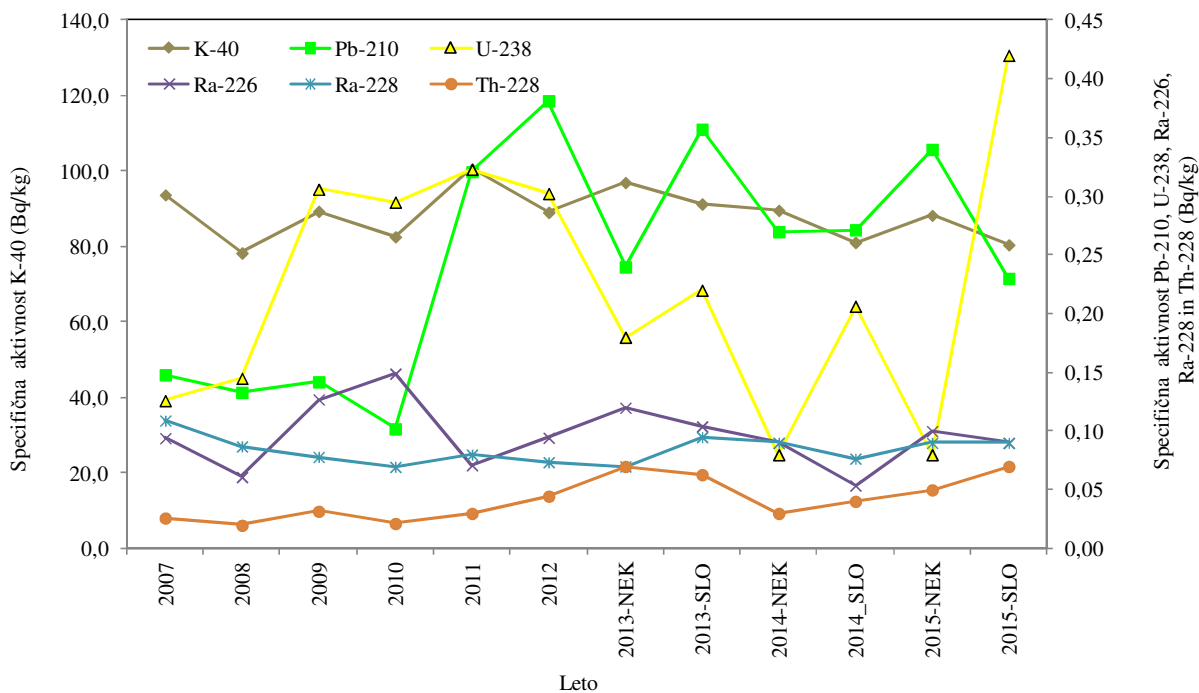
Specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v hrani z leti nihajo, vendar je opazna težnja zniževanja vrednosti. Tako je s slike 6.6 razvidno, da se je specifična aktivnost Cs-137 v mleku od černobilske nesreče do danes znižala za približno 200-krat, specifična aktivnost Sr-90 pa se je v enakem obdobju v mleku znižala za faktor 10 (slika 6.7). Izmerjena specifična aktivnost Cs-137 v mleku je tako že nekaj let na ravni izpred černobilskega obdobja (1984, 1985), specifična aktivnost Sr-90 pa je tudi za faktor 2 nižja kot pred černobilsko nesrečo. Tudi za druga živila živalskega izvora je opazna težnja zmanjševanja specifičnih aktivnosti Cs-137 in Sr-90 po černobilski nesreči (sliki 6.6 in 6.7), medtem ko nesreča v Fukušimi marca 2011 ni vplivala na povišanje specifičnih aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v hrani v Sloveniji. Na kultiviranih površinah privzem Cs-137 ter Sr-90 v rastline prek koreninskega sistema omejuje predvsem vezava atomov Cs-137 in Sr-90 v tleh (na glinene in organske delce), pa tudi povečana vsebnost kalija in s tem tudi radioaktivnega K-40 ter kalcija iz gnojil, ki močno zmanjšajo privzem obeh radionuklidov v rastline in s tem v hrano rastlinskega izvora in krmo [64]. Poleg tega se specifični aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v okolju z leti manjšata tudi zaradi radioaktivnega razpada, saj je razpolovni čas Cs-137 30,1 let, Sr-90 pa 28,8 let. Kljub omenjenim težnjam, pa v živilih, vzorčevanih v gozdnih ekosistemih po Sloveniji, še vedno ugotavljamo, v primerjavi z živilih, vzorčevanimi v agrikulturnih ekosistemih (vrednosti v krmi se v letu 2015 gibljejo od  $(0,08 \pm 0,04)$  Bq/kg v koruzni silaži do  $(0,9 \pm 0,2)$  Bq/kg v senu), značilno višje specifične aktivnosti Cs-137. V letu 2015 so se namreč vrednosti, izmerjene v divjačini  $(39,9 \pm 1,1)$  Bq/kg, gozdnih borovnicah  $(15,1 \pm 0,4)$  Bq/kg in gobah cigančkih  $(338 \pm 9)$  Bq/kg, močno razlikovale od drugih vrednosti, izmerjenih v drugih živilih. Podatki niso presenetljivi, saj je bilo ugotovljeno, da je bila v gobah iz skupine koprenk, vzorčevanih v letih 2010–2011, specifična aktivnost Cs-137 tudi do 3 240 Bq/kg (*Rozites caperata* - pšenična koprenka ali ciganček) [68], v gozdnih tleh pa so se vrednosti Cs-137 gibale do 812 Bq/kg (Ljubljana Rožnik).



**Slika 6.6:** Izmerjene specifične aktivnosti Cs-137 v mleku, kokošjih jajcih ter kokošjem, govejem in svinjskem mesu, vzorčevanih v okolici NEK, od leta 1987 do 2015. Vrednosti so prikazane v logaritemski skali. V kokošjih jajcih je bila specifična aktivnost v letih 2005–2008 in 2010–2012 pod mejo detekcije, prav tako pa tudi v kokošjem mesu leta 2007. Leta 1994 goveje meso ni bilo vzorčevano.



**Slika 6.7:** Izmerjene specifične aktivnosti Sr-90 od leta 1987 do 2015 v mleku, kokošjih jajcih ter kokošjem, govejem in svinjskem mesu, vzorčevanih v okolici NEK. V letih 2004–2007 in 2011–2013 so bile izmerjene specifične aktivnosti v kokošjem, govejem in svinjskem mesu pod mejo detekcije, v svinjskem mesu pa tudi leta 2008. V kokošjih jajcih pa je bila izmerjena specifična aktivnost Sr-90 pod mejo detekcije v letih 2005, 2007 in 2013.



**Slika 6.8:** Povprečne izmerjene specifične aktivnosti (Bq/kg) naravnih radionuklidov v hrani, vzorčevani v okolici NEK, po letih od 2007 do 2015 ter drugod po Sloveniji v letih 2013 do 2015

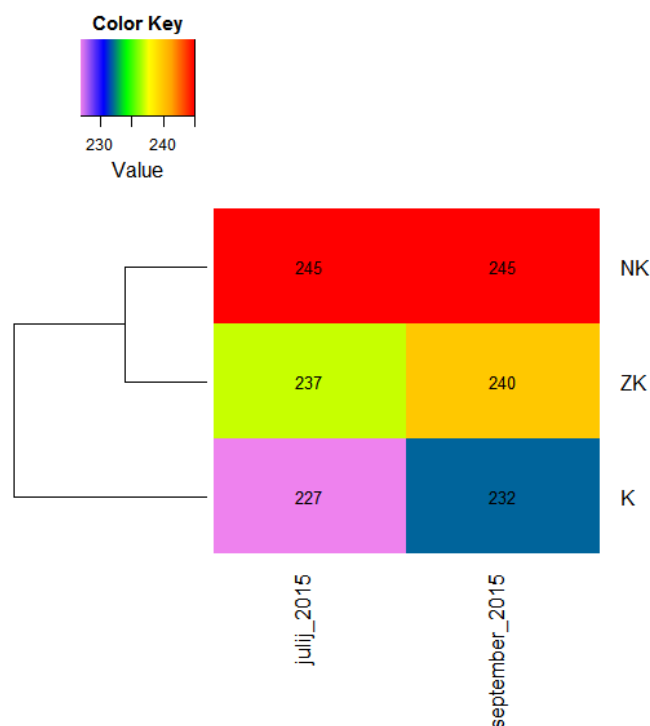


Cs-137 je bil detektiran tudi v vzorcih trave, travne silaže in sena, vzorčevanih drugod po Sloveniji. Povprečna specifična aktivnost Cs-137 v vzorcih krme je bila v letu 2015 (0,4; 0,04) Bq/kg, največja specifična aktivnost pa je bila izmerjena v vzorcu sena iz Žirovskega Vrha ( $0,9 \pm 0,2$ ) Bq/kg. Povprečna izmerjena specifična aktivnost Sr-90 v krmi v 2015 je bila (1,2; 0,03) Bq/kg. Najvišja specifična aktivnost Sr-90 je bila izmerjena v vzorcu sena iz Žirovskega Vrha ( $4,2 \pm 0,2$ ) Bq/kg. Izmerjene specifične aktivnosti Sr-90 v krmi so primerljive z lanskimi, a višje od povprečne specifične aktivnosti, izmerjene v hrani v okolici NEK in drugod po Sloveniji [13].

Vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov v hrani z leti nihajo. V letu 2015 so izmerjene specifične aktivnosti naravnih radionuklidov v hrani iz okolice NEK primerljive s tistimi iz preteklih let in pa s tistimi, izmerjenimi v letih 2013 do 2015 drugod po Sloveniji (slika 6.8).

Povprečna specifična aktivnost K-40 v krmi, vzorčevani drugod po Sloveniji, je bila v letu 2015 (378, 13) Bq/kg, vsebnosti v senu pa so bile višje, tudi do ( $674 \pm 66$ ) Bq/kg v senu z Brega pri Komedi, pri čemer je seveda treba upoštevati, da ima seno okrog 10-krat manjšo vsebnost vode kot sveža krma. Čeprav ima K-40 podobne kemijske lastnosti kot umetni radionuklid Cs-137, so korelacije med vsebnostmi omenjenih radionuklidov v hrani rastlinskega izvora in krmi šibke, saj je privzem Cs-137 močno povezan s preskrbljenostjo tal s kalijem. Ob normalni vsebnosti kalija v tleh namreč rastline razločujejo oba radionuklida v prid kaliju, ob pomanjkanju kalija v tleh, pa se privzem Cs-137 relativno poveča [66]. Vzorci zelene krme (trava, travna silaža, koruzna silaža, seno, koruza) vsebujejo tudi Be-7 in Pb-210. Izotopa se z dežjem izpirata iz atmosfere ter se z vnosom preko listov ali koreninskega sistema vneseta v krmila. Vsebnosti Pb-210 v krmi, vzorčevani drugod po Sloveniji, so primerljive tistim iz prejšnjih let (do 15 Bq/kg) in pa vsebnostim v živilih, vzorčevanih v okolici NEK in po Sloveniji.

Tudi vsebnosti U-238, Ra-226 in Ra-228 v krmi, vzorčevani drugod po Sloveniji, so primerljive vsebnostim v živilih, vzorčevanih v okolici NEK in drugod po Sloveniji. Najvišja vsebnost U-238 je bila izmerjena v vzorcu krmne mešanice s fosfati ( $20 \pm 2$ ) Bq/kg.



**Slika 6.9:** Povprečne izmerjene specifične aktivnosti C-14 (Bq na kilogram ogljika) v različnih vrstah živil, vzorčevanih v okolici NEK v juniju in septembru 2015. Meritve je izvedel IRB, Zagreb. NK – notranji krog NEK, ZK – zunanji krog, K – kontrola točka Dobova.



Med naravne radionuklide v hrani spada tudi C-14, hkrati pa je C-14 merljiv tudi v izpustih NEK. C-14 se v hrano rastlinskega izvora asimilira predvsem kot CO<sub>2</sub> v procesu fotosinteze. Specifična aktivnost C-14 je bila v okolici NEK v letu 2015 izmerjena v jabolkih, ječmenu, koruzi, pšenici, repici in travi, in sicer v juliju in septembru. Povprečne vsebnosti C-14 v živilih, vzorčevanih v okolici NEK, so bile največje v notranjem krogu (245; 4) Bq na kilogram ogljika, sledi zunanji krog (238; 2) Bq na kilogram ogljika, na kontrolni točki v Dobovi pa so živila vsebovala (229; 2) Bq na kilogram ogljika.

## OCENA VPLIVOV

Oceno doznih obremenitev prebivalstva zaradi uživanja hrane, ki jih povzročajo posamezni radionuklidi, dobimo, če specifično aktivnost posameznega radionuklida v hrani pomnožimo z doznim pretvorbenim faktorjem  $h(g)_i$ , specifično aktivnostjo posameznega radionuklida  $a_i$  in letno porabo posamezne vrste hrane  $m_i$  (glej postopek *Ocena sevalnih obremenitev (LMR-RP-01)*):

$$E_{50-70, i} = a_i h(g)_i m_i \quad \mu\text{Sv} \quad (6.1)$$

Celotna predvidena efektivna doza pri uživanju hrane je vsota posameznih prispevkov doz ob zaužitju posamezne vrste hrane. Podatki za letno porabo posamezne vrste hrane so prikazani v tabeli 6.2, za skupine živil pa v tabeli 6.3. Podatki temeljijo na povprečni količini nabavljenih živil in pijač na člana gospodinjstva, ki jo je pripravil Statistični urad Republike Slovenije za leto 2012. Podatki iz tabele 6.2 so bili osnova za izračun doz, prejetih drugod po Sloveniji, pri čemer so bile upoštevane povprečne specifične aktivnosti živil posamezne skupine, ki jih je izmeril ZVD. Pri oceni sevalne obremenitve prebivalcev v okolici NEK smo predpostavili, da prebivalci uživajo le hrano, pridelano na krško-brežiškem področju, pri oceni sevalne obremenitve prebivalcev drugod po Sloveniji pa smo predpostavili, da prebivalci uživajo hrano s celotnega območja Slovenije.

**Tabela 6.2:** Okvirna poraba posameznih živil na člana gospodinjstva v Sloveniji v letu 2012 [67]

Živilo	Količina (kg)	Živilo	Količina (kg)
Kokošja jajca	6,3	Kumare	1,5
Kokošje meso	10	Paprika	3,4
Svinjsko meso	9,7	Paradižnik	7,8
Goveje meso	6,0	Feferoni*	1,0
Divjačinsko meso*	1,0	Jajčevci	2,0
Mleko	54,1	Ohrovt	1,0
Krompir	25,1	Fižol	1,5
Korenje	3,3	Pšenica	64,6
Črna redkev	1,0	Koruzna	5,0
Rdeča pesa	3,0	Ječmen	2,0
Čebula	6,7	Jabolka	15,7
Zelena solata	8,3	Hruške	3,1
Zelje	6,7	Jagode	3,0
Radič	3,0	Bezeg*	1,0
Blitva	2,0	Rdeče vino	2,0
Peteršilj	1,0	Belo vino	8,9

\* Poraba je ocena avtorice evalvacije.





**Tabela 6.3:** Okvirna poraba živil po skupinah na člana gospodinjstva v Sloveniji v letu 2012 [67]

Živilo	Količina (kg)
Jajca in meso	33,0
Mleko	54,1
Podzemna zelenjava	40,1
Listna zelenjava	21,0
Plodovke	20,0
Žita	71,6
Sadje	21,8
Vino	10,9

Pri izračunu doze, prejete zaradi C-14 v okolici NEK, smo prav tako privzeli, da prebivalci uživajo hrano s krško-brežiškega področja, vendar smo v izračunu upoštevali, da se prehranjujejo s hrano iz okolice NEK dva meseca v letu, drugih deset mesecev pa s hrano od drugod (Dobova). Doza pri C-14 se nanaša na hrano in ne na posamezno vrsto hrane, saj se specifične aktivnosti C-14 v raznih vrstah sadja ali zelenjave ne razlikujejo. Tudi hrana živalskega izvora ima tako enako specifično aktivnost, če se živali prehranjujejo z rastlinami iz okolice NEK. Treba se je zavedati, da je C-14 del organskih molekul v organizmih, medtem ko drugi radionuklidi (Cs-137, K-40 ...) ne spadajo med strukturne elemente. Govorimo o zamenjavi atomov C-12 z atomi C-14 v organskih molekulah.

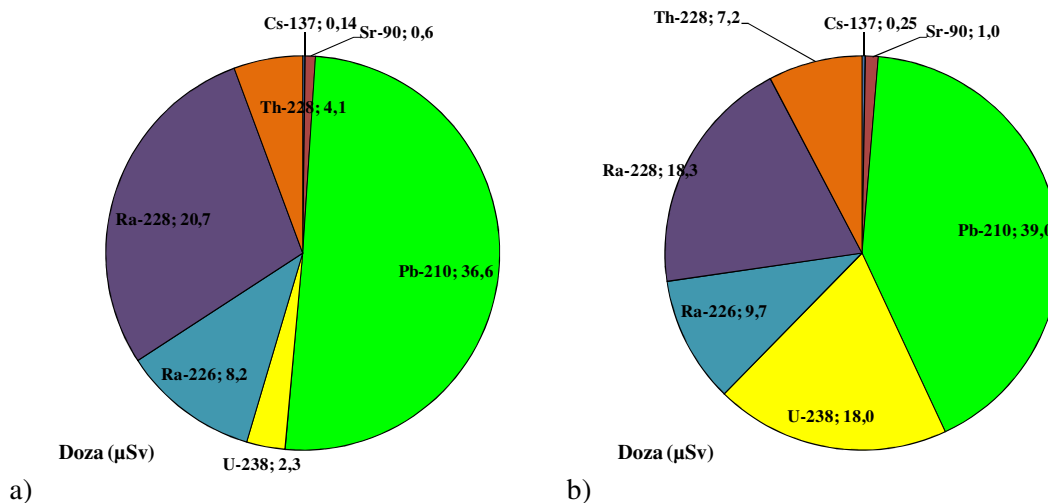
Ocenili smo, da je bila učinkovita doza za odrasle osebe ob zaužitju vseh vrst vzorčevane hrane zaradi prisotnosti radionuklidov Cs-137, Sr-90, Pb-210, U-238, Ra-226, Ra-228 in Th-228 v letu 2015 v okolici NEK ( $73 \pm 14$ )  $\mu\text{Sv}$ , z upoštevanjem K-40 pa ( $214 \pm 14$ )  $\mu\text{Sv}$ . Drugod po Sloveniji je bila učinkovita doza odrasle osebe zaradi ingestije brez K-40 ( $93 \pm 38$ )  $\mu\text{Sv}$ , z upoštevanjem K-40 pa ( $220 \pm 44$ )  $\mu\text{Sv}$ . Razlike v skupnih dozah se pojavljajo predvsem zaradi razlik v dozah, prejetih zaradi naravnih radionuklidov, kot so K-40, Pb-210, U-238 in Ra-228.

Prispevki posameznih radionuklidov k učinkoviti dozi za odraslo osebo v letu 2015 v okolici NEK in drugod po Sloveniji so prikazani na sliki 6.10, pri čemer ni upoštevana doza, prejeta zaradi K-40. K skupni učinkoviti dozi brez upoštevanja K-40 je v okolici NEK največ prispeval Pb-210 (50,4 %), sledijo Ra-228 (28,5 %), Ra-226 (11,3 %), Th-228 (5,7 %), U-238 (3,2 %), Sr-90 (0,8 %) in Cs-137 (0,2 %). Drugod po Sloveniji je k skupni učinkoviti dozi brez upoštevanja K-40 ravno tako največ prispeval Pb-210 (47,7 %), Ra-228 (19,6 %), U-238 (19,3 %), Ra-226 (10,4 %), Th-228 (7,7 %), Sr (1,0 %) in Cs (0,3 %).

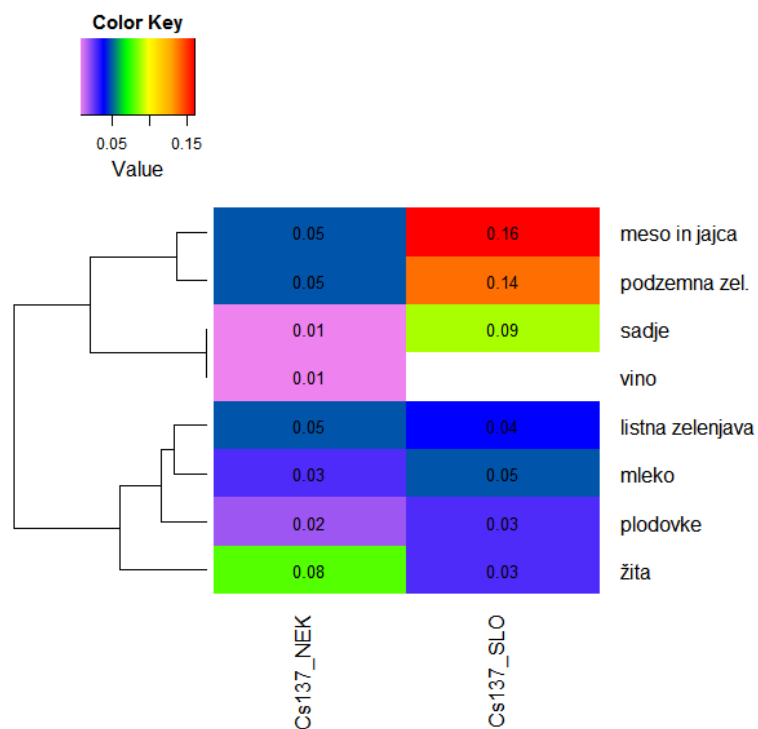
### Umetni radionuklidi

Skupna letna učinkovita doza zaradi vsebnosti Cs-137 v hrani je bila v letu 2015 v okolici NEK (0,14; 0,01)  $\mu\text{Sv}$ , drugod po Sloveniji pa (0,25; 0,03)  $\mu\text{Sv}$ . Skupna učinkovita doza zaradi vsebnosti Sr-90 v hrani pa je bila v letu 2015 v okolici NEK (0,6; 0,06)  $\mu\text{Sv}$ , drugod po Sloveniji pa (1,0; 0,2)  $\mu\text{Sv}$ . V okolici NEK je bil delež letne učinkovite doze zaradi umetnih radionuklidov Cs-137 in Sr-90 pri uživanju hrane 1,0 % (0,2 % je delež Cs-137 in 0,8 % je delež Sr-90) glede na celotno prejeto učinkovito dozo (73  $\mu\text{Sv}$  brez upoštevanja K-40). Drugod po Sloveniji pa je bil delež letne učinkovite doze zaradi umetnih radionuklidov Cs-137 in Sr-90 pri uživanju hrane 1,3 % (0,3 % je delež Cs-137 in 1,0 % je delež Sr-90) glede na celotno prejeto učinkovito dozo (93  $\mu\text{Sv}$  brez upoštevanja K-40), kar je z biološkega vidika zanemarljivo.

K letni dozi, prejeti zaradi umetnih radionuklidov Cs-137 in Sr-90 v hrani v okolici NEK ( $0,7 \pm 0,1$ )  $\mu\text{Sv}$  in drugod po Sloveniji ( $1,3 \pm 0,2$ )  $\mu\text{Sv}$ , je najbolj prispevalo prehranjevanje z mesom, jajci (Cs-137) in žiti (Sr-90) (slika 6.11).



**Slika 6.10:** Prispevki posameznih radionuklidov k skupni efektivni dozi ( $\mu\text{Sv}$ ), izračunani za odraslo osebo zaradi radionuklidov v hrani a) v okolici NEK v letu 2015 in b) drugod po Sloveniji v letu 2015. Skupna efektivna doza zaradi radionuklidov v hrani brez upoštevanja K-40 je bila v okolici NEK v letu 2015 ( $73 \pm 14$ )  $\mu\text{Sv}$ , drugod po Sloveniji pa ( $93 \pm 38$ )  $\mu\text{Sv}$ .



**Slika 6.11:** Izračunane efektivne doze za odraslo osebo zaradi Cs-137 ( $\mu\text{Sv}$ ) in Sr-90 ( $\mu\text{Sv}$ ) v različnih skupinah živil, vzorčevanih v okolici NEK in drugod po Sloveniji. Skupna efektivna doza zaradi s Cs-137 in Sr-90 v hrani je bila v okolici NEK v letu 2015 ( $0,7 \pm 0,1$ )  $\mu\text{Sv}$ , drugod po Sloveniji pa ( $1,3 \pm 0,2$ )  $\mu\text{Sv}$ .



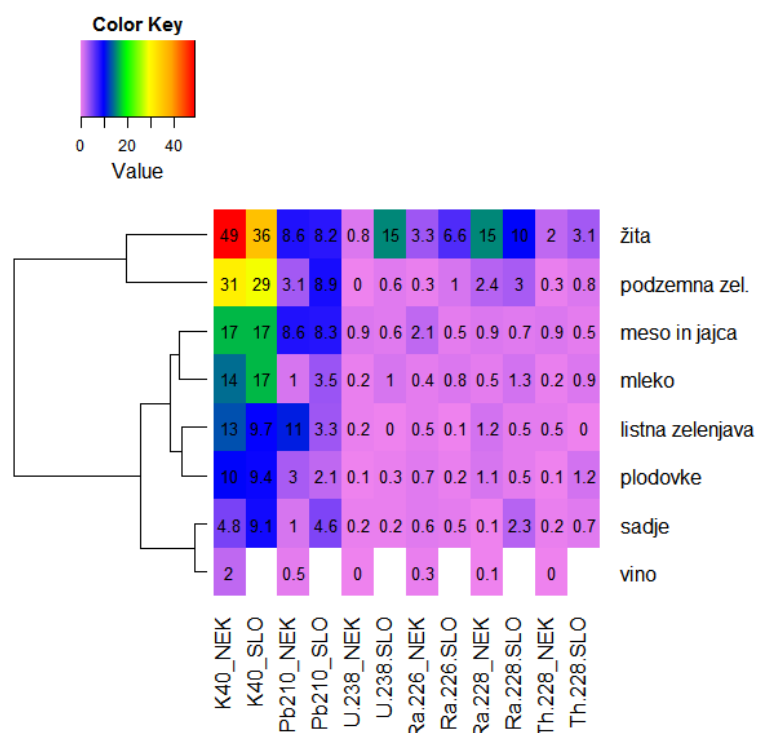
V plinastih izpustih, ki jih v okolje spušča NEK, sta tudi Cs-137 in Sr-90. Celoletni izpust v letu 2015 je bil za Cs-137 1,11 MBq in za Sr-90 1,1 kBq. V vzorcih jabolk in hrušk iz neposredne bližine NEK (sadovnjak ob ograji) je bila vsebnost Cs-137 v letu 2015 < 0,1 Bg/kg, vsebnosti Sr-90 pa so primerljive z vsebnostmi v drugih živilih, vzorčevanih v okolici NEK in po Sloveniji. Zato ocenjujemo, da izpusti Cs-137 in Sr-90 iz NEK nimajo neposrednega vpliva na koncentracijo omenjenih radionuklidov v živilih.

V zračnih in tekočinskih izpustih NEK smo v letu 2015 in preteklih letih detektirali naslednje umetne radionuklide, ki niso del globalne kontaminacije: Mn-54, Fe-55, Co-58, Co-60, Ag-110m, Te-125m in I-131, vendar so bile koncentracije teh radionuklidov v okolju tako nizke, da tudi v letu 2015 v živilih ti radionuklidi niso bili detektirani.

Poleg omenjenih radionuklidov ima pri vnosu naravnih radionuklidov v organizem pomembno težo tudi sevalec alfa Po-210. Iz poročila UNSCEAR [50] lahko razberemo, da je prispevek tega izotopa k celotni dozi zaradi uživanja hrane 64-odstoten ali  $(70 \pm 40) \mu\text{Sv}$  na leto. Pri tem pa je treba poudariti, da je največ Po-210 v hranilih morskega izvora. Prispevka Po-210 k efektivni dozi zaradi uživanja živil s krško-brežiškega polja ni mogoče oceniti, saj se le-ta v okviru rednega radiološkega nadzora NEK ne določa.

### Naravni radionuklidi

V splošnem se živila glede na prispevke k letni efektivni dozi zaradi vsebnosti naravnih radionuklidov delijo v dve skupini (slika 6.12), pri čemer je v prvi skupini, ki prispeva največji delež k skupni dozi, žito in podzemna zelenjava (predvsem krompir), v drugi skupini pa vsa druga živila. Živila iz skupine žit in krompir spadajo med tista živila, ki jih porabimo največ, zato je tudi prispevek omenjenih živil k letni efektivni dozi zaradi vsebnosti naravnih radionuklidov znatno večji.



**Slika 6.12:** Izračunane efektivne doze za odraslo osebo zaradi K-40, Pb-210, U-238, Ra-226, Ra-228 in Th-228 ( $\mu\text{Sv}$ ) v različnih skupinah živil, vzorčevanih v okolici NEK in drugod po Sloveniji v letu 2015.



Skupna letna efektivna doza zaradi K-40 je bila v letu 2015 v okolici NEK (141; 8)  $\mu\text{Sv}$ , drugod po Sloveniji pa (126; 11)  $\mu\text{Sv}$ , kar je primerljivo. Količina kalija v telesu se uravnava homeostatsko, pri čemer se odvečne količine izločijo preko ledvic. Pri odraslih je vsebnost kalija v telesu 0,18 %, pri otrocih pa 0,20 %. Ob upoštevanju deleža K-40 glede na K-39 (0,0117 % naravne izotopske vsebnosti), specifične aktivnosti K-40 ( $2,6 \text{ E}+08 \text{ Bq/kg}$ ) in doznega pretvorbene faktorja 3  $\mu\text{Sv}$  na leto na Bq/kg je po podatkih UNSCEAR letna doza, ki jo prejmejo odrasli zaradi K-40 165  $\mu\text{Sv}$ , letna doza, ki jo prejmejo otroci, pa 185  $\mu\text{Sv}$ . K vnosu K-40 v telo je v letu 2015 največ prispevalo prehranjevanje z žiti in podzemno zelenjavo, najmanj K-40 pa je bilo v sadju in vinu (slika 6.12).

Skupna letna efektivna doza zaradi Pb-210 v hrani je bila v letu 2015 v okolici NEK (36,6; 1,9)  $\mu\text{Sv}$ , drugod po Sloveniji pa (38,9; 2,8)  $\mu\text{Sv}$ , kar je primerljivo z referenčno vrednostjo UNSCEAR [50] in meritvami iz preteklih let. Prejeta doza zaradi Pb-210 po letih zelo variira (od 6,7  $\mu\text{Sv}$  v letu 2010 do 88  $\mu\text{Sv}$  v letu 2011). Pb-210 lahko prehaja iz tal v rastline preko koreninskega sistema, vendar se večina zadrži v koreninah in le slabo prehaja v nadzemne dele, sploh pa v semena in plodove. Vsebnost Pb-210 v nadzemnih delih je tako v večini posledica usedanja Pb-210 iz zraka. Usedline z rastlinskih organov lahko odstranimo s pranjem (predvsem zelenjava in sadje), v primeru trave (krme) in žit, ki jih pred uporabo ne peremo, pa je vsebnost tako povezana z različnimi okoljskimi dejavniki, kot so količina padavin, vetrovnost itd. Iz meritev v letu 2015 je razvidno, da je k letni dozi zaradi Pb-210 v hrani v okolici NEK največ prispevalo uživanje žit ter jajc in mesa, drugod po Sloveniji pa podzemne zelenjave (slika 6.12).

Efektivna doza zaradi vsebnosti z U-238 v hrani je bila v letu 2015 v okolici NEK (2,3; 0,2)  $\mu\text{Sv}$ , drugod po Sloveniji pa (18,0; 5,3)  $\mu\text{Sv}$ . K letni dozi, prejeti zaradi U-238, je najbolj prispevalo prehranjevanje z žiti (slika 6.12). Efektivna doza zaradi vsebnosti Ra-226 v hrani je bila v okolici NEK (8,1; 0,6)  $\mu\text{Sv}$ , drugod po Sloveniji pa (9,7; 2,3)  $\mu\text{Sv}$ , zaradi vsebnosti Ra-228 pa je bila v okolici NEK (20,7; 2,3)  $\mu\text{Sv}$ , drugod po Sloveniji pa (18,3; 3,3)  $\mu\text{Sv}$ . K letni dozi, prejeti zaradi Ra-226 in Ra-228, je najbolj prispevalo prehranjevanje z žiti (slika 6.12). Ra-226 in Ra-228 sta bila skoraj v vseh hranilih v okolici NEK nad mejo kvantifikacije, kar je v skladu z radiološkimi nadzornimi meritvami NEK v preteklih letih (slika 6.12) in primerljivo z vsebnostmi Ra-226 in Ra-228 v hrani drugod po Sloveniji. Efektivna doza zaradi vsebnosti Th-228 v hrani v okolici NEK je bila (4,1; 0,3)  $\mu\text{Sv}$ , drugod po Sloveniji pa (7,2; 1)  $\mu\text{Sv}$ , vendar je prispevek Th-228 k skupni efektivni dozi zaradi kratkega razpolovnega časa in izjemno nizkih vsebnosti z biološkega vidika zanemarljiv. K letni dozi, prejeti zaradi Th-228, je najbolj prispevalo prehranjevanje z žiti (slika 6.12).

### C-14 in tritij

V izpustih NEK sta tudi C-14 in tritij, ki se v ekosistemih sicer pojavljata kot naravna radionuklida. Nastajata namreč v zgornjih plasteh atmosfere kot posledica jedrskih reakcij zaradi kozmičnega sevanja. C-14 se v rastline vgrajuje v procesu fotosinteze, v živalski in človeški organizem pa prehaja z ingestijo predvsem rastlinske hrane. V letih od 2006 do 2015 so potekale meritve C-14 tako v izpustih kot bioloških vzorcih, zbranih v okolici NEK, analize pa so bile opravljene na Institutu Ruđer Bošković v Zagrebu [16], [17], [18], [19], [20]. V letu 2015 je od 11. 4. do 17. 5. v NEK potekal remont. Vzorčevanje jabolk, ječmena, koruze, pšenice, repice in trave je bilo opravljeno v juliju in v septembru. Doza zaradi prisotnosti C-14 v hrani je bila v okolici NEK (na razdalji do 1 km od osi reaktorja) ocenjena na 14,7  $\mu\text{Sv}$ , na kontrolni točki v Dobovi, kjer vpliva NEK ni, pa na 14,6  $\mu\text{Sv}$ , kar je primerljivo v okviru merske negotovosti in naravne variabilnosti. Glavni del ocenjene doze (14,6  $\mu\text{Sv}$ ) je prispevek naravnega C-14 in C-14 zaradi jedrskih poskusov v preteklosti, ki sta v razmerju 40 % proti 60 % [69].

Doza 14,7  $\mu\text{Sv}$  je izračunana glede na podatek, da povprečen prebivalec v Sloveniji porabi 330 kg hrane na leto, kar je več kot predvideva 29. člen *Uredbe o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih (UV2)*, Uradni list RS 49/2004 ([10], kjer se vzame 250 kg, če masa in sestava zaužite hrane za referenčno skupino prebivalstva ni znana. Iz tega izhaja, da je absolutna vrednost doze zaradi ingestije C-14 nižja. Ocena deleža ogljika je tako pri porabi 330 kg 30 %, kar pomeni, da se v organizem zaradi ingestije hrane vnese 100 kg ogljika letno. Omenjeni model tudi predpostavlja, da



prebivalci uživajo hrano iz neposredne okolice NEK dva meseca v letu, drugih 10 mesecev pa hrano od drugod (Dobova).

Tritij prehaja v rastlinske organizme predvsem z vodo, v človeka in živali pa tudi z rastlinsko in živalsko hrano. Tekoči izpusti H-3 v letu 2015 so bili 16,3 TBq, za določitev sevalne izpostavljenosti populacije zaradi kontaminacije hrane s H-3 pa bi bilo treba izmeriti vsebnosti H-3 neposredno v živilih, ki se pridelujejo na omenjenem območju.

## SKLEPI

V letu 2015 je bilo opravljenih 32 meritev različnih vrst hrane in 36 vzorcev mleka iz okolice NEK. Zelenjavo, žita in sadje smo vzorčevali od junija do oktobra, odvzem mesa in jajc je bil v januarju, marcu in juliju, vina v oktobru, mleko pa je bilo vzorčevano mesečno. Nadzor vsebnosti v hrani drugod po Sloveniji so izvedli na ZVD v okviru republiškega programa nadzora vsebnosti radionuklidov v okolju.

Ocenili smo, da je bila učinkovita doza za odraslo osebo zaradi vsebnosti umetnih in naravnih radionuklidov v hrani, pridelani na krško-brežiškem polju v letu 2015, brez upoštevanja K-40,  $(73 \pm 14) \mu\text{Sv}$ , z upoštevanjem K-40 pa  $(214 \pm 14) \mu\text{Sv}$ . Največji delež k skupni učinkoviti ingestivni dozi, brez upoštevanja K-40, prispevajo naravni radionuklidi (99 %), kot so Pb-210 (50,4 %), Ra-228 (28,5 %), Ra-226 (11,2 %), Th-228 (5,7 %), in U-238 (3,2 %).

Deleža letnih učinkovnih doz glede na celotno prejeto učinkovito dozo zaradi umetnih radionuklidov Cs-137 in Sr-90 pri uživanju hrane sta bila 0,2 % in 0,8 % (1,0 % skupne doze), kar je z biološkega vidika zanemarljivo. Iz grafov, predstavljenih v tem poglavju, lahko ugotovimo, da se vsebnosti obeh radionuklidov v vseh hranilih, ki se vzorčujejo na krško-brežiškem polju, še naprej manjšata. Manjšanje vsebnosti Cs-137 je, glede na rezultate meritev specifične aktivnosti v hrani po Sloveniji (ZVD) v 2015 in pa podatke iz diplomskega dela [68], manj izrazito v gozdnih ekosistemih. V letu 2015 namreč še vedno ugotavljamo značilno povišane vsebnosti Cs-137 v divjačini, grozdnih borovnicah in gobah cigankih, v primerjavi z vsebnostmi Cs-137 v živilih, vzorčenih v agrikulturnih ekosistemih.

Največji delež je k celotni dozi  $(214 \pm 14) \mu\text{Sv}$ , prejeti zaradi vsebnosti naravnih radionuklidov v hrani in z upoštevanjem K-40, prispevalo prehranjevanje z žiti. Omenjeni rezultati se povezujejo z relativno večjo porabo kot pri drugih živilih. Glavni vir vnosa Cs-137 in Sr-90 sta bila v letu 2015 meso in žita.

Med detektiranimi radionuklidi v zračnih izpustih NEK so tudi drugi umetni radionuklidi, ki pa jih v hrani v letu 2015 nismo detektirali, zato vpliv zračnih izpustov NEK v hrani ni neposredno določljiv. Izračuni učinkovnih doz zaradi uživanja hrane, ki vsebuje umetne in naravne radionuklide, so pokazali, da je delež učinkovite doze v letu 2015 zaradi umetnih radionuklidov v hrani 1,0-odstoten glede na celotno učinkovito dozo zaradi vseh radionuklidov v hrani, kar je z biološkega vidika zanemarljivo. Od tod izhaja, da je prejeta učinkovita doza zaradi uživanja hrane v glavnini posledica vnosa naravnih radionuklidov. Posebej je očitno prispevek Pb-210,  $(36,6; 1,9) \mu\text{Sv}$ , ki pa je v okviru vrednosti nadzornih meritev v okolici NEK v preteklih letih.

Izračunane učinkovite doze v letu 2015 veljajo pri pogoju, da prebivalci uživajo samo hrano, pridelano na krško-brežiškem polju. Ocena velja tako za umetne in naravne radionuklide, kot tudi za C-14, ki pa se zaradi narave mehanizma zamenjave atomov C-12 z atomi C-14 v organskih molekulah organizmov obravnava ločeno. Zaradi tega pri obravnavi podatkov o vsebnosti C-14 (v Bq na kilogram ogljika) v hrani ni treba razlikovati med posameznimi vrstami hrane, saj je razmerje med C-14 in C-12 konstantno pri vseh organizmih in izraža razmerje v atmosferi. Pri oceni letne učinkovite doze bi bilo treba upoštevati delež samooskrbe prebivalcev, saj je iz podatkov o deležu samooskrbe prebivalstva v Sloveniji razvidno, da prebivalci večji del hrane kupijo, hrana pa prihaja bodisi z drugih področij Slovenije ali iz uvoza. Republiški program nadzora radionuklidov v hrani predvideva vzorčevanje hrane, pridelane v Sloveniji, medtem ko hrana, ki prihaja iz uvoza, ni analizirana na vsebnost radionuklidov. Podatki o vsebnosti radionuklidov v hrani iz uvoza niso znani in je zato težko oceniti dejanske doze, ki jih prebivalci dobijo zaradi uživanja hrane. Kot kažejo rezultati primerjave vsebnosti radionuklidov v hrani s krško-brežiškega območja s tistimi drugod po Sloveniji, vpliva delovanja NEK na vsebnost radionuklidov v hrani ni zaznati.



V obdobju od sredine aprila do sredine maja 2015 je v NEK potekal redni letni remont. Meritve C-14 so bile v letu 2015 izvedene pri vzorcih jabolk, ječmena, koruze, pšenice, repice in trave na Institutu Ruđer Bošković v Zagrebu, rezultati vsebnosti C-14 v omenjenih živilih in krmi kažejo pričakovano rahlo povišanje vsebnosti C-14 v notranjem in zunanem krogu NEK (oddaljenost od osi reaktorja je manjša od 1 km) glede na kontrolno točko v Dobovi, kjer vpliva NEK ni. Ocenjena letna efektivna doza zaradi ingestije hrane, pridelane izključno na razdalji do 1 km od osi reaktorja, je za 0,1  $\mu\text{Sv}$  (0,7 %) večja kot na kontrolni točki v Dobovi. Glavni del ocenjene doze (14,6  $\mu\text{Sv}$ ; Dobova) je prispevek naravnega C-14 in C-14 zaradi jedrskih poskusov v preteklosti. V okviru stresanja vrednosti je primerljiva z meritvami iz prejšnjih let, z biološkega vidika pa je zanemarljiva.

Edini radionuklid, ki ga sistematično merimo v okolju in je zagotovo vsaj delno posledica plinskih in tekočinskih izpustov NEK, je tritij (H-3), vendar njegove prisotnosti v hrani nismo ugotavljali.



## 7 REFERENCE

- [1] Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško, Poročilo za leto 2014, interna oznaka 5/2015, Ljubljana, marec 2015
- [2] B. Zorko et al., *Značilnosti in ocena vplivov radioaktivnosti na prebivalstvo ob normalnem delovanju NEK*, ISBN 978-961-264-082-8, Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, marec 2015
- [3] Meritve radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2007, Ljubljana, interna oznaka 25/2007, ISSN 1318-2161, marec 2008
- [4] Meritve radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2008, Ljubljana, interna oznaka 25/2008, ISSN 1318-2161, marec 2009
- [5] Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško, Poročilo za leto 2010, interna oznaka 12/2011, Ljubljana, marec 2011
- [6] Mesečna poročila o radioaktivnih emisijah in dozi, NEK, NEK-RETS, Rev. 7, Table 5.9.1, 2015
- [7] Poročilo o meritvah plinastih efluentov v letu 2015, št. poročila 62/2015, IJS, februar 2016
- [8] ZVISJV – Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (Uradno prečiščeno besedilo UPB-2, Uradni list RS 102/2004, 12306) in Zakon o spremembah in dopolnitvah zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (ZVISJV-C), Ur. l. RS št. 60/2011 z dne 13. 8. 2011 in (ZVISJV-D), Ur. l. RS št. 74/2015 z dne 17. 10. 2015
- [9] Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10), Ur. l. RS 20/2007, 2509, 6. 3. 2007 in Pravilnik o spremembah in dopolnitvah pravilnika o monitoringu radioaktivnosti, Ur. l. RS 97/2009, 12936, 30. 11. 2009
- [10] Uredba o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih (UV2), Uradni list RS 49/2004, 2843
- [11] Pravilnik o pogojih in metodologiji za ocenjevanje doz pri varstvu delavcev in prebivalstva pred ionizirajočimi sevanji (SV5), Uradni list RS 115 (2003) 15700
- [12] Poročila o obsevanosti prebivalcev Slovenije, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2000–2015
- [13] Radiološki monitoring v okolici NE Krško za leto 2015, ZVD, LMSAR-23/2016-PJ, februar 2016
- [14] Ovrednotenje merskih podatkov o radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji v letu 2015, IJS-DP-12041, januar 2016
- [15] Poročilo o meritvah radioaktivnosti pitne vode v letu 2015, št. poročila 44/2015, IJS, september 2015
- [16] I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, Izvješće o mjenjenjima aktivnosti  $^{14}\text{C}$  u vodama (WMT i Sava), uzorkovanje 28. 3. 2013, IRB-ZEF-2013/03, IRB-LNA 20/2013, v2, Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, Zagreb, Hrvatska, 3. 9. 2013, dopolnitve 13. 12. 2013
- [17] I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, Izvješće o mjenjenjima aktivnosti  $^{14}\text{C}$  u vodi, WMT2 kvartalni uzorci 2013, IRB-ZEF-2014/01, IRB-LNA 1/2014, Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, Zagreb, Hrvatska, 17. 2. 2014
- [18] I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, Izvješće o mjenjenjima aktivnosti  $^{14}\text{C}$  u vodi, WMT2 kvartalni uzorci 2014, IRB-ZEF-2015/02, IRB-LNA 6/2015, Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, Zagreb, Hrvatska, 17. 2. 2015
- [19] I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, Izvješće o mjenjenjima aktivnosti  $^{14}\text{C}$  u ribama iz rijeke Save, uzorkovanje 20.6.2014, IRB-ZEF-2014/03, IRB-LNA 27/2014, Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, Zagreb, Hrvatska, 18. 10. 2014



- [20] I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčič, Izvješće o mjerenjima aktivnosti  $^{14}\text{C}$  u vodi, WMT2 kvartalni uzorci 2015, IRB-ZEF-2016/02, IRB-LNA 6/2016, Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, Zagreb, Hrvatska, 8. 2. 2016
- [21] Radiation Protection No 152, EU Scientific Seminar 2007, "Emerging Issues on Tritium and Low Energy Beta Emitters", Proceedings of a scientific seminar held in Luxembourg on 13 November 2007
- [22] Izpostavitve prebivalcev sevanju zaradi tekočinskih izpustov NE Krško v reko Savo, IJS-DP-8801 (2003)
- [23] Izpostavitve referenčne skupine prebivalcev sevanju zaradi tekočinskih izpustov NEK v reko Savo – Nova referenčna lokacija, IJS-DP-10114 (2009)
- [24] C. Kunz, Carbon-14 discharges at three light-water reactors, *Health Physics*, 49 (1985), 25–35
- [25] Delavnica z naslovom C-4 u okolišu (C-14 v okolju), organizirana na IJS dne 9.12.2015, predavateljice: Ines Kranjac Bronić in Jadranka Barešić
- [26] J. T. Smith, Modeling the dispersion of radionuclides following short duration releases to river: Part 2. Uptake by fish, *The Science of the Total Environment*, 368 (2006), 502–518
- [27] J. G. Smith, J. R. Simmonds, The Methodology for assessing the Radiological Consequences of Routine Release of Radionuclides in the Environment Used in PC-CREAM 08, 2009
- [28] Carbon 14 and the environment (IRSN), <http://www.irsn.fr/EN/Research/publications-documentation/radionuclides-sheets/environment/Pages/carbon14-environment.aspx>
- [29] Handbook of Parameter Values for Prediction of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater environment, IAEA TRS no. 472
- [30] Špela Arh Marinčič, KOSTAK, sporočilo po elektronski pošti z dne 5.11. 2012
- [31] Jadranka Ajković, KOP Brežice, elektronsko sporočilo z dne 11. 1. 2013
- [32] Toni Petrovič, Določitev referenčnih aktivnosti radionuklida K-40 v različnih vzorcih, magistrsko delo, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, Ljubljana, avgust 2010
- [33] David R. Lide, ed., CRC Handbook of Chemistry and Physics, Internet Version 2005, <<http://www.hbcpnetbase.com>>, CRC Press, Boca Raton, FL, 2005
- [34] A. Kovačič et al., Strokovne podlage za razglasitev ogroženosti podzemne vode v Republiki Sloveniji, 2002
- [35] R. Jamnik, Matematična statistika, Državna založba Slovenije, 1980
- [36] Rozanski K., Gonfiantini R., Araguas – Araguas L., Tritium in the Global Atmosphere: Distribution Patterns and Recent Trends, *J. Phys. G, Nucl.Part.Phys.* 17 (1991) S523 – S536
- [37] P. Vreča, I. Krajcar Bronić, A. Leis, M. Demšar, Isotopic composition of precipitation at the station Ljubljana (Reaktor), Slovenia – period 2007–2010, *GEOLOGIJA* 57/2, 217–230, Ljubljana 2014, doi:10.5474/geologija.2014.019
- [38] MEIS storitve za okolje, d. o. o., Ovrednotenje razredčitvenih in depozicijskih koeficientov po Lagrangeevem modelu za leta 2011, 2012, 2013, 2014 in 2015
- [39] B. Breznik, M. Božnar, P. Mlakar, G. Tinarelli, Dose projection using dispersion models, 8<sup>th</sup> International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, 14–17 October 2002, Sofia, Bulgaria, *Int. J. Environ. Pollut.*, 20 (2004) 278–285
- [40] P. Mlakar, M. Božnar, B. Breznik, A. Kovač, Modelling of air pollutant releases from the Krško Nuclear Power Plant, 4<sup>th</sup> Regional Meeting Nuclear Energy in Central Europe, Bled, Slovenia, 7–10 September 1997. *Proceedings*. Ljubljana: Nuclear Society of Slovenia, 1997, 137–144





- [41] M. Božnar, P. Mlakar, B. Breznik, Advanced modeling of potential air pollution dispersion around Krško NPP using 3D wind field reconstruction and Lagrangean particle model, International Conference Nuclear Energy for New Europe 2003, 8–11 September 2003, Portorož, Slovenija. *Proceedings*. Ljubljana: Nuclear Society of Slovenia, 2003, str. 602
- [42] M. Božnar, P. Mlakar, B. Breznik, G. Tinarelli, Use of Lagrangean particle model for air pollution dispersion for radioactive risk assessment in complex terrain, Sixth Annual Meeting of the European Meteorological Society (EMS) and Sixth European Conference on Applied Climatology (ECAC) : Ljubljana, Slovenia, 4–8 September 2006, (EMS annual meeting abstracts, Volume 3). Ljubljana: European Meteorological Society, Agencija RS za okolje, 2006
- [43] B. Zorko, M. Korun, J. C. M. Canadas, V. Nicoulaud Gouin, P. Chyly, A. M. Blixt Buhr, C. Lager, K. Aquilonius and P. Krajewski, Uncertainty analyses of data obtained with gamma spectrometry near the detection limit for radioactivity in environmental monitoring programs, poslano v objavo v *Journal of Environmental Radioactivity*
- [44] European Commission recommendation on standardized information on radioactive airborne and liquid discharges into the environment from nuclear power reactors and reprocessing plants in normal operation. Euratom Off. J. Eur. Union. 2004; pp L2:32
- [45] GNIP, spletni strani IAEA, [http://www-naweb.iaea.org/napc/ih/IHS\\_resources\\_gnip.html](http://www-naweb.iaea.org/napc/ih/IHS_resources_gnip.html)
- [46] International Atomic Energy Agency, Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment, IAEA Safety Reports Series No. 19, Dunaj, 2001
- [47] Treaty establishing the European Atomic Energy Community (Euratom)
- [48] S. Stoulos et al., Post-Chernobyl Cs-137 in the atmosphere of Thessaloniki: a consequence of the financial crisis in Greece, *Journal of Environmental Radioactivity*, 128 (2014), 68–74
- [49] Povprečna mesečna koncentracija delcev PM<sub>10</sub> v letu 2013, ARSO, januar 2014, [http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/PM10\\_dec013\\_slo.pdf](http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/PM10_dec013_slo.pdf)
- [50] UNITED NATIONS, Sources and effects of Ionizing Radiation, Report to the General Assembly with Scientific Annexes, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, (UNSCEAR), YN, New York, 2000
- [51] Implied doses to the population of the EU arising from reported discharges from EU nuclear power stations and reprocessing sites in the years 1997 to 2004, Radiation Protection 153, European Commission, Bruselj, 2008
- [52] A. Likar, T. Vidmar, B. Pucelj, Monte Carlo Determination of Gamma-ray Dose Rate with the GEANT System, *Health Physics*, 75 (1998), 165–169
- [53] Maya Bundt et al., Impact of Preferential Flow on Radionuclide Distribution in Soil, *Environ. Sci. Technol.*, 34 (2000), 3895–3899
- [54] HSK – Annual Report 1995 Tables 1–5
- [55] Matjaž Korun, osebno sporočilo, 2003
- [56] B. Zorko, S. Miljanić, B. Vekić, M. Štuhec, S. Gobec, M. Ranogajec - Komor, Intercomparison of dosimetry systems based on CaF<sub>2</sub>: Mn TL-detectors, *Radiat. Protect. Dosim.*, 119 (2006), 300–305
- [57] S. Miljanić, Ž. Knežević, M. Štuhec, M. Ranogajec - Komor, K. Krpan, B. Vekić, Energy Dependence of New Thermoluminescent Detectors in Terms of Hp(10) Values, *Radiat. Protect. Dosim.*, 106 (2003), 253–256
- [58] program EXPACS, <http://phits.jaea.go.jp/expacs/>
- [59] M. Lemercier, R. Gurriaran, P. Bouissetand, X. Cagnat, Specific activity to H\*(10) conversion coefficients for In-situ gamma spectrometry, *Radiat. Protect. Dosim.*, 128 (2008), 83–89
- [60] FRMAC, Assessment manual Tables, Charts, Worksheets, Glossary, references, Volume 2, SAND2003-1072P, Table 3.5

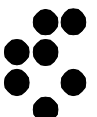


- [61] W. G. Alberts *et al.*, New dose quantities in radiation protection, PTB, Braunschweig, avgust 1995
- [62] M. Kowatari *et al.*, Altitude Variation of cosmic-ray neutron energy spectrum and ambient dose equivalent at Mt. Fuji in Japan, IRPA, 11<sup>th</sup> International Conference, Španija, 23.–28. maj, 2004
- [63] S. Ehlken, G. Kirchner, Environmental process affecting plant root uptake of radioactive trace elements and variability of transfer factor data: a review. *Journal of environmental radioactivity*, 58 (2002), 97–112
- [64] F. W. Whicker, Radionuclide transport processes in terrestrial ecosystems. *Radiation research*, 94 (1983), 135–150
- [65] M. S. Yim, F. Caron, Life cycle and management of carbon-14 from nuclear power generation, *Prog. Nucl. Energy* 48 (2006), 2–36, doi: 10.1016/j.pnucene.2005.04.002
- [66] Y. G. Zhu, E. Smolders, Plant uptake and radiocaesium: a review of mechanisms, regulation and application. *Journal of experimental Botany*, 51 (2000), 1635–1645
- [67] Statistične informacije, Statistični urad RS, št. 5, 30. julij 2002
- [68] P. Zakrajšek, Vsebnost kovin in radionuklidov v gobah na izbranih področjih v Sloveniji, diplomsko delo, Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta, Biotehniška fakulteta, 2014
- [69] <https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon-14>

IJS delovno poročilo  
IJS-DP-12058  
marec 2016

**MERSKI REZULTATI –  
NADZOR RADIOAKTIVNOSTI  
V OKOLICI NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO**

**POROČILO ZA LETO 2015**







*Naročnik:* NE Krško, Vrbina 12, 8270 Krško

*Izvajalci:* Institut "Jožef Stefan", Ljubljana  
Jamova cesta 39, SI-1000 Ljubljana  
  
Zavod za varstvo pri delu, d. d.  
Chengdujska cesta 25, SI-1000 Ljubljana  
  
Institut Ruđer Bošković  
Bijenička 54, HR-10000 Zagreb, Hrvatska

*Pogodbe štev.:* Pogodba št. 3140469 (Z-8131020) z dne 7. 4. 2014 (za IJS)  
Pogodba št. 3140470 (Z-8131021) z dne 31. 3. 2014 (za ZVD)  
Pogodba št. 3132013 (Z-8131026) z dne 27. 12. 2013. (za IRB)

*Odgovorni nosilec:* dr. Benjamin Zorko

*Naslov poročila:* Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2015

*Poročilo uredila:* mag. Denis Glavič - Cindro

*Avtorji poročila:* *Avtorji na IJS:*  
D. Brodnik, D. Buh, B. Črnič, dipl. inž. fiz., P. Gerjol,  
mag. D. Glavič - Cindro, S. Gobec, dr. M. Korun, dr. J. Kožar Logar,  
dr. R. Krištof, dr. M. Nečemer, P. Osterman, prof. biol., U. Petrač,  
B. Svetek, inž. kem. tehnol., dr. M. Štrok, Z. Trkov, inž. kem. tehnol.,  
mag. B. Vodenik, dr. B. Zorko  
  
*Avtorji na ZVD:*  
dr. M. Giacomelli, P. Jovanovič, inž. fiz., D. Konda, M. Levstek,  
dr. G. Omahen, L. Peršin  
  
*Avtorji na IRB:*  
dr. J. Barešič, dr. D. Barišič, R. Bernat, dipl. inž., mag. D. Borković,  
dr. Ž. Grahek, dr. N. Horvatinčič, G. Karanović, dipl. inž., T. Kardum,  
dr. Ž. Knežević, dr. I. Krajcar Bronić, R. Kušič, dr. I. Lovrenčič,  
I. Milanović, dipl. inž., dr. M. Nodilo, dr. B. Obelić (zunanji sodelavec),  
I. Panjkret (zunanji sodelavec), A. Rajtarić, dr. A. Sironić, mag. B. Vekić  
  
*Avtorji na MEIS storitve za okolje, d. o. o.:*  
dr. M. Z. Božnar, dr. B. Grašič, dr. P. Mlakar

*Štev. del. poročila:* IJS-DP-12058

*Izvedba projekta je usklajena z zahtevami programov za zagotovitev kakovosti pri posameznih izvajalcih.*



**NASLOV POROČILA:**

Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti  
v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2015

IJS-DP-12058  
marec 2016

**KLJUČNE BESEDE:**

nadzor radioaktivnosti, vzorčevanje, meritve sevanja, meritve sevalcev gama in beta, visokoločljivostna spektrometrija gama, spektrometrija beta, zunanje sevanje, radioaktivno onesnaženje, identifikacija radionuklidov, dozimetrija, primerjalne meritve

**POVZETEK:**

V poročilu so zbrani vsi rezultati meritev radioaktivnosti v okolici NE Krško, ki so jih izvedli IJS, ZVD in IRB v letu 2015. Osnova za izvajanje obratovalnega nadzora je Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti JV10 (Ur. l. RS 20/2007, 6. 3. 2007) in Pravilnik o spremembah in dopolnitvah pravilnika o monitoringu radioaktivnosti (Ur. l. RS 97/2009, 1. 12. 2009). Program obsega meritve v okolju jedrske elektrarne (imisije – priloga 4, preglednica 3 iz pravilnika JV10). Podroben program meritev je določen v Tehnični specifikaciji za izvedbo storitve obratovalnega monitoringa radioaktivnosti v okolici NEK (pitne vode, zraka, hrane, reke Save, padavin, zemlje in sevanja v okolju skupaj z oceno doz prebivalstva) za leta 2014–2015 v Republiki Sloveniji, NEK, TO.RZ, 4/2013, revizija: 1 in dodatno v Radiological Effluent Technical Specifications (RETS), NEK-RETS, Rev. 7, poglavje 3.12, strani 43–60.

---

**REPORT TITLE:**

Measurement results – surveillance of radioactivity  
in the environment of Krško NPP - yearly report for 2015

IJS-DP-12058  
March 2016

**KEYWORDS:**

radioactivity surveillance, sampling, radioactivity measurements, gamma- and beta-ray emitters activity measurements, high resolution gamma-ray spectrometry, beta spectrometry, external radiation, radioactive contamination, radionuclide identification, dosimetry, exercises, intercomparison measurements

**ABSTRACT:**

In the report all measurement results provided by JSI, ZVD and IRB for radioactivity surveillance in the year 2015 in the environment around Krško NPP are presented. Legal basis for radioactivity monitoring is Rules on the monitoring of radioactivity (JV10), Ur. l. RS 20/2007, 6. 3. 2007 and Rules amending the rules on radioactivity monitoring, Ur. l. RS 97/2009, 1. 12. 2009. Programme comprises measurements in the environment of NPP (emission measurements, Appendix 4, table 3 in regulation JV10). Detailed programme is determined in Technical specification for accomplishment of execution environmental radioactivity monitoring of Krško NPP (drinking water, air, foodstuff, Sava river, precipitation, soil and external exposure to radiation with dose assessment) for years 2014 and 2014 in Republic of Slovenia, NEK, TO.RZ, 4/2013, Revision: 1 and additionally in Radiological Effluent Technical Specifications (RETS), NEK-RETS, Rev. 7, chapter 3.12, pages 43–60.



## IZVAJALCI MERITEV

### INSTITUT "JOŽEF STEFAN" (IJS), LJUBLJANA

*Koordinator projekta za IJS:* dr. Benjamin Zorko

*Izvajalci na IJS:*

*Odsek za fiziko nizkih in srednjih energij (Odsek F2)*

D. Brodnik, D. Buh, B. Črnič, dipl. inž. fiz., P. Gerjol, mag. D. Glavič - Cindro, S. Gobec, dr. M. Korun, dr. J. Kožar Logar, dr. R. Krištof, dr. M. Nečemer, P. Osterman, prof. biol., U. Petrač, mag. B. Vodenik, dr. B. Zorko

*Odsek za znanosti o okolju (Odsek O2)*

B. Svetek, inž. kem. tehnol., dr. M. Štrok, Z. Trkov, inž. kem. tehnol.

### ZAVOD ZA VARSTVO PRI DELU (ZVD), LJUBLJANA

*Koordinator projekta za ZVD:* dr. Gregor Omahen

*Izvajalci na ZVD:*

dr. M. Giacomelli, P. Jovanovič, inž. fiz., D. Konda, M. Levstek, dr. G. Omahen, L. Peršin

### INSTITUT RUĐER BOŠKOVIĆ (IRB), ZAGREB

*Koordinator projekta za IRB - ZIMO:* dr. Željko Grahek

*Izvajalci na IRB – Zavod za istraživanje mora i okoliša, Laboratorij za radioekologiju (IRB–ZIMO–LRE):*

dr. D. Barišić, dr. Ž. Grahek, G. Karanović, dipl. inž., T. Kardum, R. Kušić, dr. I. Lovrenčić, I. Milanović, dipl. inž., dr. M. Nodilo, I. Panjkret (zunanji sodelavec)

*Izvajalci na IRB – Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti – Zavod za eksperimentalnu fiziku:*

dr. J. Barešić, mag. D. Borković, dr. N. Horvatinčić, dr. I. Krajcar Bronić, dr. B. Obelić (zunanji sodelavec), A. Rajtarić, dr. A. Sironić

*Izvajalci na IRB – Služba zaštite od zračenja i Laboratorij za radijacijsku kemiju i dozimetriju :*

R. Bernat, dipl. inž., dr. Ž. Knežević, mag. B. Vekić

### IZVAJALCI EMISIJSKIH MERITEV ZNOTRAJ OGRAJE NE KRŠKO NUKLEARNA ELEKTRARNA KRŠKO (NEK), KRŠKO

*Nosilec projekta za NE Krško:* mag. Borut Breznik

*Izvajalci v NEK:*

M. Simončič, univ. dipl. kem., dr. L. Mikelić, M. Pavlin, dipl. str., M. Urbanč, D. Mešiček, B. Vene, kem. tehnik, A. Volčanšek, univ. dipl. kem.

### IZVAJALCI IZRAČUNOV RAZREDČITVENIH IN DEPOZICIJSKIH KOEFICIENTOV PO LAGRANGEEVEM MODELU DELCEV

*Izvajalci v MEIS storitve za okolje, d. o. o.:*

dr. M. Z. Božnar, dr. B. Grašič, dr. P. Mlakar



## PROGRAM REDNEGA NADZORA RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NE KRŠKO ZA LETO 2015

Osnova za izvajanje obratovalnega monitoringa je *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10)*, Ur. l. RS 20/2007, 2509, 6. 3. 2007 in *Pravilnik o spremembah in dopolnitvah pravilnika o monitoringu radioaktivnosti*, Ur. l. RS 97/2009, 12936, 1. 12. 2009.

- (i) Program obsega **meritve v okolju jedrske elektrarne (imisije – priloga 4, preglednica 3 iz pravilnika JV 10)**

Podroben program meritev je določen v *Tehnični specifikaciji za izvedbo storitve obratovalnega monitoringa radioaktivnosti v okolici NEK (pitne vode, zraka, hrane, reke Save, padavin, zemlje in sevanja v okolju skupaj z oceno doz prebivalstva) za leta 2014–2015 v Republiki Sloveniji*, NEK, TO.RZ, 4/2013, revizija: 1 in dodatno v *Radiological Effluent Technical Specifications (RETS)*, NEK-RETS, Rev. 7, poglavje 3.12, strani 43–60.

Poleg imisijskih meritev so v poročilu obravnavane tudi **meritve tekočinskih in atmosferskih izpustov (emisije priloga 4, preglednici 1 in 2 iz pravilnika JV10)** v obsegu, ki omogoča vrednotenje imisijskih meritev in doz.

- (ii) Označba Sr-90/Sr-89 pomeni, da ni bila narejena analiza na Y-90. Ločitev za Y-90 se izvede samo v primerih, ko iz ponovitev meritev Sr-90/Sr-89 ugotovimo, da je izmerjena hitrost štetja res manjša od predhodno določene in je ta razlika hitrosti štetja posledica radioaktivnega razpada Sr-89.





## PROGRAM RADIOLOŠKIH MERITEV V OKOLICI NE KRŠKO ZA LETO 2015

### 1. VODA, REKA SAVA

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	1. Krško – 4 km vzvodno od NEK	voda in suspendirana snov filtrski ostanek	sestavljen vzorec, zvezno zbiran 31 dni	1-krat na 92 dni	4 4
	2. Brežice – 7,8 km nizvodno od NEK	voda in suspendirana snov filtrski ostanek		1-krat na 31 dni	12 12
	3. Jesenice na Dolenjskem, 17,5 km nizvodno od NEK	voda in suspendirana snov filtrski ostanek		1-krat na 31 dni	12 12
Tritij (H-3), specifična analiza s scintilacijskim spektrometrom	1. Krško 2. Brežice 3. Jesenice na Dolenjskem	vodni destilat	sestavljen vzorec, zvezno zbiran 31 dni	1-krat na 31 dni	12 12 12
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza (radiokemična izolacija Sr-90/Sr-89, detekcija s proporcionalnim števcem)	1. Krško	voda in suspendirana snov filtrski ostanek	sestavljen vzorec, zvezno zbiran 31 dni	1-krat na 92 dni	4 4
	2. Brežice	voda in suspendirana snov filtrski ostanek		1-krat na 31 dni 1-krat na 92 dni	12 4
	3. Jesenice na Dolenjskem	voda in suspendirana snov filtrski ostanek		1-krat na 31 dni 1-krat na 92 dni	12 4



## 2. REKA SAVA- SEDIMENTI, VODNA BIOTA

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	1. Obala 0,5 km vzvodno od NEK, levi breg	enkratni sočasno vzeti vzorci (do 6 vzorcev na vsakem mestu)	1-krat na 92 dni	1-krat na 92 dni	36
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	2. Obala pri Brežicah, 4–7,8 km, nizvodno od NEK, levi breg	voda + suspendirana snov	enkratni sočasno vzeti vzorci (do 6 vzorcev na vsakem mestu)		36
	3. Obala pri Jesenicah, 17,5 km nizvodno od NEK, desni breg	ribe			
Dodatno H-3 v vodi	4. Podsused	vodni destilat	1-krat na 182 dni		12

## 3. VODOVODI

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	1. Krško (vodovod)	enkratno vzeti vzorec vode	1-krat na 92 dni	1-krat na 92 dni	12
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	2. Brežice (vodovod)				12
	3. Vrtina E1 znotraj ograje NEK				
Tritij (H-3), specifična analiza s scintilacijskim spektrometrom	4. Podtalnica v bližini NEK na levem bregu Save (samo H-3)				



#### 4. ČRPALIŠČA, ZAJETJA

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	1. Črpališče vod. Krško - Beli breg (Drnovo)	sestavljene vzorci vode	1-krat na dan	1-krat na 31 dni	12 × 5
Tritij (H-3), specifična analiza s scintilacijskim spektrometrom	2. Črpališče vod. Krško - Brege		1-krat na dan	1-krat na 31 dni	12 × 5
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	3. Zajetje Dolenja vas 4. Črpališče vod. Brežice VT1 (novo) 5. Črpališče vod. Brežice 481 (staro)		1-krat na dan	1-krat na 31 dni	12 × 5

Pripomba: V Brežicah se vzorčujejo zgolj aktivna črpališča, ki napajajo vodovodno omrežje.

#### 5. PADAVINE IN USEDI

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	1. Libna ZR = 1,6 km	sestavljen vzorec, kontinuirano zbiranje 31 dni	1-krat na 31 dni	1-krat na 31 dni	12 × 3
Tritij (H-3), specifična analiza s scintilacijskim spektrometrom	2. Brege				12 × 3
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	3. Dobova				12 × 3



## 6. USEDI - VAZELINSKE PLOŠČE

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	7 vzorčevalnih mest pri črpalkah za jod in sadovnjak ob NEK, 3 skupine lokacij	sestavljani mesečni vzorec iz 3 skupin lokacij oz. celomesečni vzorec iz posamezne lokacije pri povišanih vrednostih	kontinuirano zbiranje vzorca 31 dni	1-krat na 31 dni	12 × 3

## 7. ZRAK

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Meritev I-131 (spektrometrija gama)	1. Sp. Stari Grad ZR = 1,8 km, 4C1 2. Stara vas (Krško) ZR = 1,8 km, 16C 3. Leskovec ZR = 3 km, 13D 4. Brege ZR = 2,3 km, 10C 5. Vihre ZR = 2 km, 8D 6. Gornji Lenart ZR = 5,9 km, 6E	kontinuirano črpanje skozi filter iz steklenih vlaken in skozi oglen filter  (15 dni)	1-krat na 15 dni	1-krat na 15 dni	24 × 6
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	1. Dobova ZR = 12,0 km, 6F	ostanek na filtru kontinuirno črpanje skozi aerosolni filter	1-krat na 92 dni	1-krat na 92 dni	4 × 1
Izotopska analiza partikulatov in aerosolov s spektrometrijo gama	1. Sp. Stari Grad ZR = 1,8 km, 4C1 2. Stara vas (Krško) ZR = 1,8 km, 16C 3. Leskovec ZR = 3 km, 13D 4. Brege ZR = 2,3 km, 10C 5. Vihre ZR = 2 km, 8D 6. Gornji Lenart ZR = 5,9 km, 6E 7. Spodnja Libna ZR = 1,3 km, 2B 8. Dobova ZR = 12,0 km, 6F	kontinuirano črpanje skozi aerosolni filter  (menjava filtra glede na zamašitev oziroma na 31 dni)	1-krat na 31 dni	1-krat na 31 dni	12 × 7
C-14 v CO <sub>2</sub> v zraku	A, B – znotraj ograje NEK	CO <sub>2</sub> absorbiran na NaOH kot Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1-krat na 2 meseca		2 × 6



## 8. DOZA IN HITROST DOZE ZUNANJEGA SEVANJA

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITEV	LETNO ŠT. MERITEV
Doza z okoljskimi TL-dozimetri, v pasu okoli elektrarne	67 merilnih točk v Sloveniji, od tega 57 merilnih točk, razporejenih v krogih v pasu od 1,5–10 km okoli elektrarne, 9 merilnih točk na ograji NEK-a – skupaj 66 merilnih točk v okolici NEK in 1 merilna točka na IJS v Ljubljani;  10 na Hrvaškem	TL-dozimeter, najmanj 2 na merilno mesto	1-krat na pol leta	1-krat na pol leta	134 v Sloveniji
					20 na Hrvaškem
Meritev hitrosti doze sevanja gama	najmanj 10 merilnih mest, ki obkrožajo lokacijo NEK	omrežje z avtomatskim delovanjem		stalna meritev	stalni nadzor

Opomba: NEK izvaja meritve doze z OSL-dozimetri na šestih mestih na ograji objekta.

