

NADZOR RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO

Poročilo za leto 2014



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

NADZOR RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO

Poročilo za leto 2014



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-11811
marec 2015

NADZOR RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO

Poročilo za leto 2014

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 strani 3 v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2014, IJS-DP-11810*, 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

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

Založil: Institut "Jožef Stefan"

Prva izdaja: 31. marec 2015

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

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

Št. delovnega poročila: IJS-DP-11811

Redakcija je bila končana marca 2015.

Vse pravice pridržane. Noben del poročila *Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2014* ter obeh prilog k poročilu: *Značilnosti in ocena vplivov radioaktivnosti na prebivalstvo ob normalnem delovanju NEK* in *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2014*, 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-11811

marec 2015

POVZETEK:

Sumarni rezultati meritev radioaktivnosti umetnih in naravnih radionuklidov v različnih nadzorovanih medijih in ekspozijskih prenosnih poteh so podani z ocenami efektivnih doz. Konzervativni oceni efektivne doze posameznika zaradi emisij jedrske elektrarne dajejo v letu 2014 za atmosferske emisije *efektivno dozo* 0,047 μSv na leto na ograji NEK in za tekočinske emisije za referenčno skupino prebivalstva *efektivno dozo* 0,65 μSv na leto. V letu 2014 so bili tako vsi sevalni vplivi NEK-a na prebivalstvo v okolici ocenjeni na manj kot 0,7 μSv na leto, kar je 1,4 % avtorizirane mejne letne doze na ograji NEK (50 μSv ; 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 efektivne doze) NEK-a na prebivalstvo ob ograji NEK je približno 0,03 % značilnega neizogibnega naravnega ozadja.***

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 zunanega sevanja, ocena efektivnih doz, razredčitveni faktor, referenčna skupina prebivalstva, primerjalne meritve

TITLE:

Off-site radiological monitoring of the Krško Nuclear Power Plant

IJS-DP-11811

March 2015

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 2014 gives to a value of the *effective dose* of 0.047 μSv per year for atmospheric discharges at the NPP fence and 0.65 μSv per year for liquid discharges received by members of the reference (critical) population group. Thus, in 2014, the radiation effects of the Krško NPP on the population in the immediate surroundings were estimated at less than 0.7 μSv per year, what presents 1.4 % of the authorized dose limit at the NPP fence (50 μSv ; 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 0.03 % of the characteristic unavoidable natural background radiation.***

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





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, B. Črnič, dipl. inž. fiz., D. Gerjol, mag. D. Glavič - Cindro, S. Gobec, dr. M. Korun, dr. J. Kožar Logar, doc. dr. M. Lipoglavšek, D. Marguč, dr. M. Nečemer, P. Osterman, prof. biol., dr. T. Petrovič, mag. B. Vodenik, T. Vodopivec, mag. med. fiz., dr. B. Zorko

Odsek za znanosti o okolju (Odsek O2)

B. Svetek, inž. kem. tehnol., iz. prof. dr. V. Stibilj, 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., M. Nodilo, dipl. inž., 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:

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

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

Uvod in upravne podlage	ix / lx
Izveček	xiii / lx
Summary	xxxiii / lx
Neodvisni nadzor pooblaščenih izvajalcev	li / lx

AVTORJI

Poročilo	mag. Denis Glavič - Cindro dr. Benjamin Zorko
Izveček in angleški prevod izvečka	dr. Benjamin Zorko
Neodvisni nadzor pooblaščenih izvajalcev	mag. Denis Glavič - Cindro

**Značilnosti in ocena vplivov radioaktivnosti na prebivalstvo ob normalnem delovanju NEK,
ISBN 978-961-264-082-8**

**Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško –
Poročilo za leto 2014, IJS-DP-11810**

Imisijske meritve (meritve v okolju jedrske elektrarne)	
Tabele merskih rezultatov	M-1 / M-108
Tabele interkomparacijskih rezultatov	
Mednarodne primerjalne meritve izvajalcev	M-89 / M-108

*Poročilo Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško –
Poročilo za leto 2014, IJS-DP-11810 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 [8]. 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 2014.

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 [8]. 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 načine. 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 2014;
- mesečni izračuni zračnih razredčitvenih faktorjev Agencije Republike Slovenije za okolje za okolico NEK v letu 2014;
- mesečni izračuni zračnih razredčitvenih faktorjev MEIS storitve za okolje d. o. o., za okolico NEK v letu 2014;
- 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 ocenjevanje izpostavljenosti prebivalstva. Slednje meritve omogočajo tudi ocenjevanje 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 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 pooblastili št. 35400-4/2009/4 z dne



4. 6. 2009 in 350400-9/2014/9 z dne 18. 6. 2014 (IJS) ter 3916-4/2007/8 z dne 4. 3. 2009 in 35400-7/2014/2 z dne 21. 3. 2014 (ZVD), ki ju je izdala Uprava Republike Slovenije za jedrsko varnost (URSJV) 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) 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
- doc. dr. Mateja Lipoglavška z odločbo 1846-10/2010-5-04103 z dne 2. 9. 2010
- 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. Benamina 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 radiološke merilne sisteme in 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 poslovnik sklicuje. Laboratorij za radiološke merilne sisteme in 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 μSv . Ta omejitev je bila po začetku obratovanja dopolnjena še z omejitvijo letne efektivne doze zunanjega sevanja na ograji objekta (200 μSv 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) [8]. 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 2014. 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 2014 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 meritve 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 četrtletni vzorci vode iz vodovodov v Krškem in Brežicah;
- c) mesečni sestavljeni vzorci črpališč v Bregah, Drnovem, Brežicah ter vodovodov Spodnji Stari Grad in Brežice;
- d) vzorčevanje podtalnice v neposredni okolici elektrarne (četrtletni 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 v Dobovi in Ljubljani;
- č) meritve emisij se opravijo na glavnem oddušniku NEK, pri čemer se odvezemajo vzorci za meritve joda, tritija (H-3), ogljika (C-14), aerosolov ter opravljajo meritve žlahtnih plinov;
- d) zbiranje vzorcev zračnega ogljika C-14 v CO₂ je kontinuirno potekalo na dveh mestih na ograji NEK, pri čemer je v letu 2014 bilo skupno zbranih dvanajst vzorcev, analiziranih pa 11. 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 CO₂ poteka z uporabo tekočinskoscintilacijskega števca, pri čemer iz CO₂ 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 (divjačina, mleko, poljščine in zelenjava, žito), Vihre (mleko, žito), Vrbina (jajca, zelenjava), Spodnji Stari Grad (meso, jajca, zelenjava), Žadovinek (poljščine in zelenjava, žito), Trnje (zelenjava), Krško (poljščine), Leskovec (vino), Libna (meso), Pečice (sadje);
- 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 2014 dvakrat (julij in september) na 16 lokacijah v okolici NEK in v Dobovi; skupaj je bilo analiziranih 36 vzorcev. V Dobovi sta bila v juliju izmerjena vzorca koruze in pšenice v septembru pa vzorec koruze in brstičnega ohrovtja;
- 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 spektrometrijo gama.

REZULTATI 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.

V letu 2014 smo pri evalvaciji merskih rezultatov upoštevali neposredne merske rezultate v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2014, IJS-DP-11810*. 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*). 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.

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. Negotovost povprečja smo ocenili z apriorno negotovostjo in jo pisali za znakom "±". Apriorna negotovost povprečja upošteva negotovosti periodičnih merskih rezultatov. Negotovost 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 povprečja. Tako stresanje, kot tudi aposteriorne negotovosti 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 letu 2013.

Definicije teh izrazov so v delovnem poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2014, IJS-DP-11810*. Ugotavljamo, da bo v prihodnje treba poenotiti poročanje merskih rezultatov vseh izvajalcev meritev.

1) Reka Sava

Povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti H-3 v letu 2014 v Brežicah ($0,88 \pm 0,04$) kBq/m³ je 40 % višja kot na referenčnem odvzemnem mestu Krško (pred papirnico) ($0,61 \pm 0,04$) kBq/m³. Povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti H-3 v Brežicah je bila v letu 2014 bistveno nižja kot v preteklih letih ($4,4$ kBq/m³ v letu 2013, $5,4$ kBq/m³ v letu 2012, $1,4$ kBq/m³ v letu 2011). V letu 2013 je bilo na primer povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti tritija v Brežicah 6-krat višja kot v Krškem. Te ugotovitve lahko pripišemo nizkim tekočinskim izpustom, še posebej tritija, v reko Savo v letu 2014.

Najvišja mesečna koncentracija aktivnosti tritija v Brežicah je bila v juliju ($1,4 \pm 0,2$) kBq/m³, medtem ko je bila v tem obdobju koncentracija aktivnosti na referenčnem odvzemu Krško ($0,63 \pm 0,1$) kBq/m³. Najvišja izmerjena koncentracija aktivnosti v Brežicah je bila kar 22-krat nižja kot v predhodnem letu (31 ± 4) kBq/m³. Meritve tritija na lokacijah Brežice in Krško je opravil IJS. V Jesenicah na Dolenjskem so meritve IRB prav tako pokazale bistveno nižjo aritmetično sredino mesečnih koncentracij aktivnosti H-3 v letu 2014 ($0,24 \pm 0,08$) kBq/m³ in z največjo vrednostjo ($0,53 \pm 0,1$) kBq/m³ v mesecu aprilu in juliju. Izmerjene vrednosti so nižje kot na referenčni lokaciji Krško.

Aritmetična sredina mesečnih koncentracij aktivnosti H-3 v letu 2014 je v Brežicah višja kot v Jesenicah na Dolenjskem za faktor 4, 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 oz. druge reke v Sloveniji (pod 1 kBq/m³). Prav tako je bilo v letu 2014 6 rezultatov meritev H-3 v Jesenicah na Dolenjskem pod mejo detekcije, $0,4$ kBq/m³. Ker smo mejo detekcije upoštevali negotovost, vrednost pa smo postavili na nič, se je zaradi tega znižalo mesečno povprečje.

Koncentracija aktivnosti I-131 v rekah nima sezonskega vpliva, saj je povezana z izpusti, in ker ima 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 mesečna koncentracija aktivnosti I-131 v enkratnih vzorcih na vzorčevalnih mestih je bila od ($2,5 \pm 0,2$) Bq/m³ do ($3,7 \pm 0,2$) Bq/m³ in je bila najvišja na odvzemnem mestu v Brežicah. Najvišja posamična vrednost ($6,2 \pm 0,5$) Bq/m³ je bila tudi v Brežicah. Najvišja posamična izmerjena vrednost na referenčnem mestu v Krškem je bila ($5,1 \pm 0,5$) Bq/m³.

V okviru ločenega nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju v RS [12] joda (I-131) nismo zaznali v nobenem vzorcu rek Soče in Kolpe, enako kot v letih od 2008 do 2014. V letu 2014 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 ($18,6 \pm 1,0$) Bq/m³ v reki Muri. Najvišje mesečno povprečje $8,7$ Bq/m³ pa je bilo v vzorcih vode iz Savinje. V primerjavi s prejšnjimi leti, so bile izmerjene koncentracije I-131 v rekah v okviru stresanja merskih podatkov enake, če upoštevamo le tiste meritve, kjer je bil jod poročan nad mejo kvantifikacije.

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 specifičnih aktivnostih. V tem letu je bil zaznan v četrtem četrtletju le na referenčni lokaciji Krško, kjer je bila povprečna mesečna specifična aktivnost $(0,83 \pm 0,1)$ Bq/kg.

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^3) bi pričakovali, da je specifična aktivnost joda v ribah okrog $0,2 \text{ Bq/kg}$ (upoštevajoč bioakumulacijski faktor $B_r = 0,04 \text{ m}^3/\text{kg}$) [26], 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 $0,13 \text{ Bq/m}^3$, kar je v okviru negotovosti povprečja podobno kot v Brežicah $0,06 \text{ Bq/m}^3$.

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 $(0,14 \pm 0,09) \text{ Bq/m}^3$ v Brežicah je bila višja kot na referenčnem mestu Krško $0,02 \text{ Bq/m}^3$, vendar so vrednosti v okviru negotovosti povprečja primerljive. Podobne povprečne mesečne koncentracije aktivnosti $0,25 \text{ Bq/m}^3$ smo izmerili tudi v Jesenicah na Dolenjskem.

Primerljivi so bili tudi rezultati meritev cezija v enkratnih vzorcih nefiltrirane vode (voda 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 mesečna koncentracija aktivnosti Cs-137 na drugih rekah je bila izmerjena v reki Muri $(1,2 \pm 0,2) \text{ Bq/m}^3$ [13]. 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) $(7 \pm 1) \text{ Bq/kg}$ z največjo vrednostjo $(9,6 \pm 2) \text{ Bq/kg}$, pod jezom NEK $(4,2 \pm 0,7) \text{ Bq/kg}$ z največjo vrednostjo $(6,3 \pm 1) \text{ Bq/kg}$, v Pesju $(2,7 \pm 0,5) \text{ Bq/kg}$ z največjo vrednostjo $(3,7 \pm 1) \text{ Bq/kg}$, v Brežicah $(1,7 \pm 0,3) \text{ Bq/kg}$ z največjo vrednostjo $(2,4 \pm 0,7) \text{ Bq/kg}$, v Jesenicah na Dolenjskem $(3,3 \pm 2,0) \text{ Bq/kg}$ z največjo vrednostjo $(8,0 \pm 1) \text{ Bq/kg}$ in v Podsusedu $(2,1 \pm 1,0) \text{ Bq/kg}$ z največjo vrednostjo $(5,8 \pm 1) \text{ Bq/kg}$. Rezultati meritev sedimentov, ki jih je izvedel ZVD, so v okviru stresanja primerljivi meritvam IRB. Najvišja povprečna specifična aktivnost je bila izmerjena na referenčni lokaciji Krško.

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 $0,06 \text{ Bq/kg}$ do $0,03 \text{ Bq/kg}$ (meritve ZVD). IRB v ribah ni zaznal cezija.

Večina stroncija je raztopljen v sami vodi. 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 povprečni mesečni koncentraciji aktivnosti $(2,4 \pm 0,1) \text{ Bq/m}^3$ kot v nadzornem mestu v Brežicah $(2,4 \pm 0,08) \text{ Bq/m}^3$ in v Jesenicah na Dolenjskem $(2,6 \pm 0,07) \text{ Bq/m}^3$. V grobi suspendirani snovi (filtrskem ostanku) je koncentracija aktivnosti Sr-90 nižja od $0,1 \text{ Bq/m}^3$. 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 $2,0 \text{ Bq/m}^3$ do $2,1 \text{ Bq/m}^3$. Najvišja posamična izmerjena vrednost je bila v Brežicah $(3,4 \pm 0,3) \text{ Bq/m}^3$.

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 $(3,1 \pm 0,4) \text{ Bq/m}^3$ [13]. 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 $(0,74 \pm 0,1) \text{ Bq/kg}$ v Krškem, $(0,27 \pm 0,1) \text{ Bq/kg}$ v Brežicah in $(0,61 \pm 0,1) \text{ Bq/kg}$ 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 $0,5 \text{ Bq/kg}$. 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 $(0,2 \pm 0,03) \text{ Bq/kg}$ do $(0,45 \pm 0,03) \text{ Bq/kg}$, kar je v okviru stresanja podobno kot v preteklih letih. Laboratorij IRB v ribah ni meril stroncija.

C-14 v savski vodi v letu 2014 ni bil merjen, temveč so bili merjeni le efluenti NEK. V letu 2013 je IRB v okviru dodatnih meritev [15] 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 $31,6 \text{ Bq/m}^3$ (upoštevamo: 100 pMC vode je $11,3 \text{ Bq/m}^3$). V Savi vzvodno od NEK je bila izmerjena vsebnost C-14 v vodi $15,1 \text{ Bq/m}^3$.

V tem letu so se prvič opravile tudi meritve C-14 v ribah, ki so bile ujetе v Jesenicah na Dolenjskem. Meritve je opravil IRB [18]. Specifična aktivnost C-14 v dveh ujetih ribah je bila $(98,7 \pm 0,8) \text{ pMC}$ ali $12,17 \text{ Bq}$ na kilogram sveže ribe in $(95,9 \pm 0,8) \text{ pMC}$ ali $13,9 \text{ Bq}$ na kilogram sveže ribe. Na referenčni lokaciji v Krškem vsebnost C-14 v ribah ni bila merjena.

Drugi aktivacijski in fisijski produkti, ki so bili izmerjeni v emisijskih vzorcih izpustne vode, kot npr.: Mn-54, Cs-134, Co-58, Co-60, Ag-110m, Xe-133, v letu 2014 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 in Ra-228 okrog 1 Bq/m^3 . Koncentracije aktivnosti K-40 so nekoliko višje: okrog 30 Bq/m^3 . Največja izmerjena posamična koncentracija aktivnosti K-40 je bila v Krškem $(38 \pm 4) \text{ Bq/m}^3$. 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 120 Bq/m^3 [13]. 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 [35].

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 za odločitev, kar pomeni, da so izmerjene vrednosti nizke in imajo zelo veliko mersko negotovost.

V letu 2014 je bila skupna količina tekočinskih izpustov H-3 iz NEK zelo majhna ($1,7 \text{ TBq}$), kar je $14,6 \%$ lanske celoletne vrednosti izpustov H-3 ($11,6 \text{ TBq}$). Letni izpust H-3 v Savo je bil $3,8 \%$ letne omejitve izpusta (45 TBq). Največji tekočinski izpust H-3 je bil v letu 2014 v mesecu aprilu ($0,27 \text{ TBq}$).



Najvišja koncentracija aktivnosti H-3 v podzemni vodi je bila izmerjena marca v Bregah, in sicer je bila koncentracija aktivnosti tritija $(2,1 \pm 0,3)$ kBq/m³. Povprečna mesečna koncentracija aktivnosti tritija v vodi iz črpališča Brege je bila $(1,8 \pm 0,1)$ kBq/m³, kar je višje od prejšnjih let, a v okviru stresanja ustreza povprečju zadnjih 18 let, ki je $(1,5; 0,3)$ kBq/m³. V vodi na črpališču Drnovo je bila povprečna mesečna koncentracija tritija $(1,1 \pm 0,1)$ kBq/m³, kar je v okviru standardne deviacije na spodnji meji 18-letnega povprečja $(1,4; 0,4)$ kBq/m³. V vodovodu v Spodnjem Starem Gradu je bila izmerjena povprečna mesečna koncentracija aktivnosti tritija $(0,9 \pm 0,04)$ kBq/m³, kar je v okviru standardne deviacije na spodnji meji z 18-letnim povprečjem, ki je $(1,3; 0,4)$ kBq/m³. Rezultati meritev koncentracije aktivnosti tritija v vodovodu Spodnji Stari Grad so bili do oktobra 2014 pod dolgoletnim povprečjem, zadnje tri mesece v letu pa se je koncentracija aktivnosti dvignila na povprečno raven, kar nakazuje na spremembo mešanja različnih virov vode v vodovodni sistem.

V krškem vodovodu (bencinski servis Petrol) je bila izračunana povprečna koncentracija aktivnosti tritija $(0,85 \pm 0,08)$ kBq/m³, na bencinskem servisu Petrol v Brežicah pa je bila vrednost pod mejo detekcije, 0,4 kBq/m³.

Kot referenčno vrednost lahko vzamemo dolgoletno povprečje koncentracije aktivnosti tritija v ljubljanskem vodovodu, 0,9 Bq/m³, ki se meri v okviru republiškega radiološkega nadzora pitne vode. V letu 2014 je bila izmerjena koncentracija aktivnosti H-3 v ljubljanskem vodovodu $(0,7 \pm 0,1)$ kBq/m³.

Četrletno povprečje koncentracije aktivnosti H-3 v vrtini E1 je bilo $(1,6 \pm 0,1)$ kBq/m³. Mesečno povprečje koncentracije aktivnosti H-3 v vodi iz vrtine VOP-4 je bilo $(1,8 \pm 0,2)$ kBq/m³. V vrtini E1 je bila izmerjena najvišja vrednost $(1,6 \pm 0,2)$ kBq/m³ v tretji četrtini leta, v vrtini VOP-4 pa v aprilu $(2,7 \pm 0,3)$ kBq/m³.

Vpliva izpustov tritija iz NEK ni mogoče zaznati, kot je bilo to mogoče v prejšnjih letih (izjema je aprilski vzorec, vendar je treba pri interpretaciji podatkov za črpališča upoštevati mesečni zamik zaradi časa vzorčevanja, saj se vzorci jemljejo sredi meseca). Razlog za to je najverjetneje v tem, da je bila količina izpustov tritija iz NEK v letu 2014 znatno manjša kot prejšnja leta.

Mesečno povprečje koncentracije aktivnosti stroncija Sr-90 v krških črpališčih in vodovodu je bilo 0,7 Bq/m³, v brežiškem vodovodnem sistemu pa 0,1 Bq/m³. Koncentracija aktivnosti Sr-90 v pitni vodi je bila najvišja v Spodnjem Starem Gradu, in sicer $(1,4 \pm 0,4)$ Bq/m³ v mesecu novembru. Večkrat je bila koncentracija aktivnosti Sr-90 v vodi iz črpališč pod mejo detekcije. Izmerjena koncentracija aktivnosti Sr-90 v ljubljanskem vodovodu v 2014 je bila $(0,4 \pm 0,1)$ Bq/m³, medtem ko je od leta 2002 do 2013 variirala od 0,4 Bq/m³ do 1,5 Bq/m³.

V enkratno odvzetih četrletnih vzorcih je bila najvišja izmerjena koncentracija aktivnosti Sr-90 $(0,89 \pm 0,12)$ Bq/m³ na bencinskem servisu Petrol v Krškem, v Brežicah pa je bila najvišja vrednost $(0,45 \pm 0,08)$ Bq/m³. 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) 3,2 Bq/m³ ter vrtinah Medsave in Šibice na Hrvaškem, 2,5 Bq/m³ in 3,3 Bq/m³. 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 3.6. 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). Prav tako je bila v evalvaciji rezultatov meritev radioaktivnosti v pitni vodi [34] 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 [36].



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

3) Padavinski in suhi usedi

Letna količina padavin je bila v letu 2014 nekoliko večja od tridesetletnega povprečja; za 36 % v Ljubljani in 24 % v Krškem. Največ padavin je padlo v Ljubljani (1 851 mm). V Krškem, Bregah in Dobovi je padlo v povprečju 1 344 mm dežja. Razlika med količinami padavin v različnih krajih okrog NEK je kvečjemu okrog 2 %, kar je primerljivo s prejšnjimi leti. Podobno kot v letih 2010 in 2012 je bilo v letu 2014 izrazito mokro obdobje jeseni. Meseci z večjo količino dežja so bili februar, avgust in september v Krškem, v Ljubljani pa še januar in november.

Koncentracija aktivnosti tritija v padavinah močno variira, in le koncentracije aktivnosti nad 2 kBq/m^3 bi lahko pripisali izpustom iz NEK [39]. V letu 2014 je bila koncentracija aktivnosti tritija v padavinah višja od 2 kBq/m^3 v Bregah 6-krat, v Krškem (Stara vas) pa 3-krat. V Ljubljani so se izmerjene vrednosti gibale med najnižjo izmerjeno vrednostjo $< 400 \text{ Bq/m}^3$ in $(1,7 \pm 0,2) \text{ kBq/m}^3$, v Bregah med $(0,8 \pm 0,2) \text{ kBq/m}^3$ in $(3,0 \pm 0,3) \text{ kBq/m}^3$, v Krškem med $(0,5 \pm 0,1) \text{ kBq/m}^3$ in $(2,7 \pm 0,3) \text{ kBq/m}^3$ in Dobovi med $(0,5 \pm 0,1) \text{ kBq/m}^3$ in $(1,6 \pm 0,2) \text{ kBq/m}^3$. Povprečna mesečna koncentracija aktivnosti za leto 2014 je bila na vseh lokacijah nižja kot v letu 2013; najnižja v Ljubljani, najvišja pa v Bregah, kar je časovna usmeritev od leta 2005 naprej.

V letu 2014 ni bilo remonta, prav tako pa so bili zračni izpusti tritija nizki, bistveno nižji kot v zadnjih dveh letih. V letu 2014 je bila povprečna mesečna koncentracija aktivnosti tritija v padavinah v Bregah $(1,8 \pm 0,1) \text{ kBq/m}^3$ in je primerljiva z letoma 2011 in 2012: povprečna koncentracija aktivnosti tritija v 2011 je bila $1,8 \text{ kBq/m}^3$, v 2012 pa $1,7 \text{ kBq/m}^3$. V Krškem je bila v letu 2014 povprečna mesečna koncentracija aktivnosti tritija $(1,4 \pm 0,1) \text{ kBq/m}^3$, medtem ko je bila leta 2011 $1,5 \text{ kBq/m}^3$, leta 2012 pa $1,3 \text{ kBq/m}^3$. V Dobovi je bila v letu 2014 povprečna mesečna koncentracija aktivnosti tritija $(1,2 \pm 0,1) \text{ kBq/m}^3$ in je v okviru stesanja vrednosti primerljiva s prejšnjimi leti. Podobno je tudi s koncentracijo aktivnosti tritija v Ljubljani.

Najvišji mesečni padavinski usedi H-3 so bili izmerjeni v Bregah, do 600 Bq/m^2 . Časovni potek padavinskega useda H-3 so podobni za vse štiri lokacije (Ljubljana, Brege, Krško in Dobova) in sledijo vzorcu padavin, kar pomeni, da obstaja dobra korelacija.

Tako povprečne kot najvišje vrednosti koncentracije aktivnosti Sr-90 so bile v letu 2014 nižje kot v prejšnjih letih; najvišja koncentracija aktivnosti je bila ugotovljena v vzorcu iz Breg v decembru $(1,8 \pm 0,3) \text{ Bq/m}^3$. Delež vzorcev, za katere so bile izmerjene vrednosti pod mejo za odločitev (detekcije), je bil v letu 2014 še večji kot v letu 2012 – takih rezultatov je skoraj 60 %. V vzorcih iz Breg je opaziti naraščanje koncentracij aktivnosti v padavin proti koncu leta, vendar tega ne moremo pripisati zračnim izpustom iz NEK, saj količina izpustov Sr-90 ni korelirana z vsebnostjo Sr-90 v padavinah.

Vrednosti celotnega mesečnega padavinskega useda Sr-90 na posameznih lokacijah se gibljejo med nič in $0,14 \text{ Bq/m}^2$ in ne kažejo korelacije s količino padavin.

Najvišja koncentracija aktivnosti Cs-137 v padavinah je bila ugotovljena za majski vzorec v Ljubljani $1,5 \text{ Bq/m}^3$, medtem ko je bila v okolici NEK najvišja koncentracija aktivnosti Cs-137 v padavinah v juniju v Dobovi $(1,2 \pm 1,0) \text{ Bq/m}^3$. 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 0,14 Bq/m² maja, v Dobovi 0,12 Bq/m² junija, ko dežja ni bilo veliko (resuspenzija prašnih delcev s tal), v Bregah 0,07 Bq/m² februarja, v Krškem 0,05 Bq/m² pa avgusta, ko je bilo padavin več.

4) Zrak

Od umetnih radionuklidov sta bila v letu 2014 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 na ravni večletnega povprečja 1 μBq/m³. Izmerjene vrednosti Cs-137 so primerljive z vrednostmi na lokacijah v okviru nadzora radioaktivnosti v Republiki Sloveniji.

Specifične meritve Sr-90 so potekale le v Dobovi (referenčna lokacija), izmerjene koncentracije aktivnosti pa so bile nizke, med 0,3 μBq/m³ in 0,5 μBq/m³, enako kot v letu 2013.

Koncentracija aktivnosti radioaktivnega joda I-131 v zraku je bila v letu 2014 pod mejo detekcije v vseh vzorcih ogleh (plin) in aerosolnih filtrov (delci).

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 0,56 mSv in 0,97 mSv, pri čemer je bila povprečna vrednost $(0,76 \pm 0,09)$ mSv na leto. Na ograji NEK so bile izmerjene vrednosti med 0,47 mSv in 0,6 mSv na leto in povprečna vrednost $(0,547 \pm 0,037)$ mSv na leto. Meritve s TL-dozimetri po Sloveniji so dale povprečno vrednost okoljskega doznega ekvivalenta $(0,85 \pm 0,15)$ 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 natančnosti dali enako povprečno vrednost kot dozimetri v okolici NEK $(0,80 \pm 0,12)$ mSv.

Meritev $H^*(10)$ s 14 kontinuirnimi merilniki MFM-203 v okolici NEK je v letu 2014 dala povprečno vrednost $(0,81 \pm 0,14)$ mSv na leto (v razponu od 0,57 mSv do 1 mSv), kar je 6 % nad vrednostjo, dobljeno s TL-dozimetri.

Povprečni letni dozni ekvivalent pri 44 kontinuirnih merilnikih v Sloveniji, ki so pod nadzorom URSJV (mreža MZO in mreža URSJV), je bil v letu 2014 $(0,82 \pm 0,14)$ mSv v razponu od 0,54 mSv do 1,15 mSv. Povprečni letni okoljski dozni ekvivalent, izmerjen s 44 MFM, je za 3 % nižji od tistega, ki ga kažejo meritve s TLD na območju Slovenije.

Iz primerjave letnih okoljskih dozni ekvivalentov v tabeli T-56/a z letnimi okoljskimi dozni ekvivalenti, izmerjenimi po Sloveniji, lahko ugotovimo, da vrednosti nihajo tudi za 30 % 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 2014 povprečni letni okoljski dozni ekvivalent $(0,95 \pm 0,17)$ mSv v razponu od 0,71 mSv do 1,3 mSv. Ta dozni ekvivalent je večji za 12 % od povprečnega letnega doznega ekvivalenta, izmerjenega s TLD v Sloveniji.



Zemlja

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

Specifične aktivnosti Cs-137 v zemlji so bile od 0,61 Bq/kg v globini 15–30 cm v neobdelani zemlji v Gmajnicah do 38 Bq/kg v globini 5–10 cm v neobdelani zemlji v Gmajnicah. Oblika globinske porazdelitve Cs-137 je v grobem podobna obliki globinske porazdelitve Sr-90. Primerjave med različnimi lokacijami (in celo na isti lokaciji: Gmajnice in Kusova Vrbina) pokažejo bistveno večjo stresanje izmerjenih specifičnih aktivnosti Cs-137 kot tudi Sr-90, kar bi se lahko pojasnilo z drugačno prehodnostjo Cs-137 skozi zemljinu. Skladno s pričakovanji 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.

Specifične aktivnosti Sr-90 v letu 2014 so bile v razponu od 0,27 Bq/kg v Kusovi Vrbini v globini 10–15 cm do 1,14 Bq/kg v globini 15–30 cm v Ameriki. Vzrok za nekoliko nižje specifične aktivnosti v Kusovi Vrbini je lahko prisotnost močnejšega izpiranja zemljine z vodo, saj področje leži na poplavnem območju.

V okviru nadzora radioaktivnosti v okolju v Republiki Sloveniji se meri used do globine 15 cm v Ljubljani, Kobaridu in Murski Soboti. V letu 2014 so bili na teh lokacijah izmerjeni povprečni četrtletni usedi Cs-137 ($8,6 \pm 0,2$) kBq/m², ($7,8 \pm 0,1$) kBq/m² in ($2,41 \pm 0,03$) kBq/m². 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 ($2,4 \pm 0,1$) kBq/m², ($0,42 \pm 0,01$) kBq/m² in ($4,2 \pm 0,1$) kBq/m². 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 ($0,22 \pm 0,01$) kBq/m², ($0,39$; $0,19$) kBq/m² in ($0,11 \pm 0,01$) kBq/m², na lokacijah v okolici NEK pa ($0,10 \pm 0,01$) kBq/m², ($0,08 \pm 0,01$) kBq/m² in ($0,13 \pm 0,01$) kBq/m².

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. 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 2014. Izotop Cs-137 je bil v okolici NEK letu 2014 detektiran v mesu, sadju, mleku, listni in podzemni zelenjavi ter v vinu, v hrani, vzorčevani po Sloveniji, pa tudi v žitih in plodovkah. Vino je bilo vzorčevano samo v okolici NEK.

Specifična aktivnost Cs-137 v živilih v okolici NEK je bila od 0 Bq/kg do 0,31 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 0,41 Bq/kg. Glede na specifično aktivnost Cs-137 v hrani lahko hrano razdelimo v štiri skupine, in sicer: največjo vsebnost Cs-137 najdemo v mesu, sledijo mleko in listna zelenjava, žito in podzemna zelenjava ter sadje, plodovke in vino. Tako v okolici NEK kot drugod po Sloveniji najdemo največ Cs-137 v mesu ($(0,31 \pm 0,21)$ Bq/kg v svinjskem mesu v okolici NEK in $(0,41 \pm 0,03)$ Bq/kg v divjačini iz Slovenskih Konjic).



Izotop Sr-90 je bil v okolici NEK letu 2014 detektiran v vseh skupinah živil, vendar je bil v vzorcih mesa detektiran le pri kokošem mesu in divjačini ter v jajcih. Specifična aktivnost Sr-90 v živilih v okolici NEK je bila od 0 Bq/kg do 0,43 Bq/kg, specifična aktivnost Sr-90 v živilih, vzorčenih drugod po Sloveniji, pa od 0 Bq/kg do 0,24 Bq/kg.

Živila se na osnovi vsebnosti Sr-90 zberejo v dve skupini, in sicer: v skupino živil z večjo vsebnostjo Sr-90 spada hrana rastlinskega izvora, kot je listna zelenjava in žita. V drugo skupino pa spadajo živila, kot so mleko, plodovke, podzemna zelenjava, vino, meso in jajca.

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 2014 v hrani, ki je bila pridelana na krško-brežiškem polju, od 30 Bq/kg do 256 Bq/kg, v hrani, vzorčevani drugod po Sloveniji, pa so se specifične aktivnosti gibale od 28 Bq/kg do 150 Bq/kg. V skupino z večjo specifično aktivnostjo K-40 spadajo listna zelenjava, žita, podzemna zelenjava, plodovke ter meso in jajca, med živila z manjšo aktivnostjo K-40 pa mleko, sadje in vino. Največ K-40 v letu 2014 je bilo v živilih, vzorčenih v okolici NEK, v listni zelenjavi, žitih in podzemni 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 blitvi ($256 \pm 13,6$) Bq/kg, v hrani, vzorčevani po Sloveniji, pa v rdeči pesi (150 ± 8) Bq/kg. V splošnem največ omenjenih radionuklidov vsebujejo žita in listna zelenjava, najmanj U-238, Ra-226, Ra-228 in Th-232 pa je v vinu, plodovkah in podzemni zelenjavi.

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 CO₂ v procesu fotosinteze. Specifična aktivnost C-14 je bila v okolici NEK izmerjena v jabolkih, pšenici in koruzi, in sicer v juniju in septembru 2014. Povprečne vsebnosti C-14 v živilih, vzorčenih v notranjem krogu okoli ograje NEK so bile (238; 1,2) Bq na kilogram ogljika, v zunanem krogu (233; 2,1) Bq na kilogram ogljika in na kontrolni točki v Dobovi (233; 5,4) Bq na kilogram ogljika. Vrednosti so v okviru standardne deviacije podatkov med seboj primerljive.

DISKUSIJA

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

V letu 2014 je bila skupna količina tekočinskih izpustov H-3 iz NEK zelo majhna (1,7 TBq), kar je 14,6 % lanske celoletne vrednosti izpustov H-3 (11,6 TBq). Letni izpust H-3 v Savo je bil 3,8 % letne omejitve izpusta (45 TBq). Največji tekočinski izpust H-3 je bil v letu 2014 v mesecu aprilu (0,27 TBq). Letni tekočinski izpust H-3, 1,7 TBq, je torej opazno nižji od dolgoletnega povprečja, ki je 12,4 TBq (od leta 1999 do 2013). Zaradi zelo nizkih izpustov tritija, v tem letu ni tako izrazite korelacije med mesečnimi izpusti NEK in povišanimi koncentracijami tritija v Savi. Največja izmerjena koncentracija ($1,4 \pm 0,2$) kBq/m³ tritija v Savi v Brežicah je bila izmerjena v juniju. V Jesenicah na Dolenjskem je bila največja izmerjena koncentracija ($0,53 \pm 0,1$) kBq/m³ v juliju. Slednja vrednost je nižja od največje izmerjene koncentracije ($0,85 \pm 0,2$) kBq/m³ na referenčni lokaciji Krško, izmerjene tudi v juliju.

Iz razlike med povprečnima mesečnima koncentracijama aktivnosti tritija v Brežicah in v Krškem smo dobili izmerjen prirastek koncentracije aktivnosti v Brežicah ($0,27 \pm 0,06$) kBq/m³, kar je najmanj v zadnjih 13 letih. Izračunan prirastek koncentracije aktivnosti tritija na mestu popolnega mešanja je bil $0,17$ kBq/m³. Tako je bilo v letu 2014 razredčitveno razmerje *DR* v Brežicah ocenjeno na ($1,6 \pm 0,3$). Dolgoletno povprečno razredčitveno razmerje *DR* (od 2002 do 2013) na vzorčevalni lokaciji ob levem bregu v Brežicah je ($1,5 \pm 0,5$).

Značilna koncentracija aktivnosti tritija v okolju po Sloveniji je pod 1 kBq/m³. Podobne koncentracije tritija je zaznati tudi v pitni vodi iz krškega in brežiškega vodnooskrbnega sistema. Najvišja koncentracija aktivnosti je bila izmerjena marca v Bregah ($2,1 \pm 0,3$) kBq/m³, vendar se povprečna mesečna koncentracija aktivnosti H-3 na vseh črpališčih in v vodovodih ne odmika od dolgoletnega povprečja. V letu 2013 je usmeritev koncentracije aktivnosti H-3 v Bregah kazala na možnost vpliva padavinskega useda, nasprotno od vpliva tekočinskih izpustov, česar pa v letu 2014 nismo opazili. Prispevek H-3 k



celoletni efektivni dozi zaradi pitja vode je zanemarljivo majhen.

Medtem ko povprečne mesečne koncentracije aktivnosti tritija v četrletnih 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 2014 je bilo, podobno kot v prejšnjih letih, mogoče zaslediti vpliv izpustov H-3 iz NEK na vrtini E1, ki je znotraj ograje NEK, ni pa bilo mogoče ugotoviti sprememb na vrtini VOP-4. Razlog za to je verjetno premajhna koncentracija aktivnosti H-3 v izpustih iz NEK. Zaradi tega je bilo na bolj oddaljenih vzorčevalnih mestih Medsave in Šibice na Hrvaškem pričakovano, da korelacije med izpusti in izmerjenimi vrednostmi ne bodo vidne.

Kratkoživi radioaktivni jod (I-131) je občasno v tekočinskih efluentih NEK. V tem letu ni bilo izmerjenih izpustov I-131. Povišane koncentracije aktivnosti joda je bilo mogoče izmeriti takoj po černobilski nesreči. V nekaterih rekah v Sloveniji ga je mogoče najti zaradi aplikacije tega izotopa v medicini. Zaradi majhnih izpustov iz NEK in rezultatov meritev v okolju lahko ugotovimo, da so posledice izpustov I-131 iz NEK v okolje nemerljive.

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 0,4 MBq, kar je bistveno manj kot v letu 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 $6E-05$ Bq/m³. Ocenjena koncentracija aktivnosti cezija je daleč pod mejo za kvantifikacijo 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 vrhnji 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/m³) bi pričakovali, da je specifična aktivnost cezija v ribah okrog 0,2 Bq/kg (upoštevajoč bioakumulacijski faktor 2,0 m³/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 (0,16 MBq v letu 2014), vendar so aktivnosti izpustov nekajkrat 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 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^3) bi pričakovali, da je specifična aktivnost stroncija v ribah okrog $0,2 \text{ Bq/kg}$ (upoštevajoč bioakumulacijski faktor $0,06 \text{ m}^3/\text{kg}$). Izmerjene povprečne specifične aktivnosti od $0,2 \text{ Bq/kg}$ do $0,45 \text{ Bq/kg}$ se dobro ujemajo z oceno.

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 2014 je bila vsaj šest velikostnih redov nižja kot pri tritiju. Zanimivo je, da Cs-134 v tem letu sploh ni bil izmerjen v tekočinskih izpustih. V zadnjih nekaj letih ni bil noben izotop zaznan v okolju. Nazadnje je bil detektiran Co-60 v okolju v letih 2003 in 2006.

Tritij se v zračnih izpustih pojavlja v obliki HTO, HT in CHT. V letu 2014 so bili zračni izpusti H-3 nizki, na ravni tistih iz let 2005–2007, to je pred spremembami omejitev izpustov v povezavi s preходом NEK na 18-mesečni gorivni cikel. 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. 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 [42]. Medtem ko Dobova na daljši rok dokaj dobro sledi referenčnim vrednostim v Ljubljani, v Krškem in Bregah opazimo drugačen vzorec oziroma celo obratno usmeritev (Brege).

Iz podatkov o padavinskih usedih v Ljubljani in na treh lokacijah v okolici NEK od leta 2002 do 2013 lahko govorimo o dobri medsebojni korelaciji, le da je padavinski used v Bregah višji kot v Krškem in Dobovi od leta 2008 naprej. V letu 2014 pa so bile vrednosti spet podobne. To razliko med Bregami in drugima dvema lokacijama v okolici NEK (Krško, Dobova) bi lahko pripisali zračnim izpustom H-3 iz NEK, kar bo v prihodnje še treba preveriti.

Medtem ko je tritij praktično edini radionuklid, ki ga 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.

Modelni izračun pokaže, da so iz zračnih izpustov izračunane povprečne koncentracije aktivnosti Cs-137 v aerosolnih filtrih tudi v primeru najvišje izračunane mesečne koncentracije aktivnosti več velikostnih razredov pod orientacijsko detekcijsko mejo približno $1 \mu\text{Bq/m}^3$. Iz tega lahko sklenemo, da izmerjene povprečne mesečne koncentracije aktivnosti Cs-137 nekaj $\mu\text{Bq/m}^3$ 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, v hrani so 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 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.

Tako v okolici NEK kot drugod po Sloveniji najdemo največ Cs-137 v mesu. V posameznih živilih v okolici NEK je bila najvišja specifična aktivnost Cs-137 izmerjena v svinjskem mesu ($0,31 \pm 0,21$) Bq/kg, medtem ko v jabolkih in hruškah, vzorčevanih v sadovnjaku v neposredni bližini NEK, Cs-137 ni bil detektiran. V hrani, vzorčevani drugod po Sloveniji, je bila največja specifična aktivnost Cs-137 izmerjena v divjačini iz Slovenskih Konjic, in sicer ($0,41 \pm 0,03$) Bq/kg.

Največ Sr-90 najdemo v okolici NEK v listni zelenjavi in žitih, drugod po Sloveniji pa v listni zelenjavi, žitih in podzemni zelenjavi. V okolici NEK je bila v posameznih vzorcih živil najvišja specifična aktivnost Sr-90 izmerjena v blitvi ($0,43 \pm 0,04$) Bq/kg. V hrani, vzorčevani po Sloveniji, pa je bila največja specifična aktivnost Sr-90 izmerjena prav tako v blitvi, vzorčevani v Kopru ($0,24 \pm 0,02$) 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 2014. 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 desetih letih, ko je v okolju le še Cs-137, lahko upadanje pripišemo radioaktivnemu razpadu Cs-137 (njegova aktivnost se zmanjšuje za 2,3 % na leto ali 0,005 mSv na leto). Prispevek Cs-137 k letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu lahko ocenimo na 0,22 mSv, kar je štirikrat več od ocene prispevka Cs-137 k letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu iz zemlje za lokacijo Amerika (0,05 mSv).

Od 1992 do 2014 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 40 % 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.

Vrednosti letnih doz TLD na Hrvaškem so bile v preteklosti sistematično višje od tistih v Sloveniji. V letu 2010 so se po večini spremenile tudi mikrolokacije ali pa so bili dozimetri prestavljeni na ustrežnejša mesta. Tako se od leta 2010 povprečni letni okoljski 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.

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 Vrbina) 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. Dodaten argument za takšno sklepanje je globinska porazdelitev Sr-90 za leto 2014, ki v grobem kaže podobne značilnosti. V Kusovi Vrbini je opazno zniževanje usedov z leti, 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 prehrabno verigo 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 letu 2012. 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.

Specifična aktivnost C-14 je bila v okolici NEK v letu 2014 (julij, september) izmerjena v jabolkih, ječmenu, pšenici, koruzi in brstičnem ohrovtu. Povprečna specifična aktivnost C-14 v živilih, vzorčevanih ob ograji NEK, je bila (238; 1,2) Bq na kilogram ogljika, na lokacijah oddaljene od ograje NEK do 500 m (233; 2,1) Bq na kilogram ogljika in na kontrolni točki v Dobovi (233; 5,4) Bq na kilogram ogljika.

Od leta 2013 je NEK začel sistematično meriti C-14 v četrletnih vzorcih tekočinskih efluentov. Skupna letna izpuščena aktivnost v Savo je bila v tem letu 1,7 GBq [16] (0,85 GBq v letu 2013). Izmerjeni izpusti se ujemajo z ocenami (1,8 GBq na leto oziroma 2,6 GBq/GW(e) na leto [27]). Aktivnost izpuščenega C-14 je okrog 3 velikostne rede nižja kot pri tritiju. IRB je v okviru dodatnih meritev [15] opravil v letu 2013 meritve koncentracij aktivnosti C-14 v reki Savi neposredno med izpustom. Koncentracije aktivnosti C-14 v enkratnih vzorcih so bile sicer merljive v času izpusta tudi 600 m nizvodno od NEK. Glede na letne izpuste (1,7 GBq) je pričakovati, da bi povprečna koncentracija v Brežicah narasla za manj kot 1 Bq/m³.

V letu 2014 so se prvič opravile tudi meritve C-14 v ribah, ki so bile ujete v Jesenicah na Dolenjskem. Žal sta bila izmerjena le dva vzorca. Izmerjene vrednosti (okrog 13 Bq na kilogram sveže ribe) so precej nizke glede na običajne specifične aktivnosti C-14 v ribah okrog 45 Bq na kilogram sveže ribe, ki jih navaja literatura [30]. Ribe niso bile merjene v Krškem, zato ne moremo narediti primerjave z referenčno lokacijo.

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 upoštevajoč značilnosti omenjene referenčne skupine, je pokazal, da je učinkovita doza za odraslega zaradi izpustov v reko Savo v letu 2014 v Brežicah 0,32 μSv na leto (zadrževanje na obrežju in ingestija rib). Na referenčni lokaciji 350 m pod jezom NEK je izračunana letna učinkovita doza za odraslega 0,65 μSv, kar je za 50 % več kot v letu 2013 in za red velikosti več kot v prejšnjih letih. Razlika s preteklimi leti gre na račun upoštevanja prispevka C-14, ki ima velik bioakumulacijski faktor. Povedati je tudi treba, da si strokovna javnost ni enotna glede bioakumulacijskega faktorja, zato je ta ocena konzervativna, saj smo vzeli največjega, ki je objavljen v strokovni literaturi. Učinkovita doza za odraslega 350 m pod jezom NEK brez upoštevanja prispevka C-14 pa je 0,0049 μSv, kar pa je primerljivo s preteklimi leti. Drugi prispevki so zaradi sevalcev gama Co-58 (zunanja izpostavitve, 64 %) in Co-60 (zunanja izpostavitve, 32 %). Pri pitju savske vode, kar je malo verjetna prenosna pot, bi bil dominanten prispevek H-3 (97 %).



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 2014 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 μSv . Ta omejitev je bila po začetku obratovanja dopolnjena še z omejitvijo letne učinkovite doze zunanjega sevanja na ograji objekta (200 μSv 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 0,1 % od predpisane omejitve 50 μSv).

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 2014 je nižja kot v prejšnjih letih, ocena za inhalacijo pa je primerljiva s prejšnjimi leti.

Meritve C-14 so bile v letu 2014 izvedene na vzorcih jabolk, trave, koruze, pšenice, brstičnega ohrovtva in ječmena na Institutu Ruđer Bošković v Zagrebu, rezultati specifične aktivnosti C-14 v omenjenih živilih/krmih pa ne kažejo znatnih odmikov od specifične aktivnosti C-14, izmerjenih v vzorcih z referenčne točke v Dobovi. Ocenjena letna učinkovita doza zaradi ingestije C-14 je sicer v okolici NEK za 0,04 μSv 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 sledi, 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 možno, 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 odraža razmerje med izotopoma v atmosferi. V primeru umetnih izpustov C-14, pa se razmerje med C-14 in C-12 atomi tako v atmosferi, kot v organizmih lahko spremeni, saj atomi C-14 zamenjujejo atome 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 2014

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)	3,1E-7 6,4E-13
inhalacija	oblak	H-3, C-14, I-131, I-133	3,2E-6
ingestija	rastlinska hrana	C-14	0

Tabela A2: Izpostavitve sevanju prebivalstva (odrasla oseba) ob ograji NEK zaradi atmosferskih izpustov iz NEK v letu 2014

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)	5E-7 3,5E-12
inhalacija	oblak	H-3, C-14, I-131, I-133	6,8E-6
ingestija	rastlinska hrana	C-14	4,0E-5

Naravno sevanje

Meritve zunanjega sevanja v okolici NEK so tudi v letu 2014 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 0,76 mSv. To je manj 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 zunanjega sevanja $H^*(10)$ v letu 2014 v okolici NEK 0,86 mSv na leto. Ustrezna letna efektivna doza (ob upoštevanju pretvorbenih faktorjev iz publikacije Radiation Protection 106, EC, 1999) je 0,74 mSv na leto, kar je nižje od podatka za svetovno povprečje (0,87 mSv na leto).

Meritev specifične aktivnosti naravnih radionuklidov v hrani kaže vrednosti, ki so primerljive s povprečnimi vrednostmi v svetu, zato za ingestijsko efektivno dozo privzemamo sklepe iz UNSCEAR 2000 [51].

Posamezni prispevki k dozi naravnega sevanja so zbrani v tabeli B. Skupna letna efektivna doza je ocenjena na 2,31 mSv, kar je nižje kot svetovno povprečje 2,4 mSv na leto [51].


Tabela B: Efektivne doze E zaradi naravnih virov sevanja v okolici NEK v letu 2014

Vir	Letna efektivna doza E (mSv)
– sevanje gama in neposredno ionizirajoče kozmično sevanje [#]	0,64
– kozmični nevtroni [51]	0,1
ingestija (K, U, Th) ([51], efektivna doza)	0,27
inhalacija (kratkoživi potomci Rn-222, efektivna doza) ^{##}	1,3
Skupaj	2,31

Opomba: [#] 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.

^{##} 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 2014

Vir	Prenosna pot	Letna efektivna doza (mSv)
naravno sevanje	- gama in ionizirajoče kozmično sevanje	0,64 ^{**}
	- kozmični nevtroni	0,1
	- ingestija (K, U, Th)	0,27
	- inhalacija (kratkoživi potomci Rn-222)	1,30
	Skupaj naravno sevanje	2,31
NEK – neposredno sevanje ob ograji NEK	neposredno sevanje iz objektov NEK	nedoločljivo
NEK atmosferski izpusti* (ob ograji NEK)	- zunanje sevanje iz oblaka	5E-7
	- zunanje sevanje iz useda (izotopi I in Co, Cs-137)	3,5E-12
	- inhalacija iz oblaka (H-3, C-14)	6,8E-6
	- ingestija (C-14)	4,0E-5
NEK tekočinski izpusti (Sava)*	- referenčna skupina (350 m pod jezom NEK)	6,5 E-4
	- odrasla oseba Brežice	3,2 E-4
černobilska kontaminacija, jedrski poskusi	zunanje sevanje ^{**}	< 0,03 ^{***}
	ingestija	8,6E-4
	inhalacija	6E-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 2014. 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 prehransko 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. 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 2014 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. Drugih izotopov, ki so ušli v ozračje po nesreči v japonski jedrski elektrarni v Fukušimi (2011), v letu 2014 ni bilo zaznati.

Prispevek Cs-137 k zunanjemu sevanju je bil ocenjen na manj kot 0,03 mSv na leto, kar je 3 % 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 0,0006 μ 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 2014 ocenjena na (0,1; 0,01) μ Sv na leto za Cs-137 in (0,8 \pm 0,08) μ Sv na leto za Sr-90, kar je skupaj okrog 1,5 % 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 2014 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 2014 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 0,7 μ Sv na leto;**
- ocenjena vrednost je majhna v primerjavi z avtoriziranimi mejnima dozama za prebivalstvo v okolici NEK (efektivna doza 50 μ Sv na leto na razdalji 500 m (ograja NEK) za prispevke po vseh prenosnih poteh in doza zunanega sevanja 200 μ Sv na leto na ograji NEK);
- **ocenjena vrednost sevalnih vplivov NEK-a ob ograji NEK je približno 0,03 % 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 μSv . 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 μSv 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 2014, 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, Brežice and the waterworks in Spodnji Stari Grad and Brežice;
- 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 and Ljubljana;
- 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 CO₂ was performed continuously at two locations on the Krško NPP perimeter fence. In 2014, a total of twelve samples were collected, but eleven 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, rabbit meat, milk, vegetables), Vihre (milk, cereals), Vrbina (eggs, vegetables), Spodnji Stari Grad (meat, eggs, vegetables), Žadovinek (vegetables, cereals), Trnje (vegetables), Krško (vegetables), Leskovec wine cellar (wine), Libna (meat), Pečice (fruits);
- 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 2014 (July and September) at 16 locations in the surroundings of the Krško NPP and in



the reference location in Dobova; a total of 36 samples were collected and analyzed. In Dobova four samples were collected (in July: samples of corn and wheat, in September: samples of corn and brussels sprout).

- 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

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.

For the data interpretation and dose assessment in 2014, 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 2014, IJS-DP-11810*) 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*). 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.

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 2014, IJS-DP-11810*.

1) Sava River:

In 2014 the monthly average of activity concentration of H-3 (0.88 ± 0.04) kBq/m³ at Brežice was 40 % higher than ($0,61 \pm 0,04$) kBq/m³ in Krško, and much lower than in previous years (4.4 kBq/m³



in 2013, 5.4 kBq/m³ in 2012, 1.4 kBq/m³ in 2011). This can be attributed to smaller liquid releases of H-3 into Sava River. For comparison, the monthly average of activity concentration of H-3 at Brežice in 2013 was six times higher than at Krško.

The average monthly activity concentration of H-3 at Brežice was thus 0.9 kBq/m³ with the highest value of monthly value of H-3 (1.4 ± 0.2) kBq/m³ in July. The average monthly activity concentration of H-3 measured at the reference location in Krško (before the paper mill) was 0.6 kBq/m³ with the highest value of H-3 in the same period (0.63 ± 0.10) kBq/m³. 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 0.24 kBq/m³, with the highest value of (0.53 ± 0.1) kBq/m³ in April and July. This value, 0.24 kBq/m³, is evidently smaller than the expected activity concentration of H-3 in the environment. From the measurement data tables it follows that the measured activity concentrations of H-3 at Jesenice na Dolenjskem were below the detection limit 0.4 kBq/m³ 6 times in the year. The average monthly activity concentration of H-3 at Brežice was higher than the average annual at Jesenice na Dolenjskem by a factor of 4, 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 (below 1 kBq/m³).

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 monthly average activity concentration in quarterly grab samples was between 2.5 Bq/m³ in Krško and Jesenice na Dolenjskem and 3.7 Bq/m³ in Brežice. The highest value was recorded at the sampling locations at Brežice, (6.2 ± 0.5) Bq/m³. The average concentrations measured in other rivers around Slovenia were mostly below 9 Bq/m³, with the highest average of I-131 8.6 Bq/m³ in Savinja. Because I-131 was not found in liquid discharges in the year 2014, its presence in river Sava, as in other rivers, should be attributed to its use in medical institutions.

The I-131 isotope was detected in river sediments in the fourth quarter of 2014 only at the sampling location at Krško. The average specific activity was (0.83 ± 0.1) Bq/kg.

No I-131 was detected in fish samples.

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 0.06 Bq/m³, and 0.13 Bq/m³ at Brežice and Krško, respectively. The average monthly activity concentration of Cs-137 at Jesenice na Dolenjskem was 0.06 Bq/m³. The monthly average of Cs-137 activity concentrations in filter residues at Brežice was 0.14 Bq/m³ and higher than at the reference location in Krško where it was 0.02 Bq/m³. The average of Cs-137 at Jesenice na Dolenjskem was 0.25 Bq/m³. 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 Mura River, 1.2 Bq/m³. 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 4.2 Bq/kg, which is lower than at the reference point under the bridge at Krško, 7 Bq/kg. At other locations (Pesje, Brežice, Jesenice na Dolenjskem), the quarterly average specific activity of Cs-137 in river sediment ranges from 1.7 Bq/kg at Brežice to 3.3 Bq/kg at Jesenice na Dolenjskem.

Average concentrations of Cs-137 in fish range from 0.03 Bq/kg to 0.06 Bq/kg.

The monthly average of Sr-90 for water measurements yielded 2.4 Bq/m³ at Brežice and Krško. The average monthly activity concentration of Sr-90 at Jesenice na Dolenjskem was 2.6 Bq/m³. The monthly average of Sr-90 activity concentrations in filter residues was 0.1 Bq/m³ at Brežice and Krško. The values of Sr-90 are similar to those obtained for Cs-137. 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 2014 was the highest at Laze (Ljubljana) 3.1 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 1 Bq/kg . The average values measured by ZVD (Institute of Occupational Safety) were 0.7 Bq/kg in Krško, 0.3 Bq/kg in Brežice and 0.6 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 0.2 Bq/kg to 0.5 Bq/kg , which is similar to the ranges from previous years.

The C-14 in river Sava was not measured in 2014. 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, Cs-134, Co-58, Co-60, Ag-110m, Xe-133) were not detected at any sampling location in 2014.

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 2014. The concentrations of U-238 in unfiltered water in 2014 were around 1 Bq/m^3 . The average monthly activity concentrations of K-40 in the Sava River were 38 Bq/m^3 at Krško, 25 Bq/m^3 at Brežice and 45 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 2014 were measured at the pumping stations Brege, Drnovo and Spodnji Stari Grad – the Krško water supply area. The monthly average value at the Brege pumping station was 1.8 kBq/m^3 , while the highest monthly average of $(2.1 \pm 0.3) \text{ Bq/m}^3$ was measured in March. The average monthly activity concentrations of tritium at the pumping stations of Drnovo was 1.1 kBq/m^3 , while in Spodnji Stari Grad it was 0.9 kBq/m^3 . The monthly average for tritium in the Brežice waterworks was 160 Bq/m^3 , which is within the data uncertainty and scatter range as in 2011-2013, while this average in the Brežice – Glogov Brod pumping station was 190 Bq/m^3 . The calculated average in the Krško waterworks (Petrol gas station) was 0.9 kBq/m^3 , while the average at the Petrol gas station in Brežice was lower than the detection limit, namely $< 0.4 \text{ kBq/m}^3$. The assumed reference value is the multi-month mean value for tritium activity concentration in the Ljubljana waterworks of 0.9 kBq/m^3 , which is determined within the scope of the national radiological monitoring of drinking water. In 2014, the measured H-3 activity concentration in the Ljubljana waterworks was $(0.7 \pm 0.1) \text{ kBq/m}^3$.

The quarterly average H-3 activity concentration in the E1 borehole was 1.6 kBq/m^3 , and the monthly average in the VOP-4 borehole 1.8 kBq/m^3 . The highest value in the E1 borehole was found in the third quarter of the year, $(1.6 \pm 0.2) \text{ kBq/m}^3$, while the highest value in the VOP-4 borehole was recorded in April $(2.7 \pm 0.3) \text{ kBq/m}^3$. The largest liquid release of H-3 from the Krško NPP in 2014 occurred in April (0.27 TBq). The total annual release of H-3 in liquid discharges in 2013 was 3.8 % of the annual limit of 45 TBq .

The monthly average of Sr-90 activity concentration in the Krško pumping stations and the waterworks was 0.7 Bq/m^3 , while it was 0.1 Bq/m^3 in the Brežice waterworks system. The measured activity concentration of Sr-90 in the Ljubljana waterworks in 2014 was 0.4 Bq/m^3 , while since 2002 it varied between 0.4 Bq/m^3 and 1.5 Bq/m^3 .

At the E1 borehole (inside the Krško NPP perimeter fence) an average annual Sr-90 activity concentration of 3.2 Bq/m^3 was calculated. At Medsave and Šibice boreholes in Croatia the average monthly activity concentrations of Sr-90 were 2.5 and 3.3 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, Drnovo and Spodnji Stari Grad, the average monthly activity concentration of K-40 was 45 Bq/m^3 , while it was 23 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 at 4 Bq/m^3 . The average month activity concentrations of Ra-226 in the same locations range from 1 Bq/m^3 (Brežice waterworks) to 1.9 Bq/m^3 (Krško waterworks). The activity concentration of Pb-210 ranged from 2.5 Bq/m^3 in the Krško waterworks to 4.3 Bq/m^3 in the water from the Brežice pumping station. The activity concentration of Pb-210 in Ljubljana was 3.2 Bq/m^3 . The annual average for Ra-228 ranged from 0.4 Bq/m^3 (Brežice pumping station) to 0.8 Bq/m^3 in the Krško waterworks. The concentrations of Th-228 range from 0.3 Bq/m^3 (Brežice) to 0.4 Bq/m^3 in the Krško waterworks. 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 7.1 Bq/m^3 in Krško to 4.6 Bq/m^3 in Brežice waterworks.

3) Precipitation and dry fallout

The annual precipitation quantity in 2014 was higher than thirty-year average; 36 % higher in Ljubljana and 24 % in Krško. The most precipitation occurred in Ljubljana (1 851 mm). In Krško, Brege and Dobova the average amount of precipitation was 1 344 mm. The difference between them is 2 % at the most. In 2014, similar to 2010 and 2012, the autumn brought outstanding amount of precipitation. Month with larger amounts of rainfall were February, August and September in Krško, and in Ljubljana additionally January and November.

The highest atmospheric releases of tritium in 2014 were noticeably lower than the year before. The total released activity of H-3 in 2014 was 4 TBq, while it was 6 TBq in 2013, 9 TBq in 2012, and 5 TBq in 2011.

The activity concentrations of tritium in precipitation varies widely, so only activity concentration larger than 2 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 kBq/m^3 in Brege 6-times and in Krško twice in 2014. In Ljubljana the activity concentration of tritium in precipitation samples in 2014 ranged from $< 400 \text{ Bq/m}^3$ (detection limit) to $(1,7 \pm 0,2) \text{ kBq/m}^3$, in Brege from $(0,8 \pm 0,2) \text{ kBq/m}^3$ to $(3,0 \pm 0,3) \text{ kBq/m}^3$, from $(0,5 \pm 0,1) \text{ kBq/m}^3$ to $(2,7 \pm 0,3) \text{ kBq/m}^3$, and in Dobova from $(0,5 \pm 0,1) \text{ kBq/m}^3$ to $(1,6 \pm 0,2) \text{ kBq/m}^3$. The monthly average activity concentration of H-3 at all sampling location in 2014 was lower than in 2013. The monthly average of H-3 activity concentrations in precipitation at Brege was 1.8 kBq/m^3 , at Krško was 1.4 kBq/m^3 , while at Dobova (reference location) and Ljubljana (control location) they were 1.2 kBq/m^3 and 0.7 kBq/m^3 , which is approximately the same as those measured in previous years.

The highest monthly fallout of H-3 was measured in Brege, 600 Bq/m^2 . The trend of the fallout of H-3 is similar for all four locations (Ljubljana, Brege, Krško and Battersea) and follow the pattern of precipitation, which means that there is a good correlation between the fallout and the amount of precipitation.

The highest concentrations of Sr-90 in precipitation were measured in the sample from Brege in December with 1.8 Bq/m^3 , while the measured values were below the quantification limit in 60 % cases. From the measurement results it can be noticed that the activity concentration of Sr-90 in precipitation samples was increasing from October to December, but this observation can not be attributed to the atmospheric discharges from the Krško NPP, since there was no correlation with the atmospheric releases of Sr-90 in 2014, moreover the activity concentrations of Sr-90 in precipitations at all sampling locations were lower than in previous years. The values of the total



monthly precipitation fallout of Sr-90 in individual locations range between zero and 0.14 Bq/m² and do not indicate a correlation with the quantity of precipitation.

The highest Cs-137 activity concentration was found in the May sample from Ljubljana, 1.5 Bq/m³, while it was the highest for the sampling locations in Krško NPP surroundings, 1.2 Bq/m³ in Dobova. Most of the primary measurement results were below the quantification or detection limit.

The highest precipitation fallout values for Cs-137 were measured in 2014: in Ljubljana 0.14 Bq/m² (May), in Dobova 0.12 Bq/m² (June), in Brege 0.07 Bq/m² (February), and in Krško 0.05 Bq/m² (August).

4) Air

Of the artificial radionuclides, only Cs-137 and Sr-90 were detected in aerosols in 2014, 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 µBq/m³. The measured values of Cs-137 are comparable to 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 0.3 µBq/m³ and 0.5 µBq/m³. The activity concentration of radioactive iodine, I-131, in the air was below the detection limit in 2014 in all samples from charcoal filters (gas) and aerosol filters (particles).

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 0.56 mSv and 0.97 mSv, whereby the average value was 0.76 mSv per year. The measured values at the Krško NPP perimeter fence were between 0.47 mSv and 0.6 mSv per year, whereby the average value was 0.55 mSv per year. The measurements using TL-dosimeters around Slovenia yielded an average value of the ambient equivalent dose of 0.85 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 ±10 % within the range of measurement uncertainty. Dosimeters in Croatia have in 2014 in terms of precision yielded the same average value as those in the surroundings of the Krško NPP 0.80 mSv.

The measurements of $H^*(10)$ using 14 continuous radiation monitors MFM-203 around the NPP in 2014 yielded an average value of 0.81 mSv per year, which is 6 % higher than the value obtained using TL-dosimeters in the area. The values obtained by MFM range from 0.57 mSv to 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 0.82 mSv per year, which is 3 % less than the value obtained using TL-dosimeters in Slovenia. The annual average $H^*(10)$ of 0.95 mSv obtained by 17 MFM radiation monitors managed by SNSA (subgroup Slovenian Environment



Agency (SEA)) is 12 % 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 0.61 Bq/kg at the depth of 15–30 cm at Gmajnice to 38 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 Sr-90 in 2014 are within the range from 0.27 Bq/kg at Kusova Vrbina at the depth of 10–15 cm to 1.1 Bq/kg at the depth of 15–30 cm in uncultivated soil at Amerika. The observed specific activities of Sr-90 in 2014 at Kusova Vrbina are lower than in previous years, what can 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 2014 at Gmajnice, Kusova Vrbina and Amerika was 2.4 kBq/m², 0.4 kBq/m² and 4.2 kBq/m², 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 2014 (Ljubljana: 8.6 kBq/m², Kobarid: 7.8 kBq/m² and Murska Sobota: 2.4 kBq/m²). The calculated Sr-90 fallout values for the soil sampling locations in the surroundings of the Krško NPP that range from 0.08 kBq/m² at Kusova Vrbina to 0.13 kBq/m² at Amerika are comparable with the results obtained elsewhere in Slovenia where they range from 0.11 kBq/m² at Murska Sobota to 0.39 kBq/m² 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

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 2014, Cs- 137 was detected in meat and milk samples as well as in green and root vegetables and fruits, whereas in the food sampled in Slovenia also in cereals.

The average specific activity of Cs-137 in food from the Krško NPP surroundings in 2014 was from 0 to 0.31 Bq/kg, which is the same as the value obtained for food sampled in Slovenia from 0.01 to 0,41 Bq/kg. The highest Cs-137 specific activity was found in meat, medium specific activity of Cs-137 was found in milk, green vegetables and grain, while the lowest specific activity of Cs-137 was found in fruits, root vegetables and nightshades (lat. *Solanum*).

The highest Cs-137 specific activity in the samples of food of animal origin was detected in pork (0.31 ± 0.21) Bq/kg, while in the food of plant origin, the highest Cs-137 specific activity in 2014 was measured in green salad with (0.049 ± 0.003) Bq/kg.

The specific activity of Sr-90 in food in 2014 was from 0 to 0.43 Bq/kg, while in Slovenia it was from 0 to 0.24 Bq/kg. The highest specific activity of Sr-90 around the NPP Krško was found in green vegetables and grains with the highest specific activity in mangold (0.43 ± 0.04) Bq/kg. In Slovenia apart from the Krško the highest specific activity of Sr-90 was measured in a mangold sample from Koper, (0.24 ± 0.02) Bq/kg.

The specific activities of naturally occurring radionuclides were determined for food, whereby the values obtained were as follows: from 30 to 256 Bq/kg for K-40, with the highest value found in



mangold – (260 ± 14) Bq/kg, 0.28 Bq/kg for Pb-210, whereby the highest specific activity was found in mangold (3.5 ± 0.2) Bq/kg; 0.09 Bq/kg for U-238, with the highest specific activity in maize (0.57 ± 0.13) Bq/kg; 0.09 Bq/kg for Ra-226, whereby the highest specific activity was detected in mangold (0.36 ± 0.01) Bq/kg; 0.09 Bq/kg for Ra-228, whereby the highest value was found in mangold (0.53 ± 0.03) Bq/kg; 0.03 Bq/kg for Th-228, with the highest specific activity in peppers (0.31 ± 0.10) Bq/kg; and 1.5 Bq/kg for Be-7, whereby the highest specific activity was in mangold (22 ± 0.6) Bq/kg.

The specific activity of C-14 in the surroundings of the Krško NPP was measured in apples, wheat, brussels sprout, 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 238 Bq/kg C, 233 Bq/kg C in the near vicinity of the NPP, while it was 233 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 2014 (1.7 TBq) were small, only 3.8 % of the activity limit for H-3 (45 TBq per year), and far below the long-term average of 12.4 TBq (from 1999 to 2013). The highest monthly release of H-3 was 0.27 TBq, which occurred in April. Due to small releases of H-3 into Sava River, 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 weak correlation with the measurement data from the Sava River in Brežice both in terms of magnitude and time dependence. The calculated incremental increase of H-3 activity concentration in Brežice was (0.27 ± 0.06) kBq/m³, what is the lowest value for the last 13 years. The highest monthly H-3 activity concentrations were: (0.85 ± 0.2) kBq/m³ in Krško in July, (1.4 ± 0.2) kBq/m³ in Brežice in June, and (0.53 ± 0.1) kBq/m³ in Jesenice na Dolenjskem in July. The estimated dilution ratio in Brežice was (1.6 ± 0.3) , what is close to a long-term average of 1.5.

The direct correlation between H-3 releases and H-3 activity concentration in the groundwater in 2014 was observed only for the borehole E-1 which is placed inside the fence of the Krško NPP, but not for the boreholes VOP-4 and Medsave, where usually such direct correlations were observed with the time lag of one month.

The highest monthly H-3 activity concentration was (2.1 ± 0.3) kBq/m³ in Brege pumping station in March. In 2014, contrary to finding in 2013, the trend of H-3 activity concentration in Brege pumping station shows no correlation with the atmospheric fallout from Krško NPP. 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 2014 the I-131 was not presented in liquid discharges. 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.

The annual liquid discharge of Cs-137 was 0.4 MBq and is lower than in 2013. We estimated the increase of Cs-137 activity concentration in Brežice to $6 \text{ E-}05$ Bq/m³. The estimation is based on the data on the releases of Cs-137 in liquid effluent and the dilution ratio in Brežice 2.5. The increase of Cs-137 activity concentration in Brežice is much below the detection limit of 0.1 Bq/m³.

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 Bq/kg at all locations. Considering the concentration of Cs-137 in unfiltered river water ~ 0.1 Bq/m³ and the bioaccumulation factor $2.0 \text{ m}^3/\text{kg}$, the expected



specific activity of Cs-137 in fish would be 0.2 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 regularly presented in liquid effluents from the NPP (0.16 MBq in 2014), but its 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.

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 2014 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.

The correlation between the precipitation fallout of H-3 and the quantity of precipitation is good, while there is no correlation between the activity concentration of H-3 and the quantity of precipitation. The largest correlation coefficient is for Krško, the smallest for Dobova. There was also no correlation between H-3 releases and environmental values in 2014, similar to findings in 2013. This, likely implies that monthly correlations are highly dependent on the precipitation regime or the temporal dependence of releases and precipitation.

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 $1 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$, 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 were $(0.31 \pm 0.21) \text{Bq}/\text{kg}$ and $(0.41 \pm 0.03) \text{Bq}/\text{kg}$ in pork from the Krško NPP surroundings and in game meat, respectively.



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 ten 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 0.22 mSv, which 4-times higher than the contribution of Cs-137 to the annual ambient dose equivalent from soil for the location of Amerika, which is 0.05 mSv.

From 1992 to 2014, 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 40 % 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. An additional argument for such a conclusion is the profile of the depth distribution for Sr-90 which in 2014 also shows similar characteristics.

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 2014 the specific activity of C-14 in the surroundings of the Krško NPP was measured in apples, grass, wheat, maize and brussels sprout in July and September. The average specific activity of



C-14 in the foodstuff sampled by the fence perimeter was (238; 1,2) Bq/kg C, (233; 2,1) Bq/kg C in the near vicinity of the NPP, while it was (233; 5,4) 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/m³. The estimated total activity of C-14 in liquid discharges in 2014 was 1.7 GBq, which is 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 2014 in Brežice was 3.2 E-4 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 6.5 E-4 mSv per year, what is 50 % higher than in 2013 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 reported in literature varies significantly, therefore this estimate should be treated conservative. Without this contribution the effective dose for an adult is 0.007 µSv, which is similar to previous years. Other relevant contributors are Co-58 and Co-60 (for external exposure, 95 % of the total dose), H-3 and Cs-137 (for ingestion of fish, whereby H-3 is dominant with 59 % 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 2014

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)	3.1 E–7 6.4 E–13
inhalation	radioactive cloud	H-3	3.2 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 2014

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)	5 E–7 3.5 E–12
inhalation	radioactive cloud	H-3, C-14, I-131, I-133	6.8 E–6
ingestion	vegetal food	C-14	4.0 E–5

Tables A1 and A2 show the evaluation of emissions using a model calculation of dilution factors in the atmosphere for 2014 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 μSv 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 0.2 % of the 50 μSv).

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 2014 is lower in comparison with previous years, and the estimate for inhalation is comparable with previous years.

The measurements of C-14 in 2014 were carried out on samples of apples, corn, wheat, brussels sprout and barley at the Ruđer Bošković Institute in Zagreb. The estimated increment of annual effective dose caused by ingestion of C-14 was 0.04 μSv with regards to the reference point in Dobova.

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 2014 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 0.76 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 0.86 mSv per year in 2014. The corresponding annual effective dose E (using conversion factors from the publication entitled Radiation Protection 106, EC, 1999) is 0.74 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 2.31 mSv per year, which is slightly lower than the average worldwide value of 2.4 mSv per year.

Table B: Effective doses from natural sources of radiation in the surroundings of the Krško NPP in 2014

Source	Annual effective dose (mSv)
– gamma radiation and the directly ionizing component of cosmic radiation [#]	0.64
– neutron component of cosmic radiation [51]	0.1
Ingestion (K, U, Th) ([51], effective dose)	0.27
Inhalation (short-lived daughters of Rn-222, effective dose) ^{##}	1.3
Total	2.31

Note: [#] 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.

^{##} 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 2014

Source	Exposure pathway	Annual effective dose (mSv)
natural radiation	- gamma radiation and the directly ionizing component of cosmic radiation - neutron component of cosmic radiation	0.64** 0.1
	ingestion (K, U, Th)	0.27
	inhalation (Rn-222 short-lived daughters)	1.30
	total	2.31
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) - groundshine (I and Co isotopes, Cs-137) - inhalation (H-3, C-14) - ingestion (C-14)	5E-7 3.5E-12 6.8E-6 4.0E-5
Krško NPP Liquid effluent (Sava)*	- reference group 350 m downstream from the NPP dam - adult in Brežice	6.5 E-4 3.2 E-4
Chernobyl accident, nuclear-weapons tests	- external dose** - ingestion - inhalation	< 0.03*** 8.6E-4 6E-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.

** 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).

*** 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.

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 2014. 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). 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 2014, 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 0.03 mSv per year, which is less than 3 % 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 0.6 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) μ Sv per year for Cs-137 and at (0.8;0,08) μ Sv per year for Sr-90 in 2014, which amounts in total to some 1.5 % 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.

CONCLUSIONS

The summary of the results for the exposure of the population in the surroundings of the Krško NPP for 2014 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 2014, 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 0.7 μ 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 μ Sv per year at a distance of 500 m (NPP fence) for all contributions via all exposure pathways and external radiation dose of 200 μ Sv per year at the perimeter fence of the Krško NPP);
- **the estimated value of radiation effects of the Krško NPP is approximately 0.03 % of the characteristic unavoidable background radiation.**





NEODVISNI NADZOR POOBLAŠČENIH IZVAJALCEV

POVZETEK

Opravljena je bila ocena primerjave rezultatov meritev iz programa neodvisnega nadzora obratovalnega nadzora med laboratoriji NEK, IJS in ZVD za leto 2014. Primerjava je bila opravljena za izbrane emisijske vzorce tekočinskih izpustov iz odpadnih merilnih rezervoarjev WMT in plinastih izpustov iz dimnika RM24 ter za vzorce iz okolja (imisije) – meritve enkratnih vzorcev savske vode in sedimentov na lokacijah Krško in Brežice. Glede na kompleksnost postopkov vzorčevanja, 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 vzorčevanja, priprave vzorcev in meritev. Ker so vzorci WMT edini vodni vzorci, ki vsebujejo merljive vsebnosti umetnih radionuklidov, predlagamo, da bi pri neodvisnem nadzoru teh vzorcev sočasno sodelovali obe neodvisni inštituciji – IJS in ZVD.

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) [6] in Pravilnikom o monitoringu radioaktivnosti (JV10) (Ur. l. RS 20/07) [7] se izvaja neodvisni nadzor meritev obratovalnega nadzora NE Krško. Namen je zagotoviti neodvisno preverjanje obratovalnega nadzora, ki ga razpiše in vodi upravni organ (URSVJ). 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 2014* obsega tri sklope. Sklopa 1 in 2 obravnavata emisije, medtem ko sklop 3 obravnava primerjavo vzorčevanja in meritev vzorcev iz okolja (imisijske meritve). Program meritev v vseh treh sklopih je prikazan v tabelah 1–3.

Tabela 1: Program nadzora emisij – tekočinski izpusti (sklop 1) za leto 2014

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)	Kontinuirni 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)
Meritev 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 2014

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 2014

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	

Pri neodvisnem nadzoru emisij – tekočinskih izpustov NEK v letu 2014 sta sodelovala laboratorija NEK kot izvajalec obratovalnega nadzora in ZVD kot izvajalec neodvisnega nadzora. Meritve vsebnosti tritija v teh vzorcih je izvedel IJS, Odsek O-2. V vnaprej dogovorjenih terminih je vzorčevalec IJS odvil vzorec istočasno kot vzorčevalec NEK, vzorčevanje je potekalo pod nadzorstvom predstavnika URSJV. Oba izvajalca sta hkrati odvzela vzorec in v laboratoriju opravila meritve po svojih postopkih.

Pri neodvisnem nadzoru emisij – plinastih izpustov NEK v letu 2014 sta 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 je izvajal neodvisni nadzor, pa je NEK poslal filtre najprej na ZVD. Ko so na ZVD opravili meritve, so filtre poslali na IJS. V tem primeru so bile meritve opravljene zaporedoma na istih vzorcih. Primerjava meritev aktivnosti alfa v tem poročilu ni zajeta.

Pri neodvisnem nadzoru imisij – okoljskih vzorcev se istočasno vzorčujeta sediment in savska voda 2-krat letno na dveh lokacijah (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 in poročal tudi o analizah stroncija Sr-90, kar pa se pri neodvisnem nadzoru ne preverja, zato IJS (Odsek O-2) teh meritev ni opravil.

PRIMERJAVA REZULTATOV MERITEV

Rezultate rednih meritev izvajalcev obratovalnega nadzora in meritev neodvisnega nadzora smo med seboj primerjali z ζ -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 ζ -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), ζ -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 ζ -preskus $|\zeta| < 1,96$. V tabelah od 5 do 10 so z odebeljenim tiskom označene vse vrednosti ζ -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 $k = 1$), NEK namreč pri rednih meritvah poroča o svojih rezultatih s 95-odstotno zanesljivostjo (faktor pokritja $k = 2$). Oba laboratorija (NEK in ZVD) sta v teh 4 vzorcih pri določitvi sevalcev gama s spektrometrijo gama poročala le o Co-58 in Co-60 nad mejo kvantifikacije. Kadar radionuklidi Mn-54, Co-58, Co-60, Nb-95, Ag-110m Cs-137, Ce-141 in Ce-144 niso bili izmerjeni, poroča NEK skladno s priporočili EURATOM (2004/2/Euratom) o aktivnostih, izračunanih na podlagi $\frac{1}{4}$ MDA. Te aktivnosti so v primerjalnih tabelah navedene v poljih za negotovost in jih nismo primerjali z rezultati ZVD. Na drugi strani pa je ZVD pri vseh vzorcih poročal o Co-58, Co-60 in Ag-110m nad mejo kvantifikacije, o Cs-137 v zadnjih treh vzorcih ter še o Co-57, Sb-125 in Ce-144 v decembrskem vzorcu. ZVD je poročal o aktivnostih nad mejo kvantifikacije za več radionuklidov kot NEK, kar lahko pojasnimo z obsegom akreditacije NEK in ZVD. Zaradi zahtev, definiranih v dokumentu NEK-RETS, Rev. 7, 2013, je NEK akreditiran za meritve specifičnih aktivnosti večjih od $1,9E+4$ Bq/m³, kar je tudi razvidno iz priloge k akreditacijski listini NEK št. LP-091 z dne 14. 6. 2012 (<http://www.slo-akreditacija.si/lp000/media/lp091.pdf>). Vsi izmerjeni radionuklidi pri ZVD, o katerih NEK ni poročal, imajo nižje koncentracije aktivnosti. Med rezultati, ki smo jih lahko primerjali, se znatno razlikuje le Co-60 v marčevskem vzorcu, ki pa ima aktivnost zunaj obsega akreditacije NEK. Tritij je bil določen v vseh 4 vzorcih pri obeh sodelujočih laboratorijih. Primerjava med rezultati NEK in IJS, Odsek O-2, potrjuje zelo dobra ujemanja.

V tabeli 6 so podane primerjave med rezultati meritev vsebnosti radionuklidov v aerosolnih filtrih iz glavnega izpuha izza RM24 (sklop 2). Ravno tako so bili poročani le umetni radionuklidi, negotovosti pa so podane z 68-odstotno zanesljivostjo (faktor pokritja $k = 1$). V izbranih vzorcih je bilo prisotnih zelo malo umetnih radionuklidov, saj je IJS nad mejo detekcije poročal o Co-58 v aprilskem vzorcu, o Co-60 v januarskem, julijskem in oktobrskem vzorcu, o Cs-137 v julijskem vzorcu in o Fe-55 v februarjem in julijskem vzorcu. ZVD pa je nad mejo kvantifikacije poročal le o Co-60 v oktobrskem vzorcu. Edini rezultat, ki ga lahko primerjamo, je torej Co-60 v oktobrskem vzorcu, kjer je ujemanje zelo dobro. Vse koncentracije aktivnosti, o katerih je poročal IJS, so nižje od meje kvantifikacije pri ZVD, kar je povezano z različno občutljivostjo metod pri obeh izvajalcih. Ravno tako je Fe-55 določil le IJS, saj je energija žarkov gama, ki jih ta radionuklid seva (5,9 keV), zunaj občutljivega in akreditiranega območja pri ZVD (od 40 keV dalje).



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

WMT												
Vzroč. mesto	ZVD (gama spektrometrija), IJS, Odsek O-2 (H-3)				NEK				ξ-preskus			
Pooblaščenca organizacija												
Datum vzr.	13.3.2014	10.6.2014	18.9.2014	16.12.2014	13.3.2014	10.6.2014	18.9.2014	16.12.2014	Prvi vzorec	Drugi vzorec	Tretji vzorec	Četrti vzorec
Kol. vzorca (L)	0,2	0,2	0,2	0,2	1,0	1,0	1,0	1,0				
Koda vzorca	RV0510314	RV1600614	RV2810914	RV3731214	13.03.2014 WMT-2	10.06.2014 WMT-2	18.09.2014 WMT#2	16.12.2014 WMT#2				
KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)												
Ni-22												
Cf-251												
Mn-54												
Fe-59												
Co-57												
Co-58	6,7E+4 ± 4E+3	8,4E+3 ± 5E+2	2,7E+3 ± 2E+2	3,6E+1 ± 3E+1	7,3E+04 ± 3E+03	7,9E+03 ± 9E+02	8E+02	6E+02	-1,24	0,44		
Co-60	4,5E+3 ± 2E+2	1,6E+3 ± 1E+2	1,9E+3 ± 1E+2	3,5E+3 ± 1E+2	6,1E+03 ± 7E+02	6E+02	7E+02	1E+03	-2,40			
Zn-65												
Si-85												
Y-88												
Y-92												
Zr,Nb-95												
Zr-95												
Nb-95												
Nb-97												
Mo-99												
Tc-99m												
Ru-103												
Ru-106												
Ag-110m	4,6E+3 ± 3E+2	1,6E+3 ± 1E+2	2,0E+3 ± 1E+2	1,7E+3 ± 1E+2	6,9E+02 ± 6E+02	6E+02	5E+02	8E+02				
Sr-117m												
Sb-124												
Sb-125												
Te-123m												
Te-125m												
Te-127m												
Te-129m												
Te-132												
I-131												
I-133												
Cs-134												
Cs-137												
Ba-140												
La-140												
Ce-141												
Ce-144												
Fe-55												
H-3	3,1E+9 ± 1E+8	2,6E+9 ± 4E+7	4,4E+9 ± 6E+7	2,8E+9 ± 4E+7	3,2E+09 ± 2E+08	2,6E+09 ± 2E+08	4,4E+09 ± 3E+08	2,8E+09 ± 2E+08	-0,43	-0,11	-0,10	-0,25

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



Tabela 6: Primerjava rezultatov emisijskih meritev plinastih izpuštev iz dimnika RM24 *

Vzrč. mesto		RM24													
Pooblaščenca organizacija		IJS					ZVD					ζ-preskus			
Datum vzor. Kol. vzorca (m³)		29.4.2014 - 4.3.2014	29.4.2014 - 3.6.2014	29.7.2014 - 2.9.2014	28.10.2014 - 2.12.2014	4.2.2014 - 4.3.2014	29.4.2014 - 3.6.2014	29.7.2014 - 2.9.2014	28.10.2014 - 2.12.2014	Prvi vzorec	Drugi vzorec	Tretji vzorec	Četrti vzorec		
Koda vzorca		K14AERM2421	K14AERM2421	K14AERM2451	K14AERM24B1	RV0370314	RV0370314	RV2730914	RV3691214						
IZOTOP		SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m³)													
Ni-22															
Cr-51															
Mn-54															
Fe-59															
Co-57															
Co-58															
Co-60		1,1E-05 ± 4E-06	5,2E-06 ± 3E-06	7,3E-06 ± 5E-06	1,3E-05 ± 5E-06	< 5,9E-5	< 2,3E-5	< 4,4E-05	1,5E-05 ± 2,4E-6				-0,33		
Zn-65															
Sr-85															
Y-88															
Y-92															
ZrNb-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															
I-133															
Cs-134															
Cs-137															
Ba-140															
La-140															
Ce-141															
Ce-144															
Fe-55		8,0E-05 ± 8E-05	2,6E-06 ± 3E-06	2,1E-04 ± 9E-05		< 6,5E-05	< 2,4E-5	< 4,8E-5	< 3,0E-5						
						< 5,7E-05	< 1,8E-5	< 4,2E-5	< 2,7E-5						

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


Tabela 7: Primerjava rezultatov meritev za reko Savo v Krškem

Vzorč. mesto	Krško					
Pooblaščenca organizacija	IJS		ZVD		Prvi vzorec	Drugi vzorec
Datum vzorčevanja	29. 5. 2014	7. 10. 2014	29. 5. 2014	7. 10. 2014	29. 5. 2014	7. 10. 2014
Kol. vzorca (L)	47,27	49,37	44,68	44,87		
Koda vzorca	KI14SN151	KI14SN1A1	RSKRK214	RSKRK314	ζ-preskus	ζ-preskus
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)					
U-238	1,8E+00 ± 1E+00	2,9E+00 ± 2E+00		4,4E+00 ± 2E+00		-0,55
Ra-226	< 1E+00	2,1E+00 ± 1E+00	7,8E-01 ± 3E-01	9,3E-01 ± 3E-01		1,04
Pb-210	< 2E+00	1,4E+01 ± 2E+00	4,3E+01 ± 4E+00	2,6E+01 ± 3E+00		-3,06
Ra-228	9,3E-01 ± 4E-01	1,0E+00 ± 6E-01		1,9E+00 ± 6E-01		-1,11
Th-228	< 5E-02	1,1E+00 ± 2E-01	1,1E+00 ± 6E-01	1,8E+00 ± 5E-01	-1,83	-1,12
Th-230	< 4E+00					
K-40	3,6E+01 ± 4E+00	3,3E+01 ± 5E+00	2,7E+01 ± 5E+00	3,8E+01 ± 4E+00	1,36	-0,75
Be-7	2,9E+00 ± 1E+00	3,6E+01 ± 2E+00	1,9E+02 ± 6E+00	7,8E+01 ± 5E+00	-29,06	-7,42
I-131	3,7E+00 ± 5E-01	5,2E+00 ± 3E-01	5,1E+00 ± 5E-01	2,0E+00 ± 5E-01	-2,10	5,36
Cs-134						
Cs-137			< 1E+00	2,6E-01 ± 1E-01		
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
H-3	8,9E+02 ± 2E+02	5,1E+02 ± 1E+02	6,5E+02 ± 1E+02	6,3E+02 ± 8E+01	1,21	-0,72
Sr-90	-----	-----	3,5E+00 ± 3E-01	1,2E+00 3E-01		

Tabela 8: Primerjava rezultatov meritev za reko Savo v Brežicah

Vzorč. mesto	Brežice					
Pooblaščenca organizacija	IJS		ZVD		Prvi vzorec	Drugi vzorec
Datum vzorčevanja	29. 5. 2014	7. 10. 2014	29. 5. 2014	7. 10. 2014	29. 5. 2014	7. 10. 2014
Kol. vzorca (L)	47,25	51,21	48,88	44,53		
Koda vzorca	KI14SN351	KI14SN3A1	RSBRK214	RSBRK314	ζ-preskus	ζ-preskus
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)					
U-238	2,1E+00 ± 1E+00	< 6E+00	1,9E+00 ± 7E-01	3,0E+00 ± 1E+00	0,13	
Ra-226	5,1E+00 ± 8E-01	3,5E+00 ± 1E+00	1,1E+00 ± 2E-01	2,1E+00 ± 4E-01	5,17	1,24
Pb-210	< 2E+00	6,9E+00 ± 4E+00	1,9E+01 ± 2E+00	1,5E+01 ± 2E+00		-1,77
Ra-228	4,9E-01 ± 2E-01	8,0E-01 ± 5E-01		5,2E+00 ± 5E-01		-6,47
Th-228	4,3E-01 ± 3E-01	9,8E-01 ± 2E-01	6,5E-01 ± 3E-01	4,1E+00 ± 4E-01	-0,52	-7,30
Th-230						
K-40	4,0E+01 ± 4E+00	4,0E+01 ± 4E+00	3,8E+01 ± 3E+00	3,9E+01 ± 4E+00	0,34	0,10
Be-7	1,9E+00 ± 9E-01	2,0E+01 ± 1E+00	8,3E+01 ± 7E+00	6,2E+01 ± 3E+00	-12,12	-14,25
I-131	4,3E+00 ± 6E-01	4,9E+00 ± 3E-01	3,8E+00 ± 4E-01	6,2E+00 ± 5E-01	0,67	-2,38
Cs-134						
Cs-137		3,2E-01 ± 1E-01	< 6E-01	< 9E-01		0,35
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
H-3	6,6E+02 ± 1E+02	6,2E+02 ± 2E+02	5,1E+02 ± 7E+01	7,7E+02 ± 9E+01	1,03	-0,86
Sr-90	-----	-----	3,4E+00 ± 3E-01	1,1E+00 4E-01		


Tabela 9: Primerjava rezultatov meritev za rečni sediment v Krškem

Vzrč. mesto	Krško					
Pooblaščen organizacija	IJS		ZVD		Prvi vzorec	Drugi vzorec
Datum vzorčevanja	29. 5. 2014	7. 10. 2014	29. 5. 2014	7. 10. 2014	29. 5. 2014	7. 10. 2014
Kol. vzorca (kg)	0,33	0,40	0,046	0,0615		
Koda vzorca	KI14SD151	KI14SD1A1	SDKRK214	SDKRK314	ζ-preskus	ζ-preskus
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)					
U-238	2,8E+01 ± 4E+00	2,7E+01 ± 3E+00	4,2E+01 ± 6E+00	3,0E+01 ± 3E+00	-1,84	-0,63
Ra-226	4,5E+01 ± 4E+00	5,2E+01 ± 4E+00	3,2E+01 ± 9E-01	2,7E+01 ± 6E-01	2,79	5,97
Pb-210	9,0E+01 ± 7E+00	6,2E+01 ± 4E+00	1,1E+02 ± 1E+01	7,4E+01 ± 6E+00	-1,46	-1,55
Ra-228	3,5E+01 ± 2E+00	2,6E+01 ± 1E+00	3,3E+01 ± 2E+00	2,9E+01 ± 1E+00	0,73	-1,67
Th-228	3,3E+01 ± 2E+00	2,5E+01 ± 1E+00	3,3E+01 ± 2E+00	2,5E+01 ± 1E+00		0,37
Th-230		1,4E+01 ± 1E+01				
K-40	4,0E+02 ± 4E+01	3,1E+02 ± 3E+01	4,1E+02 ± 2E+01	3,6E+02 ± 2E+01	-0,17	-1,61
Be-7	2,3E+02 ± 1E+01	1,6E+01 ± 1E+00	2,1E+02 ± 8E+00	2,8E+01 ± 2E+00	1,16	-5,66
I-131		4,0E-01 ± 1E-01				
Cs-134						
Cs-137	8,7E+00 ± 1E+00	5,8E+00 ± 3E-01	9,6E+00 ± 6E-01	7,0E+00 ± 3E-01	-0,67	-2,68
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
Sr-90	-----	-----	1,3E+00 ± 2E-01	2,6E-01 ± 1E-01		

Tabela 10: Primerjava rezultatov meritev za rečni sediment v Brežicah

Vzrč. mesto	Brežice					
Pooblaščen organizacija	IJS		ZVD		Prvi vzorec	Drugi vzorec
Datum vzorčevanja	29. 5. 2014	7. 10. 2014	29. 5. 2014	7. 10. 2014	29. 5. 2014	7. 10. 2014
Kol. vzorca (kg)	0,48	0,52	0,07	0,0803		
Koda vzorca	KI14SD351	KI14SD3A1	SDBRK214	SDBRK314	ζ-preskus	ζ-preskus
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)					
U-238	2,0E+01 ± 3E+00	1,6E+01 ± 2E+00	2,6E+01 ± 4E+00	2,2E+01 ± 5E+00	-1,14	-1,18
Ra-226	2,9E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 2E+00	2,6E+01 ± 7E-01	1,9E+01 ± 5E-01	1,17	2,01
Pb-210	< 2E+01	1,8E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 4E+00	2,0E+01 ± 4E+00	-1,34	-0,46
Ra-228	2,3E+01 ± 1E+00	1,7E+01 ± 8E-01	2,5E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 9E-01	-1,39	-6,39
Th-228	2,2E+01 ± 1E+00	1,6E+01 ± 8E-01	2,1E+01 ± 1E+00	1,9E+01 ± 1E+00	0,29	-2,27
Th-230		< 2E+01				
K-40	2,9E+02 ± 3E+01	2,2E+02 ± 2E+01	3,0E+02 ± 2E+01	2,3E+02 ± 1E+01	-0,19	-0,71
Be-7	1,2E+01 ± 9E-01	2,7E+00 ± 5E-01			13,62	
I-131						
Cs-134						
Cs-137	1,8E+00 ± 2E-01	9,2E-01 ± 6E-02	2,7E+00 ± 3E-01	1,3E+00 ± 2E-01	-2,99	-1,83
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
Sr-90	-----	-----	3,9E-01 ± 3E-01	3,6E-01 ± 2E-01		



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 30 rezultatov, od katerih se razlikuje kar 11 rezultatov. Največje razlike so pri Be-7, kjer ZVD tako kot v letih 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 sušnin) ali merske procedure. Opažena razhajanja pri Ra-226 so pretežno posledica različnega upoštevanja izhajanja radona iz merskih vzorcev, ZVD namreč pri analizi ne upošteva izhajanja radona iz vzorcev. Poleg tega so tudi velike razlike pri določitvi koncentracij aktivnosti I-131 v obeh krških vzorcih in v oktobrskem vzorcu iz Brežic, kjer tudi ZVD sistematsko poroča o višjih vrednostih. Razhajanja pri radionuklidih iz uranove in torijeve razpadne verige lahko pripišemo nizkim izmerjenim aktivnostim z relativno nizkimi negotovostmi. Pri letošnji primerjavi v okviru neodvisnega nadzora so razhajanja med vzorci savskih vod bistveno večja, saj je v letu 2013 imelo previsoke vrednosti ζ -preskusa 5 od 23 rezultatov, kar kaže, da ima poleg priprave vzorcev in merskih postopkov tudi vzorčevanje velik vpliv na končne rezultate.

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 30 rezultatov, 9 rezultatov je imelo ζ -preskus po absolutni vrednosti večji od 1,96. Pri naravnih radionuklidih se med seboj razlikujejo Ra-226, Ra-228 in Th-228. Razlike pri specifičnih aktivnostih Ra-226 so zaradi različnega upoštevanja izhajanja radona iz vzorca. ZVD ga ne upošteva, zato ima sistematsko nižje specifične aktivnosti za Ra-226. Poleg tega so tudi pri teh vzorcih velike razlike pri specifičnih aktivnostih Be-7. Dva rezultata za Cs-137 se ravno tako znatno razlikujeta, te razlike lahko pripišemo nizkim aktivnostim z relativno majhnimi negotovostmi. Pri letošnji primerjavi v okviru neodvisnega nadzora so razhajanja med vzorci sedimentov bistveno manjša kot v letu 2013, ko je imelo previsoke vrednosti ζ -preskusa 15 od 31 rezultatov, kar potrjuje, da ima poleg priprave vzorcev in merskih postopkov tudi vzorčevanje velik vpliv na končne rezultate.

Nabori poročanih radionuklidov pri obeh izvajalcih so v vseh vzorcih rečnih vod in sedimentov podobni. Nasprotno od spektrometrije gama se rezultati pri tritiju med obema laboratorijema dobro ujemajo brez sistematskih razlik.

DISKUSIJA

Pooblaščeni laboratoriji redno sodelujejo na mednarodnih primerjalnih meritvah. Ti rezultati so zbrani na priloženi zgoščenki v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2014, IJS-DP-11810, marec 2015* 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.

Vendar je med primerjalnimi meritvami in neodvisnim nadzorom 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 obratovalnega nadzora in ne le kakovosti meritev vzorcev.

Pri neodvisnem nadzoru emisijskih meritev je primerljivost rezultatov pri tekočinskih izpustih iz odpadnih merilnih rezervoarjev WMT podobna kot v letu 2013, pri plinastih izpustih v dimniku RM24 pa je bila vsebnost radionuklidov premajhna, da bi opravili kakovostno primerjavo. Pri teh vzorcih dodatne priprave ni bilo oziroma je bila minimalna.



Ker so vzorci WMT edini vodni vzorci, ki vsebujejo merljive vsebnosti umetnih radionuklidov, ponovno predlagamo, tako kot v prejšnjem letu, 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.

Na drugi strani je primerjava vzorcev iz okolja zelo kompleksna in zahteva zelo podrobno obravnavo, če želimo ovrednotiti kvaliteto poročenih 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, I-131, Cs-137 in različne radionuklide iz uranove in torijeve razpadne verige. Rednih mednarodnih primerjalnih meritev vzorčevanja, ki bi potrjevali primerljivost, ni.

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, pri sedimentih je bila analizirana tudi bistveno različna količina vzorca, priprava za analizo in postopki analize se ravno tako razlikujejo v obeh laboratorijih. Poleg tega je poznano, da vzorčevanje navadno največ prispeva k merilni negotovosti in navadno ta prispevek k merilni negotovosti ni upoštevan.

SKLEPI

Pri neodvisnem nadzoru emisijskih in imisijskih meritev je število primerjanih vzorcev premajhno za zanesljivo statistično obdelavo primerjave rezultatov meritev pooblaščenih izvajalcev. V tem obsegu nam daje le grobo oceno sprejemljivosti poročenih rezultatov meritev. Kljub temu je neodvisni nadzor emisij pokazal, da je primerljivost rezultatov meritev radionuklidov v tekočinskih emisijah podobna kot v predhodnih letih 2013 in 2012, pri plinastih emisijah pa je bila 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 vzorčevanje in priprava vzorca 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 in I-131 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.

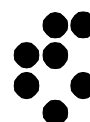
Tako kot v predhodnem letu ponovno predlagamo, da bi v bodoče pri neodvisnem nadzoru tekočinskih emisij (WMT) sodelovala oba laboratorija (IJS in ZVD), saj bi tako pridobili dodatno primerjavo med IJS in ZVD pri vzorcih, ki imajo povišane vsebnosti radionuklidov. S tem bi oba laboratorija pridobila dodatne izkušnje pri analizi spektrov s povišano vsebnostjo umetnih radionuklidov ter s tem izboljšala usposobljenost in pripravljenost na morebitne izredne dogodke.



ZNAČILNOSTI IN OCENA VPLIVOV RADIOAKTIVNOSTI NA PREBIVALSTVO OB NORMALNEM DELOVANJU NEK



Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija





ZNAČILNOSTI IN OCENA VPLIVOV RADIOAKTIVNOSTI NA PREBIVALSTVO OB NORMALNEM DELOVANJU NEK

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

Uporaba najboljših ocen pri računanju doz

dr. Matjaž Korun

Reka Sava

mag. Matjaž Stepišnik, IJS

Voda iz črpališč in vrtin

dr. Toni Petrovič, IJS

Padavine in suhi used

dr. Benjamin Zorko, IJS

Zrak

dr. Marko Giacomelli, ZVD

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 2015

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

504.5:539.16(497.43)
621.311.25(497.4Krško)

ZNAČILNOSTI in ocena vplivov radioaktivnosti na prebivalstvo ob
normalnem delovanju NEK / [avtorji Matjaž Korun ... [et al.] ;
urednika Benjamin Zorko in Denis Glavič-Cindro]. - 1. izd. -
Ljubljana : Institut Jožef Stefan, 2015

ISBN 978-961-264-082-8
1. Korun, Matjaž 2. Zorko, Benjamin
278799616

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

1	Uporaba najboljših ocen pri računanju doz	1 / 114
2	Reka Sava	7 / 114
3	Voda iz črpališč in vrtin	27 / 114
4	Padavine in suhi used	45 / 114
5	Zrak	61 / 114
6	Zunanje sevanje	79 / 114
7	Radionuklidi v hrani	93 / 114
8	Reference	111 / 114





PREDGOVOR UREDNIKA

Monografija *Značilnosti in ocena vplivov radioaktivnosti na prebivalstvo ob normalnem delovanju NEK* obravnava in razlaga neposredne merske rezultate radioaktivnosti na merilnih postajah v okolici NEK v obdobju 18 mesecev brez rednega remonta. Rezultati meritev okoljskih vzorcev (imisijske meritve), vzeti z merilnih postaj v okolici NEK, se kritično primerja z rezultati meritev na izbrani referenčni ali kontrolni lokaciji (Ljubljana, Dobova) ter drugod po Sloveniji. Na podlagi merskih podatkov in z uporabo prikladnih modelov se ovrednoti morebitni vpliv (letna efektivna doza 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. Na podlagi mesečnih povprečij 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 je sestavljena iz 8 poglavij, v katerih kritično obravnavamo značilne prenosne poti razširjanja radionuklidov po vodi, zraku, zemlji, uživanju hrane in direktno zunanje sevanje. V prvem poglavju razlagamo načine poročanja o merskih rezultatih, še posebej tistih v bližini detekcijskih mej, kar vpliva na izračun letnih povprečij ter njihovih negotovosti. Prva možnost, ki smo jo uporabili pri letošnjem ovrednotenju merskih rezultatov, so neposredni merski rezultati. Le-ti imajo lahko tudi znatne negotovosti, večje od 80 % od opazovane vrednosti (meja kvantifikacije). Druga možnost so najboljše ocene. Metodologija uporabe najboljših ocen pri računanju doz daje zanesljivejše ocenjevanje doz, ker je razmerje doz, izračunanih iz najboljših ocen, in doz, izračunanih iz neposrednih rezultatov meritev, ter njegova negotovost odvisna od skladnosti merskih izidov. 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. Pri tem pa je treba povedati, da pri najboljših ocenah vpeljemo sistematski vpliv, saj verjetnostno porazdelitev pravih vrednosti v celoti prestavimo v območje pozitivnih vrednosti. Negativne vrednosti fizikalno niso dopustne. Tej problematiki bomo v prihodnje še posvetili pozornost, saj je treba tako naročnika kot tudi širšo javnost seznanjati z realnimi ocenami doz. Prav tako pa je treba dodati še, da meritve izvajajo različni izvajalci, ki tudi različno poročajo o merskih rezultatih.



Poglavja se vsebinsko dopolnjujejo, nadaljujejo in prepletajo. Od drugega do sedmega poglavja se primerjajo merski podatki iz obratovalnega radiološkega nadzora NEK z radiološkim nadzorom življenjskega okolja v Republiki Sloveniji, radiološkim nadzorom krme v Republiki Sloveniji, neodvisnim preverjanjem obratovalnega nadzora NEK, nadzorom radioaktivnosti v okolici Centralnega skladišča RAO v Brinju in nadzorom pitne vode v Republiki Sloveniji. V drugem poglavju se obravnava vpliv tekočinskih izpustov iz NEK na okolico in referenčno skupino ljudi (ribiči), to je do vnosa radionuklidov v telo (efektivna doza zaradi notranjega obsevanja). Poleg vnosa radionuklidov v telo z zauživanjem rečne biote je pomemben prispevek tudi zunanjsega sevanja (efektivna doza zaradi zunanjsega obsevanja). Tekočinski izpusti lahko vplivajo na pitno vodo zaradi mogočega stika Save s podtalnico, kar se obravnava v tretjem poglavju. Ker so nekatera črpališča plitva, zemljina pa prepustna, je mogoč vpliv tudi po zračni prenosni poti. Pri tem je mogočih več poti zunanjsega in notranjega obsevanja. Pri usedih (4. poglavje) se obravnavata padavinski in suhi used na vazelinskih ploščah. Used lahko vodi do zunanjsega 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 zunanjemu sevanju. Padavinski used na lokacijah v okolici NEK se informativno primerja tudi z modelskim usedom, ki upošteva le zračne izpuste iz NEK. Transport in razširjanje plinov in aerosolov obravnava 5. 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 komentira imisijske meritve z zračnimi črpalkami, pri čemer se uporabljajo aerosolni in ogljeni filtri. V 6. poglavju se obravnava zunanje sevanje, ki izvira iz useda na tleh. Pri tem se primerjajo rezultati meritev direktnega sevanja s termoluminiscenčnimi dozimetri in spektroskopskimi meritvami vzorcev zemlje. Naslednje 7. poglavje opisuje in razlaga vplive na prebivalstvo zaradi uživanja hrane, ki je pridelana na krško-brežiškem polju. V osmem poglavju so zbrane vse reference, uporabljene v monografiji.

Pri izračunu celotne letne efektivne doze avtorji uporabljajo različne modele in izvirne načine ovrednotenja merskih podatkov, kar kritično komentirajo (primerjave, reference) in ocenjujejo mogoč vpliv na posameznika iz prebivalstva. Tako se pokaže, da prebivalci, ki živijo v Krškem, Brežicah, 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 (H-3 in C-14) zanemarljiv tako z biološkega kot tudi statističnega vidika. Prispevki drugih radionuklidov, ki so v zračnih in tekočinskih izpustih (Cs-137, Sr-90, I-131, itd.), 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 efektivnih 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 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-¹⁴C (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 UPORABA NAJBOLJŠIH OCEN PRI RAČUNANJU DOZ

POVZETEK

Če so prave vrednosti koncentracij sevalcev gama manjše od meje za odločitev, leži znaten del verjetnostne porazdelitve, ki jo določata opažena vrednost in njena negotovost, v območju negativnih koncentracij. Take opažene vrednosti je treba interpretirati konsistentno, to pa naredimo z njihovo pretvorbo v najboljše ocene. Pri računanju doz zato uporabimo najboljše ocene namesto opaženih vrednosti in njihovih negotovosti. Doze, izračunane iz najboljših ocen, so enake tistim, ki so izračunane iz opaženih vrednosti in njihovih negotovosti, če so relativne negotovosti opaženih vrednosti majhne. Če pa so negotovosti opaženih vrednosti primerljive z opaženimi vrednostmi ali celo večje, so doze izračunane iz najboljših ocen nižje od doz, izračunanih iz opaženih vrednosti. Razliko pripisujemo vplivu zmotnih identifikacij, to je opaženim vrednostim sevalcev gama, ki jih v merjencu ni. Z uporabo najboljših ocen lahko torej izboljšamo zanesljivost doz pri meritvah, kjer so prave vrednosti približno enake ali manjše od mej za odločitev.

