

NADZOR RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO

Poročilo za leto 2013



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

NADZOR RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO

Poročilo za leto 2013



Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija

Institut Ruđer Bošković, Zagreb, Hrvaška

Nuklearna elektrarna Krško, Krško, Slovenija

Zavod za varstvo pri delu, Ljubljana, Slovenija

MEIS, d. o. o., Mali Vrh pri Šmarju, Slovenija

IJS delovno poročilo
IJS-DP-11550
marec 2013

NADZOR RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO

Poročilo za leto 2013

Odgovorni za izdajo poročila: doc. dr. Matej Lipoglavšek

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 2013, IJS-DP-11549*, 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. Branko Vodenik, mag. Denis Glavič - Cindro

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

Založil: Institut "Jožef Stefan"

Prva izdaja: 31. marec 2013

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

Pogodba št.: POG-3644

Št. delovnega poročila: IJS-DP-11550

Redakcija je bila končana marca 2013.

Vse pravice pridržane. Noben del poročila Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2013 ter obeh prilog k poročilu: *Meritve radioaktivnosti v okolju in na izviru ter njihova obravnava v luči morebitnega vpliva NEK na okolje in Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne – Poročilo za leto 2013*, 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: 50 izvodov



NASLOV:

Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško

IJS-DP-11550

marec 2013

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 2013 za atmosferske emisije *efektivno dozo* 0,054 μSv na leto in za tekočinske emisije za referenčno skupino prebivalstva *efektivno dozo* 0,43 μSv na leto. V letu 2013 so bili tako vsi sevalni vplivi NEK-a na prebivalstvo v okolici ocenjeni na manj kot 0,5 μSv na leto, kar je 1 % avtorizirane mejne letne doze (50 μSv ; vsota prispevkov po vseh prenosnih poteh) za prebivalca na robu ožje varstvene cone. 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 v neposredni okolici jedrske elektrarne je približno 0,02 % 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-11550

March 2013

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 amount in the year 2013 gives to a value of the *effective dose* of 0,054 μSv per year for atmospheric discharges and 0,43 μSv per year for liquid discharges received by members of the reference (critical) population group. Thus, in 2013, the radiation effects of the Krško NPP on the population in the immediate surroundings were estimated at less than 0.5 μSv per year, what presents 1 % of the authorized dose limit (50 μSv ; the sum of the contributions from all exposure pathways) to the member of the public received at the boundary of the exclusion area. 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 in its vicinity is 0.02 % 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, 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, 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.

Izvajalci na IRB - Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti- Zavod za eksperimentalnu fiziku:

dr. J. Barešić, 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, d. o. o.:

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





VSEBINA

Uvod in upravne podlage	ix / lviii
Izveček	xiii / lviii
Summary	xxix / lviii
Neodvisni nadzor pooblaščenih izvajalcev	xlix / lviii

AVTORJI

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

**Meritve radioaktivnosti v okolju in na izvihu ter njihova obravnava v luči morebitnega vpliva NEK na okolje,
ISBN 978-961-264-054-5**

**Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško –
Poročilo za leto 2013, IJS-DP-11549**

Imisijske meritve (meritve v okolju jedrske elektrarne)	
Tabele merskih rezultatov	M-1 / M-122
Tabele interkomparacijskih rezultatov	
Mednarodne primerjalne meritve izvajalcev	M-89 / M-122
Tabele najboljših ocen pravih vrednosti, dobljenih s spektrometrijo gama	M-109 / M-122

*Poročilo Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško –
Poročilo za leto 2013, IJS-DP-11549 je na priloženi zgoščenki.*





LETNO POROČILO

Po pogodbi POG-3644 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 [7]. Uvod je povzetek prispevkov iz monografije "*Meritve radioaktivnosti v okolju in na izviru ter njihova obravnava v luči morebitnega vpliva NEK na okolje*", kjer so ocene doz in drugi parametri obravnavani podrobno. Za potrebe poročila pa v strnjeni obliki podajamo ugotovitve za leto 2013.

Odgovorni za izdajo:

doc. dr. Matej Lipoglavšek





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 [7]. 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, Radiološki monitoring v okolici NEK za leta 2008, 2009 in 2010 v Republiki Sloveniji, NEK, TO.RZ, 15/2007, revizija: 0, priloga 14.1, NEK-RETS, Rev. 6, poglavje 3.12, stran 43 do 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 2013;
- mesečni izračuni zračnih razredčitvenih faktorjev Agencije Republike Slovenije za okolje za okolico NEK v letu 2013;
- mesečni izračuni zračnih razredčitvenih faktorjev MEIS, d. o. o., za okolico NEK v letu 2013;
- 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 sprotnem 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 pooblastiloma št. 35400-4/2009/4 z dne 4. 6. 2009 (IJS) in 3916-4/2007/8 z dne 4. 3. 2009 (ZVD), ki ju je izdala Uprava Republike Slovenije



za jedrsko varnost (URSVJ) v soglasju z Upravo RS za varstvo pred sevanji (URSVS).

Pravilnik o pogojih in metodologiji za ocenjevanje doz pri varstvu delavcev in prebivalstva pred ionizirajočimi sevanji (Uradni list RS, št. 115, stran 15 700, 24. 11. 2004) 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 ter
- dr. Benjamina Zorka z odločbo 1864-10/2013-3 z dne 16. 10. 2013

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 poslovník 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 presežati 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 prehodom 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) [7]. 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 2013. 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 2013 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 trendov. 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 četrletni vzorci vode iz vodovodov v Krškem, Brežicah in Ljubljani (referenčna lokacija);
- b) mesečni sestavljeni vzorci črpališč v Bregah, Drnovem, Brežicah ter vodovodov Spodnji Stari Grad in Brežice;
- c) vzorčevanje podtalnice v neposredni okolici elektrarne (četrletni enkratni vzorci iz vrtine E1 znotraj ograje NEK in mesečni enkratni vzorci iz vrtine VOP-4, Vrbina) in na dveh lokacijah na Hrvaškem (vrtini Medsave in Šibice).

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

3) Padavinski in suhi usedi:

- a) mesečni sestavljeni vzorci iz zbiralnikov padavin v Bregah, Krškem in na referenčni lokaciji v Dobovi ter v Ljubljani (kontrolna lokacija; v okviru monitoringa 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 (monitoring 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 2013 bilo skupno zbranih dvajset vzorcev. Frekvenca vzorčevanja je bila v času remonta od 1. 10. do 18. 11. 2013 višja (en vzorec na 14 dni, sicer na 1–2 meseca). 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 Vrbinja – 8,5 km od NEK); tri lokacije so na neobdelani zemlji, ena na obdelani; vzorčevanje poteka dvakrat letno, in sicer ločeno po globinah do 30 cm na neobdelani zemlji in do 50 cm na obdelani zemlji.

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



6) Hrana:

- a) vzorčevanje poteka na naslednjih mestih: sadovnjak ob NEK (sadje), Pesje (mleko, zelenjava), Spodnja in Zgornja Pohanca (sadje), Brege (meso, divjačina, mleko, zelenjava), Vihre (mleko, zelenjava), Vrbina (jajca, zelenjava, žito), Spodnji Stari Grad (meso, jajca, zelenjava), Žadovinek (zelenjava), Trnje (zelenjava, žito), Sromlje (meso), Krško (sadje), Vinska klet Leskovec (vino).
- 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 2013 dvakrat (julij in september) na 16 lokacijah v okolici NEK in v Dobovi; skupaj je bilo analiziranih 36 vzorcev, julija 19 in septembra 17. Vsakokrat sta bila izmerjena po dva vzorca koruze na referenčni točki v Dobovi
- 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.

1) Reka Sava

Meritve v savski vodi so, tako kot v preteklih letih, pokazale prirastek koncentracije aktivnosti H-3 zaradi tekočinskih izpustov NEK. Povprečna letna koncentracija aktivnosti H-3 v Brežicah $4,4 \text{ kBq/m}^3$ je 6-krat višja kot na referenčnem odvzemnem mestu Krško (pred papirnico) $0,7 \text{ kBq/m}^3$. Povprečna koncentracija aktivnosti na vseh lokacijah je bila v letu 2013 nižja kot v letu 2012, vendar višja kot rezultati meritev v letu 2011. Najvišja vrednost v Brežicah je bila v avgustu $(31 \pm 4) \text{ kBq/m}^3$, medtem ko je bila v tem obdobju vrednost na referenčnem odvzemu Krško $(0,50 \pm 0,07) \text{ kBq/m}^3$. Najvišja izmerjena koncentracija aktivnosti v Brežicah je bila podobna kot v predhodnem letu. Meritve tritija na lokacijah Brežice in Krško je opravil IJS. V Jesenicah na Dolenjskem so meritve IRB pokazale letno povprečje $2,2 \text{ kBq/m}^3$ z največjo vrednostjo $(9,5 \pm 0,9) \text{ kBq/m}^3$, v mesecu avgustu. Letno povprečje v Brežicah je od letnega povprečja v Jesenicah na Dolenjskem višje za faktor 2, kar je 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 (okoli 1 kBq/m^3).

Koncentracije aktivnosti I-131 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 letna koncentracija aktivnosti I-131 v enkratnih vzorcih na vzorčevalnih mestih je bila od $0,49 \text{ Bq/m}^3$ v Jesenicah na Dolenjskem do $0,98 \text{ Bq/m}^3$ v Krškem. Najvišja posamična vrednost $(1,9 \pm 0,4) \text{ Bq/m}^3$ je bila izmerjena tako v Krškem kot tudi v Brežicah. V drugih rekah v Sloveniji so bile povprečne letne koncentracije aktivnosti I-131 večinoma nižje od 5 Bq/m^3 . Jod je bil zaznan v večini rek, razen v reki Kolpi in Soči. Čeprav je bil I-131 zaznan tudi v tekočinskih izpustih NEK, njegovo koncentracijo aktivnosti v Savi, enako kot v drugih rekah, pripisujemo njegovi uporabi v medicinskih ustanovah. V talnem sedimentu je I-131 zelo redko



opažen, navadno z zelo nizko specifično aktivnostjo. V letu 2013 je bil zaznan v prvem in tretjem kvartalu le v Jesenicah na Dolenjskem, kjer je bila povprečna izmerjena specifična aktivnost $(0,23 \pm 0,1)$ Bq/kg. V vzorcih rib I-131 ni bil detektiran.

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. Letno povprečje koncentracij aktivnosti pri meritvah vode v Brežicah (Cs-137: $0,04$ Bq/m³, Sr-90: $2,8$ Bq/m³) je podobno kot na referenčni lokaciji v Krškem (Cs-137: $0,09$ Bq/m³, Sr-90: 2 Bq/m³). V Jesenicah na Dolenjskem je bila letna povprečna koncentracija aktivnosti Cs-137 $0,01$ Bq/m³, Sr-90 pa $2,7$ Bq/m³. Izmerjeno letno povprečje koncentracije aktivnosti Cs-137 v filtrskem ostanku v Brežicah je $0,01$ Bq/m³ in je nižje kot na referenčnem mestu Krško $0,1$ Bq/m³. Povprečje koncentracije aktivnosti cezija v filtrskem ostanku v Jesenicah na Dolenjskem je bilo $0,06$ Bq/m³. Povprečne koncentracije aktivnosti Cs-137 v drugih rekah po Sloveniji so primerljive, kot jih lahko izmerimo v Savi v okolici NEK. Najvišja povprečna letna koncentracija aktivnosti v drugih rekah je bila izmerjena v reki Muri $0,5$ Bq/m³. Primerjava vrednosti z upoštevanjem merskih negotovosti kaže, da je vpliv NEK zaradi tekočinskih izpustov Cs-137 nedoločljiv. Povprečna letna specifična aktivnost radioaktivnega cezija v talnih sedimentih, ki jih je določil IRB, je bila v Krškem (pod mostom) 5 Bq/kg z največjo vrednostjo $(8,7 \pm 1)$ Bq/kg, pod jezo NEK $4,4$ Bq/kg z največjo vrednostjo $(6,7 \pm 0,9)$ Bq/kg, v Pesju $2,2$ Bq/kg z največjo vrednostjo $(2,8 \pm 1)$ Bq/kg, v Brežicah $3,2$ Bq/kg z največjo vrednostjo $(6,3 \pm 0,9)$ Bq/kg, v Jesenicah na Dolenjskem $1,9$ Bq/kg z največjo vrednostjo $(3,5 \pm 0,9)$ Bq/kg in v Podsusedu $0,5$ Bq/kg z največjo vrednostjo $(0,7 \pm 0,3)$ Bq/kg. Rezultati meritev Cs-137 v sedimentih, ki jih je izvedel ZVD, so v okviru merske negotovosti primerljivi meritvam IRB.

Povprečne koncentracije aktivnosti Sr-90 v drugih rekah po Sloveniji so podobne, kot jih lahko izmerimo v Savi v okolici NEK. Povprečna koncentracija aktivnosti Sr-90, izmerjena v Savi na lokaciji Laze pri Ljubljani, je bila 3 Bq/m³. Izmerjena koncentracija aktivnosti Sr-90 v filtrskem ostanku v Savi pri Brežicah, v Krškem in v Jesenicah na Dolenjskem je bila pod mejo kvantifikacije, oziroma detekcije. Primerjava meritev z upoštevanjem merskih negotovosti kaže, da je vpliv NEK zaradi tekočinskih izpustov Sr-90 nedoločljiv. Specifične aktivnosti stroncija v talnih sedimentih so tipično 10-krat nižje kot specifične aktivnosti cezija. Povprečne vrednosti, ki jih je izmeril ZVD, so bile $0,9$ Bq/kg v Krškem, $0,8$ Bq/kg v Brežicah in $0,6$ 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 letna vrednost $< 0,5$ Bq/kg. Specifična aktivnost stroncija v talnem sedimentu je tako primerljiva z rezultati meritev iz predhodnih let. Stroncij je bil izmerjen tudi v vseh vzorcih rib. V meritvah ZVD (cele ribe) se gibljejo povprečne letne specifične aktivnosti Sr-90 po lokacijah od $0,2$ Bq/kg do $0,4$ Bq/kg, kar je v okviru negotovosti podobno kot v preteklih letih.

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 2013 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 verige 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 nekoliko višje: okrog 30 Bq/m³. Največja izmerjena posamična vrednost za K-40 je bila v Krškem (45 ± 5) Bq/m³. Redno je bil merjen tudi kozmogeni radionuklid Be-7. V sedimentih so bile na vseh odvzemnih mestih koncentracije aktivnosti U-238 in Ra-228 okrog 30 Bq/kg. Koncentracije aktivnosti 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 201 Bq/m³.

2) Vodovodi in črpališča

Najvišje koncentracije aktivnosti H-3 so bile v letu 2013, podobno kot v prejšnjih letih, izmerjene v črpališčih Brege, Drnovo in Spodnji Stari Grad – krško vodnooskrbno območje. Letno povprečje v



črpališču Brege je bilo $1,6 \text{ kBq/m}^3$, najvišja mesečna vrednost pa je bila izmerjena septembra ($2\,069 \pm 440$) Bq/m^3 . Izmerjeni letni povprečni koncentraciji aktivnosti tritija v črpališčih Drnovo in Spodnji Stari Grad sta bili enaki, $1,1 \text{ kBq/m}^3$. Letno povprečje koncentracije aktivnosti H-3 v vodovodu Brežice je bilo 125 Bq/m^3 , v okviru negotovosti in stresanja podatkov, enako kot v letu 2011 in 2012, v črpališču Brežice – Glogov Brod pa 137 Bq/m^3 .

V krškem vodovodu (bencinski servis Petrol) je bila izmerjena povprečna vrednost 1 kBq/m^3 , na bencinskem servisu Petrol v Brežicah pa je bila vrednost pod mejo detekcije. Kot referenčno vrednost lahko vzamemo dolgoletno povprečje koncentracije aktivnosti tritija v ljubljanskem vodovodu, 932 Bq/m^3 , ki se meri v okviru republiškega radiološkega nadzora pitne vode. V letu 2013 je bila izmerjena koncentracija aktivnosti H-3 v ljubljanskem vodovodu (596 ± 85) Bq/m^3 .

Letno povprečje koncentracije aktivnosti H-3 v vrtini E1 je bilo $2,5 \text{ kBq/m}^3$, v vrtini VOP-4 pa $4,5 \text{ kBq/m}^3$, pri čemer so bile v vrtini E1 izmerjene najvišje vrednosti ($4\,790 \pm 340$) Bq/m^3 v zadnji četrtini leta, v vrtini VOP-4 v oktobru ($24\,324 \pm 2\,181$) Bq/m^3 . Največji tekočinski izpust H-3 je bil v letu 2013 v mesecu septembru ($4,4 \text{ TBq}$), kar je skoraj $37,5 \%$ letne vrednosti izpusta H-3 ($11,6 \text{ TBq}$). Letni izpust H-3 v Savo je bil 26% letne omejitve (45 TBq).

Letno povprečje koncentracije aktivnosti stroncija Sr-90 v krških črpališčih in vodovodu je bilo $0,5 \text{ Bq/m}^3$, v brežiškem vodovodnem sistemu pa $0,06 \text{ Bq/m}^3$. Izmerjena koncentracija aktivnosti Sr-90 v ljubljanskem vodovodu je bila $< 0,5 \text{ Bq/m}^3$, medtem ko je koncentracija aktivnosti Sr-90 v ljubljanskem vodovodu od leta 2002 do 2013 od $0,4 \text{ Bq/m}^3$ do $1,5 \text{ Bq/m}^3$.

Nekoliko višja vrednost letnega povprečja Sr-90 v primerjavi z vrednostmi v krških in brežiških črpališčih je bila izmerjena v vrtini E1 (znotraj ograje NEK) $2,8 \text{ Bq/m}^3$ ter vrtinah Medsave in Šibice na Hrvaškem, $2,9 \text{ Bq/m}^3$ in $3,5 \text{ Bq/m}^3$. Nobena od teh vrednosti se bistveno ne odmika od podatkov iz leta 2012 ali prejšnjih let.

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 določena pod mejo kvantifikacije.

Koncentracije aktivnosti naravnega izotopa K-40 so bile izmerjene na vseh vzorčevalnih mestih. V krških črpališčih in vodovodu Brege, Drnovo in Spodnji Stari Grad je bila letna povprečna koncentracija aktivnosti K-40 48 Bq/m^3 , v brežiškem vodno oskrbovalnem sistemu pa 23 Bq/m^3 .

Za vsa vzorčevalna mesta krškega in brežiškega vodovoda velja, da so letna povprečja naravnega U-238 nizka, najvišje letno povprečje je bilo izmerjeno v črpališču Drnovo, in sicer 5 Bq/m^3 . Povprečne letne koncentracije aktivnosti Ra-226 na istih lokacijah se gibljejo od $0,3 \text{ Bq/m}^3$ (vodovod Brežice) do $2,2 \text{ Bq/m}^3$ (vodovod Krško). Koncentracija aktivnosti Pb-210 je bila od 3 Bq/m^3 v vodovodu Krško do $5,1 \text{ Bq/m}^3$ v vodi iz črpališča Brežice. V Ljubljani je bila koncentracija aktivnosti Pb-210 pod mejo kvantifikacije. Letna povprečna koncentracija aktivnosti Ra-228 v črpališču Brežice je bila $0,3 \text{ Bq/m}^3$, v Krškem pa $0,7 \text{ Bq/m}^3$. Letne povprečne koncentracije aktivnosti Th-232 se gibljejo med $0,3 \text{ Bq/m}^3$ (Brežice) in $0,2 \text{ Bq/m}^3$ (Krško). Be-7 je bil občasno detektiran v vseh črpališčih in vodovodih v Krškem in Brežicah. Povprečna letna koncentracija aktivnosti Be-7 je bila od $3,5 \text{ Bq/m}^3$ v Krškem do 4 Bq/m^3 v Brežicah.

3) Padavinski in suhi usedi

Padavinski režimi v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani so si med seboj podobni; po pričakovanjih se nekoliko razlikuje le ljubljanski padavinski vzorec. Letna količina padavin je bila v letu 2013 nekoliko večja od tridesetletnega povprečja; za 13% v Ljubljani in 8% v Krškem. Največ padavin je padlo v Ljubljani ($1\,531 \text{ mm}$). V Krškem, Bregah in Dobovi je padlo v povprečju $1\,152 \text{ mm}$ dežja. Razlika med količinami padavin v okolici NEK je kvečjemu okrog 6% , kar je primerljivo s prejšnjimi leti. Nasprotno od lanskega leta v letu 2013 ni bilo izrazito mokrega letnega časa; meseci z večjo količino dežja (februar, maj, september, november) so se izmenjevali s sušnimi meseci (april, julij, oktober, december).



Koncentracije tritija v padavinskih vzorcih so se v letu 2013 gibale med najnižjo izmerjeno vrednostjo pod mejo detekcije v Ljubljani in navišjo vrednostjo 4 860 Bq/m³ v Bregah, kar je 86 % več kot lanska najvišja koncentracija aktivnosti. Povprečna letna koncentracija aktivnosti za leto 2013 je bila na splošno višja kot v letu 2012; najnižja v Ljubljani, najvišja pa v Bregah. Razmerje med najvišjo in najnižjo vrednostjo je podobnega reda velikosti za vse štiri lokacije in je med 3 in 3,7, najvišja vrednost pripada Bregam. Letne povprečne koncentracije aktivnosti H-3 v padavinah v Bregah in Krškem so bile 2,5 kBq/m³ in 1,8 kBq/m³, v Dobovi (referenčna lokacija) in Ljubljani (kontrolna lokacija) pa 1,2 kBq/m³ in 0,9 kBq/m³. Najvišje mesečne koncentracije aktivnosti so bile izmerjene v Bregah decembra (4,9 ± 0,3) kBq/m³, v Krškem in Dobovi oktobra (3,0 ± 0,3) kBq/m³ oziroma (1,9 ± 0,3) kBq/m³, v Ljubljani pa v juniju (1,5 ± 0,2) kBq/m³.

V letu 2013 so bili zračni izpusti tritija nekoliko nižji kot leto poprej. Povišana aktivnost tritija v emisijah je bila oktobra in novembra med remontom. Celoletna izpuščena aktivnost H-3 v letu 2013 je bila 6 TBq, v letu 2012 9 TBq, v letu 2011 pa 5 TBq. V letu 2013 je povprečna letna koncentracija aktivnosti tritija v padavinah v Bregah, 2,5 kBq/m³, višja kot leta 2011 in 2012: povprečna koncentracija aktivnosti tritija v 2011 je bila 1,8 kBq/m³, v 2012 pa 1,7 kBq/m³. Padavinski minimumi se ujemajo z maksimalnimi koncentracijami aktivnosti tritija v Bregah, drugje pa ne. V Krškem je bila v letu 2013 letna povprečna koncentracija aktivnosti tritija 1,8 kBq/m³, medtem ko je bila leta 2011 1,5 kBq/m³, leta 2012 pa 1,3 kBq/m³. V Dobovi je bila v letu 2013 letna povprečna koncentracija aktivnosti tritija 1,2 kBq/m³ v okviru merske negotovosti primerljiva s prejšnjimi leti. Podobno je tudi s koncentracijo aktivnosti tritija v Ljubljani.

Tako povprečne kot najvišje vrednosti koncentracije aktivnosti Sr-90 so nižje kot v lanskem letu; najvišja koncentracija aktivnosti je bila ugotovljena v vzorcu iz Dobove, kar je enako kot v letu 2012. Najvišja koncentracija aktivnosti Sr-90 v padavinah v Dobovi je bila v juliju 2,1 Bq/m³. Delež vzorcev, za katere so bile izmerjene vrednosti pod mejo kvantifikacije, je v letu 2013 še večji kot v letu 2012 – takih rezultatov je skoraj 70 %. Dobova kaže nekoliko drugačen potek kot Krško in Brege. Vrednosti celotnega mesečnega padavinskega useda Sr-90 na posameznih lokacijah se gibljejo med nič in 0,16 Bq/m² in ne kažejo korelacije s količino padavin.

Pri mesečnih koncentracijah aktivnosti Cs-137 v padavinah v Krškem, Bregah, Dobovi in v Ljubljani so bile izmerjene vrednosti nad mejo detekcije pri samo petih vzorcih, kar predstavlja 10 % vseh vzorcev. Najvišja vrednost je bila ugotovljena za junijski vzorec v Bregah 1,5 Bq/m³ in je skoraj šestkrat nižja od lanske maksimalne vrednosti v marcu.

Najvišje vrednosti padavinskega useda za Cs-137 so bile izmerjene poleti: v Ljubljani 0,16 Bq/m² in Dobovi 0,04 Bq/m² julija, v Bregah 0,1 Bq/m² pa junija. Po podatkih o plinskih izpustih za Cs-137 iz NEK je bila izpuščena aktivnost od januarja do julija konstantna, potem pa je močno padla.

4) Zrak

Od umetnih radionuklidov sta bila v letu 2013 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. 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 nizke, med 0,3 μBq/m³ in 0,5 μBq/m³. Koncentracija aktivnosti radioaktivnega joda I-131 v zraku je bila v letu 2013 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 0,61 mSv in 1,021 mSv, pri čemer je bila povprečna vrednost 0,8 mSv na leto. Na ograji NEK so bile izmerjene vrednosti med 0,51 mSv in 0,63 mSv na leto in povprečna vrednost 0,58 mSv na leto. Meritve s TL-dozimetri po Sloveniji so dale povprečno vrednost okoljskega doznega ekvivalenta 0,877 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 0,78 mSv.

Meritev $H^*(10)$ s kontinuirnimi merilniki MFM-203 je v letu 2013 dala povprečno vrednost 0,82 mSv na leto (v razponu od 0,56 mSv do 0,99 mSv), kar je 2 % 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 2013 0,82 mSv v razponu od 0,59 mSv do 1,16 mSv. Povprečni letni okoljski dozni ekvivalent, izmerjen s 44 MFM, je za 6 % nižji od tistega, ki ga kažejo meritve s TLD na območju Slovenije. Iz primerjave letnih okoljskih doznih ekvivalentov v tabeli T-56/a z letnimi okoljskimi doznimi 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 2013 povprečni letni okoljski dozni ekvivalent 0,96 mSv v razponu od 0,59 mSv do 1,42 mSv. Ta dozni ekvivalent je večji za 9 % od povprečnega letnega doznega ekvivalenta, izmerjenega s TLD v Sloveniji.

Za TLD in MFM, ki sta pri meteorološki postaji Rektorskega centra IJS v Brinju, smo ugotovili zelo dobro ujemanje med mesečnimi izmerki tudi v letu 2013. Tako je u -preskus za mesečne izmerke med TLD in MFM med 0,65 in 1,52, Pearsonov korelacijski koeficient pa 0,74, kar pomeni dobro ujemanje oziroma korelacijo.

Zemlja

Meritve vzorcev zemlje so pokazale le prisotnost globalnih izotopov Cs-137 in Sr-90. Specifične aktivnosti Cs-137 v zemlji so bile od 0,71 Bq/kg v globini 5–10 cm v Kusovi Vrbini do 133 Bq/kg v globini 5–10 cm v neobdelani zemlji v Gmajnicah. Na lokaciji Amerika je opazen premik maksimuma k večjim globinam, na lokaciji Kusova Vrbina pa je specifična aktivnost v globini 15–30 cm precej višja kot je bila izmerjena prejšnje leto. To je lahko posledica premika Cs-137 v globlje plasti ali drugačne porazdelitve depozita na mikrolokaciji, kar bo mogoče ugotoviti na podlagi meritev v naslednjih letih. Specifične aktivnosti Sr-90 v letu 2013 so v razponu od 0,29 Bq/kg v Kusovi Vrbini v globini 0–5 cm do 2,3 Bq/kg v globini 15–30 cm v neobdelani zemlji v Gmajnicah. V Kusovi Vrbini in Ameriki je globinski profil za leto 2013 kvalitativno in kvantitativno zelo podoben profilu, ki je bil izmerjen v prejšnjih letih.

Usedi Cs-137 (do globine 15 cm), izmerjeni v letu 2013 v Gmajnicah, Kusovi Vrbini in Ameriki, so bili pod 13 kBq/m², 0,29 kBq/m² in 4,1 kBq/m². Te vrednosti so primerljive z usedom do globine 15 cm, ki se določa v okviru nadzora radioaktivnosti v okolju v Sloveniji v letu 2013 (Ljubljana: 8,5 kBq/m², Kobarid: 10,3 kBq/m² in Murska Sobota: 3,29 kBq/m²). Tudi izračunani usedi Sr-90 za lokacije vzorčevanja zemlje v okolici NEK, ki so od 0,06 kBq/m² v Kusovi Vrbini do 0,16 kBq/m² v Gmajnicah, so primerljivi z rezultati, dobljenimi drugod po Sloveniji, in so med 0,04 kBq/m² v Murski Soboti in 0,22 kBq/m² v Ljubljani.

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 velja za Be-7.



6) Hrana

Cs-137 in Sr-90 sta edina umetna radionuklida, ki sta bila izmerjena v vzorcih hrane. Izotop Cs-137 je bil v okolici NEK letu 2013 detektiran v mesu, sadju, mleku, listni in podzemni zelenjavi ter v vinu, v hrani vzorčevani po Sloveniji pa tudi v žitih in plodovkah.

Povprečna specifična aktivnost Cs-137 v živilih v okolici NEK je bila 0,05 Bq/kg, in je primerljiva s povprečno specifično aktivnostjo Cs-137 v živilih, vzorčevanih drugod po Sloveniji, ki je bila 0,05 Bq/kg. Živila se na osnovi specifične aktivnosti Cs-137 grupirajo v tri skupine, in sicer: največjo specifično aktivnost Cs-137 najdemo v mesu in sadju, sledijo mleko, listna zelenjava in žito, skupino z najmanjšo specifično aktivnostjo Cs-137 pa tvorijo podzemna zelenjava, plodovke in vino. V okolici NEK najdemo največ Cs-137 v mesu in sadju, drugod po Sloveniji pa v mesu, žitih in mleku. Najvišja specifična aktivnost Cs-137 v vzorcih hrane živalskega izvora, je bila detektirana v svinjskem mesu ($0,36 \pm 0,03$) Bq/kg, v hrani rastlinskega izvora je bila v letu 2013 najvišja specifična aktivnost Cs-137 izmerjena v bezgu ($0,59 \pm 0,03$) Bq/kg.

Povprečna specifična aktivnost Sr-90 v živilih v okolici NEK je bila 0,11 Bq/kg, povprečna specifična aktivnost Sr-90 v živilih, vzorčevanih drugod po Sloveniji, pa 0,05 Bq/kg. Največ Sr-90 najdemo v okolici NEK v listni zelenjavi in žitih, drugod po Sloveniji pa v žitih. V okolici NEK je bila v posameznih vzorcih živil najvišja specifična aktivnost Sr-90 izmerjena v bezgu ($0,57 \pm 0,3$) Bq/kg. V hrani, vzorčevani po Sloveniji, pa je bila največja specifična aktivnost Sr-90 izmerjena v žitih (Bodenci, pšenica ($0,24 \pm 0,04$) Bq/kg).

Med naravnimi radionuklidi v hrani, kamor 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. Povprečna specifična aktivnost K-40 v hrani, ki je bila pridelana na krško-brežiškem polju, je bila v letu 2013 97 Bq/kg, v hrani, vzorčevani drugod po Sloveniji, pa 91 Bq/kg.

Največ K-40 v letu 2013 je bilo v živilih, vzorčevanih v okolici NEK, v listni zelenjavi, žitih in plodovkah, v hrani, vzorčevani drugod po Sloveniji, pa v podzemni in listni zelenjavi. V posameznih živilih v okolici NEK je bila najvišja specifična aktivnost K-40 izmerjena v fižolu (474 ± 15) Bq/kg, v hrani, vzorčevani po Sloveniji, pa v radiču (172 ± 8) Bq/kg. Specifična aktivnost Pb-210 v živilih je bila v okolici NEK v povprečju 0,24 Bq/kg, drugod po Sloveniji pa 0,36 Bq/kg. Specifična aktivnost Be-7 je pod 13,3 Bq/kg. Povprečna specifična aktivnost U-238 je v živilih, vzorčevanih v okolici NEK, 0,18 Bq/kg, drugod po Sloveniji pa 0,22 Bq/kg. Povprečna specifična aktivnost Ra-226 je bila v živilih, vzorčevanih v okolici NEK, 0,12 Bq/kg, drugod po Sloveniji pa 0,10 Bq/kg. Povprečna specifična aktivnost Ra-228 je v živilih, vzorčevanih v okolici NEK, 0,07 Bq/kg, po Sloveniji pa 0,09 Bq/kg. Povprečna specifična aktivnost je bila Th-228 v živilih, vzorčevanih v okolici NEK, 0,07 Bq/kg, po Sloveniji pa 0,06 Bq/kg.

Specifična aktivnost C-14 je bila v okolici NEK izmerjena v jabolkih, koruzi in ječmenu, in sicer v juliju in v septembru. V juliju so bile povprečne specifične aktivnosti C-14 v živilih, vzorčevanih ob ograji NEK, 250 Bq na kilogram ogljika, v bližnji okolici NEK pa 241 Bq na kilogram ogljika ter na referenčni točki v Dobovi 237 Bq na kilogram ogljika. Specifične aktivnosti C-14 v hrani, vzorčevani na ograji NEK in bližnji okolici NEK, so v primerjavi z enakim obdobjem v letu 2012 nižje za 10 %, kar si lahko razlagamo s tem, da je bil v letu 2013 remont v oktobru in novembru, se pravi po rastni dobi rastlinja. V septembru 2013 so bile vrednosti na vseh točkah ob ograji NEK in bližnji okolici NEK še nižje za 3 %. V Dobovi je bila izmerjena specifična aktivnost ogljika C-14 v hrani, vzorčevani v juliju in septembru, enaka.

DISKUSIJA

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

Po podatkih NEK so bili največji tekočinski izpusti H-3 opravljeni v avgustu, septembru in oktobru (posebej v septembru), ko je bil mesečni izpust H-3 okrog 4,4 TBq. Letni izpusti 11,6 TBq so bili nekoliko nižji kot v letu 2012 (16,6 TBq), vendar se ne odmikajo veliko od dolgoletnega povprečja, ki je



12,4 TBq (od leta 1999 do 2013). V istem obdobju (v avgustu) je bila izmerjena tudi najvišja koncentracija aktivnosti tritija v Savi v Brežicah (31 ± 4) kBq/m³. V avgustu in septembru smo izmerili tudi povišano koncentracijo aktivnosti H-3 v Jesenicah na Dolenjskem (največ v septembru ($9,5 \pm 0,9$) kBq/m³).

Iz razlike med povprečnima letnima koncentracijama aktivnosti tritija v Brežicah in v Krškem smo dobili izmerjen prirastek koncentracije aktivnosti v Brežicah ($3,7 \pm 3$) kBq/m³, kar je podobno kot v preteklih letih. Izračunan prirastek koncentracije aktivnosti tritija na mestu popolnega mešanja je bil 1,48 kBq/m³. Tako je bilo v letu 2013 razredčitveno razmerje *DR* v Brežicah ocenjeno na ($2,5 \pm 2,0$). Dolgoletno povprečno razredčitveno razmerje *DR* (od 2002 do 2013) na vzorčevalni lokaciji ob levem bregu v Brežicah je ($1,5 \pm 0,5$).

Neposredna povezava med izpusti H-3 in koncentracijo aktivnosti H-3 v podtalnici je razvidna pri podatkih iz vrtine VOP-4 in vrtine Medsave, kjer se najvišje izmerjene vrednosti časovno ujemajo z večjimi izpusti iz NEK. Letno povprečje koncentracije aktivnosti H-3 v vrtini VOP-4 je bilo 4,5 kBq/m³. NEK je največ izpuščal tik pred remontom v mesecih avgustu in septembru, tako da je bila tudi najbolj povišana koncentracija aktivnosti tritija v VOP-4 24 kBq/m³ v septembru. Opazno je bila povišana tudi koncentracija aktivnosti H-3 v vrtini Medsave na Hrvaškem, kjer je bila največja izmerjena koncentracija aktivnosti ($9,2 \pm 0,8$) kBq/m³ v mesecu septembru pred začetkom remonta. Izmerjene povprečne letne koncentracije aktivnosti H-3 v vodi iz drugih črpališč, vodovodov in zajetij so sicer neposredno primerljive z dolgoletnim povprečjem, vendar pa usmeritev koncentracije aktivnosti H-3 v Bregah kaže na možnost vpliva padavinskega useda, za razliko od vpliva tekočinskih izpustov, tako da ne moremo povsem izključiti vpliva NEK-a na pitno vodo. Prispevek H-3 k letoletni efektivni dozi zaradi pitja vode je zanemarljivo majhen.

Kratkoživi radioaktivni jod (I-131) je občasno v tekočinskih efluentih NEK. Letni izpust I-131 v letu 2013 je bil 0,4 MBq. 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 2,4 MBq, kar je nekoliko manj kot v letu 2012. 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 $5 \cdot 10^{-4}$ Bq/m³. Ocenjena koncentracija aktivnosti cezija je daleč pod detekcijsko mejo in ga za to ni mogoče ločiti od splošne kontaminacije. Cezij se je v večini vzorcev vode pojavljal v zelo nizkih koncentracijah aktivnosti. Pri tem opazamo, da je bil cezij na kontinuirnem vzorčevalnem mestu v Jesenicah na Dolenjskem večino časa celo pod mejo detekcije, tako v vodi kot v filtrskem ostanku. Zaradi velikih merskih negotovosti in majhnih izpustov ni mogoče ovrednotiti dolgoročnih teženj. Iz merskih rezultatov vzorcev 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. 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 izotopa (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 (običajna 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. Glede na to, da narašča koncentracija aktivnosti tudi na referenčni lokaciji v Krškem, lahko zaključimo, da gre za naravne procese, ki niso povezani z izpusti NEK. Zaradi razmeroma velikih vzorčevalnih in merskih negotovosti lahko zaključimo, da vpliva NEK v sedimentu ni mogoče ovrednotiti. 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 $0,1 \text{ Bq/m}^3$) bi pričakovali, da je specifična aktivnost cezija v ribah okrog $0,2 \text{ Bq/kg}$ (upoštevajoč bioakumulacijski faktor $2,0 \text{ m}^3/\text{kg}$). 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 ($0,08 \text{ MBq}$ v letu 2013), vendar so aktivnosti izpustov okrog 30-krat 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. Opazna je težnja padanja, ki je povezana z razpolovno dobo stroncija ($28,8 \text{ let}$). Ugotavljamo tudi, da je specifična aktivnost stroncija v ribah (vodni bioti), ki bi bila lahko posledica vpliva NEK, prav tako nemerljiva, saj v okviru merske negotovosti ni razlik med posameznimi lokacijami. Ločeno merjenje kosti in mišic rib se ne izvaja od leta 2005, zato primerjava med specifičnimi aktivnostmi stroncija v vzorcih mišic in kosti rib ni mogoča. Stroncij se namreč v glavnem 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 specifične aktivnosti se dobro ujema z oceno.

Korelacija padavinskega useda za H-3 s količinami padavin je dobra, medtem ko za koncentracije aktivnosti in količine padavin ni ujemanja. Najboljše ujemanje je v pomladansko-poletnem obdobju; najvišji korelacijski koeficient je v Dobovi, najnižji v Bregah. Najnižje polletno ujemanje je v Bregah za jesensko-zimsko obdobje. Pri linearni aproksimaciji opazimo, da je v primeru Breg in Krškega smerni koeficient premice večji poleti kot pozimi, medtem ko je pri Ljubljani in Dobovi ravno obratno. Težnja padanja koncentracije aktivnosti H-3 se nadaljuje, kar je lepo razvidno predvsem za kontrolno lokacijo v Ljubljani. Zmanjševanje koncentracije 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. Medtem ko Dobova na daljši rok dokaj dobro sledi kontrolnim vrednostim v Ljubljani, v Krškem in Bregah opazimo nepravilen vzorec oziroma celo obratna usmeritev v zadnjem letu. Največje povišanje opazimo v Bregah. Korelacija med zračnimi izpusti H-3 in okoljskimi vrednostmi useda je bila v 2012 izrazita za zimsko-jesensko obdobje za vsa tri vzorčevalna mesta, medtem ko v 2013 korelacij ni. Za spomladansko-poletno obdobje povezave prav tako ni videti. Direktna mesečne korelacije so torej močno odvisne od padavinskega režima oziroma časovne odvisnosti izpustov in padavin.

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 v hrani so posledica prisotnosti omenjenih radionuklidov v zemlji in delno useda na vegetacijo med rastjo. Specifične aktivnosti z leti sicer nihajo, vendar se po černobilski nesreči zmanjšujejo in so pri nekaterih vrstah hrane (npr. mleko) že na ravni pred nesrečo. Primerjava vrednosti iz okolice NEK s tistimi iz drugih krajev Slovenije pokaže, da so specifične aktivnosti tako Cs-137 kot Sr-90 v hrani živalskega porekla v nekaterih krajih tudi za velikostni red višje kot v okolici NEK. To velja na primer v letu 2013 za mleko iz okolice NEK, ki ima podobno specifično aktivnost Cs-137 kot mleko v Ljubljani in dvakrat nižjo kot v Kobaridu.

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). 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). Prispevek Cs-137 k letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu lahko ocenimo na 0,13 mSv, kar se dobro ujema z oceno prispevka Cs-137 k letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu iz zemlje za lokacijo Gmajnice in je do 0,07 mSv.

Od 1992 do 2013 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. Povprečen letni okoljski dozni ekvivalent v okolici NEK je za tretjino 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. Pred tremi leti pa je prišlo do zamenjave izvajalca meritev, v letu 2010 pa 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 2013, ki kaže podobne značilnosti.

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.

Meritve C-14 v atmosferskem CO₂ na ograji NEK razkrivajo, da je predvsem med remontom koncentracija aktivnosti C-14 lahko višja tudi za več kot 200 % od običajne vrednosti (v letu 2013 je bila koncentracija aktivnosti C-14 povišana za 40 % po in pred remontom). C-14 se predvsem vgrajuje v rastline in v tej obliki vstopa v prehrabno verigo. Meritve v vzorcih hrane so v preteklih letih pokazale (primerjava vzorcev iz okolice NEK in Dobove), da dodatni C-14 iz NEK poveča specifično aktivnost C-14 v rastlinah predvsem takrat, ko remont (večji izpusti) poteka neposredno pred oziroma med vegetacijo. Ker je remont v letu 2010 potekal v oktobru, v letu 2011 pa ga ni bilo, tudi na vzorcih, pridobljenih v prvi polovici leta 2011, ni mogoče z zanesljivostjo ugotoviti pomembnejših razlik v specifični aktivnosti C-14 med neposredno okolico NEK in kontrolno lokacijo v Dobovi. V juniju leta 2012 so bile izmerjene specifične aktivnosti C-14 v rastlinstvu, vzorčevanem ob ograji NEK, za 14,3 % večje od vrednosti, izmerjene v Dobovi, v septembru pa za 12,6 %, kar kaže na povečanje specifične aktivnosti C-14 v rastlinstvu, saj je bil v letu 2012 remont v aprilu in maju. V letu 2013 je bil remont v oktobru in novembru, to je po koncu vegetacijske dobe. V juniju so bile povprečne specifične aktivnosti C-14 v živilih, vzorčevanih ob ograji NEK (250 ± 13) Bq na kilogram ogljika za 3,6 % višje od tistih,



izmerjenih v bližnji okolici NEK, in za 5,5 % višje od tistih, izmerjenih na referenčni točki v Dobovi.

Redni nadzor radioaktivnih izpustov v preteklih letih ni predvideval meritev C-14 v tekočinskih izpustih, čeprav se ti izpusti v nekaterih evropskih in ameriških elektrarnah nadzorujejo. V okviru programa neodvisnega merilnega nadzora NEK v letih 2010 in 2011 je bilo opravljeno dodatno vzorčenje odpadnih tekočin iz WMT. Rezultati analiz IJS so potrdili pričakovanja o razmeroma znatnih koncentracijah aktivnosti C-14 v odpadnih vodah NEK. Ocenjena letna aktivnost C-14 je bila 1,1 GBq (leto 2010) oziroma 2,0 GBq (leto 2011). V letu 2013 je IRB sistematično pričel meriti C-14 v kvartalnih vzorcih tekočinskih efluentov. Skupna letna izpuščena aktivnost v Savo je bila 0,85 GBq. Izmerjeni izpusti so nekoliko nižji, kot so bile narejene ocene (1,8 GBq/leto). Aktivnost izpuščenega C-14 je okrog 4 velikostne rede nižja kot pri tritiju. IRB je v okviru dodatnih meritev opravil v letu 2013 meritve koncentracije 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, vendar na podlagi primerjave z meritvami H-3 lahko sklepamo, da bi bile koncentracije aktivnosti povprečnih mesečnih vzorcev od 0,1 Bq/m³ do 1 Bq/m³ vode. 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.

Če predpostavimo, da je povprečen prirastek C-14 v vodi zaradi vpliva NEK okrog 1 Bq/m³, lahko pričakujemo prirastek C-14 v ribah za okrog 50 Bq/kg (upoštevane bioakumulacijski faktor 50 m³/kg), kar pa bi bilo verjetno lahko merljivo. Na podlagi izkušenj v Franciji (IRSN) lahko nizvodno od jedrskih elektrarn specifične aktivnosti C-14 dosežejo tudi 1000 Bq/kg C (ali 100 Bq/kg). Zaradi tega predlagamo, da bi bilo smiselno izvajati tudi redni nadzor C-14 v vodni bioti.

V letu 2013 se je koncentracija aktivnosti C-14 periodično merila v četrletnih kompozitnih vzorcih izpustnih vod. Ocenjena skupna aktivnost C-14 v tekočinskih izpustih v letu 2013 je bila 0,85 GBq, kar je nižje kot ocenjene vrednosti v letih 2010 in 2011, in sicer 1,1 GBq in 2 GBq.

OCENA VPLIVOV

Tekočinski izpusti

Ob normalnem delovanju jedrske elektrarne so koncentracije aktivnosti izpuščenih radionuklidov, razen H-3, v okolju znatno pod detekcijskimi mejami. 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, ki lovijo 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 upoštevaajoč značilnosti omenjene referenčne skupine, je pokazal, da je efektivna doza za odraslega zaradi izpustov v reko Savo v letu 2013 v Brežicah 0,22 μSv na leto (zadrževanje na obrežju in ingestija rib). Na referenčni lokaciji 350 m pod jezom NEK je izračunana letna efektivna doza za odraslega 0,43 μSv, kar je za red velikosti več kot v prejšnjih letih, pri čemer je največji prispevek C-14. Brez upoštevanja prispevka C-14 je efektivna doza za odraslega 350 m pod jezom NEK 0,0084 μSv, kar pa je manj kot v letu 2012. Drugi prispevki so zaradi sevalcev Co-58 in Co-60 (zunanja izpostavitve, 98 %) ter H-3 in Cs-137 (ingestija rib, predvsem H-3 73 %). Pri pitju savske vode, kar je malo verjetna prenosna pot, bi bil dominanten prispevek H-3.

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) 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.

Tabela A prikazuje ovrednotenje emisij z modelnim izračunom razredčitvenih koeficientov v ozračju za leto 2013 in za posamezne skupine radionuklidov za najpomembnejše prenosne poti. 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. Ocena za zračno imerzijo v letu 2013 je nižja kot v prejšnjih letih, ocena za inhalacijo pa je primerljiva s prejšnjimi leti.

Meritve C-14 so bile v letu 2013 izvedene na vzorcih jabolk, koruze in ječmena na Institutu Ruđer Bošković v Zagrebu, rezultati specifične aktivnosti C-14 v omenjenih živilih/krmih pa ne kažejo odmikov od specifične aktivnosti C-14, izmerjenih v vzorcih z referenčne točke v Dobovi. Ocenjena letna efektivna doza zaradi ingestije C-14 je v okolici NEK približno enaka tisti na referenčni točki v Dobovi, zato je vpliv NEK na specifične aktivnosti C-14 v hrani zanemarljiv.

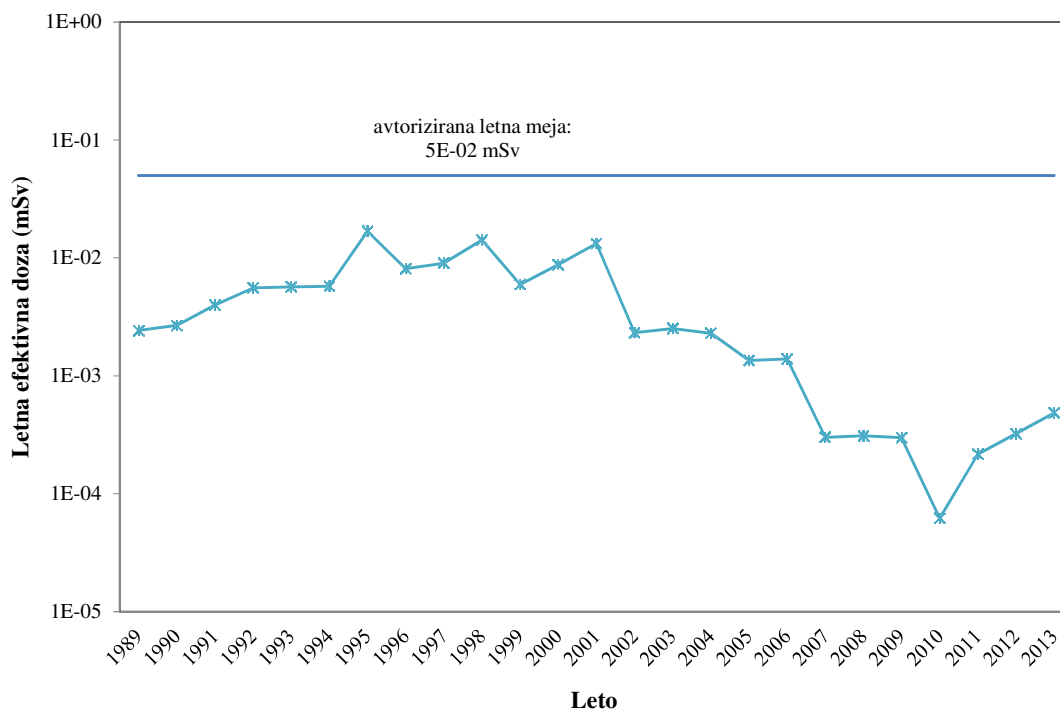
Ugotavljamo, da so bili vsi načini izpostavitve prebivalstva zanemarljivi v primerjavi z naravnim sevanjem, doznimi omejitvami in avtoriziranimi mejami.

Tabela A: Izpostavitve sevanju prebivalstva (odrasla oseba) v naselju Spodnji Stari Grad zaradi atmosferskih izpustov iz NEK v letu 2013

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)	5,4E-7 < 4E-11
inhalacija	oblak	H-3	3,8E-6
ingestija	rastlinska hrana	C-14	5,0E-5

Primerjava s preteklimi leti

Na sliki A je predstavljen seštevek ocenjenih letnih efektivnih doz posameznih referenčnih skupin za odraslo osebo zaradi emisij NEK od leta 1989 do leta 2013. Posebej je označena avtorizirana letna meja 50 μ Sv. Posamezni prispevki so predstavljeni v tabeli C, pri čemer je treba poudariti, da gre za različne skupine prebivalstva in je zato seštevek samo groba ocena letne efektivne doze. S slike A pa je razvidno, da se vpliv izpustov iz NEK na prebivalstvo z leti znižuje, oziroma je znatno pod avtorizirano mejo. V letu 2012 je bil glede na 2010 in 2011 nekoliko višji zaradi vpliva na prehransko verigo med vegetacijo (C-14), vendar še vedno dva velikostna reda pod avtorizirano mejo. Tudi v letu 2013 lahko opazimo povišanje letne doze, vendar ga lahko pripišemo izključno zaradi prispevka C-14 v tekočinskih izpustih (v prejšnjih letih ga nismo upoštevali). Pri primerjanju prispevkov v posameznih letih je treba upoštevati še, da se pri izračunu zunanjega 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.



Slika A: Seštevek ocenjenih letnih efektivnih doz posameznih referenčnih skupin za odraslo osebo zaradi emisij NEK od leta 1989 do leta 2013. Označena je tudi avtorizirana letna meja (50 μ Sv).

Naravno sevanje

Meritve zunanjega sevanja v okolici NEK so tudi v letu 2013 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 0,80 mSv, za zaprte prostore pa je bila leta 1998 letna efektivna doza ocenjena na 0,83 mSv. 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 2013 v okolici NEK 0,9 mSv na leto. Ustrezna letna efektivna doza (ob upoštevanju pretvorbenih faktorjev iz publikacije Radiation Protection 106, EC, 1999) je 0,76 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 [49].

Posamezni prispevki k dozi naravnega sevanja so zbrani v tabeli B. Skupna letna efektivna doza je ocenjena na 2,34 mSv, kar je nekoliko nižje od svetovnega povprečja 2,4 mSv na leto [49].


Tabela B: Efektivne doze E zaradi naravnih virov sevanja v okolici NEK v letu 2013

Vir	Letna efektivna doza E (mSv)
– sevanje gama in neposredno ionizirajoče kozmično sevanje [#] – kozmični nevtroni [49]	0,67 0,1
ingestija (K, U, Th) ([49], efektivna doza)	0,27
inhalacija (kratkoživi potomci Rn-222, efektivna doza) ^{##}	1,3
Skupaj	2,34

Opomba:[#] Ocena efektivne doze zunanjega sevanja iz okoljskega ekvivalenta doze $H^*(10)$ z upoštevanjem pretvorbene faktorja $E/H^*(10) = 0,84$ za 600 keV fotone (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 izpostavitvev prebivalstva v okolici NEK za leto 2013

Vir	Prenosna pot	Letna efektivna doza (mSv)
naravno sevanje	- gama in ionizirajoče kozmično sevanje	0,67 ^{**}
	- kozmični nevtroni	0,1
	- ingestija (K, U, Th)	0,27
	- inhalacija (kratkoživi potomci Rn-222)	1,30
	Skupaj naravno sevanje	2,34
NEK – neposredno sevanje	neposredno sevanje iz objektov NEK	nedoločljivo
NEK atmosferski izpusti*	- zunanje sevanje iz oblaka	5,4E-7
	- zunanje sevanje iz useda (izotopi I in Co, Cs-137)	< 4E-11
	- inhalacija iz oblaka (H-3)	3,8E-6
	- ingestija (C-14)	5,0E-5
NEK tekočinski izpusti (Sava)*	- referenčna skupina (350 m pod jezom NEK)	4,3 E-4
	- odrasla oseba Brežice	2,2 E-4
černobilska kontaminacija, jedrski poskusi	zunanje sevanje ^{**}	< 0,07 ^{***}
	ingestija	8,0E-4
	inhalacija	1E-6

* 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 600 keV fotone (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.



Černobilska kontaminacija, poskusne jedrske eksplozije in nesreča v Fukušimi

V letu 2013 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 2013 ni bilo zaznati.

Prispevek Cs-137 k zunanjemu sevanju je bil ocenjen na manj kot 0,07 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 0,8 nSv 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 2013 ocenjena na $(0,18 \pm 0,02)$ μ Sv na leto za Cs-137 in $(0,59 \pm 0,05)$ μ Sv na leto za Sr-90, kar je skupaj okrog 1,3 % 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 2013 je v tabeli C, kjer so navedeni prispevki naravnega sevanja, vplivi NEK in preostali vplivi černobilske kontaminacije in poskusnih jedrskih eksplozij:

- **v letu 2013 so bili vsi sevalni vplivi NEK-a na prebivalstvo v okolici ocenjeni na manj kot 0,5 μ Sv na leto;**
- ocenjena vrednost je zanemarljiva v primerjavi z avtoriziranima mejnima dozama za prebivalstvo v okolici NEK (efektivna doza 50 μ Sv na leto na razdalji 500 m za prispevke po vseh prenosnih poteh in doza zunanjega sevanja 200 μ Sv na leto na ograji NEK);
- **ocenjena vrednost sevalnih vplivov NEK-a je približno 0,02 % značilnega neizogibnega naravnega ozadja.**





SUMMARY

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) [7]. 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 2013 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 2013, 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) quarterly water samples from the waterworks in Krško, Brežice and Ljubljana (reference location);
- b) monthly composite samples from the pumping stations in Brege, Drnovo, Brežice and the waterworks in Spodnji Stari Grad and Brežice;
- c) 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 2013, a total of twenty samples were collected. During the NPP refuelling outage in October and November the sampling frequency was one sample per two weeks, otherwise in 1 or 2 months. 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, venison, milk, vegetables), Vihre (milk, vegetables, cereals), Vrbina (eggs, vegetables), Spodnji Stari Grad (meat, eggs, vegetables), Žadovinek (vegetables), Trnje (vegetables, cereals), Sromlje (meat), Krško (fruits), Leskovec wine cellar (wine).
- 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 2013 (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, 19 in July and 17 in September. Each time two samples of corn were collected in Dobova.
- 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.

1) Sava River:

As in previous years, Sava River water measurements have shown an increase in H-3 activity concentration due to liquid effluents from the Krško NPP. The average annual activity concentration of H-3 at Brežice was 4.4 kBq/m³ with the highest value of monthly averages of H-3 (31 ± 4) kBq/m³ in August. The activity concentration of H-3 measured at the reference location in Krško (before the paper mill) was 0.71 kBq/m³ with the highest value of monthly averages of H-3 in the same period (0.50 ± 0.07) kBq/m³. The IRB measurements at Jesenice na Dolenjskem obtained an annual average of 2.2 kBq/m³, with the highest value of (9.5 ± 0.9) kBq/m³ in August.

The average annual activity concentration of H-3 at Brežice was six times higher than at Krško. The average annual activity concentration of H-3 at Brežice was higher than the average annual at Jesenice na Dolenjskem by a factor of 2, which is the consequence of an additional dilution of the water in the Sava River by the water from the rivers Krka and Sotla, for which we presume to have approximately the same activity concentration of tritium as the Sava at Krško or as other rivers in Slovenia (around 1 kBq/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 annual average activity concentration in quarterly grab samples was between 0,49 Bq/m³ in Jesenice na Dolenjskem and 0,98 Bq/m³ in Krško. The highest value was recorded at the sampling locations at Brežice and Krško, (1.9 ± 0.4) Bq/m³. The annual average concentrations measured in other rivers around Slovenia were mostly below 5 Bq/m³. Despite the fact that I-131 was in liquid discharges in the year 2013, 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 first and third quarter of 2013 only at the sampling location at Jesenice na Dolenjskem. The average specific activity was (0.2 ± 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 annual average of water measurements at Brežice yielded 0.04 Bq/m³ for Cs-137, and 2.8 Bq/m³ for Sr-90. Similar results for Sr-90 in water samples were obtained at the reference location in Krško (Cs-137: 0.09 Bq/m³, Sr-90: 2 Bq/m³). The average annual activity concentration of Cs-137 at Jesenice na Dolenjskem was 0.01 Bq/m³, while that of Sr-90 was 2.7 Bq/m³. 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, 0.5 Bq/m³. The annual average activity concentration of Sr-90 in Slovenian rivers in the year 2013 was the highest at Laze (Ljubljana) 3.0 Bq/m³.

The annual average of Cs-137 concentrations in filter residues at Brežice was 0.01 Bq/m³ and lower than at the reference location in Krško where it was 0.1 Bq/m³. The average of Cs-137 at Jesenice na Dolenjskem was 0.06 Bq/m³. The measured activity concentration of Sr-90 in filter residues at Brežice, Krško and Jesenice na Dolenjskem was below the quantification limit.

Measurements of the radioactivity in river sediments indicated the highest annual average value for Cs-137 at the location downstream from the NPP dam 4.4 Bq/kg, which is lower than at the reference point under the bridge at Krško, 5 Bq/kg. At other locations (Pesje, Brežice, Jesenice na Dolenjskem), the annual average specific activity of Cs-137 in river sediment ranges from 1.9 Bq/kg at Jesenice na Dolenjskem to 3.2 Bq/kg at Brežice. Average annual concentrations of Cs-137 in fish range from 0.05 Bq/kg to 0.08 Bq/kg.

Strontium concentrations were not measured within the IRB measurements of river sediments, with the exception of the Podsused location near Zagreb where the average value was < 0.5 Bq/kg. The average values measured by ZVD (Institute of Occupational Safety) were 0.9 Bq/kg in Krško, 0.8 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 annual specific activities of Sr-90 in fish ranged from 0.2 Bq/kg to 0.4 Bq/kg, which is similar to the ranges from previous years.

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 2013.

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 2013. The concentrations of U-238 in unfiltered water in 2013 were around 1 Bq/m³ (5 Bq/m³ in 2010, 20 Bq/m³ in 2011, 10 Bq/m³ in 2012) and those of Ra-228 were also 1 Bq/m³ in 2013. The average annual activity concentrations of K-40 in the Sava River were 34 Bq/m³ at Krško, 37 Bq/m³ at Brežice and 27 Bq/m³ 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 2013 were measured at the pumping stations Brege, Drnovo and Spodnji Stari Grad – the Krško water supply area. The annual average value at the Brege pumping station was 1.6 kBq/m³, while the highest monthly average of (2069 ± 440) Bq/m³ was measured in September. The average annual activity concentrations of tritium at the pumping stations of Drnovo and Spodnji Stari Grad were 1.1 kBq/m³. The annual average for tritium in the Brežice waterworks was 125 Bq/m³, which is within the data uncertainty and scatter range as in 2011 and 2012, while this average in the Brežice – Glogov Brod pumping station was 137 Bq/m³. The calculated average in the Krško waterworks (Petrol gas station) was 1 kBq/m³, while the average at the Petrol gas station in Brežice was lower than the detection limit, namely < 132 Bq/m³. The assumed reference value is the multi-annual mean value for tritium activity concentration in the Ljubljana waterworks of 932 Bq/m³, which is determined within the scope of the national radiological monitoring of drinking water. In 2013, the measured H-3 activity concentration in the Ljubljana waterworks was (596 ± 85) Bq/m³.

The annual average H-3 activity concentration in the E1 borehole was 2.5 kBq/m³, and in the VOP-4 borehole 4.5 kBq/m³. The highest value in the E1 borehole was found in the last quarter of the year, (4 790 ± 340) Bq/m³, while the highest value in the VOP-4 borehole was recorded in October (24 324 ± 2 181) Bq/m³. The largest liquid release of H-3 from the Krško NPP in 2013 occurred in



September (37.5 % of the annual release of 11.6 TBq). The total annual release of H-3 in liquid discharges in 2013 was 26 % of the annual limit of 45 TBq.

The annual average of Sr-90 activity concentration in the Krško pumping stations and the waterworks was 0.5 Bq/m³, while it was 0.06 Bq/m³ in the Brežice waterworks system. The measured activity concentration of Sr-90 in the Ljubljana waterworks in 2013 was < 0.5 Bq/m³, while since 2002 it varied between 0.4 Bq/m³ and 1.5 Bq/m³.