## 9. ZEMLJA

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	1. Amerika, ZR = 3,2 km, poplavno področje, rjava naplavina  2. Trnje (Kusova Vrbina), ZR = 8,5 km, poplavno področje, borovina  3. Gmajnice (Vihre) ZR = 2,6 km, poplavno področje, rjava naplavina	enkratni vzorec zemlje iz 4 globlin 0–5 cm, 5–10 cm, 10–15 cm, 15–30 cm  enkratni vzorci: naplavine, pašnik ali obdelovalna zemlja	1-krat v 6 mesecih	1-krat v 6 mesecih	2 × (3 × 4)
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza (radiokemična izolacija Sr-90/Sr-89, detekcija s proporcionalnim števcem)					2 × (3 × 4)


**10. HRANA - MLEKO**

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	1. Pesje	enkratni vzorec vsakih 31 dni	1-krat na 31 dni	1-krat na 31 dni	12 × 3
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	2. Drnovo	enkratni vzorec vsakih 31 dni			12 × 3
I-131, specifična analiza	3. Skopice	enkratni vzorec vsakih 31 dni med pašo – 8 mesecev			8 × 3
C-14	Dobova in okolica 15 lokacij okoli NEK (Evrosad in izbrani kraji na polju)	sezonski vzorci raznega sadja, zelenjave ali žit	2-krat na leto (julij in september)	2-krat na leto	okoli 35

**11. HRANA - SADJE**

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	izbrani kraji na krško-brežiškem polju: sadovnjak AKK pri NEK, AKK Sremič, sadovnjak Leskovec	enkratni sezonski vzorci raznega sadja:	1-krat na 365 dni	1-krat na 365 dni	10
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza		jabolka, hruške, ribez, jagode, vino			10

**12. HRANA - POVRTNINE IN POLJŠČINE**

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	izbrani kraji na krško-brežiškem polju:  Brege, Žadovinek, Vrbina, Sp. Stari Grad, Trnje	enkratni sezonski vzorci širokolistnatih povrtnin in poljščin:	1-krat na 365 dni	1-krat na 365 dni	20
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza		solata, zelje, korenje, krompir, paradižnik, peteršilj, fižol, čebula, pšenica, ječmen, koruza, hmelj			20



### 13. HRANA - MESO, PERUTNINA, JAJCA

VRSTA IN OPIS MERITEV	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	izbrani kraji na krško-brežiškem polju:	enkratni vzorci raznega mesa in jajc	1-krat na 365 dni	1-krat na 365 dni	6
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	Žadovinek, Vrbina, Spodnji Stari Grad, Pesje.				6

### PROGRAM INTERKOMPARACIJSKIH MERITEV V LETU 2015

Program interkomparacijskih meritev, ki ga izvajajo laboratoriji, vključeni v radiološki nadzor za NE Krško, obsega mednarodne ali medsebojne medlaboratorijske primerjave naslednjih vzorcev (vsaj 5 vzorcev letno):

- voda (sevalci gama, H-3, Sr-90)
- zračni filter (sevalci gama)
- zemlja ali sediment (sevalci gama)
- vegetacija ali hrana (sevalci gama)
- mleko (sevalci gama, I-131, Sr-89, Sr-90)

Rezultati vseh interkomparacij in primerjalnih meritev morajo biti vključeni v zbirno letno poročilo. V poročilu mora biti navedeno, kateri laboratoriji so uspešno prestali preskuse in zadoščajo postavljenim merilom. Ustreznost laboratorija se izkazuje s primerjalnim indeksom glede na certificirano vrednost in z ovrednotenjem rezultata (sprejemljivo, sprejemljivo z opozorilom ter nesprejemljivo).







## ENOTE IN NAZIVI KOLIČIN

V tabelah so dosledno uporabljene enote in oznake, ki naj bi najbolj neposredno "omogočale izračun" obremenitve človeka in so v skladu z zakonodajnimi podatki (Uradni list).

### 1 **VODE** (Sava, vodovod, zajetja, vrtine)

#### 1.1 Koncentracija aktivnosti se navaja v enotah: $\text{Bq/m}^3$

( $1 \text{ Bq/m}^3 = 1\text{E}-3 \text{ Bq/kg} = 1\text{E}-3 \text{ Bq/L}$ ).

približek velja ob predpostavki, da je  $1 \text{ dm}^3 \text{ vode} = 1 \text{ L vode} = 1 \text{ kg vode}$ ).

#### 1.2 Izraz "suspendirana snov" velja za ostanek filtracije nad $0,45 \mu\text{m}$ .

- koncentracija aktivnosti se navaja v enotah  $\text{Bq/m}^3$  prefiltrirane vode; izraz "groba suspendirana snov" (filtrski ostanek) velja za filtriranje skozi črni trak oz. velikosti delcev nad  $6 \mu\text{m}$ ;
- koncentracija aktivnosti se navaja v enotah  $\text{Bq/m}^3$  prefiltrirane vode, ki je dala ta filtrski ostanek.

#### 1.3 **H-3** iz vode

Koncentracija aktivnosti tritija v vodi se navaja v enotah  $\text{Bq/m}^3$ .

### 2 **USEDI** (padavine): aktivnost se podaja z dvema podatkom:

- Koncentracija aktivnosti useda na vodoravni prestrežni površini se navaja v enotah  $\text{Bq/m}^2$ .
- Koncentracija aktivnosti tekočih padavin se podaja v enotah  $\text{Bq/m}^3$ .

### 3 **HRANA**

Specifična aktivnost mase dejanskega vzorca se navaja v  $\text{Bq/kg}$  z navedbo masnega deleža (%) suhe snovi v dejanskem vzorcu, kadar se pri meritvah uporablja suha snov; le-to smo določali s suhim sušenjem na temperaturi od  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  do  $80 \text{ }^\circ\text{C}$ .

### 4 **BIOLOŠKI VZORCI**

Specifična aktivnost se za sveže ribe navaja v  $\text{Bq/kg}$ , navede se tudi masni delež (%) suhe snovi v ribi; za mahove, ribjo hrano in drugo se podaja specifična aktivnost mase suhe snovi v  $\text{Bq/kg}$  z navedbo deleža suhe snovi v vzorcu (%), kadar je to smiselno.

Specifična aktivnost C-14 v biološkem materialu se podaja kot specifična aktivnost C-14 v  $\text{Bq}$  na kilogram ogljika ali kot relativna specifična aktivnost v pMC (percent of Modern Carbon),  $100 \text{ pMC} = 226 \text{ Bq}$  na kilogram ogljika.

### 5 **ZRAK**

Koncentracija aktivnosti se podaja za aerosole in jod v  $\text{Bq/m}^3$  (pri približno normalnih razmerah).

Koncentracija aktivnosti C-14 v atmosferskem zraku se navaja kot relativna specifična aktivnost C-14 v pMC ali kot koncentracija aktivnosti C-14 v zraku v  $\text{Bq/m}^3$  zraka ob predpostavki, da je koncentracija  $\text{CO}_2$  v zraku  $384 \mu\text{g/g}$ ,  $100 \text{ pMC} = 46 \text{ E}-3 \text{ Bq/m}^3$ .

### 6 **ZEMLJA**

Specifična aktivnost zračno suhe zemlje se podaja v  $\text{Bq/kg}$  (sušenje pri sobni temperaturi) in v  $\text{Bq/m}^2$ .

### 7 **ZUNANJE SEVANJE**

Doza zaradi zunanjega obsevanja se podaja z okoljskim doznim ekvivalentom  $H^*(10)$  v Sv.



## TABELA RADIONUKLIDOV

Seznam imen radioaktivnih izotopov, ki jih omenja poročilo o meritvah radioaktivnosti v okolici NEK ter njihovih simbolov in razpolovnih časov. Podatki o razpolovnih časih so vzeti iz E. Browne, R. B. Firestone, Table of Radioactive isotopes, John Wiley and Sons, 1986.

Element	Simbol izotopa ali izomera	Razpolovni čas
tritij	H-3	12,33 let
berilij	Be-7	53,29 dni
ogljik	C-14	5 730 let
natrij	Na-22	2,602 let
natrij	Na-24	14,66 ur
kalij	K-40	$1,277 \cdot 10^9$ let
argon	Ar-41	1,827 ure
krom	Cr-51	27,70 dni
mangan	Mn-54	312,2 dni
železo	Fe-55	2,73 let
kobalt	Co-57	271,77 dni
kobalt	Co-58	70,916 dni
železo	Fe-59	44,47 dni
kobalt	Co-60	5,271 let
cink	Zn-65	244,1 dni
stroncij	Sr-89	50,55 dni
stroncij	Sr-90	28,5 let
itrij	Y-90	2,671 dni
cirkonij	Zr-95	64,02 dni
niobij	Nb-95	34,97 dni
niobij	Nb-97	1,202 ure
molibden	Mo-99	2,748 dni
rutenij	Ru-103	39,254 dni
rutenij	Ru-106	1,020 leto
srebro	Ag-110m	249,76 dni
kositer	Sn-113	115,09 dni
kositer	Sn-117m	13,61 dni
telur	Te-123m	119,7 dni
antimon	Sb-124	60,20 dni
antimon	Sb-125	2,73 let
telur	Te-125m	57,4 dni
jod	I-125	60,14 dni
telur	Te-127m	109 dni
telur	Te-129m	33,6 dni
jod	I-131	8,040 dni
ksenon	Xe-131 m	11,9 dni
telur	Te-132	2,36 dni
ksenon	Xe-133	2,19 dni
jod	I-133	20,8 ur
cezij	Cs-134	2,062 let
ksenon	Xe-135	9,104 dni
cezij	Cs-137	30,0 let
barij	Ba-140	12,746 dni
lantan	La-140	1,678 dni
cer	Ce-141	32,50 dni
cer	Ce-144	284,9 dni
živo srebro	Hg-203	46,60 dni
svinec	Pb-210	22,3 let
radon	Rn-222	3,835 dni
radij	Ra-226	1 600 let
radij	Ra-228	5,75 let
torij	Th-228	1,913 let
uran	U-238	$4,468 \cdot 10^9$ let



## MERSKE METODE

Koncentracije radioaktivnih snovi v okolju se merijo s specifičnimi metodami, ki omogočajo določanje njihove izotopske sestave. Uporaba nespecifičnih metod je dopustna le v primeru, ko je izotopska sestava dobro znana in se s časom ne spreminja. Metode morajo omogočiti merjenje množine radioaktivnih snovi, ki povzročijo manj kot tretjino avtorizirane mejne doze. Detekcijske meje metod, s katerimi se merijo posamezne specifične aktivnosti radionuklidov v vzorcih iz okolja, morajo biti manjše od aktivnosti, ki povzroči tridesetino avtorizirane dozne meje za posamezne radionuklide.

Seznam radionuklidov, katerih aktivnosti se merijo v okolju, mora ustrezati podatkom o emisiji in mora vsebovati najbolj radiotoksične izotope. Navadno se vzorci iz okolja merijo s spektrometri gama, kjer se aktivnosti posameznih radionuklidov določijo iz energije in intenzitete vrhov v spektru. Aktivnosti radionuklidov, ki ne sevajo žarkov gama, se merijo z metodami, ki vključujejo njihovo radiokemično separacijo. V okviru meritev radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško se po kemični separaciji merijo aktivnosti tritija in stroncijevih izotopov Sr-90/Sr-89 oziroma Sr-89 in Sr-90, če bi bil Sr-89 prisoten. V emisijah iz jedrske elektrarne pa se radiokemična separacija uporablja še za določanje C-14 in Fe-55.

Pri izvedbi meritev sodeluje več institucij, vsaka institucija izvaja meritve po svojih merskih metodah in postopkih. V nadaljevanju poglavja so opisane merske metode, ki jih uporabljajo posamezni izvajalci pri meritvah.

## INSTITUT "JOŽEF STEFAN"

**Institut "Jožef Stefan", Odsek za fiziko nizkih in srednjih energij (Odsek F-2), Laboratorij za meritve radioaktivnosti**, je od marca 2003 akreditiran pri Slovenski akreditaciji (SA) pod zaporedno številko LP-022 za laboratorijske meritve aktivnosti sevalcev gama in rentgenskih žarkov z visokoločljivostno spektrometrijo gama v energijskem območju od 5 keV do 3 000 keV v trdnih in tekočih vzorcih. Vzorci morajo biti cilindrični z največjim premerom 12 cm in največjo debelino 6 cm. Biti morajo homogeni, kar pomeni, da so sevalci gama enakomerno porazdeljeni v vzorcu in da je matrika vzorca homogena. Vzorec se obravnava kot homogen, če je karakteristična dolžina, ki opisuje strukturo vzorca (npr. premer zrn ali debelina plasti), manjša od razdalje, na kateri se izkoristek za točkast vir spremeni za 2 %, ali pa če je najmanj desetkrat manjša od dimenzije vzorca. Obseg emisij iz vzorca je med  $0,005 \text{ s}^{-1}$  in  $50\,000 \text{ s}^{-1}$ .

*Laboratorij za tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo* je od oktobra 2008 akreditiran pri Slovenski akreditaciji pod zaporedno številko LP-022 za laboratorijske meritve tritija v vzorcih vode in urina po direktni metodi in metodi z elektrolitsko obogatitvijo.

*Laboratorij za termoluminiscenčno dozimetrijo* je od julija 2005 akreditiran pri Slovenski akreditaciji pod zaporedno številko LP-022 za meritve doz  $H_p(10)$ ,  $H^*(10)$ , kerme v zraku in  $H_p(0,07)$  s termoluminiscenčnimi dozimetri TLD-400 (CaF<sub>2</sub>:Mn) za uporabo v osebni in okoljski dozimetriji v energijskem območju od 40 keV do 1,2 MeV in v območju doz od 7,5  $\mu\text{Sv}$  do 5 Sv.

Celovito poročilo o vseh meritvah, opravljenih v okviru pogodbe št. 3140469 z dne 7. 4. 2014 na IJS, napisano v skladu z zahtevami standarda SIST EN ISO/IEC 17025:2005, smo izdali ločeno pod zaporedno številko 1/2016. En izvod tega poročila smo poslali naročniku, en izvod pa arhivirali na IJS. V tem poročilu se ob posameznih rezultatih ne podajata niti znak akreditacije niti besedilo, da je rezultat dobljen v okviru akreditirane metode.



Institut "Jožef Stefan", Odsek za znanosti o okolju (Odsek O-2), je za meritve stroncija, tritija in C-14 akreditiran pri Slovenski akreditaciji (SA) od junija 2009 dalje pod zaporedno številko LP 090. Sr-90, Sr-89 ali Sr-90/Sr-89 se lahko določa v tekočinah, trdnem stanju ali usedlinah na zračnem filtru.

Specifično aktivnost tritija v vodi se ugotavlja z direktno metodo ali z elektrolitsko obogatitvijo. Specifično aktivnost C-14 se določa v bazični raztopini. Specifične aktivnosti navedenih radionuklidov v prinesenih vzorcih se izražajo v Bq/kg ali Bq/g.

### a) VISOKOLOČLJIVOSTNA SPEKTROMETRIJA GAMA (Odsek F-2)

Aktivnosti sevalcev žarkov gama in rentgenskih žarkov (to so vsi izotopi, navedeni v tabelah, razen H-3, Sr-89, Sr-90) so bile izmerjene s spektrometrijo gama. Vsi spektrometri gama, ki so bili uporabljeni za meritve in razmere v okolju, v katerem delujejo, ustrezajo merilom, ki so navedeni v [i]. Meritve so bile opravljene po postopku, opisanem v [ii]. Rezultati meritev so sledljivi k aktivnostim primarnih standardov v francoskem laboratoriju LNE-LNHB. Sistematski vplivi geometrije vzorca, matrike vzorca, gostote vzorca, koincidenčnih korekcij in hitrosti štetja na rezultate, so upoštevani pri računu vseh aktivnosti. Negotovosti rezultatov so ocenjene v skladu z vodilom [iii] in postopkom [iv]. Poleg statistične negotovosti prispevajo k negotovosti rezultatov še negotovosti predpostavk pri računu ploščin vrhov, kalibracije detektorjev, lastnosti vzorca, razpadnih konstant, merjenja količine vzorca in trajanja meritve. Najmanjša negotovost aktivnosti, ki je dosegljiva pri rutinskih meritvah in v ugodnih merskih razmerah, je 5 %.

### ORIENTACIJSKE SPODNJE DETEKCIJSKE MEJE ZA VLG-SPEKTROMETRIJO

Medij	ZRAK	ZEMLJA	SEDIMENT	VODA	RIBE	GOMOLJ-NICE	MESO	SADJE	SOLATA	MLEKO
Enota	Bq/m <sup>3</sup>	Bq/kg	Bq/kg	Bq/m <sup>3</sup>	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg
Količina vzorca (*)	10 000 m <sup>3</sup>	0,5 kg	0,1 kg	0,05 m <sup>3</sup>	0,5 kg	2 kg	1 kg	2 kg	4 kg	4 kg
Be-7	6,0 E-4	2,0 E+0	2,0 E+0	2,0 E+0	2,0 E-1	2,0 E-1	4,0 E-1	2,0 E-1	2,0 E-1	4,0 E-2
Na-22	1,0 E-7	2,0 E-1	2,0 E-1	2,0 E-1	5,0 E-2	5,0 E-2	5,0 E-2	2,0 E-2	2,0 E-2	1,0 E-2
Cr-51	1,0 E-5	2,0 E+0	2,0 E-0	1,0 E+0	3,0 E-1	2,0 E-1	3,0 E-1	2,0 E-1	8,0 E-2	3,0 E-2
Mn-54	1,0 E-7	2,0 E-1	2,0 E-1	1,0 E-1	3,0 E-2	3,0 E-2	5,0 E-2	2,0 E-2	1,0 E-2	6,0 E-3
Co-57	2,0 E-7	2,0 E-1	2,0 E-1	3,0 E-2	1,0 E-2	2,0 E-2	4,0 E-2	6,0 E-2	1,0 E-2	2,0 E-3
Co-58	2,0 E-7	2,0 E-1	2,0 E-1	2,0 E-1	3,0 E-2	3,0 E-2	5,0 E-2	2,0 E-2	1,0 E-2	6,0 E-3
Fe-59	2,0 E-7	5,0 E-1	5,0 E-1	3,0 E-1	1,0 E-1	1,0 E-1	1,0 E-1	5,0 E-2	2,0 E-2	2,0 E-2
Co-60	1,0 E-6	2,0 E-1	2,0 E-1	2,0 E-1	5,0 E-2	3,0 E-2	4,0 E-2	2,0 E-2	8,0 E-3	8,0 E-3
Zn-65	2,0 E-6	5,0 E-1	5,0 E-1	3,0 E-1	1,0 E-1	6,0 E-2	1,0 E-1	4,0 E-2	2,0 E-2	2,0 E-2
Zr-95	2,0 E-6	5,0 E-2	5,0 E-2	2,0 E-1	5,0 E-2	5,0 E-2	5,0 E-2	3,0 E-2	2,0 E-2	1,0 E-2
Nb-95	1,0 E-6	3,0 E-1	3,0 E-1	2,0 E-1	5,0 E-2	3,0 E-2	5,0 E-2	2,1 E-2	2,0 E-2	6,0 E-3
Ru-103	1,0 E-6	3,0 E-1	3,0 E-1	2,0 E-1	3,0 E-2	3,0 E-2	4,0 E-2	2,0 E-2	2,0 E-2	6,0 E-3
Ru-106	1,0 E-6	2,0 E+0	2,0 E-0	1,0 E+0	2,0 E-1	2,0 E-1	3,0 E-1	1,0 E-1	1,0 E-1	5,0 E-2
Sb-124	2,0 E-6	5,0 E-1	5,0 E-1	5,0 E-1	5,0 E-2	3,5 E-2	1,0 E-1	3,0 E-2	2,0 E-2	8,0 E-3
Sb-125	1,0 E-5	1,0 E-0	1,0 E+0	2,0 E-1	5,0 E-2	3,0 E-1	1,0 E-1	3,0 E-2	3,0 E-2	2,0 E-2
I-131	4,0 E-5	1,0 E-0	2,0 E+0	2,0 E+0	2,0 E-2	5,0 E-2	5,0 E-1	3,0 E-2	3,0 E-2	1,0 E-2
Cs-134	1,0 E-6	2,0 E-1	2,0 E-1	1,0 E-1	2,0 E-2	2,0 E-2	3,0 E-2	2,0 E-2	1,0 E-2	5,0 E-3
Cs-137	6,0 E-7	2,0 E-1	2,0 E-1	1,0 E-1	2,0 E-2	2,0 E-2	3,0 E-2	3,0 E-2	1,0 E-2	5,0 E-3
Ba-140	5,4 E-5	2,0 E+0	2,0 E+0	2,0 E+0	3,0 E-1	2,0 E-1	2,0 E-1	1,0 E-1	1,0 E-1	3,0 E-2
Pb-210				1,0 E+1	2,0 E-1	6,0 E-1	6,0 E-1	6,0 E-1	0,5 E-1	5,0 E-2
Ra-226				2,0 E+0	5,0 E-1	5,0 E-1	2,0 E-1	2,0 E-1	1,0 E-1	2,0 E-2
Ra-228				1,0 E+0	1,0 E-1	1,0 E-1	2,0 E-1	1,0 E-1	4,0 E-2	3,0 E-2
Th-228				1,0 E+0	1,0 E-1	1,0 E-1	2,0 E-1	4,0 E-1	2,0 E-2	2,0 E-2
U-238				3,0 E+0	3,0 E-1	5,0 E-1	1,0 E+0	2,0 E-0	1,0 E-0	1,0 E-1

(\*) Količina vzorca, podana v enotah druge vrstice, velja za sveže vzorce, razen pri zemlji, sedimentih in algah, kjer velja za suhi vzorec.

(\*\*) Zbiranje I-131 se opravlja s posebnimi filtri, opremljenimi z aerosolnim filtrom in filtrom iz aktivnega oglja, impregniranega s TEDA pri prečrpanem volumnu 1 000 m<sup>3</sup>.



*Komentar:*

Tabelirane spodnje detekcijske meje z intervalom zaupanja 95 % dosegamo:

- z detektorji (spektrometri), ki ustrezajo pogojem, navedenim v [i];
- z vzorci iz navadnega nekontaminiranega materiala; velike koncentracije posameznih radionuklidov dvignejo (poslabšajo) detekcijsko mejo za radionuklide, katerih karakteristične črte ležijo v območju Comptonskega praga intenzivnih črt v odvisnosti od vrste detektorja;
- ob predpostavki, da je čas zakasnitve  $t_n$  med časom vzorčevanja (postavljenim v sredo vzorčevalnega intervala) in časom meritve pri zraku 15 dni, pri vodi 30 dni in pri drugih vzorcih 60 dni. Kadar je dejanska zakasnitev  $t_d$  različna od navedene nominalne  $t_n$ , potem se spodnja detekcijska meja dobi, če se tabelirana vrednost pomnoži s faktorjem

$$e^{-0,692 \frac{(t_n - t_d)}{T_{1/2}}}$$

kjer je  $T_{1/2}$  razpolovna doba opazovanega radionuklida.

*Reference:*

- [i] Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti, Uradni list RS 20 (2007) 2509
- [ii] *Visokoločljivostna spektrometrija gama v laboratoriju (LMR-DN-10)*, izdaja izdaja 12 (feb. 2012), IJS, Ljubljana
- [iii] Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM), JCGM 100:2008
- [iv] *Ocena merilne negotovosti (LMR-RP-05)*, izdaja 03, mar. 2013, IJS, Ljubljana

**b) RADIOKEMIČNA ANALIZA Sr-90/Sr-89 (Odsek O-2)**

Princip določanja stroncija v okoljskih vzorcih (voda, hrana in krma, tla in sedimenti) temelji na raztapljanju vzorca v ustreznih raztopinah [v]. Radiokemična separacija temelji na ločitvi stroncija od kalcija s kadečo dušikovo kislino. Izkoristek separacije določimo gravimetrično s tehtanjem oborine SrCO<sub>3</sub>. Aktivnosti beta se izmeri na proporcionalnem števcu beta s pretokom plina. Kot plin smo uporabili mešanico 90 % Ar in 10 % CH<sub>4</sub>. Izkoristek proporcionalnega števca FHT 770 T-6, Eberline za izbrane radionuklide določamo s kalibracijskimi certificiranimi standardi francoskega laboratorija LEA, division de CERCA.

V primerih, ko je potrebna določitev Sr-89, se izvrši separacija stroncija Sr-90/Sr-89 ter po vzpostavljenem ravnotežju Sr-90/Y-90 izolacija itrija. Iz prve meritve SrCO<sub>3</sub> izmerimo skupno aktivnost obeh, Sr-90/Sr-89; iz meritve Y-90 pa najprej izračunamo aktivnost Sr-90 ter nato še aktivnost Sr-89.

Natančni postopek določanja Sr-90/Sr-89 z beta štetjem je opisan v standardnem delovnem navodilu SDN-O2-STC(01) [vi] in v delovnem navodilu DP-O2-STC(01) [vii], izračun merilne negotovosti je opisan v [vi].

*Reference:*

- [v] B. Vokal, Š. Fedina, J. Burger, I. Kobal, *Ten year Sr-90 survey at the Krško Nuclear Power Plant*, *Annali di Chimica*, 88 (1998), 731
- [vi] *Določanje stroncija z beta štetjem*, SDN-O2-STC(01), 7. izdaja, apr. 2014 in 8. izdaja, dec. 2015
- [vii] *Navodilo za uporabo proporcionalnega števca*, DP-O2-STC(01), 3. izdaja, apr. 2014



**c) RADIOKEMIČNA ANALIZA H-3 (Odsek O-2)**

Tritij določamo v desorbirani vodi z adsorbenti in v vodnih vzorcih po postopkih, ki so natančno opisani v [viii] in [ix]. Vzorce vode najprej destiliramo in nato izvedemo elektrolizo. Po končani elektrolizi s tritijem obogateni preostanek destiliramo, odvzamemo alikvot in dodamo koktajl ULTIMA GOLD LLT. Aktivnost tritija merimo z instrumentom Tri Carb 3170 TR/SL, Super Low Level Liquid Scintillation Analyzer (Canberra Packard). Izkoristek števca za H-3 določamo s kalibracijskim certificiranim standardom proizvajalca Perkin Elmer.

*Reference:*

- [viii] *Določanje tritija s tekočinskim scintilacijskim štetjem*, SDN-O2-STC(02), 6. izdaja, apr. 2014 in 7. izdaja, dec. 2015
- [ix] *Navodilo za uporabo tekočinsko scintilacijskega števca TRICARB 3170 TR/SL*, DP-O2-STC(02), 3. izdaja, apr. 2014

**č) RADIOKEMIČNA ANALIZA H-3 (Odsek F-2)**

Na *Odseku F-2* poteka določitev tritija v vzorcih vod z elektrolitsko obogatitvijo in tekočinskoscintilacijskim štetjem.

Vzorce destiliramo, preverimo pH destilata in mu dodamo natrijev peroksid. Pol litra vzorca elektrolitsko obogatimo, preostanku dodamo svinčev klorid in opravimo drugo destilacijo. V tekočinskoscintilacijskem števcu Quantulus 1220 (Wallac, PerkinElmer) merimo merjence, pripravljene iz destilata vzorca in scintilacijskega koktajla po postopkih *LSC-DN-06*, *LSC-DN-07* in *LSC-DN-08*. Za kalibracijo števca in pripravo krivulje dušenja uporabljamo certificiran NIST-ov standard, za dodatno kontrolo pa certificirane pripravke Perkin Elmerja.

*Reference:*

- [x] *Umeritvene krivulje za tekočinsko scintilacijski spektrometer (LSC-DN-05)*, izdaja 02 (jul. 2014), IJS, Ljubljana
- [xi] *Vzorčenje in priprava vzorcev za določitev tritija (LSC-DN-06)*, izdaja 05 (avg. 2014), IJS, Ljubljana
- [xii] *Analiza in izračun vsebnosti tritija (LSC-DN-07)*, izdaja 05 (jul. 2014), IJS, Ljubljana
- [xiii] *Meritve vsebnosti radionuklidov s tekočinskoscintilacijskim števcem Quantulus(LSC-DN-08)*, izdaja 00 (maj 2014)

**d) RADIOKEMIČNA ANALIZA C-14 (Odsek O-2)**

Ogljik C-14 določamo v bazični raztopini po postopku, ki je opisan v [xiv–xvi]. Raztopljeni  $^{14}\text{CO}_2$  oborimo z  $\text{BaCl}_2$  iz bazične raztopine. Uprašeni oborini  $\text{BaCO}_3$  dodamo scintilacijski koktajl Insta-gel in destilirano vodo. Aktivnost C-14 merimo z instrumentom Tri Carb 3170 TR/SL, Super Low Level Liquid Scintillation Analyzer (Canberra Packard). Izkoristek števca za C-14 določamo s certificiranim kalibracijskim standardom proizvajalca Perkin Elmer.

*Reference:*

- [xiv] H. J. Woo, S. K. Chun, S. Y. Cho, Y. S. Kim, D. W. Kang, E. H. Kim, *Optimization of liquid scintillation counting techniques for the determination of carbon-14 in environmental samples*, Radional. Nucl. Cem., 239 (1999) 3, 649–655
- [xv] *Določanje  $^{14}\text{C}$  v bazični raztopini*, SDN-O2-STC(03), 7. izdaja, apr. 2014 in 8. izdaja, dec. 2015
- [xvi] *Navodilo za uporabo tekočinsko scintilacijskega števca TRICARB 3170 TR/SL*, D-O2-STC(02), 3. izdaja, apr. 2014



## e) TERMOLUMINISCENČNA DOZIMETRIJA (Odsek F-2)

Sistem za termoluminiscenčno (TL) dozimetrijo sestavljajo računalniško kontroliran merilni sistem MR 200 C, veliko število dozimetrov in pečica za brisanje dozimetrov. Sistem omogoča enostavno, hitro in natančno merjenje doz sevanja v okolju in osebni dozimetriji. Za okoljske dozimetre uporabljamo dozimetre tipa TLD-IJS-05 (iz CaF<sub>2</sub>:Mn) z odličnimi odzivnimi lastnostmi, saj lahko merimo zelo nizke doze (pod 20 μSv).

Meritve zunanje doze so bile opravljene po postopku, opisanem v *TLD-DN-02* [xix]. Karakteristike sistema za TL-dozimetrijo so podrobno opisane v IJS delovnih poročilih [xvii, xviii].

### Reference:

- [xvii] *Validacija termoluminiscenčnega sistema TLD IJS MR 200 C po standardu IEC/CEI 61066*, IJS-DP-10126, feb. 2009
- [xviii] *Validacija termoluminiscenčnega sistema TLD IJS MR 200 C po standardu IEC/CEI 62387*, IJS-DP-11217, jan. 2013
- [xix] *Čitanje (merjenje) termoluminiscenčnih dozimetrov (TLD) (TLD-DN-02)*, izdaja 08 (feb. 2011), IJS, Ljubljana

## INSTITUT RUĐER BOŠKOVIĆ

**Institut Ruđer Bošković**, *Laboratorij za radioekologijo* je novembra 2008 pridobil akreditacijo pri Hrvatski akreditacijski agenciji (HAA) v skladu s standardom HRN EN ISO/IEC 17025:2007 pod zaporedno številko 1162/08 za določanje vsebnosti radionuklidov z visokoločljivostno spektrometrijo gama in za določanje vsebnosti Sr-90 po radiokemijski metodi v vzorcih iz okolja in proizvodih, vključno s hrano in pitno vodo, ter za določanje vsebnosti Fe-55 v vodnih vzorcih.

Metodi določanja tritija in Sr-89/Sr-90 sta akreditirani pri Hrvatski akreditacijski agenciji (HAA) od konca leta 2009 dalje.

### Referenca:

- [xx] Priručnik sustava upravljanja kvalitetom PK (izdaja 10), Institut Ruđer Bošković, 2014

## a) VISOKOLOČLJIVOSTNA SPEKTROMETRIJA GAMA

Spektre gama merimo z germanijevimi detektorji, in sicer:

- z germanijevim detektorjem BE3830 z ločljivostjo 0,38 keV pri 5,9 keV (Fe-55), 0,55 keV pri 59,5 keV (Am-241), 0,69 keV pri 122 keV (Co-57) in 2,05 keV pri 1 332,5 keV (Co-60);
- z germanijevim detektorjem GR2520 z izkoristkom 25 % glede na izkoristek detektorja z natrijevim jodidom; germanijev detektor ima ločljivost 0,8 keV pri 122 keV in 1,81 keV pri 1 332,5 keV.

Germanijevi detektorji so povezani z računalnikom s programsko opremo GENIE 2000. Ta programska oprema se uporablja za analizo izmerjenih spektrov skladno s postopki, opisanimi v PS 5.4/1 [xxi]. Izkoristke detektorjev merimo s certificiranimi standardi ČMI, ANALYTICS in LEA-CERCA skladno z zahtevami, predpisanimi v postopkih in delovnih navodlih PS 5.4/1 in RU 5.4/1-1 [xxii]. Meritve so bile opravljene po postopku, opisanem v PS 5.4/1 in RU 5.4/1-1. Negotovosti rezultatov so ocenjene v skladu s postopkom PS 5.4/7 [xxiii] in PS 5.4/1 [xxi].

Spodnja meja detekcije in minimalna aktivnost, ki so določene z intervalom zaupanja 95 %, je za izmerjene vzorce opisana v PS 5.4/1, izdaja (09), in RU 5.4/1-1, izdaja (10).



**ORIENTACIJSKE SPODNJE DETEKCIJSKE MEJE (MDA) ZA SPEKTROMETRIJO GAMA ZA DVA DETEKTORJA\***

Detektor	BE3830			GR2520		
	RIBE	VODA	SEDIMENT	RIBE	VODA	SEDIMENT
Medij	kg	m <sup>3</sup>	kg	kg	m <sup>3</sup>	kg
Enota	kg	m <sup>3</sup>	kg	kg	m <sup>3</sup>	kg
Količina vzorca (**)	0,4	0,05	0,175	0,4	0,05	0,175
Radionuklid	Bq/kg	Bq/m <sup>3</sup>	Bq/kg	Bq/kg	Bq/m <sup>3</sup>	Bq/kg
Be-7	0,20	0,40	0,4	0,24	0,41	0,50
K-40	1,50	2,92	2,7	9,61	18,8	19,3
Mn-54	0,008	0,01	0,017	0,06	0,12	0,13
Co-58	0,02	0,02	0,04	0,04	0,08	0,09
Co-60	0,04	0,07	0,06	0,05	0,08	0,09
Zn-65	0,02	0,02	0,04	0,10	0,19	0,19
Ru-103	0,004	0,005	0,01	0,05	0,09	0,11
Sb-124	0,03	0,04	0,06	0,15	0,28	0,30
Sb-125	0,01	0,01	0,03	0,10	0,16	0,20
I-131	0,02	0,03	0,03	0,01	0,02	0,02
Cs-134	0,04	0,04	0,08	0,03	0,05	0,05
Cs-137	0,02	0,04	0,05	0,01	0,02	0,24
Bi-214	0, 11	0,10	0,2	0,80	1,34	1,90
Ra-228	0, 20	0,07	0,6	1,00	1,80	2,02
Ra-226	0,11	0,10	0,2	0,80	1,34	1,90
U-238	1,40	2,30	2,8	5,91	10,4	9,74
Am-241	0,002	2,30	0,008	0,06	0,06	0,01

\* Spodnje meje detekcije se lahko spreminjajo v odvisnosti od razmer pri meritvah (števeni čas, masa, statistične fluktuacije sevanja ipd.)

*Reference:*

- [xxi] SUK PS 5.4/1 (izdaja 09), Gama spektrometrijska određivanja, Institut Ruđer Bošković, 2013
- [xxii] SUK RU 5.4/1-1 (izdaja 10) Gama spektrometrijska određivanja, Institut Ruđer Bošković, 2013
- [xxiii] SUK PS 5.4/7 (izdaja 01), Izračun mjerne nesigurnosti, 2013

**b) RADIOKEMIČNA ANALIZA Sr-90/Sr-89**

Princip določanja stroncija v okoljskih vzorcih (voda, hrana in krma, tla in sedimenti) temelji na raztapljanju vzorca v ustreznih raztopinah in uporabi ionskih izmenjevalcev [xxiv, xxv]. Radiokemična separacija temelji na ločitvi stroncija od kalcija na koloni, napolnjeni z anionskim izmenjevalcem Amberlite CG-400 in raztopino 0,25 M HNO<sub>3</sub> v metanolu [xxvi]. Izkoristek separacije določimo gravimetrično s tehtanjem oborine SrCO<sub>3</sub>. Aktivnosti beta se izmerijo s proporcionalnim števcem s silicijevim detektorjem i-Matic, Canberra.

V primerih, ko je potrebna določitev Sr-89, se izvrši separacija stroncija in izolacija itrija. Iz prve meritve na SrCO<sub>3</sub> izmerimo aktivnost obeh, Sr-89 in Sr-90; iz meritve Y-90 pa določimo aktivnost Sr-90.

Natančni postopek določanja Sr-90/Sr-89 z beta štetjem je opisan v sistemskem postopku PS 5.4/2 [xxvii] in v delovnih navodilih RU 5.4/2-1/ [xxviii], izračun merilne negotovosti pa je opisan v PS 5.4/2 in PS 5.4/7 [xxviii, xxiii].

*Reference:*

- [xxiv] IAEA, Technical Reports Series No. 295, Measurement of radionuclides in food and the environment, 1989





- [xxv] Ž. Grahek, K. Košutić, M. Rožmarić - Mačefat, Strontium isolation from natural samples with Sr resin and subsequent determination of Sr-90. *Journal of Radioanalytical & Nuclear Chemistry*, 268 (2006), 179–190
- [xxvi] Ž. Grahek et al, Improved methods for the radioactive strontium determination, *Journal Radioanal. Nucl. Chem.*, 242 (1999), 33–40
- [xxvii] SUK PS 5.4/2 (izdaja 08), Određivanje  $^{89,90}\text{Sr}$ , Institut Ruđer Bošković, 2013
- [xxviii] SUK RU 5.4/2-1/ (izdaja 09), Određivanje  $^{89,90}\text{Sr}$ , Institut Ruđer Bošković, 2013

### c) RADIOKEMIČNA ANALIZA H-3

Tritij določamo v zračnih izpustih in v vodnih vzorcih po postopkih, ki so natančno opisani v referencah [xxix–xxxiii]. Vzorec vode se predestilira z dodatkom  $\text{KMnO}_4$ . 250 mL destilirane vode se elektrolitsko obogati. Koncentracijo H-3 določamo tako, da merimo 7 mL vodne raztopine, ki smo ji dodali 13 mL scintilatorja (ULTIMA GOLD) v polietilenski plastični posodici volumna 20 mL (Low diffusion plastic vial) na scintilacijskem števcu Liquid scintillation Analyser TriCarb 3180 TR/SL (Perkin Elmer). Ozadje je nižje od 3 sunkov na minuto. Izkoristek določamo z uporabo certificiranih "quench"-standardov H-3 (Perkin Elmer).

#### *Reference:*

- [xxix] Reference Manual TRI-CARB Liquid Scintillation Analyzer, Model 3180 TR/SL Series, Perkin Elmer, 2011
- [xxx] IAEA, Technical Reports Series No. 295, Measurement of radionuclides in food and the environment, 1989
- [xxxii] SUK PS 5.4/7 (izdaja 01), Izračun mjerne nesigurnosti, 2013
- [xxxiii] SUK PS 5.4/3 (izdaja 08), Određivanje tritija, Institut Ruđer Bošković, 2013
- [xxxiiii] SUK RU 5.4/3-1/ (izdaja 08), Određivanje tritija, Institut Ruđer Bošković, 2014

### č) DOLOČANJE Fe-55

Fe-55 se določa z izolacijo Fe-55 na koloni, napolnjeni s smolo TRU. Podrobnosti so opisane v sistemskem postopku PS 5.4/4 in delovnem navodilu RU 5.4/4-1 [xxxiv, xxxv]. Aktivnost Fe-55 v vzorcih se izmeri s spektrometrom Liquid Scintillation Spectrometra TriCarb 3180 TR/SL (Perkin Elmer). Aktivnost se izračuna iz dobljenega neto števila sunkov in izkoristka, ki se določi iz spektralnega indeksa iz "quench-krivulje" ter izkoristka izolacije, dobljenega z merjenjem koncentracije Fe z AAS Perkin Elmer AAnalyst 400. Postopek določanja aktivnosti in merske negotovosti je opisan sistemskih postopkih in delovnih navodilih PS 5.4/4, RU 5.4/4-1 ter v referencah [xxxvi, xxxvii].

#### *Reference:*

- [xxxiv] SUK PS 5.4/4 (izdaja 08), Određivanje  $^{55}\text{Fe}$ , Institut Ruđer Bošković, 2013
- [xxxv] SUK RU 5.4/4-1/ (izdaja 09), Određivanje  $^{55}\text{Fe}$ , Institut Ruđer Bošković, 2014
- [xxxvi] Ž. Grahek, M. Rožmarić, Extraction chromatographic separation of iron from complex liquid samples and the determination of Fe-55, *Journal of Radioanalytical & Nuclear Chemistry*, 267 (2006) 1, 131–137
- [xxxvii] Ž. Grahek, M. Rožmarić, Isolation of iron and strontium from liquid samples and the determination of  $^{55}\text{Fe}$  and  $^{89,90}\text{Sr}$  in liquid radioactive waste, *Analytica Chimica Acta*, 511 (2004), 339–348



#### d) TERMOLUMINISCENČNA DOZIMETRIJA

Termoluminiscenčni dozimetri TLD-100H (po dva dozimetra na vsaki lokaciji) se uporabljajo od 10. 1. 2008.

Dozimetri TLD-100H so iz litijevega fluorida in so dopirani z magnezijem, fosforjem in bakrom. Za odčitavanje dozimetrov smo uporabljali čitalnik TOLEDO 654 (Vinten). Čitalnik je priklopljen na računalnik s programsko opremo TEMES za čitanje dozimetrov, ki je bila razvita v sodelovanju s sodelavci Instituta "Jožef Stefan".

Čitalnik TOLEDO in programski paket TEMES omogočata kontrolo in spreminjanje hitrosti gretja, grafično in numerično obdelavo izmerjenih vrednosti (integrala sevalne krivulje, določanje maksimumov krivulje, računanje doze) ter zbiranje in obdelavo merskih rezultatov iz različnih dozimetrov.

Dozimetri so individualno kalibrirani. Vse dozimetre obsevamo v laboratoriju za sekundarne dozimetrične standarde na IRB. Laboratorij je opremljen skladno s priporočilom mednarodne agencije za atomsko energijo MAAE.

#### e) RADIOKEMIČNA ANALIZA C-14

Radiokemijsko analizo ogljika C-14 opravlja *Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, Zavod za eksperimentalnu fiziku, IRB*.

##### Ogljik C-14 v biološkem materialu

Biološki vzorci se sušijo v sušilniku pri 100 °C, nato se karbonizirajo 15 min pri temperaturi 600 °C v peči brez prisotnosti zraka. Karbonizirani vzorci se žgejo v toku prečiščenega kisika v posebni, predhodno izčrpani stekleni aparaturi. Nastali CO<sub>2</sub> iz vzorca se absorbira v zmesi Carbosorba<sup>®</sup>E (10 mL) in Permafluora<sup>®</sup>E (10 mL) [xxxviii–xli]. Masa absorbiranega CO<sub>2</sub> se določa s tehtanjem steklenice, v kateri se absorbira zmes, pred postopkom absorpcije in po njem. Postopek absorpcije se za vsak vzorec in pripadajoče standarde dvakrat ponovi. Aktivnost C-14 se meri v tekočinskoscintilacijskem števcu Quantulus 1220, Ultra Low Level Liquid Scintillation Counter (Perkin Elmer). Števec je umerjen s certificiranim standardom proizvajalca Perkin Elmer. Najnižja aktivnost C-14, ki jo lahko izmerimo preko meritve absorbiranega CO<sub>2</sub>, je 2,5 pMC. Skupna merilna negotovost je okoli 3,5 pMC za posamezno meritev oziroma 2,5 pMC za dve ponovitvi.

##### Ogljik C-14 v atmosferskem CO<sub>2</sub>

Atmosferski CO<sub>2</sub> se zbira na dveh lokacijah znotraj ograje NE Krško. Vzorčevalnik je sestavljen iz plitve plastične posode s površino 3–4 dm<sup>2</sup>, kamor se vlije 100 mL zasičene raztopine NaOH. Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, ki se zbere v vzorčevalniku, se v laboratoriju v posebni stekleni aparaturi raztaplja z reakcijo s HCl v inertni dušikovi atmosferi. Tako dobljen CO<sub>2</sub> se uporabi za pripravo benzena [xxxix–xli]. Meritve se izvajajo v tekočinskoscintilacijskem števcu (LSC) Quantulus 1220. Vzorci benzena z maso 4 g se merijo v steklenih ampulah z volumnom 7 mL. Za vse meritve C-14 se uporablja standardni referenčni material Oxalic Acid II, NIST SRM-4990C. Pred vsako posamezno meritvijo aktivnosti <sup>14</sup>C se kontrolira čistoča vzorca z meritvijo SQP-parametra (SQP = Standard Quench Parameter), s katerim se opravi korekcija zaradi dušenja. Najnižja aktivnost <sup>14</sup>C, ki jo lahko določimo v vzorcih benzena, je 0,12 pMC, skupna merilna negotovost za vzorce iz okolja pa je 0,5 pMC.



*Reference:*

- [xxxviii] N. Horvatinčič, J. Barešič, I. Krajcar Bronić, B. Obelić, Measurements of low  $^{14}\text{C}$  activities in a liquid scintillation counter in the Zagreb Radiocarbon Laboratory. Radiocarbon 2004; 46/1:105–116
- [xxxix] J. Barešič, I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčič, B. Obelić, Mjerenje niskih  $^{14}\text{C}$  aktivnosti uzoraka u obliku benzena u tekućinskom scintilacijskom brojaču. U: V. Garaj-Vrhovac, N. Kopjar, S. Miljanić, ur. Zbornik radova Šestog simpozija Hrvatskog društva za zaštitu od zračenja; 18.–20. travnja 2005; Stubičke Toplice, Hrvatska. Zagreb: HDZZ; 2005, 158–163
- [xli] J. Barešič, I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčič, B. Obelić, Mjerenje niskih  $^{14}\text{C}$  aktivnosti uzoraka pripremljenih metodom apsorpcije  $\text{CO}_2$ . U: I. Krajcar Bronić, S. Miljanić, B. Obelić, ur. Zbornik radova Petog simpozija Hrvatskog društva za zaštitu od zračenja; 9.-11. travnja 2003; Stubičke Toplice, Hrvatska. Zagreb: HDZZ; 2003, 267–272
- [xlii] I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčič, J. Barešič, B. Obelić, . Measurement of  $^{14}\text{C}$  activity by liquid scintillation counting. Applied Radiation and Isotopes 2009;. 67:800–8

## ZAVOD ZA VARSTVO PRI DELU

**Zavod za varstvo pri delu**, *Laboratorij za merjenje specifičnih aktivnosti radionuklidov* je marca 2004 pridobil akreditacijo za izvajanje visokoločljivostne spektrometrije gama v skladu s standardom SIST EN ISO/IEC 17025 pod zaporedno številko LP-032. Akreditacija zajema meritve vzorcev zemlje, sedimentov, zraka, padavin ter živil živalskega in rastlinskega porekla. Metoda določitve stroncija je akreditirana od februarja 2009 dalje pri Slovenski akreditaciji (SA) pod zaporedno številko LP-032.

Celovito poročilo z oznako LMSAR-23/2016-PJ o vseh meritvah, opravljenih na ZVD v okviru pogodbe št. 3140470 z dne 31.03. 2014 in napisano v skladu z zahtevami standarda SIST EN ISO/IEC 17025:2005, smo izdali ločeno. En izvod tega poročila smo poslali naročniku, po en izvod pa arhivirali na ZVD in IJS.

### a) VISOKOLOČLJIVOSTNA SPEKTROMETRIJA GAMA

Omenjena metoda je v laboratoriju LMSAR podrobno opisana v dokumentu DP-LMSAR-09, in sicer v petih sklopih: energijska kalibracija, izkoristek detektorja, izračun lokacije in ploščine vrha, identifikacija radionuklida ter izračun specifične aktivnosti in merilne negotovosti rezultata. Vse našteje korake izvajamo s programsko opremo GENIE 2000, katere algoritmi so opisani v knjigi GENIE 2000 – Customization Tools Manual. Opora temu programskemu paketu pa so naslednji mednarodni standardi:

- IEC-1452: Nuclear instrumentation - Measurement of gamma-ray emission rates of radionuclides-Calibration and use of germanium spectrometers
- IEC-973: Test procedures for germanium gamma-ray detectors
- IEC-759: Standard test procedures for semiconductor X-ray energy spectrometers
- IEC-61976: Nuclear instrumentation-Spectrometry - Characterization of the spectrum background in HPGe gamma-ray spectrometry
- ISO-11929-3: Determination of the detection limit and decision threshold for ionizing radiation measurements

Sledljivost rezultatov dosegamo s kalibracijskimi standardi specifičnih geometrij in matrik, ki so podobne vzorcem, ki jih merimo za naše naročnike. Te standarde naročamo pri organizacijah, ki so akreditirane za pripravo teh standardov (npr. Eckert Ziegler Analytics iz ZDA in AEA Technology QSA GmbH iz Nemčije).



Vse sistematske vplive, kot so razlike v gostoti vzorcev, parametrov, ki vplivajo na atenuacijo gama sevanja v matriki in odmike od geometrije vzorca glede na standardne vzorce, izračunavamo z validirano programsko opremo Canberra, ki je navedena v dokumentu: Model S573/S574 ISOCS/LabSOCS, Validation & Verification Manual.

### ORIENTACIJSKE SPODNJE DETEKCIJSKE MEJE ZA VLG-SPEKTROMETRIJO (\*)

Medij	BIOLOŠKI VZORCI	ZEMLJA	VODA	SEDIMENT	ZRAK
Enota	kg	kg	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>3</sup>
Količina vzorca (**)	3	0,15	0,1	0,05	10000
Radionuklid	Bq/kg	Bq/kg	Bq/m <sup>3</sup>	Bq/kg	Bq/m <sup>3</sup>
K-40	0,2	4,7	4,7	5,8	4,0 E-05
Mn-54	0,03	0,7	0,9	0,8	6,0 E-06
Co-57	0,01	0,4	0,3	0,8	2,0 E-06
Co-58	0,03	0,8	1,2	1,0	7,0 E-06
Co-60	0,03	0,7	0,7	0,8	6,0 E-06
Zn-65	0,06	1,5	2,0	1,8	1,0 E-05
Ru-103	0,10	0,9	1,6	1,0	7,0 E-06
Sb-124	0,03	0,8	1,2	1,0	7,0 E-06
Sb-125	0,06	1,7	1,8	2,0	1,0 E-05
I-131	0,20	5,0	1,5	6,0	4,0 E-05
Cs-134	0,03	0,6	0,7	0,8	5,0 E-06
Cs-137	0,03	0,7	0,7	0,8	5,0 E-06
Pb-210	0,20	8,0	3,3	8,0	4,0 E-05
Ra-228	0,07	2,0	2,0	2,0	2,0 E-05
Th-228	0,06	2,0	1,2	2,0	1,0 E-05
Ra-226	0,5	4,0	2,0	4,0	8,0 E-06
U-238	0,1	4,0	3,0	4,0	2,0 E-05
Am-241	0,0	1,0	0,7	1,0	5,0 E-06

(\*) Tabelirane spodnje detekcijske meje so podane z intervalom zaupanja 68 %.

(\*\*) Količina vzorca, podana v enotah druge vrstice, velja za sveže vzorce, razen pri zemlji in sedimentih, kjer velja za suhi vzorec.

### b) RADIOKEMIČNA ANALIZA Sr-89/Sr-90 IN I-131

Natančen opis metod določitve Sr-89/90 v različnih vzorcih in določitve I-131 v mleku, kakor tudi vzorčenje in priprava vzorcev so predstavljene v naslednjih internih delovnih postopkih:

- Vzorčenje, pakiranje, pošiljanje vzorcev iz biosfere, hrane in drugih bioloških vzorcev (DP-LMSAR-02)
- Priprava bioloških in nebioloških vzorcev za gamaspektrometrično in radiokemično analizo (DP-LMSAR-03)
- Opis metode za določitev aktivnosti Sr-89/90 v vzorcih iz okolja (DP-LMSAR-4.01)
- Kemijska obdelava vzorcev in merjenje aktivnosti Sr-89/90 (DP-LMSAR-4.02)
- Izračun specifične aktivnosti Sr-89/90 in merilna negotovost (DP-LMSAR-4.03)
- Zagotavljanje kakovosti meritev aktivnosti Sr-89/90 (DP-LMSAR-4.04)
- Določitev specifične aktivnosti I-131 v mleku (DP-LMSAR-16)
- Kalibracija beta števca za določitev specifične aktivnosti I-131 (DP-LMSAR-18)

Sledljivost rezultatov je dosežena z redno kalibracijo instrumentov BERTHOLD LB770 in PROTEAN INSTRUMENTS CORPORATION MDS MPC-9604 s standardnimi raztopinami proizvajalca Amersham, QSA Global ali PTB. Postopek kalibracije je opisan v delovnih postopkih DP-LMSAR-4.03 in DP-LMSAR-18.



## TABELARIČNI ZAPISI MERITEV

*Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10)* določa zasnovo programa nadzora radioaktivnosti, načina in obsega nadzora radioaktivnosti okolja ter obratovalnega nadzora radioaktivnosti, vrste meritev ter metode vzorčevanja in merjenja radioaktivnosti, kakovost merilne opreme radioaktivnosti, način rednega obveščanja javnosti o rezultatih merjenja radioaktivnosti ter obseg in način priprave in sprejema programov izvajanja nadzora radioaktivnosti. Program nadzora radioaktivnosti je določen v skladu z Direktivo Sveta 96/29/EURATOM z dne 13. maja 1996 o določitvi temeljnih varnostnih standardov za varstvo zdravja delavcev in prebivalstva pred nevarnostmi zaradi ionizirajočega sevanja (UL L št. 159 z dne 29. 6. 1996, str. 1), Priporočilom Komisije 2000/473/EURATOM z dne 8. junija 2000 o uporabi členov 35 in 36 Pogodbe Euratom o nadzoru stopnje radioaktivnosti v okolju za namene ocenjevanja izpostavljenosti prebivalstva kot celote (UL L št. 191 z dne 27. 7. 2000, str. 37) in Priporočilom Komisije 2004/2/EURATOM z dne 18. decembra 2003 o standardiziranih podatkih o atmosferskih in tekočinskih radioaktivnih izpustih v okolje iz reaktorjev jedrskih elektrarn in obratov za predelavo med normalnim obratovanjem (UL L št. 2 z dne 6. 1. 2004, str. 36).

V Priporočilu Komisije 2004/2/EURATOM se kot vodilo za poročanje merskih izidov omenja standard *Determination of the characteristic limits (decision threshold, detection limit and limits of the confidence interval) for measurements of ionizing radiation -- Fundamentals and application* (ISO 11929:2010). Pri tem je posebna pozornost namenjena poročanju merskih rezultatov v bližini meje detekcije oziroma meje kvantifikacije.

Poleg omenjenih priporočil komisije se s poročanjem in ocenjevanjem izpostavitve prebivalcev notranjemu in zunanemu ionizirajočemu sevanju ter negotovosti ukvarja skupina MODARIA pod pokroviteljstvom MAAE (IAEA). Delovna skupina *Working Group (WG) 5 - Uncertainty and variability analysis for assessments of radiological impacts arising from routine discharges of radionuclides*, katere člani so tudi sodelavci Odseka F2, se posebej ukvarja z oceno negotovosti doze ionizirajočega sevanja pri nadzoru radioaktivnosti.

Izmerki v tabelah in posredno v preglednicah so zapisani po naslednjih pravilih:

1. Specifične aktivnosti sevalcev gama pri enkratno odvzetih vzorcih so preračunane na datum vzorčevanja.  
Specifične aktivnosti sevalcev gama pri kontinuirano zbiranih vzorcih so izračunane pri predpostavki, da sta bili hitrost zbiranja vzorca in kontaminacija konstantni v času vzorčevanja.
2. Pri IJS so rezultati meritev z visokoločljivostno spektrometrijo gama izraženi kot neposredni merski rezultati,  $y \pm u(y)$ , pri čemer je  $u(y)$  združena standardna negotovost specifične aktivnosti in se nanaša na interval zaupanja z 68-odstotno zanesljivostjo (faktor pokritja  $k = 1$ ).  
Združena standardna negotovost pri rutinskih meritvah na visokoločljivostni spektrometriji gama vključuje statistično negotovost števila sunkov v vrhovih v spektru, negotovost metode določanja števila sunkov v vrhovih, ozadja, umeritve spektrometra, jedrskih podatkov in količine vzorca. Negotovosti, ki izvirajo iz vzorčevanja, razen količine vzorca, niso upoštevane.  
Pri radiokemičnih meritvah vsebuje merska negotovost statistično negotovost meritve (negotovost tipa A) in druge ocenjene negotovosti tipa A in B, ki sledijo iz postopka in so bolj ali manj za določen postopek stalne. Negotovost tipa A ovrednotimo s statističnimi metodami, medtem ko negotovosti tipa B ovrednotimo s kritično presojo podatkov.  
Poročane negotovosti so izračunane v skladu z navodili GUM (2008).
3. Pri IRB so primarni rezultati meritev z visokoločljivostno spektrometrijo gama izraženi kot  $y \pm U(y)$ , kjer je  $U(y) = k \cdot u(y)$  razširjena merska negotovost s faktorjem pokritja  $k = 2$ . Če je  $U(y) \geq 0,9 y$ , se pojmuje, da je rezultat pod mejo kvantifikacije in rezultat meritve ni zapisan v tabeli. Na enak način so poročani tudi rezultati meritev Sr-90 in H-3. Ta način poročanja rezultatov se nanaša na nizke aktivnosti, ki se določajo v bližini meje kvantifikacije ( $< 5 \text{ Bq/kg}$  za Cs-137).



4. V tabele ne pišemo spodnjih **detekcijskih mej**, ki so ocenjene iz velikosti ozadja in verjetnosti za detekcijo. O meji detekcije se poroča le za Pb-210, ki je zaradi visokega doznega faktorja pomembna pri oceni doz. Skladno s standardom *Determination of the detection limit and decision threshold for ionizing radiation measurements - Part 7: Fundamentals and general applications (ISO 11929-7:2005)* je interval zaupanja 95 %.

Za druge nedetektirane radionuklide se predpostavlja, da so njihove meje detekcije zanemarljive v primerjavi z drugimi vrednostmi in se zaradi preglednosti v tabele ne pišejo. Pri izračunih letnih aritmetičnih srednjih vrednosti (ali povprečij) se prazna polja upoštevajo kot ničle.

5. Če je pri detektirani prisotnosti radionuklida negotovost aktivnosti večja od 80 % vrednosti izmerka, se lahko poroča o meji kvantifikacije (MKV) – k vrednosti izmerka se prišteje negotovost, pomnoženo z 1,65, rezultat pa se označi kot manjši (<) od dobljene številčne vrednosti. Število za znakom < je torej meja kvantifikacije (MKV) ali številska vrednost meje detekcije v danih razmerah meritve in se nanaša na interval zaupanja s 95-odstotno zanesljivostjo (le pri Pb-210).
6. Pri računu doz za neko časovno obdobje  $T$  (npr. dan, mesec, leto) predpostavljamo, da poteka vnos

medija (npr. vode, zraka) v organizem s stalno hitrostjo  $\frac{dV}{dt} = \dot{V} = konst.$  Ta predpostavka nam omogoča, da v organizem vneseno aktivnost  $A$  posameznih radionuklidov izrazimo s:

- ! časovnim integralom specifične aktivnosti (s časovnim integralom koncentracije aktivnosti) ali s
- ! povprečno specifično aktivnostjo v obdobju  $T$ , ki je enaka specifični aktivnosti sestavljenega vzorca, zbranega v obdobju  $T$ .

Velja namreč:

$$A / (\text{Bq}) = \int_0^T \dot{V} / \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right) \cdot a(t) / \left(\frac{\text{Bq}}{\text{m}^3}\right) \cdot dt / (\text{s}) = (\dot{V} \cdot T) \frac{1}{T} \int_0^T a(t) \cdot dt = V_T \cdot \langle a(t) \rangle = V_T \cdot a_T$$

kjer sta  $V_T = (\dot{V} \cdot T)$  v času  $T$  vnesena količina (volumen) medija v organizem in  $\langle a(t) \rangle = a_T$  povprečna specifična aktivnost v obdobju  $T$ , ki je enaka specifični aktivnosti sestavljenega vzorca  $a_T$ , zbranega iz enako velikih delnih vzorcev (volumnov) v obdobju  $T$ . To je primer kontinuirnega vzorčevanja vzorcev reke Save, saj se vzorec zbira dnevno, meritev sestavljenega vzorca pa je le enkrat mesečno. S takšnim načinom vzorčevanja in periode izvajanja meritev lahko izgubimo informacijo o morebitnih izpustih iz opazovanega objekta. Res je, da kontinuirno zbiranje vzorca v Brežicah omogoča retrospektivno analizo za tri dni nazaj, medtem ko vzorčevanje reke Save v Krškem tega ne omogoča.

Če bi vzorec torej samo zbirali v obdobju  $T$  (npr. vse leto), bi bila  $a_T$  letna povprečna specifična aktivnost po eni sami meritvi za zbrani vzorec. Ker pa vzorec zbiramo in merimo periodično (npr. mesečno), potem je letna aktivnost  $A$  letna vsota (integral) obdobnih (npr. mesečnih) specifičnih aktivnosti  $a(t)$ . Ob predpostavki, da je vnos v organizem konstanten, potem sicer lahko govorimo o letni aritmetični srednji vrednosti (navadno ali neuteženo povprečje) specifične aktivnosti, vendar pa se je treba zavedati, da gre za letno vsoto obdobnih specifičnih aktivnosti deljeno s številom meritev.

Program nadzora radioaktivnosti v nekem mediju mora tako omogočati dovolj dobro retrospektivno sliko v nekem obdobju, zato samo zbiranje vzorca v daljšem obdobju in redke meritve niso pokazatelj dobrega nadzora radioaktivnosti.

Slednja enakost velja tudi za diskretno zbiranje sestavljenega vzorca, ko v enakih časovnih presledkih (v obdobju  $T$ ) nabereemo  $N$  delnih vzorcev z volumnom  $v$ :

$$a_T = \frac{1}{N \cdot v} \cdot \sum_{j=1}^N v \cdot a_j = \langle a \rangle$$



Kadar računamo vneseno aktivnost za neko obdobje (npr. leto) iz zaporedja ločenih (diskretnih) meritev (npr. mesečnih sestavljenih vzorcev;  $T = \text{meseč}$ ), nadomestimo zgornji integral z vsoto:

$$A_{\text{leto}} = \sum_{i=1}^{12} V_{\text{mes}} \cdot a_{\text{mes},i} = V_{\text{mes}} \sum_{i=1}^{12} a_{\text{mes},i} = (V_{\text{mes}} \cdot 12) \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} a_{\text{mes},i}$$

$$A_{\text{leto}} = V_{\text{leto}} \cdot \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} a_{\text{mes},i}$$

kjer je pomen veličin isti kot zgoraj.

7. Ocena negotovosti oziroma stresanja letne doze:

Letna učinkovita doza  $E_j$   $j$ -tega radionuklida je sorazmerna z mesečno aritmetično srednjo vrednostjo obdobjnih specifičnih aktivnosti (navadno ali neuteženo povprečje) in porabi (ventiliran zrak, masa popite vode ali zaužite hrane itd.):

$$(E)_j = h(g)_{j, \text{ing, inh}} \cdot V_{\text{leto}} \cdot \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} (a_{\text{mes},i})_j$$

kjer je  $h(g)_{j, \text{ing, inh}}$  predvidena učinkovita doza na enoto vnosa  $j$ -tega radionuklida zaradi zaužitja ali vdihavanja, izražena v Sv/Bq.

Relativna negotovost mesečne učinkovite doze  $j$ -tega radionuklida je potem:

$$\frac{(\delta E_{\text{mes}})_j}{(E_{\text{mes}})_j} = \sqrt{\left(\frac{\delta h(g)_{j, \text{ing, inh}}}{h(g)_{j, \text{ing, inh}}}\right)^2 + \left(\frac{\delta V_{\text{mes}}}{V_{\text{mes}}}\right)^2 + \left(\frac{\delta (a_{\text{mes}})_j}{(a_{\text{mes}})_j}\right)^2}$$

Oziroma negotovost letne učinkovite doze, sešeta po vseh radionuklidih, je:

$$\delta E = \sqrt{\sum_{j, \text{mes}} (\delta E_{\text{mes}})_j^2}$$

Letno učinkovito dozo za določeno prenosno pot zapišemo potem kot  $E \pm \delta E$ . Stresanje mesečnih merskih rezultatov pa lahko zapišemo kot:

$$\Delta E = \sqrt{\sum_j \frac{\sum_{\text{mes}} (E_{\text{mes}} - E)_j^2}{11}}$$

Pri čemer je ta vrednost zapisana ločeno, brez predznaka  $\pm$ .

8. Ocena negotovosti mesečne aritmetične srednje vrednosti, ali krajše mesečnega povprečja specifične aktivnosti (koncentracije aktivnosti)  $\bar{a}_{\text{leto}, j}$  za  $j$ -ti radionuklid v določenem letu:

$$\bar{a}_{\text{leto}, j} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N a_{i,j}, \text{ kjer je } N \text{ število meritev v enem letu } (i = 1..N).$$

Obdobjni neposredni rezultat meritve  $j$ -tega radionuklida (mesečno, trimesečno itd.) se podaja kot:

$$a_{i,j} \pm \delta a_{i,j}$$

kjer je  $a_{i,j}$  izmerjena vrednost,  $\delta a_{i,j}$  pa njena negotovost.

Apriorna negotovost povprečja (aritmetične sredine) specifične aktivnosti (koncentracije



aktivnosti)  $\delta \bar{a}_{\text{leto}, j}$  za  $j$ -ti radionuklid v določenem letu:

$$\delta \bar{a}_{\text{leto}, j} = \frac{1}{N} \sqrt{\sum_i (\delta a_i)_j^2}$$

Standardna deviacija  $\sigma_{\text{leto}, j}$  ali stresanje obdobjnih merskih rezultatov za  $j$ -ti radionuklid v določenem letu:

$$\sigma_{\text{leto}, j} = \sqrt{\frac{\sum_i (a_i - \bar{a}_{\text{leto}})_j^2}{N-1}}; \text{ excelova funkcija "STDEV"}$$

Aposteriorna negotovost povprečja (aritmetične srednje vrednosti) specifične aktivnosti (koncentracije aktivnosti)  $\delta \bar{a}_{\text{leto}, j}$  zaradi stresanja podatkov v določenem letu:

$$\delta \bar{a}_{\text{leto}, j} = \sqrt{\frac{\sum_i (a_i - \bar{a}_{\text{leto}})_j^2}{N(N-1)}}; \text{ excelova funkcija "STDEV" deljeno s korenom iz števila meritev}$$

Negotovost letne vsote useda  $j$ -tega radionuklida,  $\delta a_{\text{used}, \text{leto}, j}$ , pa podajamo kot:

$$\delta a_{\text{used}, \text{leto}, j} = \sqrt{\sum_i (\delta a_{\text{used}, i})_j^2}$$

9. Pri evalvaciji podatkov, se za mesečno povprečje (aritmetično srednjo vrednost) specifične aktivnosti (koncentracije aktivnosti)  $\bar{a}_{\text{leto}, j}$  za  $j$ -ti radionuklid v določenem letu uporabljata zapisa:
  - i)  $(\bar{a}_{\text{leto}, j} \pm \delta \bar{a}_{\text{leto}, j})$  v primeru uporabe apriorne negotovosti povprečja (aritmetične srednje vrednosti)
  - ii)  $(\bar{a}_{\text{leto}, j}; \delta \bar{a}_{\text{leto}, j})$  v primeru uporabe aposteriorne negotovosti povprečja (aritmetične srednje vrednosti) zaradi stresanja merskih podatkov
10. Aktivnost Ra-226 je določena iz aktivnosti kratkoživih radonovih potomcev (Pb-214 in Bi-214). Faktor, ki opisuje ravnovesje med radijem in radonovimi potomci, izračunamo iz ekshalacije in časovnega intervala med pripravo in meritvijo vzorca.
11. Aktivnost urana je določena pri predpostavki, da je U-238 v ravnovesju s potomci Th-234 in Pa-234m ter da sta koncentraciji izotopov U-235 in U-238 v naravnem razmerju.
12. Notranje doze so izračunane iz vsebnosti radionuklidov v mediju, doznih faktorjev in iz predpostavljene porabe hrane, vode ali frekvence vdihovanja zraka. Negotovosti doz so izračunane iz negotovosti vsebnosti radionuklidov, povprečenih preko celega leta. Negotovosti porabe in doznih faktorjev v negotovostih doz niso upoštevane.
13. Označba Sr-90/Sr-89 pomeni, da ni bila narejena analiza na Y-90. Ločitev za Y-90 se izvede samo v primerih, ko iz ponovitev meritev Sr-90/Sr-89 ugotovimo, da je izmerjena hitrost štetja res manjša od predhodno določene in je ta razlika hitrosti štetja posledica radioaktivnega razpada Sr-89.





## SEZNAM TABEL MERITEV IZ PROGRAMA IMISIJSKIH MERITEV

	Tabele	Stran
<b>1. REKA SAVA - sestavljeni mesečni vzorci filtrirane vode in filtrskega ostanka</b>		
– izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3		
KRŠKO	T – 1, 2	M–2
BREŽICE	T – 3, 4	M–3
JESENICE na Dolenjskem	T – 5, 6	M–6
<b>1. REKA SAVA – enkratni vzorci nefiltrirane vode</b>		
– izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 in H-3		
KRŠKO	T – 7	M–8
BREŽICE	T – 9	M–9
JESENICE na Dolenjskem	T – 10	M–9
PODSUSED (R Hrvaška)	T – 11	M–10
<b>2. REKA SAVA – sedimenti</b>		
– izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89		
KRŠKO	T – 12	M–10
BREŽICE	T – 13	M–11
JESENICE na Dolenjskem	T – 14	M–11
KRŠKO pod mostom	T – 15/p	M–12
pod jezom NEK	T – 16/p1	M–12
PESJE	T – 16/p2	M–13
BREŽICE	T – 16/p3	M–13
JESENICE na Dolenjskem	T – 17/p	M–14
PODSUSED (R Hrvaška)	T – 18	M–14
<b>2. REKA SAVA – vodna biota – ribe</b>		
– izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89		
KRŠKO	T – 19	M–15
BREŽICE	T – 21	M–15
JESENICE na Dolenjskem	T – 22	M–16
JESENICE na Dolenjskem	T – 22/p1	M–16
OTOK (R Hrvaška)	T – 24	M–17
PODSUSED (R Hrvaška)	T – 25	M–17



**3. VODOVODI – enkratni vzorci pitne vode**

- izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3

vodovod KRŠKO	T – 28	M–20
vodovod BREŽICE	T – 29	M–20
vertina E1 v NEK	T – V1	M–21
vertina VOP-4 v Vrbini	T – V2	M–21

**4. ČRPALIŠČA VODOVODOV – sestavljeni mesečni vzorci**

- izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3

vodovod BREŽICE	T – 30	M–22
črpališče BREGE	T – 31	M–23
črpališče DRNOVO	T – 32	M–24
črpališče RORE	T – 32	M–25
vodovod SPODNJI STARI GRAD	T – 33	M–26
črpališče BREŽICE - Glogov Brod	T – 34	M–27

**4. PODTALNICE – enkratni oz. sestavljeni mesečni vzorci**

- izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3

MEDSAVE (R Hrvaška)	T – 35	M–28
ŠIBICE (R Hrvaška)	T – 36	M–29

**5. PADAVINE – mesečni vzorci**

- izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3

BREGE	T – 37	M–32
KRŠKO	T – 38	M–34
DOBOVA	T – 39	M–36
LJUBLJANA *)	T – 40	M–38
PREGLED SPECIFIČNIH ANALIZ H-3 V DEŽEVNICI	T – 41	M–40

**6. SUHI USEDI – mesečni vzorci**

- izotopska analiza sevalcev gama

SUHI USED – vazelinske plošče	T – 42	M–41
-------------------------------	--------	------

\*) Meritve iz lastne raziskovalne dejavnosti, ki niso bile financirane iz programov nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju RS ali NEK.