UVOD

Neposredni rezultati meritev, to so opažene vrednosti in njihove negotovosti, niso nujno skladni s splošno definicijo merjene količine, zato tudi ni nujno, da predstavljajo merske rezultate v smislu definicije merskega rezultata, to je, da predstavljajo množico vrednosti, ki jih lahko zavzame merjena količina. Pri spektrometriji gama lahko taki primeri nastopijo pri meritvah aktivnosti, ko so njihove prave vrednosti manjše kot je meja za odločitev [19]. Tedaj je znaten del verjetnostne porazdelitve, ki je določena z opaženo vrednostjo in njeno negotovostjo, v območju negativnih vrednosti, ki pa niso dopustne, ker niso v skladu z definicijo aktivnosti. Ekstremen primer lahko nastopi pri meritvah, ki nimajo praga. Če merimo prazen vzorec ali izvedemo takšno meritev brez vzorca, je verjetnost, da je opažena vrednost pozitivna, enaka verjetnosti, da je opažena vrednost negativna. V tem primeru je povprečje izmerjenih vrednosti sicer nič, ker so negativne vrednosti statistično veljavne in jih zato lahko uporabimo pri povprečenju, vendar nimajo fizikalne vsebine. Zato moramo negativne vrednosti interpretirati in jih tako osmisliti. To naredimo tako, da normalno verjetnostno gostotno porazdelitev, ki jo definirata opažena vrednost in njena negotovost, pretvorimo v verjetnostno porazdelitev pravih vrednosti, ki ne sega v področje negativnih aktivnosti. Iz te porazdelitve izračunamo najboljšo oceno in njeno negotovost, to je merski rezultat. To pretvorbo je mogoče narediti na več načinov, zato ta pretvorba predstavlja interpretacijo.

Objektivne interpretacije so takšne, ki so v skladu z dejanskim stanjem. To pomeni, da je v položaju, ko dejansko stanje ni povsem znano, objektivna interpretacija takšna, ki je skladna z največjo verjetnostjo. Pri interpretacijah rezultatov lahko izvajalec meritev predstavi svoje mnenje o rezultatih, zato ni nujno, da so njegove interpretacije objektivne. Zaradi tega standard SIST EN ISO/IEC 17025:2005 zahteva, da morajo biti interpretacije v poročilu o merskih rezultatih jasno označene.

Pravilnik o ocenjevanju doz izpostavljenih delavcev in prebivalstva [10] zahteva, da morajo biti doze ocenjene realistično. Zato morajo biti odpravljeni sistematski vplivi na merske rezultate, ki so vhodni podatki pri ocenjevanju doz, vse merske rezultate pa je treba pri ocenjevanju upoštevati. Iz povedanega sledi, da mora biti pretvorba iz neposrednih rezultatov meritev v merske rezultate, to je interpretacija, narejena tako, da vnese čim manjši sistematski vpliv.

Odpravljanje sistematskih vplivov in metoda pretvarjanja neposrednih rezultatov meritev v merske rezultate je bila opisana v [2] v poglavju *Poročanje o rezultatih meritev s spektrometri gama v bližini meje za odločitev*, ta prispevek pa predstavlja primerjavo doz, izračunanih po običajnem postopku iz rezultatov meritev s spektrometrijo gama, to je rezultatov, izračunanih po postopku *Visokoločljivostna*



spektrometrija gama v laboratoriju (LMR-DN-10), izdaja 12, december 2012, in po postopku, ki vključuje pretvorbo neposrednih rezultatov meritev v najboljše ocene [20].

MATERIALI

Vpliv pretvarjanja neposrednih rezultatov meritev v merske rezultate je največji tam, kjer so opažene vrednosti pod mejo za odločitev najbolj pogoste. To so meritve vzorcev hrane živalskega izvora, sadja, deževnice in suhega useda ter vzorcev vode iz vodovodov, črpališč in vodnjakov. Ocene doz zaradi radioaktivnosti deževnice in suhega useda na podlagi aktivnosti, izračunanih po običajnem postopku in iz najboljših ocen, so enake. Pri deževnici je ingestijska doza določena s koncentracijo aktivnosti Pb-210, ki ima največji dozni faktor. Njegova koncentracija aktivnosti je v deževnici nekaj velikostnih redov nad detekcijsko mejo, zato so doze, izračunane iz najboljših ocen, enake dozam, ki so izračunane po običajnem postopku. Podobno velja za suhi used. Tu zunanja doza izvira pretežno iz kontaminacije z Be-7, za katero velja podobno kot za Pb-210 v deževnici – njegova specifična aktivnost presega za nekaj velikostnih redov mejo za odločitev.

Vhodni podatki za primerjavo letnih efektivnih doz, izračunanih iz najboljših ocen in neposrednih merskih rezultatov, so predstavljeni v tabeli 1.1, kjer so navedene letne efektivne doze zaradi ingestije vode, sadja in hrane živalskega izvora. Rezultati meritev vzorcev za pitje vode so prikazani v tabelah od T-28 do T-36, za uživanje sadja v tabelah T-65, T-66, T-67 (sadje – jabolka, hruške, jagode), T-68 (rdeče in belo vino, bezeg) in v tabelah T-74 in T-75, kjer prikazujemo rezultate meritev hrane živalskega izvora (jajca in meso; kokošja jajca; kokošje, svinjsko, goveje in divjačinsko meso). Tabele z merskimi rezultati so na priloženi zgoščenki v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2014, IJS-DP-11810*, marec 2015.

Tabela 1.1: Letne efektivne doze v enoti μSv zaradi prisotnosti sevalcev gama v vodi za pitje, sadju in hrani živalskega izvora. Predstavljene efektivne doze so izračunane s povprečenjem doz po lokacijah in seštevanjem doz po vrstah hrane. Povprečne efektivne doze ali vsote efektivnih doz so dobljene iz neposrednih rezultatov meritev in iz najboljših ocen.

Izotop	Voda za pitje		Sadje		Hrana živalskega izvora	
	Povprečje neposrednih rezultatov meritev	Povprečje najboljših ocen	Vsota neposrednih rezultatov meritev	Vsota najboljših ocen	Vsota neposrednih rezultatov meritev	Vsota najboljših ocen
	Efektivna doza (μSv)					
^{238}U	$0,10 \pm 0,02$	$0,056 \pm 0,020$	$0,14 \pm 0,13$	$0,0 \pm 0,08$	$0,16 \pm 0,36$	$0,00 \pm 0,04$
^{226}Ra	$0,36 \pm 0,10$	$0,30 \pm 0,10$	$0,56 \pm 0,18$	$0,49 \pm 0,12$	$0,78 \pm 0,37$	$0,08 \pm 0,29$
^{210}Pb	$1,80 \pm 0,36$	$1,80 \pm 0,45$	$2,1 \pm 1,4$	$1,5 \pm 1,4$	$0,0 \pm 4,5$	$0,0 \pm 5,1$
^{228}Ra	$0,33 \pm 0,09$	$0,22 \pm 0,08$	$0,46 \pm 0,21$	$0,07 \pm 0,16$	$1,5 \pm 0,7$	$1,0 \pm 1,0$
^{228}Th	$0,11 \pm 0,03$	$0,085 \pm 0,024$	$0,16 \pm 0,04$	$0,07 \pm 0,05$	$0,48 \pm 0,30$	$0,26 \pm 0,13$
^7Be	$(1,1 \pm 0,2) \text{E-4}$	$(1,1 \pm 0,2) \text{E-4}$	$(73,0 \pm 0,5) \text{E-5}$	$(73,0 \pm 0,5) \text{E-5}$	$(1,0 \pm 1,9) \text{E-5}$	$(0,0 \pm 2,2) \text{E-5}$
^{40}K	$0,21 \pm 0,05$	$0,21 \pm 0,05$	$7,8 \pm 0,3$	$7,8 \pm 0,3$	$18,0 \pm 0,8$	$18,0 \pm 0,8$
^{137}Cs	$(3,9 \pm 3,4) \text{E-4}$	$(2,1 \pm 0,1) \text{E-4}$	$(8,41 \pm 4,8) \text{E-4}$	$(7,7 \pm 4,6) \text{E-4}$	$0,057 \pm 0,005$	$0,057 \pm 0,005$



Ker povečan vnos kalija in s tem sevalca K-40 ne vpliva na letno dozo, je treba omeniti, da je K-40 prikazan le zaradi predstavitve sevalca, ki je v vseh vzorcih izmerjen z majhno relativno negotovostjo.

V tabeli 1.1 so predstavljene doze, ki so izračunane iz specifičnih aktivnosti z upoštevanjem predpostavljene porabe vode ter hrane [69] in doznih faktorjev [9]. Letne efektivne doze zaradi pitja vode so izračunane iz specifičnih aktivnosti sevalcev gama, povprečenih po lokacijah, kjer so bili vzorci zbrani. Efektivne doze zaradi sadja in hrane živalskega izvora pa so dobljene s seštevanjem doz, ki izvirajo iz specifičnih aktivnosti sevalcev gama v posameznih vrstah hrane.

Negotovost povprečja (aritmetične srednje vrednosti) neposrednih rezultatov meritev podajamo z apriorno negotovostjo povprečja ali korena vsote kvadratov negotovosti posameznih prispevkov, deljenega s številom rezultatov, vključenih v povprečenje. Negotovost neposrednih merskih rezultatov vsote pa je izračunana kot koren vsote kvadratov negotovosti posameznih prispevkov. Negotovost povprečij najboljših ocen pa je večja od apriorne in aposteriorne negotovosti povprečja, negotovost vsote najboljših ocen pa je, podobno kot pri neposrednih rezultatih meritev, koren iz vsote kvadratov negotovosti najboljših ocen.

METODE IN REZULTATI

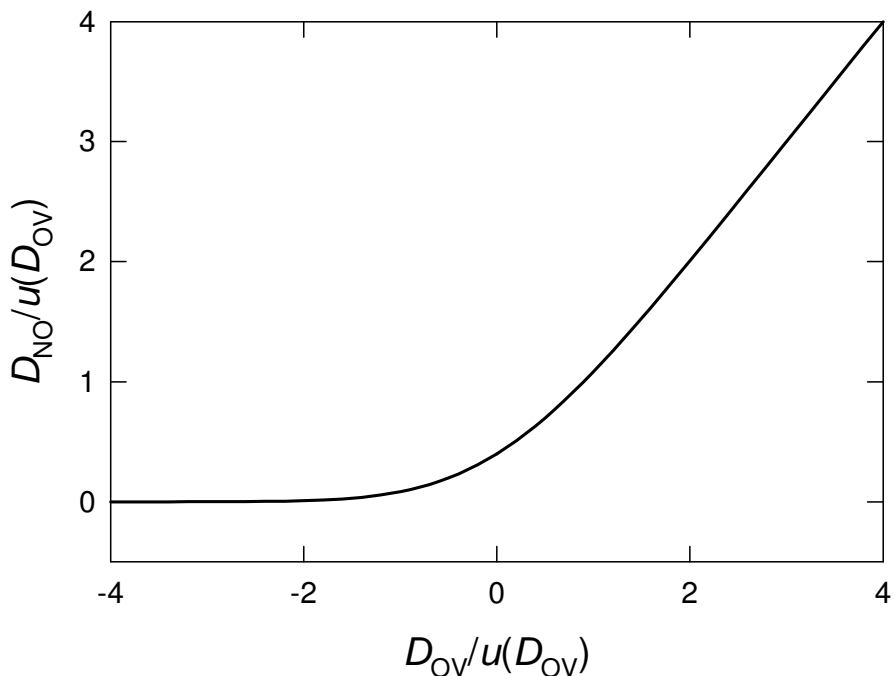
Primerjavo med dozami, izračunanimi iz najboljših ocen (D_{NO}) in dozami (D_{OV}), izračunanimi iz opaženih vrednosti, to je merskih rezultatov po postopku *Visokoločljivostne spektrometrije gama v laboratoriju (LMR-DN-10)*, smo naredili na podlagi razmerja doz:

$$R = \frac{D_{NO}}{D_{OV}} \quad (1.1)$$

kjer pomeni D_{NO} povprečno dozo za določen medij in določen sevalec gama, izračunano iz najboljših ocen, in D_{OV} povprečno dozo za isti medij in isti sevalec gama, izračunano iz neposrednih merskih rezultatov, ki so bili dobljeni skladno s postopkom *Visokoločljivostne spektrometrije gama v laboratoriju (LMR-DN-10)*. Negotovost tega razmerja lahko ocenimo, če obravnavamo povprečje najboljših ocen kot najboljšo oceno [21]. Negotovost razmerja je:

$$u^2(R) = \frac{u^2(D_{NO})}{D_{OV}^2} + \frac{D_{NO}^2 \cdot u^2(D_{OV})}{D_{OV}^4} - \frac{2D_{NO} \cdot u(D_{NO}) \cdot u(D_{OV})}{D_{OV}^3} r(D_{NO}, D_{OV}) \quad (1.2)$$

kjer pomenita $u(D_{NO})$ in $u(D_{OV})$ negotovosti doz D_{NO} in D_{OV} , $r(D_{NO}, D_{OV})$ pa korelacijski koeficient med D_{NO} in D_{OV} . Korelacijski koeficient dveh količin opisuje stopnjo njune linearne povezanosti, in sicer zavzame vrednost 1 v primeru naraščajoče popolne linearne povezanosti (naraščajoče premice), -1 v primeru padajoče popolne linearne povezanosti (padajoče premice), 0 pa v primeru konstante (vodoravne premice). Druge vrednosti v območju $[-1, 1]$ zavzame v primerih, če je povezava nelinearna ali razpršena [22]. Povezava med neposrednim merskim rezultatom in njegovo najboljšo oceno je predstavljena na sliki 1.1.



Slika 1.1: Odvisnost vrednosti najboljše ocene, normirane na negotovost opažene vrednosti, od opažene vrednosti, normirane na njeno negotovost

Tabela 1.2 Razmerja med dozami, izračunanimi iz povprečja najboljših ocen in iz neposrednih rezultatov meritev

Izotop	$R = D_{NO}/D_{OV}$		
	Vode za pitje	Sadje	Hrana živalskega izvora
U-238	$0,52 \pm 0,07$	$0,00 \pm 0,57$	$0,00 \pm 0,25$
Ra-226	$0,84 \pm 0,05$	$0,88 \pm 0,05$	$0,10 \pm 0,32$
Pb-210	$1,0 \pm 0,05$	$0,71 \pm 0,19$	–
Ra-228	$0,67 \pm 0,07$	$0,15 \pm 0,28$	$0,67 \pm 0,36$
Th-228	$0,76 \pm 0,04$	$0,44 \pm 0,20$	$0,54 \pm 0,07$
K-40	$1,0 \pm 0,00$	$1,0 \pm 0,00$	$1,0 \pm 0,00$
Be-7	$0,99 \pm 0,00$	$1,00 \pm 0,06$	$0,0 \pm 2,3$
Cs-137	$0,43 \pm 0,61$	$0,91 \pm 0,02$	$1,0 \pm 0,00$



S slike je razvidno, da je povezava skoraj linearna v območju $D_{OV}/u(D_{OV}) > 0,5$ in konstantna v območju $D_{OV}/u(D_{OV}) < -1,0$. Zato pripišemo korelacijskemu koeficientu $r(D_{NO}, D_{OV})$ vrednosti 1 in 0 v teh območjih. V vmesnem območju, kjer zveza med D_{NO} in D_{OV} ni linearna, mu pripišemo vrednost 0,5. V tem približku je negotovost razmerja $u(R)$ podana z:

$$\begin{aligned}
 u(R) &= 0 & \frac{D_{OV}}{u(D_{OV})} < -0,5 \\
 u(R) &= \left| \frac{u(D_{NO})}{D_{OV}} - \frac{D_{NO} \cdot u(D_{OV})}{D_{OV}^2} \right| & -0,5 < \frac{D_{OV}}{u(D_{OV})} < 0,5 \\
 u^2(R) &= \frac{u^2(D_{NO})}{D_{OV}^2} + \frac{D_{NO}^2 \cdot u^2(D_{OV})}{D_{OV}^4} - \frac{D_{NO} \cdot u(D_{NO}) \cdot u(D_{OV})}{D_{OV}^3} & 0,5 < \frac{D_{OV}}{u(D_{OV})}
 \end{aligned} \tag{1.3}$$

Razmerja $R \pm u(R)$ so predstavljena v tabeli 1.2 za sevalce gama, identificirane v vzorcih živil in vode za pitje.

DISKUSIJA

Tabela 1.2 nakazuje, da je vrednost najboljše ocene letne doze, izračunane iz najboljših ocen, vedno manjša ali enaka vrednosti letne doze, ki je izračunana iz neposrednih rezultatov meritev. Razmerje je ena takrat, ko imajo letne doze, izračunane iz neposrednih rezultatov meritev, majhno relativno negotovost. Takrat je majhna tudi negotovost razmerja. Čim večje so relativne negotovosti doz, tem manjše je razmerje in tem večja je njegova negotovost. Te negotovosti so povezane s pogostostjo merskih izidov, v katerih sevalec gama ni bil detektiran, to pa se najverjetneje zgodi pri meritvah tistih vzorcev, kjer je prava vrednost koncentracije znatno pod mejo za odločitev. Takrat je vpliv napak tipa I, to je zmotnih identifikacij sevalca gama, največji, tisti rezultati, ki pripadajo tem napakam, pa imajo velike relativne negotovosti. Vzrok za to je, da se pri računanju povprečij oziroma vsot napake tipa I izražajo v večjih negotovostih povprečij.

Razmerje med dozo, izračunano iz najboljših ocen, in dozo, izračunano iz neposrednih merskih rezultatov, je torej povezano z vplivom napak tipa I na dozo. Iz tega sklepamo, da razmerja, ki imajo vrednosti manjše od negotovosti (Cs-137 v vodah, U-238 in Ra-228 v sadju ter U-238, Ra-226 in Be-7 v hrani živalskega izvora), kažejo na to, da so pripadajoče doze, izračunane iz neposrednih rezultatov meritev, pretežno posledica zmotnih identifikacij. Ti rezultati so nezanesljivi, njihovo zanesljivost se pa lahko izboljša le z meritvami, ki imajo nižjo mejo za odločitev.

Tabela 1.2 torej nakazuje, da imajo meritve vzorcev vode dovolj nizko mejo za odločitev za zanesljivo merjenje koncentracij sevalcev gama, pri hrani živalskega izvora pa to velja le za K-40, Ra-228, Th-228 in za Cs-137.

SKLEPI

Uporaba najboljših ocen pri računanju doz daje možnost za zanesljivejše ocenjevanje doz, ker je razmerje doze, izračunane iz najboljših ocen, in doze, izračunane iz neposrednih rezultatov meritev, ter njegova negotovost odvisna od skladnosti merskih izidov. 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. Razliko v dozah razlagamo z vplivom napak tipa I, to je zmotnih identifikacij, na dozo. Iz tega izhaja, da je uporaba najboljših ocen smotna, če so odpravljeni sistematski vplivi na opažene vrednosti in če so njihove negotovosti zanesljivo ocenjene [10], [23].





2 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 2014 je bila skupna aktivnost tekočinskih izpustov v okolje nižja kot v letu 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. Sistematično so začeli spremljati tudi vsebnost radioaktivnega ogljika C-14 v vodni bioti in v tekočinskih izpustih. 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 0,7 μ 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 2.1: Satelitski posnetek NEK – označen je izhod bistvene oskrbne vode (ESW), kjer se izpuščajo radioaktivne tekočine.



NEK pri normalnem obratovanju občasno kontrolirano izpušča v okolje tekočine iz izpustnih rezervoarjev. Tekočine z razmeroma niskimi aktivnostmi se izpuščajo v reko Savo skozi kanal bistvene oskrbne vode (ESW - Essential Service Water), ki je pred jezom elektrarne (slika 2.1). 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).

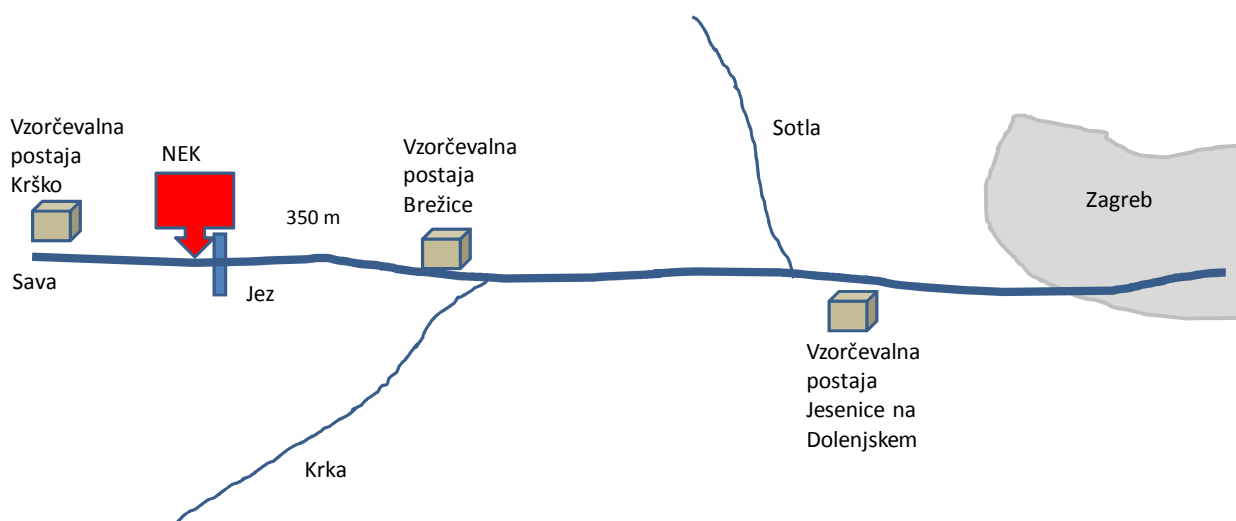
Vplive na okolje ocenjujemo na podlagi neposrednih meritev izpustov (emisij) in z uporabo modela, ki je natančneje opisan v poročilu *Izpostavitve referenčne skupine prebivalcev sevanju zaradi tekočinskih izpustov NEK v reko Savo (IJS-DP-10114)* [25]. Model upošteva najpomembnejše prenosne poti in načine 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), 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, slika 2.2) 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 2.2: 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 opravljal 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 šele od leta 2013 [15], [16]. V letu 2014 pa se je začel prvič spremljati tudi C-14 v ribah [17].

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 in v ribah. 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 180 g); vzorčevanje gibljevih sedimentov, ki vsebujejo več organske snovi, se od leta 2005 ne izvaja več;
- vzorčevanje in meritve rib vrst mrena, klen, podust, som, sivi tolstolobik, 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.



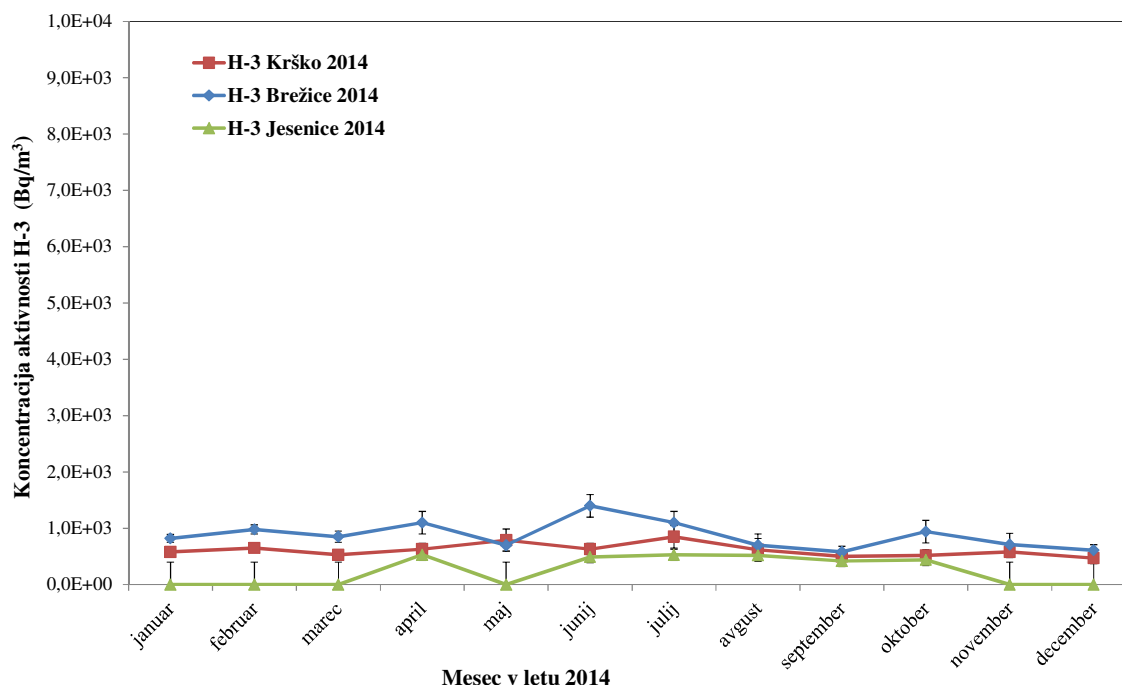
REZULTATI MERITEV

Tabele z merskimi rezultati so na priloženi zgoščenki v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2014, IJS-DP-11810, 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).

Radioaktivni tritij (H-3) je redno prisoten v tekočinskih efluentih NEK. Na sliki 2.3 so prikazane primerjave koncentracij aktivnosti tritija v savski vodi na lokacijah Krško, Brežice in Jesenice na Dolenjskem v letu 2014. Povprečna mesečna koncentracija aktivnosti H-3 v Brežicah ($0,88 \pm 0,04$) kBq/m³ se ne odmika dosti od referenčnega odvzemnega mesta Krško (pred papirnico) ($0,61 \pm 0,04$) kBq/m³. Povprečna koncentracija aktivnosti v Brežicah je bila v letu 2014 bistveno nižja kot v preteklih letih (4,4 kBq/m³ v letu 2013, 5,4 kBq/m³ v letu 2012, 1,4 kBq/m³ v letu 2011).

Najvišja vrednost mesečnih povprečij v Brežicah je bila v juniju ($1,40 \pm 0,20$) kBq/m³, medtem ko je bila v tem obdobju koncentracija aktivnosti na referenčnem odvzemu Krško ($0,63 \pm 0,15$) kBq/m³. Najvišja izmerjena koncentracija aktivnosti v Brežicah je bila kar 22-krat nižja kot v predhodnem letu (31 ± 4) kBq/m³. Meritve tritija na lokacijah Brežice in Krško je opravil IJS. V Jesenicah na Dolenjskem so meritve IRB prav tako pokazale bistveno nižje vrednosti z letnim povprečjem ($0,24 \pm 0,85$) kBq/m³ in z največjo vrednostjo ($0,53 \pm 0,1$) kBq/m³ v mesecu aprilu in juliju. Izmerjene vrednosti so nižje kot na referenčni lokaciji Krško.

V drugih rekah v Sloveniji so bile povprečne mesečne koncentracije H-3 pod 1 kBq/m³ [13].



Slika 2.3: 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.



Radioaktivni jod I-131 je redno prisoten na vseh nadzornih mestih reke Save, tako vzvodno od elektrarne kot nizvodno v Brežicah in Jesenicah na Dolenjskem. 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. Koncentracija aktivnosti joda zelo niha in je večkrat tudi pod mejo detekcije. Povprečna četrletna koncentracija aktivnosti I-131 v enkratnih vzorcih na vzorčevalnih mestih je bila od $(2,5 \pm 0,2)$ Bq/m³ do $(3,7 \pm 0,2)$ Bq/m³ in je bila najvišja na odvzemnem mestu v Brežicah. Najvišja posamična vrednost $(6,2 \pm 0,5)$ Bq/m³ je bila tudi v Brežicah. Najvišja posamična izmerjena vrednost na referenčnem mestu v Krškem je bila $(5,1 \pm 0,5)$ Bq/m³.

V okviru ločenega nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju v RS [13] so bile meritve na reki Savi v Brežicah podobne, kot jih je v okviru nadzora NEK izmeril ZVD in so tudi primerljive z dolgoletnim povprečjem 4,9 Bq/m³ v Brežicah. V drugih rekah v Sloveniji so bile povprečne mesečne koncentracije aktivnosti I-131 od 0,5 Bq/m³ do 8,6 Bq/m³. Jod je bil zaznan v večini rek, razen v reki Kolpi, Soči in Krki. V preteklosti so bile koncentracije joda višje predvsem v reki Savi pri Ljubljani zaradi nekontroliranih izpustov iz Onkološkega inštituta Ljubljana, kjer se izvaja terapija z jodom.

V talnem sedimentu je I-131 zelo redko opažen, navadno v zelo nizkih specifičnih aktivnostih. V tem letu je bil zaznan v četrtem četrletju le na referenčni lokaciji Krško, kjer je bila četrletna izmerjena specifična aktivnost $(3,3 \pm 0,5)$ Bq/kg.

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/m³) bi pričakovali, da je specifična aktivnost joda v ribah okrog 0,2 Bq/kg (upoštevajoč bioakumulacijski faktor $B_r = 0,04$ m³/kg) [26], 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 $(0,13 \pm 0,2)$ Bq/m³, kar je v oviru merilne negotovosti podobno kot v Brežicah $(0,06 \pm 0,2)$ Bq/m³.

Cs-137 se 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 2.4 je prikazana primerjava rezultatov meritev Cs-137 v filtrskem ostanku na različnih odvzemnih mestih. Povprečna mesečna koncentracija aktivnosti Cs-137 $(0,14 \pm 0,09)$ Bq/m³ v Brežicah je višja kot na referenčnem mestu Krško $(0,02 \pm 0,1)$ Bq/m³, vendar so vrednosti v okviru merske negotovosti primerljive. Podobne povprečne koncentracije aktivnosti $(0,25 \pm 0,7)$ Bq/m³ smo izmerili tudi v Jesenicah na Dolenjskem.

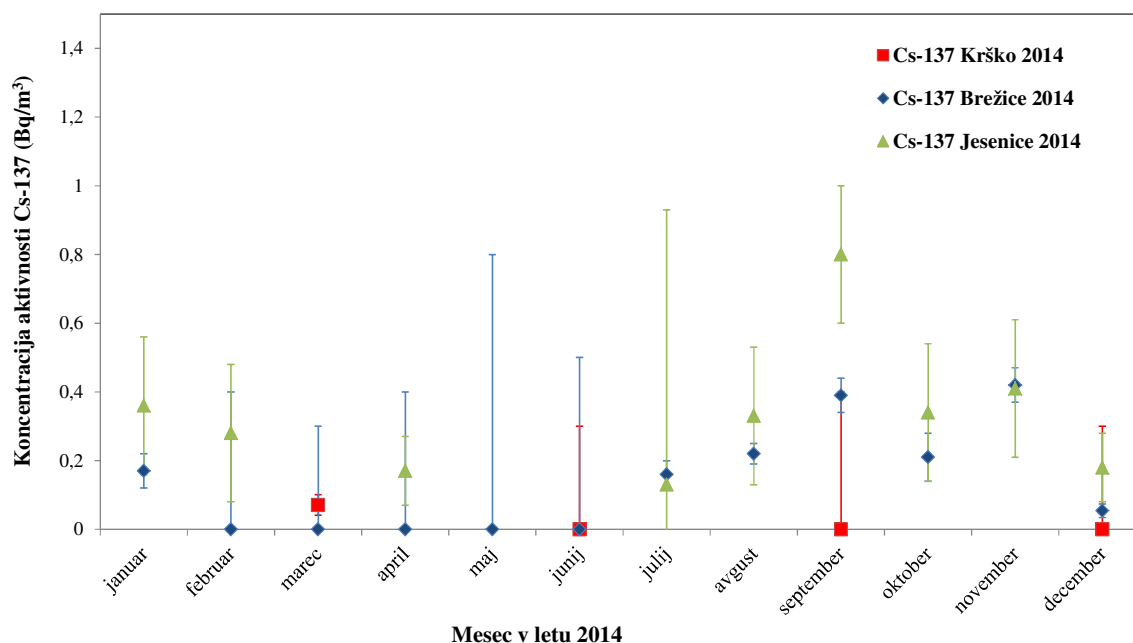
Primerljivi so bili tudi rezultati meritev cezija enkratnih vzorcev nefiltrirane vode (voda sušina skupaj s filtrskim ostankom) na vseh odvzemnih mestih. Povprečne koncentracije aktivnosti cezija v drugih rekah po Sloveniji so podobne vrednostim, izmerjenim v reki Savi v okolici NEK. Najvišja povprečna koncentracija aktivnosti Cs-137 na drugih rekah je bila izmerjena v reki Muri $(1,2 \pm 0,2)$ Bq/m³ [13]. 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) (7 ± 1) Bq/kg z največjo vrednostjo $(9,6 \pm 2)$ Bq/kg, pod jezom NEK $(4,2 \pm 0,7)$ Bq/kg z največjo vrednostjo $(6,3 \pm 1)$ Bq/kg, v Pesju $(2,7 \pm 0,5)$ Bq/kg z največjo vrednostjo $(3,7 \pm 1)$ Bq/kg, v Brežicah $(1,7 \pm 0,3)$ Bq/kg z največjo vrednostjo $(2,4 \pm 0,7)$ Bq/kg, v Jesenicah na Dolenjskem $(3,3 \pm 2)$ Bq/kg z največjo vrednostjo $(8,0 \pm 1)$ Bq/kg in v Podsusedu $(2,1 \pm 1)$ Bq/kg z največjo vrednostjo $(5,8 \pm 1)$ Bq/kg. Rezultati meritev sedimentov, ki jih je izvedel ZVD, so v okviru merske negotovosti primerljivi meritvam IRB. Najvišja povprečna specifična aktivnost je bila izmerjena na referenčni lokaciji Krško.

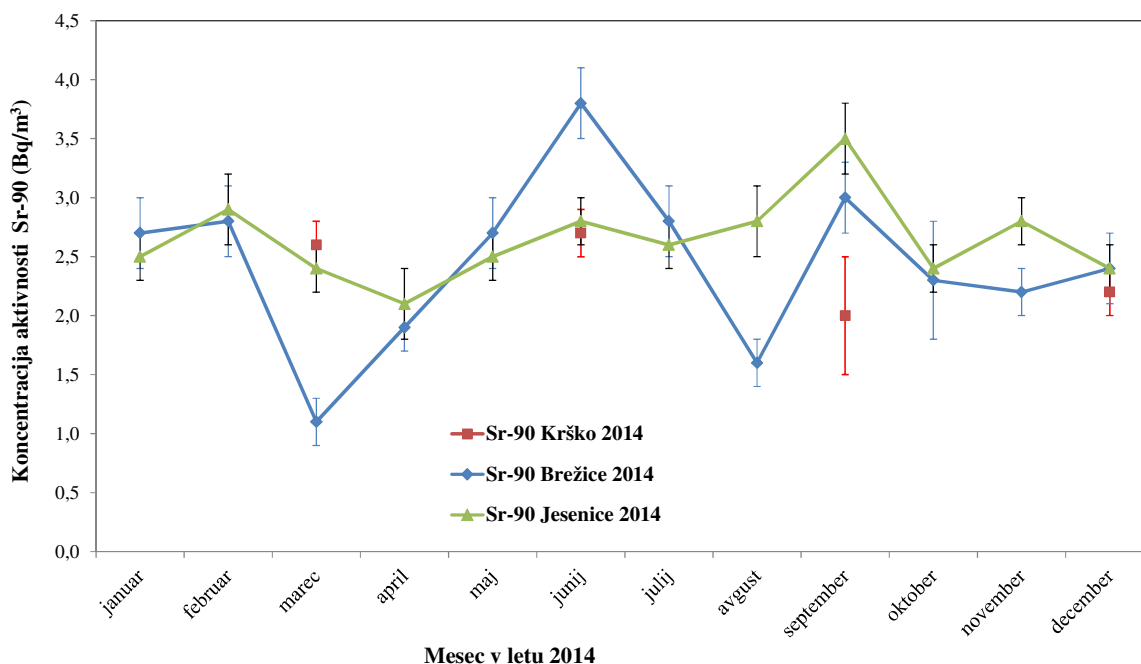
Spektrometrične analize rib, ulovljenih na lokacijah, od katerih je referenčna v Krškem, druge pa nizvodno pod izpustom NEK, kažejo povprečne mesečne specifične aktivnosti Cs-137 od 0,06 Bq/kg do 0,03 Bq/kg (meritve ZVD). IRB v ribah ni zaznal cezija.



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.



Slika 2.4: Primerjava mesečnih koncentracij aktivnosti Cs-137 v filtrskem ostanku (groba suspendirana snov) reke Save na lokacijah Krško, Brežice in Jesenice na Dolenjskem.



Slika 2.5: Primerjava mesečnih koncentracij aktivnosti Sr-90 v suhem ostanku po izparevanju vzorca vode 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.



Večina stroncija je raztopljena v sami vodi (100-krat več kot v filterskem ostanku). V vodi (suhi ostanek po izparevanju vzorca vode) je stroncij v 10-krat višjih koncentracijah kot cezij. Na sliki 2.5 je prikazana primerjava rezultatov meritev Sr-90 v vodi na različnih odvzemnih mestih v letu 2014.

Sr-90 se pojavlja v vodi na referenčnem mestu Krško v podobni letni povprečni koncentraciji aktivnosti ($2,4 \pm 0,1$) Bq/m³ kot v nadzornem mestu v Brežicah ($2,4 \pm 0,1$) Bq/m³ in v Jesenicah na Dolenjskem ($2,6 \pm 0,1$) Bq/m³. V grobi suspendirani snovi (filterskem ostanku) je koncentracija aktivnosti Sr-90 navadno okrog 100-krat nižja kot v vodi in je nižja kot 0,1 Bq/m³. V filterskem 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 2,0 Bq/m³ do 2,1 Bq/m³. Najvišja posamična izmerjena vrednost je bila v Brežicah ($3,4 \pm 0,3$) Bq/m³.

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 ($3,1 \pm 0,4$) Bq/m³ [13]. 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 ($0,74 \pm 0,10$) Bq/kg v Krškem, ($0,27 \pm 0,12$) Bq/kg v Brežicah in ($0,61 \pm 0,11$) 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 ($0,20 \pm 0,03$) Bq/kg do ($0,45 \pm 0,03$) Bq/kg, kar je v okviru negotovosti podobno kot v preteklih letih. Laboratorij IRB v ribah ni meril stroncija.

Meritve radioaktivnega ogljika C-14 v vodi se ne izvajajo redno. C-14 v savski vodi v tem letu ni bil merjen. Merjeni so bili le efluenti NEK. Ob zadnjih meritvah v savski vodi v letu 2013 je IRB v okviru dodatnega nadzora [15] 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 ali 31,6 Bq/m³ vode (upoštevamo: 100 pMC vode je 11,3 Bq/m³). V Savi vzvodno od NEK je bila izmerjena vsebnost C-14 ($134,3 \pm 0,4$) pMC ali 15,1 Bq na kubični meter vode.

V tem letu so se prvič opravile tudi meritve C-14 v ribah, ki so bile ujete v Jesenicah na Dolenjskem. Meritve je opravil IRB [17]. Vsebnost C-14 v dveh ujetih ribah je bila ($98,7 \pm 0,8$) pMC ali 12,17 Bq na kilogram sveže ribe in ($95,9 \pm 0,8$) pMC ali 13,9 Bq na kilogram sveže ribe. Vsebnost C-14 v ribah ni bila merjena na referenčni lokaciji v Krškem.

Drugi aktivacijski in fisijski produkti, ki so bili izmerjeni v emisijskih vzorcih izpustne vode, kot npr.: Mn-54, Cs-134, Co-58, Co-60, Ag-110m, Xe-133, v letu 2014 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 in Ra-228 okrog 1 Bq/m³. Koncentracije aktivnosti K-40 so bile nekoliko višje: okrog 30 Bq/m³. Največja izmerjena posamična koncentracija aktivnosti K-40 je bila v Krškem (38 ± 4) Bq/m³. Redno je bil merjen 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. 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 120 Bq/m³ [14].



DISKUSIJA

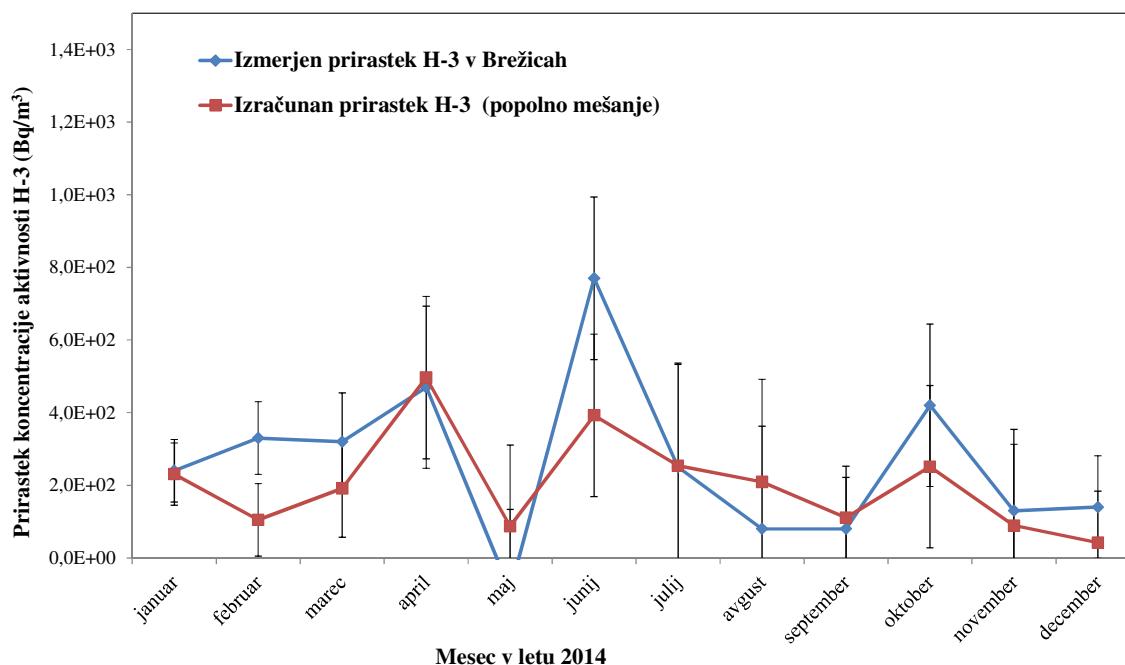
Vpliv na okolje po savski prenosni poti ocenjujemo na podlagi primerjave rezultatov emisijskih meritev (meritev vzorcev iz odpadnih merilnih rezervoarjev – WMT in kaluž uparjalnikov – SGBD), ki jih izvaja NEK, in rezultatov meritev vzorcev reke Save.

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 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 kBq/m^3 [24].

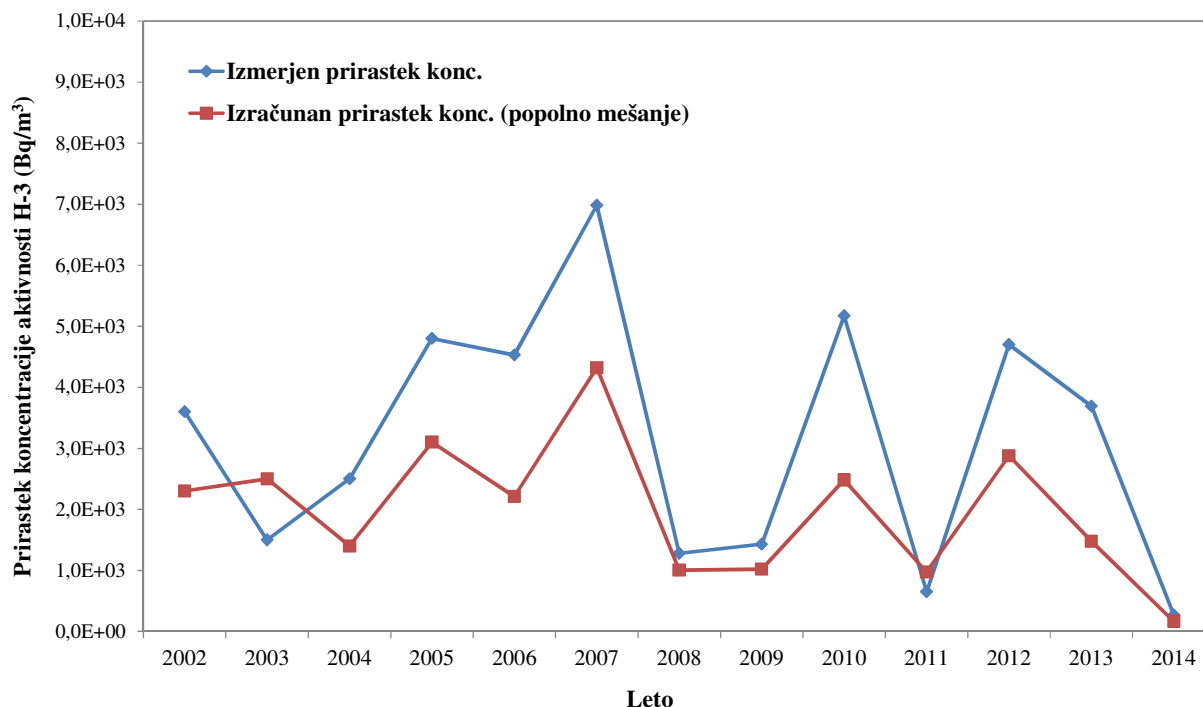
Po podatkih NEK so bili največji tekočinski izpusti H-3 opravljani v mesecu januarju ($0,26 \text{ TBq}$), kar je red velikosti manj, kot je bil največji mesečni izpust 2013 (v septembru $4,4 \text{ TBq}$). Skupni letni izpust $1,73 \text{ TBq}$ je bil približno 7-krat manjši kot v letu 2013 ($11,6 \text{ TBq}$) in najmanjši v zadnjih petnajstih letih (dolgoletno povprečje od 1999 do 2014 je $1,2 \text{ TBq}$).

Največja izmerjena koncentracija ($1,4 \pm 0,2$) kBq/m^3 tritija v Savi v Brežicah je bila izmerjena v juniju. V Jesenicah na Dolenjskem je bila največja izmerjena koncentracija ($0,53 \pm 0,12$) kBq/m^3 v juliju. Slednja vrednost je nižja od največje izmerjene koncentracije ($0,85 \pm 0,16$) kBq/m^3 na referenčni lokaciji Krško, ki je bila ravno tako izmerjena v juliju (slika 2.3).

V preteklih letih je bila redno povišana koncentracija tritija v vrtini VOP-4 (blizu levega brega Save, 600 m nizvodno od jezua NEK). Mesečno povprečje koncentracije aktivnosti H-3 v tej vrtini je bilo letos ($1,8 \pm 0,2$) kBq/m^3 (najvišja izmerjena koncentracija ($2,7 \pm 0,3$) kBq/m^3 v mesecu aprilu), kar se le malo odmika od navadnih naravnih koncentracij.



Slika 2.6: 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 2.7: 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

Tritij je bil v preteklosti edini radionuklid, ki ga je bilo mogoče sistematično spremljati v okolju in je bil 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 [26].

Zaradi zelo nizkih izpustov tritija v tem letu ni tako izrazite korelacije med mesečnimi izpusti NEK in povišanimi koncentracijami tritija v Savi. Na sliki 2.6 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. V mesecu maju je bil prirastek celo negativen zaradi višje koncentracije na referenčni lokaciji kot v Brežicah. Izračunane koncentracije aktivnosti smo dobili tako, da smo mesečni izpust H-3 delili z mesečno količino pretečene savske vode. Poleg tega predpostavimo, da je prišlo do popolnega mešanja vode na omenjeni lokaciji.

Na sliki 2.7 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 2.7, 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:



$$DR = \frac{C_{w,L}}{C_{w,tot}} \quad (2.1)$$

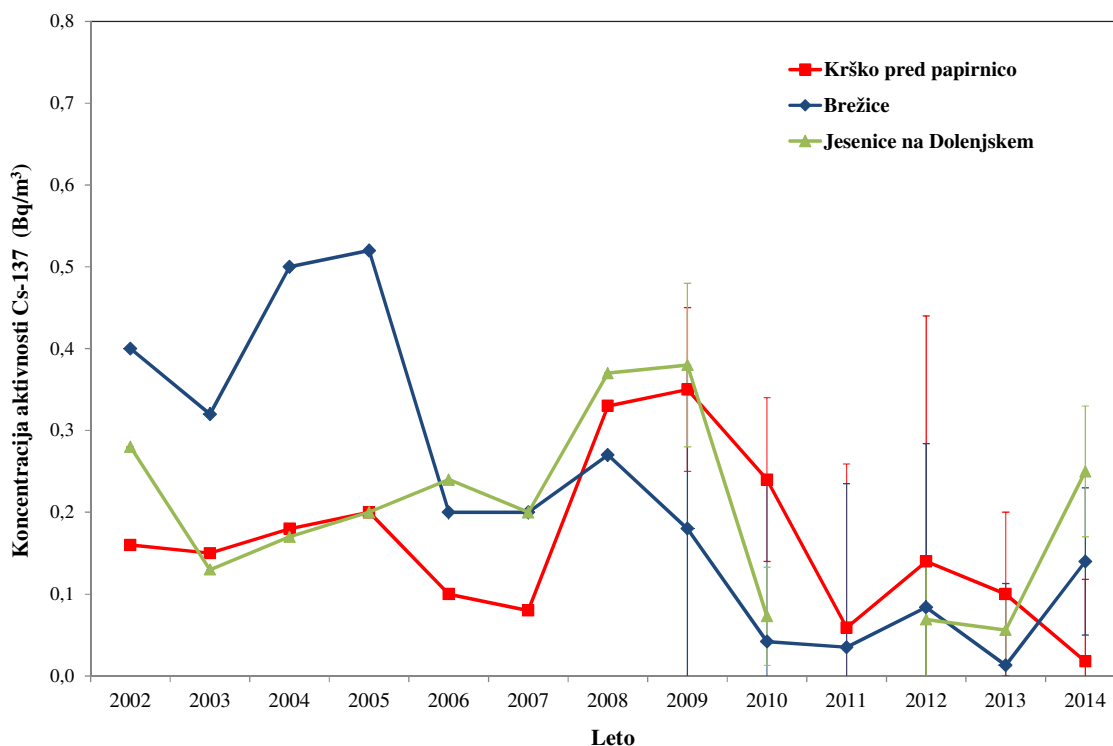
kjer sta $C_{w,L}$ prirastek koncentracije aktivnosti tritija na določeni lokaciji (Bq/m^3) in $C_{w,tot}$ prirastek koncentracije aktivnosti tritija na mestu popolnega mešanja (Bq/m^3) [26]. Prirastek koncentracije aktivnosti na mestu popolnega mešanja izračunamo iz izraza (2.2):

$$C_{w,tot} = \frac{A_{H-3}}{F \times t} \quad (2.2)$$

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 $(0,27 \pm 0,06) \text{ kBq/m}^3$, kar je precej manj kot v preteklih letih (slika 2.7). Izračunan prirastek koncentracije aktivnosti tritija na mestu popolnega mešanja $C_{w,tot}$ je bil $0,17 \text{ kBq/m}^3$. Tako je bilo v letu 2014 razredčitveno razmerje DR v Brežicah ocenjeno na $(1,6 \pm 0,3)$. Dolgoletno povprečno razredčitveno razmerje DR (od 2002 do 2014) na vzorčevalni lokaciji ob levem bregu v Brežicah je $(1,5 + 0,5)$.



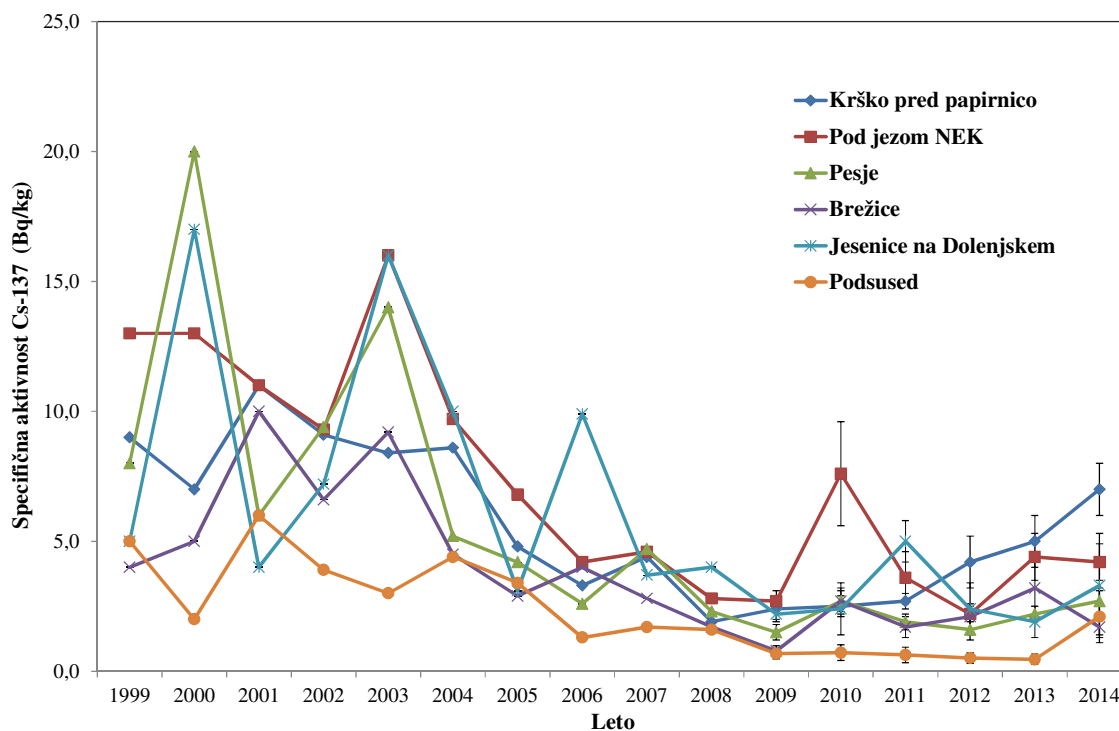
Slika 2.8: Primerjava povprečnih letnih koncentracij aktivnosti Cs-137 v filterskem ostanku (groba suspendirana snov) reke Save na lokacijah Krško, Brežice in Jesenice na Dolenjskem. V letu 2011 v Jesenicah na dolenjskem Cs-137 ni bil zaznan. Negotovosti povprečnih koncentracij aktivnosti so zelo velike (od $0,08 \text{ Bq/m}^3$ do $0,3 \text{ Bq/m}^3$).



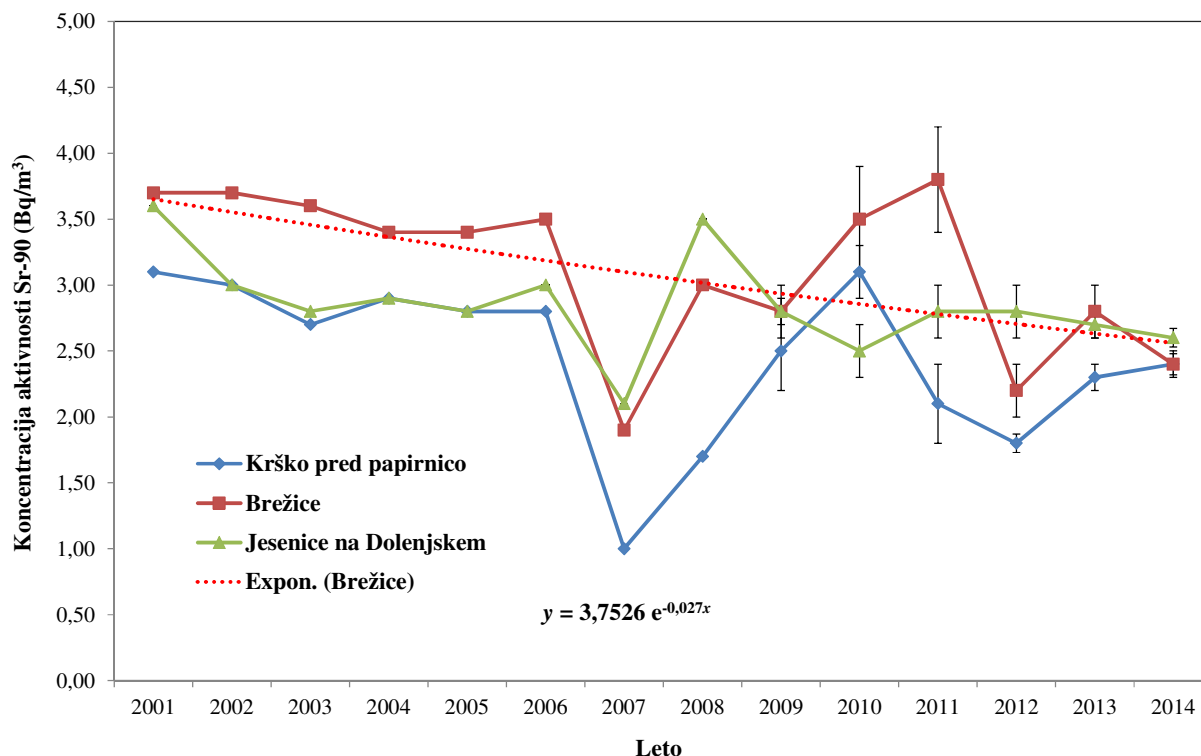
Kratkoživi radioaktivni jod (I-131) je občasno opažen v tekočinskih efluentih NEK. V tem letu ni bilo izmerjenih izpustov I-131. Povišane koncentracije joda je bilo mogoče izmeriti takoj po černobilski nesreči. V nekaterih rekah v Sloveniji ga je mogoče najti zaradi uporabe tega izotopa v medicini. Zaradi navadno 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 0,4 MBq, kar je bistveno manj kot v letu 2013 (2,4 MBq). Cezij se slabo veže na grobo suspendirano snov (le nekaj odstotkov) [26]. 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 razrečitveno razmerje na levem bregu v Brežicah, lahko ocenimo prirastek koncentracije aktivnosti Cs-137 $C_{w,L}$ v Brežicah na okrog $6 E-05 \text{ Bq/m}^3$. Ocenjena koncentracija cezija je daleč pod mersko negotovostjo in ga za to ni mogoče ločiti od globalne kontaminacije. Cezij se je v večini vzorcev vode pojavljal v zelo nizkih koncentracijah aktivnosti. Zaradi velikih merskih negotovosti in majhnih izpustov ni mogoče ovrednotiti dolgoročnih teženj (slika 2.8). 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 2.9). 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). Zadnjih pet let je sicer opazno rahlo naraščanje specifične aktivnosti cezija na lokacijah Krško pred papirnico in pod jezom NEK. Ker narašča specifična aktivnost tudi na referenčni lokaciji v Krškem, lahko sklepamo, da gre za naravne procese, ki niso povezani z izpusti NEK. Zaradi razmeroma velikih vzorčevalnih in merskih negotovosti lahko sklenemo, da vpliva NEK v sedimentu ni mogoče ovrednotiti.



Slika 2.9: 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 2.10: 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)

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/m³) bi pričakovali, da je specifična aktivnost cezija v ribah okrog $0,2$ Bq/kg (upoštevajoč bioakumulacijski faktor $B_r = 2,0$ m³/kg) [26]. Podobno kot pri sedimentu ugotovimo, da je specifična aktivnost cezija v ribah kot posledica vpliva NEK nemerljiva.

Radioaktivni stroncij (Sr-90) je redno v tekočinskih izpustih NEK ($0,16$ MBq v letu 2014), vendar so aktivnosti izpustov precej nižje od 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 2.10). Opazna je težnja padanja, ki je povezana z razpolovno dobo stroncija (28,8 let).

Ugotovljamo 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 zadržuje 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/m³) bi pričakovali, da je specifična aktivnost stroncija v ribah okrog $0,2$ Bq/kg (upoštevajoč bioakumulacijski faktor $B_r = 0,06$ m³/kg) [26]. Izmerjene povprečne specifične aktivnosti od $0,2$ Bq/kg do $0,45$ Bq/kg se dobro ujemajo z oceno.

Od leta 2013 se je začel sistematično meriti C-14 v četrletnih vzorcih tekočinskih efluentov. Skupna letna izpuščena aktivnost v Savo je bila v tem letu $1,7$ GBq [16] ($0,85$ GBq v letu 2013). Izmerjeni izpusti se ujemajo z ocenami ($1,8$ GBq na leto oziroma $2,6$ GBq/GW(e) na leto [27]). Aktivnost izpuščenega C-14 je okrog 3 velikostne rede nižja kot pri tritiju. Meritve radioaktivnega ogljika C-14 v vodi se ne



izvajajo redno. IRB je v okviru dodatnih meritev [15] opravil v letu 2013 meritve koncentracij aktivnosti C-14 v reki Savi neposredno med izpustom. Koncentracije aktivnosti C-14 v enkratnih vzorcih so bile sicer merljive v času izpusta tudi 600 m nizvodno od NEK. Glede na letne izpuste (1,7 GBq) je pričakovati, da bi povprečna koncentracija v Brežicah narasla za manj kot 1 Bq/m³. Zaradi prisotnosti kozmogenega C-14 v okolju je tako nizke koncentracije aktivnosti nemogoče ločiti od naravnega ozadja. Izmerjena koncentracija aktivnosti na referenčni lokaciji v Krškem je bila namreč 15 Bq/m³.

V površinskih vodah je C-14 večinoma v obliki karbonatov (HCO₃⁻). Vnos radioaktivnega ogljika v ribe ni enak kot pri drugih v vodi raztopljenih radionuklidih. Vnaša se posredno preko vodnih rastlin, s katerimi se hranijo ribe. Bioakumulacijski faktor B_r za ogljik pri vodnih rastlinah in ribah je bistveno višji kot za druge kemijske elemente in je odvisen od vsebnosti mineralov v vodi. Ocene se v literaturi zelo razlikujejo (od 5 m³/kg do 400 m³/kg) [28], [29], [31]. Predpostavimo, da je povprečen prirastek C-14 v vodi zaradi vpliva NEK okrog 1 Bq/m³. V tem primeru je specifična aktivnost C-14 v svežih ribah povečana za okrog 50 Bq/kg (upoštevano $B_r = 50$ m³/kg). Navadne specifične aktivnosti C-14 v svežih ribah so okrog 45 Bq/kg [30]. V tem letu so se prvič opravile tudi meritve C-14 v ribah, ki so bile ujete v Jesenicah na Dolenjskem. Žal sta bila izmerjena le dva vzorca. Izmerjene vrednosti v svežih ribah (okrog 13 Bq/kg) so precej nizke glede na navadne specifične aktivnosti C-14 v ribah, ki so, glede na navedbe v literaturi [30], okrog 45 Bq/kg. Specifične aktivnosti C-14 v ribah niso bile merjene tudi v Krškem, zato ne moremo narediti primerjave z referenčno lokacijo. Predlagamo, da se v prihodnje izvaja vzorčenje neposredno pod jezom NEK in na referenčni lokaciji v Krškem. Le tako bomo lahko ocenili ustreznost bioakumulacijskega faktorja, ki se uporablja za modelski izračun doz, kjer predpostavljamo ulov rib 350 m pod jezom NEK (glej nadaljevanje).

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 2014 je bila vsaj šest velikostnih redov nižja kot pri tritiju. Zanimivo je, da Cs-134 v tem letu sploh ni bil izmerjen v tekočinskih izpustih. V zadnjih nekaj letih ni bil noben izotop zaznan v okolju. Nazadnje je bil detektiran Co-60 v letih 2003 in 2006.

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.

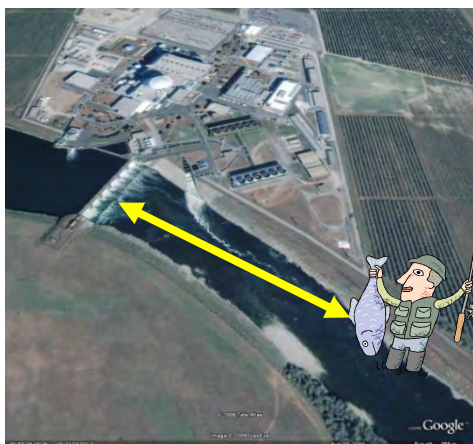
Koncentracije aktivnosti naravnih in umetnih radionuklidov so znatno pod izpeljanimi koncentracijami za pitno vodo, kot jih določa *Uredba o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih (UV2)* [9].

OCENA VPLIVOV

Izpostavitve prebivalstva se ocenjuje na podlagi neposrednih meritev izpustov (emisij) in z uporabo ustreznih modelov. V letu 2003 je bila izdelana metodologija in model za oceno doz pri izpostavitvi prebivalcev [25]. V začetku leta 2009 je bila opravljena revizija tega modela z naslovom *Izpostavitve referenčne skupine prebivalcev sevanju zaradi tekočinskih izpustov NEK v reko Savo – Nova referenčna lokacija, IJS-DP-10114* (2009) [26]. 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 efektivne 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 2.11. Za to skupino se upošteva drugo razredčitveno razmerje



DR , saj na tem mestu ne prihaja do popolnega mešanja s savsko vodo. V študiji [26] 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 (od 2002 do 2014) na vzorčevalni lokaciji ob levem bregu v Brežicah je $(1,5 \pm 0,5)$.



Slika 2.11: 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 2.2 je prikazan inventar letnih tekočinskih izpustov NEK, kar so vhodni podatki pri oceni letne učinkovite doze. V tabeli 2.2 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 ima velik bioakumulacijski faktor v ribah. Pri izračunu letne učinkovite 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 učinkovite doze v letu 2014 so bili uporabljeni naslednji vhodni podatki:

- dozni faktorji iz tabele 2.1. Pri C-14 smo upoštevali bioakumulacijski faktor ($B_f = 50 \text{ m}^3/\text{kg}$), ki ga uporablja tudi programu PC-CREAM [29];
- letni izpust radionuklidov iz poročil NEK (tabela 2.2);
- povprečni pretok Save v Brežicah v tem obdobju ($327 \text{ m}^3/\text{s}$);
- razredčitveno razmerje DR na novi lokaciji (350 m nizvodno od jezua NEK) je (3 ± 2) in v Brežicah $(1,5 \pm 0,5)$; dolgoletno povprečno razredčitveno razmerje od 2002 do 2014, dobljeno iz primerjave meritev tritija v izpustih in v Brežicah (slika 2.8);
- povprečna koncentracija suspendiranega sedimenta ($0,01 \text{ kg/m}^3$);
- predpostavimo maksimalno izpostavljenega posameznika in ekstremno porabo (največja mogoča ocena izpostavitve).


Tabela 2.1: Dozni faktorji, porazdelitveni koeficienti in bioakumulacijski faktorji za izotope v tekočinskih izpustih NEK

Izotop	Ingestijski dozni faktorji (IAEA BSS 115 in UV2)			Zunanje sevanje – površinska kontaminacija (IAEA SRS 19 in EPA FG 12)	Imerzija v vodi (EPA FG 12)	Porazdelitveni koeficienti in bioakumulacijski faktorji (Radiation Protection 72, PC-CREAM 08)	
	< 1 let (Sv/Bq)	7–12 let (Sv/Bq)	> 17 let (Sv/Bq)	(Sv na leto)/(Bq/m ²)	(Sv/s)/(Bq/m ³)	K _D /(m ³ /t)	B _f /(m ³ /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	5,00E+04
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

Od številnih mogočih prenosnih poti vnosa izpuščenih radionuklidov so za prebivalce v okolici NEK kot najverjetnejše evidentirane tiste, ki so navedene v tabeli 2.3. 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 2.4 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 2.2: Inventar tekočinskih izpustov v letu 2014 [6], [16]

Radionuklid	2014 (Bq na leto)
H-3	1,73E+12
C-14	1,69E+09
Na-24	–
Cr-51	–
Mn-54	2,57E+05
Fe-55	5,06E+06
Fe-59	–
Co-57	–
Co-58	2,65E+07
Co-60	5,28E+06
Zn-65	–
Se-75	–
Sr-85	–
Sr-89	–
Sr-90	1,58E+05
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
Sn-113	–
Sb-124	–
Sb-125	–
Te-123m	–
Te-125m	–
Te-127m	–
Te-129m	–
Te-132	–
I-129	–
I-131	–
I-132	–
I-133	–
I-134	–
Cs-134	–
Cs-137	4,01E+05
Cs-136	–
Cs-138	–
Xe-131m	–
Xe-133	1,45E+05
Xe-133m	–
Xe-135	2,40E+05
Xe-135m	–
Ba-140	–
La-140	–
Ce-141	3,96E+05
Ce-144	4,99E+06
Hg-203	–


Tabela 2.3: Načini in poti izpostavitve v okolici NEK – savska prenosna pot

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

Tabela 2.4: 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	500 h
čas, ki ga ob ribiču preživi njegov otrok (10 let)	100 h	250 h
letna poraba rib iz Save – ribič	10 kg	45 kg
letna poraba rib iz Save – otrok (10 let)	3 kg	10 kg
letna poraba rib iz Save – dojenček (1 leto)	0 kg	0 kg
velikost referenčne (kritične) skupine	36 ljudi	–

Tabela 2.5: 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 (μSv na leto)	
odrasli (> 17 let)	0,32 μSv Prispevek zunanjega sevanja: 0,002 μSv Prispevek ingestije rib: 0,322 μSv Prispevek ingestije rib (samo C-14): 0,322 μSv	0,004 μSv
otroci (od 7 do 12 let)	0,1 μSv Prispevek zunanjega sevanja: 0,001 μSv Prispevek ingestije rib: 0,099 μSv Prispevek ingestije rib (samo C-14): 0,099 μSv	0,002 μSv
dojenčki (1 leto)	0 μSv	0,004 μSv



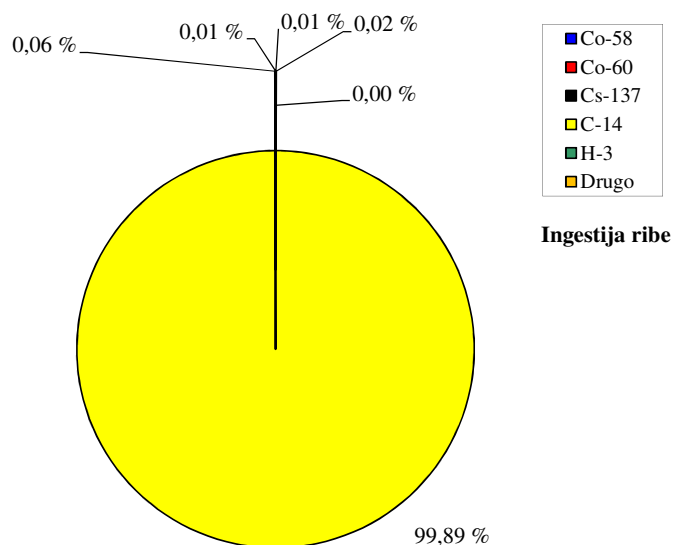
Tabela 2.6: Efektivna letna doza posameznika iz referenčne skupine prebivalstva na lokaciji 350 m pod jezom, pri čemer upoštevamo maksimalno izpostavljenega posameznika (ekstremna poraba)

Starostna skupina	350 m pod jezom NEK	
	Rečni breg in ingestija rib (zelo verjetna prenosna pot)	Pitje savske vode (malo verjetna prenosna pot)
	Doza (μSv na leto)	
odrasli (> 17 let)	0,65 μSv Prispevek zunanjega sevanja: 0,004 μSv Prispevek ingestije rib: 0,643 μSv Prispevek ingestije rib (samo C-14): 0,643 μSv	0,007 μSv
otroci (od 7 do 12 let)	0,2 μSv Prispevek zunanjega sevanja: 0,002 μSv Prispevek ingestije rib: 0,197 μSv Prispevek ingestije rib (samo C-14): 0,197 μSv	0,004 μSv
dojenčki (1 leto)	0 μSv	0,009 μSv

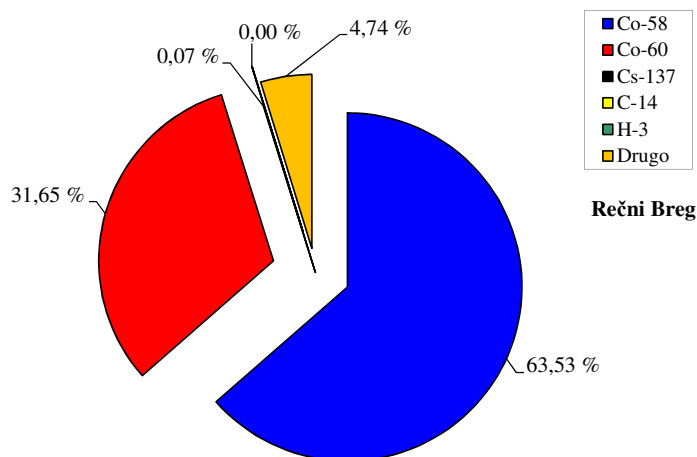
Ocenjena letna efektivna doza za posamezno skupino, narejena na podlagi realnih izpustov NEK in ob predpostavkah največje izpostavitve (ekstremna poraba in maksimalni čas zadrževanja na obrežju, tabela 2.5), je za odraslo osebo v Brežicah 0,32 μSv . Na bližji lokaciji (350 m nizvodno od NEK) pa je izračunana letna efektivna doza za odraslo osebo 0,65 μSv (tabela 2.6). Največja negotovost izračuna letnih doz izvira iz negotovosti bioakumulacijskih faktorjev B_r 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* [26] je bilo ugotovljeno, da je prenosna pot pitja rečne vode malo verjetna.

Na slikah 2.13, 2.14 so deleži prispevkov posameznih radionuklidov, ki največ prispevajo k prejeti dozi pri zelo verjetni prenosni poti (zadrževanje na rečnem bregu in ingestija rib). Letna efektivna doza za zelo verjetno prenosno pot je zaradi upoštevanja C-14 več kot za red velikosti višja, kot smo jo ocenili v letih, ko C-14 še ni bil vrednoten (pred letom 2013). C-14 prispeva kar 99,9 % k celotni dozi (dominantna je ingestija rib). Prispevek drugih radionuklidov k dozi je nekoliko nižji v primerjavi s preteklimi leti. Pri zadrževanju na bregu je praktično celotna obremenitev referenčne skupine zaradi Co-60 in Co-58 (95 %). Če upoštevamo pitje savske vode, ki je malo verjetna prenosna pot, postane dominanten prispevek H-3 (97 %).



Slika 2.13: 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 2.14: 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 2014 manj izrazit zaradi bistveno nižjih letnih izpustov tritija iz NEK. 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 takoj za tritijem morali zaznati v okoljskih vzorcih C-14, Co-58, Co-60, Ag-110m in Cs-137.



Skupna letna izpuščena aktivnost C-14 v Savo je bila tri velikostne rede nižja kot pri tritiju. V letu 2014 se je začel meriti C-14 tudi v vodni bioti (v ribah). Na podlagi tujih izkušenj so lahko nizvodno od jedrskih elektrarn koncentracije aktivnosti C-14 v ribah merljive (tudi do 1 000 Bq na kilogram ogljika). Na podlagi meritve dveh vzorcev rib ulovljenih v Jesenicah na Dolenjskem (17,5 km nizvodno od NEK) je nemogoče ovrednotiti morebiten vpliv NEK. Predlagamo, da se v prihodnje izvaja vzorčevanje neposredno pod jezom NEK in na referenčni lokaciji v Krškem.

Kobaltovih izotopov v okolju v letu 2014 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 2014 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 0,7 μ Sv na leto.



3 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 2014 ter na podlagi rezultatov meritev iz preteklih let ugotavljamo mogoč vpliv zaradi tekočinskih izpustov NEK na pitno vodo in podtalnico v občinah Krško in Brežice. V letu 2014 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 to leto zaznan samo v vrtini E1 v NEK. Razlog za to je, da so bili letošnji izpusti tritija iz NEK v primerjavi s prejšnjimi leti veliko manjši. 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 za odrasle so podobne kot v prejšnjih letih in so 0,2 % v brežiškem in 1,0 % v krškem vodovodu glede na celotno letno dozo. 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 2014 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 s tem 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.) [34].

Lokacije in obseg vzorčevanja pitne vode in podtalnice so določene v programu nadzora, ki ga pripravi upravni organ (JV10, URSJV) [8]. Vzorčevalna mesta so izbrana tako, da so vključena črpališča vodovodov, za katera ni izključena možnost, da se napajajo iz reke Save, v katero NEK izpušča tekoče izpuste. V okviru republiškega nadzora radioaktivnosti v pitni vodi v Sloveniji [14] 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 kontaminacije in uporabe v medicini, tako da so umetni radionuklidi v našem okolju tudi brez vpliva NEK. V skladu z zahtevami pravilnika JV10 [8] 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 [9] 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 m³ vode, desetletni otrok 0,35 m³ vode in enoletni otrok 0,26 m³ 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) [8]. V prilogi, ki določa zasnovano 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-90/Sr-89) 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)* [9], *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 izvedene koncentracije manjša od ena.

Kot določa *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10)* [8], 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)* [9]. Metode vzorčevanja, meritev in analiz so podrobno opisane v naslednjih dokumentih izvajalca meritev: *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 2014 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)
- 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 [14])

V črpališčih Brege, Drnovo in Brežice – Glogov Brod VT1 ter na odvzemnem mestu vodovod Spodnji Stari Grad so nameščeni avtomatski vzorčevalniki (slika 3.1). 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).



Sistem za oskrbo s pitno vodo v občini Krško ima 4 711 vodovodnih priključkov, na katere je vezanih 14 888 uporabnikov pitne vode [32]. 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 m³ na leto iz vrtine R4 do 735 840 m³ 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 [34].

Sistem za oskrbo vode v občini Brežice ima 7 624 priključkov in 19 249 uporabnikov pitne vode [33]. Voda se zagotavlja iz vrtin v Pišecah, Prilipah, Brezini, Novaščkah, vrtine PE-1/90 in iz črpališča Glogov Brod (VT-1/84). Največ vode (3 200 m³) na dan načrpajo v črpališču Glogov Brod. Podatkov o morebitni mikrobiološki onesnaženosti omenjenih črpališč nimamo.



Slika 3.1 Avtomatski vzorčevalnik za vodo na enem izmed črpališč v okolici NEK

REZULTATI MERITEV

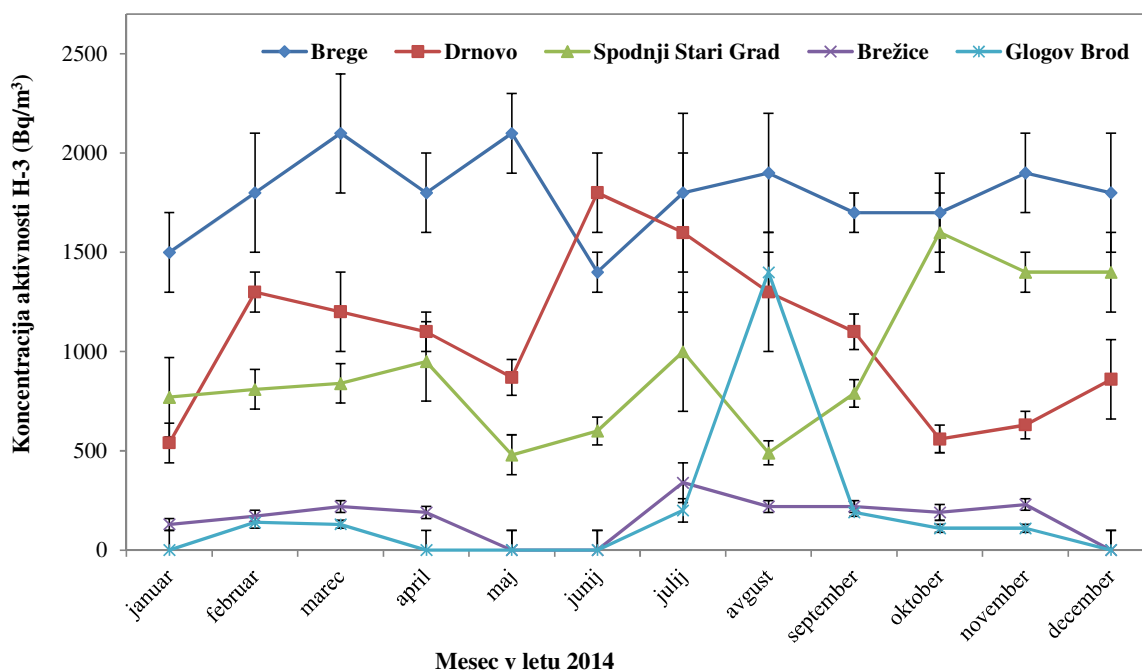
Podzemna voda, ki se črpa na brežiško-krškem polju, je lahko v stiku s savsko vodo, predvsem, če vrtine niso globoke (Breg, Drnovo). Če vrtine niso globoke, bi se morebiti lahko pokazal tudi stik med padavinskim usedom in vodo iz črpališč. V tekočinskih izpustih iz NEK so različni umetni radionuklidi, pri čemer bi predvsem v vodi topni umetni radionuklidi lahko zašli tudi v podzemno vodo [35]. Verjetnost za take dogodke pa 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 iz Černobilske nesreče in jedrskih poskusov ter njegovega spiranja v površinske vode, I-131 pa je terapevtski izotop, ki je prisoten v rekah po Sloveniji zaradi nadzorovanih 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 ozadjem. Edini umetni radionuklid, ki izstopa in je prisoten 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 zgoščenci v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2014, IJS-DP-11810, marec 2015*.

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 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.



Slika 3.2: Mesečna koncentracija aktivnosti H-3 vzorcev pitne vode iz črpališč in vodovodov za leto 2014

Na sliki 3.2 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 2014 izmerjene v črpališčih Brege, Drnovo in vodovodu Spodnji Stari Grad, ki napajajo krški vodovod. Najvišja



koncentracija aktivnosti je bila izmerjena marca v Bregah, in sicer je bila koncentracija aktivnosti tritija ($2\,120 \pm 255$) Bq/m³. Povprečna mesečna koncentracija aktivnosti tritija v vodi iz črpališča Brege je bila letos ($1\,803 \pm 70$) Bq/m³ in višja od prejšnjega leta, a v okviru standardne deviacije ustreza povprečju zadnjih 18 let, ki je ($1\,525; 323$) Bq/m³. V vodi na črpališču Drnovo je povprečna mesečna koncentracija tritija ($1\,100 \pm 60$) Bq/m³, kar je v okviru standardne deviacije na spodnji meji 18-letnega povprečja ($1\,420; 354$) Bq/m³. V vodovodu v Spodnjem Starem Gradu je bila izmerjena povprečna koncentracija aktivnosti tritija (930 ± 40) Bq/m³, kar je v okviru standardne deviacije na spodnji meji z 18-letnim povprečjem, ki je ($1\,261; 376$) Bq/m³.

V letu 2014 pa je bila koncentracija aktivnosti tritija v vodi iz krških črpališč podobna kot v letu 2013 in v Bregah višja kot v Drnovem. Ker sta črpališči nad istim vodonosnikom, ki ga napajata reki Sava in Krka, bi pričakovali, da bodo izmerjene vrednosti podobne, a kot ugotavljamo, ni tako. Eden od potencialnih razlogov je v tem, da črpališče Brege leži bližje reki Savi, kar poveča možnost lokalnega mešanja Save z vodonosnikom na mikrolokaciji. Vrtini sta relativno plitvi, kar potencialno omogoča izmenjavo tako s Savo kot tudi s padavinskim usedom.

Rezultati meritev koncentracije tritija v vodovodu Spodnji Stari Grad so do oktobra pod dolgoletnim povprečjem, zadnje tri mesece v letu pa se je koncentracija dvignila na povprečno raven, kar nakazuje na spremembo mešanja različnih virov vode v vodovodni sistem.

Pričakovano 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 pitni vodi v brežiškem vodnooskrbnem območju je (192 ± 18) Bq/m³. Kot je že bilo pojasnjeno [34], je manjša koncentracija aktivnosti H-3 posledica globlje vrtine na črpališču Brežice – Glogov Brod, ki 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 podobno koncentracijo H-3, ker je večino časa napajan ravno iz črpališča Brežice – Glogov Brod. V tabeli 3.1. so predstavljena neutežena mesečna povprečja koncentracije aktivnosti tritija v vodi iz črpališč v krških in brežiških vodnooskrbnih sistemih.

Tabela 3.1 Povprečna mesečna koncentracija aktivnosti H-3 v črpališčih in vodovodih v okolici NEK. Vrednost za znakom \pm pomeni apriorno negotovost povprečja.

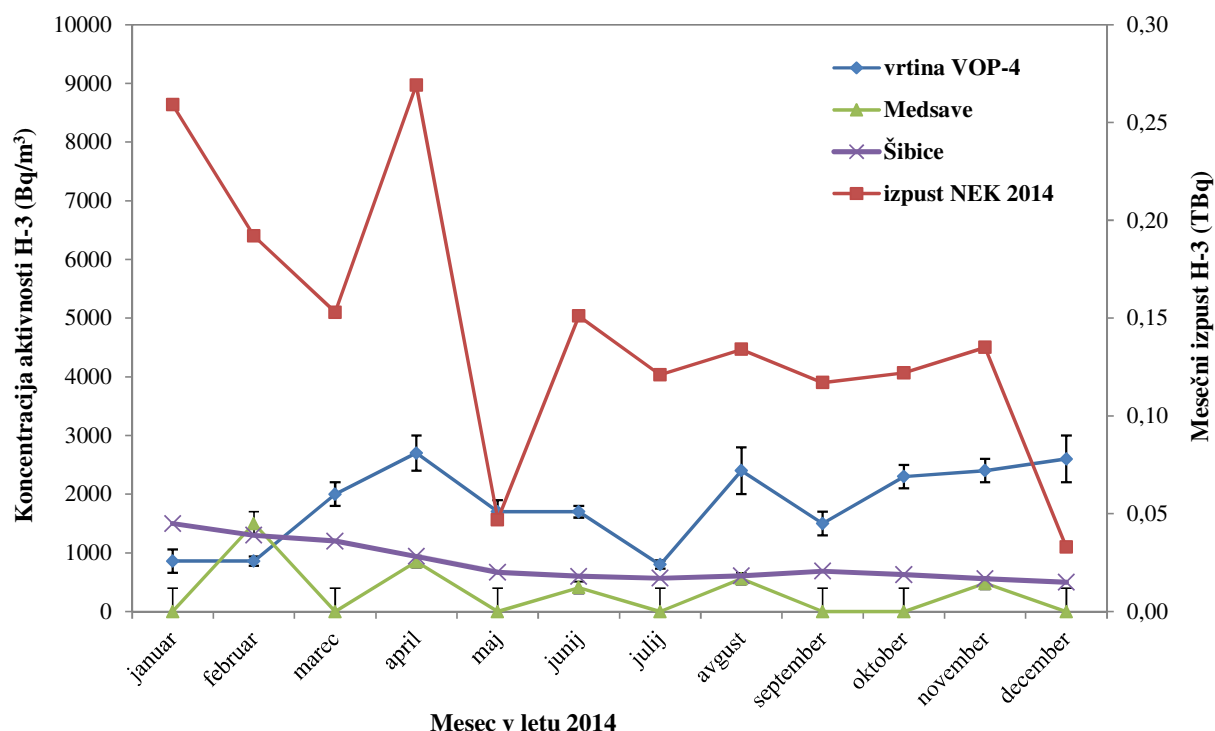
Lokacija	Letno povprečje
	Bq/m ³
Brege	1800 ± 70
Drnovo	1100 ± 60
Spodnji Stari Grad	930 ± 40
Brežice	160 ± 20
Glogov Brod	190 ± 20

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 Brežicah. Povprečna mesečna koncentracija aktivnosti tritija za enkratne odvzeme v Brežicah je bila < 100 Bq/m³. Mesečno povprečje v Krškem pa je bilo (854 ± 80) Bq/m³, kar se v okviru negotovosti sklada z letnim povprečjem vodovoda v Spodnjem Starem Gradu. Kot referenčno vrednost lahko vzamemo dolgoletno povprečje koncentracije aktivnosti tritija v ljubljanskem vodovodu 932 Bq/m³, ki se meri okviru republiškega nadzora radioaktivnosti pitne vode [14].

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

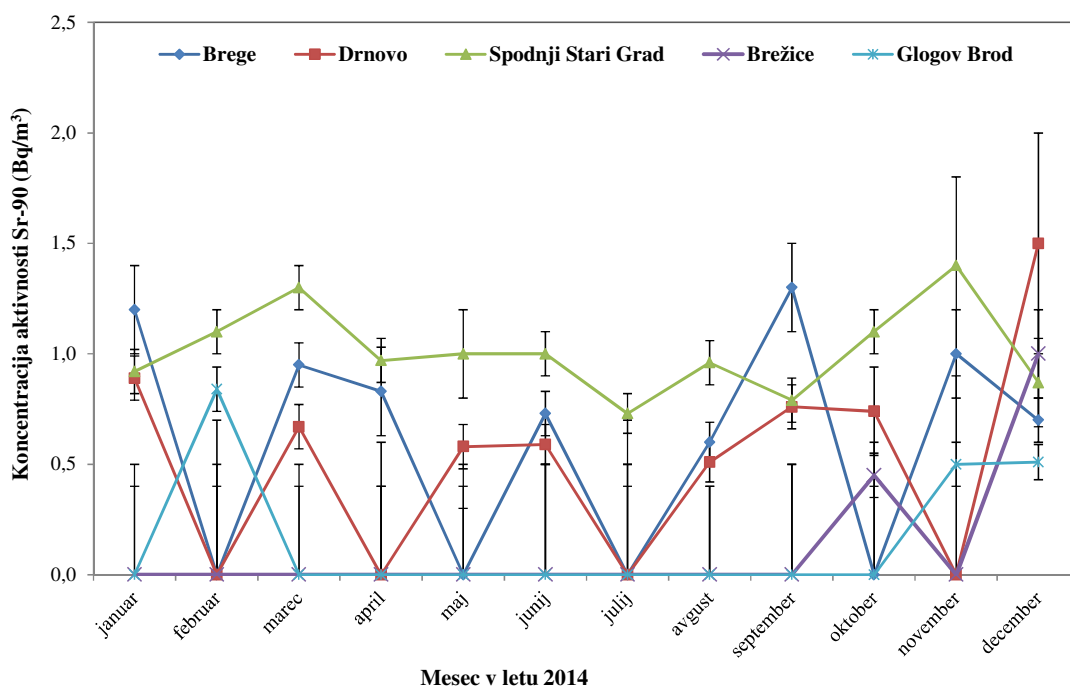


tem je treba poudariti, da vrtine v Sloveniji in na Hrvaškem niso namenjene za črpanje pitne vode niti kot tehnološka voda. Mesečno povprečje meritev H-3 v vzorcih vrtine E1 v NEK je $(1\,617 \pm 99) \text{ Bq/m}^3$. Najvišja koncentracija aktivnosti H-3 je bila izmerjena v vzorcu iz druge četrtine leta ($1\,790 \pm 180) \text{ Bq/m}^3$, kar se sklada z največjimi izpusti tritija aprila. S slike 3.3, kjer je prikazana koncentracija aktivnosti H-3 v mesečnih vzorcih iz vrtin 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 vpliva izpustov tritija iz NEK ni mogoče zaznati, kot je bilo to mogoče v prejšnjih letih. Razlog za to je najverjetneje v tem, da je bila količina izpustov tritija iz NEK v letu 2014 znatno manjša kot prejšnja leta.

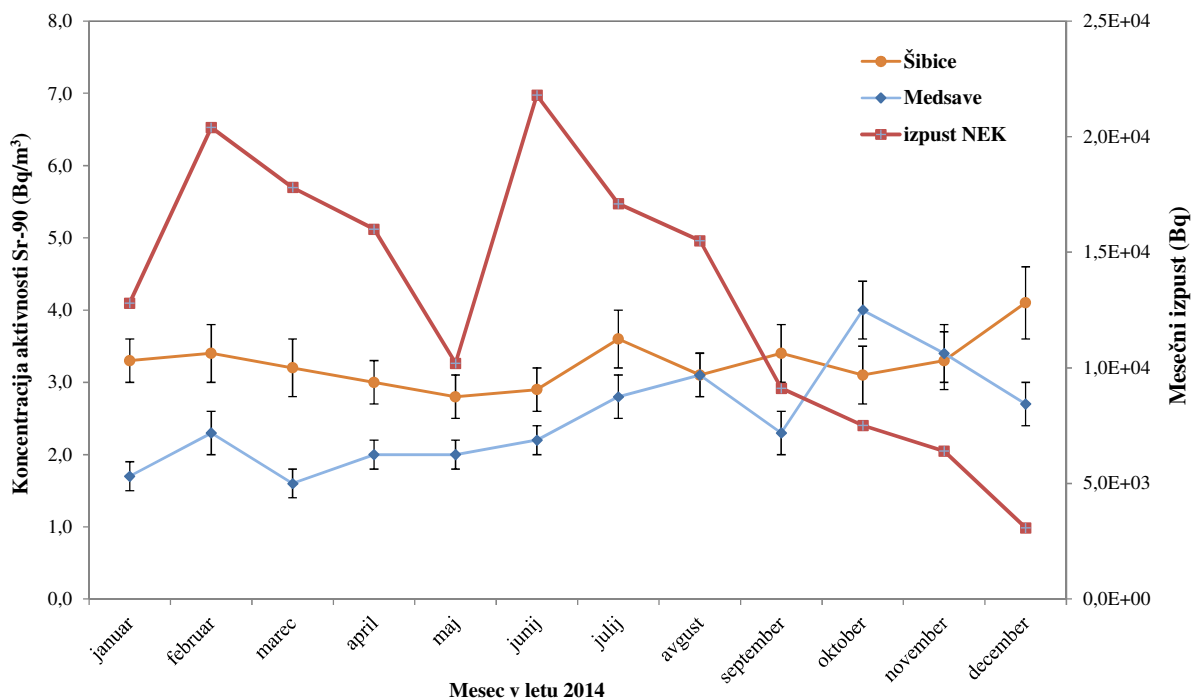


Slika 3.3: Koncentracija aktivnosti H-3 v mesečnih vzorcih podtalnice v neposredni okolici NEK (vrtina VOP-4) in v vrtinah Medsave in Šibice na Hrvaškem ter aktivnost H-3 v mesečnem tekočinskem izpustu v Savo za leto 2014

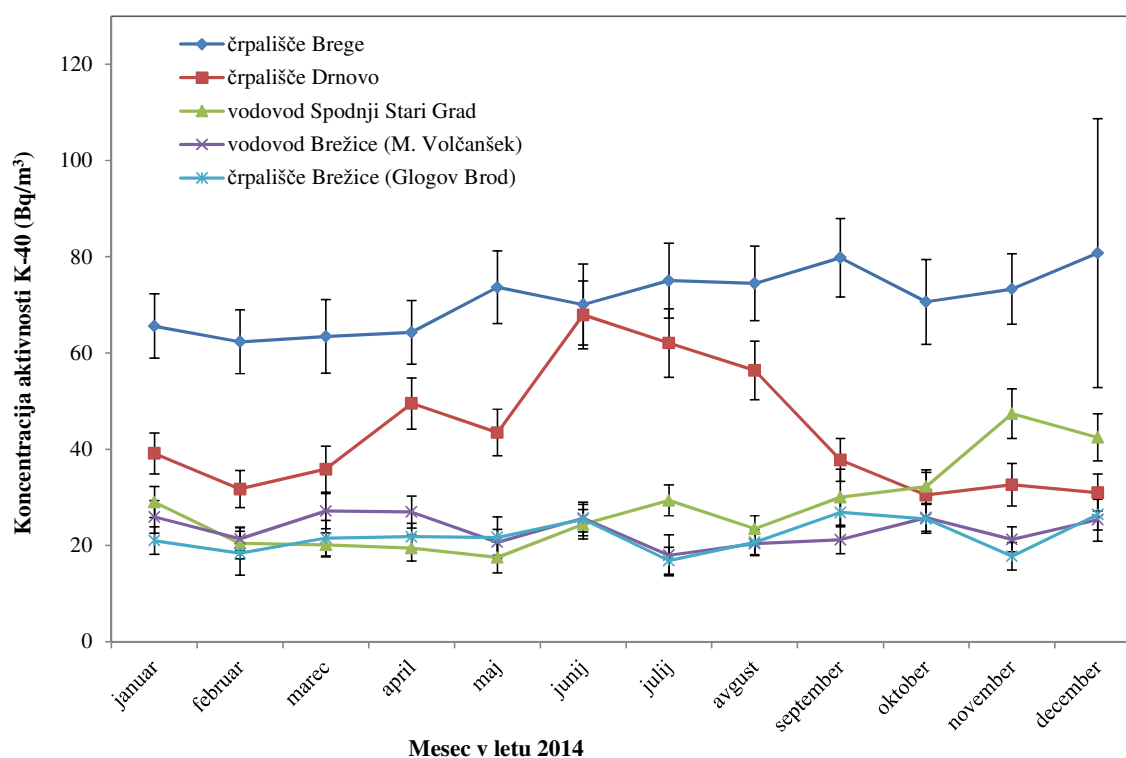
Mesečno povprečje koncentracije aktivnosti Sr-90 v krških črpališčih in vodovodu je bilo $0,7 \text{ Bq/m}^3$, v brežiškem vodovodnem sistemu pa $0,14 \text{ Bq/m}^3$. To razliko lahko pojasnimo s tem, da je brežiško črpališče globoko in je zaradi tega vpliv splošne kontaminacije, katere produkt je stroncij, manjši kot v krških črpališčih. Za primerjavo lahko povemo, da je v ljubljanskem vodovodu koncentracija aktivnosti stroncija od $0,4 \text{ Bq/m}^3$ do $1,5 \text{ Bq/m}^3$, dolgoletno neuteženo povprečje od leta 2002 do 2014 pa je $1,0 \text{ Bq/m}^3$ [14]. Na sliki 3.4 so prikazane koncentracije Sr-90 v mesečnih vzorcih vode črpališč in vodovodov, pri čemer je bila koncentracija aktivnosti Sr-90 v pitni vodi najvišja v Spodnjem Starem Gradu, in sicer $(1,4 \pm 0,4) \text{ Bq/m}^3$ v mesecu novembru. Večkrat je bila koncentracija aktivnosti Sr-90 v vodi s črpališč pod mejo kvantifikacije. Na sliki 3.5 pa so prikazani mesečni tekoči izpusti Sr-90 iz NEK (slednji so predstavljeni na desni osi) ter koncentracija aktivnosti stroncija v hrvaških vrtinah. Povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti Sr-90 v vrtini Šibice na Hrvaškem je bila $3,3 \text{ Bq/m}^3$, v Medsavah pa $2,5 \text{ Bq/m}^3$, pri čemer se vrednosti ne odmikata od usmeritve prejšnjih let. Izmerjene koncentracije Sr-90 v Šibicah in Medsavah tako niso povezane z izpusti iz NEK, temveč gre za splošno kontaminacijo.



Slika 3.4: Koncentracija aktivnosti Sr-90 v mesečnih sestavljenih vzorcih iz črpališč in vodovodov v okolici NEK v letu 2014



Slika 3.5: Koncentracija aktivnosti Sr-90 v mesečnih enkratnih vzorcih vrtin na Hrvaškem ter mesečni tekočinski izpusti Sr-90 v Savo v letu 2014



Slika 3.6: Povprečne mesečne koncentracije aktivnosti K-40 v vodovodih in črpališčih za leto 2014

V enkratno odvzetih četrletnih vzorcih je bila izmerjena koncentracija aktivnosti Sr-90 najvišja ($0,89 \pm 0,12$) Bq/m³ na bencinskem servisu Petrol v Krškem, v Brežicah pa je bila najvišja vrednost ($0,45 \pm 0,08$) Bq/m³. Nekoliko višje povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti Sr-90 je bilo ugotovljeno v vzorcih iz vrtine E1 NEK $3,2$ Bq/m³, kjer je bila najvišja koncentracija aktivnosti Sr-90 izmerjena v drugi četrtini leta ($4,3 \pm 0,3$) Bq/m³. Predvidevamo, da gre tudi tu za globalno kontaminacijo.

Koncentracije aktivnosti naravnega izotopa K-40 so bile izmerjene na vseh vzorčevalnih mestih. Mesečne koncentracije K-40 v vseh črpališčih in obeh vodovodih so prikazane na sliki 3.6. Tu je razvidno, da je aktivnost 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 [34] je bila izdelana karta koncentracije 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 [14]. 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 K-40 si razlagamo z večjim vnosom kalija ob gnojenju kmetijskih površin nad območji vodonosnikov [36].

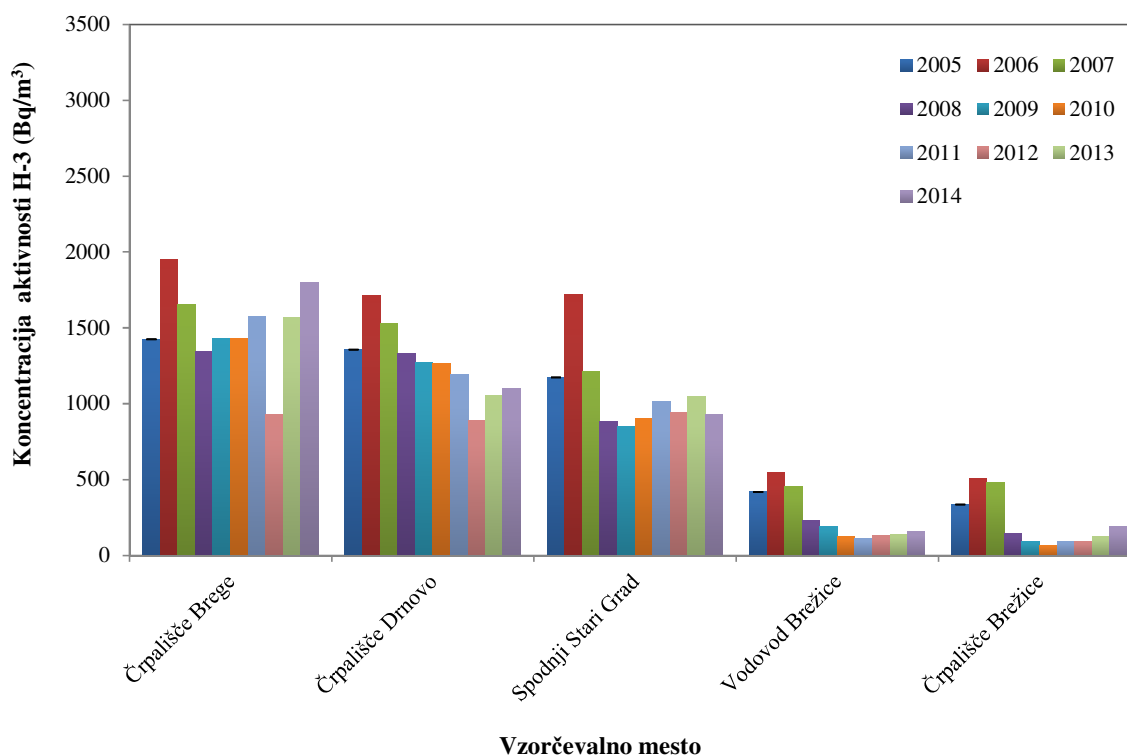
Za vsa vzorčevalna mesta krškega in brežiškega vodovoda velja, da so povprečja mesečnih koncentracij aktivnosti naravnega U-238 nizka, najvišje povprečje mesečnih vrednosti je bilo izmerjeno v vodi na črpališču Brežice, in sicer ($3,7 \pm 0,6$) Bq/m³. Povprečne mesečne koncentracije aktivnosti Ra-226 na istih lokacijah se gibljejo od 1 Bq/m³ (vodovod Brežice) do $1,9$ Bq/m³ (vodovod Spodnji Stari Grad). Koncentracija aktivnosti Pb-210 je bila od $2,5$ Bq/m³ v vodi na črpališču Drnovo do $5,6$ Bq/m³ v vodi iz črpališča Brege. V Ljubljani je bila koncentracija aktivnosti Pb-210 $3,2$ Bq/m³. Povprečna mesečna koncentracija aktivnosti Ra-228 v črpališču Brežice je bila $0,4$ Bq/m³, v Krškem pa $0,8$ Bq/m³. Povprečne mesečne koncentracije Th-228 se gibljejo med $0,3$ Bq/m³ (Brežice) in $0,4$ Bq/m³ (Krško). Be-7 je bil občasno detektiran v vseh črpališčih in vodovodih v Krškem in Brežicah. Povprečna mesečna koncentracija Be-7 je bila $4,6$ Bq/m³ v Brežicah, v Krškem pa $7,1$ Bq/m³.



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 [34] 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 2014 je bila skupna količina tekočinskih izpustov H-3 iz NEK zelo majhna (1,7 TBq), kar je 14,6 % celoletne vrednosti izpustov H-3 v letu 2013 (11,6 TBq). Letni izpust H-3 v Savo je bil 3,8 % letne omejitve izpusta (45 TBq). Največji tekočinski izpust H-3 je bil v letu 2014 v mesecu aprilu (0,27 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 2014 je prikazana na sliki 3.7. Ugotovimo lahko, da je izračunana povprečna letna koncentracija aktivnosti tritija v vodovodih in črpališčih v okolici NEK v letu 2014 v okviru negotovosti primerljivega velikostnega reda kot v preteklih letih.



Slika 3.7: Povprečne mesečne koncentracije aktivnosti H-3 v vodovodih, črpališčih in podtalnici od leta 2005 do 2014 v okolici NEK

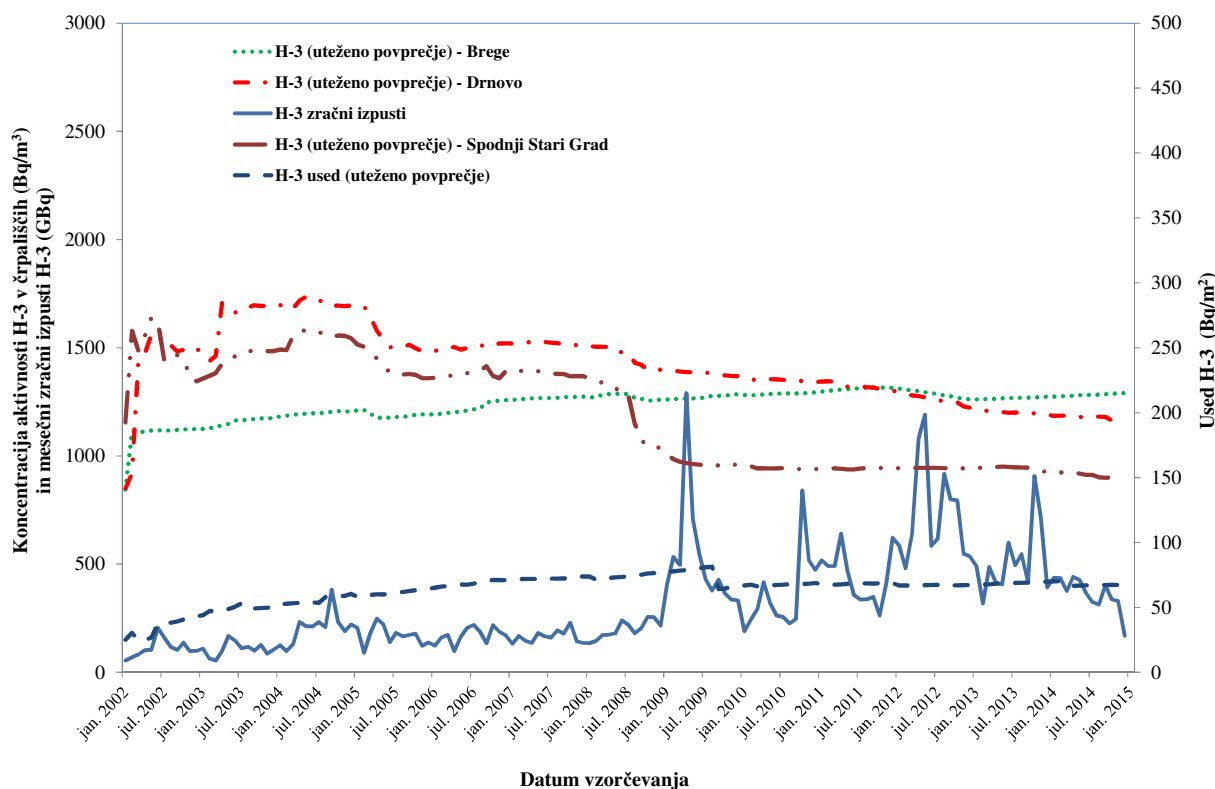


Kot smo opazili na sliki 3.2 in 3.7, je koncentracija aktivnosti tritija v Bregah najvišja, a vrednosti mesečno ne variirajo toliko, kot so v prejšnjem letu. Zanimiv pa je nenadni skok koncentracije v mesecu juniju na črpališču Drnovo (slika 3.2). Tu se je koncentracija aktivnosti tritija v primerjavi z mesecem majem povečala za faktor dva. Če pogledamo na graf koncentracij aktivnosti izotopa kalija K-40 na sliki 3.6, lahko opazimo, da je tudi kalij poskočil v istem mesecu. Če podrobno pogledamo podatke na obeh grafih, opazimo, da sta usmeritvi od meseca junija pa do oktobra za H-3 in K-40 podobni. Ta korelacija nakazuje na močno mešanje padavinskih voda in reke Save z vodo na črpališču Drnovo.