At the E1 borehole (inside the Krško NPP perimeter fence) an average annual Sr-90 activity concentration of 2.8 Bq/m³ was calculated. At Medsave and Šibice boreholes in Croatia the average annual activity concentrations of Sr-90 were 2.9 and 3.5 Bq/m³, respectively. None of the presented values deviates significantly from the data from 2012 or previous years.

The Cs-137 and I-131 radionuclides were not detected 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 annual activity concentration of K-40 was 48 Bq/m³, while it was 23 Bq/m³ in the Brežice water supply system.

The annual averages of U-238 are low at all sampling points in the Krško and Brežice waterworks, whereby the highest annual average was measured in Drnovo at 5 Bq/m³. The average annual concentrations of Ra-226 in the same locations range from 0.3 Bq/m³ (Brežice waterworks) to 2.2 Bq/m³ (Krško waterworks). The activity concentration of Pb-210 ranged from 3 Bq/m³ in the Krško waterworks to 5.1 Bq/m³ in the water from the Brežice pumping station. The activity concentration of Pb-210 in Ljubljana was below the quantification limit. The annual average for Ra-228 ranged from 0.3 Bq/m³ (Brežice pumping station) to 0.7 Bq/m³ in the Krško waterworks. The concentrations of Th-232 range from 0.3 Bq/m³ (Brežice) to 0.2 Bq/m³ in the Krško waterworks. Be-7 was occasionally detected at all pumping stations and waterworks in Krško and Brežice. The average annual activity concentration of Be-7 ranged from 3.5 Bq/m³ in Krško to 4 Bq/m³ in Brežice waterworks.

3) Precipitation and dry fallout

The precipitation regimes in Krško, Brege, Dobova and Ljubljana are all similar; as can be expected, only the precipitation regime of Ljubljana differs slightly. The annual precipitation quantity in 2013 was higher than thirty-year average; 13 % higher in Ljubljana and 8 % in Krško. The most precipitation occurred in Ljubljana (1 531 mm). In Krško, Brege and Dobova the average amount of precipitation was 1 152 mm. The difference between them is 6 % at the most. The characteristics of the precipitation regime in 2013 was the exchange of months with larger amount of precipitation (February, May, September, November) with dry months (April, July, October, December). The activity concentrations of tritium in precipitation samples in 2013 ranged from below the detection limit in Ljubljana to the highest one of 4860 Bq/m³ measured at Brege. The average annual H-3 activity concentrations in precipitation at Brege and Krško were 2.5 kBq/m³ and 1.8 kBq/m³, respectively, while at Dobova (reference location) and Ljubljana (control location) they were 1.2 kBq/m³ and 0.9 kBq/m³, which is approximately the same as those measured in neighbouring countries/regions. The highest monthly concentrations were measured at Brege in December (4.9 ± 0.3) kBq/m³ at Krško and Dobova in October (3.0 ± 0.3) kBq/m³, and (1.9 ± 0.3) kBq/m³, respectively, while in June the highest value of (1.5 ± 0.2) kBq/m³ was measured in Ljubljana.

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

The activity concentrations of tritium in precipitation at Brege in 2013 were higher than in previous years: the average tritium activity concentration in 2011 was 1.8 kBq/m³, and 1.7 kBq/m³ in 2012, while in 2013 it was 2.5 kBq/m³. Precipitation minima coincide with the highest tritium concentrations at Brege, while at the other two stations near the NPP the correlation between the



quantity of precipitation and tritium concentrations in precipitation does not exist.

The highest concentrations of Sr-90 in precipitation were measured in the sample from Dobova in July with 2.1 Bq/m^3 , while the measured values were below the quantification limit in 70% cases. There were as many as nine such samples taken at Krško. The values of the total monthly precipitation fallout of Sr-90 in individual locations range between zero and 0.16 Bq/m^2 and do not indicate a correlation with the quantity of precipitation.

The highest Cs-137 activity concentration was found in the June sample from Brege, 1.5 Bq/m^3 . Most of the primary measurement results were below the quantification or detection limit. Atmospheric releases of Cs-137 were almost constant from January to July, afterwards they dropped.

The highest precipitation fallout values for Cs-137 were measured in summer of 2013: in Ljubljana 0.16 Bq/m^2 and Dobova 0.04 Bq/m^2 in July, as well as in Brege 0.1 Bq/m^2 in June.

4) Air

Of the artificial radionuclides, only Cs-137 and Sr-90 were detected in aerosols in 2013, 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. 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 $1 \mu\text{Bq/m}^3$. 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 and $0.5 \mu\text{Bq/m}^3$. The activity concentration of radioactive iodine, I-131, in the air was below the detection limit in 2013 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 0.610 mSv and 1.021 mSv , whereby the average value was 0.8 mSv per year. The measured values at the Krško NPP perimeter fence were between 0.51 mSv and 0.63 mSv per year, whereby the average value was 0.58 mSv per year. The measurements using TL-dosimeters around Slovenia yielded an average value of the ambient equivalent dose of 0.877 mSv per year. The annual equivalent dose of external radiation in the last decade in the surroundings of the Krško NPP has on average statistically fluctuated by $\pm 10 \%$ within the range of measurement uncertainty. Dosimeters in Croatia have in 2013 in terms of precision yielded the same average value as those in the surroundings of the Krško NPP 0.78 mSv .

The measurements of $H^*(10)$ using 14 continuous radiation monitors MFM-203 around the NPP in 2013 yielded an average value of 0.82 mSv per year, which is 2% higher than the value obtained using TL-dosimeters in the area. The values obtained by MFM range from 0.59 mSv to 0.99 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 6 % less than the value obtained using TL-dosimeters in Slovenia. The annual average $H^*(10)$ of 0.96 mSv obtained by 17 MFM radiation monitors managed by SNSA (subgroup Slovenian Environment Agency (SEA)) is 9 % higher than that obtained by TLD in Slovenia. We found good correlation between the monthly measured values from the TLD and MFM located at the meteorological station of the Jožef Stefan Institute Reactor Centre in Brinje. The u -test for the monthly measured values using TLD and MFM was between 0.65 and 1.52, while the Pearson's correlation coefficient was 0.74, which implies good correlation.

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 concentrations of Cs-137 in soil range from 0.71 Bq/kg at the depth of 5–10 cm at Kusova Vrbina to 133 Bq/kg at the depth of 5–10 cm in uncultivated soil at Gmajnice. At the Amerika location, a movement of the maximum to greater depths could be observed, while the specific activity at the Kusova Vrbina location at the depth of 15–30 cm was much higher than the specific activity measured in previous years. This could be the result of the movement of Cs-137 to deeper layers or a different distribution of the deposit at the microlocation. The distinction between these two processes will only be possible based on the measurements in the coming years. The specific activities of Sr-90 in 2013 are within the range from 0.29 Bq/kg at Kusova Vrbina at the depth of 0–5 cm to 2.3 Bq/kg at the depth of 15–30 cm in uncultivated soil at Gmajnice. At Kusova Vrbina and Amerika, the depth profile for 2013 was similar qualitatively and quantitatively to the profile measured in previous years.

The average fallout of Cs-137 (down to the depth of 15 cm) measured in 2013 at Gmajnice, Kusova Vrbina and Amerika was less than 13 kBq/m², 0.29 kBq/m² and 4.1 kBq/m², respectively. These values are comparable 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 2013 (Ljubljana: 8.5 kBq/m², Kobarid: 10.3 kBq/m² and Murska Sobota: 3.29 kBq/m²). The calculated Sr-90 fallout values for the soil sampling locations in the surroundings of the Krško NPP that range from 0.06 kBq/m² at Kusova Vrbina to 0.16 kBq/m² at Gmajnice are comparable with the results obtained elsewhere in Slovenia where they range from 0.04 kBq/m² at Murska Sobota to 0.22 kBq/m² at Ljubljana.

The results of measurements of the concentrations of naturally occurring radionuclides in the soil (K-40, U-238, Ra-226, Ra-228, and Th-232) 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 2013, Cs-137 was detected in meat and milk samples as well as in green and root vegetables and wine, whereas in the food sampled in Slovenia also in grain and fruits. The average specific activity of Cs-137 in food in 2013 was 0.05 Bq/kg, which is the same as the value obtained for food sampled in Slovenia 0.05 Bq/kg. The highest Cs-137 specific activity was found in meat and fruits, 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 root vegetables and nightshades (lat. *Solanum*). The highest Cs-137 specific activity in the samples of food of animal origin was detected in pork (0.36 ± 0.03) Bq/kg, while in the food of plant origin, the highest Cs-137 specific activity in 2013 was measured in elder tree fruit with (0.59 ± 0.03) Bq/kg.

The average specific activity of Sr-90 in food in 2013 was 0.11 Bq/kg, while the average in Slovenia was 0.05 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 elder tree fruit (0.57 ± 0.3) Bq/kg. In Slovenia apart from the Krško the highest specific activity of Sr-90 was measured in a wheat sample (0.24 ± 0.04) Bq/kg.

The average annual specific activity of naturally occurring radionuclides was determined for food, whereby the values obtained were as follows: 97 Bq/kg for K-40, with the highest value found in beans – (474 ± 15) Bq/kg, 0.24 Bq/kg for Pb-210, whereby the highest specific activity was found in elder tree fruit (1.7 ± 0.3) Bq/kg; 0.18 Bq/kg for U-238, with the highest specific activity in beans (2.4 ± 0.6) Bq/kg; 0.12 Bq/kg for Ra-226, whereby the highest specific activity was detected in beans (0.91 ± 0.06) Bq/kg; 0.07 Bq/kg for Ra-228, whereby the highest value was found in elder tree fruit (0.47 ± 0.08) Bq/kg; 0.07 Bq/kg for Th-228, with the highest specific activity in beans (1.7 ± 0.57) Bq/kg; and 1.3 Bq/kg for Be-7, whereby the highest specific activity was in elder tree fruit (13 ± 0.7) Bq/kg.

The specific activity of C-14 in the surroundings of the Krško NPP was measured in apples, corn and barley, namely in July and in September before the NPP refuelling outage. The average specific activity of C-14 in July in the foodstuffs sampled near the NPP fence perimeter was 250 Bq/kg C, 241 Bq/kg C in the near vicinity of the NPP, while it was 237 Bq/kg C at the reference point in Dobova. The values in September were lower at all locations by 3 %, while in Dobova the specific activity was equal to July value.

DISCUSSION

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

Similarly as in previous years, the H-3 prevailed in terms of activity in the liquid releases into the Sava River. The data from liquid effluent measurements show that liquid H-3 effluents in 2013 (11.6 TBq) were close to the long-term average of 12.4 TBq (from 1999 to 2013). The highest monthly release of H-3 was 4.4 TBq, which occurred in September. The measured values for other artificial radionuclides (Cs-137, Sr-90 and other) in liquid effluent were at least five orders of magnitude lower.

The calculations of the incremental increase of H-3 activity concentration based on the data on the releases of H-3 in liquid effluent show good correlation with the measurement data from the Sava River in Brežice both in terms of magnitude and time dependence, whereby the measured average annual H-3 activity concentration increment at the Brežice sampling location due to the Krško NPP influence was (3.7 ± 3) kBq/m³, which is comparable to previous years. The estimated dilution ratio in Brežice was (2.5 ± 2.0), what is higher than a long-term average of 1.5.

The direct correlation between H-3 releases and H-3 activity concentration in the groundwater is evident in the data from the VOP-4 borehole and Medsave borehole, where the highest measured values coincide with the more extensive releases from Krško NPP. The average annual H-3 activity concentration in the VOP-4 borehole was 4.5 kBq/m³. Before the NPP refuelling outage in September, the activity concentration of tritium in the VOP-4 borehole was the highest, namely 24 kBq/m³ – the sampling period is shifted by one month related to the discharges. The activity concentration of H-3 in the Medsave borehole in Croatia was also noticeably elevated, whereby the highest measured activity concentration of (9.2 ± 0.8) kBq/m³ was measured in September. The measured average annual concentrations of H-3 in the water from other pumping stations, waterworks and boreholes were directly comparable with the long-term averages. The trend of H-3 activity concentration in Brege pumping station shows a possible correlation with the atmospheric fallout, more than with the liquid discharges, meaning that the influence of the Krško NPP on drinking water can not be ruled out. However, the contribution of H-3 to the total annual effective dose due to drinking water is negligibly small.

Short-lived I-131 is occasionally present in the liquid effluents from the Krško NPP. In 2013 its total activity in liquid discharges was 0.4 MBq. The measured concentrations in the Sava River are similar to 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 2.4 MBq and is lower than in 2012. We estimated the increase of Cs-137 activity concentration in Brežice to $5 \text{ E-}04 \text{ Bq/m}^3$. 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/m^3 . The maximum average annual 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 is $< 0.1 \text{ Bq/kg}$ at all locations. Considering the concentration of Cs-137 in unfiltered river water $\sim 0.1 \text{ Bq/m}^3$ and the bioaccumulation factor $2.0 \text{ m}^3/\text{kg}$, the expected specific activity of Cs-137 in fish would be 0.2 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 present in liquid effluents from the NPP (0.08 MBq in 2013), but its activities are 30-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. 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 2013 on drinking water in the surroundings of the Krško NPP could not be detected.

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 correlation between the precipitation fallout of H-3 and the quantity of precipitation in 2013 is pronounced for the spring–summer period. The largest correlation coefficient is for Dobova, the smallest for Brege. The less pronounced correlation at Brege is for the autumn–winter period.

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 H-3 releases and environmental values in 2012 was pronounced for the winter–autumn period for all three sampling locations, if we subtract the reference fallout in Ljubljana from the precipitation fallout. In 2013 there is no correlation, even for the spring–summer period. This 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 $1 \text{ }\mu\text{Bq/m}^3$, 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 as much as an order of magnitude higher than in the Krško NPP surroundings. In 2013 this applies to milk from the surroundings of the Krško NPP, which has a similar Cs-137 specific activity as milk in Ljubljana, but only one half of the Cs-137 specific activity in milk from Kobarid.

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 0.13 mSv, which corresponds well with the estimate of the contribution of Cs-137 annual ambient dose equivalent from soil for the location of Gmajnice, which is 0.07 mSv.

From 1992 to 2013, 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 by a third 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. Three years ago, the measurement provider was changed and 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 2013 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 releases of the Krško NPP and contributes to the increase in C-14 activity concentration in the air. Since 2006, measurements of C-14 in atmospheric CO₂ at the NPP perimeter fence have shown that primarily during NPP refuelling outages the activity concentration of C-14 can increase for short periods over normal values by even more than 200 %. In 2013 the maximum short-term increase was about 40 % about the natural level.

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. Since the refuelling outage in 2010 was carried out in October, and there was no refuelling outage in 2011, it is impossible to reliably determine for the samples collected in the first half of 2011 any statistically significant differences of C-14 concentrations between the immediate vicinity of the Krško NPP and the control location at Dobova. In June of 2012, the measured concentrations of C-14 in vegetation sampled by the fence of the NPP were by 14.3 % higher than the values measured at Dobova, while they were by 12.6 % higher in September, which indicates an increase in the specific activity of C-14 in vegetation when the refuelling outage is performed during the vegetation season. The refuelling outage in 2013 was performed in October and November, after the vegetation period. In the year 2013 the specific activity of C-14 in the surroundings of the Krško NPP was measured in apples, and barley in July and in September before the NPP refuelling outage. The average value of C-14 in July in the foodstuffs sampled by the fence perimeter was (250 ± 17) Bq/kg C, (241 ± 7) Bq/kg C in the near vicinity of the NPP, while it was (237 ± 2) Bq/kg C at the reference point in Dobova. The values in September were lower at all locations around the Krško NPP by 3 %, while in Dobova they were equal to the values in July.

Additional measurements in previous years have confirmed the presence of C-14 in liquid effluents. In the year 2013 the Rudjer Bošković Institute carried out a study of measuring the activity concentration of C-14 in Sava during the discharges. The activity concentration of C-14 in one-time samples was detectable also 600 m downstream from the NPP dam, but from the measurement results obtained by H-3 simultaneously, it emerges that average activity concentration of C-14 in monthly taken samples would range between 0.1 Bq/m³ and 1 Bq/m³. 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. In 2013 C-14 activity concentration was regularly measured in composite quarterly samples of liquid effluents. The estimated total activity of C-14 in liquid discharges in 2013 is 0.85 GBq, which is lower than previous 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 2013 in Brežice was 2.2 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 4.3 E-4 mSv per year. These values are by an order of magnitude higher than in previous years due to the contribution of C-14. Without this contribution the effective dose for an adult is $0.0084 \text{ } \mu\text{Sv}$, which is less than in the year 2012. Other relevant contributors are Co-58 and Co-60 (for external exposure, 98 % of the total dose), H-3 and Cs-137 (for ingestion of fish, whereby H-3 is dominant with 73 % 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), 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 A shows the evaluation of emissions using a model calculation of dilution factors in the atmosphere for 2013 and for individual groups of radionuclides for the most important exposure pathways. 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. The estimate for air immersion in 2013 is lower in comparison with previous years, and the estimate for inhalation is comparable with previous years.

The measurements of C-14 in 2013 were carried out on samples of apples, corn, and barley at the Ruđer Bošković Institute in Zagreb. The estimated increment of annual effective dose caused by ingestion of C-14 was $0.05 \text{ } \mu\text{Sv}$, which is indistinguishable from the annual effective dose determined for the reference point in Dobova.

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.



Table A: Exposure of the population to radiation (adult person) in the Spodnji Stari Grad locality due to atmospheric releases from the Krško NPP in 2013

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)	5.4E-7 < 4E-11
inhalation	radioactive cloud	H-3	3.8E-6
ingestion	vegetal food	C-14	5.0E-5

Comparison with previous years

Figure A provides the sum of estimated annual effective doses to individual reference groups (for adult person) due to the Krško NPP emissions from 1989 to 2013. Individual contributions are presented in Table C, whereby 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. It is evident from Figure A that the influence of the Krško NPP releases is decreasing over the years, while it was slightly higher in 2012 than in 2011 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 year 2013 an increase of the sum can be observed, which can 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.

Natural radiation

Measurements of the external exposure in the surroundings of the Krško NPP in 2013 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 0.8 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 0.9 mSv per year in 2013. The corresponding annual effective dose E (using conversion factors from the publication entitled Radiation Protection 106, EC, 1999) is 0.76 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 2.34 mSv per year, which is slightly lower than the average worldwide value of 2.4 mSv per year.

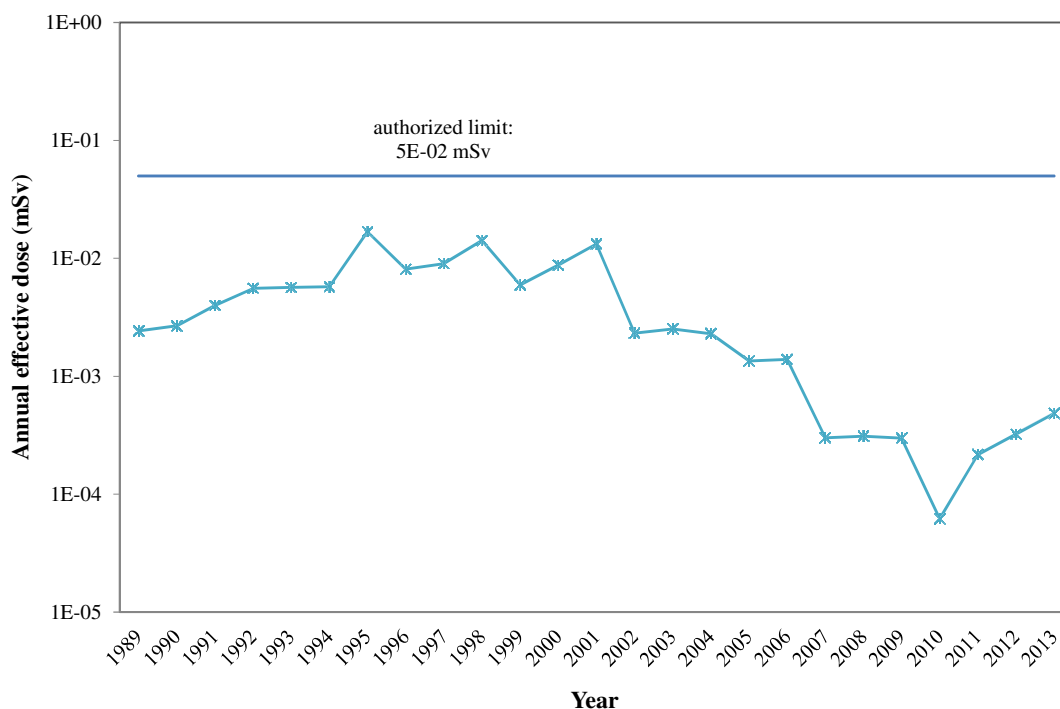


Figure A: The sum of estimated annual effective doses to individual reference groups (for adult person) due to Krško NPP emissions from 1989 to 2013. The authorised annual limit (50 μ Sv) is also marked.

Table B: Effective doses from natural sources of radiation in the surroundings of the Krško NPP in 2013

Source	Annual effective dose (mSv)
– gamma radiation and the directly ionizing component of cosmic radiation [#]	0.67
– neutron component of cosmic radiation [49]	0.1
Ingestion (K, U, Th) ([49], effective dose)	0.27
Inhalation (short-lived daughters of Rn-222, effective dose) ^{##}	1.3
Total	2.34

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 2013

Source	Exposure pathway	Annual effective dose (mSv)
natural radiation	– gamma radiation and the directly ionizing component of cosmic radiation	0.67**
	– neutron component of cosmic radiation	0.1
	ingestion (K, U, Th)	0.27
	inhalation (Rn-222 short-lived daughters)	1.30
	total	2.34
Krško NPP direct radiation	direct irradiation from the Krško NPP buildings	indeterminable
Krško NPP atmospheric releases*	- external dose (air immersion)	5.4E-7
	- groundshine and Co isotopes, Cs-137) (I	< 4E-11
	- inhalation (H-3)	3.8E-6
	- ingestion (C-14)	5.0E-5
Krško NPP Liquid effluent (Sava)*	- reference group 350 m downstream from the NPP dam	4.3 E-4
	- adult in Brežice	2.2 E-4
Chernobyl accident, nuclear-weapons tests	– external dose**	< 0.07***
	– ingestion	8.0E-4
	– inhalation	1E-6

* 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.

Chernobyl contamination, nuclear weapons tests and the Fukushima accident

In 2013, 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 2013.

The contribution of Cs-137 to the external radiation was estimated to be between below 0.07 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 0.8 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 (0.18 ± 0.02) μSv per year for Cs-137 and at (0.59 ± 0.05) μSv per year for Sr-90 in 2013, which amounts in total to some 1.3 % 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 2013 is presented in Table C, where the contributions of natural radiation, the effects of the Krško NPP, the effects of the Chernobyl contamination and nuclear weapons tests are listed.

- **in 2013, the radiation effects of the Krško NPP on the population in the immediate surroundings were estimated at less than 0.5 μSv per year;**
- the estimated value is negligible compared to the two authorized dose limits for the population in the surroundings of the Krško NPP (effective dose of 50 μSv per year at a distance of 500 m from the plant perimeter for all contributions via all exposure pathways and external radiation dose of 200 μSv per year at the perimeter fence of the Krško NPP);
- **the estimated value of radiation effects of the Krško NPP is approximately 0.02 % of the characteristic unavoidable background radiation.**





NEODVISNI NADZOR POOBLAŠČENIH IZVAJALCEV

POVZETEK

Opravljen je bil pregled rezultatov meritev iz programa neodvisnega nadzora obratovalnega nadzora med laboratoriji NEK, IJS in ZVD za leto 2013. 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 (imisijske) – meritve enkratnih vzorcev savske vode in sedimentov. Glede na kompleksnost postopkov vzorčenja, priprave vzorcev in meritev lahko ocenimo, da so ujemanja med sodelujočimi laboratoriji zadovoljiva, saj gre pri tej primerjavi za obravnavo različnih realnih vzorcev, ki so bili sicer odvzeti na istem mestu ob istem času, vendar po različnih postopkih vzorčenja, priprave vzorcev in meritev.

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 (URSV). 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 2013* obsega tri sklope. Sklopa 1 in 2 obravnavata emisije, medtem ko sklop 3 obravnava primerjavo vzorčenja in meritev vzorcev iz okolja (imisijske meritve). Program meritev v vseh treh sklopih je prikazan v tabelah 1–3.

Tabela 1: Program nadzora emisij – tekočinski izpusti (sklop 1) za leto 2013

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)
Meritve tritija (H-3) – specifična analiza s scintilacijskim spektrometrom	Odpadni merilni rezervoarji (WMT)		4-krat letno	četrletno 4-krat (brez joda in žlahtnih plinov)

Tabela 2: Program nadzora emisij – plinasti izpusti (sklop 2) za leto 2013

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



Tabela 3: Program nadzora imisij (sklop 3) za leto 2013

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	
Meritev 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 2013 sta sodelovala laboratorija NEK kot izvajalec obratovalnega nadzora in IJS kot izvajalec neodvisnega nadzora. Meritve vsebnosti tritija v teh vzorcih je izvedel IJS, Odsek O-2. V vnaprej dogovorjenih terminih je vzorčevalec IJS odvzel 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 2013 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:

$$\zeta\text{-preskus} = (\text{rezultat LAB1} - \text{rezultat LAB2}) / [(\text{negotovost LAB1})^2 + (\text{negotovost LAB2})^2]^{1/2}$$

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. 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 < 1,64$	rezultata se ne razlikujeta
$1,64 < \zeta < 1,96$	rezultata se najbrž ne razlikujeta, vendar so potrebni dodatni podatki za potrditev
$1,96 < \zeta < 2,58$	brez dodatnih podatkov ne moremo podati odločitve o tem, ali se rezultati razlikujejo
$2,58 < \zeta < 3,29$	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 $k = 1$), saj NEK svoje rezultate poroča z 95-odstotno zanesljivostjo (faktorjem pokritja $k = 2$). Oba laboratorija (NEK in IJS) sta poročala Co-58, Co-60, Ag-110m, Cs-137 in H-3, poleg teh radionuklidov pa je IJS poročal še Cr-51, Mn-54, Co-57, Zr-95, Nb-95, Ru-103, Te-123m, Te-125m, Te-127m, I-131, Cs-134, Ba-140, La-140 in Ce-144. Seznama poročenih radionuklidov pri NEK in IJS se razlikujeta, na seznamu IJS je 38 radionuklidov, na seznamu NEK pa 22. NEK nima na svojem seznamu Co-57, Ru-103, telurjevih izotopov in La-140 ter o njih ne poroča. Kadar radionuklidi Cs-137, Co-60 in Ag-110m niso bili detektirani, poroča NEK v svojih tabelah aktivnosti, izračunane na podlagi $\frac{1}{4}$ MDA. Te aktivnosti v primerjalnih tabelah niso navedene, ker niso primerljive z rezultati IJS. Na drugi strani sta v tabelah IJS navedena dva rezultata, ki sta meji kvantifikacije. Ta dva radionuklida sta bila v analizi določena, vendar je bila njuna negotovost večja od 80 %.

Med rezultati, ki smo jih lahko primerjali, se znatno razlikujeta Cs-137 in Co-58 v junijskem vzorcu. Poleg tega je IJS poročal aktivnosti za bistveno več radionuklidov kot NEK, kar lahko pojasnimo tudi z obsegom akreditacije NEK in zahtevami, definiranimi v dokumentu NEK-RETS, Rev. 6, 2012. V njihovi prilogi k akreditaciji št. LP-091 z dne 14. 6. 2012 (<http://www.slo-akreditacija.si/lp000/media/lp091.pdf>) je razvidno, da so akreditirani za specifične aktivnosti, večje od $1,9E+4$ Bq/m³, večina izmerjenih radionuklidov pri IJS pa ima nižje specifične aktivnosti. Bistvena razlika med rezultati je tudi v tem, da NEK ni poročal Cs-134 v junijskem vzorcu, pri čemer je IJS poročal za oba radionuklida (Cs-134 in Cs-137) podobne aktivnosti. Podobno je tudi z izotopoma Co-58 in Co-60, ki ju je IJS poročal v primerljivih aktivnostih, NEK pa je poročal oba radionuklida le v decembrskem vzorcu, v preostalih treh vzorcih pa za Co-60 ni poročal niti aktivnosti, izračunanih na podlagi $\frac{1}{4}$ MDA. V letu 2012 je pri neodvisnem nadzoru sodeloval ZVD, sklepi so bili podobni – tedaj so se med rezultati, ki smo jih lahko primerjali, znatno razlikovali H-3 v prvem vzorcu ter Co-60 in Ag-110m v drugem vzorcu. Ker so vzorci WMT edini vodni vzorci, ki vsebujejo merljive vsebnosti umetnih radionuklidov, predlagamo, da bi pri neodvisnem nadzoru teh vzorcev sodelovali obe neodvisni inštituciji istočasno – IJS in ZVD.

V tabeli 6 so podane primerjave med rezultati meritev vsebnosti radionuklidov v aerosolnih filtrih iz dimnika 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 Cs-137 v marčevskem vzorcu in Co-58 v novembrskem, ZVD pa Co-58 in Cs-137 v novembrskem vzorcu. Edini rezultat, ki ga lahko primerjamo, je torej Co-58, kjer je ujemanje zelo dobro. Aktivnost Cs-137 je bila tako v marčevskem vzorcu IJS kot v novembrskem vzorcu ZVD nizka in določena z okoli 50 % negotovostjo, kar pomeni, da je detekcija lahko odvisna od časa meritve, izbire spektrometra ipd.



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

Vzorč. mesto		WMT														
Pooblaščenca organizacija		IJS, Odsek F-2 (gama spektrometrija), Odsek O-2 (H-3)					NEK					ζ-preskus				
Datum vzor.		28.3.2013	20.6.2013	5.9.2013	10.12.2013	28.3.2013	20.6.2013	5.9.2013	10.12.2013	10.12.2013	5.9.2013	10.12.2013	Prvi vzorec	Drugi vzorec	Tretji vzorec	Četrti vzorec
Kol. vzorca (L)		0,2	0,2	0,2	0,3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0					
Koda vzorca		KII3WWM31	KII3WWM61	KII3WWM91	KII3WWMCI	28.03.2013 WMT-2	20.06.2013 WMT-2	5.9.2013 WMT#2	10.12.2013 WMT#2	10.12.2013 WMT#2	10.12.2013 WMT#2					
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)																
IZOTOP																
Na-22																
Cr-51																
Mn-54																
Fe-59																
Co-57																
Co-58																
Co-60																
Zn-65																
Sr-85																
Y-88																
Y-92																
Zr-Nb-95																
Zr-95																
Nb-95																
Nb-97																
Mo-99																
Tc-99m																
Ru-103																
Ru-106																
Ag-110m																
Sr-117m																
Sr-124																
Sr-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																

* Vse negotovosti so podane s faktorjem pokritja $k = 1$ (interval s 67-odstotno zanesljivostjo)



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

Vzrč. mesto		RM24																			
Pooblaščenca organizacija		IJS						ZVD						ζ-preskus							
Datum vzor.		5. 3. 2013	30. 4. 2013	28. 5. 2013	2. 7. 2013	30. 7. 2013	29. 10. 2013	3. 12. 2013	5. 3. 2013	2. 4. 2013	30. 4. 2013	28. 5. 2013	2. 7. 2013	30. 7. 2013	29. 10. 2013	3. 12. 2013	Prvi vzorec	Drugi vzorec	Tretji vzorec	Četrti vzorec	
Kol. vzores (m ³)		1531	1515	1515	1507	1507	1770	1770	1531	1531	1515	1515	1507	1507	1770	1770					
Koda vzorca		K13AERM2431	K13AERM2431	K13AERM2451	K13AERM2471	K13AERM2471	K13AERM24B1	K13AERM24B1	RV0830413	RV0830413	RV1540613	RV1540613	RV2080813	RV2080813	RV3951213	RV3951213					
IZOTOP		SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)																			
Ni-22																					
Cr-51																					
Mn-54																					
Fe-59																					
Co-57																					
Co-58																					
Co-60																					
Zn-65																					
Sr-85																					
Y-88																					
Y-92																					
Zr-Nb-95																					
Zr-95																					
Nb-95																					
Nb-97																					
Mo-99																					
Tc-99m																					
Tc-103																					
Ru-106																					
Ru-110m																					
Ag-110m																					
Sb-113																					
Sn-117m																					
Sb-124																					
Sb-125																					
Te-123m																					
Te-125m																					
Te-127m																					
Te-129m																					
Te-129m																					
Te-132																					
I-131																					
I-133																					
Cs-134																					
Cs-137																					
Ba-140																					
La-140																					
Ce-141																					
Ce-144																					
Fe-55																					

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



Tabela 7: Primerjava rezultatov meritev za reko Savo v Krškem

Vzorč. mesto	Krško					
Pooblaščen organizacija	IJS		ZVD		Prvi vzorec	Drugi vzorec
Datum vzorčevanja	27. 5. 2013	20. 9. 2013	27. 5. 2013	20. 9. 2013	27. 5. 2013	20. 9. 2013
Kol. vzorca (L)	45,31	47,59	45,28	45,38		
Koda vzorca	KI13SN151	KI13SN191	RSKRK213	RSKRK313	ζ-preskus	ζ-preskus
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)					
U-238	3,3E+00 ± 1E+00	< 5E+00	1,2E+00 ± 7E-01		1,39	
Ra-226	1,6E+00 ± 3E-01	1,7E+00 ± 1E+00	1,2E+00 ± 2E-01	8,2E-01 ± 3E-01	1,15	0,77
Pb-210	< 6E+00	< 2E+00	1,7E+01 ± 2E+00	1,2E+01 ± 3E+00		
Ra-228	1,2E+00 ± 4E-01	9,2E-01 ± 4E-01	1,5E+00 ± 3E-01		-0,67	
Th-228	8,5E-01 ± 2E-01	2,3E-01 ± 1E-01	4,8E-01 ± 3E-01	9,9E-01 ± 5E-01	1,01	-1,39
Th-230						
K-40	2,9E+01 ± 4E+00	3,5E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 3E+00	3,2E+01 ± 4E+00	-0,91	0,54
Be-7	5,4E+00 ± 8E-01	3,4E+00 ± 2E+00	1,6E+02 ± 5E+00	6,1E+01 ± 3E+00	-32,92	-17,56
I-131	3,6E+00 ± 5E-01	1,0E+00 ± 4E-01	6,3E-01 ± 2E+00		1,27	
Cs-134						
Cs-137	< 5E-01	< 2E-01	4,2E-01 ± 6E-02	< 1E+00		
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
H-3	7,1E+02 ± 2E+02	8,9E+02 ± 2E+02	8,7E+02 ± 2E+02	1,0E+03 ± 2E+02	-0,70	-0,44
Sr-90	-----	-----	2,9E+00 ± 3E-01	3,1E+00 ± 3E-01		

Tabela 8: Primerjava rezultatov meritev za reko Savo v Brežicah

Vzorč. mesto	Brežice					
Pooblaščen organizacija	IJS		ZVD		Prvi vzorec	Drugi vzorec
Datum vzorčevanja	27. 5. 2013	20. 9. 2013	27. 5. 2013	20. 9. 2013	27. 5. 2013	20. 9. 2013
Kol. vzorca (L)	47,35	52,99	44,98	44,7		
Koda vzorca	KI13SN351	KI13SN391	RSBRK213	RSBRK313	ζ-preskus	ζ-preskus
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)					
U-238	< 3E+00	2,2E+00 ± 1E+00	2,8E+00 ± 2E+00			
Ra-226	3,0E+00 ± 6E-01	2,1E+00 ± 3E-01	1,2E+00 ± 2E-01	3,2E-01 ± 2E-01	2,94	4,80
Pb-210	< 3E+00	< 2E+00	6,7E+00 ± 2E+00	4,6E+00 ± 9E-01		
Ra-228	5,9E-01 ± 3E-01	6,4E-01 ± 4E-01	1,7E+00 ± 5E-01		-1,94	
Th-228	4,9E-01 ± 2E-01	3,1E-01 ± 2E-01	5,3E-01 ± 5E-01		-0,08	
Th-230						
K-40	3,0E+01 ± 3E+00	3,2E+01 ± 3E+00	3,2E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 3E+00	-0,55	0,06
Be-7	4,9E+00 ± 2E+00	5,0E+00 ± 7E-01	2,9E+01 ± 2E+00	7,7E+00 ± 1E+00	-11,11	-2,20
I-131	3,8E+00 ± 1E+00	1,0E+00 ± 2E-01				
Cs-134						
Cs-137			< 8E-01	< 6E-01		
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
H-3	6,5E+02 ± 2E+02	9,1E+02 ± 2E+02	5,9E+02 ± 1E+02	1,2E+03 ± 2E+02	0,33	-1,04
Sr-90	-----	-----	3,0E+00 ± 3E-01	3,6E+00 ± 3E-01		


Tabela 9: Primerjava rezultatov meritev za rečni sediment v Krškem

Vzrč. mesto	Krško					
Pooblaščenca organizacija	IJS		ZVD		Prvi vzorec	Drugi vzorec
Datum vzorčevanja	27. 5. 2013	20. 9. 2013	27. 5. 2013	20. 9. 2013	27. 5. 2013	20. 9. 2013
Kol. vzorca (kg)	0,46	0,29	0,0674	0,07		
Koda vzorca	KI13SD151	KI13SD191	SDKRK213	SDKRK313	ζ-preskus	ζ-preskus
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)					
U-238	1,6E+01 ± 2E+00	2,5E+01 ± 2E+00	3,7E+01 ± 4E+00	3,8E+01 ± 5E+00	-4,48	-2,40
Ra-226	3,6E+01 ± 3E+00	3,5E+01 ± 3E+00	3,3E+01 ± 7E-01	2,6E+01 ± 4E+00	1,03	1,80
Pb-210	3,7E+01 ± 6E+00	5,6E+01 ± 3E+00	5,5E+01 ± 5E+00	4,2E+01 ± 4E+00	-2,28	2,81
Ra-228	2,7E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 1E+00	3,3E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 9E-01	-3,54	-0,18
Th-228	2,7E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 1E+00	2,2E+01 ± 1E+00	-0,40	1,50
Th-230	< 5E+01	2,3E+01 ± 1E+01				
K-40	3,1E+02 ± 3E+01	2,9E+02 ± 3E+01	3,6E+02 ± 2E+01	2,9E+02 ± 1E+01	-1,43	0,04
Be-7	1,5E+01 ± 8E-01	4,2E+01 ± 2E+00	2,2E+01 ± 1E+00	2,0E+01 ± 2E+00	-4,18	8,40
I-131	< 3E-01					
Cs-134						
Cs-137	3,9E+00 ± 2E-01	4,8E+00 ± 4E-01	6,2E+00 ± 3E-01	3,4E+00 ± 2E-01	-7,04	2,92
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
Sr-90	-----	-----	1,5E-01 ± 1E-01	2,5E-01 ± 1E-01		

Tabela 10: Primerjava rezultatov meritev za rečni sediment v Brežicah

Vzrč. mesto	Brežice					
Pooblaščenca organizacija	IJS		ZVD		Prvi vzorec	Drugi vzorec
Datum vzorčevanja	27. 5. 2013	20. 9. 2013	27. 5. 2013	20. 9. 2013	27. 5. 2013	20. 9. 2013
Kol. vzorca (kg)	0,49	0,44	0,0667	0,0685		
Koda vzorca	KI13SD351	KI13SD391	SDBRK213	SDBRK313	ζ-preskus	ζ-preskus
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)					
U-238	1,4E+01 ± 2E+00	2,4E+01 ± 3E+00	3,5E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 4E+00	-4,44	-1,55
Ra-226	3,3E+01 ± 3E+00	3,8E+01 ± 4E+00	2,9E+01 ± 7E-01	2,7E+01 ± 6E-01	1,16	3,01
Pb-210	3,3E+01 ± 3E+00	5,9E+01 ± 3E+00	5,4E+01 ± 5E+00	9,2E+01 ± 8E+00	-3,66	-3,86
Ra-228	2,4E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 8E-01	-4,64	0,44
Th-228	2,4E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 1E+00	2,3E+01 ± 1E+00	-2,42	1,79
Th-230		3,1E+01 ± 1E+01				
K-40	3,0E+02 ± 3E+01	2,7E+02 ± 3E+01	3,8E+02 ± 2E+01	3,1E+02 ± 2E+01	-2,46	-1,37
Be-7	6,8E+00 ± 8E-01	3,0E+01 ± 1E+00		7,4E+01 ± 3E+00		-14,19
I-131		1,6E-01 ± 9E-02				
Cs-134						
Cs-137	3,5E+00 ± 2E-01	3,8E+00 ± 2E-01	7,5E+00 ± 3E-01	5,8E+00 ± 2E-01	-10,59	-6,43
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
Sr-90	-----	-----	< 0,297 ± 1,0E-01	2,8E-01 ± 1E-01		



Iz tabel 7 in 8, kjer so prikazani rezultati meritev IJS in ZVD za vzorce reke Save v Krškem in Brežicah (sklop 3), je bilo med seboj primerjanih 23 rezultatov, od katerih se razlikuje 5 rezultatov. Največje razlike so pri Be-7, kjer ZVD tako kot v letu 2012 sistematsko poroča bistveno višje vrednosti kot IJS. To je lahko posledica samega načina vzorčevanja (morda je pri vzorčevanju ZVD bolj zajemal zgornje plasti vode kot IJS) ali merske procedure. Poleg tega so opažena razhajanja tudi pri Ra-226 v obeh vzorcih na lokaciji Brežice. Ta razhajanja lahko pripišemo nizkim izmerjenim aktivnostim in morda različnim načinom upoštevanja ekshalacije radona iz vzorca. Pri drugih radionuklidih je ujemanje zelo dobro, poleg tega so vsebnosti vseh radionuklidov, ki jih je določil eden od sodelujočih laboratorijev, zelo nizke in z veliko negotovostjo.

V tabelah 9 in 10 so zbrani rezultati in primerjave meritev sevalcev gama v vzorcih sedimentov, vzorčenih v Krškem in v Brežicah. Na obeh lokacijah je bilo med seboj primerjanih 31 rezultatov. 15 rezultatov je imelo ζ -preskus po absolutni vrednosti večji od 1,96, in sicer 7 pri lokaciji Krško in 8 pri Brežicah. Pri naravnih radionuklidih se med seboj razlikujejo U-238, Ra-226, Pb-210 in Th-228. Poleg tega so podobno kot pri savski vodi velike razlike pri Be-7 pri obeh krških vzorcih. Vsi rezultati za Cs-137 se med seboj znatno razlikujejo, kar je lahko posledica nizkih izmerjenih aktivnosti z relativno majhno negotovostjo. Zelo podobni sklepi so bili tudi pri primerjavi rečnih sedimentov v letu 2012, kar morda lahko pripišemo mikrolokacijam in načinu vzorčevanja sedimentov obeh pooblaščenih laboratorijev. Nabor poročenih radionuklidov je pri obeh laboratorijih zelo podoben, edina bistvena razlika je, da je IJS v dveh vzorcih poročal tudi I-131.

DISKUSIJA

Pooblašчени laboratoriji redno sodelujejo na mednarodnih primerjalnih testih. Ti rezultati so zbrani na priloženi zgoščenci v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2013, IJS-DP-11549, februar 2014* 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 boljša kot v letu 2012, 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, predlagamo, da bi pri neodvisnem nadzoru teh vzorcev sočasno sodelovali obe neodvisni inštituciji – IJS in ZVD. 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. Rednih mednarodnih primerjalnih meritev vzorčevanja, ki bi potrjevali primerljivost, ni. Z načinom vzorčevanja lahko pojasnimo predvsem bistvene razlike pri rezultatih meritev vzorcev sedimentov v rečnih vodah, saj je pri tem vzorčevanju meja med sedimenti in zemljo v rekah slabo definirana in lahko različni vzorčevalci zajamejo poleg sedimentov še različno količino zemlje. Slednje pojasnilo bi lahko potrdili z analizo vzorcev ZVD v laboratorijih IJS in obratno, saj bi tako iz primerjave izločili vpliv vzorčevanja.

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 ni znano, če in kako laboratoriji ovrednotijo ta prispevek k merilni negotovosti.

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 leta 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 obdelava vzorca poudarjena kot parametra, ki lahko bistveno vplivata na rezultat meritve, zato bi bilo v prihodnje tema komponentama meritev smiselno nameniti dodatno pozornost.

Predlagamo, da se v naslednjem letu opravi še primerjava analize vzorcev sedimentov ZVD v laboratorijih IJS in obratno ter s tem oceni vpliv vzorčevanja na končne poročane rezultate za sedimente. Poleg tega še 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 na 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.



MERITVE RADIOAKTIVNOSTI V OKOLJU IN NA IZVIRU TER NJIHOVA OBRAVNAVA V LUČI MOREBITNEGA VPLIVA NEK NA OKOLJE



Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija





MERITVE RADIOAKTIVNOSTI V OKOLJU IN NA IZVIRU TER NJIHOVA OBRAVNAVA V LUČI MOREBITNEGA VPLIVA NEK NA OKOLJE

Odgovorni za izdajo: dr. Benjamin Zorko

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

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

Lektoriral: dr. Jože Gasperič

monografija je lektorirana po mednarodnem standardu ISO 80000

POGLAVJE

Poročanje o rezultatih meritev s spektrometri gama v bližini meje za odločitev

Reka Sava

Voda iz črpališč in vrtin

Usedi

Zrak

Izpostavljenost zunanjemu sevanju

Radionuklidi v hrani

AVTORJI

dr. Matjaž Korun

mag. Matjaž Stepišnik, IJS

dr. Benjamin Zorko, IJS

dr. Jasmina Kožar Logar, IJS

dr. Marko Giacomelli, ZVD

Boštjan Črnič, dipl. inž. fiz., IJS

dr. Katarina Vogel - Mikuš, BF

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

Prva izdaja: marec 2014

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

539.16:502.175(497.4)
621.311.25(497.4Krško)

MERITVE radioaktivnosti v okolju in na izviru ter njihova obravnavava v luči morebitnega vpliva NEK na okolje / [urednika Benjamin Zorko in Denis Glavič - Cindro]. - 1. izd. - Ljubljana : Institut Jožef Stefan, 2014

ISBN 978-961-264-054-5
1. Zorko, Benjamin
273067520

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: 50 izvodov



VSEBINA

Predgovor urednika

1	Poročanje o rezultatih meritev s spektrometri gama v bližini meje za odločitev	1 / 112
2	Reka Sava	7 / 112
3	Voda iz črpališč in vrtin	27 / 112
4	Usedi	45 / 112
5	Zrak	61 / 112
6	Izpostavljenost zunanjemu sevanju	79 / 112
7	Radionuklidi v hrani	93 / 112
8	Reference	109 / 112





PREDGOVOR UREDNIKA

Monografija *Meritve radioaktivnosti v okolju in na izviru ter njihova obravnava v luči morebitnega vpliva NEK na okolje* obravnava in razlaga rezultate meritev radioaktivnosti na merilnih postajah v okolici NEK in jih kritično primerja z rezultati meritev na izbrani referenčni ali kontrolni lokaciji 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, ki živijo v neposredni bližini jedrske elektrarne.

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 se posebej kritično razlaga načine poročanja merskih rezultatov, še posebej tistih v bližini detekcijskih mej, kar vpliva na izračun letnih povprečij ter njihovih negotovosti. Na podlagi letnih povprečij je mogoče pokazati časovne usmeritve, kar je zelo pomembno pri kritični razlagi obremenitve prebivalstva zaradi umestitve jedrskega objekta v njihov življenjski prostor. Poglavja se vsebinsko 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 zunanega sevanja (efektivna doza zaradi zunanega 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. Od tu naprej obravnavamo posebej usede (4. poglavje), zrak (5. poglavje), zunanje sevanje (6. poglavje) in hrano (7. poglavje), to je tiste medije, ki jih zračna prenosna pot najbolj obremeni. Tudi tu sta dve obsevanji, namreč efektivna doza zaradi notranjega obsevanja (inhalacija, ingestija) ter zunanje sevanje (zračna imerzija, sevanje useda). 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. V osmem poglavju so zbrane vse reference, uporabljene v monografiji.

Tako se pokaže, da prebivalci, ki živijo v Krškem, Brežicah in vaseh v celotnem okrožju v okolici NEK, niso nič bolj izpostavljeni ionizirajočemu sevanju kot prebivalci drugod po Sloveniji. Tu gre predvsem za prispevke naravnih radionuklidov uranove in torijeve razpadne vrste, radioaktivnega kalija K-40 in kozmogonih Be-7 in H-3. Bistveno manjša sta prispevka Cs-137 in Sr-90, ki izvirata iz splošne kontaminacije zaradi černobilske nesreče in preskusnih jedrskih poskusov. Pomemben delež je tudi prispevek medicinske diagnostike, vendar se ta v tej monografiji ne obravnava. Še manjši je prispevek NEK (H-3 in C-14), ki je zanemarljiv tako z biološkega kot tudi statističnega vidika. Elektrarna ima tako večletni kontinuirni varni način obratovanja s kontroliranimi majhnimi izpusti v okolje.

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 koordinatorica 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".



1 POROČANJE O REZULTATIH MERITEV S SPEKTROMETRI GAMA V BLIŽINI MEJE ZA ODLOČITEV

POVZETEK

V analizno proceduro za obdelavo spektrov gama smo vpeljali izboljšave, ki povečajo zanesljivost merskih rezultatov v bližini meje za odločitev. Vpeljava korekcij, ki se pojavijo v bližini meje za odločitev, in pretvorbe primarnih merskih rezultatov v najboljše ocene znižata letne povprečne koncentracije radionuklidov in njihove negotovosti v medijih, kjer so njihove specifične aktivnosti v bližini meje za odločitev. Zato se znižajo tudi prejete doze, ki jih pripišemo prisotnosti teh radionuklidov v medijih. Znižanje je tem večje, čim manjše so prave koncentracije radionuklidov v medijih.

UVOD

Standard ISO 11929 [18] definira mejo za odločitev (*decision threshold*) kot tisto vrednost izmerka (opažene vrednosti), na podlagi katere se odločimo, da je signal v meritvi tako visok, da izvira iz pogojev merjenja, to je lastnosti vzorca, ne pa iz slučajnih vplivov, katerim je merjenje izpostavljeno (šum). Če je vrednost izmerka manjša od meje za odločitev, signala ne moremo pripisati pogojem merjenja, vendar te možnosti ne moremo izključiti. Meja za odločitev je premo sorazmerna negotovosti izmerka, če je prava vrednost merjene količine nič [18]. Sorazmernostni faktor je določen z zanesljivostjo odločitve o tem, da opažena vrednost izvira iz lastnosti vzorca.

V meritvah, ki so povezane s programi radiološkega nadzora okolja, se metoda spektrometrije gama navadno uporablja kot nespecifična metoda, to pomeni, da pri eni meritvi s spektrometrom gama izmerimo aktivnosti vseh sevalcev gama, katerih aktivnosti znatno presegajo njihovo mejo za odločitev. Ker so koncentracije sevalcev gama v okolju nizke, uporabljamo pri vzorčevanju in pripravi vzorcev metode, s katerimi koncentracije sevalcev gama v vzorcu povečamo, kot sta na primer filtriranje in izparevanje. Kljub temu so mnogi merski izidi pod mejo za odločitev. Ti izidi so dveh vrst:

- sevalec v spektru ni bil identificiran, to pomeni, da vrh v spektru (signal) ni bil najden; v tem primeru v poročilu o meritvah ni nobene informacije o njegovi aktivnosti, razen za Pb-210, ko podajamo detekcijsko mejo;
- sevalec je bil najden, vendar je njegova aktivnost pod mejo za odločitev; v tem primeru leži znaten del verjetnostne porazdelitve, ki opisuje pravo vrednost, v območju negativnih aktivnosti [19]; v tem primeru je v poročilu vrednost, določena iz meje za kvantifikacijo.

Ker so merski rezultati definirani kot množica vrednosti, ki jo skupaj z drugimi primernimi informacijami pripišemo določeni veličini [20], opažene vrednosti in njihove negotovosti (primarni merski rezultati) niso merski rezultati, če se pripadajoče porazdelitve gostote verjetnosti raztezajo v območje negativnih aktivnosti, saj aktivnosti in koncentracije ne morejo biti manjše od nič. Zato je potrebno primarne merske rezultate v bližini meje za odločitev spremeniti v zgornjo mejo, ki je prava vrednost ne presega [2], poglavje *Poročanje o rezultatih meritev*, ali pa pretvoriti v najboljše ocene. Pri izračunu primarnega merskega rezultata namreč pogoj, da aktivnost ne sme biti negativna, ni upoštevan; ta pogoj upoštevamo šele naknadno s pretvorbo primarnih merskih rezultatov v najboljše ocene, to je v merske rezultate.

Ta pretvorba ima dodatno prednost, da se izognemo izgubi informacije, ki nastane pri pretvorbi primarnega merskega rezultata v zgornjo mejo, poleg tega še dodatni izgubi informacije in sistemskemu vplivu pri morebitni pretvorbi zgornje meje v obliko, ki jo ima primarni merski rezultat [2], poglavje *Poročanje o rezultatih meritev*, in ki je primerna za statistične obdelave. Letna povprečja moramo izračunati iz podatkov, ki so navedeni v tabelah z rezultati.



NAJBOLJŠE OCENE

Razlika med najboljšo oceno in primarnim merskim rezultatom je tem večja, čim večji del verjetnostne porazdelitve, ki ustreza primarnemu merskemu rezultatu, sega v območje negativnih aktivnosti. Če želimo izračunati pravilne najboljše ocene, morajo biti vsi sistematski vplivi na primarne merske rezultate v bližini meje za odločitev natančno upoštevani in negotovosti opaženih vrednosti pravilno določene. Zato smo v analizni proceduri, ki računa primarne merske rezultate upoštevali sistematske vplive, ki se pojavijo pri računanju ploščin vrhov z veliko relativno negotovostjo in upoštevali vpliv negativnih aktivnosti, ki se lahko pojavijo pri odštevanju ozadja, luščenju interferenc in odštevanju aktivnosti slepega vzorca [21].

Pri pretvorbi primarnih merskih rezultatov v najboljše ocene normalno porazdelitev gostote verjetnosti, ki ustreza primarnemu merskemu rezultatu, spremenimo v porazdelitev, ki ne sega v področje negativnih aktivnosti [22, 23]. Vrednost najboljše ocene in njeno negotovost nato izračunamo kot povprečno vrednost in standardno deviacijo nove porazdelitve gostote verjetnosti. Ker spremenjena porazdelitev gostote verjetnosti ne sega v področje negativnih aktivnosti, je vrednost najboljše ocene vedno večja od opažene vrednosti, njena negotovost pa vedno manjša od negotovosti opažene vrednosti. To pomeni, da je relativna negotovost pri najboljši oceni vedno manjša od relativne negotovosti pri primarnem merskem rezultatu, ki je bil pretvorjen v najboljšo oceno. To lahko razložimo s tem, da smo v analizo vnesli dodatno informacijo, namreč da aktivnost ne more biti negativna.

Omeniti je treba, da je nova porazdelitev gostote verjetnosti nesimetrična in nezvezna ter da njena standardna deviacija preseže povprečno vrednost, če je relativna negotovost primarnega merskega rezultata preseže 1,64. To pomeni, da je pri takih primarnih merskih rezultatih še vedno potrebna pretvorba iz najboljše ocene v zgornjo mejo njene vrednosti. Če poznamo mejo za odločitev, je obratna pretvorba, to je pretvorba zgornje meje v primarni merski rezultat, mogoča brez izgube informacije, ker je zgornja meja linearna funkcija razmerja med opaženo vrednostjo in njeno negotovostjo [24].

PRIMERJAVA NAJBOLJŠIH OCEN IN PRIMARNIH MERSKIH REZULTATOV

Analizno proceduro za obdelavo spektrov, ki teče na spektrometrski platformi *Genie ESP* smo priredili tako, da vsak spekter analizira dvakrat: prvič na klasični način tako, kot je opisano v [2], poglavje Poročanje o rezultatih meritev, in drugič tako, da upošteva sistematske vplive na ploščino vrhov z veliko statistično negotovostjo in vpliv negativnih aktivnosti [21] ter izvede pretvorbo primarnih merskih rezultatov v najboljše ocene. V letu 2013 smo meritve s spektrometri gama analizirali s spremenjeno proceduro. Za izbrane vzorce, ki so primerni za primerjavo, smo izdelali dve verziji tabel z merskimi rezultati, eno s primarnimi merskimi rezultati in drugo z najboljšimi ocenami. Zato smo lahko določili vpliv pretvorbe ne le na merske rezultate, ampak tudi na njihova časovna povprečja in njihove apriorne negotovosti ter aposteriorne negotovosti. To nam je omogočilo, da smo lahko ocenili vpliv različnih analiznih procedur tudi na merske rezultate v bližini detekcijske meje, njihova letna povprečja ter apriorne in aposteriorne negotovosti povprečij.

Ker pričakujemo, da je največji vpliv pretvorbe primarnih merskih rezultatov v najboljše ocene pri meritvah, kjer so vzorci najmanj aktivni, smo primerjavo izvedli na rezultatih meritev vode iz črpališč, deževnice, sadja in hrane živalskega izvora, kjer so relativne negotovosti velike, merski izidi z neidentificiranimi sevalci pa pogosti. Primarni merski rezultati teh vzorcev so v poročilu o meritvah navedeni v tabelah T – 30a, b do T – 34a, b, T – 37a, b do T – 40a, b, T – 65, T – 66, T – 67, T – 74 in T – 75, najboljše ocene pa v tabelah TB – 30a,b do TB – 34a,b, TB – 37a,b do TB – 40a,b, TB – 65, TB – 66, TB – 67, TB – 74 in TB – 75. Za primerjavo smo uporabili merske izide za naravne izotope U-238, Ra-226, Pb-210, Ra-228, Th-228 in Be-7, ki so pogosto prisotni v vzorcih. Izotopa K-40 v primerjavi nismo uporabili, ker je njegova aktivnost znatno nad mejo za odločitev skoraj v vseh vzorcih. Število primerjav merskih izidov je v tabeli 1.1.

Tabela 1.1 prikazuje število merskih izidov, pri katerih radionuklid ni bil detektiran, število merskih



izidov, kjer je podana zgornja meja in število merskih izidov, kjer je podan merski rezultat v obliki izmerjene vrednosti in njene negotovosti. Števila merskih izidov so podana ločeno za primarne merske rezultate in najboljše ocene. Iz tabele je razvidno, da je število izidov, kjer sevalec ni bil detektiran, enako pri primarnih merskih rezultatih in pri najboljših ocenah. To pričakujemo, saj pretvorba iz primarnih merskih rezultatov poteka le pri detektiranih radionuklidih, pri pretvorbi pa se informacija, da je bil radionuklid detektiran, ne izgubi. Prav tako je iz tabele razvidno, da je pri vseh medijih število zgornjih mej večje pri najboljših ocenah kot pri primarnih rezultatih. To pomeni, da so primarni merski rezultati, ki jih izračuna dopolnjena analizna procedura takšni, da se večkrat pretvorijo v zgornjo mejo kot pa primarni merski rezultati v običajni analizni proceduri, iz tega sledi, da imajo večje relativne negotovosti. To je razumljivo, ker upoštevanje obeh sistematskih vplivov na primarne merske rezultate, to je vpliva na ploščino vrhov z veliko statistično negotovostjo in vpliva negativnih aktivnosti, lahko le zmanjša opaženo vrednost, negotovost pa poveča zaradi negotovosti popravkov. Zato opažene vrednosti, izračunane z dopolnjeno proceduro, ne morejo presegati opaženih vrednosti, dobljenih s prvotno proceduro, njihove negotovosti pa presegajo negotovosti opaženih vrednosti iz prvotne procedure. To je vzrok, da je lahko relativna negotovost pri najboljši oceni večja kot relativna negotovost pri primarnem merskem rezultatu, pri katerem vpliv sistematskih vplivov v bližini detekcijske meje [21] ni upoštevan, in so pretvorbe v zgornjo mejo pogostejše.

Tabela 1.1: Število primerjav, število merskih izidov, kjer sevalec ni bil detektiran, število zgornjih mej in število izidov, pri katerih sta v poročilu navedeni izmerjena vrednost in njena negotovost

Medij		Podtalnica	Deževnica	Sadje	Hrana živalskega izvora
Primarni merski rezultati	nedetektiran	30	49	11	22
	zgornja meja	101	61	20	13
	vrednost ± negotovost	199	166	17	7
Najboljše ocene	nedetektiran	30	49	11	22
	zgornja meja	121	90	21	17
	vrednost ± negotovost	179	137	16	3
Število primerjav		330	276	48	42

Tabela 1.2: Primerjava velikosti primarnih merskih rezultatov in najboljših ocen

Medij	Podtalnica	Deževnica	Sadje	Hrana živalskega izvora
Večja najboljša ocena	20 7 %	10 4 %	1 3 %	1 5 %
Večji primarni merski rezultat	135 45 %	95 42 %	24 65 %	14 70 %
Najboljša ocena enaka primarnemu merskemu rezultatu v okviru natančnosti navajanja rezultatov	145 48 %	122 54 %	12 32 %	5 25 %



V tabeli 1.2 je predstavljena primerjava velikosti primarnih merskih rezultatov in najboljših ocen. Navedena so števila in deleži merskih rezultatov, pri katerih vrednost najboljše ocene presega opaženo vrednost, oziroma zgornja meja pri najboljši oceni presega zgornjo mejo pri merskem rezultatu, ter števila, pri katerih opažena vrednost presega vrednost najboljše ocene, oziroma zgornja meja pri primarnem merskem rezultatu presega zgornjo mejo pri najboljši oceni. V primerjavah, pri katerih je eden od merskih rezultatov podan v obliki zgornje meje, drugi pa v obliki vrednost \pm negotovost, je kot večji izbran rezultat, ki je podan kot vrednost \pm negotovost, ker se v nadaljnjih računih privzame ničla kot vrednost rezultata, podanega v obliki zgornje meje [2], poglavje *Poročanje o rezultatih meritev*. Iz takšnih podatkov ocenjene doze niso odvisne od merskih pogojev, ki jih opisujejo zgornje meje, ampak le od izmerjenih vrednosti. Negotovosti doz pa so odvisne od pogojev merjenja.