**7. ZRAK – zračni jod ter aerosoli**

– izotopska analiza sevalcev gama

PREGLED MERITEV JODA V ZRAKU	T – 43	M–46
SPODNJI STARI GRAD	T – 44	M–47
STARA VAS	T – 45	M–48
LESKOVEC	T – 46	M–49
BREGE	T – 47	M–50
VIHRE	T – 48	M–51
GORNJI LENART	T – 49	M–52
LIBNA	T – 50	M–53
DOBOVA	T – 51	M–54
LJUBLJANA *)	T – 52	M–56

**8. DOZA ZUNANJEGA SEVANJA**

TL-dozimetri v okolici NEK in na ograji NEK	T – 53	M–58
TL-dozimetri v Republiki Sloveniji	T – 54	M–62
TL-dozimetri v Republiki Hrvaški	T – 55	M–64
Kontinuirni merilniki hitrosti doze MFM-202	T – 56	M–65
Izračun razredčitvenih in depozicijskih koeficientov po Lagrangeevem modelu (MEIS storitve za okolje, d. o. o.)		M–70

**9. ZEMLJA – enkratni vzorci**

– izotopska analiza sevalcev gama in  
specifična analiza Sr-90/Sr-89

GMAJNICE – neobdelana zemlja	T – 57	M–72
– normalno orana njiva	T – 58	M–74
KUSOVA VRBINA – neobdelana zemlja	T – 59	M–76
AMERIKA – neobdelana zemlja	T – 60	M–78

**10. MLEKO – enkratni oz. sestavljeni mesečni vzorci**

– izotopska analiza sevalcev gama in  
specifični analizi Sr-90 in I-131

PESJE	T – 61	M–82
VIHRE	T – 62	M–83
BREGE	T – 63	M–84
PESJE, VIHRE, BREGE (I-131)	T – 64	M–85

**11. SADJE – enkratni vzorci**

– izotopska analiza sevalcev gama in  
specifična analiza Sr-90/Sr-89

JABOLKA	T – 65	M–85
HRUŠKE	T – 66	M–86
JAGODE	T – 67	M–86
VINO, BEZEG	T – 68	M–87

\*) Iz programa nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju RS.



**12. POVRTNINE IN POLJŠČINE** – enkratni vzorci

– izotopska analiza sevalcev gama in  
specifična analiza Sr-90/Sr-89

SOLATA, BLITVA, KROMPIR, RDEČA PESA	T – 69	M–87
ZELJE, FIŽOL, KUMARE, PARADIŽNIK	T – 70	M–88
JAJČEVCI, ČEBULA, PAPRIKA, PETERŠILJ	T – 71	M–88
FEFERONI, OHROVT, KORENJE, RADIČ	T – 72	M–89
JEČMEN, PŠENICA, KORUZA, ČRNA REDKEV	T – 73	M–89

**13. MESO IN KOKOŠJA JAJCA** – enkratni vzorci

– izotopska analiza sevalcev gama in  
specifična analiza Sr-90/Sr-89

KOKOŠJE MESO IN JAJCA	T – 74	M–90
SVINJSKO, GOVEJE IN DIVJAČINSKO MESO	T – 75	M–90

**TABELE REZULTATOV PRIMERJALNIH MERITEV**

M–91

**1. VODA - REKA SAVA**

VODA - SESTAVLJENI MESEČNI VZORCI

VODA - ENKRATNI VZORCI

**2. SEDIMENTI**

**VODNA BIOTA – RIBE**

LETO 2015 T - 1a

## 1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrirane vode (voda + fina susp. snov)



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Krško				
Datum vzor.	Januar - Marec	April - Junij	Julij - September	Oktober - December	Četrtno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	148,80	136,37	135,96	135,40	
Pretok (m <sup>3</sup> /s)	182,6	161,3	117,2	168,1	
Oznaka vzorca	NEKVKRK115	NEKVKRK215	NEKVKRK315	NEKVKRK415	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (B q/m <sup>3</sup> )				
U-238	2,5E+00 ± 7E-01	5,1E+00 ± 1E+00	5,6E+00 ± 1E+00	4,8E+00 ± 1E+00	4,5E+00 ± 6E-01
Ra-226	9,0E-01 ± 7E-02	1,0E+00 ± 7E-01	9,2E-01 ± 2E-01	1,4E+00 ± 1E-01	1,1E+00 ± 2E-01
Pb-210	8,7E+00 ± 8E-01	2,5E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 3E+00	1,7E+01 ± 1E+00	2,0E+01 ± 9E-01
Ra-228	9,6E-01 ± 1E-01	1,3E+00 ± 1E-01	1,6E+00 ± 6E-01	1,1E+00 ± 3E-01	1,2E+00 ± 2E-01
Th-228	5,4E-01 ± 1E-01	2,9E-01 ± 1E-01		4,3E-01 ± 3E-01	3,2E-01 ± 8E-02
Th-230					
K-40	2,6E+01 ± 2E+00	3,4E+01 ± 2E+00	3,7E+01 ± 3E+00	4,6E+01 ± 2E+00	3,6E+01 ± 1E+00
Be-7	3,4E+01 ± 1E+00	1,3E+02 ± 4E+00	2,8E+02 ± 9E+00	1,2E+02 ± 4E+00	1,4E+02 ± 3E+00
I-131	2,6E+00 ± 6E-01			1,7E+00 ± 2E+00	1,1E+00 ± 6E-01
Cs-134					
Cs-137	8,8E-02 ± 2E-02	< 3E-01	< 8E-01	< 6E-01	2,2E-02 ± 3E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	2,3E+00 ± 2E-01	2,1E+00 ± 2E-01	1,3E+00 ± 1E-01	1,6E+00 ± 2E-01	1,8E+00 ± 8E-02

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2015 T - 2a

## 1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrskega ostanka (groba susp. snov)



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Krško				
Datum vzor.	Januar - Marec	April - Junij	Julij - September	Oktober - December	Četrtno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	144,00	145,60	147,20	147,20	
Susp. snov (g)	2,058	1,710	1,034	1,290	
Oznaka vzorca	NEKFKRK115	NEKFKRK215	NEKFKRK315	NEKFKRK415	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (B q/m <sup>3</sup> )				
U-238			3,4E-01 ± 4E-01	2,3E-01 ± 4E-01	1,4E-01 ± 1E-01
Ra-226	4,3E-01 ± 2E-01	2,8E-01 ± 7E-02	3,3E-01 ± 9E-02	4,5E-01 ± 6E-02	3,7E-01 ± 5E-02
Pb-210	1,6E+00 ± 8E-01	1,8E+00 ± 6E-01	3,5E-01 ± 8E-02	2,2E-01 ± 5E-01	9,9E-01 ± 3E-01
Ra-228	4,8E-01 ± 2E-01	5,8E-01 ± 1E-01	8,1E-01 ± 2E-01	4,3E-01 ± 1E-01	5,8E-01 ± 9E-02
Th-228	3,9E-01 ± 2E-01		4,2E-01 ± 2E-01	2,6E-01 ± 1E-01	2,7E-01 ± 7E-02
Th-230					
K-40	1,5E+00 ± 1E+00	8,6E-01 ± 8E-01	2,3E+00 ± 1E+00	2,4E+00 ± 8E-01	1,8E+00 ± 5E-01
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	< 5E-01	< 2E-01	< 4E-01	< 2E-01	< 2E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	< 5E-02	< 6E-02	< 5E-02	1,5E-01 ± 5E-02	3,7E-02 ± 2E-02

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2015 T - 1b

## 1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrirane vode (voda + fina susp. snov)

Specifična analiza H-3 (\*\*)

Vzorč. mesto	Krško						
Datum vzor.	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Pretok (m <sup>3</sup> /s)	168,2	182,5	197,2	145,2	165,1	173,6	
Oznaka vzorca	NEKVKR0115	NEKVKR0215	NEKVKR0315	NEKVKR0415	NEKVKR0515	NEKVKR0615	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )						
H-3	7,4E+02 ± 1E+02	5,8E+02 ± 1E+02	7,0E+02 ± 2E+02	< 4E+02	6,2E+02 ± 1E+02	9,3E+02 ± 2E+02	6,0E+02 ± 9E+01

Vzorč. mesto	Krško						
Datum vzor.	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Pretok (m <sup>3</sup> /s)	106,0	90,3	155,3	313,2	111,8	79,5	
Oznaka vzorca	NEKVKR0715	NEKVKR0815	NEKVKR0915	NEKVKR1015	NEKVKR1115	NEKVKR1215	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )						
H-3	< 8E+02	7,2E+02 ± 2E+02	6,5E+02 ± 2E+02	6,6E+02 ± 2E+02	4,7E+02 ± 1E+02	7,2E+02 ± 1E+02	5,7E+02 ± 8E+01

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na IJS na Odseku O-2.

LETO 2015 T - 4c

## 1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrskega ostanka (groba susp. snov)

Specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Brežice (kont. vz.) - 8,2 km od NEK				
Datum vzor.	Januar - Marec	April - Junij	Julij - September	Oktober - December	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	269,45	312,75	327,88	319,37	
Susp. snov (g)	1,253	1,422	0,578	1,252	
Oznaka vzorca	NEKFBRK115	NEKFBRK215	NEKFBRK315	NEKFBRK415	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )				
Sr-90	< 3E-02	< 4E-02	< 4E-02	6,7E-02 ± 3E-02	1,7E-02 2E-02

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2015 T – 3a



## 1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrirane vode (voda + fina susp. snov)

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90 in H-3 (\*\*\*)

Vzorč. mesto	Brežice (kont. vz.) - 8,2 km od NEK						
Datum vzor.	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	47,98	50,93	48,20	46,80	48,45	46,55	
Pretok (m³/s)	168,2	182,5	197,2	145,2	165,1	173,6	
Oznaka vzorca	NEKVBR0115	NEKVBR0215	NEKVBR0315	NEKVBR0415	NEKVBR0515	NEKVBR0615	
IZOTOP KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)							
U-238	1,8E+00 ± 2E-01	1,5E+00 ± 7E-01	6,8E+00 ± 3E+00	4,6E-01 ± 3E-01	5,5E-01 ± 2E-01	1,4E+00 ± 2E-01	1,4E+00 ± 5E-01
Ra-226	1,1E+01 ± 2E+00	4,2E-01 ± 1E-01	6,0E-01 ± 6E-01	2,5E+01 ± 3E+00	1,1E+01 ± 2E+00	2,1E+01 ± 2E+00	8,7E-01 ± 1E-01
Pb-210	1,1E+01 ± 2E+00	6,2E+00 ± 9E-01	1,3E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 3E+00	1,1E+01 ± 2E+00	2,1E+01 ± 2E+00	1,4E+01 ± 9E-01
Ra-228	2,0E+00 ± 5E-01	1,0E+00 ± 2E-01	5,9E-01 ± 8E-01	2,3E+00 ± 6E-01	9,2E-01 ± 4E-01	1,3E+00 ± 4E-01	1,4E+00 ± 2E-01
Th-228	7,8E+00 ± 2E+00	4,4E-01 ± 2E-01		1,4E+00 ± 5E-01	1,9E+00 ± 4E-01	7,0E-01 ± 4E-01	2,0E+00 ± 4E-01
Th-230							
K-40	3,4E+01 ± 4E+00	3,2E+01 ± 2E+00	4,5E+01 ± 9E+00	3,2E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 3E+00	3,3E+01 ± 2E+00
Be-7	5,9E+01 ± 3E+00	9,9E+00 ± 1E+00	6,0E+01 ± 8E+00	3,0E+01 ± 2E+00	2,7E+02 ± 9E+00	1,8E+02 ± 6E+00	1,0E+02 ± 2E+00
I-131	2,7E+00 ± 6E-01	3,0E+00 ± 5E-01		3,2E+00 ± 9E-01	1,7E+00 ± 5E-01	4,2E+00 ± 1E+00	2,5E+00 ± 3E-01
Cs-134							
Cs-137	< 1E+00	< 5E-01	< 2E+00	< 1E+00	< 8E-01	< 8E-01	< 4E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,5E+00 ± 3E-01	1,9E+00 ± 2E-01	2,0E+00 ± 2E-01	2,5E+00 ± 3E-01	2,7E+00 ± 3E-01	2,5E+00 ± 3E-01	2,3E+00 ± 1E-01
H-3	2,6E+03 ± 3E+02	1,7E+04 ± 6E+02	2,1E+04 ± 8E+02	3,9E+03 ± 3E+02	8,4E+02 ± 2E+02	1,3E+03 ± 2E+02	7,7E+03 ± 2E+02

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(\*\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 so bile opravljene na ZVD. Radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na IJS na Odseku O-2.

LETO 2015 T - 4a



## 1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrskega ostanka (groba susp. snov)

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Brežice (kont. vz.) - 8,2 km od NEK						
Datum vzor.	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	92,21	87,74	89,50	108,15	105,90	98,70	
Susp. snov (g)	1,100	1,440	1,228	1,458	1,330	1,480	
Oznaka vzorca	NEKFBR0115	NEKFBR0215	NEKFBR0315	NEKFBR0415	NEKFBR0515	NEKFBR0615	
IZOTOP KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)							
U-238							
Ra-226	3,4E-01 ± 2E-01	5,7E-01 ± 1E-01	5,8E-01 ± 2E-01	2,3E-01 ± 1E-01	9,6E-01 ± 7E-01	1,1E+00 ± 2E-01	6,3E-01 ± 1E-01
Pb-210		5,2E-01 ± 1E+00	1,2E-01 ± 1E+00			1,2E-01 ± 1E+00	1,3E-01 ± 3E-01
Ra-228	8,1E-01 ± 3E-01	9,8E-01 ± 3E-01	1,3E+00 ± 5E-01	7,2E-01 ± 2E-01		1,1E+00 ± 3E-01	8,2E-01 ± 1E-01
Th-228	3,2E-01 ± 3E-01	5,9E-01 ± 3E-01	1,0E+00 ± 4E-01	8,2E-01 ± 2E-01	4,3E-01 ± 2E-01	1,0E+00 ± 3E-01	6,9E-01 ± 1E-01
Th-230							
K-40	4,8E+00 ± 2E+00	2,8E+00 ± 2E+00	1,3E+00 ± 2E+00	5,6E+00 ± 1E+00	4,4E+00 ± 2E+00	7,4E+00 ± 2E+00	4,4E+00 ± 7E-01
Be-7							
I-131						1,6E+00 ± 3E-01	2,7E-01 ± 5E-02
Cs-134							
Cs-137	< 6E-01	< 5E-01	< 9E-01	< 3E-01	< 4E-01	< 5E-01	< 2E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.



LETO 2015 T - 3b

## 1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrirane vode (voda + fina susp. snov)



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90 in H-3 (\*\*\*)

Vzorč. mesto	Brežice (kont. vz.) - 8,2 km od NEK						
Datum vzor.	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	49,00	48,20	46,70	44,55	47,00	46,20	
Pretok (m <sup>3</sup> /s)	106,0	90,3	155,3	313,2	111,8	79,5	
Oznaka vzorca	NEKVBR0715	NEKVBR0815	NEKVBR0915	NEKVBR1015	NEKVBR1115	NEKVBR1215	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )						
U-238	2,2E+00 ± 1E+00	4,3E+00 ± 2E+00	3,5E+00 ± 1E+00	7,8E+00 ± 5E+00	1,5E+00 ± 3E-01	2,8E+00 ± 2E+00	2,4E+00 ± 6E-01
Ra-226	1,4E+00 ± 2E-01	1,7E+00 ± 3E-01	1,6E+00 ± 2E-01	5,2E-01 ± 4E-01	1,5E+00 ± 3E-01	1,4E+00 ± 5E-01	1,1E+00 ± 9E-02
Pb-210	1,9E+01 ± 3E+00	1,5E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 2E+00	1,6E+02 ± 2E+01	4,5E+00 ± 2E+00	7,8E+00 ± 2E+00	2,6E+01 ± 2E+00
Ra-228	2,2E+00 ± 5E-01	1,8E+00 ± 5E-01	2,1E+00 ± 1E+00	2,1E+00 ± 1E+00	2,7E+00 ± 6E-01	3,0E+00 ± 9E-01	1,7E+00 ± 2E-01
Th-228	1,0E+00 ± 5E-01	8,0E-01 ± 5E-01	4,9E-01 ± 4E-01	2,4E+00 ± 1E+00	9,7E+00 ± 2E+00	7,7E-01 ± 6E-01	2,3E+00 ± 3E-01
Th-230							
K-40	3,1E+01 ± 4E+00	4,9E+01 ± 5E+00	2,2E+01 ± 3E+00	5,7E+01 ± 8E+00	3,7E+01 ± 4E+00	5,2E+01 ± 5E+00	3,7E+01 ± 1E+00
Be-7	3,5E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 4E+00	2,9E+02 ± 9E+00	8,0E+02 ± 5E+01	2,5E+01 ± 2E+00	2,2E+01 ± 2E+00	1,8E+02 ± 5E+00
I-131	3,1E+00 ± 8E-01			2,2E+00 ± 7E-01	3,0E+00 ± 9E-01		1,9E+00 ± 2E-01
Cs-134							
Cs-137	< 9E-01	< 1E+00	< 8E-01	6,0E-01 ± 2E-01	< 1E+00	< 1E+00	5,0E-02 ± 3E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,8E+00 ± 3E-01	2,3E+00 ± 3E-01	1,2E+00 ± 2E-01	3,9E+00 ± 4E-01	2,1E+00 ± 3E-01	2,1E+00 ± 3E-01	2,4E+00 ± 8E-02
H-3	1,0E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 2E+02	4,8E+03 ± 3E+02	9,6E+02 ± 2E+02	1,4E+03 ± 2E+02	1,9E+03 ± 2E+02	4,8E+03 ± 1E+02

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(\*\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 so bile opravljene na ZVD, radiokemijske analize H-3 pa na IJS na Odseku O-2.

LETO 2015 T - 4b

## 1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrskega ostanka (groba susp. snov)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Brežice (kont. vz.) - 8,2 km od NEK						
Datum vzor.	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	106,46	113,59	107,83	102,01	110,61	106,75	
Susp. snov (g)	1,009	0,449	0,289	2,288	0,646	0,891	
Oznaka vzorca	NEKFBR0715	NEKFBR0815	NEKFBR0915	NEKFBR1015	NEKFBR1115	NEKFBR1215	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )						
U-238	7,6E-01 ± 8E-01	2,5E-01 ± 2E-01	2,4E+00 ± 7E-01	5,3E-01 ± 6E-01	4,9E-01 ± 5E-01	5,9E-01 ± 1E-01	3,5E-01 ± 1E-01
Ra-226	4,4E-01 ± 1E-01	1,2E+00 ± 1E+00	3,1E-01 ± 1E-01	1,7E+00 ± 1E-01	5,9E-01 ± 7E-02	8,1E-01 ± 6E-01	6,4E-01 ± 7E-02
Pb-210		1,2E+00 ± 1E+00	7,1E-01 ± 9E-01	2,6E+00 ± 1E+00		8,1E-01 ± 6E-01	5,1E-01 ± 2E-01
Ra-228	7,1E-01 ± 3E-01	1,7E+00 ± 3E-01	6,1E-01 ± 2E-01	7,1E-01 ± 3E-01	1,7E-01 ± 1E-01	5,5E-01 ± 3E-01	7,8E-01 ± 8E-02
Th-228	3,5E-01 ± 2E-01		3,7E-01 ± 2E-01	1,1E+00 ± 3E-01	1,4E-01 ± 1E-01	2,5E-01 ± 2E-01	5,3E-01 ± 7E-02
Th-230							
K-40	3,1E+00 ± 2E+00	5,5E-01 ± 2E+00	2,8E+00 ± 1E+00	1,0E+01 ± 2E+00	2,3E+00 ± 9E-01	1,5E+00 ± 1E+00	3,9E+00 ± 5E-01
Be-7					8,7E-01 ± 3E-01		7,3E-02 ± 2E-02
I-131							1,3E-01 ± 3E-02
Cs-134							
Cs-137	< 4E-01	< 5E-01	< 3E-01	< 5E-01	< 3E-01	< 5E-01	< 1E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2015 T - 5a

## 1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrirane vode (voda + fina susp. snov)



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90 in H-3

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem						
Datum vzor.	Jamar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzor. (L)	272,50	246,00	270,60	262,70	271,60	253,40	
Pretok (m³/s)	262,0	313,0	303,0	181,0	206,0	239,0	
Oznala vzorca	JFV01-15	JFV02-15	JFV03-15	JFV04-15	JFV05-15	JFV06-15	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
U-238	4,9E+00 ± 2E+00	4,5E+00 ± 2E+00	5,5E+00 ± 2E+00	6,2E+00 ± 2E+00	7,4E+00 ± 2E+00	6,1E+00 ± 2E+00	5,8E+00 ± 1E+00
Ra-226	1,6E+00 ± 5E-01	1,3E+00 ± 5E-01	1,3E+00 ± 4E-01	1,4E+00 ± 5E-01	2,2E+00 ± 5E-01	1,2E+00 ± 5E-01	1,5E+00 ± 2E-01
Pb-210							
Ra-228	1,2E+00 ± 6E-01	1,6E+00 ± 7E-01	2,0E+00 ± 8E-01	1,3E+00 ± 6E-01	1,9E+00 ± 7E-01	1,8E+00 ± 7E-01	1,6E+00 ± 3E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	5,4E+01 ± 7E+00	5,7E+01 ± 8E+00	4,8E+01 ± 7E+00	5,0E+01 ± 7E+00	5,4E+01 ± 7E+00	4,9E+01 ± 7E+00	5,2E+01 ± 3E+00
Be-7	2,0E+00 ± 2E+00	1,9E+00 ± 1E+00	3,0E+00 ± 1E+00	3,3E+00 ± 1E+00	2,8E+00 ± 2E+00	2,8E+00 ± 1E+00	2,6E+00 ± 6E-01
I-131	3,3E+00 ± 1E+00	2,6E+00 ± 1E+00	6,1E+00 ± 1E+00	3,8E+00 ± 2E+00	2,5E+00 ± 9E-01	3,4E+00 ± 1E+00	3,6E+00 ± 6E-01
Cs-134							
Cs-137						1,1E-01 ± 8E-02	1,9E-02 ± 1E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,2E+00 ± 2E-01	1,9E+00 ± 2E-01	1,9E+00 ± 2E-01	2,1E+00 ± 2E-01	1,9E+00 ± 2E-01	2,2E+00 ± 2E-01	2,0E+00 ± 8E-02
H-3	1,2E+03 ± 2E+02	4,2E+03 ± 3E+02	6,4E+03 ± 4E+02	1,8E+03 ± 2E+02	1,4E+03 ± 2E+02	7,3E+02 ± 1E+02	2,6E+03 ± 1E+02

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2015 T - 6a

## 1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrskega ostanka (groba susp. snov)



Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem						
Datum vzor.	Jamar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzor. (L)	279,00	252,00	279,00	270,00	279,00	270,00	
Susp. snov (g/m³)	1,9	5,5	4,5	3,1	6,5	20,3	
Oznala vzorca	JST01-15	JST02-15	JST03-15	JST04-15	JST05-15	JST06-15	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
U-238				1,0E+00 ± 5E-01		1,6E+00 ± 5E-01	4,4E-01 ± 1E-01
Ra-226							
Pb-210							
Ra-228							
Th-228							
Th-230							
K-40		8,0E+00 ± 4E+00				1,7E+01 ± 4E+00	4,2E+00 ± 9E-01
Be-7						4,2E+00 ± 2E+00	7,0E-01 ± 3E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	9,7E-02 ± 7E-02					2,3E-01 ± 1E-01	5,4E-02 ± 2E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

Izotopska analiza sevalcev gama

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

## 1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrirane vode (voda + fina susp. snov)



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90 in H-3

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem						
Datum vzor.	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (L)	272,60	272,30	253,60	269,10	269,20	272,70	
Pretok (m <sup>3</sup> /s)	127,0	118,0	179,0	453,0	149,0	110,0	
Oznaka vzorca	JFV07-15	JFV08-14	JFV09-15	JFV10-15	JFV11-15	JFV12-15	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )						
U-238		6,6E+00 ± 2E+00	5,3E+00 ± 2E+00	4,8E+00 ± 2E+00	5,5E+00 ± 2E+00	5,0E+00 ± 2E+00	5,1E+00 ± 7E-01
Ra-226							7,5E-01 ± 1E-01
Pb-210							
Ra-228	2,0E+00 ± 7E-01	1,3E+00 ± 6E-01	1,4E+00 ± 7E-01		1,9E+00 ± 8E-01	2,1E+00 ± 7E-01	1,5E+00 ± 2E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	4,7E+01 ± 7E+00	6,2E+01 ± 8E+00	5,5E+01 ± 8E+00	5,0E+01 ± 7E+00	5,3E+01 ± 7E+00	6,3E+01 ± 8E+00	5,4E+01 ± 2E+00
Be-7		5,3E+00 ± 3E+00	5,6E+00 ± 1E+00	3,8E+00 ± 1E+00	2,0E+00 ± 1E+00		2,7E+00 ± 4E-01
I-131		3,4E+00 ± 2E+00	5,3E+00 ± 1E+00	3,1E+00 ± 9E-01	2,7E+00 ± 1E+00	3,3E+00 ± 1E+00	3,3E+00 ± 4E-01
Cs-134							
Cs-137				1,0E-01 ± 8E-02	1,5E-01 ± 1E-01		3,0E-02 ± 1E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,2E+00 ± 2E-01	2,4E+00 ± 3E-01	2,3E+00 ± 2E-01	2,7E+00 ± 2E-01	2,0E+00 ± 2E-01	2,2E+00 ± 2E-01	2,2E+00 ± 6E-02
H-3	8,9E+02 ± 1E+02	2,0E+03 ± 2E+02	1,9E+03 ± 2E+02	5,4E+02 ± 1E+02	8,4E+02 ± 1E+02	1,1E+03 ± 2E+02	1,9E+03 ± 6E+01

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

## 1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrskega ostanka (groba susp. snov)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem						
Datum vzor.	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (L)	279,00	279,00	270,00	279,00	270,00	279,00	
Susp. snov (g/m <sup>3</sup> )	5,3	2,6	3,7	11,9	1,3	0,9	
Oznaka vzorca	JST07-15	JST08-15	JST09-15	JST10-15	JST11-15	JST12-15	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )						
U-238		3,8E+00 ± 2E+00					3,1E-01 ± 2E-01
Ra-226				1,1E+00 ± 5E-01			3,1E-01 ± 7E-02
Pb-210							
Ra-228				8,9E-01 ± 5E-01			7,4E-02 ± 5E-02
Th-228							
Th-230							
K-40				9,1E+00 ± 4E+00			2,9E+00 ± 6E-01
Be-7		1,7E+00 ± 1E+00		3,4E+00 ± 2E+00			7,8E-01 ± 3E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137				2,3E-01 ± 1E-01			4,6E-02 ± 2E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2015 T - 6a, 6b

1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrskega ostanka (groba susp. snov)



Specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Datum vzor.	Januar - Marec	April - Junij	Julij - September	Oktober - December	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	810,00	819,00	828,00	828,00	
Susp. snov (g/m <sup>3</sup> )	11,9	29,9	11,6	14,1	
Oznaka vzorca	JST-I-15	JST-II-15	JST-III-15	JST-IV-15	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )				
Sr-90	< 1E+00	< 1E+00	< 1E+00	< 1E+00	< 5E-01

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2015 T - 7

1. REKA SAVA – VODA - enkratni vzorci nefiltrirane vode



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90 in H-3 (\*\*\*)

Vzorč. mesto	Krško				
Datum vzor.	19. 3. 2015	18. 6. 2015	8. 9. 2015	11. 11. 2005	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (kg)	45,30	45,40	45,75	48,05	
Oznaka vzorca	RSKRK115	RSKRK215	RSKRK315	RSKRK415	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )				
U-238				3,3E+00 ± 2E+00	8,3E-01 ± 6E-01
Ra-226	3,7E-01 ± 2E-01	1,7E+00 ± 3E-01	1,2E+00 ± 3E-01	1,5E+00 ± 3E-01	1,2E+00 ± 1E-01
Pb-210	1,1E+01 ± 2E+00	3,8E+01 ± 4E+00	6,9E+00 ± 3E+00	2,0E+01 ± 3E+00	1,9E+01 ± 1E+00
Ra-228	2,0E+00 ± 4E-01	1,1E+00 ± 8E-01	2,2E+00 ± 7E-01	2,4E+00 ± 7E-01	1,9E+00 ± 3E-01
Th-228	1,6E+00 ± 4E-01		1,1E+00 ± 5E-01		6,8E-01 ± 2E-01
Th-230					
K-40	3,3E+01 ± 3E+00	4,7E+01 ± 5E+00	4,6E+01 ± 5E+00	2,0E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 2E+00
Be-7	8,5E+01 ± 3E+00	1,6E+02 ± 1E+01	3,8E+01 ± 2E+00	2,5E+02 ± 2E+01	1,3E+02 ± 5E+00
I-131	4,3E+00 ± 3E-01	5,9E+00 ± 7E-01		3,6E+00 ± 4E-01	3,5E+00 ± 2E-01
Cs-134					
Cs-137	< 7E-01	< 1E+00	< 1E+00	< 1E+00	< 5E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	2,5E+00 ± 3E-01	2,5E+00 ± 3E-01	3,6E+00 ± 4E-01	2,0E+00 ± 3E-01	2,6E+00 ± 2E-01
H-3	7,3E+02 ± 6E+01	4,4E+02 ± 6E+01	6,2E+02 ± 6E+01	6,0E+02 ± 7E+01	6,0E+02 ± 3E+01

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(\*\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijska analiza Sr-90/Sr-89 sta bili opravljena na ZVD, analiza H-3 pa na IJS na Odseku F-2.

LETO 2015 T - 9  
1. REKA SAVA – VODA - enkratni vzorci nefiltrirane vode



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90 in H-3 (\*\*\*)

Vzorč. mesto	Brežice				
Datum vzor.	19. 3. 2015	18. 6. 2015	8. 9. 2015	11. 11. 2015	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (kg)	43,78	43,80	45,05	44,68	
Oznaka vzorca	RSBRK115	RSBRK215	RSBRK315	RSBRK415	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )				
U-238				1,9E+00 ± 6E-01	4,8E-01 ± 2E-01
Ra-226		2,2E+00 ± 3E-01		9,2E-01 ± 1E-01	7,8E-01 ± 8E-02
Pb-210	1,5E+01 ± 3E+00	1,7E+01 ± 2E+00	1,1E+01 ± 3E+00	1,3E+01 ± 1E+00	1,4E+01 ± 1E+00
Ra-228		9,8E-01 ± 6E-01	4,1E+00 ± 9E-01	1,4E+00 ± 2E-01	1,6E+00 ± 3E-01
Th-228	2,0E+00 ± 7E-01		1,3E+00 ± 5E-01	9,5E-01 ± 2E-01	1,1E+00 ± 2E-01
Th-230					
K-40	3,8E+01 ± 5E+00	4,2E+01 ± 4E+00	3,9E+01 ± 5E+00	2,7E+01 ± 2E+00	3,7E+01 ± 2E+00
Be-7	2,3E+01 ± 3E+00	7,7E+01 ± 5E+00	7,1E+01 ± 3E+00	1,9E+02 ± 2E+01	9,1E+01 ± 4E+00
I-131	3,0E+00 ± 7E-01	5,7E+00 ± 7E-01	3,5E+00 ± 6E-01	5,6E+00 ± 5E-01	4,5E+00 ± 3E-01
Cs-134					
Cs-137	< 2E+00	< 1E+00	< 1E+00	< 4E-01	< 6E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,5E+00 ± 2E-01	2,8E+00 ± 4E-01	2,7E+00 ± 3E-01	1,5E+00 ± 2E-01	2,1E+00 ± 1E-01
H-3	8,1E+02 ± 8E+01	6,0E+02 ± 1E+02	7,8E+02 ± 9E+01	6,2E+02 ± 8E+01	7,0E+02 ± 4E+01

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(\*\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijska analiza Sr-90/Sr-89 sta bili opravljena na ZVD, analiza H-3 pa na IJS na Odseku F-2.

LETO 2015 T - 10  
1. REKA SAVA – VODA - enkratni vzorci nefiltrirane vode



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90 in H-3 (\*\*\*)

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Datum vzor.	19. 3. 2015	18. 6. 2015	8. 9. 2015	11. 11. 2015	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (kg)	43,22	46,15	44,35	46,70	
Oznaka vzorca	RSJEK115	RSJEK215	RSJEK315	RSJEK415	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )				
U-238	3,6E+00 ± 2E+00	2,0E-01 ± 7E-02	6,0E+00 ± 2E+00		2,4E+00 ± 7E-01
Ra-226	1,1E+00 ± 6E-01	8,9E-02 ± 1E-02	3,7E-01 ± 2E-01	4,8E-01 ± 4E-01	5,1E-01 ± 2E-01
Pb-210	3,6E+00 ± 3E+00	1,2E+00 ± 3E-01	1,5E+01 ± 2E+00	3,6E+00 ± 2E+00	5,9E+00 ± 9E-01
Ra-228	7,7E-01 ± 7E-01	2,3E-01 ± 2E-02	1,1E+00 ± 4E-01	8,8E-01 ± 5E-01	7,5E-01 ± 2E-01
Th-228		1,2E-01 ± 2E-02	1,5E+00 ± 4E-01	4,5E-01 ± 4E-01	5,2E-01 ± 1E-01
Th-230					
K-40	2,4E+01 ± 4E+00	3,1E+00 ± 2E-01	3,9E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 2E+00
Be-7	3,9E+01 ± 2E+00	3,4E+00 ± 7E-01	2,2E+02 ± 7E+00	5,7E+01 ± 2E+00	8,1E+01 ± 2E+00
I-131	2,2E+00 ± 3E-01	4,9E-01 ± 5E-02	1,4E+00 ± 3E-01	6,4E+00 ± 5E-01	2,6E+00 ± 2E-01
Cs-134					
Cs-137	< 1E+00	< 3E-02	< 7E-01	< 8E-01	< 4E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,1E+00 ± 3E-01	2,2E+00 ± 3E-01	2,7E+00 ± 3E-01	1,8E+00 ± 3E-01	1,9E+00 ± 1E-01
H-3	7,5E+02 ± 7E+01	5,0E+02 ± 8E+01	7,0E+02 ± 6E+01	4,4E+02 ± 6E+01	6,0E+02 ± 3E+01

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(\*\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijska analiza Sr-90/Sr-89 sta bili opravljena na ZVD, analiza H-3 pa na IJS na Odseku F-2.

LETO 2015 T - 11  
1. REKA SAVA – VODA - enkratni vzorci nefiltrirane vode



Specifična analiza H-3

Vzorč. mesto	Podsused (R Hrvatska)				
Datum vzor.	Januar - Marec	April - Junij	Julij - September	Oktober - December	Četrletno povprečje
Oznaka vzorca	PO-I-15	PO-II-15	PO-III-15	PO-IV-15	(za celo leto) (*)
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )				
H-3	1,1E+03 ± 1E+02	6,7E+02 ± 1E+02	6,2E+02 ± 1E+02	4,7E+02 ± 1E+02	7,1E+02 ± 6E+01

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2015 T - 12  
2. REKA SAVA – SEDIMENTI - enkratni vzorci sedimentov



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Krško				
Datum vzor.	19. 3. 2015	18. 6. 2015	8. 9. 2015	11. 11. 2015	Četrletno povprečje
Kol. vzor. (g)	46,1	59,6	53,8	65,4	(za celo leto) (*)
Oznaka vzorca	SDKRK115	SDKRK215	SDKRK315	SDKRK415	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	3,4E+01 ± 8E+00	2,8E+01 ± 5E+00	3,6E+01 ± 7E+00	2,9E+01 ± 7E+00	3,2E+01 ± 3E+00
Ra-226	3,6E+01 ± 1E+00	3,5E+01 ± 6E-01	3,5E+01 ± 8E-01	3,1E+01 ± 9E-01	3,4E+01 ± 4E-01
Pb-210	1,2E+02 ± 1E+01	4,7E+01 ± 4E+00	1,1E+02 ± 9E+00	1,3E+02 ± 1E+01	1,0E+02 ± 5E+00
Ra-228	4,0E+01 ± 2E+00	3,6E+01 ± 9E-01	3,7E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 2E+00	3,6E+01 ± 7E-01
Th-228	3,6E+01 ± 2E+00	3,1E+01 ± 1E+00	3,3E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 2E+00	3,2E+01 ± 8E-01
Th-230					
K-40	4,6E+02 ± 3E+01	4,3E+02 ± 2E+01	4,4E+02 ± 2E+01	3,7E+02 ± 2E+01	4,3E+02 ± 1E+01
Be-7	3,4E+01 ± 3E+00	9,5E+00 ± 8E-01	7,4E+01 ± 4E+00		2,9E+01 ± 1E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	1,1E+01 ± 6E-01	8,9E+00 ± 3E-01	9,3E+00 ± 4E-01	1,0E+01 ± 7E-01	9,9E+00 ± 3E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	5,8E-01 ± 2E-01	1,1E+00 ± 2E-01	6,2E-01 ± 3E-01	2,0E+00 ± 3E-01	1,1E+00 ± 1E-01

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2015 T - 13  
2. REKA SAVA – SEDIMENTI - enkratni vzorci sedimentov



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Brežice				
Datum vzor.	19. 3. 2015	18. 6. 2015	8. 9. 2015	11. 11. 2015	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	80,3	72,7	77,5	70,9	
Oznaka vzorca	SDBRK115	SDBRK215	SDBRK315	SDBRK415	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,9E+01 ± 6E+00	1,1E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 7E+00	2,5E+01 ± 6E+00	2,4E+01 ± 3E+00
Ra-226	2,8E+01 ± 6E-01	1,8E+01 ± 4E-01	2,6E+01 ± 7E-01	2,7E+01 ± 7E-01	2,5E+01 ± 3E-01
Pb-210	3,6E+01 ± 4E+00	1,9E+01 ± 2E+00	4,6E+01 ± 5E+00	2,8E+01 ± 5E+00	3,2E+01 ± 2E+00
Ra-228	2,9E+01 ± 1E+00	1,9E+01 ± 5E-01	2,6E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 5E-01
Th-228	2,9E+01 ± 1E+00	1,6E+01 ± 6E-01	2,2E+01 ± 2E+00	2,1E+01 ± 1E+00	2,2E+01 ± 6E-01
Th-230					
K-40	3,7E+02 ± 2E+01	2,2E+02 ± 1E+01	3,3E+02 ± 2E+01	3,2E+02 ± 2E+01	3,1E+02 ± 9E+00
Be-7	5,0E+00 ± 1E+00	5,4E+00 ± 7E-01	1,5E+01 ± 2E+00		6,3E+00 ± 7E-01
I-131					
Cs-134					
Cs-137	3,8E+00 ± 3E-01	2,0E+00 ± 5E-02	3,1E+00 ± 4E-01	2,7E+00 ± 3E-01	2,9E+00 ± 1E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	< 2E-01	< 3E-01	< 3E-01	4,9E-01 ± 3E-01	1,2E-01 ± 1E-01

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2015 T - 14  
2. REKA SAVA – SEDIMENTI - enkratni vzorci sedimentov



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Datum vzor.	19. 3. 2015	18. 6. 2015	8. 9. 2015	11. 11. 2015	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	75,6	79,0	76,5	82,9	
Oznaka vzorca	SDJEK115	SDJEK215	SDJEK315	SDJEK415	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,2E+01 ± 5E+00	1,6E+01 ± 3E+00	1,5E+01 ± 4E+00	1,7E+01 ± 3E+00	1,7E+01 ± 2E+00
Ra-226	2,8E+01 ± 8E-01	2,2E+01 ± 4E-01	2,4E+01 ± 6E-01	2,2E+01 ± 4E-01	2,4E+01 ± 3E-01
Pb-210	4,2E+01 ± 5E+00	2,3E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 5E+00	2,7E+01 ± 3E+00	3,0E+01 ± 2E+00
Ra-228	2,1E+01 ± 1E+00	1,9E+01 ± 6E-01	1,9E+01 ± 9E-01	1,9E+01 ± 6E-01	1,9E+01 ± 4E-01
Th-228	2,3E+01 ± 2E+00	1,7E+01 ± 7E-01	1,7E+01 ± 1E+00	1,7E+01 ± 7E-01	1,8E+01 ± 5E-01
Th-230					
K-40	2,7E+02 ± 2E+01	2,3E+02 ± 1E+01	2,5E+02 ± 1E+01	2,1E+02 ± 1E+01	2,4E+02 ± 7E+00
Be-7	5,7E+00 ± 1E+00	4,3E+00 ± 1E+00	1,9E+01 ± 2E+00	5,0E+00 ± 8E-01	8,5E+00 ± 7E-01
I-131					
Cs-134					
Cs-137	2,7E+00 ± 3E-01	1,7E+00 ± 1E-01	1,7E+00 ± 2E-01	1,2E+00 ± 1E-01	1,8E+00 ± 1E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	< 2E-01	< 2E-01	8,7E-01 ± 3E-01	1,8E+00 ± 4E-01	6,6E-01 ± 1E-01

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

**LETO 2015 T - 15/p**  
**2. REKA SAVA – SEDIMENTI**



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Krško pod mostom				
Datum vzor.	23. 2. 2015	3. 6. 2015	10. 8. 2015	9. 11. 2015	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	140,2	127,6	132,0	183,0	
Oznaka vzorca	SIZ02-15	SIZ06-15	SIZ08-15	SIZ11-15	
IZOTOP	AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	3,6E+01 ± 1E+01	3,1E+01 ± 1E+01	2,4E+01 ± 9E+00	3,0E+01 ± 9E+00	3,0E+01 ± 5E+00
Ra-226	3,6E+01 ± 5E+00	3,0E+01 ± 4E+00	2,3E+01 ± 4E+00	2,7E+01 ± 4E+00	2,9E+01 ± 2E+00
Pb-210					
Ra-228	3,9E+01 ± 6E+00	3,4E+01 ± 6E+00	3,2E+01 ± 6E+00	3,2E+01 ± 5E+00	3,4E+01 ± 3E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	4,8E+02 ± 6E+01	4,0E+02 ± 5E+01	3,7E+02 ± 4E+01	3,9E+02 ± 5E+01	4,1E+02 ± 2E+01
Be-7	2,4E+01 ± 7E+00	1,7E+01 ± 6E+00	8,6E+01 ± 2E+01	3,6E+01 ± 8E+00	4,1E+01 ± 6E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	5,7E+00 ± 1E+00	6,3E+00 ± 1E+00	5,7E+00 ± 1E+00	6,9E+00 ± 1E+00	6,2E+00 ± 6E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

**LETO 2015 T - 16/p1**  
**2. REKA SAVA – SEDIMENTI**



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Krško pod jezem NEK				
Datum vzor.	23. 2. 2015	3. 6. 2015	10. 8. 2015	9. 11. 2015	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	170,3	142,7	158,0	152,0	
Oznaka vzorca	SIS02-15	SIS06-15	SIS08-15	SIS11-15	
IZOTOP	AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	3,7E+01 ± 1E+01	3,5E+01 ± 1E+01	2,3E+01 ± 8E+00	3,2E+01 ± 9E+00	3,2E+01 ± 5E+00
Ra-226	4,1E+01 ± 5E+00	3,4E+01 ± 5E+00	2,4E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 4E+00	3,2E+01 ± 2E+00
Pb-210					
Ra-228	3,6E+01 ± 6E+00	3,4E+01 ± 6E+00	2,7E+01 ± 5E+00	3,6E+01 ± 6E+00	3,3E+01 ± 3E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	3,6E+02 ± 4E+01	3,7E+02 ± 4E+01	3,4E+02 ± 4E+01	3,9E+02 ± 5E+01	3,7E+02 ± 2E+01
Be-7	1,1E+01 ± 7E+00	2,1E+01 ± 6E+00	3,9E+01 ± 1E+01	9,5E+00 ± 4E+00	2,0E+01 ± 4E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	3,5E+00 ± 9E-01	4,2E+00 ± 1E+00	4,2E+00 ± 1E+00	3,9E+00 ± 9E-01	3,9E+00 ± 5E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.



LETO 2015 T - 16/p2  
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Pesje					
	Datum vzor.	23. 2. 2015	3. 6. 2015	10. 8. 2015	9. 11. 2015	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	171,2	170,3	172,0	157,9		
Oznaka vzorca	SPE02-15	SPE06-15	SPE08-15	SPE11-15		
IZOTOP	AKTIVNOST (Bq/kg)					
U-238	2,7E+01 ± 9E+00	2,6E+01 ± 9E+00	1,8E+01 ± 7E+00	2,7E+01 ± 9E+00	2,4E+01 ± 4E+00	
Ra-226	3,2E+01 ± 4E+00	3,0E+01 ± 4E+00	1,7E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 4E+00	2,6E+01 ± 2E+00	
Pb-210						
Ra-228	2,9E+01 ± 5E+00	2,5E+01 ± 5E+00	1,9E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 5E+00	2,6E+01 ± 2E+00	
Th-228						
Th-230						
K-40	3,8E+02 ± 4E+01	3,5E+02 ± 4E+01	2,6E+02 ± 3E+01	3,9E+02 ± 5E+01	3,4E+02 ± 2E+01	
Be-7			2,7E+01 ± 9E+00		6,7E+00 ± 2E+00	
I-131						
Cs-134						
Cs-137	3,1E+00 ± 9E-01	3,7E+00 ± 9E-01	1,3E+00 ± 7E-01	2,7E+00 ± 9E-01	2,7E+00 ± 4E-01	
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2015 T - 16/p3  
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Brežice					
	Datum vzor.	23. 2. 2015	3. 6. 2015	10. 8. 2015	9. 11. 2015	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	167,3	171,8	179,0	197,9		
Oznaka vzorca	SBR02-15	SBR06-15	SBR08-15	SBR11-15		
IZOTOP	AKTIVNOST (Bq/kg)					
U-238	2,3E+01 ± 8E+00	2,5E+01 ± 8E+00	2,8E+01 ± 8E+00	2,1E+01 ± 7E+00	2,4E+01 ± 4E+00	
Ra-226	2,6E+01 ± 4E+00	2,9E+01 ± 4E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 2E+00	
Pb-210						
Ra-228	3,0E+01 ± 5E+00	2,6E+01 ± 5E+00	2,4E+01 ± 4E+00	2,0E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 2E+00	
Th-228						
Th-230						
K-40	3,0E+02 ± 4E+01	3,3E+02 ± 4E+01	3,3E+02 ± 4E+01	2,8E+02 ± 3E+01	3,1E+02 ± 2E+01	
Be-7		1,4E+01 ± 5E+00	2,3E+01 ± 1E+01		9,4E+00 ± 3E+00	
I-131						
Cs-134						
Cs-137	3,8E-01 ± 3E-01	2,9E+00 ± 7E-01	2,0E+00 ± 8E-01	1,3E+00 ± 7E-01	1,6E+00 ± 3E-01	
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

**LETO 2015 T - 17/p**  
**2. REKA SAVA – SEDIMENTI**



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Datum vzor.	23. 2. 2015	3. 6. 2015	10. 8. 2015	9. 11. 2015	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	186,4	188,7	183,0	198,6	
Oznaka vzorca	SJE02-15	SJE05-15	SJE08-15	SJE11-15	
IZOTOP	AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,3E+01 ± 7E+00	2,2E+01 ± 7E+00	1,7E+01 ± 8E+00	1,9E+01 ± 7E+00	2,0E+01 ± 4E+00
Ra-226	2,4E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 3E+00	1,7E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 2E+00
Pb-210					
Ra-228	2,1E+01 ± 4E+00	1,6E+01 ± 3E+00	1,7E+01 ± 4E+00	1,4E+01 ± 3E+00	1,7E+01 ± 2E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	2,1E+02 ± 3E+01	2,3E+02 ± 3E+01	2,3E+02 ± 3E+01	2,1E+02 ± 3E+01	2,2E+02 ± 1E+01
Be-7		1,1E+01 ± 7E+00	1,9E+01 ± 8E+00		7,4E+00 ± 3E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	9,5E-01 ± 5E-01	1,2E+00 ± 4E-01	8,1E-01 ± 6E-01	7,9E-01 ± 4E-01	9,4E-01 ± 2E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

**LETO 2015 T - 18**  
**2. REKA SAVA – SEDIMENTI**



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Podsused (R Hrvaška)				
Datum vzor.	23. 3. 2015	3. 6. 2015	10. 8. 2015	9. 11. 2015	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	183,8	190,1	176,0	192,2	
Oznaka vzorca	SPO02-15	SPO06-15	SPO08-15	SPO11-15	
IZOTOP	AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,4E+01 ± 8E+00	2,0E+01 ± 8E+00	1,4E+01 ± 7E+00	1,5E+01 ± 7E+00	1,8E+01 ± 4E+00
Ra-226	2,4E+01 ± 3E+00	2,0E+01 ± 3E+00	1,6E+01 ± 3E+00	1,8E+01 ± 3E+00	2,0E+01 ± 1E+00
Pb-210					
Ra-228	1,9E+01 ± 4E+00	2,1E+01 ± 4E+00	1,5E+01 ± 4E+00	1,6E+01 ± 3E+00	1,8E+01 ± 2E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	1,9E+02 ± 3E+01	2,4E+02 ± 3E+01	2,2E+02 ± 3E+01	1,8E+02 ± 2E+01	2,1E+02 ± 1E+01
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	1,1E+00 ± 4E-01	1,0E+00 ± 6E-01		4,8E-01 ± 3E-01	6,4E-01 ± 2E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	< 1E+00	< 1E+00	< 1E+00	< 1E+00	< 5E-01

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2015 T - 19  
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Krško				
Vrsta vzorca	podust	krap	krap	podust	Povprečje za vzorčevalno mesto (*)
Datum vzor.	8. 6. 2015	8. 6. 2015	29. 8. 2015	26. 9. 2015	
Oznaka vzorca	RIKR0115	RIKR0415	RIKR0715	RIKR1015	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238				1,0E+00 ± 2E-01	2,5E-01 ± 6E-02
Ra-226	5,6E-02 ± 2E-02	1,4E-01 ± 2E-02	1,4E-01 ± 1E-02	1,6E-01 ± 3E-02	1,2E-01 ± 1E-02
Pb-210	3,3E-01 ± 2E-01		5,6E-01 ± 8E-02		2,2E-01 ± 6E-02
Ra-228	1,4E-01 ± 1E-01			1,2E-01 ± 9E-02	6,5E-02 ± 3E-02
Th-228		6,0E-02 ± 4E-02	9,4E-02 ± 2E-02		3,9E-02 ± 1E-02
Th-230					
K-40	9,2E+01 ± 6E+00	7,5E+01 ± 4E+00	9,0E+01 ± 5E+00	8,5E+01 ± 6E+00	8,5E+01 ± 3E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	6,6E-02 ± 2E-02	4,2E-02 ± 1E-02	3,6E-02 ± 6,3E-03	< 2E-01	3,6E-02 ± 5E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,2E-01 ± 3E-02	8,5E-02 ± 4E-02	2,1E-01 ± 3E-02	1,9E-01 ± 3E-02	1,5E-01 ± 2E-02

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2015 T - 21  
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Brežice				
Vrsta vzorca	krap	klen	mrena	podust	Povprečje za vzorčevalno mesto (*)
Datum vzor.	8. 6. 2015	29. 8. 2015	26. 9. 2015	14. 10. 2015	
Oznaka vzorca	RIBR0215	RIBR0515	RIBR0815	RIBR1115	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238			1,1E-01 ± 2E-01	5,2E-01 ± 2E-01	1,6E-01 ± 7E-02
Ra-226	1,1E-01 ± 3E-02	2,6E-01 ± 3E-02	2,1E-01 ± 3E-02	1,3E-01 ± 2E-02	1,8E-01 ± 1E-02
Pb-210	6,5E-01 ± 3E-01	4,7E-01 ± 3E-01	2,6E-01 ± 2E-01	3,0E-01 ± 2E-01	4,2E-01 ± 1E-01
Ra-228	1,9E-01 ± 5E-02	1,5E-01 ± 1E-01	3,0E-01 ± 5E-02	1,4E-01 ± 5E-02	2,0E-01 ± 3E-02
Th-228		2,7E-01 ± 8E-02	8,5E-02 ± 4E-02		8,9E-02 ± 2E-02
Th-230					
K-40	9,4E+01 ± 5E+00	9,0E+01 ± 6E+00	8,9E+01 ± 3E+00	9,5E+01 ± 6E+00	9,2E+01 ± 3E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	7,9E-02 ± 2E-02	< 2E-01	3,4E-02 ± 1E-02	8,6E-02 ± 1E-02	5,0E-02 ± 5E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	< 5E-02	7,9E-02 ± 4E-02	2,1E-01 ± 6E-02	9,5E-02 ± 3E-02	9,7E-02 ± 2E-02

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2015 T – 22  
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Vrsta vzorca	podust	podust	podust	klen	Povprečje za vzorčevalno mesto (*)
Datum vzor.	8. 6. 2015	29. 8. 2015	26. 9. 2015	14. 10. 2015	
Oznaka vzorca	RIJE0315	RIJE0615	RIJE0915	RIJE1215	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238				5,3E-01 ± 2E-01	1,3E-01 ± 5E-02
Ra-226	2,2E-01 ± 4E-02	2,0E-01 ± 2E-02	1,7E-01 ± 2E-02	3,0E-01 ± 3E-02	2,2E-01 ± 1E-02
Pb-210	1,1E-01 ± 2E-01	5,8E-01 ± 3E-01		8,0E-01 ± 2E-01	3,7E-01 ± 9E-02
Ra-228	1,5E-01 ± 7E-02		3,0E-01 ± 4E-02	3,6E-01 ± 5E-02	2,0E-01 ± 2E-02
Th-228		1,9E-01 ± 8E-02		1,9E-01 ± 5E-02	9,5E-02 ± 2E-02
Th-230					
K-40	5,9E+01 ± 2E+01	8,9E+01 ± 6E+00	7,7E+01 ± 5E+00	9,3E+01 ± 3E+00	8,0E+01 ± 5E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	< 2E-01	< 2E-01	< 8E-02	7,1E-02 ± 1E-02	1,8E-02 ± 6E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	< 3E+00	2,7E-01 ± 4E-02	7,9E-01 ± 8E-02	1,0E-01 ± 2E-02	2,9E-01 ± 8E-01

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2015 T - 22/p1  
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Vrsta vzorca	Smuč	Belí amur	Smuč	Podust	Povprečje za vzorčevalno mesto (*)
Datum vzor.	<i>Stizostedion lucioperca</i>	<i>Ctenopharyngodon idella</i>	<i>Stizostedion lucioperca</i>	<i>Chondrostoma nasus</i>	
Kol. vzor. (kg)	8. 7. 2015	8. 7. 2015	15. 11. 2015	15. 11. 2015	
Delež suhe snovi (%)	0,503	0,525	0,492	0,376	
Oznaka vzorca	24,91	24,51	21,21	37,44	
	JE0715R1	JE0715R2	JE1115R1	JE1115R2	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238					
Ra-226					
Pb-210					
Ra-228					
Th-228					
Th-230					
K-40	1,0E+02 ± 1E+01	9,9E+01 ± 1E+01	9,5E+01 ± 1E+01	1E+02 ± 2E+01	1,0E+02 ± 6E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137			2,9E-01 ± 2E-01	1,7E-01 ± 1E-01	1,1E-01 ± 6E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2015 T - 24  
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Otok (R Hrvatska)				
Vrsta vzorca	Smuč <i>Stizostedion lucioperca</i>	Krap <i>Cyprinus carpio</i>	Ščuka <i>Esox lucius</i>	Srebrni koresej <i>Carassius a. gibelio</i>	Povprečje za vzorčevalno mesto (*)
Datum vzor.	8. 7. 2015	8. 7. 2015	15. 11. 2015	15. 11. 2015	
Kol. vzor. (kg)	0,449	0,458	0,388	0,290	
Delež suhe snovi (%)	25,28	25,99	23,13	28,16	
Oznaka vzorca	OT0715R1	OT0715R2	OT1115R1	OT1115R2	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238 Ra-226 Pb-210 Ra-228 Th-228 Th-230 K-40 Be-7 I-131 Cs-134 Cs-137 Co-58 Co-60 Cr-51 Mn-54 Zn-65 Nb-95 Ru-106 Sb-125				2,0E+00 ± 1E+00  9E+01 ± 1E+01	5,0E-01 ± 3E-01  1,1E+02 ± 7E+00

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2015 T - 25  
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Podsused (R Hrvatska)				
Vrsta vzorca	Mrena <i>Barbus barbus</i>	Platnica <i>Rutilus pigus virgo</i>	Klen <i>Leuciscus cephalus</i>	Ploščič <i>Abramis brama</i>	Povprečje za vzorčevalno mesto (*)
Datum vzor.	8. 7. 2015	8. 7. 2015	15. 11. 2015	15. 11. 2015	
Kol. vzor. (kg)	0,523	0,439	0,451	0,136	
Delež suhe snovi (%)	23,87	27,22	24,97	23,02	
Oznaka vzorca	PO0715R1	PO0715R2	PO1115R1	PO1115R2	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238 Ra-226 Pb-210 Ra-228 Th-228 Th-230 K-40 Be-7 I-131 Cs-134 Cs-137 Co-58 Co-60 Cr-51 Mn-54 Zn-65 Nb-95 Ru-106 Sb-125	9,9E+01 ± 1E+01	1,0E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 1E+01	1,2E+02 ± 2E+01	1,1E+02 ± 7E+00

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.



## **VODOVODI, ČRPALIŠČA in ZAJETJA**

- 3. ENKRATNI VZORCI PITNE VODE  
PODTALNICE**
- 4. ČRPALIŠČA VODOVODA KRŠKO IN BREŽICE**

LETO 2015 T - 28  
3. VODOVOD KRŠKO – enkratni vzorci

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (\*\*)

Vzorč. mesto	vodovod Krško (Petrol)					
	Datum vzor.	25. 2. 2015	4. 6. 2015	30. 7. 2015	12. 10. 2015	Četrtno povprečje (za celo leto) (*)
	Kol. vzorca (L)	47,97	50,79	50,81	48,74	
Oznaka vzorca	K15VD121	K15VD161	K15VD171	K15VD1A1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )					
U-238	2,3E+00 ± 9E-01	3,5E+00 ± 2E+00	4,6E+00 ± 1E+00	3,3E+00 ± 2E+00	3,4E+00 ± 9E-01	
Ra-226	1,7E+00 ± 3E-01	2,2E+00 ± 2E+00	1,1E+00 ± 6E-01	2,0E+00 ± 5E-01	1,8E+00 ± 5E-01	
Pb-210	2,7E+00 ± 5E-01	2E+00	2,2E+00 ± 2E+00	6,3E-01 ± 4E+00 ‡	1,4E+00 ± 1E+00	
Ra-228	8,2E-01 ± 3E-01	1,0E+00 ± 4E-01	5,5E-01 ± 5E-01 ‡	9,5E-01 ± 4E-01	8,4E-01 ± 2E-01	
Th-228	5,7E-01 ± 9E-02	8,1E-01 ± 4E-01	4,8E-01 ± 2E-01	4,3E-01 ± 2E-01	5,7E-01 ± 1E-01	
Th-230						
K-40	2,9E+01 ± 3E+00	2,8E+01 ± 3E+00	2,9E+01 ± 4E+00	2,8E+01 ± 3E+00	2,9E+01 ± 2E+00	
Be-7	3,4E+00 ± 8E-01	2,2E+00 ± 1E+00	2,6E+00 ± 1E+00	6,2E+00 ± 7E-01	3,6E+00 ± 4E-01	
I-131						
Cs-134						
Cs-137		4,2E-02 ± 1E-01 ‡		1,2E-01 ± 7E-02	3,9E-02 ± 4E-02	
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
Sr-89/Sr-90	< 9E-01	< 4E-01	< 8E-01	< 6E-01	< 2E-01	
H-3	5,5E+02 ± 1E+02	9,0E+02 ± 2E+02	6,8E+02 ± 1E+02	1,0E+03 ± 2E+02	7,8E+02 ± 8E+01	

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 29  
3. VODOVOD BREŽICE – enkratni vzorci

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (\*\*)

Vzorč. mesto	vodovod Brežice (Petrol)					
	Datum vzor.	25. 2. 2015	4. 6. 2015	30. 7. 2015	12. 10. 2015	Četrtno povprečje (za celo leto) (*)
	Kol. vzorca (L)	47,81	51,44	51,24	49,12	
Oznaka vzorca	K15VD321	K15VD361	K15VD371	K15VD3A1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )					
U-238	4,6E+00 ± 2E+00	1,7E+00 ± 1E+00	2,2E+00 ± 2E+00	1,7E+00 ± 6E-01	2,6E+00 ± 7E-01	
Ra-226	2,4E-01 ± 6E-01 ‡	2,8E-01 ± 7E-01 ‡	1,0E+00 ± 4E-01	5,8E-01 ± 2E-01	5,2E-01 ± 3E-01	
Pb-210	4,3E+00 ± 1E+00	1,7E+00 ± 2E+00 ‡	2,5E+00 ± 4E+00 ‡	6,6E+00 ± 7E-01	3,7E+00 ± 1E+00	
Ra-228		8,1E-01 ± 4E-01	5,4E-01 ± 4E-01 ‡		3,4E-01 ± 2E-01	
Th-228	2,3E-01 ± 2E-01 ‡	2,1E-01 ± 2E-01 ‡	2,8E-01 ± 1E-01	1,0E+00 ± 8E-02	4,4E-01 ± 9E-02	
Th-230						
K-40	2,5E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 4E+00	2,1E+01 ± 3E+00	1,6E+01 ± 2E+00	2,1E+01 ± 2E+00	
Be-7	7,1E+00 ± 1E+00	7,9E+00 ± 2E+00	3,4E+00 ± 5E-01	1,6E+01 ± 1E+00	8,7E+00 ± 6E-01	
I-131						
Cs-134						
Cs-137	3,9E-02 ± 1E-01 ‡				9,7E-03 ± 3E-02	
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
Sr-89/Sr-90	< 5E-01	< 4E-01	< 6E-01	< 4E-01	< 1E-01	
H-3	< 4E+02	< 4E+02	< 4E+02	< 4E+02	< 1E+02	

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.



LETO 2015 T - V1  
3. VRTINA E1 V NEK – enkratni vzorci

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (\*\*)

Vzorč. mesto	Vrtina E1 NEK				
Datum vzor.	25. 2. 2015	4. 6. 2015	30. 7. 2015	12. 10. 2015	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	41,68	44,06	39,96	46,33	
Oznaka vzorca	K15VRE121	K15VRE161	K15VRE171	K15VRE1A1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )				
U-238	6,7E+00 ± 4E+00	3,7E+00 ± 2E+00	5,1E+00 ± 1E+00	4,2E-01 ± 2E+00 ‡	4,0E+00 ± 1E+00
Ra-226	1,7E+00 ± 1E+00	2,1E+00 ± 1E+00	3,3E+00 ± 4E-01	1,0E+01 ± 1E+00	4,3E+00 ± 6E-01
Pb-210	5E+00	2E+00	3,0E+00 ± 8E-01	1,0E+00 ± 8E+00 ‡	1,0E+00 ± 2E+00
Ra-228	1,8E+00 ± 6E-01	1,5E+00 ± 5E-01	1,3E+00 ± 3E-01	1,4E+00 ± 3E-01	1,5E+00 ± 2E-01
Th-228	1,9E+00 ± 3E-01	6,0E-01 ± 3E-01	8,8E-01 ± 1E-01	3,3E+00 ± 2E-01	1,7E+00 ± 1E-01
Th-230					
K-40	1,2E+02 ± 1E+01	1,2E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 1E+01	1,4E+02 ± 1E+01	1,2E+02 ± 6E+00
Be-7	1,8E+00 ± 1E+00	9,9E-01 ± 1E+00 ‡	5,5E+00 ± 9E-01	1,1E+01 ± 1E+00	4,7E+00 ± 6E-01
I-131					
Cs-134					
Cs-137			3,2E-01 ± 2E-01	4,7E-02 ± 1E-01 ‡	9,0E-02 ± 6E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	1,3E+00 ± 1E-01	< 6E-01	< 1E+00	< 4E-01	3,1E-01 ± 2E-01
H-3	1,8E+03 ± 2E+02	2,3E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 2E+02	1,9E+03 ± 2E+02	1,9E+03 ± 1E+02

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - V2  
3. VRTINA VOP-4 V VRBINI – enkratni vzorci

Specifična analiza H-3 (\*\*)

Vzorč. mesto	VOP - 4						
Datum vzor.	30. 12. 2014	2. 2. 2015	2. 3. 2015	1. 4. 2015	1. 5. 2015	1. 6. 2015	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oznaka vzorca	K15VRP411	K15VRP421	K15VRP431	K15VRP441	K15VRP451	K15VRP461	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )						
H-3	3,1E+03 ± 5E+02	2,2E+03 ± 2E+02	2,2E+03 ± 2E+02	1,4E+04 ± 2E+03	4,4E+03 ± 4E+02	3,1E+03 ± 3E+02	4,8E+03 ± 3E+02

Vzorč. mesto	VOP - 4						
Datum vzor.	1. 7. 2015	3. 8. 2015	1. 9. 2015	5. 10. 2015	2. 11. 2015	1. 12. 2015	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oznaka vzorca	K15VRP471	K15VRP481	K15VRP491	K15VRP4A1	K15VRP4B1	K15VRP4C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )						
H-3	2,2E+03 ± 2E+02	3,0E+03 ± 3E+02	2,9E+03 ± 3E+02	2,4E+03 ± 2E+02	1,5E+03 ± 2E+02	2,0E+03 ± 2E+02	3,6E+03 ± 2E+02

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na IJS na Odseku F-2.