Da bi lahko pojasnili takšno usmeritev koncentracije tritija v krškem vodnooskrbnem sistemu v letu 2014, smo podrobneje razdelali tudi večletne usmeritve koncentracije H-3 v črpališčih Brege, Drnovo in Spodnji Stari Grad. Primerjali smo jo s padavinskim usedom na lokaciji Brege in s tekočinskimi in zračnimi izpusti iz NEK od leta 2002 do 2014. Če za primerjavo uporabimo vzorčni korelacijski (Pearsonov) koeficient [37], lahko ugotovimo, da v letu 2014 ni najti nobenih korelacij med tekočinskimi izpusti iz NEK. 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 3.2. Za vse lokacije so koeficienti največkrat negativni oziroma okoli vrednosti nič, iz česar sklepamo, da direktne korelacije med zračnimi izpusti in izmerjenimi vrednosti v vodah ne moremo določiti.

Tabela 3.2: 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 2014

Lokacija	Brege		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	0,5	-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



Slika 3.8: Primerjava med uteženim povprečjem koncentracije aktivnosti H-3 v pitni vodi (Brege in Drnovo), uteženim povprečnim usedom tritija v Bregah (Bq/m^2) ter mesečnimi zračnimi izpusti od leta 2002 do 2014

Za prikazovanje usmeritve koncentracije tritija smo uporabili še uteženo povprečje [34] od januarja 2002 do decembra 2014:

$$\bar{C}_{H,n+1} = \bar{C}_{H,n} + \frac{\sigma_{\bar{C}_{H,n}}^2}{\sigma_{\bar{C}_{H,n}}^2 + \sigma_{C_{H,n+1}}^2} (C_{H,n+1} - \bar{C}_{H,n}) \quad (3.1)$$

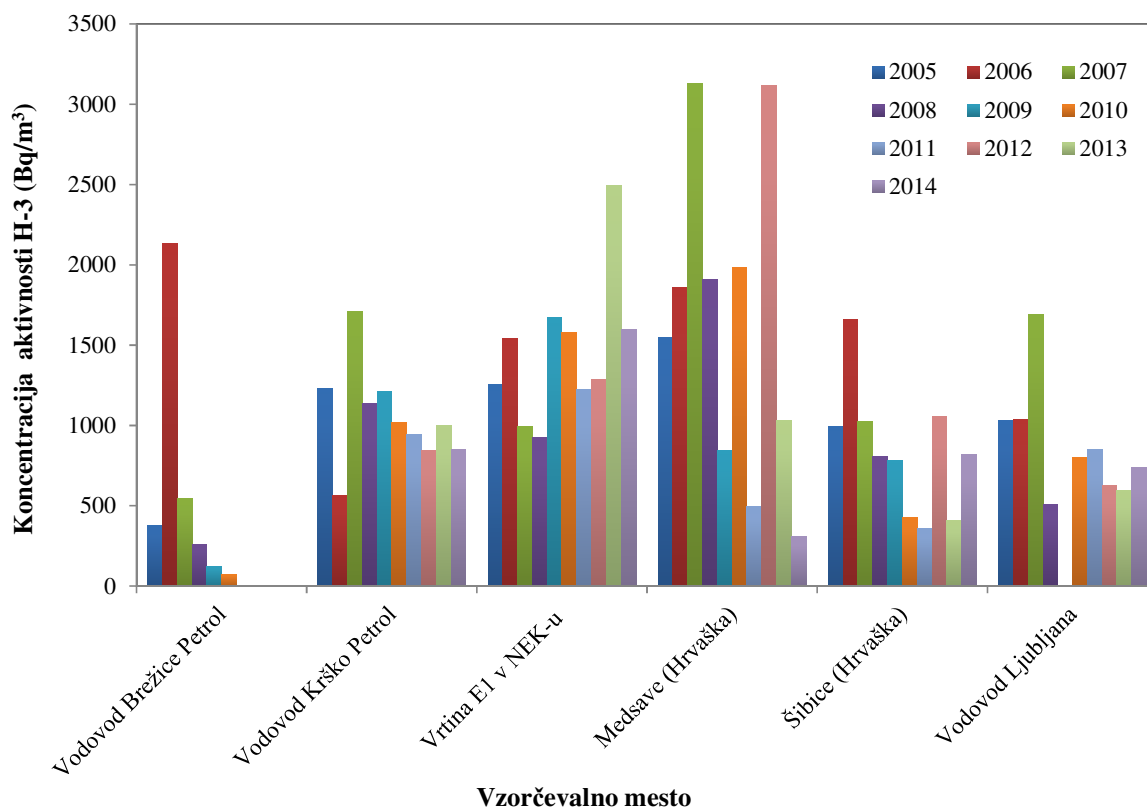
kjer indeks n pomeni čas (mesec), $\bar{C}_{H,n+1}$ uteženo povprečje, ki je izboljšano od $\bar{C}_{H,n}$ z utežjo, ki jo določata disperzija ocene dosedanjih rezultatov meritev $\sigma_{\bar{C}_{H,n}}^2$ in disperzija zadnje meritve $\sigma_{C_{H,n+1}}^2$.

S $C_{H,n+1}$ označimo zadnjo meritev. Na sliki 3.8 je prikazana primerjava uteženega povprečja koncentracij aktivnosti tritija v Bregah, Drnovem in Spodnjem Starem Gradu z uteženim povprečjem padavinskega useda v Bregah od leta 2002 do leta 2014. Za primerjavo smo na to sliko dodali še mesečne zračne izpuste tritija iz NEK od leta 2002 do leta 2014. 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 2014 iz črpališča Brege ne moremo pripisati tekočinskim izpustom tritija iz NEK, temveč ugotavljamo, da je treba upoštevati morebitni vpliv padavin na podtalnico. Kot smo že prej ugotovili, 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.). Ta ugotovitev in študija bi bila zanimiva, ker zračni izpusti tritija naraščajo, še posebej od leta 2008 naprej. 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 prenose snovi na brežiško-krškem polju ter preučiti

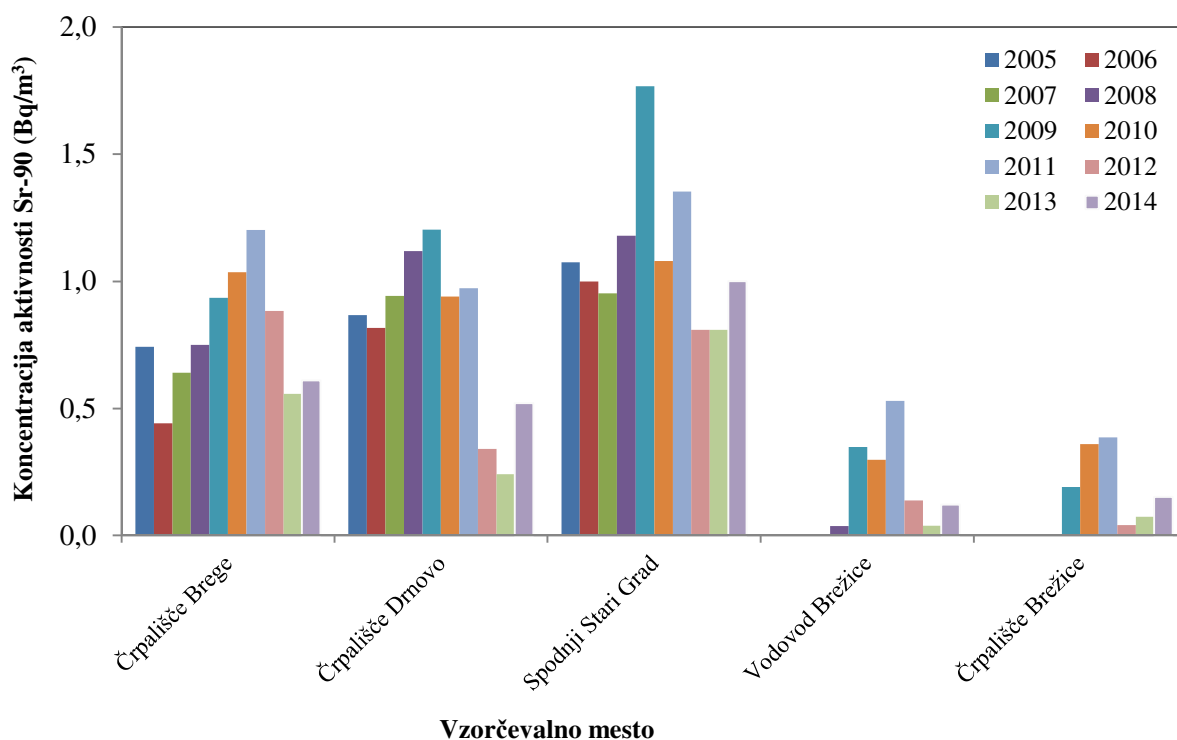


morebitne izmenjave med različnimi geološkimi sistemi. Ker je prispevek tritija k celotni efektivni dozi zaradi pitja zelo majhen (tabela 3.3), stanje za zdaj ni zaskrbljujoče, saj je koncentracija aktivnosti tritija v pitni vodi v krških črpališčih in vodovodih krepko pod izpeljano koncentracijo (IK) za H-3 v pitni vodi, ki je za odrasle osebe (10^5 Bq/m^3). V povprečju se koncentracija aktivnosti H-3 v okolju (reke, padavine) v Sloveniji v okviru merske negotovosti giblje okoli $1\,000 \text{ Bq/m}^3$ [13].

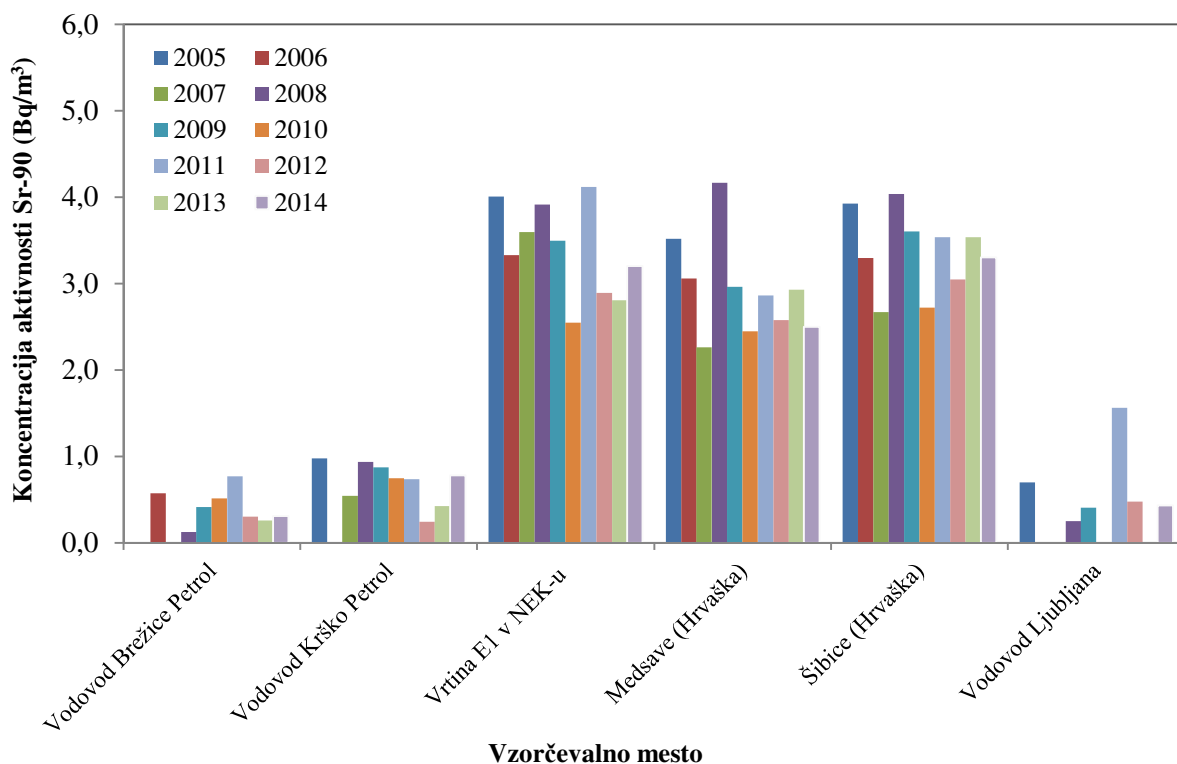
Na sliki 3.9 prikazujemo povprečne mesečne koncentracije aktivnosti H-3 v vodovodih in podtalnici od leta 2005 do 2014 v Sloveniji in na Hrvaškem. Medtem ko povprečne mesečne koncentracije aktivnosti tritija v četrtletnih vzorcih iz vodovodov v Krškem in Brežicah ter enkratnega vzorca v Ljubljani sledijo 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. 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. V letu 2014 je bilo, podobno kot v prejšnjih letih, mogoče zaslediti vpliv izpustov H-3 iz NEK na vrtini E1, ki je znotraj ograje NEK, ni pa bilo mogoče najti sprememb na vrtini VOP-4. Razlog za to je verjetno premajhna koncentracija posameznih izpustov H-3 iz NEK. Zaradi tega tudi pričakujemo, da na bolj oddaljenih vzorčevalnih mestih Medsave in Šibice na Hrvaškem ne bo vidnih korelacij med izpusti in izmerjenimi vrednostmi.



Slika 3.9: Povprečne letne koncentracije H-3 v vodovodih in podtalnici od leta 2005 do 2014 v Sloveniji in na Hrvaškem



Slika 3.10: Povprečne letne koncentracije aktivnosti Sr-90 v vodovodih in črpališčih od leta 2005 do 2014 v okolici NEK



Slika 3.11: Povprečne mesečne koncentracije aktivnosti Sr-90 v vodovodih, črpališčih in podtalnici od leta 2005 do 2014 v Sloveniji in na Hrvaškem



Pri poročanju primarnih 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 2014 približno dvakrat večji kot prejšnje leto. Po pričakovanju so povprečne mesečne koncentracije aktivnosti Sr-90 v mesečnih vzorcih vodovodov, črpališč in podtalnici 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 $4\,800\text{ Bq/m}^3$.

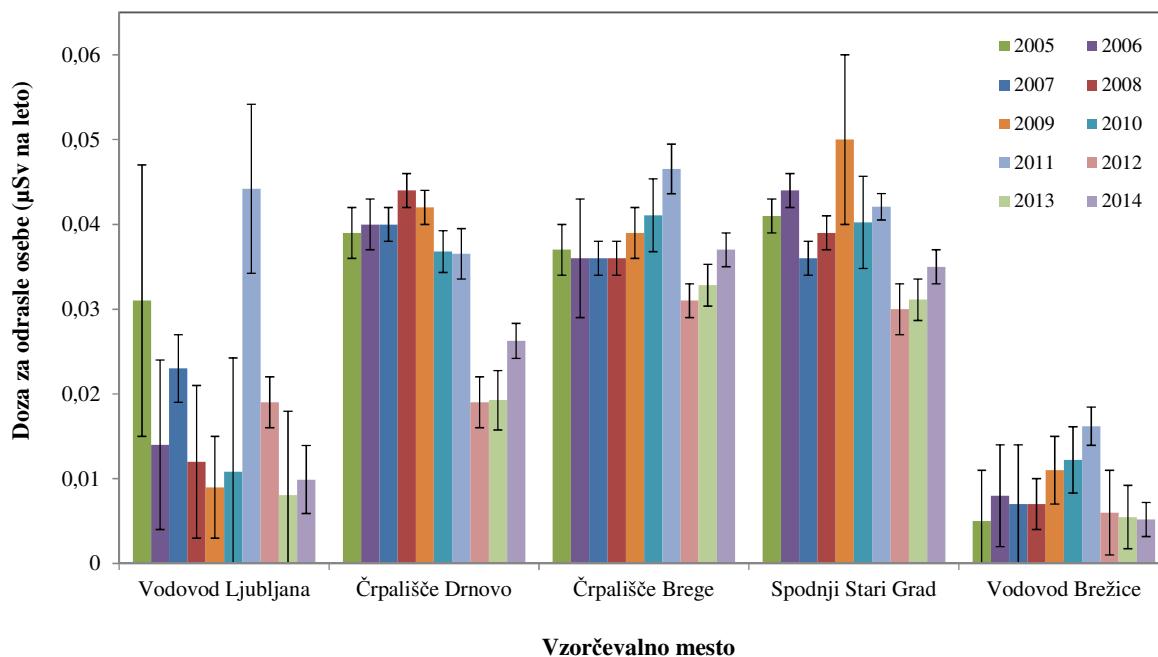
Izračunane povprečne mesečne koncentracije aktivnosti stroncija v vodovodih in črpališčih v okolici NEK od leta 2005 do leta 2014 so prikazane na slikah 3.10 in 3.11. Koncentracija aktivnosti stroncija v črpališčih in vodovodih v letu 2014 je primerljiva s koncentracijo stroncija na vseh lokacijah v prejšnjih letih.

OCENA VPLIVOV

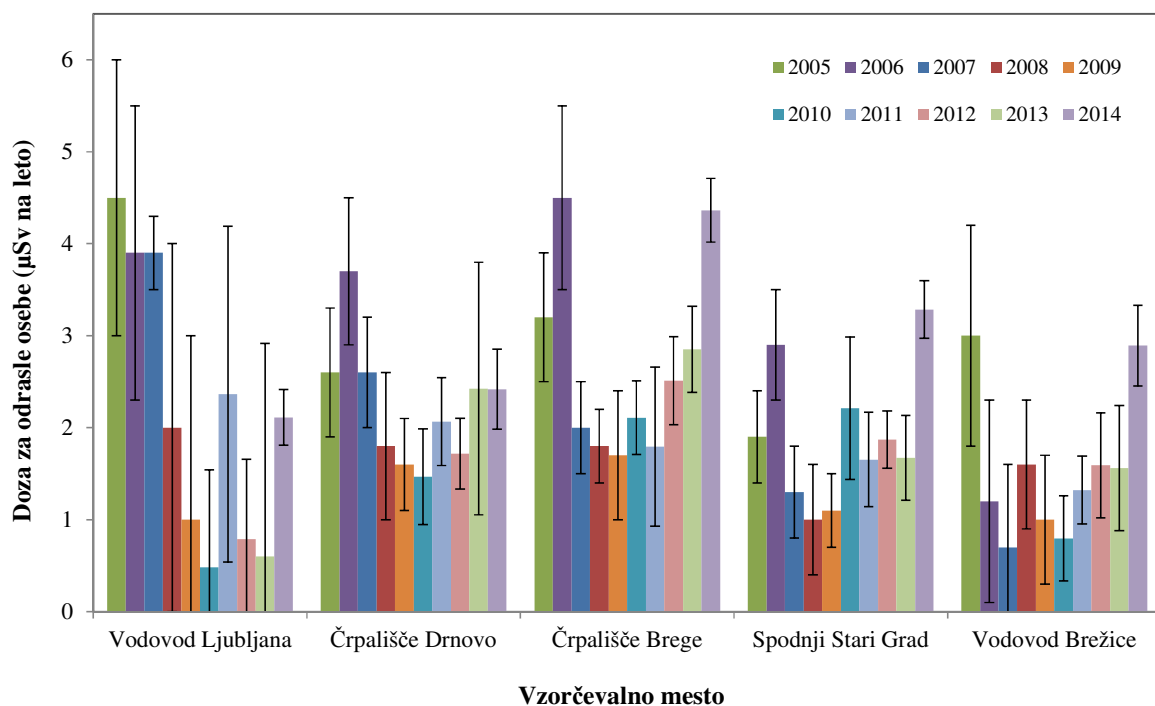
V tabeli 3.3 so prikazane izračunane letne efektivne doze zaradi vnosa umetnih radionuklidov pri pitju vodovodne vode za tri starostne skupine prebivalstva. Za primerjavo so podane tudi izračunane letne efektivne doze, izračunane na osnovi meritev na referenčni lokaciji (vodovod Ljubljana), ki se izvajajo 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 3.3: Izračunane letne efektivne doze za odraslega, otroka in dojenčka zaradi umetnih in naravnih radionuklidov v vodovodih ter črpališčih pitne vode in podtalnice v letu 2014

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 Drnovo	Vodovod Krško (Spodnji Stari Grad)	
Letna efektivna doza (μSv)										
ODRASLI	za umetne radionuklide	$0,020 \pm 0,004$	$0,007 \pm 0,002$	$0,028 \pm 0,002$	$0,005 \pm 0,002$	$0,006 \pm 0,001$	$0,037 \pm 0,002$	$0,026 \pm 0,002$	$0,034 \pm 0,001$	
	za naravne radionuklide	$2,1 \pm 0,3$	$2,4 \pm 0,3$	$2,2 \pm 0,3$	$2,9 \pm 0,4$	$2,9 \pm 0,4$	$4,4 \pm 0,3$	$2,4 \pm 0,4$	$3,3 \pm 0,3$	
Vsota		$2,1 \pm 0,3$	$2,4 \pm 0,3$	$2,2 \pm 0,3$	$2,9 \pm 0,4$	$2,9 \pm 0,4$	$4,4 \pm 0,3$	$2,4 \pm 0,4$	$3,3 \pm 0,3$	
OTROCI	za umetne radionuklide	$0,015 \pm 0,003$	$0,007 \pm 0,002$	$0,023 \pm 0,001$	$0,004 \pm 0,002$	$0,005 \pm 0,001$	$0,027 \pm 0,002$	$0,020 \pm 0,002$	$0,029 \pm 0,001$	
	za naravne radionuklide	$2,7 \pm 0,4$	$3,4 \pm 0,5$	$3,2 \pm 0,5$	$3,9 \pm 0,6$	$4,0 \pm 0,6$	$6,2 \pm 0,5$	$3,4 \pm 0,6$	$4,6 \pm 0,4$	
Vsota		$2,7 \pm 0,4$	$3,4 \pm 0,5$	$3,2 \pm 0,5$	$3,9 \pm 0,6$	$4,0 \pm 0,6$	$6,2 \pm 0,5$	$3,4 \pm 0,6$	$4,6 \pm 0,4$	
DOJENČKI	za umetne radionuklide	$0,038 \pm 0,008$	$0,019 \pm 0,005$	$0,061 \pm 0,004$	$0,010 \pm 0,005$	$0,013 \pm 0,004$	$0,067 \pm 0,004$	$0,050 \pm 0,005$	$0,077 \pm 0,003$	
	za naravne radionuklide	$9,2 \pm 1,0$	$13,0 \pm 2,0$	$14,9 \pm 2,0$	$15,0 \pm 2,0$	$15,0 \pm 2,0$	$24,9 \pm 2,0$	$15,0 \pm 2,0$	$17,9 \pm 2,0$	
Vsota		$9,2 \pm 1,0$	$13,0 \pm 2,0$	$15,0 \pm 2,0$	$15,0 \pm 2,0$	$15,0 \pm 2,0$	$25,0 \pm 2,0$	$15,0 \pm 2,0$	$18,0 \pm 2,0$	



Slika 3.12: Ocenjeni prispevek umetnih radionuklidov k letni dozi za odraslo osebo v zadnjih desetih letih na različnih vzorčevalnih lokacijah



Slika 3.13: Ocenjena letna doza zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov za odraslo osebo v zadnjih desetih letih na različnih vzorčevalnih lokacijah



Iz tabele 3.3 lahko ugotovimo, da je v letu 2014 ocenjena letna efektivna doza za odraslo osebo zaradi prisotnosti umetnih radionuklidov v krškem vodnooskrbnem sistemu $0,03 \mu\text{Sv}$. 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 Drnovem in v Spodnjem Starem Gradu, kar pomeni, da opaženo povišanje koncentracije tritija v Bregah v letu 2014 nima nobenega zaznavnega vpliva na prebivalstvo. V brežiškem vodovodu je ocenjena letna efektivna doza v letu 2014 za odraslo osebo zaradi prisotnosti umetnih radionuklidov $0,005 \mu\text{Sv}$. Celotna ocenjena letna doza za odraslo osebo zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov v pitni vodi je $2,9 \mu\text{Sv}$. Od naravnih radionuklidov tudi tukaj k celotni dozi največ prispeva Pb-210. V krškem vodovodu 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 napajen iz rek Save in Krke. V ljubljanskem vodovodu je bil prispevek umetnih radionuklidov ocenjen na $0,02 \mu\text{Sv}$ na leto za odraslo osebo, kar je 1 % celotne ocenjene letne doze zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov ($2,1 \mu\text{Sv}$). Tudi v letu 2014 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 3.12 in 3.13 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 desetih 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 3.12 in 3.13, ugotovimo, da je ordinatna os na sliki 3.12 v primerjavi z ordinatno osjo na sliki 3.13 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 2014 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 zaznat tudi v izpustih NEK. Vpliv NEK na pitno vodo je zanemarljiv. V primerjavi s prejšnjimi leti v letu 2014 ni bilo opaziti povečanja koncentracije aktivnosti H-3 v bližnjih vrtinah, ki so za izpustom iz NEK v reko Savo. Razlog za to je, da so bile količine letošnjih izpustov H-3 v reko Savo zelo majhne. Stroncij v pitni vodi izhaja iz splošne kontaminacije.

Značilna koncentracija aktivnosti tritija v okolju po Sloveniji je $1\,000 \text{ Bq/m}^3$. Podobne koncentracije tritija je zaznat tudi v pitni vodi iz krškega in brežiškega vodnooskrbnega sistema. Najvišja koncentracija aktivnosti je bila izmerjena marca v Bregah ($2\,120 \pm 255 \text{ Bq/m}^3$), vendar se povprečna mesečna koncentracija aktivnosti H-3 na vseh črpališčih in vodovodih ne odmika od dolgotrajnega povprečja.

Ocenjena letna doza v letu 2014 zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov v brežiškem vodnooskrbnem sistemu za odraslo osebo je $2,9 \mu\text{Sv}$. Obremenitev z umetnimi radionuklidi iz brežiškega vodovoda je 0,2 % celotne izračunane letne doze 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 2014 za odraslo osebo je 3,3 μSv . Obremenitev z umetnimi radionuklidi je približno 1,0 % celotne izračunane letne doze za odraslo osebo. Prispevek umetnih radionuklidov k letni efektivni dozi za otroke je 0,6 %, za dojenčke pa 0,4 %.

Ocenjena letna doza v ljubljanskem vodovodu v letu 2014 je 2,1 μSv za odraslo osebo. Obremenitev z umetnimi radionuklidi iz ljubljanskega vodovoda je 1,0 % celotne izračunane letne doze za odraslo osebo ter 0,6 % za otroka in 0,4 % 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 μSv na leto oziroma avtorizirano mejno dozo 50 μSv [9]. Delež doze v primerjavi z avtorizirano mejno dozo v brežiškem vodnooskrbnem sistemu je 5,8 %, v krškem vodnooskrbnem sistemu pa 6,8 %, 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.

Po podatkih o prostornini načrpane vode v črpališčih v občinah Brežice in Krško, ki so bili pridobljeni v letih 2012, 2013 in 2014, bi bilo treba smiselno revidirati vzorčevalna mesta.





4 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 2014 je bilo pomejenih 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 porcionalnem števcu.

V splošnem ni opaziti korelacije med izpusti elektrarne in vsebnostjo radionuklidov v okolju. Izjema je tritij, ki pa na dozo ne vpliva bistveno. V padavinskih vzorcih in vazelinskih ploščah so bili izmerjeni še 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. Dodatno smo informativno primerjali padavinski in modelski used. Modelski used zaradi izpustov H-3 iz NEK smo izračunali kot produkt mesečnih depozicijskih faktorjev in mesečnih izpustov tritija. Pokazalo se je, da obstaja šibka korelacija med modelskimi usedi tritija in padavinskimi usedi v Bregah, medtem ko za drugi dve lokaciji (Krško, Brege) tega nismo opazili. Pri tem nismo upoštevali dejanskih razmer po dnevih (smer vetra in padavine), kar lahko zabriše korelacijo.

Izračunali smo efektivno zunanjo in ingestijsko dozo ter ocenili obremenjenost prebivalstva v okolici jedrske elektrarne in na referenčni točki. 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

Za nadzor zračnih izpustov opravljamo poleg spektrometrijskih analiz aerosolnih filtrov na izvoru, aerosolnih in ogleh filtrov v okolju (poglavje *Zrak*) tudi meritve padavinskih in suhih usedov. Padavine so nepogrešljiv element pri kroženju vode in transportno sredstvo za pline in aerosole iz ozračja na površino Zemlje. Ker poznamo veliko virov radioaktivnih snovi v ozračju, so lovilniki postavljeni tako v bližini jedrskih objektov (Krško, Brege, Dobova) kot na referenčni lokaciji (Ljubljana). Del aerosolov se predvsem zaradi gravitacije usede na Zemljino površino. To je suhi used. Zbiramo ga lahko na več načinov, v okviru nadzora NEK uporabljamo vazelinske plošče. 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, vsrkane v rastline prek korenin ali listov pa pridejo z užitnimi deli v prehrano ljudi, kar se boljše 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. Vendar jedrska elektrarna še zdaleč ni edini vir tritija v okolju. Tritij je kozmogen izotop in nastaja v zgornjih plasteh ozračja z interakcijo kozmičnih žarkov in dušika. Je tudi produkt pri redki ternarni fisiji in pri nekaterih jedrskih reakcijah v hladilu reaktorjev ter se pojavlja v izpustih jedrskih elektrarn. Proizvaja se zaradi jedrskega orožja, uporablja se v urarski industriji in drugih panogah, na primer pri izdelavi svetlečih oznak. Uporablja se v eksperimentalnih fuzijskih reaktorjih in kot radiosledilec v analitski kemiji in biokemiji. Vsebnost tritija v zraku se je na



severni hemisferi v času nadzemnih jedrskih poskusov povečala za tri velikostne rede in se dandanes počasi približuje ravni iz predjedrske dobe. Ko je že v ozračju, tritij postane sestavni del vodne molekule in se vključuje v globalni vodni krog, ki je bistvenega pomena za življenje na Zemlji.

V letu 2014 so bili v vzorcih padavin in vazelinskih plošč izmerjeni umetni radionuklidi Cs-137, Sr-90, kozmogeni H-3, Be-7 in Na-22 ter naravni radioizotopi K-40, U-238, Th-228, Th-230, Ra-226, Ra-228 in Pb-210. Izotop H-3 je poleg naravnega tudi antropogenega izvora.

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. Zbiralni sod se med obilnimi padavinami po potrebi pogosteje zamenja. Lijak iz polirane nerjavne pločevine, ki zajema padavine na efektivni površini 0,25 m², 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 postopku *Določanje tritija s tekočinskim scintilacijskim štetjem, SDN-O2-STC(02)*. 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)* [8] 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 m² 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: postrgano vazelino 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 je bila v letu 2014 večja od tridesetletnega povprečja; za 36 % v Ljubljani in 24 % v Krškem. Največ padavin je padlo v Ljubljani (1 851 mm). V Krškem, Bregah in Dobovi je padlo v povprečju 1 344 mm dežja. Razlika med količinami padavin v različnih krajih je kvečjemu okrog 2 %, kar je primerljivo s prejšnjimi leti. Mesečne količine padavin v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani so prikazane na sliki 4.1. Podobno kot v letih 2010 in 2012 je bilo v letu 2014 izrazito mokro obdobje jeseni. Meseči z večjo količino dežja so bili februar, avgust in september v Krškem, v Ljubljani pa še januar in november.

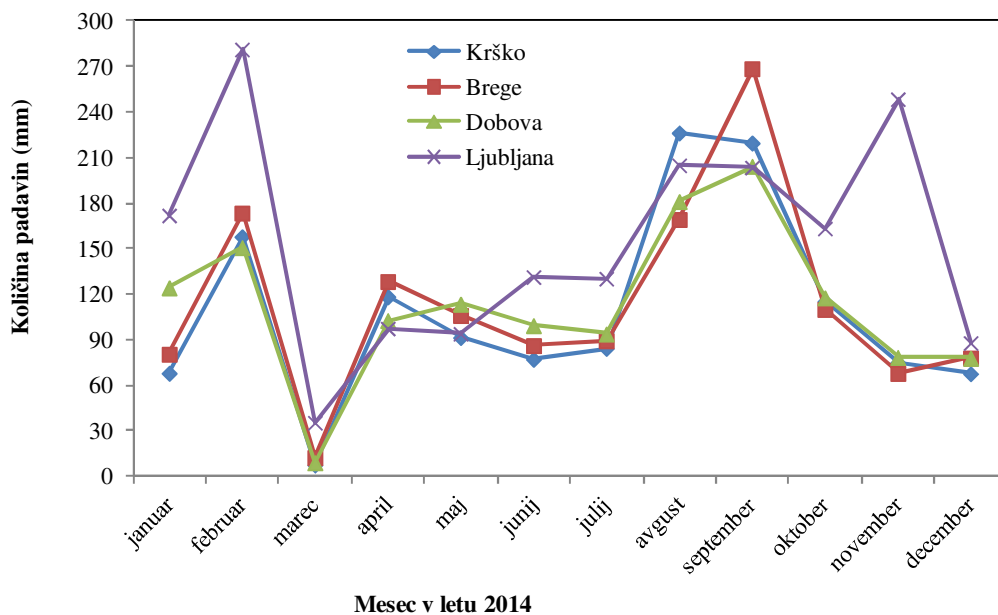
Padavinski used

Rezultati meritev vzorcev padavin so prikazani v tabelah T-37 (Brege), T-38 (Krško), T-39 (Dobova) in

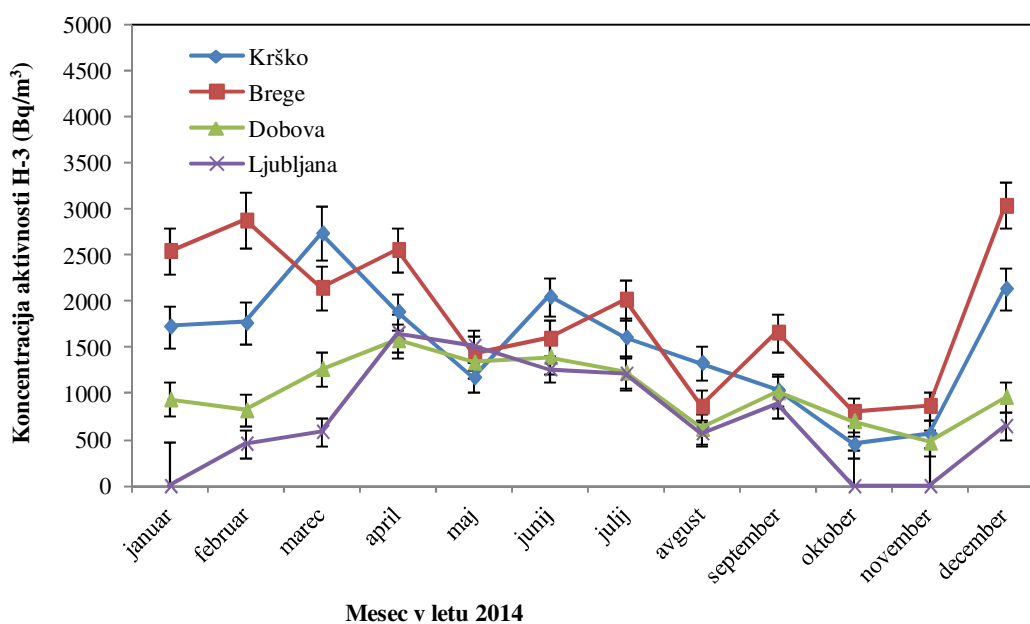


T-40 (Ljubljana). Vse meritve je opravil IJS. Tabele z merskimi rezultati so na priloženi zgoščenki v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2014, IJS-DP-11810*, marec 2015.

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 specifične aktivnosti Sr-89/Sr-90. Teoretično bi bilo torej mogoče, da bi bil v vzorcu tudi Sr-89, praktično pa ne, saj kratkoživi Sr-89 v izpustih NEK v letu 2014 in tudi v prejšnjih letih ni bil zaznan, Sr-89 iz črnobilskega reaktorja pa je že zdavnaj razpadel.



Slika 4.1: Mesečne količine padavin v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani v letu 2014



Slika 4.2: Mesečne koncentracije aktivnosti tritija v padavinah v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani



Tabela 4.1: Povprečne mesečne in najvišje izmerjene mesečne koncentracije 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 2014. V oklepaju je letna količina padavin.

Radionuklid v padavinah	BREGA (1 371 mm)			KRŠKO (1 309 mm)		
	Povprečna koncentracija	Najvišja koncentracija	Mesec z najvišjo koncentracijo aktivnosti	Povprečna koncentracija	Najvišja koncentracija	Mesec z najvišjo koncentracijo aktivnosti
	(Bq/m ³)			(Bq/m ³)		
H-3	1,8E+03 ± 7E+01	3,0E+03 ± 2,5E+02	december	1,4E+03 ± 6E+01	2,7E+03 ± 2,9E+02	marec
Sr-90	4,3E-01 ± 1E-01	1,8E+00 ± 3,1E-01	december	4,0E-01 ± 1E-01	1,4E+00 ± 2,2E-01	december ¹
Cs-137	1,6E-01 ± 5E-02	4,8E-01 ± 2E-01	julij ¹	1,5E-01 ± 6E-02	5,7E-01 ± 5E-01	november
Be-7	3,3E+02 ± 5E+00	9,3E+02 ± 6E+01	marec	5,6E+02 ± 7E+00	9,2E+02 ± 3E+01	september
K-40	8,1E+00 ± 1E+00	3,0E+01 ± 9E+00	junij ¹	1,6E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 5E+00	junij ¹
Pb-210	8,9E+01 ± 2E+00	1,8E+02 ± 1E+01	december ¹	1,2E+02 ± 4E+00	3,1E+02 ± 1E+01	december ¹
Radionuklid v padavinah	DOBOVA (1 152 mm)			LJUBLJANA (1 531 mm)		
	Povprečna koncentracija aktivnosti	Najvišja koncentracija aktivnosti	Mesec z najvišjo koncentracijo aktivnosti	Povprečna koncentracija aktivnosti	Najvišja koncentracija aktivnosti	Mesec z najvišjo koncentracijo aktivnosti
	(Bq/m ³)			(Bq/m ³)		
H-3	1,0E+03 ± 5E+01	1,6E+03 ± 1,8E+02	april	7,4E+02 ± 6E+01	1,7E+03 ± 2,0E+02	april
Sr-90	3,5E-01 ± 2E-01	1,4E+00 ± 1,8E-01	december	–	–	–
Cs-137	2,0E-01 ± 1E-01	1,2E+00 ± 1E+00	junij ¹	4,5E-01 ± 2E-01	1,5E+00 ± 3E-01	maj
Be-7	8,4E+02 ± 1E+01	2,1E+03 ± 1E+02	marec	5,8E+02 ± 9E+00	1,9E+03 ± 7E+01	maj
K-40	7,3E+00 ± 1E+00	3,1E+01 ± 5E+00	junij ¹	8,4E+00 ± 9E-01	3,9E+01 ± 6E+00	maj
Pb-210	1,1E+02 ± 2E+00	2,3E+02 ± 1E+01	junij ¹	1,4E+02 ± 6E+00	35,9E+02 ± 7E+01	maj

V tabeli 4.1 so zbrani podatki o najvišjih izmerjenih koncentracijah aktivnosti ter povprečne mesečne koncentracije aktivnosti za H-3, Sr-90, Cs-137, Be-7, K-40 in Pb-210 v vzorcih padavin v Bregah, Krškem, Dobovi in Ljubljani. Najvišje koncentracije aktivnosti Sr-90, Cs-137, Be-7, K-40 in Pb-210 se najpogosteje pojavljajo v sušnih mesecih oziroma v mesecih z manjšo količino padavin, kar je najverjetneje posledica resuspenzije prašnih delcev s tal. Koncentracije aktivnosti stroncija v ljubljanskih vzorcih padavin v skladu s predpisanim programom nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji niso bile določene.

Koncentracija aktivnosti tritija v padavinah močno variira in le koncentracije aktivnosti nad 2 kBq/m³ bi lahko pripisali izpustom iz NEK [39]. V letu 2014 je bila koncentracija aktivnosti tritija v padavinah višja od 2 kBq/m³ v Bregah 6-krat, v Krškem (Stara vas) pa 3-krat. V Ljubljani so se izmerjene vrednosti gibale med najnižjo izmerjeno vrednostjo < 400 Bq/m³ in (1 700 ± 200) Bq/m³, v Bregah med (803 ± 160) Bq/m³ in (3 039 ± 250) Bq/m³, v Krškem med (449 ± 140) Bq/m³ in (2 740 ± 290) Bq/m³ in Dobovi med (471 ± 140) Bq/m³ in (1 580 ± 180) Bq/m³. Koncentracije aktivnosti tritija v padavinskih vzorcih na lokacijah v okolici NEK in v Ljubljani v letu 2014 so prikazane na sliki 4.2. Najvišja vrednost tritija, izmerjenega v padavinah, je bila v Bregah, kar je primerljivo z letom 2012 in leti pred 2009. Povprečna mesečna koncentracija aktivnosti za leto 2014 je bila na vseh lokacijah nižja kot v letu 2013; najnižja v Ljubljani, najvišja pa v Bregah, kar je časovna usmeritev od leta 2005 naprej (slika 4. 10).

Stresanje mesečnih izmerjenih vrednosti je na vseh lokacijah enako. Merilo za stresanje podatkov je lahko kvocient apriorne in aposteriorne negotovosti aritmetične sredine ali povprečja mesečnih koncentracij aktivnosti. Če gre kvocient proti nič oziroma je zelo majhen, je stresanje podatkov znatno, do 1 je

¹ Izmerjene koncentracije aktivnosti radionuklidov, razen H-3 in Be-7, so bile najvišje v marcu, vendar teh vrednosti nismo upoštevali, saj smo ugotovili, da je bil analizirani vzorec neprezentativen zaradi majhne količine (resuspenzija prašnih delcev s tal).

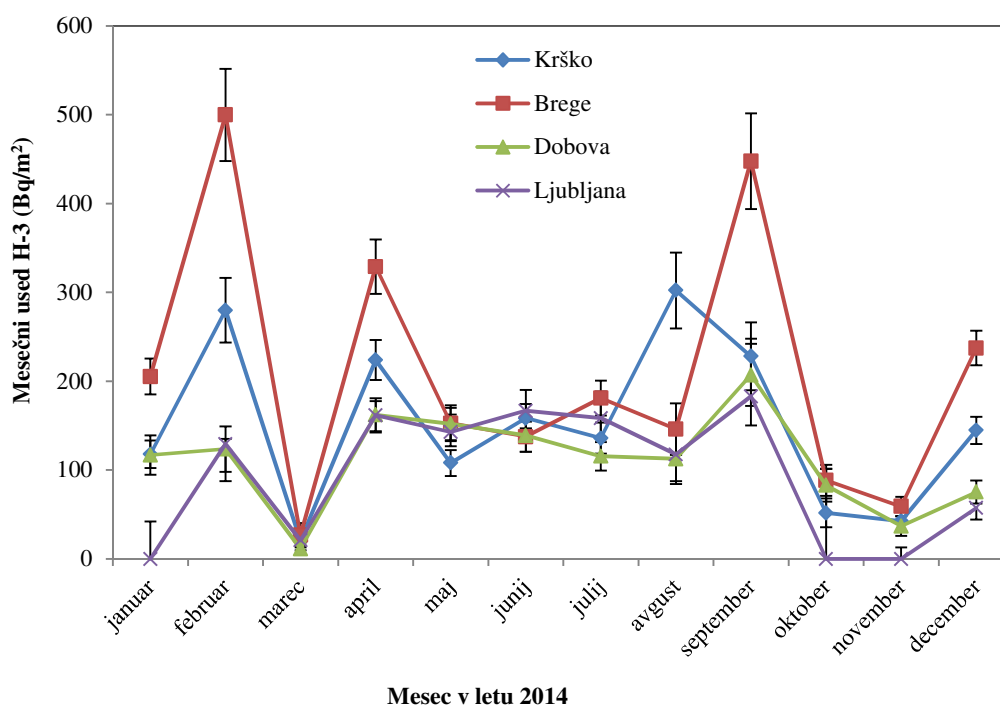


stresanje podatkov majhno, nad 1 pa pomeni, da so negotovosti merskih rezultatov najverjetneje precenjene. Na vseh lokacijah (Ljubljana, Brege, Krško in Dobova) je kvocient manjši od 0,5. Zato tudi ne preseneča, da so kvocienti med najvišjo in najnižjo vrednostjo izmerjene koncentracije aktivnosti med 3,4 (Dobova) in 6,1 (Krško). Najvišja decembrska vrednost v Bregah in Krškem se ne sklada z največjim izpustom iz NEK, ki je bil aprila (slika 4.2). V letu 2014 ni bilo opaziti korelacije med mesečnimi izpusti, količino padavin in mesečnimi izmerjenimi koncentracijami aktivnosti H-3 v padavinah na vseh lokacijah v okolici NEK.

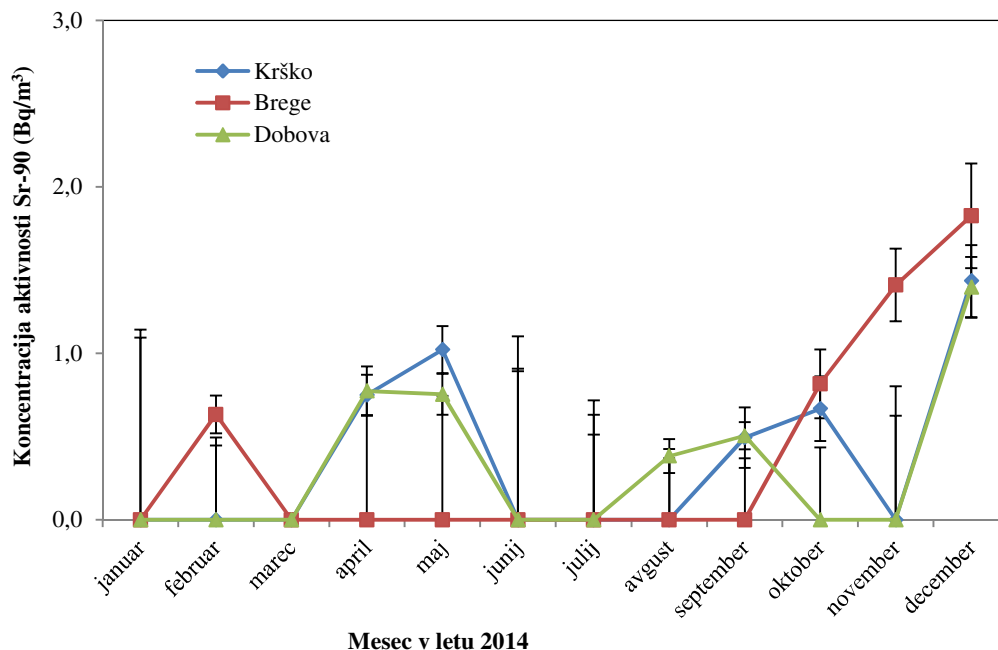
Mesečne padavinske usede, aktivnosti padavin na kvadratni meter površine izračunamo z množenjem koncentracij aktivnosti in količin padavin. Na sliki 4.3 so predstavljeni mesečni padavinski usesti H-3 za vsa štiri vzorčevalna mesta: Ljubljano, Brege, Krško in Dobovo. Najvišje vrednosti so bile izmerjene v Bregah, do 600 Bq/m^2 . Časovni potek padavinskega useda H-3 je podoben za vse štiri lokacije in sledi vzorcu padavin (slika 4.1), kar pomeni, da obstaja dobra korelacija. Merilo za korelacijo je vzorčni korelacijski (Pearsonov) koeficient [37]. Za vse tri lokacije v okolici NEK je koeficient višji kot 0,74, najvišji pa v Krškem 0,80. Vrednost blizu 1 pomeni, da je korelacija zelo dobra, medtem ko vrednost 0 pomeni, da korelacije oziroma linearne povezave med nizoma podatkov ni.

Slika 4.4 prikazuje koncentracije aktivnosti stroncija v padavinah v letu 2014. Tako povprečne kot najvišje vrednosti so nižje kot v prejšnjih letih; najvišja koncentracija aktivnosti je bila ugotovljena v vzorcu iz Breg. Delež vzorcev, za katere so bile izmerjene vrednosti pod mejo za odločitev oziroma detekcije, je bil v letu 2014 še večji kot v 2012 – takih rezultatov je skoraj 60 %. V vzorcih iz Breg je opaziti naraščanje koncentracij aktivnosti v padavinah proti koncu leta, vendar tega ne moremo pripisati zračnim izpustom iz NEK, saj količina izpustov Sr-90 ni korelirana z vsebnostjo Sr-90 v padavinah. Podobna slika je tudi pri usedih stroncija, ki so na sliki 4.5.

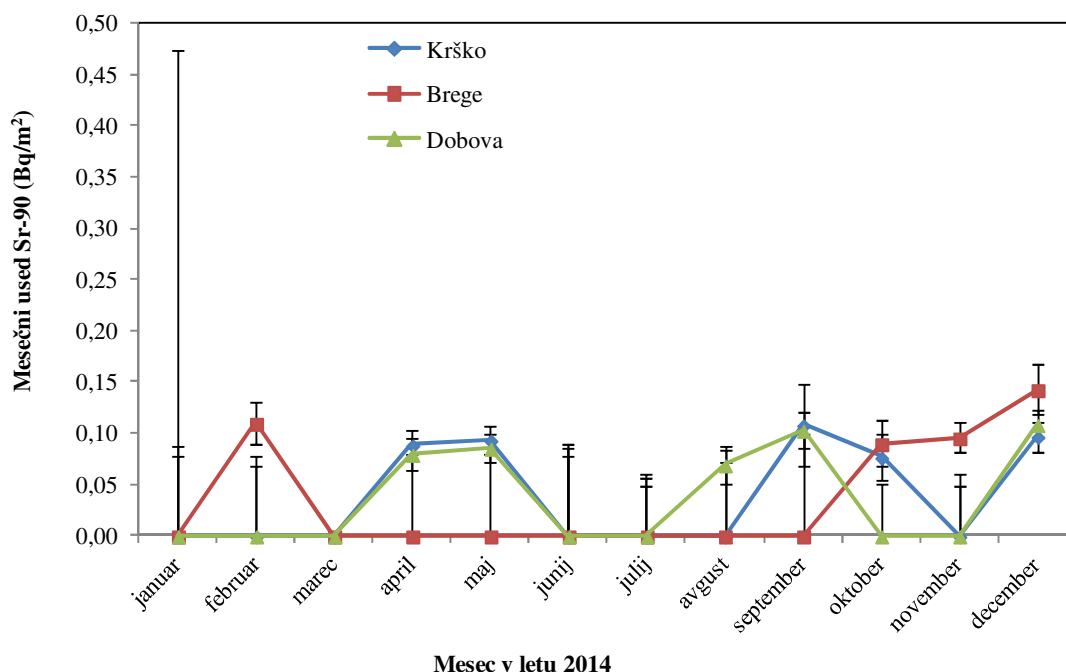
Mesečne koncentracije aktivnosti Cs-137 v padavinah v Krškem, Bregah, Dobovi in v Ljubljani so prikazane na sliki 4.6. Veliko merskih rezultatov ima veliko negotovost, kar pomeni, da so vrednosti pod mejo za odločitev. Najvišje vrednosti padavinskega useda za Cs-137 (slika 4.7) so bile izmerjene v Ljubljani maja, v Dobovi junija, ko dežja ni bilo veliko (resuspenzija prašnih delcev s tal), v Bregah februarja, v Krškem pa avgusta, ko je bilo padavin več.



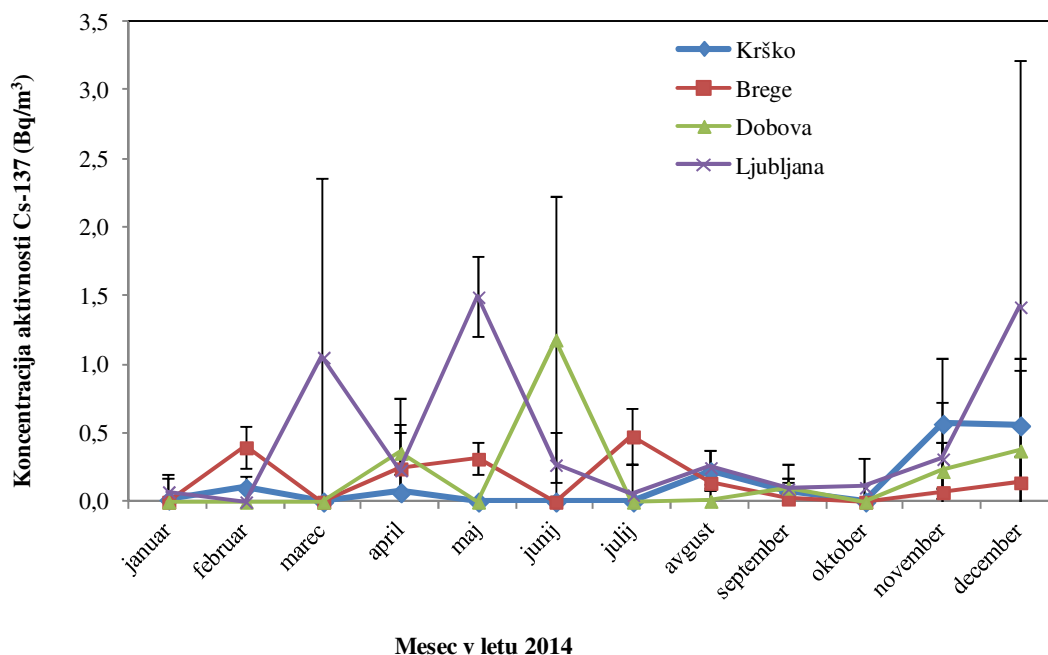
Slika 4.3: Mesečni padavinski used tritija v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani v letu 2014



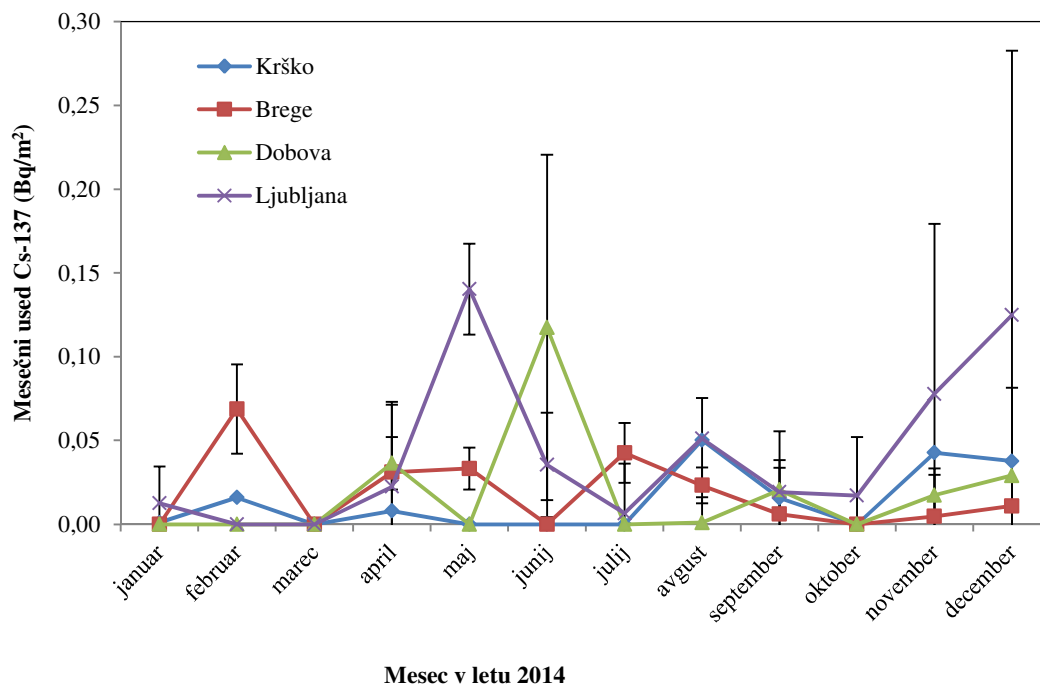
Slika 4.4: Mesečne koncentracije aktivnosti stroncija v padavinah v okolici NEK. V ljubljanskih vzorcih se stroncij ne določa.



Slika 4.5: Mesečni padavinski used stroncija v padavinah v Krškem, Bregah in Dobovi. V ljubljanskih vzorcih se stroncij ne določa.



Slika 4.6: Mesečne koncentracije aktivnosti Cs-137 v letu 2014 v padavinah v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani



Slika 4.7: Padavinski used Cs-137 v letu 2014 v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani

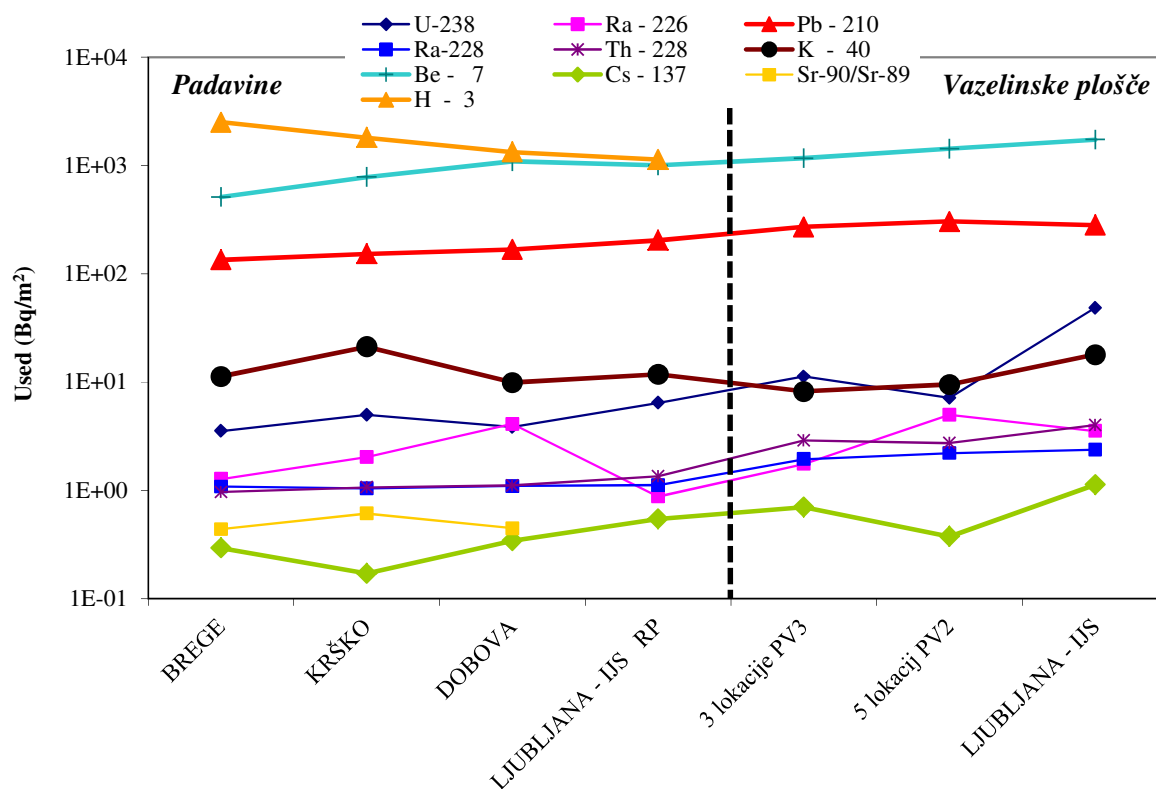


Suhi used

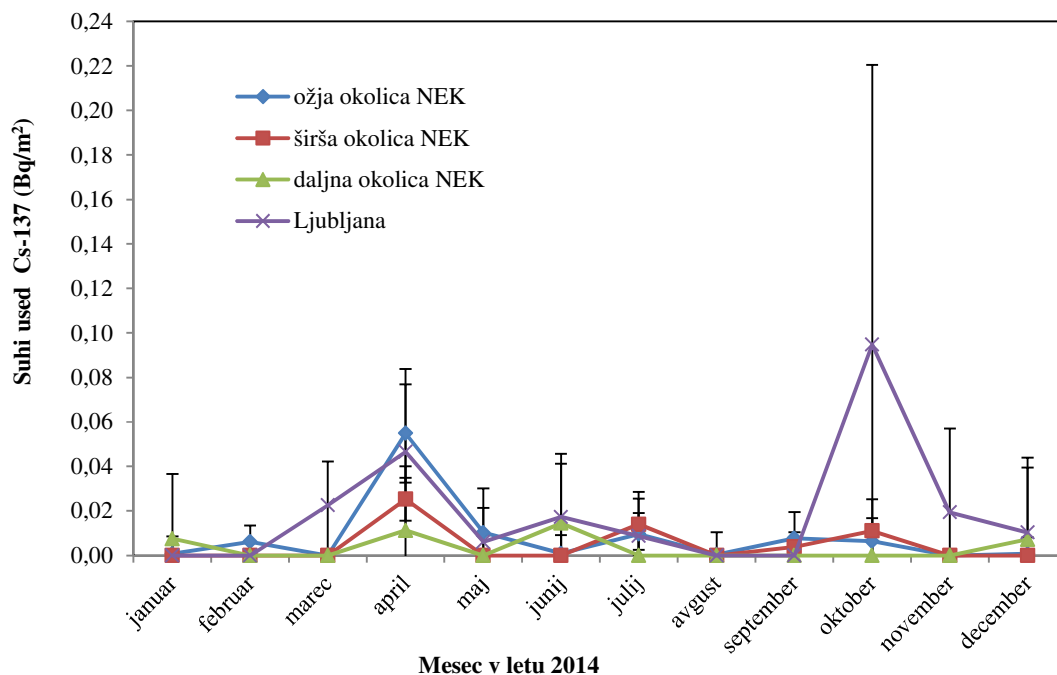
Rezultati meritev vzorcev suhih usedov so prikazani v tabelah T-42/1 (širša okolica NEK), T-42/2 (vzorčevalno mesto 6), T-42/3 (ožja okolica NEK) in T-42/4 (Ljubljana). Vse meritve je opravil IJS. Tabele z merskimi rezultati so na priloženi zgoščenci v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2014, IJS-DP-11810*, marec 2015.

V vzorcih suhega useda so bili v letu 2014 izmerjeni Be-7, K-40, Cs-137 in potomci uranove in torijeve razpadne vrste, skupaj 8 radionuklidov. Na sliki 4.8 je prikazana vrednosti letnih usedov v padavinah in na vazelinskih ploščah na vzorčevalnih mestih okrog NEK in v Ljubljani. Opazimo podobnosti, vendar so vrednosti letnih usedov na vazelinskih ploščah za faktor 2 večje kot v padavinah. Izjema je K-40.

Mesečni suhi usedi Cs-137 v Ljubljani in okolici NEK so posebej prikazani na sliki 4.9. Največji used je bil izmerjen oktobra v Ljubljani, vendar z veliko mersko negotovostjo. Največkrat je bil Cs-137 v suhem usedu ugotovljen v ožji okolici NEK, vendar pretežno z veliko mersko negotovostjo (vrednost je pod mejo kvantifikacije). Tudi najvišje vrednosti so nizke, približno $0,03 \text{ Bq/m}^2$, negotovosti so istega velikostnega reda. Vrednosti so nižje kot leta 2013 in leta 2011, ko je bil zaznan tudi Cs-137 iz Fukušime. Vazelinske plošče na svoji površini slabše zadržujejo Cs-137, ker se rad spere.



Slika 4.8: Letni usedi v padavinah, zbranih v lovilnikih deževnice in na vazelinskih ploščah na različnih lokacijah okrog NEK in v Ljubljani v letu 2014 (ordinatna os je v logaritemski skali)

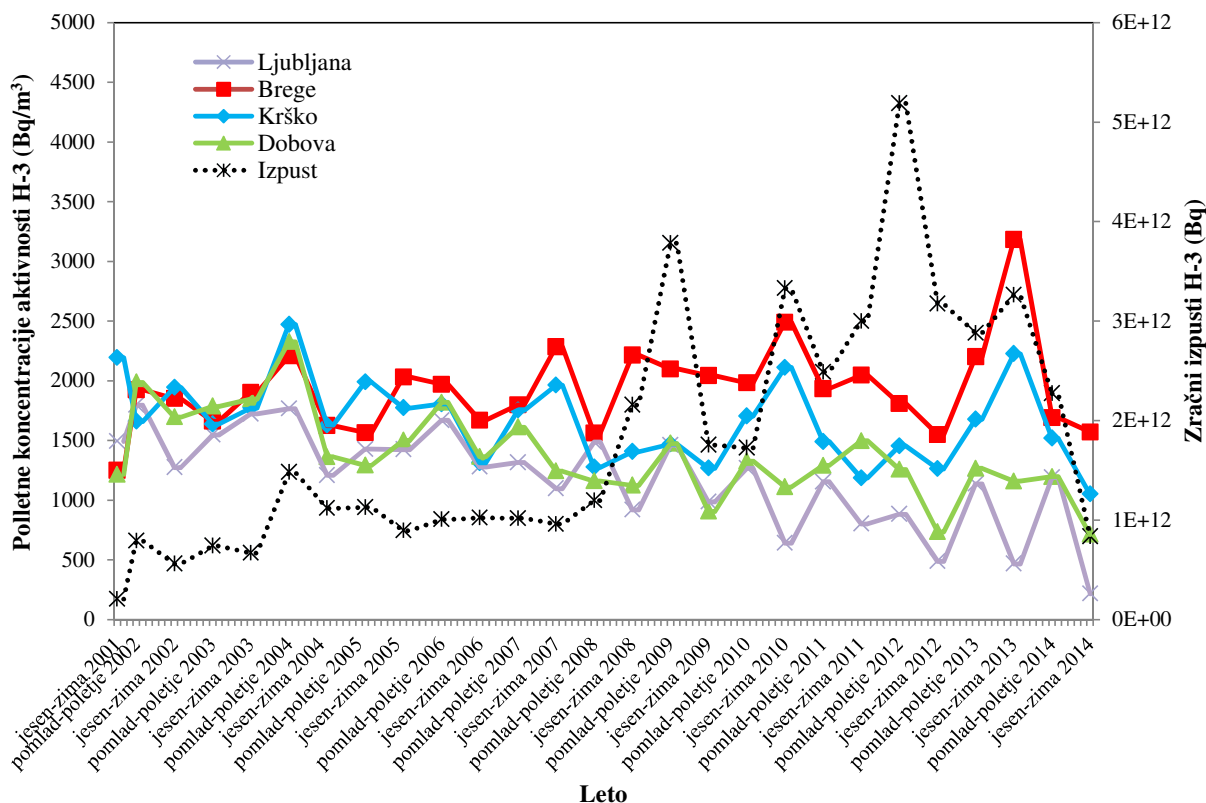


Slika 4.9: Mesečni suhi used Cs-137 v Ljubljani, v širši in ožji okolici NEK ter na vzorčevalnem mestu, ki je najdlje od NEK

DISKUSIJA

Precejšnja sezonska variabilnost tritija zaradi njegovega nastajanja v zgornjih plasteh atmosfere se izraža tudi v vsebnostih tritija v padavinah, kar je razvidno tudi s slike 4.10, kjer prikazujemo polletne sezonske povprečne koncentracije aktivnosti H-3 za zadnjih 13 let (april–september; oktober–marec). Za primerjavo na grafu prikazujemo tudi sezonske vsote zračnih izpustov tritija iz NEK, saj je tritij edini v okolju merljivi izpust iz NEK, ki ga lahko primerjamo z radionuklidi, ki jih določamo tudi v usedih. Tritij se v zračnih izpustih pojavlja v obliki HTO, HT in CHT. S slike 4.10 je razvidno, da so bili zračni izpusti H-3 v letu 2014 zelo nizki, na ravni tistih iz let 2005–2007, to je pred spremembami omejitev izpustov v povezavi s preходом NEK na 18-mesečni gorivni cikel.

S slike 4.10 je mogoče razbrati tudi, da se težnja padanja koncentracij aktivnosti H-3 nadaljuje, kar je lepo razvidno predvsem za referenčno lokacijo v Ljubljani. 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 usmeritve so primerljive z rezultati za Dunaj in druga bližnja mesta [42]. Medtem ko Dobova na daljši rok dokaj dobro sledi referenčnim vrednostim v Ljubljani, v Krškem in Bregah opazimo drugačen vzorec oziroma celo obratno usmeritev (Brege). V tabeli 4.2 prikazujemo mesečna povprečja tritija za zadnjih 13 let z apriorno negotovostjo in aposteriorno negotovostjo (stresanje). Definiciji apriorne in aposteriorne negotovosti lahko preberemo v tabelaričnem zapisu [4].



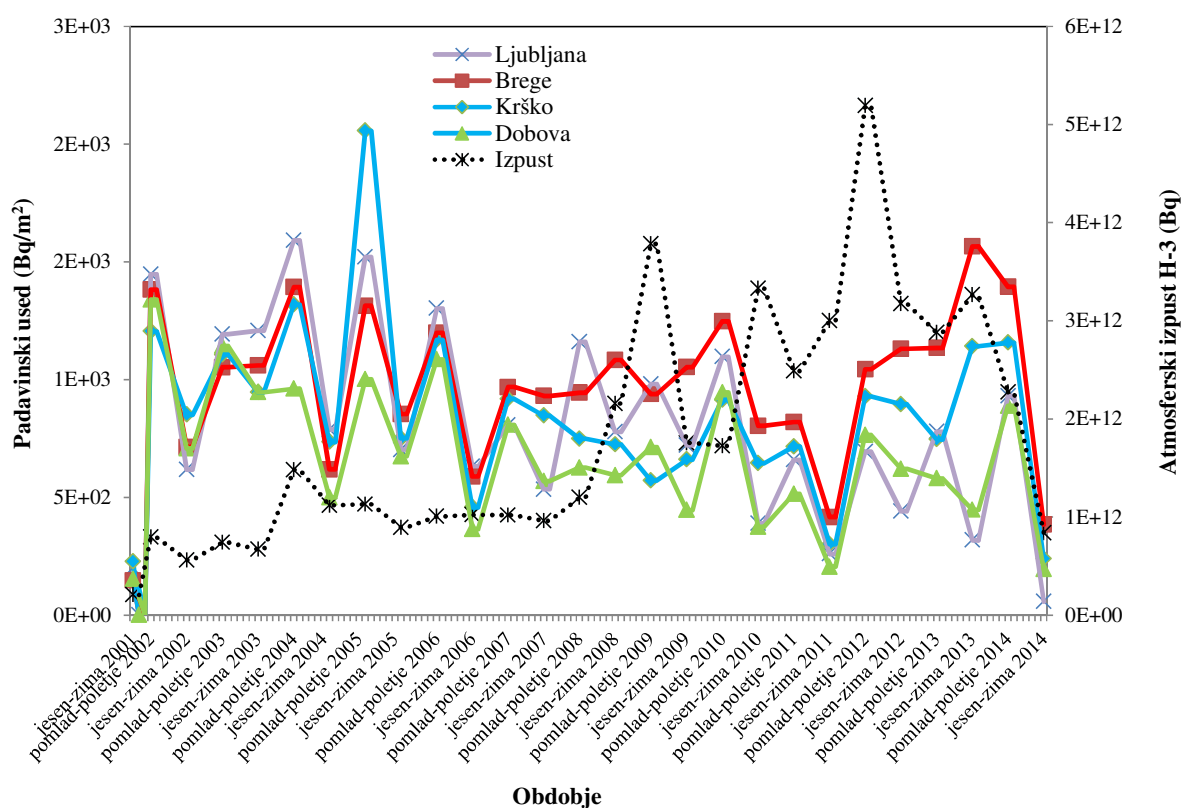
Slika 4.10: Polletne sezonske povprečne koncentracija aktivnosti H-3 za zadnjih 13 let (april–september; oktober–marec). Zadnja točka je le povprečje treh mesecev (oktober–december 2014), ker podatkov za obdobje (januar–marec 2015) še ni. Prikazane so sezonske vsote zračnih izpustov H-3.

Tabela 4.2: Povprečne mesečne koncentracije aktivnosti za H-3 v vzorcih padavin v Bregah, Krškem, Dobovi in Ljubljani od leta 2002 do 2014; predstavljeni so tudi apriorna in aposteriorna negotovost mesečnega povprečja in letne vsote zračnih izpustov H-3.

Leto	Ljubljana			Breghe			Krško			Dobova			Atmosferski izpusti / leto
	Letno povprečje	apriorna negotovost povprečja	aposteriorna negotovost povprečja	Letno povprečje	apriorna negotovost povprečja	aposteriorna negotovost povprečja	Letno povprečje	apriorna negotovost povprečja	aposteriorna negotovost povprečja	Letno povprečje	apriorna negotovost povprečja	aposteriorna negotovost povprečja	
Bq/m ³													Bq
2002	1514	83	245	1657	96	166	1899	102	175	1732	83	186	1,33E+12
2003	1528	95	129	1799	98	124	1688	101	131	1780	84	158	1,29E+12
2004	1728	84	215	2048	117	230	2225	120	223	2000	105	162	2,48E+12
2005	1250	52	106	1644	61	113	1656	61	169	1230	52	88	2,04E+12
2006	1428	56	188	1966	80	114	1714	68	196	1760	77	195	2,04E+12
2007	1315	87	89	1950	124	174	1753	99	122	1398	93	110	1,97E+12
2008	1265	93	110	1791	56	169	1459	55	145	1190	50	84	2,37E+12
2009	1163	36	114	2220	63	219	1370	57	119	1253	36	108	6,25E+12
2010	1039	63	114	2274	88	429	1883	58	338	1145	46	105	4,28E+12
2011	966	60	121	1970	76	240	1935	82	540	1392	68	285	5,28E+12
2012	667	75	102	1673	75	132	1270	68	79	1029	70	127	8,77E+12
2013	867	63	121	2493	70	288	1834	64	167	1211	56	111	6,19E+12
2014	737	74	169	1870	63	228	1542	59	192	1030	49	98	4,36E+12



Iz podatkov o padavinskih usedih v Ljubljani in na treh lokacijah v okolici NEK od leta 2002 do 2014 (slika 4.11) je razvidna dobra medsebojna korelacija, le da je padavinski used v Bregah višji kot v Krškem in Dobovi od leta 2008 naprej. V letu 2014 pa so bile vrednosti spet podobne. To razliko med Bregami in drugima dvema lokacijama v okolici NEK (Krško, Dobova) bi lahko pripisali zračnim izpustom H-3 iz NEK, kar bo v prihodnje še treba preveriti. Informativno smo izračunali mesečne modelske usede tritija za lokacije v okolici NEK od leta 2011 do 2014. Ugotovili smo, da so bili mesečni modelski usedi na lokaciji Brege štiri velikostne rede manjši, kot so bili mesečni padavinskimi usedi na isti lokaciji. Razmerji med modelskimi in padavinskimi usedi na drugih dveh lokacijah sta še večji. Ta ugotovitev je pričakovana, saj modelski used upošteva le usedanje tritija zaradi zračnih izpustov iz NEK. V tem računu so bili uporabljeni celotni depozicijski koeficienti (enačba (6.2) iz poglavja *Zunanje sevanje*), ki upoštevajo suho in mokro depozicijo ter dotik s tlemi, zato je verjetno, da so vrednosti podcenjene [38]. Ugotovili smo, da je solidno ujemanje med modelskimi in padavinskimi usedi v Bregah, medtem ko v Krškem in Dobovi ni opaziti korelacij za zadnja 4 leta (izjema je lokacija Krško v letu 2012), ko imamo na voljo tudi podatke o depozicijskih faktorjih [39]. Da je ujemanje v Bregah dobro in boljše kot v Krškem (Stara vas), lahko razlagamo tudi s prevladujočimi smermi vetrov, saj se v povprečju gibljejo izpusti NEK proti jugozahodu in proti jugovzhodu (slika 5.2 poglavje *Zrak*). Modelske koncentracije aktivnosti H-3 v zraku so tako v naseljih jugozahodno in jugovzhodno od NEK (Žadovinek, Brege) višje za faktor štiri ali več od tistih v smeri severozahodno in severovzhodno od NEK (Stara vas) na približno isti oddaljenosti. Pri tem nismo upoštevali dejanskih razmer po dnevih (smer vetra in padavine), kar lahko zabiše korelacijo. Korelacijski koeficienti so prikazani v tabeli 4.3. Zanimivo je tudi, da obstaja povezava med kvocientom apriorne in aposteriorne negotovosti mesečnega povprečja (tabela 4.2) in korelacijskim koeficientom od leta 2011 do 2014. Pri majhnih vrednostih kvocienta je korelacijski koeficient visok, medtem ko pri manjšem stresanju podatkov (višji kvocient), korelacije med podatki ni opaziti.



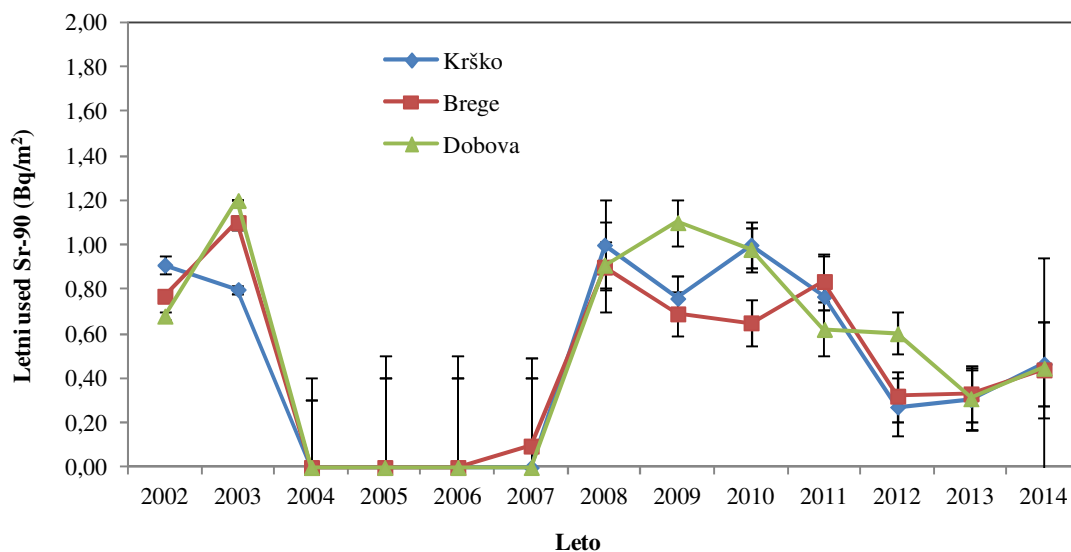
Slika 4.11: Polletne sezonske vsote useda H-3 za zadnjih 13 let (april–september; oktober–marec). Zadnja točka je vsota treh mesecev (oktober–december) v letu 2014.



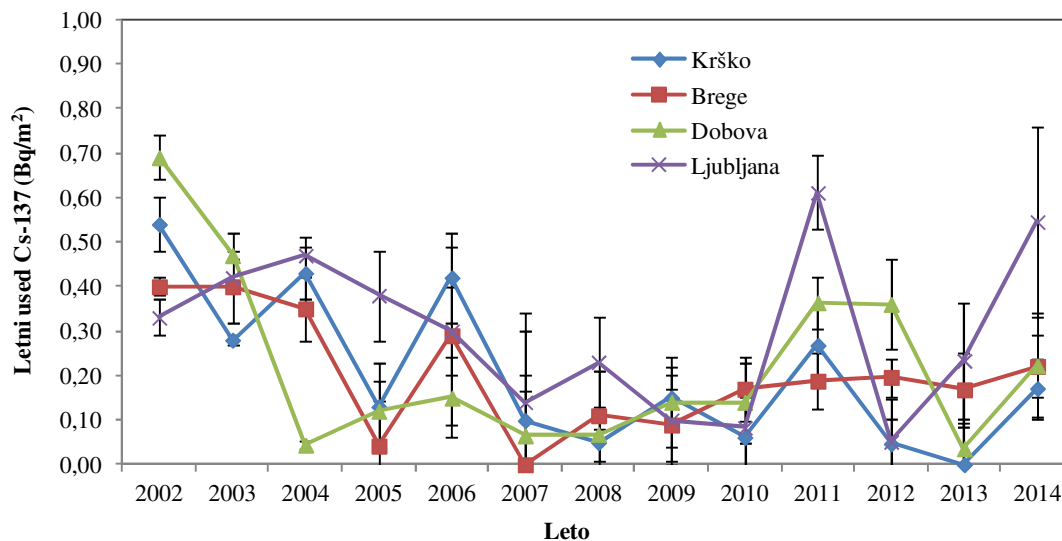
Slika 4.12 prikazuje letne padavinske usede Sr-90 na vseh treh lokacijah v okolici NEK med 2002 in 2014. Usedi so nižji od 1 Bq/m^2 . Na sliki 4.13 je prikazan večletni potek letnih padavinskih usedov za Cs-137. Na vseh lokacijah v okolici NEK je letni used Cs-137 primerljiv s prejšnjimi leti. V Ljubljani je bil letni used Cs-137 v letu 2014 višji kot prejšnja leta in kot na lokacijah v okolici NEK, vendar pa je tudi negotovost letnega useda visoka, kar pomeni, da so mesečni usedi izjemno nehomogeni ter povezani z lokalnimi posebnostmi. Vedeti je treba, da sta useda Sr-90 in Cs-137 povezana z resuspenzijo prašnih delcev s tal (splošna onesnaženost), kar je posebej izrazito, kadar je količina padavin majhna.

Tabela 4.3: Korelacijski koeficient med modelskimi in padavinskimi usedi tritija v Bregah, Krškem in Dobovi od leta 2011 do 2014 ter kvocienta apriornih in aposteriornih negotovosti mesečnih povprečij koncentracije aktivnosti tritija

Leto	Lokacija	Kvocien apriorne in aposteriorne negotovosti povprečja	Korelacijski koeficient
2011	Brege	0,32	0,36
	Krško	0,15	0,35
	Dobova	0,24	0,33
2012	Brege	0,57	0,69
	Krško	0,87	0,83
	Dobova	0,55	-0,04
2013	Brege	0,24	0,73
	Krško	0,38	-0,02
	Dobova	0,51	-0,29
2014	Brege	0,27	0,62
	Krško	0,31	0,37
	Dobova	0,5	0,51



Slika 4.12: Letni padavinski used Sr-90 za zadnjih 13 let



Slika 4.13: Letni padavinski used Cs-137 za zadnjih 13 let

Medtem ko je tritij praktično edini radionuklid, ki ga v okolici NEK lahko deloma pripišemo izpustom jedrske elektrarne, obenem pa na globalni ravni (še) nimamo (ponovnih) stabilnih naravnih vrednosti, je stanje pri drugih radionuklidih nekoliko drugačno. Primerjava med usedi radionuklidov v Ljubljani in za lokacije v okolici NEK so v splošnem podobne. Med lokacijami okrog NEK so usedi drugih radionuklidov nekoliko višji v Bregah kot v Dobovi, vendar večinoma okrog ena ali manj, kar pomeni, da izmerjenih radionuklidov v splošnem ne moremo pripisati jedrski elektrarni. Največje razmerje opazimo za Ra-228, vendar je rezultat obremenjen z veliko negotovostjo.

OCENA VPLIVOV

Oceno vplivov radioaktivnega useda ovrednotimo z zunanjo in ingestijsko dozo. Efektivne zunanje doze ocenimo s produktom letnega useda in doznega faktorja [5], [9] za posamezen radionuklid ob predpostavki štiriurnega zadrževanja na prostem. V tabeli 4.4 so povzete sumarne vrednosti zunanjih doz. K dozi največ prispeva kozmogeni Be-7, ki se s padavinami izpira iz ozračja, in sicer okrog 80 %. Zunanja doza za umetne radionuklide v okolici NEK je bila v letu 2014 primerljiva s prejšnjimi leti. Največja razlika med Ljubljano in okolico NEK je pri Cs-137; razmerje doz je kar 2. Zunanja doza zaradi umetnih radionuklidov prispeva v okolici NEK 0,4 %, v Ljubljani pa 0,7 % k celotni zunanji dozi, enako za vse starostne skupine. Umetni radionuklidi so torej pri računanju zunanjih doz v letu 2014 zaradi obseva zanemarljivi.

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], [9], [43]. 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. Zajet je v poglavju *Radionuklidi v hrani*. Pri izračunu nismo upoštevali, da vse rastlinje pred zaužitjem operemo in tako speremo tudi do 90 % vseh radionuklidov na površini. Iz tabele 4.5 je razvidno, da je efektivna ingestijska doza za naravne radionuklide višja v Ljubljani, za umetne pa 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 (99 %). Efektivna ingestijska doza zaradi umetnih radionuklidov k celotni efektivni ingestijski dozi za odraslo osebo prispeva v okolici NEK 0,05 %, v Ljubljani pa 0,02 %. Prispevek za otroka in dojenčka je še manjši. Pri primerjavi za umetne radionuklide



je treba upoštevati, da se v padavinah v Ljubljani ne določa vsebnost Sr-90. Prispevek učinkovite ingestijske doze zaradi Sr-90 k učinkoviti ingestijski dozi za umetne radionuklide v okolici NEK je 27 % za odraslo osebo, 39 % za otroka in 48 % za dojenčka. Umetni radionuklidi so torej pri računanju zunanjih doz v letu 2014 zaradi ingestije zanemarljivi.

Tabela 4.4: Zunanje doze zaradi letnega useda v letu 2014 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/ μ Sv	
ODRASLI OTROCI DOJENČKI	UMETNI	0,000 4 \pm 0,000 09	0,000 8 \pm 0,000 3
	VSI	0,11 \pm 0,02	0,12 \pm 0,003

Tabela 4.5: Ingestijske doze zaradi letnega padavinskega useda v letu 2014 za odrasle, otroke in dojenčke

Starostna skupina	Masa zaužitega rastlinja (kg)	Radionuklidi	Okolica NEK (povprečje lokacij)	Ljubljana
			doza/ μ Sv	
ODRASLI	25	UMETNI	0,02 \pm 0,003	0,01 \pm 0,001
		VSI	42 \pm 3	56 \pm 2
OTROCI	15	UMETNI	0,02 \pm 0,003	0,007 \pm 0,000 8
		VSI	69 \pm 4	92 \pm 3
DOJENČKI	2,5	UMETNI	0,06 \pm 0,009	0,02 \pm 0,002
		VSI	315 \pm 20	411 \pm 15



SKLEPI

Usmeritev globalnega upadanja specifične aktivnosti tritija v ozračju je v okolici NEK zabrisan, sezonska nihanja so opazna. Tritij sicer po splošno uporabljani metodologiji praktično ne vpliva k dozni obremenitvi. Povprečna mesečna koncentracija aktivnosti tritija za leto 2014 je bila na vseh lokacijah nižja kot v letu 2013; najnižja v Ljubljani, najvišja pa v Bregah, kar je časovna usmeritev od leta 2005 naprej. Z izpusti jedrske elektrarne so najverjetneje korelirane le meritve H-3 v Bregah, kar pa bo v prihodnje treba še preveriti.

Med umetnimi radionuklidi sta bila v padavinah občasno določena Sr-90 in Cs-137, ki sta produkta splošnega onesnaženja. Tako povprečne kot najvišje koncentracije aktivnosti stroncija v padavinah so nižje kot v prejšnjih letih; najvišja koncentracija aktivnosti je bila ugotovljena v vzorcu iz Breg. Mesečne koncentracije aktivnosti Cs-137 v padavinah v Krškem, Bregah, Dobovi in v Ljubljani so primerljive s prejšnjimi leti.

K zunanji in ingestijski dozi, računani za padavinske usede, prispevajo predvsem naravni radionuklidi. Obremenitev prebivalcev v okolici NEK in na referenčni točki v Ljubljani je tako primerljiva, vpliv NEK pa zanemarljiv.





5 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 modela. Lokacije vzorčevanja so bile v okviru rednega nadzora radioaktivnosti zraka v okolici NEK v letu 2014 enake kot prejšnja leta. Iz meritev ocenjene letne učinkovite doze prebivalcev zaradi inhalacije in imerzije umetnih radionuklidov, ki so posledica izpustov iz NEK (0,64 nSv), so zanemarljive in več velikostnih redov nižje od letne učinkovite doze, ki jo zaradi inhalacije povzročajo naravni radionuklidi (38 μ Sv). Še največji prispevek k dozi lahko potencialno prejmejo prebivalci v okolici NEK zaradi izpustov C-14, ki se vgradi v rastline in ga zaužijejo s hrano. Ocenjena letna učinkovita doza zaradi ingestije C-14 kot dodatni prispevek NEK je 0,04 μ Sv. Pri dozah zaradi naravnih radionuklidov ne upoštevamo prispevka kratkoživih potomcev radona.

UVOD

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) [7] zagotavljati upravljavec 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 [44].

Meritve radioaktivnosti zraka v okolici NEK se izvajajo z namenom, da se oceni doze na posameznika iz referenčne skupine prebivalstva po inhalacijski in imerzijski prenosni poti. Meritve se izvajajo na osmih lokacijah v okolici NEK, kar omogoča spremljanje razširjanja zračnih efluentov v vseh smereh. Poudariti je treba, da so v okolici NEK pogoste spremembe smeri vetra, tudi večkrat na dan, in da sta prevladujoči smeri vetra proti jugozahodu in proti jugovzhodu.

Aerosole smo vzorčevali na osmih mestih v okolici NEK, ki so v zračni oddaljenosti od 1,4 km do 12 km od glavnega izpuha NEK: Spodnji Stari Grad (1,5 km), Krško - Stara vas (1,8 km), Leskovec (3 km), Brege (2,3 km), Vihre (2,9 km), Gornji Lenart (5,9 km), Spodnja Libna (1,4 km) in Dobova (12 km). Na istih mestih kot vzorčevanje aerosolov je potekalo vzorčevanje I-131 z izjemo lokacije v Dobovi. Vzorčevanje za specifično meritev Sr-90/Sr-89 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".

Vzorčevanje emisij je potekalo na glavnem oddušniku NEK, kjer se odzemajo vzorci za meritve joda, tritija (H-3), ogljika (C-14), aerosolov ter opravljajo meritve žlahtnih plinov.

ZNAČILNOSTI VZORČEVANJA IN MERITEV

Vzorčevanje zračnih emisij in imisij je v letu 2014 potekalo na podoben način kot v preteklih letih, kar zagotavlja primerljivost z rezultati iz prejšnjih poročil oziroma evalvacij.

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 m³ zraka mesečno. V Dobovi in na dvorišču IJS v Ljubljani je potekalo vzorčevanje z zračnimi črpalkami, ki skozi filtre mesečno prečrpajo od 100 000 m³ do 150 000 m³ 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 (v okviru programa nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju RS) 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 mikrovlakn in aktivnega oglja, prepojenega s trietilendiaminom. Filtri zbirajo atomski in molekularni jod (I , I_2), metiljodid (CH_3I), 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 m³ do 1 400 m³ zraka. Specifična meritev adsorbiranega I-131 in izotopska analiza aerosolov se izvaja z visokoločljivostno spektrometrijo gama. Vzorčevanje in specifične meritve joda je opravil IJS.

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/Sr-89 (za specifične analize s scintilacijskim spektrometrom beta) ter aerosoli za izotopsko analizo sevalcev s spektrometrijo gama. 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 ventilacijskem kanalu pa NEK in IJS. NEK je opravil tudi meritve emisij joda ter žlahtnih plinov.

REZULTATI MERITEV

V času, ko v NEK poteka remont, so navadno izpusti večji kot med rednim obratovanjem, kar predvsem velja za izpuste joda in žlahtnih plinov. V letu 2014 remonta v NEK ni bilo. Tabele z merskimi rezultati so na priloženi zgoščenki v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2014*, IJS-DP-11810, marec 2015.

V letu 2014 so bili rezultati meritve I-131 (tabela T-43 (IJS)) pod mejo detekcije ($1E-4$ Bq/m³). Zato lahko ugotovimo, da jod, ki bi bil posledica izpustov iz NEK, ni bil detektiran na nobenem od sedmih merilnih mest v okolici NEK in v Ljubljani.

Rezultati meritve naravnih radionuklidov v aerosolih (tabele od T-44 do T-51 in T-52 (IJS - program nadzora radioaktivnosti v RS)) na posameznih mestih kažejo dokaj dobro ujemanje, kar velja še posebej za kozmogeni Be-7, za katerega ugotavljamo, da je bila v okviru merilne negotovosti na vseh vzorčevalnih mestih v okolici NEK in Ljubljani izmerjena enaka vrednost. Tak rezultat je pričakovan predvsem za lokacije s podobnim padavinskim režimom in posledičnega izpiranja aerosolov iz ozračja; tako je bila količina padavin za leto 2014 na lokaciji Cerklje ob Krki 1 411 mm (125 dni s padavinami nad 1 mm in 45 dni s padavinami nad 10 mm) in na lokaciji Ljubljana Bežigrad 1 851 mm (131 dni s padavinami nad 1 mm in 57 dni s padavinami nad 10 mm) [48]. Podobno primerljive so tudi meritve Pb-210 v okolici NEK. Pri drugih naravnih radionuklidih so razlike med posameznimi merilnimi mesti v okolici NEK nekaj večje, a še vedno v okviru merilnih negotovosti in pričakovanih odmikov. Izmerjene koncentracije aktivnosti naravnih radionuklidov v aerosolih so zelo podobne vrednostim, izmerjenim v okviru nadzora radioaktivnosti v Republiki Sloveniji (tabela 5.1). Meritve aerosolov v okviru tega programa potekajo na lokacijah v Ljubljani (Institut »Jožef Stefan«), v Predmeji in na Jareninskem vrhu (ZVD Zavod za varstvo pri delu) [12]).

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, razen v Dobovi, kjer je črpalka enaka kot v Ljubljani, kar zniža mejo detekcije. 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 [11]. Razlike v koncentracijah aktivnosti U-238 med posameznimi lokacijami v okolici NEK so verjetno posledica samih značilnosti lokacij, kot so npr. bližina objektov, ki povzročajo zaklanjanje, prevetrenost lokacije, bližina obdelovanih polj itd. U-238 v zraku je posledica resuspenzije iz zemlje. Na lokacijah, kjer so v bližini obdelovalna polja in več mešanja zemlje, lahko pričakujemo višje aktivnosti U-238 in potomcev.



Tabela 5.1: Primerjava povprečij izmerjenih mesečnih koncentracij aktivnosti radionuklidov v aerosolih v okviru nadzorov radioaktivnosti v okolici NEK in v Republiki Sloveniji za leto 2014

Vzorčevalno mesto	JARENINSKI VRH*	PREDMEJA*	LJUBLJANA	POVPREČJE KRAJEV V OKOLICI NEK
IZOTOP	A/(Bq/m ³)			
U-238	3,2E-06 ± 1,7E-06	1,3E-05 ± 6E-06	2,5E-06 ± 1E-06	1,2E-05 ± 1E-06
Ra-226	3,6E-06 ± 3,1E-07	5,6E-06 ± 6E-07	1,4E-06 ± 2E-06	3,4E-06 ± 2E-06
Pb-210	3,8E-04 ± 2,4E-05	4,0E-04 ± 3E-05	6,2E-04 ± 9E-06	6,2E-04 ± 4E-06
Ra-228	2,6E-06 ± 7,4E-07	3,2E-06 ± 1E-06	8,6E-07 ± 2E-07	6,3E-06 ± 4E-07
Th-230				1,5E-06 ± 1E-06
Th-228	1,5E-06 ± 4,7E-07	2,5E-06 ± 1E-06	2,0E-06 ± 1E-07	9,0E-06 ± 2E-07
K-40	2,6E-04 ± 1,3E-05	3,8E-04 ± 2E-05	9,6E-06 ± 1E-05	1,2E-06 ± 2E-06
Be-7	2,6E-03 ± 1,2E-04	4,0E-03 ± 1E-04	3,3E-03 ± 4E-05	3,2E-03 ± 2E-05
I-131				
Cs-134				
Cs-137	1,0E-06 ± 1E-07	1,8E-06 ± 3E-07	1,3E-06 ± 7E-08	1,3E-06 ± 1E-07
Sr-89/Sr-90	Meritev ni v programu	Meritev ni v programu	Meritev ni v programu	1,2E-07 ± 1E-07

* Rezultati iz programa nadzora radioaktivnost v življenjskem okolju Republike Slovenije

Izvajalec meritev od leta 2008 dalje med izmerjenimi radionuklidi 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. Radionuklid je bil občasno zaznan tudi v preteklih letih, a se vrednosti v tabelah niso navajale.

Izmed umetnih radionuklidov sta bila v letu 2014 v aerosolih 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 so na ravni večletnega povprečja (1 $\mu\text{Bq/m}^3$). Izmerjene vrednosti Cs-137 so primerljive z vrednostmi na lokacijah v okviru nadzora radioaktivnosti v Republiki Sloveniji (tabela 5.1).

Vzorčevanje za specifične meritve Sr-90/Sr-89 je potekalo v Dobovi. Izmerjene aktivnosti so zelo nizke ($0,48 \pm 0,08 \mu\text{Bq/m}^3$) ali pa pod mejo detekcije ($0,3-0,4 \mu\text{Bq/m}^3$). V izpustih NEK v letu 2014 so bile vrednosti Sr-89 pod mejo detekcije $0,1 \text{ mBq/m}^3$. Zato lahko ugotovimo, da Sr-89 ni bil detektiran v zračnih izpustih NEK.

Iz meritev spektrometrije gama na aerosolnih in jodovih filterih ter na osnovi podatkov o volumnu prečrpanega zraka smo določili povprečne koncentracije aktivnosti posameznih radionuklidov v prečrpanem zraku. Podatki o določenih vsebnostih joda I-131 za sedem vzorčevalnih mest so zbrani v tabeli T-43.

Podatki o izmerjenih koncentracijah aktivnosti radionuklidov v aerosolih za vseh osem vzorčevalnih mest v okolici NEK so v tabelah od T-44 do T-51, podatki o izmerjenih vsebnostih radionuklidov v aerosolih na dvorišču IJS v Ljubljani pa so v tabeli T-52. Za vsa vzorčevalna mesta in vse merjene radionuklide so določena povprečja mesečnih ali četrletnih koncentracij aktivnosti.

Iz povprečij koncentracij aktivnosti za okolico NEK ter za Ljubljano so določene predvidene učinkovite doze $E(50)$ in/ali $E(70)$ 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. Pri tem smo upoštevali dozne pretvorbene faktorje $h(g)_{j,inh}$ (predvidena učinkovita doza na enoto vnosa) iz reference [9] in hitrosti dihanja 17 L/min ($9\,000 \text{ m}^3$ na leto) za odraslega posameznika, 10,6 L/min za otroka ($5\,585 \text{ m}^3$ na leto) in 2,0 L/min ($1\,044 \text{ m}^3$ na leto) za dojenčka. S seštevanjem predvidenih učinkovitih doz za posamezne radionuklide dobimo predvideno učinkovito 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 torija.



Rezultati izračunov so zbrani v preglednici 5.1 v podpoglavju *Ocena vplivov*.

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 ($42 \text{ m}^3/\text{s}$ oziroma $3\,628\,800 \text{ m}^3$ na dan) so bile določene mesečne in letne emisije posameznih radionuklidov.

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 $(\chi/Q)/(s/\text{m}^3)$. 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.

Za zahtevne razmere, kakršne nastopajo v okolici NE Krško, od 2007 dalje uporabljamo Lagrangeev model širjenja emitiranih snovi v zraku, saj ti upoštevajo konfiguracijo tal in dejanske meteorološke razmere. Pred letom 2007 smo za opis širjenja izpuščenih snovi v ozračju uporabljali le Gaussov model. Oba modela in razlike med njima smo podrobno opisali v poročilu za leto 2007.

Iz podatkov o meritvah mesečnih emisij posameznih radionuklidov, ki sta jih opravila NEK in IJS, ter iz izračunanih povprečnih mesečnih razredčitvenih koeficientov $(\chi/Q)/(s/\text{m}^3)$ (tabela 5.2), ki jih je za posamezne mesece ter mesta v okolici NEK pripravilo podjetje MEIS storitve za okolje d. o. o., so bile izračunane povprečne mesečne koncentracije aktivnosti posameznih radionuklidov na posameznih mestih.

Na sliki 5.1 so podana izračunana povprečja mesečnih koncentracij aktivnosti Cs-137 za različna naselja v odvisnosti od razdalje od NEK z uporabo razredčitvenih koeficientov Lagrangeevega modela. Iz prikazanih vrednosti je razvidno, da je koncentracija aktivnosti Cs-137 pretežno odvisna od razdalje od NEK, delno pa tudi od smeri.

Iz predstavljenih podatkov o razredčitvi in podatkov o plinskih emisijah iz NEK lahko ocenimo tudi povprečno mesečno koncentracijo v posameznih naseljih ter te ocene primerjamo z našimi merskimi podatki. Povprečna mesečna koncentracija aktivnosti posameznega radionuklida A_j na lokaciji l od točke izpusta se izračuna po formuli:

$$A_{jl} = A_{js} \cdot \Phi_v \cdot N \cdot (\chi/Q)_l \quad (5.1)$$

pri čemer je A_{jl} povprečna mesečna koncentracija j -tega radionuklida na lokaciji l , A_{js} povprečna mesečna koncentracija aktivnosti radionuklida j na točki izpusta, Φ_v pretok oziroma hitrost izpusta v enotah m^3/s , $(\chi/Q)_l$ razredčitveni faktor na lokaciji l in N trajanje izpusta (ker upravljamo z mesečnimi vrednostmi, za N privzamemo kar 1 mesec (brez enot)).

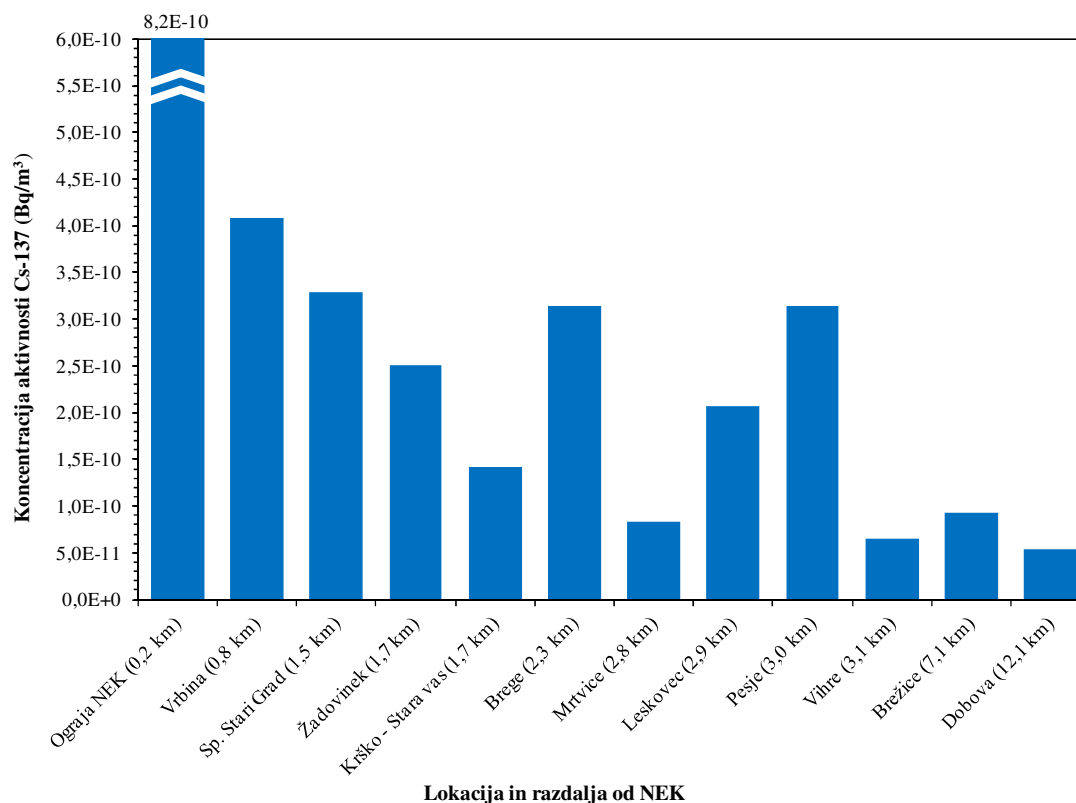
Iz predstavljenih podatkov na sliki 5.1 je razvidno, da so izračunane povprečne koncentracije aktivnosti Cs-137 tudi v primeru najvišje izračunane mesečne koncentracije več velikostnih razredov pod orientacijsko detekcijsko mejo (približno $1 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$), ki jo dosežemo pri meritvah aerosolov. Iz tega lahko sklenemo, da izmerjene povprečne mesečne koncentracije Cs-137, nekaj $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$, na aerosolnih filterih v okolici NEK (tabele T-44 do T-53) niso posledica izpustov iz NEK, temveč posledica 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.

Na sliki 5.2 so predstavljeni povprečni mesečni razredčitveni koeficienti (χ/Q) v enotah s/m^3 za izpust z višine 60 m za okolico elektrarne. Porazdelitev je narejena na osnovi izračunanih mesečnih koeficientov χ/Q . Podatke je posredoval MEIS storitve za okolje d. o. o. Prikazani so koeficienti za leto 2014 (spodnja slika) in za primerjavo še iz prejšnjih let od 2008 dalje.