PRIMERJAVA POVPREČIJ PRIMARNIH MERSKIH REZULTATOV S POVPREČJI NAJBOLJŠIH OCEN

Pri računanju letnih doz ne uporabljamo merskih rezultatov neposredno, ampak njihova letna povprečja. Znano je, da pretvorba primarnih merskih rezultatov v najboljše ocene uvede v merske rezultate sistematske vplive, ki lahko pri statističnih obdelavah privedejo do nesprejemljivih sklepov [25]. Zato smo postopek računanja najboljših ocen priredili tako, da te sistematske vplive čim bolj zmanjša [22, 23]. Da bi ocenili skupen učinek izboljšav, ki smo jih vpeljali v analizo proceduro in pretvorbe primarnih merskih rezultatov v najboljše ocene, smo izvedli primerjavo povprečnih letnih vrednosti primarnih merskih rezultatov in najboljših ocen. Postopek povprečenja je opisan v [2], poglavje *Poročanje o rezultatih meritev*, in je enak pri primarnih merskih rezultatih in pri najboljših ocenah.

Tabela 1.3: Povprečne vrednosti razmerij letnega povprečja vrednosti najboljših ocen in letnega povprečja opaženih vrednosti, povprečne vrednosti razmerij med apriorno negotovostjo letnega povprečja vrednosti najboljših ocen in apriorno negotovostjo letnega povprečja opaženih vrednosti ter povprečne vrednosti razmerij med aposteriorno negotovostjo letnega povprečja vrednosti najboljših ocen ter aposteriorno negotovostjo letnega povprečja opaženih vrednosti

Medij	Črpališča		Deževnice		Sadje		Hrana živalskega izvora	
	r	σ_r^{**}	r	σ_r^{**}	r	σ_r^{**}	r	σ_r^{**}
Povprečno razmerje vrednosti	0,89	0,09	0,70	0,13	0,36	0,17	0,08	0,09
Povprečno razmerje apriornih negotovosti*	0,72	0,05	0,76	0,11	0,69	0,12	0,35	0,04
Povprečno razmerje aposteriornih negotovosti*	0,99	0,05	0,79	0,12	0,37	0,15	0,08	0,09

* V tabelah apriorne in aposteriorne negotovosti povprečij niso navedene, ampak navajamo le večjo od njiju.

** Standardne deviacije σ_r , navedene v tabeli, so negotovosti povprečnih razmerij, dobljenih iz stresanja razmerij, ki pripadajo posameznim radionuklidom.



Za primerjavo smo izračunali razmerja med povprečnimi vrednostmi najboljših ocen in povprečnimi vrednostmi primarnih merskih rezultatov ter razmerja med njihovimi apriornimi in aposteriornimi negotovostmi. Zaradi boljše preglednosti smo izvedli skrčenje števila podatkov tako, da smo razmerja letnih povprečij, torej razmerij letnega povprečja vrednosti najboljše ocene za posamezen sevalec v tabeli z najboljšimi ocenami in povprečja opaženih vrednosti za ta sevalec v tabeli s primarnimi merskimi rezultati, povprečili po lokacijah, kjer so bili vzorci zbrani, in po radionuklidih. Tako dobljena povprečja so predstavljena v tabeli 1.3.

DISKUSIJA

Tabela 1.1 prikazuje kako se število merskih izidov raznih vrst spreminja v odvisnosti od medija. V tabeli 1.4 je predstavljena pogostost merskih izidov, v katerih radionuklid ni bil detektiran. Negotovosti v tabeli so izračunane pri predpostavki, da so merski rezultati med seboj neodvisni. Ker je vsota pogostosti merskih izidov, v katerih je posamezen radionuklid detektiran oziroma nedetektiran 100 %, ta predpostavka vodi k binomski porazdelitvi gostote verjetnosti. Pogostost merskih izidov, v katerih posamezen radionuklid ni detektiran, lahko uporabimo kot merilo občutljivosti meritve glede na prave koncentracije radionuklidov v vzorcu. Čim nižje je razmerje med pravimi koncentracijami in občutljivostjo meritve, tem večja je pogostost merskih izidov, pri katerih posamezen radionuklid v vzorcu ni detektiran.

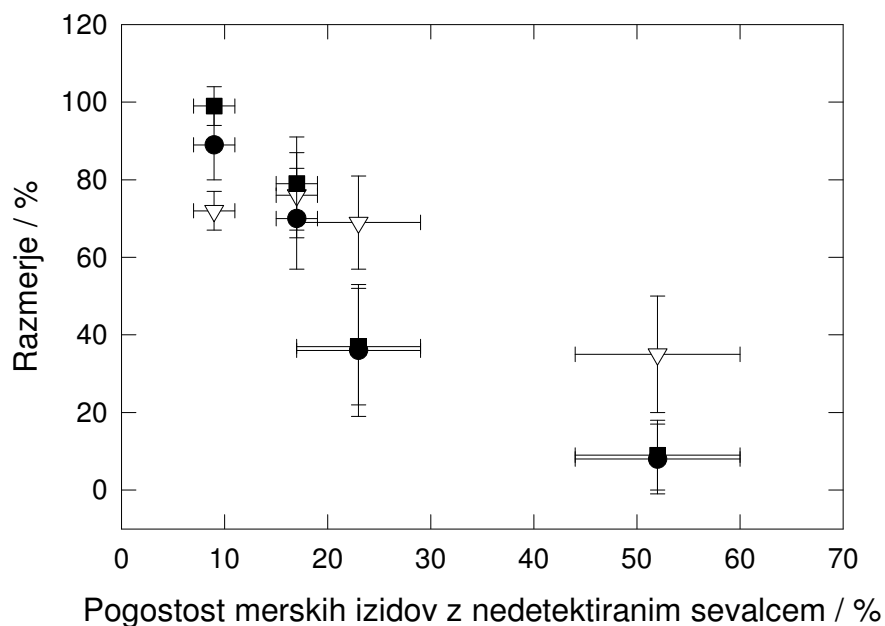
Tabela 1.4: Delež merskih izidov, v katerih posamezen radionuklid ni bil detektiran

Medij	Črpališča	Deževnice	Sadje	Hrana živalskega izvora
Delež (%)	9 ± 2	17 ± 2	23 ± 6	52 ± 8

Iz tabele 1.1 je razvidno, da je pri posameznem mediju pogostost rezultatov, podanih v obliki zgornjih mej, večja pri najboljših ocenah kot pri primarnih merskih rezultatih. To izvira iz upoštevanja sistematskih vplivov [21] v računanju primarnih merskih rezultatov, ki jih pretvorimo v najboljše ocene. Ti rezultati imajo manjše ali enake opažene vrednosti, njihove negotovosti pa so večje zaradi negotovosti popravkov. Zato imajo večje relativne negotovosti in so pogostejše pretvorjeni v zgornjo mejo kljub temu, da pretvorba v najboljše ocene zmanjša njihove negotovosti.

Tabela 1.2 prikazuje primerjavo velikosti najboljših ocen in primarnih merskih rezultatov. Merski rezultati, kjer najboljša ocena presega primarni merski rezultat, so razmeroma redki, kar kaže na to, da popravki v bližini meje za odločitev [21] bolj vplivajo na merski rezultat kot pretvorba primarnega merskega rezultata v najboljšo oceno. Iz tabel 1.2 in 1.4 je tudi razvidno, da je delež merskih rezultatov, kjer primarni merski rezultat občutno presega najboljšo oceno, večji pri meritvah, kjer so pogosti merski izidi, pri katerih posamezni radionuklidi niso detektirani, to je tam, kjer so prave aktivnosti manjše glede na občutljivosti meritev.

Tabela 1.3 prikazuje vpliv spremembe analizne procedure na letna povprečja specifičnih aktivnosti, ki jih uporabimo za računanje efektivnih doz. Na sliki 1 so predstavljena povprečna razmerja letnih povprečij (iz tabele 1.3) kot funkcije pogostosti merskih izidov, pri katerih posamezni radionuklidi niso detektirani (iz tabele 1.4). Opazno je manjšanje razmerij s pogostostjo merskih izidov, pri katerih radionuklid ni detektiran. S slike torej izhaja, da se povprečne vrednosti in njihove negotovosti manjšajo, če se manjša pogostost za detekcijo radionuklidov. To pomeni, da se zmanjšajo doze, ki jih pripišemo radionuklidom v vzorcih, kjer so detekcije redke. Slika tudi prikazuje, da sta odvisnosti povprečnega razmerja letnih povprečij in razmerja njihovih aposteriornih negotovosti približno enaki. To je razumljivo, saj so te aposteriorne negotovosti izračunane iz razmerij letnih povprečij.



Slika 1.1: Odvisnost razmerij med vrednostmi (●), apriornimi negotovostmi povprečij (▽) in aposteriornimi negotovostmi letnih povprečij (■) od pogostosti merskih izidov, pri katerih posamezen radionuklid ni detektiran

SKLEPI

Z dopolnjeno proceduro za analizo spektrov gama izračunamo nižje vrednosti merskih rezultatov, čeprav jih sama pretvorba primarnih merskih rezultatov v najboljše ocene poveča. Znižanje je večje pri medijih, kjer so merski izidi, pri katerih posamezen radionuklid ni detektiran, bolj pogosti. Prav tako se znižajo letne povprečne vrednosti in njihove negotovosti. Posledica tega je, da so ocenjene doze zaradi vnosa preko medijev, pri katerih so pogoste specifične aktivnosti pod mejo za določitev, nižje. Z dopolnjeno metodologijo analize spektrov smo zmanjšali mero, s katero so precenjene doze zaradi prisotnosti naravne radioaktivnosti v vzorcih.

Omeniti je pa treba, da je za pravilno pretvorbo primarnih merskih rezultatov v najboljše ocene potrebno realistično ovrednotiti negotovosti primarnih merskih rezultatov. Vrednost najboljše ocene je namreč odvisna od negotovosti primarnega rezultata, zato podcenjene negotovosti nižajo najboljše ocene, precenjene negotovosti pa jih višajo. Ker je negotovost primarnega merskega rezultata v bližini meje za odločitev določena z analitskim procesom in ni lastnost vzorca oziroma vzorčevanega medija, postanejo tudi vrednosti najboljših ocen in s tem ocenjene doze odvisne od analitskega procesa. To je različno kot pri dozah, izračunanih iz primarnih merskih rezultatov, kjer od analitskega procesa niso odvisne doze, ampak le njihove negotovosti.



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 2013 so bili tekočinski izpusti v okolje podobni kot v letu 2012. Sistematično so se začeli spremljati tudi tekočinski izpusti radioaktivnega ogljika C-14, ki je bil v preteklih letih merjen le občasno. Najvišjo izpuščeno aktivnost je imel tritij, ki je edini umetni radionuklid, ki ga redno merimo v reki Savi in je zagotovo vsaj delno posledica tekočinskih izpustov NEK. Pri vseh drugih umetnih radionuklidih je vpliv NEK v okolju nemerljiv oziroma nedoločljiv. Vsebnosti cezija in stroncija nizvodno od NEK zelo verjetno nista posledica vpliva NEK, ampak neenakomerne globalne kontaminacije. Prisotnost joda je posledica uporabe tega izotopa v terapevtske in diagnostične namene v bolnišnicah. Letna efektivna doza zaradi zadrževanja na obrežju (zunanje sevanje) in ingestije rib za referenčno skupino prebivalstva po savski prenosni poti je manjša od 0,5 μSv 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 zunanjimi vplivi in dejanskimi vplivi elektrarne.



Slika 2.1: Izhod bistvene oskrbne vode (ESW), kjer se izpuščajo radioaktivne tekočine iz odpadnih merilnih rezervoarjev (WMT) in sistema za kaluženje uparjalnikov (SGBD). Fotografija je posneta z jeza.



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 nad jezom elektrarne (slika 2.1). 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 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).

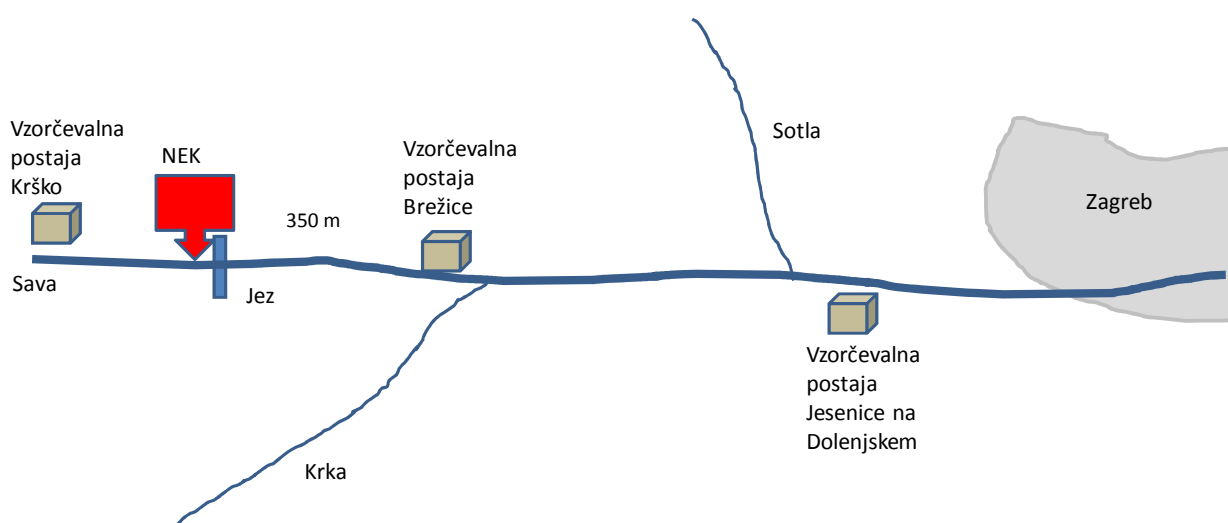
Vplive na okolje ocenjujemo na podlagi neposrednih meritev izpustov (emisij) in z uporabo modela, ki je natančneje opisan v poročilu *Izpostavitev referenčne skupine prebivalcev sevanju zaradi tekočinskih izpustov NEK v reko Savo (IJS-DP-10114)* [28]. Model upošteva najpomembnejše prenosne poti in načine 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 kvartalno 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 kvartalno, razen za tritij, ki se meri mesečno.

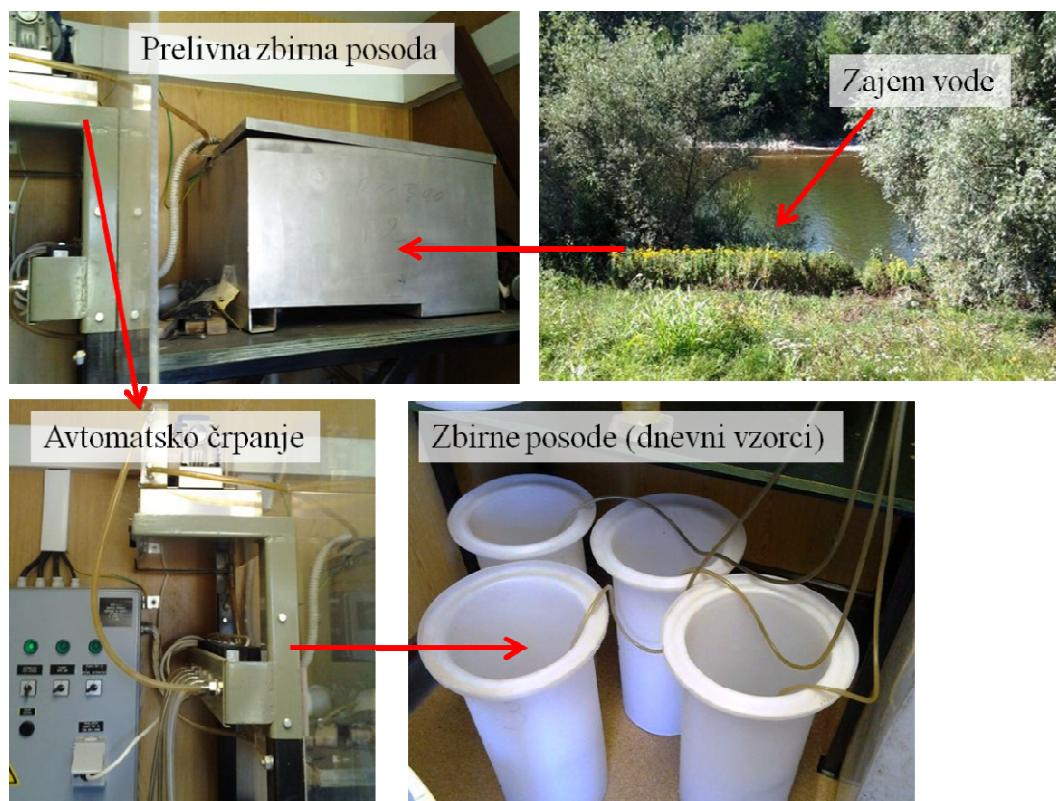


Slika 2.2: Shematski prikaz obstoječih vzorčevalnih postaj ob reki Savi



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 v primeru izrednega dogodka odvzem enodnevnega vzorca. Voda se črpa v prelivno zbirno posodo (slika 2.3). Iz prelivne posode manjša črpalka kontinuirno črpa vodo in jo naliva v eno izmed štirih zbirnih posod. Na dan se nabere okoli 3,2 litra vode. Vzorčevalec nato vsake tri dni iz vsake zbirne posode v vzorčevalno posodo (mesečni vzorec 50 litrov) natoči 1,6 litra vode, ostalo pa odlije. V Brežicah in Jesenicah na Dolenjskem se meritve vzorcev izvajajo mesečno.

Vzorčevanje je opravljal NEK, meritve vzorcev pa so opravljale neodvisne organizacije ZVD, IRB in IJS.



Slika 2.3: Delovanje kontinuirne vzorčevalne postaje reke Save pri Brežicah

Kontinuirna vzorčevanja in meritve sestavljenih dnevnih vzorcev savske vode so namenjena 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 odvzem 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 (razen C-14). Radioaktivni ogljik C-14 je bil v okviru rednega nadzora merjen le v tekočinskih izpustih NEK [15]. 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, medtem ko se je aktivnost Sr-90 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 s fino 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.

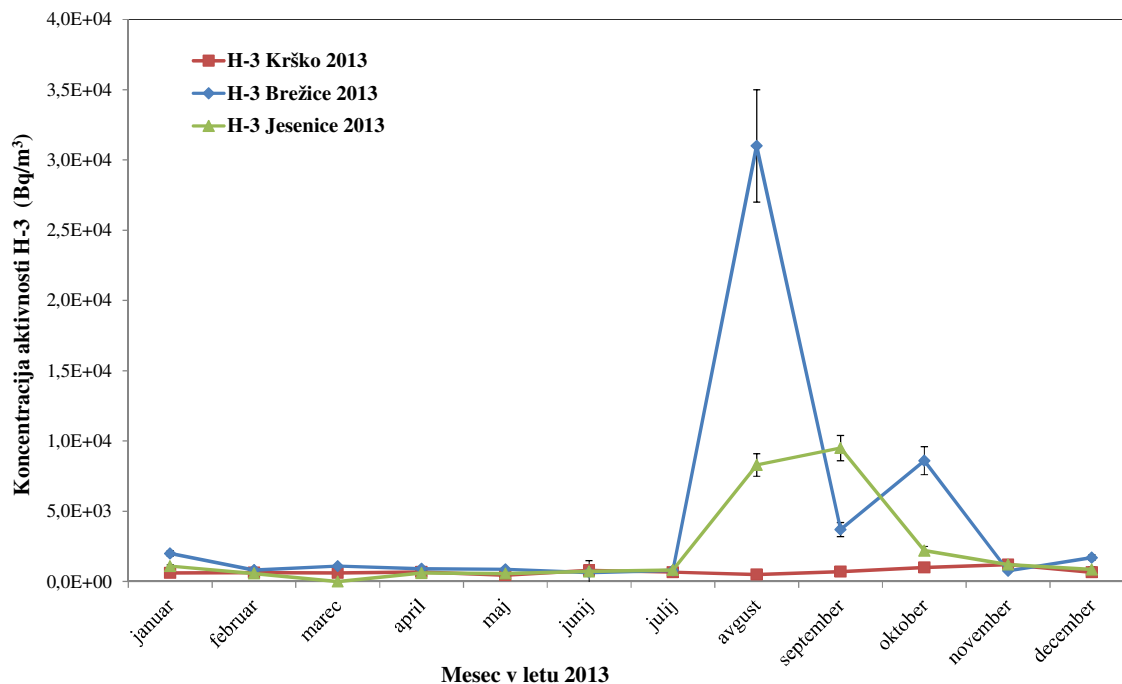
REZULTATI MERITEV

Tabele z merskimi rezultati so na priloženi zgoščenki v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2013, IJS-DP-11549, marec 2014*. 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 2.4 so prikazane primerjave koncentracij aktivnosti tritija v savski vodi na lokacijah Krško, Brežice in Jesenice na Dolenjskem v letu 2013. Povprečna letna koncentracija aktivnosti H-3 v Brežicah ($4,4 \pm 3,0$) kBq/m³ je 6-krat višja, kot je na referenčnem odvzemnem mestu Krško (pred papirnico) ($0,71 \pm 0,06$) kBq/m³. Povprečna koncentracija aktivnosti je bila v letu 2013 nižja kot v letu 2012, vendar višja kot v letu 2011.

Najvišja vrednost mesečnih povprečij v Brežicah je bila v avgustu (31 ± 4) kBq/m³, medtem ko je bila v tem obdobju koncentracija aktivnosti na referenčnem odvzemu Krško ($0,50 \pm 0,07$) kBq/m³. Najvišja izmerjena koncentracija aktivnosti v Brežicah je bila podobna kot v predhodnem letu. Meritve tritija na lokacijah Brežice in Krško je opravil IJS. V Jesenicah na Dolenjskem so meritve IRB pokazale letno povprečje ($2,2 \pm 0,9$) kBq/m³ z največjo vrednostjo ($9,5 \pm 0,9$) kBq/m³ v mesecu avgustu.

V letu 2013 so bile koncentracije aktivnosti H-3 v Brežicah v primerjavi s tistimi v Jesenicah na Dolenjskem v povprečju višje za faktor 2. To je posledica dodatnega razredčenja vode zaradi pritokov Krke in Sotle, za kateri predpostavimo, da imata enako koncentracijo tritija kot Sava v Krškem. Pretok Save v Brežicah pred izlivom reke Krke je bil najvišji v mesecu novembru (477 m³/s) in najnižji v avgustu (68 m³/s), letno povprečje je bilo 250 m³/s. Na obeh vzorčevalnih lokacijah pod NEK je bilo mogoče opaziti povišane koncentracije aktivnosti H-3. Podobno kot v letu 2012 lahko opazimo korelacijo med mesečnimi izpusti NEK, višino vodostaja reke in povečanjem koncentracije na lokacijah pod NEK.



Slika 2.4: 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.

V drugih rekah v Sloveniji so bile povprečne letne koncentracije H-3 pod 1 kBq/m^3 [12].

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 letna koncentracija aktivnosti I-131 v enkratnih vzorcih na vzorčevalnih mestih je bila od $(0,5 \pm 0,3) \text{ Bq/m}^3$ do $(1,0 \pm 0,6) \text{ Bq/m}^3$ in je bila najvišja na odvzemnem mestu v Krškem. Najvišja posamična vrednost $(1,9 \pm 0,4) \text{ Bq/m}^3$ je bila izmerjena tako v Krškem kot tudi v Brežicah. V okviru ločenega nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju v RS [12] so bile meritve na reki Savi v Brežicah vsaj 5-krat višje, kot jih je v okviru nadzora NEK izmeril ZVD in so tudi primerljive z dolgoletnim povprečjem $5,2 \text{ Bq/m}^3$ v Brežicah. V drugih rekah v Sloveniji so bile povprečne letne koncentracije aktivnosti I-131 večinoma nižje od 5 Bq/m^3 . Jod je bil zaznan v večini rek, razen v reki Kolpi in Soči. 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 prvem in tretjem kvartalu le v Jesenicah na Dolenjskem, kjer je bila povprečna izmerjena specifična aktivnosti $(0,2 \pm 0,1) \text{ Bq/kg}$.

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 $B_r = 0,04 \text{ m}^3/\text{kg}$) [28], kar je pod mejo detekcije.

Radioaktivni izotop cezija Cs-137 je povsod v okolju zaradi globalne kontaminacije, izmerimo pa 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. Letna povprečna koncentracija aktivnosti v suhem ostanku po izparevanju vzorca vode je bila na referenčnem mestu v Krškem $< 0,09 \text{ Bq/m}^3$, kar je



podobno kot v Brežicah $< 0,04 \text{ Bq/m}^3$.

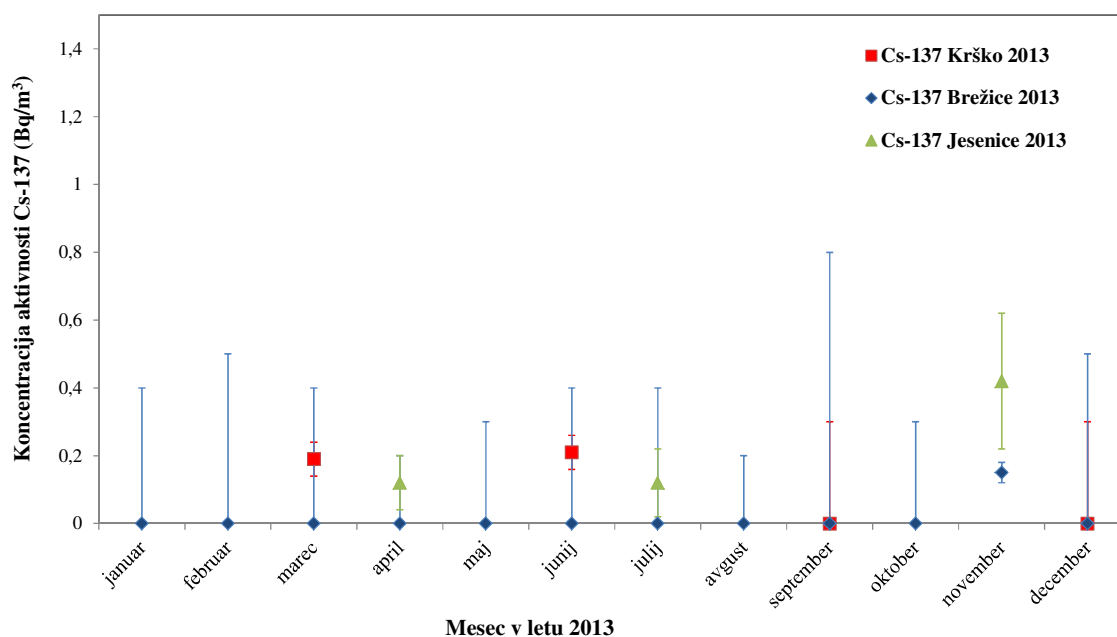
Cs-137 se je v preteklosti navadno pojavljal v nekoliko višjih koncentracijah v filtrskem ostanku kot v vodni sušini. Podobno kot pri vodni sušini so bili rezultati meritev filtrskega ostanka pri vseh odvzemnih mestih praviloma na spodnji detekcijski meji. Na sliki 2.5 je prikazana primerjava rezultatov meritev Cs-137 v filtrskem ostanku na različnih odvzemnih mestih v letu 2013. Letna povprečna koncentracija aktivnosti Cs-137 $0,01 \text{ Bq/m}^3$ v Brežicah je nižja kot na referenčnem mestu Krško $0,1 \text{ Bq/m}^3$. Večina mesečnih izmerjenih koncentracij cezija v Jesenicah na Dolenjskem je bila pod detekcijsko mejo.

Podobni 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 primerljive vrednostim, izmerjenim v reki Savi v okolici NEK. Najvišja povprečna koncentracija aktivnosti Cs-137 na drugih rekah je bila izmerjena v reki Muri ($0,5 \pm 0,1$) Bq/m^3 [12]. Primerjava koncentracij aktivnosti z upoštevanjem merskih negotovosti kaže, da je vpliv NEK nemerljiv.

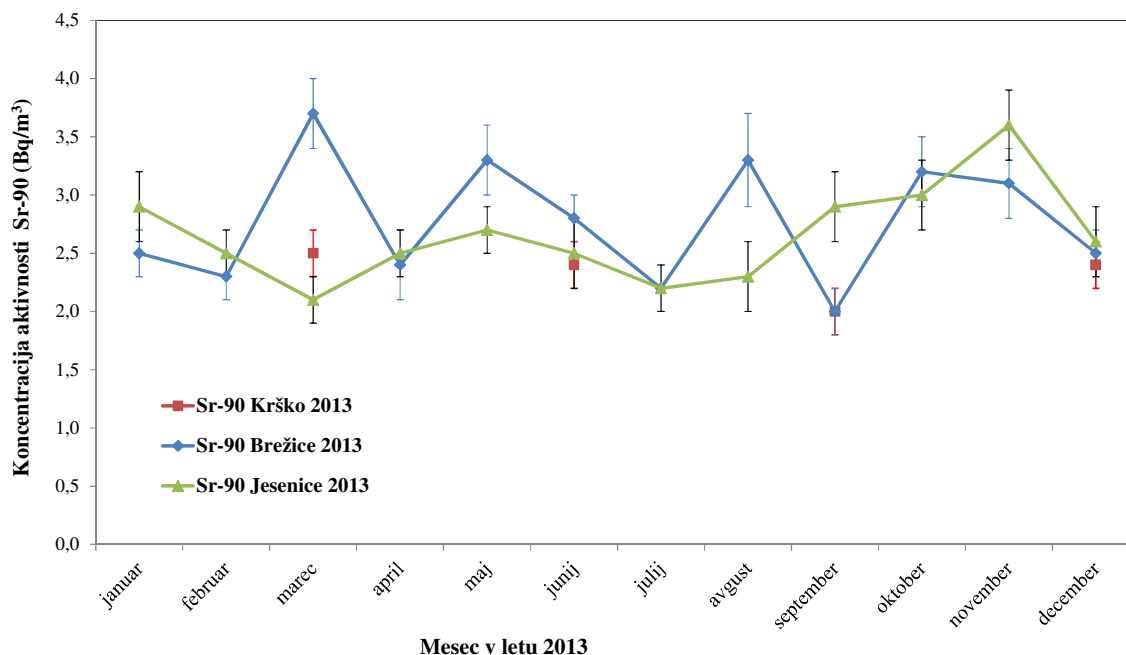
Povprečna specifična aktivnost radioaktivnega cezija v talnih sedimentih, ki jih je določil IRB, je bila v Krškem (pod mostom) (5 ± 1) Bq/kg z največjo vrednostjo ($8,7 \pm 1$) Bq/kg , pod jezom NEK ($4,4 \pm 0,9$) Bq/kg z največjo vrednostjo ($6,7 \pm 0,9$) Bq/kg , v Pesju ($2,2 \pm 0,3$) Bq/kg z največjo vrednostjo ($2,8 \pm 1$) Bq/kg , v Brežicah ($3,2 \pm 1$) Bq/kg z največjo vrednostjo ($6,3 \pm 0,9$) Bq/kg , v Jesenicah na Dolenjskem ($1,9 \pm 0,6$) Bq/kg z največjo vrednostjo ($3,5 \pm 0,9$) Bq/kg in v Podsusedu ($0,5 \pm 0,2$) Bq/kg z največjo vrednostjo ($0,7 \pm 0,3$) 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 letne povprečne specifične aktivnosti Cs-137 od $0,08 \text{ Bq/kg}$ do $0,05 \text{ Bq/kg}$ (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 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 2.5: Primerjava mesečnih koncentracij aktivnosti Cs-137 v filtrskem ostanku (groba suspendirana snov) reke Save na lokacijah Krško, Brežice in Jesenice na Dolenjskem. Meritve v Jesenicah na Dolenjskem so bile večino časa pod mejo detekcije.



Slika 2.6: Primerjava mesečnih koncentracij aktivnosti Sr-90 v suhem ostanku po izparevanju vzorca vode reke Save na lokacijah Krško, Brežice in Jesenice na Dolenjskem

Večina stroncija je raztopljena v sami vodi. V vodi (suhi ostanek po izparevanju vzorca vode) je v 10-krat višjih koncentracijah kot cezij. Na sliki 2.6 je prikazana primerjava rezultatov meritev Sr-90 v vodi na različnih odzemnih mestih v letu 2013.

Sr-90 se pojavlja v vodi na referenčnem mestu Krško v podobni letni povprečni koncentraciji aktivnosti ($2,3 \pm 0,1$) Bq/m³ kot v nadzornem mestu v Brežicah ($2,8 \pm 0,2$) Bq/m³ in v Jesenicah na Dolenjskem ($2,7 \pm 0,1$) Bq/m³. V grobi suspendirani snovi (filtrskem ostanku) je koncentracija aktivnosti Sr-90 navadno vsaj 10-krat nižja kot v vodi (suhi ostanek po izparevanju vzorca vode) in je nižja kot 0,1 Bq/m³. Koncentracije so podobne kot pri ceziju.

Koncentracije aktivnosti Sr-90 v enkratnih vzorcih vode (nefiltrirani vzorci) so zelo podobne kot v kontinuirnih vzorcih filtrirane vode. Letna povprečja so od ($2,5 \pm 0,3$) Bq/m³ do ($3,0 \pm 0,3$) Bq/m³. Najvišja posamična izmerjena vrednost je bila v Brežicah ($3,6 \pm 0,3$) Bq/m³. Koncentracije aktivnosti Sr-90 so približno 10-krat višje, kot so koncentracije cezija v enkratnih vzorcih nefiltrirane vode.

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 ($3,0 \pm 0,8$) Bq/m³ [12]. 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 ($0,9 \pm 0,7$) Bq/kg v Krškem, ($0,8 \pm 0,6$) Bq/kg v Brežicah in ($0,6 \pm 0,4$) 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 (cele ribe) se gibljejo letna povprečja po lokacijah od ($0,16 \pm 0,07$) Bq/kg do ($0,36 \pm 0,08$) 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. IRB je v okviru dodatnih meritev [15] opravil meritve vsebnosti C-14 v reki neposredno med izpustom dne 28. 3. 2013. Vsebnosti C-14 v enkratnih vzorcih so bile merljive v času izpusta tudi 600 m nizvodno od NEK ($280,3 \pm 0,7$) pMC ali $31,6 \text{ Bq/m}^3$ vode. V Savi vzvodno od NEK je bila izmerjena vsebnost C-14 ($134,3 \pm 0,4$) pMC ali $15,1 \text{ Bq/m}^3$ vode.

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 2013 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 (45 ± 5) Bq/m^3 . 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 201 Bq/m^3 [12].

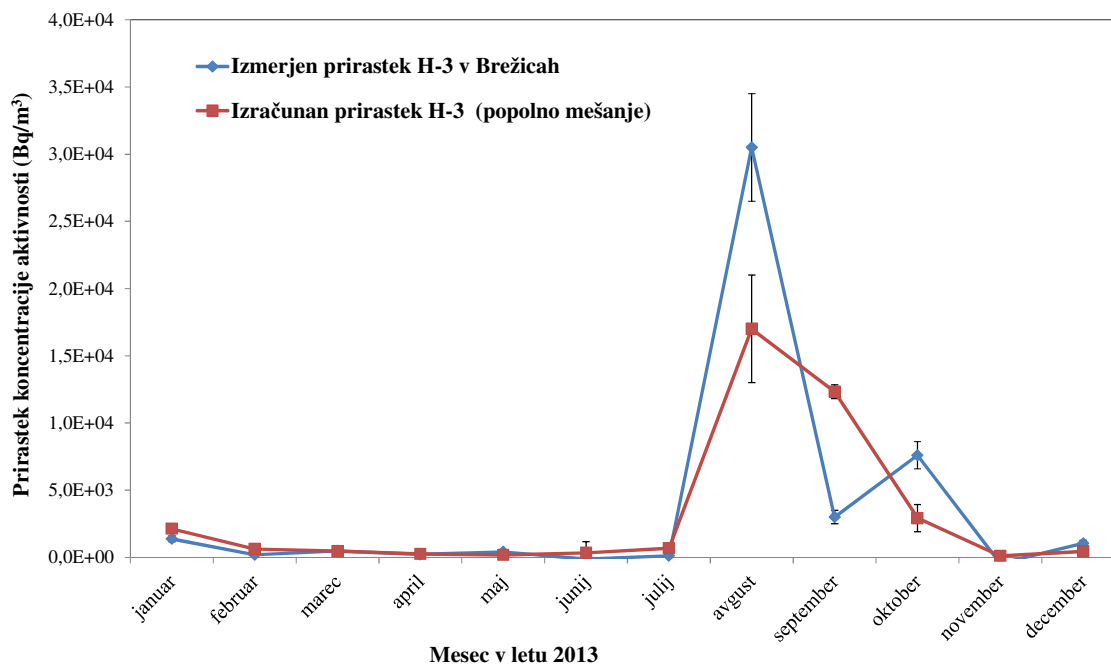
DISKUSIJA

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 [26].

Po podatkih NEK so bili največji tekočinski izpusti H-3 opravljeni v avgustu, septembru in oktobru (posebej v septembru), ko je bil mesečni izpust H-3 okrog $4,4 \text{ TBq}$. Letni izpusti $11,6 \text{ TBq}$ so bili nekoliko nižji kot v letu 2012 ($16,6 \text{ TBq}$), vendar se ne odmikajo dosti od dolgoletnega povprečja, ki je $12,4 \text{ TBq}$ (od leta 1999 do 2013). V istem obdobju (v avgustu) je bila izmerjena tudi najvišja koncentracija aktivnosti tritija v Savi v Brežicah (31 ± 4) kBq/m^3 . V avgustu in septembru smo izmerili tudi povišano koncentracijo aktivnosti H-3 v Jesenicah na Dolenjskem (največ v septembru ($9,5 \pm 0,9$) kBq/m^3) (slika 2.4).

Večino časa v letu 2013 je bila povišana tudi koncentracija aktivnosti tritija v vrtini VOP-4 (blizu levega brega Save, 600 m nizvodno od jezua NEK). Letno povpečje koncentracije aktivnosti H-3 v tej vrtini je bilo ($4,5 \pm 2$) kBq/m^3 . Najvišja izmerjena koncentracija aktivnosti tritija v VOP-4 je bila v mesecu oktobru (32 ± 3) kBq/m^3 , verjetno zaradi izpustov v septembru. Opazno je bila povišana tudi koncentracija H-3 v vrtini Medsave, kjer je bila največja izmerjena koncentracija ($9,2 \pm 0,8$) kBq/m^3 v mesecu septembru. Povišane koncentracije aktivnosti so posledica izpustov NEK. Vpliv reke Save na pitno vodo se podrobneje obravnava v poglavju "*Voda iz črpališč in vrtin*".



Slika 2.7: 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).

Tritij je edini radionuklid, ki ga je mogoče sistematično spremljati v okolju in je nedvomno posledica izpustov NEK. Tritij zato lahko uporabljamo kot sledilec in z njegovo razredčitvijo ocenimo tudi koncentracije drugih radionuklidov, ki jih navadno ne zaznavamo v okolju [28]. Na sliki 2.7 je prikazana primerjava med izmerjenimi mesečnimi prirastki koncentracije aktivnosti H-3 in izračunanimi koncentracijami aktivnosti H-3 v Brežicah. Prirastek koncentracije aktivnosti tritija v Brežicah pomeni, da je bila odšteta izmerjena koncentracija aktivnosti tritija (naravno ozadje) na referenčnem mestu v Krškem pred NEK. Izračunane koncentracije aktivnosti smo dobili tako, da smo mesečni izpust H-3 delili z mesečno količino pretečene savske vode. Poleg tega predpostavimo, da je prišlo do popolnega mešanja vode na omenjeni lokaciji.

S slike 2.7 je razvidno, da obstaja dobro ujemanje med izpusti in prirastkom koncentracije aktivnosti H-3 v Savi v Brežicah. Enaka ugotovitev velja tudi za Jesenice na Dolenjskem. Do podobnih ugotovitev smo prihajali že v preteklih letih. Zelo dobro so vidni dejanski povečani izpusti v avgustu, septembru in oktobru.

Na sliki 2.8 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 2.8, kjer so izmerjeni povprečni letni prirastki koncentracije aktivnosti tritija sistematično večji kot izračunani prirastki ob predpostavki popolnega mešanja vode. Iz meritev lahko ocenimo razredčitveno razmerje DR (*Dilution Ratio*) v Brežicah. Razredčitveno razmerje DR je razmerje med prirastkom koncentracije aktivnosti tritija na nekem mestu pod izpustom (npr. v Brežicah) in prirastkom koncentracije aktivnosti tritija na mestu s popolnim mešanjem vode:



$$DR = \frac{C_{w,L}}{C_{w,tot}} \quad (1)$$

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) [28]. Prirastek koncentracije aktivnosti na mestu popolnega mešanja izračunamo iz izraza (2):

$$C_{w,tot} = \frac{A_{H-3}}{F \times t} \quad (2)$$

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).

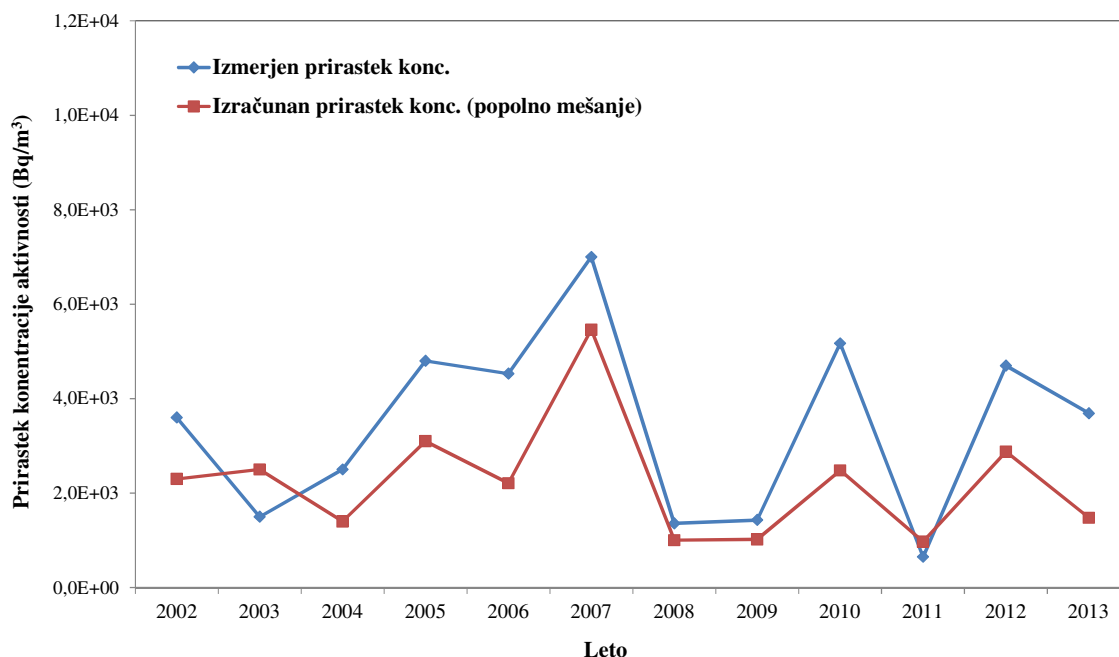
Vrednosti DR so lahko 0 na lokacijah, kjer še ni prišlo do mešanja, med 0 in 1 na lokacijah, kjer se čista voda le delno meša s kontaminirano (npr. na nasprotnem bregu pod izpustom) ali pa $DR > 1$ na lokacijah, kjer je mešanje kontaminirane vode s čisto nepopolno (npr. na istem bregu neposredno pod 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 $(3,7 \pm 3) \text{ kBq/m}^3$, kar je podobno kot v preteklih letih (slika 2.8). Izračunan prirastek koncentracije aktivnosti tritija na mestu popolnega mešanja $C_{w,tot}$ je bil $1,48 \text{ kBq/m}^3$. Tako je bilo v letu 2013 razredčitveno razmerje DR v Brežicah ocenjeno na $(2,5 \pm 2,0)$. Dolgoletno povprečno razredčitveno razmerje DR (od 2002 do 2013) na vzorčevalni lokaciji ob levem bregu v Brežicah je $(1,5 \pm 0,5)$.

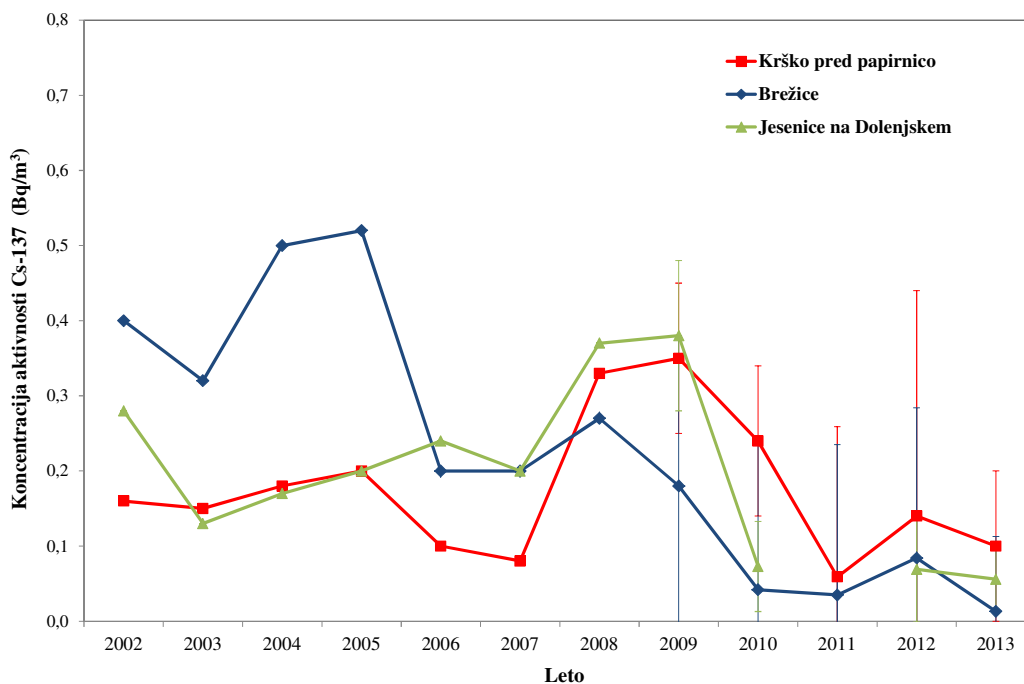
Kratkoživi radioaktivni jod (I-131) je občasno opažen v tekočinskih efluentih NEK. Letni izpust I-131 je bil 0,4 MBq. Povišane koncentracije joda je bilo mogoče izmeriti takoj po černobilski nesreči. V nekaterih rekah v Sloveniji ga je mogoče najti zaradi aplikacije tega izotopa v medicini. Zaradi majhnih izpustov iz NEK in rezultatov meritev v okolju lahko ugotovimo, da 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 2,39 MBq, kar je nekoliko manj kot v letu 2012. Cezij se slabo veže na grobo suspendirano snov (le nekaj odstotkov) [28]. Če bi prišlo do večjega izpusta NEK, bi to najprej zaznali v povečani koncentraciji aktivnosti v vodi (suhi ostanek po izparevanju vzorca vode) in le manjši delež bi zaznali v filtrskem ostanku (v grobi suspendirani snovi). Če upoštevamo letne izpuste, povprečni pretok Save in privzamemo razredčitveno razmerje na levem bregu v Brežicah, lahko ocenimo prirastek koncentracije aktivnosti Cs-137 $C_{w,L}$ v Brežicah na okrog $5 \text{ E-}04 \text{ Bq/m}^3$. 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. Pri tem opažamo, da je bil cezij na kontinuirnem vzorčevalnem mestu v Jesenicah na Dolenjskem večino časa celo pod mejo detekcije, tako v vodi kot v filtrskem ostanku. Zaradi velikih merskih negotovosti in majhnih izpustov ni mogoče ovrednotiti dolgoročnih teženj (slika 2.9). 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.

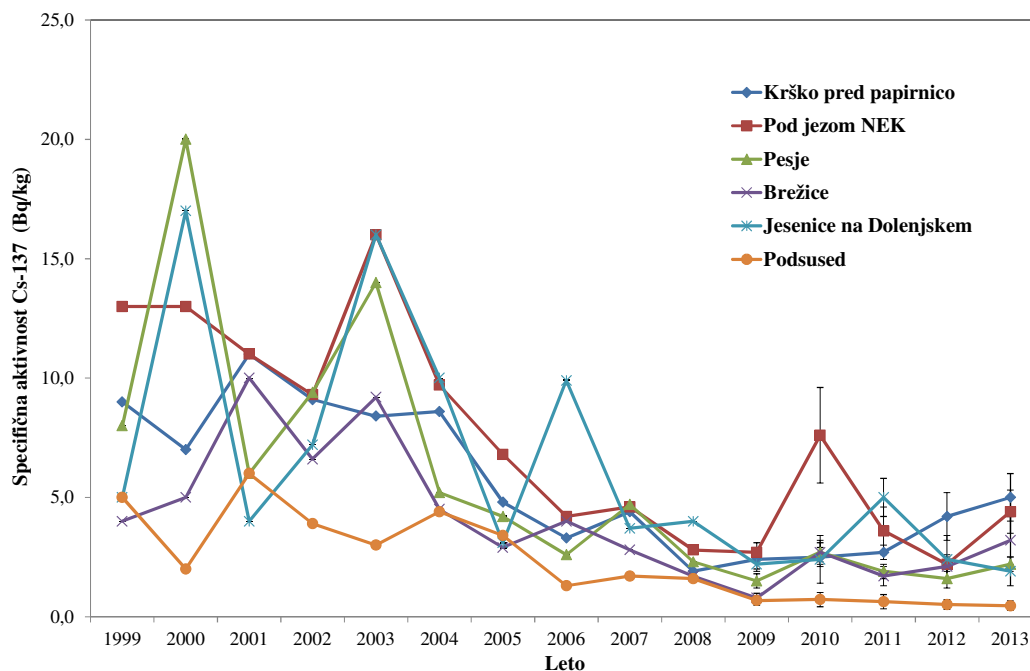
Specifična aktivnost cezija v sedimentih kažejo najvišje povprečne letne aktivnosti v Krškem (slika 2.10). S slike je razvidno, da se specifična aktivnost cezija v sedimentu v glavnem na vseh lokacijah z leti sistematično zmanjšuje. To je povezano z razpadom izotopa (iz globalne kontaminacije) ter istočasno z izpiranjem talnega sedimenta. Specifične aktivnosti umetnih radionuklidov so sicer v sedimentih zaradi izpiranja bistveno nižje kot v vrhnji plasti zemlje (običajna 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 2.8: 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



Slika 2.9: Primerjava povprečnih letnih koncentracij aktivnosti Cs-137 v filtrskem ostanku (groba suspendirana snov) reke Save na lokacijah Krško, Brežice in Jesenice na Dolenjskem. Negotovosti povprečnih koncentracij aktivnosti so zelo velike (od 0,1 Bq/m³ do 0,3 Bq/m³).



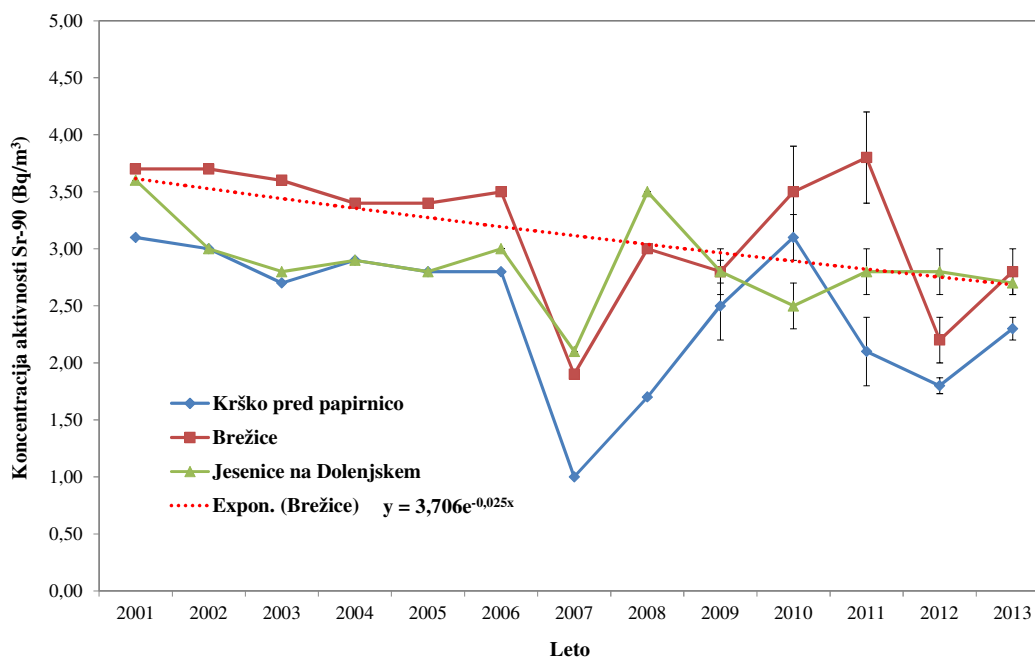
Slika 2.10: Primerjava specifičnih aktivnosti Cs-137 v talnem sedimentu reke Save. Merske negotovosti so v zadnjih letih od 0,3 Bq/kg do 2 Bq/kg.

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) [28]. 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 (0,08 MBq v letu 2013), vendar so aktivnosti izpustov okrog 30-krat 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 2.11). 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 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) [28]. Izmerjene povprečne specifične aktivnosti od 0,16 Bq/kg do 0,36 Bq/kg se dobro ujemajo z oceno.

Redni nadzor radioaktivnih izpustov v preteklih letih ni predvideval meritev C-14 v tekočinskih izpustih, čeprav se ti izpusti v nekaterih evropskih in ameriških elektrarnah nadzorujejo. V okviru programa neodvisnega merilnega nadzora NEK v letih 2010 in 2011 je bilo opravljeno dodatno vzorčenje odpadnih tekočin iz WMT. Rezultati analiz IJS so potrdili pričakovanja o razmeroma znatnih koncentracijah aktivnosti C-14 v odpadnih vodah NEK. Ocenjena letna aktivnost C-14 je bila 1,1 GBq (leto 2010) oziroma 2,0 GBq (leto 2011) [29]. V letu 2013 je IRB sistematično začel meriti C-14 v kvartalnih vzorcih tekočinskih efluentov [16]. Skupna letna izpuščena aktivnost v Savo je bila 0,85 GBq. Izmerjeni izpusti so nekoliko nižji, kot so bile narejene ocene (1,8 GBq na leto oziroma 0,07Ci/Gwe na leto [30]). Aktivnost izpuščene C-14 je okrog 4 velikostne rede nižja kot pri tritiju.



Slika 2.11: Primerjava povprečnih koncentracij aktivnosti Sr-90 v vodi reke Save in usmeritev eksponentnega upadanja zaradi radioaktivnega razpada (razpadna konstanta Sr-90 je 0,024 na leto).

Meritve radioaktivnega ogljika C-14 v vodi se ne izvajajo redno. IRB je v okviru dodatnih meritev [15] opravil v tem letu 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, vendar na podlagi primerjave z meritvami H-3 lahko sklepamo, da bil prirastek v povprečnih mesečnih vzorcih od $0,1 \text{ Bq/m}^3$ do 1 Bq/m^3 vode. 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/m^3 .

C-14 v površinskih vodah je večinoma v obliki karbonatov (HCO_3^-). Vnos radioaktivnega ogljika v ribe ni enak kot pri drugih v vodi raztopljenih radionuklidih. Vnos se zgodi 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 $5 \text{ m}^3/\text{kg}$ do $400 \text{ m}^3/\text{kg}$) [31, 32, 34].

Predpostavimo, da je povprečen prirastek C-14 v vodi zaradi vpliva NEK okrog 1 Bq/m^3 . V tem primeru je specifična aktivnost C-14 v ribah povečana za okrog 50 Bq/kg (upoštevano $B_r = 50 \text{ m}^3/\text{kg}$). Navadne specifične aktivnosti C-14 v ribah so okrog 40 Bq/kg [33]. Te aktivnosti je mogoče meriti. Na podlagi izkušenj IRSN [33] lahko nizvodno od jedrskih elektrarn aktivnosti C-14 dosežejo tudi 1000 Bq/kg C (za ribe okrog 100 Bq/kg). Zaradi tega predlagamo, da se začne izvajati redni nadzor C-14 v vodni bioti.

Drugi fisijski in aktivacijski produkti Co-58, Co-60, Ag-110m, Cs-134 se redno pojavljajo v tekočinskih izpustih NEK. Njihova skupna izpuščena aktivnost v letu 2013 je bila vsaj šest velikostnih redov nižja kot pri tritiju. V zadnjih nekaj letih ni bil noben izotop zaznan v okolju. Nazadnje je bil detektiran Co-60 v letih 2003 in 2006.

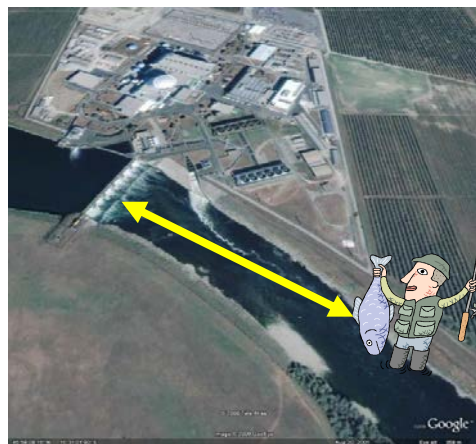
Koncentracije aktivnosti naravnih radionuklidov so primerljive z rezultati meritev v drugih rekah po Sloveniji. V efluentih NEK naravni radionuklidi niso prisotni, zato ne ocenjujemo njihove obremenitve na okolje.



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)* [8].

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 [27]. 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) [28]. 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 jezo NEK), ki je prikazana na sliki 2.12. Za to skupino se upošteva drugo razredčitveno razmerje DR , saj na tem mestu ne prihaja do popolnega mešanja s savsko vodo. V študiji [28] 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 2013) na vzorčevalni lokaciji ob levem bregu v Brežicah je $(1,5 \pm 0,5)$.



Slika 2.12: Lokacija, kjer se računa modelska doza za referenčno skupino (ribiči) 350 m od jezu. Stara lokacija je bila 7,7 km nizvodno od jezu NEK.


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_r (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

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 2013 so bili uporabljeni naslednji vhodni podatki:

- doznih faktorjih iz tabele 2.1. Pri C-14 smo upoštevali bioakumulacijski faktor ($B_r = 50 \text{ m}^3/\text{kg}$), ki ga uporablja tudi programu PC-CREAM [31, 32];
- letni izpust radionuklidov iz poročil NEK (tabela 2.2);
- povprečni pretok Save v Brežicah v tem obdobju ($250 \text{ m}^3/\text{s}$);
- razredčitveno razmerje DR na novi lokaciji (350 m nizvono od jezca NEK) je (3 ± 2) in v Brežicah $(1,5 \pm 0,5)$; dolgoletno povprečno razredčitveno razmerje od 2002 do 2013, dobljeno iz primerjave meritev tritija v izpustih in v Brežicah (slika 2.8);
- povprečna koncentracija suspendiranega sedimenta ($0,01 \text{ kg}/\text{m}^3$);
- predpostavimo maksimalno izpostavljenega posameznika in ekstremno porabo (največja mogoča ocena izpostavitve).



Tabela 2.2: Inventar tekočinskih izpustov v letu 2013 [5, 16]

Radionuklid	2013 (Bq na leto)
H-3	1,16E+13
C-14	8,52E+08
Na-24	-
Cr-51	-
Mn-54	-
Fe-55	6,96E+06
Fe-59	-
Co-57	-
Co-58	1,56E+07
Co-60	4,37E+06
Zn-65	-
Se-75	-
Sr-85	-
Sr-89	-
Sr-90	8,47E+04
Y-92	-
Zr-95	-
Nb-95	9,75E+04
Nb-97	-
Mo-99	-
Tc-99m	-
Kr-85	-
Kr-85m	-
Kr-87	-
Kr-88	-
Rb-88	-
Ru-103	-
Ru-106	-
Ag-110m	3,75E+06
Sn-113	-
Sb-124	-
Sb-125	2,44E+06
Te-123m	-
Te-125m	-
Te-127m	-
Te-129m	-
Te-132	-
I-129	-
I-131	4,09E+05
I-132	-
I-133	-
I-134	-
Cs-134	1,28E+05
Cs-137	2,39E+06
Cs-136	-
Cs-138	-
Xe-131m	-
Xe-133	4,04E+07
Xe-133m	-
Xe-135	4,75E+05
Xe-135m	-
Ba-140	-
La-140	-
Ce-141	9,92E+04
Ce-144	5,61E+05
Hg-203	-



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, 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 2.3: 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)	0,22 μSv Prispevek zunanjega sevanja: 0,002 μSv Prispevek ingestije ribe: 0,214 μSv Prispevek ingestije ribe (samo C-14): 0,212 μSv	0,03 μSv
otroci (od 7 do 12 let)	0,07 μSv Prispevek zunanjega sevanja: < 0,001 μSv Prispevek ingestije ribe: 0,066 μSv Prispevek ingestije ribe (samo C-14): 0,065 μSv	0,02 μSv
dojenčki (1 leto)	0 μSv	0,04 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)

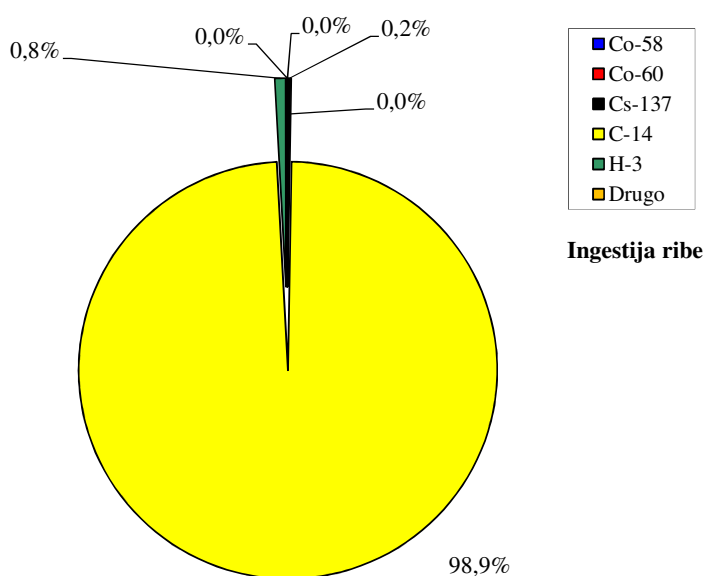
Starostna skupina	350 m pod jezom NEK	
	Rečni breg in ingestija rib (zelo verjetna prenosna pot)	Pitje savske vode (malo verjetna prenosna pot)
	Doza (μSv na leto)	
odrasli (> 17 let)	0,43 μSv Prispevek zunanjega sevanja: 0,004 μSv Prispevek ingestije ribe: 0,428 μSv Prispevek ingestije ribe (samo C-14): 0,423 μSv	0,06 μSv
otroci (od 7 do 12 let)	0,13 μSv Prispevek zunanjega sevanja: 0,002 μSv Prispevek ingestije ribe: 0,131 μSv Prispevek ingestije ribe (samo C-14): 0,13 μSv	0,04 μSv
dojenčki (1 leto)	0 μSv	0,07 μSv

Ocena letnih efektivnih doz za posamezno skupino, narejena na podlagi realnih izpustov NEK in ob predpostavkah največje izpostavitve (ekstremna poraba in maksimalni čas zadrževanja na obrežju), da je za odraslo osebo 0,22 μSv na leto v Brežicah (tabela 2.5). Na novi lokaciji (350 m nizvodno od NEK) pa je izračunana letna efektivna doza za odraslo osebo 0,43 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.