LETO 2015 T - 30a  
4. VODOVOD BREŽICE – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (\*\*)

Vzorč. mesto	vodovod Brežice (M. Volčanšek)							Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Datum vzor.	16. 12. 2014 - 19. 1. 2015	19. 1. 2015 - 16. 2. 2015	16. 2. 2015 - 16. 3. 2015	16. 3. 2015 - 16. 4. 2015	16. 4. 2015 - 18. 5. 2015	18. 5. 2015 - 16. 6. 2015		
Kol. vzorca (L)	43,72	46,35	45,09	42,58	41,41	42,03		
Oznaka vzorca	K15VC3111	K15VC3121	K15VC3131	K15VC3141	K15VC3151	K15VC3161		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )							
U-238	2,7E+00 ± 2E+00	4,1E+00 ± 2E+00	4,1E+00 ± 1E+00	3,0E+00 ± 7E-01	3,2E+00 ± 1E+00	1,7E+00 ± 2E+00	3,1E+00 ± 6E-01	
Ra-226	9,8E-01 ± 9E-01 ‡	2,6E+00 ± 2E+00	6,4E-01 ± 3E-01	3,2E-01 ± 4E-01 ‡			7,6E-01 ± 3E-01	
Pb-210	7,0E-01 ± 1E+00 ‡	7,5E+00 ± 1E+00	3,9E+00 ± 8E-01	5,1E+00 ± 6E-01	2,2E+00 ± 1E+00	1E+00	3,2E+00 ± 4E-01	
Ra-228	1,1E+00 ± 1E+00 ‡	2,5E+00 ± 5E-01	7,9E-01 ± 4E-01			6,2E-01 ± 4E-01	8,3E-01 ± 2E-01	
Th-232	1,3E+00 ± 1E+00	1,8E+00 ± 4E-01	4,1E-01 ± 2E-01	2,7E-01 ± 8E-02	2,7E-01 ± 2E-01	1,6E-01 ± 2E-01 ‡	7,1E-01 ± 2E-01	
Th-230				5,8E+00 ± 4E+00			9,6E-01 ± 7E-01	
K-40	2,4E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 6E+00	2,5E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 4E+00	2,7E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 2E+00	
Be-7	3,2E+00 ± 2E+00	8,6E+00 ± 1E+00	3,6E+00 ± 2E+00	3,9E+00 ± 7E-01		2,6E-01 ± 2E+00 ‡	3,3E+00 ± 6E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,0E-01 ± 1E-01 ‡				1,4E-01 ± 1E-01 ‡		3,9E-02 ± 3E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	1,4E+00 ± 4E-01	< 6E-01	< 6E-01	< 5E-01	< 5E-01	< 4E-01	2,3E-01 ± 1E-01	
H-3	4,5E+02 ± 4E+01	5,2E+02 ± 1E+02	< 1E+02	3,2E+02 ± 5E+01	7,2E+02 ± 9E+01	2,0E+02 ± 3E+01	3,7E+02 ± 3E+01	

(\*) Število, ki sledi znaku ±, negotovost povprečja.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 30b  
4. VODOVOD BREŽICE – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (\*\*)

Vzorč. mesto	vodovod Brežice (M. Volčanšek)							Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Datum vzor.	16. 6. 2015 - 16. 7. 2015	16. 7. 2015 - 17. 8. 2015	17. 8. 2015 - 16. 9. 2015	16. 9. 2015 - 19. 10. 2015	19. 10. 2015 - 16. 11. 2015	16. 11. 2015 - 16. 12. 2015		
Kol. vzorca (L)	41,40	46,75	45,59	43,57	49,58	49,75		
Oznaka vzorca	K15VC3171	K15VC3181	K15VC3191	K15VC31A1	K15VC31B1	K15VC31C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )							
U-238	3,5E+00 ± 2E+00	5,4E+00 ± 2E+00	2,1E+00 ± 7E-01	2,2E+00 ± 2E+00	5,0E+00 ± 2E+00	3,2E+00 ± 2E+00	3,4E+00 ± 5E-01	
Ra-226	1,0E+00 ± 7E-01	3,6E-01 ± 8E-01 ‡	1,6E-01 ± 3E-01	1,0E+00 ± 1E+00 ‡	3,8E+00 ± 7E-01		9,1E-01 ± 2E-01	
Pb-210	3,9E-01 ± 1E+00 ‡	8,6E+00 ± 2E+00	1,9E+00 ± 4E-01	2,3E+00 ± 1E+00	2,0E+00 ± 2E+00 ‡	2,5E+00 ± 4E+00 ‡	3,1E+00 ± 5E-01	
Ra-228	2,9E-02 ± 3E-01 ‡	7,8E-01 ± 5E-01		9,5E-01 ± 6E-01		5,8E-01 ± 4E-01	6,1E-01 ± 1E-01	
Th-232	6,3E-02 ± 9E-02 ‡	1,2E+00 ± 1E+00 ‡	7,7E-02 ± 2E-01 ‡	4,7E-01 ± 2E-01	3,6E-01 ± 6E-01 ‡	1,2E-01 ± 2E-01 ‡	5,4E-01 ± 1E-01	
Th-230							4,8E-01 ± 4E-01	
K-40	2,7E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 3E+00	1,8E+01 ± 2E+00	2,5E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 1E+00	
Be-7		3,8E+01 ± 2E+00		6,9E+00 ± 2E+00	3,3E+00 ± 2E+00	5,4E+00 ± 1E+00	6,1E+00 ± 4E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137		2,0E-02 ± 1E-01					2,1E-02 ± 2E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 3E-01	< 4E-01	< 3E-01	< 1E+00	< 3E-01	< 4E-01	1,1E-01 ± 9E-02	
H-3	9,4E+01 ± 2E+01	2,7E+02 ± 5E+01	1,0E+02 ± 1E+01	< 7E+01	1,2E+02 ± 2E+01	9,8E+01 ± 2E+01	2,4E+02 ± 1E+01	

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 31a  
4. ČRPALIŠČE VODOVODA KRŠKO – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (\*\*)

Vzorč. mesto	črpališče Brege							Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Datum vzor.	16. 12. 2014 - 19. 1. 2015	19. 1. 2015 - 16. 2. 2015	16. 2. 2015 - 16. 3. 2015	16. 3. 2015 - 16. 4. 2015	16. 4. 2015 - 18. 5. 2015	18. 5. 2015 - 16. 6. 2015		
Kol. vzorca (L)	51,03	44,02	43,94	48,27	49,74	44,63		
Oznaka vzorca	K15VC1111	K15VC1121	K15VC1131	K15VC1141	K15VC1151	K15VC1161		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )							
U-238	3,4E+00 ± 2E+00		2,8E+00 ± 2E+00	2,1E+00 ± 2E+00 ‡	1,9E+00 ± 2E+00 ‡	4,4E-01 ± 2E+00 ‡	1,8E+00 ± 6E-01	
Ra-226	2,9E+00 ± 1E+00	6,3E+00 ± 1E+00	1,6E+00 ± 7E-01	1,7E+00 ± 7E-01	1,9E+00 ± 4E-01	1,8E+00 ± 4E-01	2,7E+00 ± 3E-01	
Pb-210		2,0E+01 ± 3E+00	8,0E+00 ± 2E+00	4,7E+00 ± 3E+00	8,1E-01 ± 1E+00 ‡	6,0E+00 ± 5E+00 ‡	6,5E+00 ± 1E+00	
Ra-228	1,7E+00 ± 5E-01	2,6E-01 ± 3E-01 ‡	1,5E+00 ± 4E-01	3,2E-01 ± 7E-01 ‡	7,0E-01 ± 2E-01	1,3E+00 ± 5E-01	9,7E-01 ± 2E-01	
Th-232	1,6E+00 ± 8E-01	4,1E-01 ± 2E-01	2,1E-01 ± 3E-01 ‡	3,0E-01 ± 2E-01	6,7E-01 ± 2E-01	4,8E-01 ± 2E-01	6,0E-01 ± 2E-01	
Th-230								
K-40	5,7E+01 ± 6E+00	7,2E+01 ± 8E+00	7,2E+01 ± 8E+00	6,0E+01 ± 7E+00	6,4E+01 ± 6E+00	6,5E+01 ± 7E+00	6,5E+01 ± 3E+00	
Be-7		3,0E+01 ± 3E+00	8,3E+00 ± 1E+00	2,0E+00 ± 1E+00	6,5E-01 ± 7E-01	7,2E+00 ± 8E-01	8,0E+00 ± 6E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	3,3E-02 ± 2E-01 ‡		1,3E-01 ± 2E-01 ‡				2,7E-02 ± 4E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 6E-01	< 4E-01	< 8E-01	< 6E-01	< 5E-01	< 8E-01	< 2E-01	
H-3	1,6E+03 ± 1E+02	1,9E+03 ± 2E+02	2,1E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 2E+02	2,0E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 7E+01	

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 31b  
4. ČRPALIŠČE VODOVODA KRŠKO – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (\*\*)

Vzorč. mesto	črpališče Brege							Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Datum vzor.	16. 6. 2015 - 16. 7. 2015	16. 7. 2015 - 17. 8. 2015	17. 8. 2015 - 16. 9. 2015	16. 9. 2015 - 19. 10. 2015	19. 10. 2015 - 16. 11. 2015	16. 11. 2015 - 16. 12. 2015		
Kol. vzorca (L)	46,47	49,32	46,34	51,21	43,53	46,73		
Oznaka vzorca	K15VC1171	K15VC1181	K15VC1191	K15VC11A1	K15VC11B1	K15VC11C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )							
U-238	3,3E+00 ± 2E+00	1,1E-01 ± 2E+00 ‡	4,0E+00 ± 2E+00	2,0E+00 ± 3E+00 ‡	4,6E+00 ± 2E+00	1,4E+00 ± 9E-01	2,2E+00 ± 5E-01	
Ra-226	1,1E+00 ± 5E-01	1,5E+00 ± 4E-01	1,8E+00 ± 7E-01	1,5E+00 ± 4E-01	8,1E-01 ± 6E-01	1,1E+00 ± 2E-01	2,0E+00 ± 2E-01	
Pb-210	1,9E+00 ± 1E+00	8,3E+00 ± 4E+00	2,9E+00 ± 2E+00	6,2E+00 ± 6E+00 ‡	1,2E+01 ± 2E+00	8,4E+00 ± 9E-01	6,5E+00 ± 9E-01	
Ra-228	6,6E-01 ± 3E-01	9,2E-01 ± 4E-01	1,3E+00 ± 3E-01	7,9E-01 ± 4E-01	4,2E-01 ± 6E-01 ‡	3,8E-01 ± 3E-01 ‡	8,6E-01 ± 1E-01	
Th-232	6,1E-01 ± 2E-01	3,5E-01 ± 1E-01	9,8E-01 ± 5E-01	4,6E-01 ± 1E-01	3,8E-01 ± 3E-01 ‡		5,3E-01 ± 9E-02	
Th-230								
K-40	6,3E+01 ± 6E+00	5,6E+01 ± 6E+00	7,1E+01 ± 7E+00	6,7E+01 ± 7E+00	6,1E+01 ± 7E+00	7,2E+01 ± 8E+00	6,5E+01 ± 2E+00	
Be-7		4,6E+00 ± 1E+00	7,1E+00 ± 1E+00	6,7E+00 ± 1E+00	9,7E+00 ± 1E+00	1,0E+01 ± 1E+00	7,2E+00 ± 4E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	4,2E-02 ± 1E-01 ‡		2,2E-01 ± 1E-01			5,6E-03 ± 4E-02 ‡	3,6E-02 ± 2E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 5E-01	< 4E-01	4,6E-01 ± 9E-02	< 5E-01	< 7E-01	< 5E-01	3,8E-02 ± 1E-01	
H-3	1,8E+03 ± 3E+02	1,8E+03 ± 2E+02	2,2E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 2E+02	1,7E+03 ± 2E+02	2,0E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 6E+01	

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 32a  
4. ČRPALIŠČE VODOVODA KRŠKO – mesečni sestavljeni vzorci

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (\*\*)

Vzroč. mesto	črpališče Drnovo						
Datum vzor.	16. 12. 2014 . 19. 1. 2015	19. 1. 2015 . 16. 2. 2015	16. 2. 2015 . 16. 3. 2015	16. 3. 2015 . 16. 4. 2015			Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	45,66	37,91	26,03	16,21			
Oznaka vzorca	K15VC1211	K15VC1221	K15VC1231	K15VC1241			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )						
U-238	3,4E+00 ± 2E+00	4,2E+00 ± 7E+00 ‡	1,1E+01 ± 2E+00	6,6E+00 ± 5E+00			6,3E+00 ± 2E+00
Ra-226		7,4E+00 ± 2E+00	4,0E+00 ± 1E+00	1,6E+00 ± 1E+00 ‡			3,2E+00 ± 6E-01
Pb-210	5,0E+00 ± 2E+00	1,2E+01 ± 4E+00	8,8E+00 ± 2E+00	5,2E-01 ± 1E+01 ‡			6,6E+00 ± 3E+00
Ra-228	2,5E+00 ± 1E+00	1,2E+00 ± 7E-01	9,6E-01 ± 8E-01 ‡	1,3E+00 ± 2E+00 ‡			1,5E+00 ± 6E-01
Th-228	1,0E+00 ± 2E-01	7,3E-01 ± 2E-01	1,8E+00 ± 1E+00	1,1E+00 ± 5E-01			1,2E+00 ± 3E-01
Th-230			1,6E+01 ± 6E+01 ‡				4,1E+00 ± 2E+01
K-40	2,4E+01 ± 5E+00	3,0E+01 ± 4E+00	2,9E+01 ± 4E+00	2,6E+01 ± 8E+00			2,7E+01 ± 3E+00
Be-7	6,7E+00 ± 2E+00	9,2E+00 ± 1E+00	3,2E+00 ± 2E+00				4,8E+00 ± 7E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	6,3E-02 ± 1E-01 ‡						1,6E-02 ± 4E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	< 6E-01	< 5E-01	< 7E-01	< 1E+00			< 2E-01
H-3	6,6E+02 ± 7E+01	2,6E+02 ± 3E+01	3,3E+02 ± 4E+01	1,3E+03 ± 1E+02			6,3E+02 ± 4E+01

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 32a  
4. ČRPALIŠČE VODOVODA KRŠKO – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (\*\*)

Vzrč. mesto	črpališče Rore					
Datum vzor.	1. 6. 2015 - 1. 6. 2015		18. 5. 2015 - 16. 6. 2015		Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)	
Kol. vzorca (L)	44,27		37,42			
Oznaka vzorca	K15VC1461		K15VC1462			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )					
U-238	2,6E+00 ± 2E+00		1,5E+00 ± 6E-01		2,0E+00 ± 1E+00	
Ra-226	2,0E+00 ± 1E+00		1,6E+00 ± 3E-01		1,8E+00 ± 6E-01	
Pb-210	5,0E-02 ± 2E+00 ‡		2,9E+00 ± 4E-01		1,5E+00 ± 9E-01	
Ra-228	1,4E+00 ± 4E-01		5,4E-01 ± 3E-01		9,6E-01 ± 3E-01	
Th-228	3,3E-01 ± 2E-01		2,2E-01 ± 7E-02		2,8E-01 ± 1E-01	
Th-230						
K-40	2,8E+01 ± 3E+00		2,7E+01 ± 3E+00		2,8E+01 ± 2E+00	
Be-7	8,8E-01 ± 8E-01 ‡		1,1E+00 ± 5E-01		1,0E+00 ± 5E-01	
I-131						
Cs-134						
Cs-137						
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
Sr-89/Sr-90	< 5E-01		< 6E-01		< 2E-01	
H-3	9,5E+02 ± 1E+02		4,6E+02 ± 5E+01		7,0E+02 ± 6E+01	

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 32b  
4. ČRPALIŠČE VODOVODA KRŠKO – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (\*\*)

Vzrč. mesto	črpališče Rore													
Datum vzor.	16. 6. 2015 - 16. 7. 2015		16. 7. 2015 - 17. 8. 2015		17. 8. 2015 - 16. 9. 2015		16. 9. 2015 - 19. 10. 2015		19. 10. 2015 - 16. 11. 2015		16. 11. 2015 - 16. 12. 2015		Mesečno povprečje (za celo leto) (*)	
Kol. vzorca (L)	39,36		8,75		38,93		44,43		49,29		37,67			
Oznaka vzorca	K15VC1471		K15VC1481		K15VC1491		K15VC14A1		K15VC14B1		K15VC14C1			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )													
U-238	4,8E+00 ± 2E+00		9,2E+00 ± 7E+00		1,4E+00 ± 7E-01		2,4E+00 ± 8E-01		3,6E+00 ± 2E+00		1,7E+00 ± 2E+00 ‡		3,4E+00 ± 1E+00	
Ra-226	2,2E+00 ± 5E-01				2,4E+00 ± 5E-01		2,6E+00 ± 6E-01		1,8E+00 ± 6E-01		1,3E+00 ± 5E-01		1,7E+00 ± 2E-01	
Pb-210	5,1E+00 ± 2E+00		8E+00		4,2E+00 ± 1E+00		3,5E+00 ± 7E-01		2,2E+00 ± 1E+00		3,0E+00 ± 2E+00 ‡		2,6E+00 ± 1E+00	
Ra-228	1,3E+00 ± 1E+00 ‡		2,3E+00 ± 2E+00 ‡		1,2E+00 ± 5E-01		8,0E-01 ± 3E-01		1,2E+00 ± 4E-01		5,4E-01 ± 7E-01 ‡		1,1E+00 ± 4E-01	
Th-228	4,4E-01 ± 3E-01		8,2E+00 ± 7E+00 ‡		1,2E+00 ± 1E-01		6,9E-01 ± 1E-01		3,6E-01 ± 2E-01		6,2E-01 ± 6E-01 ‡		1,5E+00 ± 9E-01	
Th-230					3,1E+00 ± 7E+00 ‡								3,9E-01 ± 9E-01	
K-40	1,4E+01 ± 4E+00		2,8E+01 ± 9E+00		2,8E+01 ± 3E+00		3,0E+01 ± 4E+00		2,4E+01 ± 3E+00		2,0E+01 ± 7E+00		2,5E+01 ± 2E+00	
Be-7	2,3E+00 ± 2E+00		3,8E+01 ± 9E+00		1,2E+01 ± 1E+00		5,5E-01 ± 2E+00 ‡		4,7E+00 ± 3E+00		3,5E+00 ± 1E+00		7,8E+00 ± 1E+00	
I-131														
Cs-134														
Cs-137	2,5E-01 ± 1E-01								2,1E-01 ± 2E-01 ‡		1,4E-02 ± 1E-01 ‡		5,9E-02 ± 3E-02	
Co-58														
Co-60														
Cr-51														
Mn-54														
Zn-65														
Nb-95														
Ru-106														
Sb-125														
Sr-89/Sr-90	< 8E-01		< 1E+00		< 4E-01		< 4E-01		< 4E-01		< 5E-01		< 2E-01	
H-3	5,1E+02 ± 5E+01		4,4E+02 ± 7E+01		7,7E+02 ± 9E+01		5,0E+02 ± 5E+01		7,6E+02 ± 1E+02		6,3E+02 ± 7E+01		6,3E+02 ± 3E+01	

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 33a  
4. ZAJETJE VODOVODA KRŠKO – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (\*\*)

Vzorč. mesto	vodovod Spodnji Stari Grad							Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Datum vzor.	16. 12. 2014 - 19. 1. 2015	19. 1. 2015 - 16. 2. 2015	16. 2. 2015 - 16. 3. 2015	16. 3. 2015 - 16. 4. 2015	16. 4. 2015 - 18. 5. 2015	18. 5. 2015 - 16. 6. 2015		
Kol. vzorca (L)	48,86	47,35	42,45	45,54	49,82	42,20		
Oznaka vzorca	K15VC211	K15VC221	K15VC231	K15VC241	K15VC251	K15VC261		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )							
U-238	2,3E+00 ± 2E+00	1,6E+00 ± 1E+00		4,4E+00 ± 2E+00	3,5E+00 ± 2E+00	2,3E+00 ± 2E+00		2,4E+00 ± 6E-01
Ra-226		1,6E+00 ± 6E-01	1,1E+01 ± 3E+00	9,8E-01 ± 3E-01	2,4E+00 ± 1E+00	4,3E-01 ± 5E-01 ‡		2,7E+00 ± 5E-01
Pb-210	3,6E+00 ± 3E+00	2,9E+00 ± 9E-01	2E+00	3,2E+00 ± 2E+00	2E+00	3,0E+00 ± 1E+00		2,1E+00 ± 8E-01
Ra-228	1,0E+00 ± 5E-01	1,0E+00 ± 4E-01		4,7E-01 ± 4E-01		3,5E-01 ± 3E-01 ‡		4,8E-01 ± 1E-01
Th-228	5,0E-01 ± 5E-01 ‡	7,0E-01 ± 2E-01	3,0E-01 ± 2E-01 ‡	4,0E-01 ± 3E-01	5,5E-01 ± 2E-01	4,7E-01 ± 2E-01		4,9E-01 ± 1E-01
Th-230								
K-40	4,1E+01 ± 4E+00	4,3E+01 ± 5E+00	4,2E+01 ± 4E+00	3,4E+01 ± 4E+00	3,0E+01 ± 4E+00	4,1E+01 ± 4E+00		3,8E+01 ± 2E+00
Be-7	3,5E+00 ± 9E-01	4,1E+00 ± 2E+00	3,0E+00 ± 1E+00					1,8E+00 ± 4E-01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	4,9E-02 ± 2E-01 ‡	1,2E-01 ± 2E-01 ‡	8,9E-02 ± 7E-02 ‡	1,8E-01 ± 5E-01 ‡				7,3E-02 ± 9E-02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 3E-01	7,9E-01 ± 1E-01	1,0E+00 ± 3E-01	< 1E+00	< 4E-01	5,2E-01 ± 7E-02		3,9E-01 ± 2E-01
H-3	1,1E+03 ± 9E+01	7,6E+02 ± 8E+01	1,4E+03 ± 1E+02	1,3E+03 ± 2E+02	1,2E+03 ± 1E+02	1,1E+03 ± 1E+02		1,1E+03 ± 5E+01

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 33b  
4. ZAJETJE VODOVODA KRŠKO – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (\*\*)

Vzorč. mesto	vodovod Spodnji Stari Grad							Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Datum vzor.	16. 6. 2015 - 16. 7. 2015	16. 7. 2015 - 17. 8. 2015	17. 8. 2015 - 16. 9. 2015	16. 9. 2015 - 19. 10. 2015	19. 10. 2015 - 16. 11. 2015	16. 11. 2015 - 16. 12. 2015		
Kol. vzorca (L)	46,69	45,18	48,40	45,41	39,29	51,56		
Oznaka vzorca	K15VC271	K15VC281	K15VC291	K15VC2A1	K15VC2B1	K15VC2C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )							
U-238	2,3E+00 ± 1E+00	3,1E+00 ± 2E+00	4,3E+00 ± 2E+00	7,4E+00 ± 3E+00	6,6E+00 ± 2E+00	9,9E-01 ± 1E+00 ‡		3,2E+00 ± 5E-01
Ra-226	7,7E-01 ± 6E-01			1,5E-01 ± 1E+00 ‡	4,1E+00 ± 6E-01	3,0E+00 ± 5E-01		2,0E+00 ± 3E-01
Pb-210	8,3E-01 ± 1E+00 ‡	2,8E+00 ± 1E+00	1,8E+00 ± 2E+00	2,3E+00 ± 2E+00 ‡	4E+00	9,9E-01 ± 2E+00 ‡		1,8E+00 ± 6E-01
Ra-228	1,4E+00 ± 4E-01	4,4E-01 ± 5E-01 ‡	1,1E+00 ± 6E-01	1,1E+00 ± 7E-01	1,1E+00 ± 8E-01			6,7E-01 ± 1E-01
Th-228	5,1E-01 ± 2E-01	4,6E-01 ± 2E-01	7,7E-01 ± 3E-01	6,3E-01 ± 3E-01	7,2E-02 ± 3E-01 ‡	1,2E+00 ± 6E-01		5,5E-01 ± 9E-02
Th-230								
K-40	3,7E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 5E+00	2,9E+01 ± 5E+00	4,6E+01 ± 7E+00	2,0E+01 ± 2E+00	1,9E+01 ± 2E+00		3,4E+01 ± 1E+00
Be-7	1,1E+01 ± 2E+00	4,0E+00 ± 9E-01	3,1E+00 ± 1E+00		4,6E+00 ± 1E+00			2,8E+00 ± 3E-01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,0E-01 ± 1E-01 ‡				5,6E-02 ± 1E-01 ‡			5,0E-02 ± 5E-02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 1E+00	< 3E-01	< 5E-01	< 7E-01	7,5E-01 ± 1E-01	6,1E-01 ± 6E-02		3,1E-01 ± 1E-01
H-3	1,4E+03 ± 1E+02	1,2E+03 ± 2E+02	1,1E+03 ± 1E+02	1,3E+03 ± 1E+02	7,2E+02 ± 7E+01	7,6E+02 ± 8E+01		1,1E+03 ± 4E+01

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 34a  
4. ČRPALIŠČE VODOVODA BREŽICE – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (\*\*)

Vzrč. mesto	črpaljšče Brežice (Glogov Brod novo)							Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Datum vzor.	16. 12. 2014 - 19. 1. 2015	19. 1. 2015 - 16. 2. 2015	16. 2. 2015 - 16. 3. 2015	16. 3. 2015 - 16. 4. 2015	16. 4. 2015 - 18. 5. 2015	18. 5. 2015 - 16. 6. 2015		
Kol. vzorca (L)	45,90	40,61	42,32	45,69	47,64	43,22		
Oznaka vzorca	K15VC3211	K15VC3221	K15VC3231	K15VC3241	K15VC3251	K15VC3261		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )							
U-238	4,6E+00 ± 1E+00	5,0E+00 ± 2E+00	1,9E+00 ± 2E+00 ‡	3,7E+00 ± 1E+00	4,3E+00 ± 2E+00	5,3E-01 ± 1E+00 ‡	3,3E+00 ± 6E-01	
Ra-226	7,7E-01 ± 1E+00 ‡	4,2E+00 ± 1E+00			2,4E-01 ± 7E-01 ‡		8,7E-01 ± 3E-01	
Pb-210	1,5E+01 ± 2E+00	8,8E+00 ± 4E+00	6,1E+00 ± 2E+00	2,9E+00 ± 8E-01	1,9E+00 ± 2E+00 ‡	5,6E+00 ± 1E+00	6,7E+00 ± 9E-01	
Ra-228	5,9E-01 ± 5E-01 ‡	9,7E-02 ± 5E-01 ‡		3,6E-01 ± 4E-01 ‡		4,4E-01 ± 4E-01 ‡	2,5E-01 ± 1E-01	
Th-228	3,1E-01 ± 3E-01 ‡	5,5E-01 ± 2E-01	1,3E-01 ± 2E-01 ‡	5,0E-01 ± 3E-01	6,7E-01 ± 2E-01	3,0E-01 ± 2E-01	4,1E-01 ± 1E-01	
Th-230								
K-40	2,3E+01 ± 3E+00	1,9E+01 ± 3E+00	1,9E+01 ± 4E+00	2,2E+01 ± 3E+00	1,9E+01 ± 4E+00	2,2E+01 ± 4E+00	2,1E+01 ± 1E+00	
Be-7	7,4E+00 ± 2E+00		1,0E+00 ± 1E+00 ‡		1,3E+00 ± 1E+00		1,6E+00 ± 4E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,1E-01 ± 2E-01 ‡		5,4E-02 ± 1E-01 ‡	4,3E-02 ± 1E-01			3,5E-02 ± 4E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	6,3E-01 ± 2E-01	< 5E-01	< 5E-01	< 3E-01	< 4E-01	< 5E-01	1,0E-01 ± 1E-01	
H-3	8,7E+01 ± 1E+01	< 1E+02	< 1E+02	2,5E+02 ± 3E+01	5,6E+02 ± 5E+01	1,6E+02 ± 2E+01	1,8E+02 ± 2E+01	

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 34b  
4. ČRPALIŠČE VODOVODA BREŽICE – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (\*\*)

Vzrč. mesto	črpaljšče Brežice (Glogov Brod novo)							Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Datum vzor.	16. 6. 2015 - 16. 7. 2015	16. 7. 2015 - 17. 8. 2015	17. 8. 2015 - 16. 9. 2015	16. 9. 2015 - 19. 10. 2015	19. 10. 2015 - 16. 11. 2015	16. 11. 2015 - 16. 12. 2015		
Kol. vzorca (L)	44,72	41,85	37,48	49,29	41,90	44,35		
Oznaka vzorca	K15VC3271	K15VC3281	K15VC3291	K15VC32A1	K15VC32B1	K15VC32C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )							
U-238	1,4E+00 ± 2E+00 ‡	2,3E+00 ± 5E-01	2,2E+00 ± 4E+00 ‡	1,1E+00 ± 3E+00 ‡	1,0E+01 ± 2E+00	2,3E+00 ± 1E+00	3,3E+00 ± 6E-01	
Ra-226	1,8E+00 ± 4E-01	1,1E+00 ± 2E-01	1,4E+00 ± 6E-01	2,4E+00 ± 5E-01		1,7E-01 ± 4E-01 ‡	9,9E-01 ± 2E-01	
Pb-210	4,5E-01 ± 3E+00 ‡	5,4E+00 ± 5E-01	8,9E+00 ± 5E+00	7,0E+00 ± 4E+00	1,2E+01 ± 2E+00	3,3E+00 ± 1E+00	6,4E+00 ± 7E-01	
Ra-228	6,1E-01 ± 4E-01	7,2E-01 ± 2E-01	1,1E+00 ± 5E-01	5,9E-01 ± 5E-01	6,5E-01 ± 6E-01 ‡	2,9E-01 ± 4E-01 ‡	4,5E-01 ± 1E-01	
Th-228	2,1E-01 ± 1E-01	4,1E-01 ± 7E-02	8,5E-01 ± 2E-01	2,4E-01 ± 2E-01 ‡		2,4E-01 ± 2E-01 ‡	3,7E-01 ± 6E-02	
Th-230								
K-40	2,2E+01 ± 3E+00	1,4E+01 ± 2E+00	1,4E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,0E+01 ± 5E+00	2,1E+01 ± 3E+00	2,0E+01 ± 1E+00	
Be-7	7,4E+00 ± 1E+00	3,6E+00 ± 8E-01	6,9E+00 ± 1E+00	1,3E+01 ± 1E+00	4,4E+00 ± 1E+00	1,0E+00 ± 9E-01 ‡	3,9E+00 ± 3E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137			3,8E-01 ± 1E-01	2,3E-01 ± 1E-01		7,5E-03 ± 1E-01 ‡	6,9E-02 ± 3E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 4E-01	< 3E-01	< 4E-01	< 3E-01	< 4E-01	< 5E-01	5,2E-02 ± 7E-02	
H-3	3,2E+02 ± 5E+01	1,3E+02 ± 5E+01	< 1E+02	< 6E+01	9,3E+01 ± 8E+00	9,9E+01 ± 2E+01	1,4E+02 ± 1E+01	

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 35a  
4. PODTALNICA – R HRVAŠKA - enkratni vzorci nefiltrirane vode



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3

Vzorč. mesto	MEDSAVE (R Hrvatska)							
	Datum vzor.	9. 1. 2015	2. 2. 2015	5. 3. 2015	2. 4. 2015	4. 5. 2015	2. 6. 2015	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	50,70	52,00	48,50	52,10	47,70	50,40		
Oznaka vzorca	MED01-15	MED02-15	MED03-15	MED04-15	MED05-15	MED06-15		
KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )								
U-238	2,4E+00 ± 9E-01				2,2E+00 ± 1E+00		7,6E-01 ± 2E-01	
Ra-226								
Pb-210								
Ra-228								
Th-228								
Th-230	6,7E+01 ± 1E+01	5,1E+01 ± 1E+01	6,0E+01 ± 1E+01	2,8E+01 ± 9E+00	6,6E+01 ± 1E+01	5,0E+01 ± 1E+01	5,4E+01 ± 5E+00	
K-40								
Be-7								
I-131								
Cs-134								
Cs-137								
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-90								3,4E+00 ± 3E-01
H-3	1,0E+03 ± 1E+02	1,1E+03 ± 1E+02	4,1E+03 ± 3E+02	2,3E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 2E+02	8,1E+02 ± 1E+02	1,8E+03 ± 8E+01	

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 35b  
4. PODTALNICA – R HRVAŠKA - enkratni vzorci nefiltrirane vode



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3

Vzorč. mesto	MEDSAVE (R Hrvatska)							
	Datum vzor.	3. 7. 2015	3. 8. 2015	1. 9. 2015	5. 10. 2015	3. 11. 2015	1. 12. 2015	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	55,80	46,40	52,20	49,35	52,12	53,84		
Oznaka vzorca	MED07-15	MED08-15	MED09-15	MED10-15	MED11-15	MED12-15		
KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )								
U-238			6,1E+00 ± 1E+00				8,9E-01 ± 2E-01	
Ra-226								
Pb-210								
Ra-228								
Th-228								
Th-230	5,6E+01 ± 1E+01	6,5E+01 ± 1E+01	7,7E+01 ± 1E+01	7,4E+01 ± 1E+01	4,0E+01 ± 1E+01	5,6E+01 ± 1E+01	5,7E+01 ± 3E+00	
K-40								
Be-7								
I-131								
Cs-134								
Cs-137								
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-90								2,0E+00 ± 2E-01
H-3	7,2E+02 ± 2E+02	1,7E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 2E+02	7,3E+02 ± 1E+02	6,3E+02 ± 1E+02	6,2E+02 ± 1E+02	1,4E+03 ± 5E+01	

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.



LETO 2015 T - 36a  
4. PODTALNICA – R HRVAŠKA - enkratni vzorci nefiltrirane vode



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3

Vzorč. mesto	ŠIBICE (R Hrvatska)							
	Datum vzor.	9. 1. 2015	2. 2. 2015	5. 3. 2015	2. 4. 2015	4. 5. 2015	2. 6. 2015	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	56,60	56,00	50,70	53,20	50,10	51,10		
Oznaka vzorca	SIB01-15	SIB02-15	SIB03-15	SIB04-15	SIB05-15	SIB06-15		
KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )								
U-238								
Ra-226	1,5E+00 ± 7E-01	3,1E+00 ± 9E-01	1,5E+00 ± 8E-01				3,0E+00 ± 1E+00	1,5E+00 ± 3E-01
Pb-210								
Ra-228	1,7E+00 ± 1E+00	2,2E+00 ± 1E+00			1,9E+00 ± 1E+00			9,9E-01 ± 3E-01
Th-228								
Th-230								
K-40	5,6E+01 ± 1E+01	5,7E+01 ± 1E+01	5,8E+01 ± 1E+01	5,1E+01 ± 1E+01	5,5E+01 ± 1E+01	4,1E+01 ± 1E+01		5,3E+01 ± 4E+00
Be-7								
I-131								
Cs-134								
Cs-137								
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-90	2,7E+00 ± 3E-01	3,0E+00 ± 3E-01	3,1E+00 ± 3E-01	3,0E+00 ± 3E-01	2,8E+00 ± 3E-01	3,2E+00 ± 3E-01	3,0E+00 ± 3E-01	3,0E+00 ± 1E-01
H-3	1,0E+03 ± 1E+02	1,0E+03 ± 2E+02	1,0E+03 ± 2E+02	4,8E+02 ± 1E+02	4,2E+02 ± 1E+02	< 4E+02	4E+02	6,6E+02 ± 8E+01

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.  
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 36b  
4. PODTALNICA – R HRVAŠKA - enkratni vzorci nefiltrirane vode



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3

Vzorč. mesto	ŠIBICE (R Hrvatska)							
	Datum vzor.	3. 7. 2015	3. 8. 2015	1. 9. 2015	5. 10. 2015	3. 11. 2015	1. 12. 2015	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	52,10	46,80	49,80	49,03	50,55	52,80		
Oznaka vzorca	SIB07-15	SIB08-15	SIB09-15	SIB10-15	SIB11-15	SIB12-15		
KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )								
U-238								
Ra-226		2,9E+00 ± 1E+00						1,0E+00 ± 2E-01
Pb-210								
Ra-228						3,5E+00 ± 1E+00		7,8E-01 ± 2E-01
Th-228								
Th-230								
K-40	4,5E+01 ± 1E+01	4,2E+01 ± 1E+01	4,5E+01 ± 1E+01	5,5E+01 ± 1E+01	5,6E+01 ± 1E+01	5,8E+01 ± 1E+01		5,1E+01 ± 3E+00
Be-7								
I-131								
Cs-134								
Cs-137								
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-90	3,1E+00 ± 3E-01	3,4E+00 ± 4E-01	3,2E+00 ± 4E-01	3,1E+00 ± 4E-01	3,0E+00 ± 4E-01	2,4E+00 ± 3E-01	3,0E+00 ± 9E-02	
H-3	5,8E+02 ± 1E+02	5,4E+02 ± 1E+02	5,8E+02 ± 1E+02	8,0E+02 ± 1E+02	8,6E+02 ± 1E+02	8,9E+02 ± 1E+02	6,8E+02 ± 5E+01	

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.  
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.



**5. PADAVINE IN USEDI**

**6. USEDI – VAZELINSKE PLOŠČE**

LETO 2015 T - 37a  
5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (\*\*), preračunane na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN

Vzrč. mesto	Breg							Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
	30. 12. 2014 - 2. 2. 2015	2. 2. 2015 - 2. 3. 2015	2. 3. 2015 - 1. 4. 2015	1. 4. 2015 - 4. 5. 2015	4. 5. 2015 - 1. 6. 2015	1. 6. 2015 - 1. 7. 2015		
Datum vzor.	30. 12. 2014 - 2. 2. 2015	2. 2. 2015 - 2. 3. 2015	2. 3. 2015 - 1. 4. 2015	1. 4. 2015 - 4. 5. 2015	4. 5. 2015 - 1. 6. 2015	1. 6. 2015 - 1. 7. 2015		
Kol. vzorca (L)	15,29	19,89	9,65	9,96	38,41	29,37		
Padavine (mm)***	53,6	80,0	37,2	37,6	158,5	116,4		
Oznaka vzorca	K15PD211	K15PD221	K15PD231	K15PD241	K15PD251	K15PD261		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )							
Na-22		4,5E-01 ± 4E-01			6,2E-02 ± 2E-01 ‡		8,6E-02 ± 7E-02	
U-238	9,0E+00 ± 6E+00	4,3E+00 ± 5E+00 ‡	2,2E+01 ± 1E+01	6,3E+00 ± 3E+00	3,6E+00 ± 2E+00	1,8E+00 ± 1E+00	7,9E+00 ± 2E+00	
Ra-226	7,6E+00 ± 1E+00		5,7E-01 ± 2E+00 ‡			2,5E+00 ± 4E-01	1,8E+00 ± 4E-01	
Pb-210	5,2E+02 ± 2E+01	5,7E+01 ± 6E+00	1,9E+02 ± 2E+01	1,4E+02 ± 1E+01	3,5E+01 ± 3E+00	4,4E+02 ± 2E+01	2,3E+02 ± 7E+00	
Ra-228	1,9E+00 ± 1E+00		5,2E+00 ± 4E+00	6,5E-01 ± 8E-01 ‡	1,1E+00 ± 5E-01	1,0E+00 ± 4E-01	1,6E+00 ± 7E-01	
Th-230		1,2E+00 ± 1E+01 ‡				7,9E+00 ± 7E+00 ‡	1,5E+00 ± 2E+00	
Th-228	2,2E+00 ± 5E-01	1,9E+00 ± 7E-01	1,6E+00 ± 1E+00 ‡	2,2E+00 ± 3E-01	7,6E-01 ± 3E-01	1,2E+00 ± 2E-01	1,6E+00 ± 3E-01	
K-40	2,5E+01 ± 6E+00	2,1E+00 ± 4E+00 ‡	4,8E+00 ± 1E+01 ‡	1,3E+01 ± 5E+00	1,4E+01 ± 3E+00	3,0E+01 ± 4E+00	1,5E+01 ± 3E+00	
Be-7	3,7E+02 ± 1E+01	1,2E+02 ± 6E+00	1,2E+02 ± 8E+00	9,5E+01 ± 7E+00	1,0E+02 ± 7E+00	6,3E+02 ± 4E+01	2,4E+02 ± 8E+00	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	2,0E+00 ± 4E-01	6,0E-01 ± 4E-01		2,5E-01 ± 3E-01 ‡		8,9E-01 ± 1E-01	6,2E-01 ± 1E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	2,1E+00 ± 5E-01	< 9E-01	3,3E+00 ± 7E-01	< 2E+00	< 5E-01	9,9E-01 ± 1E-01	1,1E+00 ± 3E-01	
H-3	3,2E+03 ± 3E+02	3,4E+03 ± 3E+02	9,5E+02 ± 2E+02	2,5E+03 ± 2E+02	2,4E+03 ± 2E+02	2,0E+03 ± 2E+02	2,4E+03 ± 9E+01	

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.

\*\*\* Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (\*\*), preračunane na ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzrč. mesto	Breg							Polletni used (*)
	30. 12. 2014 - 2. 2. 2015	2. 2. 2015 - 2. 3. 2015	2. 3. 2015 - 1. 4. 2015	1. 4. 2015 - 4. 5. 2015	4. 5. 2015 - 1. 6. 2015	1. 6. 2015 - 1. 7. 2015		
Datum vzor.	30. 12. 2014 - 2. 2. 2015	2. 2. 2015 - 2. 3. 2015	2. 3. 2015 - 1. 4. 2015	1. 4. 2015 - 4. 5. 2015	4. 5. 2015 - 1. 6. 2015	1. 6. 2015 - 1. 7. 2015		
Kol. vzorca (L)	15,3	19,9	9,7	10,0	38,4	29,4		
Padavine (mm)***	53,6	80,0	37,2	37,6	158,5	116,4		
Oznaka vzorca	K15PD211	K15PD221	K15PD231	K15PD241	K15PD251	K15PD261		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>2</sup> )							
Na-22		3,6E-02 ± 3E-02			9,8E-03 ± 4E-02 ‡		4,6E-02 ± 5E-02	
U-238	4,8E-01 ± 3E-01	3,4E-01 ± 4E-01 ‡	8,3E-01 ± 4E-01	2,4E-01 ± 1E-01	5,7E-01 ± 3E-01	2,0E-01 ± 2E-01	2,7E+00 ± 7E-01	
Ra-226	4,1E-01 ± 7E-02		2,1E-02 ± 7E-02 ‡			2,9E-01 ± 5E-02	7,1E-01 ± 1E-01	
Pb-210	2,8E+01 ± 1E+00	4,6E+00 ± 5E-01	7,2E+00 ± 8E-01	5,3E+00 ± 4E-01	5,6E+00 ± 5E-01	5,1E+01 ± 3E+00	1,0E+02 ± 3E+00	
Ra-228	1,0E-01 ± 6E-02		1,9E-01 ± 1E-01	2,4E-02 ± 3E-02 ‡	1,8E-01 ± 8E-02	1,2E-01 ± 4E-02	6,2E-01 ± 2E-01	
Th-230		9,7E-02 ± 9E-01 ‡				9,2E-01 ± 8E-01 ‡	1,0E+00 ± 1E+00	
Th-228	1,2E-01 ± 3E-02	1,5E-01 ± 5E-02	5,9E-02 ± 5E-02 ‡	8,2E-02 ± 1E-02	1,2E-01 ± 4E-02	1,4E-01 ± 2E-02	6,7E-01 ± 9E-02	
K-40	1,3E+00 ± 3E-01	1,6E-01 ± 3E-01 ‡	1,8E-01 ± 4E-01 ‡	5,0E-01 ± 2E-01	2,3E+00 ± 6E-01	3,5E+00 ± 5E-01	8,0E+00 ± 1E+00	
Be-7	2,0E+01 ± 8E-01	9,5E+00 ± 5E-01	4,5E+00 ± 3E-01	3,6E+00 ± 3E-01	1,6E+01 ± 1E+00	7,4E+01 ± 5E+00	1,3E+02 ± 5E+00	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,1E-01 ± 2E-02	4,8E-02 ± 4E-02		9,4E-03 ± 1E-02 ‡		1,0E-01 ± 2E-02	2,7E-01 ± 5E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	1,1E-01 ± 3E-02	< 7E-02	1,2E-01 ± 3E-02	< 8E-02	< 8E-02	1,2E-01 ± 1E-02	3,5E-01 ± 9E-02	
H-3	1,7E+02 ± 1E+01	2,7E+02 ± 2E+01	3,5E+01 ± 6E+00	9,2E+01 ± 9E+00	3,8E+02 ± 4E+01	2,3E+02 ± 2E+01	1,2E+03 ± 5E+01	

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.

\*\*\* Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

**LETO 2015 T - 37b**
**5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci**

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (\*\*), preračunane na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN

Vzrč. mesto	Breg							Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
	1. 7. 2015 - 3. 8. 2015	3. 8. 2015 - 1. 9. 2015	1. 9. 2015 - 5. 10. 2015	5. 10. 2015 - 2. 11. 2015	2. 11. 2015 - 1. 12. 2015	1. 12. 2015 - 30. 12. 2015		
Datum vzor.	35,73	18,93	22,22	50,92	12,80	0,95		
Kol. vzorca (L)	128,2	73,2	60,8	248,9	42,1	1,0		
Padavine (mm)***	K15PD271	K15PD281	K15PD291	K15PD2A1	K15PD2B1	K15PD2C1		
Oznaka vzorca	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )							
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )							
Na-22							4,3E-02 ± 4E-02	
U-238	8,2E+00 ± 2E+00	5,4E+00 ± 5E+00 ‡	6,4E+00 ± 4E+00	1,7E+00 ± 1E+00	9,3E+00 ± 7E+00	6,4E+01 ± 9E+01 ‡	1,2E+01 ± 8E+00	
Ra-226		6,6E-01 ± 2E+00 ‡			2,3E+00 ± 1E+00		1,1E+00 ± 3E-01	
Pb-210	1,9E+02 ± 1E+01	1,2E+02 ± 1E+01	8,9E+01 ± 1E+01	1,7E+01 ± 2E+00	1,9E+02 ± 2E+01	8,9E+02 ± 1E+02	2,4E+02 ± 1E+01	
Ra-228			1,3E+00 ± 1E+00	2,4E-01 ± 1E+00 ‡	3,0E-01 ± 1E+00 ‡		9,8E-01 ± 4E-01	
Th-230							7,6E-01 ± 1E+00	
Th-228	1,2E+00 ± 3E-01	3,0E-02 ± 2E-01 ‡	8,0E-01 ± 6E-01	2,9E-01 ± 2E-01	5,7E-01 ± 6E-01 ‡	1,5E+01 ± 8E+00	2,3E+00 ± 7E-01	
K-40	1,1E+01 ± 5E+00	1,1E+01 ± 5E+00	1,8E+01 ± 4E+00	2,3E+00 ± 1E+00	1,3E+01 ± 5E+00	6,4E+01 ± 1E+02 ‡	1,7E+01 ± 9E+00	
Be-7	7,1E+02 ± 3E+01	4,5E+02 ± 2E+01	3,0E+02 ± 1E+01	1,3E+02 ± 5E+00	3,2E+02 ± 1E+01	6,0E+02 ± 7E+01	3,3E+02 ± 8E+00	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	3,3E-01 ± 2E-01	2,1E-01 ± 3E-01 ‡	3,5E-01 ± 3E-01	1,1E-01 ± 1E-01 ‡	3,8E-01 ± 5E-01 ‡		4,2E-01 ± 8E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 4E-01	< 7E-01	< 8E-01	< 3E-01	< 1E+00	< 2E+01	5,3E-01 ± 9E-01	
H-3	2,0E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 2E+02	1,5E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 2E+02	1,3E+03 ± 2E+02	4,3E+03 ± 4E+02	2,3E+03 ± 7E+01	

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.

(\*\*\*) Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (\*\*), preračunane na ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzrč. mesto	Breg							Letni used (*)
	1. 7. 2015 - 3. 8. 2015	3. 8. 2015 - 1. 9. 2015	1. 9. 2015 - 5. 10. 2015	5. 10. 2015 - 2. 11. 2015	2. 11. 2015 - 1. 12. 2015	1. 12. 2015 - 30. 12. 2015		
Datum vzor.	35,7	18,9	22,2	50,9	12,8	1,0		
Kol. vzorca (L)	128,2	73,2	60,8	248,9	42,1	1,0		
Padavine (mm)***	K15PD271	K15PD281	K15PD291	K15PD2A1	K15PD2B1	K15PD2C1		
Oznaka vzorca	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>2</sup> )							
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>2</sup> )							
Na-22							4,6E-02 ± 5E-02	
U-238	1,0E+00 ± 3E-01	3,9E-01 ± 4E-01 ‡	3,9E-01 ± 2E-01	4,2E-01 ± 3E-01	3,9E-01 ± 3E-01	6,4E-02 ± 9E-02 ‡	5,4E+00 ± 1E+00	
Ra-226		4,8E-02 ± 1E-01 ‡			9,7E-02 ± 5E-02		8,6E-01 ± 2E-01	
Pb-210	2,4E+01 ± 1E+00	8,5E+00 ± 7E-01	5,4E+00 ± 7E-01	4,2E+00 ± 4E-01	8,0E+00 ± 8E-01	8,9E-01 ± 1E-01	1,5E+02 ± 4E+00	
Ra-228			8,2E-02 ± 6E-02	6,1E-02 ± 2E-01 ‡	1,3E-02 ± 6E-02 ‡		7,7E-01 ± 3E-01	
Th-230							1,0E+00 ± 1E+00	
Th-228	1,5E-01 ± 4E-02	2,2E-03 ± 1E-02 ‡	4,8E-02 ± 3E-02	7,3E-02 ± 4E-02	2,4E-02 ± 2E-02 ‡	1,5E-02 ± 8E-03	9,9E-01 ± 1E-01	
K-40	1,4E+00 ± 7E-01	7,8E-01 ± 3E-01	1,1E+00 ± 2E-01	5,8E-01 ± 4E-01	5,4E-01 ± 2E-01	6,4E-02 ± 1E-01 ‡	1,2E+01 ± 1E+00	
Be-7	9,0E+01 ± 3E+00	3,3E+01 ± 1E+00	1,8E+01 ± 8E-01	3,2E+01 ± 1E+00	1,4E+01 ± 6E-01	6,0E-01 ± 7E-02	3,1E+02 ± 6E+00	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	4,2E-02 ± 2E-02	1,5E-02 ± 2E-02 ‡	2,1E-02 ± 2E-02	2,8E-02 ± 3E-02 ‡	1,6E-02 ± 2E-02 ‡		3,9E-01 ± 7E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 5E-02	< 5E-02	< 5E-02	< 8E-02	< 5E-02	< 2E-02	3,5E-01 ± 1E-01	
H-3	2,6E+02 ± 3E+01	1,3E+02 ± 1E+01	8,9E+01 ± 1E+01	4,5E+02 ± 5E+01	5,6E+01 ± 8E+00	4,3E+00 ± 4E-01	2,2E+03 ± 8E+01	

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.

(\*\*\*) Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

**LETO 2015 T - 38a**  
**5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci**

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (\*\*), preračunane na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN

Vzrč. mesto	Krško							
Datum vzor.	30. 12. 2014 - 2. 2. 2015	2. 2. 2015 - 2. 3. 2015	2. 3. 2015 - 1. 4. 2015	1. 4. 2015 - 4. 5. 2015	4. 5. 2015 - 1. 6. 2015	1. 6. 2015 - 1. 7. 2015		Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	23,44	19,68	10,84	12,17	31,68	33,45		
Padavine (mm)	68,9	45,2	31,8	36,5	120,9	45,5		
Oznaka vzorca	K15PD311	K15PD321	K15PD331	K15PD341	K15PD351	K15PD361		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )							
Na-22					1,4E-01 ± 2E-01 ‡			2,3E-02 ± 3E-02
U-238	3,7E+00 ± 4E+00 ‡	9,4E+00 ± 3E+00		5,1E+00 ± 6E+00 ‡	3,9E+00 ± 2E+00	1,7E+00 ± 3E+00 ‡		4,0E+00 ± 1E+00
Ra-226		7,1E+00 ± 5E+00	2,9E+00 ± 2E+00	1,3E+00 ± 5E+00 ‡	1,2E+00 ± 3E+00 ‡			2,1E+00 ± 1E+00
Pb-210	1,9E+02 ± 1E+01	1,6E+02 ± 1E+01	1,5E+02 ± 1E+01	8,3E+01 ± 7E+00	9,1E+01 ± 8E+00	3,3E+01 ± 4E+00		1,2E+02 ± 4E+00
Ra-228	1,1E+00 ± 1E+00 ‡	6,9E-01 ± 8E-01 ‡		9,8E-01 ± 2E+00 ‡	1,1E+00 ± 5E-01	1,6E+00 ± 1E+00		9,0E-01 ± 5E-01
Th-230								
Th-228	1,2E+00 ± 3E-01	1,1E+00 ± 4E-01	8,0E-01 ± 7E-01 ‡	8,8E-01 ± 8E-01 ‡	9,3E-01 ± 2E-01	8,6E-01 ± 5E-01		9,6E-01 ± 2E-01
K-40	7,4E+00 ± 3E+00	8,2E+00 ± 3E+00	2,2E+01 ± 6E+00	5,4E+01 ± 8E+00	4,1E+01 ± 5E+00	3,3E+01 ± 5E+00		2,7E+01 ± 2E+00
Be-7	6,3E+02 ± 2E+01	4,2E+02 ± 2E+01	2,2E+02 ± 1E+01	1,3E+02 ± 9E+00	3,4E+02 ± 1E+01	1,9E+02 ± 1E+01		3,2E+02 ± 6E+00
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,1E-01 ± 4E-01 ‡			1,6E-01 ± 3E-01 ‡	1,9E-01 ± 2E-01 ‡			7,8E-02 ± 9E-02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 7E-01	< 8E-01	2,9E+00 ± 4E-01	< 2E+00	4,5E-01 ± 9E-02	< 4E-01		5,6E-01 ± 2E-01
H-3	9,2E+02 ± 2E+02	1,6E+03 ± 2E+02	1,2E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 2E+02	2,2E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 2E+02		1,6E+03 ± 8E+01

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (\*\*), preračunane na ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzrč. mesto	Krško							
Datum vzor.	30. 12. 2014 - 2. 2. 2015	2. 2. 2015 - 2. 3. 2015	2. 3. 2015 - 1. 4. 2015	1. 4. 2015 - 4. 5. 2015	4. 5. 2015 - 1. 6. 2015	1. 6. 2015 - 1. 7. 2015		Polletni used (*)
Kol. vzorca (L)	23,4	19,7	10,8	12,2	31,7	33,5		
Padavine (mm)	68,9	45,2	31,8	2,2	120,9	45,5		
Oznaka vzorca	K15PD311	K15PD321	K15PD331	K15PD341	K15PD351	K15PD361		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>2</sup> )							
Na-22					1,7E-02 ± 2E-02 ‡			1,7E-02 ± 2E-02
U-238	2,5E-01 ± 3E-01 ‡	4,2E-01 ± 2E-01		1,1E-02 ± 1E-02 ‡	4,7E-01 ± 2E-01	8,0E-02 ± 1E-01 ‡		1,2E+00 ± 4E-01
Ra-226		3,2E-01 ± 2E-01	9,3E-02 ± 6E-02	3,0E-03 ± 1E-02 ‡	1,5E-01 ± 3E-01 ‡			5,7E-01 ± 4E-01
Pb-210	1,3E+01 ± 9E-01	7,1E+00 ± 6E-01	4,9E+00 ± 4E-01	1,8E-01 ± 2E-02	1,1E+01 ± 9E-01	1,5E+00 ± 2E-01		3,7E+01 ± 2E+00
Ra-228	7,5E-02 ± 8E-02 ‡	3,1E-02 ± 3E-02 ‡		2,2E-03 ± 4E-03 ‡	1,3E-01 ± 6E-02	7,1E-02 ± 5E-02		3,1E-01 ± 1E-01
Th-230								
Th-228	8,1E-02 ± 2E-02	4,9E-02 ± 2E-02	2,5E-02 ± 2E-02 ‡	1,9E-03 ± 2E-03 ‡	1,1E-01 ± 3E-02	3,9E-02 ± 2E-02		3,1E-01 ± 5E-02
K-40	5,1E-01 ± 2E-01	3,7E-01 ± 1E-01	6,8E-01 ± 2E-01	1,2E-01 ± 2E-02	5,0E+00 ± 6E-01	1,5E+00 ± 2E-01		8,1E+00 ± 7E-01
Be-7	4,4E+01 ± 2E+00	1,9E+01 ± 7E-01	6,9E+00 ± 4E-01	2,8E-01 ± 2E-02	4,1E+01 ± 2E+00	8,5E+00 ± 5E-01		1,2E+02 ± 2E+00
I-131								
Cs-134								
Cs-137	7,5E-03 ± 3E-02 ‡			3,6E-04 ± 7E-04 ‡	2,3E-02 ± 2E-02 ‡			3,1E-02 ± 3E-02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 5E-02	< 4E-02	9,2E-02 ± 1E-02	< 3E-03	5,5E-02 ± 1E-02	< 2E-02		1,5E-01 ± 4E-02
H-3	6,3E+01 ± 1E+01	7,3E+01 ± 9E+00	3,8E+01 ± 6E+00	4,0E+00 ± 4E-01	2,7E+02 ± 3E+01	7,4E+01 ± 8E+00		5,2E+02 ± 3E+01

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 38b

## 5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (\*\*), preračunane na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN

Vzrč. mesto	Krško							
Datum vzor.	30. 12. 2014 - 2. 2. 2015	2. 2. 2015 - 2. 3. 2015	2. 3. 2015 - 1. 4. 2015	1. 4. 2015 - 4. 5. 2015	4. 5. 2015 - 1. 6. 2015	1. 6. 2015 - 1. 7. 2015		Polletni used (*)
Kol. vzorca (L)	23,4	19,7	10,8	12,2	31,7	33,5		
Padavine (mm)	68,9	45,2	31,8	36,5	120,9	45,5		
Oznaka vzorca	K15PD311	K15PD321	K15PD331	K15PD341	K15PD351	K15PD361		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>2</sup> )							
Na-22					1,7E-02 ± 2E-02 ‡		1,7E-02 ± 2E-02	
U-238	2,5E-01 ± 3E-01 ‡	4,2E-01 ± 2E-01		1,9E-01 ± 2E-01 ‡	4,7E-01 ± 2E-01	8,0E-02 ± 1E-01 ‡	1,4E+00 ± 4E-01	
Ra-226		3,2E-01 ± 2E-01	9,3E-02 ± 6E-02	4,9E-02 ± 2E-01 ‡	1,5E-01 ± 3E-01 ‡		6,1E-01 ± 4E-01	
Pb-210	1,3E+01 ± 9E-01	7,1E+00 ± 6E-01	4,9E+00 ± 4E-01	3,0E+00 ± 3E-01	1,1E+01 ± 9E-01	1,5E+00 ± 2E-01	4,0E+01 ± 2E+00	
Ra-228	7,5E-02 ± 8E-02 ‡	3,1E-02 ± 3E-02 ‡		3,6E-02 ± 7E-02 ‡	1,3E-01 ± 6E-02	7,1E-02 ± 5E-02	3,4E-01 ± 1E-01	
Th-230								
Th-228	8,1E-02 ± 2E-02	4,9E-02 ± 2E-02	2,5E-02 ± 2E-02 ‡	3,2E-02 ± 3E-02 ‡	1,1E-01 ± 3E-02	3,9E-02 ± 2E-02	3,4E-01 ± 6E-02	
K-40	5,1E-01 ± 2E-01	3,7E-01 ± 1E-01	6,8E-01 ± 2E-01	2,0E+00 ± 3E-01	5,0E+00 ± 6E-01	1,5E+00 ± 2E-01	1,0E+01 ± 7E-01	
Be-7	4,4E+01 ± 2E+00	1,9E+01 ± 7E-01	6,9E+00 ± 4E-01	4,6E+00 ± 3E-01	4,1E+01 ± 2E+00	8,5E+00 ± 5E-01	1,2E+02 ± 3E+00	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	7,5E-03 ± 3E-02 ‡			6,0E-03 ± 1E-02 ‡	2,3E-02 ± 2E-02 ‡		3,7E-02 ± 4E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 5E-02	< 4E-02	9,2E-02 ± 1E-02	< 5E-02	5,5E-02 ± 1E-02	< 2E-02	1,5E-01 ± 5E-02	
H-3	6,3E+01 ± 1E+01	7,3E+01 ± 9E+00	3,8E+01 ± 6E+00	6,6E+01 ± 7E+00	2,7E+02 ± 3E+01	7,4E+01 ± 8E+00	5,8E+02 ± 3E+01	

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (\*\*), preračunane na ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzrč. mesto	Krško							
Datum vzor.	1. 7. 2015 - 3. 8. 2015	3. 8. 2015 - 1. 9. 2015	1. 9. 2015 - 5. 10. 2015	5. 10. 2015 - 2. 11. 2015	2. 11. 2015 - 1. 12. 2015	1. 12. 2015 - 30. 12. 2015		Letni used (*)
Kol. vzorca (L)	45,3	22,9	23,0	50,3	12,9	1,0		
Padavine (mm)	123,9	89,6	74,7	267,6	58,8	1,0		
Oznaka vzorca	K15PD371	K15PD381	K15PD391	K15PD3A1	K15PD3B1	K15PD3C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>2</sup> )							
Na-22			1,4E-02 ± 3E-02 ‡	2,8E-02 ± 2E-02 ‡			5,8E-02 ± 4E-02	
U-238		4,9E-01 ± 3E-01	3,6E-01 ± 2E-01	4,1E-01 ± 3E-01			2,7E+00 ± 6E-01	
Ra-226	2,5E-01 ± 1E-01	1,3E-01 ± 1E-01	8,3E-02 ± 1E-01 ‡	1,4E-02 ± 4E-02 ‡	8,1E-01 ± 1E-01		1,9E+00 ± 5E-01	
Pb-210	2,1E+01 ± 9E-01	6,5E+00 ± 6E-01	1,3E+01 ± 9E-01	1,5E+01 ± 1E+00	4,2E+00 ± 7E-01	6,5E-01 ± 9E-02	1,0E+02 ± 3E+00	
Ra-228	4,3E-02 ± 6E-02 ‡	4,7E-02 ± 6E-02 ‡	5,6E-02 ± 1E-01 ‡	9,1E-02 ± 1E-01 ‡	5,7E-03 ± 1E-01 ‡		5,9E-01 ± 3E-01	
Th-230								
Th-228	9,3E-02 ± 3E-02	3,5E-02 ± 4E-02 ‡	2,5E-03 ± 1E-02 ‡	7,5E-02 ± 5E-02	4,0E-01 ± 1E-01	4,8E-02 ± 9E-03	9,9E-01 ± 1E-01	
K-40	2,7E+00 ± 4E-01	3,5E+00 ± 5E-01	1,7E+00 ± 4E-01	1,4E+00 ± 4E-01		5,7E-01 ± 1E-01	2,0E+01 ± 1E+00	
Be-7	1,9E+02 ± 7E+00	5,1E+01 ± 2E+00	6,5E+01 ± 3E+00	1,0E+02 ± 4E+00	8,5E+00 ± 1E+00	8,4E-01 ± 7E-02	5,4E+02 ± 9E+00	
I-131								
Cs-134								
Cs-137			6,8E-03 ± 3E-02 ‡	4,5E-02 ± 4E-02 ‡			8,9E-02 ± 6E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 5E-02	< 6E-02	< 6E-02	< 9E-02	< 7E-02	< 2E-02	1,5E-01 ± 1E-01	
H-3	2,9E+02 ± 3E+01	1,5E+02 ± 2E+01	1,0E+02 ± 2E+01	3,2E+02 ± 4E+01	6,5E+01 ± 1E+01	1,0E+01 ± 6E-01	1,5E+03 ± 7E+01	

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda.

(\*\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 39a  
5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (\*\*), preračunane na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN

Vzroč. mesto	Dobova							
Datum vzor.	30. 12. 2014 - 2. 2. 2015	2. 2. 2015 - 2. 3. 2015	2. 3. 2015 - 1. 4. 2015	1. 4. 2015 - 4. 5. 2015	4. 5. 2015 - 1. 6. 2015	1. 6. 2015 - 1. 7. 2015		Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	30,02	30,71	14,44	13,23	47,68	32,82		
Padavine (mm)	75,2	74,0	41,3	35,3	126,1	79,8		
Oznaka vzorca	K15PD411	K15PD421	K15PD431	K15PD441	K15PD451	K15PD461		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>2</sup> )							
Na-22		5,3E-01 ± 3E+00 ‡		1,0E+01 ± 7E+00	1,8E+00 ± 1E+00 ‡	3,9E-01 ± 2E-01	6,5E-02 ± 3E-02	
U-238						1,3E+00 ± 2E+00 ‡	2,3E+00 ± 1E+00	
Ra-226	7,4E+00 ± 1E+00					4,1E+00 ± 1E+00	1,9E+00 ± 3E-01	
Pb-210	4,3E+02 ± 2E+01	6,2E+01 ± 4E+00	7,0E+01 ± 6E+00	6,5E+01 ± 6E+00	2,2E+01 ± 2E+00	3,1E+01 ± 3E+00	1,1E+02 ± 4E+00	
Ra-228	1,4E+00 ± 4E-01	2,9E-01 ± 8E-01 ‡	3,9E+00 ± 3E+00		6,1E-01 ± 5E-01 ‡		1,0E+00 ± 5E-01	
Th-230								
Th-228	2,0E+00 ± 3E-01	6,4E-01 ± 3E-01	5,6E-01 ± 6E-01 ‡	9,2E-01 ± 7E-01	4,1E-01 ± 2E-01	4,1E-01 ± 3E-01	8,3E-01 ± 2E-01	
K-40	2,0E+01 ± 4E+00	5,5E-01 ± 6E+00 ‡		1,2E+01 ± 1E+01 ‡	8,6E+00 ± 3E+00	4,8E+00 ± 2E+00	7,8E+00 ± 3E+00	
Be-7	8,7E+02 ± 4E+01	4,0E+02 ± 2E+01	2,3E+02 ± 1E+01	3,0E+02 ± 1E+01	3,7E+02 ± 1E+01	4,9E+02 ± 2E+01	4,5E+02 ± 8E+00	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,2E+00 ± 2E-01	6,1E-02 ± 2E-01 ‡	3,5E-01 ± 6E-01 ‡		1,1E-01 ± 1E-01 ‡		2,8E-01 ± 1E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	1,1E+00 ± 2E-01	< 6E-01	2,6E+00 ± 4E-01	< 2E+00	< 4E-01	< 6E-01	6,1E-01 ± 2E-01	
H-3	1,6E+03 ± 2E+02	9,1E+02 ± 2E+02	1,0E+03 ± 2E+02	1,1E+03 ± 2E+02	1,3E+03 ± 2E+02	1,5E+03 ± 2E+02	1,2E+03 ± 7E+01	

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (\*\*), preračunane na ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzroč. mesto	Dobova							
Datum vzor.	30. 12. 2014 - 2. 2. 2015	2. 2. 2015 - 2. 3. 2015	2. 3. 2015 - 1. 4. 2015	1. 4. 2015 - 4. 5. 2015	4. 5. 2015 - 1. 6. 2015	1. 6. 2015 - 1. 7. 2015		Polletni used (*)
Kol. vzorca (L)	30,0	30,7	14,4	13,2	47,7	32,8		
Padavine (mm)	75,2	74,0	41,3	35,3	126,1	79,8		
Oznaka vzorca	K15PD411	K15PD421	K15PD431	K15PD441	K15PD451	K15PD461		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>2</sup> )							
Na-22		3,9E-02 ± 2E-01 ‡		3,6E-01 ± 2E-01	2,3E-01 ± 2E-01 ‡	3,1E-02 ± 2E-02	3,1E-02 ± 2E-02	
U-238						1,0E-01 ± 2E-01 ‡	7,3E-01 ± 4E-01	
Ra-226	5,6E-01 ± 8E-02					3,3E-01 ± 1E-01	8,9E-01 ± 1E-01	
Pb-210	3,2E+01 ± 2E+00	4,6E+00 ± 3E-01	2,9E+00 ± 3E-01	2,3E+00 ± 2E-01	2,8E+00 ± 3E-01	2,4E+00 ± 3E-01	4,7E+01 ± 2E+00	
Ra-228	1,0E-01 ± 3E-02	2,1E-02 ± 6E-02 ‡	1,6E-01 ± 1E-01		7,7E-02 ± 6E-02 ‡		3,7E-01 ± 1E-01	
Th-230								
Th-228	1,5E-01 ± 2E-02	4,7E-02 ± 2E-02	2,3E-02 ± 3E-02 ‡	3,2E-02 ± 3E-02	5,2E-02 ± 3E-02	3,3E-02 ± 2E-02	3,4E-01 ± 6E-02	
K-40	1,5E+00 ± 3E-01	4,0E-02 ± 5E-01 ‡		4,3E-01 ± 5E-01 ‡	1,1E+00 ± 3E-01	3,8E-01 ± 2E-01	3,5E+00 ± 8E-01	
Be-7	6,6E+01 ± 3E+00	3,0E+01 ± 1E+00	9,7E+00 ± 6E-01	1,1E+01 ± 5E-01	4,6E+01 ± 2E+00	3,9E+01 ± 1E+00	2,0E+02 ± 4E+00	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	8,7E-02 ± 1E-02	4,5E-03 ± 1E-02 ‡	1,5E-02 ± 2E-02 ‡		1,3E-02 ± 2E-02 ‡		1,2E-01 ± 3E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	8,4E-02 ± 1E-02	< 4E-02	1,1E-01 ± 2E-02	< 6E-02	< 5E-02	< 5E-02	1,9E-01 ± 7E-02	
H-3	1,2E+02 ± 1E+01	6,7E+01 ± 1E+01	4,2E+01 ± 7E+00	4,0E+01 ± 6E+00	1,6E+02 ± 2E+01	1,2E+02 ± 1E+01	5,5E+02 ± 3E+01	

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.



LETO 2015 T - 39b

## 5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (\*\*), preračunane na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN

Vzroč. mesto	Dobova							Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
	1. 7. 2015 - 3. 8. 2015	3. 8. 2015 - 1. 9. 2015	1. 9. 2015 - 5. 10. 2015	5. 10. 2015 - 2. 11. 2015	2. 11. 2015 - 1. 12. 2015	1. 12. 2015 - 30. 12. 2015		
Datum vzor.	1. 7. 2015 - 3. 8. 2015	3. 8. 2015 - 1. 9. 2015	1. 9. 2015 - 5. 10. 2015	5. 10. 2015 - 2. 11. 2015	2. 11. 2015 - 1. 12. 2015	1. 12. 2015 - 30. 12. 2015		Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	48,75	37,12	24,72	49,27	11,62	1,79		
Padavine (mm)	150,3	116,5	76,7	196,7	42,0	5,5		
Oznaka vzorca	K15PD471	K15PD481	K15PD491	K15PD4A1	K15PD4B1	K15PD4C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>2</sup> )							
Na-22	3,3E-01 ± 1E-01							6,0E-02 ± 2E-02
U-238	8,5E+00 ± 4E+00	1,0E+00 ± 3E+00 ‡	8,0E+00 ± 4E+00		1,3E+01 ± 6E+00			3,7E+00 ± 1E+00
Ra-226	7,2E-01 ± 4E-01	1,5E-01 ± 7E-01 ‡	7,2E-01 ± 4E+00 ‡	1,2E+01 ± 2E+00		1,3E+02 ± 4E+01		1,3E+01 ± 3E+00
Pb-210	1,1E+02 ± 6E+00	2,4E+01 ± 6E+00	2,8E+02 ± 2E+01	1,7E+01 ± 9E+00	8,1E+01 ± 2E+01	3,8E+02 ± 7E+01		1,3E+02 ± 6E+00
Ra-228	3,7E-01 ± 4E-01 ‡	4,0E-01 ± 7E-01 ‡	5,5E-01 ± 1E+00 ‡		1,6E+00 ± 2E+00 ‡			7,6E-01 ± 3E-01
Th-230								
Th-228	7,4E-01 ± 1E-01	7,7E-01 ± 2E-01	6,4E-01 ± 4E-01	3,4E-01 ± 1E-01	1,5E+00 ± 6E-01	5,5E+00 ± 3E+00		1,2E+00 ± 3E-01
K-40	7,0E+00 ± 3E+00	1,3E+01 ± 3E+00	1,2E+00 ± 9E+00 ‡		4,2E+00 ± 8E+00 ‡	2,9E+01 ± 3E+01 ‡		8,4E+00 ± 3E+00
Be-7	1,4E+03 ± 9E+01	2,9E+02 ± 1E+01	1,5E+03 ± 6E+01	1,7E+02 ± 7E+00	2,9E+02 ± 2E+01	7,7E+02 ± 6E+01		5,9E+02 ± 1E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,6E-01 ± 6E-02	2,7E-01 ± 1E-01			7,0E-01 ± 6E-01			2,3E-01 ± 7E-02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 4E-01	< 4E-01	< 5E-01	< 4E-01	< 1E+00	< 8E+00		3,1E-01 ± 4E-01
H-3	1,3E+03 ± 2E+02	1,3E+03 ± 2E+02	1,1E+03 ± 2E+02	5,1E+02 ± 1E+02	5,2E+02 ± 1E+02	3,4E+03 ± 4E+02		1,3E+03 ± 6E+01

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (\*\*), preračunane na ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzroč. mesto	Dobova							Letni used (*)
	1. 7. 2015 - 3. 8. 2015	3. 8. 2015 - 1. 9. 2015	1. 9. 2015 - 5. 10. 2015	5. 10. 2015 - 2. 11. 2015	2. 11. 2015 - 1. 12. 2015	1. 12. 2015 - 30. 12. 2015		
Datum vzor.	1. 7. 2015 - 3. 8. 2015	3. 8. 2015 - 1. 9. 2015	1. 9. 2015 - 5. 10. 2015	5. 10. 2015 - 2. 11. 2015	2. 11. 2015 - 1. 12. 2015	1. 12. 2015 - 30. 12. 2015		Letni used (*)
Kol. vzorca (L)	48,8	37,1	24,7	49,3	11,6	1,8		
Padavine (mm)	150,3	116,5	76,7	196,7	42,0	5,5		
Oznaka vzorca	K15PD471	K15PD481	K15PD491	K15PD4A1	K15PD4B1	K15PD4C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>2</sup> )							
Na-22	4,9E-02 ± 2E-02							8,0E-02 ± 2E-02
U-238	1,3E+00 ± 7E-01	1,2E-01 ± 4E-01 ‡	6,1E-01 ± 3E-01		5,6E-01 ± 2E-01			3,3E+00 ± 9E-01
Ra-226	1,1E-01 ± 6E-02	1,7E-02 ± 8E-02 ‡	5,5E-02 ± 3E-01 ‡	2,4E+00 ± 4E-01		7,4E-01 ± 2E-01		4,2E+00 ± 5E-01
Pb-210	1,6E+01 ± 9E-01	2,8E+00 ± 7E-01	2,1E+01 ± 1E+00	3,4E+00 ± 2E+00	3,4E+00 ± 8E-01	2,1E+00 ± 4E-01		9,6E+01 ± 3E+00
Ra-228	5,5E-02 ± 5E-02 ‡	4,6E-02 ± 8E-02 ‡	4,2E-02 ± 9E-02 ‡		6,8E-02 ± 7E-02 ‡			5,8E-01 ± 2E-01
Th-230								
Th-228	1,1E-01 ± 2E-02	9,0E-02 ± 3E-02	4,9E-02 ± 3E-02	6,6E-02 ± 3E-02	6,5E-02 ± 2E-02	3,0E-02 ± 2E-02		7,5E-01 ± 9E-02
K-40	1,0E+00 ± 5E-01	1,5E+00 ± 3E-01	9,1E-02 ± 7E-01 ‡		1,8E-01 ± 3E-01 ‡	1,6E-01 ± 2E-01 ‡		6,5E+00 ± 1E+00
Be-7	2,1E+02 ± 1E+01	3,4E+01 ± 1E+00	1,1E+02 ± 4E+00	3,3E+01 ± 1E+00	1,2E+01 ± 7E-01	4,2E+00 ± 3E-01		6,1E+02 ± 2E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	2,4E-02 ± 1E-02	3,1E-02 ± 1E-02			3,0E-02 ± 2E-02			2,0E-01 ± 4E-02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 6E-02	< 5E-02	< 4E-02	< 8E-02	< 6E-02	< 4E-02		1,9E-01 ± 1E-01
H-3	2,0E+02 ± 3E+01	1,5E+02 ± 2E+01	8,4E+01 ± 1E+01	1,0E+02 ± 3E+01	2,2E+01 ± 6E+00	1,9E+01 ± 2E+00		1,1E+03 ± 6E+01

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 40 a  
5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza H-3 (\*\*), preračunane na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN

Vzrč. mesto	Ljubljana IJS							
Datum vzor.	30. 12. 2014 - 2. 2. 2015	2. 2. 2015 - 2. 3. 2015	2. 3. 2015 - 1. 4. 2015	1. 4. 2015 - 4. 5. 2015	4. 5. 2015 - 1. 6. 2015	1. 6. 2015 - 1. 7. 2015		Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	14,02	23,27	32,35	12,01	38,55	35,82		
Padavine (mm)***	69,7	64,3	105,1	46,8	114,9	150,4		
Oznaka vzorca	RP15PD111	RP15PD121	L15PD131	L15PD141	L15PD151	L15PD161		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )							
Na-22								
U-238	4,2E+00 ± 5E+00 ‡	3,0E+00 ± 3E+00 ‡	2,4E+00 ± 2E+00	2,4E+00 ± 7E+00 ‡	7,8E-01 ± 2E+00 ‡	4,6E+00 ± 3E+00	2,9E+00 ± 2E+00	
Ra-226	4,6E-01 ± 3E+00 ‡	2,3E+00 ± 7E-01		2,3E+01 ± 7E+00	6,1E+00 ± 2E+00		5,3E+00 ± 1E+00	
Pb-210	1,5E+02 ± 1E+01	5,9E+01 ± 7E+00	2,4E+01 ± 3E+00	8,0E+01 ± 2E+01	1,7E+02 ± 1E+01	4,7E+01 ± 4E+00	8,7E+01 ± 5E+00	
Ra-228	2,7E+00 ± 2E+00	1,7E+00 ± 1E+00		5,4E+00 ± 2E+00	2,6E-01 ± 5E-01 ‡	1,0E+00 ± 9E-01 ‡	1,9E+00 ± 5E-01	
Th-230								
Th-228	9,3E-01 ± 6E-01	3,0E-01 ± 5E-01 ‡	1,1E+00 ± 3E-01	4,4E+00 ± 1E+00	1,7E+00 ± 2E-01	1,3E+00 ± 7E-01	1,6E+00 ± 3E-01	
K-40	5,0E+00 ± 4E+00 ‡	2,5E+00 ± 4E+00 ‡	4,0E+00 ± 3E+00	2,6E+01 ± 1E+01	1,7E+01 ± 3E+00	1,2E+01 ± 2E+00	1,1E+01 ± 2E+00	
Be-7	2,7E+02 ± 1E+01	1,4E+02 ± 7E+00	1,1E+02 ± 5E+00	1,0E+02 ± 7E+00	2,9E+02 ± 1E+01	2,4E+02 ± 1E+01	1,9E+02 ± 4E+00	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	8,0E-02 ± 4E-01 ‡	2,8E-01 ± 2E-01	6,1E-02 ± 2E-01 ‡		4,8E-01 ± 1E-01		1,5E-01 ± 8E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
H-3	4,7E+02 ± 5E+01	1,0E+03 ± 8E+01	9,6E+02 ± 8E+01	1,2E+03 ± 1E+02	1,2E+03 ± 1E+02	1,2E+03 ± 1E+02	1,0E+03 ± 4E+01	

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2.