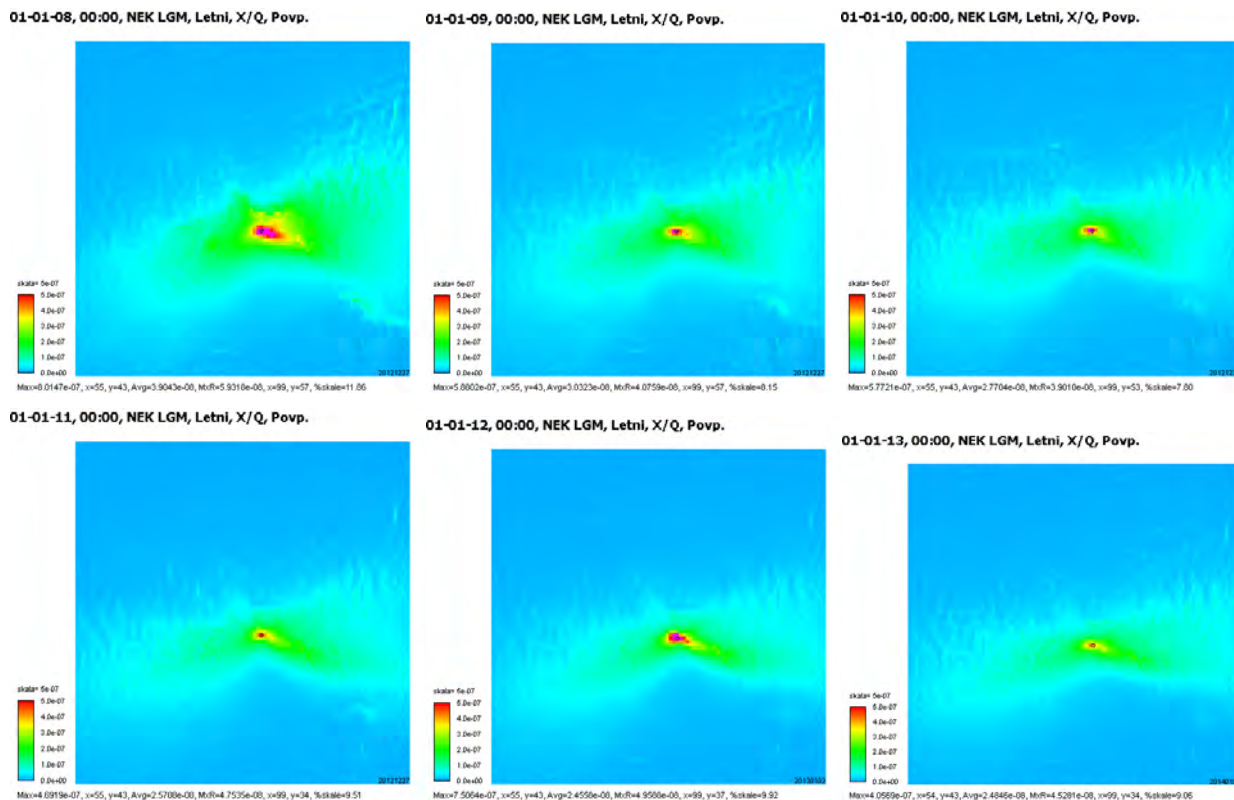


Tabela 5.2: Povprečni mesečni razredčitveni koeficienti $\chi/Q/(s/m^3)$ v letu 2014 za naselja v okolici NEK, ki jih je pripravilo podjetje MEIS storitve za okolje d. o. o. z uporabo Lagrangeevega modela

2014	Spodnji Stari Grad	Vrbina	Brežice	Vihre	Mrtvice	Brege	Žadovinek	Leskovec	Krško - Stara vas	Pesje	Dobova	Ograja NEK
januar	7,29E-08	3,86E-08	1,53E-08	9,03E-09	9,82E-09	2,65E-08	8,78E-08	1,64E-07	2,49E-08	8,92E-08	6,51E-09	8,06E-08
februar	1,52E-07	8,61E-08	2,23E-08	1,35E-08	2,06E-08	4,96E-08	8,64E-08	9,42E-08	5,20E-08	1,42E-07	7,15E-09	1,09E-07
marec	7,73E-08	8,01E-08	2,39E-08	1,73E-08	2,57E-08	6,15E-08	7,11E-08	6,35E-08	4,06E-08	7,18E-08	1,66E-08	8,66E-08
april	1,48E-07	7,90E-08	2,91E-08	2,44E-08	4,29E-08	8,18E-08	9,60E-08	7,76E-08	3,92E-08	1,30E-07	1,89E-08	8,27E-08
maj	1,70E-07	1,37E-07	2,74E-08	2,74E-08	2,89E-08	4,52E-08	7,44E-08	5,65E-08	4,31E-08	1,22E-07	1,47E-08	1,73E-07
junij	1,92E-07	3,76E-07	8,62E-08	3,22E-08	3,08E-08	6,02E-08	1,28E-07	1,05E-07	1,03E-07	1,63E-07	5,21E-08	9,74E-07
julij	2,07E-07	3,57E-07	5,92E-08	4,60E-08	6,41E-08	1,12E-07	8,91E-08	4,91E-08	9,28E-08	2,11E-07	3,58E-08	9,22E-07
avgust	1,39E-07	2,56E-07	6,73E-08	4,14E-08	5,46E-08	8,67E-08	1,65E-07	1,20E-07	8,32E-08	1,73E-07	4,15E-08	5,06E-07
september	1,41E-07	1,51E-07	4,10E-08	3,58E-08	3,95E-08	7,46E-08	1,05E-07	7,27E-08	6,56E-08	1,76E-07	2,11E-08	2,29E-07
oktober	1,51E-07	1,06E-07	3,24E-08	2,04E-08	2,45E-08	6,12E-08	1,15E-07	1,10E-07	5,49E-08	1,34E-07	1,66E-08	1,74E-07
november	8,06E-08	1,03E-07	1,67E-08	1,21E-08	1,50E-08	3,10E-08	1,58E-07	1,71E-07	5,09E-08	8,11E-08	6,76E-09	1,25E-07
december	1,17E-07	6,21E-08	1,53E-08	2,04E-08	3,06E-08	5,41E-08	9,25E-08	7,61E-08	3,53E-08	9,82E-08	7,65E-09	9,50E-08

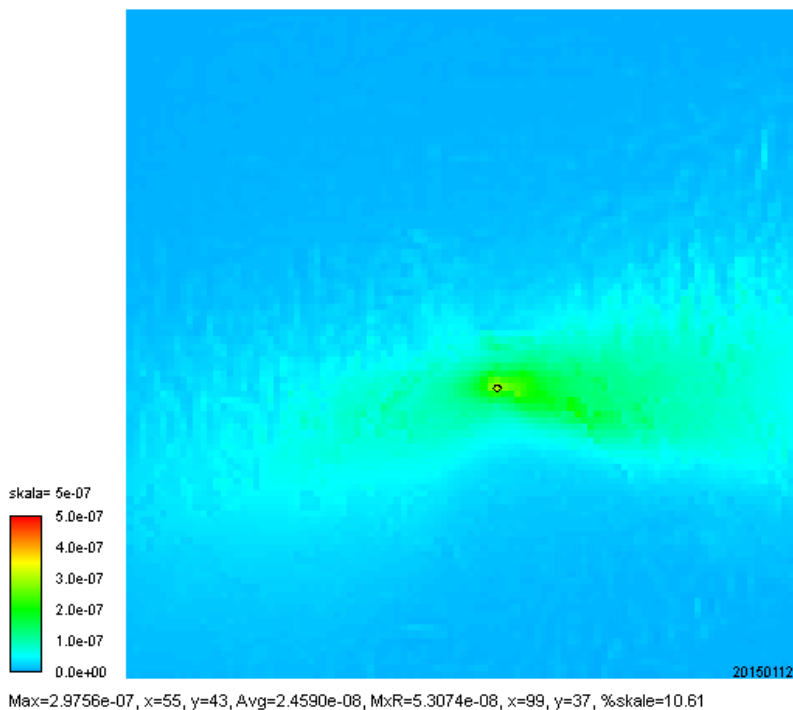


Slika 5.1: Primerjava izračunanih povprečij mesečnih koncentracij aktivnosti Cs-137 v različno oddaljenih naseljih



a) Leta od 2008 do 2013

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



b) Leto 2014

Slika 5.2: Povprečni letni razredčitveni koeficienti $(\chi/Q)/(s/m^3)$, izračunani po Lagrangeevem modelu za izpust z višine 60 m za okolico NEK za leta 2008–2013 (na zgornjih slikah) in za preteklo leto 2014 (na spodnji sliki). Podatke je posredoval MEIS storitve za okolje d. o. o.



S slike 5.2 je razvidno, da sta prevladujoči smeri, v katerih se v poprečju gibljejo izpusti NEK, proti jugozahodu in proti jugovzhodu. Zato so tudi izračunane koncentracije aktivnosti radionuklidov v naseljih jugozahodno in jugovzhodno od NEK (Žadovinek) višje za faktor štiri ali več od tistih v smeri severozahodno in severovzhodno od NEK (Stara vas) na približno isti oddaljenosti.

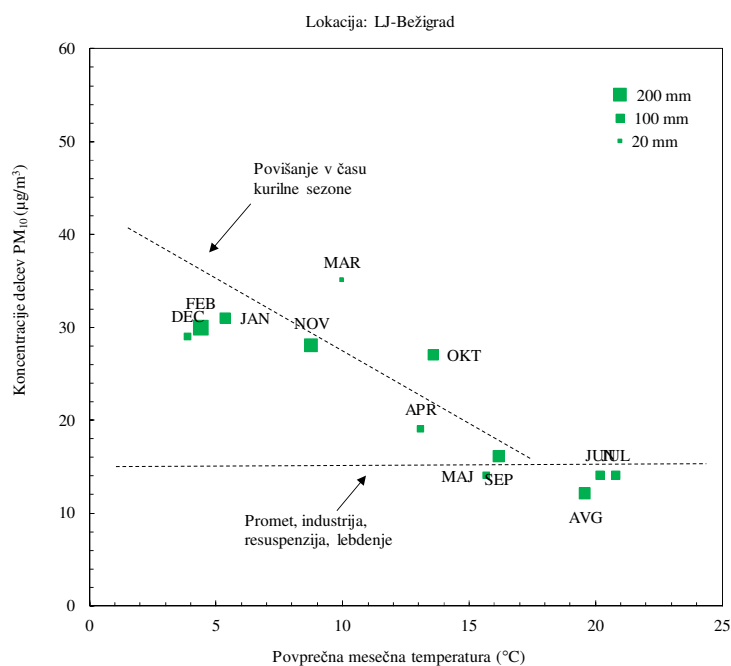
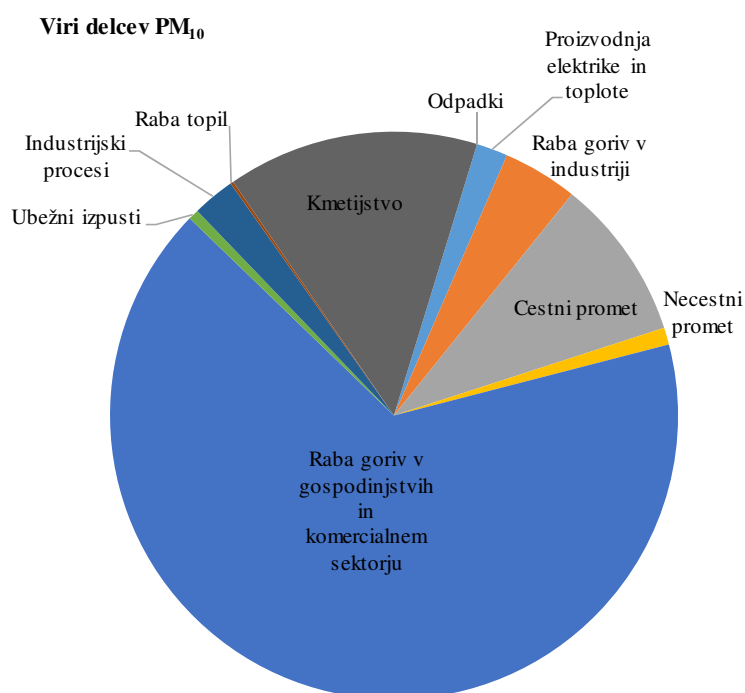
V dosedanjih poročilih prejšnjih let smo privzeli hipotezo, da so izmerjene koncentracije aktivnosti Cs-137 na filtrih vzorčevalnih črpalk posledica resuspenzije Cs-137 iz zemlje. Nekatera literatura navaja v letu 2013 rahlo povišane koncentracije Cs-137, ki so bile do tedaj pod mejami detekcije, kar pripisujejo povišani uporabi drv in lesne biomase (peleti, briketi), ki vsebujejo višje aktivnosti Cs-137 [45]. Ugotovljena je bila korelacija koncentracije aktivnosti z nizkimi temperaturami in koncentracijo prašnih delcev PM_{10} (velikosti delcev z aerodinamičnim premerom pod $10 \mu m$).

Novo hipotezo iz leta 2013 o izviru Cs-137 smo ponovno preverili na podatkih, izmerjenih v letu 2014. Iz meritev prašnih delcev PM_{10} tipično ugotovimo, da so koncentracije povišane predvsem v hladnejših mesecih [46]. Na podlagi rednih meritev Agencija RS za okolje spremlja različne kazalce okolja v Sloveniji, kjer so lahko identificirali različne vire delcev PM_{10} [47]. Kot je razvidno s slike 5.3, onesnaženju z delci največ prispevajo individualna kurišča (v času kurilne sezone), deloma in v precej manjši meri pa tudi promet, industrija in ponovni dvig ter lebdenje delcev v ozračju. Velik vpliv na koncentracijo delcev imajo vremenske razmere (izpiranje zaradi dežja).

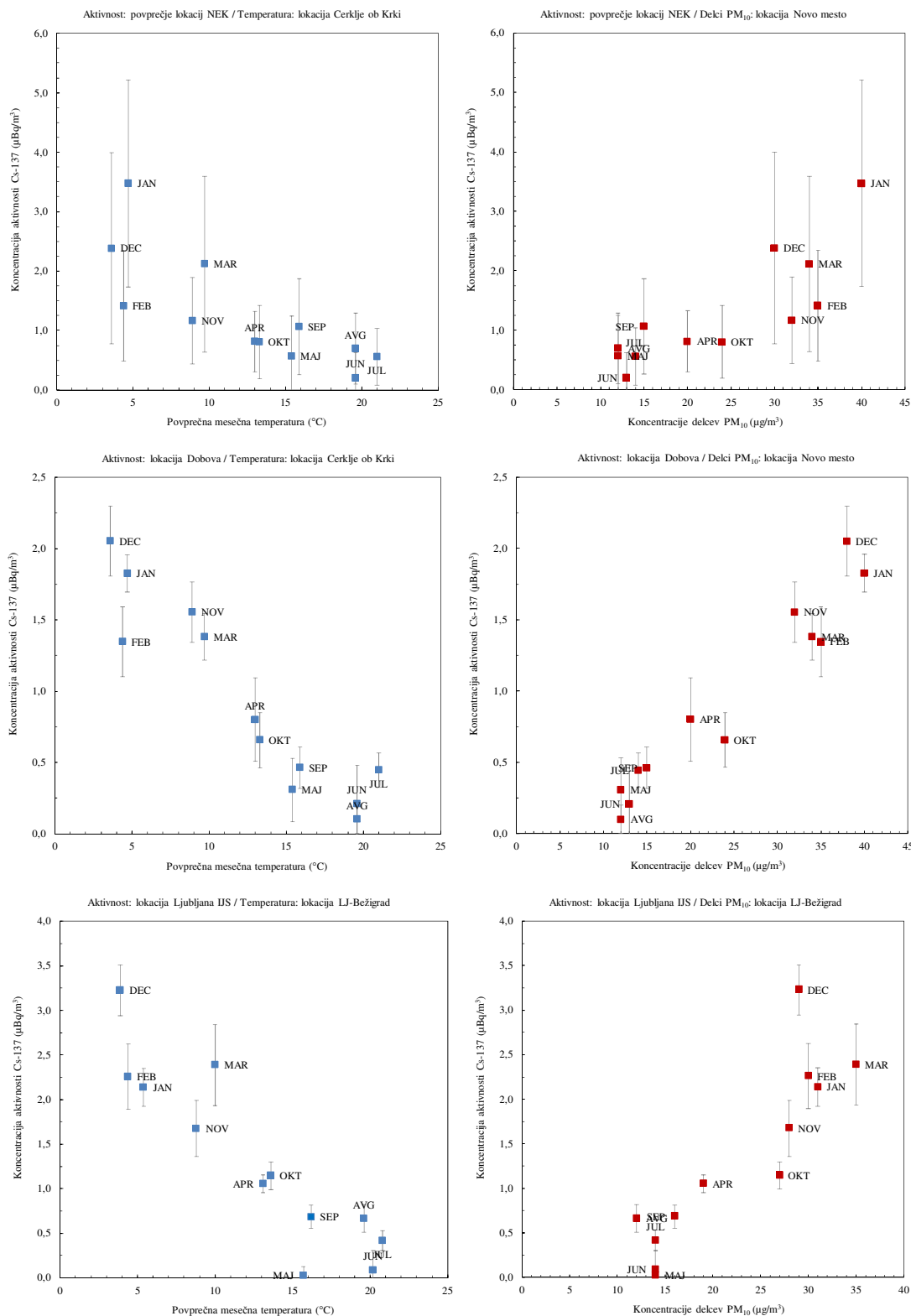
Na sliki 5.4 smo primerjali odvisnost izmerjenih koncentracij aktivnosti Cs-137 v zraku in povprečnih mesečnih temperatur oziroma koncentracij prašnih delcev. Ugotovljena je bila močna antikorelacija s temperaturo in močna korelacija s prašnimi delci. Podatke za koncentracije delcev PM_{10} smo vzeli z lokacije Novo mesto, podatke za temperaturo z lokacije Cerkje ob Krki ter jih primerjali s podatki o koncentracijah Cs-137, in sicer za povprečje vrednostih vseh lokacij okrog NEK in za vrednosti na lokaciji Dobova. Enako primerjavo smo izvedli tudi za meritve prašnih delcev, temperature in koncentracij Cs-137 na referenčni lokaciji IJS v Ljubljani.

Iz zgornjih ugotovitev izhaja, da je v hladnih mesecih povišana uporaba lesnih kuriv, ki zaradi vsebnosti Cs-137 povišajo vrednosti v ozračju. To potrjujejo tudi meritve, kjer so koncentracije aktivnosti Cs-137, izmerjene v hladnejših mesecih, lahko tudi za velikostni red višje od vrednosti v toplejših mesecih, ko so na nekaterih merilnih postajah te velikokrat celo pod mejo detekcije.

Iz tega lahko sklenemo, da je prispevek k 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.



Slika 5.3: Različni viri prašnih delcev PM₁₀ (z aerodinamičnim premerom pod 10 µm) v letu 2011. Največji prispevek h koncentracijam prašnih delcev v Sloveniji prispevajo individualna kurišča (drva, briketi, peleti), kar je med kurilno sezono lepo vidno v povišanih koncentracijah na sliki spodaj (v letu 2014, lokacija Ljubljana Bežigrad). Ker so koncentracije lahko zmanjšane zaradi padavin, v grafu spodaj velikost kvadrata sorazmerno izraža količino padavin v posameznem mesecu.



Slika 5.4: Korelacija izmerjenih mesečnih koncentracij aktivnosti Cs-137 s povprečno mesečno temperaturo in koncentracijo prašnih delcev PM₁₀. Grafi so izdelani za koncentracije aktivnosti Cs-137 kot povprečje vseh lokacij okrog NEK, lokacijo Dobova in koncentracije aktivnosti referenčne lokacije v Ljubljani na IJS. Za podatke smo vzeli najbližje razpoložljive podatke za temperaturo (Cerklje ob Krki oziroma Ljubljana Bežigrad) in prašne delce (Novo mesto in Ljubljana Bežigrad).



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 , ki jo prejme posameznik v starostni skupini prebivalstva ali skupini izpostavljenih delavcev g , se ugotavlja kot vsota vseh prispevkov zaradi vnosa različnih radionuklidov z vdihavanjem:

$$E = \sum_j h(g)_{j,\text{inh}} A_{j,\text{inh}} \quad (5.2)$$

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

V našem primeru vnos j -tega radionuklida $A_{j,\text{inh}}$ izračunamo kot:

$$A_{j,\text{inh}} = a_j V_d t \quad (5.3)$$

kjer je a_j koncentracija/specifična aktivnost j -tega radionuklida iz enačbe (5.1), V_d hitrost dihanja in t trajanje vdihavanja.

Ob upoštevanju privzetih hitrosti dihanja za določeno starostno skupino in podatkov o povprečnih mesečnih emisijah posameznih radionuklidov lahko ocenimo vnos posameznega radionuklida v telo zaradi vdihavanja. Z upoštevanjem ustreznih doznih pretvorbenih faktorjev $h(g)_{j,\text{inh}}/(\text{Sv/Bq})$ [9] za posamezne radionuklide in posamezno starostno skupino dobimo oceno za mesečne prispevke posameznega izotopa k letni dozi.

Na podlagi zgoraj opisane metodologije je tako izračun doz narejen ob upoštevanju povprečnih mesečnih razredčitvenih koeficientov χ/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. V preglednici 5.2 podajamo ocenjene letne efektivne doze zaradi inhalacije in imerzije za odraslega prebivalca (starost > 17 let) na lokaciji Spodnji Stari Grad in ob ograji NEK, ocenjene na osnovi meritev mesečnih izpustov tritija (H-3), ogljika (C-14) ter meritev aerosolov in žlahtnih plinov. Mesečni izpusti in posledično ocenjene doze so prikazane na sliki 5.7.

Na sliki 5.5 so predstavljene predvidene letne efektivne doze zaradi umetnih radionuklidov (μSv na leto) za odraslega človeka, izračunane iz meritev aerosolnih filtrov v okolici NEK in v Ljubljani v letih od 2000 do 2014.

Kot je razvidno s slike 5.5, 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-137, Cs-134 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 filterih 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.



Slika 5.5: 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-odstotno zanesljivost).

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 [9]. 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 [11].

Na sliki 5.6 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 χ/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 Lagrangevega modela za izračun razredčitvenih koeficientov oziroma razširjanja efluentov (aerosoli, partikulati, molekule) v zraku,



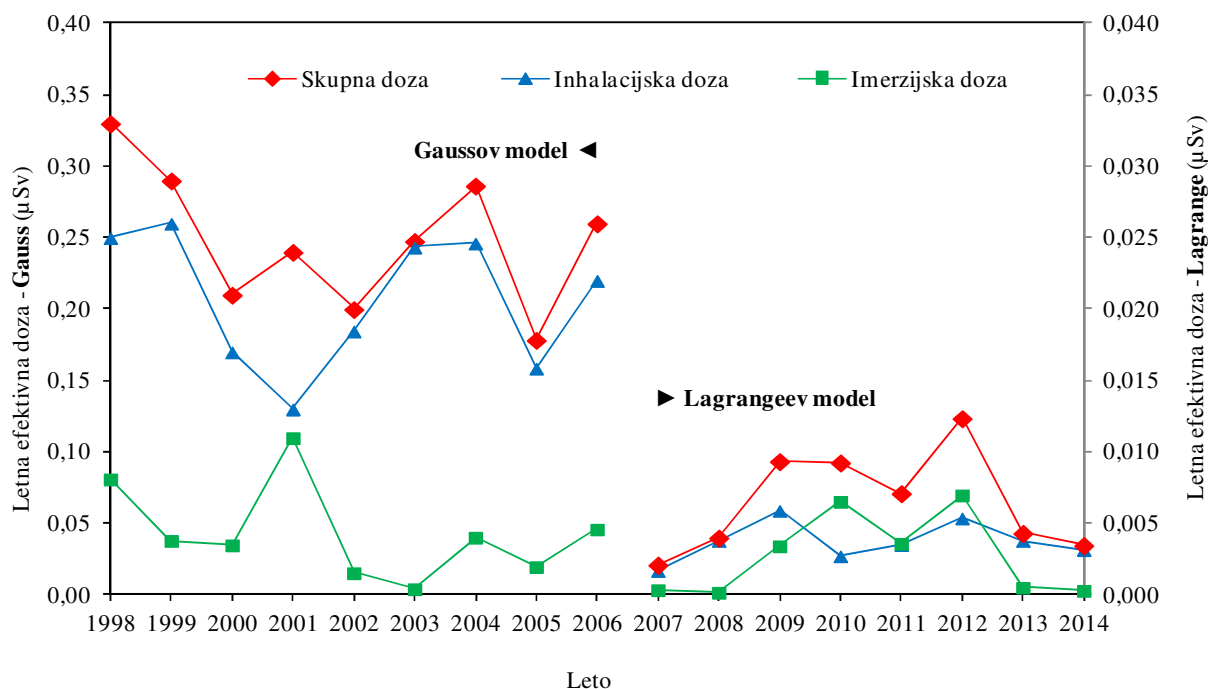
izračunana doza bistveno zmanjša. V dodatku k poročilu za leto 2007 [3] je opisana primerjava med izračunom razredčitvenih faktorjev z različnimi modeli.

Gaussov model je primeren predvsem za preproste ravninske geometrije in je zelo verjetno, da so bile vrednosti učinkovnih doz za inhalacijo in imerzijo zaradi plinskih emisij iz NEK v določeni meri precenjene v letih pred 2007. Sedanja ocenjena letna učinkovna 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). Izračunane doze zaradi vdihavanja zračnih delcev iz podatkov o zračnih emisijah in razredčitvenih koeficientov iz Lagrangeevega modela so v letu 2014, ob upoštevanju negotovosti določitve doz, na ravni nivojev v obdobju 2007–2013. To kaže na stabilne razmere obratovanja jedrske elektrarne in na podobnost letnih vremenskih razmer.

Med zračnimi izpusti je tudi izotop C-14. Prispevek C-14 k inhalacijski dozi za odraslo osebo na lokaciji Spodnji Stari Grad je majhen in je nekaj odstotkov skupne inhalacijske doze, v letu 2014 je bil 0,17 nSv (5,3 %). V preteklih letih je ta vrednost variirala: 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.

C-14 se vgrajuje v rastline, ki jih uživajo ljudje in živali. Pri prispevku k dozi zaradi izpustov C-14 je tako treba upoštevati predvsem ingestijsko dozo. V zadnjih letih je Institut Ruđer Bošković izdelal več študij, v katerih je bila ocenjena letna učinkovna doza zaradi ingestije C-14 iz zračnih izpustov NEK [17], [18]. V študijah se primerja doza zaradi uživanja hrane iz neposredne okolice NEK (ograja) in kontrolne lokacije v Dobovi. Učinkovna letna doza je izračunana ob predpostavki, da človek dva meseca uživa hrano iz neposredne okolice NEK (ograja in bližnja okolica) in deset mesecev s področij, kjer se ne čuti vpliva NEK (Dobova).

Ocenjena letna učinkovna doza zaradi zauživanja C-14 na kontrolni lokaciji v Dobovi je okoli 15 μ Sv, dodatna doza zaradi prispevka C-14 kot posledica izpustov iz NEK pa je bila v 2014 0,04 μ Sv in je v okviru povprečja vrednosti prejšnjih let [17], [18].



Slika 5.6: Ocena inhalacijskih, imerzijskih in skupnih doz za odrasle za Spodnji Stari Grad od leta 1998 dalje (μ Sv 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).



OCENA VPLIVOV

Meritve I-131 v zraku (tabela T-43) kažejo, da detekcijska meja $0,1 \text{ mBq/m}^3$ v letu 2014 ni bila presežena na nobenem od vzorčevalnih mest. Zato lahko dobimo samo oceno za zgornjo mejo prispevka I-131 tako, da za koncentracijo privzamemo merilno mejo $0,1 \text{ mBq/m}^3$. Letne predvidene učinkovite doze, ki jih tako izračunamo, so za odraslega človeka $6,7 \text{ nSv}$, za otroka $10,5 \text{ nSv}$ in za dojenčka pa $7,5 \text{ nSv}$ (razlike so posledica pretvorbennih doznih faktorjev in količine vdihanega zraka).

Meritve na aerosolnih filterih v okolici NEK kažejo, da je med naravnimi radionuklidi najpomembnejši prispevek k letni predvideni učinkoviti dozi za odraslega človeka prispevek naravnega izotopa Pb-210, in sicer $(31 \pm 0,2) \mu\text{Sv}$ na leto, kar je zelo podobno dozam iz preteklih let ($37\text{--}49 \mu\text{Sv}$ na leto v obdobju 2005–2013). Prispevek Pb-210 k celotni dozi je največji, ker ima radionuklid zelo visok dozni pretvorbenni faktor [9].

Drugi naravni radionuklid po prispevku k dozi v letu 2014 je Th-228 ($3,2 \pm 0,1) \mu\text{Sv}$, tretji pa Th-230 ($1,4 \pm 1,0) \mu\text{Sv}$, vendar je negotovost ocene doze zaradi Th-230 enake velikosti kot doza sama in vrednosti ne moremo obravnavati z enako pomembnostjo. V letu 2011 npr. Th-230 sploh ni bil zaznan. Velika merilna negotovost in vrednosti pod mejo detekcije potrjujejo dejstvo, da so koncentracije Th-230 na meji zaznavanja in izmerjenih vrednosti oziroma prispevkov k dozi, ki jih povzroča Th-230, ne moremo obravnavati z enako pomembnostjo kot pri radionuklidih, ki jih bolje detektiramo.

V letu 2014 sta k dozi med umetnimi radionuklidi prispevala Cs-137 in Sr-90. Oba izotopa 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.

Prispevek umetnih radionuklidov je v primerjavi s prispevkom naravnih radionuklidov zelo majhen. V letu 2014 sta prispevka umetnih radionuklidov Cs-137 in Sr-90 primerljiva ($\frac{3}{4}$ in $\frac{1}{4}$). Izračunana predvidena učinkovita doza zaradi umetnih radionuklidov je več kot 10 000-krat manjša od izračunane doze zaradi naravnih radionuklidov. V letu 2014 je izračunana učinkovita doza zaradi umetnih radionuklidov ($0,6 \pm 0,2) \text{ nSv}$. Obremenitev prebivalstva zaradi vdihavanja Cs-137 in Sr-90 je nizka, v letu 2014 je bil prispevek Cs-137 k letni dozi ($0,45 \pm 0,05) \text{ nSv}$ in Sr-90 ($0,17 \pm 0,10) \text{ nSv}$.

Povprečna izračunana učinkovita doza zaradi umetnih radionuklidov v obdobju 2007–2013 je bila ($1,9 \pm 2,0) \text{ nSv}$. V tem obdobju je bila največja doza v letu 2011 ($5,8 \pm 1,5) \text{ nSv}$, 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.

Predvidena učinkovita doza je zaradi vseh detektiranih radionuklidov v letu 2014 za odraslega človeka v okolici NEK ($38 \pm 1) \mu\text{Sv}$ na leto in je zelo podobna vrednostim iz preteklih let (2013: ($44 \pm 4) \mu\text{Sv}$; 2012: ($50 \pm 7) \mu\text{Sv}$; 2011: ($50 \pm 3) \mu\text{Sv}$; 2010: ($42 \pm 6) \mu\text{Sv}$; 2009: ($45 \pm 5) \mu\text{Sv}$). Celotna predvidena učinkovita doza za otroka je ($30 \pm 1) \mu\text{Sv}$ in za dojenčka ($14 \pm 0,3) \mu\text{Sv}$.

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 $30 \mu\text{Sv}$ in $40 \mu\text{Sv}$ na leto.

Izračunana predvidena letna učinkovita doza zaradi inhalacije za prebivalca v okolici NEK za leto 2014 je večja kot za prebivalca v Ljubljani, kar je posledica izmerjenih vrednosti naravnih radionuklidov. Večja doza v okolici NEK je posledica večje resuspenzije iz zemlje kot posledice obdelave polj, česar je na Krškem polju več kot v Ljubljani. Prispevek umetnih radionuklidov je tako v okolici NEK kot v Ljubljani zanemarljiv. Povzetek vsot predvidenih učinkovitih doz, izračunanih iz meritev aerosolnih filtrov, je v preglednici 5.1.



Preglednica 5.1: Aerosolni filtri v letu 2014 - povzetek vsot predvidenih učinkovitih doz (*) za odrasle, otroke in dojenčke, izračunane iz merskih podatkov v T-44 do T-55 ter doznih pretvorbenih faktorjev iz reference [9]

STAROSTNA SKUPINA	VRSTA VSOTE	AEROSOLNI FILTRI – POVPREČJE (μSv na leto)	
		OKOLICA NEK	LJUBLJANA
ODRASLI <i>E(50)</i>	umetni radionuklidi	0,000 6 \pm 0,000 2	0,000 5 \pm 0,000 02
	umetni in naravni radionuklidi	38 \pm 1	32 \pm 1
OTROCI <i>E(70)</i>	umetni radionuklidi	0,000 5 \pm 0,000 1	0,000 4 \pm 0,000 02
	umetni in naravni radionuklidi	30 \pm 1	26 \pm 1
DOJENČKI <i>E(70)</i>	umetni radionuklidi	0,000 2 \pm 0,000 05	0,000 15 \pm 0,000 01
	umetni in naravni radionuklidi	14 \pm 0,3	12 \pm 0,2

(*) Predvidene učinkovite doze so izračunane iz predpostavke, da odrasel človek vdihne 9 000 m³ zraka na leto (povprečna hitrost dihanja 17 L/min), da otrok (7–12 let) vdihne 5 585 m³ zraka na leto (povprečna hitrost dihanja 10,6 L/min) in da dojenček (do 1 leta) vdihne 1 044 m³ zraka na leto (povprečna hitrost dihanja 2,0 L/min).

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 razredčitev koncentracije radionuklidov od točke izpusta.

Meritve emisij na izpuhu NEK in podatki o izračunanih povprečnih mesečnih razredčitvenih koeficientih $(\lambda/Q)/(s/m^3)$ za posamezna mesta v okolici NEK (tabela 5.2) nam omogočajo, da izračunamo inhalacijski in imerzijski prispevek k letni učinkoviti dozi zaradi zračnih emisij NEK. V preglednicah 5.2 in 5.3 so izračunane inhalacijske in imerzijske doze v okolici NEK. Najvišje izračunane doze so bile v letu 2014 v Vrbinu in nato v Žadovinku, kjer so stopnje razredčitve najnižje.

Iz preglednice 5.2 je razvidno, da je praktično vsa inhalacijska doza posledica zračnih emisij tritija. Tritij prispeva k skupni inhalacijski dozi 3 nSv na leto (predvsem v obliki emisij HTO), kar je podobno kot v preteklih letih (2013: 5,2 nSv; 2012: 5,4 nSv; 2011: 3,5 nSv; 2010: 2,8 nSv; 2009: 6,9 nSv). Ocenjeni prispevek k skupni inhalacijski dozi vseh drugih radionuklidov je bistveno manjši. Podobno kot v letih 2012 in 2013 so bili tudi v letu 2014 v izpustih izmerjeni prispevki joda, ki jih sicer ni bilo leta 2011 in 2010. To kaže, da je bila integriteta goriva v gorivnem ciklu 2014–2015 ponovno slabša kot v gorivnem ciklu 2012–2013, ko je celo prišlo do večjih poškodb gorivnih palic; med remontom NEK v 2013 je bilo odkritih 6 poškodovanih gorivnih elementov, v treh je bilo skupaj 8 gorivnih palic močno poškodovanih ali prelomljenih [49]. Izpusti izotopov joda v letu 2013 so okvirno za en velikostni razred višji kot v letu 2012. Merite v izpustih v letu 2014 pa kažejo, da je v gorivnem ciklu 2014–2015 ponovno prišlo do poškodbe katere izmed gorivnih palic [50], vendar najverjetneje v manjšem obsegu, saj so izpusti izotopov joda v letu 2014 za približno velikostni red nižji kot v letu 2013. Natančnejša analiza med izvajanjem remontnih del v 2015 bo seveda jasno pokazala obseg poškodb.

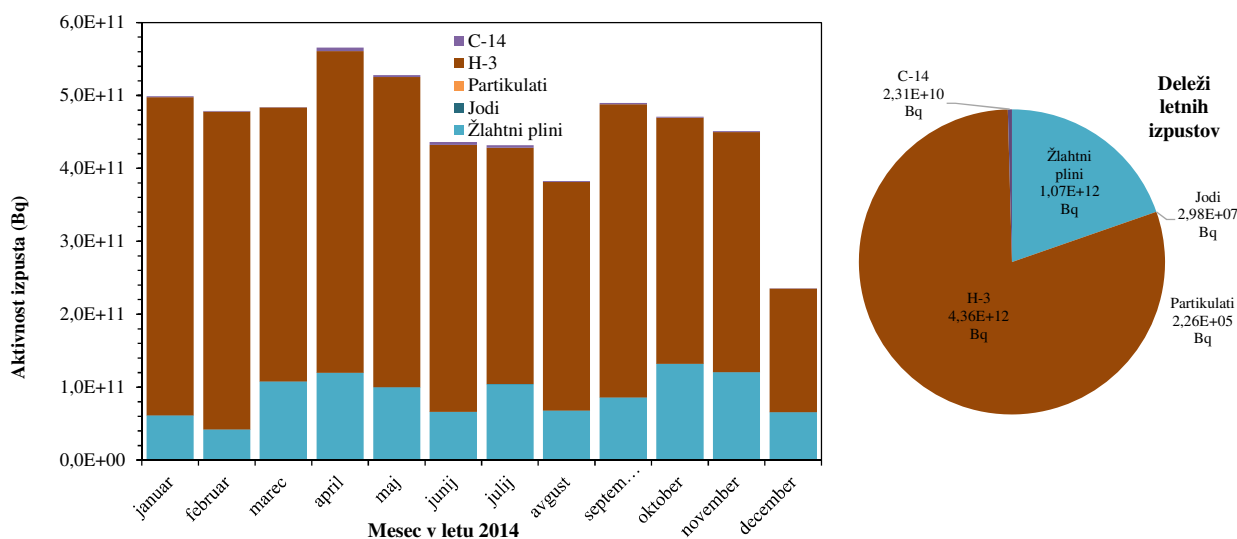
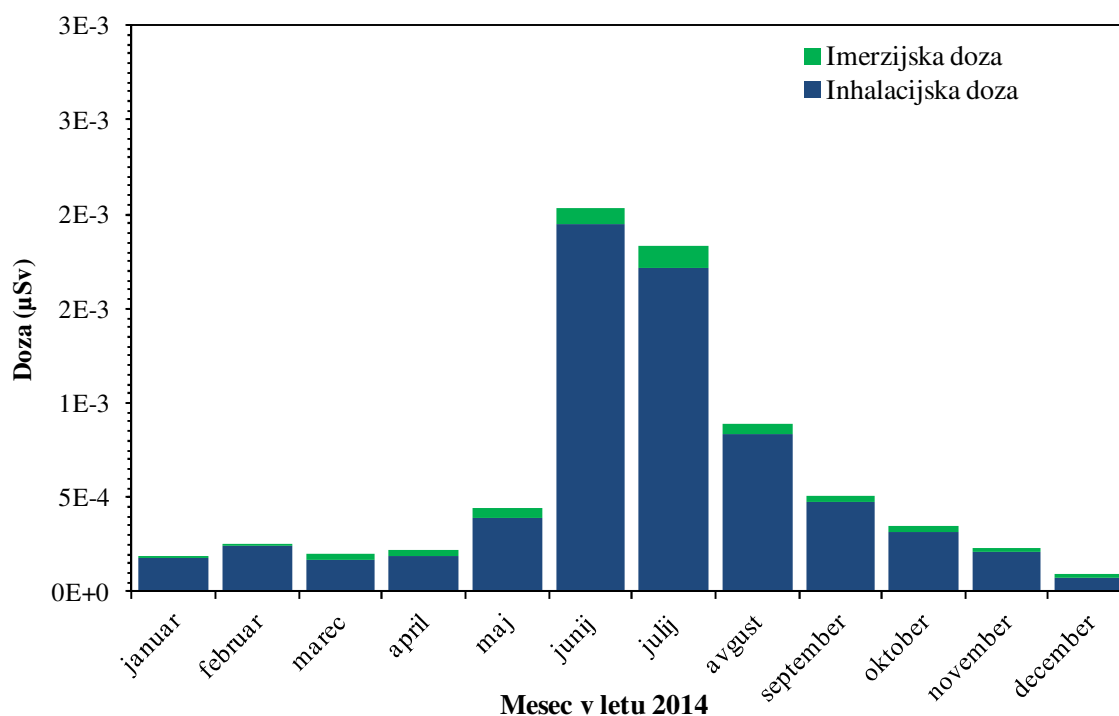
Ocenjena predvidena učinkovita letna inhalacijska doza za odraslo osebo za Spodnji Stari Grad za leto 2014 je 3,2 nSv, ob ograji NEK pa 6,8 nSv. V obdobju 2007–2013 so se predvidene letne inhalacijske doze za odraslo osebo za Spodnji Stari Grad gibale med 1,7 nSv (2007) in 6,9 nSv (2009) za odraslo osebo 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).



Preglednica 5.2: Predvidene letne efektivne doze 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. Ocena doz je narejena na podlagi inhalacijskih in imerzijskih doznih pretvorbenih faktorjev iz reference [9] in predpostavke o hitrosti dihanja 17 L/min ter mesečnih prizemnih razredčitvenih koeficientih λ/Q , izračunanih na podlagi Lagrangeevega modela.

	Izotop	Letna efektivna doza (μSv)	
		Spodnji Stari Grad	Ograja NEK
Pare, plini (inhalacija)	I-131	1,3E-06	2,8E-06
	I-132	9,8E-09	2,2E-08
	I-133	1,4E-06	3,2E-06
	I-135	-	-
	HTO	3,0E-03	6,3E-03
	HT + CHT	8,9E-07	1,5E-06
	¹⁴ CO ₂	4,6E-06	1,2E-05
	¹⁴ CH ₄	1,7E-04	4,8E-04
Aerosoli (inhalacija)	Na-22	-	-
	Co-57	6,8E-12	3,8E-12
	Co-58	5,9E-09	1,2E-08
	Co-60	7,4E-08	2,4E-07
	Nb-95	-	-
	Ru-103	2,6E-08	5,5E-08
	Ag-110m	-	-
	Sb-125	-	-
	Te-125m	1,2E-11	6,9E-12
	Te-127m	1,3E-09	1,1E-09
	Cs-137	1,1E-07	2,8E-07
	Fe-55	2,6E-09	8,5E-09
	Sr-89/Sr-90	1,1E-08	2,4E-08
Žlahtni plini (imerzija)	Xe-131m	4,6E-05	9,3E-05
	Xe-133	1,7E-05	5,5E-05
	Xe-133m	1,9E-08	3,4E-08
	Xe-135	7,7E-05	1,1E-04
	Xe-135m	1,5E-05	1,9E-05
	Ar-41	1,6E-04	2,2E-04
	Kr-85	-	-
	Kr-85m	-	-
	Inhalacijska doza	3,2E-03	6,8E-03
	Imerzijska doza	3,1E-04	5,0E-04
	DOZA - SKUPAJ	3,5E-03	7,3E-03

Inhalacijska doza po mesecih v letu 2014 za posameznika iz prebivalstva v naselju Spodnji Stari Grad je prikazana na sliki 5.7. Inhalacijska doza je izračunana na podlagi plinskih izpustov iz NEK, ki so prikazani na sliki 5.7 spodaj. Največja mesečna inhalacijska doza je bila v juniju 2014. Povišana doza ni posledica morebitnih večjih izpustov, saj niso bili takrat najvišji v letu, ampak predvsem posledica meteoroloških razmer. To je lepo razvidno iz tabele 5.2, kjer so izračunani razredčitveni faktorji najvišji.



Slika 5.7: Mesečne inhalacijske in imerzijske doze za posameznika iz prebivalstva v naselju Spodnji Stari Grad (zgornji graf) in plinski izpusti NEK (spodnji graf), na podlagi katerih so te doze izračunane. Največji prispevek k inhalacijski dozi daje H-3 v obliki vodne pare, k imerzijski pa različni izotopi Xe in Ar-41 (Preglednica 5.2.).

- Vir:
- mesečni emisijski podatki NEK [6]
 - IJS - analize mesečnih sestavljenih emisijskih vzorcev H-3, C-14 in aerosolov
 - povprečni mesečni razredčitveni koeficienti λ/Q (MEIS storitve za okolje d. o. o.) za prizemni izpust

Zunanje obsevanje zaradi radioaktivnih izotopov v zraku (imerzijska doza) je predvsem posledica izpustov žlahtnih plinov različnih izotopov Xe in Ar-41 v letu 2014. Celotna letna imerzijska doza za Spodnji Stari Grad za leto 2014 je bila 0,31 nSv in zelo nizka oziroma za približno en velikostni red nižja od doz v preteklih letih 2009–2013, ko se je gibala v razponu med 0,5 nSv in 6,4 nSv. Skozi leto ni bilo opaziti bistvenih mesečnih variacij imerzijske doze, deloma tudi zato, ker v letu 2014 ni bilo remonta



NEK (slika 5.7). 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 razredčitev. S slike 5.2 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 2014, je 3,2 nSv. Doze so podobne kot v preteklih letih (2013: 5,7 nSv; 2012: 12,4 nSv; 2011: 7,1 nSv; 2010: 9,4 nSv).

Za primerjavo je v preglednici 5.2 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 20-krat večje kot pa na referenčni lokaciji Spodnji Stari Grad (1,5 km).

V preglednici 5.3 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 0,5 nSv (Dobova) do 7,3 nSv (ograja NEK).

Preglednica 5.3: Ocene inhalacijskih in imerzijskih doz za okolico NEK v letu 2014 z uporabo Lagrangeevega modela. Uporabljeni so podatki za dozne pretvorbene faktorje iz reference [9] za odrasle in otroke.

PREGLED SKUPNIH LETNIH DOZ (Lagrangeev model)								
Naselje	Razdalja od NEK [km]	Inhalacijska doza [μ Sv]			Imerzijska doza [μ Sv]	Skupna doza [μ Sv]		
		Odrasli	Otroci	Dojenčki	Odrasli (otroci, dojenčki)	Odrasli	Otroci	Dojenčki
Ograja NEK	0,5	6,8E-03	5,0E-03	2,0E-03	5,0E-04	7,3E-03	5,5E-03	2,5E-03
Vrbina	0,8	3,5E-03	2,6E-03	1,0E-03	2,9E-04	3,8E-03	2,9E-03	1,3E-03
Spodnji Stari Grad	1,5	3,2E-03	2,4E-03	9,3E-04	3,1E-04	3,5E-03	2,7E-03	1,2E-03
Žadovinek	1,7	2,4E-03	1,8E-03	7,0E-04	2,4E-04	2,6E-03	2,0E-03	9,4E-04
Krško - Stara vas	1,7	1,3E-03	9,8E-04	3,8E-04	1,2E-04	1,4E-03	1,1E-03	5,0E-04
Brege	2,3	1,4E-03	1,1E-03	4,1E-04	1,5E-04	1,6E-03	1,2E-03	5,6E-04
Mrtvice	2,8	7,3E-04	5,5E-04	2,1E-04	7,5E-05	8,0E-04	6,2E-04	2,9E-04
Leskovec	2,9	2,2E-03	1,7E-03	6,6E-04	2,1E-04	2,4E-03	1,9E-03	8,7E-04
Pesje	3,0	3,1E-03	2,3E-03	9,0E-04	2,9E-04	3,3E-03	2,6E-03	1,2E-03
Vihre	3,1	5,7E-04	4,3E-04	1,7E-04	5,6E-05	6,2E-04	4,8E-04	2,2E-04
Brežice	7,1	8,4E-04	6,3E-04	2,4E-04	7,3E-05	9,1E-04	7,0E-04	3,2E-04
Dobova	12,1	4,7E-04	3,5E-04	1,4E-04	4,2E-05	5,1E-04	3,9E-04	1,8E-04

* barvna skala sorazmerno izraža skupno dozo – rdeča najvišje, zelena najnižje.

SKLEPI

Sedanji program vzorčevanja in meritev omogoča primeren vpogled in nadzor zračnih emisij NEK in koncentracij radionuklidov 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 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. 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 [52], 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 μSv na leto na razdalji 500 m in manjša od 0,24 μSv na leto na razdalji 5 000 m. Za NEK so ocenjene doze bistveno nižje, kot je razvidno iz preglednice 5.3, na razdaljah 500 m oziroma 800 m od NEK (ekvivalent 500 m) so doze 0,0073 μSv oziroma 0,004 μSv na leto, na večjih razdaljah 3 000 m oziroma 7 100 m od NEK (ekvivalent 5 000 m) pa so doze 0,0033 μSv oziroma 0,000 9 μSv 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 2014 pokazalo naslednje:

- predvidena efektivna doza zaradi inhalacije aerosolov v okolici NEK je predvsem posledica inhalacije dolgoživih naravnih radionuklidov in je za odraslega posameznika (38 ± 1) μSv 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 ($0,6 \pm 0,2$) nSv na leto;
- izpusti žlahtnih plinov iz NEK (izotopi Xe) povzročajo glavnino zunanjšega sevanja (imerzijska doza), ki je za odraslega posameznika iz referenčne skupine prebivalstva (naselje Spodnji Stari Grad) 0,31 nSv na leto; na ograji NEK je 0,5 nSv na leto
- 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 3,2 nSv na leto, ob ograji NEK pa 6,8 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;
- na osnovi meritev C-14 v vzorcih hrane, ki so bile opravljene v letu 2014, je težko določiti prispevek, ki ga povzročajo izpusti iz NEK in vgrajevanje tega C-14 v hrano; izmerjene vrednosti na referenčni lokaciji v Dobovi in v vzorcih iz sadovnjaka ob NEK so znotraj merilne negotovosti primerljive; obenem povzročajo težavo pri ocenjevanju prispevka sezonske variacije v koncentraciji C-14 v zraku, zato dozo zaradi ingestije C-14, ki je v zračnih izpustih NEK, ocenjujemo na 0,04 μSv oziroma na podobno vrednost kot v preteklih letih;
- 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 3,5 nSv, ob ograji NEK pa 7,3 nSv v letu 2014.



6 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 2014 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 poplavljene. Vrednosti letnega okoljskega doznega ekvivalenta $H^(10)$ zaradi naravnih in umetnih radionuklidov v zemlji pri predpostavki enakomerne porazdelitve v letu 2014 v okolici NEK so med $(0,44 \pm 0,02)$ mSv za zemljo v Kusovi Vrbini in $(0,63 \pm 0,03)$ 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 8 %. 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 2014 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 $(0,76 \pm 0,09)$ mSv, na ograji NEK $(0,55 \pm 0,04)$ mSv in v okolici Zagreba na Hrvaškem $(0,80 \pm 0,12)$ mSv. Vrednost letnega okoljskega doznega ekvivalenta v okolici NEK, ki je bil določen z meritvami s TLD-400, ki ga uporablja IJS, in LiF, ki ga 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 2014 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 v zemlji so: 420 Bq/kg, 33 Bq/kg, in 45 Bq/kg [51].

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 zunanjega 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), predpisuje pravilnik o nadzoru radioaktivnosti (JV10) [8] periodična vzorčevanja 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 zunanjega naravnega 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 zunanjega sevanja in zgodnjega opozarjanja se uporabljajo kontinuirni merilniki hitrosti doze – MFM, ki so nameščeni v mrežo po Sloveniji.

ZNAČILNOSTI VZORČEVANJA IN MERITEV

Vzorci 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 m³/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 [8]. Vzorci zemlje z obdelane površine se uporablja za določanje vpliva mešanja zemlje na porazdelitev radionuklidov. Vzorci 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.

Vzorčevalna metoda je predpisana s *Pravilnikom o monitoringu radioaktivnosti (JV 10)* [8], 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 vrhnji 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) [7] in *Pravilnika o monitoringu radioaktivnosti* (Ur. l. RS 20/07, JV10) [8] 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-400) 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 2014, IJS-DP-11810*, 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 zunanega sevanja s TLD na 50 lokacijah po vsej državi (podatki so v tabeli T-54). Kot referenčni dozimeter za obdelavo rezultatov meritev doze zunanega 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 μSv do 5 Sv [57]. Dozimetri TLD-400 ($\text{CaF}_2:\text{Mn}$) so umerjeni v fotonem 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 zunanega sevanja meri s TLD-100H ($\text{LiF}:\text{Mg}, \text{Cu}, \text{P}$) in TLD-100 ($\text{LiF}:\text{Mg}, \text{Ti}$) [58]. Vsi dozimetri so kalibrirani v Sekundarnem standardnem dozimetrijskem laboratoriju (SSDL) na Institutu Ruđer Bošković v Zagrebu [57], [58].

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 36 merilnikov MFM v sklopu mreže zgodnjega obveščanja (MZO), 17 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 zunanega sevanja, ki je dostopna na spletnem naslovu <http://www.radioaktivnost.si>.

REZULTATI MERITEV

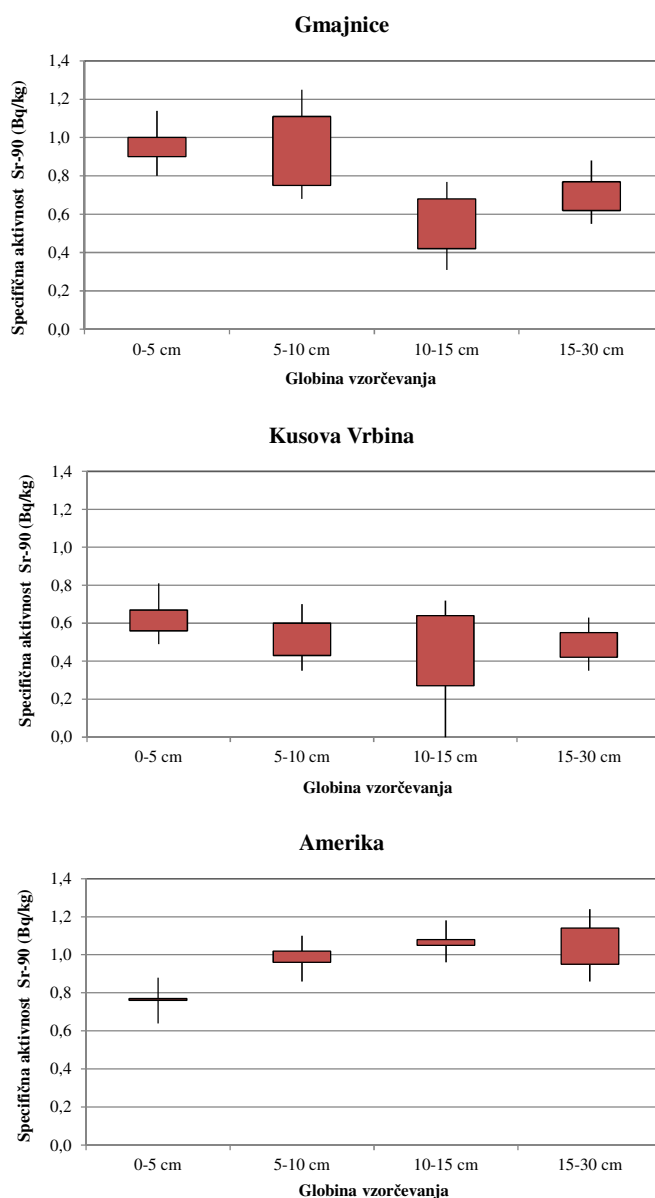
Rezultati meritev specifične aktivnosti radionuklidov v vzorcih zemlje in iz aktivnosti izračunanih okoljskih doznih ekvivalentov so v primerih, ko je med največjo in najmanjšo vrednostjo razmerje več kot 2, podani kot (*povprečna vrednost; stresanje podatkov*), v drugih primerih pa kot (*povprečna vrednost \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 2014, IJS-DP-11810*, marec 2015. 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 6.5, 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-232, 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 [51] za države južne Evrope.

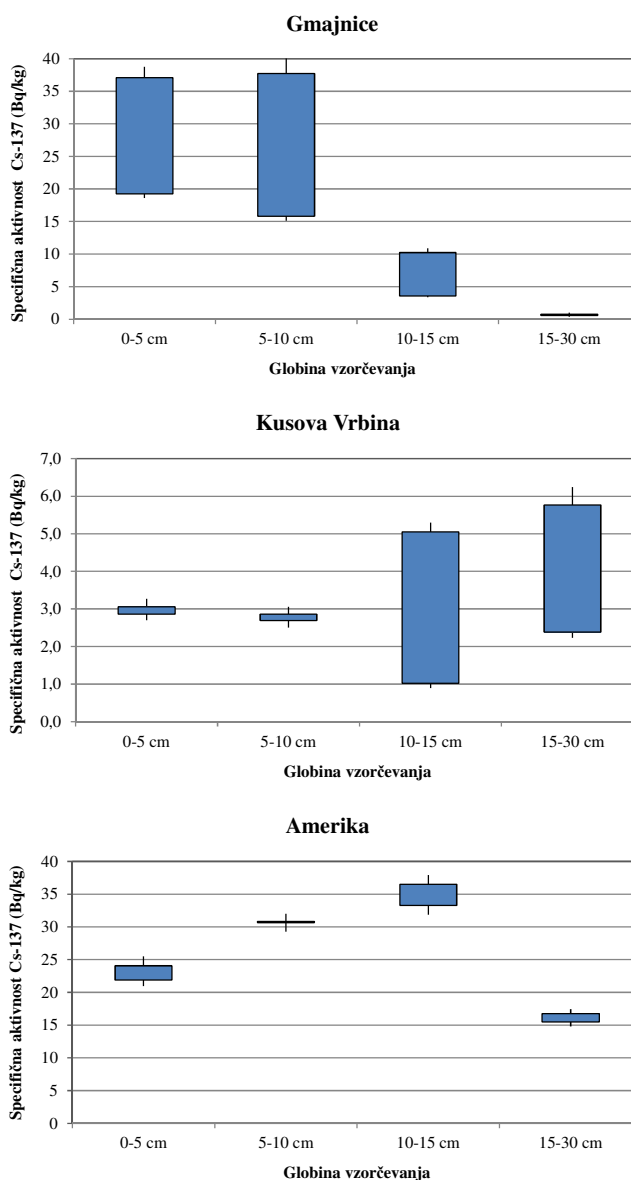
Specifične aktivnosti Sr-90 v letu 2014 so v razponu od 0,27 Bq/kg v Kusovi Vrbini v globini 10–15 cm do 1,14 Bq/kg v globini 15–30 cm v Ameriki. Na sliki 6.1 je prikazana globinska porazdelitev specifične aktivnosti Sr-90 za leto 2014. Vzrok za nekoliko nižje specifične aktivnosti v Kusovi Vrbini je lahko prisotnost močnejšega izpiranja zemljine z vodo, saj področje leži na poplavnem območju.



Slika 6.1: Globinska porazdelitev specifične aktivnosti Sr-90 na lokacijah Gmajnice (neobdelana zemlja), Kusova Vrbina in Amerika v letu 2014. Višine pravokotnikov ustrezajo vrednostim od najmanjše do največje izmerjene aktivnosti v letu, polne črtice pa pomenijo razširjeno območje izmerjenih vrednosti z upoštevanjem negotovosti.



Na sliki 6.2 je prikazana globinska porazdelitev za Cs-137. Specifične aktivnosti Cs-137 v zemlji so od 0,61 Bq/kg v globini 15–30 cm v neobdelani zemlji v Gmajnicah do 38 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 zemljo. 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.



Slika 6.2: Globinska porazdelitev specifične aktivnosti Cs-137 na lokacijah Gmajnice (neobdelana zemlja), Kusova Vrbina in Amerika v letu 2014. Višine pravokotnikov ustrezajo vrednostim od najmanjše do največje izmerjene aktivnosti v letu, polne črtice pa pomenijo razširjeno območje izmerjenih vrednosti z upoštevanjem negotovosti.

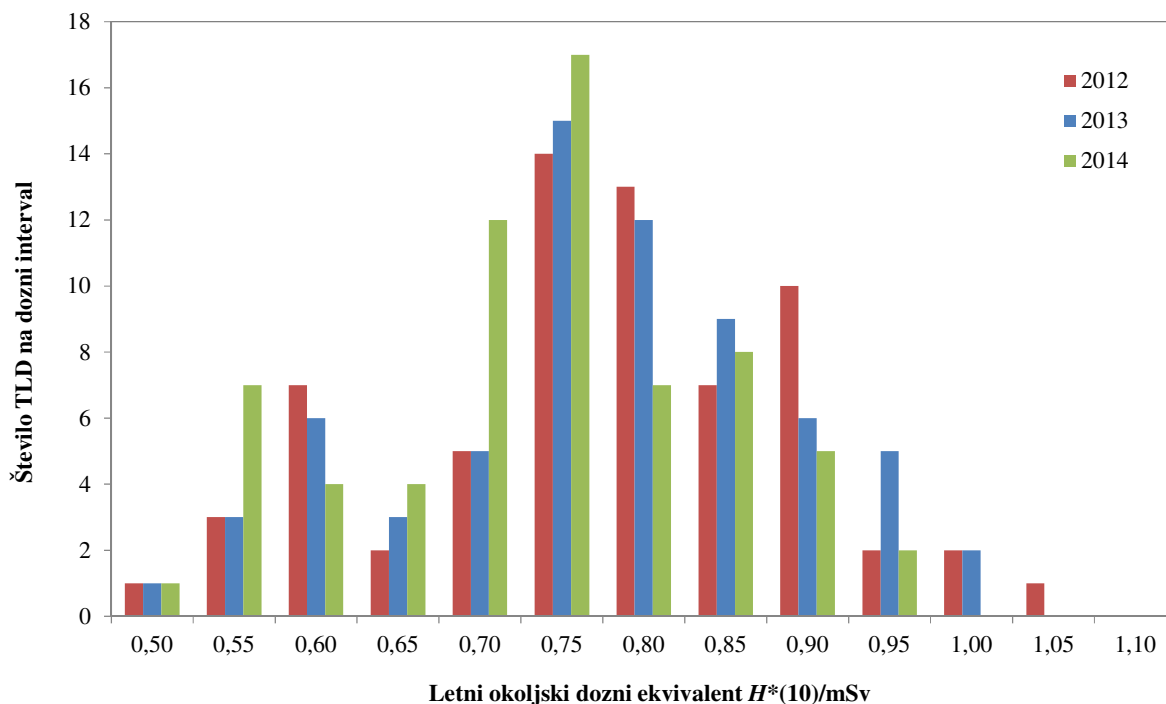


Rezultati meritev doze zunanjega sevanja (sevanja gama in ionizirajoče komponente kozmičnega sevanja) za leto 2014 so v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2014, IJS-DP-11810* v tabelah T-53/b in T-53/c za okolico NEK in za TLD na ograji NEK. V tabeli 6.1 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 6.3 je prikazana pogostost doz po doznih intervalih za vseh 67 TLD, ki se uporabljajo pri rednem nadzoru NEK. S slike je razvidno, da ima porazdelitev dva vrhova. Prvi, ožji vrh med 0,50 mSv in 0,65 mSv ustreza dozam, ki so bile izmerjene na ograji NEK, drugi, širši vrh med 0,65 mSv in 0,95 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 izmerkov. V letu 2014 je bil izmerjen povprečni letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ ($0,81 \pm 0,14$) mSv v razponu od 0,57 mSv do 1,00 mSv. Povprečni letni okoljski dozni ekvivalent iz teh meritev je za 6 % večji, kot je povprečni letni okoljski dozni ekvivalent, izmerjen s TLD v okolici NEK (tabela 6.1). Povprečni letni dozni ekvivalent pri 44 kontinuirnih merilnikih v Sloveniji, ki so pod nadzorom URSJV (mreža MZO in mreža URSJV), je bil v letu 2014 ($0,82 \pm 0,14$) mSv v razponu od 0,54 mSv do 1,15 mSv. Povprečni letni okoljski dozni ekvivalent, izmerjen s 44 MFM, je za 3 % nižji od tistega, ki ga kažejo meritve s TLD na območju Slovenije (tabela 6.1). 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 [13], lahko ugotovimo, da vrednosti nihajo tudi za 30 % 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 0,52 in 1,31, 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 merilnih detektorjev. Povprečni letni okoljski dozni ekvivalent, izmerjen s 17 MFM v mreži URSJV - MZO (podskupina ARSO), pa je bil v letu 2014 ($0,95 \pm 0,17$) mSv v razponu od 0,71 mSv do 1,30 mSv. Ta dozni ekvivalent je večji za 12 % od povprečnega letnega doznega ekvivalenta, izmerjenega s TLD v Sloveniji.

Tabela 6.1: Letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ na ograji NEK, v okolici NEK, v Sloveniji, Ljubljani in na Hrvaškem v letu 2014

Lokacija	Št. TLD	$H^*(10)/mSv$	Razpon $H^*(10)/mSv$
Na ograji NEK	9	$0,547 \pm 0,037$	0,472–0,596
Okolica NEK skupaj	57	$0,763 \pm 0,087$	0,558–0,971
Okolica NEK do 1,5 km	13	$0,761 \pm 0,109$	0,634–0,971
Okolica NEK od 1,5 km do 5 km	22	$0,757 \pm 0,089$	0,558–0,905
Okolica NEK od 5 km do 10 km	22	$0,771 \pm 0,080$	0,621–0,934
Slovenija	50	$0,849 \pm 0,150$	0,611–1,318
Ljubljana – referenčna lokacija	1	$0,824 \pm 0,115$	/
Hrvaška	10	$0,796 \pm 0,120$	0,620–0,994



Slika 6.3: 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 dozni intervalih 0,05 mSv v letih 2012, 2013 in 2014. Pri posameznem dozni 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 6.2. Veliko stresanje izmerkov lahko pripišemo nehomogenosti useda, izpostavljenosti lokacij poplavam (Kusova Vrbinca) ter zapletenosti mehanizma migracije useda 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 [54]. V Kusovi Vrbinca 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 2014 so bili na teh lokacijah izmerjeni povprečni usedi Cs-137 ($8,6 \pm 0,2$) kBq/m², ($7,8 \pm 0,1$) kBq/m² in ($2,41 \pm 0,03$) kBq/m². Te vrednosti so primerljive z vrednostmi, ki so bile izmerjene do globine 15 cm v Gmajnicah, Kusovi Vrbinca in Ameriki, kjer so bili izmerjeni usedi ($2,4 \pm 0,1$) kBq/m², ($0,42 \pm 0,01$) kBq/m² in ($4,2 \pm 0,1$) kBq/m². 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 ($0,22 \pm 0,01$) kBq/m², ($0,39$; $0,19$) kBq/m² in ($0,11 \pm 0,01$) kBq/m², na lokacijah v okolici NEK pa ($0,10 \pm 0,01$) kBq/m², ($0,08 \pm 0,01$) kBq/m² in ($0,13 \pm 0,01$) kBq/m².

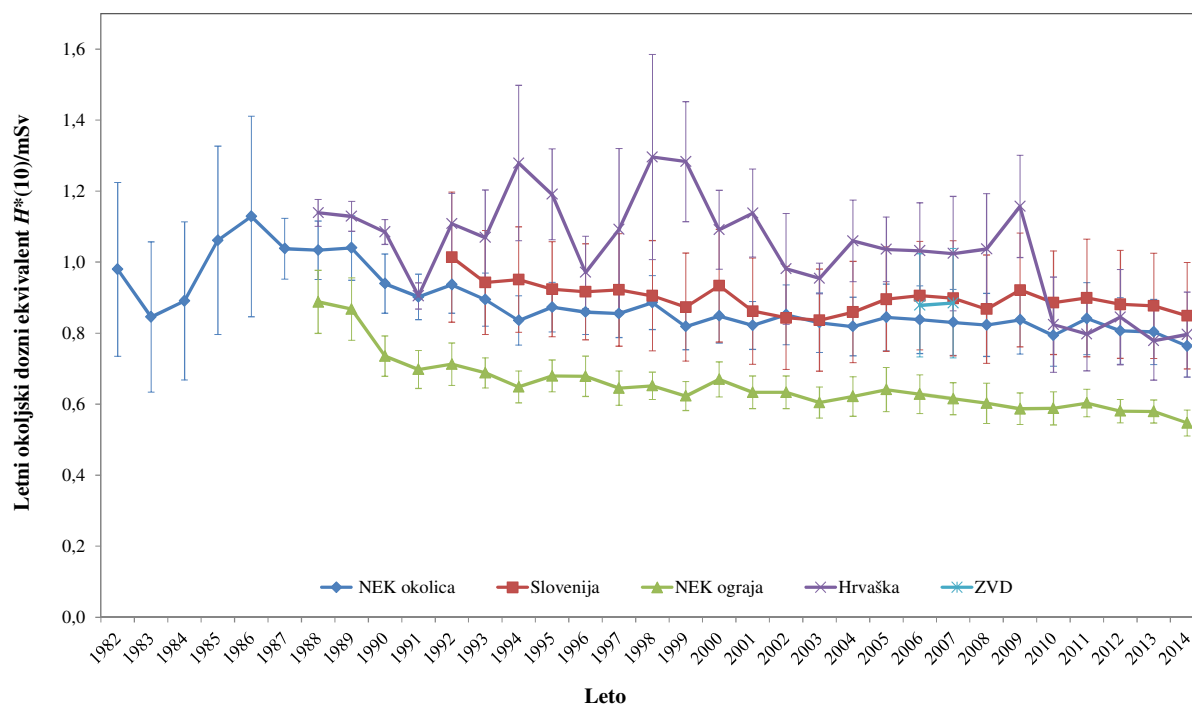

Tabela 6.2: Primerjava usedov Cs-137 do globine 30 cm na vzorčevalnih mestih z neobdelano zemljo

LETO / ODVZEM	GMAJNICE	KUSOVA VRBINA	AMERIKA
	Used (kBq/m ²)		
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

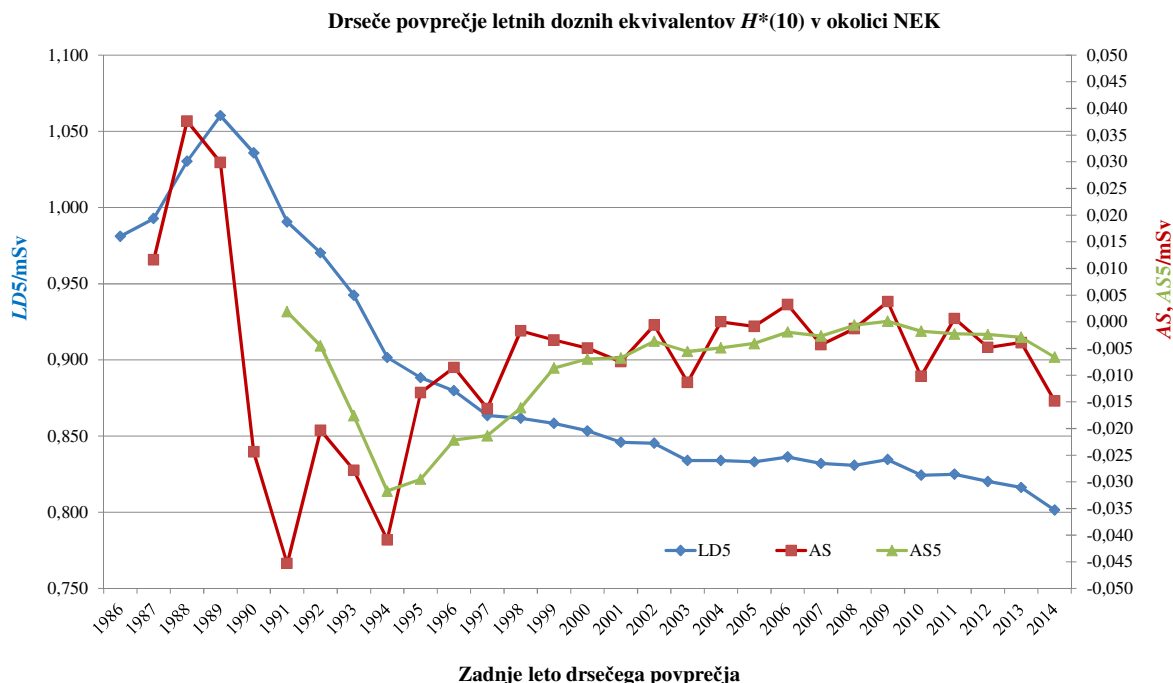
Naravni radionuklidi, potomci uranove in torijeve razpadne verige, ter K-40 so v zemlji porazdeljeni enakomerno, razen Pb-210, ki se useda iz zraka kot potomec Rn-222. Potomca iz torijevega razpadnega niza Ra-228 in Th-228 sta v ravnovesju v vseh globinah in na vseh lokacijah. U-238 in Ra-226 nista v 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 6.4 so za obdobje od leta 1982 do 2014 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 povprečji meritev s TLD za Slovenijo, ki jih je izvajal ZVD.

Za meritve v Sloveniji je v vseh primerih značilno izrazito zmanjševanje letne doze, predvsem v prvih letih po črnobilski nesreči, ki se je zgodila leta 1986. Vzrok je razpad usedlih kratkoživih sevalcev gama, ki so v začetnem obdobju največ prispevali k zunanemu 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 6.5 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 0,005 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 0,22 mSv, kar je približno štirikrat več od ocene prispevka Cs-137 k letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu iz zemlje, ki jo dobimo z enačbo (6.1) in podatkov iz tabele 6.3 za lokacijo Amerika in je 0,05 mSv.



Slika 6.4: Povprečni letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ v okolici NEK, na ograji NEK, v Sloveniji in na Hrvaškem od 1982 do 2014



Slika 6.5: 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 2014. 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.



Od leta 1992 do 2014 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 40 % 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 opazne 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.).

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 učinkovita 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. Pri tem nevtronska komponenta kozmičnega sevanja ni bila upoštevana, ker TLD, ki se uporabljajo v okolici NEK, za nevtrone niso občutljivi.

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 (6.1), ki jo dobimo iz stare enačbe (8) v [5]:

$$H^*(10)_{\text{letno}} = \sum_i w_i C_i \quad (6.1)$$

V enačbi (6.1) 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 (6.1), v povprečju najnižji (1–8 %). 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 (6.1) izračunamo okoljske dozne ekvivalente za omenjene lokacije. Rezultati so zbrani v tabeli 6.3. Iz tabele 6.3 lahko ocenimo, da je prispevek zemeljskega sevanja k letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu v okolici NEK v razponu od 0,44 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.

Tabela 6.3: Primerjava izračunanega in izmerjenega letnega doznega ekvivalenta v letu 2014 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)		
Gmajnice				št. dozimetra 59
Ra-226	38,4 ± 2,2	0,59 ± 0,03	0,83 ± 0,03	0,65 ± 0,09
Ra-228	30,8 ± 0,6			
K-40	371 ± 21			
Cs-137	19,2 ± 0,7			
Kusova Vrbina				št. dozimetra 21
Ra-226	31,0 ± 1,7	0,44 ± 0,02	0,68 ± 0,02	0,67 ± 0,09
Ra-228	22,8 ± 0,5			
K-40	303 ± 17			
Cs-137	2,9 ± 0,1			
Amerika				št. dozimetra 63
Ra-226	41,1 ± 2,3	0,63 ± 0,03	0,87 ± 0,03	0,76 ± 0,11
Ra-228	31,8 ± 0,6			
K-40	383 ± 21			
Cs-137	30,4 ± 0,8			

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 [53]. 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 na letni ravni, $w = 1,20$ pa je konverzijski faktor za pretvorbo absorbirane doze v okoljski dozni ekvivalent za Cs-137. Iz tabele 6.4 je razvidno, da so ocenjeni letni okoljski dozni ekvivalenti zaradi Cs-137 na lokacijah v okolici NEK v območju med 0,003 mSv in 0,022 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 0,019 mSv do 0,06 mSv.



Tabela 6.4: Ocenjena letna vrednost $H^*(10)$ zaradi globalne kontaminacije s Cs-137 do globine 15 cm v letu 2014

LOKACIJA	$H^*(10)/\text{mSv}$	LOKACIJA	$H^*(10)/\text{mSv}$
Gmajnice, neobdelana	$0,019 \pm 0,004$	Ljubljana	$0,06 \pm 0,01$
Kusova Vrbina	$0,003 \pm 0,001$	Kobarid	$0,06 \pm 0,01$
Amerika	$0,022 \pm 0,004$	Murska Sobota	$0,019 \pm 0,004$

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 [51]. Te vrednosti se dobro ujemajo z izmerjenimi vrednostmi v zemlji v okolici NEK, ki so navedene v tabeli 6.3 (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 zunanjega 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 2014 je bil $(0,76 \pm 0,09)$ mSv (tabela 6.1), kar je v okviru merske negotovosti enako kot v letu 2013, $(0,80 \pm 0,09)$ mSv, v letu 2012, $(0,81 \pm 0,09)$ mSv, ter v letu 2011, $(0,84 \pm 0,18)$ mSv.

Ker okoljski TLD ne merijo doze nevtronske komponente kozmičnega sevanja, smo le-to privzeli iz poročila [51]. 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 [51], kjer za gladino morja na geografski širini 50° 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].

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*) [55], 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 [56]. Ugotavljamo, da je prispevek sevanj iz objektov znotraj ograje NEK k zunanji dozi zunaj ograje zanemarljiv.

Letne efektivne doze zunanjega sevanja (sevalne obremenitve) 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, ki upošteva realne meteorološke podatke.

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 χ/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 100×100 celic v horizontalni smeri in 20 celic po vertikali.


Tabela 6.5: Ocena letne efektivne doze zunanjšega sevanja zaradi useda radioaktivnih snovi za različne razdalje r od NEK za leto 2014

Oddaljenost od dimnika NEK			$r = 0,5$ km	$r = 0,8$ km	$r = 1$ km	$r = 1,5$ km	$r = 3,25$ km	$r = 7,5$ km
Izotop	Izpust (Bq na leto)	DCF (Sv na leto) / (Bq/m ²)	Letna efektivna doza zunanjšega sevanja zaradi useda radioaktivnih snovi (mSv)					
I-131	4,56E+06	7,83E-11	8,66E-13	1,57E-13	1,28E-13	1,30E-13	1,94E-14	1,84E-14
I-132	2,02E+06	1,84E-11	8,99E-14	1,63E-14	1,33E-14	1,35E-14	2,02E-15	1,91E-15
I-133	2,30E+07	4,32E-11	2,41E-12	4,36E-13	3,56E-13	3,62E-13	5,41E-14	5,11E-14
H-3	4,36E+12							
C-14	2,31E+10							
Cr-51		7,02E-12						
Mn-54		1,94E-10						
Co-58	7,22E+04	2,24E-10	3,92E-14	7,11E-15	5,79E-15	5,90E-15	8,80E-16	8,32E-16
Co-60	5,58E+04	5,67E-10	7,66E-14	1,39E-14	1,13E-14	1,15E-14	1,72E-15	1,63E-15
Zr-95		1,70E-10						
Nb-95		1,73E-10						
Ag-110m		6,48E-10						
Sb-124		4,05E-10						
Te-125m	6,95E+02	2,97E-12	5,00E-18	9,07E-19	7,39E-19	7,53E-19	1,12E-19	1,06E-19
Te-127m	4,62E+03	2,97E-12	3,32E-17	6,02E-18	4,91E-18	5,00E-18	7,46E-19	7,06E-19
Cs-137	7,14E+04	1,35E-10	2,34E-14	4,23E-15	3,45E-15	3,52E-15	5,24E-16	4,96E-16
Fe-55	9,34E+04	4,86E-14	1,10E-17	1,99E-18	1,62E-18	1,65E-18	2,47E-19	2,33E-19
Sr-90	1,71E+03	2,40E-11	9,94E-17	1,80E-17	1,47E-17	1,50E-17	2,23E-18	2,11E-18
VSOTA			3,50E-12	6,35E-13	5,18E-13	5,27E-13	7,86E-14	7,44E-14

Celica je velika 250 m × 250 m, višina celice pa je spremenljiva in je odvisna od višine, kjer je celica. Tabelirane vrednosti so v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2014, IJS-DP-11810*, marec 2015.

Depozicijski faktor (imenovan tudi *koeficient relativne depozicije*) D/Q za določeno lokacijo z enoto s/m^2 se izračuna po enačbi:

$$D/Q = k_T \cdot (\chi/Q)_1 \cdot h_1 + k_{\text{WDD}} \cdot \sum_{i=1}^N (\chi/Q)_i \cdot h_i \quad (6.2)$$

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_{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 6.5. Letna efektivna doza za posamezni radionuklid na določeni lokaciji je produkt letnega izpusta, depozicijskega faktorja iz enačbe (6.2), ki so ga izračunali v podjetju MEIS storitve za okolje d. o. o., in doznega pretvorbene koeficienta DCF [60]. Dozni pretvorbene 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 2014 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 učinkovitih doz na posameznih lokacijah zaradi različnosti naravnega sevanja daleč presegajo prispevek NEK.

V tabeli 6.6 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.

Tabela 6.6: Doze $H^*(10)$ zaradi zunanjega sevanja v letu 2014 za prebivalstvo v okolici NEK

Vir	Podatki	$H^*(10)/mSv$
sevanje gama + ionizirajoča komponenta kozmičnega sevanja	TLD	0,76 (88 %)
kozmični nevtroni	[51]	0,10 (12 %)
naravno sevanje – skupaj		0,86 (100 %)
kontaminacija zaradi černobilske nesreče in poskusnih jedrskih eksplozij	Cs-137 v zemlji	< 0,03 (< 3 %)*
NEK – atmosferski izpusti	used (model)	< 4E-12
SKUPAJ		< 0,89

* 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.

SKLEPI

Pri meritvah specifičnih aktivnosti radionuklidov v vzorcih zemlje, zbranih v letu 2014, 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 0,56 mSv in 0,58 mSv, na območjih rednih poplav pa približno 0,4 mSv. Letni okoljski dozni ekvivalenti zaradi globalne kontaminacije so v razponu od 0,003 mSv do 0,022 mSv. Prispevek kontaminacije zemljišča in urbanih površin s Cs-137 (černobilska nesreča in poskusne jedrske eksplozije) k letni dozi $H^*(10)$ v letu 2014 je pri predpostavki enakomerne porazdelitve specifične aktivnosti Cs-137 od 1 % do 8 % 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 μ Sv. Posredno konservativno ocenjujemo, da je letna učinkovita doza zaradi sevanja iz NEK manjša od 0,1 μ Sv.

Vrednost $H^*(10)$ zaradi zunanjega sevanja naravnih sevalcev gama, ionizirajoče komponente kozmičnega sevanja in kozmičnih nevtronov v letu 2014 je bila za prebivalstvo v okolici NEK 0,86 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 2014 nemerljiv, saj je bil nekaj velikostnih redov manjši od meje detekcije merilnikov. Merilniki pa bi bili še vedno sposobni zaznati morebiten človeku nevaren izpust.



7 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. Pri umetnih izpustih C-14 pa se razmerje med atomoma C-14 in C-12 tako v atmosferi kot v organizmih lahko spremeni, saj atomi C-14 zamenjujejo atome C-12 v organskih molekulah.

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 2014 (193 ± 13) μ Sv za odrasle osebe, brez upoštevanja K-40 pa (60 ± 13) μ Sv, drugod po Sloveniji pa je predvidena efektivna doza prebivalstva zaradi vsebnosti naravnih radionuklidov v hrani (213 ± 15) μ Sv, brez upoštevanja K-40 pa (83 ± 12) μ Sv.

Vsebnost umetnih radionuklidov Cs-137 in Sr-90 v hrani je povečala sevalno obremenitev prebivalcev okolice NEK še za ($0,86 \pm 0,16$) μ Sv, kar je le 1,5 % 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 ($0,74 \pm 0,09$) μ 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 tudi radioaktivni izotop C-14, ki je v okolju kot naravni produkt kozmičnega sevanja in izpustov iz jedrskih elektrarn in obratov za predelavo goriva, njegova vsebnost pa je bila v preteklosti povečana tudi zaradi poskusnih jedrskih eksplozij. Izotop C-14 se, enako kot ogljik C-12, v procesu fotosinteze vgrajuje v rastline. V letu 2014 v NEK ni bilo remonta, zato v vsebnosti C-14 v atmosferskih izpustih ni posebnosti. Poleg živil rastlinskega izvora so bile v letu 2014 vzorčevane tudi ribe in sicer na območju Jesenic, na meji med Slovenijo in Hrvaško. Vsebnosti C-14 v ribah je v povprečju 220 Bq na kilogram ogljika, kar je v okviru naravnih vsebnosti C-14 v organizmih. Ocenjena doza prebivalstva v okolici NEK v letu 2014 zaradi vsebnosti C-14 v rastlinski hrani je ($14,81 \pm 0,1$) μ Sv, pri čemer so prebivalci v neposredni bližini (ograje) NEK prejeli za 0,04 μ Sv višjo dozo kot tisti na kontrolni točki v Dobovi ($14,77 \pm 0,2$) μ Sv, vendar razlika ni velika. V okviru merske negotovosti je tako doza zaradi C-14, prejeta v okolici NEK in v Dobovi, enaka ter primerljiva z meritvami 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.

Na prenos radionuklidov iz korenin v nadzemne dele rastlin oziroma nadaljnji transport iz listov v semena, plodove in založne organe poleg fizioloških lastnosti posamezne rastlinske vrste, vpliva predvsem mobilnost radionuklidov. Pričakovane specifične aktivnosti manj mobilnih radionuklidov, ki v rastlinske organe pridejo s transportom prek koreninskega sistema, padajo v smeri od korenin, listov, poganjkov do plodov, založnih organov in semen [65].

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 [66]. Skupaj z drugimi ogljikovimi izotopi kot CO₂ 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 [66].

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 CO₂. Izmerjena aktivnost C-14 v enoletnih rastlinah ali drevesnih letnicah tako izraža povprečno vsebnost C-14 v atmosferskem CO₂ 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. V letu 2014 so bile vzorčevane tudi ribe iz reke Save (Jesenice na Dolenjskem), da bi ovrednotili vplive C-14 v tekočinskih izpustih.

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 odvezemajo 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 2014, 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, divjačina, mleko, zelenjava, žito), Vihre (mleko, žito), Vrbina (jajca, zelenjava), Spodnji Stari Grad (meso, jajca, zelenjava), Žadovinek (zelenjava), Trnje (zelenjava), Libno (meso), Krško (zelenjava), Vinska klet Leskovec (vino). V letu 2014 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 2014 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, koruzi, pšenici in brstičnem ohrovту. V letu 2014 so bile vzorčevane tudi ribe iz reke Save (Jesenice na Dolenjskem), in sicer klen in ploščič. Analize so bile prav tako opravljene na Institutu Ruđer Bošković v Zagrebu

V občini Krško je po podatkih iz leta 2010 v uporabi 307,1 km² zemljišč, od katerih je največji del gozd (142,4 km²), sledijo kmetijska zemljišča (njive, travniki, vinogradi in sadovnjaki) (141,1 km²) ter pozidana in sorodna zemljišča (20,7 km²) [67]. Na malo manj kot polovici (46,5 %) kmetijskih zemljišč se v občini Krško prideluje hrana in krma (žito, sadje in zelenjava), poleg tega pa se kmetje v okolici ukvarjajo tudi z živinorejo in pridelavo mleka. Po podatkih iz leta 2006 se pridelavi krme za živali namenja kar 73 % njivskih površin [70]. Tržna pridelava zelenjave, vrtnin in jagod se je v letu 2006 izvajala na 200 ha zemljišč. Podobno kot pridelava vrtnin in zelenjave je pomembno tudi sadjarstvo, saj je bilo v letu 2006 zato namenjenih 348 ha zemljišč, kar je kar 7 % intenzivnih nasadov v Sloveniji. Vinogradništvo se je izvajalo v letu 2006 na 1 030 ha zemljišč. V letu 2006 je bilo oddanih 5,3 mio. litrov mleka, kmetje pa so gojili skupno 1 150 krav dojlj [70].

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



efektivna 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 zgoščenki v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2014, IJS-DP-11810*, marec 2015.

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, koleraba, rdeča pesa, čebula; listna zelenjava - solata, zelje, radič, blitva, peteršilj; plodovke - paprika, paradižnik, feferoni, bučke, jajčevci, stročji 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; podzemna zelenjava - krompir; listna zelenjava - solata, blitva, zelje; plodovke - bučke; žita in kruh - pšenica, beli, polbeli in rženi kruh, pšenična in graham moka (v grafih in tabelah združeni kot žita); jajca in meso (kokošja jajca, puranje, svinjsko in goveje meso 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 okolici NEK v letu 2014 detektiran v mesu, sadju, mleku, listni in podzemni zelenjavi ter v vinu, v hrani, vzorčevani po Sloveniji, pa tudi v žitih in plodovkah. Vino je bilo vzorčevano samo v okolici NEK (slika 7.1). Polja, obarvana vijolično in modro, pomenijo najnižje vrednosti, polja, obarvana rumeno in zeleno, srednje vrednosti, polja, obarvana oranžno in rdeče, pa najvišje vrednosti. Meritve drugod po Sloveniji je izvedel ZVD.

Specifična aktivnost Cs-137 v živilih v okolici NEK je od 0 Bq/kg do 0,31 Bq/kg in je primerljiva s specifično aktivnostjo Cs-137 v živilih, vzorčevanih drugod po Sloveniji, ki je od 0,01 Bq/kg do 0,41 Bq/kg [11].

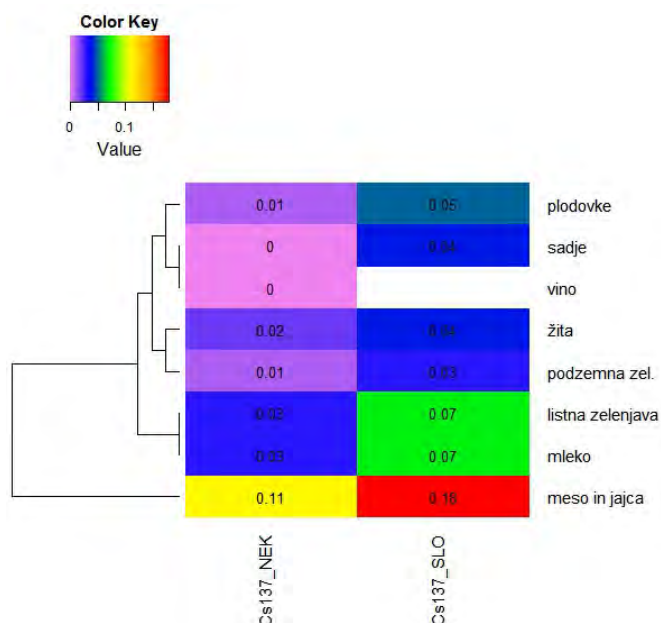
S slike 7.1 je razvidno, da živila na osnovi vsebnosti Cs-137 lahko zberemo v štiri skupine, in sicer: največjo vsebnost Cs-137 najdemo v mesu, sledijo mleko in listna zelenjava, žito in podzemna zelenjava ter sadje, plodovke in vino. Tako v okolici NEK kot drugod po Sloveniji najdemo največ Cs-137 v mesu.

V posameznih živilih v okolici NEK je bila najvišja specifična aktivnost Cs-137 izmerjena v svinjskem mesu ($0,31 \pm 0,21$) Bq/kg, medtem ko v jabolkih in hruškah, vzorčevanih v sadovnjaku v neposredni bližini NEK, Cs-137 ni bil detektiran. V hrani, vzorčevani drugod po Sloveniji, je bila največja specifična

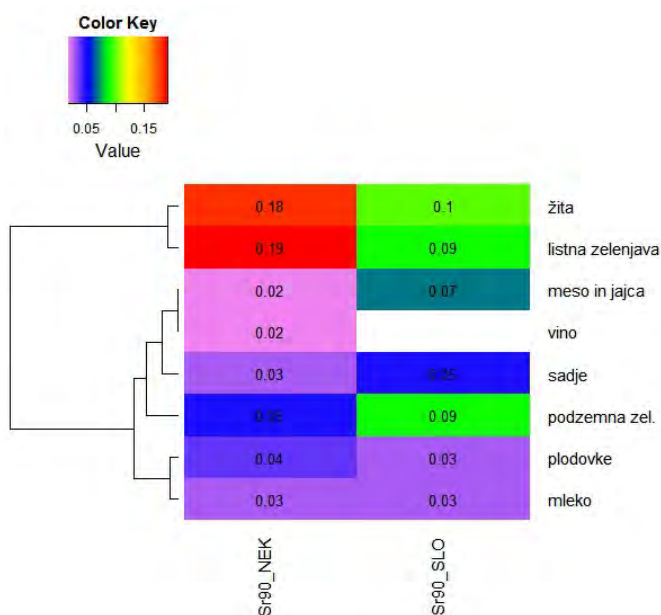


aktivnost Cs-137 izmerjena v divjačini iz Slovenskih Konjic, ($0,41 \pm 0,03$) Bq/kg.

Izotop Sr-90 je bil v okolici NEK letu 2014 detektiran v vseh skupinah živil (slika 7.2), vendar je bil v vzorcih mesa detektiran le pri jajcih, kokošjem mesu in divjačini. Specifična aktivnost Sr-90 v živilih v okolici NEK je od 0 Bq/kg do 0,43 Bq/kg, specifična aktivnost Sr-90 v živilih, vzorčevanih drugod po Sloveniji, pa od 0 Bq/kg do 0,24 Bq/kg.



Slika 7.1: Izmerjene povprečne specifične aktivnosti Cs-137 (Bq/kg) v vzorčevanih skupinah živil v letu 2014 v okolici NEK in drugod po Sloveniji



Slika 7.2: Izmerjene povprečne specifične aktivnosti Sr-90 (Bq/kg) v vzorčevanih skupinah živil v letu 2014 v okolici NEK in drugod po Sloveniji



Živila se na osnovi vsebnosti Sr-90 zberejo v dve skupini, in sicer: v skupino živil z večjo vsebnostjo Sr-90 spada hrana rastlinskega izvora, kot so listna zelenjava in žita. V drugo skupino pa spadajo živila, kot so mleko, plodovke, podzemna zelenjava, vino, meso in jajca (slika 7.2).

Največ Sr-90 najdemo v okolici NEK v listni zelenjavi in žitih, drugod po Sloveniji pa v listni zelenjavi, žitih in podzemni zelenjavi (slika 7.2). V okolici NEK je bila v posameznih vzorcih živil najvišja specifična aktivnost Sr-90 izmerjena v blitvi ($0,43 \pm 0,04$) Bq/kg. V hrani, vzorčevani po Sloveniji, pa je bila največja specifična aktivnost Sr-90 izmerjena prav tako v blitvi, vzorčevani v Kopru ($0,24 \pm 0,02$) Bq/kg.

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 2014 v hrani, ki je bila pridelana na krško-brežiškem polju, od 30 Bq/kg do 256 Bq/kg, v hrani, vzorčevani drugod po Sloveniji, pa so se specifične aktivnosti gibale od 28 Bq/kg do 150 Bq/kg. Specifične aktivnosti K-40 v posameznih skupinah živil so prikazane na sliki 7.3. V skupino z večjo specifično aktivnostjo K-40 spadajo listna zelenjava, žita, podzemna zelenjava, plodovke ter meso in jajca, med živila z manjšo aktivnostjo K-40 pa mleko, sadje in vino (slika 7.3).

Največ K-40 v letu 2014 je bilo v živilih, vzorčevanih v okolici NEK, v listni zelenjavi, žitih in podzemni 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 blitvi (256 ± 14) Bq/kg, v hrani, vzorčevani po Sloveniji, pa v rdeči pesi (150 ± 8) Bq/kg.

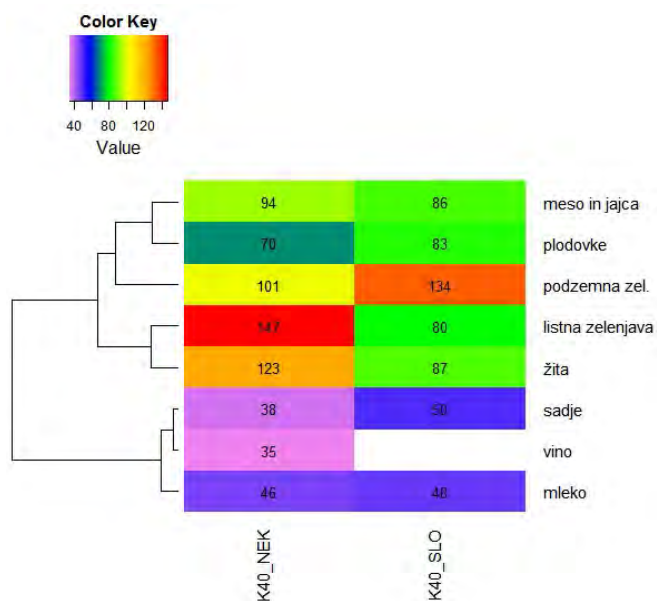
Od naravnih radionuklidov je k letni efektivni dozi zaradi uživanja hrane, ki je brez upoštevanja K-40 (60 ± 13) μ Sv, največ prispeval Pb-210, in sicer 43,2 %. Specifična aktivnost Pb-210 v živilih je prikazana na sliki 7.4 in je bila v okolici NEK od 0 Bq/kg do 3,5 Bq/kg, drugod po Sloveniji pa od 0 Bq/kg do 0,8 Bq/kg.

Največ Pb-210 je bilo v letu 2014 v listni zelenjavi in žitih, tako v okolici NEK kot drugod po Sloveniji (slika 7.4), najmanjše specifične aktivnosti pa so bile izmerjene v plodovkah in podzemni zelenjavi (slika 7.4). V posameznih živilih v okolici NEK je bila najvišja specifična aktivnost Pb-210 izmerjena v blitvi ($3,5 \pm 0,2$) Bq/kg, v živilih, vzorčevanih po Sloveniji, pa prav tako v blitvi ($0,8 \pm 0,1$) Bq/kg.

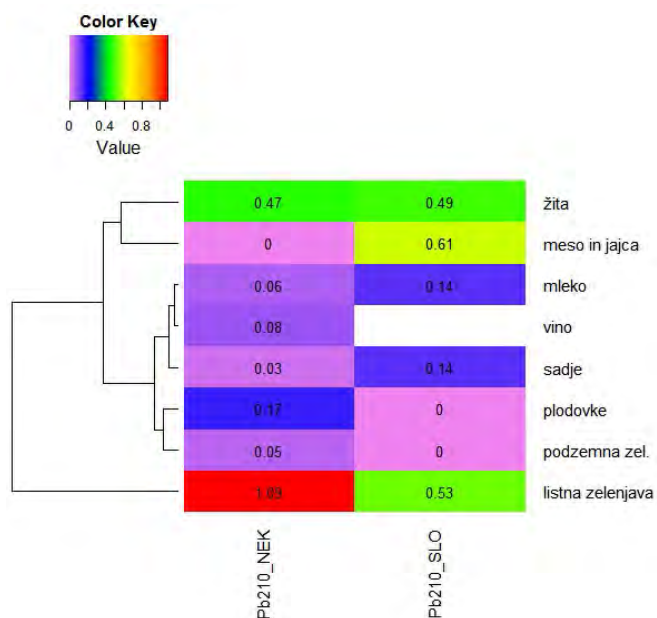
Povprečna specifična aktivnost U-238, Ra-226, Ra-228 in Th-228 v vzorčevanih skupinah živilih je prikazana na sliki 7.5. V splošnem največ omenjenih radionuklidov vsebujejo žita in listna zelenjava, najmanj U-238, Ra-226, Ra-228 in Th-228 pa je v vinu, plodovkah in podzemni zelenjavi.

Specifična aktivnost U-238 je bila v živilih, vzorčevanih v okolici NEK, od 0 Bq/kg do 0,57 Bq/kg, drugod po Sloveniji pa od 0 Bq/kg do 0,61 Bq/kg. Specifična aktivnost Ra-226 je bila v živilih, vzorčevanih v okolici NEK, od 0 Bq/kg do 0,36 Bq/kg, drugod po Sloveniji pa od 0 Bq/kg do 0,21 Bq/kg. Specifična aktivnost Ra-228 je bila v živilih, vzorčevanih v okolici NEK, od 0 Bq/kg do 0,53 Bq/kg, drugod po Sloveniji pa od 0 Bq/kg do 0,14 Bq/kg. Specifična aktivnost Th-228 je bila v živilih, vzorčevanih v okolici NEK, od 0 Bq/kg do 0,31 Bq/kg, drugod po Sloveniji pa od 0 Bq/kg do 0,11 Bq/kg. Povprečne specifične aktivnosti naravnih radionuklidov v živilih, vzorčevanih v okolici NEK, so primerljive s tistimi drugod po Sloveniji (tabela 7.1).

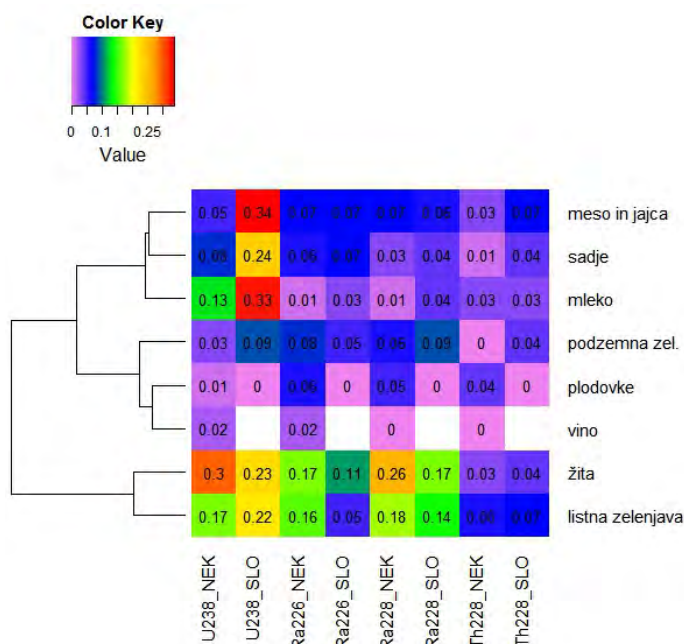
Največja povprečna specifična aktivnost U-238 je bila v okolici NEK v letu 2014 izmerjena v žitih, v živilih, vzorčevanih drugod po Sloveniji, pa v mleku, mesu in sadju (slika 7.5). Največja povprečna specifična aktivnost Ra-226 in Ra-228 je bila izmerjena v žitih in listni zelenjavi, tako v okolici NEK kot drugod po Sloveniji. Največja povprečna specifična aktivnost Th-228 pa je bila v okolici NEK izmerjena v listni zelenjavi, drugod po Sloveniji pa v listni zelenjavi in mesu.



Slika 7.3: Izmerjene povprečne specifične aktivnosti K-40 (Bq/kg) v vzorčevanih skupinah živil v letu 2014 v okolici NEK in drugod po Sloveniji



Slika 7.4: Izmerjene povprečne specifične aktivnosti Pb-210 (Bq/kg) v vzorčevanih skupinah živil v letu 2014 v okolici NEK in drugod po Sloveniji



Slika 7.5: Izmerjene povprečne specifične aktivnosti U-238, Ra-226, Ra-228 in Th-228 (Bq/kg) v vzorčenih skupinah živil v letu 2014 v okolici NEK in drugod po Sloveniji

Tabela 7.1. prikazuje povprečne vrednosti in standardne deviacije vsebnosti merjenih radionuklidov v vseh živilih, vzorčenih v okolici NEK in drugod po Sloveniji v letu 2014. 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, se med seboj ne razlikujejo (statistična analiza, Duncanov test, $p < 0,05$).

Tabela 7.1: Povprečne vsebnosti merjenih radionuklidov (Bq/kg) v živilih, vzorčenih v okolici NEK in drugod po Sloveniji (povprečje; standardna deviacija)

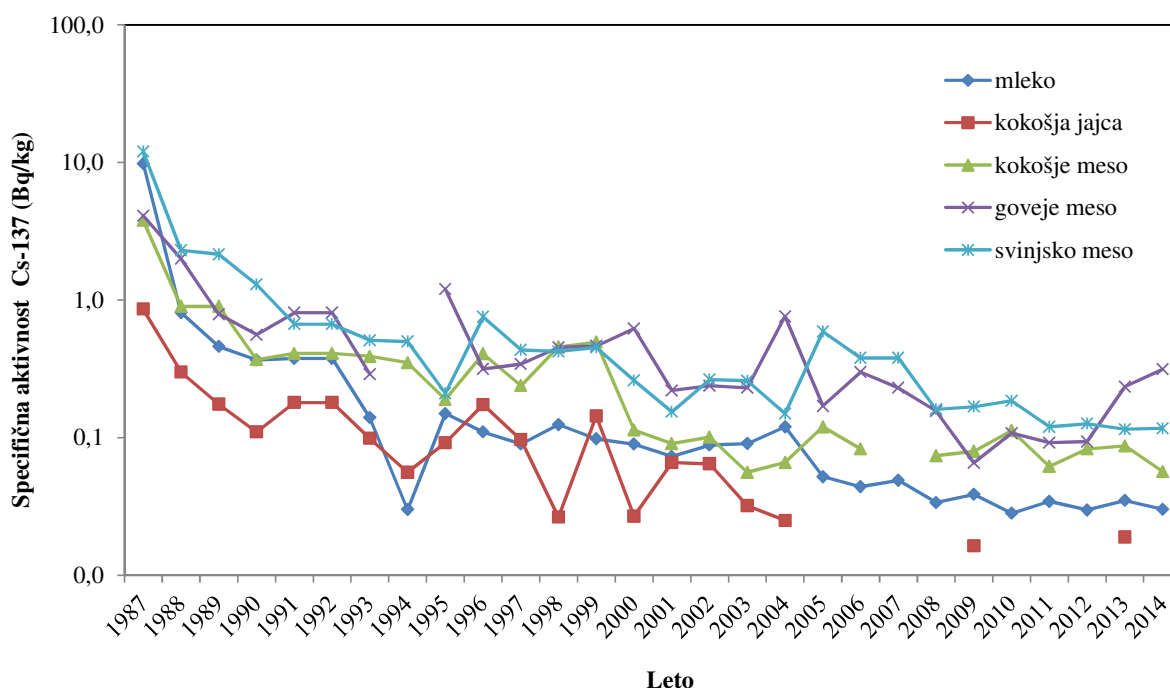
radionuklid	NEK	SLOVENIJA
	povprečje; standardna deviacija	
Cs-137	0,03; 0,04	0,07; 0,05
Sr-90	0,07; 0,07	0,07; 0,03
K-40	82; 41	81; 29
Pb-210	0,24; 0,37	0,27; 0,26
U-238	0,10; 0,10	0,21; 0,12
Ra-226	0,08; 0,06	0,05; 0,03
Ra-228	0,08; 0,09	0,08; 0,06
Th-228	0,03; 0,02	0,04; 0,02



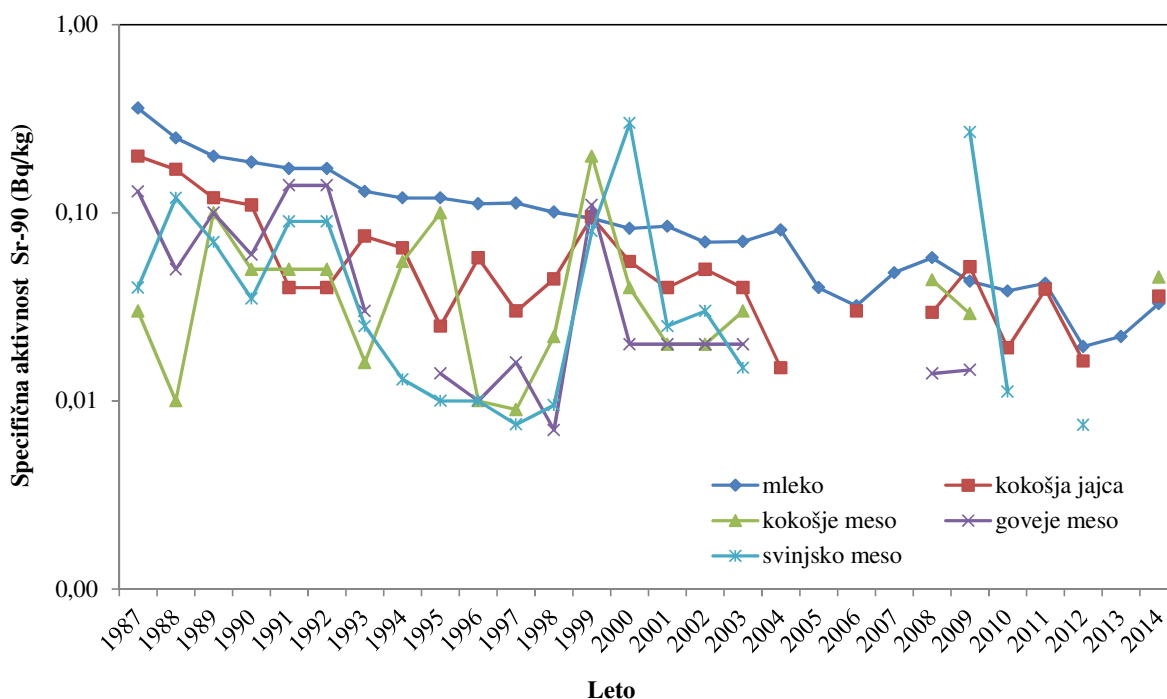
DISKUSIJA

Specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v hrani z leti nihajo, vendar je opazna težnja zniževanja vrednosti. Tako je s slike 7.6 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 7.7). 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 7.6 in 7.7), 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.

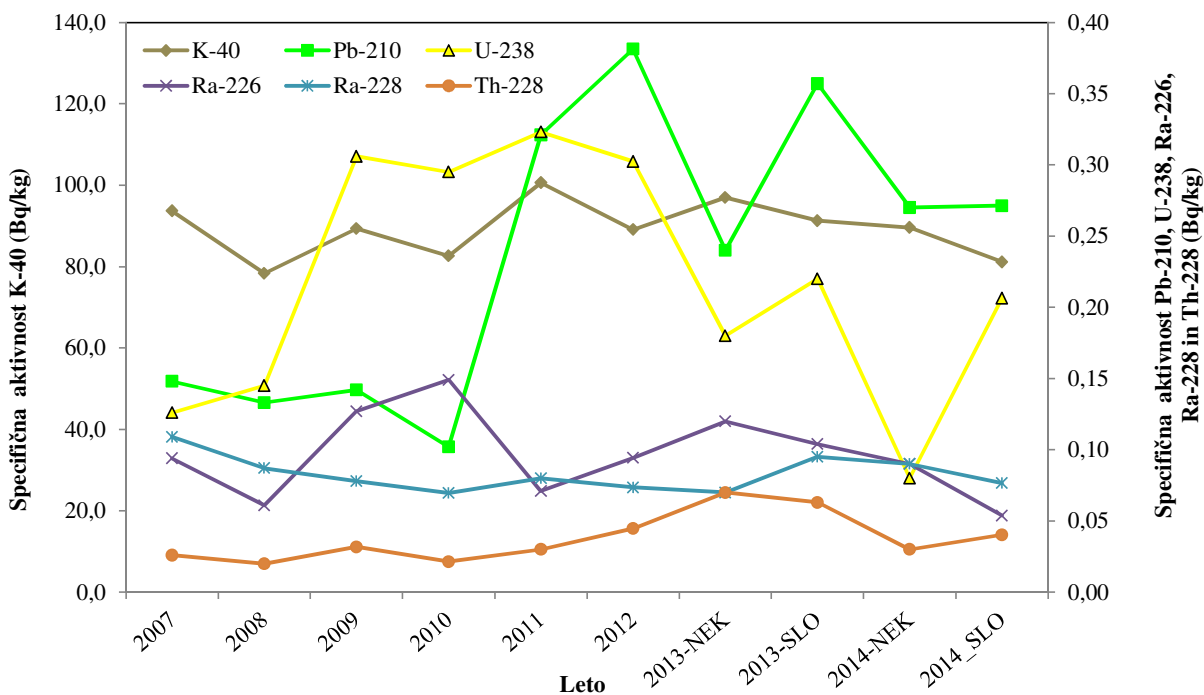
Cs-137 je bil detektiran tudi v vzorcih trave, travne silaže in sena, vzorčevanih drugod po Sloveniji. Specifična aktivnost Cs-137 v vzorcih krme se je gibala od $(0,04 \pm 0,01)$ Bq/kg v vzorcih sveže trave iz Krškega do $(28,1 \pm 1,1)$ Bq/kg v travni silaži z Bizovika. V letu 2014 so bile vzorčevane tudi borovnice iz Ukrajine, kjer je bila vsebnost Cs-137 $(200 \pm 5,2)$ Bq/kg, kar je posledica nesreče v Černobilu. Povprečna izmerjena specifična aktivnost Sr-90 v krmi v 2014 je bila $(1,3; 1,2)$ Bq/kg. Najvišja specifična aktivnost Sr-90 je bila izmerjena v vzorcu sena iz Gorenje Dobrave $(3,2 \pm 0,2)$ 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 [12].