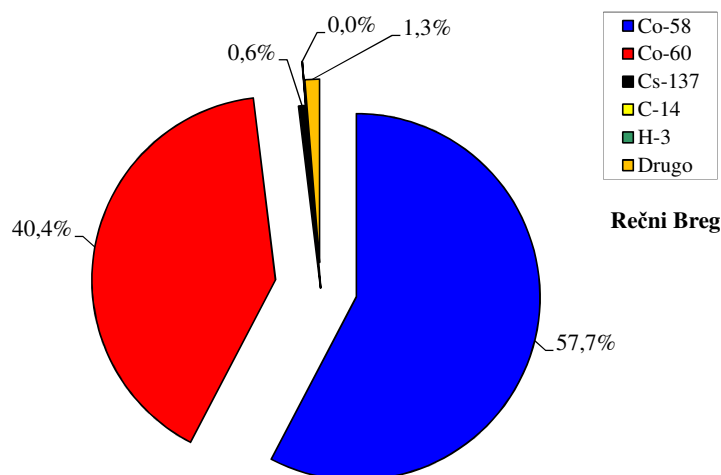


Druge starostne skupine (otroci in dojenčki) prejmejo še nižjo efektivno dozo. Vzporedno je narejena tudi ocena efektivne letne doze ob predpostavki pitja rečne vode. V poročilu *IJS-DP-10114* [28] je bilo ugotovljeno, da je prenosna pot pitja rečne vode malo verjetna.

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 preteklih letih. C-14 prispeva kar 98 % k celotni dozi (dominantna je ingestija rib). Prispevek drugih radionuklidov k dozi je primerljiv s preteklimi leti. Pri zadrževanju na bregu je praktično celotna obremenitev referenčne skupine zaradi Co-60 in Co-58 (98 %). Če upoštevamo pitje savske vode, ki je malo verjetna prenosna pot, postane dominanten prispevek H-3 (100 %).



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. Tritij se v okolju pojavlja tudi kot kozmogeni radionuklid, saj nastaja v višjih plasteh ozračja in se s padavinami spira na tla. V letu 2013 so bili izpusti tritija iz NEK primerljivi z dolgoletnim povprečjem.

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 in Cs-137.

V letu 2013 je IRB sistematično začel meriti C-14 v vzorcih tekočinskih efluentov. Skupna letna izpuščena aktivnost v Savo je bila štiri velikostne rede nižja kot pri tritiju. Redne meritve C-14 v okolju se ne izvajajo. Ocene specifičnih aktivnosti C-14 v ribah glede na izpuste kažejo, da bi bile zaradi visokega bioakumulacijskega faktorja vrednosti merljive. Na podlagi tujih izkušenj lahko nizvodno od jedrskih elektrarn specifične aktivnosti C-14 dosežejo v ribah tudi 1000 Bq/kg C (okrog 100 Bq/kg). Zaradi tega predlagamo, da se začne izvajati redni nadzor C-14 v vodni bioti.

Kobaltovih izotopov v letu 2013 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 2013 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 0,5 μ Sv na leto.



3 VODA IZ ČRPALIŠČ IN VRTIN

POVZETEK

V poglavju obravnavamo radioaktivnost v vodi na brežiško-krškem polju. Voda se lahko uporablja za pitje, namakanje ali druge gospodarske namene, lahko pride v neposredni stik s savsko prenosno potjo, ali usedom zaradi padavin. Na podlagi merskih rezultatov v letu 2013 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 2013 je bila vzorčevana voda iz vodovodov in črpališč v Brežicah in Krškem, iz vrtine znotraj ograje NEK ter podtalnica na Hrvaškem. V odvzetih vzorcih so bile izmerjene koncentracije aktivnosti naravnih in umetnih radionuklidov. Med umetnimi radionuklidi sta bila zaznana le H-3 in Sr-90, Cs-137 je bil pod mejo kvantifikacije, I-131 pa v pitni vodi in podtalnici ni bil zaznan. Vpliv tritija iz NEK je bil zaznan predvsem v vrtinah VOP-4 blizu NEK in Medsavah na Hrvaškem. Na podlagi izmerjenih vrednosti je bila ocenjena letna učinkovita doza za tri starostne skupine prebivalstva, ki uporabljajo vodo iz vodovodov in črpališč za pitje. Izračunane letne učinkovite doze zaradi prispevka umetnih radionuklidov k celotni izračunani letni dozi za odrasle, ki so podobne kot v prejšnjih letih, so 0,2 % v brežiškem in 1,1 % v krškem vodovodu glede na celotno letno dozo zaradi pitja vode. Celotne izračunane doze zaradi uporabe teh vodnih virov za pitje so znatno pod izpeljanimi vrednostmi koncentracij, ki so izračunane ob upoštevanju, da je vrednost mejne učinkovite doze 0,1 mSv na leto. 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 2013 vpliv NEK na pitno vodo zanemarljivo majhen.

UVOD

Namen vzorčevanja in analiz mesečnih sestavljenih vzorcev vode iz črpališč in zajetij je nadzor virov pitne vode v okolici NEK, saj med svojim obratovanjem NEK nadzorovano izpušča majhne količine radioaktivnih snovi v zrak in vodo. Z analizami ugotavljamo koncentracije aktivnosti naravnih in umetnih radionuklidov ter s tem sklepamo na morebitni prispevek k celotni letni učinkoviti dozi 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, ...) [37].

Lokacije in obseg vzorčevanja pitne vode in podtalnice so določene v programu nadzora, ki ga pripravi upravni organ (JV10, URSJV) [7]. 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 [13] se redno analizira tudi vzorec vode na referenčni lokaciji (vodovod Ljubljana).

Od sredine preteklega stoletja je prebivalstvo izpostavljeno antropogenim virom radioaktivnosti, ki so zašli v okolje zaradi nadzemnih jedrskih poskusov, črnobilske kontaminacije in uporabe v medicini, tako da so umetni radionuklidi v našem okolju tudi brez vpliva NEK. V skladu z zahtevami pravilnika JV10 [7] ovrednotimo sevalne obremenitve za tri starostne skupine, in sicer za enoletnega otroka, desetletnega otroka in odraslo osebo. Pri tem upoštevamo dozne pretvorbene faktorje (predvidena učinkovita doza na enoto vnosa zaradi zaužitja $h(g)_{j,ing}$ za posameznike iz prebivalstva) iz tabele 1 v uredbi UV2 [8] 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) [7]. 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)* [8], *Tabela 4*, in povzete v poročilu *Meritve radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2008* (tabela 2.1) [3]. Izmerjene koncentracije radionuklidov v pitni vodi teh vrednosti ne smejo presežati, pri čemer pa je potrebno upoštevati še, da je vsota deležev izmerjenih koncentracij glede na izvedene koncentracije manjša od ena.

Kot določa *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10)* [7], 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)* [8]. 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)* in *Meritev, analiza in izračun vsebnosti tritija (LSC-DN-07)*.

Vzorčevanje vodovodov, črpališč in podtalnice (vrtine) je v letu 2013 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 črpališčem
- 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 [13])

V črpališčih Brege, Drnovo in Brežice – Glogov Brod VT1 ter na odzemnem 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 4711 vodovodnih priključkov, na katere je vezanih 14 888 uporabnikov pitne vode [35]. 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 [37].

Sistem za oskrbo vode v občini Brežice ima 7 624 priključkov in 19 249 uporabnikov pitne vode [36]. 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

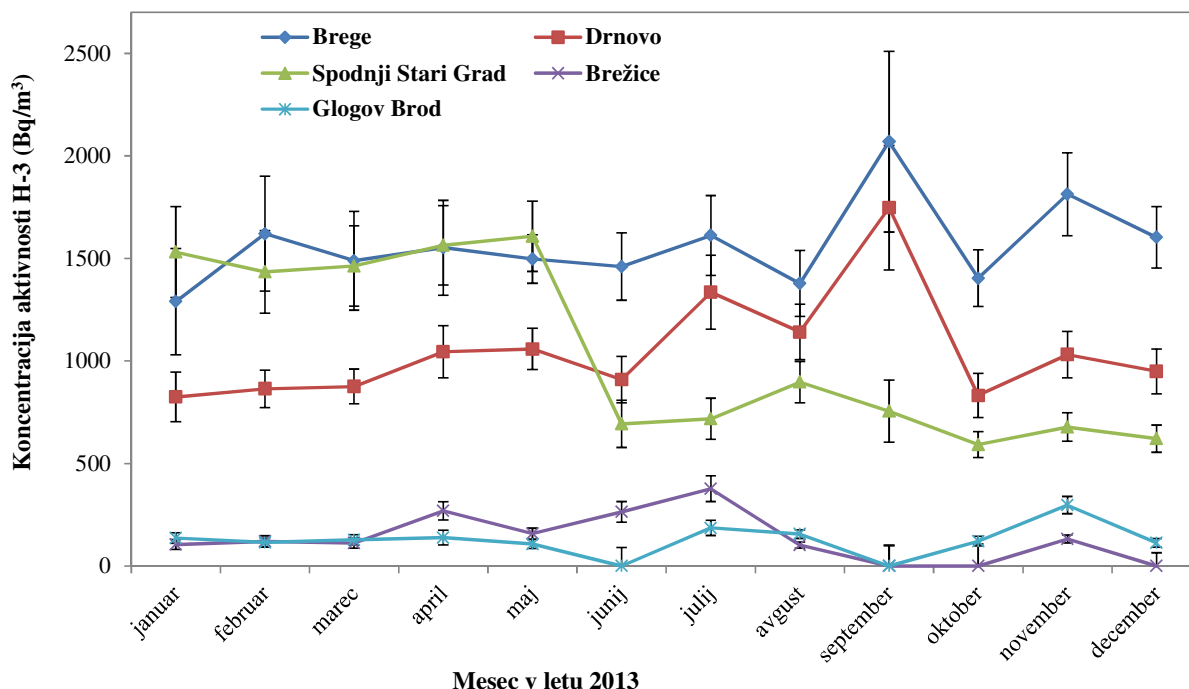
Podzemna voda, ki se črpa na brežiško-krškem polju, je lahko v stiku s savsko prenosno potjo, predvsem, če vrtine niso globoke (Breg, Drnovo). Če vrtine niso globoke, bi se morebiti lahko pokazal tudi stik med padavinskim usedom in vodo iz črpališč. V tekočinskih izpustih iz NEK so prisotni različni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



[38]. 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 stalno 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 četrtnih vzorcih pitne vode v Krškem in Brežicah, rezultati meritev mesečnih sestavljenih vzorcev iz črpališč in vodovodov v Krškem, razvrščenih po oddaljenosti od NEK, rezultati meritev mesečnih sestavljenih vzorcev črpališč in vodovodov v Brežicah ter rezultati meritev koncentracij aktivnosti za podtalnico na Hrvaškem so predstavljeni v tabelah od T-28 do T-36, ki so na priloženi zgoščenki v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2013, IJS-DP-11549, marec 2014*.

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 mesečnih ali četrtnih vzorcih na vseh vzorčevalnih mestih pitne vode v Krškem in Brežicah in tudi na Hrvaškem Cs-137 ni bil zaznan ali pa je bil določen pod mejo kvantifikacije. Podobno kot v prejšnjih letih tudi 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 2013



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 2013 izmerjene v črpališčih Brege, Drnovo in vodovodu Spodnji Stari Grad, ki napajajo krški vodovod. Najvišja koncentracija aktivnosti je bila izmerjena septembra v Bregah ($2\,070 \pm 440$) Bq/m³. Letna povprečna koncentracija aktivnosti tritija v vodi iz črpališča Brege je bila ($1\,570 \pm 70$) Bq/m³, kar je primerljivo z dolgoletnim povprečjem za zadnjih 17 let, $1\,510$ Bq/m³ na tej lokaciji. Na drugih dveh črpališčih iz krškega vodnooskrbnega sistema sta letni povprečni koncentraciji $1\,000$ Bq/m³, kar je nižje od 17-letnega povprečja $1\,440$ Bq/m³ v Drnovem, oziroma $1\,281$ Bq/m³ v Spodnjem Starem Gradu. V letu 2012 je bila letna povprečna koncentracija aktivnosti tritija v vodi iz črpališč Brege, Drnovo in vodovod Spodnji Stari Grad v okviru negotovosti enaka (920 ± 30) Bq/m³. V letu 2013 pa je bila koncentracija aktivnosti tritija v vodi iz krških črpališč, podobno kot v letih 2010 in 2011, v Bregah višja kot v Drnovem in Spodnjem Starem Gradu. Črpališče Brege leži bližje reki Savi, kar poveča možnost lokalnega mešanja Save z vodonosnikom na mikrolokaciji. Sicer sta črpališči Brege in Drnovo nad istim vodonosnikom, ki ga napajata reki Sava in Krka. 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 v začetku leta sledijo enaki časovni usmeritvi kot na omenjenih črpališčih, vendar pa se koncentracija aktivnosti tritija nato v drugi polovici leta v Spodnjem Starem Gradu prepolovi, kar bi lahko pomenilo vključitev drugega izvira vode v sistem. Glede na koncentracijo aktivnosti tritija lahko predvidevamo, da gre za vodo, ki dolgo ni bila v stiku s površino. 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. Verjetno je pod zemljo še iz časa pred antropogenim vnosom H-3 v okolje. Letno povprečje H-3 v pitni vodi v brežiškem vodnooskrbnem območju je bila (131 ± 10) Bq/m³. Kot je že bilo pojasnjeno [37], je manjša koncentracija aktivnosti H-3 posledica globlje vrtine na črpališču Brežice – Glogov Brod, ki je globoka okoli 200 metrov (vrtini Drnovo in Brege 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 napajana ravno iz črpališča Brežice – Glogov Brod. V tabeli 3.1. so predstavljena neutežena letna povprečja koncentracije tritija v vodi iz črpališč v krških in brežiških vodnooskrbnih sistemih.

Tabela 3.1 Letna povprečna koncentracija aktivnosti H-3 v črpališčih in vodovodih v okolici NEK. Vrednost za znakom \pm predstavlja standardno deviacijo stresanja podatkov.

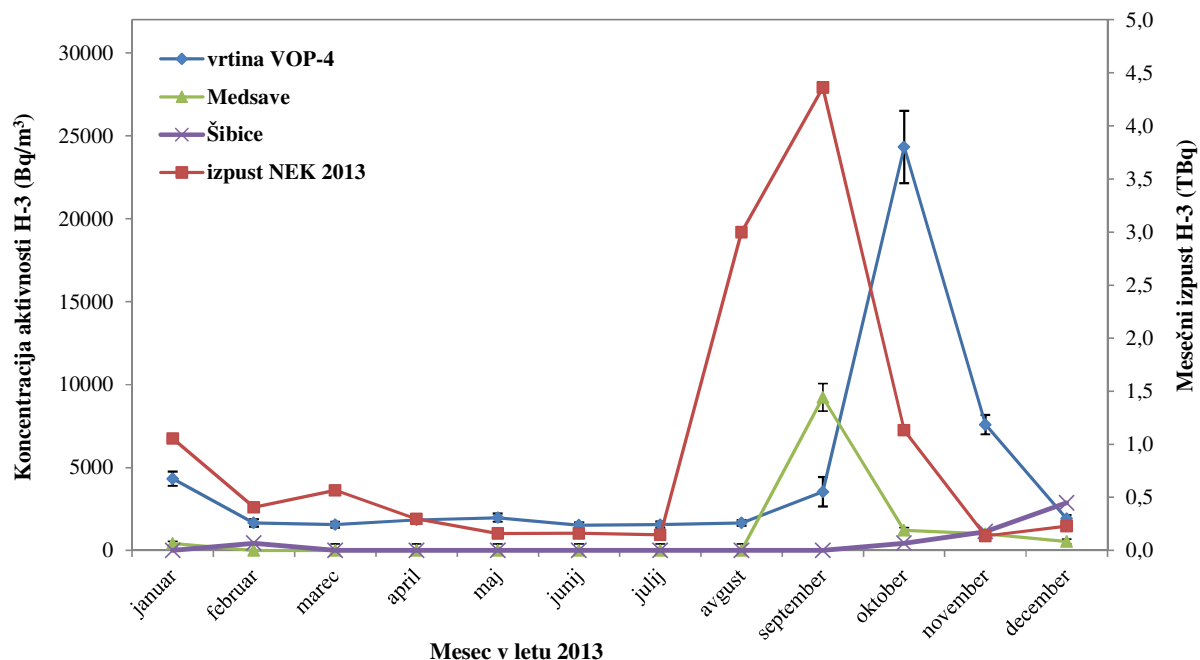
Lokacija	Letno povprečje
	Bq/m ³
Brege	1565 ± 67
Drnovo	1051 ± 76
Spodnji Stari Grad	1046 ± 123
Brežice	137 ± 34
Glogov Brod	125 ± 22

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. Letna povprečna koncentracija aktivnosti tritija za enkratne odvzeme v Brežicah je bila < 132 Bq/m³. Letno povprečje v Krškem pa je v okviru stresanja podatkov enako, kot je v črpališčih v Drnovem in Spodnjem Starem Gradu ($1\,000 \pm 130$) Bq/m³. Kot referenčno vrednost lahko vzamemo dolgoletno povprečje koncentracije aktivnosti tritija v ljubljanskem vodovodu 932 Bq/m³, ki se meri v okviru republiškega nadzora radioaktivnosti pitne vode [13].

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 potrebno poudariti, da vrtine v Sloveniji in na Hrvaškem niso namenjene za črpanje pitne vode niti



kot tehnološka voda. Letno povprečje meritev H-3 v vzorcih vrtine E1 v NEK je $(2\,500 \pm 800) \text{ Bq/m}^3$. Najvišja koncentracija aktivnosti H-3 je bila izmerjena v vzorcu iz zadnje četrtine leta ($4\,790 \pm 340) \text{ Bq/m}^3$, kar se sklada z največjimi izpusti tritija septembra. 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 je vpliv izpustov tritija iz NEK mogoče zaznati v vrtinah VOP-4 in Medsave, saj sta obe vrtini v neposredni bližini reke Save. Vzorčevanje v vrtinah je bilo opravljeno v začetku meseca, pri čemer je bilo vzorčevanje v času največjega izpuščanja tritija v Savo v septembru, vzorčevanje v VOP-4 je bilo opravljeno 2. 9. (septembrski vzorec) in 1. 10. (oktobrski vzorec), medtem ko je bilo vzorčevanje na hrvaškem opravljeno 4. 9. (septembrski vzorec) in 4. 10. (oktobrski vzorec). Večina tekočinskih izpustov tritija je bila od 1. do 12. 9., kar pomeni, da je bila največja izmerjena koncentracija aktivnosti tritija v VOP-4 dejansko izmerjena šele z oktobrskim vzorcem, medtem ko je rezultat meritve v hrvaški vrtini Medsave pokazal največjo vrednost že v septembrskem vzorcu. Vrtina v Šibicah je od brega Save oddaljena 2 km, zato je vpliv povišane koncentracije tritija v Savi mogoče zaznati šele 3–6 mesecev po izpustu. Na sliki 3.3 lahko opazimo, da se koncentracija aktivnosti tritija v Šibicah vzpenja zadnje tri mesece v letu 2013, po največjem izpustu septembra. Pri tem pa je treba poudariti, da je v bližini vrtine Šibice vodnooskrbno območje za Zagreb, Hrvaška. Najvišja koncentracija aktivnosti H-3 v vrtini VOP-4 v Vrbinu je bila tako izmerjena v oktobru ($24\,324 \pm 2\,181) \text{ Bq/m}^3$, kar je posledica večjih izpustov v septembru, mesec pred rednim remontom, pred koncem 26. gorivnega ciklusa. Opazno višja koncentracija aktivnosti je bila tudi v januarju ($4\,323 \pm 430) \text{ Bq/m}^3$, kar je še posledica izpustov konec leta 2012. Novembra 2013 je bila koncentracija aktivnosti še vedno povečana ($7\,589 \pm 584) \text{ Bq/m}^3$ zaradi izpustov septembra. Letna povprečna koncentracija aktivnosti tritija v vrtini VOP-4 je bila $(4\,455 \pm 1\,880) \text{ Bq/m}^3$, kar pa je občutno nižje kot v letu 2012. V vrtini Medsave je bilo letno povprečje $(1\,034 \pm 755) \text{ Bq/m}^3$, kar je prav tako bistveno nižje kot v letu 2012.

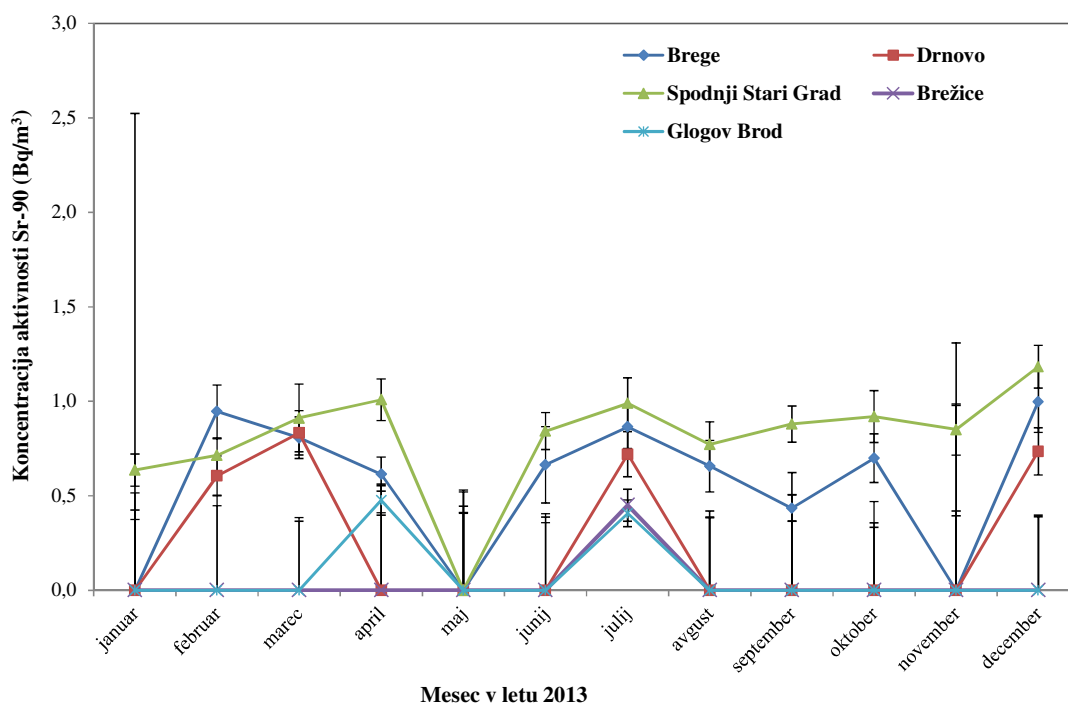


Slika 3.3: Koncentracija aktivnosti H-3 v mesečnih vzorcih podtalnice v neposredni okolici NEK (vrtina VOP-4) in v vrtinah Medsave in Šibice na Hrvaškem ter aktivnost H-3 v mesečnem tekočinskem izpustu v Savo za leto 2013

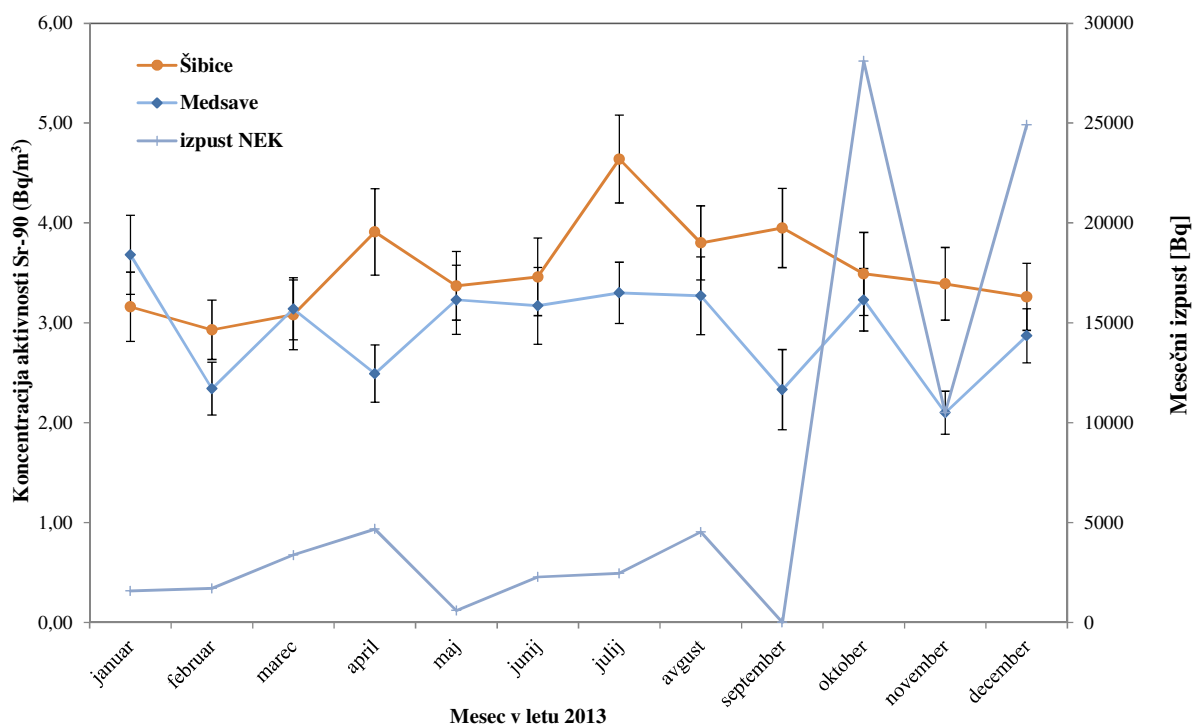


Letno povprečje koncentracije aktivnosti Sr-90 v krških črpališčih in vodovodu je bilo $0,5 \text{ Bq/m}^3$, v brežiškem vodovodnem sistemu pa $0,06 \text{ Bq/m}^3$. To razliko lahko pojasnimo s tem, da je brežiško črpališče globoko in je zaradi tega vpliv splošne kontaminacije, katere produkt je stroncij, 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 2013 pa je $0,9 \text{ Bq/m}^3$ [13]. 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 $(1,2 \pm 0,1) \text{ Bq/m}^3$ v mesecu decembru. 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. Povprečna letna koncentracija aktivnosti Sr-90 v vrtini Šibice na Hrvaškem je bila $3,5 \text{ Bq/m}^3$, v Medsavah pa $2,9 \text{ Bq/m}^3$, pri čemer se vrednosti ne odmikata od usmeritve prejšnjih let. Sodeč po podatkih iz prejšnjih let se vpliv Save na vrtino Šibice zaradi izpustov stroncija ne bo poznal z zamikom, kot je to v primeru H-3. Izmerjene koncentracije Sr-90 v Šibicah in Medsavah tako niso povezane z izpusti iz NEK, temveč gre za splošno kontaminacijo.

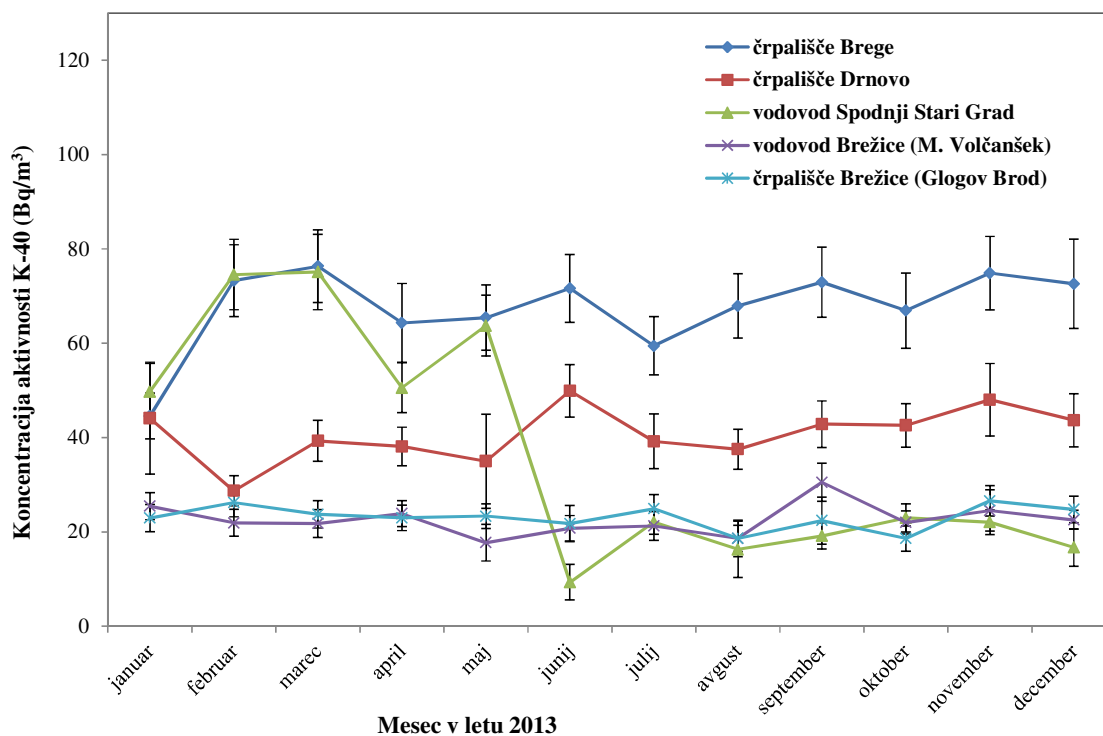
V enkratno odvzetih četrletnih vzorcih je bila izmerjena koncentracija aktivnosti Sr-90 najvišja $(0,77 \pm 0,12) \text{ Bq/m}^3$ na bencinskem servisu Petrol v Krškem, v Brežicah pa je bila v vseh vzorcih pod mejo kvantifikacije. Nekoliko višje letno povprečje Sr-90 je bilo določeno v vzorcih iz vrtine E1 NEK $2,8 \text{ Bq/m}^3$, kjer je bila najvišja koncentracija aktivnosti Sr-90 izmerjena v drugi četrtini leta $(3,4 \pm 0,3) \text{ Bq/m}^3$. Predvidevamo, da gre tudi tu za globalno kontaminacijo.



Slika 3.4: Koncentracija aktivnosti Sr-90 v mesečnih sestavljenih vzorcih iz črpališč in vodovodov v okolici NEK v letu 2013



Slika 3.5: Koncentracija aktivnosti Sr-90 v mesečnih enkratnih vzorcih iz vrtin ter mesečni tekočinski izpusti Sr-90 v Savo v letu 2013



Slika 3.6: Povprečne mesečne koncentracije aktivnosti K-40 v vodovodih in črpališčih za leto 2013



Koncentracije aktivnosti naravnega izotopa K-40 so bile izmerjene na vseh vzorčevalnih mestih. V krških črpališčih in vodovodu Brege, Drnovo in Spodnji Stari Grad je bila letna povprečna koncentracija aktivnosti K-40 48 Bq/m^3 , v brežiškem vodnooskrbnem sistemu pa 23 Bq/m^3 . Mesečne koncentracije K-40 v vseh črpališčih in obeh vodovodih pa so prikazane na sliki 3.6. Zanimivo je, da se je koncentracija aktivnosti K-40 v Spodnjem Starem Gradu v juniju prepolovila, kar nas še dodatno napeljuje na razlago, da je prišlo do spremembe vodnega vira v tem vodnooskrbnem sistemu, kot smo to ugotovili tudi pri tritiju (slika 3.2). Stabilnost usmeritve koncentracije K-40 nakazuje, da sta črpališči Brege in Drnovo bolj pod vplivom sprememb v okolju (poplave, močno deževje itd.) [37]. V evalvaciji rezultatov meritev radioaktivnosti v pitni vodi [37] 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 [13]. 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 [39].

Za vsa vzorčevalna mesta krškega in brežiškega vodovoda velja, da so letna povprečja naravnega U-238 nizka, najvišje letno povprečje je bilo izmerjeno v črpališče Drnovo, in sicer 5 Bq/m^3 . Povprečne letne koncentracije aktivnosti Ra-226 na istih lokacijah se gibljejo od $0,3 \text{ Bq/m}^3$ (vodovod Brežice) do $2,2 \text{ Bq/m}^3$ (vodovod Krško). Koncentracija aktivnosti Pb-210 je bila od 3 Bq/m^3 v vodovodu Krško do $5,1 \text{ Bq/m}^3$ v vodi iz črpališča Brežice. V Ljubljani je bila koncentracija aktivnosti Pb-210 pod mejo kvantifikacije. Letna povprečna koncentracija aktivnosti Ra-228 v črpališču Brežice je bila $0,3 \text{ Bq/m}^3$, v Krškem pa $0,7 \text{ Bq/m}^3$. Letne povprečne koncentracije Th-228 se gibljejo med $0,3 \text{ Bq/m}^3$ (Brežice) in $0,2 \text{ Bq/m}^3$ (Krško). Be-7 je bil občasno detektiran v vseh črpališčih in vodovodih v Krškem in Brežicah. Povprečna letna koncentracija Be-7 je bila od 4 Bq/m^3 v Brežicah, v Krškem pa $3,5 \text{ Bq/m}^3$.

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 [37] 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. Največji tekočinski izpust H-3 je bil v letu 2013 v mesecu septembru ($4,4 \text{ TBq}$), kar je skoraj $37,5 \%$ letne vrednosti izpusta H-3 ($11,6 \text{ TBq}$). Letni izpust H-3 v Savo je bil 26% letne omejitve (45 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 2013 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 2013 v okviru negotovosti primerljivega velikostnega reda kot v preteklih letih. Povprečna koncentracija aktivnosti tritija v črpališčih v krški in brežiški občini variira, v splošnem pa je opaziti zniževanje koncentracije zaradi radioaktivnega razpada, predvsem v brežiškem vodnooskrbnem sistemu.

Kot smo lahko opazili na sliki 3.2, je koncentracija aktivnosti tritija od začetka leta 2013 v Bregah in Drnovem naraščala, pri čemer je bilo opaziti nekoliko višji odmik v septembrskih vzorcih. Da bi lahko pojasnili takšno usmeritev koncentracije tritija v krškem vodnooskrbnem sistemu v letu 2013, smo podrobneje razdelali tudi večletne usmeritve koncentracije H-3 v črpališčih Brege, Drnovo in Spodnji

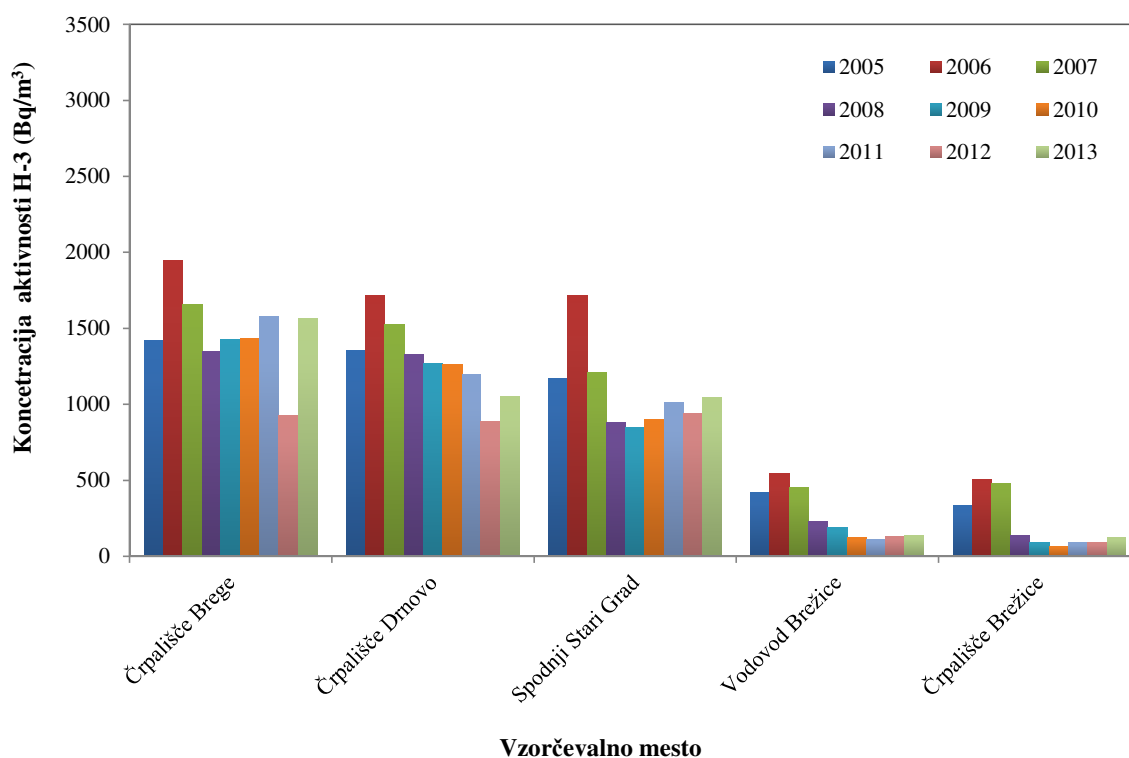


Stari Grad. Primerjali smo jo s padavinskim usedom na lokaciji Brege in s tekočinskimi in zračnimi izpusti iz NEK od leta 2002 do 2013.

Če za primerjavo uporabimo vzorčni korelacijski (Pearsonov) koeficient [40], lahko ugotovimo, da je v letu 2013 vrednost koeficienta za primerjavo koncentracije H-3 v Bregah s tekočinski izpusti 0,38, za primerjavo koncentracije tritija v Drnovem in tekočinskimi izpusti pa kar 0,68. Koncentracija aktivnosti tritija v Drnovem je nižja kot v Bregah. Prispevek h korelacijskemu koeficientu zaradi odmika od drugih vrednosti v septembru na obeh lokacijah je večji v Drnovem kot v Bregah. Takšno ujemanje med podatki težko spregledamo, predvsem pa povišanje koncentracije aktivnosti tritija v Bregah in Drnovem septembra, ravno ko so bili tekočinski izpusti tritija v letu 2013 v Savo največji.

Zato smo najprej pogledali, kakšna je bila povezava med koncentracijo H-3 v Bregah in Drnovem s tekočinskimi izpusti v prejšnjih letih. Vrednosti korelacijskega koeficienta od leta 2002 do 2013 so predstavljene v tabeli 3.2. Kot lahko razberemo iz tabele 3.2, korelacijski koeficient za primerjavo koncentracije tritija v vodi iz črpališč in vodovoda in izpuščenimi aktivnostmi tritija v tekočinskih izpustih niha in ne kaže posebne povezave, razen v letih 2005, 2007 in 2013 v Bregah, 2002 in 2013 v Drnovem ter 2003 v Spodnjem Gradu. Ker je korelacijski koeficient od leta 2002 do leta 2013 za vse lokacije blizu 0, lahko sklenemo, da neposredne povezave med tekočinskimi izpusti iz NEK in vodo v črpališčih ni. Povišano koncentracijo tritija v Bregah bi potem lahko razlagali s tem, da gre najverjetneje za vodo, ki je pritekla pod zemljo v času višjega antropogenega vnosa H-3 in da ta voda sedaj prav tako nima stika s površjem. Vendar je zanimivo, da v letu 2013 opažamo povišanje koncentracije tritija v Bregah in Drnovem na začetku leta 2013 glede na leto 2012.

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, ali pa majhni, nekoliko pa se odmika korelacijski koeficient za Brege od leta 2002 do leta 2013. Ta primerjava nas je napeljala na nadaljnje raziskovanje.



Slika 3.7: Povprečne letne koncentracije aktivnosti H-3 v vodovodih, črpališčih in podtalnici od leta 2005 do 2013 v okolici NEK



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 2013

Lokacija	Breg		Drnovo		Spodnji Stari Grad	
Leto	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
od 2002 do 2013	0,145	0,074	-0,001	0,014	0,045	-0,03

Za prikazovanje usmeritve koncentracije tritija smo uporabili še uteženo povprečje [37] od januarja 2002 do decembra 2013:

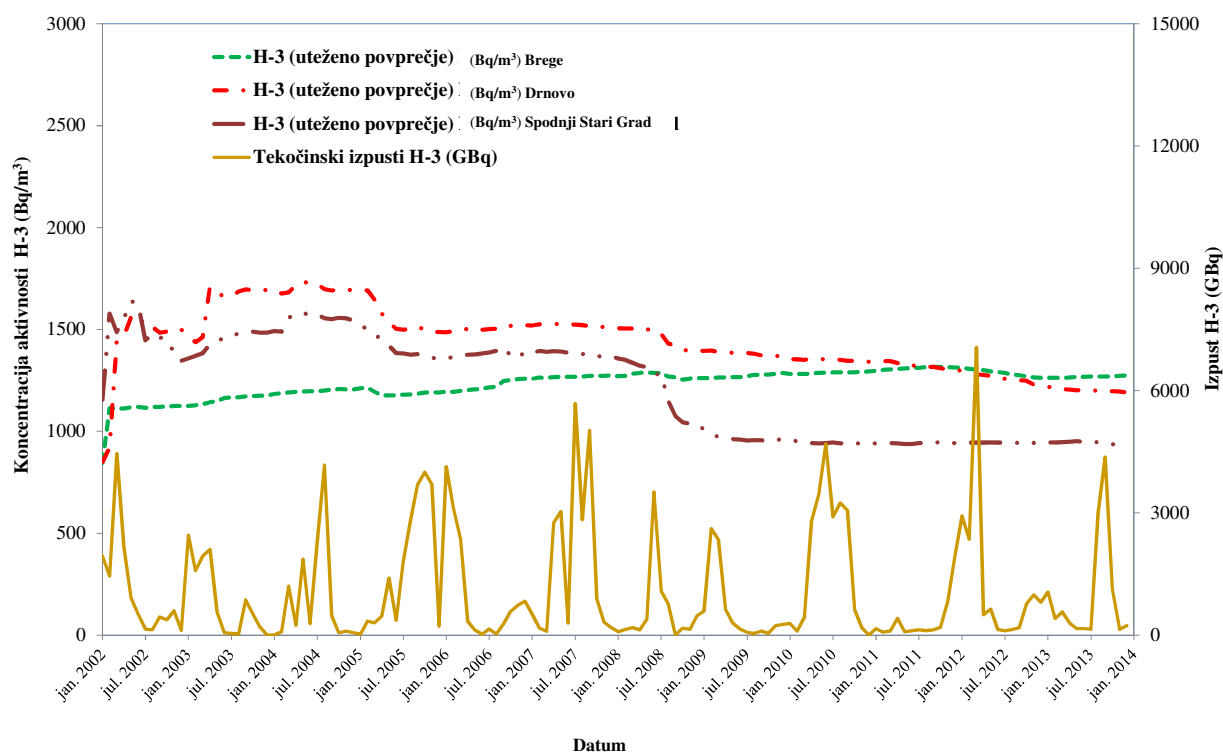
$$\bar{C}_{H,n+1} = \bar{C}_{H,n} + \frac{\sigma_{\bar{C}_{H,n}}^2}{\sigma_{\bar{C}_{H,n}}^2 + \sigma_{C_{H,n+1}}^2} (C_{H,n+1} - \bar{C}_{H,n}) \quad (3)$$

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 $\sigma_{C_{H,n+1}}^2$.

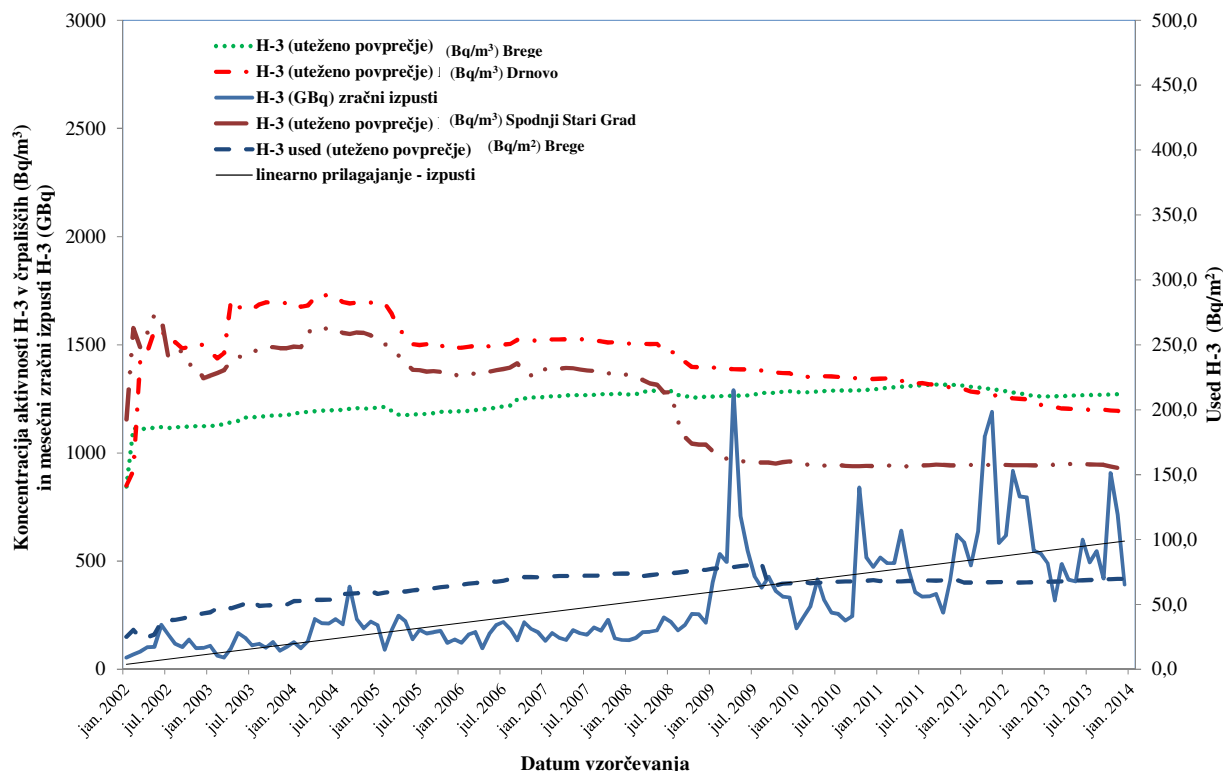
S $C_{H,n+1}$ označimo zadnjo meritev. Na sliki 3.8 prikazujemo uteženo povprečje koncentracije aktivnosti tritija v Bregah, Drnovem in Spodnjem Starem Gradu od leta 2002 do 2013 in mesečne izpuste H-3 iz NEK v Savo. Na sliki 3.8 ne opazimo nobenega vidnega ujemanja med koncentracijo aktivnosti H-3 v krških črpališčih in tekočinskimi izpusti, kar lahko podkrepimo s korelacijskimi koeficienti, ki so za primerjave med koncentracijo aktivnosti H-3 v krških črpališčih in vodovodu ter tekočinskimi izpusti, enaki nič. Opazimo pa lahko usmeritev zniževanja koncentracije aktivnosti tritija v Drnovem in Spodnjem Starem Gradu ter naraščanje koncentracije tritija v Bregah. Podobno primerjavo kot zgoraj smo naredili tudi za uteženo povprečje koncentracije aktivnosti tritija v Bregah, Drnovem in Spodnjem Starem Gradu z uteženim povprečjem padavinskega useda v Bregah od leta 2002 do leta 2013, kar prikazujemo na sliki 3.9. Za primerjavo smo na to sliko dodali še mesečne zračne izpuste tritija iz NEK od leta 2002 do leta 2013 ter premico, ki smo jo prilagodili podatkom o zračnih izpustih. Tu pa lahko opazimo, da usmeritev padavinskega useda tritija v Bregah sledi usmeritvi koncentracije aktivnosti tritija v Bregah. To dobro ujemanje potrjuje tudi korelacijski koeficient, ki je 0,84. Za drugi dve črpališči je korelacijski koeficient negativen. Pri tem je potrebno povedati, da so bili nekateri podatki pri računanju uteženega



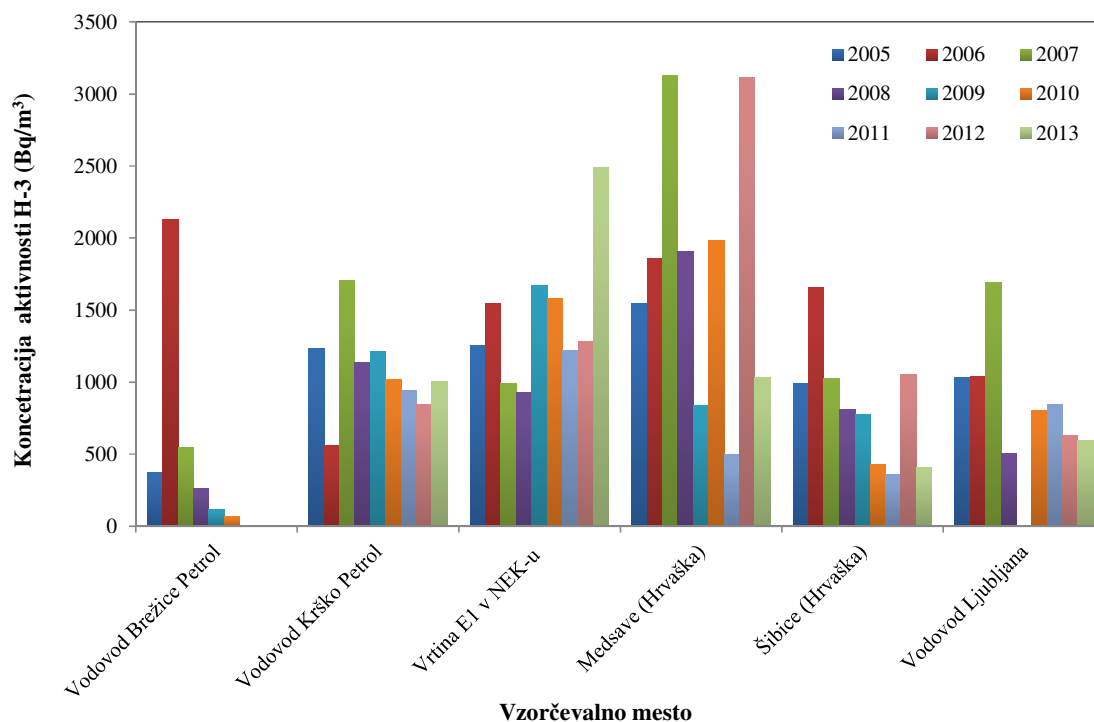
povprečja izvzeti. Merilo za izvzetje je bilo naslednje: če je bilo vzorca padavin v izbranem mesecu manj kot 5 L in je bila količina padavin manj kot 10 mm, potem takšen vzorec ni reprezentativen. V takšnih primerih smo večkrat izmerili povišane koncentracije aktivnosti naravnih radionuklidov ter Cs-137 in tudi H-3 (vendar ne zmeraj), kar je najverjetneje posledica nabiranja prašnih delcev v vzorcu padavin. Za primerjavo lahko povemo, da je korelacijski koeficient med usedom in pitno vodo v Bregah 0,15, če pri primerjavi upoštevamo primarne merske rezultate za padavinski used. Takšno ujemanje v Bregah nas lahko napelje na razmišljanje, da povišanje koncentracije aktivnosti tritija v letu 2013 in v septembrskem vzorcu iz črpališča Brege in Drnovo ne moremo pripisati tekočinskim izpustom tritija iz NEK, temveč ugotavljamo težnjo, predvsem v Bregah, da je potrebno upoštevati morebitni vpliv padavin na podtalnico, torej preko zračne prenosne poti. Ta ugotovitev je pomembna, 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 potrebno, 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 zaenkrat 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 za odrasle osebe je 10^5 Bq/m^3 . V povprečju se koncentracija aktivnosti H-3 v okolju (reke, padavine) v Sloveniji v okviru merske negotovosti giblje okoli $1\ 000 \text{ Bq/m}^3$ [12].



Slika 3.8: Primerjava med uteženim povprečjem koncentracije aktivnosti H-3 v pitni vodi (Brege, Drnovo in Spodnji Stari Grad) z mesečnimi tekočinskimi izpusti tritija od leta 2002 do 2013



Slika 3.9: Primerjava med uteženim povprečjem koncentracije aktivnosti H-3 v pitni vodi (Brege in Drnovo), uteženim povprečnim usedom tritija v Bregah (Bq/m^3) ter mesečnimi zračnimi izpusti od leta 2002 do 2013. Za ponazoritev je na sliki tudi premica usmeritve koncentracije zračnih izpustov od 2002 do 2013



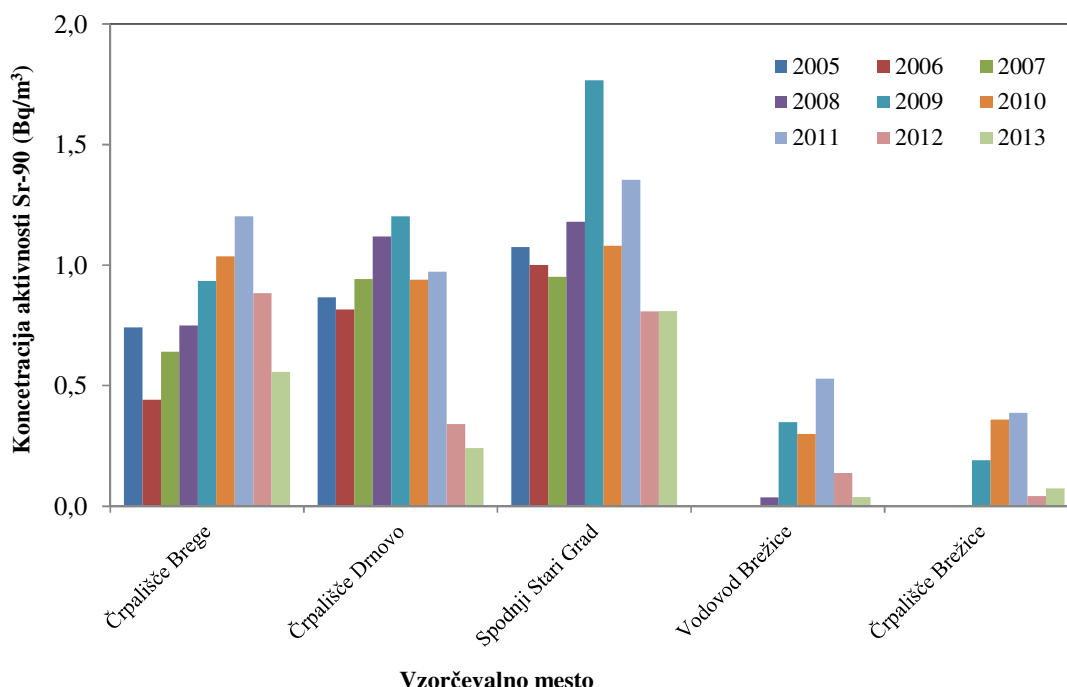
Slika 3.10: Povprečne letne koncentracije H-3 v vodovodih in podtalnici od leta 2005 do 2013 v Sloveniji in na Hrvaškem



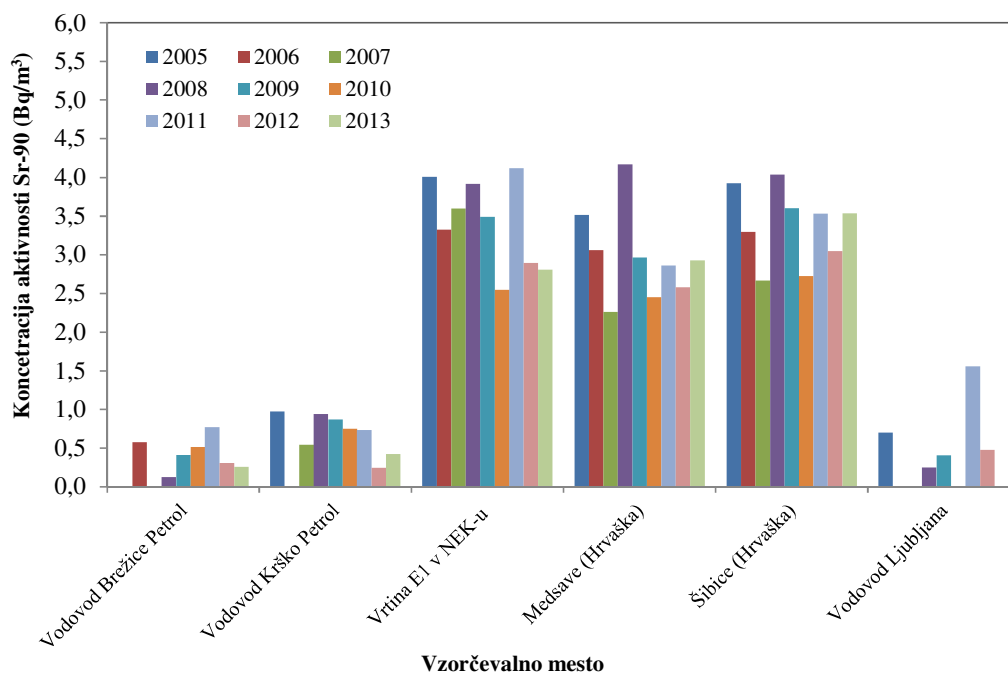
Na sliki 3.10 prikazujemo povprečne letne koncentracije aktivnosti H-3 v vodovodih in podtalnici od leta 2005 do 2013 v Sloveniji in na Hrvaškem. Medtem ko povprečne letne koncentracije aktivnosti tritija v četrtletnih vzorcih iz vodovodov v Krškem in Brežicah ter enkratnega vzorca v Ljubljani sledijo že omenjenim usmeritvam, pa povprečna letna koncentracija aktivnosti tritija v vrtinah niha sorazmerno z izpuščeno aktivnostjo v tekočih izpustih. V letu 2013 je bilo, podobno kot v prejšnjih letih, mogoče zaslediti vpliv izpustov H-3 iz NEK na vrtino VOP-4, vrtino E1 v Sloveniji ter vrtini Medsave in Šibice na Hrvaškem. Pri obravnavi je treba upoštevati, da so podani izpusti za ves mesec, vzorčenje vode v črpališčih pa poteka od sredine enega meseca do sredine naslednjega meseca, vzorčenje v vrtini VOP-4 (enkratni vzorec) pa se opravi v začetku meseca. Posledica je navidezni časovni zamik med emisijo in pojavom H-3 v črpališčih in vrtinah VOP-4, Medsave in Šibice, kar je razvidno s slike 3.3.

Pri poročanju primarnih merskih rezultatov stroncija Sr-90 v črpališčih in vodovodih 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 2013 približno dvakrat večji kot v prejšnjih dveh letih. Po pričakovanju so povprečne letne 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 letne koncentracije aktivnosti stroncija v vodovodih in črpališčih v okolici NEK od leta 2005 do leta 2013 so prikazane na sliki 3.11. Koncentracija aktivnosti stroncija v črpališčih in vodovodih v letu 2013 je primerljiva s koncentracijo stroncija na vseh lokacijah v prejšnjih letih. Česa podobnega kot pri tritiju, pri dolgotrni usmeritvi koncentracije stroncija v pitni vodi nismo opazili.



Slika 3.11: Povprečne letne koncentracije aktivnosti Sr-90 v vodovodih in črpališčih od leta 2005 do 2013 v okolici NEK



Slika 3.12: Povprečne letne koncentracije aktivnosti Sr-90 v vodovodih, črpališčih in podtalnici od leta 2005 do 2013 v Sloveniji in na Hrvaškem

Podobno kot pri obravnavi koncentracije aktivnosti tritija v črpališčih in vodovodih lahko uporabimo korelacijski koeficient tudi za primerjavo med koncentracijo aktivnosti stroncija v tekočinskih izpustih in koncentracijo stroncija v črpališčih in vodovodih. V letu 2013 je korelacijski koeficient za Brege 0,3, za Spodnji Stari Grad pa 0,4. To sicer kaže na šibko povezavo, vendar je le-ta malo verjetna, saj smo že pri tritiju pokazali, da verjetne povezave med tekočinskimi izpusti in koncentracijo tritija v črpališčih ni. Da povezava ni verjetna, lahko podkrepimo tudi s primerjavo povprečnih koncentracij Sr-90 v zadnjih 9 letih, ko so bili korelacijski koeficienti kljub višjim koncentracijam aktivnosti Sr-90 blizu nič ali pa negativni. Še tretji argument, ki govori v prid dejstvu, da ni povezave med tekočinskimi izpusti stroncija in koncentracijo stroncija v črpališčih, je tudi, da so korelacijski koeficienti za tekočinske izpuste Sr-90 in koncentracijo Sr-90 v vseh vrtinah negativni, čeprav je koncentracija aktivnosti Sr-90 v vrtinah znatno višja kot v vodi iz črpalič in vodovodov, kar je razvidno na sliki 3.12. Povišanja koncentracije aktivnosti Sr-90 tudi ne moremo pripisati tekočinskim izpustom iz NEK, ker je bila na primer koncentracija aktivnosti stroncija v vrtini E1 nižja v zadnjem četrtletju kot v prejšnjih, pri čemer so bili izpusti Sr-90 najvišji ravno v zadnjem četrtletju (slika 3.5). Enako je bila koncentracija aktivnosti Sr-90 v vrtinah Medsava in Šibice v okviru merske negotovosti konstantna vse leto, enako kot že prejšnja leta. Tako je edina razlaga, da stroncij v vrtinah izvira iz splošnega onesnaženja.