\*\*\* Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza H-3 (\*\*), preračunane na ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzrč. mesto	Ljubljana IJS							
Datum vzor.	30. 12. 2014 - 2. 2. 2015	2. 2. 2015 - 2. 3. 2015	2. 3. 2015 - 1. 4. 2015	1. 4. 2015 - 4. 5. 2015	4. 5. 2015 - 1. 6. 2015	1. 6. 2015 - 1. 7. 2015		Polletni used (*)
Kol. vzorca (L)	14,0	23,3	32,4	12,0	38,6	35,8		
Padavine (mm)***	69,7	64,3	105,1	46,8	114,9	150,4		
Oznaka vzorca	RP15PD111	RP15PD121	L15PD131	L15PD141	L15PD151	L15PD161		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>2</sup> )							
Na-22								
U-238	2,9E-01 ± 3E-01 ‡	1,9E-01 ± 2E-01 ‡	2,5E-01 ± 2E-01	1,1E-01 ± 3E-01 ‡	8,9E-02 ± 2E-01 ‡	6,9E-01 ± 5E-01	1,6E+00 ± 8E-01	
Ra-226	3,2E-02 ± 2E-01 ‡	1,5E-01 ± 4E-02		1,1E+00 ± 3E-01	7,0E-01 ± 2E-01		2,0E+00 ± 4E-01	
Pb-210	1,0E+01 ± 9E-01	3,8E+00 ± 4E-01	2,5E+00 ± 3E-01	3,7E+00 ± 1E+00	1,9E+01 ± 1E+00	7,1E+00 ± 6E-01	4,6E+01 ± 2E+00	
Ra-228	1,9E-01 ± 1E-01	1,1E-01 ± 6E-02		2,5E-01 ± 1E-01	3,0E-02 ± 6E-02 ‡	1,5E-01 ± 1E-01 ‡	7,4E-01 ± 2E-01	
Th-230								
Th-228	6,5E-02 ± 4E-02	1,9E-02 ± 3E-02 ‡	1,2E-01 ± 3E-02	2,1E-01 ± 5E-02	2,0E-01 ± 3E-02	1,9E-01 ± 1E-01	7,9E-01 ± 1E-01	
K-40	3,5E-01 ± 3E-01 ‡	1,6E-01 ± 2E-01 ‡	4,2E-01 ± 3E-01	1,2E+00 ± 5E-01	2,0E+00 ± 3E-01	1,7E+00 ± 4E-01	5,8E+00 ± 8E-01	
Be-7	1,9E+01 ± 8E-01	8,9E+00 ± 4E-01	1,1E+01 ± 5E-01	4,7E+00 ± 3E-01	3,4E+01 ± 1E+00	3,6E+01 ± 2E+00	1,1E+02 ± 2E+00	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	5,5E-03 ± 3E-02 ‡	1,8E-02 ± 1E-02	6,4E-03 ± 2E-02 ‡		5,5E-02 ± 1E-02		8,5E-02 ± 4E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
H-3	3,2E+01 ± 3E+00	6,5E+01 ± 5E+00	1,0E+02 ± 8E+00	5,8E+01 ± 7E+00	1,3E+02 ± 1E+01	1,8E+02 ± 2E+01	5,7E+02 ± 1E+02	

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2.

\*\*\* Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 40 b  
5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza H-3 (\*\*), preračunane na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS						
Datum vzor.	1. 7. 2015 - 3. 8. 2015	3. 8. 2015 - 1. 9. 2015	1. 9. 2015 - 5. 10. 2015	5. 10. 2015 - 2. 11. 2015	2. 11. 2015 - 1. 12. 2015	1. 12. 2015 - 30. 12. 2015	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	29,37	21,40	44,62	40,16	11,73	0,38	
Padavine (mm)***	117,6	96,4	151,7	126,8	44,8	0,9	
Oznaka vzorca	L15PD171	L15PD181	L15PD191	L15PD1A1	L15PD1B1	L15PD1C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )						
Na-22							
U-238	1,7E+00 ± 2E+00 ‡	1,7E+00 ± 1E+00	2,5E+00 ± 2E+00	2,2E+00 ± 2E+00 ‡	3,6E+00 ± 2E+00	3,1E+01 ± 6E+01 ‡	5,0E+00 ± 5E+00
Ra-226	9,1E+00 ± 2E+00			2,6E-01 ± 3E-01 ‡	6,3E-01 ± 7E-01 ‡	5,7E+01 ± 6E+01 ‡	8,3E+00 ± 5E+00
Pb-210	1,5E+02 ± 2E+01	5,0E+01 ± 3E+00	8,1E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 3E+00	1,5E+02 ± 8E+00	1,2E+03 ± 1E+02	1,8E+02 ± 9E+00
Ra-228	4,9E-01 ± 6E-01 ‡		3,2E-01 ± 8E-01 ‡			3,7E+01 ± 3E+01 ‡	4,1E+00 ± 3E+00
Th-230						6,5E+02 ± 5E+02	5,4E+01 ± 4E+01
Th-228	2,1E-01 ± 3E-01 ‡	3,5E-01 ± 1E-01	4,3E-01 ± 2E-01	5,5E-01 ± 2E-01	5,1E-01 ± 2E-01	6,7E+01 ± 1E+01	6,5E+00 ± 8E-01
K-40	9,9E+00 ± 2E+00	4,2E+00 ± 2E+00	9,8E-01 ± 4E+00 ‡	1,0E+00 ± 2E+00 ‡	4,5E-01 ± 5E+00 ‡	9,9E+01 ± 2E+02 ‡	1,5E+01 ± 2E+01
Be-7	5,0E+02 ± 2E+01	3,5E+02 ± 2E+01	4,7E+02 ± 2E+01	8,8E+01 ± 4E+00	1,6E+02 ± 1E+01	7,3E+02 ± 1E+02	2,9E+02 ± 9E+00
I-131							
Cs-134							
Cs-137	3,7E-01 ± 2E-01				6,3E-01 ± 7E-01 ‡		1,6E-01 ± 7E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
H-3	8,5E+02 ± 1E+02	1,4E+03 ± 2E+02	1,1E+03 ± 1E+02	5,1E+02 ± 5E+01	5,5E+02 ± 8E+01	1,3E+03 ± 5E+02	9,7E+02 ± 5E+01

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2.

\*\*\* Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza H-3 (\*\*), preračunane na ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS						
Datum vzor.	1. 7. 2015 - 3. 8. 2015	3. 8. 2015 - 1. 9. 2015	1. 9. 2015 - 5. 10. 2015	5. 10. 2015 - 2. 11. 2015	2. 11. 2015 - 1. 12. 2015	1. 12. 2015 - 30. 12. 2015	Letni used (*)
Kol. vzorca (L)	29,4	21,4	44,6	40,2	11,7	0,4	
Padavine (mm)***	117,6	96,4	151,7	126,8	44,8	0,9	
Oznaka vzorca	L15PD171	L15PD181	L15PD191	L15PD1A1	L15PD1B1	L15PD1C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>2</sup> )						
Na-22							
U-238	1,9E-01 ± 2E-01 ‡	1,7E-01 ± 1E-01	3,7E-01 ± 3E-01	2,7E-01 ± 3E-01 ‡	1,6E-01 ± 9E-02	2,8E-02 ± 5E-02 ‡	2,8E+00 ± 9E-01
Ra-226	1,1E+00 ± 2E-01			3,4E-02 ± 4E-02 ‡	2,8E-02 ± 3E-02 ‡	5,1E-02 ± 5E-02 ‡	3,1E+00 ± 5E-01
Pb-210	1,7E+01 ± 2E+00	4,8E+00 ± 3E-01	1,2E+01 ± 6E-01	3,2E+00 ± 3E-01	6,6E+00 ± 4E-01	1,1E+00 ± 9E-02	9,1E+01 ± 3E+00
Ra-228	5,7E-02 ± 7E-02 ‡		4,9E-02 ± 1E-01 ‡			3,3E-02 ± 3E-02 ‡	8,8E-01 ± 3E-01
Th-230						5,8E-01 ± 5E-01	5,8E-01 ± 5E-01
Th-228	2,4E-02 ± 3E-02 ‡	3,4E-02 ± 1E-02	6,5E-02 ± 4E-02	7,0E-02 ± 3E-02	2,3E-02 ± 9E-03	6,0E-02 ± 9E-03	1,1E+00 ± 2E-01
K-40	1,2E+00 ± 3E-01	4,0E-01 ± 2E-01	1,5E-01 ± 6E-01 ‡	1,3E-01 ± 2E-01 ‡	2,0E-02 ± 2E-01 ‡	9,0E-02 ± 2E-01 ‡	7,8E+00 ± 1E+00
Be-7	5,9E+01 ± 3E+00	3,3E+01 ± 2E+00	7,2E+01 ± 3E+00	1,1E+01 ± 5E-01	7,4E+00 ± 5E-01	6,6E-01 ± 9E-02	3,0E+02 ± 5E+00
I-131							
Cs-134							
Cs-137	4,3E-02 ± 3E-02				2,8E-02 ± 3E-02 ‡		1,6E-01 ± 6E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
H-3	1,0E+02 ± 1E+01	1,4E+02 ± 1E+01	1,6E+02 ± 2E+01	6,4E+01 ± 7E+00	2,5E+01 ± 3E+00	1,1E+00 ± 5E-01	1,1E+03 ± 3E+02

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2.

\*\*\* Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

## 5. PREGLED SPECIFIČNIH ANALIZ H-3 V DEŽEVNICI V LETU 2015

Specifična analiza H-3 (\*\*\*) preračunana na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN in ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzorč. mesto	Krško			Bregje			Dobova			Ljubljana		
	Padavine***	Koncentracija aktivnosti		Padavine***	Koncentracija aktivnosti		Padavine***	Koncentracija aktivnosti		Padavine***	Koncentracija aktivnosti	
Mesec vzorčevanja	mm	kBq/m <sup>3</sup>	kBq/m <sup>2</sup>	mm	kBq/m <sup>3</sup>	kBq/m <sup>2</sup>	mm	kBq/m <sup>3</sup>	kBq/m <sup>2</sup>	mm	kBq/m <sup>3</sup>	kBq/m <sup>2</sup>
Januar	68,9	9,2E-01	6,3E-02	53,6	3,2E+00	1,7E-01	75,2	1,6E+00	1,2E-01	69,7	4,7E-01	3,2E-02
Februar	45,2	1,6E+00	7,3E-02	80,0	3,4E+00	2,7E-01	74,0	9,1E-01	6,7E-02	64,3	1,0E+00	6,5E-02
Marec	31,8	1,2E+00	3,8E-02	37,2	9,5E-01	3,5E-02	41,3	1,0E+00	4,2E-02	105,1	9,6E-01	1,0E-01
April	2,2	1,8E+00	4,0E-03	37,6	2,5E+00	9,2E-02	35,3	1,1E+00	4,0E-02	46,8	1,2E+00	5,8E-02
Maj	120,9	2,2E+00	2,7E-01	158,5	2,4E+00	3,8E-01	126,1	1,3E+00	1,6E-01	114,9	1,2E+00	1,3E-01
Junij	45,5	1,6E+00	7,4E-02	116,4	2,0E+00	2,3E-01	79,8	1,5E+00	1,2E-01	150,4	1,2E+00	1,8E-01
Julij	123,9	2,3E+00	2,9E-01	128,2	2,0E+00	2,6E-01	150,3	1,3E+00	2,0E-01	117,6	8,5E-01	1,0E-01
Avgust	89,6	1,7E+00	1,5E-01	73,2	1,8E+00	1,3E-01	116,5	1,3E+00	1,5E-01	96,4	1,4E+00	1,4E-01
September	74,7	1,4E+00	1,0E-01	60,8	1,5E+00	8,9E-02	76,7	1,1E+00	8,4E-02	151,7	1,1E+00	1,6E-01
Oktober	267,6	1,2E+00	3,2E-01	248,9	1,8E+00	4,5E-01	196,7	5,1E-01	1,0E-01	126,8	5,1E-01	6,4E-02
November	58,8	1,1E+00	6,5E-02	42,1	1,3E+00	5,6E-02	42,0	5,2E-01	2,2E-02	44,8	5,5E-01	2,5E-02
December	1,0	1,0E+01	1,0E-02	1,0	4,3E+00	4,3E-03	5,5	3,4E+00	1,9E-02	0,9	1,3E+00	1,1E-03
Mesečno povprečje (za celo leto) (kBq/m <sup>3</sup> )	2,28E+00	±	7,5E-02	2,26E+00	±	6,8E-02	1,30E+00	±	5,6E-02	9,73E-01	±	5,2E-02
Celotna vrednost	930		1,5E+00	1038		2,2E+00	1019		1,1E+00	1089		1,1E+00
	mm		kBq/m <sup>2</sup>	mm		kBq/m <sup>2</sup>	mm		kBq/m <sup>2</sup>	mm		kBq/m <sup>2</sup>

(\*\*\*) Radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku O-2.

\*\*\* Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).

LETO 2015 T - 42/1a  
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (\*\*)

Vzorč. mesto	širša okolica NEK (2,3,4,5)								
Datum vzor.	30. 12. 2014 - 2. 2. 2015	2. 2. 2015 - 2. 3. 2015	2. 3. 2015 - 1. 4. 2015	1. 4. 2015 - 4. 5. 2015	4. 5. 2015 - 1. 6. 2015	1. 6. 2015 - 1. 7. 2015		Polletna vsota	Polletni used (*)
Kol. vzorca (g)	66,2	66,8	63,5	79,5	60,2	59,7			
Padavine (mm)***	61,3	62,6	34,5	19,9	139,7	81,0			
Ozvala vzorca	K15PV211	K15PV221	K15PV231	K15PV241	K15PV251	K15PV261			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>2</sup> )								
Na-22		4,2E-02 ± 1E-01 ‡		3,6E-02 ± 2E-01 ‡	1,3E-01 ± 2E-01 ‡	3,1E-01 ± 2E-01	5,2E-01 ± 3E-01	2,6E+00 ± 2E+00	
U-238									
Ra-226	8,0E-02 ± 3E-02	2,9E-01 ± 2E-01	3,1E-01 ± 6E-02	1,8E-01 ± 7E-02	9,6E-02 ± 3E-01 ‡	7,6E-02 ± 5E-02	1,0E+00 ± 4E-01	5,2E+00 ± 2E+00	
Pb-210	1,4E+00 ± 2E-01	1,4E+00 ± 2E-01	2,4E+00 ± 3E-01	3,8E+00 ± 2E-01	1,0E+01 ± 6E-01	5,3E+00 ± 3E-01	2,4E+01 ± 8E-01	1,2E+02 ± 4E+00	
Ra-228	6,0E-03 ± 4E-02 ‡	2,7E-02 ± 4E-02 ‡			7,8E-02 ± 5E-02	9,3E-02 ± 4E-02	2,0E-01 ± 8E-02	1,0E+00 ± 4E-01	
Th-230									
Th-228	3,4E-03 ± 9E-03 ‡	1,5E-01 ± 2E-02	2,7E-02 ± 2E-02	1,1E-01 ± 1E-02	9,5E-02 ± 2E-02	4,2E-02 ± 1E-02	4,3E-01 ± 4E-02	2,1E+00 ± 2E-01	
K-40	1,1E-01 ± 8E-02	5,2E-02 ± 1E-01 ‡	2,3E-01 ± 4E-01 ‡	4,5E-01 ± 1E-01	2,2E-01 ± 3E-01 ‡	4,7E-01 ± 2E-01	1,5E+00 ± 5E-01	7,6E+00 ± 3E+00	
Be-7	3,5E+00 ± 2E-01	3,7E+00 ± 2E-01	3,0E+01 ± 1E+00	2,3E+01 ± 1E+00	7,0E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 1E+00	1,6E+02 ± 4E+00	8,2E+02 ± 2E+01	
I-131									
Cs-134									
Cs-137			3,3E-02 ± 2E-02	3,0E-02 ± 7E-03	4,6E-02 ± 3E-02	2,8E-02 ± 7E-03	1,4E-01 ± 4E-02	6,8E-01 ± 2E-01	
Co-58									
Co-60									
Cr-51									
Mn-54									
Zn-65									
Nb-95									
Ru-106									
Sb-125									

(\*) Ocena je narejena ob upoštevanju 20-odstotnega zbiralnega izkoristka vazelinskih plošč.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

\*\*\* Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 42/1b  
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (\*\*)

Vzorč. mesto	širša okolica NEK (2,3,4,5)								
Datum vzor.	1. 7. 2015 - 3. 8. 2015	3. 8. 2015 - 1. 9. 2015	1. 9. 2015 - 5. 10. 2015	5. 10. 2015 - 2. 11. 2015	2. 11. 2015 - 1. 12. 2015	1. 12. 2015 - 30. 12. 2015		Letna vsota	Letni used (*)
Kol. vzorca (g)	54,1	61,9	70,8	58,0	80,8	61,3			
Padavine (mm)***	126,1	81,4	67,8	258,3	50,5	1,0			
Ozvala vzorca	K15PV271	K15PV281	K15PV291	K15PV2A1	K15PV2B1	K15PV2C1			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>2</sup> )								
Na-22			3,7E-02 ± 3E-01 ‡		4,5E-01 ± 5E-01 ‡		1,0E+00 ± 7E-01	5,0E+00 ± 3E+00	
U-238									
Ra-226	6,7E-01 ± 4E-01	1,1E-01 ± 3E-02		2,9E-01 ± 6E-02		1,3E-02 ± 3E-02 ‡	2,1E+00 ± 6E-01	1,1E+01 ± 3E+00	
Pb-210	9,8E+00 ± 6E-01	4,3E+00 ± 3E-01	1,2E+01 ± 6E-01	4,5E+00 ± 4E-01	7,5E-01 ± 1E-01	3,6E+00 ± 3E-01	5,9E+01 ± 1E+00	3,0E+02 ± 7E+00	
Ra-228		3,6E-02 ± 2E-02	9,4E-02 ± 8E-02 ‡			6,4E-02 ± 4E-02	4,0E-01 ± 1E-01	2,0E+00 ± 6E-01	
Th-230				3,8E-02 ± 4E-01 ‡			3,8E-02 ± 4E-01	1,9E-01 ± 2E+00	
Th-228	9,9E-02 ± 2E-02	3,9E-02 ± 1E-02	6,4E-02 ± 2E-02	3,0E-02 ± 4E-02 ‡	1,3E-02 ± 2E-02 ‡	3,4E-02 ± 4E-02 ‡	7,1E-01 ± 8E-02	3,5E+00 ± 4E-01	
K-40	6,9E-01 ± 2E-01	2,9E-01 ± 9E-02	1,3E-02 ± 2E-01 ‡	8,3E-02 ± 9E-02 ‡	2,0E-01 ± 2E-01 ‡	7,0E-01 ± 2E-01	3,5E+00 ± 6E-01	1,7E+01 ± 3E+00	
Be-7	4,4E+01 ± 2E+00	1,4E+01 ± 6E-01	5,4E+01 ± 2E+00	1,2E+01 ± 6E-01	4,6E+00 ± 4E-01	3,5E+00 ± 2E-01	3,0E+02 ± 5E+00	1,5E+03 ± 2E+01	
I-131									
Cs-134									
Cs-137	1,9E-02 ± 8E-03	5,8E-03 ± 5E-03 ‡	2,1E-02 ± 1E-02		3,2E-03 ± 9E-03 ‡		1,9E-01 ± 4E-02	9,3E-01 ± 2E-01	
Co-58									
Co-60									
Cr-51									
Mn-54									
Zn-65									
Nb-95									
Ru-106									
Sb-125									

(\*) Ocena je narejena ob upoštevanju 20-odstotnega zbiralnega izkoristka vazelinskih plošč.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

\*\*\* Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 42/2a  
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (\*\*)

Vzorč. mesto	daljna okolica NEK							Polletna vsota	Polletni used (*)
Datum vzor.	30. 12. 2014 - 2. 2. 2015	2. 2. 2015 - 2. 3. 2015	2. 3. 2015 - 1. 4. 2015	1. 4. 2015 - 4. 5. 2015	4. 5. 2015 - 1. 6. 2015	1. 6. 2015 - 1. 7. 2015			
Kol. vzorca (g)	13,9	16,7	15,8	17,5	16,4	15,7			
Padavine (mm)	75,2	74,0	41,3	35,3	126,1	79,8			
Oznaka vzorca	K15PV2611	K15PV2621	K15PV2631	K15PV2641	K15PV2651	K15PV2661			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>2</sup> )								
Na-22	3,1E-01 ± 4E-01 ‡	4,1E-01 ± 2E-01	2,6E-01 ± 6E-01 ‡	1,6E-01 ± 7E-01 ‡	1,1E-01 ± 1E-01 ‡	2,4E-01 ± 3E-01 ‡	1,5E+00 ± 1E+00	7,5E+00 ± 5E+00	
U-238		1,8E-01 ± 2E-01 ‡			3,5E-02 ± 3E-02 ‡	5,3E-03 ± 1E-02 ‡	2,2E-01 ± 2E-01	1,1E+00 ± 1E+00	
Ra-226	3,5E-01 ± 4E-01 ‡	1,6E+00 ± 7E-01	2,8E+00 ± 6E-01	4,2E+00 ± 7E-01	9,1E+00 ± 5E-01	5,2E+00 ± 5E-01	2,3E+01 ± 1E+00	1,2E+02 ± 7E+00	
Pb-210	1,8E-01 ± 1E-01	8,5E-02 ± 1E-01 ‡				1,2E-01 ± 1E-01 ‡	3,9E-01 ± 2E-01	1,9E+00 ± 9E-01	
Ra-228	9,3E-02 ± 5E-02	7,1E-02 ± 5E-02	1,8E-02 ± 6E-02 ‡	1,1E-01 ± 4E-02	4,1E-02 ± 2E-02	1,1E-01 ± 3E-02	4,4E-01 ± 1E-01	2,2E+00 ± 5E-01	
Th-230	3,6E-02 ± 3E-01 ‡	3,8E-01 ± 3E-01	1,0E-01 ± 3E-01 ‡	2,9E-01 ± 1E+00 ‡	4,3E-01 ± 3E-01	7,3E-01 ± 3E-01	2,0E+00 ± 1E+00	9,8E+00 ± 6E+00	
Th-228	1,3E+00 ± 3E-01	2,5E+00 ± 3E-01	2,9E+01 ± 1E+00	2,7E+01 ± 1E+00	5,7E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 1E+00	1,4E+02 ± 4E+00	7,1E+02 ± 2E+01	
K-40									
Bc-7									
I-131									
Cs-134		2,8E-02 ± 2E-02 ‡	5,2E-03 ± 2E-02 ‡	8,2E-02 ± 5E-02	5,6E-02 ± 8E-02 ‡		1,7E-01 ± 1E-01	8,6E-01 ± 5E-01	
Cs-137									
Co-58									
Co-60									
Cr-51									
Mn-54									
Zn-65									
Nb-95									
Ru-106									
Sb-125									

(\*) Ocena je narejena ob upoštevanju 20-odstotnega zbiralnega izkoristka vazelinskih plošč.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 42/2b  
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (\*\*)

Vzorč. mesto	daljna okolica NEK						Letna vsota	Letni used (*)
Datum vzor.	1. 7. 2015 - 3. 8. 2015	3. 8. 2015 - 1. 9. 2015	1. 9. 2015 - 5. 10. 2015	5. 10. 2015 - 2. 11. 2015	2. 11. 2015 - 1. 12. 2015	1. 12. 2015 - 30. 12. 2015		
Kol. vzorca (g)	12,2	13,5	15,3	13,1	19,4	16,8		
Padavine (mm)	150,3	116,5	76,7	196,7	42,0	5,5		
Oznaka vzorca	K15PV2671	K15PV2681	K15PV2691	K15PV26A1	K15PV26B1	K15PV26C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>2</sup> )							
Na-22	3,6E-01 ± 2E-01	6,7E-01 ± 3E-01	3,3E-01 ± 2E-01		6,6E-01 ± 4E-01	5,1E-01 ± 3E-01	4,0E+00 ± 1E+00	2,0E+01 ± 6E+00
U-238	1,9E-01 ± 4E-01 ‡			3,1E+00 ± 5E-01			7,4E-01 ± 4E-01	3,7E+00 ± 2E+00
Ra-226	8,6E+00 ± 7E-01	4,2E+00 ± 4E-01	8,8E+00 ± 7E-01	4,5E-03 ± 4E-02 ‡	2,1E+00 ± 6E-01	4,4E+00 ± 5E-01	5,4E+01 ± 2E+00	2,7E+02 ± 1E+01
Pb-210					7,8E-03 ± 1E-01 ‡		4,0E-01 ± 2E-01	2,0E+00 ± 1E+00
Ra-228								
Th-230								
Th-228	3,8E-02 ± 5E-02 ‡	9,0E-02 ± 4E-02	7,7E-02 ± 5E-02	9,7E-02 ± 4E-02	4,1E-02 ± 4E-02 ‡	9,8E-02 ± 5E-02	8,8E-01 ± 2E-01	4,4E+00 ± 8E-01
K-40	9,1E-01 ± 4E-01		2,4E-01 ± 3E-01 ‡	4,2E-01 ± 5E-01 ‡		9,3E-02 ± 3E-01 ‡	3,6E+00 ± 1E+00	1,8E+01 ± 7E+00
Bc-7	2,8E+01 ± 2E+00	9,5E+00 ± 6E-01	2,9E+01 ± 1E+00	6,7E+00 ± 4E-01	8,9E+00 ± 5E-01	2,5E+00 ± 2E-01	2,3E+02 ± 5E+00	1,1E+03 ± 2E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,2E-02 ± 3E-02 ‡				5,0E-02 ± 2E-02		2,3E-01 ± 1E-01	1,2E+00 ± 5E-01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

(\*) Ocena je narejena ob upoštevanju 20-odstotnega zbiralnega izkoristka vazelinskih plošč.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 42/3a  
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (\*\*)

Vzrč. mesto	ožja okolica NEK (mesta 1,7,8)							Polletna vsota	Polletni used (*)
	30. 12. 2014 - 2. 2. 2015	2. 2. 2015 - 2. 3. 2015	2. 3. 2015 - 1. 4. 2015	1. 4. 2015 - 4. 5. 2015	4. 5. 2015 - 1. 6. 2015	1. 6. 2015 - 1. 7. 2015			
Datum vzor.									
Kol. vzorca (g)	48,1	56,4	52,3	50,7	47,6	42,8			
Padavine (mm)	68,9	45,2	31,8	2,2	120,9	45,5			
Oznaka vzorca	K15PV311	K15PV321	K15PV331	K15PV341	K15PV351	K15PV361			
<b>IZOTOP</b>	<b>KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m<sup>2</sup>)</b>								
Na-22									
U-238	1,2E-01 ± 2E-01 ‡	2,0E-01 ± 1E-01			3,0E-01 ± 2E-01	8,6E-02 ± 1E-01 ‡	7,1E-01 ± 3E-01	3,6E+00 ± 2E+00	
Ra-226		9,6E-02 ± 1E-01 ‡	3,5E-01 ± 1E-01	1,2E-01 ± 1E-01 ‡	1,4E-01 ± 7E-02	8,3E-02 ± 3E-02	7,8E-01 ± 2E-01	3,9E+00 ± 1E+00	
Pb-210	1,6E+00 ± 2E-01	1,3E+00 ± 7E-01	3,8E+00 ± 6E-01	3,6E+00 ± 3E-01	1,0E+01 ± 5E-01	4,3E+00 ± 5E-01	2,5E+01 ± 1E+01	1,2E+02 ± 6E+00	
Ra-228	1,2E-01 ± 9E-02	2,5E-02 ± 4E-02 ‡			8,9E-03 ± 5E-02 ‡	3,1E-02 ± 3E-02 ‡	1,8E-01 ± 1E-01	9,2E-01 ± 6E-01	
Th-230			1,6E+00 ± 2E+00 ‡				1,6E+00 ± 2E+00	7,9E+00 ± 1E+01	
Th-228	3,2E-02 ± 2E-02	1,0E-01 ± 7E-02	1,6E-02 ± 3E-02 ‡	1,2E-01 ± 2E-02	4,4E-02 ± 3E-02	2,7E-02 ± 2E-02	3,4E-01 ± 9E-02	1,7E+00 ± 5E-01	
K-40		1,3E-01 ± 2E-01 ‡	8,9E-02 ± 4E-01 ‡	4,2E-01 ± 1E-01	6,4E-01 ± 2E-01	3,7E-01 ± 1E-01	1,6E+00 ± 5E-01	8,2E+00 ± 2E+00	
Be-7	5,3E+00 ± 3E-01	4,5E+00 ± 2E-01	3,3E+01 ± 1E+00	2,1E+01 ± 9E-01	6,7E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 1E+00	1,6E+02 ± 3E+00	7,9E+02 ± 2E+01	
I-131									
Cs-134									
Cs-137	4,5E-03 ± 2E-02 ‡	3,3E-02 ± 2E-02	2,5E-02 ± 1E-02	1,7E-02 ± 9E-03	3,6E-02 ± 1E-02		1,2E-01 ± 3E-02	5,8E-01 ± 2E-01	
Co-58									
Co-60									
Cr-51									
Mn-54									
Zn-65									
Nb-95									
Ru-106									
Sb-125									

(\*) Ocena je narejena ob upoštevanju 20-odstotnega zbiralnega izkoristka vazelinskih plošč.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 42/3b  
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (\*\*)

Vzrč. mesto	ožja okolica NEK (mesta 1,7,8)						Letna vsota	Letni used (*)
	1. 7. 2015 - 3. 8. 2015	3. 8. 2015 - 1. 9. 2015	1. 9. 2015 - 5. 10. 2015	5. 10. 2015 - 2. 11. 2015	2. 11. 2015 - 1. 12. 2015	1. 12. 2015 - 30. 12. 2015		
Datum vzor.								
Kol. vzorca (g)	39,2	40,1	43,9	37,7	62,6	44,2		
Padavine (mm)	123,9	89,6	74,7	267,6	58,8	1,0		
Oznaka vzorca	K15PV371	K15PV381	K15PV391	K15PV3A1	K15PV3B1	K15PV3C1		
<b>IZOTOP</b>	<b>KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m<sup>2</sup>)</b>							
Na-22			1,4E-03 ± 8E-03 ‡				1,4E-03 ± 8E-03	6,8E-03 ± 4E-02
U-238	2,8E-01 ± 2E-01		1,2E-01 ± 1E-01 ‡	7,6E-02 ± 2E-01 ‡	4,5E-01 ± 3E-01	1,3E-01 ± 6E-02	1,8E+00 ± 5E-01	8,8E+00 ± 3E+00
Ra-226	2,3E-01 ± 2E-01		6,2E-02 ± 5E-02	2,8E-02 ± 3E-02 ‡			1,1E+00 ± 3E-01	5,5E+00 ± 1E+00
Pb-210	1,1E+01 ± 6E-01	4,2E+00 ± 3E-01	9,3E+00 ± 5E-01	3,1E+00 ± 3E-01	1,3E+00 ± 2E-01	4,5E+00 ± 3E-01	5,8E+01 ± 2E+00	2,9E+02 ± 8E+00
Ra-228	1,1E-01 ± 8E-02	7,7E-02 ± 6E-02 ‡		2,4E-02 ± 3E-02 ‡	6,4E-02 ± 1E-01 ‡	1,2E-02 ± 2E-02 ‡	4,7E-01 ± 2E-01	2,4E+00 ± 1E+00
Th-230							1,6E+00 ± 2E+00	7,9E+00 ± 1E+01
Th-228	6,3E-02 ± 2E-02	4,2E-02 ± 2E-02	6,3E-02 ± 1E-02	5,7E-02 ± 2E-02	6,3E-02 ± 1E-01 ‡		6,3E-01 ± 2E-01	3,2E+00 ± 8E-01
K-40		2,2E-01 ± 2E-01 ‡	3,0E-01 ± 1E-01	1,5E-01 ± 1E-01 ‡	6,7E-02 ± 4E-01 ‡		2,4E+00 ± 6E-01	1,2E+01 ± 3E+00
Be-7	3,7E+01 ± 1E+00	1,2E+01 ± 5E-01	4,5E+01 ± 2E+00	7,7E+00 ± 4E-01	7,3E+00 ± 4E-01	4,9E+00 ± 4E-01	2,7E+02 ± 4E+00	1,4E+03 ± 2E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	8,0E-03 ± 1E-02 ‡	3,2E-02 ± 1E-02	2,0E-02 ± 8E-03		1,2E-02 ± 2E-02 ‡		1,9E-01 ± 4E-02	9,4E-01 ± 2E-01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

(\*) Ocena je narejena ob upoštevanju 20-odstotnega zbiralnega izkoristka vazelinskih plošč.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 42/4a  
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (\*\*)

Vzrč. mesto	Ljubljana IJS								
Datum vzor.	30. 12. 2014 - 2. 2. 2015	2. 2. 2015 - 2. 3. 2015	2. 3. 2015 - 1. 4. 2015	1. 4. 2015 - 4. 5. 2015	4. 5. 2015 - 1. 6. 2015	1. 6. 2015 - 1. 7. 2015		Polletna vsota	Polletni used (*)
Kol. vzorca (g)	16,7	15,1	15,0	20,4	15,4	14,9			
Padavine (mm)***	69,7	64,3	105,1	46,8	114,9	150,4			
Oznaka vzorca	L15PV111	L15PV121	L15PV131	L15PV141	L15PV151	L15PV161			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>2</sup> )								
Na-22									
U-238		5,2E-01 ± 2E-01	1,1E-01 ± 3E-01 ‡	5,3E-01 ± 4E-01	6,2E-01 ± 3E-01	2,5E-01 ± 3E-01 ‡	2,0E+00 ± 7E-01	1,0E+01 ± 4E+00	
Ra-226		5,3E-01 ± 4E-01	4,0E-02 ± 5E-02 ‡				5,6E-01 ± 4E-01	2,8E+00 ± 2E+00	
Pb-210	1,6E+00 ± 4E-01	1,6E+00 ± 2E-01	2,0E+00 ± 1E+00	5,3E+00 ± 6E-01	6,9E+00 ± 5E-01	5,6E+00 ± 5E-01	2,3E+01 ± 2E+00	1,2E+02 ± 8E+00	
Ra-228	1,6E-01 ± 2E-01 ‡	2,4E-02 ± 2E-01 ‡		3,0E-02 ± 1E-01 ‡	8,9E-03 ± 7E-02 ‡	1,0E-01 ± 8E-02 ‡	3,3E-01 ± 3E-01	1,6E+00 ± 2E+00	
Th-230									
Th-228	1,7E-01 ± 5E-02	1,8E-01 ± 8E-02	6,8E-02 ± 3E-02	1,7E-01 ± 5E-02	1,0E-01 ± 5E-02	9,9E-02 ± 3E-02	7,8E-01 ± 1E-01	3,9E+00 ± 6E-01	
K-40	3,9E-01 ± 7E-01 ‡	3,8E-01 ± 4E-01 ‡	4,8E-02 ± 2E-01 ‡				8,1E-01 ± 8E-01	4,1E+00 ± 4E+00	
Be-7	6,9E+00 ± 5E-01	4,4E+00 ± 6E-01	2,1E+01 ± 9E-01	3,4E+01 ± 1E+00	4,1E+01 ± 2E+00	4,6E+01 ± 2E+00	1,5E+02 ± 3E+00	7,6E+02 ± 2E+01	
I-131									
Cs-134									
Cs-137		3,1E-02 ± 3E-02 ‡	2,4E-02 ± 2E-02	5,6E-02 ± 3E-02	1,4E-02 ± 3E-02 ‡	4,2E-02 ± 4E-02 ‡	1,7E-01 ± 6E-02	8,3E-01 ± 3E-01	
Co-58									
Co-60									
Cr-51									
Mn-54									
Zn-65									
Nb-95									
Ru-106									
Sb-125									

(\*) Ocena je narejena ob upoštevanju 20-odstotnega zbiralnega izkoristka vazelinskih plošč.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

\*\*\* Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 42/4b  
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (\*\*)

Vzrč. mesto	Ljubljana IJS								
Datum vzor.	1. 7. 2015 - 3. 8. 2015	3. 8. 2015 - 1. 9. 2015	1. 9. 2015 - 5. 10. 2015	5. 10. 2015 - 2. 11. 2015	2. 11. 2015 - 1. 12. 2015	1. 12. 2015 - 30. 12. 2015		Letna vsota	Letni used (*)
Kol. vzorca (g)	14,0	13,3	12,4	14,6	17,2	13,8			
Padavine (mm)***	117,6	96,4	151,7	126,8	44,8	0,9			
Oznaka vzorca	L15PV171	L15PV181	L15PV191	L15PV1A1	L15PV1B1	L15PV1C1			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>2</sup> )								
Na-22									
U-238	2,0E-01 ± 6E-01 ‡	4,8E-01 ± 3E-01		3,8E-01 ± 3E-01 ‡		2,0E-01 ± 2E-01 ‡	3,3E+00 ± 1E+00	1,6E+01 ± 5E+00	
Ra-226	5,9E-01 ± 5E-01 ‡	5,5E-02 ± 9E-02 ‡	8,4E-01 ± 3E-01	1,4E-01 ± 7E-02	1,0E+00 ± 4E-01	7,3E-02 ± 2E-01 ‡	3,3E+00 ± 8E-01	1,6E+01 ± 4E+00	
Pb-210	8,9E+00 ± 9E-01	5,6E+00 ± 6E-01	1,1E+01 ± 8E-01	3,0E+00 ± 6E-01	3,8E+00 ± 9E-01	3,2E+00 ± 3E-01	5,8E+01 ± 2E+00	2,9E+02 ± 1E+01	
Ra-228		4,5E-02 ± 7E-02 ‡		2,4E-01 ± 1E-01		5,6E-02 ± 6E-02 ‡	6,7E-01 ± 3E-01	3,3E+00 ± 2E+00	
Th-230									
Th-228	7,5E-02 ± 4E-02	4,1E-02 ± 2E-02	6,5E-02 ± 2E-02	1,6E-01 ± 4E-02	6,1E-02 ± 4E-02	3,9E-02 ± 3E-02	1,2E+00 ± 2E-01	6,1E+00 ± 8E-01	
K-40	2,0E-02 ± 2E-01 ‡	5,3E-02 ± 6E-01 ‡		5,9E-01 ± 5E-01	4,9E-01 ± 3E-01	2,5E-01 ± 3E-01 ‡	2,2E+00 ± 1E+00	1,1E+01 ± 6E+00	
Be-7	4,2E+01 ± 2E+00	1,6E+01 ± 5E-01	4,2E+01 ± 2E+00	8,5E+00 ± 5E-01	2,2E+01 ± 1E+00	6,2E+00 ± 4E-01	2,9E+02 ± 4E+00	1,4E+03 ± 2E+01	
I-131									
Cs-134									
Cs-137	1,4E-02 ± 2E-02 ‡			4,7E-02 ± 3E-02	4,3E-02 ± 4E-02 ‡	1,5E-02 ± 2E-02 ‡	2,9E-01 ± 9E-02	1,4E+00 ± 4E-01	
Co-58									
Co-60									
Cr-51									
Mn-54									
Zn-65									
Nb-95									
Ru-106									
Sb-125									

(\*) Ocena je narejena ob upoštevanju 20-odstotnega zbiralnega izkoristka vazelinskih plošč.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

\*\*\* Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.



**7. ZRAK**

I-131 V ZRAKU  
AEROSOLI

LETO 2015 T - 43  
7. ZRAK - PREGLED MERITEV JODA I-131 V ZRAKU V LETU 2015



Specifična analiza I-131 v zraku (aerosolni, atomski, CH<sub>3</sub>I) (\*\*)

Vzorč. mesto		Spodnji Stari Grad		Stara vas		Leskovec		Brege		Vihre		Gornji Lenart		Libna	
Datum vzor.		Volumen prečrpanega zraka V (m <sup>3</sup> ) in koncentracija aktivnosti KA (Bq/m <sup>3</sup> )													
od	do	V	KA	V	KA	V	KA	V	KA	V	KA	V	KA	V	KA
30. 12. 2014	19. 1. 2015	1530,6	< 3E-05	1385,8	< 7E-05	1654,3	< 1E-05	1840,9	< 1E-05	472,9	< 4E-05	1433,0	< 3E-05	1692,5	< 2E-05
19. 1. 2015	2. 2. 2015	820,8	< 5E-05	973,8	< 3E-05	1043,0	< 3E-05	1093,3	< 1E-04	1177,5	< 2E-05	962,5	< 2E-05	1131,8	< 2E-05
2. 2. 2015	16. 2. 2015	976,8	< 4E-05	1062,5	< 1E-05	1214,0	< 3E-05	1194,8	< 2E-05	1169,1	< 4E-05	986,7	< 1E-04	1174,6	< 6E-05
16. 2. 2015	2. 3. 2015	1021,9	< 3E-05	1030,9	< 5E-05	1116,6	< 1E-05	1097,4	< 6E-03	1369,9	< 5E-06	1004,7	< 2E-05	1138,5	< 3E-05
2. 3. 2015	16. 3. 2015	1044,8	< 3E-05	876,8	< 3E-05	1194,1	< 4E-05	1072,4	< 3E-05	1159,0	< 2E-05	992,3	< 1E-05	1072,2	< 3E-05
16. 3. 2015	1. 4. 2015	1229,9	< 2E-05	1134,8	< 3E-05	1509,4	< 9E-05	1146,2	< 3E-05	1348,5	< 4E-05	1091,7	< 3E-05	1276,6	< 4E-05
1. 4. 2015	16. 4. 2015	1180,0	< 3E-05	794,8	< 3E-05	1385,2	< 2E-05	1317,1	< 2E-05	1428,1	< 4E-05	1107,4	< 2E-05	1280,4	< 3E-05
16. 4. 2015	4. 5. 2015	1375,2	< 4E-05	1343,8	< 3E-05	1488,2	< 2E-05	1340,3	< 3E-05	1536,0	< 2E-05	1383,2	< 3E-05	1567,0	< 4E-05
4. 5. 2015	18. 5. 2015	1048,4	< 5E-05	1170,3	< 1E-05	1141,6	< 3E-06	1064,9	< 4E-05	1243,0	< 2E-05	1008,6	< 2E-05	1102,9	< 4E-05
18. 5. 2015	1. 6. 2015	1125,3	< 2E-05	1121,9	< 2E-05	1211,1	< 2E-05	1033,2	< 7E-05	1250,5	< 1E-05	1038,0	< 2E-05	1202,4	< 1E-05
1. 6. 2015	16. 6. 2015	1128,8	< 3E-05	1148,6	< 4E-05	1314,3	< 1E-05	1114,1	< 3E-05	1316,1	< 2E-05	1098,9	< 2E-05	1247,6	< 3E-05
16. 6. 2015	1. 7. 2015	1056,3	< 2E-05	1250,6	< 3E-05	1303,5	< 2E-05	1274,5	< 5E-05	1386,6	< 2E-05	1084,7	< 4E-05	1338,1	< 1E-05
1. 7. 2015	16. 7. 2015	1213,2	< 2E-05	1166,6	< 2E-05	1374,5	< 2E-05	1279,2	< 7E-06	1443,1	< 7E-06	1123,3	< 7E-05	1283,5	< 2E-05
16. 7. 2015	3. 8. 2015	1270,0	< 3E-05	1386,7	< 5E-05	1450,6	< 2E-05	1347,0	< 6E-05	1611,8	< 3E-05	1265,4	< 2E-05	1593,6	< 2E-05
3. 8. 2015	17. 8. 2015	1120,5	< 4E-05	952,9	< 2E-05	1158,1	< 3E-05	1008,3	< 3E-05	1172,0	< 2E-05	980,0	< 4E-05	1175,6	< 3E-05
17. 8. 2015	1. 9. 2015	1079,8	< 3E-05	1065,1	< 3E-05	1149,0	< 4E-05	1119,4	< 2E-05	1346,2	< 2E-05	1064,8	< 2E-05	1265,1	< 2E-05
1. 9. 2015	16. 9. 2015	1118,2	< 9E-05	1194,7	< 2E-05	1111,6	< 6E-05	1300,6	< 3E-05	1407,4	< 2E-05	1072,0	< 5E-05	1315,6	< 7E-05
16. 9. 2015	5. 10. 2015	1500,7	< 2E-05	1572,6	< 2E-05	1427,8	< 3E-05	1395,4	< 3E-05	1701,1	< 2E-05	1293,5	< 5E-05	1511,6	< 1E-05
5. 10. 2015	19. 10. 2015	1087,9	< 3E-05	1225,1	< 3E-05	1223,5	< 3E-05	1187,1	< 3E-05	1331,1	< 3E-05	1009,4	< 2E-05	1218,9	< 3E-05
19. 10. 2015	2. 11. 2015	1093,9	< 7E-05	1144,0	< 6E-05	1133,1	< 5E-05	1156,4	< 2E-05	1237,5	< 2E-05	1013,1	< 5E-05	1143,7	< 5E-05
2. 11. 2015	16. 11. 2015	1098,1	< 2E-05	1179,3	< 3E-05	1144,9	< 1E-05	1075,8	< 3E-05	1268,8	< 3E-05	976,7	< 3E-05	1078,2	< 2E-05
16. 11. 2015	1. 12. 2015	1087,6	< 2E-05	1276,4	< 8E-06	1234,3	< 1E-05	1197,9	< 3E-05	1334,2	< 3E-05	1026,6	< 5E-05	1230,5	< 3E-05
1. 12. 2015	16. 12. 2015	1115,9	< 2E-05	1167,8	< 2E-05	1188,8	< 3E-05	1158,0	< 2E-05	910,6	< 1E-04	992,8	< 4E-05	1201,8	< 3E-05
16. 12. 2015	30. 12. 2015	1201,1	< 2E-05	1164,7	< 6E-05	1037,2	< 6E-05	1083,6	< 5E-05	1256,0	< 5E-05	926,0	< 3E-05	678,4	< 1E-03

(\*\*) Specifična analiza I-131 je bila opravljena z visokoločljivostno spektrometrijo gama na Odseku F-2.

**LETO 2015 T - 44a**  
**7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)**

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Spodnji Stari Grad						
Datum vzor.	30. 12. 2014 - 2. 2. 2015	2. 2. 2015 - 2. 3. 2015	2. 3. 2015 - 1. 4. 2015	1. 4. 2015 - 4. 5. 2015	4. 5. 2015 - 1. 6. 2015	1. 6. 2015 - 1. 7. 2015	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (m <sup>3</sup> )	7169,04	10828,04	12727,92	14295,69	12228,68	13018,70	
Oznaka vzorca	K15AE11S	K15AE12S	K15AE13S	K15AE14S	K15AE15S	K15AE16S	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )						
Na-22	8,4E-07 ± 8E-07 ‡						1,4E-07 ± 1E-07
U-238	2,9E-05 ± 2E-05	9,7E-06 ± 1E-05 ‡	1,2E-05 ± 3E-05 ‡	2,9E-05 ± 1E-05	5,4E-05 ± 3E-05	6,0E-06 ± 5E-06 ‡	2,3E-05 ± 8E-06
Ra-226							
Pb-210	6,9E-04 ± 6E-05	6,5E-04 ± 4E-05	5,2E-04 ± 3E-05	5,2E-04 ± 3E-05	4,9E-04 ± 4E-05	5,9E-04 ± 3E-05	5,7E-04 ± 2E-05
Ra-228	1,2E-05 ± 3E-06	1,3E-05 ± 6E-06	5,2E-06 ± 3E-06	6,4E-06 ± 3E-06		5,7E-06 ± 2E-06	7,0E-06 ± 1E-06
Th-230							
Th-228	1,3E-05 ± 2E-06	7,4E-06 ± 3E-06	8,5E-06 ± 2E-06	5,4E-06 ± 1E-06	4,5E-06 ± 2E-06	6,0E-06 ± 1E-06	7,5E-06 ± 8E-07
K-40							
Be-7	2,8E-03 ± 2E-04	2,5E-03 ± 1E-04	3,1E-03 ± 1E-04	4,1E-03 ± 2E-04	3,9E-03 ± 2E-04	4,9E-03 ± 2E-04	3,5E-03 ± 6E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	3,0E-06 ± 8E-07	5,6E-06 ± 3E-06	2,2E-07 ± 5E-07 ‡	1,5E-06 ± 1E-06	3,7E-06 ± 2E-06	2,2E-08 ± 1E-07 ‡	2,3E-06 ± 6E-07
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

**LETO 2015 T - 44b**  
**7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)**

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Spodnji Stari Grad						
Datum vzor.	1. 7. 2015 - 3. 8. 2015	3. 8. 2015 - 1. 9. 2015	1. 9. 2015 - 5. 10. 2015	5. 10. 2015 - 2. 11. 2015	2. 11. 2015 - 1. 12. 2015	1. 12. 2015 - 31. 12. 2015	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (m <sup>3</sup> )	13959,03	12122,57	14035,85	11439,60	11864,73	11641,22	
Oznaka vzorca	K15AE17S	K15AE18S	K15AE19S	K15AE1AS	K15AE1BS	K15AE1CS	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )						
Na-22							7,0E-08 ± 6E-08
U-238	2,7E-05 ± 1E-05		2,7E-05 ± 3E-05 ‡	1,1E-05 ± 1E-05 ‡	7,0E-06 ± 4E-06	2,3E-05 ± 1E-05	2,0E-05 ± 5E-06
Ra-226							
Pb-210	8,2E-04 ± 4E-05	1,0E-03 ± 5E-05	3,7E-04 ± 2E-05	4,4E-04 ± 3E-05	8,3E-04 ± 4E-05	1,1E-03 ± 6E-05	6,7E-04 ± 1E-05
Ra-228	4,7E-06 ± 4E-06	8,2E-06 ± 2E-06	6,6E-06 ± 4E-06	4,5E-06 ± 4E-06 ‡	5,3E-06 ± 2E-06	6,4E-06 ± 4E-06	6,5E-06 ± 9E-07
Th-230							
Th-228	6,9E-06 ± 2E-06	4,4E-06 ± 1E-06	4,9E-06 ± 1E-06	4,6E-06 ± 2E-06	4,0E-06 ± 2E-06	7,7E-05 ± 8E-05 ‡	6,4E-06 ± 6E-06
K-40							
Be-7	5,4E-03 ± 2E-04	5,4E-03 ± 2E-04	2,0E-03 ± 8E-05	1,4E-03 ± 6E-05	2,0E-03 ± 1E-04	1,6E-03 ± 7E-05	3,3E-03 ± 4E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,7E-06 ± 9E-07	1,3E-06 ± 5E-07	2,4E-07 ± 1E-06 ‡	2,7E-06 ± 2E-06	1,3E-07 ± 3E-07 ‡	4,2E-07 ± 8E-07 ‡	1,7E-06 ± 3E-07
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

**LETO 2015 T - 45a**  
**7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)**

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Stara vas						
Datum vzor.	30. 12. 2015 - 2. 2. 2015	2. 2. 2015 - 2. 3. 2015	2. 3. 2015 - 1. 4. 2015	1. 4. 2015 - 4. 5. 2015	4. 5. 2015 - 1. 6. 2015	1. 6. 2015 - 1. 7. 2015	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (m <sup>3</sup> )	14265,97	11928,54	13002,91	10699,31	9955,56	10572,32	
Oznaka vzorca	K15AE21S	K15AE22S	K15AE23S	K15AE24S	K15AE25S	K15AE26S	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )						
Na-22							
U-238	1,3E-05 ± 9E-06	1,2E-05 ± 5E-06	2,4E-05 ± 1E-05	8,6E-06 ± 6E-06	8,3E-06 ± 7E-06 ‡	1,6E-05 ± 2E-05 ‡	1,4E-05 ± 4E-06
Ra-226							
Pb-210	5,3E-04 ± 1E-04	5,9E-04 ± 4E-05	5,4E-04 ± 3E-05	5,1E-04 ± 4E-05	4,9E-04 ± 3E-05	1,1E-04 ± 4E-05	4,6E-04 ± 2E-05
Ra-228	5,3E-06 ± 2E-06	5,7E-06 ± 2E-06	5,0E-06 ± 2E-06	9,9E-06 ± 2E-06	8,7E-06 ± 2E-06	8,4E-06 ± 3E-06	7,2E-06 ± 1E-06
Th-230							
Th-228	5,8E-06 ± 9E-07	6,5E-06 ± 1E-06	6,1E-06 ± 2E-06	8,7E-06 ± 1E-06	6,2E-06 ± 1E-06	1,2E-05 ± 2E-06	7,6E-06 ± 6E-07
K-40							
Be-7	2,4E-03 ± 9E-05	2,6E-03 ± 2E-04	3,6E-03 ± 1E-04	4,6E-03 ± 3E-04	4,7E-03 ± 3E-04	5,7E-03 ± 2E-04	3,9E-03 ± 9E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,3E-06 ± 5E-07	1,3E-06 ± 6E-07	1,8E-06 ± 1E-06	1,9E-07 ± 3E-07 ‡	1,9E-07 ± 4E-07 ‡	7,7E-07 ± 7E-07 ‡	9,2E-07 ± 3E-07
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

**LETO 2015 T - 45b**  
**7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)**

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Stara vas						
Datum vzor.	1. 7. 2015 - 3. 8. 2015	3. 8. 2015 - 1. 9. 2015	1. 9. 2015 - 5. 10. 2015	5. 10. 2015 - 2. 11. 2015	2. 11. 2015 - 1. 12. 2015	1. 12. 2015 - 30. 12. 2015	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (m <sup>3</sup> )	11505,07	9918,31	11684,03	9324,31	9281,20	9187,16	
Oznaka vzorca	K15AE27S	K15AE28S	K15AE29S	K15AE2AS	K15AE2BS	K15AE2CS	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )						
Na-22							
U-238							
Ra-226	3,5E-05 ± 5E-05 ‡	1,9E-05 ± 1E-05	2,1E-05 ± 1E-05	3,1E-05 ± 2E-05	1,9E-05 ± 1E-05	3,4E-05 ± 2E-05	1,7E-05 ± 3,3E-06 ±
Pb-210	8,8E-04 ± 6E-05	1,2E-03 ± 1E-04	7,2E-04 ± 4E-05	9,6E-04 ± 5E-05	1,6E-03 ± 9E-05	1,8E-03 ± 2E-04	8,3E-04 ± 6,8E-06 ±
Ra-228	6,6E-06 ± 3E-06	7,4E-06 ± 3E-06	4,5E-06 ± 3E-06	1,8E-06 ± 6E-06 ‡	9,0E-06 ± 2E-06	9,9E-06 ± 3E-06	6,8E-06 ±
Th-230							
Th-228	8,6E-06 ± 3E-06	1,1E-05 ± 2E-06	9,2E-06 ± 2E-06	6,9E-06 ± 2E-06	9,1E-06 ± 1E-06	9,0E-06 ± 4E-06	8,3E-06 ±
K-40							
Be-7	5,9E-03 ± 3E-04	6,8E-03 ± 2E-04	4,0E-03 ± 2E-04	3,1E-03 ± 1E-04	4,1E-03 ± 3E-04	3,5E-03 ± 1E-04	4,2E-03 ±
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,6E-06 ± 2E-06 ‡	3,6E-06 ± 3E-06 ‡	2,6E-07 ± 5E-07 ‡	3,3E-06 ± 2E-06	2,2E-06 ± 7E-07	3,1E-06 ± 1E-06	1,6E-06 ±
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 46a  
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Leskovec						
Datum vzor.	30. 12. 2014 - 2. 2. 2015	2. 2. 2015 - 2. 3. 2015	2. 3. 2015 - 1. 4. 2015	1. 4. 2015 - 4. 5. 2015	4. 5. 2015 - 1. 6. 2015	1. 6. 2015 - 1. 7. 2015	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (m <sup>3</sup> )	11584,62	9555,77	10295,98	11537,45	9925,21	10615,68	
Oznaka vzorca	K15AE31S	K15AE32S	K15AE33S	K15AE34S	K15AE35S	K15AE36S	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )						
Na-22							
U-238	2,8E-05 ± 2E-05	4,9E-06 ± 1E-05 ‡	1,3E-06 ± 1E-05 ‡	7,7E-06 ± 1E-05 ‡	1,5E-06 ± 1E-05 ‡	9,9E-06 ± 7E-06	8,8E-06 ± 6E-06
Ra-226	3,9E-06 ± 2E-05 ‡						6,5E-07 ± 4E-06
Pb-210	6,7E-04 ± 3E-05	6,6E-04 ± 4E-05	5,4E-04 ± 5E-05	5,5E-04 ± 3E-05	5,5E-04 ± 3E-05	5,9E-04 ± 3E-05	5,9E-04 ± 2E-05
Ra-228	6,7E-06 ± 3E-06	5,7E-06 ± 4E-06	6,2E-06 ± 3E-06	6,0E-06 ± 3E-06	1,5E-05 ± 5E-06	1,1E-05 ± 3E-06	8,4E-06 ± 1E-06
Th-230							
Th-228	7,5E-06 ± 2E-06	6,0E-06 ± 2E-06	1,4E-05 ± 4E-06	5,9E-06 ± 2E-06	5,7E-06 ± 2E-06	7,4E-06 ± 2E-06	7,7E-06 ± 1E-06
K-40							
Be-7	2,6E-03 ± 1E-04	2,7E-03 ± 1E-04	3,6E-03 ± 1E-04	4,7E-03 ± 1E-04	4,7E-03 ± 2E-04	5,7E-03 ± 4E-04	4,0E-03 ± 8E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	2,3E-06 ± 1E-06	2,3E-06 ± 1E-06	1,8E-06 ± 9E-07	3,9E-07 ± 7E-07 ‡	3,2E-07 ± 7E-07 ‡	1,5E-07 ± 3E-07 ‡	1,2E-06 ± 3E-07
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.  
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 46b  
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Leskovec						
Datum vzor.	1. 7. 2015 - 3. 8. 2015	3. 8. 2015 - 1. 9. 2015	1. 9. 2015 - 5. 10. 2015	5. 10. 2015 - 2. 11. 2015	2. 11. 2015 - 1. 12. 2015	1. 12. 2015 - 30. 12. 2015	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (m <sup>3</sup> )	11263,76	9302,66	9977,81	7901,43	7632,92	7599,44	
Oznaka vzorca	K15AE37S	K15AE38S	K15AE39S	K15AE3AS	K15AE3BS	K15AE3CS	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )						
Na-22							
U-238	4,7E-06 ± 2E-05 ‡	9,1E-06 ± 1E-05 ‡	3,2E-05 ± 2E-05	1,9E-05 ± 1E-05	1,6E-05 ± 2E-05 ‡	1,1E-05 ± 2E-05 ‡	1,2E-05 ± 4E-06
Ra-226					1,0E-05 ± 5E-05 ‡		1,2E-06 ± 4E-06
Pb-210	8,8E-04 ± 4E-05	1,3E-03 ± 7E-05	7,0E-04 ± 1E-04	1,1E-03 ± 6E-05	1,8E-03 ± 8E-05	2,1E-03 ± 9E-05	9,5E-04 ± 2E-05
Ra-228	6,8E-06 ± 3E-06	7,8E-06 ± 4E-06	3,1E-06 ± 4E-06 ‡	7,4E-06 ± 4E-06	1,2E-05 ± 4E-06	8,9E-06 ± 3E-06	8,1E-06 ± 1E-06
Th-230							
Th-228	8,8E-06 ± 2E-06	5,4E-06 ± 2E-06	6,3E-06 ± 2E-06	1,1E-05 ± 2E-06	9,4E-06 ± 2E-06	7,2E-06 ± 3E-06	7,8E-06 ± 7E-07
K-40							
Be-7	5,9E-03 ± 2E-04	6,6E-03 ± 3E-04	4,2E-03 ± 2E-04	3,4E-03 ± 1E-04	4,8E-03 ± 2E-04	3,8E-03 ± 2E-04	4,4E-03 ± 6E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	2,1E-07 ± 5E-07 ‡	2,3E-07 ± 5E-07 ‡	1,3E-06 ± 2E-06 ‡	3,9E-06 ± 3E-06	3,6E-06 ± 9E-07	3,6E-06 ± 1E-06	1,7E-06 ± 4E-07
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.  
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 47a  
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Breg							Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Datum vzor.	30. 12. 2014 - 2. 2. 2015	2. 2. 2015 - 2. 3. 2015	2. 3. 2015 - 1. 4. 2015	1. 4. 2015 - 4. 5. 2015	4. 5. 2015 - 1. 6. 2015	1. 6. 2015 - 1. 7. 2015		
Kol. vzorca (m <sup>2</sup> )	13337,10	10986,72	11818,52	12784,98	10929,10	11573,14		
Oznaka vzorca	K15AE41S	K15AE42S	K15AE43S	K15AE44S	K15AE45S	K15AE46S		
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )							
Na-22	1,8E-05 ± 9E-06	2,7E-06 ± 6E-06 ‡	6,4E-06 ± 6E-06 ‡	1,9E-05 ± 1E-05		3,3E-05 ± 4E-05 ‡	1,3E-05 ± 7E-06	
U-238								
Ra-226								
Pb-210	5,2E-04 ± 4E-05	6,3E-04 ± 4E-05	4,4E-04 ± 3E-05	4,9E-04 ± 3E-05	4,6E-04 ± 3E-05	5,5E-04 ± 3E-05	5,2E-04 ± 1E-05	
Ra-228	7,2E-06 ± 4E-06	5,1E-06 ± 2E-06	6,3E-06 ± 2E-06	7,1E-06 ± 3E-06	1,3E-05 ± 4E-06	1,2E-05 ± 4E-06	8,5E-06 ± 1E-06	
Th-230								
Th-228	5,7E-06 ± 2E-06	7,2E-06 ± 1E-06	7,1E-06 ± 2E-06	6,1E-06 ± 1E-06	6,1E-06 ± 2E-06	7,2E-06 ± 2E-06	6,6E-06 ± 6E-07	
K-40								
Be-7	2,0E-03 ± 7E-05	2,2E-03 ± 9E-05	2,9E-03 ± 2E-04	4,0E-03 ± 2E-04	4,1E-03 ± 2E-04	4,8E-03 ± 2E-04	3,3E-03 ± 6E-05	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,6E-06 ± 7E-07	1,5E-06 ± 4E-07	2,0E-06 ± 9E-07	2,2E-06 ± 1E-06	1,7E-06 ± 1E-06	2,5E-07 ± 5E-07 ‡	1,6E-06 ± 4E-07	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 47b  
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Breg							Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Datum vzor.	1. 7. 2015 - 3. 8. 2015	3. 8. 2015 - 1. 9. 2015	1. 9. 2015 - 5. 10. 2015	5. 10. 2015 - 2. 11. 2015	2. 11. 2015 - 1. 12. 2015	1. 12. 2015 - 30. 12. 2015		
Kol. vzorca (m <sup>2</sup> )	12832,00	11520,13	13439,34	10960,68	11405,73	11860,98		
Oznaka vzorca	K15AE47S	K15AE48S	K15AE49S	K15AE4AS	K15AE4BS	K15AE4CS		
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )							
Na-22	1,3E-05 ± 9E-06	6,9E-06 ± 9E-06 ‡			1,9E-06 ± 1E-06		1,6E-07 ± 1E-07	
U-238					1,5E-05 ± 1E-05		9,5E-06 ± 4E-06	
Ra-226								
Pb-210	7,6E-04 ± 1E-04	1,1E-03 ± 8E-05	6,2E-04 ± 4E-05	7,3E-04 ± 4E-05	1,3E-03 ± 5E-05	1,5E-03 ± 6E-05	7,5E-04 ± 2E-05	
Ra-228	4,1E-06 ± 5E-06 ‡	3,0E-06 ± 6E-06 ‡	1,9E-06 ± 4E-06 ‡	8,8E-06 ± 4E-06	5,4E-06 ± 3E-06	5,8E-06 ± 4E-06	6,7E-06 ± 1E-06	
Th-230								
Th-228	7,5E-06 ± 2E-06	8,0E-06 ± 2E-06	4,4E-06 ± 1E-06	4,5E-06 ± 2E-06	6,3E-06 ± 2E-06	3,7E-06 ± 2E-06	6,1E-06 ± 5E-07	
K-40								
Be-7	5,0E-03 ± 3E-04	5,2E-03 ± 2E-04	3,1E-03 ± 1E-04	2,3E-03 ± 9E-05	2,9E-03 ± 1E-04	2,4E-03 ± 2E-04	3,4E-03 ± 5E-05	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,9E-06 ± 3E-06 ‡	7,3E-07 ± 1E-06 ‡	3,7E-07 ± 6E-07 ‡	3,1E-06 ± 1E-06	2,5E-07 ± 5E-07 ‡	3,3E-06 ± 2E-06	1,6E-06 ± 4E-07	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

**LETO 2015 T - 48a**  
**7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)**

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzrč. mesto	Vihre							Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Datum vzor.	30. 12. 2014 - 2. 2. 2015	2. 2. 2015 - 2. 3. 2015	2. 3. 2015 - 1. 4. 2015	1. 4. 2015 - 4. 5. 2015	4. 5. 2015 - 1. 6. 2015	1. 6. 2015 - 1. 7. 2015		
Kol. vzorca (m <sup>3</sup> )	7250,39	10866,34	11917,81	13181,62	11107,84	12039,64		
Oznaka vzorca	K15AE51S	K15AE52S	K15AE53S	K15AE54S	K15AE55S	K15AE56S		
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )							
Na-22		3,2E-06 ± 4E-06 ‡	5,9E-06 ± 2E-05 ‡	1,2E-05 ± 3E-05 ‡	1,4E-06 ± 7E-06 ‡	1,5E-05 ± 1E-05		6,3E-06 ± 7E-06
U-238								
Ra-226								
Pb-210	5,9E-04 ± 4E-05	5,6E-04 ± 3E-05	5,0E-04 ± 3E-05	4,7E-04 ± 3E-05	4,3E-04 ± 2E-05	5,3E-04 ± 4E-05		5,1E-04 ± 1E-05
Ra-228	6,9E-06 ± 6E-06 ‡	6,5E-06 ± 1E-06		7,1E-06 ± 4E-06	6,1E-06 ± 3E-06	8,8E-06 ± 3E-06		5,9E-06 ± 1E-06
Th-230						3,1E-05 ± 6E-05 ‡		5,2E-06 ± 9E-06
Th-228	1,1E-05 ± 3E-06	6,2E-06 ± 1E-06	9,3E-06 ± 3E-06	4,7E-06 ± 2E-06	6,7E-06 ± 2E-06	6,5E-06 ± 3E-06		7,4E-06 ± 1E-06
K-40								
Be-7	1,6E-03 ± 7E-05	2,1E-03 ± 1E-04	2,9E-03 ± 1E-04	3,9E-03 ± 2E-04	3,9E-03 ± 3E-04	4,7E-03 ± 2E-04		3,2E-03 ± 7E-05
I-131								
Cs-134								
Cs-137	5,7E-07 ± 1E-06 ‡	1,8E-06 ± 4E-07	6,0E-07 ± 8E-07 ‡	2,7E-07 ± 6E-07 ‡	1,6E-07 ± 4E-07 ‡	8,2E-07 ± 7E-07 ‡		7,0E-07 ± 3E-07
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

**LETO 2015 T - 48b**  
**7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)**

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzrč. mesto	Vihre							Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Datum vzor.	1. 7. 2015 - 3. 8. 2015	3. 8. 2015 - 1. 9. 2015	1. 9. 2015 - 5. 10. 2015	5. 10. 2015 - 2. 11. 2015	2. 11. 2015 - 1. 12. 2015	1. 12. 2015 - 30. 12. 2015		
Kol. vzorca (m <sup>3</sup> )	13091,60	11695,46	13449,35	9605,35	12057,43	5788,78		
Oznaka vzorca	K15AE57S	K15AE58S	K15AE59S	K15AE5AS	K15AE5BS	K15AE5CS		
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )							
Na-22								
U-238								
Ra-226								
Pb-210	7,3E-04 ± 4E-05	1,1E-03 ± 7E-05	6,1E-04 ± 4E-05	7,9E-04 ± 9E-05	1,2E-03 ± 7E-05	3,4E-03 ± 2E-04		9,1E-04 ± 2E-05
Ra-228	8,2E-06 ± 3E-06	8,6E-06 ± 4E-06	5,7E-06 ± 2E-06	6,7E-06 ± 2E-06	6,8E-06 ± 2E-06	1,4E-05 ± 6E-06		7,2E-06 ± 1E-06
Th-230								
Th-228	8,7E-06 ± 1E-06	5,6E-06 ± 2E-06	5,0E-06 ± 1E-06	2,1E-05 ± 7E-05 ‡	1,2E-05 ± 2E-06	5,9E-06 ± 1E-06		4,3E-06 ± 7E-06
K-40								
Be-7	4,9E-03 ± 2E-04	5,3E-03 ± 2E-04	3,0E-03 ± 1E-04	2,4E-03 ± 8E-05	2,8E-03 ± 2E-04	4,9E-03 ± 2E-04		3,5E-03 ± 5E-05
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,7E-07 ± 4E-07 ‡	2,5E-06 ± 1E-06	4,5E-08 ± 3E-07 ‡	1,1E-06 ± 9E-07	1,2E-06 ± 4E-07	2,1E-06 ± 2E-06 ‡		9,4E-07 ± 2E-07
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 49a  
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Gornji Lenart							Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Datum vzor.	30. 12. 2014 - 2. 2. 2015	2. 2. 2015 - 2. 3. 2015	2. 3. 2015 - 1. 4. 2015	1. 4. 2015 - 4. 5. 2015	4. 5. 2015 - 1. 6. 2015	1. 6. 2015 - 1. 7. 2015		
Kol. vzorca (m <sup>3</sup> )	12217,14	10038,27	10848,25	12025,99	10053,31	10840,80		
Oznaka vzorca	K15AE61S	K15AE62S	K15AE63S	K15AE64S	K15AE65S	K15AE66S		
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )							
Na-22								
U-238	6,1E-06 ± 7E-06 ‡	8,8E-06 ± 1E-05 ‡	1,9E-05 ± 1E-05	2,7E-05 ± 2E-05	1,5E-05 ± 9E-06	7,8E-06 ± 1E-05 ‡	1,4E-05 ± 5E-06	
Ra-226				2,2E-06 ± 3E-05 ‡			3,7E-07 ± 4E-06	
Pb-210	5,7E-04 ± 3E-05	5,7E-04 ± 3E-05	4,5E-04 ± 4E-05	5,0E-04 ± 3E-05	4,4E-04 ± 2E-05	6,4E-04 ± 4E-05	5,3E-04 ± 1E-05	
Ra-228	8,4E-06 ± 2E-06	5,1E-06 ± 2E-06	4,2E-06 ± 3E-06	5,3E-06 ± 2E-06	6,1E-06 ± 2E-06	5,1E-06 ± 4E-06 ‡	5,7E-06 ± 1E-06	
Th-230						1,0E-04 ± 2E-04 ‡	1,7E-05 ± 3E-05	
Th-228	5,6E-06 ± 2E-06	5,8E-06 ± 2E-06	9,3E-06 ± 2E-06	6,8E-06 ± 2E-06	7,1E-06 ± 1E-06	5,2E-06 ± 2E-06	6,6E-06 ± 7E-07	
K-40								
Be-7	2,1E-03 ± 8E-05	2,2E-03 ± 8E-05	2,9E-03 ± 1E-04	4,0E-03 ± 1E-04	3,9E-03 ± 3E-04	5,1E-03 ± 2E-04	3,4E-03 ± 7E-05	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	3,0E-06 ± 1E-06	1,5E-07 ± 3E-07 ‡	4,8E-07 ± 6E-07 ‡	8,2E-07 ± 6E-07	1,7E-07 ± 3E-07 ‡	4,6E-07 ± 7E-07 ‡	8,4E-07 ± 3E-07	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 49b  
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Gornji Lenart							Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Datum vzor.	1. 7. 2015 - 3. 8. 2015	3. 8. 2015 - 1. 9. 2015	1. 9. 2015 - 5. 10. 2015	5. 10. 2015 - 2. 11. 2015	2. 11. 2015 - 1. 12. 2015	1. 12. 2015 - 30. 12. 2015		
Kol. vzorca (m <sup>3</sup> )	11886,04	10389,66	11919,55	9828,45	10036,14	9943,96		
Oznaka vzorca	K15AE67S	K15AE68S	K15AE69S	K15AE6AS	K15AE6BS	K15AE6CS		
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )							
Na-22					1,8E-06 ± 1E-06		1,5E-07 ± 1E-07	
U-238	1,2E-05 ± 1E-05 ‡	2,5E-05 ± 1E-05	6,1E-06 ± 1E-05 ‡	4,8E-05 ± 2E-05	1,6E-05 ± 2E-05 ‡		1,6E-05 ± 4E-06	
Ra-226	2,4E-06 ± 3E-05 ‡					2,8E-05 ± 5E-05 ‡	2,7E-06 ± 5E-06	
Pb-210	8,2E-04 ± 6E-05	1,1E-03 ± 9E-05	6,2E-04 ± 3E-05	7,4E-04 ± 5E-05	1,3E-03 ± 6E-05	1,7E-03 ± 1E-04	7,8E-04 ± 2E-05	
Ra-228	1,3E-05 ± 4E-06	6,8E-06 ± 3E-06	7,5E-06 ± 4E-06	8,2E-06 ± 3E-06	5,5E-06 ± 4E-06	8,4E-06 ± 2E-06	6,9E-06 ± 9E-07	
Th-230							8,7E-06 ± 2E-05	
Th-228	6,8E-06 ± 2E-06	6,1E-06 ± 2E-06	5,4E-06 ± 2E-06	9,9E-06 ± 2E-06	5,6E-06 ± 2E-06	7,9E-06 ± 2E-06	6,8E-06 ± 5E-07	
K-40								
Be-7	5,1E-03 ± 2E-04	5,4E-03 ± 2E-04	3,2E-03 ± 1E-04	2,3E-03 ± 9E-05	3,0E-03 ± 1E-04	2,5E-03 ± 1E-04	3,5E-03 ± 4E-05	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	2,9E-07 ± 6E-07 ‡	1,9E-07 ± 5E-07 ‡	2,3E-07 ± 5E-07 ‡	1,0E-06 ± 1E-06 ‡	3,2E-06 ± 1E-06	1,5E-06 ± 1E-06 ‡	9,6E-07 ± 3E-07	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.