Slika 7.6: Izmerjene specifične aktivnosti Cs-137 v mleku, kokošjih jajcih ter kokošjem, govejem in svinjskem mesu, vzorčevanih v okolici NEK, od leta 1987 do 2014. 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 7.7: Izmerjene specifične aktivnosti Sr-90 od leta 1987 do 2014 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 7.8: Povprečne izmerjene specifične aktivnosti (Bq/kg) naravnih radionuklidov v hrani, vzorčevani v okolici NEK, po letih od 2007 do 2014 ter drugod po Sloveniji v letu 2013 in 2014

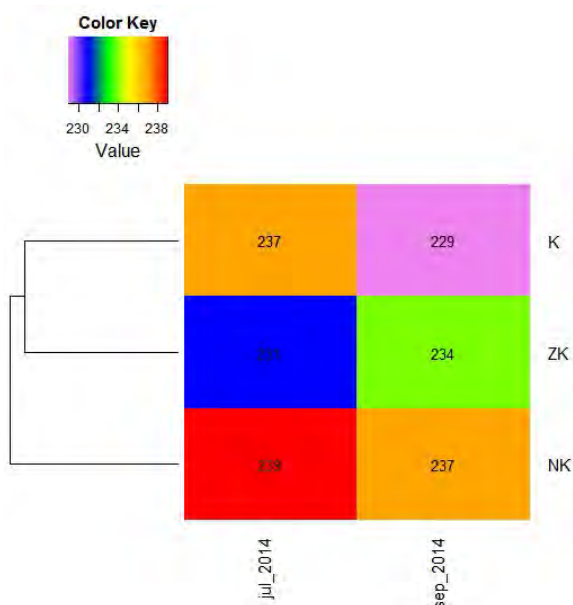


Vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov v hrani z leti nihajo. V letu 2014 so izmerjene specifične aktivnosti naravnih radionuklidov v hrani iz okolice NEK primerljive s tistimi iz preteklih let in pa s tistimi, izmerjenimi v letu 2013 in 2014 drugod po Sloveniji (slika 7.8).

Specifična aktivnost K-40 v koruzni silaži, vzorčevani drugod po Sloveniji, je bila v letu 2014 (68 ± 2) Bq/kg, vsebnosti v sveži travi, travni silaži in senu pa so bile višje, tudi do (495 ± 28) Bq/kg v senu z Blance, 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 [68]. 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 (od 0,39 do 57,7 Bq/kg) in pa vsebnostim v živilih, vzorčevanih v okolici NEK in po Sloveniji. Najvišje vsebnosti Pb-210 je imelo seno iz Uskovnice ($57,7 \pm 4,1$) Bq/kg, kar je posledica manjše vsebnosti vode in pa tega, da seno pred analizo ni bilo oprano.

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, pri čemer pa ugotavljamo višje vsebnosti U-238 v vzorcu krmne mešanice iz Pivke ($10,3 \pm 1,2$) Bq/kg, najvišje specifične aktivnosti Ra-226, Ra-228 in Th-228 pa so bile izmerjene v vzorcu sena iz Uskovnice ($6,2 \pm 3,3$) Bq/kg.

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 CO₂ v procesu fotosinteze. Specifična aktivnost C-14 je bila v okolici NEK izmerjena v jabolkih, pšenici in koruzi, in sicer v juniju in septembru 2014. Povprečne vsebnosti C-14 v živilih, vzorčevanih v notranjem krogu so bile (238; 1,2) Bq na kilogram ogljika, v zunanjem krogu (233; 2,1) Bq na kilogram ogljika, in na kontrolni točki v Dobovi (233; 5,4) Bq na kilogram ogljika. Vrednosti so v okviru standardne deviacije podatkov med seboj primerljive.



Slika 7.9: Povprečne izmerjene specifične aktivnosti C-14 (Bq na kilogram ogljika) v različnih vrstah živil, vzorčevanih v okolici NEK v juniju in septembru 2014. Polja, obarvana vijolično in modro, pomenijo najnižje vrednosti, polja, obarvana rumeno in zeleno, srednje vrednosti, polja, obarvana oranžno in rdeče, pa najvišje vrednosti. Meritve je izvedel IRB, Zagreb. ZK – zunanji krog, K – kontrola točka Dobova, NK – notranji krog NEK.



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)*):

$$E_{50-70, i} = a_i h(g)_i m_i \text{ } \mu\text{Sv} \quad (7.1)$$

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 7.2, za skupine živil pa v tabeli 7.3. 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 7.2 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.

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 neposredne bližine ograje 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.

Tabela 7.2: Okvirna poraba posameznih živil na člana gospodinjstva v Sloveniji v letu 2012 [69]

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	Bučke	2,0
Krompir	25,1	Fižol	1,3
Korenje	3,3	Pšenica	64,6
Koleraba	2,0	Koruza	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 7.3: Okvirna poraba živil po skupinah na člana gospodinjstva v Sloveniji v letu 2012 [69]

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

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 2014 v okolici NEK (60 ± 13) μSv , z upoštevanjem K-40 pa (193 ± 13) μSv . Drugod po Sloveniji je bila učinkovita doza odrasle osebe zaradi ingestije brez K-40 (83 ± 12) μSv , z upoštevanjem K-40 pa (212 ± 15) μSv . Razlike v skupnih dozah se pojavljajo predvsem zaradi razlik v dozah, prejetih zaradi naravnih radionuklidov, kot so K-40, Pb-210 in Ra-228.

Prispevki posameznih radionuklidov k učinkoviti dozi za odraslo osebo v letu 2014 v okolici NEK in drugod po Sloveniji so prikazani na sliki 7.10, 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 (43,2 %), sledijo Ra-226 (34,6 %), Ra-228 (11,3 %), Th-228 (6,5 %), U-238 (3,0 %), Sr-90 (1,3 %) in Cs-137 (0,2 %). Drugod po Sloveniji je k skupni učinkoviti dozi brez upoštevanja K-40 ravno tako največ prispeval Pb-210 (62,9 %), Ra-226 (19,2 %), U-238 (7,0 %), Ra-226 (5,4 %), Th-228 (4,7 %), Sr (0,6 %) in Cs (0,3 %).

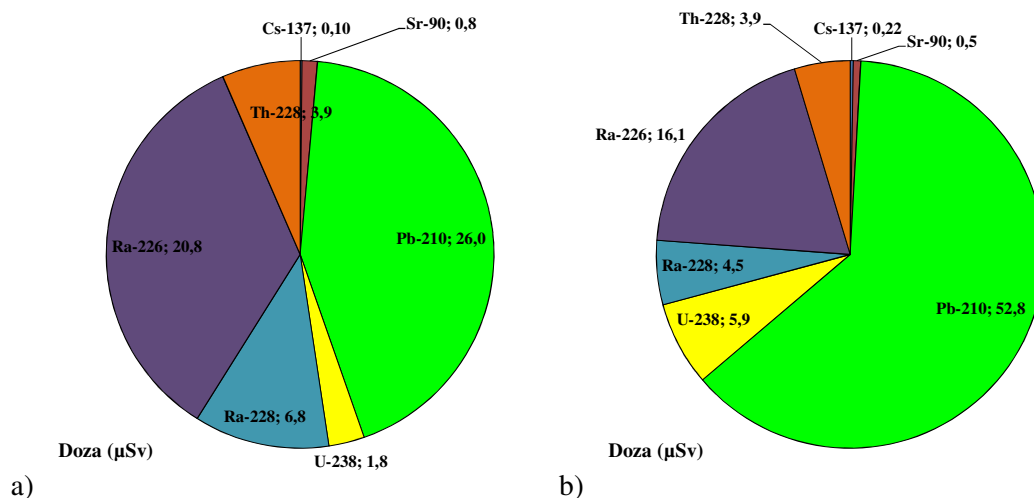
Umetni radionuklidi

Skupna letna učinkovita doza zaradi vsebnosti Cs-137 v hrani je bila v letu 2014 v okolici NEK (0,1; 0,01) μSv , drugod po Sloveniji pa (0,2; 0,03) μSv . Skupna učinkovita doza zaradi vsebnosti Sr-90 v hrani pa je bila v letu 2014 v okolici NEK (0,8; 0,08) μSv , drugod po Sloveniji pa (0,5; 0,06) μSv . V okolici NEK je bil delež letne učinkovite doze zaradi umetnih radionuklidov Cs-137 in Sr-90 pri uživanju hrane 1,5 % (0,2 % je delež Cs-137 in 1,3 % je delež Sr-90) glede na celotno prejeta učinkovito dozo (60 μSv 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 0,9 % (0,3 % je delež Cs-137 in 0,6 % je delež Sr-90) glede na celotno prejeta učinkovito dozo (83 μSv brez upoštevanja K-40), kar je z biološkega vidika zanemarljivo.

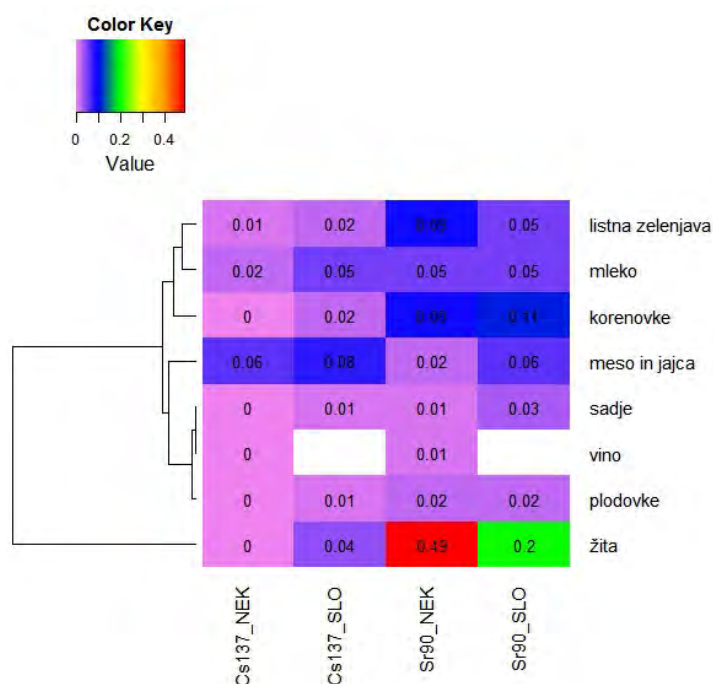
K letni dozi, prejeti zaradi umetnih radionuklidov Cs 137 in Sr 90 v hrani v okolici NEK ($0,9 \pm 0,2$) μSv in drugod po Sloveniji ($0,7 \pm 0,1$) μSv , je najbolj prispevalo prehranjevanje z mesom (Cs-137) in žiti (Sr-90) (slika 7.11).

V plinastih izpustih, ki jih v okolje spušča NEK, sta tudi Cs-137 in Sr-90. Celoletni izpust v letu 2014 je bil za Cs-137 71 kBq in za Sr-90 1,7 kBq. V vzorcih jabolk in hrušk iz neposredne bližine NEK (sadovnjak ob ograji) Cs-137 v letu 2014 ni bil detektiran, 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 2014 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 2014 v živilih ti radionuklidi niso bili detektirani.



Slika 7.10: Prispevki posameznih radionuklidov k skupni efektivni dozi (μSv), izračunani za odraslo osebo zaradi radionuklidov v hrani a) v okolici NEK v letu 2014 in b) drugod po Sloveniji v letu 2014. Skupna efektivna doza zaradi radionuklidov v hrani brez upoštevanja K-40 je bila v okolici NEK v letu 2014 (60 ± 13) μSv , drugod po Sloveniji pa (83 ± 12) μSv .



Slika 7.11: Izračunane efektivne doze za odraslo osebo zaradi Cs-137 (μSv) in Sr-90 (μSv) v različnih skupinah živil, vzorčevanih v okolici NEK in drugod po Sloveniji. Polja, obarvana vijolično in modro, pomenijo najnižje vrednosti, polja, obarvana rumeno in zeleno, srednje vrednosti, polja, obarvana oranžno in rdeče, pa najvišje vrednosti. Skupna efektivna doza zaradi s Cs-137 in Sr-90 v hrani je bila v okolici NEK v letu 2014 ($0,9 \pm 0,2$) μSv , drugod po Sloveniji pa ($0,7 \pm 0,1$) μSv .

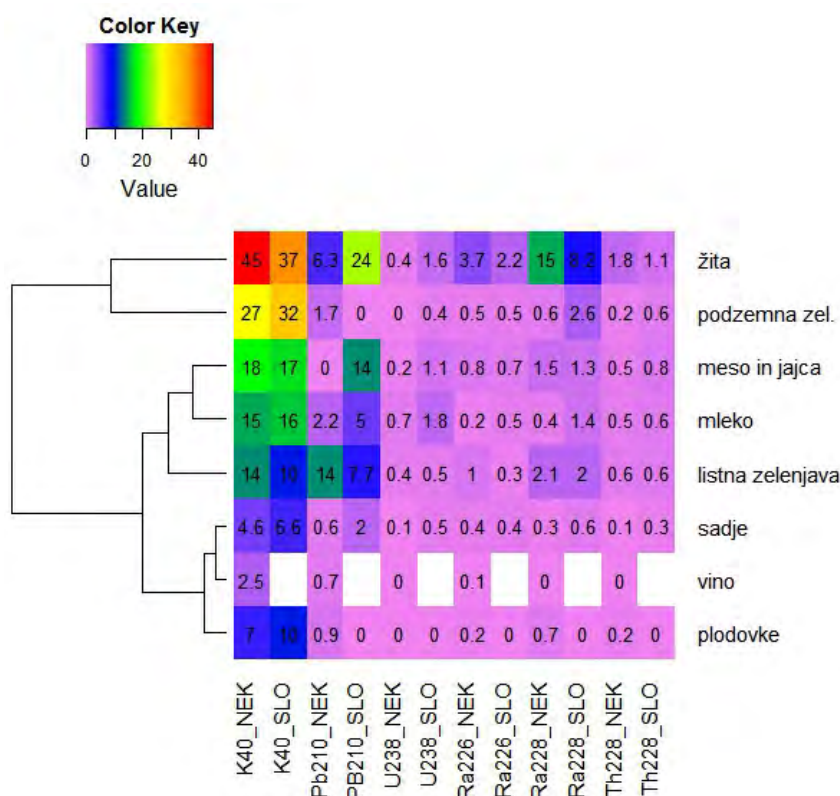


Poleg omenjenih radionuklidov ima pri vnosu naravnih radionuklidov v organizem pomembno težo tudi sevalec alfa Po-210. Iz poročila UNSCEAR [51] lahko razberemo, da je prispevek tega izotopa k celotni dozi zaradi uživanja hrane 64-odstoten ali (70 ± 40) μSv na leto. Pri tem pa je treba poudariti, da je največ Po-210 v hranilih morskega izvora. Prispevka Po-210 k učinkovni 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 učinkovni dozi zaradi vsebnosti naravnih radionuklidov delijo v tri skupine, pri čemer je v prvi skupini, ki prispeva največji delež k skupni dozi, žito in podzemna zelenjava, v drugi skupini so meso in jajca, mleko ter listna zelenjava, v tretji pa sadje, vino in plodovke. Živila iz skupine žit in podzemne zelenjave spadajo med tista živila, ki jih porabimo največ, zato je tudi prispevek omenjenih živil k letni učinkovni dozi zaradi vsebnosti naravnih radionuklidov znatno večji.

Skupna letna učinkovna doza zaradi K-40 je bila v letu 2014 v okolici NEK (133; 8) μSv , drugod po Sloveniji pa (129; 12) μSv , 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 μSv na leto na Bq/kg je po podatkih UNSCEAR letna doza, ki jo prejmejo odrasli zaradi K-40 165 μSv , letna doza, ki jo prejmejo otroci, pa 185 μSv . K vnosu K-40 v telo je v letu 2014 največ prispevalo prehranjevanje z žiti in podzemno zelenjavo, najmanj K-40 pa je bilo v sadju, vinu in plodovkah (slika 7.12).



Slika 7.12: Izračunane učinkovne doze za odraslo osebo zaradi K-40, Pb-210, U-238, Ra-226, Ra-228 in Th-228 (μSv) v različnih skupinah živil vzorčevanih v okolici NEK in drugod po Sloveniji v letu 2014. Polja, obarvana vijolično in modro, pomenijo najnižje vrednosti, polja, obarvana rumeno in zeleno, srednje vrednosti, polja, obarvana oranžno in rdeče, pa najvišje vrednosti.



Skupna letna efektivna doza zaradi Pb-210 v hrani je bila v letu 2014 v okolici NEK (26; 1,8) μSv , drugod po Sloveniji pa (53; 8,7) μSv , kar je primerljivo z referenčno vrednostjo UNSCEAR [51] in meritvami iz preteklih let. Prejeta doza zaradi Pb-210 po letih zelo variira (od 6,7 μSv v letu 2010 do 88 μSv 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 2014 je razvidno, da je k letni dozi zaradi Pb-210 v hrani v okolici NEK največ prispevalo uživanje listne zelenjave, drugod po Sloveniji pa žit (slika 7.12).

Efektivna doza zaradi vsebnosti z U-238 v hrani je bila v letu 2014 v okolici NEK (1,8; 0,14) μSv , drugod po Sloveniji pa (5,9; 0,7) μSv . K letni dozi, prejeti zaradi U-238, je najbolj prispevalo prehranjevanje z mlekom (slika 7.12). Efektivna doza zaradi vsebnosti Ra-226 v hrani je bila v okolici NEK (6,8; 0,6) μSv , drugod po Sloveniji pa (4,6; 0,7) μSv , zaradi vsebnosti Ra-228 je bila v okolici NEK (21; 3) μSv , drugod po Sloveniji pa (16; 3) μSv . K letni dozi, prejeti zaradi Ra-226 in Ra-228, je najbolj prispevalo prehranjevanje z žiti (slika 7.12). 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 7.12) 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 (3,9; 0,3) μSv in je enaka kot drugod po Sloveniji pa (3,9; 0,4) μSv , 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 7.12).

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 2014 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 [15], [16], [17], [18]. V letu 2014 je bilo vzorčevanje jabolk, koruze, pšenice, brstičnega ohrovtja in trave opravljeno v juliju in v septembru. Doza zaradi prisotnosti C-14 v hrani je bila tako v okolici NEK kot na kontrolni točki v Dobovi ocenjena na 14,8 μSv , kar je primerljivo v okviru merske negotovosti in naravne variabilnosti.

Doza 14,8 μSv 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) ([9], kjer se vzame 250 kg, če masa in sestava zaužite hrane za referenčno skupino prebivalstva ni znana. Iz tega sledi, 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 bližine notranjega kroga NEK dva meseca v letu, drugih 10 mesecev pa hrano od drugod (Dobova). V okviru merske negotovosti je bila doza zaradi C-14 enaka kot v lanskem letu.

V letu 2014 so bile vzorčevane tudi ribe iz Save. Poleg zračnih izpustov se C-14 redno detektira tudi v tekočinskih izpustih. V površinskih vodah je C-14 večinoma v obliki ogljikove kisline (HCO_3^-), pa tudi plinskega CO_2 , razmerje pa je odvisno od pH, temperature vode, porabe HCO_3^- v procesu fotosinteze, predvsem pa parcialnega tlaka CO_2 ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$). CO_2 lahko reagira tudi s kalcijevim karbonatom, ki ga je npr. v reki Savi precej ($\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$) in tvori topni kalcijev bikarbonat. Slednji rastlinam za fotosintezo ni dostopen. Vnos radioaktivnega ogljika v ribe ni enak kot pri drugih v vodi raztopljenih radionuklidih. Vnos namreč poteka posredno preko vodnih rastlin, s katerimi se ribe hranijo. Vsebnost C-14 v ribah je primerljiva z vsebnostjo C-14 v organizmih iz



naravnega okolja, tako da vpliva NEK na vsebnost C-14 v ribah ne zaznamo. Prav tako lahko sklenemo, da uživanje rib iz Save ne poveča stopnje obremenitve prebivalstva s C-14. Treba je še poudariti, da je C-14 del organskih molekul v organizmih, medtem ko drugi radionuklidi (Cs-137, K-40 ...) ne spadajo med strukturne elemente. Zaradi tega se tu obravnava specifične aktivnosti C-14 drugače kot pri drugih radionuklidih in ne moremo govoriti o bioakumulaciji, ampak o spremenjenem razmerju med izotopoma C-14 in C-12.

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 2014 so bili 1,73 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 2014 je bilo opravljenih 32 meritev različnih vrst hrane in 36 vzorcev mleka iz okolice NEK. Zelenjavo, žita in sadje smo vzorčevali od maja do septembra, odvzem mesa in jajc je bil v februarju in marcu, vina v novembru, 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 efektivna doza za odraslo osebo zaradi vsebnosti umetnih in naravnih radionuklidov v hrani, pridelane na krško-brežiškem polju v letu 2014, brez upoštevanja K-40, $(60 \pm 13) \mu\text{Sv}$, z upoštevanjem K-40 in C-14 pa $(193 \pm 13) \mu\text{Sv}$. Največji delež k skupni efektivni ingesticijski dozi, brez upoštevanja K-40, prispevajo naravni radionuklidi (98,6 %), kot so Pb-210 (43,2 %), Ra-226 (34,6 %), Ra-228 (11,3 %), Th-228 (6,5 %), in U-238 (3,0 %).

Deleža letnih efektivnih doz glede na celotno prejeto efektivno dozo zaradi umetnih radionuklidov Cs-137 in Sr-90 pri uživanju hrane sta bila 0,2 % in 1,3 % (1,5 % 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.

Največji delež je k celotni dozi $(193 \pm 13) \mu\text{Sv}$, 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 2014 meso in žita.

Med detektiranimi radionuklidi v zračnih izpustih NEK so tudi drugi umetni radionuklidi, ki pa jih v hrani v letu 2014 nismo detektirali, zato vpliv zračnih izpustov NEK v hrani ni neposredno določljiv. Izračuni efektivnih doz zaradi uživanja hrane, ki vsebuje umetne in naravne radionuklide, so pokazali, da je delež efektivne doze v letu 2014 zaradi umetnih radionuklidov v hrani 1,5-odstoten glede na celotno efektivno dozo zaradi vseh radionuklidov v hrani, kar je z biološkega vidika zanemarljivo. Od tod izhaja, da je prejeta efektivna doza zaradi uživanja hrane v glavnini posledica vnosa naravnih radionuklidov. Posebej je očitien prispevek Pb-210, $(26; 1,8) \mu\text{Sv}$, ki pa je v okviru vrednosti nadzornih meritev v okolici NEK v preteklih letih.

Izračunane efektivne doze v letu 2014 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 efektivne 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.

Meritve C-14 so bile v letu 2014 izvedene pri vzorcih jabolk, koruze, pšenice, brstičnega ohrovtu in trave na Institutu Ruđer Bošković v Zagrebu, rezultati vsebnosti C-14 v omenjenih živilih in krmi pa ne kažejo statistično značilnih odklonov od vsebnosti C-14, izmerjenih v vzorcih s kontrolne točke v Dobovi. Ocenjena letna efektivna doza zaradi ingestije C-14 je sicer v okolici NEK za 0,04 μSv večja kot na kontrolni točki v Dobovi. Vplivov NEK na vsebnost C-14 v rastlinski hrani ni zaznati. V letu 2014 so bile vzorčevane tudi ribe iz Save, kjer ni povečane vsebnosti C-14 glede na vsebnosti v organizmih iz naravnega okolja, tako da vplivov NEK na vsebnosti C-14 v ribah ni zaznati. Analizirana sta bila le dva vzorca rib ujetih v Jesenicah na Dolenjskem in ne v neposredni bližini NEK. V prihodnje bi bilo tako treba analizirati več vzorcev v neposredni bližini NEK. V letu 2014 ni bilo rednega letnega remonta v NEK.

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.



8 REFERENCE

- [1] Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško, Poročilo za leto 2013, interna oznaka 9/2014, Ljubljana, marec 2014
- [2] B. Zorko et al., *Meritve radioaktivnosti v okolju in na izviru ter njihova obravnava v luči morebitnega vpliva NEK na okolje*, Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, marec 2014
- [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. 6, Table 5.9.1, 2014
- [7] 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
- [8] 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] Uredba o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih (UV2), Uradni list RS 49/2004, 2843
- [10] Pravilnik o pogojih in metodologiji za ocenjevanje doz pri varstvu delavcev in prebivalstva pred ionizirajočimi sevanji (SV5), Uradni list RS 115 (2003) 15700
- [11] Poročila o obsevanosti prebivalcev Slovenije, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2000–2014
- [12] Poročilo o izvajanju monitoringa radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji v obdobju oktober–december 2014 ZVD, LMSAR-20130010-I-MG, januar 2015
- [13] Ovrednotenje merskih podatkov o radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji v letu 2014, IJS-DP-11797, januar 2015
- [14] Poročilo o meritvah radioaktivnosti pitne vode v letu 2014, št. poročila 51/2014, IJS, oktober 2014
- [15] I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, Izvješće o mjenjenjima aktivnosti ^{14}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
- [16] I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, Izvješće o mjenjenjima aktivnosti ^{14}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
- [17] I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, Izvješće o mjenjenjima aktivnosti ^{14}C u okolišu Nuklearne elektrane Krško tijekom 2013. godine, IRB-ZEF-2014/02, IRB-LNA 3/2014, Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, Zagreb, Hrvatska, 18. 2. 2014
- [18] I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, Izvješće o mjenjenjima aktivnosti ^{14}C u okolišu Nuklearne elektrane Krško tijekom 2014. godine, IRB-ZEF-2015/01, IRB-LNA 5/2014, Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, Zagreb, Hrvatska, 16. 2. 2015



- [19] International Standards Organisation, Determination of the characteristic limits (decision thresholds, detection limit, and limits of confidence intervals) for measurements of ionizing radiation, ISO 11929:2010 (E)
- [20] M. Korun, B. Vodenik, B. Zorko, Evaluation of gamma-ray spectrometric results near the decision threshold, *Appl. Radiat. Isot.*, 73 (2013), 1–8
- [21] M. Korun, B. Vodenik, B. Zorko, Reporting gamma-ray spectrometric measurement results near the natural limit: primary measurement results, best estimates calculated with the Bayesian posterior and best estimates calculated with the probability density distribution resembling shifting, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 299 (2014), 1839–1846
- [22] http://en.wikipedia.org/wiki/Correlation_and_dependence, dostop dne 4. 3. 2015
- [23] M. Korun, P. Maver Modec, Interpretation of the measurement results near the detection limit in gamma-ray spectrometry using Bayesian statistics, *Accred. Qual. Assur.*, 15 (2010) 515–520
- [24] 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
- [25] Izpostavitve prebivalcev sevanju zaradi tekočinskih izpustov NE Krško v reko Savo, IJS DP 8801 (2003)
- [26] Izpostavitve referenčne skupine prebivalcev sevanju zaradi tekočinskih izpustov NEK v reko Savo – Nova referenčna lokacija, IJS-DP-10114 (2009)
- [27] C. Kunz, Carbon-14 discharges at three light-water reactors, *Health Physics*, 49 (1985), 25–35
- [28] Smith, J. T. 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
- [29] 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
- [30] Carbon 14 and the environment (IRSN), <http://www.irsn.fr/EN/Research/publications-documentation/radionuclides-sheets/environment/Pages/carbon14-environment.aspx>
- [31] Handbook of Parameter Values for Prediction of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater environment, IAEA TRS no. 472
- [32] Špela Arh Marinčič, KOSTAK, sporočilo po elektronski pošti z dne 5.11. 2012
- [33] Jadranka Ajković, KOP Brežice, elektronsko sporočilo z dne 11. 1. 2013
- [34] Toni Petrovič, Določitev referenčnih aktivnosti radionuklida K-40 v različnih vzorcih, magistrsko delo, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, Ljubljana, avgust 2010
- [35] David R. Lide, ed., CRC Handbook of Chemistry and Physics, Internet Version 2005, <<http://www.hbcpnetbase.com>>, CRC Press, Boca Raton, FL, 2005
- [36] A. Kovačič et al., Strokovne podlage za razglasitev ogroženosti podzemne vode v Republiki Sloveniji, 2002
- [37] R. Jamnik, Matematična statistika, Državna založba Slovenije, 1980
- [38] M. Z. Božnar, MEIS storitve za okolje d. o. o., osebna komunikacija z B. Zorkom z dne 10. 3. 2015
- [39] 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
- [40] MEIS storitve za okolje d. o. o., Ovrednotenje razredčitvenih in depozicijskih koeficientov po Lagrangeevem modelu za leta 2011, 2012, 2013 in 2014
- [41] Spletne strani SURS, Statistični urad Republike Slovenije, www.stat.Database/Okolje/podnebni_kazalniki
- [42] GNIP, spletne strani IAEA, http://www-naweb.iaea.org/napc/ih/IHS_resources_gnip.html11



- [43] 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
- [44] Treaty establishing the European Atomic Energy Community (Euratom)
- [45] 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
- [46] Povprečna mesečna koncentracija delcev PM₁₀ v letu 2013, ARSO, januar 2014, http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/PM10_dec013_slo.pdf
- [47] Državne evidence izpustov onesnaževal zraka, Agencija RS za okolje, 2013, Preglednica ZR15-2: Struktura izpustov delcev različnih velikosti leta 2011 glede na vir onesnaževanja, http://kazalci.arso.gov.si/xml_table?data=graph_table&graph_id=10448&ind_id=545
- [48] ARHIV - opazovani in merjeni meteorološki podatki po Sloveniji, ARSO, Ljubljana, <http://www.meteo.si/met/sl/archive/>
- [49] Novica URSJV, 6. 11. 2013 <http://www.ursjv.gov.si/nc/si/info/novica/article/12088/5764/>
- [50] http://www.nek.si/sl/novinarsko_sredisce/novice/213/
- [51] 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
- [52] 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
- [53] A. Likar, T. Vidmar, B. Pucelj, Monte Carlo Determination of Gamma-ray Dose Rate with the GEANT System, *Health Physics*, 75 (1998), 165–169
- [54] Maya Bundt et al., Impact of Preferential Flow on Radionuclide Distribution in Soil, *Environ. Sci. Technol.*, 34 (2000), 3895–3899
- [55] HSK – Annual Report 1995 Tables 1–5
- [56] Matjaž Korun, osebno sporočilo, 2003
- [57] B. Zorko, S. Miljanić, B. Vekić, M. Štuhec, S. Gobec, M. Ranogajec - Komor, Intercomparison of dosimetry systems based on CaF₂: Mn TL-detectors, *Radiat. Protect. Dosim.*, 119 (2006), 300–305
- [58] 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
- [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, 11th 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] B. Varga, Regulations for radioisotope content in food- and feedstuffs. *Food and chemical Toxicology*, 46 (2008), 3448–3457

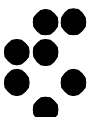


- [66] M. S. Yim, F. Caron, Life cycle and management of carbon-14 from nuclear power generation, Prog. Nucl. Energy 48 (2006), 2–36, doi: 10.1016/j.pnucene.2005.04.002
- [67] <http://rkg.gov.si/GERK>
- [68] Y. G. Zhu, E. Smolders, Plant uptake and radiocaesium: a review of mechanisms, regulation and application. Journal of experimental Botany, 51 (2000), 1635–1645
- [69] Statistične informacije, Statistični urad RS, št. 5, 30. julij 2002
- [70] Povzetek dokumenta "Strategija razvoja kmetijstva in razvoja podeželja v občini Krško za obdobje 2007–2013, Kmetijsko gozdarski zavod Novo mesto, Kmetijska gospodarska zbornica Slovenije

IJS delovno poročilo
IJS-DP-11810
marec 2015

**MERSKI REZULTATI –
NADZOR RADIOAKTIVNOSTI
V OKOLICI NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO**

POROČILO ZA LETO 2014





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.: Aneks št. 3 k pogodbi POG-3644 z dne 1. 1. 2014 in pogodba št. 3140469 (Z-8131020) z dne 7. 4. 2014 (za IJS)
POG-3140470 (Z-8131021) z dne 31.03. 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 2014

Poročilo uredila: mag. Denis Glavič - Cindro

Avtorji poročila: *Avtorji na IJS:*
D. Brodnik, B. Črnič, dipl. inž. fiz., D. Gerjol, mag. D. Glavič - Cindro, S. Gobec, dr. M. Korun, dr. J. Kožar Logar, doc. dr. M. Lipoglavšek, D. Marguč, dr. M. Nečemer, P. Osterman, prof. biol., dr. T. Petrovič, B. Svetek, inž. kem. tehnol., izr. prof. dr. V. Stibilj, dr. M. Štrok, Z. Trkov, inž. kem. tehnol., mag. B. Vodenik, T. Vodopivec, mag. med. fiz., 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. Barešić, dr. D. Barišić, mag. D. Borković, R. Bernat, dipl. inž., dr. Ž. Grahek, dr. N. Horvatinčić, G. Karanović, dipl. inž., T. Kardum, dr. Ž. Knežević, dr. I. Krajcar Bronić, R. Kušić, dr. I. Lovrenčić, I. Milanović, dipl. inž., M. Nodilo, dipl. inž., dr. B. Obelić (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-11810

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 2014

IJS-DP-11810
marec 2015

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 2014. 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 2014

IJS-DP-11810
March 2015

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 2014 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, B. Črnič, dipl. inž. fiz., D. Gerjol, mag. D. Glavič - Cindro, S. Gobec, M. Jerina, dr. M. Korun, dr. J. Kožar Logar, D. Marguč, dr. M. Nečemer, P. Osterman, prof. biol., mag. B. Vodenik, dr. B. Zorko

Odsek za znanosti o okolju (Odsek O2)

B. Svetek, inž. kem. tehnol., iz. prof. dr. V. Stibilj, 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., M. Nodilo, dipl. inž., 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 :

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

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



PROGRAM REDNEGA NADZORA RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NE KRŠKO ZA LETO 2014

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 2014

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)				12



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	sestavljene 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) Z = 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 ₂ v zraku	A, B – znotraj ograje NEK	CO ₂ absorbiran na NaOH kot Na ₂ CO ₃	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 2. Drnovo	enkratni vzorec vsakih 31 dni	1-krat na 31 dni	1-krat na 31 dni	12 × 3
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	3. Skopice	enkratni vzorec vsakih 31 dni			12 × 3
I-131, specifična analiza		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 2014

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: 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 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 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 Bq/m^3 .

2 **USEDI** (padavine): aktivnost se podaja z dvema podatkom:

- Koncentracija aktivnosti useda na vodoravni prestrežni površini se navaja v enotah Bq/m^2 .
- Koncentracija aktivnosti tekočih padavin se podaja v enotah Bq/m^3 .

3 **HRANA**

Specifična aktivnost mase dejanskega vzorca se navaja v 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 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 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 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 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 Bq/m^3 zraka ob predpostavki, da je koncentracija 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 Bq/kg (sušenje pri sobni temperaturi) in v 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 določi 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"



**SLOVENSKA
AKREDITACIJA**
SIST EN ISO/IEC 17025
LP-022

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 (CaF₂: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 μSv 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 4/2015. 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.



**SLOVENSKA
AKREDITACIJA**
SIST EN ISO/IEC 17025
LP-090

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 prinešenih 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 ³	Bq/kg	Bq/kg	Bq/m ³	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg
Količina vzorca (*)	10 000 m ³	0,5 kg	0,1 kg	0,05 m ³	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 m³.



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_3 . Aktivnosti beta se izmeri na proporcionalnem števcu beta s pretokom plina. Najbolj pogosto se uporablja mešanica 90 % Ar in 10 % CH_4 . Izkoristek števca EBERLINE Multi-Low-Level Counter FHT 770 T 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 izpostavljenem ravnotežju Sr-90/Y-90 izolacija itrija. Iz prve meritve SrCO_3 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 [viii–xii].

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), 6. izdaja, dec. 2012 in 7. izdaja, apr. 2014
- [vii] *Navodilo za uporabo proporcionalnega števca*, DP-O2-STC(01), 2. izdaja, sep. 2008 in 3. izdaja, apr. 2014
- [viii] *Poročilo o validaciji metode za določanje stroncija z beta štetjem*, IJS-DP-9893, maj 2008
- [ix] *Poročilo o validaciji metod STC v letu 2009*, IJS-DP-10349, december 2009



- [x] *Poročilo o validaciji STC-metode in izračunu merilne negotovosti v letu 2010*, IJS delovno poročilo, IJS-DP-10659, maj 2011
- [xi] *Poročilo o validaciji STC metod in izračunu merilne negotovosti v letu 2011*, IJS delovno poročilo, IJS-DP-11075, 2. izdaja, dec. 2012
- [xii] IAEA-TECDOC-1401, *Quantifying uncertainty in nuclear analytical measurements*, 2004

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 [xiii] in [xiv] ter v referencah [xv–xxi]. Vzorce vode najprej destiliramo in nato izvedemo elektrolizo. Po končani elektrolizi s tritijem obogateni preostanek destiliramo, odvezamo 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:

- [xiii] *Določanje tritija s tekočinskim scintilacijskim štetjem*, SDN-O2-STC(02), 5. izdaja, dec. 2012 (do apr. 2014), in 6. izdaja, apr. 2014
- [xiv] *Navodilo za uporabo tekočinsko scintilacijskega števca TRICARB 3170 TR/SL*, DP-O2-STC(02), 2. izdaja, sep., 2008 (do apr. 2014) in 3. izdaja, apr. 2014
- [xv] IAEA-TECDOC-1401, *Quantifying uncertainty in nuclear analytical measurements*; K. Rozanski, M. Gröning, *Tritium Assay in water samples using electrolytic enrichment and liquid scintillation spectrometry*, 2004
- [xvi] *Validacija metode za določitev tritija s tekočinskim scintilacijskim štetjem v letu 2007*, IJS delovno poročilo, IJS-DP-9890, 2008
- [xvii] *Poročilo o validaciji metod STC v letu 2009*, IJS delovno poročilo, IJS-DP-10349, december 2009
- [xviii] *Poročilo o validaciji STC metod in izračunu merilne negotovosti v letu 2010*, IJS delovno poročilo, IJS-DP-10659, maj 2011
- [xix] *Poročilo o validaciji STC metod in izračunu merilne negotovosti v letu 2011*, IJS delovno poročilo, IJS-DP-11075, 2. izdaja, dec. 2012
- [xx] *HASL-300*, Procedure Manual, November 1990
- [xxi] Isotope Hydrology lab.; Technical Procedure Note 19, *Procedure and Technique Critique for Tritium Enrichment by Electrolysis at the IAEA Laboratory*, IAEA 1976

d) 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:

- [xxii] *Umeritvene krivulje za tekočinsko scintilacijski spektrometer (LSC-DN-05)*, izdaja 00 (jan. 2008), izdaja 01 (maj 2014) in izdaja 02 (jul 2014), IJS, Ljubljana
- [xxiii] *Vzorčenje in priprava vzorcev za določitev tritija (LSC-DN-06)*, izdaja 03 (dec. 2012), izdaja 04 (maj 2014) in izdaja 05 (avg. 2014), IJS, Ljubljana



- [xxiv] *Meritev, analiza in izračun vsebnosti tritija (LSC-DN-07)*, izdaja 03 (avg. 2009), do maja 2014, IJS, Ljubljana
- [xxv] *Analiza in izračun vsebnosti tritija (LSC-DN-07)*, izdaja 04 (maj 2014) in izdaja 05 (jul. 2014), IJS, Ljubljana
- [xxvi] *Meritve vsebnosti radionuklidov s tekočinskoscintilacijskim števcem Quantulus(LSC-DN-07)*, izdaja 00 (maj 2014)

e) RADIOKEMIČNA ANALIZA C-14 (Odsek O-2)

Ogljik C-14 določamo v bazični raztopini po postopku, ki je opisan v [xxviii] in [xxix]. Raztopljeni $^{14}\text{CO}_2$ oborimo z BaCl_2 iz bazične raztopine. Uprašeni oborini 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:

- [xxvii] Woo H. J., Chun S. K., Cho S. Y., Kim Y. S., Kang D. W., Kim E. H., *Optimization of liquid scintillation counting techniques for the determination of carbon-14 in environmental samples*, Radional. Nucl. Cem., 239 (1999) 3, 649–655
- [xxviii] IAEA-TECDOC-1401, *Quantifying uncertainty in nuclear analytical measurements* (2004)
- [xxix] *Določanje ^{14}C v bazični raztopini*, SDN-O2-STC(03), 6. izdaja, dec. 2012 (do apr. 2014) in 7. izdaja, apr. 2014
- [xxx] *Navodilo za uporabo tekočinsko scintilacijskega števca TRICARB 3170 TR/SL*, D-O2-STC(02), 2. izdaja, sept., 2008 (do apr. 2014) in 3. izdaja, apr. 2014
- [xxxii] *Poročilo o validaciji metode za določanje ^{14}C v bazični raztopini*, IJS delovno poročilo, IJS-DP-9892, april 2008
- [xxxiii] *Poročilo o validaciji metod STC v letu 2009*, IJS delovno poročilo, IJS-DP-10349, december 2009
- [xxxiiii] *Poročilo o validaciji STC metod in izračunu merilne negotovosti v letu 2010*, IJS delovno poročilo, IJS-DP-10659, maj 2011
- [xxxv] *Poročilo o validaciji STC metod in izračunu merilne negotovosti v letu 2011*, IJS delovno poročilo, IJS-DP-11075, 2. izdaja, dec. 2012

f) 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 iz $\text{CaF}_2:\text{Mn}$ 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* [xxxvii]. Karakteristike sistema za TL-dozimetrijo so podrobno opisane v IJS delovnih poročilih [xxxv, xxxvi].

Reference:

- [xxxv] *Validacija termoluminiscenčnega sistema TLD IJS MR 200 C po standardu IEC/CEI 61066*, IJS-DP-10126, feb. 2009
- [xxxvi] *Validacija termoluminiscenčnega sistema TLD IJS MR 200 C po standardu IEC/CEI 62387*, IJS-DP-11217, jan. 2013
- [xxxvii] *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:

[xxxviii] Priručnik sistema upravljanja kakovostom PK (izdaja 09), Institut Ruđer Bošković, 2013

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 1332,5 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 1332,5 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 [xxxix]. Izkoristke detektorjev merimo s certificiranimi standardi ČMI, ANALYTICS in LEA-CERCA, skladno z zahtevami, predpisanimi v postopkih in delovnih navodilih PS 5.4/1 in RU 5.4/1-1 [xxxix, xl]. Meritve so bile opravljene po postopku, opisanem v PS 5.4/1 [xxxix] in RU 5.4/1-1 [xl]. Negotovosti rezultatov so ocenjene v skladu s postopkom PS 5.4/7 [xli] in PS 5.4/1 [xxix].

Spodnja meja detekcije in minimalna aktivnost, ki so določene z intervalom zaupanja 95 %, je za izmerjene vzorce opisane v PS 5.4/1, izdaja (08), in RU 5.4/1-1, izdaja (10). [xxxix, xl]:


ORIENTACIJSKE SPODNJE DETEKCIJSKE MEJE (MDA) ZA SPEKTROMETRIJO GAMA ZA DVA DETEKTORJA*

Detektor	BE3830			GR2520		
	RIBE	VODA	SEDIMENT	RIBE	VODA	SEDIMENT
Medij						
Enota	kg	m ³	kg	kg	m ³	kg
Količina vzorca (**)	0,4	0,05	0,175	0,4	0,05	0,175
Radionuklid	Bq/kg	Bq/m ³	Bq/kg	Bq/kg	Bq/m ³	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 (števnici čas, masa, statistične fluktuacije sevanja ipd.)

Reference:

- [xxxix] SUK PS 5.4/1 (izdaja 08), Gama spektrometrijska određivanja, Institut Ruđer Bošković, 2013.
- [xl] SUK RU 5.4/1-1 (izdaja 10) Gama spektrometrijska određivanja, Institut Ruđer Bošković, 2013.
- [xli] SUK PS 5.4/7 (izdaja 01), Izračun mjerne nesigurnosti, 2013
- [xlii] IAEA, Technical Reports Series No. 295, Measurement of radionuclides in food and the environment, 1989

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 [xliii, xliv]. Radiokemična separacija temelji na ločitvi stroncija od kalcija na koloni, napolnjeni z anionskim izmenjevalcem Amberlite CG-400 in raztopino 0,25 M HNO₃ v metanolu [xlvi]. Izkoristek separacije določimo gravimetrično s tehtanjem oborine SrCO₃. Aktivnosti beta se izmeri 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 SrCO₃ 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 [xlvi] in v delovnih navodilih RU 5.4/2-1/ [xlvii], izračun merilne negotovosti pa je opisan v PS 5.4/2 in PS 5.4/7 [xlvi, xlviii].



Reference:

- [xliii] IAEA, Technical Reports Series No. 295, Measurement of radionuclides in food and the environment, 1989
- [xliv] Grahek Ž., Košutić K., Rožmarić-Mačefat M., Strontium isolation from natural samples with Sr resin and subsequent determination of Sr-90. Journal of Radioanalytical & Nuclear Chemistry, 268 (2006), 179–190
- [xlv] Grahek Ž. et al, Improved methods for the radioactive strontium determination, Journal Radioanal. Nucl. Chem., 242 (1999), 33–40
- [xlvi] SUK PS 5.4/2 (izdaja 08), Određivanje ^{89,90}Sr, Institut Ruđer Bošković, 2013
- [xlvii] SUK RU 5.4/2-1/ (izdaja 09), Određivanje ^{89,90}Sr, Institut Ruđer Bošković, 2013
- [xlviii] SUK PS 5.4/7 (izdaja 01), Izračun mjerne nesigurnosti, 2013

c) RADIOKEMIČNA ANALIZA H-3

Tritij določamo v zračnih izpustih in v vodnih vzorcih po postopkih, ki so natančno opisani v referencah [xliv–liii]. Vzorec vode se predestilira z dodatkom KMnO₄. 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:

- [xliv] Reference Manual TRI-CARB Liquid Scintillation Analyzer, Model 3180 TR/SL Series, Perkin Elmer, 2011
- [l] IAEA, Technical Reports Series No. 295, Measurement of radionuclides in food and the environment, 1989
- [li] SUK PS 5.4/7 (izdaja 01), Izračun mjerne nesigurnosti, 2013
- [lii] SUK PS 5.4/3 (izdaja 08), Određivanje tritija, Institut Ruđer Bošković, 2013
- [liii] SUK RU 5.4/3-1/ (izdaja 08), Određivanje tritija, Institut Ruđer Bošković, 2014

d) 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 [liv, lv]. 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 [liv, lv] ter v referencah [lvi, lvii].

Reference:

- [liv] SUK PS 5.4/4 (izdaja 08), Određivanje ⁵⁵Fe, Institut Ruđer Bošković, 2013
- [lv] SUK RU 5.4/4-1/ (izdaja 09), Određivanje ⁵⁵Fe, Institut Ruđer Bošković, 2014
- [lvi] 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
- [lvii] Ž. Grahek, M. Rožmarić, Isolation of iron and strontium from liquid samples and the determination of ⁵⁵Fe and ^{89,90}Sr in liquid radioactive waste, Analytica Chimica Acta, 511 (2004), 339–348



e) 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.

f) 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 CO₂ iz vzorca se absorbira v zmesi Carbosorba[®]E (10 mL) in Permafluora[®]E (10 mL) [lviii–lxi]. Masa absorbiranega CO₂ 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 ¹⁴C, ki jo lahko izmerimo preko meritve absorbiranega CO₂, 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 CO₂

Atmosferski CO₂ se zbira na dveh lokacijah znotraj ograje NE Krško. Vzorčevalnik je sestavljen iz plitve plastične posode s površino 3–4 dm², kamor se vlije 100 mL zasičene raztopine NaOH. Na₂CO₃, ki se zbere v vzorčevalniku, se v laboratoriju v posebni stekleni aparaturi raztaplja z reakcijo s HCl v inertni dušikovi atmosferi. Tako dobljen CO₂ se uporabi za pripravo benzena [lix, lx, lxi]. 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 ¹⁴C se kontrolira čistoča vzorca z meritvijo SQP-parametra (SQP = Standard Quench Parameter), s katerim se opravi korekcija zaradi dušenja. Najnižja aktivnost ¹⁴C, ki jo lahko določimo v vzorcih benzena, je 0,12 pMC, skupna merilna negotovost za vzorce iz okolja pa je 0,5 pMC.



Reference:

- [lviii] N. Horvatinčić, J. Barešić, I. Krajcar Bronić, B. Obelić, Measurements of low ^{14}C activities in a liquid scintillation counter in the Zagreb Radiocarbon Laboratory. Radiocarbon 2004; 46/1:105–116
- [lix] J. Barešić, I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, B. Obelić, Mjerenje niskih ^{14}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
- [lx] J. Barešić, I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, B. Obelić, Mjerenje niskih ^{14}C aktivnosti uzoraka pripremljenih metodom apsorpcije 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
- [lxi] I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, J. Barešić, B. Obelić, . Measurement of ^{14}C activity by liquid scintillation counting. Applied Radiation and Isotopes 2009;. 67:800–8



ZAVOD ZA VARSTVO PRI DELU



**SLOVENSKA
AKREDITACIJA**
SIST EN ISO/IEC 17025
LP-032

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.

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 ³	kg	m ³
Količina vzorca (**)	3	0,15	0,1	0,05	10000
Radionuklid	Bq/kg	Bq/kg	Bq/m ³	Bq/kg	Bq/m ³
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 vodili 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 isti 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) obdobjnih (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 obdobjnih 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 evaluaciji 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
1. REKA SAVA - sestavljeni mesečni vzorci filtrirane vode in filtrskega ostanka		
– 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
1. REKA SAVA – enkratni vzorci nefiltrirane vode		
– 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
2. REKA SAVA – sedimenti		
– 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
2. REKA SAVA – vodna biota – ribe		
– 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
vodovod SPODNJI STARI GRAD	T – 33	M–25
črpališče BREŽICE - Glogov Brod	T – 34	M–26

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–27
ŠIBICE (R Hrvaška)	T – 36	M–28

5. PADAVINE – mesečni vzorci

- izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3

BREGE	T – 37	M–30
KRŠKO	T – 38	M–32
DOBOVA	T – 39	M–34
LJUBLJANA *)	T – 40	M–36
PREGLED SPECIFIČNIH ANALIZ H-3 V DEŽEVNICI	T – 41	M–38

6. SUHI USEDI – mesečni vzorci

- izotopska analiza sevalcev gama

SUHI USED – vazelinske plošče	T – 42	M–39
-------------------------------	--------	------

*) Iz programa nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju RS



7. ZRAK – zračni jod ter aerosoli

– izotopska analiza sevalcev gama

PREGLED MERITEV JODA V ZRAKU	T – 43	M–44
SPODNJI STARI GRAD	T – 44	M–45
STARA VAS	T – 45	M–46
LESKOVEC	T – 46	M–47
BREGE	T – 47	M–48
VIHRE	T – 48	M–49
GORNJI LENART	T – 49	M–50
LIBNA	T – 50	M–51
DOBOVA	T – 51	M–52
LJUBLJANA *)	T – 52	M–54

8. DOZA ZUNANJEGA SEVANJA

TL-dozimetri v okolici NEK in na ograji NEK	T – 53	M–56
TL-dozimetri v Republiki Sloveniji	T – 54	M–60
TL-dozimetri v Republiki Hrvaški	T – 55	M–62
Kontinuirni merilniki hitrosti doze MFM-202	T – 56	M–63
Izračun razredčitvenih in depozicijskih koeficientov po Lagrangeevem modelu (MEIS storitve za okolje d. o. o.)		M–68

9. ZEMLJA – enkratni vzorci

– izotopska analiza sevalcev gama in
specifična analiza Sr-90/Sr-89

GMAJNICE – neobdelana zemlja	T – 57	M–70
– normalno orana njiva	T – 58	M–72
KUSOVA VRBINA – neobdelana zemlja	T – 59	M–74
AMERIKA – neobdelana zemlja	T – 60	M–76

10. MLEKO – enkratni oz. sestavljeni mesečni vzorci

– izotopska analiza sevalcev gama in
specifični analizi Sr-90 in I-131

PESJE	T – 61	M–80
VIHRE	T – 62	M–81
BREGE	T – 63	M–82
PESJE, VIHRE, BREGE (I-131)	T – 64	M–83

11. SADJE – enkratni vzorci

– izotopska analiza sevalcev gama in
specifična analiza Sr-90/Sr-89

JABOLKA	T – 65	M–83
HRUŠKE	T – 66	M–84
JAGODE	T – 67	M–84
VINO, BEZEG	T – 68	M–85

*) 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

BLITVA, SOLATA, KROMPIR, ČEBULA	T – 69	M–85
KORENJE, MALANCANI, KOLERABA, KUMARE	T – 70	M–86
STROČJI FIŽOL, RDEČA PESA, BUČKE, PAPRIKA	T – 71	M–86
PARADIŽNIK, FEFERONI, PETERŠILJ, ZELJE	T – 72	M–87
KORUZA, JEČMEN, PŠENICA, RADIČ	T – 73	M–87

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–88
SVINJSKO, GOVEJE IN DIVJAČINSKO MESO	T – 75	M–88

TABELE REZULTATOV PRIMERJALNIH MERITEV

M–89

1. VODA - REKA SAVA

VODA - SESTAVLJENI MESEČNI VZORCI

VODA - ENKRATNI VZORCI

2. SEDIMENTI

VODNA BIOTA – RIBE

LETO 2014 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	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	140,12	138,49	139,94	143,34	
Pretok (m³/s)	483,0	188,2	280,1	357,9	
Oznaka vzorca	NEKVKRK114	NEKVKRK214	NEKVKRK314	NEKVKRK414	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)				
U-238	3,8E+00 ± 1E+00		3,1E+00 ± 2E+00	3,2E+00 ± 7E-01	2,5E+00 ± 5E-01
Ra-226**	9,3E-01 ± 9E-02	1,1E+00 ± 1E-01	1,2E+00 ± 2E-01	1,0E+00 ± 8E-02	1,1E+00 ± 6E-02
Pb-210	2,0E+01 ± 2E+00	3,7E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 1E+00
Ra-228	9,5E-01 ± 2E-01	1,1E+00 ± 2E-01	1,7E+00 ± 3E-01	1,2E+00 ± 2E-01	1,2E+00 ± 1E-01
Th-228	4,9E-01 ± 2E-01	8,2E-01 ± 2E-01	9,4E-01 ± 3E-01	8,6E-01 ± 2E-01	7,8E-01 ± 1E-01
Th-230					
K-40	3,6E+01 ± 3E+00	3,2E+01 ± 2E+00	4,3E+01 ± 3E+00	4,2E+01 ± 3E+00	3,8E+01 ± 1E+00
Be-7	1,4E+02 ± 5E+00	6,4E+01 ± 2E+00	3,6E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 4E+00	1,7E+02 ± 3E+00
I-131	5,3E+00 ± 1E+00	5,5E+00 ± 9E-01			2,7E+00 ± 3E-01
Cs-134					
Cs-137	1,5E-01 ± 5E-02	< 4E-01	< 7E-01	3,8E-01 ± 5E-02	1,3E-01 ± 2E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	2,6E+00 ± 2E-01	2,7E+00 ± 2E-01	2,0E+00 ± 5E-01	2,2E+00 ± 2E-01	2,4E+00 ± 1E-01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2014 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	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	144,00	145,60	147,20	147,20	
Susp. snov (g)	0,803	1,469	1,543	1,758	
Oznaka vzorca	NEKFKRK114	NEKFKRK214	NEKFKRK314	NEKFKRK414	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)				
U-238	5,1E-01 ± 4E-01		1,2E+00 ± 7E-01		4,3E-01 ± 2E-01
Ra-226**			5,4E-01 ± 1E-01	1,8E-01 ± 8E-02	1,8E-01 ± 3E-02
Pb-210	3,5E-01 ± 3E-01	9,2E-01 ± 4E-01	9,2E-01 ± 6E-01	9,2E-01 ± 4E-01	7,8E-01 ± 2E-01
Ra-228	2,9E-01 ± 1E-01		3,8E-01 ± 3E-01		1,7E-01 ± 7E-02
Th-228	1,2E-01 ± 1E-01		3,0E-01 ± 2E-01	5,0E-01 ± 1E-01	2,3E-01 ± 6E-02
Th-230					
K-40	2,1E+00 ± 7E-01		< 4E+00		5,3E-01 ± 1E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	7,1E-02 ± 3E-02	< 3E-01	< 4E-01	< 3E-01	1,8E-02 ± 1E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	< 5E-02	5,4E-02 ± 4E-02	< 6E-02	< 6E-02	1,3E-02 ± 3E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2014 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	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Pretok (m ³ /s)	432,5	706,9	309,5	208,9	207,9	147,8	
Oznaka vzorca	NEKVKR0114	NEKVKR0214	NEKVKR0314	NEKVKR0414	NEKVKR0514	NEKVKR0614	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
H-3	5,8E+02 ± 5E+01	6,5E+02 ± 6E+01	5,3E+02 ± 9E+01	6,3E+02 ± 1E+02	7,9E+02 ± 2E+02	6,3E+02 ± 1E+02	6,3E+02 ± 5E+01

Vzorč. mesto	Krško						
Datum vzor.	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Pretok (m ³ /s)	183,7	248,2	408,4	188,0	583,7	301,9	
Oznaka vzorca	NEKVKR0714	NEKVKR0814	NEKVKR0914	NEKVKR1014	NEKVKR1114	NEKVKR1214	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
H-3	8,5E+02 ± 2E+02	6,2E+02 ± 2E+02	5,0E+02 ± 1E+02	5,2E+02 ± 1E+02	5,8E+02 ± 1E+02	4,7E+02 ± 1E+02	6,1E+02 ± 4E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) Radiokemijske analize H-3 za mesece januar, februar in marec so bile opravljene na IJS na Odseku F-2, ostale pa na IJS na Odseku O-2.

LETO 2014 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	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	310,44	306,05	303,25	301,78	
Susp. snov (g)	1,488	0,589	1,878	2,042	
Oznaka vzorca	NEKFBRK114	NEKFBRK214	NEKFBRK314	NEKFBRK414	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)				
Sr-90	< 3E-02	< 3E-02	< 3E-02	1,3E-01 ± 3E-02	3,3E-02 ± 1E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2014 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	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	43,88	45,60	48,58	48,40	48,10	46,40	
Pretok (m ³ /s)	432,5	706,9	309,5	208,9	207,9	147,8	
Oznaka vzorca	NEKVBR0114	NEKVBR0214	NEKVBR0314	NEKVBR0414	NEKVBR0514	NEKVBR0614	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
U-238	4,7E+00 ± 2E+00		5,9E+00 ± 2E+00	4,3E+00 ± 1E+00	2,0E+00 ± 8E-01	3,2E+00 ± 1E+00	3,3E+00 ± 5E-01
Ra-226**	3,2E-01 ± 2E-01		5,7E-01 ± 2E-01		8,7E-01 ± 2E-01	1,7E+00 ± 2E-01	5,8E-01 ± 6E-02
Pb-210	3,1E+01 ± 3E+00	2,9E+01 ± 3E+00	1,2E+01 ± 2E+00	2,7E+01 ± 3E+00	1,7E+01 ± 2E+00	5,5E+00 ± 2E+00	2,0E+01 ± 1E+00
Ra-228	6,2E-01 ± 4E-01		1,4E+00 ± 4E-01	4,1E+00 ± 9E-01		1,1E+00 ± 3E-01	1,2E+00 ± 2E-01
Th-228	7,1E-01 ± 4E-01	1,3E+00 ± 5E-01	7,2E-01 ± 4E-01	8,7E-01 ± 4E-01		1,3E+00 ± 3E-01	9,2E-01 ± 2E-01
Th-230							
K-40	3,2E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 4E+00	2,3E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 3E+00	2,9E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 1E+00
Be-7	2,5E+02 ± 2E+01	2,0E+02 ± 7E+00	3,6E+01 ± 2E+00	4,1E+01 ± 2E+00	1,5E+02 ± 1E+01	6,1E+00 ± 1E+00	1,1E+02 ± 4E+00
I-131	2,3E+00 ± 2E+00		4,0E+00 ± 6E-01		2,8E+00 ± 6E-01	3,9E+00 ± 4E-01	2,2E+00 ± 3E-01
Cs-134							
Cs-137	2,9E-01 ± 9E-02	2,5E-01 ± 2E-02	< 6E-01	< 8E-01	< 6E-01	< 7E-01	1,1E-01 ± 2E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,7E+00 ± 3E-01	2,8E+00 ± 3E-01	1,1E+00 ± 2E-01	1,9E+00 ± 2E-01	2,7E+00 ± 3E-01	3,8E+00 ± 3E-01	2,5E+00 ± 1E-01
H-3	8,2E+02 ± 7E+01	9,8E+02 ± 8E+01	8,5E+02 ± 1E+02	1,1E+03 ± 2E+02	7,0E+02 ± 1E+02	1,4E+03 ± 2E+02	9,7E+02 ± 6E+01

(*) 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 za mesece januar, februar in marec so bile opravljene na IJS na Odseku F-2, ostale pa na IJS na Odseku O-2.

LETO 2014 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	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	99,97	98,70	111,77	102,22	103,83	100,00	
Susp. snov (g)	1,603	1,940	0,987	0,604	0,454	0,713	
Oznaka vzorca	NEKFBR0114	NEKFBR0214	NEKFBR0314	NEKFBR0414	NEKFBR0514	NEKFBR0614	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
U-238		2,0E+00 ± 6E-01		1,9E+00 ± 8E-01	1,3E+00 ± 1E+00		8,6E-01 ± 2E-01
Ra-226**	5,8E-01 ± 1E-01	1,1E+00 ± 1E-01	7,2E-01 ± 7E-02		3,5E-01 ± 2E-01	4,8E-01 ± 1E-01	5,4E-01 ± 5E-02
Pb-210		2,8E+00 ± 1E+00		1,3E+00 ± 9E-01			6,8E-01 ± 9E-01
Ra-228	9,0E-01 ± 2E-01	8,5E-01 ± 2E-01	3,9E-01 ± 2E-01	6,0E-01 ± 2E-01	4,5E-01 ± 3E-01	3,8E-02 ± 3E-02	5,4E-01 ± 9E-02
Th-228	5,3E-01 ± 2E-01	7,9E-01 ± 2E-01	4,0E-01 ± 2E-01	3,3E-01 ± 2E-01	4,5E-01 ± 3E-01	5,7E-02 ± 2E-02	4,3E-01 ± 8E-02
Th-230							
K-40	1,1E+01 ± 2E+00	1,1E+01 ± 2E+00	2,2E+00 ± 1E+00	1,6E+00 ± 1E+00		2,0E+00 ± 2E+00	4,7E+00 ± 5E-01
Be-7		2,0E+00 ± 5E-01					3,3E-01 ± 8E-02
I-131			4,5E-01 ± 1E-01				7,5E-02 ± 2E-02
Cs-134							
Cs-137	1,7E-01 ± 5E-02	< 4E-01	< 3E-01	< 4E-01	< 8E-01	< 5E-01	2,8E-02 ± 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 2014 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	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	46,28	49,33	42,83	47,98	45,58	47,98	
Pretok (m ³ /s)	183,7	248,2	408,4	188,0	583,7	301,9	
Oznaka vzorca	NEKVBR0714	NEKVBR0814	NEKVBR0914	NEKVBR1014	NEKVBR1114	NEKVBR1214	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
U-238	1,9E-01 ± 2E-01	2,9E+00 ± 3E-01	5,9E+00 ± 3E+00	1,4E+00 ± 5E-01	1,1E+00 ± 3E-01	1,2E+00 ± 3E-01	2,0E+00 ± 1E+00
Ra-226**							
Pb-210	1,3E+01 ± 2E+00	1,3E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 3E+00	1,2E+01 ± 2E+00	7,7E+00 ± 2E+00	2,5E+01 ± 2E+00	8,5E-01 ± 7E-02
Ra-228	3,5E+00 ± 9E-01	2,3E+00 ± 6E-01	7,3E+00 ± 6E-01	1,2E+00 ± 5E-01	1,5E+00 ± 5E-01	6,4E-01 ± 4E-01	1,9E+01 ± 7E-01
Th-228	1,1E+00 ± 5E-01		3,8E+00 ± 5E-01	1,6E+00 ± 4E-01	1,2E+00 ± 5E-01		2,0E+00 ± 2E-01
Th-230							1,1E+00 ± 1E-01
K-40	2,2E+01 ± 3E+00	4,0E+01 ± 5E+00	3,6E+01 ± 5E+00	3,5E+01 ± 4E+00	3,8E+01 ± 4E+00	2,7E+01 ± 3E+00	2,9E+01 ± 1E+00
Be-7	2,4E+02 ± 8E+00	4,7E+02 ± 1E+01	2,4E+02 ± 8E+00	3,6E+01 ± 3E+00	4,6E+01 ± 4E+00	9,8E+01 ± 3E+00	1,5E+02 ± 2E+00
I-131				2,4E+00 ± 5E-01	3,2E+00 ± 6E-01		1,6E+00 ± 2E-01
Cs-134							
Cs-137	< 9E-01	< 1E+00	< 1E+00	< 1E+00	< 1E+00	2,3E-01 ± 1E-02	7,0E-02 ± 2E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,8E+00 ± 3E-01	1,6E+00 ± 2E-01	3,0E+00 ± 3E-01	2,3E+00 ± 5E-01	2,2E+00 ± 2E-01	2,4E+00 ± 3E-01	2,4E+00 ± 8E-02
H-3	1,1E+03 ± 2E+02	7,0E+02 ± 2E+02	5,8E+02 ± 1E+02	9,4E+02 ± 2E+02	7,1E+02 ± 2E+02	6,1E+02 ± 1E+02	8,8E+02 ± 4E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

(***) Visokoločljiva 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 2014 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	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	98,61	108,41	96,23	101,47	95,66	104,65	
Susp. snov (g)	0,713	1,235	3,797	1,195	3,962	1,107	
Oznaka vzorca	NEKFBR0714	NEKFBR0814	NEKFBR0914	NEKFBR1014	NEKFBR1114	NEKFBR1214	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
U-238		2,5E+00 ± 4E-01	2,2E+00 ± 6E-01	1,1E+01 ± 8E+00			1,7E+00 ± 7E-01
Ra-226**	5,2E-01 ± 9E-02	2,2E+00 ± 7E-02	1,1E+00 ± 1E-01		2,4E+00 ± 1E-01	2,9E-01 ± 4E-02	8,1E-01 ± 3E-02
Pb-210	3,6E+00 ± 2E+00	7,6E-01 ± 5E-01	2,0E+00 ± 1E+00		3,0E+00 ± 7E-01	1,6E+00 ± 2E-01	1,3E+00 ± 5E-01
Ra-228	1,1E+00 ± 2E-01	4,6E-01 ± 1E-01	3,5E+00 ± 2E-01		1,5E+00 ± 2E-01	8,5E-02 ± 8E-02	8,2E-01 ± 5E-02
Th-228		3,9E-01 ± 1E-01	3,2E+00 ± 2E-01	2,5E-01 ± 2E-01	1,7E+00 ± 2E-01	4,9E-01 ± 8E-02	7,2E-01 ± 5E-02
Th-230							
K-40	5,4E+00 ± 2E+00	5,4E+00 ± 8E-01	2,1E+01 ± 2E+00	5,1E+00 ± 2E+00	1,7E+01 ± 2E+00	3,7E+00 ± 5E-01	7,2E+00 ± 4E-01
Be-7	3,1E+00 ± 6E-01	2,9E+00 ± 3E-01	4,0E+00 ± 6E-01		3,2E+00 ± 5E-01	1,7E+00 ± 2E-01	1,4E+00 ± 9E-02
I-131							3,8E-02 ± 9E-03
Cs-134							
Cs-137	1,6E-01 ± 4E-02	2,2E-01 ± 3E-02	3,9E-01 ± 5E-02	2,1E-01 ± 7E-02	4,2E-01 ± 5E-02	5,4E-02 ± 2E-02	1,4E-01 ± 9E-02
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 2014 T - 5a

1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrirane vode (voda + fina susp. snov)



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem						
Datum vzor.	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Polletno povprečje (*)
Kol. vzor. (L)	267,10	229,90	272,30	263,80	271,33	265,00	
Pretok (m³/s)	520,0	973,0	375,0	265,0	264,0	166,0	
Oznaka vzorca	JFV01-14	JFV02-14	JFV03-14	JFV04-14	JFV05-14	JFV06-14	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
U-238	7,7E+00 ± 3E+00	6,5E+00 ± 3E+00	5,4E+00 ± 2E+00	9,6E+00 ± 3E+00	4,6E+00 ± 2E+00	5,6E+00 ± 2E+00	6,6E+00 ± 1E+00
Ra-226	1,2E+00 ± 5E-01	1,9E+00 ± 6E-01	2,1E+00 ± 5E-01	9,3E-01 ± 5E-01	3,3E+00 ± 6E-01	1,9E+00 ± 5E-01	1,9E+00 ± 2E-01
Pb-210							
Ra-228	2,2E+00 ± 7E-01	1,0E+00 ± 6E-01	1,1E+00 ± 6E-01		9,0E-01 ± 5E-01	1,4E+00 ± 7E-01	1,1E+00 ± 2E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	4,9E+01 ± 7E+00	5,5E+01 ± 8E+00	3,5E+01 ± 6E+00	3,9E+01 ± 6E+00	4,6E+01 ± 7E+00	4,4E+01 ± 7E+00	4,5E+01 ± 3E+00
Be-7	2,6E+00 ± 2E+00	7,1E+00 ± 3E+00	2,7E+00 ± 2E+00	2,6E+00 ± 2E+00	3,7E+00 ± 2E+00	2,5E+00 ± 2E+00	3,5E+00 ± 8E-01
I-131	3,4E+00 ± 2E+00	3,3E+00 ± 2E+00	5,7E+00 ± 2E+00	5,3E+00 ± 2E+00	3,4E+00 ± 2E+00	4,5E+00 ± 2E+00	4,2E+00 ± 7E-01
Cs-134							
Cs-137							
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,5E+00 ± 2E-01	2,9E+00 ± 3E-01	2,4E+00 ± 2E-01	2,1E+00 ± 3E-01	2,5E+00 ± 2E-01	2,8E+00 ± 2E-01	2,5E+00 ± 1E-01
H-3	< 4E+02	< 4E+02	< 4E+02	5,3E+02 ± 1E+02	< 4E+02	4,9E+02 ± 1E+02	1,7E+02 ± 1E+02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2014 T - 6a

1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrskega ostanka (groba susp. snov)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem						
Datum vzor.	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Polletno povprečje (*)
Kol. vzor. (L)	279,00	252,00	279,00	270,00	279,00	270,00	
Susp. snov (g/m³)	19,3	17,1	1,8	1,5	2,2	5,0	
Oznaka vzorca	JST01-14	JST02-14	JST03-14	JST04-14	JST05-14	JST06-14	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
U-238		2,6E+00 ± 6E-01	7,6E-01 ± 4E-01	1,4E+00 ± 5E-01		2,2E+00 ± 5E-01	1,2E+00 ± 2E-01
Ra-226							
Pb-210							
Ra-228	1,6E+00 ± 6E-01						2,6E-01 ± 1E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	2,1E+01 ± 4E+00	1,1E+01 ± 4E+00					5,4E+00 ± 1E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	3,6E-01 ± 2E-01	2,8E-01 ± 2E-01		1,7E-01 ± 1E-01			1,3E-01 ± 4E-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 2014 T - 5b

1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrirane vode (voda + fina susp. snov)



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem						
Datum vzor.	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (L)	259,10	269,10	263,90	269,30	263,60	272,40	
Pretok (m³/s)	213,0	288,0	603,0	264,0	718,0	395,0	
Oznaka vzorca	JFV07-14	JFV08-14	JFV09-14	JFV10-14	JFV11-14	JFV12-14	
IZOTOP KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)							
U-238	6,4E+00 ± 2E+00	8,8E+00 ± 3E+00	6,4E+00 ± 2E+00	6,5E+00 ± 2E+00	5,9E+00 ± 2E+00	5,1E+00 ± 2E+00	6,5E+00 ± 7E-01
Ra-226	2,2E+00 ± 6E-01	1,9E+00 ± 5E-01	1,1E+00 ± 5E-01	2,2E+00 ± 5E-01	2,3E+00 ± 5E-01	9,3E-01 ± 4E-01	1,8E+00 ± 2E-01
Pb-210							
Ra-228	2,3E+00 ± 9E-01	2,0E+00 ± 7E-01	2,3E+00 ± 9E-01	1,8E+00 ± 7E-01	9,8E-01 ± 6E-01		1,3E+00 ± 2E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	6,0E+01 ± 8E+00	6,2E+01 ± 8E+00	5,8E+01 ± 8E+00	5,9E+01 ± 8E+00	4,4E+01 ± 7E+00	4,7E+01 ± 7E+00	5,0E+01 ± 2E+00
Be-7	4,3E+00 ± 2E+00	4,2E+00 ± 2E+00	4,7E+00 ± 2E+00	2,8E+00 ± 2E+00		1,8E+00 ± 1E+00	3,2E+00 ± 5E-01
I-131		2,0E+00 ± 1E+00	2,5E+00 ± 1E+00		4,2E+00 ± 1E+00	2,8E+00 ± 1E+00	3,1E+00 ± 4E-01
Cs-134							
Cs-137			1,5E-01 ± 1E-01	2,0E-01 ± 1E-01	1,8E-01 ± 1E-01	1,4E-01 ± 1E-01	5,5E-02 ± 2E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,6E+00 ± 2E-01	2,8E+00 ± 3E-01	3,5E+00 ± 3E-01	2,4E+00 ± 2E-01	2,8E+00 ± 2E-01	2,4E+00 ± 2E-01	2,6E+00 ± 7E-02
H-3	5,3E+02 ± 1E+02	5,2E+02 ± 1E+02	4,2E+02 ± 1E+02	4,4E+02 ± 1E+02	< 4E+02	< 4E+02	2,4E+02 ± 8E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2014 T - 6b

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	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (L)	279,00	279,00	270,00	279,00	270,00	279,00	
Susp. snov (g/m³)	5,8	15,4	32,4	16,9	36,3	5,4	
Oznaka vzorca	JST07-14	JST08-14	JST09-14	JST10-14	JST11-14	JST12-14	
IZOTOP KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)							
U-238		1,7E+00 ± 7E-01			1,9E+00 ± 5E-01		8,8E-01 ± 1E-01
Ra-226							
Pb-210							
Ra-228			2,5E+00 ± 9E-01	1,7E+00 ± 7E-01	2,4E+00 ± 8E-01		6,8E-01 ± 1E-01
Th-228							
Th-230							
K-40		1,4E+01 ± 4E+00	3,4E+01 ± 6E+00	1,9E+01 ± 4E+00	3,8E+01 ± 6E+00		1,1E+01 ± 1E+00
Be-7		4,6E+00 ± 2E+00	1,0E+01 ± 3E+00	4,2E+00 ± 2E+00	2,4E+00 ± 2E+00	1,1E+00 ± 9E-01	1,8E+00 ± 4E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,3E-01 ± 8E+00	3,3E-01 ± 2E-01	8,0E-01 ± 2E-01	3,4E-01 ± 2E-01	4,1E-01 ± 2E-01	1,8E-01 ± 1E-01	2,5E-01 ± 7E-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 2014 T - 6a, 6b

1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrskega ostanka (groba susp. snov)



Specifična analiza Sr-90/Sr-89

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Datum vzor.	Januar - Marec	April - Junij	Julij - September	Oktober - December	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	810,00	819,00	828,00	828,00	
Susp. snov (g/m ³)	38,2	8,7	53,6	58,6	
Oznaka vzorca	JST-I-14	JST-II-14	JST-III-14	JST-IV-14	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)				
Sr-90	< 1E+00	< 1E+00	< 1E+00	< 1E+00	< 5E-01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2014 T - 7

1. REKA SAVA – VODA - enkratni vzorci nefiltrirane vode



Izotopska analiza sevancev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (***)

Vzorč. mesto	Krško				
Datum vzor.	13. 3. 2014	29. 5. 2014	7. 10. 2014	26. 11. 2014	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (kg)	43,78	44,68	44,87	44,53	
Oznaka vzorca	RSKRK114	RSKRK214	RSKRK314	RSKRK414	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)				
U-238	4,7E+01 ± 8E+00		4,4E+00 ± 2E+00	1,8E+00 ± 8E-01	1,3E+01 ± 2E+00
Ra-226**		7,8E-01 ± 3E-01	9,3E-01 ± 3E-01	3,1E-01 ± 1E-01	5,1E-01 ± 1E-01
Pb-210	6,5E+00 ± 2E+00	4,3E+01 ± 4E+00	2,6E+01 ± 3E+00	1,3E+01 ± 2E+00	2,2E+01 ± 1E+00
Ra-228			1,9E+00 ± 6E-01	7,7E-01 ± 2E-01	6,7E-01 ± 1E-01
Th-228		1,1E+00 ± 6E-01	1,8E+00 ± 5E-01	4,1E-01 ± 2E-01	8,2E-01 ± 2E-01
Th-230					
K-40	2,4E+01 ± 5E+00	2,7E+01 ± 5E+00	3,8E+01 ± 4E+00	2,3E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 2E+00
Be-7	5,3E+01 ± 4E+00	1,9E+02 ± 6E+00	7,8E+01 ± 5E+00	1,1E+02 ± 8E+00	1,1E+02 ± 3E+00
I-131	1,8E+00 ± 5E-01	5,1E+00 ± 5E-01	2,0E+00 ± 5E-01	1,3E+00 ± 2E-01	2,5E+00 ± 2E-01
Cs-134					
Cs-137	< 2E+00	< 1E+00	2,6E-01 ± 1E-01	< 5E-01	6,5E-02 ± 6E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,9E+00 ± 2E-01	3,5E+00 ± 3E-01	1,2E+00 ± 3E-01	2,0E+00 ± 2E-01	2,1E+00 ± 1E-01
H-3	5,5E+02 ± 7E+01	6,5E+02 ± 1E+02	6,3E+02 ± 8E+01	6,7E+02 ± 2E+02	6,2E+02 ± 6E+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 2014 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.	13. 3. 2014	29. 5. 2014	7. 10. 2014	26. 11. 2014	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (kg)	43,58	48,88	44,53	42,68	
Oznaka vzorca	RSBRK114	RSBRK214	RSBRK314	RSBRK414	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)				
U-238	5,1E+00 ± 2E+00	1,9E+00 ± 7E-01	3,0E+00 ± 1E+00		2,5E+00 ± 7E-01
Ra-226**	5,2E-01 ± 2E-01	1,1E+00 ± 2E-01	2,1E+00 ± 4E-01	1,9E+00 ± 3E-01	1,4E+00 ± 1E-01
Pb-210	2,9E+01 ± 6E+00	1,9E+01 ± 2E+00	1,5E+01 ± 2E+00	2,1E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 2E+00
Ra-228			5,2E+00 ± 5E-01	1,1E+00 ± 6E-01	1,6E+00 ± 2E-01
Th-228		6,5E-01 ± 3E-01	4,1E+00 ± 4E-01	1,4E+00 ± 5E-01	1,5E+00 ± 2E-01
Th-230					
K-40	2,7E+01 ± 5E+00	3,8E+01 ± 3E+00	3,9E+01 ± 4E+00	5,0E+01 ± 5E+00	3,9E+01 ± 2E+00
Be-7	3,9E+01 ± 3E+00	8,3E+01 ± 7E+00	6,2E+01 ± 3E+00	1,6E+02 ± 6E+00	8,6E+01 ± 2E+00
I-131	2,1E+00 ± 5E-01	3,8E+00 ± 4E-01	6,2E+00 ± 5E-01	2,5E+00 ± 3E-01	3,7E+00 ± 2E-01
Cs-134					
Cs-137	< 2E+00	< 6E-01	< 9E-01	< 1E+00	< 6E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	2,2E+00 ± 2E-01	3,4E+00 ± 3E-01	1,1E+00 ± 4E-01	1,6E+00 ± 3E-01	2,1E+00 ± 2E-01
H-3	4,7E+02 ± 9E+01	5,1E+02 ± 7E+01	7,7E+02 ± 9E+01	5,3E+02 ± 1E+02	5,7E+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 2014 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.	13. 3. 2014	29. 5. 2014	7. 10. 2014	26. 11. 2014	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (kg)	41,18	44,48	41,43	44,58	
Oznaka vzorca	RSJEK114	RSJEK214	RSJEK314	RSJEK414	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)				
U-238	2,2E+00 ± 1E+00	6,3E+00 ± 3E+00	3,7E+00 ± 2E+00		3,1E+00 ± 9E-01
Ra-226**		2,3E+00 ± 3E-01	6,8E-01 ± 3E-01	8,0E-01 ± 4E-01	9,5E-01 ± 2E-01
Pb-210	1,2E+01 ± 2E+00	7,3E+01 ± 1E+01	5,1E+01 ± 6E+00	1,7E+01 ± 5E+00	3,8E+01 ± 3E+00
Ra-228	9,8E-01 ± 5E-01	3,6E+00 ± 9E-01	2,4E+00 ± 1E+00	2,4E+00 ± 9E-01	2,3E+00 ± 4E-01
Th-228	8,5E-01 ± 4E-01	3,0E+00 ± 8E-01	2,3E+00 ± 6E-01	1,4E+00 ± 9E-01	1,9E+00 ± 3E-01
Th-230					
K-40	2,0E+01 ± 3E+00	6,0E+01 ± 6E+00	3,9E+01 ± 4E+00	5,7E+01 ± 6E+00	4,4E+01 ± 3E+00
Be-7	4,7E+01 ± 2E+00	1,8E+02 ± 1E+01	2,3E+02 ± 1E+01	7,3E+01 ± 6E+00	1,3E+02 ± 5E+00
I-131		3,4E+00 ± 4E-01	3,3E+00 ± 5E-01	3,2E+00 ± 7E-01	2,5E+00 ± 2E-01
Cs-134					
Cs-137	< 7E-01	< 2E+00	< 1E+00	< 2E+00	< 7E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,9E+00 ± 2E-01	3,1E+00 ± 3E-01	1,8E+00 ± 4E-01	1,2E+00 ± 3E-01	2,0E+00 ± 2E-01
H-3	8,1E+02 ± 1E+02	5,8E+02 ± 1E+02	7,6E+02 ± 9E+01	5,8E+02 ± 1E+02	6,8E+02 ± 6E+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 2014 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	Letno povprečje (*)
Oznaka vzorca	PO-I-14	PO-II-14	PO-III-14	PO-IV-14	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)				
H-3	< 4E+02	< 4E+02	7,7E+02 ± 1E+02	6,5E+02 ± 1E+02	3,5E+02 ± 2E+02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2014 T - 12
2. REKA SAVA – SEDIMENTI - enkratni vzorci sedimentov



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Krško				
Datum vzor.	13. 3. 2014	29. 5. 2014	7. 10. 2014	26. 11. 2014	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (g)	64,5	46,0	61,5	60,7	
Oznaka vzorca	SDKRK114	SDKRK214	SDKRK314	SDKRK414	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	4,7E+01 ± 6E+00	4,2E+01 ± 6E+00	3,0E+01 ± 3E+00	3,8E+01 ± 8E+00	3,9E+01 ± 3E+00
Ra-226**	3,0E+01 ± 8E-01	3,2E+01 ± 9E-01	2,7E+01 ± 6E-01	3,9E+01 ± 9E-01	3,2E+01 ± 4E-01
Pb-210	5,5E+01 ± 6E+00	1,1E+02 ± 1E+01	7,4E+01 ± 6E+00	6,9E+01 ± 7E+00	7,6E+01 ± 4E+00
Ra-228	2,7E+01 ± 1E+00	3,3E+01 ± 2E+00	2,9E+01 ± 1E+00	3,8E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 7E-01
Th-228	2,7E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 2E+00	2,5E+01 ± 1E+00	3,6E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 8E-01
Th-230					
K-40	3,3E+02 ± 2E+01	4,1E+02 ± 2E+01	3,6E+02 ± 2E+01	4,5E+02 ± 2E+01	3,9E+02 ± 1E+01
Be-7		2,1E+02 ± 8E+00	2,8E+01 ± 2E+00	3,8E+01 ± 3E+00	6,9E+01 ± 2E+00
I-131				3,3E+00 ± 5E-01	8,3E-01 ± 1E-01
Cs-134					
Cs-137	4,4E+00 ± 4E-01	9,6E+00 ± 6E-01	7,0E+00 ± 3E-01	6,8E+00 ± 4E-01	7,0E+00 ± 2E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,4E+00 ± 2E-01	1,3E+00 ± 2E-01	2,6E-01 1E-01	< 3E-01	7,4E-01 ± 1E-01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2014 T - 13
2. REKA SAVA – SEDIMENTI - enkratni vzorci sedimentov



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Brežice				
Datum vzor.	13. 3. 2014	29. 5. 2014	7. 10. 2014	26. 11. 2014	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (g)	75,8	70,0	80,3	81,7	
Oznaka vzorca	SDBRK114	SDBRK214	SDBRK314	SDBRK414	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	3,4E+01 ± 4E+00	2,6E+01 ± 4E+00	2,2E+01 ± 5E+00	2,8E+01 ± 5E+00	2,7E+01 ± 2E+00
Ra-226**	3,0E+01 ± 7E-01	2,6E+01 ± 7E-01	1,9E+01 ± 5E-01	2,3E+01 ± 5E-01	2,4E+01 ± 3E-01
Pb-210	3,0E+01 ± 5E+00	2,5E+01 ± 4E+00	2,0E+01 ± 4E+00	2,2E+01 ± 4E+00	2,4E+01 ± 2E+00
Ra-228	2,5E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 9E-01	2,3E+01 ± 8E-01	2,4E+01 ± 5E-01
Th-228	2,8E+01 ± 1E+00	2,1E+01 ± 1E+00	1,9E+01 ± 1E+00	2,0E+01 ± 1E+00	2,2E+01 ± 6E-01
Th-230				9,9E+01 ± 2E+01	2,5E+01 ± 5E+00
K-40	2,4E+02 ± 1E+01	3,0E+02 ± 2E+01	2,3E+02 ± 1E+01	2,1E+02 ± 1E+01	2,4E+02 ± 7E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	2,9E+00 ± 2E-01	2,7E+00 ± 3E-01	1,3E+00 ± 2E-01	1,5E+00 ± 2E-01	2,1E+00 ± 1E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	3,1E-01 ± 2E-01	3,9E-01 ± 3E-01	3,6E-01 2E-01	< 2E-01	2,7E-01 ± 1E-01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2014 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.	13. 3. 2014	29. 5. 2014	7. 10. 2014	26. 11. 2014	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (g)	77,6	79,1	78,2	86,8	
Oznaka vzorca	SDJEK114	SDJEK214	SDJEK314	SDJEK414	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,9E+01 ± 4E+00	1,8E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 5E+00	2,2E+01 ± 5E+00	2,4E+01 ± 2E+00
Ra-226**	2,1E+01 ± 6E-01	2,2E+01 ± 6E-01	2,5E+01 ± 5E-01	2,2E+01 ± 6E-01	2,2E+01 ± 3E-01
Pb-210	2,4E+01 ± 4E+00	2,4E+01 ± 4E+00	3,5E+01 ± 3E+00	2,0E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 2E+00
Ra-228	1,6E+01 ± 1E+00	1,7E+01 ± 1E+00	2,2E+01 ± 7E-01	1,8E+01 ± 9E-01	1,8E+01 ± 4E-01
Th-228	1,7E+01 ± 1E+00	1,5E+01 ± 1E+00	1,8E+01 ± 8E-01	2,0E+01 ± 1E+00	1,8E+01 ± 5E-01
Th-230					
K-40	1,9E+02 ± 1E+01	2,4E+02 ± 1E+01	2,6E+02 ± 9E-01	1,9E+02 ± 1E+01	2,2E+02 ± 6E+00
Be-7		8,6E+00 ± 2E+00	7,3E+00 ± 9E-01		4,0E+00 ± 5E-01
I-131					
Cs-134					
Cs-137	2,0E+00 ± 3E-01	1,9E+00 ± 3E-01	2,0E+00 ± 1E-01	1,2E+00 ± 2E-01	1,8E+00 ± 1E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,3E+00 ± 2E-01	1,2E+00 ± 2E-01	< 1E-01	< 3E-01	6,1E-01 ± 1E-01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2014 T - 15/p
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Krško pod mostom				
	Datum vzor.	19. 3. 2014	22. 5. 2014	28. 8. 2014	27. 11. 2014
Kol. vzor. (g)	159,8	113,5	146,0	135,0	
Oznaka vzorca	SIZ03-14	SIZ05-14	SIZ08-14	SIZ11-14	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,9E+01 ± 9E+00	3,1E+01 ± 1E+01	3,3E+01 ± 1E+01	3,1E+01 ± 1E+01	3,1E+01 ± 5E+00
Ra-226	3,7E+01 ± 5E+00	3,0E+01 ± 4E+00	2,8E+01 ± 4E+00	4,1E+01 ± 5E+00	3,4E+01 ± 3E+00
Pb-210					
Ra-228	3,3E+01 ± 6E+00	3,7E+01 ± 7E+00	3,5E+01 ± 6E+00	3,9E+01 ± 7E+00	3,6E+01 ± 3E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	3,7E+02 ± 4E+01	4,4E+02 ± 5E+00	4,1E+02 ± 5E+01	5,1E+02 ± 6E+01	4,3E+02 ± 3E+01
Be-7		1,8E+02 ± 3E+01	2,6E+01 ± 8E+00	3,0E+01 ± 1E+01	6,0E+01 ± 4E+01
I-131					
Cs-134					
Cs-137	4,1E+00 ± 9E-01	8,7E+00 ± 2E+00	5,5E+00 ± 1E+00	9,6E+00 ± 2E+00	7,0E+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.

LETO 2014 T - 16/p1
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Krško pod jezem NEK				
	Datum vzor.	19. 3. 2014	22. 5. 2014	28. 8. 2014	27. 11. 2014
Kol. vzor. (g)	181,9	165,5	134,6	163,0	
Oznaka vzorca	SIS03-14	SIS05-14	SIS08-14	SIS11-14	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,4E+01 ± 8E+00	3,1E+01 ± 9E+00	2,9E+01 ± 9E+00	3,0E+01 ± 9E+00	2,8E+01 ± 4E+00
Ra-226	2,9E+01 ± 4E+00	3,0E+01 ± 4E+00	3,0E+01 ± 4E+00	3,5E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 2E+00
Pb-210					
Ra-228	2,3E+01 ± 4E+00	3,0E+01 ± 5E+00	3,6E+01 ± 7E+00	3,6E+01 ± 6E+00	3,1E+01 ± 3E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	3,1E+02 ± 4E+01	3,6E+02 ± 4E+01	4,1E+02 ± 5E+01	4,0E+02 ± 5E+01	3,7E+02 ± 2E+01
Be-7		2,9E+01 ± 1E+01	1,4E+01 ± 8E+00	6,7E+00 ± 5E+00	1,2E+01 ± 6E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	2,9E+00 ± 6E-01	4,2E+00 ± 1E+00	6,3E+00 ± 1E+00	3,5E+00 ± 1E+00	4,2E+00 ± 7E-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 2014 T - 16/p2
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Pesje				
Datum vzor.	19. 3. 2014	22. 5. 2014	28. 8. 2014	27. 11. 2014	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (g)	160,5	164,5	194,9	187,0	
Oznaka vzorca	SPE03-14	SPE05-14	SPE08-14	SPE11-14	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,4E+01 ± 8E+00	2,5E+01 ± 8E+00	2,7E+01 ± 8E+00	1,7E+01 ± 7E+00	2,3E+01 ± 4E+00
Ra-226	2,6E+01 ± 4E+00	2,7E+01 ± 4E+00	2,8E+01 ± 4E+00	2,2E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 2E+00
Pb-210	2,7E+01 ± 5E+00	2,7E+01 ± 5E+00	2,6E+01 ± 4E+00	1,7E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 2E+00
Ra-228					
Th-228					
Th-230	3,5E+02 ± 4E+01	3,6E+02 ± 4E+01	3,3E+02 ± 4E+01	2,4E+02 ± 3E+01	3,2E+02 ± 3E+01
K-40					
Be-7					
I-131	6,8E+00 ± 6E+00	1,2E+01 ± 6E+00	3,5E+00 ± 8E-01	1,4E+00 ± 6E-01	4,6E+00 ± 3E+00
Cs-134					
Cs-137					
Co-58	3,7E+00 ± 1E+00	2,3E+00 ± 7E-01			2,7E+00 ± 5E-01
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2014 T - 16/p3
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Brežice				
Datum vzor.	19. 3. 2014	3. 6. 2014	28. 8. 2014	27. 11. 2014	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (g)	169,5	161,0	172,9	180,0	
Oznaka vzorca	SBR03-14	SBR06-14	SBR08-14	SBR11-14	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,8E+01 ± 8E+00	2,9E+01 ± 9E+00	2,7E+01 ± 8E+00	2,5E+01 ± 8E+00	2,7E+01 ± 4E+00
Ra-226	3,1E+01 ± 4E+00	2,6E+01 ± 4E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 2E+00
Pb-210	3,2E+01 ± 5E+00	2,6E+01 ± 5E+00	2,3E+01 ± 4E+00	1,9E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 3E+00
Ra-228					
Th-228					
Th-230	2,9E+02 ± 4E+01	3,5E+02 ± 4E+01	2,8E+02 ± 3E+01	2,7E+02 ± 3E+01	3,0E+02 ± 2E+01
K-40					
Be-7					
I-131	1,5E+01 ± 9E+00	1,1E+01 ± 7E+00	1,4E+00 ± 4E-01	1,3E+00 ± 7E-01	6,3E+00 ± 4E+00
Cs-134					
Cs-137					
Co-58	2,0E+00 ± 7E-01	2,4E+00 ± 7E-01			1,7E+00 ± 3E-01
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2014 T - 17/p
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Datum vzor.	19. 3. 2014	22. 5. 2014	28. 8. 2014	27. 11. 2014	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (g)	200,4	142,2	193,8	164,0	
Oznaka vzorca	SJE03-14	SJE05-14	SJE08-14	SJE11-14	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,4E+01 ± 7E+00	3,3E+01 ± 1E+01	1,9E+01 ± 7E+00	2,7E+01 ± 8E+00	2,6E+01 ± 4E+00
Ra-226	2,5E+01 ± 3E+00	3,6E+01 ± 5E+00	2,0E+01 ± 3E+00	3,0E+01 ± 4E+00	2,8E+01 ± 3E+00
Pb-210					
Ra-228	1,7E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 6E+00	1,4E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 5E+00	2,5E+01 ± 6E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	1,9E+02 ± 2E+01	4,0E+02 ± 5E+01	2,2E+02 ± 3E+01	4,3E+02 ± 5E+01	3,1E+02 ± 6E+01
Be-7		1,4E+02 ± 2E+01	1,6E+01 ± 5E+00		3,8E+01 ± 3E+01
I-131					
Cs-134					
Cs-137	1,5E+00 ± 4E-01	8,0E+00 ± 1E+00	1,5E+00 ± 5E-01	2,3E+00 ± 7E-01	3,3E+00 ± 2E+00
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2014 T - 18
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Podsused (R Hrvaška)				
Datum vzor.	19. 3. 2014	22. 5. 2014	28. 8. 2014	27. 11. 2014	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (g)	202,0	193,5	167,8	187,0	
Oznaka vzorca	SPO03-14	SPO05-14	SPO08-14	SPO11-14	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,0E+01 ± 7E+00	1,5E+01 ± 6E+00	2,7E+01 ± 9E+00	2,3E+01 ± 8E+00	2,1E+01 ± 4E+00
Ra-226	3,2E+01 ± 4E+00	1,9E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 3E+00
Pb-210					
Ra-228	1,9E+01 ± 4E+00	1,3E+01 ± 3E+00	3,2E+01 ± 5E+00	1,7E+01 ± 3E+00	2,0E+01 ± 4E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	2,1E+02 ± 3E+01	1,8E+02 ± 2E+01	3,9E+02 ± 5E+01	2,2E+02 ± 3E+01	2,5E+02 ± 5E+01
Be-7			1,2E+01 ± 6E+00		3,1E+00 ± 3E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	6,4E-01 ± 3E-01	5,7E-01 ± 4E-01	5,8E+00 ± 1E+00	1,2E+00 ± 4E-01	2,1E+00 ± 1E+00
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 2014 T - 19
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Krško				
Vrsta vzorca	klen	krap	podust	mrena	Letno povprečje (*)
Datum vzor.	22. 6. 2014	23. 8. 2014	22. 9. 2014	1. 10. 2014	
Oznaka vzorca	RIKR0114	RIKR0414	RIKR0714	RIKR1014	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	1,6E+00 ± 3E-01				3,9E-01 ± 8E-02
Ra-226**	6,9E-01 ± 3E-02	3,7E-01 ± 6E-02	1,8E-01 ± 7E-02	2,5E-01 ± 2E-02	3,7E-01 ± 2E-02
Pb-210	6,8E-01 ± 2E-01		3,8E-01 ± 3E-01	4,3E-01 ± 2E-01	3,7E-01 ± 1E-01
Ra-228	1,6E-01 ± 5E-02	7,4E-01 ± 2E-01		1,6E-01 ± 6E-02	2,6E-01 ± 5E-02
Th-228	1,7E-01 ± 5E-02	2,3E-01 ± 2E-01	8,5E-02 ± 7E-02	5,9E-02 ± 5E-02	1,4E-01 ± 5E-02
Th-230					
K-40	8,1E+01 ± 3E+00	1,6E+02 ± 9E+00	8,7E+01 ± 4E+00	8,1E+01 ± 5E+00	1,0E+02 ± 3E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	3,0E-02 ± 2E-02	1,0E-01 ± 3E-02	5,5E-02 ± 1,8E-02	6,8E-02 ± 2E-02	6,4E-02 ± 1E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	6,0E-02 ± 3E-02	1,7E-01 ± 4E-02	8,6E-02 ± 4E-02	4,9E-01 ± 9E-02	2,0E-01 ± 3E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2014 T - 21
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Brežice				
Vrsta vzorca	klen	podust	krap	krap	Letno povprečje (*)
Datum vzor.	22. 6. 2014	23. 8. 2014	22. 9. 2014	1. 10. 2014	
Oznaka vzorca	RIBR0214	RIBR0514	RIBR0814	RIBR1114	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,2E-01 ± 2E-01			5,2E-01 ± 3E-01	1,9E-01 ± 8E-02
Ra-226**	5,5E-01 ± 3E-02	2,0E-01 ± 2E-02	1,1E-01 ± 4E-02	1,9E-01 ± 3E-02	2,6E-01 ± 1E-02
Pb-210			4,4E-01 ± 3E-01	6,1E-02 ± 2E-02	1,3E-01 ± 7E-02
Ra-228	1,4E-01 ± 4E-02	3,9E-01 ± 3E-02	2,4E-01 ± 8E-02	1,9E-01 ± 3E-02	1,9E-01 ± 3E-02
Th-228	7,5E-02 ± 4E-02	3,0E-01 ± 3E-02	1,4E-01 ± 7E-02	1,0E-01 ± 6E-02	1,5E-01 ± 3E-02
Th-230					
K-40	8,6E+01 ± 4E+00	6,0E+01 ± 3E+00	8,3E+01 ± 5E+00	1,0E+02 ± 5E+00	8,2E+01 ± 2E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	1,7E-02 ± 1E-02	< 7E-02	1,1E-01 ± 3E-02	3,5E-02 ± 1E-02	4,1E-02 ± 2E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,8E-01 ± 4E-02	6,2E-01 ± 6E-02	3,0E-01 ± 4E-02	7,2E-01 ± 7E-02	4,5E-01 ± 3E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2014 T – 22
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Vrsta vzorca	klen	klen	podust	klen	Letno povprečje (*)
Datum vzor.	22. 6. 2014	23. 8. 2014	1. 10. 2014	1. 10. 2014	
Označa vzorca	RIJE0214	RIJE0614	RIJE0914	RIJE1214	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238			1,3E-01 ± 8E-02		3,3E-02 ± 2E-02
Ra-226**	2,3E-01 ± 2E-02	2,7E-01 ± 2E-02	2,6E-01 ± 2E-02	2,4E-01 ± 3E-02	2,5E-01 ± 1E-02
Pb-210	2,3E-01 ± 2E-01		6,1E-01 ± 8E-02		2,1E-01 ± 5E-02
Ra-228		3,3E-01 ± 3E-02	1,0E-01 ± 2E-02		1,1E-01 ± 9E-03
Th-228	1,8E-01 ± 5E-02	1,6E-01 ± 3E-02	9,3E-02 ± 2E-02		1,1E-01 ± 2E-02
Th-230					
K-40	8,4E+01 ± 5E+00	8,5E+01 ± 4E+00	9,2E+01 ± 5E+00	9,7E+01 ± 6E+00	9,0E+01 ± 3E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	5,8E-02 ± 2E-02	2,6E-02 ± 8E-03	4,3E-02 ± 6E-03	< 1E-01	3,2E-02 ± 3E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	< 4E-02	2,3E-01 ± 6E-02	3,9E-01 ± 4E-02	2,9E-01 ± 5E-02	2,3E-01 ± 2E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2014 T - 22/p1
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Vrsta vzorca	Klen	Ploščič	Ščuka	Krap	Letno povprečje (*)
Datum vzor.	<i>Leuciscus cephalus</i>	<i>Abramis brama</i>	<i>Esox lucius</i>	<i>Cyprinus carpio</i>	
Kol. vzor. (kg)	20. 6. 2014	20. 6. 2014	27. 11. 2014	27. 11. 2014	
Odstotek snovi	0,415	0,415	0,451	0,441	
Označa vzorca	28,41	27,55	22,87	29,30	
Označa vzorca	JE0614R1	JE0614R2	JE1114R1	JE1114R2	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238					
Ra-226					
Pb-210					
Ra-228	1,0E+00 ± 7E-01				2,6E-01 ± 2E-01
Th-228					
Th-230					
K-40	1,2E+02 ± 1E+01	1,2E+02 ± 2E+01	1,0E+02 ± 1E+01	1E+02 ± 1E+01	1,2E+02 ± 7E+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					

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2014 T - 24
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89

Vzorč. mesto	Otok (R Hrvaška)				
Vrsta vzorca	Podust <i>Chondrostoma nasus</i>	Platnica <i>Rutilus pigus virgo</i>	Ščuka <i>Esox lucius</i>	Ploščič <i>Abramis brama</i>	Letno povprečje (*)
Datum vzor.	20. 6. 2014	20. 6. 2014	27. 11. 2014	27. 11. 2014	
Kol. vzor. (kg)	0,446	0,472	0,472	0,430	
Odstoteksuhe snovi	26,60	27,55	23,28	26,85	
Oznaka vzorca	OT0614R1	OT0614R2	OT1114R1	OT1114R2	
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	1,3E+02 ± 2E+01	1,2E+02 ± 1E+01	1,2E+02 ± 1E+01	9E+01 ± 1E+01	1,2E+02 ± 7E+00

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2014 T - 25
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89

Vzorč. mesto	Podsused (R Hrvaška)				
Vrsta vzorca	Podust <i>Chondrostoma nasus</i>	Mrena <i>Barbus barbus</i>	Klen <i>Leuciscus cephalus</i>	Krap <i>Cyprinus carpio</i>	Letno povprečje (*)
Datum vzor.	20. 6. 2014	20. 6. 2014	27. 11. 2014	27. 11. 2014	
Kol. vzor. (kg)	0,301	0,464	0,428	0,502	
Odstoteksuhe snovi	32,68	28,99	29,54	28,30	
Oznaka vzorca	PO0614R1	PO0614R2	PO1114R1	PO1114R2	
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	1,5E+02 ± 2E+01	1,3E+00 ± 7E-01 1,2E+02 ± 1E+01	9,5E+01 ± 1E+01	9,1E+01 ± 1E+01	3,3E-01 ± 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 2014 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.	10. 3. 2014	27. 6. 2014	29. 7. 2014	6. 11. 2014	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	48,63	49,43	48,35	49,06	
Oznaka vzorca	K14VD131	K14VD161	K14VD171	K14VD181	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)				
U-238	2,9E+00 ± 3E+00	1,1E+00 ± 7E-01	3,1E+00 ± 1E+00	2,6E+00 ± 2E+00	2,4E+00 ± 9E-01
Ra-226	3,0E+00 ± 7E-01	2,7E+00 ± 6E-01	1,8E+00 ± 6E-01	1,2E+00 ± 7E-01	2,2E+00 ± 3E-01
Pb-210	6,0E+00 ± 2E+00	4E-01	1E+00	8,1E-01 ± 1E+00	1,7E+00 ± 6E-01
Ra-228	8,4E-01 ± 4E-01	2,7E-01 ± 2E-01	6,9E-01 ± 6E-01	1,0E+00 ± 5E-01	7,1E-01 ± 2E-01
Th-228	3,9E-01 ± 2E-01	6,0E-01 ± 7E-02	1,4E+00 ± 4E-01	1,4E-01 ± 2E-01	6,2E-01 ± 1E-01
Th-230					
K-40	2,8E+01 ± 3E+00	5,4E+01 ± 6E+00	3,2E+01 ± 4E+00	3,9E+01 ± 4E+00	3,8E+01 ± 2E+00
Be-7	9,3E+00 ± 2E+00	3,2E+00 ± 6E-01	6,4E+00 ± 2E+00	1,8E+00 ± 1E+00	5,2E+00 ± 7E-01
I-131					
Cs-134					
Cs-137				1,2E-01 ± 2E-01	3,0E-02 ± 5E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	8,2E-01 ± 1E-01	8,9E-01 ± 1E-01	5,4E-01 ± 9E-02	8,5E-01 ± 1E-01	7,8E-01 ± 6E-02
H-3	9,1E+02 ± 2E+02	1,4E+03 ± 2E+02	4,8E+02 ± 1E+02	5,9E+02 ± 1E+02	8,5E+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.

LETO 2014 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.	10. 3. 2014	27. 6. 2014	29. 7. 2014	6. 11. 2014	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	48,23	48,71	51,21	49,72	
Oznaka vzorca	K14VD331	K14VD361	K14VD371	K14VD381	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)				
U-238	4,2E+00 ± 2E+00	4,2E+00 ± 2E+00	2,8E+00 ± 9E-01	3,8E+00 ± 1E+00	3,7E+00 ± 8E-01
Ra-226	1,1E+00 ± 5E-01		6,9E-01 ± 6E-01		4,5E-01 ± 2E-01
Pb-210	5,4E+00 ± 1E+00	2,8E+00 ± 1E+00	4,7E-01 ± 6E-01	4,7E+00 ± 1E+00	3,4E+00 ± 6E-01
Ra-228	4,0E-01 ± 2E-01	4,0E-01 ± 4E-01	6,2E-01 ± 3E-01	6,7E-01 ± 4E-01	5,2E-01 ± 2E-01
Th-228	1,1E-01 ± 3E-01	1,5E-01 ± 2E-01	3,9E-01 ± 2E-01	1,6E-01 ± 2E-01	2,0E-01 ± 1E-01
Th-230		1,4E+01 ± 2E+01			3,5E+00 ± 6E+00
K-40	2,3E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 3E+00	1,8E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 1E+00
Be-7	9,3E+00 ± 1E+00		7,4E-01 ± 2E+00	1,3E+01 ± 2E+00	5,8E+00 ± 7E-01
I-131					
Cs-134					
Cs-137	1,1E-01 ± 1E-01				2,9E-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	3,8E-01 ± 7E-02	4,1E-01 ± 1E-01	4,5E-01 ± 8E-02	3,1E-01 ± 7E-02
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.

LETO 2014 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				
	26. 3. 2014 47,79 K14VRE131	27. 6. 2014 44,75 K14VRE161	29. 7. 2014 36,67 K14VRE171	6. 11. 2014 44,58 K14VRE1B1	Letno povprečje (*)
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)				
U-238	6,1E+00 ± 2E+00	5,0E+00 ± 8E-01	1,3E+01 ± 2E+00	5,0E+00 ± 2E+00	4,0E+00 ± 7E-01
Ra-226	1,3E+00 ± 5E-01	2,2E+00 ± 3E-01	2E+00	2,3E+00 ± 5E-01	4,7E+00 ± 5E-01
Pb-210	7,7E-01 ± 1E+00	3,9E+00 ± 7E-01	2E+00	4,8E+00 ± 2E+00	2,4E+00 ± 8E-01
Ra-228	9,1E-01 ± 4E-01	2,1E+00 ± 4E-01	1,5E+00 ± 5E-01	1,5E+00 ± 6E-01	1,5E+00 ± 2E-01
Th-228	4,5E-01 ± 4E-01	2,4E-01 ± 9E-02	8,1E-01 ± 2E-01	2,9E-01 ± 2E-01	4,5E-01 ± 1E-01
Th-230					
K-40	1,1E+02 ± 1E+01	1,2E+02 ± 1E+01	1,3E+02 ± 1E+01	1,2E+02 ± 1E+01	1,2E+02 ± 6E+00
Be-7	9,1E+00 ± 1E+00	1,5E+00 ± 6E-01	5,3E+00 ± 2E+00		4,0E+00 ± 6E-01
I-131					
Cs-134					
Cs-137	1,7E-01 ± 1E-01			7,1E-02 ± 1E-01	6,0E-02 ± 4E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	2,7E+00 ± 2E-01	4,3E+00 ± 3E-01	3,6E+00 ± 3E-01	2,1E+00 ± 2E-01	3,2E+00 ± 1E-01
H-3	1,4E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 2E+02	1,6E+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.

LETO 2014 T - V2
3. VRTINA VOP-4 V VRBINI – enkratni vzorci



Specifična analiza H-3 (**)

Vzorč. mesto	vrtina VOP 4						
	2. 1. 2014 1,00 K14VRP411	3. 2. 2014 1,00 K14VRP421	4. 3. 2014 1,00 K14VRP431	1. 4. 2014 1,00 K14VRP441	5. 5. 2014 1,00 K14VRP451	2. 6. 2014 1,00 K14VRP461	Polletno povprečje (*)
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
H-3	8,6E+02 ± 2E+02	8,6E+02 ± 8E+01	2,0E+03 ± 2E+02	2,7E+03 ± 3E+02	1,7E+03 ± 2E+02	1,7E+03 ± 1E+02	1,6E+03 ± 3E+02

Vzorč. mesto	vrtina VOP 4						
	1. 7. 2014 1,00 K14VRP471	4. 8. 2014 1,00 K14VRP481	1. 9. 2014 1,00 K14VRP491	1. 10. 2014 1,00 K14VRP4A1	3. 11. 2014 1,00 K14VRP4B1	1. 12. 2014 1,00 K14VRP4C1	Letno povprečje (*)
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
H-3	8,0E+02 ± 7E+01	2,4E+03 ± 4E+02	1,5E+03 ± 2E+02	2,3E+03 ± 2E+02	2,4E+03 ± 2E+02	2,6E+03 ± 4E+02	1,8E+03 ± 2E+02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) Radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na IJS na Odseku F-2.