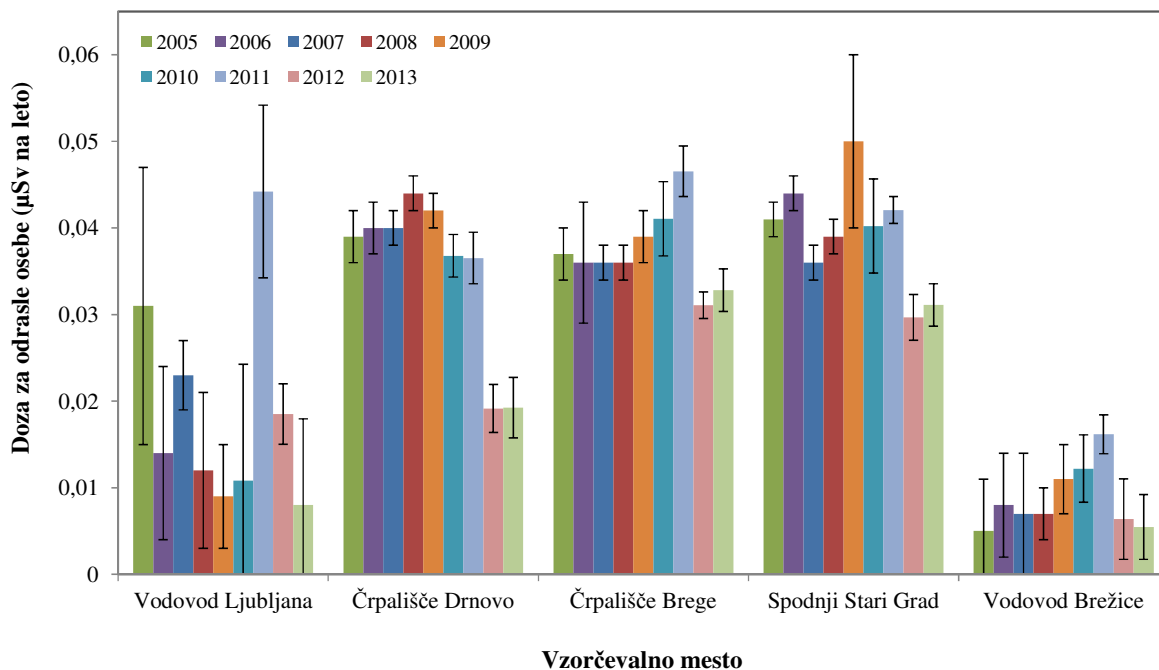
OCENA VPLIVOV

V tabeli 3.3 so prikazane izračunane letne učinkovite doze umetnih radionuklidov za tri starostne skupine prebivalstva, ki uporabljajo vodovodno vodo za pitje. Za primerjavo so podane tudi izračunane letne učinkovite doze, izračunane na osnovi meritev na referenčni lokaciji (vodovod Ljubljana), ki se izvajajo v okviru republiškega nadzora pitne vode. Letne učinkovite 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 učinkovita doza za umetne radionuklide v pitni vodi je vsota prispevkov zaradi prisotnosti H-3 in Sr-90, saj drugih umetnih radionuklidov ni bilo zaznani. Letna učinkovita doza za naravne radionuklide v pitni vodi je vsota prispevkov radionuklidov iz uranove in torijeve razpadne vrste ter Be-7 in K-40.

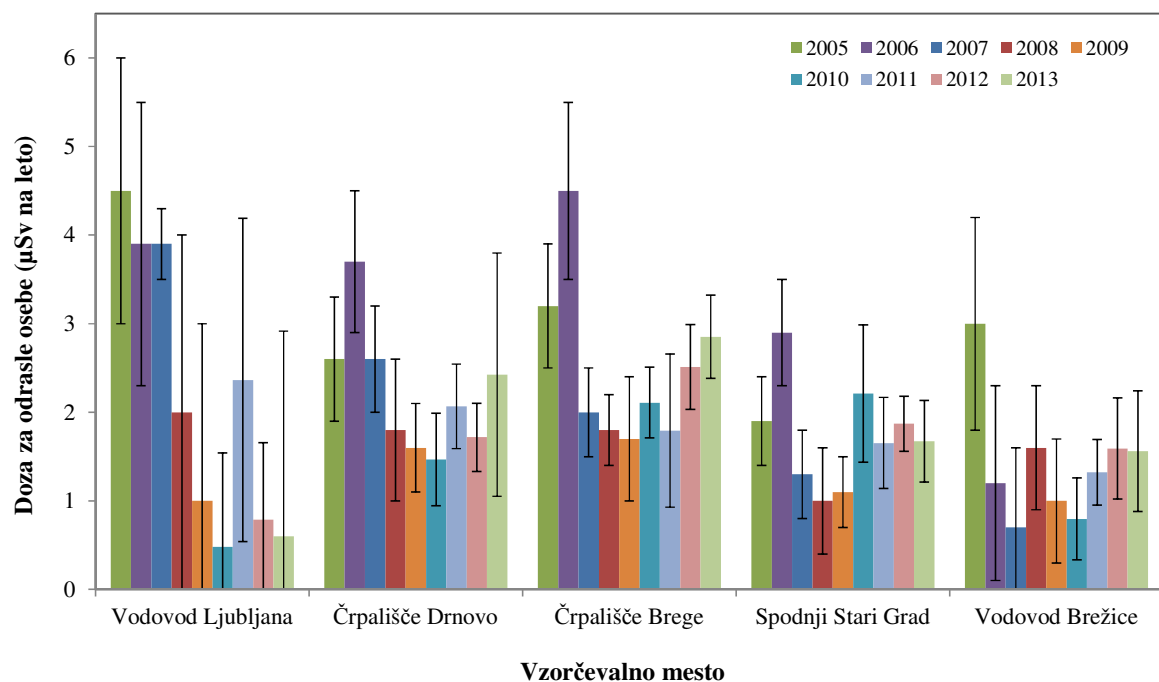

Tabela 3.3: Izračunane letne efektivne doze za odraslega, otroka in dojenčka zaradi umetnih in naravnih radionuklidov v vodovodih ter črpališčih pitne vode in podtalnice v letu 2013

STAROSTNA SKUPINA	DOZA	ENKRATNI LETNI VZOREC	ENKRATNI ČETRILETNI 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	0,008 \pm 0,010	0,005 \pm 0,004	0,022 \pm 0,004	0,003 \pm 0,002	0,003 \pm 0,001	0,033 \pm 0,002	0,019 \pm 0,003	0,031 \pm 0,002
	za naravne radionuklide	0,6 \pm 2,3	1,6 \pm 0,7	3,4 \pm 1,1	2,3 \pm 0,5	3,1 \pm 0,5	2,8 \pm 0,5	2,4 \pm 1,4	1,6 \pm 0,5
Vsota		0,6 \pm 2,3	1,6 \pm 0,7	3,4 \pm 1,1	2,3 \pm 0,5	3,1 \pm 0,5	2,9 \pm 0,5	2,4 \pm 1,4	1,7 \pm 0,5
OTROCI	za umetne radionuklide	0,005 \pm 0,010	0,005 \pm 0,003	0,017 \pm 0,004	0,002 \pm 0,001	0,003 \pm 0,001	0,024 \pm 0,002	0,014 \pm 0,003	0,025 \pm 0,002
	za naravne radionuklide	0,7 \pm 3,1	2,3 \pm 0,9	4,9 \pm 1,5	3,2 \pm 0,7	4,1 \pm 0,7	4,1 \pm 0,6	3,4 \pm 1,8	2,5 \pm 0,6
Vsota		0,7 \pm 3,1	2,3 \pm 0,9	4,9 \pm 1,5	3,2 \pm 0,7	4,1 \pm 0,7	4,2 \pm 0,6	3,4 \pm 1,8	2,5 \pm 0,6
DOJENČKI	za umetne radionuklide	0,010 \pm 0,028	0,016 \pm 0,009	0,042 \pm 0,010	0,005 \pm 0,004	0,006 \pm 0,004	0,059 \pm 0,006	0,032 \pm 0,010	0,066 \pm 0,005
	za naravne radionuklide	3,4 \pm 11,2	9,0 \pm 3,5	20,0 \pm 5,7	12,1 \pm 2,4	14,9 \pm 2,4	17,3 \pm 2,5	13,6 \pm 6,0	11,1 \pm 2,3
Vsota		3,4 \pm 11,2	9,0 \pm 3,5	20,1 \pm 5,7	12,1 \pm 2,4	14,9 \pm 2,4	17,4 \pm 2,5	13,6 \pm 6,0	11,2 \pm 2,3

Iz tabele 3.3 lahko ugotovimo, da je v letu 2013 ocenjena povprečna letna efektivna doza za odraslo osebo zaradi prisotnosti umetnih radionuklidov v krškem vodnooskrbnem sistemu 0,03 μSv . Od naravnih radionuklidov največ prispeva k celotni dozi Pb-210 in sicer 50 %. Čprav 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 in Drnovem v letu 2013 nima nobenega zaznavnega vpliva na prebivalstvo. V brežiškem vodovodu v letu 2013 je ocenjena letna efektivna doza za odraslo osebo zaradi prisotnosti umetnih radionuklidov 0,003 μSv . Celotna ocenjena letna doza za odraslo osebo zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov v pitni vodi je 2,3 μSv . Od naravnih radionuklidov tudi tu k celotni dozi največ prispeva Pb-210, 80 %. 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 napajan iz rek Save in Krke. V ljubljanskem vodovodu je bil prispevek umetnih radionuklidov ocenjen na 0,008 μSv na leto za odraslo osebo, kar je 1,3 % celotne ocenjene letne doze zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov 0,6 μSv . Zanimivo je, da je prispevek umetnih radionuklidov k skupni dozi za leto 2013 v Ljubljani višji oziroma primerljiv kot 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 naravnih radionuklidov v pitni vodi, enako kot ingestija hrane, upoštevana v vsoti prispevkov k dozi naravnega sevanja (tabeli B in C v izvlečku).



Slika 3.13: Ocenjeni prispevek umetnih radionuklidov k letni dozi za odraslo osebo v zadnjih devetih letih na različnih vzorčevalnih lokacijah



Slika 3.14: Ocenjena letna doza zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov za odraslo osebo v zadnjih devetih letih na različnih vzorčevalnih lokacijah



Na slikah 3.13 in 3.14 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 devetih 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 3.13 in 3.14, ugotovimo, da je ordinatna os na sliki 3.13 v primerjavi z ordinatno osjo na sliki 3.14 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 sta bila v pitni vodi in podtalnici v letu 2013 zaznana le H-3 in Sr-90. Prvi je naravnega in umetnega izvora (splošna kontaminacija, izpusti NEK), drugi pa je v okolje prišel po jedrskih poskusih (splošna kontaminacija), nekaj pa ga je zaznati tudi v izpustih NEK. Vpliv NEK na pitno vodo je zanemarljiv, v vrtinah blizu Save pa so bila opazna povečanja koncentracije aktivnosti H-3 po večjih izpustih iz NEK v reko Savo. Stroncij v pitni vodi domnevno izhaja iz splošne kontaminacije.

Značilna koncentracija aktivnosti tritija v okolju po Sloveniji je $1\,000 \text{ Bq/m}^3$. Podobne koncentracije tritija je zaznati tudi v pitni vodi iz krškega in brežiškega vodnooskrbnega sistema. Najvišja koncentracija aktivnosti je bila izmerjena septembra v Bregah ($2\,069 \pm 440 \text{ Bq/m}^3$), vendar letna povprečna koncentracija aktivnosti H-3 na vseh črpališčih in vodovodih se ne odmika od dolgoletnega povprečja.

Celotna ocenjena povprečna letna doza v letu 2013 zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov v brežiškem vodnooskrbnem sistemu za odraslo osebo je $2,3 \text{ }\mu\text{Sv}$. 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 prav tako $0,05 \%$.

Celotna ocenjena povprečna letna doza v krškem vodnooskrbnem sistemu v letu 2013 za odraslo osebo je $2,6 \text{ }\mu\text{Sv}$. Obremenitev z umetnimi radionuklidi je približno $1,1 \%$ celotne izračunane letne doze za odraslo osebo. Prispevek umetnih radionuklidov k letni efektivni dozi za otroke je $0,6 \%$, za dojenčke pa $0,3 \%$.

Celotna ocenjena letna doza v ljubljanskem vodovodu v letu 2013 je $0,6 \text{ }\mu\text{Sv}$ za odraslo osebo. Obremenitev z umetnimi radionuklidi iz ljubljanskega vodovoda je $1,3 \%$ celotne izračunane letne doze za odraslo osebo ter $0,7 \%$ za otroka in $0,3 \%$ za dojenčka.

Celotne 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 $100 \text{ }\mu\text{Sv}$ na leto oziroma avtorizirano mejno dozo $50 \text{ }\mu\text{Sv}$ [8]. Delež doze v primerjavi z avtorizirano mejno dozo v brežiškem vodnooskrbnem sistemu je $4,6 \%$, v krškem vodnooskrbnem sistemu pa $5,2 \%$, 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 in 2013, bi bilo potrebno smiselno revidirati vzorčevalna mesta.



4 USEDI

POVZETEK

V poglavju "Usedi" 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 2013 je bilo pomerenih po 48 padavinskih vzorcev in vzorcev vazelinskih plošč. Uporabljene so bile tri različne analize tehnike: visokoločljivostna spektrometrija gama, tekočinskoscintilacijska spektrometrija in radiokemijska metoda s štetjem sunkov vzorca na proporcionalnem števcu.

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

V splošnem ni opaziti korelacije med izpusti elektrarne in vsebnostjo radionuklidov v okolju. Izjema je tritij, ki pa na dozo ne vpliva bistveno. 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.

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

Jedrska elektrarna neposredno vpliva na okolje z zračnimi in tekočimi izpusti, ki se nadzorujejo na dva neodvisna načina: v elektrarni izpuste zajamejo in izmerijo neposredno še pred izpustom v okolje, neodvisni laboratoriji pa vzorčijo okoljske vzorce in tako preverjajo vpliv elektrarne na okolje.

Za nadzor zračnih izpustov opravljamo meritve padavinskih in suhih usedov. 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. Radionuklidi so namreč sestavni del našega okolja tudi tam, kjer ni jedrskih objektov. Nekateri radionuklidi so v okolju od nastanka zemlje, nekateri pa sproti nastajajo po naravni poti v ozračju. Antropogeni radionuklidi se uporabljajo v različnih vejah industrije, medicini in naravoslovnotehniških raziskavah. Prisotni so v kmetijstvu, vir radioaktivnosti so tudi še v preteklosti izvajani nadzemni jedrski poskusi in jedrske nesreče. Če želimo torej oceniti vpliv jedrske elektrarne na okolje, moramo poznati in razumeti prenosne poti za vse radionuklide, tako naravne kot antropogene.

V letu 2013 so bili vsaj sporadično 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.

Tritij, radioaktivni izotop vodika, si zasluži posebno pozornost. Je eden od redkih radionuklidov, ki jih elektrarna izpušča 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 element 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. Tritijeva vsebnost v zraku se je na severni hemisferi v času nadzemnih jedrskih poskusov povečala za tri velikostne rede in se dandanes počasi približuje ravni iz predjedske dobe. Ko je že v ozračju, postane sestavni del vodne molekule in se vključuje v globalni vodni krog, ki je bistvenega pomena za življenje na Zemlji.



Padavine so torej 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 kot na referenčnih lokacijah.

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

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 (park 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, 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)* [7] 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

Tabele z merskimi rezultati so na priloženi zgoščenki v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2013*, IJS-DP-11549, marec 2014. Rezultati meritev vzorcev padavin in suhih usedov so prikazani v tabelah T-37 (Padavine – Brege), T-38 (Padavine – Krško), T-39 (Padavine – Dobova), T-40 (Padavine – Ljubljana), T-42/1 (Vazelinske plošče – širša okolica NEK), T-42/2 (Vazelinske plošče – vzorčevalno mesto 6), T-42/3 (Vazelinske plošče – ožja okolica NEK) in T-42/4 (Vazelinske plošče – Ljubljana). Vse meritve je opravil IJS.

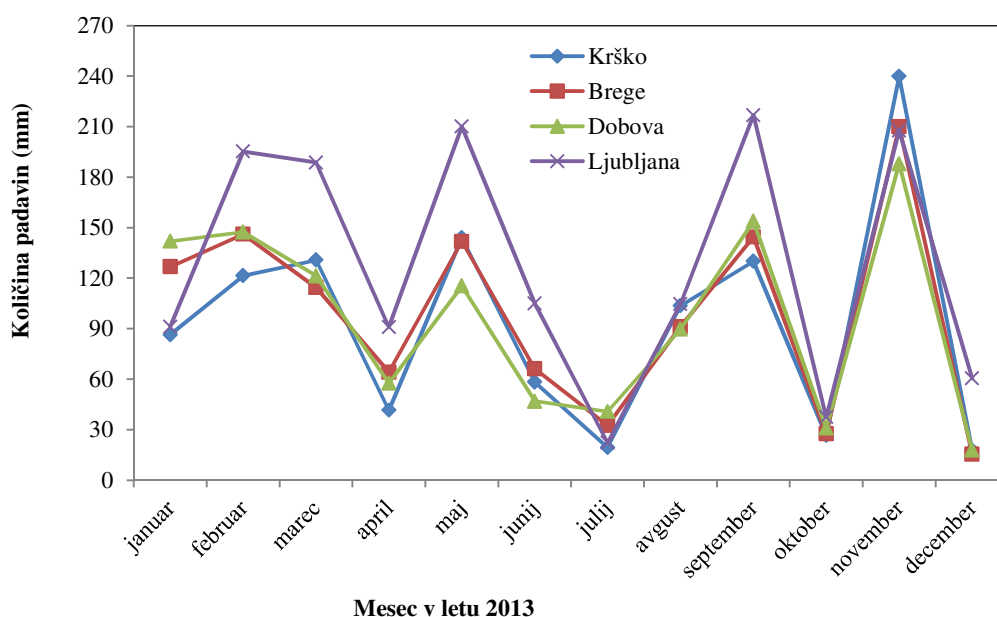


Letna količina padavin je bila v letu 2013 nekoliko večja od tridesetletnega povprečja; za 13 % v Ljubljani in 8 % v Krškem. Največ padavin je padlo v Ljubljani (1 531 mm). V Krškem, Bregah in Dobovi je padlo v povprečju 1 152 mm dežja. Razlika med količinami padavin v različnih krajih je kvečjemu okrog 6 %, kar je primerljivo s prejšnjimi leti. Mesečne količine padavin v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani so prikazane na sliki 4.1. Nasprotno od leta 2012 v letu 2013 ni bilo izrazito mokrega letnega časa; meseci z večjo količino dežja (februar, maj, spetember, november) so se izmenjevali s sušnimi meseci (april, julij, oktober, december).

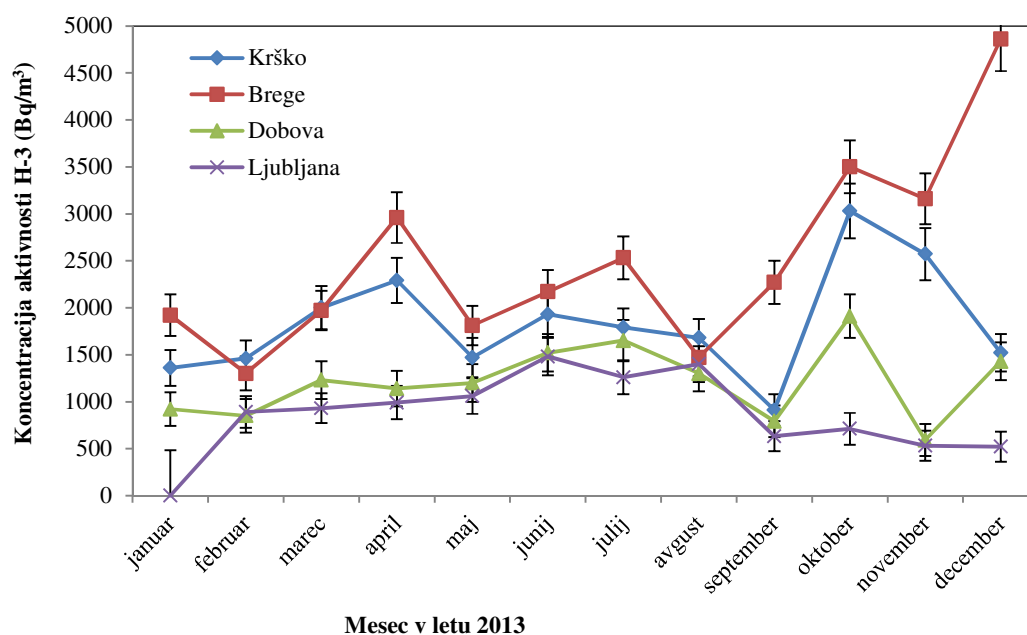
V vzorcih padavin je bilo ugotovljenih 10 radionuklidov: H-3, Be-7, K-40, Cs-137, Sr-90 ter potomci uranove in torijeve razpadne vrste. Analiza Y-90 ni bila opravljena, zato so v merskih tabelah podane specifične aktivnosti Sr-89/Sr-90. Teoretično bi bilo torej mogoče, da bi bil v vzorcu tudi Sr-89, praktično pa ne, saj kratkoživi Sr-89 v izpustih NEK v letu 2013 in tudi v prejšnjih letih ni bil zaznan, Sr-89 iz černobilskega reaktorja pa je že zdavnaj razpadel.

V tabeli 4.1 so zbrani podatki o najvišjih izmerjenih koncentracijah aktivnostih ter povprečne letne 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, kar je najverjetneje posledica resuspenzije prašnih delcev s tal. Koncentracije aktivnosti stroncija v ljubljanskih vzorcih padavin v skladu s predpisanim programom nadzora radioaktivnosti v R Sloveniji niso bile določene.

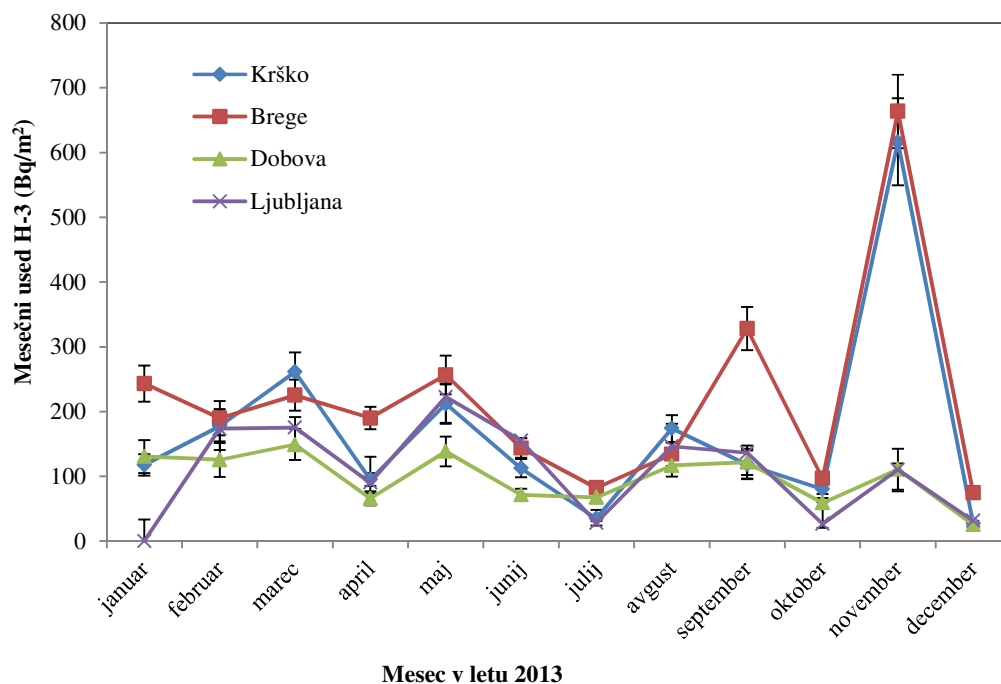
Koncentracije aktivnosti tritija v padavinskih vzorcih so prikazane na sliki 4.2 in so se v letu 2013 gibale med najnižjo izmerjeno vrednostjo < 400 Bq/kg v Ljubljani in navišjo vrednostjo 4 860 Bq/m³ v Bregah, kar je 86 % več kot lanska najvišja specifična aktivnost. Povprečna letna koncentracija aktivnosti za leto 2013 je bila na splošno višja kot v letu 2012; najnižja v Ljubljani, najvišja pa v Bregah. Razmerje med najvišjo in najnižjo vrednostjo je podobnega reda velikosti za vse štiri lokacije in je med 3 in 3,7, najvišja vrednost pripada Bregam. Najvišja decembrska vrednost v Bregah se ne sklada z največjim izpustom iz NEK, ki je bil oktobra (slika 4.1). Padavinski minimumi se ujemajo z maksimalnimi koncentracijami aktivnosti tritija v Bregah, drugje pa ne. Poteka koncentracij aktivnosti tritija v Ljubljani in Dobovi sta si v splošnem zelo podobna, izjema so trije meseci, ko na vseh lokacijah v okolici NEK opazimo porast.



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



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



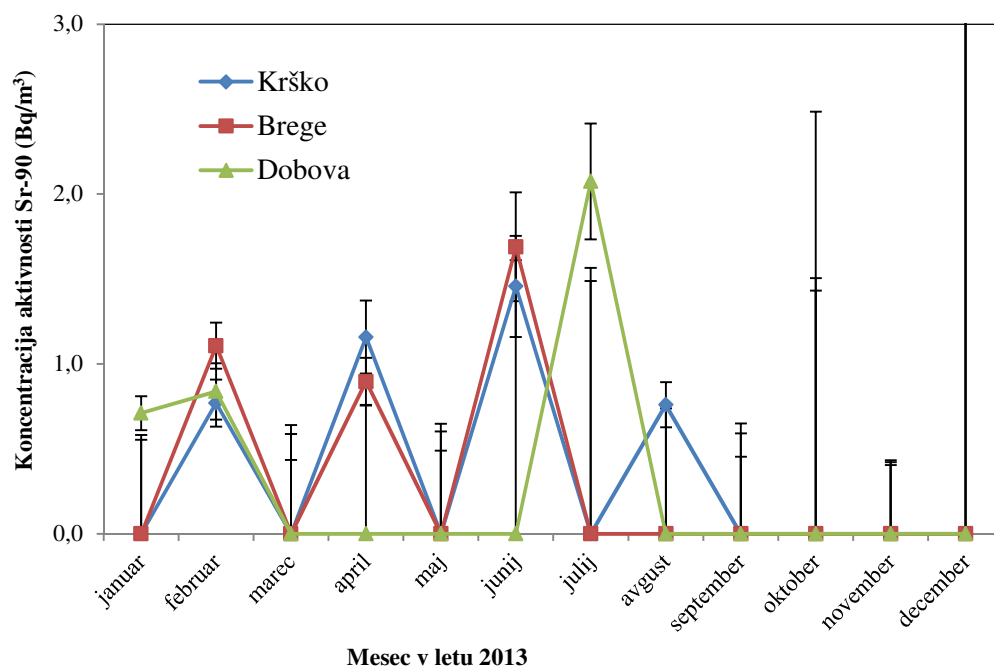
Slika 4.3: Mesečni padavinski used tritija v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani

Mesečne padavinske usede, aktivnosti padavin na kvadratni meter površine izračunamo z množenjem specifičnih aktivnosti in količin padavin. Na sliki 4.3 so predstavljeni mesečni padavinski usedi H-3 za vsa štiri vzorčevalna mesta. Najvišje vrednosti so bile izmerjene v Bregah. Izrazit maksimum na lokacijah Krško in Brege v novembru je za faktor 2 višji od lanskega septembrskega vrha. Potek je podoben za Dobovo in Ljubljano, čeprav je bilo padavin v Ljubljani občutno več (32 %).

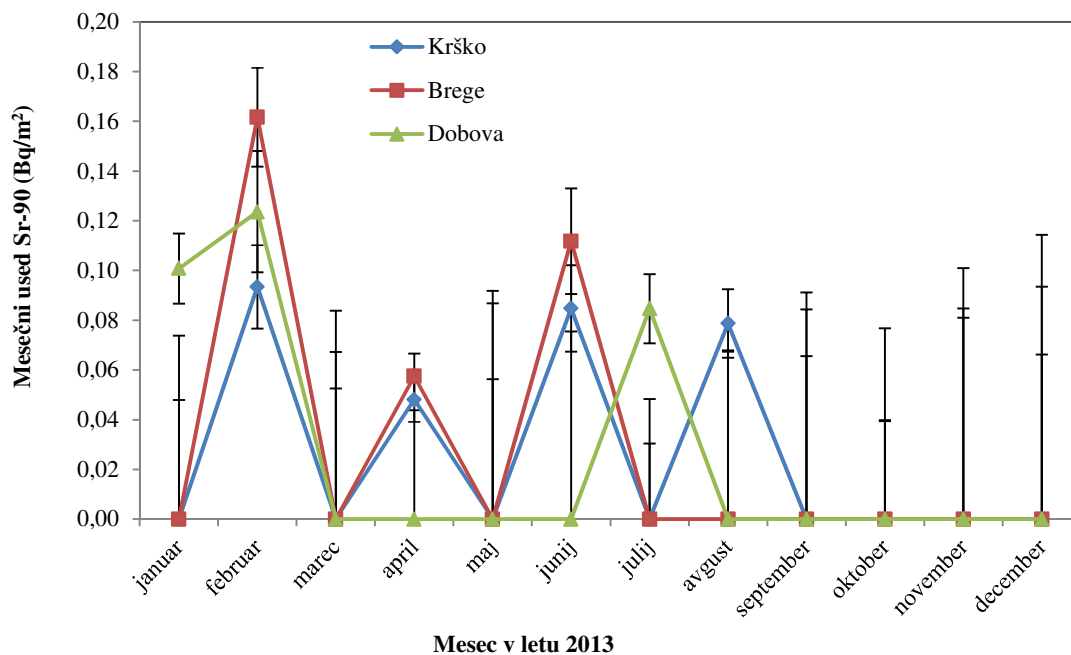


Tabela 4.1: Letne povprečne in najvišje izmerjene mesečne koncentracije aktivnosti za H-3, Sr-90, Cs-137, Be-7, K-40 in Pb-210 v vzorcih padavin v Bregah, Krškem, Dobovi in Ljubljani v letu 2013. V oklepaju je letna količina padavin.

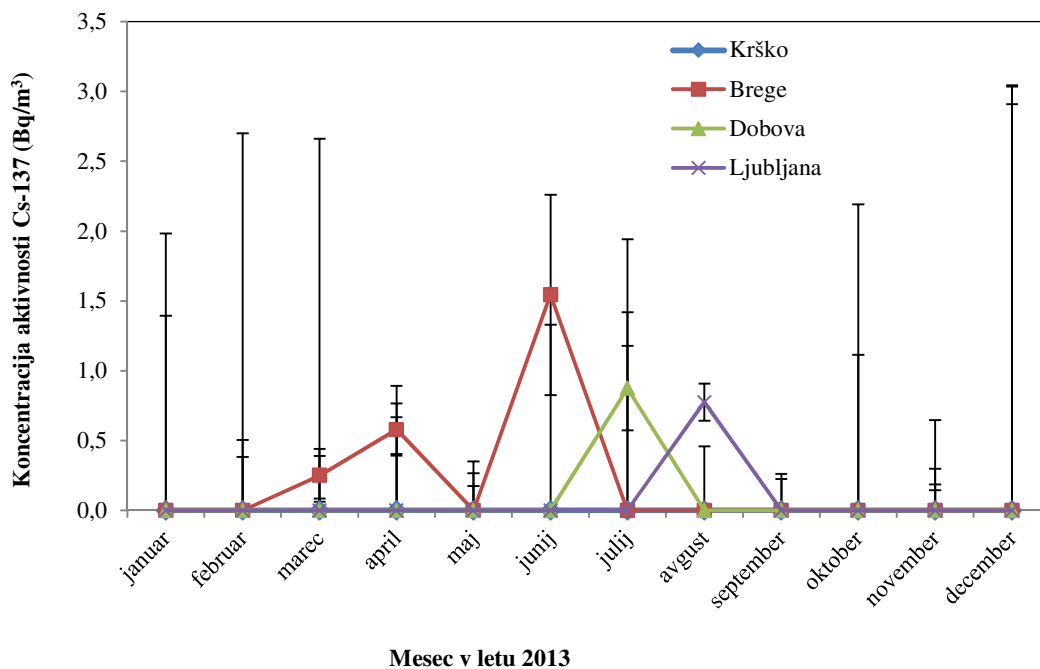
Radionuklid v padavinah	BREGE (1 180 mm)			KRŠKO (1 120 mm)		
	Povprečna koncentracija aktivnosti (Bq/m ³)	Najvišja koncentracija aktivnosti (Bq/m ³)	Mesec z najvišjo koncentracijo aktivnostjo	Povprečna koncentracija aktivnosti (Bq/m ³)	Najvišja koncentracija aktivnosti (Bq/m ³)	Mesec z najvišjo koncentracijo aktivnostjo
H-3	2,5E+03 ± 3E+02	4,9E+03±3,4E+02	december	1,8E+03 ± 2E+02	3,0E+03±2,9E+02	oktober
Sr-90	3,1E-01 ±3E-01	1,7E+00± 3,2E-01	junij	3,5E-01 ± 3E-01	1,5E+00 ±3E-01	junij
Cs-137	2,0E-01 ± 2E-01	1,5E+00±7,2E-01	junij	< 2E-01	< 2,9E+01	december
Be-7	3,5E+02 ± 6E+02	8,2E+02± 4E+01	februar	4,3E+02 ± 5E+01	7,1E+02±4E+01	februar
K-40	8,2E+00 ± 6E+00	2,9E+01±2E+01	julij	1,5E+01 ± 4E+00	4,5E+01±2E+01	julij
Pb-210	9,1E+01 ± 2E+01	3,1E+02±5E+01	december	8,8E+01 ± 1E+01	1,4E+02±1E+01	julij
	DOBOVA (1 152 mm)			LJUBLJANA (1 531 mm)		
	Povprečna koncentracija aktivnosti (Bq/m ³)	Najvišja koncentracija aktivnosti (Bq/m ³)	Mesec z najvišjo koncentracijo aktivnostjo	Povprečna koncentracija aktivnosti (Bq/m ³)	Najvišja koncentracija aktivnosti (Bq/m ³)	Mesec z najvišjo koncentracijo aktivnostjo
H-3	1,2E+03 ± 1E+02	1,9E+03±2,3E+02	oktober	8,7E+02 ± 1E+02	1,48E+03 ± 2,0E+02	junij
Sr-90	3,0E-01 ± 4E-01	2,1E+00 ±3,4E-01	julij	–	–	–
Cs-137	7,3E-02 ± 2E-01	8,8E-01 ±3E-01	julij	6,5E-02 ± 6E-01	7,8E-01 ±1,3E-01	avgust
Be-7	7,8E+02 ± 8E+01	1,2E+03±6E+01	oktober	7,1E+02 ± 3E+02	8,2E+02±4E+01	avgust
K-40	9,2E+00 ± 4E+00	3,8E+01±2E+01	december	1,7E+1 ± 9E+00	1,2E+02±3E+01	julij
Pb-210	1,3E+02 ± 2E+01	3,4E+02±3E+01	julij	3,4E+02±3E+02	3,2E+03±3E+02	julij



Slika 4.4: Mesečne koncentracije aktivnosti stroncija v padavinah v okolici NEK. V ljubljanskih vzorcih se stroncij ne določa. Negotovosti za decembrske vrednosti so med 4 in 6 Bq/m³.



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 2013 v padavinah v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani

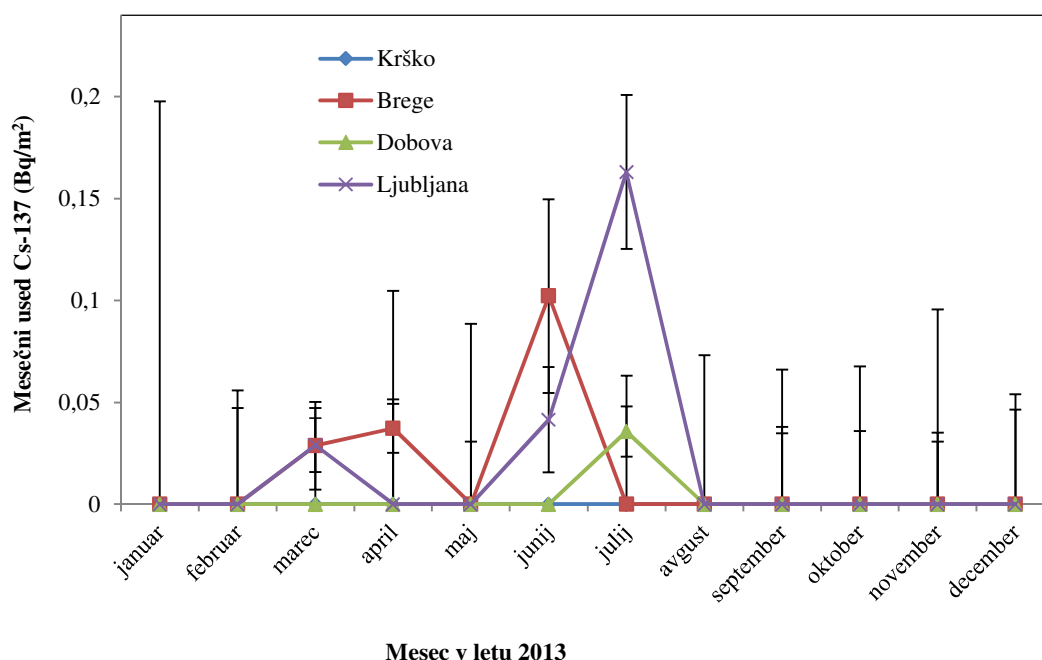


Slika 4.4 prikazuje koncentracije aktivnosti stroncija v padavinah. Tako povprečne kot najvišje vrednosti so nižje kot v lanskem letu; najvišja koncentracija aktivnosti je bila ugotovljena v vzorcu iz Dobove, kar je enako kot v letu 2012. Delež vzorcev, za katere so bile izmerjene vrednosti pod mejo kvantifikacije, je v letu 2013 še večje kot v 2012 – takih rezultatov je skoraj 70 %. Dobova kaže nekoliko drugačen potek kot Krško in Brege.

Na sliki 4.5 so predstavljeni padavinski usedi stroncija Sr-90. Razlika med povprečno letno vrednostjo za Krško z najnižjo in Bregami z najvišjo vrednostjo je samo 8 %.

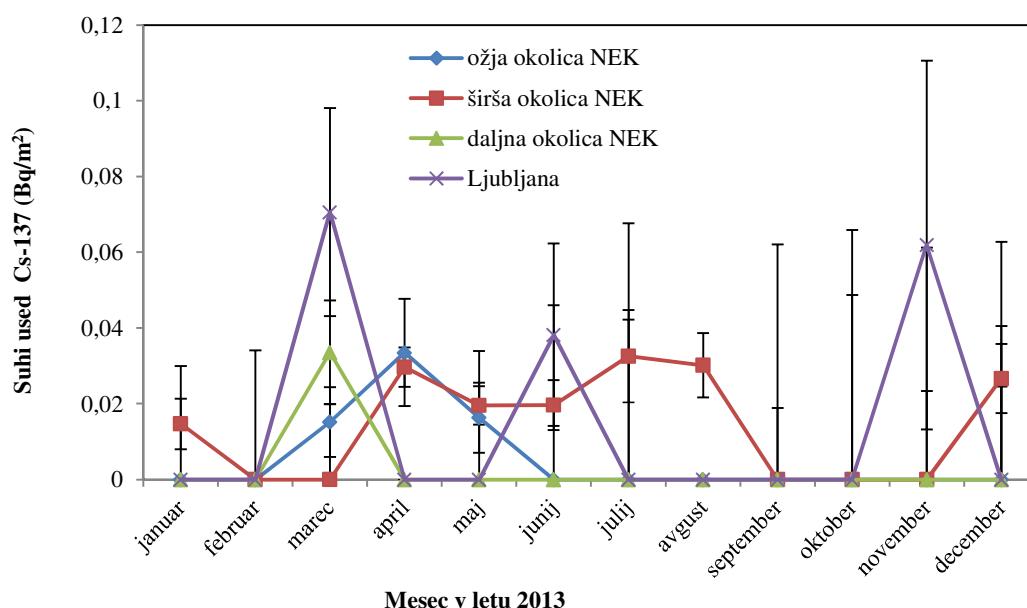
Mesečne koncentracije aktivnosti Cs-137 v padavinah v Krškem, Bregah, Dobovi in v Ljubljani so prikazane na sliki 4.6. Za samo 5 vzorcev oziroma 10 % so bile izmerjene vrednosti nad mejo detekcije. Najvišja vrednost je ugotovljena za junijski vzorec v Bregah in je skoraj šestkrat nižja od lanske maksimalne vrednosti v marcu.

Najvišje vrednosti padavinskega useda za Cs-137 (slika 4.7) so bile izmerjene poleti: v Ljubljani in Dobovi julija, v Bregah pa junija.



Slika 4.7: Padavinski used Cs-137 v letu 2013 v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani

V vzorcih suhega useda so bili v letu 2013 Be-7, K-40, Cs-137 in potomci uranove in torijeve razpadne vrste, skupaj 8 radionuklidov. Th-230 je bil ugovoljen le na eni lokaciji v širši okolici NEK. Različni radionuklidi so zelo različno zastopani, z velikostnimi redi od Cs-137 s povprečjem $(0,55 \pm 0,36) \text{ Bq/m}^2$ do Be-7 s povprečjem $(1\,346 \pm 158) \text{ Bq/m}^2$. Vrednosti za posamezne radionuklide na različnih lokacijah v okolici NEK in v Ljubljani so v splošnem primerljive; vrednosti ζ -preskusa so manjše od 1,64 za pet radionuklidov, in sicer za U-238, Ra-226, Ra-228, K-40 in Cs-137. ζ -preskus je statistično orodje za primerjavo dveh vrednosti. Pri izračunu se upoštevata tudi obe negotovosti. Zelo pogosto se uporablja pri vrednotenju rezultatov medlaboratorijskih primerjav. Pri najostrejšem merilu sprejemmo obravnavani vrednosti za enaki, če je vrednost ζ -preskusa manjša ali enaka 1,64 (glej poglavje "Tabele rezultatov primerjalnih meritev" v *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2013*, IJS-DP-11549, marec 2014). Za tri radionuklide (Pb-210, Th-228 in Be-7) so vrednosti ζ -preskusa pri primerjavi maksimalne in minimalne vrednosti useda večje od 1,64. V vseh treh primerih sta tako največja kot najmanjša vrednost ugotovljeni v Ljubljani oziroma širši ali daljni okolici NEK. Pri nobenem od radionuklidov ni opaziti odvisnosti vrednosti od razdalje od NEK.



Slika 4.8: Mesečni suhi used Cs-137 v Ljubljani, v širši in ožji okolici NEK ter na vzorčevalnem mestu, ki je najdlje od NEK

Mesečni suhi usedi Cs-137 v Ljubljani in okolici NEK so prikazani na sliki 4.8. Največji used je bil izmerjen marca v Ljubljani. Največkrat, in sicer sedemkrat, je bil Cs-137 v suhem usedu ugotovljen v širši okolici NEK. Tudi najvišje vrednosti so nizke, približno $0,07 \text{ Bq/m}^2$, negotovosti so istega velikostnega reda. Vrednosti so nižje kot leta 2011, ko je bil zaznan tudi Cs-137 iz Fukušime.

DISKUSIJA

Leto 2013 je bilo glede na letne količine padavin sorazmerno mokro. Količina letnih padavin v Ljubljani je bila za 13 % višja od tridesetletnega povprečja [41]. Tri lokacije v okolici NEK imajo zelo podoben padavinski režim. Padavinski režimi v Ljubljani in v okolici NEK so imeli v letu 2013 štiri lokalne maksimume: maja, septembra in novembra ter širši vrh med januarjem in marcem.

Tudi za leto 2013 smo uporabili korelacijski koeficient R^2 za študij povezav med različnimi pari parametrov (na primer koncentracija aktivnosti, used, čas vzorčevanja, ljičina padavin). Uporabili smo enačbo:

$$R_{x,y}^2 = \left(\frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}} \right)^2 \quad (4)$$

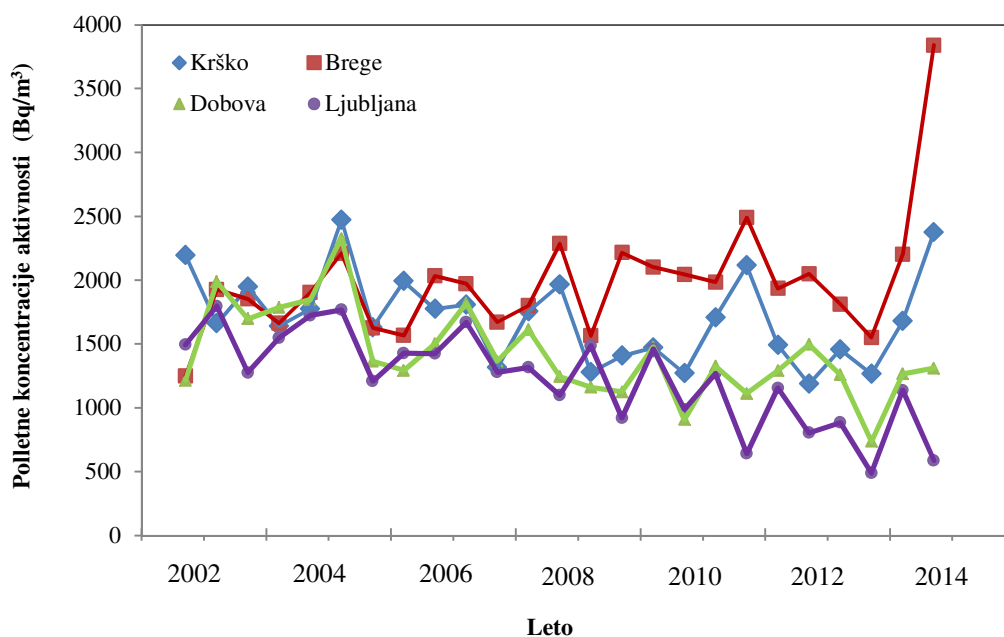
Vrednost blizu 1 pomeni, da je korelacija zelo dobra, medtem ko vrednost 0 pomeni, da korelacije oziroma linearne povezave med nizoma podatkov ni.

Najboljše ujemanje padavinskega useda za H-3 in količin padavin je v pomladansko-poletnem obdobju; najvišji korelacijski koeficient je v Dobovi, najnižji v Bregah (tabela 4.2). Najnižje polletno ujemanje je v Bregah za jesensko-zimsko obdobje. Pri linearni aproksimaciji opazimo, da je v primeru Breg in Krškega smerni koeficient premice večji poleti kot pozimi, medtem ko je pri Ljubljani in Dobovi ravno obratno.

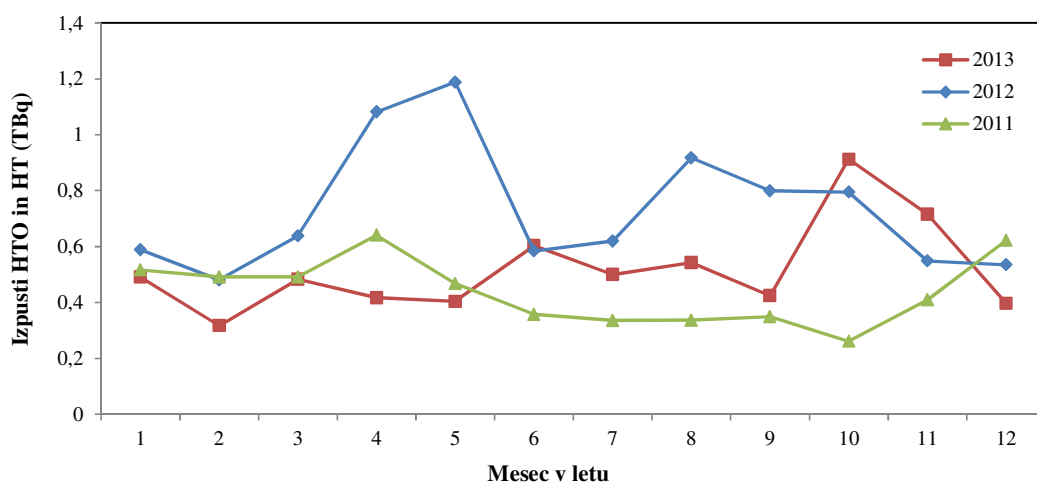

Tabela 4.2: Korelacijski koeficienti R^2 za tritij med količino padavin in padavinskim usedom

R^2	KRŠKO	BREGE	DOBOVA	LJUBLJANA
Celo leto	0,82	0,74	0,68	0,60
pomlad-poletje	0,92	0,77	0,97	0,87
jesen-zima	0,83	0,75	0,83	0,77

Precejšnja sezonska variabilnost tritija zaradi njegovega nastajanja v zgornjih plasteh atmosfere se izraža tudi v vrednostih za tritij v padavinah, kar je razvidno tudi s slike 4.9. Težnja padanja koncentracij aktivnosti H-3 se nadaljuje, kar se lepo vidi 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 usmeritev so primerljivi z rezultati za Dunaj in druga bližnja mesta [42]. Medtem ko Dobova na daljši rok dokaj dobro sledi referenčnim vrednostim, v Krškem in Bregah opazimo nepravilen vzorec oziroma celo obratno usmeritev v zadnjem letu. Največje povišanje opazimo v Bregah. Seveda pa je treba upoštevati, da je vrednost za jesensko-zimsko obdobje 2013/14 zaenkrat izračunana le kot povprečje treh mesecev od oktobra do decembra.



Slika 4.9: Polletne sezonske povprečne koncentracija aktivnosti H-3 za zadnjih 12 let (april–september; oktober–marec). Zadnja točka je le povprečje treh mesecev (oktober–december), ker podatkov za obdobje (januar–marec) še ni.

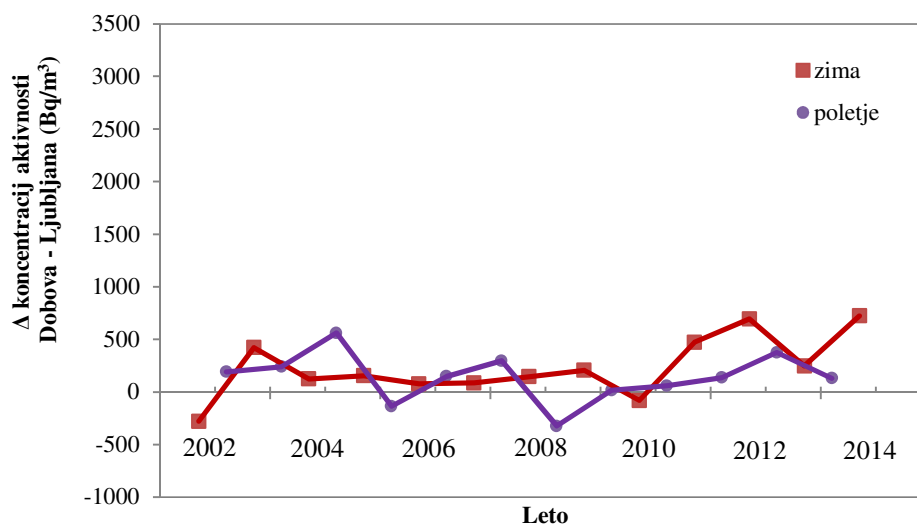


Slika 4.10: Mesečni atmosferski izpusti tritija iz NEK v treh zaporednih letih

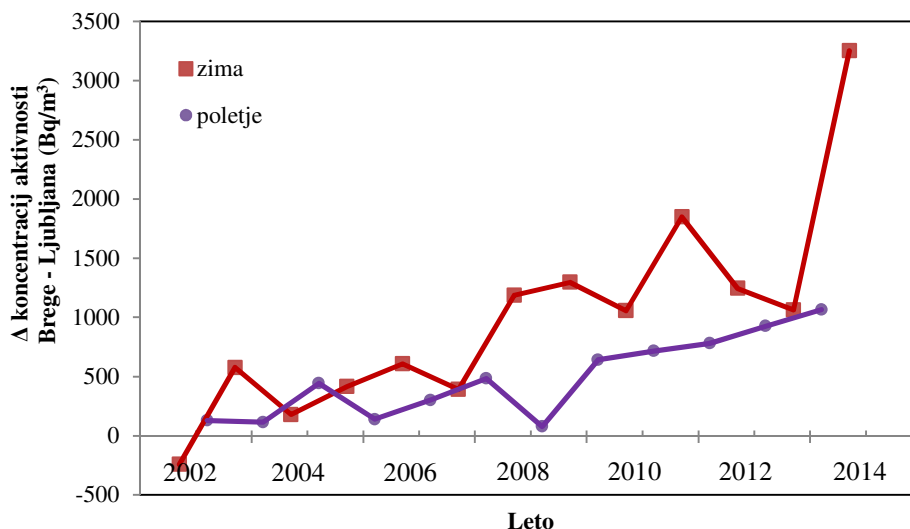
Edini v okolju merljivi izpust iz NEK, ki ga lahko primerjamo z radionuklidi, ki jih določamo tudi v usedih, je tritij v obliki HTO, HT in CHT. Na sliki 4.10 so prikazani izpusti za leta 2011, 2012 in 2013. V letu 2011, ko so mesečni izpusti relativno izenačeni, v NEK ni bilo izpusta, v letu 2012 so ga izvedli v aprilu in maju, v 2013 pa septembra in oktobra. V teh mesecih so izpusti občutno večji kot v drugih mesecih. V letu 2011 je bil celoletni izpust tritija v zrak 5,3 TBq, v 2012 8,77 TBq, v 2013 pa 6,21 TBq. V letu 2013 je bil povprečni letni izpust nižji kot v letu 2012.

Korelacija med izpusti H-3 in okoljskimi vrednostmi ni vsako leto enaka; medtem ko je bila na primer v letu 2012 izrazita za zimsko-jesensko obdobje za vsa tri vzorčevalna mesta s korelacijskimi faktorji med 0,80 in 0,90, za 2013 tega ne opazimo za celotno šestmesečno obdobje. Direktne mesečne korelacije so torej močno odvisne od padavinskega režima oziroma časovne odvisnosti izpustov in padavin.

Sliki 4.11 in 4.12 prikazujeta razlike polletnih koncentracij aktivnosti med Dobovo in Ljubljano (slika 4.11) ter Bregami in Ljubljano (slika 4.12). V Bregah opazimo naraščajočo usmeritev, v Dobovi pa se tako vedenje nakazuje v zadnjem obdobju predvsem v zimskem času.

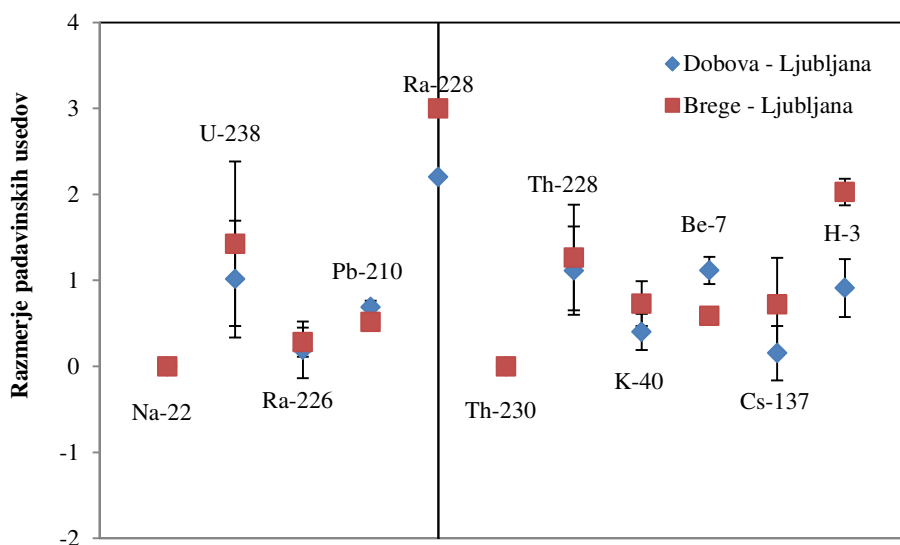


Slika 4.11: Časovni potek polletnih koncentracij aktivnosti tritija v Dobovi, od katerih smo odšeli vrednosti na referenčni lokaciji v Ljubljani, normirane na količino padavin v Dobovi.

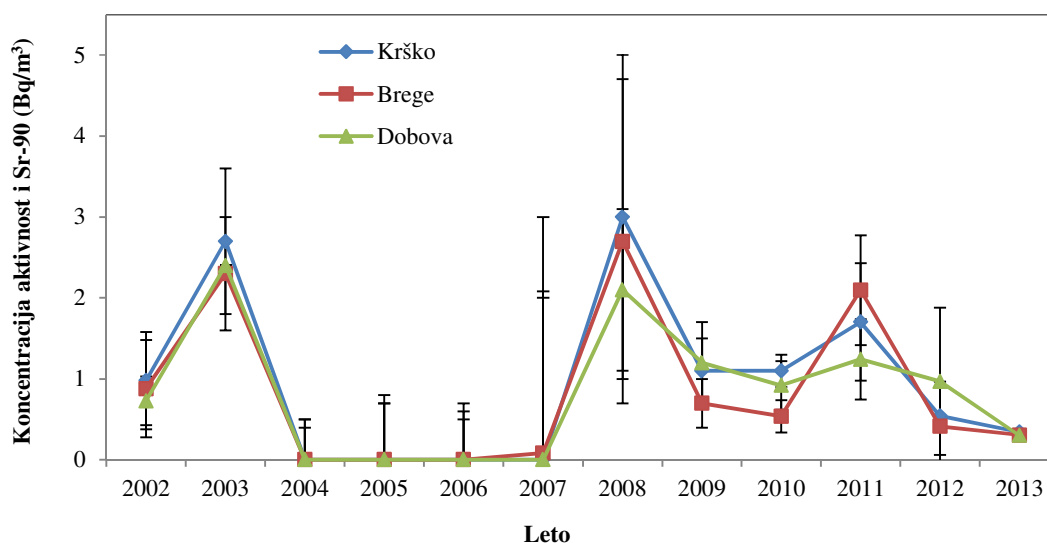


Slika 4.12: Časovni potek razlik polletnih koncentracij aktivnosti med Bregami in Ljubljano. Od izmerjenih koncentracij aktivnosti smo odšeli normirane vrednosti na referenčni lokaciji Ljubljana.

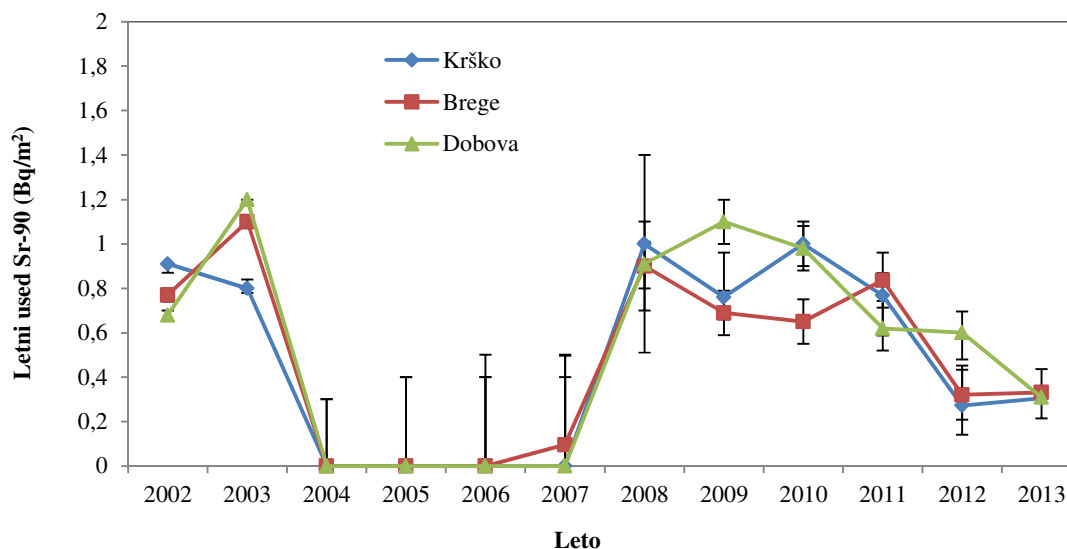
Medtem ko je tritij praktično edini radionuklid, ki ga v okolici NEK lahko deloma pripišemo izpustom jedrske elektrarne, obenem pa na globalni ravni (še) nimamo (ponovnih) stabilnih naravnih vrednosti, je stanje pri drugih radionuklidih nekoliko drugačno. V splošnem lahko rečemo, da je stanje v Ljubljani in v okolici NEK precej podobno: razmerja med radionuklidi so v splošnem nekoliko višja v Bregah kot v Dobovi, vendar večinoma okrog ena ali manj (slika 4.13), 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. Naslednje največje razmerje je izračunano za H-3 v Bregah.



Slika 4.13: Razmerja letnih padavinskih usedov na merilnih mestih v okolici NEK (Dobova, Brege) in ljubljanske vrednosti letnega padavinskega useda. Pri Ra-228 so negotovosti velike, razmerje Dobova / Ljubljana je $(2,2 \pm 4,6)$, Brege / Ljubljana pa $(3,0 \pm 6,0)$.