LETO 2015 T - 50a  
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzdrž. mesto	Libna						
Datum vzor.	30. 12. 2014 - 2. 2. 2015	2. 2. 2015 - 2. 3. 2015	2. 3. 2015 - 1. 4. 2015	1. 4. 2015 - 4. 5. 2015	4. 5. 2015 - 1. 6. 2015	1. 6. 2015 - 1. 7. 2015	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (m <sup>3</sup> )	12379,81	10184,05	10990,44	12104,61	10325,56	11140,38	
Ozvala vzorca	K15AE71S	K15AE72S	K15AE73S	K15AE74S	K15AE75S	K15AE76S	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )						
Na-22	1,2E-05 ± 1E-05 ‡	1,6E-05 ± 1E-05	1,9E-05 ± 1E-05	5,3E-06 ± 4E-06	6,6E-06 ± 1E-05 ‡	1,7E-05 ± 2E-05 ‡	1,3E-05 ± 5E-06
U-238							
Ra-226							
Pb-210	4,8E-04 ± 6E-05	5,8E-04 ± 3E-05	4,2E-04 ± 3E-05	4,4E-04 ± 2E-05	4,4E-04 ± 3E-05	4,9E-04 ± 9E-05	4,7E-04 ± 2E-05
Ra-228	8,7E-06 ± 3E-06	8,2E-06 ± 3E-06	8,1E-06 ± 5E-06	5,7E-06 ± 1E-06	1,0E-05 ± 4E-06	6,8E-06 ± 2E-06	7,9E-06 ± 1E-06
Th-230							
Th-228	6,8E-06 ± 2E-06	7,6E-06 ± 2E-06	8,0E-06 ± 3E-06	7,2E-06 ± 1E-06	7,2E-06 ± 3E-06	6,6E-06 ± 2E-06	7,2E-06 ± 8E-07
K-40							
Be-7	2,2E-03 ± 9E-05	2,3E-03 ± 9E-05	3,0E-03 ± 1E-04	4,1E-03 ± 3E-04	4,3E-03 ± 2E-04	5,1E-03 ± 2E-04	3,5E-03 ± 7E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,2E-06 ± 7E-07	9,3E-07 ± 9E-07 ‡	4,5E-06 ± 3E-06	1,0E-06 ± 6E-07	4,1E-07 ± 7E-07 ‡	5,8E-08 ± 3E-07 ‡	1,4E-06 ± 5E-07
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.  
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 50b  
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzdrž. mesto	Libna						
Datum vzor.	1. 7. 2015 - 3. 8. 2015	3. 8. 2015 - 1. 9. 2015	1. 9. 2015 - 5. 10. 2015	5. 10. 2015 - 2. 11. 2015	2. 11. 2015 - 1. 12. 2015	1. 12. 2015 - 30. 12. 2015	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (m <sup>3</sup> )	12318,46	10858,76	12439,01	10042,08	10305,34	8087,77	
Ozvala vzorca	K15AE77S	K15AE78S	K15AE79S	K15AE7AS	K15AE7BS	K15AE7CS	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )						
Na-22		7,2E-08 ± 7E-07 ‡					6,0E-09 ± 6E-08
U-238	1,0E-05 ± 9E-06 ‡	9,7E-06 ± 6E-06	2,2E-05 ± 1E-05	3,8E-06 ± 1E-05 ‡	3,2E-05 ± 2E-05	9,8E-06 ± 3E-05 ‡	1,4E-05 ± 4E-06
Ra-226							1,2E-06 ± 3E-06
Pb-210	7,6E-04 ± 6E-05	7,6E-04 ± 4E-05	5,6E-04 ± 4E-05	7,7E-04 ± 7E-05	1,2E-03 ± 2E-04	1,1E-03 ± 2E-04	6,6E-04 ± 3E-05
Ra-228	9,8E-06 ± 3E-06	6,9E-06 ± 3E-06	9,1E-06 ± 2E-06	2,5E-06 ± 3E-06 ‡	9,2E-06 ± 3E-06	3,7E-06 ± 7E-06 ‡	7,4E-06 ± 1E-06
Th-230							
Th-228	9,8E-06 ± 2E-06	8,0E-06 ± 2E-06	6,7E-06 ± 1E-06	7,0E-06 ± 3E-06	1,1E-05 ± 2E-06	9,4E-06 ± 3E-06	7,9E-06 ± 6E-07
K-40							
Be-7	5,2E-03 ± 2E-04	4,2E-03 ± 1E-04	3,4E-03 ± 1E-04	2,5E-03 ± 1E-04	3,4E-03 ± 1E-04	3,0E-03 ± 1E-04	3,6E-03 ± 4E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	6,0E-07 ± 7E-07 ‡	1,4E-07 ± 3E-07 ‡	1,2E-06 ± 2E-06 ‡	3,5E-07 ± 9E-07 ‡	1,1E-06 ± 8E-07		9,6E-07 ± 3E-07
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.  
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 51a  
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama (\*\*)

Vzrč. mesto	Dobova							Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
	Datum vzor.	30. 12. 2014 - 2. 2. 2015	2. 2. 2015 - 2. 3. 2015	2. 3. 2015 - 1. 4. 2015	1. 4. 2015 - 4. 5. 2015	4. 5. 2015 - 1. 6. 2015	1. 6. 2015 - 1. 7. 2015	
Kol. vzorca (m <sup>3</sup> )	104120,2	97999,7	113089,1	147022,3	131749,1	126300,3		
Oznaka vzorca	K15AE811	K15AE821	K15AE831	K15AE841	K15AE851	K15AE861		
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )							
Na-22				7,0E-07 ± 2E-07	9,0E-07 ± 2E-07	9,9E-07 ± 3E-07	4,3E-07 ± 7E-08	
U-238	1,6E-06 ± 3E-06 ‡		6,6E-06 ± 7E-06 ‡	4,1E-06 ± 3E-06	7,2E-06 ± 4E-06		3,3E-06 ± 2E-06	
Ra-226								
Pb-210	6,1E-04 ± 3E-05	6,2E-04 ± 4E-05	4,4E-04 ± 2E-05	4,9E-04 ± 2E-05	4,5E-04 ± 3E-05	6,0E-04 ± 3E-05	5,4E-04 ± 1E-05	
Ra-228	1,1E-06 ± 8E-07	1,7E-06 ± 1E-06	8,5E-07 ± 1E-06 ‡	1,1E-06 ± 7E-07	1,9E-06 ± 1E-06	8,3E-07 ± 8E-07 ‡	1,2E-06 ± 4E-07	
Th-230				1,1E-05 ± 2E-05 ‡			1,8E-06 ± 3E-06	
Th-228	3,1E-06 ± 5E-07	2,8E-06 ± 5E-07	2,9E-06 ± 7E-07	2,6E-06 ± 4E-07	3,2E-06 ± 5E-07	2,0E-06 ± 6E-07	2,7E-06 ± 2E-07	
K-40	2,3E-05 ± 7E-05 ‡	5,2E-05 ± 7E-05 ‡	9,5E-06 ± 6E-05 ‡	1,7E-05 ± 5E-05 ‡	4,0E-05 ± 6E-05 ‡	2,4E-05 ± 2E-05	2,4E-05 ± 2E-05	
Be-7	2,6E-03 ± 1E-04	2,7E-03 ± 1E-04	3,4E-03 ± 1E-04	4,9E-03 ± 2E-04	5,1E-03 ± 2E-04	5,8E-03 ± 2E-04	4,1E-03 ± 7E-05	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	2,7E-06 ± 2E-07	2,2E-06 ± 3E-07	2,6E-06 ± 3E-07	1,0E-06 ± 3E-07	6,6E-07 ± 3E-07	1,0E-08 ± 8E-08 ‡	1,5E-06 ± 1E-07	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 51b  
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama (\*\*)

Vzrč. mesto	Dobova							Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
	Datum vzor.	1. 7. 2015 - 3. 8. 2015	3. 8. 2015 - 1. 9. 2015	1. 9. 2015 - 5. 10. 2015	5. 10. 2015 - 2. 11. 2015	2. 11. 2015 - 1. 12. 2015	1. 12. 2015 - 30. 12. 2015	
Kol. vzorca (m <sup>3</sup> )	132612,6	110249,3	144599,6	101798,2	109761,3	90961,4		
Oznaka vzorca	K15AE871	K15AE881	K15AE891	K15AE8A1	K15AE8B1	K15AE8C1		
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )							
Na-22	6,7E-07 ± 3E-07	7,1E-07 ± 6E-07 ‡			1,9E-07 ± 2E-07 ‡		3,5E-07 ± 7E-08	
U-238	3,5E-06 ± 7E-06 ‡					3,8E-06 ± 4E-06 ‡	2,2E-06 ± 1E-06	
Ra-226							1,6E-06 ± 2E-06	
Pb-210	8,0E-04 ± 3E-05	1,2E-03 ± 5E-05	7,1E-04 ± 4E-05	7,3E-04 ± 5E-05	1,5E-03 ± 8E-05	1,6E-03 ± 8E-05	8,1E-04 ± 1E-05	
Ra-228	1,3E-06 ± 8E-07	4,3E-07 ± 2E-06 ‡	1,5E-06 ± 6E-07		2,0E-06 ± 1E-06		1,0E-06 ± 3E-07	
Th-230							9,2E-07 ± 2E-06	
Th-228	2,7E-06 ± 5E-07	2,5E-06 ± 5E-07		3,5E-06 ± 5E-07	2,7E-06 ± 7E-07	2,3E-06 ± 7E-07	2,5E-06 ± 2E-07	
K-40			1,5E-05 ± 5E-05 ‡	1,8E-05 ± 7E-05 ‡	2,5E-03 ± 1E-04		1,5E-05 ± 1E-05	
Be-7	6,1E-03 ± 2E-04	6,8E-03 ± 2E-04	4,0E-03 ± 2E-04	2,5E-03 ± 1E-04	3,9E-03 ± 2E-04	2,8E-03 ± 1E-04	4,2E-03 ± 5E-05	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	7,1E-07 ± 2E-07	9,7E-07 ± 7E-07	4,5E-07 ± 1E-07	1,3E-06 ± 4E-07	1,5E-06 ± 6E-07	2,0E-06 ± 5E-07	1,4E-06 ± 1E-07	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

**LETO 2015 T - 51a, 51b**  
**7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)**



Institut  
 "Jožef Stefan"  
 Ljubljana  
 Slovenija

Specifična analiza Sr-90/Sr-89 (\*\*)

Vzorč. mesto	Dobova				
Datum vzor.	30. 12. 2014 - 1. 4. 2015	1. 4. 2015 - 1. 7. 2015	1. 7. 2015 - 5. 10. 2015	5. 10. 2015 - 30. 12. 2015	Četrletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (m <sup>3</sup> )	315209,0	405071,7	387461,5	302520,9	
Oznaka vzorca	K15AE8D1	K15AE8E1	K15AE8F1	K15AE8G1	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )				
Sr-89/Sr-90	1,2E-06 ± 1E-07	< 4E-07	< 3E-07	< 1E-06	3,0E-07 ± 2E-07

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 so bile opravljene na IJS na Odseku O-2.

LETO 2015 T - 52a  
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzrč. mesto	Ljubljana IJS							Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Datum vzor.	30. 12. 2014 - 2. 2. 2015	2. 2. 2015 - 2. 3. 2015	2. 3. 2015 - 1. 4. 2015	1. 4. 2015 - 4. 5. 2015	4. 5. 2015 - 1. 6. 2015	1. 6. 2015 - 1. 7. 2015		
Kol. vzorca (m <sup>3</sup> )	76507,8	90379,9	117749,5	158678,4	129550,7	136667,6		
Oznaka vzorca	RP15AE111	RP15AE121	RP15AE131	RP15AE141	RP15AE151	RP15AE161		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )							
Na-22			2,5E-07 ± 2E-07	6,1E-07 ± 3E-07	7,5E-07 ± 3E-07	8,4E-07 ± 1E-07	4,1E-07 ± 8E-08	
U-238		1,0E-05 ± 4E-06	8,0E-07 ± 2E-06 ‡	2,3E-06 ± 4E-06 ‡			2,3E-06 ± 1E-06	
Ra-226	2,0E-05 ± 4E-05 ‡						3,4E-06 ± 6E-06	
Pb-210	7,7E-04 ± 4E-05	6,7E-04 ± 3E-05	5,0E-04 ± 3E-05	5,0E-04 ± 3E-05	5,6E-04 ± 3E-05	6,5E-04 ± 3E-05	6,1E-04 ± 1E-05	
Ra-228	1,2E-06 ± 1E-06 ‡	2,0E-06 ± 1E-06	1,3E-06 ± 9E-07	6,7E-07 ± 5E-07 ‡	5,1E-07 ± 8E-07 ‡	3,5E-07 ± 6E-07 ‡	1,0E-06 ± 4E-07	
Th-230								
Th-228	4,0E-06 ± 6E-07	3,5E-06 ± 7E-07	3,5E-06 ± 4E-07	2,4E-06 ± 3E-07	2,1E-06 ± 4E-07		2,6E-06 ± 2E-07	
K-40	7,0E-05 ± 9E-05 ‡	2,7E-05 ± 8E-05 ‡	1,9E-05 ± 6E-05 ‡	2,0E-05 ± 3E-05 ‡	2,7E-05 ± 5E-05 ‡		2,7E-05 ± 2E-05	
Be-7	2,7E-03 ± 1E-04	3,1E-03 ± 1E-04	3,6E-03 ± 2E-04	4,9E-03 ± 2E-04	4,9E-03 ± 2E-04	6,3E-03 ± 2E-04	4,2E-03 ± 8E-05	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	5,4E-06 ± 4E-07	4,5E-06 ± 4E-07	2,2E-06 ± 2E-07	1,2E-06 ± 4E-07	1,2E-06 ± 4E-07	6,1E-07 ± 1E-07	2,5E-06 ± 1E-07	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.  
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 52b  
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzrč. mesto	Ljubljana IJS							Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Datum vzor.	1. 7. 2015 - 3. 8. 2015	3. 8. 2015 - 1. 9. 2015	1. 9. 2015 - 5. 10. 2015	5. 10. 2015 - 2. 11. 2015	2. 11. 2015 - 1. 12. 2015	1. 12. 2015 - 30. 12. 2015		
Kol. vzorca (m <sup>3</sup> )	148025,6	127699,0	151837,8	120704,4	71832,6	78949,3		
Oznaka vzorca	RP15AE171	RP15AE181	RP15AE191	RP15AE1A1	RP15AE1B1	RP15AE1C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>3</sup> )							
Na-22	7,3E-07 ± 3E-07	9,4E-07 ± 4E-07	2,2E-07 ± 2E-07			6,8E-08 ± 3E-07 ‡	3,7E-07 ± 6E-08	
U-238		1,9E-06 ± 3E-06 ‡	2,3E-06 ± 2E-06 ‡			3,8E-06 ± 4E-06 ‡	1,8E-06 ± 9E-07	
Ra-226	7,7E-06 ± 2E-05 ‡				5,7E-07 ± 8E-06 ‡		2,3E-06 ± 3E-06	
Pb-210	9,3E-04 ± 5E-05	1,1E-03 ± 6E-05	6,1E-04 ± 3E-05	7,6E-04 ± 4E-05	1,6E-03 ± 9E-05	1,7E-03 ± 9E-05	8,6E-04 ± 1E-05	
Ra-228	9,3E-07 ± 9E-07 ‡	6,1E-07 ± 7E-07 ‡	7,6E-07 ± 7E-07 ‡	4,0E-07 ± 7E-07 ‡	1,5E-06 ± 1E-06		8,6E-07 ± 3E-07	
Th-230								
Th-228	1,9E-06 ± 4E-07	2,5E-06 ± 4E-07	2,4E-06 ± 4E-07	2,9E-06 ± 4E-07	4,3E-06 ± 7E-07	3,6E-06 ± 6E-07	2,8E-06 ± 1E-07	
K-40		6,1E-06 ± 6E-05 ‡	5,8E-07 ± 5E-05 ‡			1,2E-05 ± 1E-04 ‡	4,9E-08 ± 9E-05 ‡	1,5E-05 ± 2E-05
Be-7	5,9E-03 ± 2E-04	7,0E-03 ± 5E-04	4,0E-03 ± 3E-04	2,7E-03 ± 1E-04	4,2E-03 ± 2E-04	3,2E-03 ± 2E-04	4,4E-03 ± 7E-05	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	3,6E-07 ± 2E-07	8,9E-07 ± 2E-07	8,0E-07 ± 2E-07	1,7E-06 ± 2E-07	4,7E-06 ± 3E-07	5,4E-06 ± 5E-07	2,4E-06 ± 9E-08	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.  
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

**8. DOZA IN HITROST DOZE ZUNANJEGA SEVANJA**

DOZA Z OKOLJSKIMI TL-DOZIMETRI

MERITVE HITROSTI DOZE SEVANJA GAMA

SEZNAM DOZIMETROV TLD V OKOLICI NEK

Sektor	št.	Oznaka	GEOGRAFSKE KOORDINATE	d/km	Kraj in naslov
1 N	60	T1B1	45°56'55" / 15°30'57"	1,2	Spodnja Libna 5, M. Klinec (ob cesti)
	1	T1C1	45°57'09" / 15°30'49"	1,7	Libna 2, Andrej Peršolja
	2	T1F1	46°01'45" / 15°30'41"	10	Mali Kamen 32, Anton Brljavec
2 NNE	3	T2B1	45°56'46" / 15°31'20"	0,79	Spodnji Stari Grad 1
	4	T2B2	45°57'01" / 15°31'24"	1,4	Libna 8, Jože Pogačar
	5	T2D1	45°58'12" / 15°31'50"	3,75	Pleterje 16, Maks Urek
	6	T2E1	46°00'45" / 15°34'41"	9,72	Pečice 33, KS Križe
3 NE	61	T3C1	45°57'04" / 15°32'07"	2,1	Libna 33, Božidar Volčanšek
	7	T3E1	45°58'28" / 15°33'39"	5,42	Zgornja Pohanca 3, Silvester Kunej
	8	T3E2	45°59'21" / 15°35'39"	8,4	Sromlje 13, Ivan Bartole
4 ENE	9	T4B1	45°56'34" / 15°31'55"	1,37	Spodnji Stari Grad 27, Mitja Stergar
	62	T4D1	45°56'49" / 15°32'48"	2,7	Dolenja vas 51, Jože Gorišek
	10	T4E1	45°57'13" / 15°35'45"	6,4	Glogov Brod 1, Milan Rožman
	11	T4F1	45°59'05" / 15°37'52"	10,45	Dednja vas 8, Ivan Dušič
5 E	12	T5B1	45°56'06" / 15°31'57"	1,25	Spodnji Stari Grad - Gmajna
	13	T5D1	45°56'26" / 15°33'18"	3,1	Pesje 1, Jože Gerjevič
	14	T5D2	45°55'47" / 15°34'24"	4,55	Gornji Lenart 21, Josip Kunej (met. postaja)
	15	T5E1	45°56'46" / 15°38'23"	9,67	Globoko 21, Jože Hotko
6 ESE	16	T6B1	45°56'03" / 15°31'53"	1,25	Spodnji Stari Grad - Gmajna (ob cesti)
	63	T6D1	45°55'48" / 15°33'15"	3,2	Pesje 23 (Amerika), Angela Slivšek
	17	T6E1	45°53'56" / 15°37'38"	9,65	Mostec 45, Jožefa Žibert
	18	T6E2	45°54'32" / 15°35'23"	6,72	Brežice, Nad Vrbino 3
	19	T6E3	45°54'56" / 15°35'13"	6	Brežice, Čolnarska 9, F. Vinpolšek
7 SE	59	T7D1	45°55'11" / 15°32'37"	3,2	Gmajnice, bivše vojaško skladišče
	20	T7E1	45°53'25" / 15°33'40"	6,42	Krška vas 3, Franc Tomše
	21	T7E2	45°53'50" / 15°35'44"	7,8	Brežice, Prešernova cesta 25, Sobak
8 SSE	22	T8D1	45°54'51" / 15°31'31"	2,7	Vihre 17, Martin Račič
	58	T8E1	45°53'16" / 15°32'52"	6,1	Boršt 1, Alojz Zofič
9 S	23	T9D1	45°53'41" / 15°30'33"	5	Črešnvice 30a, Avgust Kovač
	24	T9D2	45°54'51" / 15°30'57"	2,6	Mrtvice 27, Vili Kuhar
10 SSW	57	T10E1	45°53'46" / 15°29'33"	5	Hrastje pri Cerkljah 33a, Leopold Jerele
	26	T10C1	45°55'13" / 15°30'04"	2,3	Brege 17a, Smiljana Jurečič
11 SW	25	T11D2	45°55'09" / 15°29'54"	2,62	Brege 52, Franc Škofljanc (met. postaja)
	27	T11D1	45°55'05" / 15°29'10"	3,2	Drnovo 62, Fanika Bizjak
	28	T11E1	45°53'50" / 15°27'27"	6,2	Veliki Podlog 56, Ivan Arh
12 WSW	29	T12C1	45°56'03" / 15°29'45"	1,57	Žadovinek 20a, Anton Dušič
	30	T12E1	45°54'37" / 15°24'12"	9,35	Zaloke 10, Martin Tomažin
13 W	31	T13C1	45°56'20" / 15°29'31"	1,87	Žadovinek 10, Marjan Pešec
	32	T13D1	45°56'15" / 15°28'23"	3,2	Leskovec, Cesta ob gaju 17, Martina Strgar
	33	T13E1	45°56'27" / 15°25'07"	7,37	Drenovec 8, Ivan Zupančič
	34	T13E2	45°55'42" / 15°23'30"	9,72	Raka 1, Emil Vehovar, nad vodnjakom

SEZNAM DOZIMETROV TLD V OKOLICI NEK

Sektor	št.	Oznaka	GEOGRAFSKE KOORDINATE	d/km	Kraj in naslov
14 WNW	35	T14D1	45°56'57" / 15°28'39"	2,9	Klet Leskovec, Rostoharjeva 15a
	36	T14E1	45°57'34" / 15°25'10"	7,85	Kalce 4, Franc Tomažin
	37	T14E2	45°57'51" / 15°23'51"	9,72	Veliki trn 6, Janc
15 NW	38	T15C1	45°57'03" / 15°30'04"	1,9	Krško, Ob Potočnici
	39	T15B1	45°56'35" / 15°30'17"	1	Vrbina 2, Milka Filej
	40	T15D1	45°57'54" / 15°29'02"	4,37	Krško, Bohoričeva 5
	41	T15D2	45°57'33" / 15°28'59"	3,12	Trška gora, vinograd ob cesti, desno
	42	T15D3	45°57'22" / 15°29'23"	2,81	Krško, Ribiška 3, Emil Gelb
	43	T15E1	45°59'11" / 15°28'03"	6,6	Gunte 6
	44	T15F1	46°00'36" / 15°25'40"	10,5	Presladol 74, Jane Radej
16 NNW	45	T16B1	45°56'52" / 15°30'22"	1,3	Vrbina, Hladilnica Evrosad
	46	T16C1	45°57'03" / 15°30'11"	1,9	Krško, Cesta 4. julija 112, Ljudmila Kocjan
	47	T16D1	45°57'49" / 15°29'49"	3,12	Krško, Sremiška 29b, S. Valentinčič
	48	T16D2	45°58'32" / 15°29'22"	4,55	Sremič 13, Topolovšek
	49	T16D3	45°57'41" / 15°29'45"	2,9	Krško, Stritarjeva 5, Martin Založnik
	50	T16E1	46°00'19" / 15°28'41"	8,1	Senovo, Titova 2, Antonija Hodnik

DOZIMETRI RAZPOREJENI NA OGRAJI NEK

št.	Oznaka	Smer	Geografske koordinate	Kraj postavitve
51	T6A1	ESE	45°56'13" / 15°31'08"	sredina ograje
52	T8A1	SE	45°56'11" / 15°31'00"	hladilni stolpi
53	T11A1	SW	45°56'15" / 15°30'51"	vhod bistvene vode
54	T13A1	W	45°56'18" / 15°30'47"	zahodna stran ograje
55	T3A1	NE	45°56'23" / 15°31'03"	vratarnica
56	T15A1	NNW	45°56'23" / 15°30'52"	severna ograja zahodno od stikalne postaje
65	T2A1	WSW	45°56'17" / 15°30'47"	zahodna stran ograje levo od 54
66	T1A1	W	45°56'19" / 15°30'47"	zahodna stran ograje desno od 54
67	T2A2	NNE	45°56'25" / 15°31'02"	severna ograja ob stikalni postaji

LETO 2015 T - 53/b  
8. DOZA ZUNANJEGA SEVANJA – TL-DOZIMETRI



Krajevna porazdelitev doz zunanjega sevanja $H^*(10)$ /mSv v posameznih obdobjih v letu 2015																			
Obdobje ekspozicije	od 1. 1. 2015 do 1. 7. 2015	od 1. 7. 2015 do 1. 1. 2016	Letna doza	od 1. 1. 2015 do 1. 7. 2015	od 1. 7. 2015 do 1. 1. 2016	Letna doza	od 1. 1. 2015 do 1. 7. 2015	od 1. 7. 2015 do 1. 1. 2016	Letna doza	od 1. 1. 2015 do 1. 7. 2015	od 1. 7. 2015 do 1. 1. 2016	Letna doza	od 1. 1. 2015 do 1. 7. 2015	od 1. 7. 2015 do 1. 1. 2016	Letna doza				
Pas (km)	ograja znotraj NEK			do 1,5 km			1,5 km do 5,0 km			5,0 km do 10,0 km			Povprečje po sektorjih						
	št.			št.			št.			št.			št.						
N 1				60	0,335	0,364	0,699	1	0,360	0,406	0,766	2	0,437	0,477	0,914	0,377	0,416	0,793	
NNE 2	67	0,291	0,300	0,590	3	0,386	0,411	0,797	5	0,385	0,425	0,810	6	0,368	0,411	0,779	0,416	0,447	0,864
NE 3	55	0,296	0,327	0,622	4	0,525	0,543	1,069					7	0,384	0,414	0,797	0,396	0,435	0,832
ENE 4					9	0,374	0,409	0,783	62	0,454	0,496	0,950	10	0,454	0,486	0,940	0,426	0,463	0,890
E 5					12	0,389	0,455	0,844	13	0,384	0,404	0,788	11	0,423	0,462	0,885			
ESE 6	51	0,285	0,301	0,586	16	0,336	0,382	0,719	14	0,385	0,405	0,790	15	0,389	0,399	0,789	0,387	0,416	0,802
SE 7									63	0,379	0,429	0,808	17	0,335	0,340	0,675	0,377	0,403	0,780
SSE 8	52	0,250	0,270	0,520									18	0,392	0,406	0,798			
S 9									59	0,329	0,350	0,680	19	0,443	0,459	0,902	0,368	0,391	0,759
SSW 10									24	0,408	0,435	0,843	20	0,432	0,450	0,882	0,439	0,478	0,917
SW 11	53	0,286	0,325	0,611					26	0,415	0,428	0,844	21	0,342	0,372	0,714	0,390	0,402	0,793
WSW 12	65	0,309	0,334	0,644					25	0,388	0,412	0,800	22	0,376	0,399	0,776	0,406	0,395	0,801
W 13	54	0,295	0,327	0,621					27	0,382	0,386	0,768	23	0,467	0,479	0,946	0,435	0,431	0,866
WNW 14	66	0,293	0,311	0,604					29	0,383	0,387	0,770	24	0,433	0,436	0,869	0,454	0,441	0,895
NW 15	56	0,285	0,310	0,596	39	0,411	0,426	0,837	31	0,403	0,423	0,827	25	0,446	0,456	0,902	0,384	0,376	0,760
NNW 16					45	0,347	0,347	0,694	32	0,472	0,436	0,908	26	0,419	0,409	0,828	0,432	0,432	0,864
									33	0,403	0,423	0,827	27	0,433	0,436	0,869			
									34	0,472	0,436	0,908	28	0,419	0,409	0,828			
									35	0,494	0,477	0,971	29	0,435	0,436	0,869			
									36	0,435	0,411	0,846	30	0,429	0,402	0,831			
									37	0,433	0,436	0,869	31	0,446	0,456	0,902			
									38	0,405	0,405	0,810	32	0,419	0,409	0,828			
									40	0,332	0,336	0,667	33	0,446	0,456	0,902			
									41	0,345	0,349	0,695	34	0,419	0,409	0,828			
									42	0,346	0,326	0,672	35	0,435	0,411	0,846			
									43	0,480	0,458	0,937	36	0,435	0,411	0,846			
									44	0,367	0,333	0,700	37	0,433	0,436	0,869			
									46	0,455	0,469	0,924	38	0,405	0,405	0,810			
									47	0,496	0,477	0,973	40	0,332	0,336	0,667			
									48	0,496	0,482	0,978	41	0,345	0,349	0,695			
									49	0,432	0,437	0,869	42	0,346	0,326	0,672			
													43	0,480	0,458	0,937			
													44	0,367	0,333	0,700			
													46	0,455	0,469	0,924			
													47	0,496	0,477	0,973			
													48	0,496	0,482	0,978			
													49	0,432	0,437	0,869			
Povprečje po pasovih	(9) 0,288 ± 0,016	0,311 0,020	0,599 0,035	(8) 0,388 ± 0,062	0,417 0,062	0,805 0,122	(25) 0,406 ± 0,050	0,420 0,049	0,825 0,095	(24) 0,414 ± 0,041	0,428 0,051	0,842 0,089	(57) 0,407 ± 0,048	0,423 0,051	0,829 0,096				
Ljubljana													št. 64	0,410	0,438	0,848			

št. – številka merilnega mesta (glej tabelo T – 53/a)  
( ) – število merilnih mest upoštevanih v povprečju posameznega pasu  
± – pomeni standardno deviacijo porazdelitve doz v pasu



Povprečna mesečna doza $H^*(10)$ (mSv na mesec) za 6-mesečni obdobji in povprečna mesečna doza $H^*(10)$ (mSv na mesec) v letu 2015																			
Obdobje ekspozicije	od 1. 1. 2015 do 1. 7. 2015			v 2015	od 1. 1. 2015 do 1. 7. 2015			v 2015	od 1. 1. 2015 do 1. 7. 2015			v 2015	od 1. 1. 2015 do 1. 7. 2015			v 2015			
	do 1. 7. 2015	do 1. 1. 2016			do 1. 7. 2015	do 1. 1. 2016			do 1. 7. 2015	do 1. 1. 2016			do 1. 7. 2015	do 1. 1. 2016					
Pas (km)	ograja znotraj NEK				do 1,5 km				1,5 km do 5,0 km				5,0 km do 10,0 km				Povprečje po sektorjih		
	št.				št.				št.				št.						
N 1					60	0,056	0,060	0,058	1	0,060	0,067	0,064	2	0,073	0,079	0,076	0,063	0,069	0,066
NNE 2	67	0,049	0,050	0,049	3	0,065	0,068	0,066	5	0,065	0,070	0,068	6	0,062	0,068	0,065	0,070	0,074	0,072
NE 3	55	0,050	0,054	0,052	4	0,088	0,090	0,089	61	0,073	0,084	0,079	7	0,065	0,068	0,066	0,067	0,072	0,069
ENE 4					9	0,063	0,068	0,065	62	0,076	0,082	0,079	8	0,062	0,063	0,063	0,072	0,077	0,074
E 5					12	0,065	0,075	0,070	13	0,065	0,067	0,066	10	0,076	0,080	0,078	0,065	0,069	0,067
ESE 6	51	0,048	0,050	0,049	16	0,056	0,063	0,060	14	0,065	0,067	0,066	11	0,071	0,076	0,074	0,065	0,069	0,067
SE 7									63	0,064	0,071	0,067	15	0,065	0,066	0,066	0,063	0,067	0,065
SSE 8	52	0,042	0,045	0,043					59	0,055	0,058	0,057	17	0,056	0,056	0,056	0,063	0,067	0,065
S 9									22	0,063	0,066	0,065	18	0,066	0,067	0,067	0,070	0,076	0,073
SSW 10									24	0,069	0,072	0,070	19	0,074	0,076	0,075	0,074	0,076	0,075
SW 11	53	0,048	0,054	0,051					26	0,070	0,071	0,070	20	0,073	0,074	0,073	0,074	0,079	0,076
WSW 12	65	0,052	0,055	0,054					27	0,064	0,064	0,064	21	0,058	0,061	0,060	0,066	0,067	0,066
W 13	54	0,050	0,054	0,052					29	0,064	0,064	0,064	22	0,058	0,061	0,060	0,068	0,065	0,067
WNW 14	66	0,049	0,051	0,050					31	0,068	0,070	0,069	23	0,078	0,079	0,079	0,073	0,071	0,072
NW 15	56	0,048	0,051	0,050	39	0,069	0,070	0,070	32	0,079	0,072	0,076	24	0,073	0,072	0,072	0,076	0,073	0,075
NNW 16					45	0,058	0,057	0,058	35	0,083	0,079	0,081	25	0,078	0,087	0,082	0,064	0,062	0,063
									40	0,056	0,055	0,056	26	0,078	0,087	0,083	0,066	0,067	0,066
									41	0,058	0,058	0,058	27	0,073	0,072	0,072	0,068	0,065	0,067
									42	0,058	0,054	0,056	28	0,068	0,068	0,068	0,068	0,065	0,067
									46	0,076	0,078	0,077	29	0,072	0,067	0,069	0,073	0,071	0,072
									47	0,083	0,079	0,081	30	0,072	0,067	0,069	0,076	0,073	0,075
									48	0,083	0,080	0,082	31	0,075	0,075	0,075	0,076	0,073	0,075
									49	0,073	0,072	0,072	32	0,079	0,072	0,076	0,076	0,073	0,075
													33	0,075	0,075	0,075	0,076	0,073	0,075
													34	0,070	0,068	0,069	0,076	0,073	0,075
													35	0,083	0,079	0,081	0,076	0,073	0,075
													36	0,073	0,068	0,071	0,076	0,073	0,075
													37	0,073	0,072	0,072	0,076	0,073	0,075
													38	0,081	0,076	0,078	0,064	0,062	0,063
													43	0,081	0,076	0,078	0,064	0,062	0,063
													44	0,062	0,055	0,058	0,064	0,062	0,063
Povprečje po pasovih	(9) 0,048	0,051	0,050	(8) 0,065	0,069	0,067	(25) 0,068	0,069	0,069	(24) 0,070	0,071	0,070	(57) 0,069	0,070	0,069	0,069			
	± 0,003	0,003	0,003	± 0,010	0,010	0,010	± 0,008	0,008	0,008	± 0,007	0,008	0,007	± 0,008	0,008	0,008	0,008			
Ljubljana													št. 64	0,069	0,072	0,071			

št. – številka merilnega mesta (glej tabelo T – 53/a)  
( ) – število merilnih mest, upoštevanih v povprečju posameznega pasu  
± – pomeni standardno deviacijo porazdelitve doz v pasu

LETO 2015 T - 54/a  
8. SEZNAM TL-DOZIMETROV V REPUBLIKI SLOVENIJI

Št.	KRAJ	GPS-KOORDINATE
1	KOČEVJE	45°38'46" / 14°51'01"
2	DVOR PRI ŽUŽEMBERKU	45°48'29" / 14°57'42"
3	DOBLIČE (ČRNOMELJ)	45°33'36" / 15°08'46"
4	DRAŠIČI (METLIKA)	45°39'55" / 15°22'34"
5	NOVO MESTO	45°48'07" / 15°10'39"
6	MALKOVEC (MOKRONOG)	45°57'11" / 15°12'18"
7	LISCA	46°04'04" / 15°17'06"
8	CELJE	46°14'12" / 15°13'33"
9	ROGAŠKA SLATINA	46°14'40" / 15°37'41"
10	SLOVENSKE KONJICE	46°20'42" / 15°25'03"
11	ROGLA	46°26'45" / 15°19'22"
12	MARIBOR	46°32'22" / 15°38'42"
13	PTUJ	46°25'48" / 15°53'00"
14	JERUZALEM (ORMOŽ)	46°28'34" / 16°11'15"
15	LEDAVA	46°33'25" / 16°28'20"
16	MURSKA SOBOTA (RAKIČAN)	46°39'08" / 16°11'29"
17	VELIKI DOLENCI (ŠALOVCI)	46°50'12" / 16°17'16"
18	GORNJA RADGONA	46°40'52" / 15°59'44"
19	SVEČINA (PLAČ)	46°39'49" / 15°35'29"
20	RIBNICA NA POHORJU	46°32'30" / 15°17'30"
21	KOTLJE	46°31'17" / 14°58'54"
22	VELENJE	46°21'51" / 15°07'11"
23	NAZARJE (MOZIRJE)	46°19'23" / 14°56'58"
24	LUČE OB SAVINJI	46°21'15" / 14°44'48"
25	VAČE	46°07'06" / 14°50'23"
26	LJUBLJANA BEŽIGRAD (ARSO)	46°03'58" / 14°30'46"
27	BRNIK - AERODROM	46°13'03" / 14°28'23"
28	JEZERSKO (ZGORNJE JEZERSKO)	46°23'53" / 14°30'14"
29	PODLJUBELJ	46°23'58" / 14°17'03"
30	HLEBCE (LESCE)	46°21'55" / 14°10'28"
31	PLANINA POD GOLICO	46°28'03" / 14°03'09"
32	ZDENSKA VAS	45°51'28" / 14°42'28"
33	RATEČE	46°29'49" / 13°42'46"
34	TRENTA	46°22'56" / 13°45'13"
35	LOG POD MANGARTOM	46°24'25" / 13°36'10"
36	BOVEC	46°20'05" / 13°32'55"
37	TOLMIN	46°10'46" / 13°43'54"
38	BILJE (NOVA GORICA)	45°53'44" / 13°37'28"
39	VEDRIJAN (KOJSKO)	46°00'50" / 13°32'29"
40	LOKEV PRI LIPICI	45°39'49" / 13°55'19"
41	PORTOROŽ - AERODROM	45°28'30" / 13°37'02"
42	KOSEZE (ILIRSKA BISTRICA)	45°33'11" / 14°14'08"
43	ZALOG (POSTOJNA)	45°45'58" / 14°11'36"
44	NOVA VAS NA BLOKAH	45°46'23" / 14°30'34"
45	VRHNIKA	45°57'42" / 14°16'26"
46	VOJSKO	46°01'32" / 13°54'08"
47	SORICA	46°13'19" / 14°01'41"
48	STARA FUŽINA	46°17'21" / 13°53'36"
49	JELENJA VAS (ISKRBA, KOČEVSKA REKA)	45°33'40" / 14°51'28"
50	KREDARICA	46°22'43" / 13°50'57"

LETO 2015 T - 54/b  
8. TLD polletne meritve (\*\*)

Št. TLD	Mesto postavitve	Izmerjena doza $H^*(10)/mSv$ v obdobju				Letna doza $H^*(10)/mSv$	Povprečna mesečna doza $H^*(10)/mSv$ v obdobju				Povprečna mesečna doza $H^*(10)/mSv$
		od 1. 1. 2015 do 1. 7. 2015		od 1. 7. 2015 do 1. 1. 2016		v 2015	od 1. 1. 2015 do 1. 7. 2015		od 1. 7. 2015 do 1. 1. 2016		v 2015
		od do	1. 1. 2015 1. 7. 2015	od do	1. 7. 2015 1. 1. 2016		od do	1. 1. 2015 1. 7. 2015	od do	1. 7. 2015 1. 1. 2016	
1	KOČEVJE	0,449 ± 0,069	0,504 ± 0,078	0,952 ± 0,104	0,075 ± 0,012	0,083 ± 0,013	0,079 ± 0,017				
2	DVOR PRI ŽUŽEMBERKU	0,499 ± 0,077	0,542 ± 0,084	1,041 ± 0,114	0,084 ± 0,013	0,090 ± 0,014	0,087 ± 0,019				
3	DOBLIČE ČRNOMELJ	0,575 ± 0,088	0,623 ± 0,096	1,197 ± 0,130	0,097 ± 0,015	0,103 ± 0,016	0,100 ± 0,022				
4	DRAŠIČI METLIKA	0,405 ± 0,062	0,447 ± 0,069	0,852 ± 0,093	0,068 ± 0,010	0,074 ± 0,011	0,071 ± 0,015				
5	NOVO MESTO	0,376 ± 0,058	0,359 ± 0,055	0,735 ± 0,080	0,063 ± 0,010	0,059 ± 0,009	0,061 ± 0,013				
6	MALKOVEC MOKRONOG	0,386 ± 0,059	0,403 ± 0,062	0,789 ± 0,086	0,065 ± 0,010	0,067 ± 0,010	0,066 ± 0,014				
7	LISCA	0,386 ± 0,060	0,442 ± 0,068	0,829 ± 0,090	0,065 ± 0,010	0,073 ± 0,011	0,069 ± 0,015				
8	CELJE	0,399 ± 0,061	0,453 ± 0,070	0,852 ± 0,093	0,067 ± 0,010	0,075 ± 0,012	0,071 ± 0,015				
9	ROGAŠKA SLATINA	0,405 ± 0,062	0,438 ± 0,067	0,842 ± 0,092	0,068 ± 0,010	0,072 ± 0,011	0,070 ± 0,015				
10	SLOVENSKE KONJICE	0,398 ± 0,061	0,409 ± 0,063	0,807 ± 0,088	0,067 ± 0,010	0,068 ± 0,010	0,067 ± 0,015				
11	ROGLA	0,478 ± 0,074	0,587 ± 0,090	1,065 ± 0,117	0,080 ± 0,012	0,097 ± 0,015	0,089 ± 0,019				
12	MARIBOR	0,403 ± 0,062	0,423 ± 0,065	0,826 ± 0,090	0,068 ± 0,010	0,070 ± 0,011	0,069 ± 0,015				
13	PTUJ	0,473 ± 0,073	0,481 ± 0,074	0,954 ± 0,104	0,080 ± 0,012	0,080 ± 0,012	0,080 ± 0,017				
14	JERUZALEM ORMOŽ	0,441 ± 0,068	0,444 ± 0,068	0,885 ± 0,096	0,074 ± 0,011	0,073 ± 0,011	0,074 ± 0,016				
15	LENDAVA	0,441 ± 0,068	0,465 ± 0,072	0,906 ± 0,099	0,074 ± 0,011	0,077 ± 0,012	0,076 ± 0,016				
16	MURSKA SOBOTA	0,393 ± 0,061	0,427 ± 0,066	0,820 ± 0,089	0,066 ± 0,010	0,071 ± 0,011	0,068 ± 0,015				
17	VELIKI DOLENCI	0,441 ± 0,068	0,483 ± 0,074	0,923 ± 0,101	0,074 ± 0,011	0,080 ± 0,012	0,077 ± 0,017				
18	GORNJA RADGONA	0,364 ± 0,056	0,370 ± 0,057	0,734 ± 0,080	0,061 ± 0,009	0,061 ± 0,009	0,061 ± 0,013				
19	SVEČINA PLAČ	0,472 ± 0,073	0,480 ± 0,074	0,953 ± 0,104	0,079 ± 0,012	0,079 ± 0,012	0,079 ± 0,017				
20	RIBNICA NA POHORJU	0,414 ± 0,064	0,464 ± 0,071	0,878 ± 0,096	0,070 ± 0,011	0,077 ± 0,012	0,073 ± 0,016				
21	KOTLJE	0,490 ± 0,075	0,512 ± 0,079	1,002 ± 0,109	0,082 ± 0,013	0,085 ± 0,013	0,084 ± 0,018				
22	VELENJE	0,434 ± 0,067	0,465 ± 0,072	0,899 ± 0,098	0,073 ± 0,011	0,077 ± 0,012	0,075 ± 0,016				
23	NAZARJE MOZIRJE	0,398 ± 0,061	0,445 ± 0,069	0,843 ± 0,092	0,067 ± 0,010	0,074 ± 0,011	0,070 ± 0,015				
24	LUČE OB SAVINJI	0,411 ± 0,063	0,480 ± 0,074	0,891 ± 0,097	0,069 ± 0,011	0,079 ± 0,012	0,074 ± 0,016				
25	VAČE	0,431 ± 0,066	0,461 ± 0,071	0,892 ± 0,097	0,072 ± 0,011	0,076 ± 0,012	0,074 ± 0,016				
26	LJUBLJANA BEŽIGRAD	0,378 ± 0,058	0,436 ± 0,067	0,814 ± 0,089	0,063 ± 0,010	0,072 ± 0,011	0,068 ± 0,015				
27	BRNIK AERODROM	0,499 ± 0,077	0,548 ± 0,084	1,047 ± 0,114	0,084 ± 0,013	0,091 ± 0,014	0,087 ± 0,019				
28	JEZERSKO	0,507 ± 0,078	0,530 ± 0,082	1,037 ± 0,113	0,085 ± 0,013	0,088 ± 0,013	0,086 ± 0,019				
29	PODLJUBELJ	0,411 ± 0,063	0,427 ± 0,066	0,838 ± 0,091	0,069 ± 0,011	0,071 ± 0,011	0,070 ± 0,015				
30	HLEBCE LESCE	0,449 ± 0,069	0,512 ± 0,079	0,961 ± 0,105	0,075 ± 0,012	0,085 ± 0,013	0,080 ± 0,017				
31	PLANINA POD GOLICO	0,485 ± 0,075	0,507 ± 0,078	0,992 ± 0,108	0,082 ± 0,013	0,084 ± 0,013	0,083 ± 0,018				
32	ZDENSKA VAS	0,451 ± 0,069	0,506 ± 0,078	0,957 ± 0,104	0,076 ± 0,012	0,084 ± 0,013	0,080 ± 0,017				
33	RATEČE	0,438 ± 0,067	0,496 ± 0,076	0,934 ± 0,102	0,074 ± 0,011	0,082 ± 0,013	0,078 ± 0,017				
34	TRENTA	0,311 ± 0,048	0,330 ± 0,051	0,640 ± 0,070	0,052 ± 0,008	0,054 ± 0,008	0,053 ± 0,012				
35	LOG POD MANGARTOM	0,467 ± 0,072	0,501 ± 0,077	0,968 ± 0,105	0,078 ± 0,012	0,083 ± 0,013	0,081 ± 0,018				
36	BOVEC	0,349 ± 0,054	0,389 ± 0,060	0,737 ± 0,080	0,059 ± 0,009	0,064 ± 0,010	0,061 ± 0,013				
37	TOLMIN	0,357 ± 0,055	0,396 ± 0,061	0,753 ± 0,082	0,060 ± 0,009	0,065 ± 0,010	0,063 ± 0,014				
38	BILJE NOVA GORICA	0,310 ± 0,048	0,349 ± 0,054	0,659 ± 0,072	0,052 ± 0,008	0,058 ± 0,009	0,055 ± 0,012				
39	VEDRIJAN KOJSKO	0,418 ± 0,064	0,412 ± 0,063	0,829 ± 0,090	0,070 ± 0,011	0,068 ± 0,010	0,069 ± 0,015				
40	LOKEV PRI LIPICI	0,483 ± 0,074	0,522 ± 0,080	1,004 ± 0,109	0,081 ± 0,012	0,086 ± 0,013	0,084 ± 0,018				
41	SEČOVLJE AERODROM	0,331 ± 0,051	0,357 ± 0,055	0,688 ± 0,075	0,056 ± 0,009	0,059 ± 0,009	0,057 ± 0,012				
42	KOSEZE IL. BISTRICA	0,421 ± 0,065	0,409 ± 0,063	0,829 ± 0,090	0,071 ± 0,011	0,068 ± 0,010	0,069 ± 0,015				
43	ZALOG POSTOJNA	0,434 ± 0,067	0,475 ± 0,073	0,909 ± 0,099	0,073 ± 0,011	0,079 ± 0,012	0,076 ± 0,017				
44	NOVA VAS NA BLOKAH	0,515 ± 0,079	0,587 ± 0,090	1,102 ± 0,120	0,087 ± 0,013	0,097 ± 0,015	0,092 ± 0,020				
45	VRHNIKA	0,633 ± 0,098	0,666 ± 0,102	1,299 ± 0,141	0,106 ± 0,016	0,110 ± 0,017	0,108 ± 0,024				
46	VOJSKO	0,434 ± 0,067	0,469 ± 0,072	0,903 ± 0,098	0,073 ± 0,011	0,078 ± 0,012	0,075 ± 0,016				
47	SORICA	0,351 ± 0,054	0,388 ± 0,060	0,739 ± 0,081	0,059 ± 0,009	0,064 ± 0,010	0,062 ± 0,013				
48	STARA FUŽINA	0,273 ± 0,042	0,333 ± 0,051	0,606 ± 0,066	0,046 ± 0,007	0,055 ± 0,008	0,050 ± 0,011				
49	JELENJA VAS ISKRBA	0,669 ± 0,103	0,712 ± 0,110	1,381 ± 0,151	0,112 ± 0,017	0,118 ± 0,018	0,115 ± 0,025				
50	KREDARICA	0,364 ± 0,056	0,370 ± 0,057	0,734 ± 0,080	0,061 ± 0,009	0,061 ± 0,009	0,061 ± 0,013				
Število merilnih mest		50	50	50	50	50	50				
Povprečje - merilna mesta		0,430 ± 0,074	0,465 ± 0,080	0,895 ± 0,153	0,072 ± 0,012	0,077 ± 0,013	0,075 ± 0,016				
Najvišja doza		0,669 ± 0,103 (49)	0,712 ± 0,110 (49)	1,381 ± 0,151 (49)	0,112 ± 0,017 (49)	0,118 ± 0,018 (49)	0,115 ± 0,025 (49)				
Najnižja doza		0,273 ± 0,042 (48)	0,330 ± 0,051 (34)	0,606 ± 0,066 (48)	0,046 ± 0,007 (48)	0,054 ± 0,008 (34)	0,050 ± 0,011 (48)				

\* Dozimeter je bil izgubljen oz. ukraden; vrednosti so dobljene z ekstrapolacijo iz podatkov za prvo oz. drugo polletje.

(\*\*) Meritve doze zunanjega sevanja s TL-dozimetri so opravljene na Odseku F-2. Negotovost rezultatov meritev so podane z intervalom zaupanja 95 % .

LETO 2015 T - 55

8. DOZA ZUNANJEGA SEVANJA – TL-DOZIMETRI (R HRVAŠKA)

	Polletne doze		Letna doza
	30. 12. 2014 - 26. 6. 2015	26. 6. 2015 – 29. 12. 2015	
Vzrč. mesto	<i>H*(10)/mSv</i>		
<b>Bistra</b>	0,46	0,46	0,92
<b>Bregana</b>	0,35	0,39	0,74
<b>Harmica</b>	0,44	0,48	0,92
<b>Jastrebarsko</b>	0,34	0,34	0,68
<b>Klanjec</b>	0,28	0,33	0,61
<b>Novaki</b>	0,36	0,35	0,71
<b>Oroslavlje</b>	0,41	0,39	0,80
<b>Samobor</b>	0,32	0,34	0,66
<b>Zagreb (IRB)</b>	0,38	0,37	0,75
<b>Zaprešić</b>	0,33	0,36	0,69

29. 12. 2015 so bili na vseh lokacijah postavljeni novi TL dozimetri.

LETO 2015 T - 56/a

## 8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA ZA LETO 2015 V REPUBLIKI SLOVENIJI – sistem OKOLICA NEK / letni pregled

Sistem	Postaja	Mesečne povprečne vrednosti (nSv/h) - polurna obdelava podatkov																								Polletno povprečje (nSv/h)	Polletna doza (mSv)
		Januar				Februar				Marec				April				Maj				Junij					
		Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks		
NEK (Gamma)	Brege	99 ± 8	25	136	90 ± 9	73	130	93 ± 6	80	148	94 ± 6	6	79	122	96 ± 9	82	146	94 ± 7	79	139	94,2 ± 2,9	0,43 ± 0,01					
NEK (Gamma)	Gor. Lenart	102 ± 7	84	152	100 ± 10	76	148	103 ± 7	89	149	107 ± 6	6	89	137	111 ± 9	91	170	112 ± 9	93	174	105,6 ± 3,1	0,48 ± 0,01					
NEK (Gamma)	Krško	94 ± 6	80	127	91 ± 8	72	119	96 ± 7	80	140	99 ± 6	6	85	134	100 ± 7	86	134	101 ± 8	84	152	96,9 ± 2,8	0,44 ± 0,01					
NEK (Gamma)	Leskovec	111 ± 7	94	153	110 ± 8	91	147	110 ± 6	94	151	112 ± 6	6	99	146	115 ± 8	98	157	114 ± 8	91	163	111,8 ± 2,9	0,50 ± 0,01					
NEK (Gamma)	Libna	82 ± 6	66	108	80 ± 6	66	109	82 ± 5	68	114	82 ± 5	69	109	84 ± 5	70	117	83 ± 6	70	116	82,3 ± 2,2	0,37 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Pesje	123 ± 5	109	139	123 ± 6	106	139	123 ± 5	108	144	123 ± 5	107	139	124 ± 5	110	142	122 ± 6	107	144	123,1 ± 2,2	0,56 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Skopice	103 ± 8	85	137	99 ± 12	72	145	105 ± 6	93	151	107 ± 7	93	145	109 ± 8	95	155	109 ± 8	86	160	105,9 ± 3,1	0,48 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Sp. Stari Grad	90 ± 7	75	135	90 ± 8	70	132	89 ± 6	72	128	91 ± 6	6	79	128	93 ± 7	78	139	93 ± 8	78	145	90,8 ± 2,8	0,41 ± 0,01					
NEK (Gamma)	Vihre	93 ± 5	79	120	93 ± 6	76	114	93 ± 5	82	117	94 ± 5	80	111	94 ± 6	82	127	95 ± 6	81	127	93,6 ± 2,2	0,42 ± 0,01						
NEK (Gamma-meteo)	Brežice	67 ± 5	56	97	66 ± 7	50	98	67 ± 5	58	108	68 ± 4	59	93	69 ± 6	59	108	69 ± 5	58	107	67,8 ± 2,1	0,31 ± 0,01						
NEK (Gamma-meteo)	Cerklje	80 ± 7	65	117	76 ± 11	55	116	80 ± 6	71	140	81 ± 4	70	112	84 ± 8	71	139	84 ± 7	72	124	81,1 ± 2,5	0,37 ± 0,01						
NEK (Gamma-meteo)	Krško-NEK	69 ± 5	55	103	68 ± 5	54	95	68 ± 4	59	108	68 ± 4	61	99	70 ± 6	61	111	70 ± 6	58	109	68,6 ± 2,0	0,31 ± 0,01						
NEK (Gamma-meteo)	Krško-Videm	65 ± 6	55	113	64 ± 5	52	90	63 ± 5	55	111	64 ± 4	55	100	65 ± 6	54	108	65 ± 7	52	118	64,2 ± 2,1	0,29 ± 0,01						
Sistem	Postaja	Julij				Avgust				September				Oktober				November				December				Letno povprečje (nSv/h)	Letna doza (mSv)
NEK (Gamma)	Brege	97 ± 7	80	132	97 ± 10	78	195	96 ± 9	80	156	99 ± 13	81	180	97 ± 7	78	145	97 ± 6	84	116	95,5 ± 2,2	0,84 ± 0,02						
NEK (Gamma)	Gor. Lenart	116 ± 11	93	251	112 ± 11	95	196	113 ± 10	92	190	110 ± 14	94	185	109 ± 8	95	172	111 ± 7	92	136	107,9 ± 2,4	0,95 ± 0,02						
NEK (Gamma)	Krško	102 ± 8	16	156	102 ± 11	87	210	102 ± 8	88	175	103 ± 11	79	152	102 ± 7	84	150	103 ± 6	88	121	99,2 ± 2,1	0,87 ± 0,02						
NEK (Gamma)	Leskovec	116 ± 7	101	155	116 ± 11	99	233	115 ± 9	98	180	116 ± 11	98	178	114 ± 7	94	167	115 ± 6	97	133	113,3 ± 2,1	0,99 ± 0,02						
NEK (Gamma)	Libna	85 ± 6	73	123	84 ± 8	70	167	84 ± 7	71	147	85 ± 9	70	136	83 ± 6	70	128	79 ± 4	68	110	82,2 ± 1,6	0,72 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Pesje	122 ± 6	109	160	123 ± 6	103	144	123 ± 6	106	151	124 ± 7	110	158	124 ± 6	109	152	124 ± 5	111	140	123,2 ± 1,6	1,08 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Skopice	112 ± 8	93	185	112 ± 11	89	187	111 ± 9	94	172	111 ± 14	92	182	111 ± 7	93	156	112 ± 7	94	136	108,4 ± 2,3	0,95 ± 0,02						
NEK (Gamma)	Sp. Stari Grad	97 ± 9	81	172	96 ± 11	77	183	95 ± 9	78	170	96 ± 14	77	167	96 ± 8	78	157	95 ± 6	79	126	92,7 ± 2,2	0,81 ± 0,02						
NEK (Gamma)	Vihre	96 ± 6	82	123	96 ± 6	84	143	96 ± 6	80	128	96 ± 9	81	141	96 ± 6	82	133	96 ± 5	82	120	94,7 ± 1,7	0,83 ± 0,01						
NEK (Gamma-meteo)	Brežice	72 ± 8	60	193	72 ± 8	59	125	70 ± 6	60	116	73 ± 11	61	136	72 ± 5	60	110	84 ± 14	63	108	69,2 ± 1,7	0,61 ± 0,01						
NEK (Gamma-meteo)	Cerklje	89 ± 8	73	160	87 ± 9	72	157	86 ± 8	71	152	89 ± 11	72	143	108 ± 9	79	145	107 ± 6	90	122	86,7 ± 2,0	0,76 ± 0,02						
NEK (Gamma-meteo)	Krško-NEK	72 ± 6	60	130	72 ± 8	60	147	71 ± 7	60	131	73 ± 11	60	129	72 ± 5	62	123	77 ± 7	63	101	70,0 ± 1,6	0,61 ± 0,01						
NEK (Gamma-meteo)	Krško-Videm	66 ± 7	56	128	67 ± 10	55	184	66 ± 8	54	133	69 ± 12	55	129	68 ± 6	56	120	68 ± 5	54	84	65,3 ± 1,7	0,57 ± 0,02						

Podatki o kontinuirnih meritvah hitrosti doz so povzeti s spletnega portala [www.radioaktivnost.si](http://www.radioaktivnost.si), ki ga vodi URSJV, Ministrstvo za okolje in prostor.

## 8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA Z MFM-202 ZA LETO 2015 V REPUBLIKI SLOVENIJI – sistem MZO in URSJV / 1. polletje

Sistem	Postaja	Mesečne povprečne vrednosti (nSv/h) - polurna obdelava podatkov																				Polletno povprečje (nSv/h)	Polletna doza (mSv)				
		Januar				Februar				Marec				April				Maj						Junij			
		Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks			Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks
MZO	Brinje	105 ± 9	86	168	100 ± 9	82	147	105 ± 8	88	174	106 ± 8	91	169	108 ± 8	90	171	111 ± 11	92	204	105,6 ± 3,5	0,48 ± 0,02						
MZO	Brnik	110 ± 11	85	187	106 ± 10	84	152	115 ± 9	95	184	116 ± 7	97	168	118 ± 10	102	174	119 ± 13	99	221	114,1 ± 3,9	0,52 ± 0,02						
MZO	Celje	85 ± 7	68	128	86 ± 6	69	112	85 ± 6	70	128	86 ± 6	72	132	87 ± 7	73	127	86 ± 7	71	128	85,8 ± 2,6	0,39 ± 0,01						
MZO	Dolenje	80 ± 6	68	118	80 ± 5	69	102	79 ± 5	66	108	81 ± 6	69	120	80 ± 5	69	99	81 ± 6	69	108	80,1 ± 2,2	0,36 ± 0,01						
MZO	Dvor	96 ± 7	80	150	92 ± 8	75	123	96 ± 7	81	135	96 ± 6	84	136	99 ± 6	87	127	-	-	-	96,2 ± 3,0	0,43 ± 0,01						
MZO	Gačnik	110 ± 8	92	154	107 ± 10	84	147	112 ± 6	96	147	113 ± 7	92	171	114 ± 9	98	181	114 ± 10	94	184	111,8 ± 3,2	0,50 ± 0,01						
MZO	Gornja Radgona	96 ± 6	82	132	96 ± 5	82	126	96 ± 5	79	116	98 ± 5	86	117	99 ± 7	84	146	97 ± 7	83	156	96,9 ± 2,3	0,44 ± 0,01						
MZO	Hrastje	80 ± 8	65	158	76 ± 8	62	121	79 ± 7	67	138	79 ± 7	66	137	80 ± 7	68	111	81 ± 10	64	179	79,1 ± 3,1	0,36 ± 0,01						
MZO	Hrastnik	89 ± 7	73	139	89 ± 7	72	114	89 ± 6	76	127	89 ± 7	76	146	90 ± 7	76	122	90 ± 10	22	149	89,3 ± 2,9	0,40 ± 0,01						
MZO	Ilirska Bistrica	104 ± 9	85	151	106 ± 6	89	136	106 ± 7	90	145	107 ± 6	93	142	109 ± 7	94	138	112 ± 8	94	187	107,3 ± 2,8	0,48 ± 0,01						
MZO	Iška vas	82 ± 9	65	149	73 ± 8	53	113	81 ± 8	67	127	82 ± 7	70	126	83 ± 8	68	152	84 ± 8	69	152	80,9 ± 3,2	0,36 ± 0,01						
MZO	Jesenice na Dol.	78 ± 6	64	106	77 ± 7	59	113	77 ± 6	64	125	78 ± 5	65	99	79 ± 7	66	127	79 ± 7	62	133	78,0 ± 2,5	0,35 ± 0,01						
MZO	Kamnik	71 ± 6	58	112	72 ± 5	60	94	70 ± 5	59	100	71 ± 5	62	98	72 ± 5	60	93	72 ± 6	59	109	71,3 ± 2,2	0,32 ± 0,01						
MZO	Koper	85 ± 6	72	143	86 ± 7	74	150	85 ± 6	72	108	86 ± 5	73	119	87 ± 6	70	121	88 ± 7	74	137	86,1 ± 2,5	0,39 ± 0,01						
MZO	Krajinski park Goričko	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
MZO	Lendava	90 ± 7	75	137	91 ± 6	77	116	90 ± 5	78	106	93 ± 6	79	126	95 ± 7	77	154	94 ± 7	78	148	91,9 ± 2,5	0,41 ± 0,01						
MZO	Levec	90 ± 8	72	142	90 ± 7	75	115	92 ± 6	79	131	93 ± 6	81	134	95 ± 8	80	158	93 ± 9	80	150	92,1 ± 2,9	0,42 ± 0,01						
MZO	Loče	96 ± 8	80	140	96 ± 6	79	126	97 ± 6	83	123	99 ± 6	83	135	99 ± 7	83	150	99 ± 8	83	146	97,6 ± 2,7	0,44 ± 0,01						
MZO	Malkovec	94 ± 7	78	130	93 ± 8	71	124	93 ± 6	80	126	95 ± 6	81	133	97 ± 7	83	131	97 ± 8	84	149	94,7 ± 2,8	0,43 ± 0,01						
MZO	MB-Center	86 ± 6	73	129	87 ± 6	71	109	85 ± 5	72	106	85 ± 6	71	124	86 ± 7	73	132	85 ± 6	70	119	85,6 ± 2,4	0,39 ± 0,01						
MZO	MB-Slivnica	94 ± 10	77	151	95 ± 7	78	128	95 ± 6	79	122	98 ± 8	84	165	100 ± 9	85	163	98 ± 9	83	160	96,4 ± 3,2	0,43 ± 0,01						
MZO	Muta	104 ± 9	84	160	102 ± 8	80	134	105 ± 6	90	145	106 ± 6	89	151	107 ± 8	92	165	107 ± 7	88	156	105,3 ± 2,9	0,48 ± 0,01						
MZO	N. Gorica	95 ± 6	83	133	95 ± 5	81	110	94 ± 5	81	116	95 ± 5	84	141	96 ± 5	84	125	97 ± 6	83	166	95,3 ± 2,2	0,43 ± 0,01						
MZO	Park Škočjanske jame	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
MZO	Podbočje	88 ± 7	74	134	86 ± 9	68	120	87 ± 6	74	126	87 ± 6	74	124	87 ± 5	76	100	-	-	-	87,1 ± 2,8	0,39 ± 0,01						
MZO	Podčetrtek	94 ± 8	76	138	95 ± 8	73	122	97 ± 6	80	124	99 ± 6	85	137	100 ± 8	85	165	101 ± 9	82	156	97,6 ± 3,0	0,44 ± 0,01						
MZO	Ptuj	107 ± 10	82	174	109 ± 8	91	139	110 ± 6	96	162	114 ± 6	98	154	115 ± 9	96	168	114 ± 9	93	187	111,7 ± 3,1	0,50 ± 0,01						
MZO	Radenci	88 ± 7	70	139	89 ± 6	74	115	88 ± 5	72	114	91 ± 6	74	126	92 ± 8	76	145	90 ± 8	77	151	89,4 ± 2,6	0,40 ± 0,01						
MZO	Ravne na Koroškem	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	90 ± 8	74	136	98 ± 11	74	161	92,8 ± 6,5	0,42 ± 0,03						
MZO	Rogla	112 ± 9	88	169	94 ± 7	78	129	90 ± 7	74	124	112 ± 15	87	193	125 ± 9	106	175	122 ± 9	105	203	105,5 ± 3,5	0,48 ± 0,02						
MZO	Rudno polje	101 ± 8	84	157	94 ± 6	74	124	90 ± 7	76	131	110 ± 15	84	171	124 ± 10	108	181	121 ± 10	105	190	101,6 ± 3,4	0,46 ± 0,02						
MZO	Suha	87 ± 8	69	136	81 ± 7	64	115	90 ± 7	77	131	90 ± 6	76	134	91 ± 6	76	132	92 ± 8	77	153	88,7 ± 2,8	0,40 ± 0,01						
MZO	Todraž	125 ± 11	100	190	111 ± 12	87	160	127 ± 8	108	165	128 ± 8	111	178	131 ± 8	115	172	134 ± 10	112	195	127,3 ± 3,7	0,57 ± 0,02						
MZO	Trbovlje	74 ± 7	58	124	73 ± 6	59	95	72 ± 4	59	85	73 ± 6	62	122	74 ± 7	62	109	74 ± 10	61	156	72,9 ± 2,4	0,33 ± 0,01						
MZO	Zagorje	76 ± 7	63	122	76 ± 6	61	96	75 ± 6	60	110	75 ± 6	63	114	76 ± 6	62	100	77 ± 8	63	149	75,7 ± 2,6	0,34 ± 0,01						

Podatki o kontinuirnih meritvah hitrosti doz so povzeti s spletnega portala [www.radioaktivnost.si](http://www.radioaktivnost.si), ki ga vodi URSJV, Ministrstvo za okolje in prostor.