LETO 2014 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)							
Datum vzor.	17. 12. 2013 - 20. 1. 2014	20. 1. 2014 - 17. 2. 2014	17. 2. 2014 - 17. 3. 2014	17. 3. 2014 - 16. 4. 2014	16. 4. 2014 - 19. 5. 2014	19. 5. 2014 - 16. 6. 2014		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	47,30	48,94	44,00	50,09	45,45	48,61		
Oznaka vzorca	K14VC3111	K14VC3121	K14VC3131	K14VC3141	K14VC3151	K14VC3161		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
U-238	4,4E+00 ± 1E+00	3,0E+00 ± 7E-01	3,5E+00 ± 2E+00	3,1E+00 ± 1E+00	3,8E+00 ± 1E+00			3,0E+00 ± 5E-01
Ra-226	4,3E-01 ± 1E+00	3,0E-01 ± 1E-01		1,2E-01 ± 1E+00	7,2E-01 ± 2E-01			1,3E+00 ± 3E-01
Pb-210	5,6E+00 ± 1E+00	6,2E+00 ± 5E-01	2,4E-01 ± 8E-01	3,4E+00 ± 2E+00	8,2E+00 ± 3E+00		2E+00	3,9E+00 ± 7E-01
Ra-228	3,7E-01 ± 5E-01	3,2E-01 ± 2E-01	3,3E-01 ± 7E-01		6,8E-01 ± 4E-01		4,4E-01 ± 4E-01	3,6E-01 ± 2E-01
Th-228	1,0E+00 ± 1E+00		1,7E-01 ± 2E-01	8,7E-01 ± 4E-01	1,4E-01 ± 1E-01		6,4E-02 ± 2E-01	3,8E-01 ± 2E-01
Th-230					2,1E+00 ± 1E+01			3,5E-01 ± 2E+00
K-40	2,6E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 2E+00	2,7E+01 ± 4E+00	2,7E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 3E+00		2,6E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 1E+00
Be-7	9,0E+00 ± 3E+00	8,2E+00 ± 1E+00	9,5E+00 ± 2E+00	6,3E-01 ± 2E+00	1,3E+01 ± 9E-01		3,1E+00 ± 1E+00	7,2E+00 ± 8E-01
I-131								
Cs-134								
Cs-137							3,0E-02 ± 1E-01	5,0E-03 ± 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	< 4E-01	< 4E-01	< 4E-01		< 5E-01	< 1E-01
H-3	1,3E+02 ± 3E+01	1,7E+02 ± 3E+01	2,2E+02 ± 3E+01	1,9E+02 ± 3E+01	1E+02		1E+02	1,2E+02 ± 2E+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.

LETO 2014 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)							
Datum vzor.	16. 6. 2014 - 16. 7. 2014	16. 7. 2014 - 18. 8. 2014	18. 8. 2014 - 16. 9. 2014	16. 9. 2014 - 16. 10. 2014	16. 10. 2014 - 17. 11. 2014	17. 11. 2014 - 16. 12. 2014		Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	44,07	45,97	41,68	47,80	45,72	47,37		
Oznaka vzorca	K14VC3171	K14VC3181	K14VC3191	K14VC31A1	K14VC31B1	K14VC31C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
U-238	1,7E+00 ± 2E+00	2,1E+00 ± 1E+00		3,2E+00 ± 1E+00	1,3E+00 ± 2E+00	2,8E+00 ± 2E+00		2,4E+00 ± 4E-01
Ra-226		1,2E+00 ± 1E+00	1,0E+00 ± 8E-01	2,3E-01 ± 5E-01	1,8E+00 ± 8E-01	4,0E-01 ± 1E+00		1,0E+00 ± 2E-01
Pb-210	1,7E+00 ± 2E+00	3,4E+00 ± 6E-01	4,3E+00 ± 8E+00	7,0E+00 ± 2E+00	5,7E+00 ± 2E+00	5,4E+00 ± 2E+00		4,3E+00 ± 8E-01
Ra-228			3,4E-01 ± 5E-01	7,6E-01 ± 5E-01	2,1E-01 ± 5E-01			2,9E-01 ± 1E-01
Th-228	1,9E-01 ± 2E-01	4,5E-01 ± 7E-02	7,6E-01 ± 2E-01	2,9E-01 ± 1E-01	2,3E-02 ± 6E-02		9,4E-01 ± 2E-01	4,1E-01 ± 1E-01
Th-230			1,2E-01 ± 1E+00					1,8E-01 ± 8E-01
K-40	1,8E+01 ± 4E+00	2,0E+01 ± 2E+00	2,1E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 4E+00		2,3E+01 ± 9E-01
Be-7	1,6E+00 ± 9E-01	2,4E+00 ± 9E-01	4,7E+00 ± 9E-01	1,4E+01 ± 2E+00	7,8E+00 ± 1E+00	9,0E-01 ± 1E+00		6,2E+00 ± 5E-01
I-131								
Cs-134								
Cs-137			1,1E-01 ± 1E-01	6,9E-02 ± 1E-01	4,3E-01 ± 2E-01			5,3E-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	< 4E-01	< 5E-01	4,5E-01 ± 1E-01	< 1E+00	1,0E+00 ± 2E-01		1,2E-01 ± 8E-02
H-3	3,4E+02 ± 1E+02	2,2E+02 ± 3E+01	2,2E+02 ± 3E+01	1,9E+02 ± 4E+01	2,3E+02 ± 3E+01	< 1E+02		1,6E+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.

LETO 2014 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							
Datum vzor.	17. 12. 2013 . 20. 1. 2014	20. 1. 2014 . 17. 2. 2014	17. 2. 2014 . 17. 3. 2014	17. 3. 2014 . 16. 4. 2014	16. 4. 2014 . 19. 5. 2014	19. 5. 2014 . 16. 6. 2014		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	52,06	40,38	43,53	46,71	51,53	43,33		
Oznaka vzorca	K14VC111H	K14VC112I	K14VC113I	K14VC114I	K14VC115I	K14VC116I		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
U-238	2,8E+00 ± 3E+00		1,6E+00 ± 2E+00	5,0E+00 ± 4E+00	1,9E+00 ± 2E+00	2,3E+00 ± 3E+00	2,3E+00 ± 1E+00	
Ra-226		7,1E-01 ± 3E-01	7,5E-01 ± 5E-01	1,9E+00 ± 4E-01	5,1E-01 ± 4E-01	1,3E+00 ± 1E+00	8,5E-01 ± 2E-01	
Pb-210	4,3E+00 ± 2E+00	5,8E+00 ± 7E-01	6,6E+00 ± 2E+00	9,3E+00 ± 3E+00	4,8E-01 ± 1E+00	5,2E+00 ± 4E+00	5,3E+00 ± 1E+00	
Ra-228	5,7E-01 ± 3E-01	5,9E-01 ± 3E-01	1,2E+00 ± 6E-01	2,0E+00 ± 5E-01	8,7E-01 ± 4E-01	6,0E-01 ± 7E-01	9,8E-01 ± 2E-01	
Th-228	8,8E-02 ± 1E-01	9,1E-02 ± 6E-02	4,5E-01 ± 3E-01	2,9E-01 ± 2E-01	3,2E-01 ± 2E-01	4,5E-01 ± 2E-01	2,8E-01 ± 8E-02	
Th-230			4,1E+00 ± 1E+01				6,8E-01 ± 2E+00	
K-40	6,6E+01 ± 7E+00	6,2E+01 ± 7E+00	6,3E+01 ± 8E+00	6,4E+01 ± 7E+00	7,4E+01 ± 8E+00	7,0E+01 ± 8E+00	6,7E+01 ± 3E+00	
Be-7		6,6E+00 ± 9E-01	2,2E+01 ± 2E+00	2,0E+00 ± 1E+00	2,6E+00 ± 1E+00	6,3E+00 ± 2E+00	6,5E+00 ± 6E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	6,6E-03 ± 5E-02				9,9E-02 ± 1E-01		1,8E-02 ± 2E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	1,2E+00 ± 2E-01	< 7E-01	9,5E-01 ± 1E-01	8,3E-01 ± 2E-01	< 5E-01	7,3E-01 ± 1E-01	6,2E-01 ± 1E-01	
H-3	1,5E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 3E+02	2,1E+03 ± 3E+02	1,8E+03 ± 2E+02	2,1E+03 ± 2E+02	1,4E+03 ± 1E+02	1,8E+03 ± 9E+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.

LETO 2014 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							
Datum vzor.	16. 6. 2014 . 16. 7. 2014	16. 7. 2014 . 18. 8. 2014	18. 8. 2014 . 16. 9. 2014	16. 9. 2014 . 16. 10. 2014	16. 10. 2014 . 17. 11. 2014	17. 11. 2014 . 16. 12. 2014		Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	46,71	51,22	44,77	50,82	39,78	42,68		
Oznaka vzorca	K14VC117I	K14VC118I	K14VC119I	K14VC11A1	K14VC11B1	K14VC11C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
U-238	5,9E+00 ± 2E+00	6,9E-01 ± 5E-01		1,7E+00 ± 2E+00	3,3E+00 ± 2E+00	3,6E+00 ± 3E+00	2,4E+00 ± 7E-01	
Ra-226	8,9E-01 ± 2E+00	1,7E+00 ± 3E-01	7,3E+00 ± 2E+00	3,2E+00 ± 8E-01	3,2E+00 ± 8E-01		1,5E+00 ± 3E-01	
Pb-210	8,4E+00 ± 2E+00	5,7E+00 ± 7E-01	9,6E+00 ± 2E+00	4,7E+00 ± 2E+00	2,4E+00 ± 2E+00	5,3E+00 ± 2E+00	5,6E+00 ± 6E-01	
Ra-228	4,1E-01 ± 7E-01	7,7E-01 ± 3E-01	1,3E+00 ± 3E-01	7,8E-01 ± 5E-01	1,8E+00 ± 5E-01	1,4E+00 ± 8E-01	1,0E+00 ± 1E-01	
Th-228	2,1E-01 ± 2E-01	2,7E-01 ± 6E-02	5,5E-01 ± 1E-01	1,7E+00 ± 3E-01	9,8E-01 ± 2E-01	6,7E-01 ± 3E-01	5,1E-01 ± 6E-02	
Th-230							3,4E-01 ± 1E+00	
K-40	7,5E+01 ± 8E+00	7,4E+01 ± 8E+00	8,0E+01 ± 8E+00	7,1E+01 ± 9E+00	7,3E+01 ± 7E+00	8,1E+01 ± 3E+01	7,1E+01 ± 3E+00	
Be-7	1,9E+01 ± 3E+00	1,6E+01 ± 1E+00	1,2E+01 ± 1E+00	7,5E+00 ± 1E+00	1,5E+00 ± 1E+00	9,7E+00 ± 2E+00	8,8E+00 ± 5E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	2,6E-02 ± 2E-01		1,8E-01 ± 1E-01	7,6E-02 ± 1E-01			3,2E-02 ± 3E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 5E-01	6,0E-01 ± 9E-02	1,3E+00 ± 2E-01	< 6E-01	1,0E+00 ± 2E-01	7,0E-01 ± 1E-01	6,1E-01 ± 7E-02	
H-3	1,8E+03 ± 4E+02	1,9E+03 ± 3E+02	1,7E+03 ± 1E+02	1,7E+03 ± 2E+02	1,9E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 3E+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.

LETO 2014 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.	17. 12. 2013 . 20. 1. 2014	20. 1. 2014 . 17. 2. 2014	17. 2. 2014 . 17. 3. 2014	17. 3. 2014 . 16. 4. 2014	16. 4. 2014 . 19. 5. 2014	19. 5. 2014 . 16. 6. 2014		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	49,14	38,97	40,63	44,64	48,39	41,73		
Oznaka vzorca	K14VCI211	K14VCI221	K14VCI231	K14VCI241	K14VCI251	K14VCI261		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
U-238	9,8E-01 ± 2E+00		4,8E+00 ± 2E+00	2,2E+00 ± 1E+00		1,6E+00 ± 2E+00	1,6E+00 ± 6E-01	
Ra-226	7,0E-01 ± 4E-01		1,2E+00 ± 4E-01	2,2E+00 ± 8E-01		4,1E-01 ± 9E-01	9,5E-01 ± 3E-01	
Pb-210	2,5E+00 ± 3E+00	2E+00	3E+00	9,6E-02 ± 3E+00		1,0E+01 ± 2E+00	3,8E+00 ± 2E+00	2,7E+00 ± 9E-01
Ra-228	4,3E-01 ± 4E-01		5,6E-01 ± 6E-01	6,8E-01 ± 6E-01		9,1E-01 ± 4E-01	2,0E-01 ± 6E-01	4,7E-01 ± 2E-01
Th-228	3,3E-01 ± 2E-01	5,8E-01 ± 6E-01	2,5E-01 ± 2E-01	3,0E-01 ± 3E-01		9,7E-01 ± 2E-01	2,8E-01 ± 2E-01	4,5E-01 ± 1E-01
Th-230								
K-40	3,9E+01 ± 4E+00	3,2E+01 ± 4E+00	3,6E+01 ± 5E+00	5,0E+01 ± 5E+00		4,3E+01 ± 5E+00	6,8E+01 ± 7E+00	4,5E+01 ± 2E+00
Be-7	6,3E+00 ± 2E+00		5,5E+00 ± 3E+00			1,2E+01 ± 1E+00	4,9E+00 ± 2E+00	4,8E+00 ± 8E-01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	2,2E-02 ± 1E-01						3,3E-02 ± 2E-01	9,2E-03 ± 3E-02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	8,9E-01 ± 1E-01	< 5E-01	6,7E-01 ± 1E-01	< 6E-01		5,8E-01 ± 1E-01	5,9E-01 ± 9E-02	4,6E-01 ± 9E-02
H-3	5,4E+02 ± 1E+02	1,3E+03 ± 1E+02	1,2E+03 ± 2E+02	1,1E+03 ± 1E+02		8,7E+02 ± 9E+01	1,8E+03 ± 2E+02	1,1E+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.

LETO 2014 T - 32b
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. 6. 2014 . 16. 7. 2014	16. 7. 2014 . 18. 8. 2014	18. 8. 2014 . 16. 9. 2014	16. 9. 2014 . 16. 10. 2014	16. 10. 2014 . 17. 11. 2014	17. 11. 2014 . 16. 12. 2014		Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	44,93	49,29	43,11	44,29	46,52	40,91		
Oznaka vzorca	K14VCI271	K14VCI281	K14VCI291	K14VCI2A1	K14VCI2B1	K14VCI2C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
U-238	3,5E+00 ± 4E+00	3,0E+00 ± 1E+00	3,6E+00 ± 2E+00	6,8E+00 ± 2E+00	2,6E+00 ± 2E+00		2,4E+00 ± 5E-01	
Ra-226	1,5E+00 ± 5E-01	3,9E-01 ± 6E-01	2,1E+00 ± 4E-01	2,9E-01 ± 9E-01			1,2E+01 ± 2E+00	1,8E+00 ± 3E-01
Pb-210	3,5E+00 ± 2E+00	1,0E+00 ± 1E+00	2,2E+00 ± 4E+00	3E+00	3E+00		6,5E+00 ± 5E+00	2,5E+00 ± 8E-01
Ra-228	9,1E-01 ± 5E-01	2,5E-01 ± 4E-01	1,4E+00 ± 5E-01	1,0E+00 ± 4E-01	7,3E-01 ± 6E-01		3,3E-01 ± 4E-01	6,2E-01 ± 1E-01
Th-228	4,1E-01 ± 2E-01	3,7E-01 ± 3E-01	4,4E-01 ± 2E-01	3,8E-01 ± 2E-01	3,6E-01 ± 2E-01		9,0E-01 ± 2E-01	4,6E-01 ± 8E-02
Th-230								
K-40	6,2E+01 ± 7E+00	5,6E+01 ± 6E+00	3,8E+01 ± 4E+00	3,0E+01 ± 5E+00	3,3E+01 ± 4E+00		3,1E+01 ± 4E+00	4,3E+01 ± 1E+00
Be-7	3,0E+00 ± 1E+00	1,6E+00 ± 2E+00	9,5E+00 ± 1E+00	3,8E+00 ± 2E+00	6,4E-01 ± 1E+00		1,3E+01 ± 1E+00	5,0E+00 ± 5E-01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	4,3E-01 ± 2E-01		3,0E-01 ± 2E-01	5,7E-02 ± 1E-01	8,8E-02 ± 2E-01		2,3E-01 ± 4E-01	9,6E-02 ± 5E-02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 7E-01	5,1E-01 ± 9E-02	7,6E-01 ± 1E-01	7,4E-01 ± 2E-01	< 9E-01		1,5E+00 ± 5E-01	5,2E-01 ± 9E-02
H-3	1,6E+03 ± 4E+02	1,3E+03 ± 3E+02	1,1E+03 ± 9E+01	5,6E+02 ± 7E+01	6,3E+02 ± 7E+01		8,6E+02 ± 2E+02	1,1E+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.

LETO 2014 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							
Datum vzor.	17. 12. 2013 - 20. 1. 2014	20. 1. 2014 - 17. 2. 2014	17. 2. 2014 - 17. 3. 2014	17. 3. 2014 - 16. 4. 2014	16. 4. 2014 - 19. 5. 2014	19. 5. 2014 - 16. 6. 2014		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	47,28	47,12	42,03	48,45	43,91	44,45		
Oznaka vzorca	K14VC211	K14VC221	K14VC231	K14VC241	K14VC251	K14VC261		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
U-238	4,4E+00 ± 3E+00	3,7E+00 ± 2E+00	1,7E+00 ± 1E+00	2,4E+00 ± 2E+00	4,2E+00 ± 2E+00	2,6E+00 ± 1E+00	3,2E+00 ± 8E-01	
Ra-226	1,1E+00 ± 1E+00		2,2E+00 ± 5E-01		1,0E+00 ± 9E-01	3,6E-01 ± 4E-01	7,8E-01 ± 2E-01	
Pb-210		8,0E+00 ± 2E+00		1E+00	5,2E+00 ± 2E+00	4,5E+00 ± 4E+00	3,0E+00 ± 9E-01	
Ra-228	8,3E-01 ± 3E-01		5,5E-01 ± 4E-01	2,0E-01 ± 4E-01	3,0E-01 ± 4E-01	9,7E-01 ± 4E-01	4,8E-01 ± 2E-01	
Th-228	3,9E-01 ± 4E-01	1,8E-01 ± 2E-01	8,2E-02 ± 1E-01	1,3E-01 ± 2E-01	5,1E-01 ± 2E-01	1,3E-01 ± 2E-01	2,4E-01 ± 9E-02	
Th-230								
K-40	2,9E+01 ± 3E+00	2,0E+01 ± 3E+00	2,0E+01 ± 2E+00	1,9E+01 ± 3E+00	1,8E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 1E+00	
Be-7	4,1E+00 ± 1E+00	7,9E+00 ± 2E+00	5,9E+00 ± 1E+00		2,0E+00 ± 1E+00	2,4E+00 ± 1E+00	3,7E+00 ± 5E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	2,4E-02 ± 2E-01	3,8E-02 ± 1E-01		2,1E-01 ± 1E-01			4,6E-02 ± 4E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	9,2E-01 ± 1E-01	1,1E+00 ± 1E-01	1,3E+00 ± 1E-01	9,7E-01 ± 1E-01	1,0E+00 ± 2E-01	1,0E+00 ± 1E-01	1,1E+00 ± 5E-02	
H-3	7,7E+02 ± 2E+02	8,1E+02 ± 1E+02	8,4E+02 ± 1E+02	9,5E+02 ± 2E+02	4,8E+02 ± 1E+02	6,0E+02 ± 7E+01	7,4E+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, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 pa na Odseku O-2.

LETO 2014 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							
Datum vzor.	16. 6. 2014 - 16. 7. 2014	16. 7. 2014 - 18. 8. 2014	18. 8. 2014 - 16. 9. 2014	16. 9. 2014 - 16. 10. 2014	16. 10. 2014 - 17. 11. 2014	17. 11. 2014 - 16. 12. 2014		Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	46,40	48,37	45,41	45,42	48,65	42,46		
Oznaka vzorca	K14VC271	K14VC281	K14VC291	K14VC2A1	K14VC2B1	K14VC2C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
U-238	1,1E+00 ± 1E+00		2,6E+00 ± 1E+00	3,1E+00 ± 7E-01	1,8E+00 ± 6E-01	4,5E+00 ± 2E+00	2,7E+00 ± 5E-01	
Ra-226	6,8E-01 ± 3E-01	6,6E+00 ± 9E-01		8,5E-01 ± 2E-01	2,5E+00 ± 7E-01	7,1E+00 ± 1E+00	1,9E+00 ± 2E-01	
Pb-210	2,8E+00 ± 1E+00	4,5E-02 ± 2E+00	3,8E+00 ± 2E+00	9,3E+00 ± 6E-01	5,1E+00 ± 2E+00	1,2E+01 ± 2E+00	4,2E+00 ± 6E-01	
Ra-228	5,6E-01 ± 3E-01	9,0E-02 ± 3E-01	1,3E+00 ± 3E-01	8,8E-02 ± 2E-01	4,7E-01 ± 4E-01	2,0E+00 ± 7E-01	6,1E-01 ± 1E-01	
Th-228	3,3E-01 ± 3E-01	2,9E-01 ± 1E-01	2,2E-01 ± 2E-01	3,0E-01 ± 6E-02	2,1E-01 ± 7E-02	2,3E+00 ± 4E-01	4,3E-01 ± 7E-02	
Th-230	4,7E+01 ± 3E+01						3,9E+00 ± 2E+00	
K-40	2,9E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 3E+00	3,0E+01 ± 6E+00	3,2E+01 ± 3E+00	4,7E+01 ± 5E+00	4,2E+01 ± 5E+00	2,8E+01 ± 1E+00	
Be-7	3,6E+00 ± 1E+00	6,8E+00 ± 1E+00	6,0E+00 ± 1E+00	2,5E+01 ± 2E+00	8,9E+00 ± 9E-01	2,0E+01 ± 2E+00	7,7E+00 ± 4E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	2,6E-02 ± 9E-02	4,2E-02 ± 1E-01	1,2E-01 ± 2E-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	7,3E-01 ± 9E-02	9,6E-01 ± 1E-01	7,9E-01 ± 1E-01	1,1E+00 ± 1E-01	1,4E+00 ± 4E-01	8,7E-01 ± 2E-01	1,0E+00 ± 5E-02	
H-3	1,0E+03 ± 3E+02	4,9E+02 ± 6E+01	7,9E+02 ± 7E+01	1,6E+03 ± 2E+02	1,4E+03 ± 1E+02	1,4E+03 ± 2E+02	9,3E+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.

LETO 2014 T - 34a
4. ČRPALIŠČE VODOVODA BREŽICE – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**)

Vzroč. mesto	črpaljšče Brežice (Glogov Brod novo)						
Datum vzor.	17. 12. 2013 - 20. 1. 2014	20. 1. 2014 - 17. 2. 2014	17. 2. 2014 - 17. 3. 2014	17. 3. 2014 - 16. 4. 2014	16. 4. 2014 - 19. 5. 2014	19. 5. 2014 - 16. 6. 2014	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	51,00	41,74	41,81	44,81	49,19	41,49	
Oznaka vzorca	K14VC3211	K14VC3221	K14VC3231	K14VC3241	K14VC3251	K14VC3261	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
U-238	2,8E+00 ± 1E+00	5,3E+00 ± 2E+00	5,1E+00 ± 2E+00	4,3E+00 ± 3E+00	5,8E+00 ± 2E+00	3,6E+00 ± 3E+00	4,5E+00 ± 1E+00
Ra-226	1,4E+00 ± 3E-01		1,6E+00 ± 9E-01	3,4E-01 ± 1E+00		2,4E-01 ± 6E-01	6,0E-01 ± 2E-01
Pb-210	1,8E+00 ± 5E+00	3,1E+00 ± 2E+00	7,0E+00 ± 1E+00	2,2E+00 ± 1E+00	1,8E+00 ± 2E+00	5,0E+00 ± 1E+00	3,5E+00 ± 1E+00
Ra-228	3,1E-01 ± 4E-01	1,0E-01 ± 8E-01	5,5E-01 ± 3E-01	2,8E-02 ± 4E-01		8,6E-01 ± 7E-01	3,1E-01 ± 2E-01
Th-228	2,3E-01 ± 1E-01	2,9E-01 ± 2E-01	1,0E-01 ± 2E-01	1,2E+00 ± 3E-01		2,8E-01 ± 2E-01	3,7E-01 ± 8E-02
Th-230							
K-40	2,1E+01 ± 3E+00	1,8E+01 ± 5E+00	2,2E+01 ± 4E+00	2,2E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 2E+00
Be-7	1,3E+00 ± 8E-01	8,0E-01 ± 2E+00	4,7E+00 ± 1E+00	3,4E-01 ± 3E+00	2,5E+00 ± 2E+00	3,3E-01 ± 3E+00	1,6E+00 ± 8E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137		3,9E-02 ± 1E-01	2,5E-02 ± 1E-01	3,3E-02 ± 1E-01		6,5E-02 ± 2E-01	2,7E-02 ± 5E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	< 4E-01	8,4E-01 ± 1E-01	< 5E-01	< 4E-01	< 3E-01	< 5E-01	1,4E-01 ± 1E-01
H-3	< 1E+02	1,4E+02 ± 3E+01	1,3E+02 ± 2E+01	< 1E+02	< 1E+02	< 1E+02	4,5E+01 ± 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.

LETO 2014 T - 34b
4. ČRPALIŠČE VODOVODA BREŽICE – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**)

Vzroč. mesto	črpaljšče Brežice (Glogov Brod novo)						
Datum vzor.	16. 6. 2014 - 16. 7. 2014	16. 7. 2014 - 18. 8. 2014	18. 8. 2014 - 16. 9. 2014	16. 9. 2014 - 16. 10. 2014	16. 10. 2014 - 17. 11. 2014	17. 11. 2014 - 16. 12. 2014	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	44,61	49,00	43,21	44,72	48,18	43,37	
Oznaka vzorca	K14VC3271	K14VC3281	K14VC3291	K14VC32A1	K14VC32B1	K14VC32C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
U-238	4,3E+00 ± 2E+00	2,2E+00 ± 1E+00	3,5E+00 ± 1E+00	2,8E+00 ± 2E+00	7,0E-01 ± 1E+00	4,2E+00 ± 2E+00	3,7E+00 ± 6E-01
Ra-226	1,0E+00 ± 5E-01	4,5E-01 ± 3E-01		2,0E+00 ± 7E-01	1,8E+00 ± 4E-01	3,2E+00 ± 2E+00	1,0E+00 ± 2E-01
Pb-210	5,8E-01 ± 2E+00	3,8E-01 ± 7E+00	5,2E+00 ± 1E+00	9,5E+00 ± 2E+00	7,3E+00 ± 2E+00	5,3E+00 ± 1E+00	4,1E+00 ± 8E-01
Ra-228	6,8E-01 ± 6E-01	6,0E-01 ± 4E-01	1,0E+00 ± 4E-01	3,8E-01 ± 3E-01	4,0E-01 ± 4E-01	6,2E-02 ± 3E-01	4,1E-01 ± 1E-01
Th-228	1,7E-01 ± 1E-01	1,4E-01 ± 1E-01	5,6E-01 ± 2E-01	2,2E-01 ± 2E-01	3,8E-01 ± 1E-01	4,5E-01 ± 4E-01	3,4E-01 ± 6E-02
Th-230			2,6E+01 ± 3E+01				2,2E+00 ± 3E+00
K-40	1,7E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 3E+00	1,8E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 1E+00
Be-7	9,8E+00 ± 1E+00	5,3E+00 ± 8E-01	1,7E+00 ± 8E-01	4,2E+00 ± 9E-01	4,0E+00 ± 7E-01	2,0E+00 ± 2E+00	3,1E+00 ± 5E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,1E-02 ± 6E-02			5,6E-02 ± 1E-01		4,2E-03 ± 6E-02	1,9E-02 ± 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	< 5E-01	< 4E-01	5,0E-01 ± 1E-01	5,1E-01 ± 8E-02	1,5E-01 ± 7E-02
H-3	2,0E+02 ± 6E+01	1,4E+03 ± 1E+02	1,9E+02 ± 2E+01	1,1E+02 ± 2E+01	1,1E+02 ± 2E+01	< 1E+02	1,9E+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.

LETO 2014 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.	13. 1. 2014	3. 2. 2014	3. 3. 2014	7. 4. 2014	5. 5. 2014	2. 6. 2014	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	52,9	54,9	53,5	49,9	53,1	50,0	
Oznaka vzorca	MED01-14	MED02-14	MED03-14	MED04-14	MED05-14	MED06-14	
KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
U-238			2,0E+00 ± 1E+00		2,7E+00 ± 1E+00		7,8E-01 ± 2E-01
Ra-226							
Pb-210							
Ra-228							
Th-228							
Th-230							
K-40	3,1E+01 ± 1E+01	7,8E+01 ± 1E+01	4,4E+01 ± 1E+01	5,0E+01 ± 1E+01	3,6E+01 ± 1E+01	3,8E+01 ± 1E+01	4,6E+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	1,7E+00 ± 2E-01	2,3E+00 ± 3E-01	1,6E+00 ± 2E-01	2,0E+00 ± 2E-01	2,0E+00 ± 2E-01	2,2E+00 ± 2E-01	2,0E+00 ± 9E-02
H-3	< 4E+02	1,5E+03 ± 2E+02	< 4E+02	8,5E+02 ± 1E+02	< 4E+02	4,1E+02 ± 1E+02	4,5E+02 ± 1E+02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2014 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.	4. 7. 2014	1. 8. 2014	4. 9. 2014	6. 10. 2014	5. 11. 2014	4. 12. 2014	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	53,4	41,0	45,0	48,7	50,1	54,9	
Oznaka vzorca	MED07-14	MED08-14	MED09-14	MED10-14	MED11-14	MED12-14	
KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
U-238				2,3E+00 ± 9E-01			5,8E-01 ± 1E-01
Ra-226							
Pb-210							
Ra-228							
Th-228							
Th-230							
K-40	3,9E+01 ± 1E+01	8,3E+01 ± 2E+01	7,5E+01 ± 1E+01	4,4E+01 ± 1E+01	5,9E+01 ± 1E+01	3,9E+01 ± 9E+00	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	2,8E+00 ± 3E-01	3,1E+00 ± 3E-01	2,3E+00 ± 3E-01	4,0E+00 ± 4E-01	3,4E+00 ± 4E-01	2,7E+00 ± 3E-01	2,5E+00 ± 8E-02
H-3	< 4E+02	5,6E+02 ± 1E+02	< 4E+02	4,8E+02 ± 4E+02	4,8E+02 ± 1E+02	< 4E+02	3,1E+02 ± 9E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2014 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.	13. 1. 2014	3. 2. 2014	3. 3. 2014	7. 4. 2014	5. 5. 2014	2. 6. 2014	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	56,6	57,9	55,7	55,8	56,2	56,2	
Oznaka vzorca	SIB01-14	SIB02-14	SIB03-14	SIB04-14	SIB05-14	SIB06-14	
KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
U-238			2,6E+00 ± 1E+00	3,0E+00 ± 1E+00	3,9E+00 ± 1E+00		1,6E+00 ± 3E-01
Ra-226							
Pb-210							
Ra-228	3,0E+00 ± 1E+00	3,7E+00 ± 1E+00			2,8E+00 ± 2E+00	2,4E+00 ± 1E+00	2,0E+00 ± 5E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	6,8E+01 ± 1E+01	4,3E+01 ± 1E+01	4,6E+01 ± 1E+01	4,8E+01 ± 1E+01	4,8E+01 ± 1E+01	5,7E+01 ± 1E+01	5,2E+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	3,3E+00 ± 3E-01	3,4E+00 ± 4E-01	3,2E+00 ± 4E-01	3,0E+00 ± 3E-01	2,8E+00 ± 3E-01	2,9E+00 ± 3E-01	3,1E+00 ± 1E-01
H-3	1,5E+03 ± 2E+02	1,3E+03 ± 2E+02	1,2E+03 ± 2E+02	9,4E+02 ± 1E+02	6,7E+02 ± 1E+02	6,0E+02 ± 1E+02	1,0E+03 ± 6E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2014 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.	4. 7. 2014	1. 8. 2014	4. 9. 2014	6. 10. 2014	5. 11. 2014	4. 12. 2014	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	56,7	55,5	49,8	58,6	54,8	54,8	
Oznaka vzorca	SIB07-14	SIB08-14	SIB09-14	SIB10-14	SIB11-14	SIB12-14	
KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
U-238				2,4E+00 ± 1E+00			1,3E+00 ± 2E-01
Ra-226	4,3E+00 ± 1E+00						
Pb-210							
Ra-228			4,2E+00 ± 2E+00	2,3E+00 ± 1E+00	3,0E+00 ± 1E+00	3,3E+00 ± 1E+00	2,1E+00 ± 3E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	4,0E+01 ± 1E+01	7,0E+01 ± 1E+01	6,1E+01 ± 1E+01	4,8E+01 ± 1E+01	6,4E+01 ± 1E+01	6,3E+01 ± 1E+01	5,5E+01 ± 3E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137			3,7E-01 ± 3E-01				3,1E-02 ± 2E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	3,6E+00 ± 4E-01	3,1E+00 ± 3E-01	3,4E+00 ± 4E-01	3,1E+00 ± 4E-01	3,3E+00 ± 4E-01	4,1E+00 ± 5E-01	3,3E+00 ± 1E-01
H-3	5,7E+02 ± 1E+02	6,1E+02 ± 1E+02	6,9E+02 ± 1E+02	6,3E+02 ± 1E+02	5,6E+02 ± 1E+02	5,0E+02 ± 1E+02	8,2E+02 ± 4E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

5. PADAVINE IN USEDI

6. USEDI – VAZELINSKE PLOŠČE

LETO 2014 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

Vzorč. mesto	Breg							
Datum vzor.	2. 1. 2014 - 3. 2. 2014	3. 2. 2014 - 4. 3. 2014	4. 3. 2014 - 1. 4. 2014	1. 4. 2014 - 5. 5. 2014	5. 5. 2014 - 2. 6. 2014	2. 6. 2014 - 1. 7. 2014		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	19,96	39,57	1,54	34,68	25,23	21,32		
Padavine (mm)***	80,5	173,5	12,4	128,5	106,1	86,2		
Oznaka vzorca	K14PD211	K14PD221	K14PD232	K14PD241	K14PD251	K14PD261		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22	2,2E+00 ± 2E+00	1,7E+00 ± 1E+00	5,7E+01 ± 5E+01	4,8E+00 ± 3E+00	1,3E-01 ± 9E-01	2,8E+00 ± 3E+00	2,3E+00 ± 1E+00	
U-238		1,1E+00 ± 3E-01			1,1E+00 ± 3E-01		4,4E-01 ± 9E-02	
Ra-226		1,2E+02 ± 5E+00	1,7E+03 ± 1E+02	7,2E+01 ± 5E+00	1,0E+02 ± 6E+00	1,0E+02 ± 7E+00	9,3E+01 ± 2E+00	
Pb-210	6,6E+01 ± 3E+00	7,6E-01 ± 6E-01	1,4E+01 ± 1E+01	3,3E+00 ± 1E+00	5,8E-01 ± 5E-01	5,6E-01 ± 1E+00	1,0E+00 ± 4E-01	
Ra-228								
Th-230								
Th-228	3,5E-01 ± 7E-01	2,3E-01 ± 3E-01	1,6E+01 ± 9E+00	7,0E-01 ± 3E-01	5,5E-01 ± 1E-01	1,2E+00 ± 8E-01	6,2E-01 ± 2E-01	
K-40	3,7E+00 ± 2E+00	6,1E+00 ± 3E+00	1,0E+02 ± 5E+01	8,1E+00 ± 4E+00	1,0E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 9E+00	1,2E+01 ± 2E+00	
Be-7	3,3E+02 ± 2E+01	4,5E+02 ± 2E+01	9,3E+02 ± 6E+01	5,7E+02 ± 2E+01	2,2E+02 ± 2E+01	3,5E+02 ± 1E+01	3,9E+02 ± 9E+00	
I-131								
Cs-134								
Cs-137		4,0E-01 ± 2E-01	5,9E+00 ± 5E+00	2,4E-01 ± 3E-01	3,1E-01 ± 1E-01		1,9E-01 ± 7E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 1E+00	6,3E-01 ± 1E-01	< 1E+01	< 6E-01	< 7E-01	< 9E-01	1,3E-01 ± 2E-01	
H-3	2,6E+03 ± 3E+02	2,9E+03 ± 3E+02	2,2E+03 ± 2E+02	2,6E+03 ± 2E+02	1,4E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 2E+02	2,2E+03 ± 1E+02	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja. V polletnem povprečju marčevski vzorec ni upoštevan zaradi premajhne količine padavin in posledično nereprezentativnih rezultatov.

(**) 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).

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**), preračunane na ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzorč. mesto	Breg							
Datum vzor.	2. 1. 2014 - 3. 2. 2014	3. 2. 2014 - 4. 3. 2014	4. 3. 2014 - 1. 4. 2014	1. 4. 2014 - 5. 5. 2014	5. 5. 2014 - 2. 6. 2014	2. 6. 2014 - 1. 7. 2014		Polletni used (*)
Kol. vzorca (L)	20,0	39,6	1,5	34,7	25,2	21,3		
Padavine (mm)***	80,5	173,5	12,4	128,5	106,1	86,2		
Oznaka vzorca	K14PD211	K14PD221	K14PD232	K14PD241	K14PD251	K14PD261		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)							
Na-22	1,8E-01 ± 1E-01	2,9E-01 ± 3E-01	7,0E-01 ± 6E-01	6,2E-01 ± 4E-01	1,4E-02 ± 9E-02	2,4E-01 ± 3E-01	2,0E+00 ± 8E-01	
U-238		1,9E-01 ± 5E-02			1,2E-01 ± 3E-02		3,1E-01 ± 6E-02	
Ra-226		2,1E+01 ± 9E-01	2,2E+01 ± 2E+00	9,3E+00 ± 7E-01	1,1E+01 ± 6E-01	9,0E+00 ± 6E-01	7,7E+01 ± 2E+00	
Pb-210	5,3E+00 ± 3E-01	1,3E-01 ± 1E-01	1,8E-01 ± 2E-01	4,2E-01 ± 2E-01	6,1E-02 ± 6E-02	4,8E-02 ± 1E-01	8,5E-01 ± 3E-01	
Ra-228								
Th-230								
Th-228	2,8E-02 ± 5E-02	4,0E-02 ± 5E-02	2,0E-01 ± 1E-01	9,0E-02 ± 3E-02	5,8E-02 ± 2E-02	1,1E-01 ± 7E-02	5,2E-01 ± 2E-01	
K-40	3,0E-01 ± 1E-01	1,1E+00 ± 5E-01	1,2E+00 ± 6E-01	1,0E+00 ± 5E-01	1,1E+00 ± 2E-01	2,6E+00 ± 8E-01	7,4E+00 ± 1E+00	
Be-7	2,7E+01 ± 1E+00	7,8E+01 ± 3E+00	1,1E+01 ± 8E-01	7,3E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 1E+00	2,4E+02 ± 5E+00	
I-131								
Cs-134								
Cs-137		6,9E-02 ± 3E-02	7,3E-02 ± 6E-02	3,1E-02 ± 4E-02	3,3E-02 ± 1E-02		2,1E-01 ± 8E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 9E-02	1,1E-01 ± 2E-02	< 2E-01	< 8E-02	< 8E-02	< 8E-02	1,1E-01 ± 1E-01	
H-3	2,1E+02 ± 2E+01	5,0E+02 ± 5E+01	2,7E+01 ± 3E+00	3,3E+02 ± 3E+01	1,5E+02 ± 2E+01	1,4E+02 ± 2E+01	1,4E+03 ± 7E+01	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda. V polletnem usedu so upoštevani vsi rezultati meritev (tudi marčevski).

(**) 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).

LETO 2014 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

Vzroč. mesto	Bregi							Letno povprečje (*)
	1. 7. 2014 - 4. 8. 2014	4. 8. 2014 - 1. 9. 2014	1. 9. 2014 - 1. 10. 2014	1. 10. 2014 - 3. 11. 2014	3. 11. 2014 - 1. 12. 2014	1. 12. 2014 - 30. 12. 2014		
Datum vzor.	1. 7. 2014 - 4. 8. 2014	4. 8. 2014 - 1. 9. 2014	1. 9. 2014 - 1. 10. 2014	1. 10. 2014 - 3. 11. 2014	3. 11. 2014 - 1. 12. 2014	1. 12. 2014 - 30. 12. 2014		
Kol. vzorca (L)	26,53	48,72	49,62	29,64	17,28	14,25		
Padavine (mm)***	89,5	169,3	268,7	110,1	67,9	78,1		
Oznaka vzorca	K14PD271	K14PD281	K14PD291	K14PD2A1	K14PD2B1	K14PD2C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)							
Na-22								
U-238	3,9E+00 ± 3E+00	4,7E-01 ± 1E+00	1,0E+00 ± 1E+00	4,2E+00 ± 3E+00	4,5E+00 ± 5E+00	3,0E-01 ± 3E+00	2,4E+00 ± 8E-01	
Ra-226	4,2E+00 ± 8E-01	2,1E+00 ± 4E-01			9,3E-01 ± 4E+00	2,2E+00 ± 1E+00	1,1E+00 ± 4E-01	
Pb-210	8,1E+01 ± 9E+00	2,3E+01 ± 2E+00	6,0E+01 ± 6E+00	1,2E+02 ± 9E+00	4,7E+01 ± 5E+00	1,8E+02 ± 1E+01	8,9E+01 ± 2E+00	
Ra-228	9,2E-01 ± 1E+00	4,3E-01 ± 4E-01	1,6E-01 ± 5E-01	3,7E-01 ± 5E-01			6,4E-01 ± 2E-01	
Th-230		1,3E+01 ± 9E+00					1,2E+00 ± 8E-01	
Th-228	6,7E-01 ± 3E-01	2,4E-01 ± 1E-01	5,1E-01 ± 2E-01	9,1E-01 ± 6E-01	9,8E-01 ± 5E-01	5,3E-01 ± 3E-01	6,3E-01 ± 1E-01	
K-40	8,5E+00 ± 3E+00	4,6E+00 ± 2E+00	3,5E+00 ± 2E+00	1,1E+01 ± 3E+00		3,6E+00 ± 2E+00	8,1E+00 ± 1E+00	
Be-7	2,0E+02 ± 8E+00	2,2E+02 ± 8E+00	5,7E+02 ± 2E+01	3,2E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 6E+00	2,5E+02 ± 2E+01	3,3E+02 ± 5E+00	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	4,8E-01 ± 2E-01	1,4E-01 ± 6E-02	2,3E-02 ± 1E-01		7,0E-02 ± 4E-01	1,4E-01 ± 2E-01	1,6E-01 ± 5E-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	< 4E-01	8,2E-01 ± 2E-01	1,4E+00 ± 2E-01	1,8E+00 ± 3E-01	4,3E-01 ± 1E-01	
H-3	2,0E+03 ± 2E+02	8,6E+02 ± 2E+02	1,7E+03 ± 2E+02	8,0E+02 ± 2E+02	8,7E+02 ± 2E+02	3,0E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 7E+01	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja. V letnem povprečju marčevski vzorec ni upoštevan zaradi premajhne količine padavin in posledično nereprezentativnih rezultatov

(**) 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).

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**), preračunane na ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzroč. mesto	Bregi							Letni used (*)
	1. 7. 2014 - 4. 8. 2014	4. 8. 2014 - 1. 9. 2014	1. 9. 2014 - 1. 10. 2014	1. 10. 2014 - 3. 11. 2014	3. 11. 2014 - 1. 12. 2014	1. 12. 2014 - 30. 12. 2014		
Datum vzor.	1. 7. 2014 - 4. 8. 2014	4. 8. 2014 - 1. 9. 2014	1. 9. 2014 - 1. 10. 2014	1. 10. 2014 - 3. 11. 2014	3. 11. 2014 - 1. 12. 2014	1. 12. 2014 - 30. 12. 2014		
Kol. vzorca (L)	26,5	48,7	49,6	29,6	17,3	14,3		
Padavine (mm)***	89,5	169,3	268,7	110,1	67,9	78,1		
Oznaka vzorca	K14PD271	K14PD281	K14PD291	K14PD2A1	K14PD2B1	K14PD2C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)							
Na-22								
U-238	3,5E-01 ± 3E-01	8,0E-02 ± 2E-01	2,8E-01 ± 3E-01	4,6E-01 ± 3E-01	3,0E-01 ± 3E-01	2,4E-02 ± 2E-01	3,5E+00 ± 1E+00	
Ra-226	3,7E-01 ± 8E-02	3,6E-01 ± 6E-02			6,3E-02 ± 3E-01	1,7E-01 ± 1E-01	1,3E+00 ± 3E-01	
Pb-210	7,2E+00 ± 8E-01	4,0E+00 ± 4E-01	1,6E+01 ± 2E+00	1,3E+01 ± 1E+00	3,2E+00 ± 3E-01	1,4E+01 ± 9E-01	1,3E+02 ± 3E+00	
Ra-228	8,3E-02 ± 1E-01	7,3E-02 ± 7E-02	4,2E-02 ± 1E-01	4,0E-02 ± 6E-02			1,1E+00 ± 4E-01	
Th-230		2,3E+00 ± 1E+00					2,3E+00 ± 1E+00	
Th-228	6,0E-02 ± 3E-02	4,0E-02 ± 2E-02	1,4E-01 ± 7E-02	1,0E-01 ± 6E-02	6,6E-02 ± 4E-02	4,1E-02 ± 3E-02	9,7E-01 ± 2E-01	
K-40	7,6E-01 ± 3E-01	7,7E-01 ± 4E-01	9,3E-01 ± 5E-01	1,2E+00 ± 3E-01		2,8E-01 ± 2E-01	1,1E+01 ± 1E+00	
Be-7	1,8E+01 ± 7E-01	3,7E+01 ± 1E+00	1,5E+02 ± 6E+00	3,5E+01 ± 1E+00	7,6E+00 ± 4E-01	1,9E+01 ± 2E+00	5,1E+02 ± 8E+00	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	4,3E-02 ± 2E-02	2,3E-02 ± 1E-02	6,1E-03 ± 3E-02		4,7E-03 ± 2E-02	1,1E-02 ± 1E-02	2,9E-01 ± 9E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 6E-02	< 7E-02	< 1E-01	9,0E-02 ± 2E-02	9,6E-02 ± 1E-02	1,4E-01 ± 2E-02	4,4E-01 ± 2E-01	
H-3	1,8E+02 ± 2E+01	1,5E+02 ± 3E+01	4,5E+02 ± 5E+01	8,8E+01 ± 2E+01	5,9E+01 ± 1E+01	2,4E+02 ± 2E+01	2,5E+03 ± 1E+02	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda. V letnem usedu so upoštevani vsi rezultati meritev (tudi marčevski).

(**) 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).

LETO 2014 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.	2. 1. 2014 - 3. 2. 2014	3. 2. 2014 - 4. 3. 2014	4. 3. 2014 - 1. 4. 2014	1. 4. 2014 - 5. 5. 2014	5. 5. 2014 - 2. 6. 2014	2. 6. 2014 - 1. 7. 2014		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	21,98	41,50	1,18	34,09	25,01	19,07		
Padavine (mm)	68,0	158,0	7,5	118,4	91,5	77,2		
Ozka vzorca	K14PD311	K14PD321	K14PD332	K14PD341	K14PD351	K14PD361		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/n ²)							
Na-22								
U-238	3,2E+00 ± 1E+01		1,4E+02 ± 8E+01	5,7E+00 ± 2E+00	4,5E+00 ± 3E+00	4,8E+00 ± 6E+00	3,7E+00 ± 2E+00	
Ra-226			3,0E+01 ± 3E+01		1,6E+00 ± 7E-01	1,2E+00 ± 3E+00	5,5E-01 ± 5E-01	
Pb-210	9,6E+01 ± 8E+00	3,8E+01 ± 3E+00	8,5E+02 ± 8E+01	8,0E+01 ± 5E+00	1,8E+02 ± 4E+01	4,7E+01 ± 6E+00	8,7E+01 ± 8E+00	
Ra-228		6,8E-01 ± 5E-01	1,5E+01 ± 2E+01	6,9E-01 ± 1E+00	1,4E+00 ± 9E-01		5,5E-01 ± 3E-01	
Th-230								
Th-228	5,7E-01 ± 4E-01	4,3E-02 ± 2E-01	6,5E+00 ± 6E+00	7,5E-01 ± 5E-01	4,5E-01 ± 3E-01	7,9E-01 ± 4E-01	5,2E-01 ± 2E-01	
K-40		1,2E+00 ± 1E+00	1,0E+02 ± 8E+01	1,7E+01 ± 5E+00	2,6E+01 ± 4E+00	3,5E+01 ± 5E+00	1,6E+01 ± 2E+00	
Be-7	5,4E+02 ± 2E+01	3,7E+02 ± 2E+01	6,7E+02 ± 5E+01	7,5E+02 ± 3E+01	5,3E+02 ± 2E+01	3,1E+02 ± 1E+01	5,0E+02 ± 9E+00	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,5E-02 ± 2E-01	1,0E-01 ± 9E-02		6,8E-02 ± 2E-01			3,7E-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	< 5E-01	2,0E+01 ± 3E+00	7,5E-01 ± 1E-01	1,0E+00 ± 1E-01	< 1E+00	3,5E-01 ± 2E-01	
H-3	1,7E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 2E+02	2,7E+03 ± 3E+02	1,9E+03 ± 2E+02	1,2E+03 ± 2E+02	2,1E+03 ± 2E+02	1,7E+03 ± 9E+01	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja. V polletnem povprečju marčevski vzorec ni upoštevan zaradi premajhne količine padavin in posledično nereprezentativnih rezultatov.

(***) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**), preračunane na ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzrč. mesto	Krško							
Datum vzor.	2. 1. 2014 - 3. 2. 2014	3. 2. 2014 - 4. 3. 2014	4. 3. 2014 - 1. 4. 2014	1. 4. 2014 - 5. 5. 2014	5. 5. 2014 - 2. 6. 2014	2. 6. 2014 - 1. 7. 2014		Polletni used (*)
Kol. vzorca (L)	22,0	41,5	1,2	34,1	25,0	19,1		
Padavine (mm)	68,0	158,0	7,5	118,4	91,5	77,2		
Ozka vzorca	K14PD311	K14PD321	K14PD332	K14PD341	K14PD351	K14PD361		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/n ²)							
Na-22								
U-238	2,2E-01 ± 7E-01		1,1E+00 ± 6E-01	6,8E-01 ± 3E-01	4,1E-01 ± 2E-01	3,7E-01 ± 5E-01	2,7E+00 ± 1E+00	
Ra-226			2,2E-01 ± 2E-01		1,5E-01 ± 6E-02	9,1E-02 ± 2E-01	4,6E-01 ± 3E-01	
Pb-210	6,5E+00 ± 6E-01	6,0E+00 ± 5E-01	6,4E+00 ± 6E-01	9,5E+00 ± 6E-01	1,6E+01 ± 4E+00	3,7E+00 ± 4E-01	4,8E+01 ± 4E+00	
Ra-228		1,1E-01 ± 8E-02	1,1E-01 ± 1E-01	8,2E-02 ± 1E-01	1,2E-01 ± 8E-02		4,3E-01 ± 2E-01	
Th-230								
Th-228	3,9E-02 ± 3E-02	6,9E-03 ± 2E-02	4,9E-02 ± 5E-02	8,9E-02 ± 6E-02	4,1E-02 ± 3E-02	6,1E-02 ± 3E-02	2,9E-01 ± 9E-02	
K-40		1,9E-01 ± 2E-01	7,6E-01 ± 6E-01	2,1E+00 ± 6E-01	2,4E+00 ± 4E-01	2,7E+00 ± 4E-01	8,2E+00 ± 1E+00	
Be-7	3,7E+01 ± 1E+00	5,8E+01 ± 3E+00	5,1E+00 ± 3E-01	8,9E+01 ± 3E+00	4,9E+01 ± 2E+00	2,4E+01 ± 1E+00	2,6E+02 ± 5E+00	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,0E-03 ± 1E-02	1,6E-02 ± 1E-02		8,0E-03 ± 2E-02			2,5E-02 ± 3E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 8E-02	< 8E-02	1,5E-01 ± 3E-02	8,9E-02 ± 1E-02	9,3E-02 ± 1E-02	< 9E-02	3,3E-01 ± 9E-02	
H-3	1,2E+02 ± 2E+01	2,8E+02 ± 4E+01	2,1E+01 ± 2E+00	2,2E+02 ± 2E+01	1,1E+02 ± 1E+01	1,6E+02 ± 2E+01	9,1E+02 ± 5E+01	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda. V polletnem usedu so upoštevani vsi rezultati meritev (tudi marčevski).

(***) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.

LETO 2014 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

Vzroč. mesto	Krško							
Datum vzor.	1. 7. 2014 - 4. 8. 2014	4. 8. 2014 - 1. 9. 2014	1. 9. 2014 - 1. 10. 2014	1. 10. 2014 - 3. 11. 2014	3. 11. 2014 - 1. 12. 2014	1. 12. 2014 - 30. 12. 2014		Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	25,69	46,73	50,86	30,72	21,62	21,19		
Padavine (mm)	84,3	226,4	219,7	115,3	75,1	67,7		
Oznaka vzorca	K14PD371	K14PD381	K14PD391	K14PD3A1	K14PD3B1	K14PD3C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22		2,8E-01 ± 2E-01	9,5E-02 ± 2E-01				3,4E-02 ± 3E-02	
U-238	3,1E+00 ± 2E+00	2,1E+00 ± 1E+00	3,7E+00 ± 2E+00	4,7E+00 ± 3E+00	2,0E+00 ± 8E+00	2,3E-01 ± 2E+00	3,1E+00 ± 1E+00	
Ra-226	3,4E+00 ± 2E+00		2,1E+00 ± 1E+00			1,2E+01 ± 2E+00	1,9E+00 ± 4E-01	
Pb-210	6,6E+01 ± 6E+00	1,4E+02 ± 9E+00	1,3E+02 ± 2E+01	6,1E+01 ± 4E+00	1,6E+02 ± 1E+01	3,1E+02 ± 1E+01	1,2E+02 ± 4E+00	
Ra-228	1,5E+00 ± 1E+00	4,3E-01 ± 6E-01	7,8E-01 ± 4E-01		1,2E+00 ± 1E+00	2,0E+00 ± 1E+00	7,8E-01 ± 2E-01	
Th-230								
Th-228	2,5E+00 ± 4E-01	6,8E-01 ± 2E-01	6,8E-01 ± 4E-01	4,7E-01 ± 5E-01	1,9E+00 ± 4E-01	1,1E+00 ± 5E-01	9,0E-01 ± 1E-01	
K-40	2,2E+01 ± 4E+00	2,0E+01 ± 3E+00	1,4E+01 ± 2E+00	2,1E+01 ± 7E+00	4,4E+00 ± 1E+01	1,4E+01 ± 1E+01	1,6E+01 ± 2E+00	
Be-7	3,2E+02 ± 1E+01	7,0E+02 ± 3E+01	9,2E+02 ± 3E+01	3,3E+02 ± 1E+01	6,6E+02 ± 3E+01	6,8E+02 ± 3E+01	5,6E+02 ± 7E+00	
I-131								
Cs-134								
Cs-137		2,2E-01 ± 1E-01	7,1E-02 ± 9E-02		5,7E-01 ± 5E-01	5,6E-01 ± 4E-01	1,5E-01 ± 6E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 7E-01	< 4E-01	4,9E-01 ± 2E-01	6,7E-01 ± 2E-01	< 8E-01	1,4E+00 ± 2E-01	4,0E-01 ± 1E-01	
H-3	1,6E+03 ± 2E+02	1,3E+03 ± 2E+02	1,0E+03 ± 2E+02	4,5E+02 ± 1E+02	5,7E+02 ± 2E+02	2,1E+03 ± 2E+02	1,4E+03 ± 6E+01	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja. V letnem povprečju marčevski vzorec ni upoštevan zaradi premajhne količine padavin in posledično nereprezentativnih rezultatov

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**), preračunane na ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzroč. mesto	Krško							
Datum vzor.	1. 7. 2014 - 4. 8. 2014	4. 8. 2014 - 1. 9. 2014	1. 9. 2014 - 1. 10. 2014	1. 10. 2014 - 3. 11. 2014	3. 11. 2014 - 1. 12. 2014	1. 12. 2014 - 30. 12. 2014		Letni used (*)
Kol. vzorca (L)	25,7	46,7	50,9	30,7	21,6	21,2		
Padavine (mm)	84,3	226,4	219,7	115,3	75,1	67,7		
Oznaka vzorca	K14PD371	K14PD381	K14PD391	K14PD3A1	K14PD3B1	K14PD3C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)							
Na-22		6,2E-02 ± 5E-02	2,1E-02 ± 4E-02				8,3E-02 ± 6E-02	
U-238	2,6E-01 ± 2E-01	4,7E-01 ± 3E-01	8,1E-01 ± 5E-01	5,4E-01 ± 4E-01	1,5E-01 ± 6E-01	1,6E-02 ± 1E-01	5,0E+00 ± 1E+00	
Ra-226	2,9E-01 ± 2E-01		4,7E-01 ± 2E-01			8,2E-01 ± 2E-01	2,0E+00 ± 5E-01	
Pb-210	5,6E+00 ± 5E-01	3,2E+01 ± 2E+00	2,7E+01 ± 4E+00	7,0E+00 ± 5E-01	1,2E+01 ± 8E-01	2,1E+01 ± 1E+00	1,5E+02 ± 6E+00	
Ra-228	1,2E-01 ± 8E-02	9,7E-02 ± 1E-01	1,7E-01 ± 9E-02		9,0E-02 ± 9E-02	1,3E-01 ± 9E-02	1,0E+00 ± 3E-01	
Th-230								
Th-228	2,1E-01 ± 4E-02	1,5E-01 ± 5E-02	1,5E-01 ± 9E-02	5,4E-02 ± 5E-02	1,5E-01 ± 3E-02	7,2E-02 ± 3E-02	1,1E+00 ± 2E-01	
K-40	1,8E+00 ± 3E-01	4,5E+00 ± 6E-01	3,1E+00 ± 4E-01	2,4E+00 ± 8E-01	3,3E-01 ± 1E+00	9,5E-01 ± 8E-01	2,1E+01 ± 2E+00	
Be-7	2,7E+01 ± 1E+00	1,6E+02 ± 6E+00	2,0E+02 ± 7E+00	3,8E+01 ± 2E+00	5,0E+01 ± 2E+00	4,6E+01 ± 2E+00	7,8E+02 ± 1E+01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137		5,0E-02 ± 3E-02	1,6E-02 ± 2E-02		4,3E-02 ± 4E-02	3,8E-02 ± 3E-02	1,7E-01 ± 7E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 6E-02	< 8E-02	1,1E-01 ± 4E-02	7,7E-02 ± 2E-02	< 6E-02	9,7E-02 ± 1E-02	6,1E-01 ± 1E-01	
H-3	1,4E+02 ± 2E+01	3,0E+02 ± 4E+01	2,3E+02 ± 4E+01	5,2E+01 ± 2E+01	4,3E+01 ± 1E+01	1,4E+02 ± 2E+01	1,8E+03 ± 8E+01	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda. V letnem usedu so upoštevani vsi rezultati meritev (tudi marčevski).

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.

LETO 2014 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

Vzrč. mesto	Dobova							
Datum vzor.	2. 1. 2014 - 3. 2. 2014	3. 2. 2014 - 4. 3. 2014	4. 3. 2014 - 1. 4. 2014	1. 4. 2014 - 5. 5. 2014	5. 5. 2014 - 2. 6. 2014	2. 6. 2014 - 1. 7. 2014		
Kol. vzorca (L)	16,29	45,05	0,94	36,53	24,16	22,96		Polletni povprečje (*)
Padavine (mm)	124,3	150,7	9,0	102,7	113,5	99,4		
Oznaka vzorca	K14PD411	K14PD421	K14PD432	K14PD441	K14PD451	K14PD461		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22				3,2E-01 ± 3E-01				6,3E-02 ± 6E-02
U-238	8,9E-01 ± 8E+00	2,4E+00 ± 5E+00	1,2E+02 ± 8E+01	3,2E+00 ± 3E+00	2,9E+00 ± 4E+00	3,4E+00 ± 3E+00		2,6E+00 ± 2E+00
Ra-226	5,2E+00 ± 1E+00		3,0E+01 ± 2E+01	1,3E+00 ± 8E-01		2,5E+00 ± 9E-01		1,8E+00 ± 4E-01
Pb-210	1,7E+02 ± 1E+01	5,0E+01 ± 3E+00	2,5E+03 ± 1E+02	1,8E+02 ± 9E+00	7,3E+01 ± 1E+01	2,3E+02 ± 1E+01		1,4E+02 ± 4E+00
Ra-228	1,8E+00 ± 1E+00	1,8E-01 ± 9E-01	1,2E+01 ± 3E+01	1,6E+00 ± 6E-01		7,3E-01 ± 1E+00		8,5E-01 ± 4E-01
Th-230			1,7E+03 ± 6E+02					
Th-228	5,2E-01 ± 4E-01	9,3E-01 ± 5E-01	2,1E+01 ± 7E+00	7,5E-01 ± 2E-01	1,3E+00 ± 6E-01	9,6E-01 ± 4E-01		8,9E-01 ± 2E-01
K-40	5,2E+00 ± 5E+00	4,9E+00 ± 4E+00	1,1E+02 ± 9E+01	1,7E+01 ± 4E+00	2,6E+00 ± 3E+00	3,1E+01 ± 5E+00		1,2E+01 ± 2E+00
Be-7	7,3E+02 ± 3E+01	5,6E+02 ± 2E+01	2,1E+03 ± 1E+02	1,8E+03 ± 6E+01	5,6E+02 ± 3E+01	1,6E+03 ± 6E+01		1,0E+03 ± 2E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137			1,3E+01 ± 7E+00	3,6E-01 ± 2E-01		1,2E+00 ± 1E+00		3,1E-01 ± 2E-01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 4E+00	< 4E-01	< 2E+01	7,7E-01 ± 1E-01	7,5E-01 ± 1E-01	< 9E-01		3,1E-01 ± 5E-01
H-3	9,4E+02 ± 2E+02	8,2E+02 ± 2E+02	1,3E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 2E+02	1,3E+03 ± 2E+02	1,4E+03 ± 2E+02		1,2E+03 ± 8E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja. V polletnem povprečju marčevski vzorec ni upoštevan zaradi premajhne količine padavin in posledično nereprezentativnih rezultatov.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**), preračunane na ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzrč. mesto	Dobova							
Datum vzor.	2. 1. 2014 - 3. 2. 2014	3. 2. 2014 - 4. 3. 2014	4. 3. 2014 - 1. 4. 2014	1. 4. 2014 - 5. 5. 2014	5. 5. 2014 - 2. 6. 2014	2. 6. 2014 - 1. 7. 2014		
Kol. vzorca (L)	16,3	45,1	0,9	36,5	24,2	23,0		Polletni used (*)
Padavine (mm)	124,3	150,7	9,0	102,7	113,5	99,4		
Oznaka vzorca	K14PD411	K14PD421	K14PD432	K14PD441	K14PD451	K14PD461		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)							
Na-22				3,2E-02 ± 3E-02				3,2E-02 ± 3E-02
U-238	1,1E-01 ± 1E+00	3,6E-01 ± 7E-01	1,1E+00 ± 7E-01	3,2E-01 ± 3E-01	3,3E-01 ± 5E-01	3,4E-01 ± 3E-01		2,5E+00 ± 2E+00
Ra-226	6,5E-01 ± 2E-01		2,7E-01 ± 2E-01	1,3E-01 ± 9E-02		2,5E-01 ± 9E-02		1,3E+00 ± 3E-01
Pb-210	2,1E+01 ± 1E+00	7,6E+00 ± 5E-01	2,3E+01 ± 1E+00	1,8E+01 ± 9E-01	8,3E+00 ± 1E+00	2,3E+01 ± 1E+00		1,0E+02 ± 2E+00
Ra-228	2,2E-01 ± 2E-01	2,8E-02 ± 1E-01	1,0E-01 ± 3E-01	1,6E-01 ± 7E-02		7,2E-02 ± 1E-01		5,8E-01 ± 4E-01
Th-230			1,6E+01 ± 5E+00					1,6E+01 ± 5E+00
Th-228	6,5E-02 ± 5E-02	1,4E-01 ± 8E-02	1,8E-01 ± 7E-02	7,7E-02 ± 2E-02	1,5E-01 ± 6E-02	9,5E-02 ± 4E-02		7,1E-01 ± 1E-01
K-40	6,5E-01 ± 7E-01	7,3E-01 ± 6E-01	9,9E-01 ± 9E-01	1,7E+00 ± 4E-01	3,0E-01 ± 4E-01	3,1E+00 ± 5E-01		7,5E+00 ± 1E+00
Be-7	9,1E+01 ± 3E+00	8,5E+01 ± 3E+00	1,9E+01 ± 1E+00	1,8E+02 ± 7E+00	6,4E+01 ± 3E+00	1,6E+02 ± 6E+00		6,0E+02 ± 1E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137			1,2E-01 ± 6E-02	3,6E-02 ± 2E-02		1,2E-01 ± 1E-01		2,7E-01 ± 1E-01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 5E-01	< 7E-02	< 2E-01	8,0E-02 ± 2E-02	8,6E-02 ± 1E-02	< 9E-02		1,7E-01 ± 3E-01
H-3	1,2E+02 ± 2E+01	1,2E+02 ± 3E+01	1,1E+01 ± 2E+00	1,6E+02 ± 2E+01	1,5E+02 ± 2E+01	1,4E+02 ± 2E+01		7,1E+02 ± 5E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda. V polletnem usedu so upoštevani vsi rezultati meritev (tudi marčevski).

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2

LETO 2014 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							Letno povprečje (*)
	1. 7. 2014 - 4. 8. 2014	4. 8. 2014 - 1. 9. 2014	1. 9. 2014 - 1. 10. 2014	1. 10. 2014 - 3. 11. 2014	3. 11. 2014 - 1. 12. 2014	1. 12. 2014 - 30. 12. 2014		
Datum vzor.								
Kol. vzorca (L)	32,61	47,57	48,15	40,51	31,10	22,30		
Padavine (mm)	93,8	181,1	204,3	117,6	78,4	77,9		
Oznaka vzorca	K14PD471	K14PD481	K14PD491	K14PD4A1	K14PD4B1	K14PD4C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)							
Na-22	3,1E-02 ± 1E-01	2,3E+00 ± 1E+00		2,0E+00 ± 2E+00	2,4E+00 ± 2E+00	4,2E+00 ± 3E+00	3,1E-02 ± 3E-02	
U-238	1,4E+00 ± 3E+00			1,6E+00 ± 5E-01			2,3E+00 ± 1E+00	
Ra-226	1,2E+00 ± 6E-01		1,2E+01 ± 1E+00				2,2E+00 ± 2E-01	
Pb-210	5,9E+01 ± 3E+00	1,1E+02 ± 9E+00	1,1E+02 ± 1E+01	2,0E+01 ± 2E+00	8,0E+01 ± 6E+00	1,3E+02 ± 9E+00	1,1E+02 ± 2E+00	
Ra-228	7,9E-01 ± 7E-01	1,4E-01 ± 3E-01	2,5E-01 ± 2E-01	1,3E+00 ± 8E-01	1,8E+00 ± 1E+00	8,6E-01 ± 7E-01	8,5E-01 ± 2E-01	
Th-230						3,1E+00 ± 2E+01	2,8E-01 ± 2E+00	
Th-228	8,0E-01 ± 3E-01	4,6E-01 ± 4E-01	4,8E-01 ± 1E-01	2,6E-01 ± 2E-01	5,3E-01 ± 6E-01	9,9E-01 ± 5E-01	7,2E-01 ± 1E-01	
K-40	5,0E+00 ± 2E+00	5,0E+00 ± 1E+00	1,7E+00 ± 2E+00	2,1E+00 ± 2E+00	6,1E+00 ± 3E+00		7,3E+00 ± 1E+00	
Be-7	6,3E+02 ± 2E+01	6,0E+02 ± 3E+01	7,8E+02 ± 3E+01	3,1E+02 ± 1E+01	6,3E+02 ± 2E+01	1,1E+03 ± 4E+01	8,4E+02 ± 1E+01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137		5,5E-03 ± 8E-02	1,0E-01 ± 6E-02		2,2E-01 ± 2E-01	3,7E-01 ± 7E-01	2,0E-01 ± 1E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 5E-01	3,8E-01 ± 1E-01	5,0E-01 ± 8E-02	< 4E-01	< 6E-01	1,4E+00 ± 2E-01	3,5E-01 ± 2E-01	
H-3	1,2E+03 ± 2E+02	6,2E+02 ± 2E+02	1,0E+03 ± 2E+02	7,1E+02 ± 2E+02	4,7E+02 ± 1E+02	9,7E+02 ± 2E+02	1,0E+03 ± 5E+01	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja. V letnem povprečju marčevski vzorec ni upoštevan zaradi premajhne količine padavin in posledično nereprezentativnih rezultatov

(***) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.

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. 2014 - 4. 8. 2014	4. 8. 2014 - 1. 9. 2014	1. 9. 2014 - 1. 10. 2014	1. 10. 2014 - 3. 11. 2014	3. 11. 2014 - 1. 12. 2014	1. 12. 2014 - 30. 12. 2014		
Datum vzor.								
Kol. vzorca (L)	32,6	47,6	48,2	40,5	31,1	22,3		
Padavine (mm)	93,8	181,1	204,3	117,6	78,4	77,9		
Oznaka vzorca	K14PD471	K14PD481	K14PD491	K14PD4A1	K14PD4B1	K14PD4C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)							
Na-22	2,9E-03 ± 1E-02	4,2E-01 ± 3E-01		2,3E-01 ± 2E-01	1,9E-01 ± 2E-01	3,3E-01 ± 2E-01	3,5E-02 ± 3E-02	
U-238	1,3E-01 ± 2E-01			1,9E-01 ± 6E-02			3,8E+00 ± 2E+00	
Ra-226	1,2E-01 ± 6E-02		2,5E+00 ± 3E-01	2,3E+01 ± 2E+00	2,4E+00 ± 2E-01	6,3E+00 ± 5E-01	4,1E+00 ± 4E-01	
Pb-210	5,5E+00 ± 3E-01	2,0E+01 ± 2E+00	2,3E+01 ± 2E+00	2,4E+00 ± 2E-01	6,3E+00 ± 5E-01	9,9E+00 ± 7E-01	1,7E+02 ± 4E+00	
Ra-228	7,4E-02 ± 6E-02	2,5E-02 ± 6E-02	5,2E-02 ± 5E-02	1,6E-01 ± 9E-02	1,4E-01 ± 8E-02	6,7E-02 ± 6E-02	1,1E+00 ± 4E-01	
Th-230						2,4E-01 ± 2E+00	1,6E+01 ± 5E+00	
Th-228	7,5E-02 ± 2E-02	8,3E-02 ± 7E-02	9,7E-02 ± 3E-02	3,1E-02 ± 2E-02	4,1E-02 ± 4E-02	7,7E-02 ± 4E-02	1,1E+00 ± 2E-01	
K-40	4,7E-01 ± 2E-01	9,1E-01 ± 2E-01	3,5E-01 ± 3E-01	2,5E-01 ± 3E-01	4,8E-01 ± 2E-01		9,9E+00 ± 2E+00	
Be-7	5,9E+01 ± 2E+00	1,1E+02 ± 6E+00	1,6E+02 ± 7E+00	3,6E+01 ± 1E+00	5,0E+01 ± 2E+00	8,5E+01 ± 3E+00	1,1E+03 ± 1E+01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137		9,9E-04 ± 2E-02	2,1E-02 ± 1E-02		1,7E-02 ± 2E-02	2,9E-02 ± 5E-02	3,4E-01 ± 1E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 5E-02	6,9E-02 ± 2E-02	1,0E-01 ± 2E-02	< 5E-02	< 5E-02	1,1E-01 ± 1E-02	4,5E-01 ± 3E-01	
H-3	1,2E+02 ± 2E+01	1,1E+02 ± 3E+01	2,1E+02 ± 3E+01	8,3E+01 ± 2E+01	3,7E+01 ± 1E+01	7,5E+01 ± 1E+01	1,3E+03 ± 7E+01	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda. V letnem usedu so upoštevani vsi rezultati meritev (tudi marčevski).

(***) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.

LETO 2014 T - 40 a
5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza H-3 (**), preračunane na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN

Vzroč. mesto	Ljubljana IJS						
Datum vzor.	2. 1. 2014 - 3. 2. 2014	3. 2. 2014 - 4. 3. 2014	4. 3. 2014 - 1. 4. 2014	1. 4. 2014 - 5. 5. 2014	5. 5. 2014 - 2. 6. 2014	2. 6. 2014 - 1. 7. 2014	
Kol. vzorca (L)	47,69	50,07	5,55	15,49	24,65	37,51	Polletno povprečje (*)
Padavine (mm)***	172,0	281,4	35,4	97,5	94,0	131,4	
Oznaka vzorca	RP14PD111	RP14PD121	RP14PD131	RP14PD141	RP14PD151	RP14PD161	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
Na-22		5,8E-02 ± 8E-02					9,6E-03 ± 1E-02
U-238	2,6E+00 ± 2E+00	2,2E+00 ± 1E+00	1,4E+01 ± 2E+01	1,1E+01 ± 5E+00	4,6E+00 ± 4E+00	2,1E+00 ± 3E+00	6,0E+00 ± 3E+00
Ra-226		2,9E-01 ± 1E+00			1,4E+00 ± 1E+00	2,1E+00 ± 5E-01	6,3E-01 ± 3E-01
Pb-210	6,0E+01 ± 5E+00	6,5E+01 ± 5E+00	1,5E+02 ± 2E+01	1,6E+02 ± 1E+01	5,9E+02 ± 7E+01	6,4E+01 ± 4E+00	1,8E+02 ± 1E+01
Ra-228	5,7E-01 ± 4E-01	3,8E-02 ± 1E-01			1,3E+00 ± 1E+00	3,1E-01 ± 1E+00	1,7E+00 ± 5E-01
Th-230							6,5E-01 ± 3E-01
Th-228	4,6E-01 ± 2E-01	3,5E-01 ± 2E-01	2,5E+00 ± 2E+00	4,9E-01 ± 5E-01	6,8E-01 ± 4E-01	7,1E-01 ± 5E-01	8,6E-01 ± 3E-01
K-40	3,0E+00 ± 1E+00	1,8E-01 ± 1E+00		2,3E+01 ± 5E+00	3,9E+01 ± 6E+00	2,9E+00 ± 4E+00	1,1E+01 ± 1E+00
Be-7	5,5E+02 ± 4E+01	3,7E+02 ± 1E+01	3,0E+02 ± 2E+01	4,1E+02 ± 2E+01	1,9E+03 ± 7E+01	4,8E+02 ± 2E+01	6,7E+02 ± 1E+01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	7,3E-02 ± 1E-01		1,1E+00 ± 1E+00	2,3E-01 ± 5E-01	1,5E+00 ± 3E-01	2,7E-01 ± 2E-01	5,2E-01 ± 2E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
H-3	< 5E+02	4,6E+02 ± 2E+02	5,9E+02 ± 2E+02	1,7E+03 ± 2E+02	1,5E+03 ± 2E+02	1,3E+03 ± 2E+02	9,2E+02 ± 8E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize H-3 pa na Odseku O-2.

*** Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza H-3 (**), preračunane na ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzroč. mesto	Ljubljana IJS						
Datum vzor.	2. 1. 2014 - 3. 2. 2014	3. 2. 2014 - 4. 3. 2014	4. 3. 2014 - 1. 4. 2014	1. 4. 2014 - 5. 5. 2014	5. 5. 2014 - 2. 6. 2014	2. 6. 2014 - 1. 7. 2014	
Kol. vzorca (L)	47,7	50,1	5,6	15,5	24,7	37,5	Polletni used (*)
Padavine (mm)***	172,0	281,4	35,4	97,5	94,0	131,4	
Oznaka vzorca	RP14PD111	RP14PD121	RP14PD131	RP14PD141	RP14PD151	RP14PD161	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)						
Na-22		1,6E-02 ± 2E-02					1,6E-02 ± 2E-02
U-238	4,5E-01 ± 3E-01	6,3E-01 ± 4E-01	4,9E-01 ± 6E-01	1,0E+00 ± 5E-01	4,3E-01 ± 4E-01	2,7E-01 ± 4E-01	3,3E+00 ± 1E+00
Ra-226		8,2E-02 ± 3E-01			1,3E-01 ± 1E-01	2,7E-01 ± 7E-02	4,9E-01 ± 3E-01
Pb-210	1,0E+01 ± 9E-01	1,8E+01 ± 1E+00	5,4E+00 ± 7E-01	1,5E+01 ± 1E+00	5,6E+01 ± 7E+00	8,4E+00 ± 5E-01	1,1E+02 ± 7E+00
Ra-228	9,7E-02 ± 7E-02	1,1E-02 ± 4E-02			1,3E-01 ± 1E-01	2,9E-02 ± 1E-01	2,2E-01 ± 7E-02
Th-230							4,9E-01 ± 2E-01
Th-228	7,8E-02 ± 3E-02	9,8E-02 ± 5E-02	8,8E-02 ± 5E-02	4,8E-02 ± 5E-02	6,4E-02 ± 4E-02	9,4E-02 ± 7E-02	4,7E-01 ± 1E-01
K-40	5,1E-01 ± 2E-01	4,9E-02 ± 3E-01		2,2E+00 ± 5E-01	3,7E+00 ± 5E-01	3,8E-01 ± 5E-01	6,9E+00 ± 1E+00
Be-7	9,5E+01 ± 6E+00	1,0E+02 ± 4E+00	1,1E+01 ± 7E-01	4,0E+01 ± 2E+00	1,8E+02 ± 7E+00	6,3E+01 ± 2E+00	4,9E+02 ± 1E+01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,3E-02 ± 2E-02		3,7E-02 ± 5E-02	2,2E-02 ± 5E-02	1,4E-01 ± 3E-02	3,5E-02 ± 3E-02	2,5E-01 ± 8E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
H-3	< 8E+01	1,3E+02 ± 4E+01	2,1E+01 ± 6E+00	1,6E+02 ± 2E+01	1,4E+02 ± 2E+01	1,7E+02 ± 2E+01	6,2E+02 ± 7E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize H-3 pa na Odseku O-2.

*** Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).

LETO 2014 T - 40 b
5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza H-3 (**), preračunane na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN

Vzroč. mesto	Ljubljana IJS						
Datum vzor.	1. 7. 2014 - 4. 8. 2014	4. 8. 2014 - 1. 9. 2014	1. 9. 2014 - 1. 10. 2014	1. 10. 2014 - 3. 11. 2014	3. 11. 2014 - 1. 12. 2014	1. 12. 2014 - 30. 12. 2014	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	30,53	49,89	43,25	34,30	50,08	11,36	
Padavine (mm)***	130,3	205,0	203,6	163,4	248,6	87,9	
Oznaka vzorca	RP14PD171	RP14PD181	RP14PD191	RP14PD1A1	RP14PD1B1	RP14PD1C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
Na-22							4,8E-03 ± 6E-03
U-238	2,7E+00 ± 2E+00	2,7E+00 ± 1E+00	2,4E+00 ± 2E+00	3,9E+00 ± 4E+00	3,0E+00 ± 2E+00	3,9E+00 ± 6E+00	4,6E+00 ± 2E+00
Ra-226	3,0E-02 ± 3E-01			1,4E+00 ± 9E-01		1,8E+00 ± 3E+00	5,8E-01 ± 3E-01
Pb-210	5,6E+01 ± 4E+00	1,5E+02 ± 1E+01	3,9E+01 ± 3E+00	7,5E+01 ± 7E+00	5,6E+01 ± 4E+00	2,0E+02 ± 2E+01	1,4E+02 ± 6E+00
Ra-228		3,7E-01 ± 6E-01		9,7E-01 ± 2E+00	6,9E-01 ± 5E-01	2,6E+00 ± 2E+00	7,1E-01 ± 3E-01
Th-230							
Th-228	1,1E+00 ± 8E-01	6,0E-01 ± 2E-01	3,8E-01 ± 4E-01	8,2E-01 ± 5E-01	2,1E-01 ± 2E-01	3,9E+00 ± 7E-01	1,0E+00 ± 2E-01
K-40	4,1E+00 ± 3E+00	3,1E+00 ± 2E+00		5,8E+00 ± 2E+00	6,6E+00 ± 2E+00	1,3E+01 ± 5E+00	8,4E+00 ± 9E-01
Be-7	3,4E+02 ± 2E+01	1,1E+03 ± 6E+01	3,3E+02 ± 1E+01	4,5E+02 ± 2E+01	2,8E+02 ± 1E+01	4,6E+02 ± 3E+01	5,8E+02 ± 9E+00
I-131							
Cs-134							
Cs-137	5,1E-02 ± 2E-01	2,5E-01 ± 1E-01	9,5E-02 ± 2E-01	1,1E-01 ± 2E-01	3,1E-01 ± 4E-01	1,4E+00 ± 2E+00	4,5E-01 ± 2E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
H-3	1,2E+03 ± 2E+02	5,7E+02 ± 1E+02	9,0E+02 ± 2E+02	< 4E+02	< 4E+02	6,5E+02 ± 1E+02	7,4E+02 ± 6E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize H-3 pa na Odseku O-2.

*** Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza H-3 (**), preračunane na ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzroč. mesto	Ljubljana IJS						
Datum vzor.	1. 7. 2014 - 4. 8. 2014	4. 8. 2014 - 1. 9. 2014	1. 9. 2014 - 1. 10. 2014	1. 10. 2014 - 3. 11. 2014	3. 11. 2014 - 1. 12. 2014	1. 12. 2014 - 30. 12. 2014	Letni used (*)
Kol. vzorca (L)	30,5	49,9	43,3	34,3	50,1	11,4	
Padavine (mm)***	130,3	205,0	203,6	163,4	248,6	87,9	
Oznaka vzorca	RP14PD171	RP14PD181	RP14PD191	RP14PD1A1	RP14PD1B1	RP14PD1C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)						
Na-22							1,6E-02 ± 2E-02
U-238	3,5E-01 ± 2E-01	5,6E-01 ± 2E-01	5,0E-01 ± 4E-01	6,4E-01 ± 7E-01	7,5E-01 ± 5E-01	3,5E-01 ± 5E-01	6,4E+00 ± 2E+00
Ra-226	3,9E-03 ± 4E-02			2,3E-01 ± 1E-01		1,6E-01 ± 3E-01	8,8E-01 ± 5E-01
Pb-210	7,2E+00 ± 6E-01	3,2E+01 ± 2E+00	8,0E+00 ± 6E-01	1,2E+01 ± 1E+00	1,4E+01 ± 1E+00	1,8E+01 ± 1E+00	2,0E+02 ± 8E+00
Ra-228		7,7E-02 ± 1E-01		1,6E-01 ± 4E-01	1,7E-01 ± 1E-01	2,3E-01 ± 2E-01	1,1E+00 ± 5E-01
Th-230							
Th-228	1,4E-01 ± 1E-01	1,2E-01 ± 5E-02	7,8E-02 ± 7E-02	1,3E-01 ± 7E-02	5,3E-02 ± 4E-02	3,5E-01 ± 7E-02	1,4E+00 ± 2E-01
K-40	5,3E-01 ± 4E-01	6,3E-01 ± 3E-01		9,4E-01 ± 3E-01	1,7E+00 ± 4E-01	1,2E+00 ± 5E-01	1,2E+01 ± 1E+00
Be-7	4,5E+01 ± 3E+00	2,2E+02 ± 1E+01	6,7E+01 ± 3E+00	7,3E+01 ± 3E+00	6,9E+01 ± 3E+00	4,0E+01 ± 2E+00	1,0E+03 ± 2E+01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	6,6E-03 ± 3E-02	5,1E-02 ± 2E-02	1,9E-02 ± 4E-02	1,7E-02 ± 4E-02	7,8E-02 ± 1E-01	1,2E-01 ± 2E-01	5,5E-01 ± 2E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
H-3	1,6E+02 ± 2E+01	1,2E+02 ± 3E+01	1,8E+02 ± 3E+01	< 6E+01	< 1E+02	5,7E+01 ± 1E+01	1,1E+03 ± 1E+02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize H-3 pa na Odseku O-2.

*** Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).

LETO 2014 T - 41
5. PREGLED SPECIFIČNIH ANALIZ H-3 V DEŽEVNICI V LETU 2014

Specifična analiza H-3 (***) preračunana na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN in ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzorč. mesto	Krško			Brege			Dobova			Ljubljana		
	Padavine*** mm	Specifična aktivnost kBq/m ³	Specifična aktivnost kBq/m ²	Padavine*** mm	Specifična aktivnost kBq/m ³	Specifična aktivnost kBq/m ²	Padavine*** mm	Specifična aktivnost kBq/m ³	Specifična aktivnost kBq/m ²	Padavine*** mm	Specifična aktivnost kBq/m ³	Specifična aktivnost kBq/m ²
Januar	68,0	1,7E+00	1,2E-01	80,5	2,6E+00	2,1E-01	124,3	9,4E-01	1,2E-01	172,0	4,6E-01	1,3E-01
Februar	158,0	1,8E+00	2,8E-01	173,5	2,9E+00	5,0E-01	150,7	8,2E-01	1,2E-01	281,4	5,9E-01	2,1E-02
Marec	7,5	2,7E+00	2,1E-02	12,4	2,2E+00	2,7E-02	9,0	1,3E+00	1,1E-02	35,4	1,7E+00	1,6E-01
April	118,4	1,9E+00	2,2E-01	128,5	2,6E+00	3,3E-01	102,7	1,6E+00	1,6E-01	97,5	1,5E+00	1,4E-01
Maj	91,5	1,2E+00	1,1E-01	106,1	1,4E+00	1,5E-01	113,5	1,3E+00	1,5E-01	94,0	1,3E+00	1,7E-01
Junij	77,2	2,1E+00	1,6E-01	86,2	1,6E+00	1,4E-01	99,4	1,4E+00	1,4E-01	131,4	1,2E+00	1,6E-01
Julij	84,3	1,6E+00	1,4E-01	89,5	2,0E+00	1,8E-01	93,8	1,2E+00	1,2E-01	130,3	1,2E+00	1,6E-01
Avgust	226,4	1,3E+00	3,0E-01	169,3	8,6E-01	1,5E-01	181,1	6,2E-01	1,1E-01	205,0	5,7E-01	1,2E-01
September	219,7	1,0E+00	2,3E-01	268,7	1,7E+00	4,5E-01	204,3	1,0E+00	2,1E-01	203,6	9,0E-01	1,8E-01
Oktober	115,3	4,5E-01	5,2E-02	110,1	8,0E-01	8,8E-02	117,6	7,1E-01	8,3E-02	163,4	6,5E-01	5,7E-02
November	75,1	5,7E-01	4,3E-02	67,9	8,7E-01	5,9E-02	78,4	4,7E-01	3,7E-02	248,6	6,5E-01	5,7E-02
December	67,7	2,1E+00	1,4E-01	78,1	3,0E+00	2,4E-01	77,9	9,7E-01	7,5E-02	87,9	6,5E-01	5,7E-02
Letno povprečje (kBq/m ³)	1,43E+00	±	5,8E-02	1,84E+00	±	6,5E-02	1,01E+00	±	5,1E-02	7,37E-01	±	5,5E-02
Celotna vrednost	1309	mm	1,8E+00	1371	mm	2,5E+00	1353	mm	1,3E+00	1851	mm	1,1E+00
			kBq/m ²			kBq/m ²			kBq/m ²			kBq/m ²

(**) Radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku O-2.
 (***) Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).

LETO 2014 T - 42/1a
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzroč. mesto	širša okolica NEK (mesta 2-5)								
Datum vzor.	2. 1. 2014 - 3. 2. 2014	3. 2. 2014 - 4. 3. 2014	4. 3. 2014 - 1. 4. 2014	1. 4. 2014 - 5. 5. 2014	5. 5. 2014 - 2. 6. 2014	2. 6. 2014 - 1. 7. 2014			
Kol. vzorca (g)	76,4	67,5	73,6	74,0	71,3	77,1	Polletna vsota	Polletni used (*)	
Padavine (mm)***	74,3	165,8	10,0	123,5	98,8	81,7			
Ozaka vzorca	K14PV211	K14PV221	K14PV231	K14PV241	K14PV251	K14PV261			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)								
Na-22			8,8E-02 ± 5E-02	1,9E-01 ± 2E-01	3,9E-01 ± 2E-01	8,9E-02 ± 3E-01	7,6E-01 ± 4E-01	3,8E+00 ± 2E+00	
U-238			4,1E-02 ± 2E-02	1,6E-01 ± 9E-02	1,6E-01 ± 9E-02	4,6E-02 ± 3E-02	3,2E-01 ± 1E-01	1,6E+00 ± 5E-01	
Ra-226	4,0E-02 ± 3E-02	2,9E-02 ± 2E-02	1,1E+00 ± 8E-02	1,3E+01 ± 6E-01	4,3E+00 ± 8E-01	5,5E+00 ± 3E-01	2,7E+01 ± 2E+00	1,3E+02 ± 8E+00	
Pb-210	1,7E+00 ± 2E-01	1,0E+00 ± 1E+00	4,9E-02 ± 2E-02	2,9E-02 ± 3E-02	9,7E-02 ± 5E-02	6,8E-02 ± 5E-02	3,1E-01 ± 9E-02	1,6E+00 ± 5E-01	
Ra-228	6,8E-02 ± 4E-02								
Th-230									
Th-228	1,3E-02 ± 1E-02	2,5E-02 ± 1E-02	2,6E-02 ± 6E-03	7,5E-02 ± 2E-02	2,9E-02 ± 1E-02	8,4E-03 ± 1E-02	1,8E-01 ± 3E-02	8,8E-01 ± 2E-01	
K-40		2,9E-01 ± 2E-01	2,7E-01 ± 8E-02	2,6E-01 ± 2E-01	9,5E-02 ± 1E-01	2,6E-01 ± 2E-01	1,2E+00 ± 3E-01	5,9E+00 ± 2E+00	
Be-7	3,3E+00 ± 2E-01	5,6E+00 ± 3E-01	8,0E+00 ± 5E-01	6,0E+01 ± 2E+00	2,7E+01 ± 1E+00	4,2E+01 ± 2E+00	1,5E+02 ± 3E+00	7,3E+02 ± 1E+01	
I-131									
Cs-134									
Cs-137			2,1E-02 ± 7E-03	2,5E-02 ± 1E-02			4,6E-02 ± 1E-02	2,3E-01 ± 6E-02	
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).

LETO 2014 T - 42/1b
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzroč. mesto	širša okolica NEK (mesta 2-5)								
Datum vzor.	1. 7. 2014 - 4. 8. 2014	4. 8. 2014 - 1. 9. 2014	1. 9. 2014 - 1. 10. 2014	1. 10. 2014 - 3. 11. 2014	3. 11. 2014 - 1. 12. 2014	1. 12. 2014 - 30. 12. 2014			
Kol. vzorca (g)	52,7	54,8	56,4	64,1	60,4	62,6	Letna vsota	Letni used (*)	
Padavine (mm)***	86,9	197,9	244,2	112,7	71,5	72,9			
Ozaka vzorca	K14PV271	K14PV281	K14PV291	K14PV2A1	K14PV2B1	K14PV2C1			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)								
Na-22	2,4E-01 ± 2E-01	1,6E-01 ± 2E-01		2,6E-01 ± 2E-01	9,0E-03 ± 3E-02		1,4E+00 ± 5E-01	7,2E+00 ± 2E+00	
U-238	4,9E-02 ± 6E-02	1,3E-02 ± 6E-02	2,8E-01 ± 1E-01		1,2E-01 ± 3E-02	2,2E-01 ± 8E-02	1,0E+00 ± 2E-01	5,0E+00 ± 1E+00	
Ra-226	5,2E+00 ± 3E-01	7,1E+00 ± 4E-01	7,7E+00 ± 6E-01	7,9E+00 ± 5E-01	5,2E+00 ± 3E-01	1,2E+00 ± 2E-01	6,1E+01 ± 2E+00	3,0E+02 ± 9E+00	
Pb-210	1,2E-01 ± 6E-02			7,9E-03 ± 5E-02			4,4E-01 ± 1E-01	2,2E+00 ± 6E-01	
Ra-228									
Th-230									
Th-228	1,1E-01 ± 2E-02	1,9E-02 ± 1E-02	2,8E-02 ± 6E-02	9,6E-02 ± 2E-02	8,7E-02 ± 7E-03	3,4E-02 ± 2E-02	5,5E-01 ± 8E-02	2,7E+00 ± 4E-01	
K-40		5,0E-02 ± 3E-01		5,9E-01 ± 3E-01		9,4E-02 ± 1E-01	1,9E+00 ± 5E-01	9,5E+00 ± 3E+00	
Be-7	3,0E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 1E+00	1,5E+01 ± 7E-01	4,5E+01 ± 2E+00	1,4E+01 ± 9E-01	5,1E+00 ± 3E-01	2,9E+02 ± 4E+00	1,4E+03 ± 2E+01	
I-131									
Cs-134									
Cs-137	1,4E-02 ± 1E-02		3,9E-03 ± 7E-03	1,1E-02 ± 1E-02			7,5E-02 ± 2E-02	3,8E-01 ± 1E-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).

LETO 2014 T - 42/2a
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzrč. mesto	daljnja okolica NEK								
Datum vzor.	2. 1. 2014 - 3. 2. 2014	3. 2. 2014 - 4. 3. 2014	4. 3. 2014 - 1. 4. 2014	1. 4. 2014 - 5. 5. 2014	5. 5. 2014 - 2. 6. 2014	2. 6. 2014 - 1. 7. 2014			
Kol. vzorca (g)	16,1	19,0	19,8	17,9	17,2	17,5	Polletna vsota	Polletni used (*)	
Padavine (mm)	124,3	150,7	9,0	102,7	113,5	99,4			
Oznaka vzorca	K14PV2611	K14PV2621	K14PV2631	K14PV2641	K14PV2651	K14PV2661			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)								
Na-22									
U-238	6,4E-01 ± 9E-01	4,9E-01 ± 5E-01	2,8E-01 ± 2E-01	4,1E-01 ± 4E-01		5,9E-01 ± 3E-01	2,4E+00 ± 1E+00	1,2E+01 ± 6E+00	
Ra-226	7,5E-02 ± 9E-02		2,0E-01 ± 2E-01	2,0E-02 ± 2E-01	2,1E-01 ± 2E-01		5,0E-01 ± 4E-01	2,5E+00 ± 2E+00	
Pb-210		4E+00	1,6E+00 ± 4E-01	1,4E+01 ± 1E+00	4,6E+00 ± 5E-01		5,0E+00 ± 5E-01	1,3E+02 ± 2E+01	
Ra-228			8,0E-02 ± 1E-01				6,7E-02 ± 9E-02	7,3E-01 ± 7E-01	
Th-230							1,5E-01 ± 1E-01		
Th-228	1,5E-01 ± 1E-01	2,7E-02 ± 1E-01	7,5E-02 ± 4E-02	4,3E-02 ± 5E-02	3,3E-02 ± 4E-02	7,9E-02 ± 4E-02	4,0E-01 ± 2E-01	2,0E+00 ± 9E-01	
K-40	3,0E-01 ± 5E-01		8,3E-02 ± 3E-01	2,8E-01 ± 4E-01	3,8E-01 ± 9E-01	2,0E-01 ± 3E-01	1,2E+00 ± 1E+00	6,2E+00 ± 6E+00	
Be-7	2,8E+00 ± 5E-01	4,0E+00 ± 4E-01	8,8E+00 ± 6E-01	5,3E+01 ± 2E+00	1,9E+01 ± 1E+00	4,0E+01 ± 2E+00	1,3E+02 ± 3E+00	6,4E+02 ± 2E+01	
I-131									
Cs-134									
Cs-137	7,5E-03 ± 3E-02		2,7E-03 ± 3E-02	1,1E-02 ± 3E-02		1,5E-02 ± 3E-02	3,6E-02 ± 6E-02	1,8E-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.

LETO 2014 T - 42/2b
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzrč. mesto	daljnja okolica NEK							
Datum vzor.	1. 7. 2014 - 4. 8. 2014	4. 8. 2014 - 1. 9. 2014	1. 9. 2014 - 1. 10. 2014	1. 10. 2014 - 3. 11. 2014	3. 11. 2014 - 1. 12. 2014	1. 12. 2014 - 30. 12. 2014		
Kol. vzorca (g)	12,2	12,6	15,4	13,3	14,3	18,3	Letna vsota	Letni used (*)
Padavine (mm)	93,8	181,1	204,3	117,6	78,4	77,9		
Oznaka vzorca	K14PV2671	K14PV2681	K14PV2691	K14PV26A1	K14PV26B1	K14PV26C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)							
Na-22		3,0E-01 ± 2E-01		5,4E-01 ± 5E-01	9,8E-01 ± 7E-01	2,2E-01 ± 3E-01	4,4E+00 ± 2E+00	2,2E+01 ± 8E+00
U-238				1,7E-01 ± 6E-02			2,9E+00 ± 7E-01	1,4E+01 ± 4E+00
Ra-226	2,2E+00 ± 6E-01		4,5E+00 ± 1E+00	5,9E+00 ± 5E-01	5,1E+00 ± 5E-01	4,1E-02 ± 4E-01	5,2E+01 ± 5E+00	2,6E+02 ± 3E+01
Pb-210	5,4E+00 ± 5E-01	5,3E+00 ± 8E-01	4,5E-02 ± 1E-01	5,3E-02 ± 1E-01	1,9E-01 ± 1E-01		5,5E-01 ± 3E-01	2,8E+00 ± 2E+00
Ra-228		1,2E-01 ± 2E-01						
Th-230								
Th-228	6,8E-02 ± 4E-02	5,8E-02 ± 4E-02	5,6E-02 ± 4E-02	1,0E-01 ± 5E-02	9,8E-02 ± 4E-02	1,1E-01 ± 6E-02	9,0E-01 ± 2E-01	4,5E+00 ± 1E+00
K-40	2,1E-02 ± 2E-01	2,1E-01 ± 3E-01	3,2E-01 ± 5E-01	3,2E-01 ± 5E-01		4,8E-02 ± 4E-01	1,8E+00 ± 1E+00	9,2E+00 ± 7E+00
Be-7	2,6E+01 ± 1E+00	1,7E+01 ± 8E-01	7,8E+00 ± 5E-01	1,9E+01 ± 8E-01	8,6E+00 ± 6E-01	3,6E+00 ± 8E-01	2,1E+02 ± 4E+00	1,0E+03 ± 2E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137						7,3E-03 ± 4E-02	4,3E-02 ± 7E-02	2,2E-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.

LETO 2014 T - 42/3a
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	ožja okolica NEK (mesta 1, 7, 8)							Polletna vsota	Polletni used (*)
Datum vzor.	2. 1. 2014 - 3. 2. 2014	3. 2. 2014 - 4. 3. 2014	4. 3. 2014 - 1. 4. 2014	1. 4. 2014 - 5. 5. 2014	5. 5. 2014 - 2. 6. 2014	2. 6. 2014 - 1. 7. 2014			
Kol. vzorca (g)	50,4	58,0	60,8	54,0	49,2	52,6			
Padavine (mm)	68,0	158,0	7,5	118,4	91,5	77,2			
Oznaka vzorca	K14PV311	K14PV321	K14PV331	K14PV341	K14PV351	K14PV361			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)								
Na-22							3,3E-03 ± 1E-02	3,3E-03 ± 1E-02	1,6E-02 ± 6E-02
U-238	1,1E-01 ± 2E-01	2,4E-01 ± 1E-01	3,5E-01 ± 2E-01	1,6E-01 ± 2E-01			1,7E-01 ± 2E-01	1,0E+00 ± 4E-01	5,1E+00 ± 2E+00
Ra-226		3,6E-02 ± 8E-02	4,4E-02 ± 6E-02					8,0E-02 ± 1E-01	4,0E-01 ± 5E-01
Pb-210	1,9E+00 ± 4E-01	1,8E+00 ± 2E-01	2E+00	1,3E+01 ± 8E-01	4,4E+00 ± 4E-01		5,1E+00 ± 5E-01	2,7E+01 ± 2E+00	1,3E+02 ± 1E+01
Ra-228		4,6E-02 ± 2E-02	2,1E-02 ± 5E-02	7,9E-02 ± 7E-02			9,4E-02 ± 7E-02	2,4E-01 ± 1E-01	1,2E+00 ± 6E-01
Th-230									
Th-228	2,6E-02 ± 1E-02	3,5E-02 ± 2E-02	1,9E-02 ± 2E-02	7,7E-02 ± 2E-02	4,1E-02 ± 2E-02		8,6E-02 ± 3E-02	2,8E-01 ± 5E-02	1,4E+00 ± 3E-01
K-40		7,0E-02 ± 1E-01	2,9E-02 ± 2E-01		2,1E-01 ± 1E-01		3,1E-01 ± 2E-01	6,2E-01 ± 3E-01	3,1E+00 ± 1E+00
Be-7	4,9E+00 ± 3E-01	7,0E+00 ± 3E-01	8,9E+00 ± 4E-01	5,2E+01 ± 2E+00	2,3E+01 ± 1E+00		4,2E+01 ± 2E+00	1,4E+02 ± 3E+00	6,9E+02 ± 2E+01
I-131									
Cs-134									
Cs-137	8,0E-04 ± 8E-03	6,2E-03 ± 7E-03	4,2E-02 ± 1E-02	5,5E-02 ± 2E-02	1,0E-02 ± 1E-02		9,0E-04 ± 8E-03	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.

LETO 2014 T - 42/3b
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	ožja okolica NEK (mesta 1, 7, 8)							Letna vsota	Letni used (*)
Datum vzor.	1. 7. 2014 - 4. 8. 2014	4. 8. 2014 - 1. 9. 2014	1. 9. 2014 - 1. 10. 2014	1. 10. 2014 - 3. 11. 2014	3. 11. 2014 - 1. 12. 2014	1. 12. 2014 - 30. 12. 2014			
Kol. vzorca (g)	38,9	42,3	41,9	44,4	45,5	47,8			
Padavine (mm)	84,3	226,4	219,7	115,3	75,1	67,7			
Oznaka vzorca	K14PV371	K14PV381	K14PV391	K14PV3A1	K14PV3B1	K14PV3C1			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)								
Na-22							3,3E-03 ± 1E-02	1,6E-02 ± 6E-02	
U-238	1,3E-03 ± 4E-01	5,1E-01 ± 2E-01	2,9E-01 ± 2E-01	1,9E-01 ± 2E-01			2,3E-01 ± 3E-01	2,3E+00 ± 7E-01	
Ra-226	1,4E-01 ± 1E-01	1,0E-02 ± 3E-02		1,0E-01 ± 1E-01			2,0E-02 ± 5E-02	3,5E-01 ± 2E-01	
Pb-210	5,0E+00 ± 9E-01	5,8E+00 ± 6E-01	5,5E+00 ± 4E-01	5,6E+00 ± 4E-01	5,6E+00 ± 4E-01		2,2E-01 ± 9E-01	5,4E+01 ± 3E+00	
Ra-228	2,0E-02 ± 2E-02	7,0E-02 ± 5E-02	5,5E-02 ± 5E-02	3,5E-03 ± 2E-02				3,9E-01 ± 1E-01	
Th-230									
Th-228	2,9E-02 ± 2E-02	3,4E-02 ± 1E-02	5,3E-02 ± 2E-02	3,8E-02 ± 2E-02	1,3E-01 ± 3E-02		1,2E-02 ± 3E-02	5,8E-01 ± 8E-02	
K-40	1,3E-01 ± 1E-01	6,7E-02 ± 2E-01	2,6E-01 ± 2E-01	9,0E-02 ± 2E-01	3,0E-01 ± 1E-01		1,8E-01 ± 2E-01	1,6E+00 ± 5E-01	
Be-7	2,8E+01 ± 2E+00	2,0E+01 ± 8E-01	1,2E+01 ± 5E-01	2,2E+01 ± 8E-01	1,1E+01 ± 6E-01		4,8E+00 ± 3E-01	2,3E+02 ± 4E+00	
I-131									
Cs-134									
Cs-137	9,6E-03 ± 1E-02	4,1E-04 ± 1E-02	7,7E-03 ± 1E-02	6,4E-03 ± 1E-02			7,7E-04 ± 7E-03	1,4E-01 ± 4E-02	
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.

LETO 2014 T - 42/4a
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzrč. mesto	Ljubljana IJS													
	2. 1. 2014 - 3. 2. 2014		3. 2. 2014 - 4. 3. 2014		4. 3. 2014 - 1. 4. 2014		1. 4. 2014 - 5. 5. 2014		5. 5. 2014 - 2. 6. 2014		2. 6. 2014 - 1. 7. 2014		Polletna vsota	Polletni used
Datum vzor.	18,1		17,6		18,2		17,6		18,9		19,2			
Kol. vzorca (g)	172,0		281,4		35,4		97,5		94,0		131,4			
Padavine (mm)***	L14PV111		L14PV121		L14PV131		L14PV141		L14PV151		L14PV161			
Oznaka vzorca														
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)													
Na-22	6,7E-01 ± 4E-01	4,0E-03 ± 8E-03	2,1E+00 ± 9E-01	3,9E-01 ± 3E-01	2,2E+00 ± 2E+00	8,7E-01 ± 7E-01	6,2E+00 ± 2E+00	3,1E+01 ± 1E+01						
U-238	2,1E-01 ± 6E-02	2,6E-04 ± 3E-03			6,1E-02 ± 6E-02		2,7E-01 ± 8E-02	1,4E+00 ± 4E-01						
Ra-226	1,2E+00 ± 6E-01	2,8E-02 ± 5E-03	3,1E+00 ± 1E+00	9,5E+00 ± 7E-01	3,9E+00 ± 6E-01	6,5E+00 ± 1E+00	2,4E+01 ± 2E+00	1,2E+02 ± 9E+00						
Pb-210	9,6E-02 ± 1E-01		1,2E-01 ± 8E-02				2,1E-01 ± 1E-01	1,1E+00 ± 7E-01						
Ra-228			6,1E-01 ± 2E+00				6,1E-01 ± 2E+00	3,1E+00 ± 9E+00						
Th-230			2,3E-02 ± 5E-02				5,0E-01 ± 2E-01	2,5E+00 ± 1E+00						
Th-228	3,6E-02 ± 4E-02	4,9E-05 ± 5E-04		5,1E-02 ± 5E-02	3,4E-01 ± 2E-01	4,7E-02 ± 4E-02	5,0E-01 ± 2E-01	2,5E+00 ± 1E+00						
K-40	4,2E-01 ± 4E-01			5,2E-01 ± 5E-01	5,2E-01 ± 3E-01	3,6E-01 ± 4E-01	1,8E+00 ± 8E-01	9,1E+00 ± 4E+00						
Be-7	2,0E+00 ± 3E-01		2,0E+01 ± 1E+00	6,9E+01 ± 3E+00	2,9E+01 ± 2E+00	5,5E+01 ± 2E+00	1,7E+02 ± 4E+00	8,7E+02 ± 2E+01						
I-131														
Cs-134														
Cs-137			2,3E-02 ± 2E-02	4,6E-02 ± 4E-02	6,1E-03 ± 2E-02	1,7E-02 ± 2E-02	9,2E-02 ± 5E-02	4,6E-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).