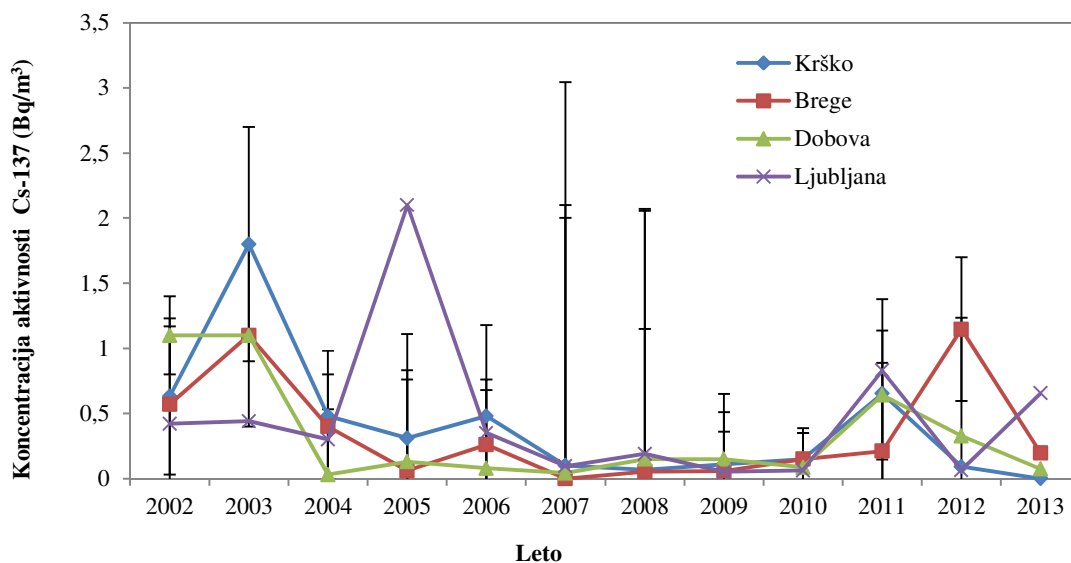
Slika 4.14: Letne povprečne koncentracije aktivnosti Sr-90 za 12 let



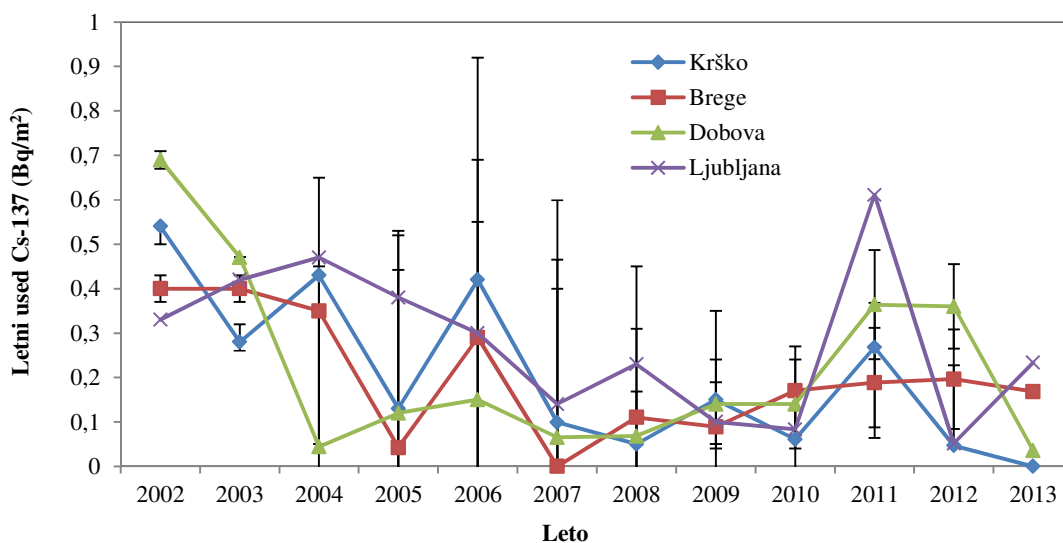
Slika 4.15: Letni padavinski used Sr-90 za zadnjih 12 let

Slika 4.14 prikazuje letne povprečne koncentracije aktivnosti Sr-90 na vseh treh lokacijah v okolici NEK, slika 4.15 pa letne padavinske usede za obdobje med 2002 in 2013. Krivulje za posamezne lokacije so si med seboj zelo podobne, vrednosti pa zelo nizke, vedno nižje od 3 Bq/m^3 . V letu 2013 se je tudi koncentracija aktivnosti v Dobovi znižala na raven v Krškem in Bregah. Nasploh velikih odmikov v zadnjih dvanajstih letih ni bilo; pri večjih povprečnih koncentracijah aktivnosti 2003 in 2008 so bile tudi negotovosti oziroma raztrosi mesečnih vrednosti tako veliki, da ne moremo govoriti o statistično pomembnih razlikah.

Na slikah 4.16 in 4.17 sta prikazana večletna poteka letnih koncentracij aktivnosti in padavinskih usedov za Cs-137. Na vseh lokacijah v okolici NEK se je koncentracija oziroma vrednost useda v 2013 znižala, v Ljubljani pa se je nekoliko zvišala.



Slika 4.16: Letne povprečne koncentracije aktivnosti Cs-137 v padavinah za zadnjih 12 let



Slika 4.17: Letni padavinski used Cs-137 za zadnjih 12 let

OCENA VPLIVOV

Oceno vplivov radioaktivnega useda ovrednotimo z zunanjo in ingestijsko dozo. Efektivne zunanje doze ocenimo s produktom letnega useda in doznega faktorja [7] za posamezen radionuklid ob predpostavki štiriurnega zadrževanja na prostem. V tabeli 4.3 so povzete sumarne vrednosti zunanjih doz. K dozi največ prispeva kozmogeni Be-7, ki se s padavinami izpira iz ozračja, in sicer okrog 80 %. Največja razlika med Ljubljano in okolico NEK je pri Cs-137; razmerje doz je kar 3,44.


Tabela 4.3: Zunanje doze zaradi letnega useda v letu 2013 ob predpostavki zadrževanja na prostem 4 ure na dan

Starostna skupina	Radionuklidi	Okolica NEK	Ljubljana
		doza (μSv)	doza (μSv)
ODRASLI OTROCI DOJENČKI	UMETNI	0,000 1 \pm 0,000 1	0,000 35 \pm 0,000 2
	VSI	0,073 \pm 0,001	0,094 \pm 0,003

Zunanja doza za umetne radionuklide v okolici NEK je bila v letu 2013 manjša kot v letu 2012 za približno faktor 3, v Ljubljani pa večja za faktor 4,5. Skupna doza za vse radionuklide v letu 2013 se v okolici NEK statistično ne razlikuje od vrednosti v letu 2012; ζ -preskus je samo v primeru Ljubljane večji od 1,64, vrednosti se razlikujeta za 14 %. Iz tabele 4.3 je razvidno, da je zunanja doza tako za umetne kot naravne radionuklide višja v Ljubljani. Zunanja doza zaradi umetnih radionuklidov prispeva v okolici NEK 0,14 %, v Ljubljani pa 0,38 % k celotni zunanji dozi. Umetni radionuklidi so torej pri računanju zunanjih doz v letu 2013 zanemarljivi.

Pri izračunu ingestivskih doz smo upoštevali iste parametre in količine zaužitega rastlinja kot v prejšnjih poročilih [43]. Rezultati ocenjenih ingestivskih doz zaradi usedov radionuklidov na rastlinje so zbrani v tabeli 4.4, iz katere je razvidno, da sta dozi za umetne radionuklide, ki ju odrasli in otroci v okolici NEK prejmejo zaradi uživanja rastlinske hrane, od 1,7- do 2,3-krat višji od vrednosti za odrasle in otroke v Ljubljani; faktorja sta manjša kot pri primerjavi vrednosti za leti 2012 in 2011. V primerjavi z letom 2012 so vrednosti ingestivske doze za umetne radionuklide za vse kategorije prebivalcev nekoliko višje; v okolici NEK so statistično primerljive z vrednostmi v 2012, medtem ko so v Ljubljani za 50 % do 60 % višje. Največji delež k dozi zaradi umetnih radionuklidov tako v okolici NEK kot v Ljubljani prispeva tritij; v okolici NEK 70 %, v Ljubljani pa 93 %. Delež, ki ga prispevajo umetni nuklidi, je zanemarljiv v primerjavi s prispevkom naravnih radionuklidov, in to na vseh lokacijah. K ingestivski dozi tako največ prispeva naravni Pb-210; v okolici NEK 98 %, v Ljubljani pa 99 %.

Tabela 4.4: Ingestivske doze zaradi letnega useda v letu 2013 za odrasle, otroke in dojenčke

Starostna skupina	Masa zaužitega rastlinja (kg)	Radionuklidi	Okolica NEK	Ljubljana
			doza (μSv)	doza (μSv)
ODRASLI	25	UMETNI	0,017 \pm 0,003	0,010 \pm 0,000 9
		VSI	26 \pm 3	47 \pm 2
OTROCI	15	UMETNI	0,015 \pm 0,003	0,007 5 \pm 0,000 6
		VSI	44 \pm 5	77 \pm 4
DOJENČKI	2,5	UMETNI	0,046 \pm 0,008	0,020 \pm 0,001
		VSI	200 \pm 20	340 \pm 20



Skupna ingestijska doza dosega v letu 2013 okoli 87 % vrednosti iz leta 2012 za lokacije v okolici NEK in jo za 58 % presega za Ljubljance. 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.

V skupni letni efektivni dozi, ki je vsota zunanje in ingestijske doze, je zunanja doza zanemarljiva.

SKLEPI

V poročilu NEK-a je med zračnimi izpusti navedenih 23 radionuklidov. Za pet (I-131, I-133, C-14, Xe-133, Xe-135m) so bile izpuščene aktivnosti večje kot v 2012, za 2 manjše (H-3, Fe-55), za druge pa približno enake vrednosti. Količine izpustov večine radionuklidov so tako majhne, da jih tudi na najbližjih opazovalnih lokacijah ne zaznavamo in so vedno pod mejami detekcije. V usedih so bili v letu 2013 izmerjeni H-3, Cs-137, Sr-90, Be-7, K-40 in naravni radionuklidi uranove in torijeve verige. C-14 se v usedih ne določa.

Z izpusti jedrske elektrarne so korelirane le meritve H-3. Usmeritev globalnega upadanja specifične aktivnosti tritija v ozračju je v okolici NEK zabrisan, sezonska nihanja so opazna. Tritij sicer po obče uporabljani metodologiji praktično ne vpliva k dozni obremenitvi.

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 dimniku 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 2013 enake kot prejšnja leta. Iz meritev ocenjene letne efektivne doze prebivalcev zaradi inhalacije in imerzije umetnih radionuklidov, ki so posledica izpustov iz NEK, so zanemarljive – 0,75 nSv – in več velikostnih redov nižje od letne efektivne doze, ki jo zaradi inhalacije povzročajo naravni radionuklidi – 44 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 efektivna doza zaradi ingestije C-14 je 0,05 μ Sv.

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) [6] 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 (1,8 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 odvzemajo 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 2013 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 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 meritev v Ljubljani (program 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 mikrovlaknen 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 (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 letu 2013 je bil v NEK remont med 1. 10. in 19. 11. 2013. Navadno so izpusti med remontom večji kot med rednim obratovanjem, to predvsem velja za izpuste joda in žlahtnih plinov. Tabele z merskimi rezultati so na priloženi zgoščenci v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2013*, IJS-DP-11549, marec 2014.

Rezultati meritev I-131 (tabela T-43 (IJS)) v letu 2013 niso bili nad 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 meritev 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. Podobno velja tudi za 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) [11].

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 [10]. 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 2013

Vzorč.mesto	JARENINSKI VRH*	PREDMEJA*	LJUBLJANA	POVPREČJE KRAJEV V OKOLICI NEK
IZOTOP	A (Bq/m ³)	A (Bq/m ³)	A (Bq/m ³)	A (Bq/m ³)
U-238	1,1E-5 ± 3E-6	1,3E-5 ± 4E-6	1,2E-06 ± 7E-07	7,0E-06 ± 2E-06
Ra-226	3,8E-6 ± 4E-7	5,6E-6 ± 6E-7		< 3E-06
Pb-210	4,2E-4 ± 3E-5	4,0E-4 ± 3E-5	6,8E-04 ± 8E-05	6,7E-04 ± 4E-05
Ra-228	2,2E-6 ± 1E-6	3,2E-6 ± 1E-6	4,1E-07 ± 2E-07	5,1E-06 ± 7E-07
Th-230				7,1E-06 ± 4E-06
Th-228	4,3E-6 ± 8E-7	2,5E-06 ± 2E-6	1,9E-06 ± 2E-07	5,9E-06 ± 6E-07
K-40	2,9E-4 ± 2E-5	3,8E-04 ± 2E-5	< 1E-05	< 2E-06
Be-7	2,9E-3 ± 1E-4	4,0E-03 ± 1E-4	3,3E-03 ± 4E-04	3,4E-03 ± 2E-04
I-131				
Cs-134				
Cs-137	1,3E-6 ± 3E-7	1,9E-06 ± 2E-7	1,8E-06 ± 5E-07	8,6E-07 ± 2E-07
Sr-89/Sr-90	Meritev ni v programu	Meritev ni v programu	Meritev ni v programu	3,1E-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 2013 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 µBq/m³). 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 nizke (0,28–0,49 µBq/m³). V izpustih NEK v letu 2013 so bile vrednosti Sr-89 pod mejo detekcije 0,1 mBq/m³. 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 izmerjenih 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 letna povprečja.

Iz povprečnih 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 [8] in hitrosti dihanja 17 L/min (9 000 m³ na leto) za odraslega posameznika, 10,6 L/min za otroka (5 585 m³ na leto) in 2,0 L/min (1 044 m³ 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.

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 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 izračuna za vsak polurni interval v obravnavanem letu posebej. Časovno povprečenje 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, so bile izračunane povprečne mesečne koncentracije aktivnosti posameznih radionuklidov na posameznih mestih.

Na sliki 5.1 so podane izračunane povprečne letne koncentracije 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:

$$A_{jl} = A_{js} \cdot \Phi_v \cdot N \cdot (\chi/Q)_l \quad (5)$$

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 črnobilske 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.

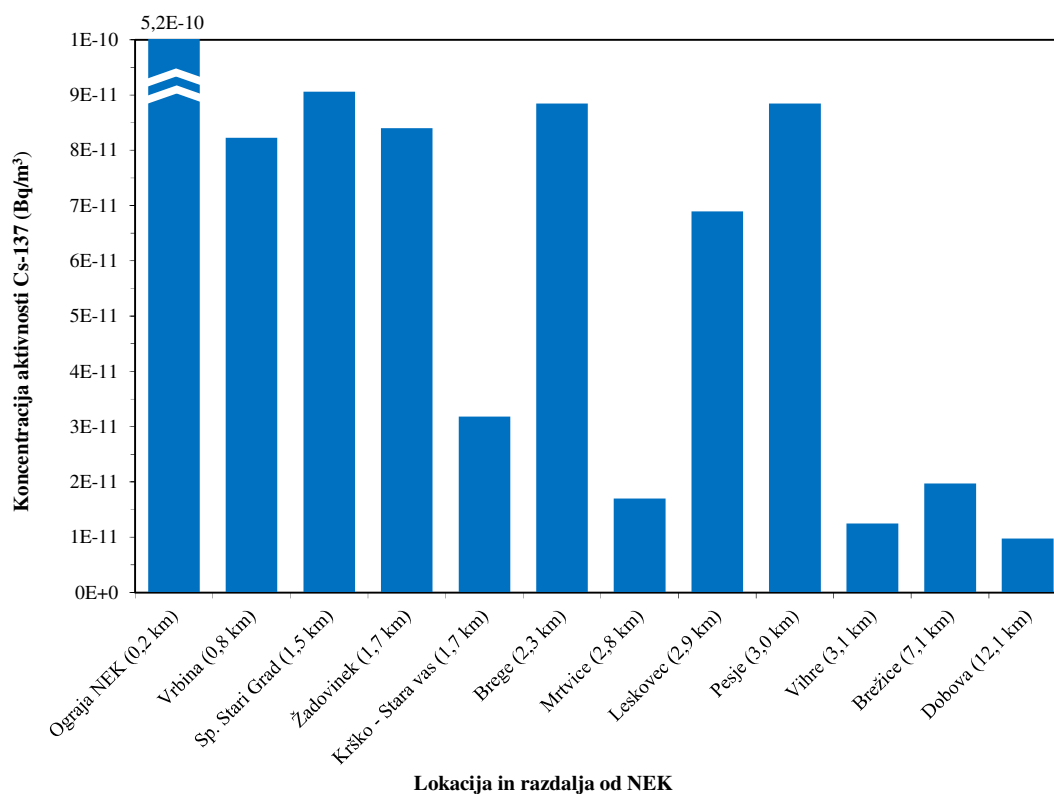
Na sliki 5.2 so predstavljeni povprečni letni razredčitveni koeficienti (χ/Q) v enotah s/m^3 za izpust z višine 60 m za okolico elektrarne. Porazdelitev je narejena na osnovi izračunanih mesečnih koeficientov χ/Q (MEIS).

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.



Tabela 5.2: Povprečni mesečni razredčitveni koeficienti $\lambda Q/(s/m^3)$ v letu 2013 za naselja v okolici NEK, ki jih je pripravilo podjetje MEIS z uporabo Lagrangeevega modela

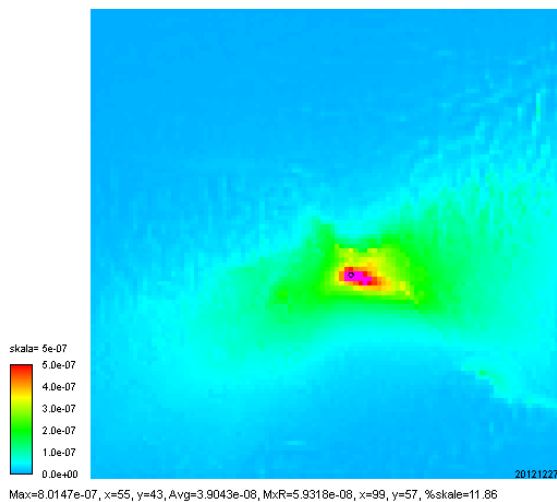
2013	Ograja NEK	Vrbina	Spodnji Stari grad	Žadovinek	Krško - Stara vas	Brege	Mrtvice	Leskovec	Pesje	Vihre	Brežice	Dobova
januar	9,5E-8	6,7E-8	1,1E-7	1,7E-7	4,6E-8	9,8E-8	2,7E-8	2,0E-7	9,8E-8	2,0E-8	1,7E-8	8,1E-9
februar	1,7E-7	1,1E-7	1,9E-7	1,5E-7	8,4E-8	1,3E-7	3,0E-8	1,0E-7	1,3E-7	2,8E-8	5,1E-8	2,7E-8
marec	1,1E-7	9,1E-8	1,0E-7	1,1E-7	4,8E-8	7,6E-8	2,2E-8	1,3E-7	7,6E-8	1,7E-8	1,3E-8	6,8E-9
april	1,8E-7	1,3E-7	1,6E-7	9,8E-8	4,8E-8	1,1E-7	1,1E-8	9,7E-8	1,1E-7	9,7E-9	1,2E-8	1,1E-8
maj	1,5E-7	1,4E-7	1,4E-7	9,5E-8	3,9E-8	1,4E-7	1,3E-8	7,4E-8	1,4E-7	1,3E-8	3,1E-8	1,3E-8
junij	6,0E-7	2,8E-7	1,7E-7	1,3E-7	7,6E-8	1,3E-7	4,4E-8	8,3E-8	1,3E-7	3,3E-8	6,0E-8	3,4E-8
julij	1,4E-6	4,0E-7	1,0E-7	2,6E-7	6,9E-8	8,7E-8	7,8E-8	1,1E-7	8,7E-8	5,9E-8	9,7E-8	6,8E-8
avgust	1,5E-6	4,0E-7	1,1E-7	2,5E-7	6,5E-8	9,5E-8	8,2E-8	1,5E-7	9,5E-8	6,5E-8	1,1E-7	6,7E-8
september	2,2E-7	1,8E-7	1,2E-7	1,5E-7	5,2E-8	1,2E-7	3,7E-8	1,1E-7	1,2E-7	2,7E-8	3,2E-8	1,8E-8
oktober	1,1E-7	8,5E-8	1,3E-7	1,4E-7	3,7E-8	1,3E-7	1,6E-8	9,9E-8	1,3E-7	9,2E-9	2,6E-8	1,3E-8
november	1,1E-7	7,3E-8	9,9E-8	1,1E-7	3,6E-8	8,6E-8	3,0E-8	1,1E-7	8,6E-8	1,9E-8	1,8E-8	6,9E-9
december	6,5E-8	6,4E-8	1,0E-7	5,9E-8	5,1E-8	1,0E-7	2,1E-8	7,2E-8	1,0E-7	1,8E-8	1,4E-8	8,8E-9



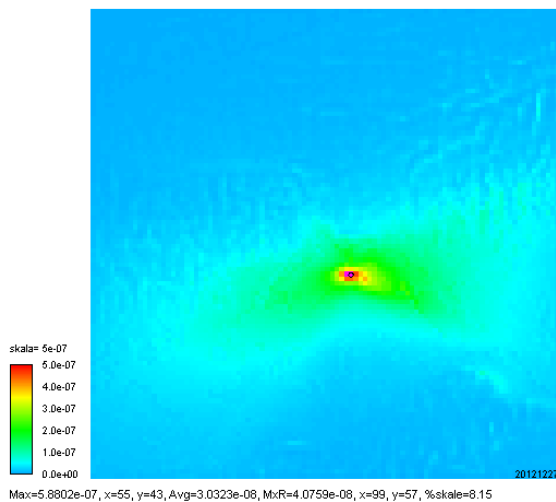
Slika 5.1: Primerjava izračunanih letnih povprečnih specifičnih aktivnosti Cs-137 v različno oddaljenih naseljih



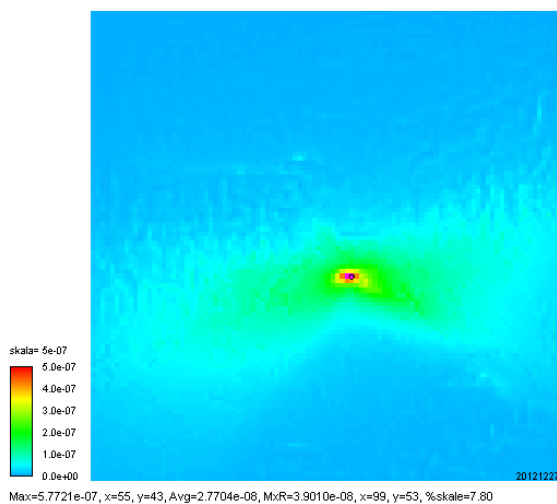
01-01-08, 00:00, NEK LGM, Letni, X/Q, Povp.



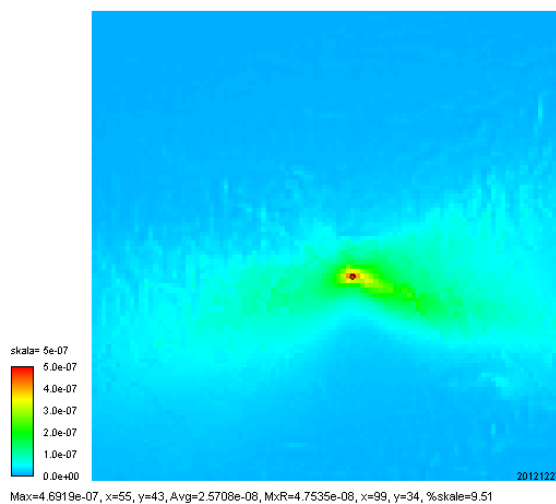
01-01-09, 00:00, NEK LGM, Letni, X/Q, Povp.



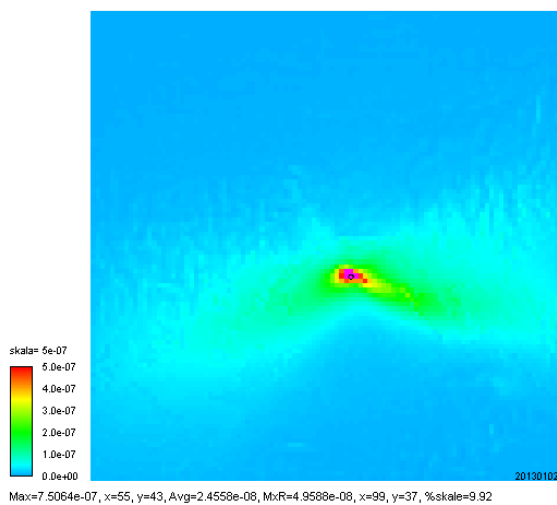
01-01-10, 00:00, NEK LGM, Letni, X/Q, Povp.



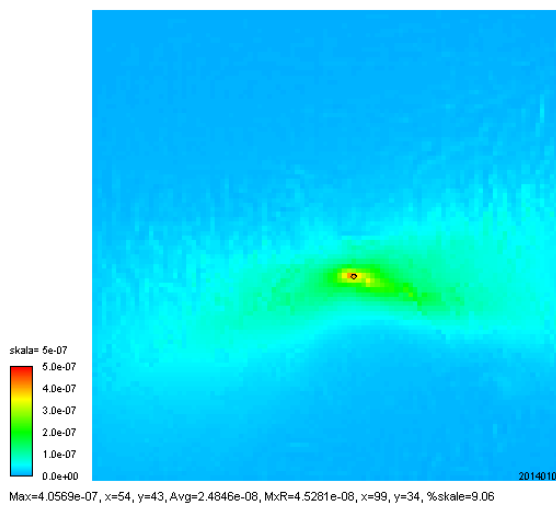
01-01-11, 00:00, NEK LGM, Letni, X/Q, Povp.



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



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



Slika 5.2: Povprečni letni razredčitveni koeficienti $(\chi/Q)/(s/m^3)$ za izpust z višine 60 m za okolico NEK za leta 2008–2013 (Lagrangeev model)



Na sliki 5.2 so predstavljeni povprečni letni 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 , kar je naredil MEIS.

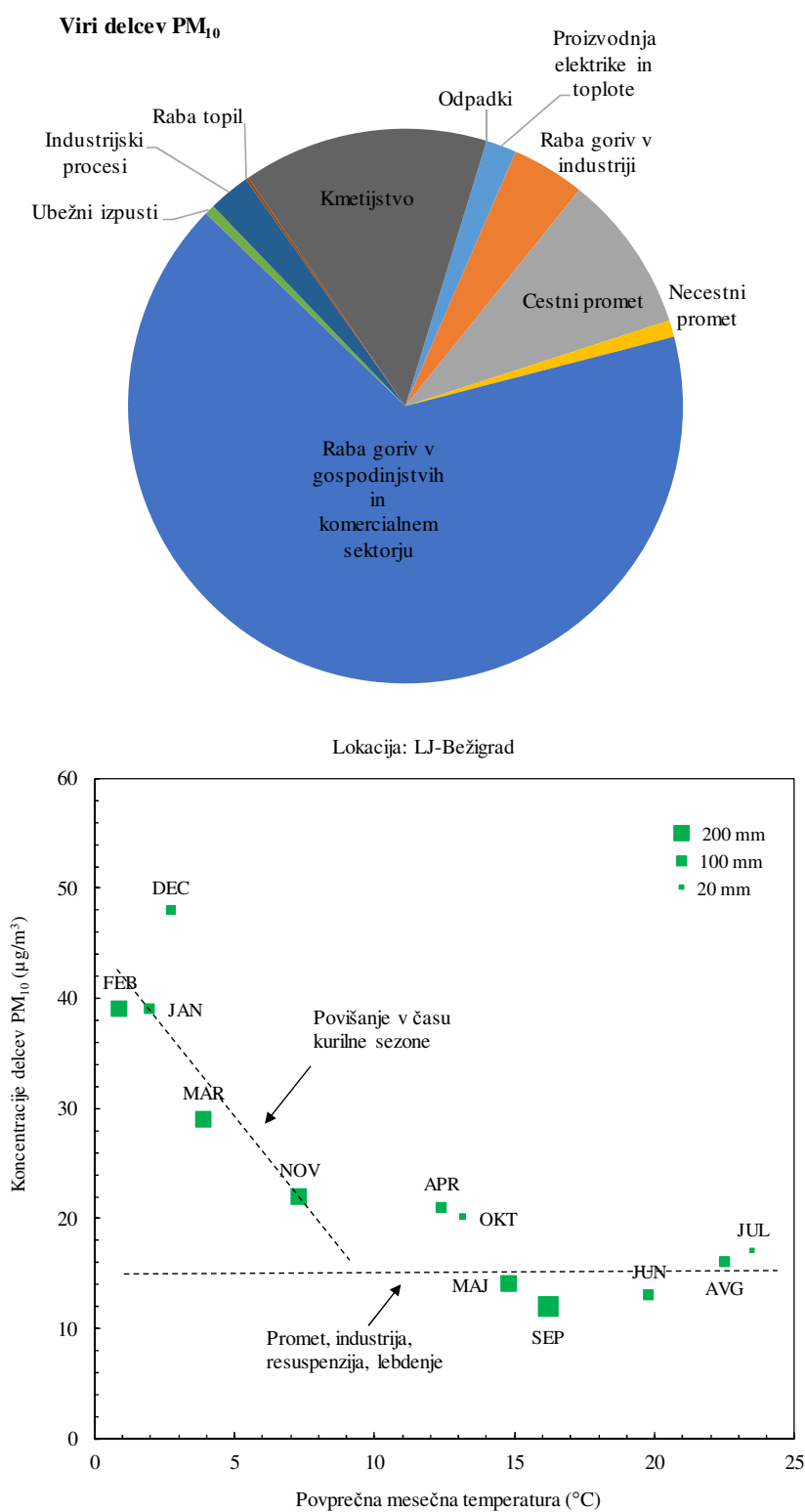
S slike 5.2 je razvidno, da sta prevladujoči smeri, v katerih se v poprečju gibljejo izpusti NEK, proti jugozahodu in proti jugovzhodu. Zato so tudi izračunane koncentracije radionuklidov v naseljih jugozahodno in jugovzhodno od NEK višje za faktor štiri ali več od tistih v smeri severozahodno in severovzhodno od NEK 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 $10 \mu m$).

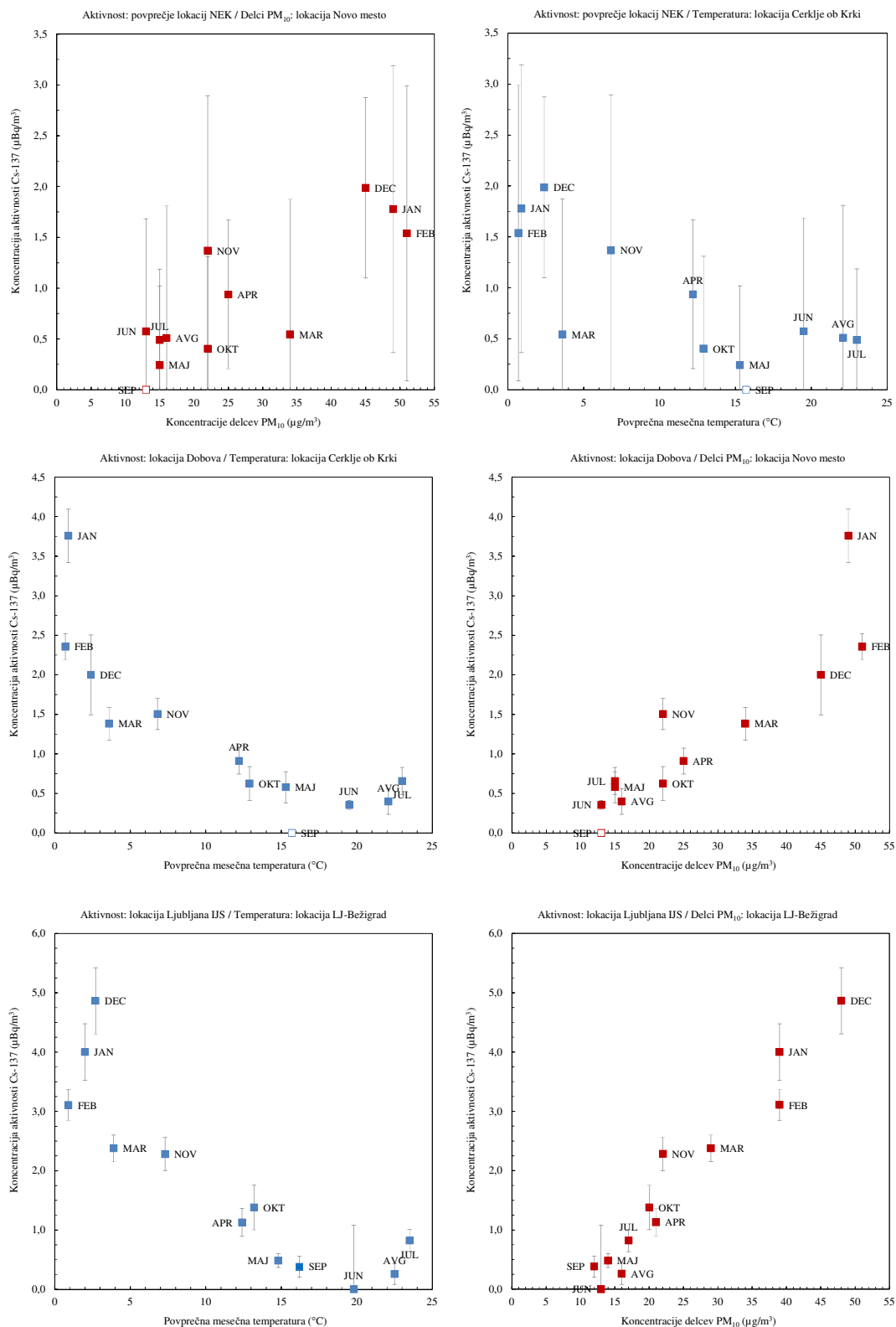
Novo hipotezo o izviru Cs-137 smo preverili na izmerjenih podatkih, in sicer na povprečnih vrednostih vseh lokacij okrog NEK in na referenčni lokaciji IJS v Ljubljani. Iz meritev prašnih delcev PM_{10} tipično ugotovimo, da so koncentracije povišane predvsem v hladnejših mesecih [46]. Na podlagi rednih 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. 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, na nekaterih merilnih postajah pa so 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 prvi meri zaradi resuspenzije iz 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 k koncentracijam prašnih delcev v Sloveniji prispevajo individualna kurišča (drva, briketi, peleti), kar je med kurilno sezono lepo vidno v povišanih koncentracijah na sliki desno (v letu 2013). Ker so koncentracije lahko zmanjšane zaradi padavin, v grafu desno velikost kvadrata sorazmerno izdraža količino padavin v posameznem mesecu.



Slika 5.4: Korelacija izmerjenih mesečnih specifičnih aktivnosti Cs-137 s povprečno mesečno temperaturo in koncentracijo prašnih delcev PM₁₀. Grafi so izdelani za specifične aktivnosti Cs-137 kot povprečje vseh lokacij okrog NEK, lokacijo Dobova in specifične 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 v telo vnese 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:

$$E = \sum_j h(g)_{j,\text{inh}} A_{j,\text{inh}} \quad (6)$$

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:

$$A_{j,\text{inh}} = a_j V_d t \quad (7)$$

kjer je a_j koncentracija/specifična aktivnost j -tega radionuklida iz enačbe (5), 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 $h(g)_{j,\text{inh}}/(\text{Sv/Bq})$ [8] za posamezne radionuklide in posamezno starostno skupino dobimo oceno za mesečne prispevke posameznega izotopa k letni dozi. V preglednici 5.2 podajamo ocenjene letne efektivne doze zaradi inhalacije in imerzije za odraslega prebivalca (starost > 17 let) na lokaciji Spodnji Stari Grad, ocenjene na osnovi meritev mesečnih izpustov tritija (H-3), ogljika (C-14) ter meritev aerosolov. Mesečni izpusti in posledično ocenjene doze so prikazane na sliki 5.7. Izračun je narejen ob upoštevanju povprečnih mesečnih razredčitvenih koeficientov λ/Q , izračunanih na podlagi Lagrangeevega modela za naselje Spodnji Stari Grad. To naselje je izbrano kot referenčno naselje z najvišjo izračunano dozo.

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 2013.

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 velja za celotno obdobje 2000–2004 in 2009–2013, kjer je prispevek k letni dozi nekaj nSv in kjer večino doze prispeva Sr-90.

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 nesreče v Fukušimi.

Prispevek Sr-90 k dozi v Ljubljani ni ovrednoten, ker se v zračnih filtrih v okviru nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju Slovenije v Ljubljani ne določa vsebnost Sr-90. Če primerjamo doze zaradi drugih umetnih radionuklidov, pa lahko ugotovimo, da so doze umetnih radionuklidov v Ljubljani in okolici NEK podobne oziroma praktično enake, vsekakor pa zanemarljive v primerjavi s prispevkom naravnih radionuklidov. Prispevek naravnih radionuklidov je za okrog 4 velikostne rede višji od prispevka umetnih.



Za doze naravnih radionuklidov je značilno, da variirajo po letih, kar velja tako za lokacije v okolici NEK kot za lokacijo v Ljubljani. Poleg tega je bil v letu 2006 v Ljubljani spremenjen način vzorčevanja. Največji prispevek k dozi naravnih radionuklidov povzroča Pb-210, kar ni toliko posledica visokih koncentracij v zraku, temveč velikega doznega pretvorbene faktorja, ki ga ima ta izotop [8]. V splošnem lahko rečemo, da so na prostem v okolici NEK učinkovite doze zaradi inhalacije naravnih radionuklidov enake kot drugod po Sloveniji in so nekaj 10 μSv na leto [10].

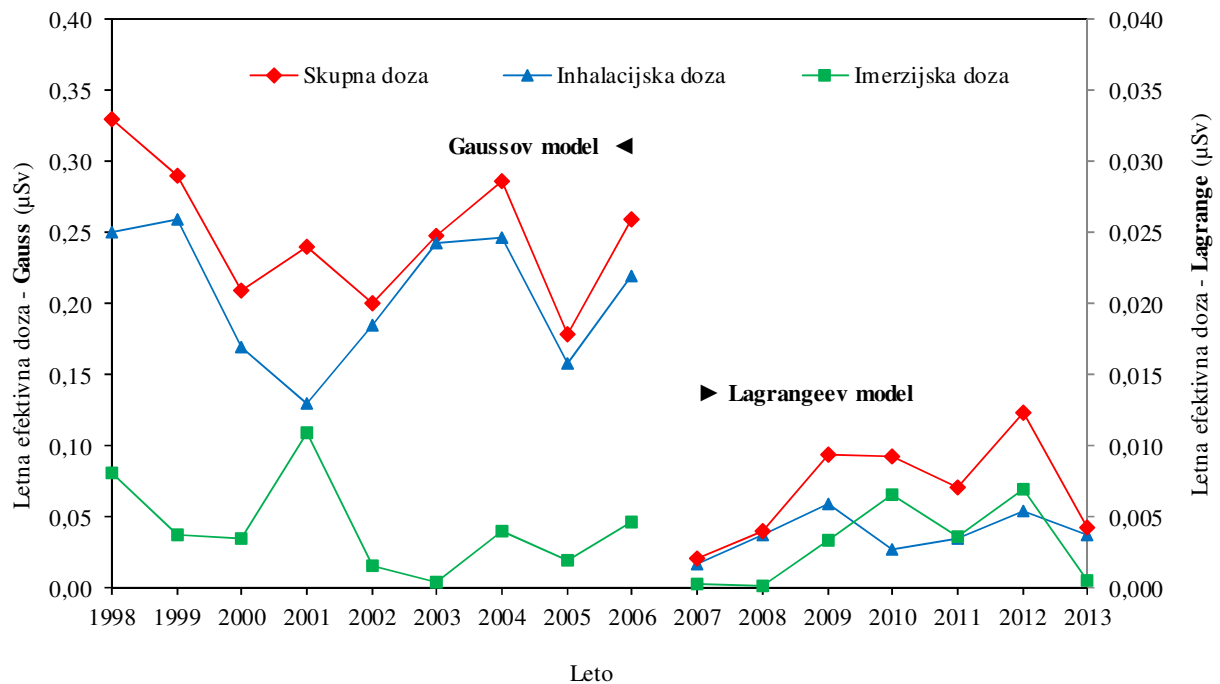


Slika 5.5: Primerjava predvidenih letnih učinkovnih doz v okolici NEK in Ljubljani za odrasle osebe iz meritev aerosolov za naravne in umetne radionuklide skupaj (slika zgoraj v enotah μSv) in posebej za umetne radionuklide (slika spodaj v enotah nSv). Vrisane negotovosti imajo faktor pokritja 68 %.

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 (od leta 2007 dalje). Razvidno je, da se z uporabo Lagrangeevega modela za izračun razredčitvenih koeficientov oziroma razširjanja efluentov (aerosoli, partikulati, molekule) v zraku, izračunana doza bistveno zmanjša.



Gaussov model je primeren predvsem za preproste ravninske geometrije in je zelo verjetno, da so bile vrednosti efektivnih doz za inhalacijo in imerzijo zaradi plinskih emisij iz NEK v določeni meri precenjene v letih pred 2007. Sedanja ocenjena letna efektivna doza, ki temelji na izračunanih razredčitvenih koeficientih po Lagrangeevem modelu, je za velikostni red (nekaj 10-krat) manjša od tistih pred 2007 (v neposredni bližini – ograja NEK – je ocena doze nižja za dva velikostna reda). Izračunane doze zaradi vdihavanja zračnih delcev iz podatkov o zračnih emisijah in razredčitvenih koeficientov iz Lagrangeevega modela so v letu 2013, ob upoštevanju negotovosti določitve doz, na ravni povprečja v obdobju 2007–2013. To kaže na stabilne razmere obratovanja jedrske elektrarne in na podobnost letnih vremenskih razmer.



Slika 5.6: Ocena inhalacijskih, imerzijskih in skupnih doz za odrasle za Spodnji Stari Grad od leta 1998 dalje (μSv na leto). Ocenjene negotovosti izračuna doz so več 10 % pri faktorju pokritja 68 %. 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).

Med zračnimi izpusti je tudi izotop C-14. Prispevek C-14 k inhalacijski dozi je majhen, le nekaj desetink odstotka skupne inhalacijske doze, v letu 2013 le 0,03 nSv ali le 0,8 %. To je skoraj enako kot v preteklih letih: 0,04 nSv (0,7 %) v 2012, 0,005 nSv (0,14 %) v 2011, 0,02 nSv (0,7 %) v 2010, 0,03 nSv (0,7 %) v 2009.

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 efektivna doza zaradi ingestije C-14 iz zračnih izpustov NEK [17]. V študijah se primerja doza zaradi uživanja hrane iz neposredne okolice NEK in kontrolne lokacije v Dobovi. Efektivna letna doza je izračunana ob predpostavki, da človek dva meseca uživa hrano iz okolice NEK in deset mesecev s področij, kjer se ne čuti vpliva NEK.

Ocenjena letna efektivna doza zaradi zauživanja C-14 na kontrolni lokaciji v Dobovi je okoli 15 μSv , dodatna doza zaradi prispevka C-14 kot posledica izpustov iz NEK pa je bila v 2013 0,05 μSv in je v okviru povprečja vrednosti prejšnjih let [17].



OCENA VPLIVOV

Meritve I-131 v zraku (tabela T-43) kažejo, da detekcijska meja $0,1 \text{ mBq/m}^3$ v letu 2013 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 efektivne 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 pretvorbenih doznih faktorjev in koločine vdihanega zraka).

Meritve na aerosolnih filtrih v okolici NEK kažejo, da je med naravnimi radionuklidi najpomembnejši prispevek k letni predvideni efektivni dozi za odraslega človeka prispevek naravnega izotopa Pb-210, in sicer $(34 \pm 2) \mu\text{Sv}$ na leto, kar je zelo podobno dozam iz preteklih let $37\text{--}49 \mu\text{Sv}$ na leto v obdobju 2005–2012). Prispevek Pb-210 k celotni dozi je največji, ker ima radionuklid zelo visok dozni pretvorbeni faktor [8].

Drugi po prispevku k dozi v letu 2013 je, podobno kot v preteklih letih, Th-230 ($6,4 \pm 3,8$) μSv , vendar je negotovost ocene doze 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 2013 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 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. Večino doze zaradi umetnih radionuklidov prispeva Sr-90. Izračunana predvidena efektivna doza zaradi umetnih radionuklidov je več kot 10 000-krat manjša od izračunane doze naravnih radionuklidov. V letu 2013 je izračunana efektivna doza zaradi umetnih radionuklidov ($0,8 \pm 0,2$) nSv . Obremenitev prebivalstva zaradi vdihavanja Cs-137 in Sr-90 je nizka, v letu 2013 je bil prispevek Cs-137 k letni dozi ($0,3 \pm 0,06$) nSv in Sr-90 ($0,5 \pm 0,2$) nSv .

Povprečna izračunana efektivna doza zaradi umetnih radionuklidov v obdobju 2007–2012 je bila ($2,1 \pm 0,8$) nSv . V tem obdobju je bila največja doza v letu 2011 ($5,8 \pm 1,5$) nSv , ko se je zgodila jedrska nesreča v Fukušimi. Vendar pa 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 efektivna doza je zaradi vseh detektiranih radionuklidov v letu 2013 za odraslega človeka v okolici NEK (44 ± 4) μSv na leto in je zelo podobna vrednostim iz preteklih let (2012: (50 ± 7) μSv ; 2011: (50 ± 3) μSv ; 2010: (42 ± 6) μSv ; 2009: (45 ± 5) μSv). Celotna predvidena efektivna doza za otroka je (34 ± 3) μSv in za dojenčka (16 ± 1) μSv .

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 efektivna doza zaradi inhalacije za prebivalca v okolici NEK za leto 2013 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 efektivnih doz, izračunanih iz meritev aerosolnih filtrov, je v preglednici 5.1.



Preglednica 5.1: Aerosolni filtri v letu 2013 - 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 [8]

STAROSTNA SKUPINA	VRSTA VSOTE	AEROSOLNI FILTRI – POVPREČJE (μSv na leto)	
		OKOLICA NEK	LJUBLJANA
ODRASLI <i>E(50)</i>	umetni radionuklidi	0,000 8 \pm 0,000 2	0,000 6 \pm 0,000 2
	umetni in naravni radionuklidi	44 \pm 4	35 \pm 4
OTROCI <i>E(70)</i>	umetni radionuklidi	0,000 6 \pm 0,000 1	0,000 5 \pm 0,000 1
	umetni in naravni radionuklidi	34 \pm 3	28 \pm 3
DOJENČKI <i>E(70)</i>	umetni radionuklidi	0,000 24 \pm 0,000 05	0,000 20 \pm 0,000 05
	umetni in naravni radionuklidi	16 \pm 1	13 \pm 1

(*) 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 2013 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 3,7 nSv na leto (predvsem v obliki emisij HTO), kar je podobno kot v preteklih letih (2012: 5,3 nSv; 2011: 3,5 nSv; 2010: 2,7 nSv; 2009: 5,9 nSv). Ocenjeni prispevek k skupni inhalacijski dozi vseh drugih radionuklidov je bistveno manjši. Podobno kot v letu 2012 so bili tudi v letu 2013 v izpustih izmerjeni prispevki joda, ki jih sicer ni bilo leta 2011 in 2010. To kaže, da je bila integriteta goriva v predzadnjem ciklu nekaj slabša kot v preteklih dveh ciklih, pri zadnjem gorivnem ciklu pa je prišlo do poškodb gorivnih palic, kjer je bilo med remontom NEK v 2013 odkritih 6 poškodovanih gorivnih elementov, v treh je bilo skupaj 8 gorivnih palic močno poškodovanih ali prelomljenih [48]. Izpusti izotopov joda v letu 2013 so okvirno za en velikostni razred višji kot v letu 2012.

Ocenjena predvidena učinkovita letna inhalacijska doza za odraslo osebo za Spodnji Stari Grad za leto 2013 je 3,8 nSv. V obdobju 2007–2013 so se predvidene letne inhalacijske doze gibale med 1,7 nSv (2007) in 5,9 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 1,9 TBq v 2007).

Inhalacijska doza po mesecih v letu 2013 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 oktobru 2013, ko je potekal remont NEK, povišana doza v juniju je posledica izpustov in meteoroloških razmer (razredčitvenih faktorjev).



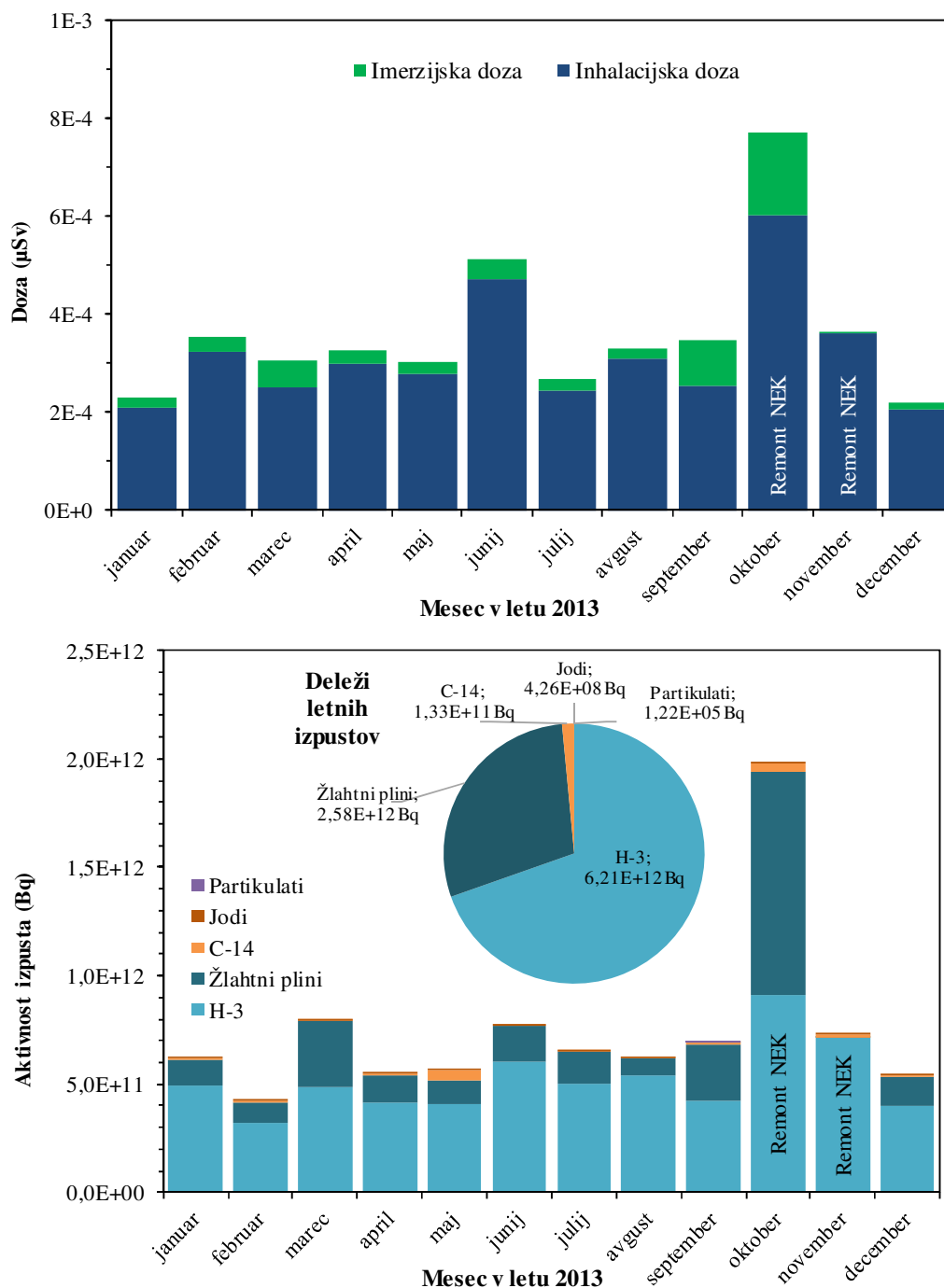
Preglednica 5.2: Predvidene letne efektivne doze za odraslega prebivalca na referenčni lokaciji Spodnji Stari Grad (smer VSV, razdalja 0,8 km) – prispevki posameznih izotopov. Ocena doz je narejena na podlagi inhalacijskih in imerzijskih doznih pretvorbenih faktorjev iz reference [8] in predpostavke o hitrosti dihanja 17 L/min ter mesečnih prizemnih razredčitvenih koeficientih λ/Q , izračunanih na podlagi Lagrangeevega modela.

	Izotop	Letna efektivna doza (μSv)
Pare, plini (inhalacija)	I-131	3,1E-05
	I-132	1,2E-06
	I-133	1,7E-07
	HTO	3,7E-03
	HT + CHT	2,8E-06
	¹⁴ CO ₂	1,6E-05
	¹⁴ CH ₄	1,5E-05
Aerosoli (inhalacija)	Na-22	/
	Co-57	2,0E-11
	Co-58	4,5E-09
	Co-60	2,5E-08
	Nb-95	/
	Ag-110m	8,5E-10
	Sb-125	5,6E-10
	Cs-137	6,1E-08
	Fe-55	5,6E-10
	Sr-89/Sr-90	1,7E-08
Žlahtni plini (imerzija)	Xe-131m	4,3E-05
	Xe-133	2,5E-04
	Xe-133m	2,1E-06
	Xe-135	1,2E-04
	Xe-135m	3,2E-05
	Ar-41	7,6E-05
	Kr-85	4,4E-06
	Kr-85m	1,3E-06
	Inhalacijska doza	3,8E-03
	Imerzijska doza	5,4E-04
	DOZA - SKUPAJ	4,3E-03

Zunanje obsevanje zaradi radioaktivnih izotopov v zraku (imerzijska doza) je predvsem posledica izpustov žlahtnih plinov različnih izotopov Xe in Ar-41 v letu 2013. Celotna letna imerzijska doza za Spodnji Stari Grad za leto 2013 je bila 0,54 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 2,5 nSv in 6,4 nSv. Največja imerzijska doza je bila v oktobru 2013 (slika 5.7), ko je potekal remont NEK. 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 2013, je 4,3 nSv. Doze so podobne kot v preteklih letih (2012: 12,4 nSv; 2011: 7,1 nSv; 2010: 9,3 nSv; 2009: 9,4 nSv; 2008: 4,0 nSv).



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 0,8 nSv (Dobova) do 5,7 nSv (Vrbina).



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 (Preglednica 5.2.).

- Vir:
- mesečni emisijski podatki NEK [5]
 - IJS - analize mesečnih sestavljenih emisijskih vzorcev H-3, C-14 in aerosolov
 - povprečni mesečni razredčitveni koeficienti χ/Q (MEIS) za prizemni izpust



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. Z uporabo tega modela so izračunane predvidene letne učinkovite 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).

Preglednica 5.3: Ocene inhalacijskih in imerzijskih doz za okolico NEK v letu 2013 z uporabo Lagrangevega modela. Uporabljeni so podatki za dozne pretvorbene faktorje iz reference [8] za odrasle in otroke.

PREGLED SKUPNIH LETNIH DOZ								
Naselje	Razdalja od NEK (km)	Inhalacijska doza (μSv)			Imerzijska doza (μSv)	Skupna doza (μSv) [*]		
		Odrasli	Otroci	Dojenčki	Odrasli, otroci, dojenčki	Odrasli	Otroci	Dojenčki
Ograja NEK (zahod)	0,2	1,2E-02	9,4E-03	3,7E-03	1,2E-03	1,3E-02	1,1E-02	4,9E-03
Vrbina	0,8	5,0E-03	4,0E-03	1,6E-03	6,2E-04	5,7E-03	4,6E-03	2,2E-03
Spodnji Stari Grad	1,5	3,8E-03	3,0E-03	1,2E-03	5,2E-04	4,3E-03	3,5E-03	1,7E-03
Žadovinek	1,7	4,4E-03	3,5E-03	1,4E-03	6,0E-04	5,0E-03	4,1E-03	2,0E-03
Krško – Stara vas	1,7	1,6E-03	1,3E-03	5,0E-04	2,1E-04	1,8E-03	1,5E-03	7,1E-04
Brege	2,3	2,0E-03	1,6E-03	6,4E-04	2,4E-04	2,3E-03	1,8E-03	8,8E-04
Mrtvice	2,8	1,0E-03	8,2E-04	3,3E-04	1,2E-04	1,2E-03	9,4E-04	4,5E-04
Leskovec	2,9	3,3E-03	2,6E-03	1,0E-03	4,6E-04	3,8E-03	3,1E-03	1,5E-03
Pesje	3,0	3,3E-03	2,6E-03	1,0E-03	4,8E-04	3,8E-03	3,1E-03	1,5E-03
Vihre	3,1	7,8E-04	6,2E-04	2,5E-04	9,0E-05	8,7E-04	7,1E-04	3,4E-04
Brežice	7,1	1,2E-03	9,6E-04	3,8E-04	1,4E-04	1,4E-03	1,1E-03	5,3E-04
Dobova	12,1	7,0E-04	5,6E-04	2,2E-04	8,3E-05	7,9E-04	6,4E-04	3,0E-04

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

V letu 2008 je Evropska komisija izdala poročilo [50], v katerem so izračunane predvidene letne učinkovite 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 učinkovita 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 200 m oziroma 800 m od NEK (ekvivalent 500 m) so doze 0,013 μSv oziroma 0,006 μSv na leto, na večjih razdaljah 3 000 m oziroma 7 100 m od NEK (ekvivalent 5 000 m) pa so doze 0,004 μSv oziroma 0,001 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 2013 pokazalo naslednje:

- predvidena efektivna doza zaradi inhalacije aerosolov v okolici NEK je predvsem posledica inhalacije dolgoživih naravnih radionuklidov in je za odraslega posameznika (44 ± 4) 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 ($0,8 \pm 0,2$) nSv na leto;
- izpusti žlahtnih plinov iz NEK (izotopi Xe) povzročajo glavino zunanjega sevanja (imerzijska doza), ki je za odraslega posameznika iz referenčne skupine prebivalstva (naselje Spodnji Stari Grad) 0,52 nSv na leto;
- izpusti hlapov in plinov, ki vsebujejo tritij, povzročajo največjo efektivno dozo zaradi inhalacije; ta je za odraslega posameznika iz referenčne skupine prebivalstva 3,7 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 2013, 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 0,05 μSv oziroma na enako 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 4,3 nSv v letu 2013.



6 IZPOSTAVLJENOST ZUNANJEMU SEVANJU

POVZETEK

Izpostavljenost prebivalstva zunanjemu sevanju je posledica 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 morebitnem izpustu radioaktivnih snovi v okolje. Zunanja izpostavljenost 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 2013 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 2013 v okolici NEK so med $(0,42 \pm 0,02)$ mSv za zemljo v Kusovi Vrbini in $(0,67 \pm 0,03)$ 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 26 %. 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 2013 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 $(0,80 \pm 0,09)$ mSv, na ograji NEK $(0,58 \pm 0,03)$ mSv in v okolici Zagreba na Hrvaškem $(0,78 \pm 0,11)$ 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 2013 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 [49].

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 zunanjšega 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 pronicanja 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) [7] periodična vzorčenja in meritve specifičnih aktivnosti radionuklidov v zemlji iz okolice NEK. Namen meritev je ugotoviti in ovrednotiti morebitni vpliv jedrske elektrarne na prisotnost umetnih radionuklidov v zemlji in oceniti njihove prispevke k zunanji dozi sevanja ter spremljati transport radionuklidov v zemlji (vnos radionuklidov v podtalnico in prehranjevalno verigo ljudi).

Termoluminiscenčni dozimetri (TLD) se uporabljajo za spremljanje doze zunanjšega 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 neizgodi po prehodu radioaktivnega oblaka in oceno izpostavitve zunanjemu sevanju zaradi nelokalnih vplivov (kot je bila npr. černobilska kontaminacija).

V primeru sprotnega spremljanja hitrosti doze zunanjšega 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 zaradi tekočih izpustov v reko Savo na poplavnih območjih. Poplavljanje lahko tudi spremeni globinske porazdelitve radionuklidov, ki jih tipično pričakujemo v zemlji.

Tri lokacije, kjer poteka vzorčenje zemlje, so na neobdelanih površinah, ena pa na njivi (obdelana površina), ki ni vključena v program meritev, definiranem v pravilniku JV10 [7]. 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)* [7], postopek vzorčenja pa je opisan v navodilu *Zbiranje in priprava vzorcev zemlje (LMR-DN-07)*. Zaradi izpiranja Cs-137 v globlje plasti zemlje se od leta 2009 kot vrhni sloj vzorčuje zemlja iz globine 0–5 cm in ne več ločeno v dveh plasteh: 0–2 cm in 2–5 cm kot v prejšnjih letih. Tako se na lokacijah, kjer se vzorčuje



neobdelana zemlja, zbira vzorce iz globin 0–5 cm, 5–10 cm, 10–15 cm in 15–30 cm. Prav tako se hkrati z vzorcem zemlje zbere še vzorec trave. Specifične aktivnosti sevalcev gama v vzorcih zemlje se meri z visokoločljivostno spektrometrijo gama, kasneje pa se izmeri še specifična aktivnost stroncija z destruktivno radiokemijsko analizo.

Na podlagi *Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti* (Ur. l. RS 102/04, UPB-2 okrajšano ZVISJV) [6] in *Pravilnika o monitoringu radioaktivnosti* (Ur. l. RS 20/07, JV10) [7] 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 2013*, IJS-DP-11549, v tabelah T-53/a, razmestitev pa je prikazana na drugem zemljevidu v prilogi tega poročila. V okviru nadzornega programa NEK je na Hrvaškem postavljenih še 10 TLD (podatki v tabeli T-55). V Sloveniji neodvisno poteka v okviru programa nadzora radioaktivnosti v RS meritev doze zunanjega sevanja s TLD na 50 lokacijah po vsej državi (podatki so v tabeli T-54). Kot referenčni dozimeter za obdelavo rezultatov meritev doze zunanjega sevanja upoštevamo TLD, ki je postavljen na dvorišču IJS.

Vsi TLD, tako tisti, ki se uporabljajo v programu rednega obratovalnega nadzora, kot tisti, ki so razporejeni po Sloveniji, se odčitavajo polletno, in sicer v obdobju junij–julij in december–januar. Odčitavanje poteka na sistemu IJS MR 200 (C) v Laboratoriju za termoluminiscenčno dozimetrijo na IJS. Z merskim sistemom lahko merimo osebne in okoljske doze (okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$) v intervalu doz od 5 μSv do 5 Sv [55]. Dozimetri TLD-400 ($\text{CaF}_2:\text{Mn}$) so umerjeni v fotonskem sevalnem polju pri energijah od 40 keV do 1 332 keV v Laboratoriju za dozimetrične standarde (NDS) na IJS. Pred namestitvijo TLD se opravi individualna kalibracija dozimetrov po postopku *Umerjanje (kalibracija) dozimetrov IJS TLD-05 (TLD-KP-02)*.

Na Hrvaškem se doza zunanjega sevanja meri s TLD-100H ($\text{LiF}:\text{Mg, Cu, P}$) in TLD-100 ($\text{LiF}:\text{Mg, Ti}$) [56]. Vsi dozimetri so kalibrirani v Sekundarnem standardnem dozimetrijskem laboratoriju (SSDL) na Institutu "Ruder Bošković" v Zagrebu [55, 56].

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 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 zunanjega sevanja, ki je dostopna na spletnem naslovu "<http://www.radioaktivnost.si>".