## 8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA Z MFM-202 ZA LETO 2015 V REPUBLIKI SLOVENIJI – sistem MZO in URSJV / 2. polletje

		Mesečne povprečne vrednosti (nSv/h) - polurna obdelava podatkov																				Letno povprečje (nSv/h)	Letna doza (mSv)		
		Julij				Avgust				September				Oktober				November						December	
Sistem	Postaja	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks
MZO	Brinje	114 ± 9	97	188	112 ± 15	92	305	110 ± 14	92	248	110 ± 13	91	184	110 ± 8	92	171	110 ± 6	93	130	108,1 ± 2,6	0,95 ± 0,02				
MZO	Brnik	124 ± 11	102	185	123 ± 11	104	231	119 ± 16	96	238	114 ± 15	90	201	112 ± 9	91	178	113 ± 6	97	130	115,0 ± 2,8	1,01 ± 0,02				
MZO	Celje	88 ± 8	72	139	88 ± 7	73	159	87 ± 7	72	138	89 ± 9	74	145	90 ± 6	75	124	93 ± 6	74	116	87,5 ± 1,9	0,77 ± 0,02				
MZO	Dolenje	82 ± 7	13	122	83 ± 7	68	118	83 ± 7	68	132	84 ± 9	71	142	86 ± 6	65	141	85 ± 6	70	109	81,6 ± 1,7	0,71 ± 0,02				
MZO	Dvor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	104 ± 7	88	137	106 ± 7	88	128	98,5 ± 2,6	0,86 ± 0,02				
MZO	Gačnik	118 ± 14	102	250	116 ± 9	100	188	115 ± 10	97	177	116 ± 12	98	180	115 ± 7	89	162	115 ± 6	102	134	113,5 ± 2,4	0,99 ± 0,02				
MZO	Gornja Radgona	99 ± 6	85	120	101 ± 6	88	144	99 ± 7	84	142	100 ± 8	82	146	100 ± 7	15	125	101 ± 5	87	117	98,3 ± 1,7	0,86 ± 0,02				
MZO	Hrastje	83 ± 8	69	155	83 ± 11	67	229	76 ± 13	60	192	78 ± 12	62	144	77 ± 7	62	141	78 ± 6	62	90	79,1 ± 2,3	0,69 ± 0,02				
MZO	Hrastnik	93 ± 7	77	148	93 ± 7	79	150	91 ± 7	77	135	93 ± 10	76	135	91 ± 6	76	130	91 ± 5	75	110	90,6 ± 2,0	0,79 ± 0,02				
MZO	Ilirska Bistrica	116 ± 7	98	157	115 ± 11	96	245	112 ± 8	96	202	111 ± 9	94	160	111 ± 7	91	156	112 ± 6	96	131	109,8 ± 2,1	0,96 ± 0,02				
MZO	Iska vas	87 ± 7	71	130	87 ± 9	70	149	86 ± 11	70	181	89 ± 14	71	186	86 ± 7	68	126	88 ± 8	70	110	83,7 ± 2,4	0,73 ± 0,02				
MZO	Jesenice na Dol.	81 ± 7	67	127	82 ± 10	66	183	80 ± 7	67	128	79 ± 11	62	127	78 ± 6	65	122	79 ± 6	65	102	78,6 ± 1,9	0,69 ± 0,02				
MZO	Kamnik	74 ± 8	60	167	74 ± 6	60	124	72 ± 12	15	153	78 ± 12	23	110	80 ± 6	64	114	80 ± 5	68	93	73,5 ± 1,7	0,64 ± 0,02				
MZO	Koper	90 ± 6	72	132	89 ± 6	74	126	90 ± 8	76	156	94 ± 7	78	136	95 ± 7	80	135	95 ± 5	81	110	89,1 ± 1,8	0,78 ± 0,02				
MZO	Krajinski park Goričko	-	-	-	-	-	-	109 ± 10	91	171	109 ± 13	90	179	107 ± 6	92	137	108 ± 6	94	138	107,8 ± 3,7	0,94 ± 0,03				
MZO	Lendava	97 ± 7	80	147	98 ± 6	81	147	97 ± 9	79	177	96 ± 12	77	158	94 ± 8	83	165	93 ± 5	80	113	93,5 ± 1,9	0,82 ± 0,02				
MZO	Levec	96 ± 9	79	185	95 ± 8	79	189	96 ± 9	77	154	109 ± 12	92	213	109 ± 7	93	158	109 ± 6	92	127	97,1 ± 2,2	0,85 ± 0,02				
MZO	Loče	102 ± 8	85	156	101 ± 8	86	187	100 ± 7	82	147	100 ± 11	80	161	104 ± 7	85	153	105 ± 5	91	125	100,0 ± 2,0	0,88 ± 0,02				
MZO	Malkovec	99 ± 9	82	197	98 ± 8	83	155	98 ± 7	77	137	104 ± 13	82	174	102 ± 7	84	146	104 ± 6	87	131	97,5 ± 2,1	0,85 ± 0,02				
MZO	MB-Center	86 ± 7	71	131	86 ± 7	74	134	86 ± 7	74	125	89 ± 10	73	154	84 ± 6	74	119	84 ± 5	73	103	85,4 ± 1,8	0,75 ± 0,02				
MZO	MB-Slivnica	101 ± 10	84	177	101 ± 8	85	178	101 ± 11	81	189	102 ± 14	82	178	100 ± 8	83	175	100 ± 5	84	116	98,4 ± 2,3	0,86 ± 0,02				
MZO	Muta	109 ± 10	86	191	109 ± 7	90	167	107 ± 10	89	171	98 ± 11	79	161	102 ± 6	87	143	104 ± 5	87	120	105,0 ± 2,1	0,92 ± 0,02				
MZO	N. Gorica	98 ± 7	87	157	98 ± 8	84	162	96 ± 7	82	141	97 ± 8	82	151	98 ± 6	80	148	99 ± 6	83	120	96,2 ± 1,7	0,84 ± 0,01				
MZO	Park Škocjanske jame	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	94 ± 7	76	111	94,0 ± 7,0	0,82 ± 0,06				
MZO	Podbočje	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	92 ± 9	77	139	94 ± 7	77	113	88,3 ± 2,5	0,77 ± 0,02				
MZO	Podčetrtek	104 ± 8	85	148	103 ± 9	84	159	102 ± 9	82	171	102 ± 12	84	168	108 ± 8	82	154	109 ± 6	90	127	101,2 ± 2,2	0,89 ± 0,02				
MZO	Ptuj	118 ± 9	98	177	117 ± 9	96	179	115 ± 10	96	219	114 ± 16	28	180	119 ± 9	100	186	119 ± 6	101	138	114,3 ± 2,3	1,00 ± 0,02				
MZO	Radenci	92 ± 8	77	157	93 ± 6	81	139	93 ± 9	77	156	94 ± 12	76	155	93 ± 6	78	129	94 ± 6	74	115	91,1 ± 1,9	0,80 ± 0,02				
MZO	Ravne na Koroškem	110 ± 9	90	177	109 ± 9	92	199	108 ± 10	90	168	109 ± 11	94	179	109 ± 7	93	149	108 ± 6	90	127	105,4 ± 2,9	0,92 ± 0,03				
MZO	Rogla	123 ± 6	107	154	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	109,9 ± 3,0	0,96 ± 0,03				
MZO	Rudno polje	125 ± 12	107	198	122 ± 8	106	169	120 ± 14	100	190	124 ± 15	103	181	-	-	-	-	-	-	107,2 ± 2,9	0,94 ± 0,03				
MZO	Suha	95 ± 9	81	195	95 ± 7	81	150	96 ± 10	78	156	99 ± 13	80	176	97 ± 6	79	135	98 ± 7	77	117	92,1 ± 2,1	0,81 ± 0,02				
MZO	Todraž	138 ± 9	117	197	135 ± 10	115	203	134 ± 13	112	213	135 ± 14	112	223	131 ± 8	111	182	132 ± 8	112	160	130,4 ± 2,7	1,14 ± 0,02				
MZO	Trbovlje	76 ± 8	57	126	76 ± 8	59	142	75 ± 8	61	120	78 ± 11	61	136	76 ± 6	61	116	77 ± 6	62	92	74,2 ± 1,9	0,65 ± 0,02				
MZO	Zagorje	78 ± 7	62	130	78 ± 7	61	131	77 ± 7	61	135	79 ± 9	61	143	79 ± 6	66	109	79 ± 6	65	94	77,0 ± 1,9	0,67 ± 0,02				

Podatki o kontinuirnih meritvah hitrosti doz so povzeti s spletnega portala [www.radioaktivnost.si](http://www.radioaktivnost.si), ki ga vodi URSJV, Ministrstvo za okolje in prostor.

## 8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA ZA LETO 2015 V REPUBLIKI SLOVENIJI – sistem ARSO / letni pregled

Sistem	Postaja	Mesečne povprečne vrednosti (nSv/h) - polurna obdelava podatkov																								Polletno povprečje (nSv/h)	Polletna doza (mSv)			
		Januar				Februar				Marec				April				Maj				Junij								
		Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks					
ARSO	Bovec	79	± 12	62	148	75	± 7	59	115	78	± 7	65	117	79	± 6	68	115	83	± 29	19	307	80	± 10	66	147	78,0	± 3,4	0,35	± 0,02	
ARSO	Dobliče	131	± 10	108	175	117	± 19	79	182	130	± 8	108	174	132	± 8	110	183	136	± 9	115	174	141	± 10	117	222	132,9	± 3,9	0,60	± 0,02	
ARSO	Koče vje	-	-	-	-	126	± 12	101	173	144	± 11	120	229	146	± 9	123	188	146	± 9	127	189	151	± 12	126	224	143,4	± 4,6	0,65	± 0,02	
ARSO	Kredarica	127	± 11	79	171	129	± 9	107	160	126	± 7	107	161	127	± 7	109	159	130	± 8	111	168	129	± 8	110	176	127,9	± 3,3	0,58	± 0,01	
ARSO	Krvavec	100	± 8	84	153	96	± 7	81	121	91	± 8	78	159	98	± 12	77	142	112	± 9	96	181	109	± 9	94	186	100,3	± 3,5	0,45	± 0,02	
ARSO	LJ-Bežigrad	111	± 8	92	155	107	± 8	88	143	111	± 6	95	148	112	± 7	97	154	113	± 5	100	130	-	-	-	-	111,3	± 2,9	0,50	± 0,01	
ARSO	Lesce	93	± 10	75	165	91	± 8	74	130	96	± 7	81	134	97	± 7	81	153	100	± 11	84	194	98	± 12	82	196	95,5	± 3,5	0,43	± 0,02	
ARSO	Lisca	96	± 10	76	141	86	± 8	71	120	96	± 10	71	149	103	± 7	86	147	105	± 7	90	141	105	± 8	90	152	99,4	± 3,3	0,45	± 0,01	
ARSO	MB-Tabor	104	± 10	83	175	103	± 9	82	140	107	± 6	94	143	109	± 8	91	178	110	± 9	95	165	98	± 25	42	169	106,7	± 3,5	0,48	± 0,02	
ARSO	MS-Rakičan	99	± 8	80	142	102	± 6	87	126	102	± 6	88	136	105	± 6	91	150	106	± 8	90	174	105	± 9	83	169	103,1	± 2,8	0,47	± 0,01	
ARSO	NG-Bilje	83	± 7	68	147	82	± 5	68	104	81	± 7	68	119	83	± 8	69	147	83	± 6	70	124	85	± 10	68	166	82,5	± 2,7	0,37	± 0,01	
ARSO	Novo mesto	93	± 10	73	161	89	± 10	67	124	90	± 8	76	160	91	± 6	76	121	93	± 9	77	146	94	± 8	75	146	91,6	± 3,3	0,41	± 0,01	
ARSO	Postojna	112	± 9	89	155	104	± 13	78	161	113	± 8	97	155	115	± 8	96	155	115	± 8	99	167	118	± 9	99	165	113,8	± 3,6	0,51	± 0,02	
ARSO	Rateče	108	± 7	94	155	94	± 7	78	120	109	± 14	82	165	125	± 7	105	159	128	± 9	109	180	126	± 9	109	183	113,9	± 3,3	0,51	± 0,01	
ARSO	Sečovelje	87	± 7	73	132	87	± 8	73	157	87	± 6	73	147	88	± 6	76	134	90	± 7	75	136	91	± 7	76	151	88,3	± 2,7	0,40	± 0,01	
ARSO	Sl. Gradec	124	± 12	99	194	118	± 12	87	147	130	± 8	113	186	133	± 8	116	181	135	± 9	112	192	136	± 11	115	217	130,5	± 3,9	0,59	± 0,02	
ARSO	Velenje	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	105	± 4	98	113	107	± 8	90	178	107	± 10	92	185	105,6	± 3,4	0,48	± 0,02	
EIMV	Vnajarje	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sistem	Postaja	Julij				Avgust				September				Oktober				November				December				Letno povprečje (nSv/h)	Letna doza (mSv)			
ARSO	Bovec	80	± 14	66	233	78	± 10	62	190	71	± 4	62	81	88	± 17	65	183	85	± 7	70	149	84	± 4	73	98	78,5	± 2,0	0,69	± 0,02	
ARSO	Dobliče	147	± 13	120	251	144	± 14	120	249	141	± 12	115	214	144	± 17	119	238	143	± 11	112	194	147	± 10	117	180	137,2	± 3,1	1,20	± 0,03	
ARSO	Koče vje	156	± 15	125	296	154	± 15	127	262	149	± 13	126	256	147	± 18	103	209	147	± 18	103	209	153	± 13	113	189	146,5	± 3,6	1,28	± 0,03	
ARSO	Kredarica	130	± 8	113	163	129	± 20	10	159	-	-	-	-	-	-	-	-	137	± 6	124	157	132	± 4	120	145	130,6	± 2,2	1,14	± 0,02	
ARSO	Krvavec	111	± 9	94	184	110	± 7	96	161	-	-	-	-	-	-	-	-	113	± 11	36	148	109	± 5	96	127	105,1	± 2,5	0,92	± 0,02	
ARSO	LJ-Bežigrad	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	123	± 13	104	218	121	± 7	105	163	121	± 7	103	150	114,1	± 2,5	1,00	± 0,02	
ARSO	Lesce	101	± 13	85	196	100	± 10	82	188	100	± 17	82	260	99	± 17	77	198	93	± 7	78	146	92	± 5	79	113	95,0	± 2,5	0,83	± 0,02	
ARSO	Lisca	107	± 8	91	164	106	± 8	89	163	106	± 7	89	154	109	± 13	91	165	-	-	-	-	-	-	-	-	102,1	± 2,6	0,89	± 0,02	
ARSO	MB-Tabor	114	± 11	86	241	113	± 10	94	228	112	± 10	94	177	112	± 13	93	195	111	± 7	92	161	110	± 6	94	131	109,1	± 2,5	0,96	± 0,02	
ARSO	MS-Rakičan	107	± 9	92	177	108	± 8	25	141	108	± 10	88	179	107	± 12	89	183	105	± 6	90	143	106	± 6	92	127	104,6	± 2,1	0,92	± 0,02	
ARSO	NG-Bilje	87	± 9	71	196	87	± 12	68	207	84	± 10	69	154	86	± 12	69	192	87	± 7	70	126	78	± 6	60	100	83,0	± 2,1	0,73	± 0,02	
ARSO	Novo mesto	98	± 8	81	129	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	92,5	± 3,1	0,81	± 0,03	
ARSO	Postojna	123	± 10	104	165	120	± 10	96	190	116	± 9	95	179	116	± 14	97	336	118	± 10	98	163	118	± 11	101	163	115,8	± 2,7	1,01	± 0,02	
ARSO	Rateče	131	± 9	112	215	126	± 9	109	201	126	± 12	107	203	126	± 15	107	223	120	± 8	103	176	112	± 5	99	129	116,7	± 2,3	1,02	± 0,02	
ARSO	Sečovelje	93	± 6	81	141	92	± 7	79	152	90	± 9	66	162	82	± 9	67	150	83	± 8	69	144	82	± 4	68	93	87,1	± 1,9	0,76	± 0,02	
ARSO	Sl. Gradec	138	± 10	118	194	138	± 8	116	189	135	± 12	115	210	134	± 13	114	207	134	± 8	113	181	134	± 6	116	155	133,2	± 2,6	1,17	± 0,02	
ARSO	Velenje	110	± 9	93	162	109	± 8	93	163	108	± 8	93	171	111	± 13	93	174	110	± 7	94	170	109	± 5	94	124	107,6	± 2,2	0,94	± 0,02	
EIMV	Vnajarje	136	± 8	118	168	135	± 9	113	200	133	± 11	108	230	132	± 11	111	192	129	± 8	110	172	129	± 6	111	147	131,7	± 3,4	1,15	± 0,03	

Podatki o kontinuirnih meritvah hitrosti doz so povzeti s spletnega portala [www.radioaktivnost.si](http://www.radioaktivnost.si), ki ga vodi URSJV, Ministrstvo za okolje in prostor.



LETO 2015 T - 56/e

## 8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA ZA LETO 2015 V REPUBLIKI SLOVENIJI – sistem URSJV / letni pregled

Sistem	Postaja	Mesečne povprečne vrednosti (nSv/h) - polurna obdelava podatkov																								Polletno povprečje (nSv/h)	Polletna doza (mSv)
		Januar				Februar				Marec				April				Maj				Junij					
		Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks		
URSJV	Lakonca	64 ± 7	52	124	63 ± 6	49	89	63 ± 6	50	109	63 ± 6	53	112	65 ± 7	54	104	65 ± 10	51	153	63,6 ± 2,7	0,29 ± 0,01						
URSJV	LJ-Brinje-IJS	84 ± 10	100	98	79 ± 11	100	98	83 ± 9	100	98	85 ± 9	100	98	85 ± 10	100	98	88 ± 12	100	98	83,9 ± 4,1	0,38 ± 0,02						
URSJV	LJ-Brinje-URSJV	71 ± 6	100	90	66 ± 9	100	90	74 ± 7	100	90	78 ± 7	100	90	82 ± 7	100	90	86 ± 10	100	90	75,6 ± 3,0	0,34 ± 0,01						
URSJV	LJ-Vič	114 ± 5	103	148	107 ± 5	96	133	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	110,5 ± 3,5	0,50 ± 0,02						
URSJV	NEK-URSJV	70 ± 6	100	90	68 ± 6	100	90	69 ± 5	100	90	70 ± 5	0	90	73 ± 7	0	90	73 ± 7	100	90	70,2 ± 2,4	0,32 ± 0,01						
URSJV	Prapretno	89 ± 8	70	136	86 ± 8	65	112	89 ± 6	76	136	90 ± 7	74	147	91 ± 7	74	127	92 ± 10	75	165	89,4 ± 3,0	0,40 ± 0,01						
URSJV	Sv.Mohor	-	-	-	-	-	-	77 ± 5	64	97	77 ± 5	65	105	78 ± 5	64	113	78 ± 7	66	137	77,4 ± 2,7	0,35 ± 0,01						
URSJV	Šoštanj	110 ± 10	93	184	108 ± 8	82	136	113 ± 7	98	153	114 ± 7	101	162	116 ± 9	98	190	115 ± 10	94	188	112,7 ± 3,4	0,51 ± 0,02						
Sistem	Postaja	Julij				Avgust				September				Oktober				November				December				Letno povprečje (nSv/h)	Letna doza (mSv)
URSJV	Lakonca	67 ± 8	51	123	66 ± 8	55	129	65 ± 8	51	118	67 ± 10	53	133	66 ± 7	54	121	66 ± 5	54	81	64,8 ± 2,0	0,57 ± 0,02						
URSJV	LJ-Brinje-IJS	91 ± 11	100	98	90 ± 14	100	98	89 ± 16	100	98	87 ± 12	100	98	88 ± 9	100	98	89 ± 9	100	98	86,2 ± 3,0	0,75 ± 0,03						
URSJV	LJ-Brinje-URSJV	87 ± 11	100	90	90 ± 15	100	90	94 ± 13	100	90	90 ± 13	100	90	81 ± 8	100	90	78 ± 5	60	90	78,4 ± 2,3	0,69 ± 0,02						
URSJV	LJ-Vič	145 ± 37	96	238	112 ± 8	94	179	106 ± 10	91	181	107 ± 12	90	181	106 ± 7	88	148	107 ± 6	89	126	109,2 ± 2,5	0,96 ± 0,02						
URSJV	NEK-URSJV	76 ± 9	100	90	74 ± 9	100	90	74 ± 8	100	90	74 ± 12	0	90	73 ± 7	0	90	73 ± 5	60	90	71,5 ± 1,9	0,63 ± 0,02						
URSJV	Prapretno	94 ± 8	79	152	94 ± 8	79	157	92 ± 8	76	138	94 ± 11	79	155	92 ± 7	79	134	93 ± 6	78	113	91,2 ± 2,2	0,80 ± 0,02						
URSJV	Sv.Mohor	80 ± 10	0	144	-	-	-	-	-	-	81 ± 10	65	129	79 ± 6	65	123	79 ± 6	66	96	78,1 ± 2,2	0,68 ± 0,02						
URSJV	Šoštanj	118 ± 10	100	177	117 ± 8	98	171	116 ± 10	98	189	118 ± 13	98	201	116 ± 7	102	169	117 ± 6	96	135	114,8 ± 2,4	1,01 ± 0,02						

Podatki o kontinuirnih meritvah hitrosti doz so povzeti s spletnega portala [www.radioaktivnost.si](http://www.radioaktivnost.si), ki ga vodi URSJV, Ministrstvo za okolje in prostor.

LETO 2015

## 8. IZRAČUN RAZREDČITVENIH IN DEPOZICIJSKIH KOEFICIENTOV PO LAGRANGEEVEM MODELU (MEIS storitve za okolje, d. o. o.)

Razredčitveni koeficienti

Lokacija	NEK - plant vent	NEK - ograja zahod	NEK - ograja vzhod	Spodnji Stari Grad	Vrbina	Brežice	Vihre	Mrtvice	Brege	Žadovinek	Leskovec	Krško - Stara vas	Pesje	Dobova
Mesec	Povprečni mesečni $X/Q$													
Januar	1,05E-07	1,13E-07	8,46E-08	1,16E-07	8,03E-08	1,71E-08	1,84E-08	2,34E-08	6,34E-08	1,09E-07	1,09E-07	6,18E-08	1,07E-07	9,24E-09
Februar	1,67E-07	1,70E-07	1,64E-07	1,09E-07	1,44E-07	2,50E-08	2,35E-08	3,07E-08	6,32E-08	1,05E-07	1,13E-07	7,71E-08	8,82E-08	1,09E-08
Marec	9,22E-08	1,07E-07	1,03E-07	8,12E-08	8,17E-08	5,09E-08	1,97E-08	2,28E-08	4,31E-08	7,00E-08	5,98E-08	4,60E-08	6,98E-08	3,25E-08
April	9,96E-08	8,84E-08	9,42E-08	1,38E-07	1,26E-07	2,99E-08	2,07E-08	3,13E-08	4,00E-08	5,88E-08	7,94E-08	7,88E-08	1,12E-07	1,83E-08
Maj	3,14E-07	3,21E-07	1,53E-07	1,24E-07	1,98E-07	2,95E-08	1,98E-08	2,28E-08	5,93E-08	1,24E-07	8,76E-08	6,67E-08	1,17E-07	1,20E-08
Junij	6,05E-07	8,15E-07	4,52E-07	1,77E-07	4,37E-07	9,46E-08	9,98E-08	1,06E-07	1,47E-07	2,23E-07	1,46E-07	1,17E-07	1,33E-07	3,73E-08
Julij	1,57E-06	1,74E-06	7,83E-07	1,74E-07	5,36E-07	1,02E-07	1,60E-07	2,43E-07	2,39E-07	3,38E-07	1,70E-07	1,10E-07	1,51E-07	3,04E-08
Avgust	1,52E-06	1,54E-06	6,05E-07	1,05E-07	3,43E-07	9,32E-08	2,25E-07	1,88E-07	1,39E-07	1,96E-07	8,88E-08	8,29E-08	1,27E-07	3,35E-08
September	3,07E-07	4,36E-07	3,07E-07	1,91E-07	2,05E-07	7,91E-08	1,00E-07	1,07E-07	2,30E-07	2,72E-07	1,03E-07	8,54E-08	1,14E-07	2,79E-08
Oktober	2,38E-07	2,61E-07	2,74E-07	1,57E-07	2,65E-07	9,48E-08	9,70E-08	1,38E-07	2,23E-07	3,85E-07	2,50E-07	1,39E-07	1,30E-07	3,61E-08
November	1,94E-07	1,95E-07	2,86E-07	1,52E-07	1,31E-07	1,14E-07	9,08E-08	8,18E-08	1,29E-07	1,81E-07	1,02E-07	6,09E-08	2,52E-07	4,95E-08
December	3,90E-08	3,30E-08	5,11E-08	6,92E-08	2,83E-08	3,92E-08	1,05E-08	1,55E-08	2,90E-08	4,20E-08	1,17E-07	2,48E-08	1,03E-07	3,28E-08

Depozicijski koeficienti

Lokacija	NEK - plant vent	NEK - ograja zahod	NEK - ograja vzhod	Spodnji Stari Grad	Vrbina	Brežice	Vihre	Mrtvice	Brege	Žadovinek	Leskovec	Krško - Stara vas	Pesje	Dobova
Mesec	Povprečni mesečni $(D/Q)/(s/m^2)$													
Januar	2,40E-06	8,55E-07	2,77E-07	1,66E-07	1,40E-07	8,55E-09	1,33E-08	1,82E-08	5,44E-08	1,36E-07	6,04E-08	5,37E-08	1,08E-07	4,44E-09
Februar	4,43E-06	1,63E-06	6,11E-07	1,57E-07	4,18E-07	1,34E-08	3,26E-08	4,51E-08	1,06E-07	1,33E-07	7,87E-08	7,17E-08	1,18E-07	5,79E-09
Marec	2,05E-06	9,74E-07	4,63E-07	6,69E-08	1,33E-07	2,18E-08	2,17E-08	2,39E-08	3,95E-08	1,14E-07	4,96E-08	3,37E-08	6,44E-08	1,44E-08
April	1,70E-06	5,57E-07	3,42E-07	8,42E-08	1,54E-07	1,78E-08	1,49E-08	2,43E-08	2,30E-08	4,89E-08	4,17E-08	4,89E-08	1,00E-07	9,86E-09
Maj	2,19E-06	9,08E-07	3,42E-07	7,83E-08	2,14E-07	1,28E-08	1,95E-08	2,40E-08	5,61E-08	9,53E-08	5,54E-08	5,51E-08	8,83E-08	7,08E-09
Junij	1,46E-06	6,23E-07	3,44E-07	5,76E-08	1,73E-07	1,69E-08	2,97E-08	2,73E-08	4,48E-08	7,27E-08	4,17E-08	5,28E-08	3,42E-08	8,51E-09
Julij	1,62E-06	7,70E-07	3,83E-07	5,11E-08	1,56E-07	1,68E-08	2,62E-08	3,63E-08	6,07E-08	9,42E-08	5,45E-08	5,20E-08	3,21E-08	7,07E-09
Avgust	1,38E-06	5,83E-07	3,65E-07	3,28E-08	1,03E-07	1,44E-08	4,77E-08	4,32E-08	4,56E-08	7,97E-08	3,82E-08	3,41E-08	2,07E-08	7,14E-09
September	1,13E-06	4,36E-07	1,79E-07	5,98E-08	9,50E-08	1,06E-08	1,90E-08	2,45E-08	6,22E-08	6,34E-08	2,02E-08	2,78E-08	2,09E-08	4,93E-09
Oktober	1,64E-06	7,81E-07	3,53E-07	5,68E-08	1,40E-07	1,65E-08	2,29E-08	2,45E-08	6,48E-08	1,18E-07	5,07E-08	5,04E-08	2,58E-08	7,17E-09
November	1,32E-06	4,72E-07	3,78E-07	5,19E-08	6,54E-08	2,03E-08	3,29E-08	2,80E-08	3,76E-08	6,96E-08	3,09E-08	2,18E-08	5,82E-08	1,10E-08
December	2,26E-06	7,49E-07	4,17E-07	2,15E-07	8,40E-08	1,89E-08	1,29E-08	1,30E-08	1,80E-08	8,59E-08	6,84E-08	2,74E-08	1,36E-07	1,21E-08

## **9. ZEMLJA**

LETO 2015 T - 57a

## 9. ZEMLJA - NEOBDELANA - poplavno področje ob Savi - 7D (mivkasta borovina, nekošeno področje)

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (\*\*\*)

Vzorč. mesto	Gmajnice, neobdelana zemlja							
Datum vzor.	8. 6. 2015							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzorca (kg/m <sup>2</sup> )	0,2	31,4	37,8	47,6	145,9	116,8	+ trava	262,7
Oznaka vzorca	K15ZN11T61	K15ZN11AB61	K15ZN11C61	K15ZN11D61	K15ZN11E61			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>2</sup> )							
U-238	1,8E+00 ± 7E-01	6,7E+02 ± 1E+02	1,2E+03 ± 5E+02	1,2E+03 ± 5E+02	3,1E+03 ± 2E+02	3,0E+03 ± 7E+02	3,0E+03 ± 7E+02	6,2E+03 ± 8E+02
Ra-226	2,0E-01 ± 4E-01 ‡	1,1E+03 ± 1E+02	1,3E+03 ± 5E+02	1,7E+03 ± 6E+02	4,9E+03 ± 5E+02	4,1E+03 ± 8E+02	4,1E+03 ± 8E+02	8,9E+03 ± 1E+03
Pb-210	6,3E+00 ± 1E+00	1E+03	1E+03	1E+03	3,8E+03 ± 5E+02	<	2E+03	3,8E+03 ± 2E+03
Ra-228	3,6E-01 ± 2E-01	9,3E+02 ± 3E+01	1,1E+03 ± 3E+02	1,2E+03 ± 3E+02	4,1E+03 ± 2E+02	3,2E+03 ± 5E+02	3,2E+03 ± 5E+02	7,3E+03 ± 5E+02
Th-228	1,3E-01 ± 6E-02	9,6E+02 ± 2E+01	1,1E+03 ± 3E+02	1,4E+03 ± 3E+02	4,1E+03 ± 2E+02	3,4E+03 ± 4E+02	3,4E+03 ± 4E+02	7,5E+03 ± 5E+02
Th-230					3,4E+03 ± 2E+03			3,4E+03 ± 2E+03
K-40	1,4E+02 ± 1E+01	1,2E+04 ± 1E+03	1,3E+04 ± 3E+03	1,6E+04 ± 3E+03	4,9E+04 ± 5E+03	4,1E+04 ± 5E+03	4,1E+04 ± 5E+03	9,1E+04 ± 7E+03
Be-7	4,9E+01 ± 2E+00	9,6E+01 ± 4E+01				9,6E+01 ± 4E+01	1,5E+02 ± 4E+01	9,6E+01 ± 4E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,6E-01 ± 4E-02	1,6E+03 ± 5E+01	2,4E+03 ± 7E+02	1,4E+03 ± 4E+02	7,6E+02 ± 6E+01	5,4E+03 ± 8E+02	5,4E+03 ± 8E+02	6,1E+03 ± 8E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	2,2E-01 ± 1E-02	2,9E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 3E+00	1,2E+02 ± 3E+01	7,7E+01 ± 5E+00	7,7E+01 ± 5E+00	2,0E+02 ± 3E+01

Vzorč. mesto	Gmajnice, neobdelana zemlja							
Datum vzor.	8. 6. 2015							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo	Uteženo	
Kol. vzorca (kg)	0,13	0,36	0,39	0,40	0,45	Uteženo	Uteženo	
Kol. (kg/m <sup>2</sup> )	0,2	31,4	37,8	47,6	145,9	0-15	0-30	
Oznaka vzorca	K15ZN11T61	K15ZN11AB61	K15ZN11C61	K15ZN11D61	K15ZN11E61			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	9,0E+00 ± 3E+00	2,1E+01 ± 5E+00	3,1E+01 ± 1E+01	2,5E+01 ± 1E+01	2,1E+01 ± 2E+00	2,6E+01 ± 6E+00	2,3E+01 ± 3E+00	
Ra-226	9,7E-01 ± 2E+00 ‡	3,4E+01 ± 3E+00	3,6E+01 ± 1E+01	3,5E+01 ± 1E+01	3,3E+01 ± 3E+00	3,5E+01 ± 7E+00	3,4E+01 ± 4E+00	
Pb-210	3,1E+01 ± 5E+00	3E+01	4E+01	2E+01	2,6E+01 ± 3E+00	<	2E+01	1,5E+01 ± 8E+00
Ra-228	1,7E+00 ± 9E-01	3,0E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 8E+00	2,6E+01 ± 7E+00	2,8E+01 ± 1E+00	2,7E+01 ± 4E+00	2,8E+01 ± 2E+00	
Th-228	6,3E-01 ± 3E-01	3,1E+01 ± 8E-01	3,0E+01 ± 7E+00	2,8E+01 ± 7E+00	2,8E+01 ± 1E+00	2,9E+01 ± 4E+00	2,9E+01 ± 2E+00	
Th-230					2,3E+01 ± 1E+01		1,3E+01 ± 6E+00	
K-40	6,8E+02 ± 6E+01	3,8E+02 ± 4E+01	3,5E+02 ± 8E+01	3,4E+02 ± 7E+01	3,4E+02 ± 4E+01	3,5E+02 ± 4E+01	3,5E+02 ± 3E+01	
Be-7	2,4E+02 ± 1E+01	3,1E+00 ± 1E+00				8,2E-01 ± 3E-01	3,7E-01 ± 2E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	8,0E-01 ± 2E-01	5,1E+01 ± 2E+00	6,3E+01 ± 2E+01	2,9E+01 ± 8E+00	5,2E+00 ± 4E-01	4,6E+01 ± 7E+00	2,3E+01 ± 3E+00	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	1,1E+00 ± 7E-02	9,1E-01 ± 8E-02	5,9E-01 ± 8E-02	5,4E-01 ± 6E-02	8,5E-01 ± 2E-01	6,6E-01 ± 4E-02	7,6E-01 ± 1E-01	

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 57b

## 9. ZEMLJA - NEOBDELANA - poplavno področje ob Savi - 7D (mivkasta borovina, nekošeno področje)

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (\*\*\*)

Vzorč. mesto	Gmajnice, neobdelana zemlja							
Datum vzor.	22. 9. 2015							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzorca (kg/m <sup>2</sup> )	0,2	27,6	41,1	48,2	137,7	116,9	+ trava	254,6
Oznaka vzorca	K15ZN11T91	K15ZN11AB91	K15ZN11C91	K15ZN11D91	K15ZN11E91			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>2</sup> )							
U-238	4,3E-01 ± 1E+00 ‡	9,5E+02 ± 1E+02	9,1E+02 ± 1E+02	8,1E+02 ± 1E+02	3,1E+03 ± 5E+02	2,7E+03 ± 2E+02	2,7E+03 ± 2E+02	5,8E+03 ± 6E+02
Ra-226	1,0E-01 ± 4E-01 ‡	9,0E+02 ± 9E+01	1,3E+03 ± 1E+02	1,8E+03 ± 2E+02	4,6E+03 ± 4E+02	4,0E+03 ± 2E+02	4,0E+03 ± 2E+02	8,6E+03 ± 5E+02
Pb-210	9,9E+00 ± 1E+00	1,8E+03 ± 4E+02	2,5E+03 ± 2E+02	1,9E+03 ± 2E+02	4E+03	6,1E+03 ± 5E+02	6,2E+03 ± 5E+02	6,1E+03 ± 4E+03
Ra-228		8,3E+02 ± 3E+01	1,2E+03 ± 4E+01	1,4E+03 ± 5E+01	3,7E+03 ± 1E+02	3,5E+03 ± 7E+01	3,5E+03 ± 7E+01	7,1E+03 ± 1E+02
Th-228	8,2E-02 ± 6E-02	7,6E+02 ± 2E+01	1,2E+03 ± 3E+01	1,3E+03 ± 4E+01	3,6E+03 ± 1E+02	3,3E+03 ± 6E+01	3,3E+03 ± 6E+01	6,9E+03 ± 1E+02
Th-230			1,1E+03 ± 5E+02	5,7E+02 ± 1E+03 ‡		1,7E+03 ± 1E+03	1,7E+03 ± 1E+03	1,7E+03 ± 1E+03
K-40	7,1E+01 ± 7E+00	1,0E+04 ± 1E+03	1,5E+04 ± 1E+03	1,8E+04 ± 2E+03	4,5E+04 ± 4E+03	4,3E+04 ± 2E+03	4,3E+04 ± 2E+03	8,9E+04 ± 5E+03
Be-7	6,9E+01 ± 5E+00	3,0E+02 ± 4E+01				3,0E+02 ± 4E+01	3,7E+02 ± 4E+01	3,0E+02 ± 4E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	7,7E-02 ± 5E-02	1,6E+03 ± 6E+01	2,9E+03 ± 1E+02	1,3E+03 ± 5E+01	5,0E+02 ± 3E+01	5,7E+03 ± 1E+02	5,7E+03 ± 1E+02	6,2E+03 ± 1E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	1,4E-01 ± 9E-03	2,4E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 2E+00	3,9E+01 ± 3E+00	5,2E+01 ± 1E+01	9,1E+01 ± 5E+00	9,2E+01 ± 5E+00	1,4E+02 ± 1E+01

Vzorč. mesto	Gmajnice, neobdelana zemlja							
Datum vzor.	22. 9. 2015							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo	Uteženo	
Kol. vzorca (kg)	0,10	0,34	0,38	0,41	0,48	povprečje (*)	povprečje (*)	
Kol. (kg/m <sup>2</sup> )	0,2	27,6	41,1	48,2	137,7	0-15	0-30	
Oznaka vzorca	K15ZN11T91	K15ZN11AB91	K15ZN11C91	K15ZN11D91	K15ZN11E91			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	2,8E+00 ± 7E+00 ‡	3,4E+01 ± 4E+00	2,2E+01 ± 3E+00	1,7E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 4E+00	2,3E+01 ± 2E+00	2,3E+01 ± 2E+00	2,3E+01 ± 2E+00
Ra-226	6,4E-01 ± 2E+00 ‡	3,3E+01 ± 3E+00	3,3E+01 ± 3E+00	3,7E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 2E+00	3,4E+01 ± 2E+00	3,4E+01 ± 2E+00
Pb-210	6,4E+01 ± 7E+00	6,5E+01 ± 2E+01	6,0E+01 ± 5E+00	3,9E+01 ± 3E+00	3E+01	5,3E+01 ± 4E+00	2,4E+01 ± 2E+01	2,4E+01 ± 2E+01
Ra-228		3,0E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 9E-01	2,9E+01 ± 1E+00	2,7E+01 ± 8E-01	3,0E+01 ± 6E-01	2,8E+01 ± 5E-01	2,8E+01 ± 5E-01
Th-228	5,3E-01 ± 4E-01	2,7E+01 ± 8E-01	3,0E+01 ± 8E-01	2,8E+01 ± 8E-01	2,6E+01 ± 7E-01	2,8E+01 ± 5E-01	2,7E+01 ± 4E-01	2,7E+01 ± 4E-01
Th-230			2,7E+01 ± 1E+01	1,2E+01 ± 2E+01 ‡		1,4E+01 ± 1E+01	6,6E+00 ± 4E+00	6,6E+00 ± 4E+00
K-40	4,6E+02 ± 4E+01	3,7E+02 ± 4E+01	3,7E+02 ± 4E+01	3,6E+02 ± 4E+01	3,3E+02 ± 3E+01	3,7E+02 ± 2E+01	3,5E+02 ± 2E+01	3,5E+02 ± 2E+01
Be-7	4,4E+02 ± 3E+01	1,1E+01 ± 1E+00				2,6E+00 ± 4E-01	1,2E+00 ± 2E-01	1,2E+00 ± 2E-01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	4,9E-01 ± 3E-01	5,9E+01 ± 2E+00	6,9E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 1E+00	3,6E+00 ± 2E-01	4,9E+01 ± 1E+00	2,4E+01 ± 5E-01	2,4E+01 ± 5E-01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	8,7E-01 ± 6E-02	8,7E-01 ± 7E-02	6,9E-01 ± 6E-02	8,1E-01 ± 7E-02	3,8E-01 ± 7E-02	7,8E-01 ± 4E-02	5,6E-01 ± 4E-02	5,6E-01 ± 4E-02

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 58a

9. ZEMLJA - OBDELANA - poplavno področje ob Savi - 7D (rjava naplavina, normalno oranje)

Izotopska analiza sevalcev gama (\*\*)

Vzorč. mesto	Gmajnice, obdelana zemlja							
Datum vzor.	8. 6. 2015							
Gl. vzor. (cm)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-30	0-40	0-50
Kol. vzorca (kg/m <sup>2</sup> )	115,5	129,3	124,2	124,9	146,9	369,0	493,9	640,8
Oznaka vzorca	K15ZP13A61	K15ZP13B61	K15ZP13C61	K15ZP13D61	K15ZP13E61			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>2</sup> )							
U-238	3,2E+03 ± 3E+02	3,9E+03 ± 2E+03	3,9E+03 ± 4E+02	3,0E+03 ± 3E+02	2,3E+03 ± 2E+03 ‡	1,1E+04 ± 2E+03	1,4E+04 ± 2E+03	1,6E+04 ± 3E+03
Ra-226	4,7E+03 ± 4E+02	5,2E+03 ± 2E+03	4,7E+03 ± 5E+02	4,3E+03 ± 4E+02	4,9E+03 ± 2E+03	1,5E+04 ± 2E+03	1,9E+04 ± 2E+03	2,4E+04 ± 3E+03
Pb-210	3,9E+03 ± 1E+03	1,0E+03 ± 2E+03 ‡	4,2E+03 ± 4E+02	2E+03	4E+03	9,1E+03 ± 2E+03	9,1E+03 ± 3E+03	9,1E+03 ± 5E+03
Ra-228	3,9E+03 ± 1E+02	4,4E+03 ± 2E+03	4,0E+03 ± 1E+02	3,5E+03 ± 9E+01	4,2E+03 ± 2E+03	1,2E+04 ± 2E+03	1,6E+04 ± 2E+03	2,0E+04 ± 2E+03
Th-230	3,8E+03 ± 1E+02	4,5E+03 ± 1E+03	4,1E+03 ± 1E+02	3,6E+03 ± 8E+01	3,9E+03 ± 1E+03	1,2E+04 ± 1E+03	1,6E+04 ± 1E+03	2,0E+04 ± 2E+03
Th-232	5,3E+03 ± 1E+03					5,3E+03 ± 1E+03	5,3E+03 ± 1E+03	5,3E+03 ± 1E+03
K-40	4,8E+04 ± 5E+03	5,6E+04 ± 1E+04	5,0E+04 ± 5E+03	4,3E+04 ± 4E+03	4,8E+04 ± 1E+04	1,5E+05 ± 2E+04	2,0E+05 ± 2E+04	2,4E+05 ± 2E+04
Be-7	2,6E+02 ± 6E+01					2,6E+02 ± 6E+01	2,6E+02 ± 6E+01	2,6E+02 ± 6E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,6E+03 ± 7E+01	1,9E+03 ± 6E+02	1,5E+03 ± 7E+01	4,7E+02 ± 2E+01	4,7E+02 ± 2E+02	5,0E+03 ± 6E+02	5,5E+03 ± 6E+02	6,0E+03 ± 7E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

Vzorč. mesto	Gmajnice, obdelana zemlja							
Datum vzor.	8. 6. 2015							
Gl. vzor. (cm)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	Uteženo povprečje (*)	Uteženo povprečje (*)	
Kol. vzorca (kg)	0,46	0,49	0,46	0,51	0,48			
Kol. (kg/m <sup>2</sup> )	115,5	129,3	124,2	124,9	146,9	0-40	0-50	
Oznaka vzorca	K15ZP13A61	K15ZP13B61	K15ZP13C61	K15ZP13D61	K15ZP13E61			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	2,8E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 1E+01	3,2E+01 ± 4E+00	2,4E+01 ± 3E+00	1,6E+01 ± 1E+01 ‡	2,8E+01 ± 4E+00	2,6E+01 ± 4E+00	
Ra-226	4,1E+01 ± 4E+00	4,0E+01 ± 2E+01	3,8E+01 ± 4E+00	3,4E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 2E+01	3,8E+01 ± 5E+00	3,7E+01 ± 5E+00	
Pb-210	3,4E+01 ± 1E+01	7,8E+00 ± 1E+01 ‡	3,4E+01 ± 3E+00	2E+01	3E+01	1,9E+01 ± 7E+00	1,4E+01 ± 8E+00	
Ra-228	3,4E+01 ± 9E-01	3,4E+01 ± 1E+01	3,3E+01 ± 9E-01	2,8E+01 ± 8E-01	2,9E+01 ± 1E+01	3,2E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 3E+00	
Th-230	3,3E+01 ± 9E-01	3,5E+01 ± 9E+00	3,3E+01 ± 9E-01	2,8E+01 ± 7E-01	2,7E+01 ± 7E+00	3,2E+01 ± 2E+00	3,1E+01 ± 3E+00	
Th-232	4,6E+01 ± 1E+01					1,1E+01 ± 3E+00	8,2E+00 ± 2E+00	
K-40	4,2E+02 ± 4E+01	4,3E+02 ± 1E+02	4,0E+02 ± 4E+01	3,4E+02 ± 3E+01	3,3E+02 ± 9E+01	4,0E+02 ± 3E+01	3,8E+02 ± 3E+01	
Be-7	2,3E+00 ± 5E-01					5,3E-01 ± 1E-01	4,1E-01 ± 1E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,4E+01 ± 6E-01	1,5E+01 ± 5E+00	1,2E+01 ± 6E-01	3,8E+00 ± 2E-01	3,2E+00 ± 1E+00	1,1E+01 ± 1E+00	9,3E+00 ± 1E+00	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 58b

## 9. ZEMLJA - OBDELANA - poplavno področje ob Savi - 7D (rjava naplavina, normalno oranje)

Izotopska analiza sevalcev gama (\*\*\*)

Vzorč. mesto	Gmajnice, obdelana zemlja							
Datum vzor.	22. 9. 2015							
Gl. vzor. (cm)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-30	0-40	0-50
Kol. vzorca (kg/m <sup>2</sup> )	92,0	100,5	103,8	120,6	102,1	204,4	325,0	427,0
Oznaka vzorca	K15ZP13A91	K15ZP13B91	K15ZP13C91	K15ZP13D91	K15ZP13E91			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>2</sup> )							
U-238	3,4E+03 ± 4E+02	3,4E+03 ± 3E+02	2,3E+03 ± 3E+02	4,0E+03 ± 4E+02	3,4E+03 ± 4E+02	9,2E+03 ± 6E+02	1,3E+04 ± 7E+02	1,7E+04 ± 8E+02
Ra-226	4,2E+03 ± 4E+02	4,5E+03 ± 4E+02	4,6E+03 ± 4E+02	5,5E+03 ± 5E+02	4,0E+03 ± 4E+02	1,3E+04 ± 7E+02	1,9E+04 ± 9E+02	2,3E+04 ± 1E+03
Pb-210	3E+03	5,3E+03 ± 4E+02	4,8E+03 ± 4E+02	4,4E+03 ± 6E+02	1,4E+03 ± 1E+03 ‡	1,0E+04 ± 4E+03	1,4E+04 ± 4E+03	1,6E+04 ± 4E+03
Ra-228	3,7E+03 ± 1E+02	4,1E+03 ± 1E+02	4,3E+03 ± 1E+02	5,0E+03 ± 2E+02	4,0E+03 ± 1E+02	1,2E+04 ± 2E+02	1,7E+04 ± 3E+02	2,1E+04 ± 3E+02
Th-228	3,6E+03 ± 9E+01	3,8E+03 ± 1E+02	4,4E+03 ± 1E+02	5,0E+03 ± 1E+02	3,9E+03 ± 1E+02	1,2E+04 ± 2E+02	1,7E+04 ± 2E+02	2,1E+04 ± 3E+02
Th-230								
K-40	4,5E+04 ± 4E+03	5,0E+04 ± 5E+03	5,4E+04 ± 5E+03	6,2E+04 ± 6E+03	5,0E+04 ± 5E+03	1,5E+05 ± 8E+03	2,1E+05 ± 1E+04	2,6E+05 ± 1E+04
Be-7	4,6E+02 ± 9E+01				5,1E+02 ± 8E+01	4,6E+02 ± 9E+01	4,6E+02 ± 9E+01	9,8E+02 ± 1E+02
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,8E+03 ± 7E+01	1,8E+03 ± 1E+02	1,3E+03 ± 6E+01	3,3E+02 ± 3E+01	1,5E+03 ± 6E+01	4,9E+03 ± 2E+02	5,2E+03 ± 2E+02	6,7E+03 ± 2E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

Vzorč. mesto	Gmajnice, obdelana zemlja							
Datum vzor.	22. 9. 2015							
Gl. vzor. (cm)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	Uteženo povprečje (*)	Uteženo povprečje (*)	
Kol. vzorca (kg)	0,44	0,44	0,42	0,44	0,43			
Kol. (kg/m <sup>2</sup> )	92,0	100,5	103,8	120,6	102,1	0-40	0-50	
Oznaka vzorca	K15ZP13A91	K15ZP13B91	K15ZP13C91	K15ZP13D91	K15ZP13E91			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	3,7E+01 ± 4E+00	3,4E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 3E+00	3,3E+01 ± 3E+00	3,3E+01 ± 4E+00	3,2E+01 ± 2E+00	3,2E+01 ± 2E+00	
Ra-226	4,5E+01 ± 4E+00	4,4E+01 ± 4E+00	4,5E+01 ± 4E+00	4,5E+01 ± 4E+00	3,9E+01 ± 4E+00	4,5E+01 ± 2E+00	4,4E+01 ± 2E+00	
Pb-210	4E+01	5,3E+01 ± 4E+00	4,6E+01 ± 4E+00	3,6E+01 ± 5E+00	1,3E+01 ± 1E+01 ‡	3,5E+01 ± 9E+00	3,0E+01 ± 7E+00	
Ra-228	4,0E+01 ± 1E+00	4,0E+01 ± 1E+00	4,2E+01 ± 1E+00	4,2E+01 ± 1E+00	3,9E+01 ± 1E+00	4,1E+01 ± 6E-01	4,1E+01 ± 6E-01	
Th-228	3,9E+01 ± 1E+00	3,8E+01 ± 1E+00	4,3E+01 ± 1E+00	4,1E+01 ± 1E+00	3,9E+01 ± 9E-01	4,0E+01 ± 6E-01	4,0E+01 ± 5E-01	
Th-230								
K-40	4,9E+02 ± 5E+01	5,0E+02 ± 5E+01	5,2E+02 ± 5E+01	5,1E+02 ± 5E+01	4,9E+02 ± 5E+01	5,1E+02 ± 2E+01	5,0E+02 ± 2E+01	
Be-7	5,0E+00 ± 1E+00				5,0E+00 ± 8E-01	1,1E+00 ± 2E-01	1,9E+00 ± 2E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,9E+01 ± 7E-01	1,8E+01 ± 1E+00	1,2E+01 ± 6E-01	2,7E+00 ± 3E-01	1,5E+01 ± 6E-01	1,2E+01 ± 4E-01	1,3E+01 ± 3E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 59a

## 9. ZEMLJA - NEOBDELANA - poplavno področje ob Savi - 6E (mivkasta borovina, košeno področje)

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (\*\*\*)

Vzorč. mesto	Kusova Vrčina							
Datum vzor.	8. 6. 2015							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzorca (kg/m <sup>2</sup> )	0,3	45,9	59,0	61,0	156,5	165,9	+ trava	322,5
Oznaka vzorca	K15ZN2T61	K15ZN2AB61	K15ZN2C61	K15ZN2D61	K15ZN2E61			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>2</sup> )							
U-238	3,3E-01 ± 4E-01 ‡	8,7E+02 ± 1E+02	1,1E+03 ± 5E+02	1,2E+03 ± 2E+02	3,5E+03 ± 5E+02	3,2E+03 ± 5E+02	3,2E+03 ± 5E+02	6,7E+03 ± 7E+02
Ra-226	4,9E-01 ± 3E-01	1,4E+03 ± 1E+02	1,6E+03 ± 7E+02	1,6E+03 ± 2E+02	4,9E+03 ± 5E+02	4,5E+03 ± 7E+02	4,5E+03 ± 7E+02	9,4E+03 ± 9E+02
Pb-210	6,4E+00 ± 6E-01	1,8E+03 ± 1E+02	1,5E+03 ± 1E+03	1,6E+03 ± 9E+02	8,2E+02 ± 2E+03 ‡	4,9E+03 ± 1E+03	4,9E+03 ± 1E+03	5,7E+03 ± 3E+03
Ra-228	2,8E-01 ± 2E-01	1,0E+03 ± 4E+01	1,1E+03 ± 3E+02	1,2E+03 ± 4E+01	3,8E+03 ± 2E+02	3,3E+03 ± 3E+02	3,3E+03 ± 3E+02	7,1E+03 ± 4E+02
Th-228	2,2E-01 ± 5E-02	1,0E+03 ± 3E+01	1,2E+03 ± 3E+02	1,2E+03 ± 3E+01	3,8E+03 ± 1E+02	3,4E+03 ± 3E+02	3,4E+03 ± 3E+02	7,2E+03 ± 3E+02
Th-230			1,9E+03 ± 1E+03	1,3E+03 ± 1E+03 ‡		3,2E+03 ± 2E+03	3,2E+03 ± 2E+03	3,2E+03 ± 2E+03
K-40	2,0E+02 ± 2E+01	1,4E+04 ± 1E+03	1,6E+04 ± 4E+03	1,7E+04 ± 2E+03	4,8E+04 ± 5E+03	4,6E+04 ± 4E+03	4,6E+04 ± 4E+03	9,4E+04 ± 6E+03
Be-7	4,5E+01 ± 3E+00	2,3E+02 ± 7E+01	7,6E-01 ± 8E+00 ‡		8,7E+01 ± 2E+02 ‡	2,3E+02 ± 7E+01	2,8E+02 ± 7E+01	3,2E+02 ± 2E+02
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,3E-01 ± 5E-02	9,1E+01 ± 1E+01	7,0E+01 ± 2E+01	8,4E+01 ± 2E+01	4,6E+02 ± 4E+01	2,5E+02 ± 3E+01	2,5E+02 ± 3E+01	7,1E+02 ± 5E+01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90		< 2E+01	< 5E+01	< 2E+01	< 1E+02	< 3E+01	< 3E+01	< 9E+01

Vzorč. mesto	Kusova Vrčina							
Datum vzor.	8. 6. 2015							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo	Uteženo	
Kol. vzorca (kg)	0,11	0,50	0,49	0,51	0,44	0-15	0-30	
Kol. (kg/m <sup>2</sup> )	0,3	45,9	59,0	61,0	156,5			
Oznaka vzorca	K15ZN2T61	K15ZN2AB61	K15ZN2C61	K15ZN2D61	K15ZN2E61			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	1,0E+00 ± 1E+00 ‡	1,9E+01 ± 2E+00	1,9E+01 ± 8E+00	2,0E+01 ± 2E+00	2,2E+01 ± 3E+00	1,9E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 2E+00	
Ra-226	1,5E+00 ± 1E+00	3,0E+01 ± 3E+00	2,8E+01 ± 1E+01	2,5E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 4E+00	2,9E+01 ± 3E+00	
Pb-210	2,0E+01 ± 2E+00	3,9E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 2E+01	2,6E+01 ± 1E+01	5,2E+00 ± 2E+01 ‡	2,9E+01 ± 9E+00	1,8E+01 ± 9E+00	
Ra-228	8,9E-01 ± 6E-01	2,2E+01 ± 8E-01	1,9E+01 ± 5E+00	2,0E+01 ± 6E-01	2,4E+01 ± 1E+00	2,0E+01 ± 2E+00	2,2E+01 ± 1E+00	
Th-228	7,0E-01 ± 2E-01	2,2E+01 ± 7E-01	2,0E+01 ± 5E+00	2,0E+01 ± 5E-01	2,4E+01 ± 8E-01	2,0E+01 ± 2E+00	2,2E+01 ± 1E+00	
Th-230			3,3E+01 ± 2E+01	2,2E+01 ± 2E+01 ‡		2,0E+01 ± 1E+01	1,0E+01 ± 6E+00	
K-40	6,4E+02 ± 7E+01	3,0E+02 ± 3E+01	2,7E+02 ± 6E+01	2,7E+02 ± 3E+01	3,1E+02 ± 3E+01	2,8E+02 ± 3E+01	2,9E+02 ± 2E+01	
Be-7	1,4E+02 ± 9E+00	5,0E+00 ± 2E+00	1,3E-02 ± 1E-01 ‡		5,6E-01 ± 1E+00 ‡	1,4E+00 ± 4E-01	9,9E-01 ± 5E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	4,1E-01 ± 2E-01	2,0E+00 ± 2E-01	1,2E+00 ± 4E-01	1,4E+00 ± 4E-01	3,0E+00 ± 2E-01	1,5E+00 ± 2E-01	2,2E+00 ± 1E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90		< 5E-01	< 8E-01	< 4E-01	< 9E-01	< 2E-01	< 3E-01	

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.



LETO 2015 T - 59b

9. ZEMLJA - NEOBDELANA - poplavno področje ob Savi - 6E (mivkasta borovina, košeno področje)

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (\*\*)

Vzrč. mesto	Kusova Vrbina									
Datum vzor.	22. 9. 2015									
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30		
Kol. vzorca (kg/m <sup>2</sup> )	0,1	34,6	50,8	53,6	156,7	139,0	+ trava	295,7		
Oznaka vzorca	K15ZN2T91	K15ZN2AB91	K15ZN2C91	K15ZN2D91	K15ZN2E91					
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>2</sup> )									
U-238	2,2E-01 ± 1E-01	8,3E+02 ± 1E+02	6,2E+02 ± 1E+02	1,2E+03 ± 1E+02	3,6E+03 ± 4E+02	2,6E+03 ± 2E+02	2,6E+03 ± 2E+02	6,2E+03 ± 5E+02		
Ra-226	6,3E-01 ± 3E-01	1,1E+03 ± 1E+02	1,6E+03 ± 1E+02	1,7E+03 ± 2E+02	5,4E+03 ± 5E+02	4,3E+03 ± 2E+02	4,3E+03 ± 2E+02	9,7E+03 ± 6E+02		
Pb-210	3,2E+00 ± 2E-01	1,6E+02 ± 7E+02 ‡	1,5E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 2E+02	3E+03	3,3E+03 ± 8E+02	3,3E+03 ± 8E+02	3,3E+03 ± 3E+03		
Ra-228	1,4E-01 ± 5E-02	8,2E+02 ± 3E+01	1,1E+03 ± 4E+01	1,3E+03 ± 4E+01	3,9E+03 ± 1E+02	3,3E+03 ± 7E+01	3,3E+03 ± 7E+01	7,1E+03 ± 1E+02		
Th-228	1,1E-01 ± 4E-02	8,2E+02 ± 2E+01	1,2E+03 ± 4E+01	1,2E+03 ± 3E+01	4,0E+03 ± 9E+01	3,2E+03 ± 5E+01	3,2E+03 ± 5E+01	7,2E+03 ± 1E+02		
Th-230		1,4E+03 ± 1E+03 ‡				1,4E+03 ± 1E+03	1,4E+03 ± 1E+03	1,4E+03 ± 1E+03		
K-40	9,8E+01 ± 1E+01	1,1E+04 ± 1E+03	1,6E+04 ± 2E+03	1,6E+04 ± 2E+03	4,8E+04 ± 5E+03	4,3E+04 ± 2E+03	4,3E+04 ± 2E+03	9,1E+04 ± 5E+03		
Be-7	2,1E+01 ± 1E+00	3,4E+02 ± 3E+01				3,4E+02 ± 3E+01	3,6E+02 ± 3E+01	3,4E+02 ± 3E+01		
I-131										
Cs-134										
Cs-137	6,3E-02 ± 3E-02	9,1E+01 ± 5E+00	1,4E+02 ± 9E+00	1,4E+02 ± 7E+00	6,4E+02 ± 5E+01	3,7E+02 ± 1E+01	3,7E+02 ± 1E+01	1,0E+03 ± 6E+01		
Co-58										
Co-60										
Cr-51										
Mn-54										
Zn-65										
Nb-95										
Ru-106										
Sb-125										
Sr-89/Sr-90	<	1E+01	<	1E+01	<	1E+01	<	1E+01	<	4E+01

Vzrč. mesto	Kusova Vrbina											
Datum vzor.	22. 9. 2015											
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo		Uteženo				
Kol. vzorca (kg)	0,10	0,43	0,48	0,49	0,46	popprečje (*)		popprečje (*)				
Kol. (kg/m <sup>2</sup> )	0,1	34,6	50,8	53,6	156,7	0-15		0-30				
Oznaka vzorca	K15ZN2T91	K15ZN2AB91	K15ZN2C91	K15ZN2D91	K15ZN2E91							
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)											
U-238	2,2E+00 ± 1E+00	2,4E+01 ± 3E+00	1,2E+01 ± 2E+00	2,1E+01 ± 2E+00	2,3E+01 ± 3E+00	1,9E+01 ± 2E+00	2,1E+01 ± 2E+00	2,1E+01 ± 2E+00	2,1E+01 ± 2E+00			
Ra-226	6,1E+00 ± 3E+00	3,1E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 2E+00			
Pb-210	3,1E+01 ± 2E+00	4,5E+00 ± 2E+01 ‡	3,1E+01 ± 3E+00	3,0E+01 ± 3E+00	2E+01	2,4E+01 ± 5E+00	1,1E+01 ± 1E+01	1,1E+01 ± 1E+01	1,1E+01 ± 1E+01			
Ra-228	1,4E+00 ± 5E-01	2,4E+01 ± 8E-01	2,3E+01 ± 9E-01	2,4E+01 ± 8E-01	2,5E+01 ± 7E-01	2,3E+01 ± 5E-01	2,4E+01 ± 4E-01	2,4E+01 ± 4E-01	2,4E+01 ± 4E-01			
Th-228	1,1E+00 ± 4E-01	2,4E+01 ± 6E-01	2,3E+01 ± 7E-01	2,3E+01 ± 6E-01	2,6E+01 ± 6E-01	2,3E+01 ± 4E-01	2,4E+01 ± 4E-01	2,4E+01 ± 4E-01	2,4E+01 ± 4E-01			
Th-230		4,1E+01 ± 4E+01 ‡				1,0E+01 ± 1E+01	4,9E+00 ± 5E+00	4,9E+00 ± 5E+00	4,9E+00 ± 5E+00			
K-40	9,4E+02 ± 1E+02	3,2E+02 ± 3E+01	3,1E+02 ± 3E+01	3,0E+02 ± 3E+01	3,1E+02 ± 3E+01	3,1E+02 ± 2E+01	3,1E+02 ± 2E+01	3,1E+02 ± 2E+01	3,1E+02 ± 2E+01			
Be-7	2,0E+02 ± 1E+01	9,9E+00 ± 1E+00				2,5E+00 ± 2E-01	1,2E+00 ± 1E-01	1,2E+00 ± 1E-01	1,2E+00 ± 1E-01			
I-131												
Cs-134												
Cs-137	6,1E-01 ± 3E-01	2,6E+00 ± 2E-01	2,8E+00 ± 2E-01	2,6E+00 ± 1E-01	4,1E+00 ± 3E-01	2,6E+00 ± 9E-02	3,4E+00 ± 2E-01	3,4E+00 ± 2E-01	3,4E+00 ± 2E-01			
Co-58												
Co-60												
Cr-51												
Mn-54												
Zn-65												
Nb-95												
Ru-106												
Sb-125												
Sr-89/Sr-90	<	3E-01	<	3E-01	<	2E-01	<	4E-01	<	9E-02	<	1E-01

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 60a

## 9. ZEMLJA - NEOBDELANA - poplavno področje ob Savi - 6D (rjava naplavina, košeno področje)

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (\*\*\*)

Vzorč. mesto	Amerika							
Datum vzor.	8. 6. 2015							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzorca (kg/m <sup>2</sup> )	0,3	40,0	51,0	61,8	186,4	152,8	+ trava	339,2
Oznaka vzorca	K15ZN3T61	K15ZN3AB61	K15ZN3C61	K15ZN3D61	K15ZN3E61			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>2</sup> )							
U-238	4,7E-01 ± 3E-01	1,3E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 1E+02	1,5E+03 ± 2E+02	4,6E+03 ± 3E+02	4,4E+03 ± 3E+02	4,4E+03 ± 3E+02	9,0E+03 ± 4E+02
Ra-226	3,2E-01 ± 2E-01	1,7E+03 ± 2E+02	2,1E+03 ± 2E+02	2,4E+03 ± 2E+02	6,9E+03 ± 7E+02	6,2E+03 ± 3E+02	6,2E+03 ± 3E+02	1,3E+04 ± 8E+02
Pb-210	4,4E+00 ± 5E-01	6,0E+02 ± 2E+03 ‡	2,9E+03 ± 5E+02	2,9E+03 ± 2E+02	5,6E+03 ± 4E+02	6,4E+03 ± 2E+03	6,4E+03 ± 2E+03	1,2E+04 ± 2E+03
Ra-228	8,9E-03 ± 2E-01 ‡	1,3E+03 ± 4E+01	1,6E+03 ± 4E+01	1,9E+03 ± 7E+01	5,8E+03 ± 2E+02	4,8E+03 ± 9E+01	4,8E+03 ± 9E+01	1,1E+04 ± 2E+02
Th-228	2,0E-01 ± 4E-02	1,3E+03 ± 3E+01	1,5E+03 ± 4E+01	1,9E+03 ± 6E+01	5,4E+03 ± 2E+02	4,8E+03 ± 8E+01	4,8E+03 ± 8E+01	1,0E+04 ± 2E+02
Th-230		2,1E+03 ± 2E+03 ‡	1,3E+03 ± 1E+03 ‡	8,9E+02 ± 1E+03 ‡	1,2E+04 ± 2E+03	4,3E+03 ± 3E+03	4,3E+03 ± 3E+03	1,6E+04 ± 3E+03
K-40	1,6E+02 ± 2E+01	1,6E+04 ± 2E+03	1,9E+04 ± 2E+03	2,3E+04 ± 2E+03	7,2E+04 ± 7E+03	5,8E+04 ± 3E+03	5,9E+04 ± 3E+03	1,3E+05 ± 8E+03
Be-7	3,2E+01 ± 2E+00	1,3E+02 ± 3E+01	2,8E+01 ± 4E+01 ‡			1,6E+02 ± 5E+01	2,0E+02 ± 5E+01	1,6E+02 ± 5E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137		1,0E+03 ± 4E+01	1,5E+03 ± 5E+01	2,0E+03 ± 8E+01	1,7E+03 ± 1E+02	4,5E+03 ± 1E+02	4,5E+03 ± 1E+02	6,2E+03 ± 2E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90		2,2E+01 ± 6E+00	3,8E+01 ± 6E+00	5,7E+01 ± 5E+00	1,4E+02 ± 1E+01	1,2E+02 ± 1E+01	1,2E+02 ± 1E+01	2,6E+02 ± 2E+01

Vzorč. mesto	Amerika							
Datum vzor.	8. 6. 2015							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo povprečje (*)	Uteženo povprečje (*)	
Kol. vzorca (kg)	0,11	0,40	0,40	0,44	0,48			
Kol. (kg/m <sup>2</sup> )	0,3	40,0	51,0	61,8	186,4	0-15	0-30	
Oznaka vzorca	K15ZN3T61	K15ZN3AB61	K15ZN3C61	K15ZN3D61	K15ZN3E61			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	1,7E+00 ± 1E+00	3,3E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 1E+00	2,9E+01 ± 2E+00	2,7E+01 ± 1E+00	
Ra-226	1,2E+00 ± 9E-01	4,2E+01 ± 4E+00	4,1E+01 ± 4E+00	3,9E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 4E+00	4,1E+01 ± 2E+00	3,9E+01 ± 2E+00	
Pb-210	1,6E+01 ± 2E+00	1,5E+01 ± 5E+01 ‡	5,7E+01 ± 9E+00	4,7E+01 ± 4E+00	3,0E+01 ± 2E+00	4,2E+01 ± 1E+01	3,6E+01 ± 6E+00	
Ra-228	3,3E-02 ± 8E-01 ‡	3,3E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 9E-01	3,0E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 6E-01	3,1E+01 ± 7E-01	
Th-228	7,4E-01 ± 2E-01	3,4E+01 ± 8E-01	3,0E+01 ± 8E-01	3,1E+01 ± 9E-01	2,9E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 5E-01	3,0E+01 ± 7E-01	
Th-230		5,3E+01 ± 5E+01 ‡	2,6E+01 ± 2E+01 ‡	1,4E+01 ± 2E+01 ‡	6,4E+01 ± 1E+01	2,8E+01 ± 2E+01	4,8E+01 ± 1E+01	
K-40	5,7E+02 ± 6E+01	4,1E+02 ± 4E+01	3,7E+02 ± 4E+01	3,7E+02 ± 4E+01	3,9E+02 ± 4E+01	3,8E+02 ± 2E+01	3,8E+02 ± 2E+01	
Be-7	1,2E+02 ± 8E+00	3,4E+00 ± 8E-01	5,6E-01 ± 7E-01 ‡			1,1E+00 ± 3E-01	4,8E-01 ± 1E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137		2,5E+01 ± 9E-01	3,0E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 1E+00	9,0E+00 ± 6E-01	3,0E+01 ± 7E-01	1,8E+01 ± 5E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90		5,5E-01 ± 2E-01	7,4E-01 ± 1E-01	9,3E-01 ± 8E-02	7,5E-01 ± 8E-02	7,7E-01 ± 6E-02	7,6E-01 ± 5E-02	

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 60b

## 9. ZEMLJA - NEOBDELANA - poplavno področje ob Savi - 6D (rjava naplavina, košeno področje)

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (\*\*\*)

Vzrč. mesto	Amerika							
Datum vzor.	22. 9. 2015							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzor. (kg/m <sup>2</sup> )	0,3	35,4	47,7	58,2	176,2	141,3	+ trava	317,5
Oznaka vzorca	K15ZN3T91	K15ZN3AB91	K15ZN3C91	K15ZN3D91	K15ZN3E91			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m <sup>2</sup> )							
U-238	1,3E+00 ± 8E-01	1,2E+03 ± 2E+02	1,3E+03 ± 7E+02	1,7E+03 ± 2E+02	4,5E+03 ± 3E+02	4,2E+03 ± 8E+02	4,2E+03 ± 8E+02	8,7E+03 ± 8E+02
Ra-226	2,0E+00 ± 1E+00	1,4E+03 ± 1E+02	2,0E+03 ± 8E+02	2,3E+03 ± 2E+02	6,5E+03 ± 6E+02	5,7E+03 ± 8E+02	5,7E+03 ± 8E+02	1,2E+04 ± 1E+03
Pb-210	1,9E+01 ± 2E+00	1,1E+03 ± 1E+03 ‡	2E+03	1E+03	5,4E+03 ± 4E+02	1,1E+03 ± 3E+03	1,2E+03 ± 3E+03	6,5E+03 ± 3E+03
Ra-228		1,1E+03 ± 4E+01	1,5E+03 ± 4E+02	1,8E+03 ± 5E+01	5,4E+03 ± 2E+02	4,4E+03 ± 4E+02	4,4E+03 ± 4E+02	9,9E+03 ± 5E+02
Th-228	6,0E-01 ± 1E-01	1,1E+03 ± 3E+01	1,6E+03 ± 4E+02	1,8E+03 ± 4E+01	5,3E+03 ± 2E+02	4,5E+03 ± 4E+02	4,5E+03 ± 4E+02	9,9E+03 ± 4E+02
Th-230				4,7E+03 ± 1E+03	9,0E+03 ± 3E+03	4,7E+03 ± 1E+03	4,7E+03 ± 1E+03	1,4E+04 ± 3E+03
K-40	1,4E+02 ± 1E+01	1,4E+04 ± 1E+03	1,8E+04 ± 4E+03	2,2E+04 ± 2E+03	6,6E+04 ± 7E+03	5,4E+04 ± 5E+03	5,4E+04 ± 5E+03	1,2E+05 ± 8E+03
Be-7	1,2E+02 ± 5E+00	2,1E+02 ± 6E+01				2,1E+02 ± 6E+01	3,4E+02 ± 6E+01	2,1E+02 ± 6E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,1E-01 ± 6E-02	9,1E+02 ± 4E+01	1,5E+03 ± 4E+02	1,7E+03 ± 5E+01	2,2E+03 ± 2E+02	4,0E+03 ± 4E+02	4,0E+03 ± 4E+02	6,3E+03 ± 5E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90		2,1E+01 ± 2E+00	2,9E+01 ± 3E+00	4,0E+01 ± 4E+00	1,6E+02 ± 1E+01	8,9E+01 ± 5E+00	8,9E+01 ± 5E+00	2,5E+02 ± 2E+01

Vzrč. mesto	Amerika							
Datum vzor.	22. 9. 2015							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo	Uteženo	
Kol. vzorca (kg)	0,13	0,38	0,42	0,47	0,49	popovprečje (*)	popovprečje (*)	
Kol. (kg/m <sup>2</sup> )	0,3	35,4	47,7	58,2	176,2	0-15	0-30	
Oznaka vzorca	K15ZN3T91	K15ZN3AB91	K15ZN3C91	K15ZN3D91	K15ZN3E91			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	5,0E+00 ± 3E+00	3,3E+01 ± 6E+00	2,8E+01 ± 2E+01	2,9E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 2E+00	2,9E+01 ± 5E+00	2,7E+01 ± 3E+00	
Ra-226	7,5E+00 ± 4E+00	4,0E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 2E+01	4,0E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 4E+00	4,1E+01 ± 6E+00	3,9E+01 ± 3E+00	
Pb-210	7,4E+01 ± 6E+00	3,2E+01 ± 4E+01 ‡	4E+01	2E+01	3,1E+01 ± 2E+00	8,1E+00 ± 2E+01	2,1E+01 ± 8E+00	
Ra-228		3,2E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 9E+00	3,1E+01 ± 9E-01	3,1E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 2E+00	
Th-228	2,3E+00 ± 4E-01	3,2E+01 ± 9E-01	3,3E+01 ± 8E+00	3,1E+01 ± 7E-01	3,0E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 1E+00	
Th-230				8,0E+01 ± 3E+01	5,1E+01 ± 2E+01	3,3E+01 ± 1E+01	4,3E+01 ± 1E+01	
K-40	5,2E+02 ± 5E+01	4,0E+02 ± 4E+01	3,9E+02 ± 9E+01	3,7E+02 ± 4E+01	3,8E+02 ± 4E+01	3,8E+02 ± 3E+01	3,8E+02 ± 3E+01	
Be-7	4,7E+02 ± 2E+01	6,1E+00 ± 2E+00				1,5E+00 ± 5E-01	6,8E-01 ± 2E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	4,2E-01 ± 2E-01	2,6E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 9E+00	2,9E+01 ± 9E-01	1,3E+01 ± 1E+00	2,9E+01 ± 3E+00	2,0E+01 ± 1E+00	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90		5,8E-01 ± 6E-02	6,0E-01 ± 6E-02	6,8E-01 ± 7E-02	9,1E-01 ± 8E-02	6,3E-01 ± 4E-02	7,8E-01 ± 5E-02	

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.