LETO 2014 T - 42/4b
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzrč. mesto	Ljubljana IJS													
	1. 7. 2014 - 4. 8. 2014		4. 8. 2014 - 1. 9. 2014		1. 9. 2014 - 1. 10. 2014		1. 10. 2014 - 3. 11. 2014		3. 11. 2014 - 1. 12. 2014		1. 12. 2014 - 30. 12. 2014		Letna vsota	Letni used
Datum vzor.	13,4		14,4		13,5		16,4		14,2		17,6			
Kol. vzorca (g)	130,3		205,0		203,6		163,4		248,6		87,9			
Padavine (mm)***	L14PV171		L14PV181		L14PV191		L14PV1A1		L14PV1B1		L14PV1C1			
Oznaka vzorca														
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)													
Na-22	4,3E-01 ± 2E-01	5,8E-01 ± 4E-01	2,1E-01 ± 2E-01	6,3E-01 ± 3E-01	1,0E+00 ± 7E-01	6,6E-01 ± 5E-01	9,7E+00 ± 2E+00	4,9E+01 ± 1E+01						
U-238	1,0E-02 ± 1E-01	2,2E-01 ± 2E-01	9,7E-02 ± 7E-02	1,1E-01 ± 1E-01			7,1E-01 ± 2E-01	3,5E+00 ± 1E+00						
Ra-226	7,0E+00 ± 1E+00	9,5E+00 ± 8E-01	3,8E+00 ± 3E-01	5,3E+00 ± 6E-01	5,2E+00 ± 3E+00	1,3E+00 ± 3E-01	5,6E+01 ± 4E+00	2,8E+02 ± 2E+01						
Pb-210		7,2E-02 ± 6E-02	3,2E-02 ± 7E-02	1,2E-01 ± 9E-02			4,1E-02 ± 1E-01	2,4E+00 ± 1E+00						
Ra-228							4,8E-01 ± 2E-01	3,1E+00 ± 9E+00						
Th-230							6,1E-01 ± 2E+00	4,0E+00 ± 1E+00						
Th-228	2,5E-02 ± 3E-02	1,5E-02 ± 3E-02	3,2E-02 ± 2E-02	1,6E-02 ± 3E-02	1,1E-01 ± 1E-01	9,9E-02 ± 5E-02	8,0E-01 ± 2E-01	4,0E+00 ± 1E+00						
K-40	1,5E-01 ± 3E-01	2,3E-01 ± 2E-01	1,8E-01 ± 2E-01	4,7E-01 ± 3E-01	1,3E+01 ± 1E+00	7,3E-01 ± 4E-01	3,6E+00 ± 1E+00	1,8E+01 ± 5E+00						
Be-7	5,0E+01 ± 2E+00	4,5E+01 ± 2E+00	1,4E+01 ± 8E-01	4,6E+01 ± 2E+00			5,1E+00 ± 5E-01	1,7E+03 ± 3E+01						
I-131														
Cs-134														
Cs-137	8,8E-03 ± 2E-02			9,5E-02 ± 1E-01	1,9E-02 ± 4E-02	1,0E-02 ± 3E-02	2,3E-01 ± 1E-01	1,1E+00 ± 7E-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).

7. ZRAK

I-131 V ZRAKU
AEROSOLI

LETO 2014 T - 43
7. ZRAK - PREGLED MERITEV JODA I-131 V ZRAKU V LETU 2014

Specifična analiza I-131 v zraku (aerosolni, atomarni, CH₃I) (**)

Vzorc. mesto		Spodnji Stari Grad		Stara vas		Leskovec		Brege		Vihre		Gornji Lenart		Libna									
Datum vzor.		V		SA		V		SA		V		SA		V									
		do		SA		SA		SA		SA		SA		SA									
Volumen prečpanega zraka V (m ³) in specifična aktivnost SA (Bq/m ³)																							
2. 1. 2014	20. 1. 2014	1401,1	<	8E-05	1386,3	<	8E-05	1447,3	<	5E-05	1556,0	<	2E-05	1553,1	<	5E-05	1456,8	<	7E-05	1353,5	<	SA	4E-05
20. 1. 2014	3. 2. 2014	049,2	<	9E-05	1091,6	<	1E-04	1167,5	<	4E-05	1393,5	<	2E-05	1011,3	<	7E-05	1094,3	<	1E-04	1037,3	<	SA	1E-04
3. 2. 2014	17. 2. 2014	1031,5	<	5E-05	1046,3	<	1E-04	1144,6	<	2E-04	1110,2	<	7E-05	1026,1	<	1E-04	1112,6	<	2E-04	1012,4	<	SA	6E-05
17. 2. 2014	4. 3. 2014	1152,0	<	4E-05	1146,6	<	3E-05	1393,4	<	2E-05	1206,1	<	1E-05	1187,0	<	5E-05	1312,5	<	3E-05	1079,5	<	SA	8E-05
4. 3. 2014	17. 3. 2014	936,3	<	3E-05	990,3	<	8E-05	1030,3	<	4E-05	1198,6	<	3E-05	1009,6	<	5E-05	1093,3	<	4E-05	935,2	<	SA	2E-05
17. 3. 2014	1. 4. 2014	1209,0	<	3E-05	1107,8	<	4E-05	1270,3	<	2E-05	1285,7	<	2E-05	1287,5	<	4E-05	1272,1	<	2E-05	1077,0	<	SA	2E-05
1. 4. 2014	16. 4. 2014	1123,4	<	6E-05	1135,0	<	3E-05	1384,5	<	6E-05	1342,8	<	6E-05	1167,4	<	3E-05	1221,7	<	3E-05	1092,4	<	SA	5E-05
16. 4. 2014	5. 5. 2014	1505,3	<	3E-05	1404,0	<	4E-05	1571,0	<	8E-06	1685,4	<	3E-05	1421,2	<	3E-05	1596,3	<	5E-05	1343,8	<	SA	3E-05
5. 5. 2014	19. 5. 2014	1005,4	<	1E-05	1018,4	<	3E-05	1130,0	<	1E-04	1198,3	<	1E-05	1045,7	<	6E-05	1131,4	<	3E-05	995,3	<	SA	5E-05
19. 5. 2014	2. 6. 2014	1168,2	<	4E-05	1094,5	<	2E-05	1368,4	<	3E-05	1226,5	<	7E-06	1172,7	<	8E-06	1217,0	<	5E-06	1009,0	<	SA	5E-05
2. 6. 2014	16. 6. 2014	1137,3	<	2E-05	1075,1	<	2E-05	1128,8	<	3E-05	1085,2	<	4E-05	1214,5	<	1E-05	1118,7	<	2E-05	1023,7	<	SA	2E-05
16. 6. 2014	1. 7. 2014	1092,3	<	3E-05	1101,6	<	2E-05	1189,2	<	3E-05	1205,8	<	4E-05	1214,5	<	1E-05	1349,6	<	2E-05	1118,7	<	SA	4E-05
1. 7. 2014	16. 7. 2014	1252,6	<	4E-05	1135,7	<	3E-05	1460,1	<	3E-05	1355,1	<	3E-05	1252,5	<	1E-05	1272,7	<	3E-05	1080,1	<	SA	2E-05
16. 7. 2014	4. 8. 2014	1542,8	<	3E-05	1429,4	<	1E-04	1490,5	<	2E-05	1519,0	<	4E-05	1435,6	<	1E-05	1656,4	<	3E-05	1435,3	<	SA	2E-05
4. 8. 2014	18. 8. 2014	1108,7	<	2E-05	1080,0	<	2E-05	1355,2	<	4E-05	1201,1	<	2E-05	1094,1	<	4E-05	1167,5	<	2E-05	979,2	<	SA	2E-05
18. 8. 2014	1. 9. 2014	1123,3	<	2E-05	1070,1	<	5E-05	1219,0	<	4E-05	1212,5	<	2E-05	1190,9	<	4E-05	1289,7	<	2E-05	1080,4	<	SA	5E-05
1. 9. 2014	16. 9. 2014	1132,4	<	9E-05	1128,2	<	4E-05	1292,4	<	1E-05	1284,0	<	3E-05	1263,8	<	2E-05	1244,9	<	2E-05	1094,0	<	SA	3E-05
16. 9. 2014	1. 10. 2014	1137,4	<	3E-05	1143,0	<	3E-05	1379,4	<	3E-05	1254,2	<	2E-05	1118,7	<	2E-05	1289,7	<	2E-05	1075,0	<	SA	5E-05
1. 10. 2014	16. 10. 2014	1226,9	<	3E-05	1177,2	<	5E-05	1324,3	<	3E-05	1283,6	<	2E-05	1227,3	<	2E-05	1335,6	<	3E-05	1124,5	<	SA	5E-05
16. 10. 2014	3. 11. 2014	1263,6	<	5E-05	1303,5	<	2E-05	1630,2	<	2E-05	1398,7	<	4E-05	1426,0	<	2E-05	1500,2	<	4E-05	1284,5	<	SA	4E-05
3. 11. 2014	17. 11. 2014	984,0	<	4E-05	1007,5	<	3E-05	1168,7	<	3E-05	1170,0	<	2E-05	1119,3	<	3E-05	1229,7	<	4E-05	1020,4	<	SA	1E-05
17. 11. 2014	1. 12. 2014	1066,0	<	3E-05	1043,2	<	4E-05	1161,2	<	4E-05	1237,5	<	2E-05	1100,5	<	2E-05	1203,7	<	3E-05	988,4	<	SA	1E-05
1. 12. 2014	16. 12. 2014	1122,8	<	1E-04	1108,1	<	3E-05	1183,4	<	3E-05	1164,3	<	3E-05	1083,2	<	3E-05	1193,3	<	1E-05	1050,2	<	SA	3E-05
16. 12. 2014	30. 12. 2014	1120,0	<	3E-05	1048,1	<	2E-05	1146,6	<	3E-05	1215,2	<	2E-05	977,5	<	1E-05	1131,0	<	2E-05	1029,1	<	SA	2E-05

(**) Specifična analiza I-131 je bila opravljena v visokoločljivostno spektrometrijo gama na Odseku F-2.

LETO 2014 T - 44a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Spodnji Stari Grad						
Datum vzor.	2. 1. 2014 - 3. 2. 2014	3. 2. 2014 - 4. 3. 2014	4. 3. 2014 - 1. 4. 2014	1. 4. 2014 - 5. 5. 2014	5. 5. 2014 - 2. 6. 2014	2. 6. 2014 - 1. 7. 2014	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	12961,45	11772,25	11394,65	14046,22	11584,22	12048,49	
Oznaka vzorca	K14AE11S	K14AE12S	K14AE13S	K14AE14S	K14AE15S	K14AE16S	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
Na-22							
U-238	1,7E-06 ± 1E-05	8,3E-06 ± 5E-06	3,0E-05 ± 1E-05	1,3E-05 ± 1E-05		3,6E-06 ± 6E-06	9,4E-06 ± 4E-06
Ra-226							
Pb-210	7,8E-04 ± 6E-05	4,8E-04 ± 3E-05	6,6E-04 ± 4E-05	5,1E-04 ± 3E-05	4,2E-04 ± 3E-05	5,4E-04 ± 3E-05	5,6E-04 ± 2E-05
Ra-228	2,7E-06 ± 4E-06	7,0E-06 ± 3E-06	6,9E-06 ± 2E-06	3,5E-06 ± 5E-06	5,9E-06 ± 4E-06		4,3E-06 ± 1E-06
Th-230							
Th-228	6,4E-06 ± 2E-06	4,9E-06 ± 2E-06	8,3E-06 ± 1E-06	4,9E-06 ± 1E-06	6,8E-06 ± 2E-06	6,1E-06 ± 1E-06	6,2E-06 ± 6E-07
K-40							
Be-7	1,9E-03 ± 8E-05	1,9E-03 ± 1E-04	3,6E-03 ± 2E-04	3,7E-03 ± 1E-04	3,3E-03 ± 1E-04	5,0E-03 ± 3E-04	3,2E-03 ± 8E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,1E-05 ± 8E-06	2,2E-06 ± 5E-07	1,6E-06 ± 6E-07	2,1E-07 ± 5E-07	3,4E-07 ± 7E-07	1,2E-07 ± 3E-07	2,6E-06 ± 1E-06
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2014 T - 44b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Spodnji Stari Grad						
Datum vzor.	1. 7. 2014 - 4. 8. 2014	4. 8. 2014 - 1. 9. 2014	1. 9. 2014 - 1. 10. 2014	1. 10. 2014 - 3. 11. 2014	3. 11. 2014 - 1. 12. 2014	1. 12. 2014 - 30. 12. 2014	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	14103,28	11474,35	12116,52	13106,99	10872,57	10946,23	
Oznaka vzorca	K14AE17S	K14AE18S	K14AE19S	K14AE1AS	K14AE1BS	K14AE1CS	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
Na-22							
U-238	3,3E-05 ± 1E-05	4,9E-06 ± 1E-05	4,1E-05 ± 1E-05	1,4E-05 ± 1E-05	1,4E-05 ± 1E-05	2,3E-05 ± 1E-05	1,6E-05 ± 3E-06
Ra-226							
Pb-210	5,9E-04 ± 3E-05	4,8E-04 ± 3E-05	7,7E-04 ± 5E-05	9,7E-04 ± 5E-05	9,6E-04 ± 5E-05	6,5E-04 ± 4E-05	6,5E-04 ± 1E-05
Ra-228	8,1E-06 ± 4E-06	9,2E-06 ± 4E-06	6,2E-06 ± 5E-06	6,7E-06 ± 3E-06	7,8E-06 ± 4E-06	9,0E-06 ± 5E-06	6,1E-06 ± 1E-06
Th-230							
Th-228	1,1E-05 ± 2E-06	1,3E-05 ± 2E-06	1,3E-05 ± 3E-06	1,1E-05 ± 1E-06	1,4E-05 ± 4E-06	1,6E-05 ± 2E-06	9,7E-06 ± 6E-07
K-40							
Be-7	4,3E-03 ± 2E-04	3,7E-03 ± 1E-04	2,9E-03 ± 1E-04	3,7E-03 ± 1E-04	2,3E-03 ± 9E-05	2,6E-03 ± 1E-04	3,2E-03 ± 5E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	2,9E-07 ± 6E-07	2,1E-07 ± 5E-07	1,7E-06 ± 2E-06	2,3E-07 ± 5E-07	2,8E-07 ± 6E-07	2,6E-06 ± 1E-06	1,7E-06 ± 7E-07
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2014 T - 45a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Stara vas							
Datum vzor.	2. 1. 2014 - 3. 2. 2014	3. 2. 2014 - 4. 3. 2014	4. 3. 2014 - 1. 4. 2014	1. 4. 2014 - 5. 5. 2014	5. 5. 2014 - 2. 6. 2014	2. 6. 2014 - 1. 7. 2014		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	8362,40	8680,13	12197,24	14952,77	12246,86	12705,35		
Oznaka vzorca	K14AE21S	K14AE22S	K14AE23S	K14AE24S	K14AE25S	K14AE26S		
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22		1,5E-05 ± 4E-05	4,3E-07 ± 1E-05	7,1E-06 ± 9E-06	1,5E-05 ± 1E-05	5,3E-06 ± 1E-05	7,1E-06 ± 8E-06	
U-238				5,4E-06 ± 2E-05		3,0E-06 ± 2E-05	1,4E-06 ± 5E-06	
Ra-226				5,6E-04 ± 3E-05		6,0E-04 ± 4E-05	7,7E-04 ± 2E-05	
Pb-210	1,5E-03 ± 9E-05	7,6E-04 ± 4E-05	7,6E-04 ± 4E-05	5,6E-04 ± 3E-05	4,2E-04 ± 3E-05	6,0E-04 ± 4E-05	7,7E-04 ± 2E-05	
Ra-228	7,2E-06 ± 3E-06	8,7E-06 ± 4E-06	1,4E-05 ± 5E-06	7,2E-06 ± 3E-06	4,1E-06 ± 3E-06	6,9E-06 ± 4E-06	8,1E-06 ± 2E-06	
Th-230								
Th-228	8,6E-06 ± 2E-06	9,1E-06 ± 2E-06	4,4E-06 ± 2E-06	4,2E-06 ± 1E-06	5,7E-06 ± 1E-06	4,9E-06 ± 1E-06	6,1E-06 ± 7E-07	
K-40								
Be-7	3,7E-03 ± 2E-04	2,9E-03 ± 1E-04	4,0E-03 ± 2E-04	4,0E-03 ± 2E-04	3,6E-03 ± 1E-04	5,0E-03 ± 2E-04	3,9E-03 ± 6E-05	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	2,0E-06 ± 1E-06	2,1E-06 ± 2E-06	6,8E-06 ± 5E-06	2,0E-07 ± 4E-07	1,4E-06 ± 9E-07	1,6E-07 ± 4E-07	2,1E-06 ± 8E-07	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2014 T - 45b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Stara vas						
Datum vzor.	1. 7. 2014 - 4. 8. 2014	4. 8. 2014 - 1. 9. 2014	1. 9. 2014 - 1. 10. 2014	1. 10. 2014 - 3. 11. 2014	3. 11. 2014 - 1. 12. 2014	1. 12. 2014 - 30. 12. 2014	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	14878,59	12170,73	12947,52	14161,57	12028,30	12175,32	
Oznaka vzorca	K14AE27S	K14AE28S	K14AE29S	K14AE2AS	K14AE2BS	K14AE2CS	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
Na-22		3,3E-06 ± 1E-05		1,4E-05 ± 1E-05	5,0E-06 ± 5E-06		5,4E-06 ± 4E-06
U-238							1,4E-05 ± 8E-06
Ra-226	1,2E-04 ± 8E-05					4,0E-05 ± 5E-05	1,4E-05 ± 8E-06
Pb-210	6,7E-04 ± 4E-05	5,0E-04 ± 2E-05	7,3E-04 ± 4E-05	1,0E-03 ± 6E-05	8,6E-04 ± 5E-05	6,5E-04 ± 4E-05	7,6E-04 ± 1E-05
Ra-228	4,2E-06 ± 3E-06	7,2E-06 ± 3E-06	7,0E-06 ± 2E-06	5,2E-06 ± 2E-06	5,7E-06 ± 2E-06	6,6E-06 ± 3E-06	7,0E-06 ± 9E-07
Th-230							
Th-228	1,1E-05 ± 1E-06	1,1E-05 ± 1E-06	1,5E-05 ± 1E-06	1,0E-05 ± 2E-06	1,4E-05 ± 1E-06	1,1E-05 ± 2E-06	9,2E-06 ± 5E-07
K-40							
Be-7	5,0E-03 ± 2E-04	4,0E-03 ± 2E-04	3,1E-03 ± 1E-04	4,1E-03 ± 2E-04	2,3E-03 ± 2E-04	2,4E-03 ± 1E-04	3,7E-03 ± 5E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	7,2E-07 ± 5E-07	1,5E-06 ± 6E-07	5,8E-07 ± 5E-07	7,4E-07 ± 4E-07	2,0E-06 ± 8E-07	8,1E-06 ± 6E-06	2,2E-06 ± 7E-07
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

LETO 2014 T - 46a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzrč. mesto	Leskovec							
Datum vzor.	2. 1. 2014 - 3. 2. 2014	3. 2. 2014 - 4. 3. 2014	4. 3. 2014 - 1. 4. 2014	1. 4. 2014 - 5. 5. 2014	5. 5. 2014 - 2. 6. 2014	2. 6. 2014 - 1. 7. 2014		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	10676,85	9866,36	9671,54	11889,24	10009,30	10711,87		
Oznaka vzorca	K14AE31S	K14AE32S	K14AE33S	K14AE34S	K14AE35S	K14AE36S		
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22								
U-238	1,1E-05 ± 6E-06	1,9E-05 ± 1E-05	1,5E-05 ± 2E-05	1,7E-04 ± 3E-05	2,4E-05 ± 1E-05	2,3E-06 ± 1E-06	3,9E-07 ± 2E-07	
Ra-226						1,9E-05 ± 2E-05	4,3E-05 ± 8E-06	
Pb-210	7,9E-04 ± 4E-05	5,1E-04 ± 3E-05	6,6E-04 ± 3E-05	5,7E-04 ± 3E-05	4,4E-04 ± 3E-05	3,5E-06 ± 3E-05	5,8E-07 ± 5E-06	
Ra-228	9,2E-06 ± 2E-06	1,2E-05 ± 4E-06	1,5E-05 ± 4E-06	8,3E-06 ± 3E-06	4,4E-06 ± 5E-06	6,2E-04 ± 4E-05	6,0E-04 ± 1E-05	
Th-230						1,1E-05 ± 5E-06	9,9E-06 ± 2E-06	
Th-228	9,1E-06 ± 1E-06	9,3E-06 ± 2E-06	6,6E-06 ± 2E-06	4,6E-06 ± 3E-06	2,2E-06 ± 4E-06	6,8E-06 ± 4E-06	6,4E-06 ± 1E-06	
K-40								
Be-7	2,2E-03 ± 1E-04	1,9E-03 ± 7E-05	3,9E-03 ± 1E-04	3,9E-03 ± 2E-04	3,6E-03 ± 1E-04	5,0E-03 ± 2E-04	3,4E-03 ± 6E-05	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	5,2E-06 ± 1E-06	3,4E-07 ± 6E-07	2,5E-07 ± 5E-07	3,2E-07 ± 6E-07	3,8E-07 ± 8E-07	3,2E-07 ± 7E-07	1,1E-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.

LETO 2014 T - 46b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzrč. mesto	Leskovec							
Datum vzor.	1. 7. 2014 - 4. 8. 2014	4. 8. 2014 - 1. 9. 2014	1. 9. 2014 - 1. 10. 2014	1. 10. 2014 - 3. 11. 2014	3. 11. 2014 - 1. 12. 2014	1. 12. 2014 - 30. 12. 2014		Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	12432,69	10137,53	10684,52	11686,96	9812,31	9973,95		
Oznaka vzorca	K14AE37S	K14AE38S	K14AE39S	K14AE3AS	K14AE3BS	K14AE3CS		
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22								
U-238	4,3E-06 ± 6E-06		1,1E-05 ± 8E-06	1,2E-05 ± 1E-05	2,3E-05 ± 2E-05	1,4E-05 ± 3E-05	1,9E-07 ± 1E-07	
Ra-226		7,3E-05 ± 7E-05					2,7E-05 ± 5E-06	
Pb-210	5,6E-04 ± 3E-05	5,9E-04 ± 4E-05	6,6E-04 ± 4E-05	9,7E-04 ± 5E-05	9,4E-04 ± 5E-05	6,4E-04 ± 6E-05	6,3E-06 ± 6E-06	
Ra-228	7,8E-06 ± 5E-06	9,2E-06 ± 3E-06	8,1E-06 ± 2E-06	4,6E-06 ± 4E-06	7,3E-06 ± 3E-06	7,5E-06 ± 4E-06	6,6E-04 ± 1E-05	
Th-230							8,7E-06 ± 1E-06	
Th-228	1,6E-05 ± 2E-06	1,6E-05 ± 2E-06	1,4E-05 ± 1E-06	1,5E-05 ± 2E-06	1,5E-05 ± 3E-06	9,4E-06 ± 2E-06	1,0E-05 ± 7E-07	
K-40								
Be-7	4,8E-03 ± 3E-04	4,4E-03 ± 2E-04	3,2E-03 ± 3E-04	4,0E-03 ± 2E-04	2,3E-03 ± 9E-05	2,4E-03 ± 9E-05	3,5E-03 ± 5E-05	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,8E-07 ± 3E-07	1,1E-06 ± 7E-07	1,2E-06 ± 6E-07	1,6E-06 ± 9E-07	2,6E-07 ± 6E-07	2,7E-06 ± 2E-06	1,2E-06 ± 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.

LETO 2014 T - 47a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Breg							
Datum vzor.	2. 1. 2014 - 3. 2. 2014	3. 2. 2014 - 4. 3. 2014	4. 3. 2014 - 1. 4. 2014	1. 4. 2014 - 5. 5. 2014	5. 5. 2014 - 2. 6. 2014	2. 6. 2014 - 1. 7. 2014		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ²)	12842,36	11881,09	11291,31	13572,69	11048,36	11718,70		
Oznaka vzorca	K14AE41S	K14AE42S	K14AE43S	K14AE44S	K14AE45S	K14AE46S		
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22								
U-238	2,1E-05 ± 1E-05	3,2E-05 ± 2E-05	9,7E-06 ± 2E-05	2,5E-05 ± 9E-06	1,3E-05 ± 1E-05	9,5E-06 ± 1E-05	1,8E-05 ± 6E-06	8,2E-07 ± 4E-06
Ra-226				4,9E-06 ± 2E-05				
Pb-210	8,0E-04 ± 4E-05	4,5E-04 ± 8E-05	6,2E-04 ± 3E-05	5,4E-04 ± 3E-05	4,2E-04 ± 2E-05	5,6E-04 ± 3E-05	5,7E-04 ± 2E-05	6,5E-06 ± 1E-06
Ra-228	6,4E-06 ± 3E-06	7,2E-06 ± 3E-06	5,2E-06 ± 3E-06	6,4E-06 ± 4E-06	7,8E-06 ± 4E-06	6,0E-06 ± 3E-06	6,5E-06 ± 1E-06	
Th-230								
Th-228	4,9E-06 ± 1E-06	7,3E-06 ± 2E-06	4,2E-06 ± 2E-06	5,0E-06 ± 1E-06	5,8E-06 ± 2E-06	6,1E-06 ± 1E-06	5,6E-06 ± 7E-07	
K-40								
Be-7	1,8E-03 ± 7E-05	1,8E-03 ± 8E-05	3,3E-03 ± 1E-04	3,5E-03 ± 1E-04	3,1E-03 ± 1E-04	4,5E-03 ± 2E-04	3,0E-03 ± 5E-05	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	2,2E-06 ± 1E-06	2,8E-06 ± 2E-06	3,2E-06 ± 2E-06	2,0E-06 ± 7E-07	1,5E-07 ± 5E-07	2,2E-07 ± 5E-07	1,8E-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.

LETO 2014 T - 47b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Breg							
Datum vzor.	1. 7. 2014 - 4. 8. 2014	4. 8. 2014 - 1. 9. 2014	1. 9. 2014 - 1. 10. 2014	1. 10. 2014 - 3. 11. 2014	3. 11. 2014 - 1. 12. 2014	1. 12. 2014 - 30. 12. 2014		Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ²)	13611,44	11035,32	11768,45	12807,10	10712,70	11403,52		
Oznaka vzorca	K14AE47S	K14AE48S	K14AE49S	K14AE4AS	K14AE4BS	K14AE4CS		
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22								
U-238	9,4E-07 ± 1E-05	2,4E-05 ± 1E-05	4,7E-06 ± 1E-05	4,4E-06 ± 1E-05	5,0E-06 ± 8E-06		1,2E-05 ± 4E-06	4,1E-07 ± 2E-06
Ra-226								
Pb-210	5,3E-04 ± 3E-05	4,7E-04 ± 2E-05	6,2E-04 ± 3E-05	8,3E-04 ± 4E-05	8,2E-04 ± 5E-05	5,1E-04 ± 3E-05	6,0E-04 ± 1E-05	6,7E-06 ± 9E-07
Ra-228	1,6E-06 ± 2E-06	4,4E-06 ± 3E-06	8,7E-06 ± 3E-06	1,1E-05 ± 4E-06	6,0E-06 ± 2E-06	9,5E-06 ± 4E-06	6,7E-06 ± 9E-07	
Th-230								
Th-228	9,7E-06 ± 1E-06	1,3E-05 ± 1E-06	1,3E-05 ± 2E-06	1,4E-05 ± 2E-06	1,4E-05 ± 2E-06	1,2E-05 ± 2E-06	9,1E-06 ± 5E-07	
K-40								
Be-7	4,0E-03 ± 2E-04	3,6E-03 ± 1E-04	2,4E-03 ± 9E-05	3,3E-03 ± 1E-04	2,0E-03 ± 7E-05	2,2E-03 ± 1E-04	3,0E-03 ± 3E-05	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	2,3E-07 ± 4E-07	2,1E-07 ± 5E-07	2,6E-07 ± 5E-07	1,4E-07 ± 4E-07	1,3E-06 ± 5E-07	4,2E-07 ± 7E-07	1,1E-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.

LETO 2014 T - 48a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Vihre							
Datum vzor.	2. 1. 2014 - 3. 2. 2014	3. 2. 2014 - 4. 3. 2014	4. 3. 2014 - 1. 4. 2014	1. 4. 2014 - 5. 5. 2014	5. 5. 2014 - 2. 6. 2014	2. 6. 2014 - 1. 7. 2014		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	10993,63	9986,57	9735,03	12120,72	9804,66	10456,37		
Oznaka vzorca	K14AE51S	K14AE52S	K14AE53S	K14AE54S	K14AE55S	K14AE56S		
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22								
U-238	1,5E-05 ± 1E-05	7,7E-06 ± 1E-05		1,6E-06 ± 7E-06	1,5E-05 ± 1E-05	1,2E-05 ± 7E-06	8,5E-06 ± 4E-06	
Ra-226			1,9E-05 ± 5E-05				3,2E-06 ± 8E-06	
Pb-210	8,1E-04 ± 5E-05	4,3E-04 ± 4E-05	7,3E-04 ± 5E-05	4,6E-04 ± 4E-05	3,8E-04 ± 3E-05	5,3E-04 ± 3E-05	5,6E-04 ± 2E-05	
Ra-228	1,0E-05 ± 3E-06	9,8E-06 ± 3E-06	8,1E-06 ± 5E-06	5,0E-06 ± 3E-06	8,0E-06 ± 7E-06	5,2E-06 ± 2E-06	7,8E-06 ± 2E-06	
Th-230								
Th-228	6,0E-06 ± 2E-06	9,4E-06 ± 2E-06	8,7E-06 ± 2E-06	7,3E-06 ± 3E-06	6,6E-06 ± 2E-06	7,4E-06 ± 1E-06	7,6E-06 ± 9E-07	
K-40								
Be-7	1,9E-03 ± 9E-05	1,7E-03 ± 8E-05	3,6E-03 ± 2E-04	3,6E-03 ± 3E-04	3,3E-03 ± 1E-04	4,4E-03 ± 3E-04	3,1E-03 ± 8E-05	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,7E-06 ± 7E-07	4,1E-07 ± 9E-07	1,2E-07 ± 5E-07	2,0E-06 ± 8E-07	1,3E-06 ± 1E-06	1,4E-07 ± 3E-07	9,3E-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.

LETO 2014 T - 48b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Vihre							
Datum vzor.	1. 7. 2014 - 4. 8. 2014	4. 8. 2014 - 1. 9. 2014	1. 9. 2014 - 1. 10. 2014	1. 10. 2014 - 3. 11. 2014	3. 11. 2014 - 1. 12. 2014	1. 12. 2014 - 30. 12. 2014		Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	12349,35	9913,86	10405,51	11273,35	9329,50	9510,58		
Oznaka vzorca	K14AE57S	K14AE58S	K14AE59S	K14AE5AS	K14AE5BS	K14AE5CS		
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22								
U-238			4,2E-06 ± 5E-06	1,4E-05 ± 1E-05	1,2E-05 ± 9E-06	1,6E-05 ± 2E-05	8,1E-06 ± 3E-06	
Ra-226			2,8E-06 ± 3E-05				1,9E-06 ± 5E-06	
Pb-210	6,4E-04 ± 5E-05	5,4E-04 ± 6E-05	6,0E-04 ± 3E-05	8,5E-04 ± 5E-05	7,9E-04 ± 7E-05	5,3E-04 ± 4E-05	6,1E-04 ± 1E-05	
Ra-228	4,0E-06 ± 3E-06	6,0E-06 ± 4E-06	9,8E-06 ± 3E-06	3,2E-06 ± 4E-06	2,1E-06 ± 4E-06	1,2E-05 ± 4E-06	7,0E-06 ± 1E-06	
Th-230								
Th-228	1,4E-05 ± 2E-06	1,5E-05 ± 2E-06	1,6E-05 ± 1E-06	1,3E-05 ± 2E-06	1,6E-05 ± 3E-06	1,7E-05 ± 2E-06	1,1E-05 ± 6E-07	
K-40								
Be-7	4,4E-03 ± 2E-04	3,8E-03 ± 2E-04	2,7E-03 ± 2E-04	3,3E-03 ± 1E-04	1,9E-03 ± 7E-05	2,2E-03 ± 9E-05	3,1E-03 ± 5E-05	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	9,1E-08 ± 4E-07	3,7E-07 ± 7E-07	1,9E-07 ± 4E-07	2,5E-06 ± 1E-06	1,4E-06 ± 2E-06	5,3E-07 ± 8E-07	8,9E-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.

LETO 2014 T - 49a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Gornji Lenart						
Datum vzor.	2. 1. 2014 - 3. 2. 2014	3. 2. 2014 - 4. 3. 2014	4. 3. 2014 - 1. 4. 2014	1. 4. 2014 - 5. 5. 2014	5. 5. 2014 - 2. 6. 2014	2. 6. 2014 - 1. 7. 2014	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	11985,30	10830,51	10464,39	12525,14	10272,29	10653,42	
Oznaka vzorca	K14AE61S	K14AE62S	K14AE63S	K14AE64S	K14AE65S	K14AE66S	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
Na-22							
U-238	7,3E-06 ± 6E-06	2,4E-05 ± 1E-05	1,0E-05 ± 1E-05		2,8E-05 ± 2E-05	7,1E-06 ± 1E-05	1,3E-05 ± 5E-06
Ra-226							
Pb-210	6,8E-04 ± 4E-05	4,6E-04 ± 5E-05	4,0E-04 ± 3E-05	5,0E-04 ± 3E-05	3,9E-04 ± 3E-05	5,2E-04 ± 3E-05	4,9E-04 ± 1E-05
Ra-228	4,4E-06 ± 2E-06	8,0E-06 ± 3E-06	1,0E-05 ± 4E-06	4,1E-06 ± 3E-06	7,1E-06 ± 5E-06	1,0E-05 ± 5E-06	7,3E-06 ± 1E-06
Th-230							
Th-228	6,5E-06 ± 1E-06	6,8E-06 ± 2E-06	6,9E-06 ± 2E-06	5,0E-06 ± 1E-06	6,3E-06 ± 2E-06	3,2E-06 ± 2E-06	5,8E-06 ± 7E-07
K-40							
Be-7	1,8E-03 ± 1E-04	1,7E-03 ± 6E-05	2,4E-03 ± 9E-05	3,3E-03 ± 1E-04	3,1E-03 ± 1E-04	4,3E-03 ± 2E-04	2,8E-03 ± 5E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	9,8E-07 ± 5E-07	2,1E-06 ± 1E-06	1,5E-06 ± 2E-06		4,5E-07 ± 8E-07	3,4E-07 ± 7E-07	9,0E-07 ± 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.

LETO 2014 T - 49b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Gornji Lenart						
Datum vzor.	1. 7. 2014 - 4. 8. 2014	4. 8. 2014 - 1. 9. 2014	1. 9. 2014 - 1. 10. 2014	1. 10. 2014 - 3. 11. 2014	3. 11. 2014 - 1. 12. 2014	1. 12. 2014 - 30. 12. 2014	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	12572,46	10268,92	11027,38	12003,36	10179,09	10486,08	
Oznaka vzorca	K14AE67S	K14AE68S	K14AE69S	K14AE6AS	K14AE6BS	K14AE6CS	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
Na-22							
U-238	7,1E-06 ± 6E-06	2,2E-05 ± 2E-05	2,9E-05 ± 1E-05	3,7E-06 ± 2E-05		9,2E-07 ± 9E-07	7,6E-08 ± 7E-08
Ra-226						2,7E-05 ± 1E-05	1,4E-05 ± 4E-06
Pb-210	5,4E-04 ± 3E-05	4,8E-04 ± 6E-05	7,2E-04 ± 7E-05	8,3E-04 ± 5E-05	3E-05	4,8E-04 ± 4E-05	5,0E-04 ± 1E-05
Ra-228	3,7E-06 ± 2E-06	4,7E-06 ± 2E-06	6,6E-06 ± 5E-06	1,5E-05 ± 5E-06	1,2E-05 ± 4E-06	8,1E-06 ± 5E-06	7,8E-06 ± 1E-06
Th-230							
Th-228	1,4E-05 ± 1E-06	1,5E-05 ± 1E-06	1,4E-05 ± 2E-06	1,2E-05 ± 2E-06	1,5E-05 ± 3E-06	1,7E-05 ± 3E-06	1,0E-05 ± 6E-07
K-40							
Be-7	4,3E-03 ± 3E-04	3,8E-03 ± 1E-04	2,6E-03 ± 1E-04	3,3E-03 ± 1E-04	2,0E-03 ± 8E-05	2,0E-03 ± 1E-04	2,9E-03 ± 4E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	2,3E-06 ± 1E-06	3,6E-07 ± 6E-07	2,4E-06 ± 1E-06	5,3E-07 ± 8E-07		1,0E-06 ± 8E-07	1,0E-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.

LETO 2014 T - 50a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzrč. mesto	Libna							
Datum vzor.	2. 1. 2014 - 3. 2. 2014	3. 2. 2014 - 4. 3. 2014	4. 3. 2014 - 1. 4. 2014	1. 4. 2014 - 5. 5. 2014	5. 5. 2014 - 2. 6. 2014	2. 6. 2014 - 1. 7. 2014		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	12432,57	11182,58	10856,22	13230,20	10931,73	11378,00		
Oznaka vzorca	K14AE71S	K14AE72S	K14AE73S	K14AE74S	K14AE75S	K14AE76S		
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22			8,6E-07 ± 3E-06					1,4E-07 ± 4E-07
U-238			4,2E-05 ± 3E-05	2,1E-05 ± 2E-05	1,1E-05 ± 7E-06			1,2E-05 ± 5E-06
Ra-226				3,8E-06 ± 3E-05			4,8E-05 ± 5E-05	8,6E-06 ± 1E-05
Pb-210	7,0E-04 ± 4E-05	4,4E-04 ± 3E-05	5,8E-04 ± 3E-05	4,4E-04 ± 4E-05	3,7E-04 ± 2E-05	5,9E-04 ± 4E-05		5,2E-04 ± 1E-05
Ra-228	6,5E-06 ± 2E-06	7,4E-06 ± 4E-06	3,9E-06 ± 5E-06	4,0E-06 ± 2E-06	6,6E-06 ± 2E-06	9,4E-06 ± 3E-06		6,3E-06 ± 1E-06
Th-230							1,0E-04 ± 1E-04	1,7E-05 ± 2E-05
Th-228	6,4E-06 ± 1E-06	8,2E-06 ± 2E-06	4,9E-06 ± 3E-06	3,8E-06 ± 2E-06	8,5E-06 ± 1E-06	7,8E-06 ± 2E-06		6,6E-06 ± 8E-07
K-40								
Be-7	2,0E-03 ± 1E-04	1,8E-03 ± 7E-05	3,3E-03 ± 1E-04	3,7E-03 ± 2E-04	3,5E-03 ± 2E-04	5,0E-03 ± 2E-04		3,2E-03 ± 7E-05
I-131								
Cs-134								
Cs-137	2,7E-06 ± 1E-06		2,1E-06 ± 2E-06	1,0E-06 ± 8E-07	1,8E-07 ± 3E-07	9,9E-08 ± 4E-07		1,0E-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.

LETO 2014 T - 50b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzrč. mesto	Libna							
Datum vzor.	1. 7. 2014 - 4. 8. 2014	4. 8. 2014 - 1. 9. 2014	1. 9. 2014 - 1. 10. 2014	1. 10. 2014 - 3. 11. 2014	3. 11. 2014 - 1. 12. 2014	1. 12. 2014 - 30. 12. 2014		Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	13315,12	10901,18	11371,15	12399,68	10377,24	10603,73		
Oznaka vzorca	K14AE77S	K14AE78S	K14AE79S	K14AE7AS	K14AE7BS	K14AE7CS		
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22		1,9E-05 ± 9E-06	2,8E-05 ± 1E-05	1,5E-06 ± 2E-05	7,3E-06 ± 1E-05	1,6E-05 ± 1E-05		7,2E-08 ± 2E-07
U-238				8,6E-06 ± 3E-05				1,2E-05 ± 4E-06
Ra-226				8,6E-06 ± 3E-05				5,0E-06 ± 6E-06
Pb-210	4,8E-04 ± 2E-05	4,6E-04 ± 3E-05	6,4E-04 ± 5E-05	9,3E-04 ± 6E-05	8,4E-04 ± 4E-05	5,1E-04 ± 1E-04		5,8E-04 ± 2E-05
Ra-228	4,8E-06 ± 3E-06	1,2E-05 ± 7E-06	8,6E-06 ± 4E-06	6,1E-06 ± 4E-06	8,0E-06 ± 3E-06	5,4E-06 ± 3E-06		6,9E-06 ± 1E-06
Th-230					4,9E-05 ± 9E-05			1,2E-05 ± 1E-05
Th-228	1,2E-05 ± 1E-06	1,4E-05 ± 2E-06	1,6E-05 ± 2E-06	1,3E-05 ± 2E-06	1,5E-05 ± 1E-06	1,2E-05 ± 2E-06		1,0E-05 ± 5E-07
K-40				6,0E-07 ± 1E-04				5,0E-08 ± 9E-06
Be-7	4,1E-03 ± 2E-04	3,9E-03 ± 1E-04	2,8E-03 ± 1E-04	3,9E-03 ± 2E-04	2,1E-03 ± 7E-05	2,3E-03 ± 9E-05		3,2E-03 ± 4E-05
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,8E-07 ± 4E-07	1,7E-06 ± 1E-06	1,7E-06 ± 1E-06	6,4E-08 ± 4E-07	2,5E-06 ± 1E-06	1,7E-06 ± 1E-06		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.

LETO 2014 T - 51a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Dobova							Polletno povprečje (*)
	2. 1. 2014 - 3. 2. 2014	3. 2. 2014 - 4. 3. 2014	4. 3. 2014 - 1. 4. 2014	1. 4. 2014 - 5. 5. 2014	5. 5. 2014 - 2. 6. 2014	2. 6. 2014 - 1. 7. 2014		
Datum vzor.								
Kol. vzorca (m ³)	114040,4	117743,7	114388,4	135198,2	110329,4	116484,9		
Oznaka vzorca	K14AE811	K14AE821	K14AE831	K14AE841	K14AE851	K14AE861		
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22			1,8E-07 ± 2E-07	3,0E-07 ± 2E-07	4,9E-06 ± 4E-06	3,5E-07 ± 2E-07	1,4E-07 ± 6E-08	
U-238				7,0E-08 ± 3E-06			8,2E-07 ± 9E-07	
Ra-226								
Pb-210	7,2E-04 ± 3E-05	5,1E-04 ± 3E-05	6,6E-04 ± 4E-05	5,6E-04 ± 3E-05	4,2E-04 ± 3E-05	5,8E-04 ± 3E-05	5,7E-04 ± 1E-05	
Ra-228	7,7E-08 ± 8E-07			7,8E-07 ± 8E-07	1,1E-07 ± 1E-06	2,1E-08 ± 8E-07	1,7E-07 ± 3E-07	
Th-230								
Th-228	1,6E-06 ± 4E-07	2,2E-06 ± 5E-07	2,0E-06 ± 4E-07	1,9E-06 ± 4E-07	1,5E-06 ± 7E-07	2,3E-06 ± 5E-07	1,9E-06 ± 2E-07	
K-40								
Be-7	2,0E-03 ± 7E-05	2,3E-03 ± 1E-04	3,9E-03 ± 2E-04	3,8E-03 ± 1E-04	3,8E-03 ± 2E-04	5,1E-03 ± 2E-04	3,5E-03 ± 6E-05	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,8E-06 ± 1E-07	1,3E-06 ± 2E-07	1,4E-06 ± 2E-07	8,0E-07 ± 3E-07	3,1E-07 ± 2E-07	2,1E-07 ± 3E-07	9,8E-07 ± 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.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

LETO 2014 T - 51b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Dobova							Letno povprečje (*)
	1. 7. 2014 - 4. 8. 2014	4. 8. 2014 - 1. 9. 2014	1. 9. 2014 - 1. 10. 2014	1. 10. 2014 - 3. 11. 2014	3. 11. 2014 - 1. 12. 2014	1. 12. 2014 - 30. 12. 2014		
Datum vzor.								
Kol. vzorca (m ³)	143110,8	122246,6	127572,5	128552,5	97286,5	112921,0		
Oznaka vzorca	K14AE871	K14AE881	K14AE891	K14AE8A1	K14AE8B1	K14AE8C1		
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)							
Na-22	7,4E-07 ± 3E-07	2,6E-07 ± 2E-07	2,1E-07 ± 2E-07	3,3E-06 ± 3E-06			1,7E-07 ± 4E-08	
U-238	2,6E-06 ± 3E-06	2,2E-06 ± 4E-06					1,1E-06 ± 7E-07	
Ra-226								
Pb-210	5,9E-04 ± 3E-05	4,1E-04 ± 2E-05	7,0E-04 ± 4E-05	8,0E-04 ± 4E-05	8,3E-04 ± 6E-05	5,4E-04 ± 3E-05	6,1E-04 ± 1E-05	
Ra-228	7,2E-07 ± 1E-06	1,8E-07 ± 8E-07	3,0E-07 ± 8E-07	1,6E-07 ± 7E-07	1,9E-06 ± 1E-06	1,2E-06 ± 9E-07	4,5E-07 ± 2E-07	
Th-230								
Th-228	2,1E-06 ± 5E-07	2,0E-06 ± 4E-07	1,6E-06 ± 6E-07	2,7E-06 ± 4E-07	4,5E-06 ± 7E-07	2,2E-06 ± 5E-07	2,2E-06 ± 1E-07	
K-40	1,5E-05 ± 5E-05			1,6E-06 ± 5E-05	5,7E-05 ± 8E-05	4,5E-05 ± 6E-05	9,9E-06 ± 1E-05	
Be-7	5,1E-03 ± 2E-04	3,7E-03 ± 2E-04	3,1E-03 ± 1E-04	3,4E-03 ± 1E-04	2,4E-03 ± 1E-04	2,6E-03 ± 1E-04	3,4E-03 ± 4E-05	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	4,5E-07 ± 1E-07	1,0E-07 ± 1E-07	4,6E-07 ± 1E-07	6,6E-07 ± 2E-07	1,6E-06 ± 2E-07	2,1E-06 ± 2E-07	9,3E-07 ± 6E-08	
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.

LETO 2014 T - 51a, 51b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Institut
 "Jožef Stefan"
 Ljubljana
 Slovenija

Specifična analiza Sr-90/Sr-89 (**)

Vzorč. mesto	Dobova				
Datum vzor.	2. 1. 2014 - 1. 4. 2014	1. 4. 2014 - 1. 7. 2014	1. 7. 2014 - 1. 10. 2014	1. 10. 2014 - 30. 12. 2014	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	346172,5	362012,5	392929,9	338760,0	
Oznaka vzorca	K14AE8D1	K14AE8E1	K14AE8F1	K14AE8G1	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)				
Sr-89/Sr-90	4,8E-07 ± 8E-08	< 4E-07	< 3E-07	< 4E-07	1,2E-07 ± 1E-07

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) Radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 so bile opravljene na IJS na Odseku O-2.

LETO 2014 T - 52a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS						
Datum vzor.	2. 1. 2014 - 3. 2. 2014	3. 2. 2014 - 4. 3. 2014	4. 3. 2014 - 1. 4. 2014	1. 4. 2014 - 5. 5. 2014	5. 5. 2014 - 2. 6. 2014	2. 6. 2014 - 1. 7. 2014	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	117408,8	114557,3	111427,8	147330,3	125183,4	129956,7	
Oznaka vzorca	RP14AE111	RP14AE121	RP14AE131	RP14AE141	RP14AE151	RP14AE161	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
Na-22		1,6E-06 ± 3E-06		4,8E-07 ± 1E-07		1,5E-06 ± 4E-06	7,9E-08 ± 2E-08
U-238				2,3E-06 ± 3E-06			9,0E-07 ± 1E-06
Ra-226							
Pb-210	7,4E-04 ± 4E-05	5,5E-04 ± 2E-05	7,2E-04 ± 4E-05	5,0E-04 ± 2E-05	4,3E-04 ± 2E-05	5,1E-04 ± 3E-05	5,8E-04 ± 1E-05
Ra-228				8,2E-07 ± 7E-07	1,0E-06 ± 9E-07	1,5E-06 ± 1E-06	5,5E-07 ± 3E-07
Th-230							
Th-232	1,8E-06 ± 4E-07	1,6E-06 ± 5E-07	1,0E-06 ± 7E-07	2,4E-06 ± 4E-07	1,6E-06 ± 4E-07	1,7E-06 ± 5E-07	1,7E-06 ± 2E-07
K-40							
Be-7	1,8E-03 ± 7E-05	1,7E-03 ± 6E-05	3,9E-03 ± 1E-04	3,5E-03 ± 1E-04	3,7E-03 ± 1E-04	4,6E-03 ± 2E-04	3,2E-03 ± 5E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	2,1E-06 ± 2E-07	2,3E-06 ± 4E-07	2,4E-06 ± 5E-07	1,1E-06 ± 1E-07	2,6E-08 ± 1E-07	8,8E-08 ± 2E-07	1,3E-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.

LETO 2014 T - 52b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS						
Datum vzor.	1. 7. 2014 - 4. 8. 2014	4. 8. 2014 - 1. 9. 2014	1. 9. 2014 - 1. 10. 2014	1. 10. 2014 - 3. 11. 2014	3. 11. 2014 - 1. 12. 2014	1. 12. 2014 - 30. 12. 2014	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	155709,3	131528,8	128771,4	140904,3	106354,3	104258,8	
Oznaka vzorca	RP14AE171	RP14AE181	RP14AE191	RP14AE1A1	RP14AE1B1	RP14AE1C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ³)						
Na-22	5,1E-07 ± 5E-07	5,1E-07 ± 3E-07					1,2E-07 ± 5E-08
U-238	2,1E-06 ± 2E-06	6,9E-06 ± 1E-05	4,5E-06 ± 3E-06	4,5E-06 ± 3E-06	2,8E-06 ± 3E-06	4,3E-06 ± 6E-06	2,5E-06 ± 1E-06
Ra-226		1,7E-05 ± 2E-05					1,4E-06 ± 2E-06
Pb-210	5,5E-04 ± 3E-05	5,3E-04 ± 3E-05	6,5E-04 ± 3E-05	8,5E-04 ± 3E-05	7,4E-04 ± 4E-05	6,4E-04 ± 3E-05	6,2E-04 ± 9E-06
Ra-228	7,5E-07 ± 5E-07	9,0E-07 ± 7E-07	1,3E-06 ± 9E-07	1,6E-06 ± 7E-07	1,0E-06 ± 9E-07	1,4E-06 ± 1E-06	8,6E-07 ± 2E-07
Th-230							
Th-232	2,7E-06 ± 4E-07	2,8E-06 ± 4E-07	1,4E-06 ± 4E-07	2,0E-06 ± 4E-07	2,3E-06 ± 6E-07	2,9E-06 ± 6E-07	2,0E-06 ± 1E-07
K-40	3,7E-05 ± 5E-05	2,0E-05 ± 5E-05			3,6E-05 ± 7E-05	2,1E-05 ± 7E-05	9,6E-06 ± 1E-05
Be-7	5,2E-03 ± 3E-04	4,3E-03 ± 2E-04	2,8E-03 ± 1E-04	3,5E-03 ± 1E-04	2,0E-03 ± 9E-05	2,6E-03 ± 1E-04	3,3E-03 ± 4E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	4,2E-07 ± 1E-07	6,6E-07 ± 2E-07	6,9E-07 ± 1E-07	1,1E-06 ± 2E-07	1,7E-06 ± 3E-07	3,2E-06 ± 3E-07	1,3E-06 ± 7E-08
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

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	Črešnjice 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 2014 T - 53/b
8. DOZA ZUNANJEGA SEVANJA – TL-DOZIMETRI

Krajevna porazdelitev doz zunanje sevanja $H^*(10)$ v posameznih obdobjih (mSv) v letu 2014																					
Obdobje ekspozicije	od 1. 1. 2014 do 1. 7. 2014		od 1. 7. 2014 do 1. 1. 2015		Letna doza	od 1. 1. 2014 do 1. 7. 2014		od 1. 7. 2014 do 1. 1. 2015		Letna doza	od 1. 1. 2014 do 1. 7. 2014		od 1. 7. 2014 do 1. 1. 2015		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										
N 1	št.			št.			št.			št.											
NNE 2	67	0,256	0,273	0,529	60	0,370	0,379	0,749	1	0,329	0,362	0,690	2	0,402	0,429	0,832	0,367	0,390	0,757		
					3	0,357	0,382	0,739	5	0,356	0,385	0,741	6	0,350	0,377	0,727	0,383	0,411	0,795		
NE 3	55	0,268	0,312	0,580	4	0,470	0,501	0,971	61	0,412	0,465	0,876	7	0,353	0,375	0,728	0,371	0,400	0,772		
									8	0,349	0,362	0,711	8	0,349	0,362	0,711					
ENE 4					9	0,339	0,353	0,692	62	0,404	0,466	0,870	10	0,415	0,444	0,859	0,389	0,419	0,809		
									11	0,398	0,416	0,814	11	0,398	0,416	0,814					
E 5					12	0,414	0,443	0,858	13	0,374	0,390	0,764	15	0,333	0,378	0,711	0,369	0,394	0,763		
									14	0,356	0,365	0,721									
ESE 6	51	0,258	0,267	0,525	16	0,321	0,354	0,676	63	0,355	0,404	0,759	17	0,313	0,332	0,645	0,348	0,373	0,722		
													18	0,353	0,361	0,714					
SE 7									59	0,322	0,328	0,650	20	0,372	0,412	0,784	0,341	0,361	0,703		
													21	0,329	0,345	0,674					
SSE 8	52	0,237	0,236	0,472					22	0,337	0,366	0,702	58	0,440	0,465	0,905	0,388	0,415	0,804		
													19	0,399	0,417	0,815					
S 9									24	0,365	0,397	0,762	23	0,401	0,432	0,833	0,383	0,415	0,798		
SSW 10									26	0,396	0,385	0,782	57	0,447	0,488	0,934	0,421	0,437	0,858		
SW 11	53	0,277	0,287	0,563					25	0,305	0,388	0,693	28	0,365	0,387	0,751	0,348	0,379	0,727		
									27	0,376	0,362	0,737									
WSW 12	65	0,276	0,295	0,570					29	0,340	0,358	0,698	30	0,363	0,381	0,745	0,352	0,370	0,721		
W 13	54	0,265	0,280	0,545					31	0,370	0,379	0,749	33	0,413	0,451	0,863	0,377	0,401	0,778		
WNW 14	66	0,276	0,320	0,596					32	0,377	0,384	0,761	34	0,349	0,390	0,738					
NW 15	56	0,261	0,282	0,543	39	0,380	0,389	0,770	38	0,352	0,387	0,739	43	0,420	0,434	0,855	0,337	0,357	0,693		
													44	0,295	0,325	0,621					
									40	0,299	0,316	0,615									
									41	0,353	0,344	0,697									
									42	0,256	0,302	0,558									
NNW 16					45	0,302	0,333	0,634	46	0,395	0,456	0,851	50	0,331	0,391	0,723	0,378	0,428	0,806		
									47	0,418	0,487	0,905									
									48	0,425	0,476	0,900									
									49	0,395	0,428	0,824									
Povprečje po pasovih	(9)	0,264	0,283	0,547	(8)	0,369	0,392	0,761	(25)	0,364	0,393	0,757	(24)	0,372	0,399	0,771	(57)	0,368	0,396	0,763	
	±	0,013	0,025	0,037	±	0,054	0,055	0,109	±	0,042	0,051	0,089	±	0,040	0,041	0,080	±	0,042	0,047	0,087	
Ljubljana																	št.	64	0,395	0,430	0,824

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 2014																					
Obdobje ekspozicije	od 1. 1. 2014 do 1. 7. 2014			v 2014	od 1. 1. 2014 do 1. 7. 2014			v 2014	od 1. 1. 2014 do 1. 7. 2014			v 2014	od 1. 1. 2014 do 1. 7. 2014			v 2014					
	do 1. 7. 2014	do 1. 1. 2015			do 1. 7. 2014	do 1. 1. 2015			do 1. 7. 2014	do 1. 1. 2015			do 1. 7. 2014	do 1. 1. 2015			do 1. 7. 2014	do 1. 1. 2015			
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	0,062	0,063	0,062	1	0,055	0,060	0,058	2	0,068	0,071	0,069	0,062	0,064	0,063		
NNE 2	67	0,043	0,045	0,044	3	0,060	0,063	0,062	5	0,060	0,064	0,062	6	0,059	0,062	0,061	0,064	0,068	0,066		
NE 3	55	0,045	0,052	0,048	4	0,079	0,083	0,081	61	0,069	0,077	0,073	7	0,059	0,062	0,061	0,062	0,066	0,064		
ENE 4					9	0,057	0,058	0,058	62	0,068	0,077	0,072	8	0,059	0,060	0,059	0,065	0,069	0,067		
E 5					12	0,070	0,073	0,071	13	0,063	0,065	0,064	10	0,070	0,073	0,072	0,065	0,069	0,067		
ESE 6	51	0,043	0,044	0,044	16	0,054	0,059	0,056	14	0,060	0,060	0,060	11	0,067	0,069	0,068	0,062	0,065	0,064		
SE 7									63	0,060	0,067	0,063	15	0,056	0,062	0,059	0,062	0,065	0,064		
SSE 8	52	0,040	0,039	0,039					17	0,053	0,055	0,054	18	0,059	0,060	0,059	0,059	0,063	0,059		
S 9									19	0,067	0,069	0,068	20	0,063	0,068	0,065	0,065	0,069	0,067		
SSW 10									21	0,055	0,057	0,056	21	0,055	0,057	0,056	0,064	0,069	0,066		
SW 11	53	0,047	0,047	0,047					22	0,057	0,060	0,059	23	0,067	0,071	0,069	0,064	0,069	0,066		
WSW 12	65	0,046	0,049	0,048					24	0,061	0,066	0,064	24	0,061	0,066	0,064	0,065	0,069	0,067		
W 13	54	0,045	0,046	0,045					26	0,067	0,064	0,065	25	0,075	0,081	0,078	0,071	0,072	0,072		
WNW 14	66	0,046	0,053	0,050					27	0,063	0,060	0,061	26	0,067	0,064	0,065	0,059	0,063	0,061		
NW 15	56	0,044	0,047	0,045					29	0,057	0,059	0,058	27	0,063	0,060	0,061	0,062	0,066	0,065		
NNW 16									31	0,062	0,063	0,062	28	0,061	0,064	0,063	0,063	0,066	0,065		
									32	0,063	0,063	0,063	30	0,061	0,063	0,062	0,063	0,066	0,065		
									33	0,062	0,063	0,062	31	0,062	0,063	0,062	0,063	0,066	0,065		
									34	0,063	0,063	0,063	32	0,063	0,063	0,063	0,063	0,066	0,065		
									35	0,072	0,075	0,073	33	0,069	0,074	0,072	0,063	0,066	0,065		
									38	0,059	0,064	0,062	34	0,059	0,064	0,062	0,065	0,069	0,067		
									40	0,050	0,052	0,051	35	0,072	0,075	0,073	0,065	0,069	0,067		
									41	0,059	0,057	0,058	36	0,059	0,064	0,061	0,065	0,069	0,067		
									42	0,043	0,050	0,046	37	0,064	0,067	0,066	0,065	0,069	0,067		
									43	0,071	0,072	0,071	38	0,059	0,064	0,062	0,065	0,069	0,067		
									44	0,050	0,054	0,052	39	0,064	0,064	0,064	0,057	0,059	0,058		
									46	0,066	0,075	0,071	40	0,050	0,052	0,051	0,050	0,054	0,052		
									47	0,070	0,081	0,075	41	0,059	0,057	0,058	0,059	0,063	0,062		
									48	0,071	0,079	0,075	42	0,043	0,050	0,046	0,063	0,066	0,065		
									49	0,066	0,071	0,069	43	0,071	0,072	0,071	0,063	0,071	0,067		
													44	0,050	0,054	0,052	0,063	0,071	0,067		
Povprečje po pasovih	(9)	0,044	0,047	0,046	(8)	0,062	0,065	0,063	(25)	0,061	0,065	0,063	(24)	0,062	0,066	0,064	(57)	0,062	0,066	0,064	
	±	0,002	0,004	0,003	±	0,009	0,009	0,009	±	0,007	0,008	0,007	±	0,007	0,007	0,007	±	0,007	0,008	0,007	
Ljubljana																	št.	64	0,066	0,071	0,069

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 2014 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	VACE	46°07'06" / 14°50'23"
26	LJUBLJANA - BEŽIGRAD (ARSO)	46°03'58" / 14°30'46"
27	BRNIK - AERODROM	46°13'39" / 14°27'40"
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 2014 T - 54/b
8. TLD polletne meritve (**)



Št. TLD	Mesto postavitve	Izmerjena doza H*(10)/mSv v obdobju				Letna doza H*(10)/mSv v 2014	Povprečna mesečna doza H*(10)/mSv v obdobju				Povprečna mesečna doza H*(10)/mSv v 2014
		1. 1. 2014 1. 7. 2014		1. 7. 2014 1. 1. 2015			1. 1. 2014 1. 7. 2014		1. 7. 2014 1. 1. 2015		
		od do	od do	od do	od do		od do	od do	od do	od do	
1	KOČEVJE	0,421 ± 0,065	0,469 ± 0,072	0,890 ± 0,097	0,071 ± 0,011	0,078 ± 0,012	0,074 ± 0,016				
2	DVOR PRI ŽUŽEMBERKU	0,443 ± 0,068	0,471 ± 0,073	0,914 ± 0,100	0,074 ± 0,011	0,078 ± 0,012	0,076 ± 0,017				
3	DOBLIČE ČRNOMELJ	0,540 ± 0,083	0,619 ± 0,095	1,158 ± 0,126	0,091 ± 0,014	0,102 ± 0,016	0,097 ± 0,021				
4	DRAŠIČI METLIKA	0,396 ± 0,061	0,413 ± 0,064	0,809 ± 0,088	0,067 ± 0,010	0,068 ± 0,011	0,067 ± 0,015				
5	NOVO MESTO	0,317 ± 0,049	0,355 ± 0,055	0,671 ± 0,073	0,053 ± 0,008	0,059 ± 0,009	0,056 ± 0,012				
6	MALKOVEC MOKRONOG	0,347 ± 0,053	0,369 ± 0,057	0,716 ± 0,078	0,058 ± 0,009	0,061 ± 0,009	0,060 ± 0,013				
7	LISCA	0,366 ± 0,056	0,353 ± 0,054	0,719 ± 0,078	0,061 ± 0,009	0,058 ± 0,009	0,060 ± 0,013				
8	CELJE	0,389 ± 0,060	0,408 ± 0,063	0,798 ± 0,087	0,065 ± 0,010	0,067 ± 0,010	0,066 ± 0,014				
9	ROGAŠKA SLATINA	0,397 ± 0,061	0,373 ± 0,057	0,770 ± 0,084	0,067 ± 0,010	0,062 ± 0,009	0,064 ± 0,014				
10	SLOVENSKE KONJICE	0,386 ± 0,059	0,397 ± 0,061	0,783 ± 0,085	0,065 ± 0,010	0,066 ± 0,010	0,065 ± 0,014				
11	ROGLA	0,499 ± 0,077	0,569 ± 0,088	1,068 ± 0,117	0,084 ± 0,013	0,094 ± 0,014	0,089 ± 0,019				
12	MARIBOR	0,384 ± 0,059	0,389 ± 0,060	0,773 ± 0,084	0,065 ± 0,010	0,064 ± 0,010	0,064 ± 0,014				
13	PTUJ	0,437 ± 0,067	0,456 ± 0,070	0,893 ± 0,097	0,073 ± 0,011	0,075 ± 0,012	0,074 ± 0,016				
14	JERUZALEM ORMOŽ	0,404 ± 0,062	0,424 ± 0,065	0,828 ± 0,090	0,068 ± 0,010	0,070 ± 0,011	0,069 ± 0,015				
15	LENDAVA	0,399 ± 0,061	0,442 ± 0,068	0,841 ± 0,092	0,067 ± 0,010	0,073 ± 0,011	0,070 ± 0,015				
16	MURSKA SOBOTA	0,367 ± 0,056	0,404 ± 0,062	0,770 ± 0,084	0,062 ± 0,009	0,067 ± 0,010	0,064 ± 0,014				
17	VELIKI DOLENCI	0,408 ± 0,063	0,431 ± 0,066	0,839 ± 0,091	0,069 ± 0,011	0,071 ± 0,011	0,070 ± 0,015				
18	GORNJA RADGONA	0,354 ± 0,055	0,378 ± 0,058	0,733 ± 0,080	0,060 ± 0,009	0,063 ± 0,010	0,061 ± 0,013				
19	SVEČINA PLAČ	0,470 ± 0,072	0,482 ± 0,074	0,951 ± 0,104	0,079 ± 0,012	0,080 ± 0,012	0,079 ± 0,017				
20	RIBNICA NA POHORJU	0,419 ± 0,065	0,445 ± 0,068	0,864 ± 0,094	0,070 ± 0,011	0,073 ± 0,011	0,072 ± 0,016				
21	KOTLJE	0,464 ± 0,071	0,493 ± 0,076	0,957 ± 0,104	0,078 ± 0,012	0,082 ± 0,013	0,080 ± 0,017				
22	VELENJE	0,392 ± 0,060	0,443 ± 0,068	0,835 ± 0,091	0,066 ± 0,010	0,073 ± 0,011	0,070 ± 0,015				
23	NAZARJE MOZIRJE	0,390 ± 0,060	0,424 ± 0,065	0,814 ± 0,089	0,066 ± 0,010	0,070 ± 0,011	0,068 ± 0,015				
24	LUČE OB SAVINJI	0,413 ± 0,064	0,442 ± 0,068	0,855 ± 0,093	0,069 ± 0,011	0,073 ± 0,011	0,071 ± 0,016				
25	VAČE	0,418 ± 0,064	0,453 ± 0,070	0,871 ± 0,095	0,070 ± 0,011	0,075 ± 0,012	0,073 ± 0,016				
26	LJUBLJANA BEŽIGRAD	0,344 ± 0,053	0,380 ± 0,058	0,724 ± 0,079	0,058 ± 0,009	0,063 ± 0,010	0,060 ± 0,013				
27	BRNIK AERODROM	0,476 ± 0,073	0,484 ± 0,075	0,960 ± 0,105	0,080 ± 0,012	0,080 ± 0,012	0,080 ± 0,017				
28	JEZERSKO	0,499 ± 0,077	0,523 ± 0,081	1,023 ± 0,111	0,084 ± 0,013	0,086 ± 0,013	0,085 ± 0,019				
29	PODLJUBELJ	0,378 ± 0,058	0,426 ± 0,066	0,804 ± 0,088	0,063 ± 0,010	0,070 ± 0,011	0,067 ± 0,015				
30	HLEBCE LESCE	0,454 ± 0,070	0,494 ± 0,076	0,948 ± 0,103	0,076 ± 0,012	0,082 ± 0,013	0,079 ± 0,017				
31	PLANINA POD GOLICO	0,429 ± 0,066	0,525 ± 0,081	0,954 ± 0,104	0,072 ± 0,011	0,087 ± 0,013	0,079 ± 0,017				
32	ZDENSKA VAS	0,427 ± 0,066	0,443 ± 0,068	0,869 ± 0,095	0,072 ± 0,011	0,073 ± 0,011	0,072 ± 0,016				
33	RATEČE	0,397 ± 0,061	0,477 ± 0,073	0,874 ± 0,096	0,067 ± 0,010	0,079 ± 0,012	0,073 ± 0,016				
34	TRENTA	0,296 ± 0,046	0,319 ± 0,049	0,615 ± 0,067	0,050 ± 0,008	0,053 ± 0,008	0,051 ± 0,011				
35	LOG POD MANGARTOM	0,435 ± 0,067	0,511 ± 0,079	0,946 ± 0,103	0,073 ± 0,011	0,085 ± 0,013	0,079 ± 0,017				
36	BOVEC	0,324 ± 0,050	0,386 ± 0,060	0,710 ± 0,078	0,054 ± 0,008	0,064 ± 0,010	0,059 ± 0,013				
37	TOLMIN	0,343 ± 0,053	0,382 ± 0,059	0,725 ± 0,079	0,058 ± 0,009	0,063 ± 0,010	0,060 ± 0,013				
38	BILJE NOVA GORICA	0,304 ± 0,047	0,339 ± 0,052	0,643 ± 0,070	0,051 ± 0,008	0,056 ± 0,009	0,054 ± 0,012				
39	VEDRIJAN KOJSKO	0,371 ± 0,057	0,411 ± 0,063	0,782 ± 0,085	0,062 ± 0,010	0,068 ± 0,010	0,065 ± 0,014				
40	LOKEV PRI LIPICI	0,477 ± 0,073	0,512 ± 0,079	0,989 ± 0,108	0,080 ± 0,012	0,085 ± 0,013	0,082 ± 0,018				
41	SEČOVLJE AERODROM	0,306 ± 0,047	0,330 ± 0,051	0,636 ± 0,069	0,051 ± 0,008	0,054 ± 0,008	0,053 ± 0,012				
42	KOSEZE IL. BISTRICA	0,361 ± 0,056	0,397 ± 0,061	0,757 ± 0,083	0,061 ± 0,009	0,066 ± 0,010	0,063 ± 0,014				
43	ZALOG POSTOJNA	0,383 ± 0,059	0,456 ± 0,070	0,839 ± 0,092	0,064 ± 0,010	0,075 ± 0,012	0,070 ± 0,015				
44	NOVA VAS NA BLOKAH	0,504 ± 0,078	0,561 ± 0,086	1,064 ± 0,116	0,085 ± 0,013	0,093 ± 0,014	0,089 ± 0,019				
45	VRHNIKA	0,602 ± 0,093	0,639 ± 0,098	1,241 ± 0,135	0,101 ± 0,016	0,106 ± 0,016	0,103 ± 0,023				
46	VOJSKO	0,412 ± 0,063	0,468 ± 0,072	0,880 ± 0,096	0,069 ± 0,011	0,077 ± 0,012	0,073 ± 0,016				
47	SORICA	0,334 ± 0,051	0,373 ± 0,057	0,707 ± 0,077	0,056 ± 0,009	0,062 ± 0,009	0,059 ± 0,013				
48	STARA FUŽINA	0,284 ± 0,044	0,327 ± 0,050	0,611 ± 0,067	0,048 ± 0,007	0,054 ± 0,008	0,051 ± 0,011				
49	JELENJA VAS ISKRBA	0,623 ± 0,096	0,695 ± 0,107	1,318 ± 0,144	0,105 ± 0,016	0,115 ± 0,018	0,110 ± 0,024				
50	KREDARICA	0,342 ± 0,053	0,371 ± 0,057	0,713 ± 0,078	0,057 ± 0,009	0,061 ± 0,009	0,059 ± 0,013				
Število merilnih mest		50	50	50	50	50	50				
Povprečje - merilna mesta		0,406 ± 0,071	0,443 ± 0,080	0,849 ± 0,150	0,068 ± 0,012	0,073 ± 0,013	0,071 ± 0,016				
Najvišja doza		0,623 ± 0,096 (49)	0,695 ± 0,107 (49)	1,318 ± 0,144 (49)	0,105 ± 0,016 (49)	0,115 ± 0,018 (49)	0,110 ± 0,024 (49)				
Najnižja doza		0,284 ± 0,044 (48)	0,319 ± 0,049 (34)	0,611 ± 0,067 (48)	0,048 ± 0,007 (48)	0,053 ± 0,008 (34)	0,051 ± 0,011 (48)				

(**) Meritve doze zunanega sevanja s TL-dozimetri so opravljene na Odseku F-2. Negotovost rezultatov meritev so podane z intervalom zaupanja 95 % .

LETO 2014 T - 55

8. DOZA ZUNANJEGA SEVANJA – TL-DOZIMETRI (R HRVAŠKA)

	Polletne doze		Letna doza
	23. 12. 2013-2. 7. 2014	2. 7. 2014-29. 12. 2014	
Vzorč. mesto	$H^*(10)/mSv$		
Bistra	0,52	0,49	1,01
Bregana	0,41	0,38	0,79
Harmica	0,49	0,49	0,98
Jastrebarsko	0,40	0,43	0,83
Klanjec	0,31	0,32	0,63
Novaki	0,36	0,36	0,72
Oroslavlje	0,44	0,43	0,87
Samobor	0,35	0,34	0,69
Zagreb (IRB)	0,43	0,40	0,83
Zaprešić	0,37	0,37	0,74

29. 12. 2014 so bili na vseh lokacijah postavljeni novi TL-dozimetri.

8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA ZA LETO 2014 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 (Gumba)	Brege	103 ± 8	86	144	104 ± 8	83	135	103 ± 5	88	119	104 ± 7	90	137	103 ± 7	89	142	105 ± 8	90	155	103,5 ± 2,8	0,47 ± 0,01
NEK (Gumba)	Gor. Lenart	108 ± 8	88	152	106 ± 9	83	148	108 ± 6	92	129	111 ± 8	83	156	107 ± 7	91	160	114 ± 10	95	183	108,6 ± 3,1	0,49 ± 0,01
NEK (Gumba)	Krško	101 ± 7	81	133	100 ± 8	82	133	102 ± 5	90	120	103 ± 7	88	142	101 ± 6	84	140	104 ± 8	87	156	101,8 ± 2,7	0,46 ± 0,01
NEK (Gumba)	Leskovec	92 ± 7	76	120	92 ± 7	77	126	93 ± 5	81	111	94 ± 7	80	134	92 ± 6	79	125	96 ± 7	82	148	93,1 ± 2,6	0,42 ± 0,01
NEK (Gumba)	Ljubna	83 ± 6	68	108	82 ± 6	65	109	84 ± 5	72	99	84 ± 5	72	112	83 ± 6	72	121	84 ± 6	72	120	83,4 ± 2,3	0,38 ± 0,01
NEK (Gumba)	Pesje	112 ± 5	97	129	111 ± 5	97	134	111 ± 5	95	132	112 ± 5	98	131	111 ± 5	97	139	111 ± 5	94	132	111,3 ± 2,0	0,50 ± 0,01
NEK (Gumba)	Skopitce	111 ± 10	82	161	109 ± 10	81	156	115 ± 6	96	139	116 ± 7	99	155	110 ± 8	83	142	104 ± 8	89	153	111,7 ± 3,2	0,50 ± 0,01
NEK (Gumba)	Sp. Stari Grad	109 ± 8	87	159	109 ± 9	88	155	109 ± 6	93	127	110 ± 8	95	157	101 ± 12	76	150	90 ± 7	76	148	104,7 ± 3,2	0,47 ± 0,01
NEK (Gumba)	Vihre	96 ± 6	83	121	96 ± 6	78	117	97 ± 5	83	113	97 ± 6	84	123	96 ± 5	84	123	98 ± 6	84	136	96,6 ± 2,3	0,44 ± 0,01
NEK (Gumba-neteo)	Brežice	72 ± 5	61	113	71 ± 5	60	101	72 ± 3	62	89	69 ± 6	56	101	66 ± 4	56	96	70 ± 6	60	109	70,2 ± 1,8	0,32 ± 0,01
NEK (Gumba-neteo)	Cerklje	82 ± 8	62	128	82 ± 7	62	116	84 ± 4	73	95	84 ± 6	73	123	81 ± 5	72	115	84 ± 7	73	137	83,0 ± 2,3	0,37 ± 0,01
NEK (Gumba-neteo)	Krško-NEK	70 ± 6	58	108	70 ± 6	57	106	69 ± 3	62	80	70 ± 5	60	109	69 ± 4	60	103	71 ± 6	61	121	69,5 ± 1,8	0,31 ± 0,01
NEK (Gumba-neteo)	Krško-Videm	65 ± 7	54	108	65 ± 8	47	104	65 ± 3	55	77	66 ± 6	57	116	64 ± 5	55	100	66 ± 7	54	126	65,0 ± 2,1	0,29 ± 0,01
Sistem	Postaja	Letno povprečje (nSv/h)												Letna doza (mSv)							
NEK (Gumba)	Brege	105 ± 7	92	143	104 ± 10	90	187	104 ± 12	88	203	102 ± 9	87	169	102 ± 6	84	139	101 ± 9	81	156	103,3 ± 2,1	0,90 ± 0,02
NEK (Gumba)	Gor. Lenart	114 ± 9	96	175	111 ± 12	91	198	107 ± 13	92	183	106 ± 11	90	188	104 ± 7	89	142	104 ± 9	80	153	108,0 ± 2,4	0,95 ± 0,02
NEK (Gumba)	Krško	104 ± 7	85	152	103 ± 10	85	166	100 ± 13	81	192	97 ± 8	83	151	96 ± 6	82	129	95 ± 8	77	138	100,5 ± 2,1	0,88 ± 0,02
NEK (Gumba)	Leskovec	100 ± 12	82	156	114 ± 9	99	188	114 ± 11	97	181	112 ± 8	97	173	112 ± 6	99	144	111 ± 8	91	149	99,8 ± 2,1	0,87 ± 0,02
NEK (Gumba)	Ljubna	84 ± 6	71	119	85 ± 7	73	140	75 ± 30	0	160	85 ± 7	71	131	85 ± 5	72	111	83 ± 7	69	108	83,8 ± 1,8	0,73 ± 0,02
NEK (Gumba)	Pesje	112 ± 5	98	132	111 ± 5	96	132	119 ± 8	94	141	123 ± 6	109	149	122 ± 5	108	138	123 ± 5	108	137	114,4 ± 1,5	1,00 ± 0,01
NEK (Gumba)	Skopitce	107 ± 8	90	156	108 ± 10	92	179	107 ± 12	89	187	107 ± 10	91	176	106 ± 7	89	137	105 ± 10	75	145	109,5 ± 2,4	0,96 ± 0,02
NEK (Gumba)	Sp. Stari Grad	92 ± 8	74	144	94 ± 10	80	184	93 ± 12	75	165	92 ± 10	76	165	91 ± 6	78	127	91 ± 8	73	137	98,7 ± 2,3	0,86 ± 0,02
NEK (Gumba)	Vihre	97 ± 6	81	126	96 ± 6	84	132	95 ± 7	80	129	94 ± 6	83	145	94 ± 5	79	111	94 ± 6	79	122	95,8 ± 1,7	0,84 ± 0,01
NEK (Gumba-neteo)	Brežice	70 ± 5	58	105	70 ± 7	61	115	70 ± 8	59	122	69 ± 7	58	118	69 ± 4	58	101	69 ± 6	57	95	69,9 ± 1,4	0,61 ± 0,01
NEK (Gumba-neteo)	Cerklje	85 ± 6	73	130	84 ± 9	72	150	83 ± 11	70	180	82 ± 8	70	141	81 ± 5	71	114	81 ± 8	60	121	82,8 ± 1,8	0,73 ± 0,02
NEK (Gumba-neteo)	Krško-NEK	71 ± 5	60	114	70 ± 8	61	142	71 ± 10	59	130	70 ± 8	60	133	69 ± 4	61	97	69 ± 6	56	105	69,6 ± 1,5	0,61 ± 0,01
NEK (Gumba-neteo)	Krško-Videm	65 ± 6	55	103	65 ± 9	55	128	66 ± 12	56	154	65 ± 9	54	136	65 ± 5	55	95	65 ± 6	52	109	65,0 ± 1,7	0,57 ± 0,01

Podatki o kontinuirnih meritvah hitrosti doz so povzeti s spletnega portala www.radioaktivnost.si, ki ga vodi URSJV, Ministrstvo za okolje in prostor.

8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA Z MEM-202 ZA LETO 2014 V REPUBLIKI SLOVENIJI – sistem MZO / 1. polletje

Sistem	Postaja	Mesečne povprečne vrednosti (nSv/h) - polturna obdelava podatkov												Polletno povprečje (nSv/h)		Polletna doza (mSv)													
		Januar			Februar			Marec			April			Maj			Junij			Maks	Min								
		Povprečna vrednost	Sigma	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Maks										
MZO	Borl	78	± 6	64	111	76	± 6	60	104	77	± 4	64	90	78	± 6	65	117	77	± 5	64	99	78	± 7	66	119	77,2	± 2,2	0,35	± 0,01
MZO	Brinje	110	± 9	92	149	107	± 12	80	175	109	± 7	93	155	108	± 8	94	173	107	± 7	90	166	112	± 10	97	172	108,7	± 3,4	0,49	± 0,02
MZO	Brnik	120	± 11	92	194	111	± 17	78	205	118	± 7	78	205	118	± 8	103	164	119	± 9	98	177	122	± 11	102	180	118,8	± 3,8	0,54	± 0,02
MZO	Celje	89	± 6	74	120	87	± 7	74	120	88	± 5	75	108	88	± 6	73	124	89	± 5	73	122	88	± 7	71	129	88,0	± 2,4	0,40	± 0,01
MZO	Dolenje	83	± 6	70	112	81	± 6	69	135	81	± 5	68	104	82	± 6	70	127	81	± 6	70	126	81	± 7	68	125	81,5	± 2,4	0,37	± 0,01
MZO	Dvor	97	± 8	77	145	97	± 10	80	138	98	± 5	85	118	98	± 7	84	139	97	± 7	84	141	99	± 8	83	146	97,8	± 2,9	0,44	± 0,01
MZO	Gačnik	114	± 8	86	150	111	± 9	86	146	114	± 6	100	144	116	± 8	99	180	113	± 6	100	140	103	± 6	89	136	113,7	± 3,2	0,51	± 0,01
MZO	Gornja Radgona	104	± 5	86	121	102	± 6	86	125	104	± 5	90	121	105	± 6	93	131	104	± 5	86	125	82	± 8	70	142	103,7	± 2,2	0,47	± 0,01
MZO	Hrastje	84	± 9	67	128	81	± 11	64	138	81	± 6	67	123	82	± 7	68	128	80	± 7	66	132	82	± 8	70	134	81,5	± 3,1	0,37	± 0,01
MZO	Hrasnik	84	± 8	69	128	82	± 7	66	111	82	± 5	71	96	82	± 6	65	111	82	± 6	68	114	82	± 8	70	134	82,2	± 2,6	0,37	± 0,01
MZO	Hirska Bistrica	111	± 9	92	158	109	± 10	93	160	108	± 6	92	137	109	± 7	93	144	108	± 6	92	131	110	± 9	92	186	108,8	± 3,0	0,49	± 0,01
MZO	Iška vas	85	± 9	67	130	82	± 10	64	146	82	± 5	68	105	84	± 8	70	147	82	± 7	69	132	84	± 9	71	145	82,8	± 3,0	0,37	± 0,01
MZO	Jesenic na Dol.	80	± 7	66	119	79	± 7	66	113	79	± 5	62	96	80	± 6	68	118	79	± 5	68	103	81	± 8	68	142	79,5	± 2,5	0,36	± 0,01
MZO	Kamnik	74	± 6	62	102	72	± 7	54	106	71	± 5	60	97	72	± 5	60	95	72	± 5	60	100	73	± 6	61	102	72,2	± 2,3	0,33	± 0,01
MZO	Koper	87	± 5	73	109	85	± 6	72	115	86	± 5	73	107	87	± 7	73	141	85	± 6	72	126	88	± 6	75	116	86,3	± 2,3	0,39	± 0,01
MZO	Lendava	101	± 6	85	123	100	± 7	85	135	101	± 6	86	125	103	± 7	85	138	100	± 7	87	146	104	± 8	90	157	101,4	± 2,7	0,46	± 0,01
MZO	Levoč	94	± 8	75	133	91	± 9	74	134	94	± 5	81	112	94	± 7	80	134	91	± 10	16	122	96	± 9	81	154	93,6	± 3,0	0,42	± 0,01
MZO	Loč	99	± 7	80	133	95	± 8	75	138	100	± 5	84	120	100	± 7	82	154	98	± 6	86	128	101	± 8	86	154	99,0	± 2,7	0,45	± 0,01
MZO	MB-Center	89	± 6	76	115	88	± 7	69	121	87	± 5	73	102	88	± 6	73	123	87	± 6	72	122	86	± 7	74	125	87,5	± 2,5	0,39	± 0,01
MZO	MB-Slivnica	97	± 7	73	133	95	± 10	74	151	98	± 5	82	122	99	± 8	86	154	97	± 8	84	148	100	± 10	86	173	97,7	± 3,0	0,44	± 0,01
MZO	Malkovec	96	± 7	75	133	94	± 8	76	131	96	± 5	85	125	97	± 7	82	135	97	± 7	82	141	98	± 7	82	163	96,4	± 2,7	0,43	± 0,01
MZO	Muta	105	± 7	88	143	99	± 10	78	149	102	± 6	84	131	104	± 11	89	221	104	± 7	83	163	108	± 8	92	158	103,8	± 3,1	0,47	± 0,01
MZO	N. Gorica	97	± 7	83	130	95	± 7	81	122	94	± 5	83	112	95	± 6	81	121	94	± 6	82	134	94	± 6	82	131	94,7	± 2,5	0,43	± 0,01
MZO	Nazarje	84	± 6	66	109	81	± 6	66	110	83	± 5	72	96	84	± 5	72	106	83	± 5	70	107	86	± 6	67	114	83,5	± 2,2	0,38	± 0,01
MZO	Podbočje	90	± 8	69	136	89	± 7	71	121	90	± 5	75	110	91	± 7	77	125	89	± 6	77	121	89	± 9	76	232	89,7	± 2,7	0,40	± 0,01
MZO	Podčetrtek	85	± 8	68	128	81	± 10	62	134	83	± 6	62	99	83	± 7	70	113	82	± 6	67	119	84	± 7	67	121	83,0	± 2,9	0,37	± 0,01
MZO	Ptuj	99	± 7	78	126	98	± 8	81	138	100	± 5	87	116	100	± 7	82	145	99	± 6	86	127	101	± 9	82	156	99,5	± 2,7	0,45	± 0,01
MZO	Radenci	110	± 9	84	149	108	± 10	82	152	114	± 6	98	139	115	± 8	99	168	113	± 7	96	163	118	± 11	97	181	113,1	± 3,3	0,51	± 0,01
MZO	Rogla	97	± 6	80	131	95	± 7	76	133	97	± 5	83	115	99	± 6	85	144	97	± 6	83	148	100	± 8	86	157	97,4	± 2,5	0,44	± 0,01
MZO	Rudno polje	126	± 10	106	166	103	± 10	81	143	109	± 14	82	156	127	± 8	110	166	124	± 7	103	159	124	± 8	107	165	121,1	± 3,6	0,55	± 0,02
MZO	Solkan	96	± 10	79	147	73	± 10	57	121	73	± 5	60	89	87	± 9	70	120	119	± 10	92	176	124	± 9	107	183	88,8	± 3,2	0,40	± 0,01
MZO	Suba	66	± 8	52	128	64	± 8	50	112	61	± 4	50	80	62	± 5	51	88	62	± 5	51	95	62	± 6	52	108	62,2	± 2,2	0,28	± 0,01
MZO	Todraž	94	± 9	72	133	86	± 12	63	160	92	± 5	76	118	93	± 6	76	120	91	± 8	78	131	93	± 8	79	149	92,0	± 2,8	0,42	± 0,01
MZO	Trbovlje	133	± 11	97	195	119	± 16	85	177	130	± 6	112	168	132	± 8	114	170	131	± 8	113	174	135	± 10	113	177	131,0	± 3,5	0,59	± 0,02
MZO	Trbovlje	71	± 8	58	110	70	± 8	55	114	69	± 5	55	83	69	± 6	56	93	68	± 5	56	104	70	± 8	56	126	69,1	± 2,5	0,31	± 0,01
MZO	Zagorje	85	± 7	71	124	84	± 7	68	117	83	± 5	69	98	84	± 5	72	108	83	± 5	69	109	84	± 7	71	140	83,7	± 2,3	0,38	± 0,01

Podatki o kontinuirnih meritvah hitrosti doz so povzeti s spletnega portala www.radioaktivnost.si, ki ga vodi URSJV, Ministrstvo za okolje in prostor.

8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA Z MEM-202 ZA LETO 2014 V REPUBLIKI SLOVENIJI – sistem MZO / 2. polletje

Sistem	Postaja	Mesečne povprečne vrednosti (nS v/h) - polturna obdelava podatkov												Letna doza (mSv)											
		Julij			Avgust			September			Oktober				November			December							
		Povprečna vrednost	Sigma	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Maks		Povprečna vrednost	Sigma	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Maks					
MZO	Borl	78	± 7	64	145	77	± 8	63	141	78	± 7	64	138	76	± 5	61	109	78	± 7	63	112	77,3	± 1,7	0,68	± 0,01
MZO	Brinje	109	± 11	90	194	108	± 13	90	205	107	± 11	89	229	108	± 10	92	162	106	± 10	87	190	108,3	± 2,7	0,95	± 0,02
MZO	Brnik	120	± 11	98	200	118	± 15	97	286	117	± 12	97	213	119	± 11	101	194	115	± 15	87	245	118,5	± 3,1	1,04	± 0,03
MZO	Celje	87	± 6	72	118	86	± 7	61	125	85	± 6	73	126	86	± 5	73	109	86	± 7	70	115	87,1	± 1,8	0,76	± 0,02
MZO	Dolenje	81	± 7	68	118	80	± 5	66	109	80	± 7	65	136	81	± 6	67	113	80	± 6	66	117	80,9	± 1,7	0,71	± 0,02
MZO	Dvor	98	± 7	83	145	97	± 9	81	176	97	± 8	82	141	99	± 8	83	133	97	± 10	78	161	97,6	± 2,2	0,86	± 0,02
MZO	Gačnik	114	± 9	96	168	113	± 10	95	183	113	± 11	96	190	113	± 7	98	165	113	± 10	88	159	113,4	± 2,4	0,99	± 0,02
MZO	Gornja Radgona	104	± 6	90	140	103	± 7	89	145	103	± 8	84	151	103	± 5	89	130	100	± 8	82	137	103,4	± 1,7	0,91	± 0,01
MZO	Hrastje	82	± 10	67	159	82	± 10	66	197	81	± 11	67	165	83	± 9	68	131	80	± 9	62	153	81,5	± 2,4	0,71	± 0,02
MZO	Hrastnik	82	± 7	69	129	82	± 7	66	122	82	± 10	68	145	84	± 7	70	113	90	± 8	72	130	82,8	± 2,0	0,73	± 0,02
MZO	Hrska Bistrica	110	± 9	94	200	108	± 7	87	153	108	± 9	90	168	107	± 8	92	149	105	± 11	80	190	108,4	± 2,2	0,95	± 0,02
MZO	Ška vas	85	± 9	69	161	84	± 8	67	154	84	± 11	68	141	86	± 10	68	150	82	± 8	61	141	83,1	± 2,3	0,73	± 0,02
MZO	Jesenice na Dol.	81	± 7	65	128	80	± 8	64	137	80	± 9	67	134	80	± 6	66	132	79	± 7	63	117	79,6	± 1,9	0,70	± 0,02
MZO	Kamnik	73	± 6	57	101	72	± 6	58	132	72	± 6	60	106	72	± 7	58	108	72	± 7	58	111	72,3	± 1,7	0,63	± 0,01
MZO	Koper	87	± 8	72	161	86	± 6	71	124	86	± 10	72	166	85	± 6	73	144	86	± 6	73	129	86,1	± 1,8	0,75	± 0,02
MZO	Lendava	103	± 8	88	170	102	± 9	87	164	100	± 10	86	182	100	± 9	85	173	99	± 6	85	129	100,7	± 2,1	0,88	± 0,02
MZO	Levc	95	± 8	82	147	94	± 7	80	138	93	± 12	78	219	92	± 6	79	125	91	± 8	69	129	93,3	± 2,2	0,82	± 0,02
MZO	Loče	99	± 7	86	138	97	± 7	85	148	96	± 7	82	137	98	± 6	81	139	97	± 7	76	124	98,3	± 1,9	0,86	± 0,02
MZO	MB-Center	86	± 6	73	119	86	± 6	74	117	87	± 8	74	125	86	± 7	73	137	87	± 6	72	121	87,1	± 1,8	0,76	± 0,02
MZO	MB-Slivenica	98	± 9	82	166	97	± 9	81	168	102	± 17	82	176	98	± 8	84	161	97	± 9	76	148	97,7	± 2,4	0,86	± 0,02
MZO	Malkovec	97	± 7	83	139	96	± 8	82	157	97	± 11	82	170	95	± 6	81	125	95	± 8	77	136	96,1	± 2,0	0,84	± 0,02
MZO	Muta	108	± 10	90	192	104	± 9	88	152	101	± 13	82	208	106	± 8	89	171	104	± 8	80	150	104,1	± 2,4	0,91	± 0,02
MZO	N. Gorica	95	± 7	80	142	93	± 6	79	123	94	± 7	81	144	93	± 7	79	128	96	± 6	84	128	94,6	± 1,8	0,83	± 0,02
MZO	Nazarje	85	± 6	71	110	83	± 7	61	115	82	± 7	66	126	84	± 6	63	106	83	± 6	64	111	83,4	± 1,7	0,73	± 0,01
MZO	Podbočje	89	± 7	75	126	87	± 8	73	144	88	± 10	70	156	87	± 6	73	116	88	± 8	70	126	88,9	± 2,0	0,78	± 0,02
MZO	Podrožja	85	± 8	70	155	84	± 8	68	131	84	± 8	69	121	83	± 7	64	113	85	± 7	64	113	83,5	± 2,1	0,73	± 0,02
MZO	Podčetrtek	100	± 8	82	140	99	± 9	83	158	99	± 10	84	158	99	± 6	83	132	96	± 9	72	127	99,1	± 2,1	0,87	± 0,02
MZO	Ptuj	114	± 9	98	209	114	± 10	97	178	113	± 12	96	204	113	± 6	96	160	110	± 10	86	153	112,7	± 2,4	0,99	± 0,02
MZO	Radenci	99	± 7	84	158	96	± 11	72	170	97	± 11	80	173	96	± 6	84	142	93	± 10	74	151	97,0	± 2,0	0,85	± 0,02
MZO	Rogla	124	± 8	104	161	124	± 9	107	188	125	± 11	109	193	121	± 11	101	208	120	± 9	97	153	122,2	± 2,6	1,07	± 0,02
MZO	Rudno polje	63	± 10	32	177	123	± 10	107	180	123	± 12	106	217	122	± 14	85	167	108	± 11	89	172	100,0	± 2,6	0,88	± 0,02
MZO	Solkan	63	± 7	52	101	62	± 6	50	108	62	± 7	51	127	61	± 7	49	150	64	± 8	52	106	62,2	± 1,7	0,54	± 0,02
MZO	Suhba	92	± 7	75	147	91	± 10	75	162	91	± 9	74	144	90	± 8	76	161	93	± 8	76	133	91,8	± 2,2	0,80	± 0,02
MZO	Todraž	134	± 10	115	201	133	± 9	115	195	133	± 11	116	205	131	± 11	113	183	128	± 13	99	220	131,6	± 2,7	1,15	± 0,02
MZO	Trbovlje	71	± 8	53	131	69	± 7	56	108	70	± 10	56	129	68	± 6	58	104	74	± 7	58	104	69,8	± 1,9	0,61	± 0,02
MZO	Zagorje	84	± 7	70	123	83	± 7	71	124	84	± 8	69	140	83	± 6	64	109	76	± 7	62	109	83,0	± 1,8	0,73	± 0,02

Podatki o kontinuirnih meritvah hitrosti doz so povzeti s spletnega portala www.radioaktivnost.si, ki ga vodi URSIV, Ministrstvo za okolje in prostor.

8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA ZA LETO 2014 V REPUBLIKI SLOVENIJI – sistem ARSO / letni pregled

Sistem	Postaja	Mesecne povprečne vrednosti (nSv/h) - poturna obdelava podatkov												Polletno povprečje (nSv/h)	Polletna doza (mSv)										
		januar			februar			marec			april					maj			junij						
		Povprečna vrednost	Sigma	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Maks			Povprečna vrednost	Sigma	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Maks				
ARSO	Bovec	87	± 13	70	148	80	± 9	66	130	81	± 7	65	128	81	± 10	65	172	83	± 10	66	163	81,6	± 4,0	0,37	± 0,02
ARSO	Dobliče	132	± 13	104	189	134	± 8	112	164	135	± 10	115	196	133	± 8	111	180	138	± 10	119	194	133,9	± 3,9	0,60	± 0,02
ARSO	Koče vje	147	± 13	116	218	150	± 10	128	185	151	± 11	128	203	148	± 9	127	195	151	± 11	130	206	148,8	± 4,6	0,67	± 0,02
ARSO	Kredarica	134	± 9	115	165	126	± 8	108	153	127	± 7	107	152	129	± 8	109	166	131	± 8	109	166	129,2	± 3,2	0,58	± 0,01
ARSO	Krvavec	101	± 9	83	158	89	± 7	72	125	106	± 9	84	138	112	± 7	97	153	112	± 8	96	162	101,7	± 3,3	0,46	± 0,01
ARSO	LJ-Bežigrad	106	± 9	87	143	103	± 10	78	144	103	± 7	87	150	103	± 6	89	143	107	± 7	90	149	103,9	± 2,8	0,47	± 0,01
ARSO	Lisce	103	± 11	83	158	86	± 13	61	152	98	± 6	82	122	98	± 7	84	144	101	± 11	86	167	97,9	± 3,3	0,44	± 0,01
ARSO	MB-Tabor	112	± 8	86	141	101	± 9	82	148	107	± 7	93	138	105	± 6	90	138	107	± 7	94	156	105,9	± 2,7	0,48	± 0,01
ARSO	MS-Rakičan	99	± 7	84	133	97	± 7	81	131	114	± 6	98	137	115	± 9	99	186	116	± 10	98	186	113,3	± 3,3	0,51	± 0,02
ARSO	NG-Bilje	87	± 10	71	160	85	± 8	68	133	84	± 6	71	125	84	± 7	84	141	104	± 8	97	171	85,0	± 3,3	0,38	± 0,01
ARSO	Novo mesto	117	± 9	97	180	64	± 27	32	115	94	± 7	78	134	92	± 7	78	157	95	± 9	78	160	71,3	± 3,3	0,32	± 0,01
ARSO	Postojna	114	± 12	90	163	117	± 8	101	170	118	± 9	101	173	116	± 8	98	158	119	± 9	102	167	117,0	± 3,8	0,53	± 0,02
ARSO	Rateče	89	± 7	74	122	73	± 9	57	112	119	± 13	83	167	126	± 7	110	183	129	± 9	110	180	108,8	± 3,9	0,49	± 0,02
ARSO	Sečovelje	134	± 9	100	178	88	± 6	75	126	90	± 10	75	172	88	± 7	76	145	90	± 6	75	149	88,7	± 2,9	0,40	± 0,01
ARSO	SI-Gradec	109	± 8	89	143	133	± 7	113	163	134	± 8	117	199	133	± 7	115	166	137	± 11	116	205	133,3	± 3,5	0,60	± 0,02
EIMV	Vnaajnarije	107	± 8	89	143	107	± 5	93	125	108	± 7	93	163	107	± 7	91	149	107	± 10	91	175	107,5	± 3,0	0,48	± 0,01
EIMV	Vnaajnarije	107	± 8	89	143	107	± 5	93	125	108	± 7	93	163	107	± 7	91	149	107	± 10	91	175	107,5	± 3,0	0,48	± 0,01
Sistem	Postaja	Julij			Avgust			September			Oktober			November			december			Letno povprečje (nSv/h)			Letna doza (mSv)		
ARSO	Bovec	82	± 9	66	140	82	± 11	68	163	81	± 9	67	155	87	± 13	68	134	81	± 14	63	185	81,7	± 3,0	0,72	± 0,03
ARSO	Dobliče	138	± 10	119	194	135	± 11	115	211	135	± 13	110	225	133	± 10	113	225	134	± 9	115	186	132	± 2,9	1,18	± 0,03
ARSO	Koče vje	151	± 11	125	203	147	± 12	124	243	153	± 13	110	225	133	± 10	113	225	134	± 9	115	186	148,9	± 4,0	1,30	± 0,03
ARSO	Kredarica	132	± 9	113	174	133	± 15	74	189	133	± 18	77	190	132	± 12	87	188	129	± 12	88	165	124	± 14	77	191
ARSO	Krvavec	111	± 8	81	168	112	± 8	98	162	112	± 10	95	182	110	± 12	82	188	113	± 12	92	159	111	± 8	87	168
ARSO	LJ-Bežigrad	104	± 8	86	158	103	± 9	88	201	105	± 10	86	175	113	± 9	97	199	114	± 8	99	152	112	± 9	93	163
ARSO	Lisce	99	± 10	85	187	99	± 12	83	195	98	± 11	82	204	99	± 13	83	213	103	± 13	84	181	98	± 13	64	197
ARSO	MB-Tabor	107	± 7	92	150	106	± 8	90	155	106	± 11	88	168	104	± 8	87	148	104	± 6	91	136	102	± 9	78	134
ARSO	NG-Bilje	114	± 9	98	159	104	± 23	45	169	83	± 27	41	184	110	± 10	93	197	108	± 8	93	164	107	± 10	85	157
ARSO	Novo mesto	86	± 11	71	168	84	± 8	72	155	85	± 11	69	159	83	± 9	70	200	87	± 13	71	262	101	± 8	77	134
ARSO	Postojna	96	± 8	76	158	94	± 10	77	170	94	± 13	75	201	93	± 9	74	156	87	± 8	78	128	84	± 8	66	147
ARSO	Rateče	119	± 10	101	219	116	± 8	100	159	116	± 11	98	197	114	± 8	97	167	116	± 9	99	171	113	± 11	89	188
ARSO	Sečovelje	126	± 8	107	164	125	± 9	105	192	125	± 10	106	185	124	± 7	105	207	125	± 9	106	168	121	± 12	97	199
ARSO	SI-Gradec	90	± 12	73	185	89	± 7	73	156	89	± 13	74	160	88	± 8	71	147	88	± 7	75	132	86	± 8	69	142
ARSO	Vnaajnarije	134	± 9	117	178	132	± 9	115	190	132	± 12	114	200	133	± 10	115	215	132	± 8	114	172	131	± 10	100	183
EIMV	Vnaajnarije	107	± 8	89	143	107	± 5	91	176	107	± 11	88	178	107	± 11	91	195	107	± 8	89	149	107	± 8	91	159

Podatki o kontinuirnih meritvah hitrosti doz so povzeti s spletnega portala www.radioaktivnost.si, ki ga vodi URSJV, Ministrstvo za okolje in prostor.

LETO 2014

8. IZRAČUN RAZREDČITVENIH IN DEPOZICIJSKIH KOEFICIENTOV PO LAGRANGEVEM MODELU (MEIS storitve za okolje d. o. o.)

Razredčitveni koeficienti

Lokacija	NEK - ogradja										Dobova			
	NEK - plant vent	NEK - zahod	NEK - zahod	Spodnji Stari Grad	Vrbina	Brežice	Vihre	Mrtvice	Brege	Žadovinek		Leskovec	Krško - Stara Vas	Pesje
Mesec	Povprečni mesečni X/Q													
Januar	8,06E-08	7,18E-08	6,98E-08	7,29E-08	3,86E-08	1,53E-08	9,03E-09	9,82E-09	2,65E-08	8,78E-08	1,64E-07	2,49E-08	8,92E-08	6,51E-09
Februar	1,09E-07	9,78E-08	1,01E-07	1,52E-07	8,61E-08	2,23E-08	1,35E-08	2,06E-08	4,96E-08	8,64E-08	9,42E-08	5,20E-08	1,42E-07	7,15E-09
Marec	8,66E-08	9,31E-08	7,43E-08	7,73E-08	8,01E-08	2,39E-08	1,73E-08	2,57E-08	6,15E-08	7,11E-08	6,35E-08	4,06E-08	7,18E-08	1,66E-08
April	8,27E-08	7,90E-08	8,58E-08	1,48E-07	7,90E-08	2,91E-08	2,44E-08	4,29E-08	8,18E-08	9,60E-08	7,76E-08	3,92E-08	1,30E-07	1,89E-08
Maj	1,73E-07	2,12E-07	9,68E-08	1,70E-07	1,37E-07	2,74E-08	2,74E-08	2,89E-08	4,52E-08	7,44E-08	5,65E-08	4,31E-08	1,22E-07	1,47E-08
Junij	9,74E-07	7,93E-07	7,05E-07	1,92E-07	3,76E-07	8,62E-08	3,22E-08	3,08E-08	6,02E-08	1,28E-07	1,05E-07	1,03E-07	1,63E-07	5,21E-08
Julij	9,22E-07	7,03E-07	5,32E-07	2,07E-07	3,57E-07	5,92E-08	4,60E-08	6,41E-08	1,12E-07	8,91E-08	4,91E-08	9,28E-08	2,11E-07	3,58E-08
Avgnst	5,06E-07	5,67E-07	2,98E-07	1,39E-07	2,56E-07	6,73E-08	4,14E-08	5,46E-08	8,67E-08	1,65E-07	1,20E-07	8,32E-08	1,73E-07	4,15E-08
September	2,29E-07	2,33E-07	1,73E-07	1,41E-07	1,51E-07	4,10E-08	3,58E-08	3,95E-08	7,46E-08	1,05E-07	7,27E-08	6,56E-08	1,76E-07	2,11E-08
Oktober	1,74E-07	1,41E-07	1,44E-07	1,51E-07	1,06E-07	3,24E-08	2,04E-08	2,45E-08	6,12E-08	1,15E-07	1,10E-07	5,49E-08	1,34E-07	1,66E-08
November	1,25E-07	1,22E-07	9,28E-08	8,06E-08	1,03E-07	1,67E-08	1,21E-08	1,50E-08	3,10E-08	1,58E-07	1,71E-07	5,09E-08	8,11E-08	6,76E-09
December	9,50E-08	9,10E-08	8,64E-08	1,17E-07	6,21E-08	1,53E-08	2,04E-08	3,06E-08	5,41E-08	9,25E-08	7,61E-08	3,53E-08	9,82E-08	7,65E-09

Depozicijski koeficienti

Lokacija	NEK - ogradja										Dobova			
	NEK - plant vent	NEK - zahod	NEK - zahod	Spodnji Stari Grad	Vrbina	Brežice	Vihre	Mrtvice	Brege	Žadovinek		Leskovec	Krško - Stara Vas	Pesje
Mesec	Povprečni mesečni (D/Q)/(s/m ²)													
Januar	2,08E-06	9,64E-07	1,89E-07	1,33E-07	8,41E-08	7,15E-09	6,59E-09	1,03E-08	3,01E-08	1,75E-07	5,86E-08	2,06E-08	1,01E-07	2,82E-09
Februar	2,77E-06	8,92E-07	3,55E-07	2,39E-07	1,69E-07	1,11E-08	1,55E-08	2,72E-08	7,20E-08	1,30E-07	5,09E-08	5,73E-08	1,24E-07	4,23E-09
Marec	1,67E-06	6,92E-07	2,13E-07	7,03E-08	1,19E-07	1,09E-08	9,02E-09	1,01E-08	8,23E-08	8,91E-08	3,32E-08	3,33E-08	5,49E-08	6,21E-09
April	2,03E-06	7,41E-07	3,19E-07	1,01E-07	1,33E-07	1,51E-08	1,88E-08	3,23E-08	8,11E-08	1,02E-07	4,27E-08	3,61E-08	8,66E-08	7,64E-09
Maj	1,63E-06	4,24E-07	3,41E-07	9,95E-08	9,93E-08	1,22E-08	2,45E-08	2,47E-08	5,47E-08	4,64E-08	2,85E-08	3,07E-08	1,05E-07	5,96E-09
Junij	2,23E-06	7,33E-07	4,92E-07	1,13E-07	2,39E-07	3,59E-08	2,00E-08	1,84E-08	3,97E-08	8,11E-08	4,82E-08	7,39E-08	8,17E-08	2,02E-08
Julij	2,26E-06	5,30E-07	5,31E-07	1,39E-07	1,70E-07	2,99E-08	3,11E-08	3,64E-08	5,27E-08	6,90E-08	3,07E-08	5,75E-08	1,18E-07	1,68E-08
Avgnst (*)	2,26E-06	8,82E-07	4,39E-07	1,05E-07	1,88E-07	2,94E-08	2,24E-08	2,59E-08	4,30E-08	1,08E-07	5,37E-08	4,73E-08	9,90E-08	1,65E-08
September	2,71E-06	8,85E-07	4,78E-07	1,20E-07	1,96E-07	2,65E-08	2,79E-08	3,02E-08	8,09E-08	9,25E-08	4,45E-08	5,84E-08	1,09E-07	1,44E-08
Oktober	2,39E-06	9,96E-07	3,62E-07	1,27E-07	1,66E-07	2,03E-08	2,04E-08	2,18E-08	5,26E-08	1,74E-07	6,49E-08	4,05E-08	8,81E-08	8,93E-09
November	2,27E-06	1,38E-06	2,05E-07	1,44E-07	1,54E-07	8,04E-09	1,13E-08	1,41E-08	3,71E-08	3,10E-07	8,34E-08	6,17E-08	6,80E-08	5,11E-09
December	2,41E-06	9,52E-07	3,01E-07	1,04E-07	1,09E-07	6,81E-09	1,78E-08	2,90E-08	8,83E-08	1,38E-07	3,98E-08	3,42E-08	8,34E-08	2,29E-09

IJS-DP-11810 (5/2015)

M-68 / M-108

9. ZEMLJA

LETO 2014 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.	21. 5. 2014							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzorca (kg/m ²)	0,2	30,4	41,3	49,3	142,4	121,1	+ trava	263,5
Oznaka vzorca	K14ZN11T51	K14ZN11AB51	K14ZN11CS1	K14ZN11D51	K14ZN11E51			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)							
U-238	8,3E-01 ± 6E-01	7,5E+02 ± 9E+01	1,1E+03 ± 1E+02	1,2E+03 ± 7E+01	1,9E+03 ± 3E+02	3,1E+03 ± 2E+02	3,1E+03 ± 2E+02	5,0E+03 ± 3E+02
Ra-226	3,3E-01 ± 3E-01	1,2E+03 ± 1E+02	1,6E+03 ± 2E+02	1,9E+03 ± 2E+02	4,7E+03 ± 5E+02	4,7E+03 ± 3E+02	4,7E+03 ± 3E+02	9,5E+03 ± 5E+02
Pb-210	7,4E+00 ± 7E-01	3,1E+03 ± 2E+02	2,5E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 1E+02	3,5E+03 ± 4E+02	7,2E+03 ± 3E+02	7,2E+03 ± 3E+02	1,1E+04 ± 5E+02
Ra-228	6,2E-02 ± 9E-02	1,1E+03 ± 3E+01	1,3E+03 ± 4E+01	1,5E+03 ± 6E+01	3,7E+03 ± 1E+02	3,9E+03 ± 8E+01	3,9E+03 ± 8E+01	7,6E+03 ± 2E+02
Th-228	8,6E-02 ± 5E-02	1,0E+03 ± 3E+01	1,3E+03 ± 4E+01	1,6E+03 ± 7E+01	3,7E+03 ± 1E+02	3,8E+03 ± 8E+01	3,8E+03 ± 8E+01	7,5E+03 ± 1E+02
Th-230			3,2E+02 ± 9E+02	1,9E+03 ± 4E+02	4,7E+03 ± 2E+03	2,2E+03 ± 1E+03	2,2E+03 ± 1E+03	6,9E+03 ± 3E+03
K-40	1,3E+02 ± 1E+01	1,3E+04 ± 1E+03	1,6E+04 ± 2E+03	1,8E+04 ± 2E+03	4,6E+04 ± 4E+03	4,6E+04 ± 3E+03	4,6E+04 ± 3E+03	9,2E+04 ± 5E+03
Be-7	5,3E+01 ± 3E+00	2,1E+02 ± 9E+01				2,1E+02 ± 9E+01	2,6E+02 ± 9E+01	2,1E+02 ± 9E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	4,3E-02 ± 2E-02	1,1E+03 ± 5E+01	1,6E+03 ± 1E+02	5,1E+02 ± 3E+01	1,1E+02 ± 4E+01	3,2E+03 ± 1E+02	3,2E+03 ± 1E+02	3,3E+03 ± 1E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	1,6E-01 ± 2E-02	3,0E+01 ± 4E+00	4,6E+01 ± 6E+00	3,4E+01 ± 4E+00	1,1E+02 ± 2E+01	1,1E+02 ± 8E+00	1,1E+02 ± 8E+00	2,2E+02 ± 2E+01

Vzorč. mesto	Gmajnice, neobdelana zemlja							
Datum vzor.	21. 5. 2014							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo	Uteženo	
Kol. vzorca (kg)	0,15	0,37	0,42	0,43	0,49	0-15	0-30	
Kol. (kg/m ²)	0,2	30,4	41,3	49,3	142,4			
Oznaka vzorca	K14ZN11T51	K14ZN11AB51	K14ZN11CS1	K14ZN11D51	K14ZN11E51			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	3,8E+00 ± 3E+00	2,5E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 1E+00	1,3E+01 ± 2E+00	2,6E+01 ± 1E+00	1,9E+01 ± 1E+00	
Ra-226	1,5E+00 ± 1E+00	4,1E+01 ± 4E+00	3,9E+01 ± 4E+00	3,8E+01 ± 4E+00	3,3E+01 ± 3E+00	3,9E+01 ± 2E+00	3,6E+01 ± 2E+00	
Pb-210	3,4E+01 ± 3E+00	1,0E+02 ± 7E+00	6,1E+01 ± 5E+00	3,3E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 3E+00	5,9E+01 ± 3E+00	4,0E+01 ± 2E+00	
Ra-228	2,9E-01 ± 4E-01	3,5E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 6E-01	2,9E+01 ± 6E-01	
Th-228	4,0E-01 ± 2E-01	3,3E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 9E-01	3,2E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 8E-01	3,2E+01 ± 7E-01	2,8E+01 ± 5E-01	
Th-230			7,6E+00 ± 2E+01	3,9E+01 ± 7E+00	3,3E+01 ± 2E+01	1,8E+01 ± 8E+00	2,6E+01 ± 1E+01	
K-40	6,0E+02 ± 6E+01	4,1E+02 ± 4E+01	3,8E+02 ± 4E+01	3,6E+02 ± 4E+01	3,2E+02 ± 3E+01	3,8E+02 ± 2E+01	3,5E+02 ± 2E+01	
Be-7	2,4E+02 ± 1E+01	6,9E+00 ± 3E+00				1,7E+00 ± 8E-01	8,0E-01 ± 3E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	2,0E-01 ± 9E-02	3,7E+01 ± 2E+00	3,8E+01 ± 2E+00	1,0E+01 ± 6E-01	7,9E-01 ± 2E-01	2,6E+01 ± 9E-01	1,3E+01 ± 4E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	7,6E-01 ± 7E-02	1,0E+00 ± 1E-01	1,1E+00 ± 1E-01	6,8E-01 ± 9E-02	7,7E-01 ± 1E-01	9,1E-01 ± 7E-02	8,3E-01 ± 7E-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.