REZULTATI MERITEV

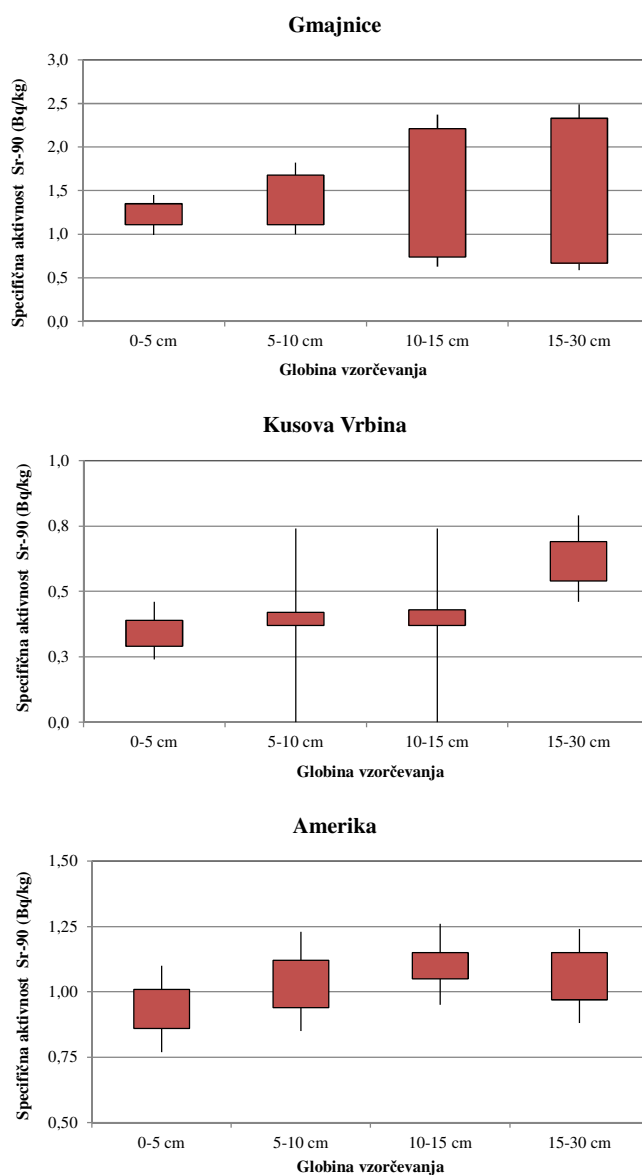
Rezultati meritev specifične aktivnosti radionuklidov v vzorcih zemlje in iz aktivnosti izračunanih okoljskih doznih ekvivalentov so v primerih, ko je med največjo in najmanjšo vrednostjo razmerje več kot 2, podani kot (*najmanjša vrednost–največja vrednost*), v drugih primerih pa kot (*povprečna vrednost \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 2013*, IJS-DP-11549, marec 2014. 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 aktivnost U-238 nižja od koncentracije Ra-226. Specifične aktivnosti K-40, U-238 in Ra-226 se ujemajo s povprečnimi aktivnostmi, ki jih navaja UNSCEAR [49] za države južne Evrope.

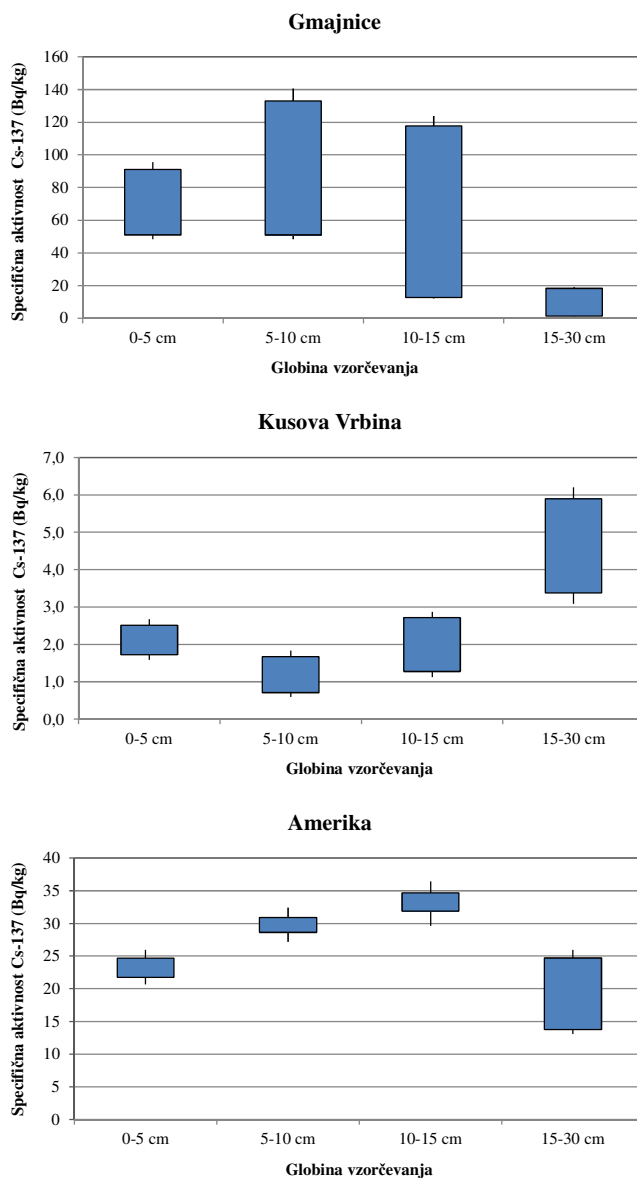
Specifične aktivnosti Sr-90 v letu 2013 so v razponu od 0,29 Bq/kg v Kusovi Vrbini v globini 0–5 cm do 2,3 Bq/kg v globini 15–30 cm v neobdelani zemlji v Gmajnicah. Na sliki 6.1 je prikazana globinska porazdelitev specifične aktivnosti Sr-90 za leto 2013. V Gmajnicah je opaziti veliko razliko med najmanjšo in največjo izmerjeno aktivnostjo v globinah večjih od 10 cm, vzrok pa so lahko zelo različni pogoji prodiranja Sr-90 v zemljo na mikrolokacijah, kjer je potekalo vzorčenje. Vzrok za nižjo specifično aktivnost v Kusovi Vrbini v globinah manjših od 15 cm 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 2013. 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 0,71 Bq/kg v globini 5–10 cm v Kusovi Vrbini do 133 Bq/kg v globini 5–10 cm v neobdelani zemlji v Gmajnicah. Oblika globinske porazdelitve Cs-137 je podobna obliki globinske porazdelitve Sr-90. Primerjave med različnimi lokacijami (in celo na isti lokaciji: Gmajnice) kažejo bistveno večjo raztresenost izmerjenih specifičnih aktivnosti Cs-137 kot Sr-90, kar bi se lahko pojasnilo z drugačno prehodnostjo Cs-137 skozi zemljinu. Pričakovano je na poplavnem območju Kusove Vrbinke specifična aktivnost najmanjša, razlika med Gmajnicami in Ameriko pa je verjetno posledica lokalno različnega useda zaradi černobilske nesreče ter 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 2013. Višine pravokotnikov ustrezajo vrednostim od najmanjše do največje izmerjene aktivnosti v letu, polne črtice pa pomenijo razširjeno območje izmerjenih vrednosti z upoštevanjem negotovosti.

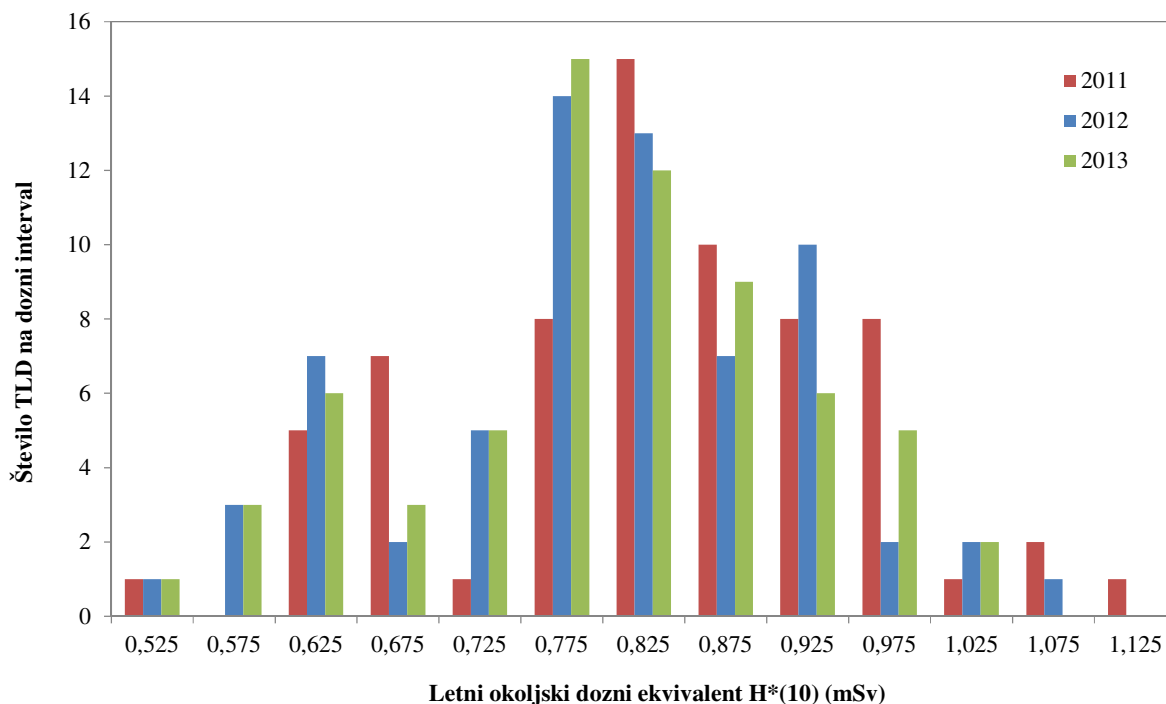


Rezultati meritev doze zunanjega sevanja (sevanja gama in ionizirajoče komponente kozmičnega sevanja) za leto 2013 so v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2013*, IJS-DP-11549 v tabelah T-53/b in T-53/c za okolico NEK in za TLD na 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 0,60 mSv in 0,65 mSv ustreza dozam, ki so bile izmerjene na ograji NEK, drugi, širši, v intervalu med 0,70 mSv in 1,00 mSv, pa pripada dozam, ki so bile izmerjene z dozimetri v okolici NEK. Nižje doze na ograji NEK lahko pojasnimo s prodnatimi tlemi ter zaščitnim delovanjem zgradb in asfaltiranih površin znotraj ograje NEK, ki slabijo zunanje sevanje naravnih radionuklidov iz zemljišča.

Hitrost doze v okolici NEK se meri s štirinajstimi kontinuirnimi merilniki hitrosti doze MFM. Rezultati so v tabeli T-56/a. Pri rezultatih meritev s temi merilniki je lastno ozadje merilnikov upoštevano in odšteto od izmerkov. V letu 2013 je bil izmerjen povprečni letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ ($0,82 \pm 0,14$) mSv v razponu od 0,56 mSv do 0,99 mSv. Povprečen letni okoljski dozni ekvivalent iz teh meritev je za 2 % večji, kot je povprečen 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 2013 ($0,82 \pm 0,14$) mSv v razponu od 0,59 mSv do 1,16 mSv. Povprečni letni okoljski dozni ekvivalent, izmerjen s 44 MFM, je za 6 % nižji od tistega, ki ga kažejo meritve s TLD na območju Slovenije (tabela 6.1). Iz primerjave letnih okoljskih doznih ekvivalentov v tabeli T-56/a z letnimi okoljskimi doznimi ekvivalenti, izmerjenimi po Sloveniji [10], 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. Tako je *u*-preskus za mesečne izmerke med TLD in MFM med 0,65 in 1,52, 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 2013 ($0,96 \pm 0,21$) mSv v razponu od 0,59 mSv do 1,42 mSv. Ta dozni ekvivalent je večji za 9 % 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 2013

Lokacija	Št. TLD	$H^*(10)$ (mSv)	Razpon $H^*(10)$ (mSv)
Na ograji NEK	9	$0,579 \pm 0,033$	0,514–0,628
Okolica NEK skupaj	57	$0,803 \pm 0,092$	0,610–1,021
Okolica NEK do 1,5 km	13	$0,784 \pm 0,115$	0,636–1,021
Okolica NEK od 1,5 km do 5 km	22	$0,791 \pm 0,088$	0,610–0,942
Okolica NEK od 5 km do 10 km	22	$0,822 \pm 0,087$	0,664–0,993
Slovenija	50	$0,877 \pm 0,148$	0,612–1,352
Ljubljana – referenčna lokacija	1	$0,828 \pm 0,116$	/
Hrvaška	10	$0,779 \pm 0,111$	0,605–0,932



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 doznih intervalih 0,05 mSv v letih 2011, 2012 in 2013.

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 Vrbina) 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 [52]. Dodaten argument za takšno sklepanje je globinska porazdelitev Sr-90 za leto 2013, ki kaže podobne značilnosti. Globinska porazdelitev Cs-137 za leto 2013 je prikazana na sliki 6.2, porazdelitev Sr-90 pa na sliki 6.1. V Kusovi Vrbini in Ameriki je opazno zniževanje usedov z leti, v Gmajnicah pa ne.

V okviru nadzora radioaktivnosti v okolju v Republiki Sloveniji se meri used do globine 15 cm v Ljubljani, Kobaridu in Murski Soboti. V letu 2013 so bili na teh lokacijah izmerjeni povprečni usedi Cs-137 ($8,5 \pm 0,2$) kBq/m², ($10,3 \pm 0,1$) kBq/m² in ($3,29 \pm 0,04$) 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 (4–13) kBq/m², ($0,29 \pm 0,01$) kBq/m² in ($4,1 \pm 0,1$) 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 izmerjenih vrednosti 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, (0,09–0,31) kBq/m² in (0,04–0,26) kBq/m², na lokacijah v okolici NEK pa ($0,16 \pm 0,01$) kBq/m², (0,02–0,06) kBq/m² in ($0,14 \pm 0,01$) kBq/m².

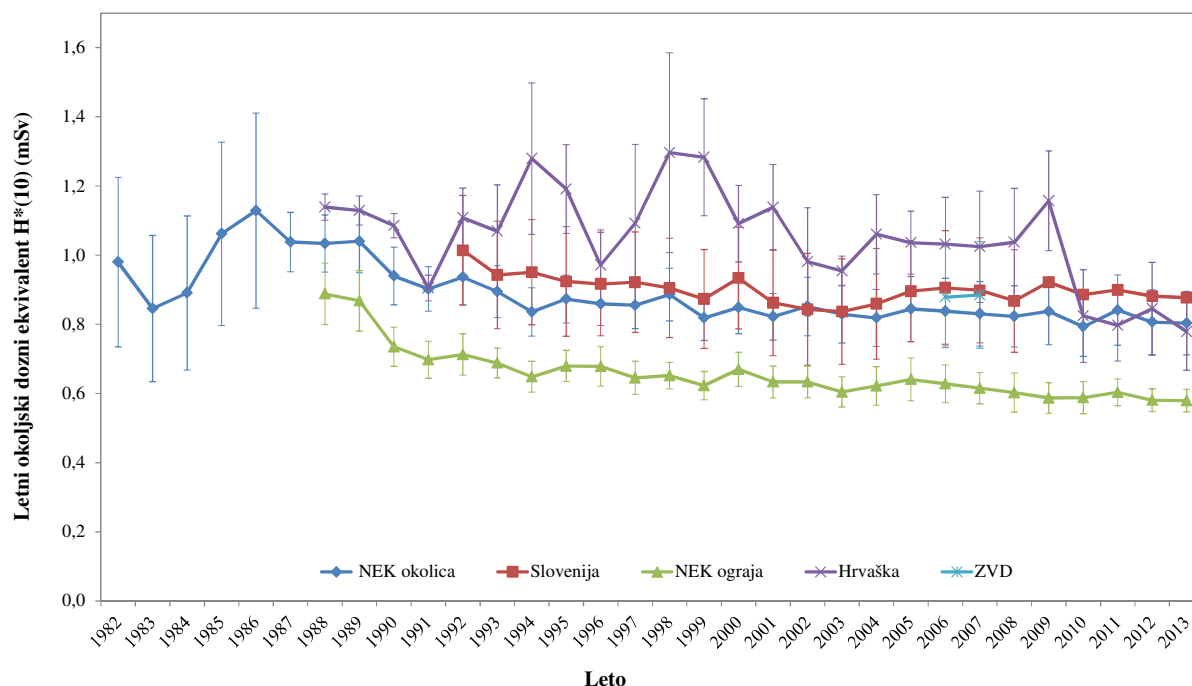

Tabela 6.2: Primerjava usedov Cs-137 do globine 30 cm na vzorčevalnih mestih z neobdelano zemljo

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

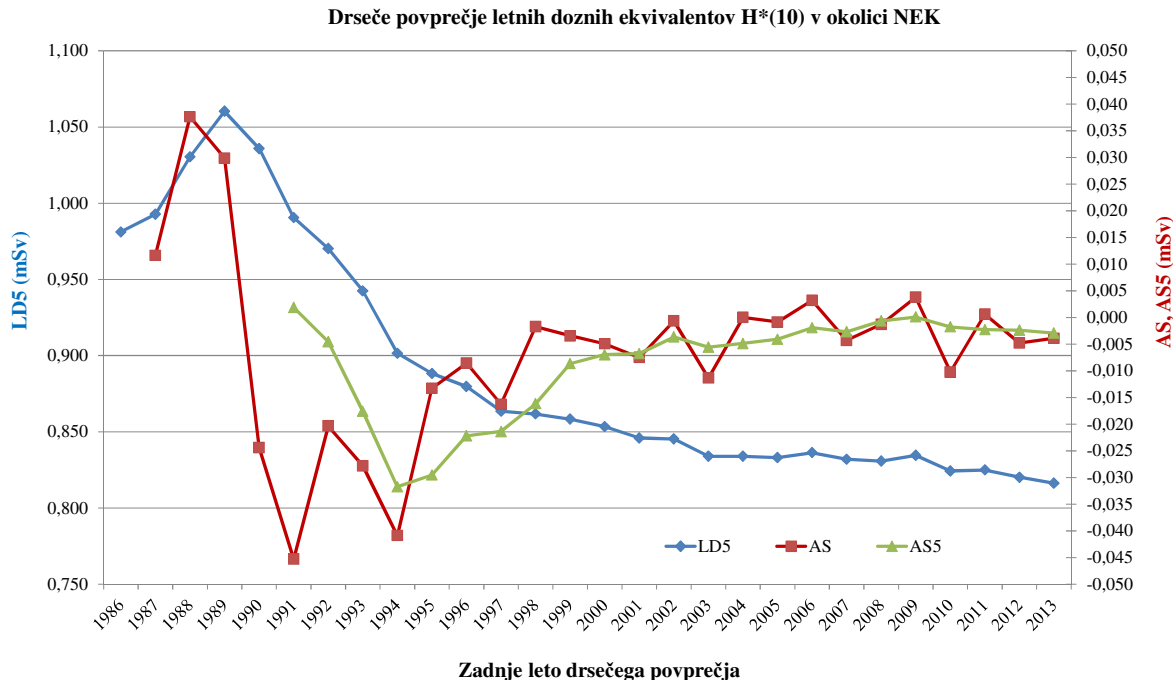
Naravni radionuklidi, potomci uranove in torijeve razpadne verige, ter K-40 so v zemlji porazdeljeni enakomerno, razen Pb-210, ki se useda iz zraka kot potomec Rn-222. Potomca iz torijevega razpadnega niza Ra-228 in Th-228 sta v ravnovesju v vseh globinah in na vseh lokacijah. U-238 in Ra-226 nista v 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 2013 povzeti rezultati letnih okoljskih doznih ekvivalentov, izmerjenih s TLD, v okolici NEK, na ograji NEK, v Sloveniji in na Hrvaškem. Za leti 2006 in 2007 sta dodani povprečni meritev s TLD za Slovenijo, ki jih je izvajal ZVD.

Za meritve 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 manj kot 0,003 mSv. Če celotno zmanjšanje letnega okoljskega doznega ekvivalenta pripišemo izključno radioaktivnemu razpadu Cs-137, dobimo za oceno prispevka Cs-137 k letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu 0,13 mSv, kar se dobro ujema z oceno prispevka Cs-137 k letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu iz zemlje, ki jo dobimo z enačbo (8) in podatkov iz tabele 6.3 za lokacijo Gmajnice in je 0,06–0,19 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 2013.



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 2013. 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 2013 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. Povprečen letni okoljski dozni ekvivalent v okolici NEK je za tretjino 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* [4] 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 (8), ki jo dobimo iz stare enačbe (8) v [4]:

$$H^*(10)_{\text{leto}} = \sum_i w_i C_i \quad (8)$$

V enačbi (9) 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 [57]. To dobro velja za naravne radionuklide, ne velja pa za porazdelitev cezija, ki se z globino spreminja [57]. Vendar v prvem približku, ko gre za oceno, lahko to zanemarimo, saj je prispevek Cs-137 med vsemi radionuklidi, ki nastopajo v enačbi (8), v povprečju najnižji (1–26 %). 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 (8)



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 0,42 mSv do 0,74 mSv. Izračunani prispevek kozmične komponente je približno eno tretjino celotne letne doze brez nevtronske komponente. Vsota obeh prispevkov se dobro ujema z izmerki TLD.

Tabela 6.3: Primerjava izračunanega in izmerjenega letnega doznega ekvivalenta v letu 2013 za tri lokacije vzorčevanja zemlje v okolici NEK. Na lokaciji Gmajnice je zaradi velike raztresenosti meritev naveden razpon izmerjenih vrednosti za Cs-137.

Izotop	Povprečna letna specifična aktivnost (0–15 cm) (Bq/kg)	Letni dozni ekvivalent, $H^*(10)$ (sevanje tal - zemlja) (mSv)		Letni dozni ekvivalent, $H^*(10)$ (TLD) (mSv)
	Gmajnice	Sevanje tal	Sevanje tal in kozmična komponenta	št. dozimetra 59
Ra-226	36,7 ± 2,2	(0,61–0,74)	(0,85–0,98)	0,79 ± 0,09
Ra-228	30,5 ± 8,7			
K-40	376 ± 16			
Cs-137	(35–116)			
	Kusova Vrbina	Sevanje tal	Sevanje tal in kozmična komponenta	št. dozimetra 21
Ra-226	30,7 ± 1,4	0,42 ± 0,02	0,66 ± 0,02	0,72 ± 0,09
Ra-228	21,4 ± 1,3			
K-40	290 ± 11			
Cs-137	1,8 ± 0,1			
	Amerika	Sevanje tal	Sevanje tal in kozmična komponenta	št. dozimetra 63
Ra-226	45,9 ± 2,8	0,67 ± 0,03	0,91 ± 0,03	0,78 ± 0,09
Ra-228	32,1 ± 0,9			
K-40	399 ± 23			
Cs-137	29,5 ± 1,0			

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 [51]. 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 0,002 mSv in 0,07 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 0,025 mSv do 0,08 mSv.



Tabela 6.4: Ocenjena letna vrednost $H^*(10)$ zaradi globalne kontaminacije s Cs-137 do globine 15 cm v letu 2013

LOKACIJA	$H^*(10)$ (mSv)	LOKACIJA	$H^*(10)$ (mSv)
Gmajnice, neobdelana	(0,03–0,07)	Ljubljana	$0,05 \pm 0,01$
Kusova Vrbina	$0,002 \pm 0,001$	Kobarid	$0,08 \pm 0,02$
Amerika	$0,023 \pm 0,005$	Murska Sobota	$0,025 \pm 0,005$

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 [49]. Te vrednosti se dobro ujemajo z izmerjenimi vrednostmi v zemlji v okolici NEK, ki so navedene v tabeli 6.3.

Kot je bilo ugotovljeno, prispevkov NEK k dozi zunanega sevanja ni mogoče neposredno meriti s TLD in MFM. Mreža TLD zato meri dozo sevanja gama naravnih radionuklidov v okolju, ionizirajoče komponente sevanja kozmičnega porekla ter prispevka globalne kontaminacije s Cs-137. Povprečni izmerjeni letni okoljski dozni ekvivalent v okolici NEK v letu 2013 je bil $(0,80 \pm 0,09)$ mSv (tabela 6.1), kar je v okviru merske negotovosti enako kot v letu 2012, $(0,81 \pm 0,09)$ mSv, v letu 2011, $(0,84 \pm 0,18)$ mSv, ter v letu 2010, $(0,79 \pm 0,16)$ mSv.

Ker okoljski TLD ne merijo doze nevtronske komponente kozmičnega sevanja, smo le-to privzeli iz poročila [49]. 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 [49], 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 pretvorbni faktor 1,3 med nevtronsko dozo in $H^*(10)$ [59, 60].

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*") [53], 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 [54]. Ugotavljamo, da je prispevek sevanj iz objektov znotraj ograje NEK k zunanji dozi zunaj ograje zanemarljiv.

Letne efektivne doze zunanega sevanja ob prehodu oblaka (imerzijske doze) pri atmosferskih izpustih iz NEK so ocenjene v poglavju "*Zrak*" na podlagi podatkov o izpuščenih aktivnostih in ob upoštevanju razredčitvenih koeficientov, dobljenih iz Lagrangeevega modela. Sevalne obremenitve zaradi zunanega sevanja iz oblaka (imerzija) so bile ocenjene posebej v poglavju "*Zrak*" prav tako z uporabo podatkov o atmosferskih izpustih iz NEK in z modelnim izračunom po Lagrangeevem modelu, 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.



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 2013*, IJS-DP-11549, marec 2014.

Used je sestavljen iz suhega useda D_d , mokrega useda D_w in faktorja dotika D_t , ki pove, kolikšen del radionuklidov se odloži pri stiku zračnih mas s tlemi. Depozicijski faktor D/Q za določeno lokacijo z enoto s/m^2 se izračuna po enačbi:

$$D/Q = (D_d + D_w + D_t) \frac{\lambda}{Q} (h(1)) + \sum_{N=2} (D_d + D_w) \frac{\lambda}{Q} (N)^{\frac{h(N)}{h(1)}} \quad (9)$$

Pri tem označuje $h(1)$ višino prve celice modelne domene, $h(N)$ pa višino celice N . Vsota zajame vse celice po celotni višini domene.

Tabela 6.5: Ocena letne učinkovite doze zunanjskega sevanja zaradi useda radioaktivnih snovi za različne razdalje r od NEK za leto 2013

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 učinkovita doza zunanjskega sevanja zaradi useda radioaktivnih snovi (mSv)					
I-131	9,00E+07	7,83E-11	1,99E-11	3,21E-12	2,54E-12	2,83E-12	4,08E-13	3,45E-13
I-132	3,06E+08	1,84E-11	1,58E-11	2,55E-12	2,03E-12	2,25E-12	3,25E-13	2,74E-13
I-133	3,01E+07	4,32E-11	3,67E-12	5,91E-13	4,69E-13	5,21E-13	7,52E-14	6,35E-14
H-3	6,21E+12							
C-14	1,33E+11							
Cr-51		7,02E-12						
Mn-54		1,94E-10						
Co-58	5,77E+04	2,24E-10	3,65E-14	5,88E-15	4,67E-15	5,19E-15	7,49E-16	6,32E-16
Co-60	2,34E+04	5,67E-10	3,75E-14	6,05E-15	4,80E-15	5,34E-15	7,70E-16	6,50E-16
Zr-95		1,70E-10						
Nb-95		1,73E-10						
Ag-110m	2,12E+03	6,48E-10	3,87E-15	6,25E-16	4,95E-16	5,51E-16	7,95E-17	6,71E-17
Sb-124		4,05E-10						
Te-125m		2,97E-12						
Te-127m		2,97E-12						
Cs-137	3,93E+04	1,35E-10	1,50E-14	2,42E-15	1,92E-15	2,13E-15	3,07E-16	2,60E-16
Fe-55	2,05E+04	4,86E-14	2,81E-18	4,53E-19	3,59E-19	3,99E-19	5,76E-20	4,87E-20
Sr-90	2,71E+03	2,40E-11	1,84E-16	2,96E-17	2,35E-17	2,61E-17	3,77E-18	3,18E-18
VSOTA			3,95E-11	6,37E-12	5,05E-12	5,61E-12	8,10E-13	6,84E-13

Prispevki k letni učinkoviti dozi zaradi useda iz oblaka so zbrani v tabeli 6.5. Letna učinkovita doza za posamezni radionuklid na določeni lokaciji je produkt letnega izpusta, depozicijskega faktorja iz enačbe (9), ki so ga izračunali v podjetju MEIS, d. o. o., in doznega pretvorbenega koeficienta DCF [58]. Dozni pretvorbene koeficient upošteva izpostavljenost zaradi useda in resuspenzije s tal po štirih dneh, pri končni oceni učinkovite 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 celoletnih



izpustov). Iz rezultatov je razvidno, da je bila v letu 2013 letna efektivna doza največja na oddaljenosti 0,5 km od dimnika NEK, vendar je tudi ta prispevek popolnoma zanemarljiv glede na druge prispevke zunanega sevanja. Tega prispevka NEK ni mogoče izmeriti niti s TLD niti s kontinuirnimi merilniki, ki so v okolici NEK, saj je daleč pod mejo detekcije. Že same variacije letnih efektivnih doz na posameznih lokacijah zaradi različnosti naravnega sevanja daleč presegajo prispevek NEK.

V tabeli 6.6 so povzete ocenjene letne vrednosti $H^*(10)$ za prebivalstvo v okolici NEK. Prevladuje izpostavitvev zaradi naravnega sevanja in useda Cs-137 zaradi globalne kontaminacije. Prispevek NEK je, kot že rečeno, zanemarljiv.

Tabela 6.6: Doze $H^*(10)$ zaradi zunanega sevanja v letu 2013 za prebivalstvo v okolici NEK

Vir	Podatki	$H^*(10)$ (mSv)
sevanje gama + ionizirajoča komponenta kozmičnega sevanja	TLD	0,80 (89 %)
kozmični nevtroni	[49]	0,10 (11 %)
naravno sevanje – skupaj		0,90 (100 %)
kontaminacija zaradi černobilske nesreče in poskusnih jedrskih eksplozij	Cs-137 v zemlji	< 0,07 (< 8 %)*
NEK – atmosferski izpusti	used (model)	< 4E-11
SKUPAJ		< 0,97

* 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 hiši 0,1.

SKLEPI

Pri meritvah specifičnih aktivnosti radionuklidov v vzorcih zemlje, zbranih v letu 2013, 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 0,55 mSv in 0,63 mSv, na območjih rednih poplav pa približno 0,4 mSv. Letni okoljski dozni ekvivalenti zaradi globalne kontaminacije so v razponu od 0,002 mSv do 0,07 mSv. Prispevek kontaminacije zemljišča in urbanih površin s Cs-137 (černobilska nesreča in poskusne jedrske eksplozije) k letni dozi $H^*(10)$ v letu 2013 je od 1 do 26 odstotkov skupne doze zaradi naravnih in umetnih radionuklidov v zemlji.

Prispevki NEK k zunanemu 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 efektivna doza zaradi sevanja iz NEK manjša od 0,1 μ Sv.

Vrednost $H^*(10)$ zaradi zunanega sevanja naravnih sevalcev gama, ionizirajoče komponente kozmičnega sevanja in kozmičnih nevtronov v letu 2013 je bila za prebivalstvo v okolici NEK 0,90 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 2013 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, kontaminirane z radionuklidi. 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 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, pa smo privzeli, da prebivalci uživajo hrano iz notranjega kroga NEK dva meseca v letu, drugih 10 mesecev pa hrano od drugod.

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 2013 (240 ± 16) μSv , brez upoštevanja K-40 pa (59 ± 11) μSv za odrasle osebe.

Kontaminacija hrane z umetnima radionuklidoma Cs-137 in Sr-90 je povečala sevalno obremenitev prebivalcev okolice NEK še za ($0,77 \pm 0,05$) μSv , kar je le 1,3 % 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 ($0,59 \pm 0,12$) μSv , kar je v okviru merske negotovosti primerljivo z rezultati, dobljenimi v okolici NEK. Izotopa 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 različnih elektrarn in industrijskih obratov, 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 2013 je bil v NEK redni remont oktobra, to je ob koncu vegetacijske sezone, nekoliko povišane atmosferske vrednosti C-14 pa so bile izmerjene v maju. V letu 2013 je bil v NEK redni remont oktobra, to je ob koncu vegetacijske sezone, nekoliko povišane atmosferske vrednosti C-14 pa so bile izmerjene v maju. Junija je bilo tako opazno rahlo povišanje specifične aktivnosti C-14 tudi v rastlinstvu. Ocenjena doza prebivalstva v letu 2013 zaradi vsebnosti C-14 v rastlinski hrani je ($15,1 \pm 0,1$) μSv , pri čemer so prebivalci v neposredni bližini NEK prejeli enako dozo kot tisti na kontrolni točki v Dobovi ($15,0 \pm 0,2$) μSv . 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 prek koreninskega sistema rastlin, lahko pa tudi s površine listov, kamor se odložijo kot usedi iz atmosfere. 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 [61]. Na absorpcijo radionuklidov v rastline prek listne površine vplivajo predvsem morfološke značilnosti rastlin (npr. velikost površine, dlakavost listov) 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, čebule in plodove, ki uspevajo pri tleh, kot npr. jagode [62].

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 korenin, listov, poganjkov, plodov, založnih organov, semen [63].

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 [62]. 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 [62].

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 [64]. 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 [64].

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.

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 2013, 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), Vihre (mleko, zelenjava), Vrbina (jajca, zelenjava, žito), Spodnji Stari Grad (meso, jajca, zelenjava), Žadovinec (zelenjava), Trnje (zelenjava, žito), Sromlje (meso), Krško (sadje), Vinska klet Leskovec (vino). V letu 2013 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 juniju in septembru 2013 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 in ječmenu.

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) [65]. 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 [68]. 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 [68].

Pokritost domače proizvodnje hrane s potrošnjo, tj. stopnja samooskrbe, je v Sloveniji za živalske proizvode precej višja kot za rastlinske proizvode. V letu 2012 je bila pokritost za žita 70 %, zelenjavo 34 %, krompir 55 %, jajca 92 % in meso 83%. Po podatkih o rabi zemljišč in stopnji samooskrbe v Sloveniji lahko predvidevamo, da tudi prebivalci na krško-brežiškem območju večino hrane kupijo. Kupljena hrana tako prihaja iz drugih območij v Sloveniji oziroma iz uvoza (večji del). Republiški program nadzora radionuklidov v hrani predvideva vzorčevanje hrane, pridelane v Sloveniji, medtem ko hrana, ki prihaja iz uvoza, ni natančneje kontrolirana, tako da podatki o vsebnosti radionuklidov niso znani in je zato težko oceniti dejanske doze, ki jih prebivalci dobijo zaradi uživanja hrane. Zato je letna učinkovita doza zaradi ingestije izračunana ob predpostavki, da prebivalci uživajo le hrano, pridelano na krško-brežiškem področju. Pri izračunu doze prejete zaradi C-14 pa se upošteva, da prebivalci uživajo hrano iz notranjega kroga NEK dva meseca v letu, drugih 10 mesecev pa hrano od drugod [17].

REZULTATI MERITEV

Tabele z merskimi rezultati so na priloženi zgoščenci v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2013*, IJS-DP-11549, marec 2014.

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, bezeg), T-68 (rdeče in belo vino), T-69 do T-73 (podzemna zelenjava: krompir, korenje, koleraba, rdeča pesa, čebula, repa; listna zelenjava - zelena solata, zelje, radič, blitva, peteršilj, ohrovt; plodovke - paprika, paradižnik, feferoni, bučke, jajčevci, fižol; žita - koruza, ječmen) T-74, T-75 (jajca in meso; kokošja jajca; kokošje, svinjsko, goveje in divjačinsko meso). V letu 2013 v okolici NEK ni bila vzorčevana pšenica, zato je pri izračunu učinkovite doze zaradi uživanja žit upoštevana le količina porabe za ječmen in koruzo. Vrednosti specifične aktivnosti posameznih radionuklidov so v tekstu podane 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, slive, hruške, jabolka;



podzemna zelenjava - krompir; listna zelenjava - solata, radič, zelje; plodovke - paradižnik, bučke; žita - ječmen, pšenica; jajca in meso (kokošja jajca, kokošje, svinjsko in goveje meso, ribe ter divjačina). Rezultati meritev povprečnih specifičnih aktivnosti radionuklidov za posamezne skupine živil, pa tudi doz, prejetih zaradi uživanja posameznih skupin živil, kontaminiranih z radionuklidi, 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 2013 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).

Specifična aktivnost Cs-137 v živilih v okolici NEK je od 0 Bq/kg do 0,59 Bq/kg in je primerljiva s specifično aktivnostjo Cs-137 v živilih, vzorčevanih drugod po Sloveniji, ki je od 0,01 Bq/kg do 0,17 Bq/kg [10].

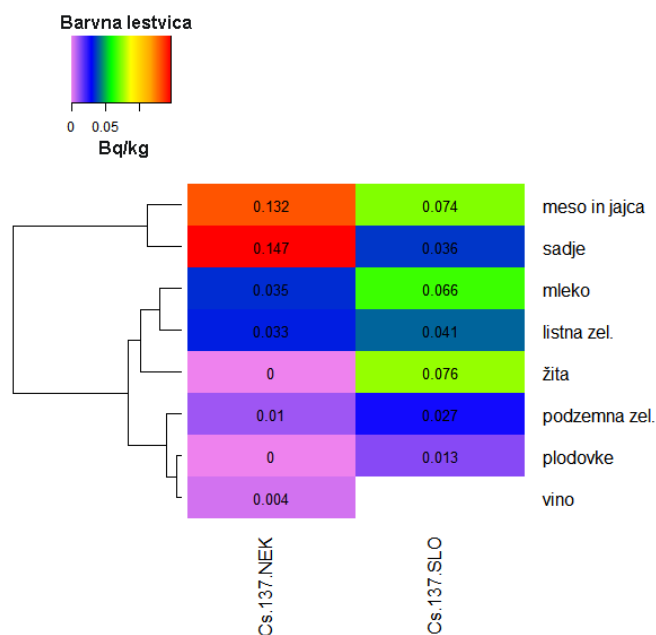
S slike 7.1 je razvidno, da živila na osnovi vsebnosti Cs-137 lahko zberemo v tri skupine, in sicer: največjo vsebnost Cs-137 najdemo v mesu in sadju, sledijo mleko, listna zelenjava in žito, skupino z najmanjšo vsebnostjo Cs-137 pa tvorijo podzemna zelenjava, plodovke in vino. V okolici NEK najdemo največ Cs-137 v mesu in sadju, drugod po Sloveniji pa v mesu, žitih in mleku.

V posameznih živilih v okolici NEK je bila najvišja specifična aktivnost Cs-137 izmerjena v bezgu ($0,59 \pm 0,03$) Bq/kg, vzorčevanem v Krškem, 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 Škofje Loke, ($0,17 \pm 0,01$) Bq/kg.

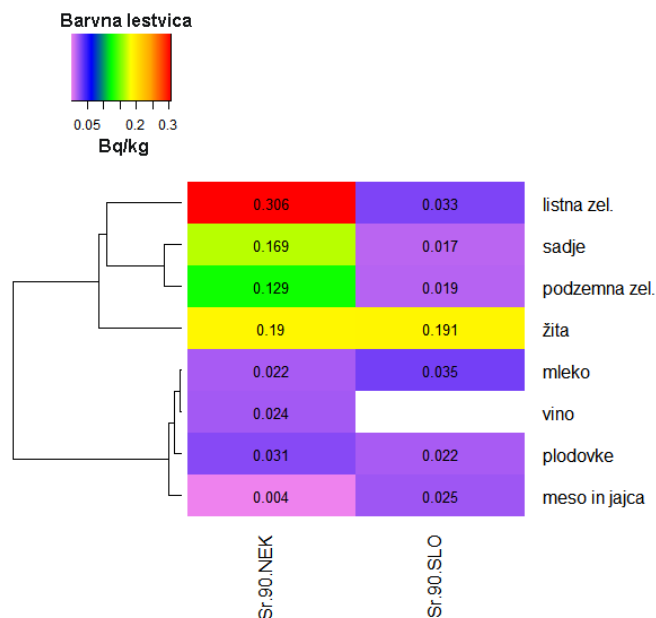
Izotop Sr-90 je bil v okolici NEK letu 2013 detektiran v vseh skupinah živil (slika 7.2), vendar je bil v vzorcih mesa detektiran le pri divjačini. Specifična aktivnost Sr-90 v živilih v okolici NEK je od 0 Bq/kg do 0,70 Bq/kg, specifična aktivnost Sr-90 v živilih, vzorčevanih drugod po Sloveniji, pa 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, podzemna zelenjava, sadje in žito. V drugo skupino pa spadajo živila živalskega izvora (meso in jajca, mleko) ter plodovke in vino (slika 7.2).

Največ Sr-90 najdemo v okolici NEK v listni zelenjavi in žitih, drugod po Sloveniji pa v žitih (slika 7.2). V okolici NEK je bila v posameznih vzorcih živil najvišja specifična aktivnost Sr-90 izmerjena v zeleni solati ($0,70 \pm 0,01$) Bq/kg. V hrani, vzorčevani po Sloveniji, pa je bila največja specifična aktivnost Sr-90 izmerjena v žitih (Bodenci, pšenica ($0,24 \pm 0,04$) Bq/kg).



Slika 7.1: Izmerjene povprečne specifične aktivnosti Cs-137 (Bq/kg) v vzorčevanih skupinah živil v letu 2013 v okolici NEK in drugod po Sloveniji. Vino drugod po Sloveniji ni bilo vzorčevano. 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.



Slika 7.2: Izmerjene povprečne specifične aktivnosti Sr-90 (Bq/kg) v vzorčevanih skupinah živil v letu 2013 v okolici NEK in drugod po Sloveniji. Vino drugod po Sloveniji ni bilo vzorčevano. 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.



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 13,3 Bq/kg, predvidena efektivna doza zaradi kontaminacije hrane z Be-7 pa je zanemarljiva, zato smo ga izključili iz nadaljnje predstavitve rezultatov.

Specifična aktivnost K-40 je bila v letu 2013 v hrani, ki je bila pridelana na krško-brežiškem polju, od 21,5 Bq/kg do 474 Bq/kg, v hrani, vzorčevani drugod po Sloveniji, pa so se specifične aktivnosti gibale od 32,5 Bq/kg do 172 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 žita, plodovke, listna in podzemna zelenjava ter meso in jajca, med živila z manjšo aktivnostjo K-40 pa mleko, sadje in vino (slika 7.3).

Največ K-40 v letu 2013, je bilo v živilih, vzorčevanih v okolici NEK, v listni zelenjavi, žitih in plodovkah, v hrani, vzorčevani drugod po Sloveniji, pa v podzemni in listni zelenjavi. V posameznih živilih v okolici NEK je bila najvišja specifična aktivnost K-40 izmerjena v fižolu (474 ± 15) Bq/kg, v hrani, vzorčevani po Sloveniji, pa v radiču (172 ± 8) Bq/kg. Ker je specifična aktivnost podana na svežo snov živila, lahko razlike v vsebnosti K-40 v veliki meri pripišemo različni vsebnosti vode v posameznih živilih. Fižol v zrnju namreč vsebuje precej manj vode kot listna zelenjava.

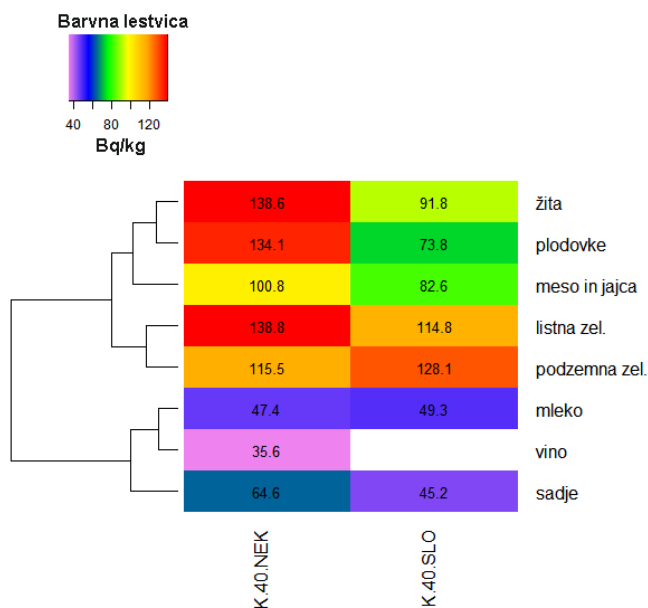
Od naravnih radionuklidov je k letni efektivni dozi zaradi uživanja hrane, ki je brez upoštevanja K-40 (59 ± 11) μ Sv, največ prispeval Pb-210, in sicer 51 %. Specifična aktivnost Pb-210 v živilih je prikazana na sliki 7.4 in je bila v okolici NEK od 0 Bq/kg do 1,65 Bq/kg, drugod po Sloveniji pa od 0 Bq/kg do 1,7 Bq/kg.

Največ Pb-210 je bilo v letu 2013 v listni zelenjavi in žitih, tako v okolici NEK kot drugod po Sloveniji (slika 7.4), sledijo sadje in plodovke, najmanjše specifične aktivnosti pa so bile izmerjene v mleku, mesu, podzemni zelenjavi in vinu (slika 7.4). V posameznih živilih v okolici NEK je bila najvišja specifična aktivnost Pb-210 izmerjena v bezgu ($1,65 \pm 0,31$) Bq/kg, v živilih, vzorčevanih po Sloveniji, pa v radiču ($1,7 \pm 0,2$) Bq/kg.

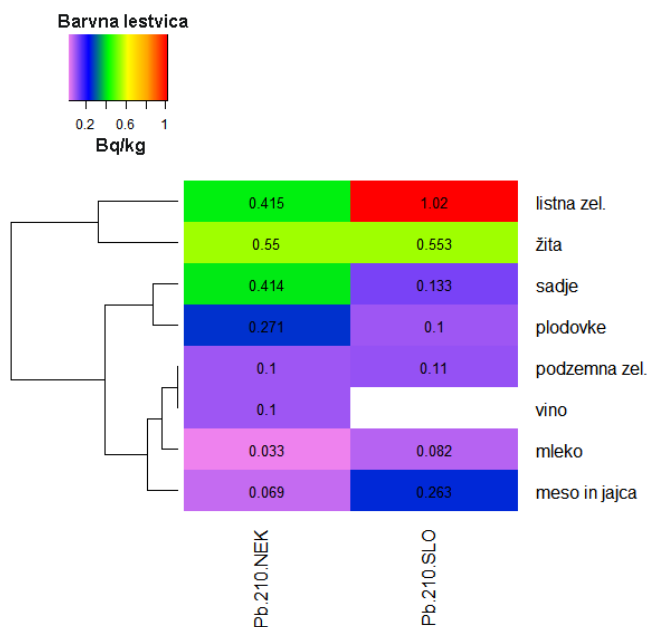
Povprečna specifična aktivnost U-238, Ra-226, Ra-228 in Th-228 v vzorčevanih skupinah živil je prikazana na sliki 7.5. V splošnem največ omenjenih radionuklidov vsebujejo plodovke in žita, sledi sadje, listna zelenjava, meso in podzemna zelenjava, najmanj U-238, Ra-226, Ra-228 in Th-228 pa je v mleku in vinu.

Specifična aktivnost U-238 je bila v živilih, vzorčevanih v okolici NEK, od 0 Bq/kg do 2,4 Bq/kg, drugod po Sloveniji pa od 0 Bq/kg do 0,76 Bq/kg. Specifična aktivnost Ra-226 je bila v živilih, vzorčevanih v okolici NEK, od 0 Bq/kg do 0,91 Bq/kg, drugod po Sloveniji pa od 0 Bq/kg do 0,52 Bq/kg. Specifična aktivnost Ra-228 je bila v živilih, vzorčevanih v okolici NEK, od 0 Bq/kg do 0,47 Bq/kg, drugod po Sloveniji pa od 0 Bq/kg do 0,49 Bq/kg. Specifična aktivnost Th-228 je bila v živilih, vzorčevanih v okolici NEK, od 0 Bq/kg do 1,7 Bq/kg, drugod po Sloveniji pa od 0 Bq/kg do 0,17 Bq/kg. Povprečne specifične aktivnosti naravnih radionuklidov v živilih, vzorčevanih v okolici NEK, so primerljive s tistimi drugod po Sloveniji.

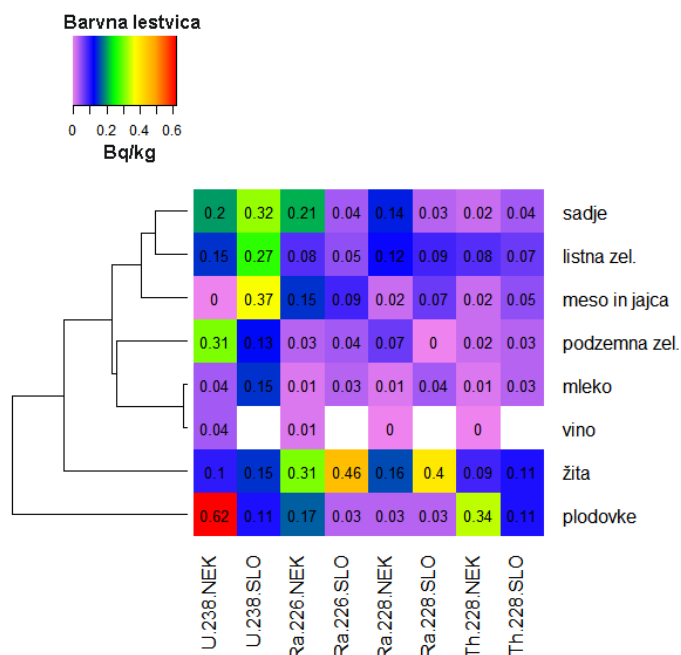
Največja povprečna specifična aktivnost U-238 je bila v okolici NEK v letu 2013 izmerjena v plodovkah, v živilih, vzorčevanih drugod po Sloveniji, pa v mesu, sadju in listni zelenjavi (slika 7.5). Največja povprečna specifična aktivnost Ra-226 in Ra-228 je bila izmerjena v žitih, tako v okolici NEK kot drugod po Sloveniji. Največja povprečna specifična aktivnost Th-228 pa je bila izmerjena v plodovkah v okolici NEK.



Slika 7.3: Izmerjene povprečne specifične aktivnosti K-40 (Bq/kg) v vzorčenih skupinah živil v letu 2013 v okolici NEK in drugod po Sloveniji. Vino drugod po Sloveniji ni bilo vzorčevano. 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.



Slika 7.4: Izmerjene povprečne specifične aktivnosti Pb-210 (Bq/kg) v vzorčenih skupinah živil v letu 2013 v okolici NEK in drugod po Sloveniji. Vino drugod po Sloveniji ni bilo vzorčevano. 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.

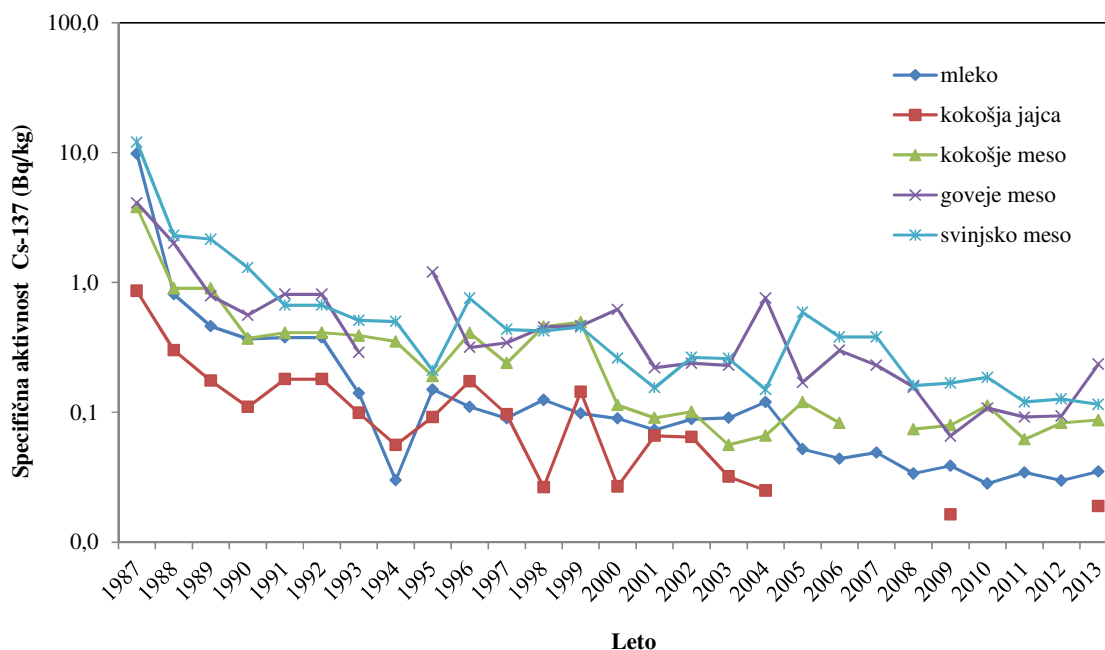


Slika 7.5: Izmerjene povprečne specifične aktivnosti U-238, Ra-226, Ra-228 in Th-228 (Bq/kg) v vzorčenih skupinah živil v letu 2013 v okolici NEK in drugod po Sloveniji. Vino drugod po Sloveniji ni bilo vzorčevano Polja, obarvana vijolično in modro, pomenijo najnižje vrednosti, polja, obarvana rumeno in zeleno, srednje vrednosti, polja, obarvana oranžno in rdeče, pa najvišje vrednosti. Meritve drugod po Sloveniji je izvedel ZVD.

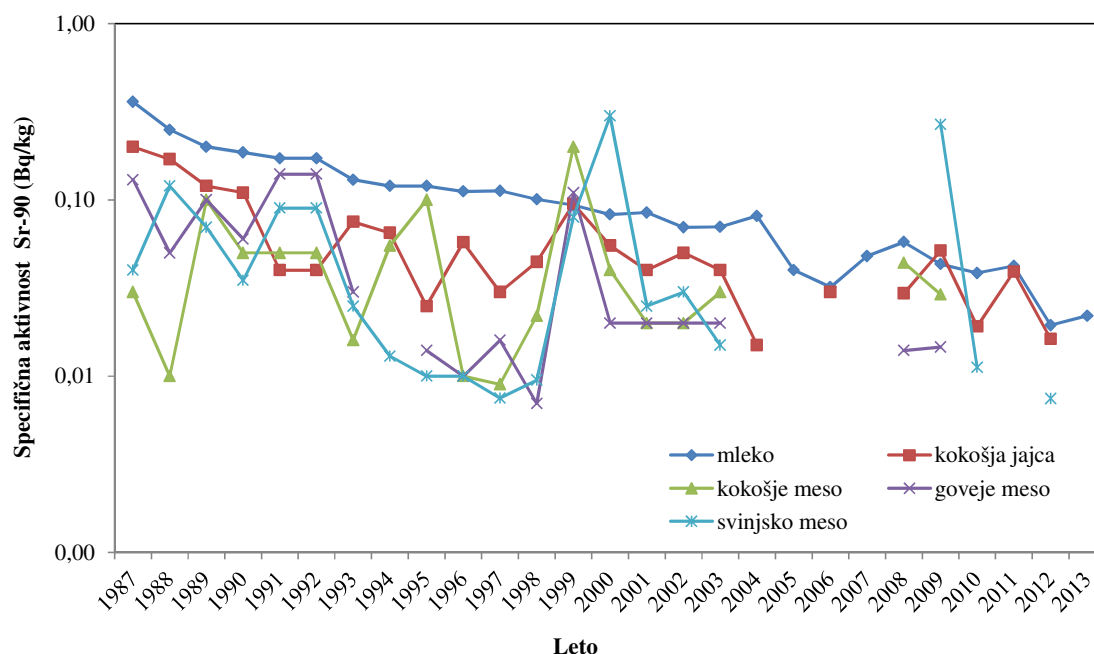
DISKUSIJA

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 (slike 7.6, 7.7 in 7.8), 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 [62]. 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.

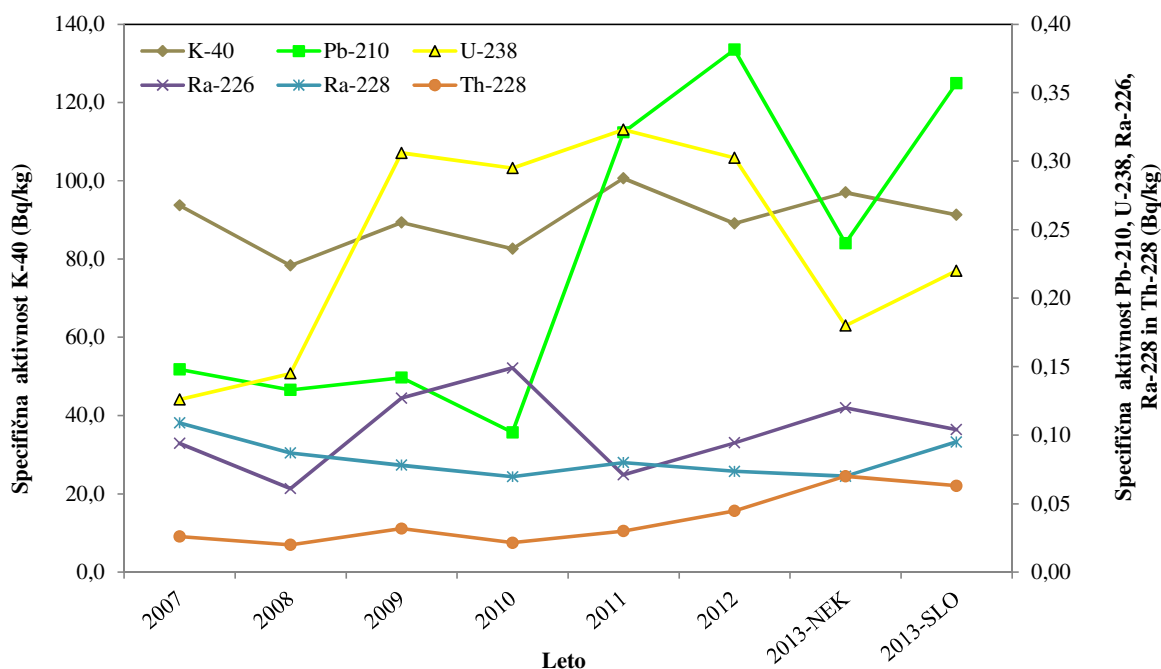
Cs-137 je bil detektiran tudi v vzorcih trave, travne silaže in sena. Specifična aktivnost Cs-137 v vzorcih krme se je gibala od $(0,08 \pm 0,04)$ Bq/kg v vzorcih koruzne silaže z Žirovskega vrha do $(3,1 \pm 0,2)$ Bq/kg v senu iz Moravč, pri čemer je treba upoštevati, da so vsebnosti izražene na maso sveže snovi, v senu pa je vsebnost vode nizka. Povprečna izmerjena specifična aktivnost Sr-90 v krmi v 2013 je 3,4 Bq/kg. Najvišja specifična aktivnost Sr-90 je bila izmerjena v vzorcu sena iz Žirovskega Vrha $(9,6 \pm 0,5)$ Bq/kg in sveže trave z Gorenjskega $(10,4 \pm 0,5)$ 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 [14].



Slika 7.6: Izmerjene specifične aktivnosti Cs-137 v mleku, kokošjih jajcih ter kokošjem, govejem in svinjskem mesu od leta 1987 do 2013. Vrednosti so prikazane v logaritemski skali. V kokošjih jajcih je bila specifična aktivnost v letih 2005–2008, 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 2013 v mleku, kokošjih jajcih ter kokošjem, govejem in svinjskem mesu, vzorčevanih v okolici NEK. V letih 2004–2007, 2011–2013 so bile izmerjene specifične aktivnosti v kokošjem, govejem oz. 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.



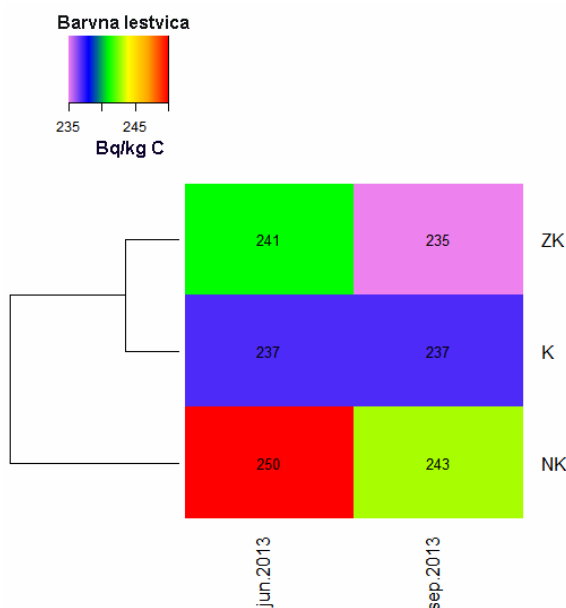
Slika 7.8: Povprečne izmerjene specifične aktivnosti (Bq/kg) naravnih radionuklidov v hrani vzorčevani v okolici NEK, po letih od 2007 do 2013 ter drugod po Sloveniji v letu 2013

Vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov v hrani z leti nihajo. V letu 2013 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 drugod po Sloveniji (slika 7.8).

Specifična aktivnost K-40 v koruzni silaži je bila v letu 2013 (96 ± 9) Bq/kg, vsebnosti v sveži travi, travni silaži in senu pa so bile višje, tudi do (686 ± 70) Bq/kg v senu z Žirovskega Vrha, pri čemer je seveda potrebno 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 diskriminirajo oba radionuklida v prid kaliju, ob pomanjkanju kalija v tleh, pa se privzem Cs-137 relativno poveča [66]. Vzorci zelene krme (trava, travna silaža, koruzna silaža, seno, koruza) vsebujejo tudi Be-7 in Pb-210. Izotopa se z dežjem izpirata iz atmosfere ter se z vnosom preko listov ali koreninskega sistema vneseta v krmila. Vsebnosti Pb-210 v krmi so primerljive tistim iz prejšnjih let in pa vsebnostim v živilih, vzorčevanih v okolici NEK in po Sloveniji.

Tudi vsebnosti U-238, Ra-226 in Ra-228 v krmi so primerljive vsebnostim v živilih, vzorčevanih v okolici NEK in drugod po Sloveniji, pri čemer pa ugotavljamo višje vsebnosti U-238 v vzorcu travne silaže iz Moravč (37 ± 10) Bq/kg, najvišje specifične aktivnosti Ra-226 pa so bile izmerjene v vzorcu sena iz Žirovskega Vrha ($6,2 \pm 3,3$) Bq/kg. Visoka koncentracija urana v travni silaži nakazuje možnost mešanja z zemljo.

Med naravne radionuklide v hrani spada tudi C-14, hkrati pa je C-14 merljiv tudi v izpustih NEK. C-14 se v hrano rastlinskega izvora asimilira predvsem kot CO_2 v procesu fotosinteze. Specifična aktivnost C-14 je bila v okolici NEK izmerjena v jabolkih, ječmenu in koruzi, in sicer v juniju in septembru 2013. V juniju so bile povprečne vsebnosti C-14 v živilih, vzorčevanih v notranjem krogu, (250 ± 13) Bq na kilogram ogljika za 3,6% višje od tistih, izmerjenih v zunanem krogu, in za 5,5% višje od tistih, izmerjenih na kontrolni točki v Dobovi, prav tako pa so bile v juniju povečane glede na septembrske aktivnosti (slika 7.9). Povišane aktivnosti C-14 v živilih v juniju so verjetno posledica povišane aktivnosti C-14 v plinskih izpustih v maju 2013, tj. v vegetacijskem obdobju vzorčevanih živil.