## **HRANILA**

10. MLEKO
11. SADJE
12. POVRTNINE IN POLJŠČINE
13. MESO IN KOKOŠJA JAJCA

LETO 2015 T - 61 a  
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Pesje							Mesečno povprečje (za 1. polletje)
	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij		
Datum vzor.	5,28	5,30	5,46	5,38	5,43	5,45		
Kol. vzorca (kg)								
Oznaka vzorca	MLPE0115	MLPE0215	MLPE0315	MLPE0415	MLPE0515	MLPE0615		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI							
U-238			6,7E-02 ± 5E-02	6,8E-02 ± 6E-02	1,9E-02 ± 1E-02		2,6E-02 ± 1E-02	
Ra-226	3,3E-02 ± 3E-02	5,6E-02 ± 6E-03	1,4E-02 ± 9E-03		3,3E-02 ± 5E-03	8,6E-03 ± 5E-03	2,4E-02 ± 5E-03	
Pb-210				7,3E-02 ± 7E-02			1,2E-02 ± 1E-02	
Ra-228		2,2E-02 ± 1E-02	2,9E-02 ± 2E-02		4,4E-02 ± 2E-02		1,6E-02 ± 5E-03	
Th-228	1,4E-02 ± 7E-03	2,5E-02 ± 1E-02		3,0E-02 ± 1E-02	2,4E-02 ± 2E-02		1,6E-02 ± 4E-03	
Th-230								
K-40	5,0E+01 ± 3E+00	5,2E+01 ± 2E+00	4,8E+01 ± 3E+00	5,0E+01 ± 2E+00	4,7E+01 ± 3E+00	4,8E+01 ± 3E+00	4,9E+01 ± 1E+00	
Be-7								
I-131								
Cs-134								
Cs-137	9,6E-02 ± 4E-03	6,9E-02 ± 5E-03	3,4E-02 ± 5E-03	2,5E-02 ± 4E-03	8,3E-03 ± 3E-03	2,6E-02 ± 3E-03	4,3E-02 ± 2E-03	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-90	1,7E-02 ± 5E-03	4,1E-02 ± 6E-03	1,5E-02 ± 4E-03	2,5E-02 ± 5E-03	1,8E-02 ± 5E-03	2,1E-02 ± 4E-03	2,3E-02 ± 2E-03	

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2015 T - 61 b  
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Pesje						Mesečno povprečje (za celo leto)
	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	
Datum vzor.	2,44	5,37	5,39	5,37	5,22	5,34	
Kol. vzorca (kg)							
Oznaka vzorca	MLPE0715	MLPE0815	MLPE0915	MLPE1015	MLPE1115	MLPE1215	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI						
U-238	2,7E-01 ± 7E-02		2,8E-02 ± 3E-02		1,9E-02 ± 4E-02	3,6E-02 ± 3E-02	4,3E-02 ± 1E-02
Ra-226	2,3E-02 ± 8E-03	2,6E-02 ± 6E-03	6,5E-02 ± 2E-02	4,0E-02 ± 5E-03	2,5E-02 ± 5E-03	3,4E-03 ± 3E-02	2,7E-02 ± 4E-03
Pb-210	4,0E-02 ± 5E-02			5,2E-02 ± 4E-02	1,9E-02 ± 5E-02		1,5E-02 ± 9E-03
Ra-228	3,6E-02 ± 2E-02	1,4E-02 ± 1E-02			1,2E-02 ± 1E-02		1,3E-02 ± 3E-03
Th-228			1,1E-02 ± 7E-03	9,5E-03 ± 9E-03			9,5E-03 ± 2E-03
Th-230							
K-40	4,8E+01 ± 1E+00	4,9E+01 ± 2E+00	5,6E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 2E+00	4,7E+01 ± 2E+00	5,4E+01 ± 1E+00	4,9E+01 ± 7E-01
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	2,4E-02 ± 4E-03	5,1E-02 ± 4E-03	5,0E-02 ± 3E-03	6,1E-02 ± 4E-03	1,0E-01 ± 7E-03	9,6E-02 ± 5E-03	5,3E-02 ± 1E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	4,2E-02 ± 5E-03	9,9E-03 ± 4E-03	8,2E-02 ± 8E-03	6,8E-02 ± 8E-03	3,7E-02 ± 6E-03	3,3E-02 ± 5E-03	3,4E-02 ± 2E-03

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

**LETO 2015 T - 62 a**  
**10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)**



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Vihre							Mesečno povprečje (za 1. polletje)
	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij		
Datum vzor.	5,29	5,30	5,23	5,47	5,05	5,05		
Kol. vzorca (kg)	MLVH0115	MLVH0215	MLVH0315	MLVH0415	MLVH0515	MLVH0615		
Oznaka vzorca								
<b>IZOTOP</b>	<b>SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI</b>							
U-238	4,0E-02 ± 6E-03	1,8E-02 ± 5E-03	3,0E-02 ± 7E-03	1,2E-01 ± 6E-02		9,3E-02 ± 6E-02	1,5E-02 ± 2E-03	
Ra-226	2,3E-02 ± 5E-02		3,9E-02 ± 2E-02				4,5E-02 ± 2E-02	
Pb-210	7,4E-02 ± 1E-02						1,2E-02 ± 2E-03	
Th-228	2,4E-02 ± 1E-02	2,4E-02 ± 1E-02				5,9E-03 ± 5E-03	1,6E-02 ± 4E-03	
Th-230								
K-40	4,3E+01 ± 1E+00	4,0E+01 ± 2E+00	3,8E+01 ± 2E+00	3,8E+01 ± 2E+00	3,9E+01 ± 2E+00	3,2E+01 ± 2E+00	3,8E+01 ± 7E-01	
Be-7								
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,2E-02 ± 3E-03	1,3E-02 ± 4E-03	1,3E-02 ± 2E-03	< 6E-02	1,5E-02 ± 2E-03	< 4E-02	8,8E-03 ± 1E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-90	8,6E-03 ± 3E-03	1,1E-02 ± 5E-03	< 5E-03	2,7E-02 ± 5E-03	< 4E-03	8,4E-03 ± 4E-03	9,1E-03 ± 2E-03	

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

**LETO 2015 T - 62 b**  
**10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)**



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Vihre							Mesečno povprečje (za celo leto)
	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December		
Datum vzor.	5,22	5,30	5,23	5,30	5,22	5,32		
Kol. vzorca (kg)	MLVH0715	MLVH0815	MLVH0915	MLVH1015	MLVH1115	MLVH1215		
Oznaka vzorca								
<b>IZOTOP</b>	<b>SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI</b>							
U-238	1,9E-02 ± 4E-03	1,5E-01 ± 4E-02	1,5E-02 ± 3E-02	3,3E-01 ± 9E-02	4,4E-02 ± 9E-03	2,9E-02 ± 2E-02	4,4E-02 ± 8E-03	
Ra-226		2,6E-02 ± 4E-02	4,6E-02 ± 1E-02	1,2E-01 ± 9E-03			2,6E-02 ± 2E-03	
Pb-210			9,9E-02 ± 2E-02	5,1E-02 ± 6E-02			3,7E-02 ± 1E-02	
Ra-228				6,6E-02 ± 2E-02	7,2E-02 ± 4E-02		1,8E-02 ± 4E-03	
Th-228			1,1E-02 ± 7E-03	4,6E-02 ± 2E-02	2,3E-02 ± 2E-02		1,5E-02 ± 3E-03	
Th-230								
K-40	2,7E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 2E+00	5,8E+01 ± 3E+00	4,3E+01 ± 1E+00	4,4E+01 ± 2E+00	4,8E+01 ± 1E+00	4,0E+01 ± 5E-01	
Be-7								
I-131								
Cs-134								
Cs-137	2,5E-02 ± 5E-03	1,7E-02 ± 4E-03	6,4E-02 ± 3E-03	1,7E-02 ± 4E-03	2,3E-02 ± 4E-03	2,5E-02 ± 2E-03	1,9E-02 ± 6E-03	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-90	1,3E-02 ± 5E-03	4,5E-02 ± 5E-03	4,9E-02 ± 6E-03	3,2E-02 ± 5E-03	3,3E-02 ± 5E-03	2,3E-02 ± 5E-03	2,1E-02 ± 1E-03	

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

**LETO 2015 T - 63 a**  
**10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)**



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/

Vzorč. mesto	Bregje						
	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Mesečno povprečje (za 1. polletje)
Datum vzor.	5,18	5,30	4,54	5,45	5,01	5,24	
Kol. vzorca (kg)							
Oznaka vzorca	MLBG0115	MLBG0215	MLBG0315	MLBG0415	MLBG0515	MLBG0614	
<b>IZOTOP</b>	<b>SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI</b>						
U-238			8,9E-02 ± 6E-02	1,5E-01 ± 5E-02			4,0E-02 ± 1E-02
Ra-226	8,3E-03 ± 4E-03	5,7E-02 ± 8E-03	1,1E-02 ± 5E-03	1,1E-02 ± 5E-03			2,4E-02 ± 3E-03
Pb-210	4,8E-02 ± 2E-02	7,5E-02 ± 6E-02	2,9E-02 ± 5E-02	1,4E-02 ± 4E-03	2,4E-02 ± 7E-03		3,9E-02 ± 2E-02
Ra-228				2,5E-02 ± 2E-02			4,2E-03 ± 3E-03
Th-228		4,2E-02 ± 2E-02		2,2E-02 ± 1E-02			1,1E-02 ± 3E-03
Th-230							
K-40	4,7E+01 ± 3E+00	4,9E+01 ± 1E+00	4,8E+01 ± 3E+00	4,7E+01 ± 3E+00	4,6E+01 ± 1E+00	4,1E+01 ± 1E+00	4,6E+01 ± 8E-01
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,7E-02 ± 2E-03	1,6E-02 ± 3E-03	1,8E-02 ± 4E-03	2,2E-02 ± 4E-03	< 4E-02	2,5E-02 ± 5E-03	1,6E-02 ± 6E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	8,3E-03 ± 3E-03	9,1E-03 ± 4E-03	1,6E-02 ± 3E-03	< 5E-03	< 4E-03	1,5E-02 ± 4E-03	8,0E-03 ± 2E-03

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

**LETO 2015 T - 63 b**  
**10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)**



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Bregje						
	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Mesečno povprečje (za celo leto)
Datum vzor.	4,37	5,24	4,95	5,36	5,42	5,30	
Kol. vzorca (kg)							
Oznaka vzorca	MLBG0715	MLBG0815	MLBG0915	MLBG1015	MLBG1115	MLBG1215	
<b>IZOTOP</b>	<b>SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI</b>						
U-238				1,1E-01 ± 7E-02			3,2E-02 ± 9E-03
Ra-226	3,1E-02 ± 4E-02	2,5E-02 ± 8E-03		1,2E-02 ± 1E-02			1,6E-02 ± 2E-03
Pb-210	6,0E-02 ± 3E-02		1,8E-02 ± 6E-02		3,7E-03 ± 6E-02	8,3E-03 ± 5E-03	3,1E-02 ± 1E-02
Ra-228		2,9E-02 ± 2E-02	2,3E-02 ± 2E-02			6,1E-02 ± 4E-02	8,2E-03 ± 3E-03
Th-228		1,8E-02 ± 1E-02	3,5E-02 ± 2E-02	2,0E-02 ± 1E-02		2,1E-02 ± 1E-02	1,1E-02 ± 3E-03
Th-230							
K-40	2,8E+01 ± 2E+00	3,7E+01 ± 1E+00	3,4E+01 ± 2E+00	5,1E+01 ± 3E+00	5,0E+01 ± 1E+00	4,6E+01 ± 1E+00	4,4E+01 ± 5E-01
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,9E-02 ± 3E-03	2,7E-02 ± 6E-03	6,6E-02 ± 6E-03	< 4E-02	5,0E-02 ± 6E-03	4,6E-02 ± 4E-03	2,6E-02 ± 5E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	1,7E-02 ± 2E-03	2,9E-02 ± 5E-03	2,7E-02 ± 4E-03	4,1E-02 ± 6E-03	2,0E-02 ± 5E-03	8,1E-02 ± 5E-03	2,2E-02 ± 1E-03

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.



LETO 2015 T - 64  
10. MLEKO – enkratni vzorci (I-131)



Specifična analiza I-131

Datum vzorčenja	Datum meritve	Vzorčevalno mesto		
		Pesje	Vihre	Brege
		KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI I-131 [Bq/L]		
1. 6. 2015	2. 6. 2015	< 8,52E-3	< 8,69E-3	< 9,85E-3
17. 6. 2015	18. 6. 2015	< 8,80E-3	< 8,02E-3	< 8,20E-3
1. 7. 2015	2. 7. 2015	< 7,82E-3	< 7,53E-3	< 6,34E-3
3. 8. 2015	4. 8. 2015	< 9,93E-3	< 9,37E-3	< 8,57E-3
13. 8. 2015	14. 8. 2015	< 7,59E-3	< 7,22E-3	< 8,39E-3
1. 9. 2015	2. 9. 2015	< 8,99E-3	< 9,11E-3	< 8,40E-3
15. 9. 2015	16. 9. 2015	< 9,08E-3	< 7,96E-3	< 7,87E-3
1. 10. 2015	2. 10. 2015	< 9,07E-3	< 9,00E-3	< 8,69E-3

LETO 2015 T - 65  
11. HRANILA – SADJE - jabolka



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (\*\*)

Vzorč. mesto	Evrosad Krško - sadovnjak okoli NEK	Evrosad Krško - sadovnjak okoli NEK	Evrosad Krško - sadovnjak okoli NEK	Evrosad Krško - sadovnjak okoli NEK	Povprečje - jabolka (*)
Vrsta vzorca	Jabolka	Jabolka	Jabolka	Jabolka	
Datum vzor.	30. 9. 2015	30. 9. 2015	30. 9. 2015	30. 9. 2015	
Kol. vzorca (kg)	0,26	0,31	0,30	0,50	
Odstotek suhe snovi	15,00	16,20	13,80	15,90	
Oznaka vzorca	K15HSJB191	K15HSJB491	K15HSJB691	K15HSJB791	
IZOTOP					
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI					
U-238	2,0E-01 ± 2E-01	8,8E-02 ± 2E-01 ‡	1,1E-01 ± 7E-02	1,4E-01 ± 7E-02	9,9E-02 ± 6E-02
Ra-226	1,9E-01 ± 8E-02	5,7E-02 ± 8E-02 ‡	6,1E-02 ± 4E-02	1,4E-01 ± 7E-02	1,1E-01 ± 3E-02
Pb-210	5,6E-02 ± 3E-01 ‡	9,9E-02 ± 7E-02	1,0E-01 ± 8E-02	3E-01	6,4E-02 ± 1E-01
Ra-228					
Th-228	2,0E-02 ± 2E-02	5,4E-02 ± 1E-02	1,1E-02 ± 8E-03		2,1E-02 ± 5E-03
Th-230					
K-40	3,4E+01 ± 2E+00	4,2E+01 ± 4E+00	2,7E+01 ± 3E+00	3,7E+01 ± 4E+00	3,5E+01 ± 2E+00
Be-7	8,1E-01 ± 1E-01	3,3E-01 ± 1E-01	6,3E-01 ± 1E-01	1,0E+00 ± 2E-01	6,9E-01 ± 7E-02
I-131					
Cs-134					
Cs-137		2,6E-02 ± 2E-02 ‡	1,7E-02 ± 1E-02 ‡		1,1E-02 ± 6E-03
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	9,0E-03 ± 3E-03	9,7E-03 ± 5E-03	< 8E-03	6,4E-03 ± 2E-03	6,3E-03 ± 2E-03

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 66  
11. HRANILA – SADJE - hruške

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89

Vzorč. mesto	Evrosad Krško - sadovnjak okoli NEK	Evrosad Krško - sadovnjak okoli NEK	Povprečje - hruške (*)
Vrsta vzorca	Hruške pachams	Hruške viljamovka	
Datum vzor.	30. 9. 2015	30. 9. 2015	
Kol. vzorca (kg)	0,52	0,53	
Odstoteksuhe snovi	16,50	16,70	
Oznaka vzorca	K15HSHR191	K15HSHR691	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI		
U-238	9,3E-02 ± 3E-01 ‡	1,0E-01 ± 2E-01 ‡	9,7E-02 ± 2E-01
Ra-226	3,3E-02 ± 1E-01 ‡	8,4E-02 ± 4E-02	5,8E-02 ± 6E-02
Pb-210	2,0E-01 ± 1E+00 ‡	5E-01	1,0E-01 ± 6E-01
Ra-228		5,9E-02 ± 4E-02	2,9E-02 ± 2E-02
Th-228	3,2E-02 ± 2E-02	1,8E-02 ± 1E-02	2,5E-02 ± 1E-02
Th-230			
K-40	4,7E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 3E+00
Be-7	1,1E+00 ± 1E-01	7,5E-01 ± 1E-01	9,3E-01 ± 1E-01
I-131			
Cs-134			
Cs-137	4,7E-04 ± 6E-03 ‡	1,3E-02 ± 1E-02 ‡	6,8E-03 ± 8E-03
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
Sr-89/Sr-90	9,9E-03 ± 2E-03	1,3E-02 ± 2E-03	1,2E-02 ± 1E-03

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 67  
11. HRANILA – SADJE - jagode

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (\*\*)

Vzorč. mesto	Spodnja Pohanca	Zgornja Pohanca	Povprečje - jagode (*)
Vrsta vzorca	Jagode	Jagode	
Datum vzor.	4. 6. 2015	4. 6. 2015	
Kol. vzorca (kg)	0,27	0,24	
Odstoteksuhe snovi	9,40	7,60	
Oznaka vzorca	K15HSJG2161	K15HSJG2261	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI		
U-238	8,0E-02 ± 1E-01 ‡		4,0E-02 ± 7E-02
Ra-226	5,0E-02 ± 4E-02 ‡		2,5E-02 ± 2E-02
Pb-210	4,3E-02 ± 2E-01 ‡	1E-01	2,2E-02 ± 1E-01
Ra-228	8,3E-02 ± 4E-02		4,1E-02 ± 2E-02
Th-228	1,6E-02 ± 1E-02	2,7E-03 ± 3E-02 ‡	9,2E-03 ± 1E-02
Th-230			
K-40	3,5E+01 ± 3E+00	4,7E+01 ± 5E+00	4,1E+01 ± 3E+00
Be-7	2,6E-01 ± 2E-01		1,3E-01 ± 1E-01
I-131			
Cs-134			
Cs-137			
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
Sr-89/Sr-90	1,2E-01 ± 7E-03	2,0E-02 ± 2E-03	6,8E-02 ± 3E-03

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 68  
11. HRANILA – SADJE – rdeče in belo vino ter bezeg

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (\*\*)

Vzorč. mesto	Vinska klet Leskovec	Vinska klet Leskovec	Krško
Vrsta vzorca	Vino - rdeče	Vino - belo	Bezeg
Datum vzor.	29. 10. 2015	29. 10. 2015	30. 7. 2015
Kol. vzorca (kg)	0,06	0,10	0,34
Odstoteksuhe snovi	2,10	2,40	19,00
Oznaka vzorca	K15HSV11A1	K15HSV12A1	K15HSBZ171
<b>IZOTOP</b>	<b>SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI</b>		
U-238	2,8E-02 ± 2E-02 ‡		5,8E-02 ± 4E-01 ‡
Ra-226	2,0E-02 ± 1E-02	1,3E-01 ± 4E-02	2,8E-01 ± 1E-01
Pb-210	1,5E-01 ± 3E-02	4,2E-02 ± 6E-02	3,3E+00 ± 5E-01
Ra-228	2,1E-02 ± 2E-02 ‡	1,6E-02 ± 9E-03	1,3E-01 ± 8E-02
Th-228	2,5E-03 ± 9E-03 ‡	9,4E-03 ± 6E-03	4,9E-02 ± 3E-02
Th-230			
K-40	4,0E+01 ± 3E+00	2,9E+01 ± 3E+00	1,4E+02 ± 1E+01
Be-7	3,3E-01 ± 6E-02	3,2E-01 ± 6E-02	3,1E+01 ± 1E+00
I-131			
Cs-134			
Cs-137	7,0E-03 ± 3E-03	8,6E-03 ± 3E-03	5,6E-02 ± 2E-02
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
Sr-89/Sr-90	1,8E-02 ± 2E-03	2,1E-02 ± 2E-03	1,3E-01 ± 8E-03

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 69  
12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE - solata, blitva, krompir, rdeča pesa

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Pesje	Žadovinek	Vihre	Brege
Vrsta vzorca	solata	blitva	krompir	rdeča pesa
Datum vzor.	17. 6. 2015	17. 6. 2015	17. 6. 2015	17. 6. 2015
Oznaka vzorca	SNEK010615	SNEK020615	SNEK030615	SNEK040615
<b>IZOTOP</b>	<b>SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI</b>			
U-238		1,4E-01 ± 7E-02		
Ra-226	7,6E-02 ± 7E-03	1,8E-01 ± 1E-02	1,4E-02 ± 8E-03	6,3E-02 ± 1E-02
Pb-210	5,3E-01 ± 8E-02	1,3E+00 ± 1E-01	1,0E-01 ± 9E-02	2,2E-01 ± 8E-02
Ra-228	7,3E-02 ± 2E-02	2,6E-01 ± 2E-02	7,1E-02 ± 2E-02	9,9E-02 ± 3E-02
Th-228	5,9E-02 ± 1E-02	7,0E-02 ± 2E-02	1,8E-02 ± 1E-02	1,0E-01 ± 3E-02
Th-230				
K-40	7,1E+01 ± 3E+00	1,7E+02 ± 9E+00	1,6E+02 ± 7E+00	9,6E+01 ± 3E+01
Be-7	4,4E+00 ± 2E-01	1,1E+01 ± 4E-01	8,9E-02 ± 3E-02	1,2E+00 ± 3E-01
I-131				
Cs-134				
Cs-137	3,9E-02 ± 5E-03	7,5E-02 ± 8E-03	< 4E-02	5,8E-02 ± 7E-03
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	8,3E-02 ± 9E-03	1,5E-01 ± 2E-02	7,8E-03 ± 5E-03	1,1E-01 ± 1E-02

(\*\*) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2015 T - 70

12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE – zelje, fižol, kumare, paradižnik

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Brege	Vrbina	Žadovinek	Spodnji Stari Grad
Vrsta vzorca	zelje	fižol	kumare	paradižnik
Datum vzor.	17. 6. 2015	3. 8. 2015	3. 8. 2015	3. 8. 2015
Oznaka vzorca	SZNEK050615	SZNEK060815	SZNEK070815	SZNEK080815
<b>IZOTOP</b>	<b>SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI</b>			
U-238	4,3E-02 ± 3E-02		1,5E-01 ± 4E-02	
Ra-226	1,7E-02 ± 4E-03	3,1E-01 ± 4E-02	7,9E-02 ± 7E-03	1,6E-01 ± 1E-02
Pb-210	7,7E-02 ± 2E-02	3,6E-01 ± 3E-01	3,4E-02 ± 5E-02	
Ra-228		2,1E-01 ± 8E-02	2,5E-02 ± 2E-02	1,1E-01 ± 4E-02
Th-228	3,0E-02 ± 8E-03		2,9E-02 ± 1E-02	
Th-230				
K-40	7,0E+01 ± 4E+00	4,3E+02 ± 1E+01	5,1E+01 ± 1E+00	5,9E+01 ± 3E+00
Be-7	3,5E-01 ± 3E-02		6,0E-01 ± 5E-02	
I-131				
Cs-134				
Cs-137	< 2E-02	< 1E-01	< 4E-02	< 8E-02
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	2,2E-02 ± 4E-03	1,0E-01 ± 6E-02	2,5E-02 ± 4E-03	< 9E-03

(\*\*) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2015 T - 71

12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE – jajčevci, čebula, paprika, peteršilj

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Pesje	Krško	Brege	Žadovinek
Vrsta vzorca	jajčevci	čebula	paprika	peteršilj
Datum vzor.	3. 8. 2015	3. 8. 2015	13. 8. 2015	13. 8. 2015
Oznaka vzorca	SZNEK090815	SZNEK100815	SZNEK110815	SZNEK120815
<b>IZOTOP</b>	<b>SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI</b>			
U-238				3,8E-01 ± 2E-01
Ra-226		5,2E-02 ± 1E-02	3,3E-02 ± 1E-02	5,0E-01 ± 3E-02
Pb-210	1,1E-01 ± 7E-02	1,2E-01 ± 9E-02		1,3E+00 ± 2E-01
Ra-228		1,4E-01 ± 3E-02		5,6E-01 ± 6E-02
Th-228				3,7E-01 ± 6E-02
Th-230				
K-40	6,5E+01 ± 4E+00	8,0E+01 ± 2E+00	4,0E+01 ± 2E+00	1,8E+02 ± 1E+01
Be-7	3,1E-01 ± 5E-02	8,8E-02 ± 6E-02	4,3E-01 ± 5E-02	7,0E+00 ± 4E-01
I-131				
Cs-134				
Cs-137	< 5E-02	< 5E-02	7,1E-02 ± 6E-03	1,2E-01 ± 2E-02
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	1,6E-02 ± 3E-03	4,0E-02 ± 8E-03	1,6E-02 ± 6E-03	1,4E-01 ± 2E-02

(\*\*) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2015 T - 72

12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE – feferoni, ohrovt, korenje, radič

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Brege	Vihre	Pesje	Spodnji Stari Grad
Vrsta vzorca	feferoni	ohrovt	korenje	radič
Datum vzor.	13. 8. 2015	13. 8. 2015	13. 8. 2015	15. 9. 2015
Oznaka vzorca	SZNEK130815	SZNEK140815	SZNEK150815	SZNEK160915
<b>IZOTOP</b>	<b>SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI</b>			
U-238	3,4E-01 ± 1E-01		2,7E-02 ± 5E-02	2,0E-01 ± 1E-01
Ra-226	8,3E-02 ± 2E-02	2,6E-02 ± 4E-03	8,9E-02 ± 8E-03	9,3E-02 ± 3E-02
Pb-210	3,4E-01 ± 1E-01		1,5E-01 ± 8E-02	2,3E+00 ± 3E-01
Ra-228	1,4E-01 ± 5E-02	2,9E-02 ± 7E-03	1,2E-01 ± 2E-02	
Th-228	4,0E-02 ± 3E-02	6,5E-02 ± 3E-02		4,3E-02 ± 4E-02
Th-230				
K-40	9,3E+01 ± 5E+00	4,7E+01 ± 2E+00	1,0E+02 ± 6E+00	2,1E+02 ± 1E+01
Be-7		2,6E-02 ± 4E-03		1,3E+01 ± 4E-01
I-131				
Cs-134				
Cs-137	< 8E-02	< 2E-02	< 6E-02	3,8E-02 ± 9E-03
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	< 1E-02	8,5E-02 ± 8E-03	2,4E-01 ± 2E-02	1,6E-01 ± 2E-02

(\*\*) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2015 T - 73

12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE –ječmen, pšenica, koroza, črna redkev

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Trnje	Trnje	Vrbina	Vrbina
Vrsta vzorca	ječmen	pšenica	koroza	črna redkev
Datum vzor.	3. 10. 2015	3. 10. 2015	3. 10. 2015	3. 10. 2015
Oznaka vzorca	SZNEK171015	SZNEK181015	SZNEK191015	SZNEK201015
<b>IZOTOP</b>	<b>SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI</b>			
U-238		1,2E-01 ± 1E-01		
Ra-226	1,1E-01 ± 2E-02	1,7E-01 ± 2E-02	1,0E-01 ± 2E-02	
Pb-210	9,3E-01 ± 2E-01	1,4E-01 ± 2E-01	3,1E-01 ± 2E-01	
Ra-228	2,7E-01 ± 4E-02	3,0E-01 ± 5E-02	2,2E-01 ± 5E-02	
Th-228	2,4E-01 ± 4E-02	7,1E-02 ± 5E-02	5,8E-02 ± 5E-02	
Th-230				
K-40	2,1E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 7E+00	1,1E+02 ± 4E+00	7,8E+01 ± 4E+00
Be-7				
I-131				
Cs-134				
Cs-137	< 8E-02	6,1E-02 ± 1E-02	1,8E-01 ± 2E-02	2,0E-01 ± 1E-02
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	3,8E-01 ± 4E-02	2,0E-01 ± 3E-02	2,6E-01 ± 3E-02	1,9E-01 ± 2E-02

(\*\*) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2015 T - 74  
13. HRANILA – KOKOŠJE MESO IN JAJCA

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (\*\*)

Vzorč. mesto	Spodnji Stari Grad	Vrbina		Spodnji Stari Grad
Vrsta vzorca	Kološja jajca	Kološja jajca	Povprečje - jajca (*)	Kološje meso
Datum vzor.	26. 1. 2015	2. 3. 2015		26. 1. 2015
Kol. vzorca (kg)	0,25	0,25		0,14
Odstoteksuhe snovi	23,80	26,20		25,90
Oznaka vzorca	K15HJ111	K15HJ331		K15HMK111
<b>IZOTOP</b>	<b>SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI</b>			
U-238	3,1E-01 ± 6E-01 ‡	7,0E-01 ± 5E-01	5,1E-01 ± 4E-01	2,2E-01 ± 8E-01 ‡
Ra-226	1,3E-02 ± 6E-02 ‡	2,8E-01 ± 2E-01	1,5E-01 ± 9E-02	5,1E-01 ± 2E-01
Pb-210	2,9E-01 ± 9E-01 ‡	1E+00	1,4E-01 ± 8E-01	1,1E+00 ± 9E-01 ‡
Ra-228	1,2E-01 ± 1E-01 ‡	1,4E-01 ± 7E-02	1,3E-01 ± 6E-02	
Th-228	6,2E-02 ± 5E-02	7,2E-02 ± 4E-02	6,7E-02 ± 3E-02	1,2E-01 ± 5E-02
Th-230				
K-40	4,0E+01 ± 4E+00	3,8E+01 ± 4E+00	3,9E+01 ± 3E+00	8,6E+01 ± 8E+00
Be-7		3,6E-01 ± 2E-01	1,8E-01 ± 1E-01	
I-131				
Cs-134				
Cs-137				
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-89/Sr-90	3,3E-02 ± 7E-03	5,0E-02 ± 8E-03	4,2E-02 ± 5E-03	4,9E-02 ± 8E-03

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2015 T - 75  
13. HRANILA – SVINJSKO, GOVEJE IN DIVJAČINSKO MESO

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (\*\*)

Vzorč. mesto	Spodnji Stari Grad	Brege		Sevnica	Brege
Vrsta vzorca	Svinjsko meso	Svinjsko meso	Povprečje - svinjsko meso (*)	Goveje meso	Divjačinsko meso
Datum vzor.	26. 1. 2015	26. 1. 2015		1. 7. 2015	26. 1. 2015
Kol. vzorca (kg)	0,38	0,34		0,37	0,36
Odstoteksuhe snovi	31,10	31,50		24,50	26,60
Oznaka vzorca	K15HMS111	K15HMS211		K15HMG971	K15HMD111
<b>IZOTOP</b>	<b>SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI</b>				
U-238	1,5E-01 ± 3E-01 ‡		7,4E-02 ± 1E-01	4,2E-01 ± 5E-01 ‡	9,6E-03 ± 6E-02 ‡
Ra-226	2,5E-01 ± 1E-01		1,3E-01 ± 6E-02	1,0E-02 ± 6E-02 ‡	1,8E-01 ± 1E-01
Pb-210	1E+00	8E-01	8E-01	1E+00	3,1E-01 ± 6E-01 ‡
Ra-228	3,4E-02 ± 1E-01 ‡		1,7E-02 ± 5E-02	4,4E-02 ± 9E-02 ‡	
Th-228	6,4E-03 ± 7E-02 ‡	7,3E-02 ± 5E-02	4,0E-02 ± 4E-02	5,7E-02 ± 4E-02	3,7E-02 ± 3E-02 ‡
Th-230					
K-40	1,0E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 1E+01	1,0E+02 ± 7E+00	9,1E+01 ± 9E+00	1,1E+02 ± 1E+01
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	2,7E-01 ± 3E-02	8,5E-02 ± 3E-02	1,8E-01 ± 2E-02	8,0E-02 ± 2E-02	
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	2,8E-02 ± 6E-03	2,2E-02 ± 6E-03	2,5E-02 ± 4E-03	< 1E-02	1,6E-02 ± 5E-03

(\*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(\*\*) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

**TABELE  
REZULTATOV  
PRIMERJALNIH MERITEV**





## REZULTATI PREVERJANJA

### IAEA World-wide open proficiency test on the determination of gamma, beta and alpha emitting radionuclides in water, brown rice and soil samples, IAEA-TEL-2015-03 IAEA, Terrestrial Environment Laboratory

V maju 2015 je Terrestrial Environment Laboratory z IAEA razposlal 3 vzorce umetno kontaminirane vode, vzorec rjavega riža in 2 vzorca zemlje za določanje vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov. Pri tem preverjanju je Odsek O-2 sodeloval pri določitvi vsebnosti stroncija Sr-90 v vzorcu vode in zemlje, IRB pa pri določitvi sevalcev gama in Sr-90 v dveh vzorcih vode ter v vzorcu rjavega riža in zemlje. Končne individualne rezultate je IJS, Odsek O-2 prejel novembra 2015 [*Individual Evaluation Report for Laboratory No. 99 (IJS, Odsek O-2) for the World-Wide Open Proficiency Test IAEA-TEL-2015-03, IAEA, Terrestrial Environment Laboratory, S. Tarjan, Seibersdorf, november 2015*], IRB pa decembra 2015 [*Individual Evaluation Report for Laboratory No. 17 (IRB) for the World-Wide Open Proficiency Test IAEA-TEL-2015-03, IAEA, Terrestrial Environment Laboratory, S. Tarjan, Seibersdorf, december 2015*],

V naslednjih tabelah so prikazani rezultati analiz IJS, Odsek O-2 (koda laboratorija 99) in primerjava z referenčno vrednostjo IAEA za Sr-90 v vzorcu kontaminirane vode in zemlje ter rezultati analiz IRB (koda laboratorija 17) za dva vzorca vode, vzorec rjavega riža in zemlje. Rezultati meritev naravnih radionuklidov v vzorcu zemlje št. 5 razen za Cs-137 in U-238 so primerjani s povprečnimi vrednostmi sodelujočih laboratorijev (Robust Mean in Robust Standard Deviation). Pri primerjavi so uporabljeni relativni odmik,  $\zeta$ -preskus in Z-preskus.  $\zeta$ -preskus je opisan v poglavju *Neodvisni nadzor pooblaščenih izvajalcev*.

Z-preskus je definiran na naslednji način:

Robust Mean:  $x^* = \text{median of } x_i (i = 1, 2 \dots p)$ , robust standard deviation  $s^* = 1,483 * \text{median of } |x_i - x^*|$ ,

Z-preskus:  $z = (\text{ReportedValue} - \text{TargetValue})/s^*$

Z-preskus:  $z < 2$ : acceptable,  $2 \leq z \leq 3$ : warning,  $z > 3$ : not acceptable

#### REZULTATI IJS (Odsek O-2):

IAEA-TEL-2015-03 Sample 1, Spiked Water						
analize IJS opravljene <i>od julija do septembra 2015</i> , individualni rezultati objavljeni <i>novembra 2015</i>						
IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 99	rel. odmik (%)	$\zeta$ -preskus	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)					
Sr-90	29,6 ± 0,8	29,5 ± 1,5	-0,34	-0,06	-0,03	A

IAEA-TEL-2015-03 Sample 5, Soil Sample						
analize IJS opravljene <i>od julija do septembra 2015</i> , individualni rezultati objavljeni <i>novembra 2015</i>						
IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 99	rel. odmik (%)	$\zeta$ -preskus	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)					
Sr-90	36,2 ± 2,7	39,1 ± 2,4	8,01	0,80	0,59	A

**REZULTATI IRB:**

<b>IAEA-TEL-2015-03</b>						
<b>Sample 1, Spiked Water</b>						
analize IRB opravljene <i>od maja do septembra 2015</i> , individualni rezultati objavljeni <i>decembra 2015</i>						
IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 17	rel. odmik (%)	ζ-preskus	Z-preskus	Končna ocena
Cs-134	30 ± 0,9	29,9 ± 1,7	-0,33	-0,05	-0,06	A
Cs-137	30,1 ± 0,9	30,7 ± 1,8	1,99	0,30	0,60	A
Sr-90	29,6 ± 0,8	27,7 ± 0,6	-6,42	-1,90	-0,63	A

<b>IAEA-TEL-2015-03</b>						
<b>Sample 2, Spiked Water</b>						
analize IRB opravljene <i>od maja do septembra 2015</i> , individualni rezultati objavljeni <i>decembra 2015</i>						
IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 17	rel. odmik (%)	ζ-preskus	Z-preskus	Končna ocena
Na-22	65,1 ± 1,5	64,4 ± 4,0	-1,08	-0,16	-0,16	A
Zn-65	177,3 ± 5,7	167,6 ± 9,4	-5,47	-0,88	-1,08	A

<b>IAEA-TEL-2015-03</b>						
<b>Sample 4, Brown Rice</b>						
analize IRB opravljene <i>od maja do septembra 2015</i> , individualni rezultati objavljeni <i>decembra 2015</i>						
IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 17	rel. odmik (%)	ζ-preskus	Z-preskus	Končna ocena
Cs-134	12 ± 0,4	12,3 ± 0,9	2,50	0,30	0,25	A
Cs-137	38,6 ± 0,9	40,3 ± 2,3	4,40	0,69	0,68	A
K-40	72,1 ± 3,5	85,7 ± 10,0	18,86	1,28	1,51	A

<b>IAEA-TEL-2015-03</b>						
<b>Sample 5, Soil</b>						
analize IRB opravljene <i>od maja do septembra 2015</i> , individualni rezultati objavljeni <i>decembra 2015</i>						
IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 17	rel. odmik (%)	ζ-preskus	Z-preskus	Končna ocena
Cs-137	715 ± 30	683,3 ± 34,4	-4,43	-0,69	-0,86	A
K-40	190 ± 16,8	194,2 ± 14,0	-	-	0,25	A
Ra-226	50 ± 9,3	46,0 ± 2,8	-	-	-0,43	A
Ac-228	49 ± 4,4	52,0 ± 3,6	-	-	0,68	A
Bi-214	46,5 ± 4	46,0 ± 2,8	-	-	-0,13	A
Th-234	45,3 ± 6,5	48,0 ± 3,8	-	-	0,42	A
Sr-90	36,2 ± 2,7	32,9 ± 2,8	-9,12	-0,85	-0,67	A
U-238	46,4 ± 2,5	48,9 ± 6,5	5,39	0,36	0,57	A

**REZULTATI PREVERJANJA**  
**IAEA ALMERA proficiency test**  
**on the determination of natural and artificial radionuclides**  
**in water, brown rice and soil samples, IAEA-TEL-2015-04**  
**ALMERA, IAEA, Terrestrial Environment Laboratory**

V maju 2015 je Terrestrial Environment Laboratory z IAEA razposlal 3 vzorce umetno kontaminirane vode, vzorec rjavega riža in dva vzorca zemlje za določanje vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov. Pri tem preverjanju smo sodelovali pri določitvi sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama. Končne individualne rezultate smo prejeli decembra 2015 [*Individual Evaluation Report for Laboratory No. 34 (IJS, Odsek F-2) for the ALMERA Proficiency Test IAEA-TEL-2015-04, IAEA, Terrestrial Environment Laboratory, S. Tarjan, Seibersdorf, december 2015*].

V tabelah v prilogi 1 so zbrani rezultati analiz IJS (koda laboratorija 34 za Odsek F-2) in primerjave rezultatov z referenčnimi vrednostmi IAEA. Vzorec zemlje št. 5 je realen vzorec zemlje iz Sirije, vzorec rjavega riža pa je realen vzorec iz Južne Koreje. Rezultati meritev naravnih radionuklidov v vzorcu zemlje št. 5 razen za Cs-137 in U-238 so primerjani s povprečnimi vrednostmi sodelujočih laboratorijev (Robust Mean in Robust Standard Deviation). Vzorec vode št. 3 je bil referenčni in je imel vnaprej podane vrednosti za Eu-152, zato v individualnem poročilu ni rezultatov za ta vzorec.  $\zeta$ -preskus in relativni odmik za ta vzorec smo sami določili. Pri primerjavi so uporabljeni relativni odmik,  $\zeta$ -preskus in Z-preskus.  $\zeta$ -preskus je opisan v poglavju *Neodvisni nadzor pooblaščenih izvajalcev*.

Z-preskus je definiran na naslednji način:

Robust Mean:  $x^* = \text{median of } x_i (i = 1, 2 \dots p)$ , robust standard deviation  $s^* = 1,483 * \text{median of } |x_i - x^*|$ ,

Z-preskus:  $z = (\text{ReportedValue} - \text{TargetValue})/s^*$

Z-preskus:  $z < 2$ : acceptable,  $2 \leq z \leq 3$ : warning,  $z > 3$ : not acceptable

**REZULTATI IJS (Odsek F-2):**

<b>IAEA-TEL-2015-04</b>						
<b>Sample 1, Spiked Water</b>						
analize IJS opravljene <i>maja 2015</i> , individualni rezultati objavljeni <i>decembra 2015</i>						
IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 34	rel. odmik (%)	$\zeta$ -preskus	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)					
Cs-134	30 ± 0,9	28,9 ± 0,9	-3,67	-0,86	-0,61	A
Cs-137	30,1 ± 0,9	29,9 ± 0,9	-0,66	-0,16	-0,20	A

<b>IAEA-TEL-2015-04</b>						
<b>Sample 2, Spiked Water</b>						
analize IJS opravljene <i>maja 2015</i> , individualni rezultati objavljeni <i>decembra 2015</i>						
IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 34	rel. odmik (%)	$\zeta$ -preskus	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)					
Na-22*	65,1 ± 1,5	62 ± 2	-4,45	-1,16	-	-
Na-22	65,1 ± 1,5	51,7 ± 1,6	-20,58	-6,11	-2,98	N
Zn-65	177,3 ± 5,7	164,4 ± 4,9	-7,28	-1,72	-1,43	A

\* Korigiran rezultat za Na-22, kjer so upoštevani koincidenčni popravki.

**IAEA-TEL-2015-04**  
**Sample 4, Brown Rice**

analize IJS opravljene *maja 2015*, individualni rezultati objavljeni *decembra 2015*

IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 34	rel. odmik (%)	ζ-preskus	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)					
Cs-134	12 ± 0,4	12,9 ± 0,4	7,50	1,59	0,75	A
Cs-137	38,6 ± 0,9	41,4 ± 1,2	7,25	1,87	1,12	A
K-40	72,1 ± 3,5	79,1 ± 3,5	9,71	1,41	0,78	A

**IAEA-TEL-2015-04**  
**Sample 5, Soil**

analize IJS opravljene *avgusta 2015*, individualni rezultati objavljeni *decembra 2015*

IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 34	rel. odmik (%)	ζ-preskus	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)					
Cs-137	715 ± 30	678 ± 20	-5,17	-1,03	-1,00	A
K-40	190 ± 16,8	174 ± 7	-	-	-0,95	A
Pb-210	236 ± 44	221 ± 8	-	-	-0,34	A
Pb-212	49 ± 5,2	48,4 ± 1,5	-	-	-0,12	A
Pb-214	46,5 ± 5,1	48,4 ± 1,5	-	-	0,37	A
Bi-214	46,5 ± 4	48,2 ± 1,4	-	-	0,43	A
Ra-226	50 ± 9,3	63 ± 5	-	-	1,40	A
Ra-228	49 ± 2,5	48,3 ± 1,5	-	-	-0,28	A
Tl-208	17,4 ± 1,9	17,0 ± 0,5	-	-	-0,28	A
U-238	46,4 ± 2,5	38,6 ± 3,0	-16,81	-2,00	-1,77	A

**IAEA-TEL-2015-04**  
**Sample 6, Soil**

analize IJS opravljene *avgusta 2015*, individualni rezultati objavljeni *decembra 2015*

IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 34	rel. odmik (%)	ζ-preskus	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)					
U-238	27 ± 1,4	23 ± 2	-14,81	-1,64	-0,77	A

**KONČNI REZULTATI MEDNARODNE PRIMERJAVE  
ENVIRONMENTAL RADIOACTIVITY COMPARISON EXERCISE 2014  
NPL – Velika Britanija**

**BL – kontaminirane vodna raztopina ter  
GS – kontrolirano kontaminiran trdni vzorec – steklo v prahu**

V juniju 2015 je bilo izdano končno poročilo za mednarodne primerjalne meritve "Environmental Radioactivity Comparison Exercise 2014" [NPL REPORT IR 34, Environmental Radioactivity Proficiency Test Exercise 2014, J. Dean, S. Collins and S. Woods, junij 2015], kjer je sodeloval Odsek F-2 z IJS (koda laboratorija 21) pri določitvi radionuklidov v vzorcu kontaminirane vodne raztopine GL in stekla, kontaminiranega s sevalci gama (GS). Končni rezultati analiz in primerjave z referenčnimi vrednostmi NPL so zbrane v naslednjih preglednicah. Pri statističnih ocenah so bile uporabljene naslednje zveze:

relativni odmik = (IJS rezultat – NPL vrednost) · 100 % / NPL vrednost

$\zeta$ -preskus = (IJS rezultat – NPL vrednost) · [(IJS negotovost)<sup>2</sup> + (NPL negotovost)<sup>2</sup>]<sup>1/2</sup>

Z-preskus = (IJS rezultat – NPL vrednost) / (0,05823 · NPL vrednost)

**REZULTATI IJS, Odsek F-2:**

<b>NPL – GL / Lab Code 21</b> kontaminirana vodna raztopina s sevalci gama nizkih aktivnosti analize IJS opravljene <i>decembra 2014</i> , končni rezultati objavljeni <i>junija 2015</i>					
IZOTOP	NPL	IJS	rel. odmik (%)	$\zeta$ -preskus	Z-preskus
	(Bq/kg)				
Co-60	12,49 ± 0,062	12,33 ± 0,37	–1,3	–0,43	–0,22
Cs-137	2,259 ± 0,020	2,270 ± 0,080	0,5	0,13	0,08
Eu-152	20,00 ± 0,15	19,54 ± 0,59	–2,3	–0,76	–0,39
Am-241	1,8124 ± 0,0039	1,88 ± 0,11	3,7	0,61	0,64

<b>NPL – GS / Lab Code 21</b> steklo kontaminirano s sevalci gama nizkih aktivnosti analize IJS opravljene <i>decembra 2014</i> , končni rezultati objavljeni <i>junija 2015</i>					
IZOTOP	NPL	IJS	rel. odmik (%)	$\zeta$ -preskus	Z-preskus
	(Bq/kg)				
Co-60	1,470 ± 0,017	1,460 ± 0,050	–0,7	–0,19	–0,12
Eu-152	0,769 ± 0,012	0,78 ± 0,03	1,4	0,34	0,25
Am-241	2,40 ± 0,20	2,13 ± 0,07	–11,3	–1,27	–1,93

**KONČNI REZULTATI MEDNARODNE PRIMERJAVE  
ENVIRONMENTAL RADIOACTIVITY COMPARISON EXERCISE 2014  
NPL – Velika Britanija**

**B1, AB – kontaminirani vodni raztopini**

V juniju 2015 je bilo izdano končno poročilo za mednarodne primerjalne meritve "Environmental Radioactivity Comparison Exercise 2014" [NPL REPORT IR 34, Environmental Radioactivity Proficiency Test Exercise 2014, J. Dean, S. Collins and S. Woods, junij 2015], kjer je sodeloval Odsek O-2 z IJS (koda laboratorija 106) pri določitvi vsebnosti H-3, C-14 in Sr-90 v vzorcih kontaminiranih vodnih raztopin B1, AB. Končni rezultati analiz in primerjave z referenčnimi vrednostmi NPL so zbrane v naslednjih preglednicah. Pri statističnih ocenah so bile uporabljene naslednje zveze:

relativni odmik = (IJS rezultat – NPL vrednost) · 100 % / NPL vrednost

$\zeta$ -preskus = (IJS rezultat – NPL vrednost) · [(IJS negotovost)<sup>2</sup> + (NPL negotovost)<sup>2</sup>]<sup>1/2</sup>

Z-preskus = (IJS rezultat – NPL vrednost) / (0,05823 · NPL vrednost)

**REZULTATI IJS, Odsek O-2:**

<b>NPL – B1 / Lab Code 106</b> <b>kontaminirana vodna raztopina</b> analize IJS, Odsek O-2 opravljene <i>od decembra 2014 do februarja 2015</i> končno poročilo objavljeno <i>junija 2015</i>					
IZOTOP	NPL	IJS	rel. odmik (%)	$\zeta$ -preskus	Z-preskus
	(Bq/kg)				
H-3	6,037 ± 0,043	6,00 ± 0,25	–0,6	–0,15	–0,11
Sr-90	2,418 ± 0,011	2,41 ± 0,40	–0,3	–0,02	–0,06

<b>NPL – B1 / Lab Code 106</b> <b>kontaminirana vodna raztopina</b> analize IJS, Odsek O-2 opravljene <i>od decembra 2014 do februarja 2015</i> končno poročilo objavljeno <i>junija 2015</i>					
IZOTOP	NPL	IJS	rel. odmik (%)	$\zeta$ -preskus	Z-preskus
	(Bq/kg)				
H-3	0,7400 ± 0,0052	0,773 ± 0,023	4,5	1,40	0,77
C-14	0,4254 ± 0,0028	0,383 ± 0,025	–10,0	–1,69	–1,71

**REZULTATI  
MEDNARODNIH PRIMERJALNIH MERITEV**

**Study MAPEP Series 32  
Mixed Analyte Performance Evaluation Program,  
Department of Energy RESL, ZDA**

V juniju 2015 so bili objavljeni individualni rezultati primerjalnih meritev *Study MAPEP Series 32 Mixed Analyte Performance Evaluation Program [Laboratory Results For MAPEP Series 3, (ZIOS99) ZVD Institute of Occupational Safety, Department of Energy RESL - 1955 Fremont Ave, MS4149 - Idaho Falls, ID 83415, ZDA, junij 2015]*, ki jih je Department of Energy, RESL (Radiological and Environmental Sciences Laboratory) iz ZDA razposlal februarja 2015. Sodeloval je ZVD, ki je poročal o rezultatih za pet vzorcev (vzorec zemlje, 2 vzorca vode, aerosolnega filtra in vegetacije).

Rezultati analiz ZVD ter primerjave s pripisanimi vrednostmi (assigned values) so zbrane v naslednjih 4 preglednicah. Rezultati so sprejemljivi, če je odmik < 20 %.

**REZULTATI ZVD:**

<b>Department of Energy, RESL, Study MAPEP Series 32 Soil Radionuclides (MAPEP-15-MaS32)</b>					
analize opravljene <i>marca do maja 2015</i> , končni rezultati objavljeni <i>junija 2015</i>					
IZOTOP	MAPEP Assigned value	MAPEP Acceptance Limits	ZVD value	Performance Evaluation ZVD	rel. odmik (%)
	[Bq/kg]				
Am-241	97	68–126	95	Acceptable	–2,1
Cs-134	678	475–881	684	Acceptable	0,9
Co-60	817	572–1 062	841	Acceptable	2,9
Mn-54	1 198	839–1 557	1 213	Acceptable	1,3
K-40	622	435–809	615	Acceptable	–1,1
Sr-90	653	475–849	667	Acceptable	2,1
Zn-65	1 064	745–1 383	1 079	Acceptable	1,4

<b>Department of Energy, RESL, Study MAPEP Series 32 Vegetation Radionuclides (MAPEP-15-RdV32)</b>					
analize opravljene <i>marca do maja 2015</i> , končni rezultati objavljeni <i>junija 2015</i>					
IZOTOP	MAPEP Assigned value	MAPEP Acceptance Limits	ZVD value	Performance Evaluation ZVD	rel. odmik (%)
	[Bq/vzorec]				
Cs-134	7,32	5,12–9,52	7,6	Acceptable	3,8
Cs-137	9,18	6,43–11,93	9,7	Acceptable	5,7
Co-60	5,55	3,89–7,22	6,0	Acceptable	8,1

**Department of Energy, RESL, Study MAPEP Series 32  
Water Radionuclides (MAPEP-15-MaW32)**

analize opravljene *marca do maja 2015*, končni rezultati objavljeni *junija 2015*

IZOTOP	MAPEP Assigned value	MAPEP Acceptance Limits	ZVD value	Performance Evaluation ZVD	rel. odmik (%)
	[Bq/L]				
Am-241	0,654	0,458–0,850	0,62	Acceptable	–5,2
Cs-134	23,5	16,5–30,6	22,4	Acceptable	–4,7
Cs-137	19,1	13,4–24,8	19,3	Acceptable	1,0
Co-57	29,9	20,9–38,9	29,7	Acceptable	–0,7
Sr-90	9,48	6,64–12,32	10,6	Acceptable	11,8
Zn-65	18,3	12,8–23,8	18,4	Acceptable	0,5

**Department of Energy, RESL, Study MAPEP Series 32  
Air Filter Radionuclides (MAPEP-15-RdF32)**

analize opravljene *marca do maja 2015*, končni rezultati objavljeni *junija 2015*

IZOTOP	MAPEP Assigned value	MAPEP Acceptance Limits	ZVD value	Performance Evaluation ZVD	rel. odmik (%)
	[Bq/vzorec]				
Cs-134	1,15	0,81–1,50	1,07	Acceptable	–7,0
Co-57	1,51	1,06–1,96	1,37	Acceptable	–9,3
Mn-54	1,02	0,71–1,33	0,94	Acceptable	–7,8
Zn-65	0,83	0,58–1,08	0,74	Acceptable	–10,8



## REZULTATI MEDNARODNIH PRIMERJALNIH MERITEV

### Study MAPEP Series 33 Mixed Analyte Performance Evaluation Program, Department of Energy RESL, ZDA

V januarju 2016 so bili objavljeni individualni rezultati primerjalnih meritev *Study MAPEP Series 33 Mixed Analyte Performance Evaluation Program [Laboratory Results For MAPEP Series 3, (ZIOS99) ZVD Institute of Occupational Safety, Department of Energy RESL - 1955 Fremont Ave, MS4149 - Idaho Falls, ID 83415, ZDA, junij 2015]*, ki jih je Department of Energy, RESL (Radiological and Environmental Sciences Laboratory) iz ZDA razposlal avgusta 2015. Sodeloval je ZVD, ki je poročal o rezultatih za 8 vzorcev (vzorec zemlje, po 3 vzorci vode in aerosolnega filtra ter vzorec vegetacije).

Rezultati analiz ZVD ter primerjave s pripisanimi vrednostmi (assigned values) so zbrane v naslednjih 4 preglednicah. Rezultati so sprejemljivi, če je odmik < 20 %.

#### REZULTATI ZVD:

<b>Department of Energy, RESL, Study MAPEP Series 33 Soil Radionuclides (MAPEP-15-MaS33)</b>					
analize opravljene <i>od septembra do novembra 2015</i> , končni rezultati objavljeni <i>januarja 2016</i>					
IZOTOP	MAPEP Assigned value	MAPEP Acceptance Limits	ZVD value	Performance Evaluation ZVD	rel. odmik (%)
	[Bq/kg]				
Am-241	49,5	34,7–64,4	42,4	Acceptable	–14,3
Cs-134	1 010	707–1 313	964	Acceptable	–4,6
Cs-137	809	566–1 052	800	Acceptable	–1,1
Co-57	1 080	826–1 534	1 170	Acceptable	–0,8
Co-60	1,30	Sensitivity evaluation	1,9	Acceptable	–
Mn-54	1 340	938–1 742	1 291	Acceptable	–3,7
K-40	599	419–779	554	Acceptable	–7,5
Sr-90	425	298–553	122	Not Acceptable	–71,3
U-238	220	154–286	181	Acceptable	–17,7
Zn-65	662	463–861	643	Acceptable	–2,9

**Department of Energy, RESL, Study MAPEP Series 33  
Water Radionuclides (MAPEP-15-MaW33)**

analize opravljene *od septembra do novembra 2015*, končni rezultati objavljeni *januarja 2016*

IZOTOP	MAPEP Assigned value	MAPEP Acceptance Limits	ZVD value	Performance Evaluation ZVD	rel. odmik (%)
	[Bq/L]				
Am-241	1,055	0,739–1,372	1,0	Acceptable	–5,2
Cs-134	23,1	16,2–30,0	22,8	Acceptable	–1,3
Co-57	20,8	14,6–27,0	20,5	Acceptable	–1,4
Co-60	17,1	12,0–22,2	17,6	Acceptable	2,9
Mn-54	15,6	10,9–20,3	15,6	Acceptable	0,0
K-40	214	150–278	200	Acceptable	–6,5
Sr-90	4,80	3,36–6,24	4,86	Acceptable	1,3
Zn-65	13,9	9,7–18,1	14,2	Acceptable	2,2

**Department of Energy, RESL, Study MAPEP Series 33  
Water Radionuclides (MAPEP-15-XaW33)**

analize opravljene *od septembra do novembra 2015*, končni rezultati objavljeni *januarja 2016*

IZOTOP	MAPEP Assigned value	MAPEP Acceptance Limits	ZVD value	Performance Evaluation ZVD	rel. odmik (%)
	[Bq/L]				
I-129	1,49	1,04–1,94	2,5	Not Acceptable	67,8

**Department of Energy, RESL, Study MAPEP Series 33  
Air Filter Radionuclides (MAPEP-15-RdF33)**

analize opravljene *od septembra do novembra 2015*, končni rezultati objavljeni *januarja 2016*

IZOTOP	MAPEP Assigned value	MAPEP Acceptance Limits	ZVD value	Performance Evaluation ZVD	rel. odmik (%)
	[Bq/vzorec]				
Am-241	0,147	0,103–0,191	0,15	Acceptable	2,0
Cs-134	2,45	1,72–3,19	2,30	Acceptable	–6,1
Cs-137	1,96	1,37–2,55	1,79	Acceptable	–8,7
Co-57	2,74	1,92–3,56	2,58	Acceptable	–5,8
Co-60	1,71	1,20–2,22	1,64	Acceptable	–4,1
Mn-54	2,11	1,48–2,74	1,98	Acceptable	–6,2
Zn-65	1,32	0,92–1,72	1,13	Acceptable	–14,4

**Department of Energy, RESL, Study MAPEP Series 33  
Air Filter Radionuclides (MAPEP-15-SrF33)**

analize opravljene *od septembra do novembra 2015*, končni rezultati objavljeni *januarja 2016*

IZOTOP	MAPEP Assigned value	MAPEP Acceptance Limits	ZVD value	Performance Evaluation ZVD	rel. odmik (%)
	[Bq/vzorec]				
Sr-90	1,05	0,74–1,37	1,26	Acceptable	20,0

**Department of Energy, RESL, Study MAPEP Series 33  
Vegetation Radionuclides (MAPEP-15-RdV33)**

analize opravljene *od septembra do novembra 2015*, končni rezultati objavljeni *januarja 2016*

IZOTOP	MAPEP Assigned value	MAPEP Acceptance Limits	ZVD value	Performance Evaluation ZVD	rel. odmik (%)
	[Bq/vzorec]				
Am-241	0,108	0,076–0,140	0,10	Acceptable	–7,4
Cs-134	5,80	4,06–7,54	6,0	Acceptable	3,4
Co-57	6,62	4,63–8,61	7,4	Acceptable	11,8
Co-60	4,56	3,19–5,93	4,7	Acceptable	3,1
Mn-54	7,68	5,38–9,98	8,1	Acceptable	5,5
Sr-90	1,30	0,91–1,69	1,41	Acceptable	8,5
Zn-65	5,46	3,82–7,10	5,9	Acceptable	8,1

## REZULTATI MEDNARODNIH PRIMERJALNIH MERITEV

### Study MRAD-23 ERA (Environmental Resource Associates), ZDA

V novembru 2015 so bili objavljeni končni rezultati primerjalnih meritev MRAD-23 [*Study MRAD-23, Final Report, MRaD<sup>TM</sup> Proficiency Testing, ERA, Environmental Resource Associates, Report issued 11/24/15, ERA Customer Number: R460987 (za IRB) in Z495414 (za ZVD), Arvada, ZDA, november 2015*]), ki jih je ERA, Environmental Resource Associates, ZDA, razposlala septembra 2015. Sodelovala sta IRB, ki je poročal o rezultatih za pet vzorcev (vzorec vegetacije, zemlje in trije vzorci vode, od katerih je bil eden za določitev tritija, eden za celotne sevalce alfa in beta in eden za določitev drugih druge radionuklidov), ter ZVD, ki je analiziral vzorce zemlje, vegetacije in aerosolnega filtra.

Rezultati analiz IRB in ZVD ter primerjave s pripisanimi vrednostmi (assigned values) so zbrane v naslednjih 7 preglednicah.

#### REZULTATI ZVD:

<b>ERA, Study MRAD-23 Soil Radionuclides</b>					
analize opravljene <i>novembra 2015</i> , končni rezultati objavljeni <i>na koncu novembra 2015</i>					
IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	ZVD value	Performance Evaluation ZVD	Z-preskus
	[pCi/kg]				
Ac-228	1 240	795–1 720	1 123	Acceptable	–0,635
Am-241	539	315–700	530	Acceptable	–0,387
Bi-212	1 240	330–1 820	1 260	Acceptable	–0,0558
Bi-214	2 660	1 600–3 830	2 022	Acceptable	–1,16
Cs-134	2 420	1 580–2 910	2 415	Acceptable	0,839
Cs-137	5 120	3 920–6 590	5 093	Acceptable	–0,143
Co-60	3 900	2 640–5 370	3 918	Acceptable	0,159
Pb-212	1 240	812–1 730	1 153	Acceptable	–0,454
Pb-214,1	2 800	1 630–4 180	2 144	Acceptable	–
Mn-54	<1 000	0,00–1 000	<50	Acceptable	–1,12
K-40	10 600	7 740–14 200	9 577	Acceptable	–0,978
Sr-90	8 820	3 360–13 900	6 568	Acceptable	–1,36
Th-234	3 330	1 050–6 260	3 154	Acceptable	–0,921
U-238	3 330	2 060–4 220	3 154	Acceptable	–0,212
Zn-65	3 620	2 880–4 810	3 705	Acceptable	–0,457

**ERA, Study MRAD-23  
Vegetation Radionuclides**

analize opravljene *novembra 2015*, končni rezultati objavljeni *na koncu novembra 2015*

IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	ZVD value	Performance Evaluation ZVD	Z-preskus
	[pCi/kg]				
Am-241	1 590	972–2 110	1 623	Acceptable	–0,458
Cs-134	748	481–972	744	Acceptable	0,108
Cs-137	1 230	892–1 710	1 233	Acceptable	–0,302
Co-60	1 930	1 330–2 700	1 942	Acceptable	–0,176
K-40	31 000	22 400–43 500	30 289	Acceptable	–0,0825
Sr-90	7 160	4 080–9 490	7 730	Acceptable	0,970
Sr-90*	7 160	4 080–9 490	6 243	Acceptable	–1,37
U-238	3 970	2 650–5 040	3 338	Acceptable	–1,06
Zn-65	1 540	1 110–2 160	1 523	Acceptable	–0,490

\* Revidiran rezultat

**ERA, Study MRAD-23  
Air Filter , Radionuclides**

analize opravljene *novembra 2015*, končni rezultati objavljeni *na koncu novembra 2015*

IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	ZVD value	Performance Evaluation ZVD	Z-preskus
	[pCi/L]				
Am-241	36,8	22,7–49,8	35,1	Acceptable	–0,346
Cs-134	349	222–433	330,4	Acceptable	1,02
Cs-137	613	461–805	564,4	Acceptable	–0,576
Co-60	521	403–651	491,4	Acceptable	–0,443
Sr-90	45,7	22,3–68,5	153	Not Acceptable	27,7
Sr-90*	45,7	22,3–68,5	112,4	Not Acceptable	17,4
U-238	42,7	27,6–59,0	49,1	Acceptable	1,43
Zn-65	685	491–946	651,2	Acceptable	–1,32

\* Revidiran rezultat

## REZULTATI IRB:

<b>ERA, Study MRAD-23</b> <b>Soil Radionuclides</b>					
analize opravljene <i>oktobra in novembra 2015</i> , končni rezultati objavljeni <i>na koncu novembra 2015</i>					
IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB	Z-preskus
	[pCi/kg]				
Ac-228	1 240	795–1 720	1 226	Acceptable	0,102
Am-241	539	315–700	528	Acceptable	–0,418
Bi-214	2 660	1 600–3 830	1 970	Acceptable	–1,24
Cs-134	2 420	1 580–2 910	2 451	Acceptable	1,01
Cs-137	5 120	3 920–6 590	5 194	Acceptable	0,136
Co-60	3 900	2 640–5 370	3 868	Acceptable	–0,0128
K-40	10 600	7 740–14 200	10 737	Acceptable	0,234
Sr-90	8 820	3 360–13 900	8 446	Acceptable	0,259
Th-234	3 330	1 050–6 260	3 397	Acceptable	–0,480
U-238	3 330	2 060–4 220	4 278	Not Acceptable	3,20
Zn-65	3 620	2 880–4 810	3 623	Acceptable	–0,667

<b>ERA, Study MRAD-23</b> <b>Vegetation Radionuclides</b>					
analize opravljene <i>oktobra in novembra 2015</i> , končni rezultati objavljeni <i>na koncu novembra 2015</i>					
IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB	Z-preskus
	[pCi/kg]				
Am-241	1 590	972–2 110	1 872	Acceptable	0,653
Cs-134	748	481–972	865	Acceptable	1,21
Cs-137	1 230	892–1 710	1 468	Acceptable	1,38
Co-60	1 930	1 330–2 700	2 214	Acceptable	1,13
K-40	31 000	22 400–43 500	30 619	Acceptable	0,0487
Sr-90	7 160	4 080–9 490	7 432	Acceptable	0,501
U-238	3 970	2 650–5 040	3 728	Acceptable	–0,419
Zn-65	1 540	1 110–2 160	1 874	Acceptable	1,17

**ERA, Study MRAD-23  
Water Radionuclides**

analize opravljene *oktobra in novembra 2015*, končni rezultati objavljeni *na koncu novembra 2015*

IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB	Z-preskus
	[pCi/L]				
Am-241	113	76,1–152	111	Acceptable	–0,248
Cs-134	759	557–872	744	Acceptable	1,17
Cs-137	628	529–747	609	Acceptable	–0,345
Co-60	896	778–1 050	889	Acceptable	–0,259
Fe-55	212	126–288	349	Not Acceptable	6,30
Sr-90	544	354–719	557	Acceptable	0,288
Zn-65	712	594–898	758	Acceptable	0,0173

**ERA, Study MRAD-23  
Water Tritium**

analize opravljene *oktobra in novembra 2015*, končni rezultati objavljeni *na koncu novembra 2015*

IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB	Z-preskus
	[pCi/L]				
H-3	21 500	14 400–30 700	21 946	Acceptable	0,893

**REZULTATI PREVERJANJA**  
**Strontium 90 and Gamma Emitters in Urine**  
**PROCORAD, Francija**

V letu 2015 je IJS (Odsek F-2 s kodo 70) sodeloval pri preskusnih ("cross check") meritvah vsebnosti radionuklidov v vzorcih urina, ki jih je organiziral Procorad iz Francije. Vzorci so bili poslani in pripravljeni marca 2015, analize so bile opravljene v marcu in aprilu, končno poročilo pa je bilo objavljeno v juniju 2015 (Radiotoxicological Intercomparison Exercise, Strontium, Tritium and Gamma-Ray Emitters in Urine, Procorad 2013, Grenoble, junij 2013).

**REZULTATI IJS (Odsek F-2)**

<b>Sample B</b>				
IZOTOP	PROCORAD certificirana ref. vrednost (interval zaupanja je 95%)	IJS, Odsek F-2	$\zeta$ -preskus	rel odmik (%)
	[Bq/L]			
Ba-133	4,87 ± 0,14	5,12 ± 0,15	-1,22	-5,13
Cs-137	6,53 ± 0,14	6,21 ± 0,20	1,31	4,90
Na-22	8,12 ± 0,26	7,11 ± 0,30	2,54	12,44

<b>Sample C</b>				
IZOTOP	PROCORAD certificirana ref. vrednost (interval zaupanja je 95 %)	IJS, Odsek F-2	$\zeta$ -preskus	rel odmik (%)
	[Bq/L]			
Ba-133	5,17 ± 0,15	5,13 ± 0,15	0,19	0,77
Cs-137	3,13 ± 0,09	2,94 ± 0,09	1,49	6,07
Gd-153	8,12 ± 0,38	8,40 ± 0,33	-0,56	-3,45

<b>Sample ABC</b>				
IZOTOP	PROCORAD (interval zaupanja je 95 %)	IJS, Odsek F-2	$\zeta$ -preskus	rel odmik (%)
	[Bq/L]			
K-40	58,20 ± 1,83	53,20 ± 1,60	2,06	8,59

<b>Surprise Urine</b>				
IZOTOP	PROCORAD certificirana ref. vrednost (interval zaupanja je 95 %)	IJS, Odsek F-2	$\zeta$ -preskus	rel odmik (%)
	[Bq/L]			
Cs-137	81,70 ± 4,1	77,50 ± 2,30	0,89	5,14
K-40	58,20 ± 5,06	53,30 ± 2,30	0,88	8,42



**REZULTATI PREVERJANJA**  
**"Fortluft 2014" sevalci gama v aerosolnem filtru**  
**BfS, Bundesamt für Strahlenschutz in PTB, Nemčija**

V letu 2014 je ZVD sodeloval pri primerjalnih meritvah simuliranih aerosolnih filtrov – *Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken (Fortluft), 36. Ringversuch "Fortluft 2014", SW 1.4-03/2015, G. Böhm, A. Deller, M. Ehlers, K. Kossert, C. Strobl, PTB in BfS, Berlin, Nemčija, april 2015*, ki jih je organiziral BfS, Bundesamt für Strahlenschutz v sodelovanju s PTB iz Nemčije. Koda laboratorija ZVD je bila 54. Končni rezultati so bili objavljeni aprila 2014. Rezultati in primerjave z referenčnimi vrednostmi so zbrane v spodnji tabeli.

**REZULTATI ZVD:**

<b>BfS - "Fortluft 2014, ZVD</b>				
<b>Aerosolni filter, kontaminiran s sevalci gama</b>				
analize (ZVD) opravljene <i>oktobra in novembra 2014</i> , končni rezultati objavljeni <i>aprila 2015</i>				
<b>IZOTOP</b>	<b>BfS PTB-Wert</b>	<b>ZVD</b>		rel. odmik (%)
	(Bq/g)	Aktivnost (Bq/g)	Varianca (Bq/g) <sup>2</sup>	
Co-60	2,05 ± 0,04	1,986	0,000 85	-3,12
Cd-109	15,5 ± 0,4	14,866	0,609 53	-4,09
Sb-125	8,10 ± 0,17	7,260	0,012 91	-10,37
Cs-134	2,07 ± 0,05	2,090	0,001 88	0,96