LETO 2014 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.	8. 10. 2014							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzorca (kg/m ²)	0,4	40,3	46,3	54,1	157,1	140,7	+ trava	297,8
Oznaka vzorca	K14ZN11TA1	K14ZN11ABA1	K14ZN11CA1	K14ZN11DA1	K14ZN11EA1			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)							
U-238		9,2E+02 ± 1E+02	1,2E+03 ± 1E+02	1,8E+03 ± 3E+02	4,3E+03 ± 4E+02	3,9E+03 ± 3E+02	3,9E+03 ± 3E+02	8,2E+03 ± 5E+02
Ra-226	1,3E+00 ± 1E+00	1,4E+03 ± 1E+02	1,9E+03 ± 2E+02	2,0E+03 ± 2E+02	5,4E+03 ± 5E+02	5,3E+03 ± 3E+02	5,3E+03 ± 3E+02	1,1E+04 ± 6E+02
Pb-210	5,6E+01 ± 3E+00	3,1E+03 ± 2E+02	1,7E+03 ± 3E+02	7,5E+02 ± 6E+02	4,0E+03 ± 6E+02	5,6E+03 ± 7E+02	5,7E+03 ± 7E+02	9,6E+03 ± 9E+02
Ra-228	7,8E-02 ± 3E-01	1,2E+03 ± 4E+01	1,5E+03 ± 5E+01	1,5E+03 ± 5E+01	4,1E+03 ± 1E+02	4,2E+03 ± 8E+01	4,2E+03 ± 8E+01	8,3E+03 ± 2E+02
Th-228	1,1E+00 ± 2E-01	1,2E+03 ± 3E+01	1,4E+03 ± 4E+01	1,6E+03 ± 4E+01	4,0E+03 ± 1E+02	4,1E+03 ± 7E+01	4,1E+03 ± 7E+01	8,2E+03 ± 1E+02
Th-230		1,1E+03 ± 8E+02	2,8E+03 ± 1E+03			3,9E+03 ± 1E+03	3,9E+03 ± 1E+03	3,9E+03 ± 1E+03
K-40	1,2E+02 ± 1E+01	1,5E+04 ± 1E+03	1,8E+04 ± 2E+03	1,8E+04 ± 2E+03	5,2E+04 ± 5E+03	5,1E+04 ± 3E+03	5,1E+04 ± 3E+03	1,0E+05 ± 6E+03
Be-7	3,0E+02 ± 1E+01	2,7E+02 ± 4E+01				2,7E+02 ± 4E+01	5,7E+02 ± 4E+01	2,7E+02 ± 4E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137		7,8E+02 ± 3E+01	7,3E+02 ± 3E+01	2,0E+02 ± 1E+01	9,6E+01 ± 3E+01	1,7E+03 ± 4E+01	1,7E+03 ± 4E+01	1,8E+03 ± 5E+01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	3,4E-01 ± 2E-02	3,6E+01 ± 4E+00	3,5E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 6E+00	9,7E+01 ± 1E+01	9,4E+01 ± 8E+00	9,4E+01 ± 8E+00	1,9E+02 ± 1E+01

Vzorč. mesto	Gmajnice, neobdelana zemlja							
Datum vzor.	8. 10. 2014							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo	Uteženo	
Kol. vzorca (kg)	0,11	0,38	0,43	0,46	0,51	povprečje	povprečje	
Kol. (kg/m ²)	0,4	40,3	46,3	54,1	157,1	0-15	0-30	
Oznaka vzorca	K14ZN11TA1	K14ZN11ABA1	K14ZN11CA1	K14ZN11DA1	K14ZN11EA1			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238		2,3E+01 ± 2E+00	2,7E+01 ± 3E+00	3,3E+01 ± 5E+00	2,7E+01 ± 3E+00	2,8E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 2E+00	
Ra-226	3,6E+00 ± 3E+00	3,5E+01 ± 3E+00	4,1E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 4E+00	3,4E+01 ± 3E+00	3,8E+01 ± 2E+00	3,6E+01 ± 2E+00	
Pb-210	1,6E+02 ± 8E+00	7,8E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 6E+00	1,4E+01 ± 1E+01	2,6E+01 ± 4E+00	4,0E+01 ± 5E+00	3,2E+01 ± 3E+00	
Ra-228	2,2E-01 ± 9E-01	2,9E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 9E-01	3,0E+01 ± 6E-01	2,8E+01 ± 6E-01	
Th-228	3,0E+00 ± 4E-01	2,9E+01 ± 8E-01	3,0E+01 ± 9E-01	2,9E+01 ± 8E-01	2,6E+01 ± 8E-01	2,9E+01 ± 5E-01	2,7E+01 ± 5E-01	
Th-230		2,8E+01 ± 2E+01	5,9E+01 ± 3E+01			2,8E+01 ± 1E+01	1,3E+01 ± 5E+00	
K-40	3,3E+02 ± 3E+01	3,6E+02 ± 3E+01	3,8E+02 ± 4E+01	3,4E+02 ± 3E+01	3,3E+02 ± 3E+01	3,6E+02 ± 2E+01	3,4E+02 ± 2E+01	
Be-7	8,3E+02 ± 3E+01	6,7E+00 ± 1E+00				1,9E+00 ± 3E-01	9,1E-01 ± 1E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137		1,9E+01 ± 6E-01	1,6E+01 ± 7E-01	3,6E+00 ± 3E-01	6,1E-01 ± 2E-01	1,2E+01 ± 3E-01	6,0E+00 ± 2E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	9,3E-01 ± 6E-02	9,0E-01 ± 1E-01	7,5E-01 ± 7E-02	4,2E-01 ± 1E-01	6,2E-01 ± 7E-02	6,7E-01 ± 6E-02	6,4E-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.

LETO 2014 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.	21. 5. 2014							
Gl. vzor. (cm)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-30	0-40	0-50
Kol. vzorca (kg/m ²)	111,0	100,7	111,8	109,7	124,6	323,5	433,2	557,8
Oznaka vzorca	K14ZP13A51	K14ZP13B51	K14ZP13C51	K14ZP13D51	K14ZP13E51			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)							
U-238	3,6E+03 ± 4E+02	3,3E+03 ± 3E+02	4,1E+03 ± 6E+02	3,7E+03 ± 4E+02	4,0E+03 ± 3E+02	1,1E+04 ± 8E+02	1,5E+04 ± 9E+02	1,9E+04 ± 9E+02
Ra-226	5,1E+03 ± 5E+02	4,5E+03 ± 4E+02	5,1E+03 ± 5E+02	4,4E+03 ± 4E+02	4,6E+03 ± 5E+02	1,5E+04 ± 8E+02	1,9E+04 ± 9E+02	2,4E+04 ± 1E+03
Pb-210	5,1E+03 ± 5E+02	5,3E+03 ± 1E+03	3,9E+03 ± 5E+02	3,9E+03 ± 7E+02	3,9E+03 ± 6E+02	1,4E+04 ± 1E+03	1,8E+04 ± 2E+03	2,2E+04 ± 2E+03
Ra-228	4,1E+03 ± 1E+02	3,6E+03 ± 1E+02	3,9E+03 ± 1E+02	3,6E+03 ± 1E+02	3,9E+03 ± 1E+02	1,2E+04 ± 2E+02	1,5E+04 ± 2E+02	1,9E+04 ± 3E+02
Th-228	4,1E+03 ± 1E+02	3,7E+03 ± 1E+02	3,9E+03 ± 1E+02	3,6E+03 ± 1E+02	3,9E+03 ± 1E+02	1,2E+04 ± 2E+02	1,5E+04 ± 2E+02	1,9E+04 ± 3E+02
Th-230					3,2E+03 ± 2E+03			3,2E+03 ± 2E+03
K-40	5,0E+04 ± 5E+03	4,5E+04 ± 4E+03	4,9E+04 ± 5E+03	4,6E+04 ± 4E+03	4,8E+04 ± 5E+03	1,4E+05 ± 8E+03	1,9E+05 ± 9E+03	2,4E+05 ± 1E+04
Be-7								
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,9E+03 ± 1E+02	1,6E+03 ± 1E+02	1,7E+03 ± 7E+01	9,7E+02 ± 7E+01	5,2E+02 ± 5E+01	5,2E+03 ± 2E+02	6,2E+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.	21. 5. 2014							
Gl. vzor. (cm)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	Uteženo povprečje	Uteženo povprečje	
Kol. vzorca (kg)	0,47	0,47	0,49	0,48	0,51			
Kol. (kg/m ²)	111,0	100,7	111,8	109,7	124,6	0-40	0-50	
Oznaka vzorca	K14ZP13A51	K14ZP13B51	K14ZP13C51	K14ZP13D51	K14ZP13E51			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	3,3E+01 ± 3E+00	3,3E+01 ± 3E+00	3,7E+01 ± 5E+00	3,4E+01 ± 4E+00	3,2E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 2E+00	3,4E+01 ± 2E+00	
Ra-226	4,6E+01 ± 4E+00	4,5E+01 ± 4E+00	4,5E+01 ± 4E+00	4,0E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 4E+00	4,4E+01 ± 2E+00	4,2E+01 ± 2E+00	
Pb-210	4,6E+01 ± 5E+00	5,3E+01 ± 1E+01	3,5E+01 ± 5E+00	3,6E+01 ± 6E+00	3,1E+01 ± 5E+00	4,2E+01 ± 4E+00	4,0E+01 ± 3E+00	
Ra-228	3,7E+01 ± 1E+00	3,6E+01 ± 1E+00	3,5E+01 ± 1E+00	3,3E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 1E+00	3,5E+01 ± 6E-01	3,4E+01 ± 5E-01	
Th-228	3,7E+01 ± 1E+00	3,6E+01 ± 1E+00	3,5E+01 ± 1E+00	3,3E+01 ± 9E-01	3,1E+01 ± 1E+00	3,5E+01 ± 5E-01	3,4E+01 ± 5E-01	
Th-230					2,6E+01 ± 2E+01		5,7E+00 ± 3E+00	
K-40	4,5E+02 ± 4E+01	4,4E+02 ± 4E+01	4,4E+02 ± 4E+01	4,2E+02 ± 4E+01	3,9E+02 ± 4E+01	4,4E+02 ± 2E+01	4,3E+02 ± 2E+01	
Be-7								
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,7E+01 ± 1E+00	1,6E+01 ± 1E+00	1,5E+01 ± 6E-01	8,8E+00 ± 6E-01	4,1E+00 ± 4E-01	1,4E+01 ± 5E-01	1,2E+01 ± 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.

(***) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

LETO 2014 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.	8. 10. 2014							
Gl. vzor. (cm)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-30	0-40	0-50
Kol. vzorca (kg/m ²)	103,5	113,0	112,8	113,1	111,4	225,9	339,0	450,3
Oznaka vzorca	K14ZP13AA1	K14ZP13BA1	K14ZP13CA1	K14ZP13DA1	K14ZP13EA1			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)							
U-238	2,5E+03 ± 3E+02	3,2E+03 ± 5E+02	3,6E+03 ± 4E+02	3,8E+03 ± 5E+02	3,6E+03 ± 4E+02	9,2E+03 ± 7E+02	1,3E+04 ± 8E+02	1,7E+04 ± 9E+02
Ra-226	4,3E+03 ± 4E+02	4,8E+03 ± 4E+02	4,8E+03 ± 5E+02	5,0E+03 ± 5E+02	5,0E+03 ± 5E+02	1,4E+04 ± 8E+02	1,9E+04 ± 9E+02	2,4E+04 ± 1E+03
Pb-210	8,2E+02 ± 3E+03	2,7E+03 ± 3E+03	4,5E+03 ± 4E+02	1,3E+03 ± 2E+03	9,0E+03 ± 3E+03	8,0E+03 ± 4E+03	9,3E+03 ± 4E+03	1,8E+04 ± 5E+03
Ra-228	3,6E+03 ± 1E+02	4,1E+03 ± 1E+02	3,9E+03 ± 2E+02	4,4E+03 ± 2E+02	4,4E+03 ± 1E+02	1,2E+04 ± 2E+02	1,6E+04 ± 3E+02	2,0E+04 ± 3E+02
Th-228	3,6E+03 ± 1E+02	3,7E+03 ± 1E+02	3,8E+03 ± 1E+02	4,1E+03 ± 1E+02	4,4E+03 ± 1E+02	1,1E+04 ± 2E+02	1,5E+04 ± 2E+02	2,0E+04 ± 2E+02
Th-230								
K-40	4,4E+04 ± 4E+03	4,8E+04 ± 5E+03	4,8E+04 ± 5E+03	5,3E+04 ± 5E+03	5,3E+04 ± 5E+03	1,4E+05 ± 8E+03	1,9E+05 ± 9E+03	2,5E+05 ± 1E+04
Be-7	3,5E+02 ± 2E+02					3,5E+02 ± 2E+02	3,5E+02 ± 2E+02	3,5E+02 ± 2E+02
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,7E+03 ± 1E+02	1,9E+03 ± 6E+01	1,7E+03 ± 7E+01	1,9E+02 ± 3E+01	1,7E+02 ± 2E+01	5,3E+03 ± 2E+02	5,5E+03 ± 2E+02	5,7E+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.	8. 10. 2014							
Gl. vzor. (cm)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	Uteženo povprečje	Uteženo povprečje	
Kol. vzorca (kg)		0,47	0,49	0,48	0,46			
Kol. (kg/m ²)	103,5	113,0	112,8	113,1	111,4	0-40	0-50	
Oznaka vzorca	K14ZP13AA1	K14ZP13BA1	K14ZP13CA1	K14ZP13DA1	K14ZP13EA1			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	2,4E+01 ± 3E+00	2,8E+01 ± 4E+00	3,2E+01 ± 3E+00	3,3E+01 ± 4E+00	3,3E+01 ± 3E+00	2,9E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 2E+00
Ra-226	4,1E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 4E+00	4,4E+01 ± 4E+00	4,5E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 2E+00	4,3E+01 ± 2E+00	4,3E+01 ± 2E+00
Pb-210	7,9E+00 ± 3E+01	2,4E+01 ± 2E+01	4,0E+01 ± 4E+00	1,1E+01 ± 1E+01	8,1E+01 ± 3E+01	2,1E+01 ± 1E+01	3,3E+01 ± 1E+01	3,3E+01 ± 1E+01
Ra-228	3,4E+01 ± 1E+00	3,6E+01 ± 1E+00	3,5E+01 ± 1E+00	3,9E+01 ± 1E+00	4,0E+01 ± 1E+00	3,6E+01 ± 6E-01	3,7E+01 ± 5E-01	3,7E+01 ± 5E-01
Th-228	3,4E+01 ± 9E-01	3,3E+01 ± 8E-01	3,4E+01 ± 1E+00	3,6E+01 ± 9E-01	3,9E+01 ± 1E+00	3,4E+01 ± 5E-01	3,5E+01 ± 4E-01	3,5E+01 ± 4E-01
Th-230								
K-40	4,3E+02 ± 4E+01	4,3E+02 ± 4E+01	4,3E+02 ± 4E+01	4,7E+02 ± 4E+01	4,7E+02 ± 4E+01	4,4E+02 ± 2E+01	4,4E+02 ± 2E+01	4,4E+02 ± 2E+01
Be-7	3,4E+00 ± 2E+00					7,9E-01 ± 4E-01	6,3E-01 ± 3E-01	6,3E-01 ± 3E-01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,7E+01 ± 1E+00	1,7E+01 ± 6E-01	1,5E+01 ± 6E-01	1,6E+00 ± 3E-01	1,5E+00 ± 2E-01	1,2E+01 ± 4E-01	1,0E+01 ± 3E-01	1,0E+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.

LETO 2014 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 Vrbina							
Datum vzor.	21. 5. 2014							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzor. (kg/m ²)	0,3	38,3	46,9	52,7	144,1	137,9	+ trava	282,0
Oznaka vzorca	K14ZN2T51	K14ZN2AB51	K14ZN2C51	K14ZN2D51	K14ZN2E51			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)							
U-238	1,0E+00 ± 8E-01	1,0E+03 ± 2E+02	9,9E+02 ± 6E+01	1,1E+03 ± 2E+02	2,5E+03 ± 4E+02	3,1E+03 ± 2E+02	3,1E+03 ± 2E+02	5,6E+03 ± 4E+02
Ra-226	9,1E-01 ± 5E-01	1,3E+03 ± 1E+02	1,5E+03 ± 1E+02	1,4E+03 ± 1E+02	4,6E+03 ± 4E+02	4,2E+03 ± 2E+02	4,2E+03 ± 2E+02	8,7E+03 ± 5E+02
Pb-210	7,8E+00 ± 1E+00	6E+02	1,4E+03 ± 1E+02	1,6E+03 ± 6E+02	2,8E+03 ± 3E+03	3,1E+03 ± 8E+02	3,1E+03 ± 8E+02	5,9E+03 ± 3E+03
Ra-228	2,1E-01 ± 2E-01	9,9E+02 ± 4E+01	1,0E+03 ± 4E+01	9,7E+02 ± 4E+01	3,4E+03 ± 1E+02	3,0E+03 ± 7E+01	3,0E+03 ± 7E+01	6,3E+03 ± 1E+02
Th-228	2,4E-01 ± 6E-02	9,7E+02 ± 3E+01	1,1E+03 ± 4E+01	9,6E+02 ± 3E+01	3,3E+03 ± 9E+01	3,0E+03 ± 6E+01	3,0E+03 ± 6E+01	6,4E+03 ± 1E+02
Th-230			1,8E+03 ± 8E+02			1,8E+03 ± 8E+02	1,8E+03 ± 8E+02	1,8E+03 ± 8E+02
K-40	1,8E+02 ± 2E+01	1,3E+04 ± 1E+03	1,4E+04 ± 1E+03	1,3E+04 ± 1E+03	4,3E+04 ± 4E+03	4,1E+04 ± 2E+03	4,1E+04 ± 2E+03	8,4E+04 ± 5E+03
Be-7	7,2E+01 ± 3E+00	2,0E+02 ± 8E+01				2,0E+02 ± 8E+01	2,7E+02 ± 8E+01	2,0E+02 ± 8E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,4E-01 ± 8E-02	1,2E+02 ± 8E+00	1,3E+02 ± 9E+00	5,4E+01 ± 7E+00	3,4E+02 ± 2E+01	3,1E+02 ± 1E+01	3,1E+02 ± 1E+01	6,5E+02 ± 3E+01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90		2,6E+01 ± 5E+00	2,0E+01 ± 4E+00	< 3E+01	6,1E+01 ± 1E+01	4,6E+01 ± 2E+01	4,6E+01 ± 2E+01	1,1E+02 ± 2E+01

Vzorč. mesto	Kusova Vrbina							
Datum vzor.	21. 5. 2014							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo povprečje	Uteženo povprečje	
Kol. vzorca (kg)	0,18	0,45	0,49	0,50	0,49			
Kol. (kg/m ²)	0,3	38,3	46,9	52,7	144,1	0-15	0-30	
Oznaka vzorca	K14ZN2T51	K14ZN2AB51	K14ZN2C51	K14ZN2D51	K14ZN2E51			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	3,5E+00 ± 3E+00	2,7E+01 ± 4E+00	2,1E+01 ± 1E+00	2,1E+01 ± 3E+00	1,7E+01 ± 2E+00	2,2E+01 ± 2E+00	2,0E+01 ± 2E+00	
Ra-226	3,2E+00 ± 2E+00	3,3E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 3E+00	2,8E+01 ± 3E+00	3,2E+01 ± 3E+00	3,0E+01 ± 2E+00	3,1E+01 ± 2E+00	
Pb-210	2,7E+01 ± 3E+00	2E+01	3,0E+01 ± 2E+00	3,1E+01 ± 1E+01	1,9E+01 ± 2E+01	2,2E+01 ± 6E+00	2,1E+01 ± 1E+01	
Ra-228	7,3E-01 ± 6E-01	2,6E+01 ± 9E-01	2,2E+01 ± 8E-01	1,8E+01 ± 7E-01	2,3E+01 ± 8E-01	2,2E+01 ± 5E-01	2,2E+01 ± 5E-01	
Th-228	8,2E-01 ± 2E-01	2,5E+01 ± 7E-01	2,3E+01 ± 9E-01	1,8E+01 ± 5E-01	2,3E+01 ± 6E-01	2,2E+01 ± 4E-01	2,3E+01 ± 4E-01	
Th-230			3,9E+01 ± 2E+01			1,3E+01 ± 6E+00	6,5E+00 ± 3E+00	
K-40	6,2E+02 ± 6E+01	3,4E+02 ± 3E+01	3,0E+02 ± 3E+01	2,5E+02 ± 2E+01	3,0E+02 ± 3E+01	2,9E+02 ± 2E+01	3,0E+02 ± 2E+01	
Be-7	2,5E+02 ± 1E+01	5,3E+00 ± 2E+00				1,5E+00 ± 6E-01	7,1E-01 ± 3E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	4,8E-01 ± 3E-01	3,1E+00 ± 2E-01	2,9E+00 ± 2E-01	1,0E+00 ± 1E-01	2,4E+00 ± 2E-01	2,2E+00 ± 1E-01	2,3E+00 ± 1E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90		6,7E-01 ± 1E-01	4,3E-01 ± 8E-02	< 5E-01	4,2E-01 ± 7E-02	3,3E-01 ± 1E-01	3,8E-01 ± 7E-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.

LETO 2014 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 (***)

Vzorč. mesto	Kusova Vrbina							
Datum vzor.	8. 10. 2014							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzorca (kg/m ²)	0,2	45,0	53,8	50,9	160,4	149,6	+ trava	310,0
Oznaka vzorca	K14ZN2TA1	K14ZN2ABA1	K14ZN2CA1	K14ZN2DA1	K14ZN2EA1			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)							
U-238	9,2E-01 ± 1E+00	7,8E+02 ± 1E+02	1,1E+03 ± 2E+02	1,3E+03 ± 2E+02	3,6E+03 ± 6E+02	3,2E+03 ± 3E+02	3,2E+03 ± 3E+02	6,8E+03 ± 6E+02
Ra-226		1,3E+03 ± 1E+02	1,6E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 2E+02	5,4E+03 ± 5E+02	4,8E+03 ± 3E+02	4,8E+03 ± 3E+02	1,0E+04 ± 6E+02
Pb-210	1,5E+01 ± 2E+00	1,6E+03 ± 2E+02	5,0E+02 ± 9E+02	2E+07	1E+08	2,1E+03 ± 2E+07	2,1E+03 ± 2E+07	2,1E+03 ± 1E+08
Ra-228	8,7E-02 ± 9E-02	9,9E+02 ± 4E+01	1,2E+03 ± 5E+01	1,4E+03 ± 4E+01	4,1E+03 ± 1E+02	3,6E+03 ± 7E+01	3,6E+03 ± 7E+01	7,7E+03 ± 2E+02
Th-228	1,8E-02 ± 7E-02	9,3E+02 ± 3E+01	1,2E+03 ± 4E+01	1,4E+03 ± 4E+01	4,0E+03 ± 1E+02	3,5E+03 ± 6E+01	3,5E+03 ± 6E+01	7,5E+03 ± 1E+02
Th-230								
K-40	1,2E+02 ± 1E+01	1,3E+04 ± 1E+03	1,6E+04 ± 2E+03	1,7E+04 ± 2E+03	4,8E+04 ± 5E+03	4,7E+04 ± 3E+03	4,7E+04 ± 3E+03	9,5E+04 ± 5E+03
Be-7	1,1E+02 ± 5E+00	2,2E+02 ± 3E+01				2,2E+02 ± 3E+01	3,2E+02 ± 3E+01	2,2E+02 ± 3E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	3,5E-02 ± 3E-02	1,3E+02 ± 7E+00	1,4E+02 ± 1E+01	2,6E+02 ± 1E+01	9,2E+02 ± 8E+01	5,3E+02 ± 2E+01	5,3E+02 ± 2E+01	1,5E+03 ± 8E+01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	-----	2,5E+01 ± 3E+00	3,2E+01 ± 5E+00	3,3E+01 ± 4E+00	8,8E+01 ± 1E+01	9,0E+01 ± 7E+00	9,0E+01 ± 7E+00	1,8E+02 ± 1E+01

Vzorč. mesto	Kusova Vrbina							
Datum vzor.	8. 10. 2014							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo	Uteženo	
Kol. vzorca (kg)	0,14	0,47	0,50	0,47	0,49	popprečje	popprečje	
Kol. (kg/m ²)	0,2	45,0	53,8	50,9	160,4	0-15	0-30	
Oznaka vzorca	K14ZN2TA1	K14ZN2ABA1	K14ZN2CA1	K14ZN2DA1	K14ZN2EA1			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	5,5E+00 ± 6E+00	1,7E+01 ± 2E+00	2,1E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 5E+00	2,3E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 2E+00	2,2E+01 ± 2E+00	2,2E+01 ± 2E+00
Ra-226		3,0E+01 ± 3E+00	3,0E+01 ± 3E+00	3,5E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 3E+00	3,2E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 2E+00
Pb-210	9,1E+01 ± 1E+01	3,6E+01 ± 3E+00	9,3E+00 ± 2E+01	4E+05	6E+05	1,4E+01 ± 1E+05	6,8E+00 ± 3E+05	6,8E+00 ± 3E+05
Ra-228	5,2E-01 ± 6E-01	2,2E+01 ± 8E-01	2,3E+01 ± 9E-01	2,7E+01 ± 9E-01	2,6E+01 ± 8E-01	2,4E+01 ± 5E-01	2,5E+01 ± 5E-01	2,5E+01 ± 5E-01
Th-228	1,0E-01 ± 4E-01	2,1E+01 ± 6E-01	2,2E+01 ± 8E-01	2,7E+01 ± 7E-01	2,5E+01 ± 6E-01	2,4E+01 ± 4E-01	2,4E+01 ± 4E-01	2,4E+01 ± 4E-01
Th-230								
K-40	7,0E+02 ± 7E+01	3,0E+02 ± 3E+01	3,0E+02 ± 3E+01	3,4E+02 ± 3E+01	3,0E+02 ± 3E+01	3,1E+02 ± 2E+01	3,1E+02 ± 2E+01	3,1E+02 ± 2E+01
Be-7	6,3E+02 ± 3E+01	4,9E+00 ± 7E-01				1,5E+00 ± 2E-01	7,1E-01 ± 1E-01	7,1E-01 ± 1E-01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	2,1E-01 ± 2E-01	2,9E+00 ± 2E-01	2,7E+00 ± 2E-01	5,1E+00 ± 2E-01	5,8E+00 ± 5E-01	3,5E+00 ± 1E-01	4,7E+00 ± 3E-01	4,7E+00 ± 3E-01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	-----	5,6E-01 ± 7E-02	6,0E-01 ± 1E-01	6,4E-01 ± 8E-02	5,5E-01 ± 8E-02	6,0E-01 ± 5E-02	5,7E-01 ± 5E-02	5,7E-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.

LETO 2014 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.	21. 5. 2014							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzorca (kg/m ²)	0,2	34,5	45,0	56,9	184,3	136,4	+ trava	320,6
Oznaka vzorca	K14ZN3T51	K14ZN3AB51	K14ZN3C51	K14ZN3D51	K14ZN3E51			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)							
U-238	5,3E-01 ± 9E-01	1,0E+03 ± 1E+02	1,6E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 2E+02	5,2E+03 ± 8E+02	4,4E+03 ± 3E+02	4,4E+03 ± 3E+02	9,6E+03 ± 9E+02
Ra-226	4,2E-01 ± 3E-01	1,4E+03 ± 1E+02	2,0E+03 ± 2E+02	2,3E+03 ± 2E+02	7,1E+03 ± 7E+02	5,8E+03 ± 3E+02	5,8E+03 ± 3E+02	1,3E+04 ± 8E+02
Pb-210	1,8E+00 ± 4E-01	2,5E+03 ± 3E+02	2,4E+03 ± 6E+02	2,9E+03 ± 2E+02	7,1E+03 ± 2E+03	7,9E+03 ± 7E+02	7,9E+03 ± 7E+02	1,5E+04 ± 2E+03
Ra-228		1,2E+03 ± 4E+01	1,5E+03 ± 5E+01	1,7E+03 ± 5E+01	5,6E+03 ± 2E+02	4,4E+03 ± 8E+01	4,4E+03 ± 8E+01	1,0E+04 ± 2E+02
Th-228	8,4E-02 ± 5E-02	1,2E+03 ± 4E+01	1,4E+03 ± 4E+01	1,7E+03 ± 5E+01	5,7E+03 ± 2E+02	4,3E+03 ± 7E+01	4,3E+03 ± 7E+01	1,0E+04 ± 2E+02
Th-230				2,2E+02 ± 2E+03		2,2E+02 ± 2E+03	2,2E+02 ± 2E+03	2,2E+02 ± 2E+03
K-40	1,0E+02 ± 1E+01	1,4E+04 ± 1E+03	1,7E+04 ± 2E+03	2,0E+04 ± 2E+03	6,9E+04 ± 7E+03	5,2E+04 ± 3E+03	5,2E+04 ± 3E+03	1,2E+05 ± 7E+03
Be-7	1,9E+01 ± 8E-01	2,8E+02 ± 6E+01				2,8E+02 ± 6E+01	2,9E+02 ± 6E+01	2,8E+02 ± 6E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137		8,3E+02 ± 5E+01	1,4E+03 ± 5E+01	2,1E+03 ± 8E+01	3,1E+03 ± 1E+02	4,3E+03 ± 1E+02	4,3E+03 ± 1E+02	7,4E+03 ± 2E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90		2,6E+01 ± 4E+00	4,6E+01 ± 4E+00	6,1E+01 ± 6E+00	2,1E+02 ± 2E+01	1,3E+02 ± 8E+00	1,3E+02 ± 8E+00	3,4E+02 ± 2E+01

Vzorč. mesto	Amerika							
Datum vzor.	21. 5. 2014							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo	Uteženo	
Kol. vzorca (kg)	0,15	0,38	0,42	0,46	0,51	povprečje	povprečje	
Kol. (kg/m ²)	0,2	34,5	45,0	56,9	184,3	0-15	0-30	
Oznaka vzorca	K14ZN3T51	K14ZN3AB51	K14ZN3C51	K14ZN3D51	K14ZN3E51			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	3,5E+00 ± 6E+00	2,9E+01 ± 3E+00	3,5E+01 ± 5E+00	3,1E+01 ± 3E+00	2,8E+01 ± 4E+00	3,2E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 3E+00	
Ra-226	2,8E+00 ± 2E+00	4,1E+01 ± 4E+00	4,5E+01 ± 4E+00	4,1E+01 ± 4E+00	3,9E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 2E+00	4,0E+01 ± 2E+00	
Pb-210	1,2E+01 ± 3E+00	7,3E+01 ± 7E+00	5,4E+01 ± 1E+01	5,1E+01 ± 4E+00	3,8E+01 ± 1E+01	5,8E+01 ± 5E+00	4,7E+01 ± 7E+00	
Ra-228		3,3E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 9E-01	3,0E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 6E-01	3,1E+01 ± 7E-01	
Th-228	5,6E-01 ± 3E-01	3,4E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 9E-01	3,1E+01 ± 8E-01	3,1E+01 ± 9E-01	3,2E+01 ± 5E-01	3,1E+01 ± 5E-01	
Th-230				3,9E+00 ± 4E+01		1,6E+00 ± 2E+01	6,8E-01 ± 7E+00	
K-40	6,8E+02 ± 6E+01	4,2E+02 ± 4E+01	3,8E+02 ± 4E+01	3,6E+02 ± 3E+01	3,8E+02 ± 4E+01	3,8E+02 ± 2E+01	3,8E+02 ± 2E+01	
Be-7	1,2E+02 ± 5E+00	8,0E+00 ± 2E+00				2,0E+00 ± 4E-01	8,6E-01 ± 2E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137		2,4E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 1E+00	3,7E+01 ± 1E+00	1,7E+01 ± 7E-01	3,1E+01 ± 8E-01	2,3E+01 ± 5E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90		7,6E-01 ± 1E-01	1,0E+00 ± 8E-02	1,1E+00 ± 1E-01	1,1E+00 ± 1E-01	9,8E-01 ± 6E-02	1,1E+00 ± 6E-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.

LETO 2014 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 (***)

Vzorč. mesto	Amerika							
Datum vzor.	8. 10. 2014							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzorca (kg/m ²)	0,2	37,0	45,8	53,9	187,0	136,7	+ trava	323,7
Oznaka vzorca	K14ZN3TA1	K14ZN3ABA1	K14ZN3CA1	K14ZN3DA1	K14ZN3EA1			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m ²)							
U-238		1,3E+03 ± 2E+02	1,5E+03 ± 1E+02	1,6E+03 ± 2E+02	6,9E+03 ± 9E+02	4,4E+03 ± 3E+02	4,4E+03 ± 3E+02	1,1E+04 ± 1E+03
Ra-226		1,6E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 2E+02	2,0E+03 ± 2E+02	7,3E+03 ± 1E+03	5,4E+03 ± 3E+02	5,4E+03 ± 3E+02	1,3E+04 ± 1E+03
Pb-210	3,4E+01 ± 2E+00	2,9E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 3E+02	2,7E+03 ± 2E+02	9,9E+03 ± 3E+03	7,2E+03 ± 5E+02	7,2E+03 ± 5E+02	1,7E+04 ± 3E+03
Ra-228		1,3E+03 ± 4E+01	1,4E+03 ± 4E+01	1,5E+03 ± 5E+01	7,2E+03 ± 3E+02	4,3E+03 ± 8E+01	4,3E+03 ± 8E+01	1,2E+04 ± 3E+02
Th-228	2,4E-01 ± 1E-01	1,3E+03 ± 4E+01	1,4E+03 ± 4E+01	1,4E+03 ± 4E+01	6,8E+03 ± 2E+02	4,0E+03 ± 7E+01	4,0E+03 ± 7E+01	1,1E+04 ± 2E+02
Th-230		3,6E+02 ± 8E+02	3,6E+02 ± 8E+02	3,6E+02 ± 8E+02	3,6E+02 ± 8E+02	3,6E+02 ± 8E+02	3,6E+02 ± 8E+02	3,6E+02 ± 8E+02
K-40	8,2E+01 ± 8E+00	1,7E+04 ± 2E+03	1,7E+04 ± 2E+03	1,8E+04 ± 2E+03	9,6E+04 ± 9E+03	5,2E+04 ± 3E+03	5,3E+04 ± 3E+03	1,5E+05 ± 1E+04
Be-7	1,9E+02 ± 8E+00	3,0E+02 ± 5E+01				3,0E+02 ± 5E+01	4,9E+02 ± 5E+01	3,0E+02 ± 5E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,7E-01 ± 5E-02	8,1E+02 ± 3E+01	1,4E+03 ± 6E+01	1,8E+03 ± 8E+01	2,9E+03 ± 1E+02	4,0E+03 ± 1E+02	4,0E+03 ± 1E+02	6,9E+03 ± 2E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90		2,8E+01 ± 4E+00	4,4E+01 ± 5E+00	5,7E+01 ± 5E+00	1,8E+02 ± 2E+01	1,3E+02 ± 8E+00	1,3E+02 ± 8E+00	3,1E+02 ± 2E+01

Vzorč. mesto	Amerika							
Datum vzor.	8. 10. 2014							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo	Uteženo	
Kol. vzorca (kg)	0,12	0,38	0,44	0,46	0,33	povprečje	povprečje	
Kol. (kg/m ²)	0,2	37,0	45,8	53,9	187,0	0-15	0-30	
Oznaka vzorca	K14ZN3TA1	K14ZN3ABA1	K14ZN3CA1	K14ZN3DA1	K14ZN3EA1			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238		3,4E+01 ± 4E+00	3,4E+01 ± 3E+00	3,0E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 5E+00	3,2E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 3E+00	
Ra-226		4,4E+01 ± 4E+00	4,0E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 3E+00	3,9E+01 ± 6E+00	4,0E+01 ± 2E+00	3,9E+01 ± 3E+00	
Pb-210	1,5E+02 ± 1E+01	7,9E+01 ± 7E+00	3,4E+01 ± 7E+00	5,0E+01 ± 4E+00	5,3E+01 ± 1E+01	5,3E+01 ± 3E+00	5,3E+01 ± 8E+00	
Ra-228		3,6E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 9E-01	2,9E+01 ± 9E-01	3,9E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 6E-01	3,6E+01 ± 8E-01	
Th-228	1,0E+00 ± 7E-01	3,4E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 8E-01	2,7E+01 ± 7E-01	3,6E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 5E-01	3,3E+01 ± 7E-01	
Th-230		7,8E+00 ± 2E+01	3,8E+02 ± 4E+01	3,4E+02 ± 3E+01	5,1E+02 ± 5E+01	2,6E+00 ± 6E+00	1,1E+00 ± 3E+00	
K-40	3,6E+02 ± 4E+01	4,5E+02 ± 4E+01				3,8E+02 ± 2E+01	4,6E+02 ± 3E+01	
Be-7	8,3E+02 ± 4E+01	8,0E+00 ± 1E+00				2,2E+00 ± 3E-01	9,1E-01 ± 1E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	7,3E-01 ± 2E-01	2,2E+01 ± 9E-01	3,1E+01 ± 1E+00	3,3E+01 ± 1E+00	1,5E+01 ± 7E-01	2,9E+01 ± 8E-01	2,1E+01 ± 5E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90		7,7E-01 ± 1E-01	9,6E-01 ± 1E-01	1,1E+00 ± 9E-02	9,5E-01 ± 9E-02	9,4E-01 ± 6E-02	9,5E-01 ± 6E-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.

HRANILA

10. MLEKO
11. SADJE
12. POVRTNINE IN POLJŠČINE
13. MESO IN KOKOŠJA JAJCA

LETO 2014 T - 61 a
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Pesje						
	Januar 5,41	Februar 5,45	Marec 5,44	April 5,40	Maj 5,40	Junij 5,42	Polletno povprečje
Kol. vzorca (kg)	MLPE0114	MLPE0214	MLPE0314	MLPE0414	MLPE0514	MLPE0614	
Oznaka vzorca							
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI						
U-238	1,1E-01 ± 5E-02	6,5E-02 ± 5E-02	9,4E-03 ± 5E-03		2,6E-01 ± 6E-02		1,5E-01 ± 3E-02
Ra-226**							9,4E-03 ± 5E-03
Pb-210							
Ra-228	5,5E-02 ± 2E-02		2,6E-02 ± 2E-02	2,7E-02 ± 2E-02			3,6E-02 ± 1E-02
Th-228	2,3E-02 ± 1E-02	1,5E-02 ± 1E-02	4,4E-02 ± 1E-02	6,4E-02 ± 2E-02	1,6E-02 ± 1E-02	3,9E-02 ± 1E-02	3,4E-02 ± 5E-03
Th-230							
K-40	4,8E+01 ± 2E+00	5,4E+01 ± 3E+00	5,1E+01 ± 2E+00	5,0E+01 ± 3E+00	5,0E+01 ± 3E+00	4,8E+01 ± 3E+00	5,0E+01 ± 1E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	6,6E-02 ± 3E-03	4,4E-02 ± 5E-03	5,4E-02 ± 4E-03	6,1E-02 ± 6E-03	4E-02	1,3E-02 ± 3E-03	4,8E-02 ± 7E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	3,8E-02 ± 5E-03	2,1E-02 ± 5E-03	4,8E-02 ± 6E-03	5,6E-02 ± 7E-03	7,3E-02 ± 3E-03	1,2E-02 ± 4E-03	4,1E-02 ± 2E-03

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2014 T - 61 b
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Pesje						
	Julij 5,45	Avgust 5,38	September 5,42	Oktober 5,43	November 5,26	December MLPE1214	Letno povprečje
Kol. vzorca (kg)	MLPE0714	MLPE0814	MLPE0914	MLPE1014	MLPE1114	MLPE1214	
Oznaka vzorca							
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI						
U-238	2,6E-02 ± 7E-03	7,6E-02 ± 7E-03	9,4E-03 ± 9E-03	6,5E-02 ± 1E-02	1,5E-02 ± 7E-03		1,5E-01 ± 3E-02
Ra-226**							3,3E-02 ± 3E-03
Pb-210	1,1E-01 ± 7E-02					7,5E-02 ± 6E-02	9,3E-02 ± 4E-02
Ra-228		1,7E-02 ± 1E-02				4,6E-02 ± 3E-02	3,4E-02 ± 1E-02
Th-228				4,4E-02 ± 2E-02	2,1E-02 ± 1E-02		3,3E-02 ± 5E-03
Th-230							
K-40	5,0E+01 ± 3E+00	4,4E+01 ± 8E+00	5,1E+01 ± 3E+00	4,9E+01 ± 1E+00	4,7E+01 ± 3E+00	5,1E+01 ± 3E+00	4,9E+01 ± 9E-01
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	5E-02	1,5E-02 ± 3E-03	5,4E-02 ± 8E-03	8,8E-02 ± 8E-03	3,7E-02 ± 5E-03	4,4E-02 ± 6E-03	4,8E-02 ± 5E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,3E-02 ± 4E-03	2,7E-02 ± 4E-03	1,3E-02 ± 4E-03	4,2E-02 ± 5E-03	1,2E-02 ± 4E-03	1,9E-02 ± 4E-03	3,2E-02 ± 1E-03

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2014 T - 62 a
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Vihre						
	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Polletno povprečje
	Kol. vzorca (kg) Oznaka vzorca	5,34 MLVH0114	5,15 MLVH0214	5,31 MLVH0314	5,25 MLVH0414	5,25 MLVH0514	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI						
U-238		1,3E-02 ± 5E-03		1,3E+00 ± 2E-01	1,0E-01 ± 4E-02		7,0E-01 ± 9E-02
Ra-226**							8,8E-03 ± 3E-03
Pb-210	1,0E+00 ± 1E-01		5,9E-02 ± 5E-02			4,5E-03 ± 2E-03	3,7E-01 ± 4E-02
Ra-228		3,2E-02 ± 2E-02		4,7E-02 ± 2E-02			4,0E-02 ± 1E-02
Th-228		2,2E-02 ± 9E-03	4,0E-02 ± 1E-02		2,4E-02 ± 1E-02		2,9E-02 ± 6E-03
Th-230							
K-40	5,0E+01 ± 2E+00	4,2E+01 ± 2E+00	4,3E+01 ± 1E+00	3,7E+01 ± 1E+00	5,1E+01 ± 1E+00	4,5E+01 ± 2E+00	4,5E+01 ± 7E-01
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	2,2E-02 ± 4E-03	1,5E-02 ± 2E-03	2,3E-02 ± 4E-03	2E-02	6,8E-03 ± 1E-03	3,4E-03 ± 1E-03	1,4E-02 ± 4E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	5,0E-02 ± 6E-03	5,1E-02 ± 6E-03	7,4E-02 ± 7E-03	2,1E-02 ± 5E-03	3,4E-02 ± 6E-03	3,6E-02 ± 4E-03	4,4E-02 ± 2E-03

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2014 T - 62 b
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Vihre						
	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letno povprečje
	Kol. vzorca (kg) Oznaka vzorca	4,76 MLVH0714	5,04 MLVH0814	5,26 MLVH0914	5,27 MLVH1014	5,56 MLVH1114	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI						
U-238	2,9E-02 ± 2E-02		3,7E-02 ± 3E-02	2,8E-02 ± 2E-02		2,1E-01 ± 5E-02	2,8E-01 ± 3E-02
Ra-226**	4,1E-02 ± 5E-03	1,7E-02 ± 5E-03			1,4E-02 ± 6E-03		1,8E-02 ± 2E-03
Pb-210				1,2E-01 ± 3E-02	9,7E-02 ± 5E-02	2,0E-01 ± 5E-02	2,5E-01 ± 2E-02
Ra-228		1,4E-02 ± 1E-02	1,1E-02 ± 9E-03	1,6E-02 ± 6E-03	2,4E-02 ± 1E-02	3,6E-02 ± 1E-02	3,8E-02 ± 1E-02
Th-228							2,2E-02 ± 4E-03
Th-230							
K-40	4,1E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 2E+00	5,3E+01 ± 3E+00	4,0E+01 ± 2E+00	3,8E+01 ± 2E+00	4,4E+01 ± 1E+00	4,3E+01 ± 6E-01
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,8E-02 ± 3E-03	2,5E-02 ± 5E-03	1,3E-02 ± 3E-03	< 2E-02	1,1E-02 ± 3E-03	1,2E-02 ± 3E-03	1,5E-02 ± 2E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	4,6E-02 ± 6E-03	4,5E-02 ± 6E-03	4,5E-02 ± 5E-03	3,4E-02 ± 5E-03	4,1E-02 ± 5E-03	3,5E-02 ± 6E-03	4,3E-02 ± 2E-03

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2014 T - 63 a
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/

Vzorč. mesto	Brege						
Datum vzor.	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Polletno povprečje
Kol. vzorca (kg)	5,42	5,45	5,46	5,27	5,31	5,36	
Oznaka vzorca	MLBG0114	MLBG0214	MLBG0314	MLBG0414	MLBG0514	MLBG0614	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI						
U-238	3,1E-01 ± 7E-02			2,0E-01 ± 8E-02	2,9E-02 ± 2E-02		1,8E-01 ± 4E-02
Ra-226**				1,1E-02 ± 5E-03	7,4E-03 ± 6E-03	1,1E-02 ± 4E-03	9,8E-03 ± 3E-03
Pb-210	1E+00		1,1E-01 ± 8E-02	6,6E-02 ± 5E-02			8,8E-02 ± 3E-01
Ra-228	2,4E-02 ± 2E-02		4,1E-02 ± 2E-02				3,3E-02 ± 1E-02
Th-228	3,2E-01 ± 8E-02				3,1E-02 ± 8E-03		1,8E-01 ± 4E-02
Th-230							
K-40	4,7E+01 ± 3E+00	4,7E+01 ± 3E+00	4,8E+01 ± 3E+00	4,4E+01 ± 2E+00	4,3E+01 ± 2E+00	4,4E+01 ± 2E+00	4,6E+01 ± 1E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	5,4E-02 ± 4E-03	4,0E-02 ± 6E-03	9,5E-02 ± 8E-03	4,6E-02 ± 5E-03	3,4E-02 ± 3E-02	2,2E-02 ± 3E-03	4,9E-02 ± 6E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	1,8E-02 ± 4E-03	1,8E-02 ± 4E-03	2,1E-02 ± 4E-03	4,0E-02 ± 5E-03	4,5E-02 ± 6E-03	1,2E-02 ± 4E-03	2,6E-02 ± 2E-03

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2014 T - 63 b
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Brege						
Datum vzor.	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letno povprečje
Kol. vzorca (kg)	5,27	5,06	4,22	5,38	5,40		
Oznaka vzorca	MLBG0714	MLBG0814	MLBG0914	MLBG1014	MLBG1114	MLBG1214	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI						
U-238	6,8E-02 ± 6E-02	1,6E+00 ± 2E-01			1,1E-01 ± 5E-02		3,9E-01 ± 4E-02
Ra-226**	1,2E-02 ± 7E-03	3,5E-02 ± 9E-03	4,1E-02 ± 6E-03		4,7E-02 ± 5E-03		2,3E-02 ± 2E-03
Pb-210		1,1E-01 ± 7E-02			9,8E-02 ± 5E-02	8,4E-02 ± 3E-02	9,4E-02 ± 2E-01
Ra-228	3,5E-02 ± 2E-02	3,7E-02 ± 2E-02				6,5E-03 ± 5E-03	2,9E-02 ± 7E-03
Th-228	3,9E-02 ± 1E-02		6,6E-02 ± 1E-02				1,1E-01 ± 2E-02
Th-230							
K-40	4,7E+01 ± 2E+00	4,7E+01 ± 1E+00	4,2E+01 ± 2E+00	5,0E+01 ± 3E+00	4,6E+01 ± 2E+00	4,7E+01 ± 3E+00	4,6E+01 ± 7E-01
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	3,9E-02 ± 5E-03	3,3E-02 ± 5E-03	3,1E-02 ± 4E-03	3,4E-02 ± 7E-03	1,8E-02 ± 3E-03	1,8E-02 ± 2E-03	3,9E-02 ± 3E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,6E-02 ± 4E-03	1,8E-02 ± 5E-03	1,6E-02 ± 3E-03	2,2E-02 ± 4E-03	1,7E-02 ± 4E-03	1,1E-02 ± 4E-03	2,2E-02 ± 1E-03

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja.

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2014 T - 64
10. MLEKO – enkratni vzorci (I-131)



Specifična analiza I-131

Datum vzorčenja	Datum meritve	Vzorčevalno mesto		
		Pesje	Vihre	Brege
		SPECIFIČNA AKTIVNOST I-131 [Bq/L]		
14. 5. 2014	15. 5. 2014	< 6,52E-3	< 8,37E-3	< 7,55E-3
2. 6. 2014	3. 6. 2014	< 7,74E-3	< 7,30E-3	< 7,90E-3
16. 6. 2014	17. 6. 2014	< 7,00E-3	< 8,43E-3	< 8,26E-3
2. 7. 2014	3. 7. 2014	< 8,02E-3	< 6,87E-3	< 8,32E-3
31. 7. 2014	1. 8. 2014	< 7,26E-3	< 8,96E-3	< 8,65E-3
13. 8. 2014	14. 8. 2014	< 7,93E-3	< 9,31E-3	< 8,94E-3
1. 9. 2014	2. 9. 2014	< 8,12E-3	< 9,24E-3	< 8,68E-3
1. 10. 2014	2. 10. 2014	< 9,03E-3	< 8,13E-3	< 8,39E-3

LETO 2014 T - 65
11. HRANILA – SADJE - jabolka



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (**)

Vzorč. mesto	Evrosad Krško	Evrosad Krško	Evrosad Krško	Evrosad Krško	Povprečje - jabolka (*)
Vrsta vzorca	Jabolka	Jabolka	Jabolka	Jabolka	
Datum vzor.	1. 9. 2014	1. 9. 2014	6. 11. 2014	6. 11. 2014	
Kol. vzorca (kg)	0,49	0,44	0,40	0,56	
Odstoteksuhe snovi	14,90	14,10	12,90	14,60	
Oznaka vzorca	K14HSJB591	K14HSJB791	K14HSJB6B1	K14HSJB8B1	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI				
U-238			9,4E-02 ± 2E-01	6,6E-02 ± 2E-01	4,0E-02 ± 7E-02
Ra-226	8,5E-02 ± 1E-01	1,1E-01 ± 6E-02	1,9E-02 ± 5E-02	8,9E-02 ± 5E-02	7,4E-02 ± 4E-02
Pb-210	2E-01	3E-01	1,9E-02 ± 3E-01	1,7E-01 ± 2E-01	4,7E-02 ± 1E-01
Ra-228	4,3E-02 ± 4E-02		2,0E-02 ± 5E-02	2,4E-02 ± 3E-02	2,2E-02 ± 2E-02
Th-228	2,4E-02 ± 1E-02	3,7E-02 ± 1E-02	1,3E-02 ± 1E-02	8,9E-03 ± 1E-02	2,1E-02 ± 6E-03
Th-230					
K-40	4,5E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 4E+00	2,7E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 2E+00
Be-7	5,0E-01 ± 9E-02	4,8E-01 ± 9E-02	2,0E-01 ± 1E-01	8,2E-01 ± 8E-02	5,0E-01 ± 5E-02
I-131					
Cs-134					
Cs-137		4,2E-04 ± 5E-03		1,5E-02 ± 8E-03	4,0E-03 ± 2E-03
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	1,0E-02 ± 1E-03	1,8E-02 ± 1E-03	1,4E-02 ± 1E-03	1,3E-02 ± 1E-03	1,4E-02 ± 7E-04

(*) 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.

LETO 2014 T - 66
11. HRANILA – SADJE - hruške

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89

Vzorč. mesto	Evrosad Krško	Evrosad Krško	
Vrsta vzorca	Hruške pachams	Hruške viljamovla	Povprečje - hruške (*)
Datum vzor.	1. 9. 2014	1. 9. 2014	
Kol. vzorca (kg)	0,51	0,51	
Odstoteksuhne snovi	16,50	16,10	
Oznaka vzorca	K14HSHR191	K14HSHR791	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI		
U-238		2,0E-01 ± 2E-01	9,8E-02 ± 8E-02
Ra-226		4,8E-02 ± 4E-02	2,4E-02 ± 2E-02
Pb-210	3E-01	1,0E-01 ± 2E-01	5,2E-02 ± 2E-01
Ra-228		4,2E-02 ± 3E-02	2,1E-02 ± 1E-02
Th-228	2,7E-02 ± 2E-02	3,5E-03 ± 2E-02	1,6E-02 ± 1E-02
Th-230			
K-40	5,7E+01 ± 6E+00	4,2E+01 ± 4E+00	4,9E+01 ± 3E+00
Be-7	1,2E+00 ± 8E-01	4,6E-01 ± 1E-01	8,2E-01 ± 4E-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	2,0E-02 ± 2E-03	1,9E-02 ± 2E-03	2,0E-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.

LETO 2014 T - 67
11. HRANILA – SADJE - jagode

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (**)

Vzorč. mesto	Spodnja Pohanca	Zgornja Pohanca	
Vrsta vzorca	Jagode	Jagode	Povprečje - jagode (*)
Datum vzor.	29. 5. 2014	29. 5. 2014	
Kol. vzorca (kg)	0,31	0,17	
Odstoteksuhne snovi	7,40	4,70	
Oznaka vzorca	K14HSJG2151	K14HSJG2251	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI		
U-238	1,4E-01 ± 8E-02	4,9E-02 ± 6E-02	9,3E-02 ± 5E-02
Ra-226	1,8E-02 ± 2E-02	1,3E-01 ± 5E-02	7,5E-02 ± 2E-02
Pb-210		7E-02	8E-02 < 5E-02
Ra-228	4,8E-02 ± 2E-02	1,6E-02 ± 2E-02	3,2E-02 ± 1E-02
Th-228	8,4E-03 ± 6E-03		4,2E-03 ± 3E-03
Th-230		3,0E-01 ± 1E+00	1,5E-01 ± 7E-01
K-40	2,6E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 3E+00	3,0E+01 ± 2E+00
Be-7	8,7E-01 ± 6E-02	8,1E-02 ± 4E-02	4,8E-01 ± 3E-02
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	8,5E-02 ± 4E-03	2,9E-02 ± 3E-03	5,7E-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.

LETO 2014 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	Pečice
Vrsta vzorca	Vino - rdeče	Vino - belo	Bezeg
Datum vzor.	6. 11. 2014	6. 11. 2014	29. 7. 2014
Kol. vzorca (kg)	0,14	0,15	0,35
Odstotek suhe snovi	1,80	2,20	17,70
Oznaka vzorca	K14HSV11B1	K14HSV12B1	K14HSBZ171
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI		
U-238	3,2E-02 ± 3E-02	8,4E-03 ± 5E-02	3,3E-01 ± 1E-01
Ra-226	2,7E-02 ± 1E-02	1,6E-02 ± 3E-02	1,1E+00 ± 3E-01
Pb-210	5,7E-02 ± 3E-02	9,4E-02 ± 8E-02	1,6E-01 ± 6E-02
Ra-228			8,5E-03 ± 1E-02
Th-228	5,3E-03 ± 3E-03	3,1E-03 ± 3E-03	1,4E+00 ± 2E+00
Th-230			1,1E+02 ± 1E+01
K-40	3,1E+01 ± 3E+00	4,0E+01 ± 4E+00	1,0E+01 ± 5E-01
Be-7	2,9E-01 ± 3E-02	3,6E-01 ± 5E-02	
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	1,5E-02 ± 1E-03	2,4E-02 ± 2E-03	1,5E-01 ± 9E-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.

LETO 2014 T - 69
12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE - blitva, solata, krompir, čebula

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Spodnji Stari Grad	Brege	Krško	Brege
Vrsta vzorca	blitva	solata	krompir	čebula
Datum vzor.	16. 6. 2014	16. 6. 2014	16. 6. 2014	16. 6. 2014
Oznaka vzorca	SZNEK010614	SZNEK020614	SZNEK030614	SZNEK040614
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI			
U-238		3,5E-01 ± 9E-02		
Ra-226**	3,6E-01 ± 1E-02	2,1E-01 ± 7E-03	2,3E-02 ± 9E-03	2,9E-02 ± 3E-03
Pb-210	3,5E+00 ± 2E-01	1,5E+00 ± 1E-01	7,2E-02 ± 6E-02	3,6E-02 ± 2E-02
Ra-228	5,3E-01 ± 3E-02	2,2E-01 ± 1E-02		2,8E-02 ± 6E-03
Th-228	1,0E-01 ± 2E-02	1,6E-01 ± 1E-02	2,1E-02 ± 2E-02	
Th-230				
K-40	2,6E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 5E+00	1,3E+02 ± 7E+00	4,7E+01 ± 3E+00
Be-7	2,2E+01 ± 6E-01	7,2E+00 ± 2E-01		4,9E-02 ± 1E-02
I-131				
Cs-134				
Cs-137	8,9E-02 ± 7E-03	4,9E-02 ± 3E-03	< 4E-02	< 1E-02
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	4,3E-01 ± 4E-02	1,7E-01 ± 2E-02	9,6E-02 ± 1E-02	1,1E-01 ± 1E-02

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2014 T - 70

12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE – korenje, malancani, koleraba, kumare

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Brege	Žadovinek	Žadovinek	Pesje
Vrsta vzorca	korenje	malancani	koleraba	kumare
Datum vzor.	2. 8. 2014	2. 8. 2014	2. 8. 2014	2. 8. 2014
Oznaka vzorca	SZNEK050814	SZNEK060814	SZNEK070814	SZNEK080814
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI			
U-238				
Ra-226**	1,8E-01 ± 2E-02	4,5E-02 ± 1E-02	1,0E-01 ± 1E-02	
Pb-210	4,5E-02 ± 1E-01	2,6E-02 ± 9E-02	1,2E-01 ± 1E-01	4,3E-02 ± 7E-02
Ra-228	8,7E-02 ± 6E-02		1,1E-01 ± 2E-02	
Th-228				
Th-230				
K-40	1,1E+02 ± 3E+00	6,1E+01 ± 2E+00	1,0E+02 ± 5E+00	5,1E+01 ± 3E+00
Be-7				
I-131				
Cs-134				
Cs-137	< 1E-01	< 6E-02	< 5E-02	6,2E-03 ± 6E-03
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	< 2E-02	< 1E-02	2,5E-02 ± 1E-02	5,0E-02 ± 7E-03

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2014 T - 71

12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE – stročji fižol, rdeča pesa, bučke, paprika

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Pesje	Trnje	Trnje	Brege
Vrsta vzorca	stročji fižol	rdeča pesa	bučke	paprila
Datum vzor.	2. 8. 2014	2. 8. 2014	2. 8. 2014	13. 8. 2014
Oznaka vzorca	SZNEK090814	SZNEK100814	SZNEK110814	SZNEK120814
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI			
U-238				
Ra-226**	6,3E-02 ± 4E-02	1,4E-01 ± 6E-02	1,6E-02 ± 2E-03	
Pb-210	6,9E-02 ± 9E-03	6,1E-02 ± 7E-03		
Ra-228		6,9E-02 ± 2E-02	3,2E-02 ± 4E-03	2,3E-01 ± 7E-02
Th-228				3,4E-02 ± 3E-02
Th-230				
K-40	1,1E+02 ± 6E+00	1,2E+02 ± 6E+00	5,9E+01 ± 3E+00	5,3E+01 ± 3E+00
Be-7	5,4E-01 ± 5E-02	3,7E-01 ± 4E-02	2,5E-02 ± 7E-03	1,3E-01 ± 1E-01
I-131				
Cs-134				
Cs-137	< 4E-02	3,2E-02 ± 5E-03	3,2E-03 ± 8E-04	< 6E-02
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	5,1E-02 ± 1E-02	< 2E-02	7,2E-02 ± 8E-03	2,0E-02 ± 7E-03

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2014 T - 72

12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE – paradižnik, feferoni, peteršilj, zelje

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Brege	Brege	Spodnji Stari Grad	Vrbina
Vrsta vzorca	paradižnik	feferoni	peteršilj	zelje
Datum vzor.	13. 8. 2014	13. 8. 2014	13. 8. 2014	13. 8. 2014
Oznaka vzorca	SZNEK130814	SZNEK140814	SZNEK150814	SZNEK160814
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI			
U-238			3,1E-01 ± 8E-02	
Ra-226**	9,2E-03 ± 9E-03		9,5E-02 ± 1E-02	1,2E-01 ± 4E-03
Pb-210		1,1E-01 ± 9E-02	4,5E-01 ± 1E-01	
Ra-228			1,7E-01 ± 3E-02	
Th-228		3,1E-01 ± 1E-01	4,9E-02 ± 2E-02	1,3E-02 ± 7E-03
Th-230				
K-40	4,5E+01 ± 3E+00	8,0E+01 ± 2E+00	1,9E+02 ± 1E+01	7,4E+01 ± 3E+00
Be-7		8,7E-01 ± 6E-02	2,9E+00 ± 1E-01	
I-131				
Cs-134				
Cs-137	3,4E-02 ± 6E-03	< 5E-02	2,1E-02 ± 2E-02	< 2E-02
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	1,1E-02 ± 3E-03	< 2E-02	2,5E-01 ± 2E-02	7,9E-02 ± 7E-03

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2014 T - 73

12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE – kuruza, ječmen, pšenica, radič

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Žadovinec	Brege	Vihre	Pesje
Vrsta vzorca	kuruza	ječmen	pšenica	radič
Datum vzor.	9. 9. 2014	9. 9. 2014	9. 9. 2014	9. 9. 2014
Oznaka vzorca	SZNEK170914	SZNEK180914	SZNEK190914	SZNEK200914
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI			
U-238	5,7E-01 ± 1E-01	3,4E-01 ± 3E-01		1,8E-01 ± 9E-02
Ra-226**	1,3E-01 ± 2E-02	1,8E-01 ± 3E-02	1,9E-01 ± 3E-02	3,9E-02 ± 8E-03
Pb-210	1,0E-01 ± 1E-01	1,2E+00 ± 3E-01	9,6E-02 ± 2E-01	2,2E-02 ± 8E-02
Ra-228	8,0E-02 ± 3E-02	3,9E-01 ± 1E-01	3,2E-01 ± 9E-02	
Th-228			7,6E-02 ± 6E-02	
Th-230				
K-40	9,0E+01 ± 3E+00	1,8E+02 ± 1E+01	1,0E+02 ± 6E+00	1,0E+02 ± 6E+00
Be-7			1,2E+00 ± 2E-01	4,6E-01 ± 5E-02
I-131				
Cs-134				
Cs-137	5,3E-02 ± 1E-02	< 2E-01	< 2E-01	< 5E-02
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	6,6E-02 ± 1E-02	2,1E-01 ± 3E-02	2,6E-01 ± 5E-02	< 1,5E-02

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2014 T - 74
13. HRANILA – KOKOŠJE MESO IN JAJCA

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (**)

Vzorč. mesto	Spodnji Stari Grad (Turnšek)	Vrbina		Spodnji Stari Grad
Vrsta vzorca	Kokošja jajca	Kokošja jajca	Povprečje - jajca (*)	Kokošje meso
Datum vzor.	3. 2. 2014	10. 3. 2014		17. 3. 2014
Kol. vzorca (kg)	0,28	0,27		0,14
Odstoteksuhne snovi	24,10	25,30		28,50
Oznaka vzorca	K14HJ121	K14HJ331		K14HMK131
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI			
U-238	8,3E-02 ± 3E-01		4,2E-02 ± 2E-01	
Ra-226	2,0E-01 ± 8E-02		9,9E-02 ± 4E-02	
Pb-210	2E-01	5E-01	3E-01	4E-01
Ra-228	1,6E-01 ± 8E-02	1,7E-01 ± 7E-02	1,6E-01 ± 5E-02	2,6E-02 ± 8E-02
Th-228	2,8E-02 ± 2E-02		1,4E-02 ± 1E-02	3,3E-02 ± 7E-02
Th-230				
K-40	3,7E+01 ± 4E+00	4,0E+01 ± 4E+00	3,9E+01 ± 3E+00	8,5E+01 ± 8E+00
Be-7		1,1E-01 ± 2E-01	5,5E-02 ± 1E-01	
I-131				
Cs-134				
Cs-137				5,7E-02 ± 1E-02
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-89/Sr-90	2,7E-02 ± 5E-03	4,6E-02 ± 8E-03	3,6E-02 ± 4E-03	4,6E-02 ± 6E-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.

LETO 2014 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, Turnšek	Brege		Libna	Brege
Vrsta vzorca	Svinjsko meso	Svinjsko meso	Povprečje - svinjsko meso (*)	Goveje meso	Divjačinsko meso
Datum vzor.	3. 2. 2014	17. 2. 2014		14. 7. 2014	17. 2. 2014
Kol. vzorca (kg)	0,54	0,35		0,32	0,39
Odstoteksuhne snovi	38,40	29,60		25,00	26,30
Oznaka vzorca	K14HMS121	K14HMS221		K14hm g771	K14HMD221
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI				
U-238		5,8E-02 ± 5E-01	2,9E-02 ± 2E-01	1,7E-01 ± 4E-01	
Ra-226	4,5E-02 ± 2E-01	3,0E-01 ± 1E-01	1,7E-01 ± 1E-01	8,2E-02 ± 8E-02	
Pb-210	7E-01	5E-01	4E-01	4E-01	6E-01
Ra-228				1,5E-01 ± 1E-01	
Th-228	1,0E-01 ± 6E-02	4,5E-02 ± 3E-02	7,3E-02 ± 3E-02	3,1E-02 ± 4E-02	
Th-230					
K-40	1,0E+02 ± 1E+01	1,2E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 7E+00	1,2E+02 ± 1E+01	1,2E+02 ± 1E+01
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	5,3E-01 ± 5E-02	1,0E-01 ± 3E-02	3,1E-01 ± 3E-02	1,2E-01 ± 4E-02	5,4E-02 ± 2E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	< 1E-02	< 1E-02	< 6E-03	< 2E-02	1,8E-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.

**TABELE
REZULTATOV
PRIMERJALNIH MERITEV**

**KONČNI REZULTATI MEDNARODNE PRIMERJAVE
ENVIRONMENTAL RADIOACTIVITY COMPARISON EXERCISE 2013
NPL – Velika Britanija**

**(B1, B2– kontaminirane vodne raztopine ter P in SS – kontrolirana
kontaminirana trdna vzorca – šota (P) in peščena zemlja (SS))**

V juliju 2014 je bilo izdano končno poročilo za mednarodne primerjalne meritve "Environmental Radioactivity Comparison Exercise 2013" [NPL REPORT IR 32, Environmental Radioactivity Proficiency Test Exercise 2013, J. Dean, P. Ivanov, S. Collins and M. Garcia Miranda, julij 2014], kjer je sodeloval Odsek O-2 z IJS (koda laboratorija 106) pri meritvah vzorcev kontaminiranih vodnih raztopin B1, B2 ter pri določitvi stroncija Sr-90 v vzorcih šote (P) in peščene zemlje (SS). Končni rezultati analiz in primerjave z referenčnimi vrednostmi NPL so zbrane v naslednjih preglednicah. Pri statističnih ocenah so bile uporabljene naslednje zveze:

$$\text{odmik} = (\text{IJS rezultat} - \text{NPL vrednost}) \cdot 100 \% / \text{NPL vrednost}$$

$$\zeta\text{-preskus} = (\text{IJS rezultat} - \text{NPL vrednost}) \cdot [(\text{IJS negotovost})^2 + (\text{NPL negotovost})^2]^{1/2}$$

(D = disagreement, Q = questionable)

REZULTATI IJS, Odsek O-2:

NPL – B1 / Lab Code 106 kontaminirana vodna raztopina analize IJS, Odsek O-2 opravljene <i>od novembra 2013 do januarja 2014</i> končno poročilo objavljeno <i>julija 2014</i>				
IZOTOP	NPL	IJS, Odsek O-2	odmik (%)	ζ-preskus
	(Bq/g)			
H-3	1,026 ± 0,007	1,11 ± 0,04	8,3	2,38
C-14	1,032 ± 0,005	0,887 ± 0,018	-14,1	-7,79 (Q)

NPL – B2 / Lab Code 106 kontaminirana vodna raztopina analize IJS, Odsek O-2 opravljene <i>od novembra 2013 do januarja 2014</i> končno poročilo objavljeno <i>julija 2014</i>				
IZOTOP	NPL	IJS, Odsek O-2	odmik (%)	ζ-preskus
	(Bq/g)			
H-3	1,051 ± 0,008	1,13 ± 0,04	7,7	2,39
Sr-90	0,4746 ± 0,0010	0,461 ± 0,023	-2,8	-0,58

NPL – P in SS / Lab Code 106 šota (P) in peščena zemlja (SS) analize IJS, Odsek O-2 opravljene <i>od novembra 2013 do januarja 2014</i> končno poročilo objavljeno <i>julija 2014</i>				
IZOTOP	NPL	IJS, Odsek O-2	odmik (%)	ζ-preskus
	(Bq/g)			
Sr-90 (P)	2,51 ± 0,11	2,36 ± 0,18	-6,0	-0,72
Sr-90 (SS)	0,276 ± 0,023	0,282 ± 0,015	2,3	0,23

REZULTATI MEDNARODNIH PRIMERJALNIH MERITEV

Study MRAD-21 ERA (Environmental Resource Associates), ZDA

V novembru 2014 so bili objavljeni končni rezultati primerjalnih meritev MRAD-21 [*Study MRAD-21, Final Report, MRaD™ Proficiency Testing, ERA, Environmental Resource Associates, Report issued 11/25/14, ERA Customer Number: R460987 (za IRB), Arvada, ZDA, november 2014*]), ki jih je ERA, Environmental Resource Associates, ZDA, razposlala septembra 2014. Sodeloval je 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 druge radionuklide).

Rezultati analiz IRB ter primerjave s pripisanimi vrednostmi (assigned values) so zbrane v naslednjih 4 preglednicah.

REZULTATI IRB:

ERA, Study MRAD-21 Soil Radionuclides					
analize opravljene <i>oktobra in novembra 2014</i> , končni rezultati objavljeni <i>na koncu novembra 2014</i>					
IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB	z-score
	[pCi/kg]				
Ac-228	1 240	795–1 720	1 220	Acceptable	–0,107
Am-241	736	431–956	720	Acceptable	–0,0765
Bi-214	2 810	1 690–4 040	3 300	Acceptable	1,42
Cs-134	2 140	1 400–2 570	1 950	Acceptable	–0,158
Cs-137	6 550	5 020–8 430	6 280	Acceptable	–0,448
Co-60	4 260	2 880–5 860	4 110	Acceptable	–0,303
K-40	10 700	7 810–1 440	10 800	Acceptable	0,232
Sr-90	8 420	3 210–13 300	7 892	Acceptable	–0,256
Th-234	2 350	743–4 420	2 130	Acceptable	–0,898
U-238	2 350	1 450–2 980	2 240	Acceptable	–0,449
Zn-65	3 270	2 600–4 350	3 280	Acceptable	–0,604

ERA, Study MRAD-21 Water Tritium					
analize opravljene <i>oktobra in novembra 2014</i> , končni rezultati objavljeni <i>na koncu novembra 2014</i>					
IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB	z-score
	[pCi/L]				
H-3	5 500	3 680–7 840	5 811	Acceptable	1,14

**ERA, Study MRAD-21
Vegetation Radionuclides**

analize opravljene *oktobra in novembra 2014*, končni rezultati objavljeni *na koncu novembra 2014*

IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB	z-score
	[pCi/kg]				
Am-241	2 290	1 400–3 050	2 510	Acceptable	0,498
Cs-134	849	545–1 100	884	Acceptable	0,721
Cs-137	644	467–896	6 280	Not Acceptable	51,7
Co-60	784	541–1 100	822	Acceptable	0,310
K-40	30 900	22 300–43 400	34 700	Acceptable	1,13
Sr-90	1 710	975–2 270	7 649	Not Acceptable	23,7
U-238	1 760	1 170–2 240	2 440	Not Acceptable	9,67
Zn-65	1 570	1 130–2 200	677	Not Acceptable	–2,27

**ERA, Study MRAD-21
Water Radionuclides**

analize opravljene *oktobra in novembra 2014*, končni rezultati objavljeni *na koncu novembra 2014*

IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB	z-score
	[pCi/L]				
Am-241	68,6	46,2–92,0	65,8	Acceptable	–0,297
Cs-134	850	624–977	828	Acceptable	1,75
Cs-137	1 240	1 050–1 490	1 230	Acceptable	–0,628
Co-60	1 070	930–1 250	1 065	Acceptable	–0,283
Fe-55	134	79,9–182	150	Acceptable	1,50
Sr-90	254	165–336	259	Acceptable	0,435
Zn-65	921	768–1 160	939	Acceptable	–1,23

**REZULTATI PREVERJANJA
RADIOCHEMICAL CROSS CHECK PROGRAM
ECKERT & ZIEGLER ANALYTICS, ZDA**

IRB je v letu 2014 sodeloval pri treh preizkusnih meritvah ("cross check") vzorcev vodne raztopine v 0,1 M HCl Analytica [Results of Radiochemistry Cross Check Program, Ruđer Bošković Institute, Second Quarter 2014, Eckert & Ziegler, Analytics, ZDA, julij 2014] za določanje vsebnosti H-3, Fe-55 in Sr-89/Sr-90.

REZULTATI IRB:

ECKERT & ZIEGLER ANALYTICS, Sr-89/Sr-90 A29647, Ref. Date 9 May 2014, Second Quarter 2014 analize opravljene <i>junija in julija 2014</i> , končni rezultati objavljeni <i>na koncu julija 2014</i>					
IZOTOP	IRB vrednost	Analytics vrednost	IRB/Analytics	Resolution	Comparison
	[μCi/mL]				
Sr-89	8,40E-03	8,00E-03	1,05	17	agreement
Sr-90	9,03E-04	8,01E-04	1,13	12,5	agreement

ECKERT & ZIEGLER ANALYTICS, H-3 A29646, Ref. Date 9 May 2014, Second Quarter 2014 analize opravljene <i>junija in julija 2014</i> , končni rezultati objavljeni <i>na koncu julija 2014</i>					
IZOTOP	IRB vrednost	Analytics vrednost	IRB/Analytics	Resolution	Comparison
	[μCi/mL]				
H-3	1,49E-03	1,50E-03	0,99	12,5	agreement

ECKERT & ZIEGLER ANALYTICS, Fe-55 A29648, Ref. Date 9 May 2014, Second Quarter 2014 analize opravljene <i>junija in julija 2014</i> , končni rezultati objavljeni <i>na koncu julija 2014</i>					
IZOTOP	IRB vrednost	Analytics vrednost	IRB/Analytics	Resolution	Comparison
	[μCi/mL]				
Fe-55	1,37E-03	1,50E-03	0,91	12,5	agreement

REZULTATI PREVERJANJA
IAEA Worldwide open proficiency test
on the determination of anthropogenic gamma-emitters in water in the presence
of natural background, of radio-caesium in hay and of both natural and
anthropogenic radionuclides in soil samples
IAEA-TEL-2012-03
IAEA, Terrestrial Environment Laboratory

V letu 2013 je IAEA razposlala 3 interkomparacijske vzorce umetno kontaminirane vode, en vzorec sena in en vzorec zemlje za določanje vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov. Pri tem preverjanju je ZVD sodeloval pri določitvi sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama in stroncija Sr-90 z radiokemično analizo. Končne revidirane individualne rezultate so prejeli aprila 2014 [*Individual Report for Laboratory No. 167 (ZVD) for the IAEA-TEL-2012-03 Worldwide open proficiency test, IAEA Reference material group, Terrestrial Environment Laboratory, S. Tarjan, Seibersdorf, Revised report, april 2014*].

V naslednjih 4 tabelah so zbrani rezultati analiz ZVD (koda laboratorija 167). Prikazane so primerjave rezultatov z referenčnimi vrednostmi IAEA za dva vzorca vode ter za vzorca sena in zemlje. Vzorec vode št. 3 je bil referenčni in je imel vnaprej podane vrednosti.

REZULTATI ZVD:

IAEA-TEL-2012-03					
Sample 1, Spiked Water					
analize ZVD opravljene <i>februarja in marca 2013</i> , individualni rezultati objavljeni <i>aprila 2014</i>					
IZOTOP	IAEA	ZVD Lab. No. 167	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Cs-134	82,6 ± 0,71	82,0 ± 3,3	-0,73	-0,18	A
Eu-152	118,6 ± 1,0	113,7 ± 5,3	-4,13	-0,91	A

IAEA-TEL-2012-03					
Sample 2, Spiked Water					
analize ZVD opravljene <i>februarja in marca 2013</i> , individualni rezultati objavljeni <i>aprila 2014</i>					
IZOTOP	IAEA	ZVD Lab. No. 167	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Am-241	120,9 ± 0,74	125,5 ± 12,7	3,80	0,36	A
Cs-137	102,5 ± 0,75	104,9 ± 6,5	2,34	0,37	A

IAEA-TEL-2012-03**Sample 4, Hay**analize ZVD opravljene *februarja in marca 2013*, individualni rezultati objavljeni *aprila 2014*

IZOTOP	IAEA	ZVD Lab. No. 167	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Cs-134	316 ± 20	348 ± 8	10,13	1,49	A
Cs-137	815 ± 24	901 ± 24	10,55	2,53	W

IAEA-TEL-2012-03**Sample 5, Soil**analize ZVD opravljene *februarja in marca 2013*, individualni rezultati objavljeni *aprila 2014*

IZOTOP	IAEA	ZVD Lab. No. 167	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Ac-228	32,4 ± 1,6	32,8 ± 1,5	1,23	0,18	A
Am-241	1,78 ± 0,1	2,6 ± 0,2	46,07	3,67	N
Cs-137	118,6 ± 2,9	121,5 ± 3,2	2,45	0,67	A
K-40	207,7 ± 8,3	208,8 ± 13,5	0,53	0,07	A
Pb-210	595 ± 19	739,9 ± 58,1	24,35	2,37	N
Pb-212	31,0 ± 1,2	35,8 ± 1,5	15,48	2,50	W
Sr-90	25,4 ± 1,9	1,92 ± 0,28	-92,44	-12,23	N
Tl-208	11,5 ± 0,6	11,1 ± 1,0	-3,48	-0,34	A
U-238	23,6 ± 0,7	30,7 ± 2,4	30,08	2,84	N

REZULTATI PREVERJANJA
ALMERA proficiency test on the determination of man-made and natural
radionuclides in water and flour samples
IAEA-TEL-2013-04
IAEA, Terrestrial Environment Laboratory

V letu 2013 je IAEA v okviru mreže laboratorijev ALMERA razposlala 3 interkomparacijske vzorce umetno kontaminirane vode in en vzorec moke za določanje vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov. Pri tem preverjanju je sodeloval IRB. Končni individualni rezultati so bili poslani sodelujočim laboratorijem aprila 2014 [Individual Evaluation Report for Laboratory No. 59 (IRB), on the IAEA-TEL-2013-04 ALMERA proficiency test, IAEA, Terrestrial Environment Laboratory, S. Tarjan, Seibersdorf, april 2014].

V naslednjih 3 tabelah so zbrani rezultati analiz IRB (koda laboratorija 59). Prikazane so primerjave rezultatov z referenčnimi vrednostmi IAEA za dva vzorca vode ter vzorec moke. Vzorec vode št. 3 je bil referenčni in je imel vnaprej podane vrednosti.

REZULTATI IRB:

IAEA-TEL-2013-04					
Sample 1, Spiked Water					
analize IRB opravljene <i>od novembra 2013 do februarja 2014</i> , individualni rezultati objavljeni <i>aprila 2014</i>					
IZOTOP	IAEA	IRB Lab. No. 59	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Cs-134	24,4 ± 0,21	24,4 ± 1,5	0,00	0,00	A
Cs-137	50,3 ± 0,29	51,6 ± 2,8	2,58	0,46	A

IAEA-TEL-2013-04					
Sample 2, Spiked Water					
analize IRB opravljene <i>od novembra 2013 do februarja 2014</i> , individualni rezultati objavljeni <i>aprila 2014</i>					
IZOTOP	IAEA	IRB Lab. No. 59	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Co-60	50,9 ± 0,42	51,7 ± 3	1,57	0,26	A
Eu-152	49,9 ± 0,41	50,3 ± 3,6	0,80	0,11	A
Am-241	40,2 ± 0,17	40,4 ± 2,5	0,50	0,08	A
Sr-90	30,0 ± 0,1	28,8 ± 1,5	-4,00	-0,80	A

IAEA-TEL-2013-04					
Sample 4, Flour					
analize IRB opravljene <i>od novembra 2013 do februarja 2014</i> , individualni rezultati objavljeni <i>aprila 2014</i>					
IZOTOP	IAEA	IRB Lab. No. 59	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Cs-134	70,58 ± 0,6	79,8 ± 4,4	13,06	2,08	A
Cs-137	153,95 ± 0,92	179,5 ± 9,3	16,60	2,73	N

REZULTATI PREVERJANJA

IAEA World-wide open proficiency test on the determination of gamma, beta and alpha emitting radionuclides in water, biota and sediment samples, IAEA-TEL-2014-03 IAEA, Terrestrial Environment Laboratory

V maju 2014 je Terrestrial Environment Laboratory z IAEA razposlal 3 vzorce umetno kontaminirane vode, vzorec morskih alg in sedimenta za določanje vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov. Pri tem preverjanju je ZVD sodeloval pri določitvi sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama in stroncija z radiokemično analizo. Končne individualne rezultate so prejeli novembra 2014 [*Individual Evaluation Report for Laboratory No. 179 (ZVD) for the World-Wide Open Proficiency Test IAEA-TEL-2014-03, IAEA, Terrestrial Environment Laboratory, S. Tarjan, Seibersdorf, november 2014*].

V naslednjih 4 tabelah so zbrani rezultati analiz ZVD (koda laboratorija 179). Prikazane so primerjave rezultatov z referenčnimi vrednostmi IAEA za umetne radionuklide v vseh vzorcih kontaminirane vode, morskih alg in sedimenta ter Pb-210 in Sr-90 v vzorcu vode št. 1. Rezultati meritev naravnih radionuklidov v ostalih vzorcih pa 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.

Izračun povprečnih vrednosti in meril za primerjavo (Z-test):

robust average: $x^* = \text{median of } x_i (i = 1, 2..p)$, robust standard deviation $s^* = 1.483 * \text{median of } |x_i - x^*|$,

Z-test: $z = (\text{Reported-Value} - \text{TargetValue})/s^*$

Z-test: $z < 2$: acceptable, $2 \leq z \leq 3$: warning, $z > 3$: not acceptable

REZULTATI ZVD:

IAEA-TEL-2014-03					
Sample 1, Spiked Water					
analize ZVD opravljene <i>avgusta in septembra 2014</i> , individualni rezultati objavljeni <i>novembra 2014</i>					
IZOTOP	IAEA	ZVD Lab. No. 179	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Cs-134	21,4 ± 0,2	21 ± 1	-1,87	-0,39	A
Cs-137	12,06 ± 0,1	12,2 ± 0,9	1,16	0,15	A
Pb-210	49,87 ± 1,23	48,3 ± 4,8	-3,15	-0,32	A
Sr-90	14,93 ± 0,14	16,2 ± 1,1	8,51	1,15	A

IAEA-TEL-2014-03					
Sample 2, Spiked Water					
analize ZVD opravljene <i>avgusta in septembra 2014</i> , individualni rezultati objavljeni <i>novembra 2014</i>					
IZOTOP	IAEA	ZVD Lab. No. 179	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Am-241	16,25 ± 0,2	15,3 ± 2,1	-5,85	-0,45	A
Eu-152	50,05 ± 0,41	45,3 ± 2,5	-9,49	-1,87	A

IAEA-TEL-2014-03
Sample 4, Spiked Seaweed

analize ZVD opravljene *avgusta in septembra 2014*, individualni rezultati objavljeni *novembra 2014*

IZOTOP	IAEA	ZVD Lab. No. 179	Rel. Bias %	u-test	Z-test	Final score
	(Bq/kg)					
Cs-134	8,27 ± 0,2	8,9 ± 0,9	7,62	0,68	0,70	A
Cs-137	22,96 ± 0,45	25,0 ± 0,9	8,89	2,03	1,07	A
Ac-228	2,5 ± 0,7	2,2 ± 1,0	–	–	–0,43	A
K-40	1780 ± 150	1897 ± 102	–	–	0,78	A
Ra-226	5,1 ± 3,7	2,6 ± 0,9	–	–	–0,68	A

IAEA-TEL-2014-03
Sample 5, Sediment

analize ZVD opravljene *avgusta in septembra 2014*, individualni rezultati objavljeni *novembra 2014*

IZOTOP	IAEA	ZVD Lab. No. 179	Rel. Bias %	u-test	Z-test	Final score
	(Bq/kg)					
Cs-137	12,0 ± 0,4	12,6 ± 0,4	5,00	1,06	0,60	A
Ac-228	12,1 ± 1,5	11,7 ± 0,7	–	–	–0,27	A
K-40	270 ± 27	267 ± 13	–	–	–0,11	A
Pb-210	19,6 ± 4,5	17,4 ± 3,1	–	–	–0,49	A
Ra-226	19 ± 4,8	15,1 ± 4,6	–	–	–0,81	A
Th-228	12,2 ± 1,5	10,5 ± 0,8	–	–	–1,13	A
U-238	16 ± 3,8	16 ± 3	–	–	0,00	A

REZULTATI PREVERJANJA

IAEA World-wide open proficiency test on the determination of gamma, beta and alpha emitting radionuclides in water, biota and sediment samples, IAEA-TEL-2014-03 IAEA, Terrestrial Environment Laboratory

V maju 2014 je Terrestrial Environment Laboratory z IAEA razposlal 3 vzorce umetno kontaminirane vode, vzorec morskih alg in sedimenta za določanje vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov. Pri tem preverjanju je Odsek O-2 sodeloval pri določitvi vsebnosti stroncija Sr-90 v vzorcu vode. Končne individualne rezultate smo prejeli januarja 2015 [*Individual Evaluation Report for Laboratory No. 12 (IJS, Odsek O-2) for the World-Wide Open Proficiency Test IAEA-TEL-2014-03, IAEA, Terrestrial Environment Laboratory, S. Tarjan, Seibersdorf, januar 2015*].

V naslednjih tabelah so prikazani rezultati analiz IJS, Odsek O-2 (koda laboratorija 12) in primerjava z referenčno vrednostjo IAEA za Sr-90 v vzorcu kontaminirane vode 1. Vzorec vode št. 3 je bil referenčni in je imel vnaprej podane vrednosti.

REZULTATI IJS (Odsek O-2):

IAEA-TEL-2014-03					
Sample 1, Spiked Water					
analize IJS opravljene <i>junija in julija 2014</i> , individualni rezultati objavljeni <i>januarja 2015</i>					
IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 12	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Sr-90	14,93 ± 0,14	14,98 ± 0,80	0,33	0,06	A

IAEA-TEL-2014-03					
Sample 3, Spiked Water					
analize IJS opravljene <i>junija in julija 2014</i> , individualni rezultati objavljeni <i>januarja 2015</i>					
IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 12	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Sr-90	24,5 ± 0,2	24,92 ± 1,34	1,71	0,31	–

REZULTATI PREVERJANJA

IAEA ALMERA proficiency test on the determination of natural and artificial radionuclides in water, seaweed and sediment samples, IAEA-TEL-2014-04 ALMERA, IAEA, Terrestrial Environment Laboratory

V maju 2014 je Terrestrial Environment Laboratory z IAEA razposlal 3 vzorce umetno kontaminirane vode, vzorec morskih alg in sedimenta za določanje vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov. Pri tem preverjanju je Odsek F-2 sodeloval pri določitvi sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama. Končne individualne rezultate smo prejeli novembra 2014 [*Individual Evaluation Report for Laboratory No. 23 (IJS, Odsek F-2) for the ALMERA Proficiency Test IAEA-TEL-2014-04, IAEA, Terrestrial Environment Laboratory, S. Tarjan, Seibersdorf, november 2014*].

V naslednjih 5 tabelah so zbrani rezultati analiz IJS (koda laboratorija 23 za Odsek F-2). Prikazane so primerjave rezultatov z referenčnimi vrednostmi IAEA za umetne radionuklide v vseh vzorcih kontaminirane vode, morskih alg in sedimenta ter Pb-210 v vzorcu vode št. 1. Rezultati meritev naravnih radionuklidov v ostalih vzorcih pa 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.

Izračun povprečnih vrednosti in meril za primerjavo (Z-test):

robust average: $x^* = \text{median of } x_i (i = 1, 2..p)$, robust standard deviation $s^* = 1.483 * \text{median of } |x_i - x^*|$,

Z-test: $z = (\text{Reported-Value} - \text{TargetValue})/s^*$

Z-test: $z < 2$: acceptable, $2 \leq z \leq 3$: warning, $z > 3$: not acceptable

REZULTATI IJS (Odsek F-2):

IAEA-TEL-2014-04 Sample 1, Spiked Water analize IJS opravljene <i>maja 2014</i> , individualni rezultati objavljeni <i>novembra 2014</i>					
IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 23	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Cs-134	21,4 ± 0,2	20,8 ± 0,6	-2,80	-0,95	A
Cs-137	12,06 ± 0,1	12,0 ± 0,4	-0,50	-0,15	A
Pb-210	49,87 ± 1,23	53,4 ± 2,8	7,08	1,15	A

IAEA-TEL-2014-04 Sample 2, Spiked Water analize IJS opravljene <i>maja 2014</i> , individualni rezultati objavljeni <i>novembra 2014</i>						
IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 23	Rel. Bias %	u-test	Z-test	Final score
	(Bq/kg)					
Am-241	16,25 ± 0,2	16,5 ± 0,5	1,54	0,46	0,21	A
Eu-152	50,05 ± 0,41	49,1 ± 1,0	-1,90	-0,88	-0,33	A
Pb-214	14,2 ± 1	12,9 ± 1,1	-	-	-1,30	A
Bi-214	14,2 ± 1	13,3 ± 1,0	-	-	-0,90	A

IAEA-TEL-2014-04
Sample 3, Spiked Water

analize IJS opravljene *maja 2014*, individualni rezultati objavljeni *novembra 2014*

IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 23	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Cs-134	26,3 ± 0,2	25,8 ± 0,8	-1,90	-0,61	-
Cs-137	19,6 ± 0,1	19,6 ± 0,6	0,00	0,00	-
Ra-226	17,9 ± 0,1	17,9 ± 0,5	0,00	0,00	-
U-238	2,79 ± 0,02	3,3 ± 0,7	18,28	0,73	-
Am-241	20,0 ± 0,1	20,2 ± 0,6	1,00	0,33	-

IAEA-TEL-2014-04
Sample 4, Spiked Seaweed

analize IJS opravljene *maja 2014*, individualni rezultati objavljeni *novembra 2014*

IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 23	Rel. Bias %	u-test	Z-test	Final score
	(Bq/kg)					
Cs-134	8,27 ± 0,2	8,27 ± 0,25	0,00	0,00	0,00	A
Cs-137	22,96 ± 0,45	23,1 ± 0,7	0,61	0,17	0,07	A
Pb-214	2,8 ± 2	3,31 ± 0,43	-	-	0,26	A
Bi-214	2,8 ± 1,2	3,35 ± 0,38	-	-	0,46	A
Th-234	6,4 ± 2,1	8,3 ± 1,2	-	-	0,90	A
Tl-208	1,1 ± 0,4	1,04 ± 0,11	-	-	-0,15	A
Pb-212	2,6 ± 0,6	2,56 ± 0,12	-	-	-0,07	A
Ra-228	2,5 ± 0,7	2,44 ± 0,35	-	-	-0,09	A
K-40	1780 ± 150	1714 ± 51	-	-	-0,44	A

IAEA-TEL-2014-04
Sample 5, Sediment

analize IJS opravljene *maja 2014*, individualni rezultati objavljeni *novembra 2014*

IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 23	Rel. Bias %	u-test	Z-test	Final score
	(Bq/kg)					
Cs-137	12,0 ± 0,4	12,2 ± 0,4	1,67	0,35	0,20	A
Pb-210	19,6 ± 4,5	18,6 ± 1,1	-	-	-0,22	A
Pb-214	16,8 ± 2,0	18,0 ± 0,6	-	-	0,60	A
Bi-214	15,9 ± 2,4	17,7 ± 0,6	-	-	0,75	A
Th-234	15,9 ± 4,4	13,6 ± 1,1	-	-	-0,52	A
Tl-208	4,1 ± 0,7	4,15 ± 0,14	-	-	0,07	A
Ra-228	12,1 ± 1,5	11,7 ± 0,4	-	-	-0,27	A
K-40	270 ± 27	257 ± 11	-	-	-0,48	A

REZULTATI PREVERJANJA

IARMA ERAD-PT-2013

Environmental Radioactivity Proficiency Test on the Determination of Natural and Anthropogenic Radionuclides in Soil and Water International Atomic Reference Material Agency (IARMA), Thurso, Highland, United Kingdom

V letu 2013 je IARMA, International Atomic Reference Material Agency iz Združenega kraljestva priredila primerjalne meritve, kjer je bilo treba v 3 vzorcih umetno kontaminirane vode in enem vzorcu zemlje določiti vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov. Pri tem preverjanju je Odsek F-2 sodeloval pri določitvi sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama. Končni rezultati so bili objavljeni aprila 2014 [IARMA ERAD-PT-2013, Environmental Radioactivity Proficiency Test on the Determination of Natural and Anthropogenic Radionuclides in Soil and Water, International Atomic Reference Material Agency (IARMA), Thurso, Highland, United Kingdom, april 2014, poročilo je dosegljivo na spletni strani <http://www.iarma.co.uk/wp-content/uploads/2014/05/ERAD-PT-2013-Report-final-30-April-2014.pdf>].

V naslednjih 4 tabelah so zbrani rezultati analiz IJS (koda laboratorija 12 za Odsek F-2), primerjave z referenčnimi vrednostmi IARMA za umetne in naravne radionuklide v vzorcih kontaminirane vode in zemlje.

REZULTATI IJS (Odsek F-2):

IARMA ERAD-PT-2013					
Sample IARMA-001, Soil Sample					
analize IJS opravljene <i>novembra 2013</i> , končni rezultati objavljeni <i>aprila 2014</i>					
IZOTOP	IARMA	IJS Lab. No. 12	Rel. Bias %	Z-test	Final score
	(Bq/kg)				
K-40	440,0 ± 15,0	390,7 ± 27,3	-11,2	1,1	A
Cs-137	52,0 ± 1,3	48,8 ± 1,8	-6,2	0,6	A
Tl-208	12,8 ± 0,6	12,5 ± 0,4	-2,6	0,3	A
Pb-210	60,5 ± 3,4	59,8 ± 3,9	-1,2	0,1	A
Pb-212	41,3 ± 3,0	34,8 ± 1,4	-15,7	1,6	A
Pb-214	42,9 ± 2,3	42,5 ± 2,0	-0,9	0,1	A
Bi-214	42,7 ± 1,0	43,4 ± 1,7	1,6	-0,2	A
Ra-226	44,1 ± 1,7	42,9 ± 1,9	-2,6	0,3	A
Ac-228	35,9 ± 0,9	35,8 ± 1,2	-0,3	0,0	A

IARMA ERAD-PT-2013
Sample IARMA-002, Water Sample

analize IJS opravljene *novembra 2013*, končni rezultati objavljeni *aprila 2014*

IZOTOP	IARMA	IJS Lab. No. 12	Rel. Bias %	Z-test	Final score
	(Bq/kg)				
Co-57	3,08 ± 0,10	3,31 ± 0,15	7,4	-0,7	A
Co-60	3,23 ± 0,10	3,29 ± 0,16	1,9	-0,2	A
Ba-133	2,52 ± 0,06	2,55 ± 0,11	1,3	-0,1	A
Cs-134	2,99 ± 0,10	3,14 ± 0,15	5,1	-0,5	A
Cs-137	2,30 ± 0,10	2,37 ± 0,07	3,1	-0,3	A
Eu-152	4,07 ± 0,10	4,12 ± 0,22	1,2	-0,1	A
Pb-210	16,20 ± 0,50	17,33 ± 0,52	7,0	-0,7	A
Am-241	2,70 ± 0,10	2,69 ± 0,08	-0,5	0,0	A

IARMA ERAD-PT-2013
Sample IARMA-003, Water Sample

analize IJS opravljene *novembra 2013*, končni rezultati objavljeni *aprila 2014*

IZOTOP	IARMA	IJS Lab. No. 12	Rel. Bias %	Z-test	Final score
	(Bq/kg)				
Co-57	6,83 ± 0,22	7,29 ± 0,28	6,7	-0,7	A
Co-60	7,99 ± 0,24	7,91 ± 0,34	-1,0	0,1	A
Ba-133	4,86 ± 0,15	4,71 ± 0,17	-3,0	0,3	A
Cs-134	6,31 ± 0,20	6,30 ± 0,26	-0,2	0,0	A
Cs-137	13,98 ± 0,28	14,33 ± 0,49	2,5	-0,2	A
Eu-152	6,05 ± 0,20	6,13 ± 0,29	1,3	-0,1	A
Pb-210	28,60 ± 0,80	31,38 ± 1,38	9,7	-1,0	A
Am-241	7,10 ± 0,20	7,18 ± 0,22	1,2	-0,1	A

IARMA ERAD-PT-2013
Sample IARMA-004, Water Sample

analize IJS opravljene *novembra 2013*, končni rezultati objavljeni *aprila 2014*

IZOTOP	IARMA	IJS Lab. No. 12	Rel. Bias %	Z-test	Final score
	(Bq/kg)				
Co-57	16,54 ± 0,52	17,41 ± 0,61	5,3	-0,5	A
Co-60	19,54 ± 0,60	19,28 ± 0,65	-1,3	0,1	A
Ba-133	10,43 ± 0,31	10,09 ± 0,28	-3,3	0,3	A
Cs-134	13,85 ± 0,40	13,53 ± 0,47	-2,3	0,2	A
Cs-137	13,10 ± 0,39	13,16 ± 0,39	0,5	0,0	A
Eu-152	14,19 ± 0,43	13,85 ± 0,45	-2,4	0,2	A
Pb-210	53,30 ± 1,60	56,34 ± 3,90	5,7	-0,6	A
Am-241	16,20 ± 0,49	16,08 ± 0,48	-1,0	0,1	A

REZULTATI PREVERJANJA
"Fortluft 2013" sevalci gama v aerosolnem filtru
BfS, Bundesamt für Strahlenschutz in PTB, Nemčija

V letu 2013 je ZVD sodeloval pri primerjalnih meritvah simuliranih aerosolnih filtrov – *Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken (Fortluft), 35. Ringversuch "Fortluft 2013"*, SW 1.4-01/2014, G. Böhm, A. Deller, M. Ehlers, K. Kossert, C. Strobl, PTB in BfS, Berlin, Nemčija, april 2014, ki jih je organiziral BfS, Bundesamt für Strahlenschutz v sodelovanju s PTB iz Nemčije. Koda laboratorija ZVD je bila 63. Končni rezultati so bili objavljeni aprila 2014. Rezultati in primerjave z referenčnimi vrednostmi so zbrane v spodnji tabeli.

REZULTATI ZVD:

BfS - "Fortluft 201"3, ZVD					
Aerosolni filter, kontaminiran s sevalci gama					
analize (ZVD) opravljene <i>avgusta in septembra 2013</i> , končni rezultati objavljeni <i>aprila 2014</i>					
IZOTOP	BfS PTB-Wert	ZVD		odmik (%)	z-score
	(Bq/g)	Aktivnost (Bq/g)	Varianca (Bq/g) ²		
Mn-54	3,03 ± 0,06	3,008	0,00678	-0,73	0,13
Co-60	2,01 ± 0,04	1,963	0,00194	-2,35	0,33
Ba-133	5,05 ± 0,11	4,668	0,05616	-7,56	0,98
Ho-166M	6,23 ± 0,13	5,480	0,04590	-12,04	1,24

REZULTATI PRIMERJAVE
Meritve koncentracije radionuklidov
v vzocu zemlje (5–10 cm) z lokacije Rugvica, Hrvaška

V septembru 2013 je IMI iz Zagreba organiziral primerjalne meritve vzorca zemlje iz globine 5–10 cm z lokacije Rugvica, Hrvaška. Določiti je bilo treba vsebnost naravnih in umetnih radionuklidov. Vzorec je bil zbran v aprilu 2013 ter pripravljen na IMI. Pri meritvah so sodelovali IJS (Odsek F-2), ZVD, IMI, Zavod za javno zdravstvo FBiH in Veterinarski fakultet, Zavod za higienski nadzor namirnica i zaščito životne sredine iz Sarajeva. Rezultate je zbral IMI, poročilo z naslovom *Izveščće o međulaboratorijskom usporednom ispitivanju Tlo (5–10 cm), Rugvica, Hrvatska* so pripravili in objavili julija 2014.

Rezultati posameznih laboratorijev in primerjave s povprečno vrednostjo so v spodnji tabeli.

REZULTATI MERITEV IJS, IMI in ZVD

Radionuklid	Povprečna vrednost	IJS	IMI	ZVD
	Bq/kg			
K-40	481 ± 9	474 ± 19	518 ± 3	488 ± 27
Cs-137	16,6 ± 0,2	17,3 ± 0,4	17,1 ± 0,1	17,6 ± 0,5
Th-232	–	–	35,0 ± 0,4	–
Ra-228	35,2 ± 0,8	37,7 ± 0,8	35,0 ± 0,4	–
Ac-228	–	–	–	38,7 ± 1,2
U-238	31,7 ± 2,0	27,4 ± 1,8	41,4 ± 0,8	29,7 ± 6,2
Th-228	36,2 ± 0,6	38,5 ± 0,8	–	35,4 ± 1,3
Ra-226	40,7 ± 0,7	50,2 ± 2,0	39,1 ± 0,9	35,6 ± 1,3
Pb-212	–	–	–	38,9 ± 1,4
Pb-210	48,2 ± 2,8	58,4 ± 9,5	46,3 ± 2,0	47,6 ± 4,9
U-235	–	–	21,8 ± 0,9	–
Sr-90	1,33 ± 0,15	–	0,260 ± 0,001	2,4 ± 0,3

REZULTATI MEDLABORATORIJSKIH PRIMERJAV

IND MetroMetal

Results of the interlaboratory comparisons of reference samples of cast steel, slag and fume dust

REPORT IND 04-26

V letih 2013 in 2014 je IJS, Odsek F-2, sodeloval pri medlaboratorijskih primerjavah v okviru evropskega metrološkega projekta EMRP MetroMetal, Metrologija ionizirajočega sevanja v metalurški industriji. Opravili smo meritve umetnih radionuklidov v štirih različnih vzorcih metalurških materialov z zelo različnimi gostotami – v 2 vzorcih železa, pri čemer je bil eden realno kontaminiran s Co-60 (ILC_1A), drugi pa umetno (ILC_1B), v vzorcu žindre (ILC_2) je bilo treba določiti vsebnost Ra-226, v vzorcu pepela (ILC_3) pa Co-60 in Cs-137.

Končni rezultati so bili objavljeni januarja 2015 [IND04 MetroMetal, Ionising radiation metrology for the metallurgical industry, REPORT IND 04-26, Results of the interlaboratory comparisons of reference samples of cast steel, slag and fume dust, JRC, CMI, CIEMAT, PTB, SMU, BEV/PTP, CEA, ENEA, IFIN-HH, IJS, ITN-IST, POLATOM, STUK, January 2015].

V naslednjih 4 tabelah so zbrani rezultati analiz IJS ter primerjave z referenčnimi vrednostmi za vzorce železa, žindre in pepela.

REZULTATI IJS (Odsek F-2):

ILC_1A					
Cast steel reference standard (Siempelkamp), real contaminated					
analize IJS opravljene <i>aprila in maja 2013</i> , končni rezultati objavljeni <i>januarja 2015</i>					
IZOTOP	Reference value	IJS (sample ID PTB-9)	Rel. Bias %	u-test	Evaluation
	(Bq/g)				
Co-60	1,077 ± 0,019	1,02 ± 0,03	5,29	1,61	Passed

ILC_1B					
Cast steel reference standard (VUHZ), contaminated					
analize IJS opravljene <i>avgusta 2013</i> , končni rezultati objavljeni <i>januarja 2015</i>					
IZOTOP	Reference value	IJS (sample ID VUHZ-7)	Rel. Bias %	u-test	Evaluation
	(Bq/g)				
Co-60	1,483 ± 0,022	1,43 ± 0,04	3,57	1,16	Passed

ILC_2**Slag reference standard, contaminated with Ra-226**analize IJS opravljene *septembra 2013*, končni rezultati objavljeni *januarja 2015*

IZOTOP	Reference value	IJS (sample ID HSlag-08)	Rel. Bias %	u-test	Evaluation
	(Bq/g)				
Ra-226	9,08 ± 0,021	9,14 ± 0,27	-0,66	-0,22	Passed

ILC_3**Fume dust reference standard, contaminated**analize IJS opravljene *decembra 2013*, končni rezultati objavljeni *januarja 2015*

IZOTOP	Reference value	IJS (sample ID HFD-08)	Rel. Bias %	u-test	Evaluation
	(Bq/g)				
Co-60	0,450 ± 0,018	0,442 ± 0,013	1,78	0,36	Passed
Cs-137	9,72 ± 0,10	9,98 ± 0,30	-2,67	-0,82	Passed