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 2013. 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)*):

$$E_{50-70, i} = a_i h(g)_i m_i \quad \mu\text{Sv} \quad (10)$$

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 7.1, za skupine živil pa v tabeli 7.2. Podatki temeljijo na povprečni količini nabavljenih živil in pijač na člana gospodinjstva, ki jo je pripravil Statistični urad Republike Slovenije za leto 2010. 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.

Ocenili smo, da je bila efektivna 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 2013 v okolici NEK (59 ± 11) μSv , z upoštevanjem K-40 pa (240 ± 16) μSv . Drugod po Sloveniji je bila efektivna doza odrasle osebe zaradi ingestije brez K-40 (78 ± 23) μSv , z upoštevanjem K-40 pa (234 ± 24) μSv . Razlike v skupnih dozah se pojavljajo predvsem zaradi razlik v dozah, prejetih zaradi K-40, Pb-210 in Ra-228.

Prispevki posameznih radionuklidov k efektivni dozi za odraslo osebo v letu 2013 v okolici NEK in drugod po Sloveniji so prikazani na sliki 7.10, pri čemer ni upoštevana doza, prejeta zaradi K-40. K skupni efektivni dozi brez upoštevanja K-40 je v okolici NEK največ prispeval Pb-210 (51 %), sledijo Th-228 (15 %), U-238 (11,9 %), Ra-226 (11,9 %), Ra-228 (8,9 %), Sr-90 (1 %) in Cs-137 (0,3 %). Drugod po Sloveniji je k skupni efektivni dozi brez upoštevanja K-40 ravno tako največ prispeval Pb-210 (61,8 %), Ra-228 (15,2 %), U-238 (8,9 %), Th-228 (7,3 %), Ra-226 (6 %), Sr (0,4 %) in Cs (0,3 %).


Tabela 7.1: Okvirna poraba posameznih živil na člana gospodinjstva v Sloveniji v letu 2010 [67]

Živilo	Količina (kg)	Živilo	Količina (kg)
Kokošja jajca	10	Peteršilj	1
Kokošje meso	9,9	Ohrovt	5
Svinjsko meso	10	Paprika	3,5
Goveje meso	8,7	Paradižnik	8,5
Divjačinsko meso*	1	Feferoni*	1
Mleko	193	Jajčevci	2
Krompir	30,5	Bučke	2
Korenje	3,4	Fižol	10
Koleraba	2	Koruza	5
Rdeča pesa	3	Ječmen	2
Čebula	7,6	Jabolka	18,5
Repa*	1,5	Hruške	2,6
Zelena solata	10,3	Jagode	3
Zelje	4,6	Bezeg*	1
Radič	3	Rdeče vino	5
Blitva	2	Belo vino	8,1

* Poraba je ocena avtorice evalvacije.

Tabela 7.2: Okvirna poraba živil po skupinah na člana gospodinjstva v Sloveniji v letu 2010 [67]

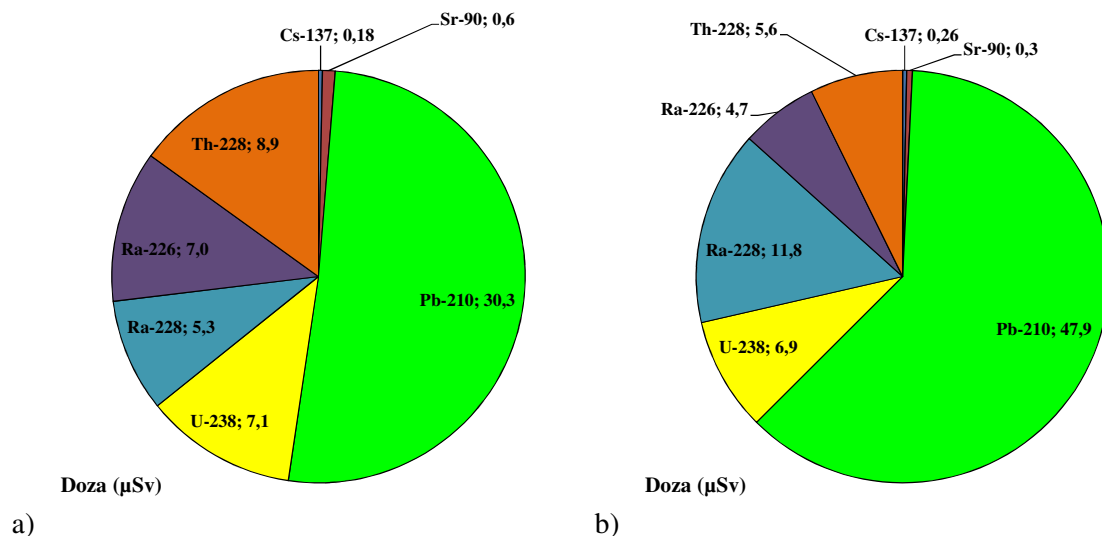
Živilo	Količina (kg)
Jajca in meso	45,7
Mleko	193
Podzemna zelenjava	48
Listna zelenjava	25,9
Plodovke	27
Žita	7*
Sadje	25,7
Vino	13,1

* V okolici NEK v letu 2013 ni bila vzorčevana pšenica, zato je za izračun učinkovite doze v okolici NEK in drugod po Sloveniji upoštevana le skupna poraba koruze in ječmena.

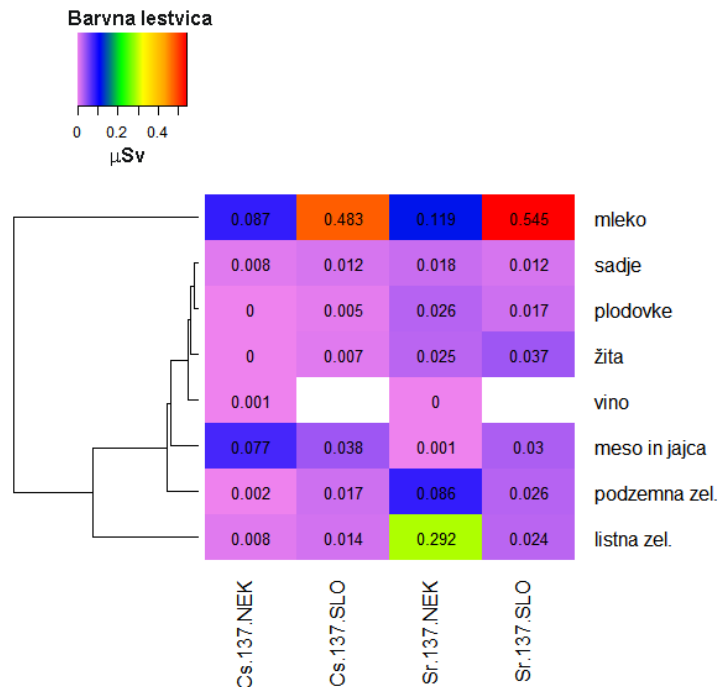
Umetni radionuklidi

Skupna letna učinkovita doza zaradi kontaminacije hrane s Cs-137 je bila v letu 2013 v okolici NEK ($0,18 \pm 0,02$) μSv , drugod po Sloveniji pa ($0,26 \pm 0,06$) μSv . Skupna učinkovita doza zaradi kontaminacije hrane s Sr-90 pa je bila v letu 2013 v okolici NEK ($0,59 \pm 0,04$) μSv , drugod po Sloveniji pa ($0,33 \pm 0,06$) μSv . V okolici NEK je bil delež letne učinkovite doze zaradi umetnih radionuklidov Cs-137 in Sr-90 pri uživanju hrane 1,3 % (0,3% je delež Cs-137 in 1% je delež Sr-90) glede na celotno prejeto učinkovito dozo (59 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 0,7 % (0,3% je delež Cs-137 in 0,4% je delež Sr-90) glede na celotno prejeto učinkovito dozo (78 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 ($0,77 \pm 0,05$) μSv in drugod po Sloveniji ($0,6 \pm 0,12$) μSv , je najbolj prispevalo prehranjevanje z mlekom in mesom (Cs-137) in mlekom ter listno zelenjavo (Sr-90) (slika 7.11).



Slika 7.10: Prispevki posameznih radionuklidov k skupni efektivni dozi (μSv), izračunani za odraslo osebo zaradi kontaminacije hrane z radionuklidi a) v okolici NEK v letu 2013 in b) drugod po Sloveniji v letu 2013. Skupna efektivna doza zaradi kontaminacije hrane brez upoštevanja K-40 je bila v okolici NEK v letu 2013 (59 ± 11) μSv, drugod po Sloveniji pa (78 ± 11) μSv.



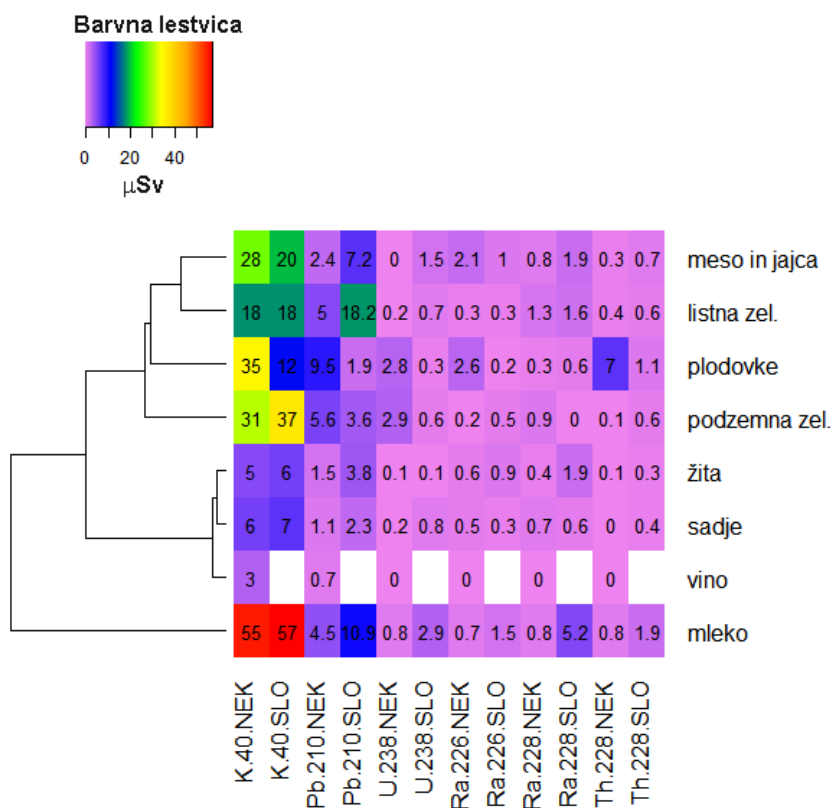
Slika 7.11: Izračunane efektivne doze za odraslo osebo zaradi kontaminacije hrane s Cs-137 (μSv) in Sr-90 (μSv) v različnih skupinah živil, vzorčevanih v okolici NEK in drugod po Sloveniji. Polja, obarvana vijolično in modro, pomenijo najnižje vrednosti, polja, obarvana rumeno in zeleno, srednje vrednosti, polja, obarvana oranžno in rdeče, pa najvišje vrednosti. Skupna efektivna doza zaradi kontaminacije hrane s Cs-137 in Sr-90 je bila v okolici NEK v letu 2013 ($0,77 \pm 0,05$) μSv, drugod po Sloveniji pa ($0,6 \pm 0,1$) μSv.



Naravni radionuklidi

V splošnem se živila glede na prispevke k letni efektivni dozi zaradi vsebnosti naravnih radionuklidov delijo v tri skupine, pri čemer je v prvi skupini, ki prispeva največji delež k skupni dozi, mleko, v drugi skupini so meso in jajca ter zelenjava, v tretji pa žita, sadje in vino. Poudariti je treba, da v letu 2013 v okolici NEK ni bila vzorčevana pšenica, zato je bila poraba žit upoštevana samo za koruzo in ječmen, ki je glede na porabo pšenice relativno majhna. V prejšnjih letih je bil tako prispevek k letni efektivni dozi zaradi vsebnosti naravnih radionuklidov zaradi prehranjevanja z žiti znatno večji.

Skupna letna efektivna doza zaradi K-40 je bila v letu 2013 v okolici NEK (180 ± 11) μSv , drugod po Sloveniji pa (156 ± 11) μSv . 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 2013 največ prispevalo prehranjevanje z mlekom in zelenjavo, najmanj K-40 pa je bilo v sadju, žitih in vinu (slika 7.12).



Slika 7.12: Izračunane efektivne doze za odraslo osebo zaradi kontaminacije hrane s 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. 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 kontaminacije hrane s Pb-210 je bila v letu 2013 v okolici NEK (30 ± 11) μSv , drugod po Sloveniji pa (48 ± 18) μSv , kar je primerljivo z referenčno vrednostjo UNSCEAR [49] in meritvami iz preteklih let. Prejeta doza zaradi Pb-210 po letih zelo variira. 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. Kontaminacija nadzemnih delov 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 stopnja kontaminacije tako povezana z različnimi okoljskimi dejavniki, kot so količina padavin, vetrovnost itd. Iz meritev v letu 2013 je razvidno, da je k letni dozi zaradi kontaminacije hrane s Pb-210 v okolici NEK največ prispevalo uživanje plodovk, drugod po Sloveniji pa listne zelenjave, mleka in mesa (slika 7.12).

Efektivna doza zaradi vsebnosti z U-238 v hrani je bila v letu 2013 v okolici NEK ($7,0 \pm 1,0$) μSv , drugod po Sloveniji pa ($6,9 \pm 2,4$) μSv . K letni dozi, prejeti zaradi U-238, je najbolj prispevalo prehranjevanje s plodovkami, mesom, sadjem in listno zelenjavo (slika 7.12). Efektivna doza zaradi vsebnosti Ra-226 v hrani je bila v okolici NEK ($7,0 \pm 1,0$) μSv , drugod po Sloveniji pa ($4,7 \pm 0,9$) μSv , zaradi vsebnosti Ra-228 je bila v okolici NEK ($5,3 \pm 0,9$) μSv , drugod po Sloveniji pa ($11,8 \pm 2,3$) μSv . K letni dozi, prejeti zaradi Ra-226 in Ra-228, je najbolj prispevalo prehranjevanje s plodovkami, mesom, sadjem in listno zelenjavo (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 ($8,9 \pm 2,3$) μSv , drugod po Sloveniji pa ($5,6 \pm 1,1$) 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 s plodovkami (slika 7.12).

Poleg omenjenih radionuklidov ima pri vnosu naravnih radionuklidov v organizem pomembno težo tudi sevalec alfa Po-210. Iz poročila UNSCEAR [49] 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 efektivni dozi zaradi uživanja živil s krško-brežiškega polja ni mogoče oceniti, saj se le-ta v okviru rednega radiološkega nadzora NEK ne določa.

V zračnih in tekočinskih izpustih NEK smo v letu 2013 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 v živilih tudi v letu 2013 niso bili detektirani.

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 2013 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 [15–17]. V letu 2013 je bilo vzorčevanje jabolk, koruze, in ječmena opravljeno v juniju in v septembru. Doza zaradi prisotnosti C-14 v hrani je bila tako v okolici NEK ocenjena na 15,1 μSv , na kontrolni točki v Dobovi pa na 15,0 μSv , kar je primerljivo v okviru merske negotovosti in naravne variabilnosti. V okviru merske negotovosti je bila doza zaradi C-14 enaka kot v lanskem letu.

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 2013 so bili 11,6 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.

V plinastih izpustih, ki jih v okolje spušča NEK, sta tudi Cs-137 in Sr-90. Celoletni izpust v letu 2013 je bil 39 kBq za Cs-137 in 1,7 kBq za Sr-90. V vzorcih jabolk in hrušk iz neposredne bližine NEK (sadovnjak ob ograji) Cs-137 v letu 2013 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.



SKLEPI

V letu 2013 je bilo opravljenih 32 meritev različnih vrst hrane in 36 vzorcev mleka iz okolice NEK. Zelenjavo, žita in sadje smo vzorčili od maja do oktobra, odvzem mesa je bil v januarju, februarju in aprilu, vina v oktobru, mleko pa je bilo vzorčevano mesečno. Nadzor vsebnosti v hrani drugod po Sloveniji so izvedli na ZVD v okviru republiškega programa nadzora vsebnosti radionuklidov v okolju.

Ocenili smo, da je bila učinkovita doza zaradi kontaminacije hrane z umetnimi in naravnimi radionuklidi, pridelane na krško-brežiškem polju v letu 2013, brez upoštevanja K-40, (59 ± 11) μSv , z upoštevanjem K-40 pa (240 ± 16) μSv . Največji delež k skupni učinkoviti dozi zaradi kontaminacije hrane, brez upoštevanja K-40, prispevajo naravni radionuklidi (98,7 %), kot so Pb-210 (51 %), Th-228 (15 %), Ra-226 (11,9 %), U-238 (11,9 %) in Ra-228 (8,9 %).

Deleža letnih učinkovnih doz glede na celotno prejeta učinkovita doza zaradi umetnih radionuklidov Cs-137 in Sr-90 pri uživanju hrane sta bila 0,3 % in 1 % (1,3 % 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 vzorčijo na krško-brežiškem polju, še naprej manjšata.

Največji delež je k celotni dozi (240 ± 16) μSv , prejeti zaradi vsebnosti naravnih radionuklidov v hrani in z upoštevanjem K-40, prispevalo prehranjevanje z mlekom, mesom in plodovkami. Omenjeni rezultati se povezujejo z relativno večjo porabo kot pri drugih živilih. Poudariti je potrebno, da v letu 2013 v okolici NEK ni bila vzorčevana pšenica, zato prispevki niso upoštevani. Glavni vir vnosa Cs-137 in Sr-90 sta bila v letu 2013 mleko in meso.

Med detektiranimi radionuklidi v zračnih izpustih NEK so tudi drugi umetni radionuklidi, ki pa jih v hrani v letu 2013 nismo detektirali, zato vpliv zračnih izpustov NEK v hrani ni neposredno določljiv. Izračuni učinkovnih doz zaradi uživanja hrane, ki vsebuje umetne in naravne radionuklide, so pokazali, da je delež učinkovite doze v letu 2013 zaradi umetnih radionuklidov v hrani manj kot 1-odstoten glede na celotno učinkovito dozo zaradi vseh radionuklidov v hrani, kar je z biološkega vidika zanemarljivo. Od tod izhaja, da je prejeta učinkovita doza zaradi uživanja hrane v glavnini posledica vnosa naravnih radionuklidov. Posebej je očitno prispevek Pb-210, (30 ± 11) μSv , ki pa je v okviru vrednosti nadzornih meritev v okolici NEK v preteklih letih.

Izračunane učinkovite doze v letu 2013 veljajo pri pogoju, da prebivalci uživajo samo hrano, pridelano na krško-brežiškem polju. Pri oceni letne učinkovite doze bi bilo treba upoštevati delež samooskrbe prebivalcev, saj je iz podatkov o deležu samooskrbe prebivalstva v Sloveniji razvidno, da prebivalci večji del hrane kupijo, hrana pa prihaja bodisi iz 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 vsebnosti 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 rezultanti 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 2013 izvedene na vzorcih jabolk, koruze in ječmena na Institutu Ruđer Bošković v Zagrebu, rezultati vsebnosti C-14 v omenjenih živilih/krmih pa ne kažejo odmikov od vsebnosti C-14, izmerjenih v vzorcih s kontrolne točke v Dobovi. Ocenjena letna učinkovita doza zaradi ingestije C-14 je v okolici NEK enaka tisti na kontrolni točki v Dobovi, tako da vplivov NEK na vsebnosti C-14 v hrani ni zaznati. V letu 2013 je bil namreč redni letni remont v NEK oktobra, to je ob koncu vegetacijske sezone.

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 2012, interna oznaka 15/2013, Ljubljana, marec 2013
- [2] B. Zorko et al., *Poročanje in ovrednotenje zračnih in tekočinskih emisij ter meritev zunanjskega sevanja v okolici NEK*, 1. izd., Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, marec 2013
- [3] Meritve radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2008, Ljubljana, interna oznaka 25/2008, ISSN 1318-2161, marec 2009
- [4] Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško, Poročilo za leto 2010, interna oznaka 12/2011, Ljubljana, marec 2011
- [5] Mesečna poročila o radioaktivnih emisijah in dozi, NEK, NEK-RETS, Rev. 6, Table 5.9.1, 2013
- [6] 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
- [7] 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] Uredba o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih (UV2), Uradni list RS 49/2004, 2843
- [9] Pravilnik o pogojih in metodologiji za ocenjevanje doz pri varstvu delavcev in prebivalstva pred ionizirajočimi sevanji (SV5), Uradni list RS 115 (2003) 15700
- [10] Poročila o obsevanosti prebivalcev Slovenije, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2000–2013
- [11] Trimesečno poročilo o izvajanju monitoringa radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji v obdobju oktober–december 2013, ZVD, LMSAR-20130010-D-MG, januar 2014
- [12] Ovrednotenje merskih podatkov o radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji v letu 2013, IJS-DP-11538, januar 2014
- [13] Poročilo o meritvah radioaktivnosti pitne vode v letu 2013, št. poročila 55/2013, IJS, oktober 2013
- [14] Ovrednotenje merskih podatkov radioaktivne kontaminacije vzorcev krme v letu 2013, IJS-DP-11426, Ljubljana, oktober 2013
- [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] 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)
- [19] Cowen, S., Ellis SLR, Reporting measurement uncertainty and coverage intervals near natural limits, *Analyst* 131 (2006), 710–717



- [20] ISO Guide 99, International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM), ISO 2007
- [21] M. Korun, B. Vodenik, B. Zorko, Evaluation of gamma-ray spectrometric results near the decision threshold, *Appl. Radiat. Isot.* 73 (2013), 1–8
- [22] Cox, M. G., Harris, P. M. Software support for metrology best practice guide no. 6, uncertainty evaluation. NPL report DEM-ES-011, 2006
- [23] M. Korun, B. Zorko, Reporting measurement results of activities near the natural limit: note and extension of the article "Interpretation of measurement results near the detection limit in gamma-ray spectrometry using Bayesian statistic", *Accredit. Qual. Assur.* 18 (2013), 175–179
- [24] 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
- [25] Analytical Methods Committee, Response from the Analytical Methods Committee (AMC) to the paper "Uncertainty in repeated measurement of a small nonnegative quantity: examples and discussion of Bayesian methodology", *Accred. Qual. Assur.* 15 (2010), 189–191
- [26] 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
- [27] Izpostavitve prebivalcev sevanju zaradi tekočinskih izpustov NE Krško v reko Savo, IJS DP 8801 (2003)
- [28] Izpostavitve referenčne skupine prebivalcev sevanju zaradi tekočinskih izpustov NEK v reko Savo – Nova referenčna lokacija, IJS-DP-10114 (2009)
- [29] Dodatek k PVO za HE Brežice - vidik NE Krško, Ref. 2164, Ljubljana, februar 2013
- [30] C. Kunz, Carbon-14 discharges at three light-water reactors, *Health Physics*, 49 (1985), 25–35
- [31] 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
- [32] 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
- [33] Carbon 14 and the environment (IRSN), <http://www.irsn.fr/EN/Research/publications-documentation/radionuclides-sheets/environment/Pages/carbon14-environment.aspx>
- [34] Handbook of Parameter Values for Prediction of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater environment, IAEA TRS no. 472
- [35] Špela Arh Marinčič, KOSTAK, sporočilo po elektronski pošti z dne 5.11. 2012
- [36] Jadranka Ajković, KOP Brežice, elektronsko sporočilo z dne 11. 1. 2013
- [37] Toni Petrovič, Določitev referenčnih aktivnosti radionuklida K-40 v različnih vzorcih, magistrsko delo, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, Ljubljana, avgust 2010
- [38] David R. Lide, ed., CRC Handbook of Chemistry and Physics, Internet Version 2005, <<http://www.hbcpnetbase.com>>, CRC Press, Boca Raton, FL, 2005
- [39] A. Kovačič et al., Strokovne podlage za razglasitev ogroženosti podzemne vode v Republiki Sloveniji, 2002
- [40] R. Jamnik, Matematična statistika, Državna založba Slovenije, 1980
- [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] Novica URSJV, 6. 11. 013 <http://www.ursjv.gov.si/nc/si/info/novica/article/12088/5764/>
- [49] 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
- [50] 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
- [51] A. Likar, T. Vidmar, B. Pucelj, Monte Carlo Determination of Gamma-ray Dose Rate with the GEANT System, *Health Physics*, 75 (1998), 165–169
- [52] Maya Bundt et al., Impact of Preferential Flow on Radionuclide Distribution in Soil, *Environ. Sci. Technol.*, 34 (2000), 3895–3899
- [53] HSK – Annual Report 1995 Tables 1–5
- [54] Matjaž Korun, osebno sporočilo, 2003
- [55] 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
- [56] 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
- [57] 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
- [58] FRMAC, Assessment manual Tables, Charts, Worksheets, Glossary, references, Volume 2, SAND2003-1072P, Table 3.5
- [59] W. G. Alberts *et al.*, New dose quantities in radiation protection, PTB, Braunschweig, August 1995
- [60] 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, Spain, May 23–28, 2004
- [61] 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
- [62] F. W. Whicker, Radionuclide transport processes in terrestrial ecosystems. *Radiation research* 94 (1983), 135–150
- [63] B. Varga, Regulations for radioisotope content in food- and feedstuffs. *Food and chemical Toxicology*, 46 (2008), 3448–3457
- [64] 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
- [65] <http://rkg.gov.si/GERK>

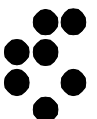


- [66] Y. G. Zhu, E. Smolders, Plant uptake and radiocaesium: a review of mechanisms, regulation and application. *Journal of experimental Botany*, 51 (2000), 1635–1645
- [67] Statistične informacije, Statistični urad RS, št. 5, 30. julij 2002
- [68] Povzetek dokumenta "Strategija razvoja kmetijstva in razvoja podeželja v občini Krško za obdobje 2007–2013, Kmetijsko gozdarski zavod Novo mesto, Kmetijska gospodarska zbornica Slovenije

IJS delovno poročilo
IJS-DP-11549
marec 2014

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

POROČILO ZA LETO 2013





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 števil: POG-3644 z dne 12. 1. 2011 (za IJS)
POG-3614 z dne 18. 10. 2010 (za ZVD)
POG-DNU-1283 z dne 7. 11. 2010 (za IRB)

Odgovorni nosilec: doc. dr. M. Lipoglavšek

Naslov poročila: Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2013

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, M. Jerina, dr. M. Korun, dr. J. Kožar Logar, doc. dr. M. Lipoglavšek, D. Marguč, dr. M. Nečemer, P. Osterman, prof. biol., B. Svetek, inž. kem. tehnol., izr. prof. dr. V. Stibilj, Z. Trkov, inž. kem. tehnol., mag. B. Vodenik, dr. B. Zorko

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

Avtorji na IRB:
dr. J. Barešič, dr. D. Barišič, R. Bernat, dipl. inž., dr. Ž. Grahek, dr. N. Horvatinčič, G. Karanović, dipl. inž., T. Kardum, dr. Ž. Knežević, dr. I. Krajcar Bronić, R. Kušič, dr. I. Lovrenčič, I. Milanović, dipl. inž., M. Nodilo, dipl. inž., dr. B. Obelić (zunanji sodelavec), A. Rajtarić, dr. A. Sironić, mag. B. Vekić

Avtorji na MEIS:
dr. M. Z. Božnar, dr. B. Grašič, dr. P. Mlakar

Štev. del. poročila: IJS-DP-11549

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 2013

IJS-DP-11549
marec 2014

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 2013. 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 (imisijske – priloga 4, preglednica 3 iz pravilnika JV 10). Podroben program meritev je določen v Tehnični specifikaciji za izvedbo storitve obratovalnega monitoringa, podaljšanje pogodbe št. POG-3439: Radiološki monitoring v okolici NEK za leta 2011, 2012 in 2013 v Republiki Sloveniji, NEK, TO.RZ, 4/2010, revizija: 0, priloga 14.1, NEK-RETS, Rev. 0, poglavje 3.12, strani 43–60.

REPORT TITLE:

Measurement results – surveillance of radioactivity
in the environment of Krško NPP - yearly report for 2013

IJS-DP-11549
March 2014

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 measurement results provided by JSI, ZVD and IRB for radioactivity surveillance in the year 2013 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 (imission measurements, Appendix 4, table 3 in regulation JV 10). Detailed programme is determined in Technical specification for accomplishment of execution monitoring, extension of the contract No. POG-3439: Radiological monitoring in the environment of the Krško NPP for years 2011, 2012 and 2013 in Republic of Slovenia, NEK, TO.RZ, 4/2010, Revision: 0, Appendix 14.1, NEK-RETS,



Rev. 0, 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, 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.

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

dr. J. Barešić, 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, d. o. o.:

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



PROGRAM REDNEGA NADZORA RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NE KRŠKO ZA LETO 2013

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, Radiološki monitoring v okolici NEK za leta 2011, 2012 in 2013 v Republiki Sloveniji*, NEK, TO.RZ, 4/2010, revizija: 0, priloga 14.1, NEK-RETS, Rev. 0, poglavje 3.12, stran 43 do 60.

Poleg imisijskih meritev so v poročilu obravnavane tudi **meritve tekočinskih in atmosferskih izpustov (emisije priloga 4, preglednici 1 in 2 iz pravilnika JV 10)** 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 2013

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			
Dotatno 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 ogle 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	enkratni vzorec vsakih 31 dni	1-krat na 31 dni	1-krat na 31 dni	12 × 3
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	2. Drnovo	enkratni vzorec vsakih 31 dni			12 × 3
I-131, specifična analiza	3. Skopice	enkratni vzorec vsakih 31 dni med pašo – 8 mesecev			8 × 3
C-14	Dobova in okolica 15 lokacij okoli NEK (Evrosad in izbrani kraji na polju)	sezonski vzorci raznega sadja, zelenjave ali žit	2-krat na leto (julij in september)	2-krat na leto	okoli 35

11. HRANA - SADJE

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	izbrani kraji na krško-brežiškem polju: sadovnjak AKK pri NEK, AKK Sremič, sadovnjak Leskovec	enkratni sezonski vzorci raznega sadja:	1-krat na 365 dni	1-krat na 365 dni	10
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza		jabolka, hruške, ribez, jagode, vino			10

12. HRANA - POVRTNINE IN POLJŠČINE

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	izbrani kraji na krško-brežiškem polju: Brege, Žadovinek, Vrbina, Sp. Stari Grad, Trnje	enkratni sezonski vzorci širokolistnatih povrtnin in poljščin:	1-krat na 365 dni	1-krat na 365 dni	20
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza		solata, zelje, korenje, krompir, paradižnik, peteršilj, fižol, čebula, pšenica, ječmen, koruza, hmelj			20



13. HRANA - MESO, PERUTNINA, JAJCA

VRSTA IN OPIS MERITEV	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	izbrani kraji na krško-brežiškem polju:	enkratni vzorci raznega mesa in jajc	1-krat na 365 dni	1-krat na 365 dni	6
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	Žadovinek, Vrbina, Spodnji Stari Grad, Pesje.				6

PROGRAM INTERKOMPARACIJSKIH MERITEV V LETU 2013

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 Aktivnost se navaja v enotah: Bq/m³

(1 Bq/m³ = 1E-3 Bq/kg = 1E-3 Bq/L).

približek velja ob predpostavki, da je 1 dm³ vode = 1 L vode = 1 kg vode).

1.2 Izraz "suspendirana snov" velja za ostanek filtracije nad 0,45 μm.

- aktivnost se navaja v enotah Bq/m³ prefiltrirane vode;
izraz "groba suspendirana snov" (filtrski ostanek) velja za filtriranje skozi črni trak oz. velikosti delcev nad 6 μm;
- aktivnost se navaja v enotah Bq/m³ prefiltrirane vode, ki je dala ta filtrski ostanek.

1.3 **H-3** iz vode

Aktivnost se navaja v enotah Bq/m³ vode.

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

- Aktivnost se navaja v enotah Bq/m² terena (vodoravne prestrezne površine).
- Aktivnost se podaja v enotah Bq/m³ tekočih padavin.

3 **HRANA**

Aktivnost se navaja v Bq/kg dejanskega vzorca z navedbo masnega deleža (%) suhe snovi v dejanskem vzorcu, kadar se pri meritvah uporablja suha snov; le-to smo določali s sušenjem na temperaturi od 60 °C do 80 °C.

4 **BIOLOŠKI VZORCI**

Aktivnost se navaja v Bq/kg za sveže ribe, navede se tudi masni delež (%) suhe snovi v ribi; za mahove, ribjo hrano in drugo se podaja aktivnost v Bq/kg suhe snovi z navedbo deleža suhe snovi v vzorcu (%), kadar je to smiselno.

Aktivnost C-14 v biološkem materialu se podaja kot specifična aktivnost C-14 v Bq/kg ogljika ali kot relativna specifična aktivnost v pMC (percent of Modern Carbon), 100 pMC = 226 Bq/kg C.

5 **ZRAK**

Aktivnost se podaja za aerosole in jod v Bq/m³ (pri približno normalnih razmerah).

Aktivnost C-14 v atmosferskem zraku se navaja kot relativna specifična aktivnost C-14 v pMC ali kot koncentracija C-14 v zraku v Bq/m³ zraka ob predpostavki, da je koncentracija CO₂ v zraku 384 μg/g, 100 pMC = 46 E-3 Bq/m³



6 **ZEMLJA**

Aktivnost se podaja v Bq/kg zračno suhe zemlje (sušenje pri sobni temperaturi) in v Bq/m².

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, da 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 radiološke merilne sisteme in 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 POG-3644 na IJS, napisano v skladu z zahtevami standarda SIST EN ISO/IEC 17025:2005, smo izdali ločeno pod zaporedno številko 10/2014. 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 se izraža v Bq/kg ali Bq/g prinesenega vzorca.

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 LPRI. 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 %.

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


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 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 0 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.



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 SrCO₃. Aktivnosti beta se izmeri na proporcionalnem števcu beta s pretokom plina. Najbolj pogosto se uporablja mešanica 90 % Ar in 10 % CH₄. 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 SrCO₃ 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
- [vii] *Navodilo za uporabo proporcionalnega števca*, DP-O2-STC(01), 2. izdaja, sep. 2008
- [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
- [xiv] *Navodilo za uporabo tekočinsko scintilacijskega števca TRICARB 3170 TR/SL*, DP-O2-STC(02), 2. izdaja, sept., 2008
- [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.

Vzorke 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* in *LSC-DN-07*. 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, IJS, Ljubljana
- [xxiii] *Vzorčenje in priprava vzorcev za določitev tritija (LSC-DN-06)*, izdaja 02 (avg. 2009) in izdaja 03 (dec. 2012), IJS, Ljubljana
- [xxiv] *Meritev, analiza in izračun vsebnosti tritija (LSC-DN-07)*, izdaja 03 (avg. 2009), IJS, Ljubljana

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

Ogljik C-14 določamo v bazični raztopini po postopku, ki je opisan v [xxv] in [xxvii]. 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:

- [xxv] 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
- [xxvi] IAEA-TECDOC-1401, *Quantifying uncertainty in nuclear analytical measurements* (2004)
- [xxvii] *Določanje ^{14}C v bazični raztopini*, SDN-O2-STC(03), 6. izdaja, dec. 2012
- [xxviii] *Navodilo za uporabo tekočinsko scintilacijskega števca TRICARB 3170 TR/SL*, D-O2-STC(02), 2. izdaja, sept., 2008
- [xxix] *Poročilo o validaciji metode za določanje ^{14}C v bazični raztopini*, IJS delovno poročilo, IJS-DP-9892, april 2008
- [xxx] *Poročilo o validaciji metod STC v letu 2009*, IJS delovno poročilo, IJS-DP-10349, december 2009
- [xxxii] *Poročilo o validaciji STC metod in izračunu merilne negotovosti v letu 2010*, IJS delovno poročilo, IJS-DP-10659, maj 2011
- [xxxii] *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* [xxxv]. Karakteristike sistema za TL-dozimetrijo so podrobno opisane v IJS delovnih poročilih [xxxiii, xxxiv].

Reference:

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

Reference:

- [xxxvi] *Priručnik sustava upravljanja kvalitetom 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 [xxxvii]. Izkoristke detektorjev merimo s certificiranim standardi ČMI, ANALYTICS in LEA-CERCA, skladno z zahtevami, predpisanimi v postopkih in delovnih navodlih PS 5.4/1 in RU 5.4/1-1 [xxxvii, xxxviii]. Meritve so bile opravljene po postopku, opisanem v PS 5.4/1 [xxxvii] in



RU 5.4/1-1 [xxxviii]. Negotovosti rezultatov so ocenjene v skladu z vodilom IAEA-TECDOC-1401 [xxxix] in postopkom PS 5.4/1 [xxxvii].

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

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 pogojev meritev (števeni čas, masa, statistične fluktuacije sevanja ipd.)

Reference:

- [xxxvii] SUK PS 5.4/1 (izdaja 08), Gama spektrometrijska određivanja, Institut Ruder Bošković, 2013.
- [xxxviii] SUK RU 5.4/1-1 (izdaja 10) Gama spektrometrijska određivanja, Institut Ruder Bošković, 2013.
- [xxxix] IAEA-TECDOC-1401, *Quantifying uncertainty in nuclear analytical measurements*, 2004
- [xl] 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 [xli, xlii]. 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 [xliii]. 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 štejem je opisan v sistemskem postopku PS 5.4/2 [xliv] in v delovnih navodilih RU 5.4/2-1/ [xlv], izračun merilne negotovosti pa je opisan v PS 5.4/1 in IAEA-TECDOC-1401 [xliv, xlvi].

Reference:

- [xli] 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
- [xlvi] Grahek Ž. et al, Improved methods for the radioactive strontium determination, *Journal Radioanal. Nucl. Chem.*, 242 (1999), 33–40
- [xlv] SUK PS 5.4/2 (izdaja 08), Određivanje ^{89,90}Sr, Institut "Ruđer Bošković", 2013
- [xlv] SUK RU 5.4/2-1/ (izdaja 09), Određivanje ^{89,90}Sr, Institut "Ruđer Bošković", 2013
- [xlvi] IAEA-TECDOC-1401, Quantifying uncertainty in nuclear analytical measurements, 2004

c) RADIOKEMIČNA ANALIZA H-3

Tritij določamo v zračnih izpustih in v vodnih vzorcih po postopkih, ki so natančno opisani v referencah [xlvii–li]. 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:

- [xlvii] Reference Manual TRI-CARB Liquid Scintillation Analyzer, Model 3180 TR/SL Series, Perkin Elmer, 2011.
- [xlviii] IAEA, Technical Reports Series No. 295, Measurement of radionuclides in food and the environment, 1989.
- [xlix] 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.
- [l] SUK PS 5.4/3 (izdaja 08), Određivanje tritija, Institut "Ruđer Bošković", 2013
- [li] SUK RU 5.4/3-1/ (izdaja 07), Određivanje tritija, Institut "Ruđer Bošković", 2013

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 [lii, liii]. 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 [lii, liii] ter v referencah [liv, lv].



Reference:

- [lii] SUK PS 5.4/4 (izdaja 08), Određivanje ^{55}Fe , Institut "Ruđer Bošković", 2013
- [liii] SUK RU 5.4/4-1/ (izdaja 08), Određivanje ^{55}Fe , Institut "Ruđer Bošković", 2013
- [liv] 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
- [lv] Ž. Grahek, M. Rožmarić, Isolation of iron and strontium from liquid samples and the determination of ^{55}Fe and $^{89,90}\text{Sr}$ 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, prehodno izčrpani stekleni aparaturi. Nastali CO₂ iz vzorca se absorbira v zmesi Carbosorba[®]E (10 mL) in Permafluora[®]E (10 mL) [lvi–lix]. 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 ^{14}C , 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 [lvii, lviii, lix]. 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:

- [lvi] N. Horvatinčić, J. Barešić, I. Krajcar Bronić, B. Obelić, Measurements of low ¹⁴C activities in a liquid scintillation counter in the Zagreb Radiocarbon Laboratory. Radiocarbon 2004; 46/1:105–116
- [lvii] J. Barešić, I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, B. Obelić, Mjerenje niskih ¹⁴C 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. str. 158–163
- [lviii] J. Barešić, I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, B. Obelić, Mjerenje niskih ¹⁴C aktivnosti uzoraka pripremljenih metodom apsorpcije CO₂. 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. str. 267–272
- [lix] I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, J. Barešić, B. Obelić, . Measurement of ¹⁴C 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

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. Število, ki sledi znaku \pm , je številska vrednost združene standardne negotovosti specifične aktivnosti in se nanaša na interval zaupanja z 68-odstotno zanesljivostjo.
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.
Poročane negotovosti so izračunane v skladu z vodili GUM (2008).
3. Pri IRB so rezultati meritev z visokoločljivostno spektrometrijo gama izraženi kot $A \pm k$, kjer je k razširjena merska negotovost s faktorjem pokritja $k = 2$. Ko je $k \geq 0,9 A$, se pojmuje, da je rezultat pod mejo kvantifikacije in 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.
Meja 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 jih zaradi preglednosti v tabele ne piše. Pri izračunih letnih povprečij se prazna polja upoštevajo kot ničle.
5. Če je pri detektirani prisotnosti radionuklida negotovost aktivnosti večja od 80 % vrednosti izmerka, se poroča **meja kvantifikacije** – k vrednosti izmerka se prišteje negotovost, pomnožena z 1,65, rezultat pa se označi kot manjši ($<$) od dobljene številčne vrednosti. V tem primeru je verjetnost, da leži prava vrednost pod dobljeno številčno vrednostjo, 95 %.
Pri računanju povprečja upoštevamo podatke, ki so označeni z $< a$, kot $0 \pm a$ (meja kvantifikacije). Kadar podatka v tabelah ni (kar pomeni, da radionuklid ni bil detektiran in je njegova koncentracija pod mejo detekcije), privzamemo 0 ± 0 .
Prednosti tega postopka so naslednje:
 - Negotovost povprečja je mogoče oceniti iz apriorne in aposteriorne negotovosti, to je iz negotovosti posameznih izmerkov in iz disperzije populacije izmerkov. V tabelah se kot negotovost povprečja navaja večja od apriorne ali aposteriorne negotovosti.
 - Povprečna vrednost ni odvisna od meje kvantifikacije, torej od pogojev merjenja. Od pogojev merjenja je odvisna le negotovost povprečja, podobno kot so od pogojev merjenja odvisne negotovosti posameznih izmerkov.



- Vpliv negativnih vrednosti izmerkov, ki se pri računu povprečja upoštevajo kot ničle, se delno uravna z vplivom vrednosti, ki so pod mejo kvantifikacije, ki se prav tako upoštevajo kot ničle. Ker je meja kvantifikacije postavljena tik nad mejo detekcije, se vpliv negativnih vrednosti izmerkov dobro uravna z vplivom vrednosti, ki so pod mejo kvantifikacije.

Interpretacija rezultatov blizu detekcijske meje vnese sistematski vpliv v merske rezultate. Merski rezultati, ki so v bližini detekcijske meje, so med seboj korelirani. Omenjeni sistematski vpliv je sicer manjši od negotovosti posameznih izmerkov, vendar pa bi se praviloma morale negotovosti teh rezultatov računati po postopku za korelirane vrednosti. Ker uporabljeni račun povprečja ni tak, so negotovosti povprečij izmerkov v bližini detekcijskih mej podcenjene. Ker se doze računajo iz povprečnih aktivnosti, so njihove negotovosti lahko zaradi omenjenega sistematskega vpliva podcenjene.

- Število za znakom < je torej ali meja kvantifikacije ali številska vrednost meje detekcije pri danih pogojih meritve in se nanaša na interval zaupanja z 95-odstotno zanesljivostjo (le pri Pb-210).
- 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 $dV/dt = \dot{V} = \text{konst.}$ 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 je:

$V_T = (\dot{V} \cdot T)$ v času T vnesena količina (volumen) medija v organizem;

$\langle a(t) \rangle = a_T$ povprečna specifična aktivnost v obdobju T , ki je enaka specifični aktivnosti sestavljenega vzorca a_T , zbranega iz enako velikih delnih vzorcev (volumnov) skozi obdobje T .

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; $T = \text{mesec}$), 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.

- 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.
- 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.



10. 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.
11. Negotovosti zunanjih doz so ocenjene tam, kjer obstaja več izmerkov. Ocena negotovosti temelji na stresanju izmerkov in pomeni njihovo standardno deviacijo.
12. 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 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, d. o. o.)		M–69

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	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

SOLATA, BLITVA, ZELJE, KROMPIR	T – 69	M–85
PETERŠILJ, BUČKE, ČEBULA, RDEČA PESA	T – 70	M–86
KORENJE, FEFERONI, PAPRIKA, PARADIŽNIK	T – 71	M–86
KOLERABA, FIŽOL, REPA, OHROVT	T – 72	M–87
JAJČEVCI, RADIČ, KORUZA, JEČMEN	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

**TABELE NAJBOLJŠIH OCEN PRAVIH VREDNOSTI,
DOBLJENIH S SPEKTROMETRIJO GAMA** M–109

1. VODA - REKA SAVA

VODA - SESTAVLJENI MESEČNI VZORCI

VODA - ENKRATNI VZORCI

2. SEDIMENTI

VODNA BIOTA – RIBE

LETO 2013 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)	129,9	139,5	138,4	132,7	
Pretok (m ³ /s)	304,7	324,7	95,7	274,8	
Oznaka vzorca	NEKVKRK113	NEKVKRK213	NEKVKRK313	NEKVKRK413	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
U-238	3,5E+00 ± 8E-01	3,6E+00 ± 5E-01	2,9E+00 ± 9E-01	1,3E-01 ± 2E-01	2,5E+00 ± 8E-01
Ra-226	6,9E-01 ± 1E-01	7,4E-01 ± 5E-02	5,1E-01 ± 1E-01	2,1E+01 ± 2E+00	5,2E-01 ± 1E-01
Pb-210	2,4E+01 ± 3E+00	3,0E+01 ± 2E+00	6,6E+00 ± 9E-01	2,1E+01 ± 2E+00	2,0E+01 ± 5E+00
Ra-228	5,2E-01 ± 2E-01	7,5E-01 ± 9E-02		8,5E-01 ± 4E-01	5,3E-01 ± 2E-01
Th-228	6,4E-01 ± 2E-01	3,2E-01 ± 9E-02	2,3E-01 ± 2E-01	8,7E-01 ± 4E-01	5,2E-01 ± 1E-01
Th-230					
K-40	4,3E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 2E+00	2,9E+01 ± 2E+00	4,3E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 4E+00
Be-7	1,2E+02 ± 4E+00	7,5E+01 ± 2E+00	5,7E+01 ± 2E+00	1,2E+02 ± 5E+00	9,3E+01 ± 2E+01
I-131	6,4E+00 ± 1E+00	3,0E+00 ± 7E-01	2,6E+00 ± 6E-01		3,0E+00 ± 1E+00
Cs-134					
Cs-137	< 6E-01	< 2E-01	< 5E-01	3,6E-01 ± 1E-01	9,0E-02 ± 2E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	2,5E+00 ± 2E-01	2,4E+00 ± 2E-01	2,0E+00 ± 2E-01	2,4E+00 ± 2E-01	2,3E+00 ± 1E-01

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

LETO 2013 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)	144,0	147,2	147,2	147,2	
Susp. snov (g)	2,40	1,96	2,38	1,34	
Oznaka vzorca	NEKFKRK113	NEKFKRK213	NEKFKRK313	NEKFKRK413	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
U-238	1,3E+00 ± 7E-01			< 6E-01	3,3E-01 ± 3E-01
Ra-226	1,4E-01 ± 1E-01	2,3E-01 ± 8E-02	4,0E-01 ± 9E-02	1,7E-01 ± 6E-02	2,4E-01 ± 6E-02
Pb-210	1,2E+00 ± 9E-01			< 7E-01	3,0E-01 ± 3E-01
Ra-228	1,2E+00 ± 2E-01	5,2E-01 ± 3E-01	1,1E+00 ± 2E-01	2,7E-01 ± 2E-01	7,7E-01 ± 2E-01
Th-228	2,0E-01 ± 2E-01			1,8E-01 ± 1E-01	9,4E-02 ± 5E-02
Th-230					
K-40	3,2E+00 ± 1E+00	4,4E+00 ± 1E+00	3,4E+00 ± 1E+00	< 1E+00	2,8E+00 ± 1E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	1,9E-01 ± 5E-02	2,1E-01 ± 5E-02	< 3E-01	< 3E-01	1,0E-01 ± 1E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	< 4E-02	< 5E-02	< 5E-02	< 5E-02	< 2E-02

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

LETO 2013 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)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Pretok (m ³ /s)	191,0	250,9	472,1	447,4	341,9	184,9	
Oznaka vzorca	NEKVKR0113	NEKVKR0213	NEKVKR0313	NEKVKR0413	NEKVKR0513	NEKVKR0613	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
H-3	6,2E+02 ± 8E+01	6,3E+02 ± 1E+02	6,2E+02 ± 7E+01	6,9E+02 ± 1E+02	4,6E+02 ± 7E+01	7,9E+02 ± 9E+01	6,3E+02 ± 4E+01

Vzorč. mesto	Krško						
Datum vzor.	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Pretok (m ³ /s)	82,4	68,0	136,6	149,5	477,5	197,4	
Oznaka vzorca	NEKVKR0713	NEKVKR0813	NEKVKR0913	NEKVKR1013	NEKVKR1113	NEKVKR1213	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
H-3	6,7E+02 ± 8E+01	5,0E+02 ± 7E+01	7,0E+02 ± 1E+02	1,0E+03 ± 1E+02	1,2E+03 ± 2E+02	6,6E+02 ± 1E+02	7,1E+02 ± 6E+01

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

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

LETO 2013 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)	285,2	282,4	276,1	330,2	
Susp. snov (g/m ³)	0,9	0,6	0,9	1,2	
Oznaka vzorca	NEKFBRK113	NEKFBRK213	NEKFBRK313	NEKFBRK413	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
Sr-90	< 2E-02	< 3E-02	< 3E-02	< 2E-02	< 1E-02

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

LETO 2013 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)	47,90	43,08	48,08	44,83	45,92	46,28	
Pretok (m ³ /s)	191,0	250,9	472,1	447,4	341,9	184,9	
Oznaka vzorca	NEKVBR0113	NEKVBR0213	NEKVBR0313	NEKVBR0413	NEKVBR0513	NEKVBR0613	
IZOTOP SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238	2,8E+00 ± 1E+00	6,4E+00 ± 2E+00	5,6E+00 ± 3E+00		1,7E+00 ± 8E-01	2,0E+00 ± 6E-01	3,1E+00 ± 1E+00
Ra-226	6,4E-01 ± 2E-01	8,7E-01 ± 3E-01	2,0E+00 ± 4E-01		3,4E-01 ± 2E-01	6,7E-01 ± 1E-01	7,5E-01 ± 3E-01
Pb-210	2,4E+01 ± 3E+00	2,4E+00 ± 2E+00	4,3E+01 ± 4E+00	1,1E+01 ± 3E+00	1,2E+01 ± 2E+00	1,8E+01 ± 2E+00	1,8E+01 ± 6E+00
Ra-228	1,8E+00 ± 6E-01	1,9E+00 ± 4E-01	1,1E+00 ± 7E-01	1,4E+00 ± 7E-01	1,1E+00 ± 3E-01	7,9E-01 ± 3E-01	1,3E+00 ± 2E-01
Th-228	6,2E-01 ± 5E-01			1,2E+00 ± 6E-01	1,1E+00 ± 3E-01		4,8E-01 ± 2E-01
Th-230							
K-40	3,6E+01 ± 4E+00	3,3E+01 ± 3E+00	3,6E+01 ± 5E+00	1,7E+01 ± 4E+00	1,9E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 2E+00	2,7E+01 ± 4E+00
Be-7	2,0E+02 ± 6E+00	9,1E+00 ± 1E+00	3,3E+02 ± 1E+01	4,5E+01 ± 3E+00	1,5E+02 ± 5E+00	4,3E+01 ± 2E+00	1,3E+02 ± 5E+01
I-131	4,5E+00 ± 6E-01	8,3E+00 ± 1E+00		4,5E+00 ± 9E-01			2,9E+00 ± 1E+00
Cs-134							
Cs-137	< 9E-01	< 7E-01	< 2E+00	< 1E+00	< 5E-01	< 5E-01	< 4E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,5E+00 ± 2E-01	2,3E+00 ± 2E-01	3,7E+00 ± 3E-01	2,4E+00 ± 3E-01	3,3E+00 ± 3E-01	2,8E+00 ± 2E-01	2,8E+00 ± 2E-01
H-3	2,0E+03 ± 2E+02	8,2E+02 ± 1E+02	1,1E+03 ± 1E+02	9,1E+02 ± 9E+01	8,7E+02 ± 1E+02	6,5E+02 ± 8E+01	1,1E+03 ± 2E+02

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

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 so bile opravljene na ZVD, radiokemijske analize H-3 pa na IJS na Odseku F-2.

LETO 2013 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)	98,1	88,2	98,8	92,2	95,3	95,0	
Susp. snov (g)	0,95	0,89	0,89	0,60	0,68	0,59	
Oznaka vzorca	NEKFBR0113	NEKFBR0213	NEKFBR0313	NEKFBR0413	NEKFBR0513	NEKFBR0613	
IZOTOP SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238		2,4E+00 ± 9E-01		3,1E-01 ± 3E-01	1,0E+00 ± 7E-01	1,1E+00 ± 6E-01	8,0E-01 ± 4E-01
Ra-226		3,8E-01 ± 2E-01	1,6E-01 ± 1E-01		4,7E-01 ± 4E-01	4,0E-01 ± 1E-01	2,4E-01 ± 9E-02
Pb-210	8,9E-01 ± 6E-01	< 2E+00					1,5E-01 ± 3E-01
Ra-228	3,6E-01 ± 3E-01	1,5E+00 ± 3E-01	4,6E-01 ± 2E-01	5,5E-01 ± 9E-02	8,0E-01 ± 3E-01	2,0E+00 ± 3E-01	9,5E-01 ± 3E-01
Th-228	2,9E-01 ± 2E-01	5,5E-01 ± 3E-01	2,7E-01 ± 2E-01	2,2E-01 ± 9E-02		2,8E-01 ± 2E-01	2,7E-01 ± 8E-02
Th-230							
K-40	< 1E+00	< 4E+00	3,7E+00 ± 1E+00	2,2E+00 ± 7E-01	1,9E+00 ± 1E+00		1,3E+00 ± 7E-01
Be-7				9,4E-01 ± 2E-01			1,6E-01 ± 2E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	< 4E-01	< 5E-01	< 4E-01	< 2E-01	< 3E-01	< 4E-01	< 1E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

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

LETO 2013 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 (**)

Vzrč. mesto	Brežice (kont. vz.) - 8,2 km od NEK						
Datum vzor.	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	48,1	40,8	46,4	47,9	47,6	48,1	
Pretok (m³/s)	82,4	68,0	136,6	149,5	477,5	197,4	
Oznaka vzorca	NEKVBR0713	NEKVBR0813	NEKVBR0913	NEKVBR1013	NEKVBR1113	NEKVBR1213	
IZOTOP SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m³)							
U-238	2,5E+00 ± 1E+00	5,4E+00 ± 2E+00	1,4E+00 ± 1E+00	3,2E+00 ± 1E+00	1,1E+00 ± 1E+00	4,8E+00 ± 1E+00	3,1E+00 ± 6E-01
Ra-226	1,1E+00 ± 2E-01		3,7E+00 ± 2E-01	1,5E+00 ± 4E-01	1,9E+00 ± 2E-01	2,4E-01 ± 2E-01	1,1E+00 ± 3E-01
Pb-210	1,5E+01 ± 2E+00	1,6E+01 ± 2E+00	4,4E+00 ± 2E+00	1,6E+01 ± 3E+00	5,6E+00 ± 2E+00	3,7E+01 ± 4E+00	1,7E+01 ± 4E+00
Ra-228	1,2E+00 ± 5E-01		6,9E-01 ± 4E+01	1,2E+00 ± 7E-01	1,4E+00 ± 4E-01	4,2E-01 ± 4E-01	1,1E+00 ± 3E+00
Th-228		1,5E+00 ± 6E-01	8,2E-01 ± 4E-01		5,2E-01 ± 3E-01	1,1E+00 ± 4E-01	5,7E-01 ± 2E-01
Th-230							
K-40	2,3E+01 ± 4E+00	8,8E+01 ± 7E+00	3,4E+01 ± 3E+00	4,0E+01 ± 4E+00	4,0E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 5E+00
Be-7	1,4E+02 ± 5E+00	1,9E+01 ± 2E+00	9,1E+00 ± 1E+00	4,1E+01 ± 3E+00	1,7E+01 ± 1E+00	1,3E+02 ± 8E+00	9,4E+01 ± 3E+01
I-131	2,0E+00 ± 5E-01				1,5E+00 ± 4E-01		1,7E+00 ± 8E-01
Cs-134							
Cs-137	< 1E+00	< 1E+00	< 8E-01	< 1E+00	4,3E-01 ± 9E-02	< 1E+00	3,6E-02 ± 3E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,2E+00 ± 2E-01	3,3E+00 ± 4E-01	2,0E+00 ± 2E-01	3,2E+00 ± 3E-01	3,1E+00 ± 3E-01	2,5E+00 ± 2E-01	2,8E+00 ± 2E-01
H-3	7,9E+02 ± 9E+01	3,1E+04 ± 4E+03	3,7E+03 ± 5E+02	8,6E+03 ± 1E+03	7,6E+02 ± 1E+02	1,7E+03 ± 2E+02	4,4E+03 ± 3E+03

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

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 so bile opravljene na ZVD, radiokemijske analize H-3 pa na IJS na Odseku F-2.

LETO 2013 T - 4b

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



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzrč. mesto	Brežice (kont. vz.) - 8,2 km od NEK						
Datum vzor.	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	98,4	80,7	97,0	111,1	108,3	110,8	
Susp. snov (g)	1,22	0,66	0,66	0,63	2,08	0,92	
Oznaka vzorca	NEKFBR0713	NEKFBR0813	NEKFBR0913	NEKFBR1013	NEKFBR1113	NEKFBR1213	
IZOTOP SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m³)							
U-238		2,0E-01 ± 2E-01	2,4E+00 ± 2E+00		4,5E-01 ± 2E-01	< 1E+00	6,6E-01 ± 3E-01
Ra-226	3,6E-01 ± 9E-02	2,5E-01 ± 4E-02	7,1E-01 ± 2E-01	7,7E-01 ± 4E-01	6,7E-01 ± 6E-02	2,4E-01 ± 1E-01	3,7E-01 ± 7E-02
Pb-210		9,2E-01 ± 2E-01	1,1E+00 ± 1E+00	1,7E+00 ± 3E-01	1,7E+00 ± 3E-01	< 1E+00	3,8E-01 ± 2E-01
Ra-228			8,9E-01 ± 4E-01	2,6E-01 ± 2E-01	4,1E-01 ± 1E-01		6,0E-01 ± 2E-01
Th-228				3,3E-01 ± 1E-01	5,5E-01 ± 1E-01		2,1E-01 ± 6E-02
Th-230							
K-40	1,8E+00 ± 1E+00	1,6E+00 ± 6E-01		< 2E+00	6,7E+00 ± 8E-01	< 3E+00	1,5E+00 ± 6E-01
Be-7		1,1E+00 ± 2E-01		2,0E+00 ± 4E-01	1,5E+00 ± 3E-01		4,6E-01 ± 2E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	< 4E-01	< 2E-01	< 8E-01	< 3E-01	1,5E-01 ± 3E-02	< 5E-01	1,3E-02 ± 1E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

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

LETO 2013 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)	272,5	246,4	271,7	261,1	267,6	267,6	
Pretok (m³/s)	256,0	365,5	672,3	588,0	412,6	214,4	
Oznaka vzorca	JFV01-13	JFV02-13	JFV03-13	JFV04-13	JFV05-13	JFV06-13	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m³)						
U-238	6,9E+00 ± 1E+00	7,5E+00 ± 1E+00	6,8E+00 ± 1E+00	5,6E+00 ± 1E+00	5,0E+00 ± 1E+00	5,9E+00 ± 1E+00	6,3E+00 ± 5E-01
Ra-226	1,2E+00 ± 2E-01	1,2E+00 ± 3E-01	1,2E+00 ± 3E-01	1,2E+00 ± 2E-01	1,1E+00 ± 2E-01	1,1E+00 ± 3E-01	1,2E+00 ± 1E-01
Pb-210							
Ra-228	1,1E+00 ± 5E-01	1,6E+00 ± 6E-01	1,2E+00 ± 4E-01	1,1E+00 ± 5E-01	1,1E+00 ± 5E-01	9,1E-01 ± 4E-01	1,2E+00 ± 2E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	5,0E+01 ± 6E+00	5,3E+01 ± 7E+00	4,4E+01 ± 6E+00	3,6E+01 ± 5E+00	4,1E+01 ± 5E+00	4,3E+01 ± 5E+00	4,4E+01 ± 2E+00
Be-7	1,7E+00 ± 6E-01	2,3E+00 ± 9E-01	2,4E+00 ± 9E-01	2,5E+00 ± 1E+00	3,3E+00 ± 9E-01	3,0E+00 ± 1E+00	2,5E+00 ± 4E-01
I-131	5,9E+00 ± 1E+00	6,1E+00 ± 1E+00	3,4E+00 ± 7E-01	3,5E+00 ± 1E+00	3,9E+00 ± 8E-01	3,7E+00 ± 8E-01	4,4E+00 ± 5E-01
Cs-134							
Cs-137							
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,9E+00 ± 3E-01	2,5E+00 ± 2E-01	2,1E+00 ± 2E-01	2,5E+00 ± 2E-01	2,7E+00 ± 2E-01	2,5E+00 ± 3E-01	2,6E+00 ± 1E-01
H-3	1,1E+03 ± 1E+02	5,8E+02 ± 1E+02	< 4E+02	6,1E+02 ± 1E+02	5,7E+02 ± 1E+02	7,2E+02 ± 1E+02	6,0E+02 ± 1E+02

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

LETO 2013 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)	279,0	252,0	279,0	270,0	279,0	270,0	
Susp. snov (g/m³)	1,3	5,0	5,2	5,3	2,3	2,4	
Oznaka vzorca	JST01-13	JST02-13	JST03-13	JST04-13	JST05-13	JST06-13	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m³)						
U-238	1,2E+00 ± 7E-01	9,5E-01 ± 6E-01	3,7E-01 ± 2E-01	1,3E+00 ± 7E-01	1,3E-01 ± 1E-01	1,0E-01 ± 8E-02	5,8E-01 ± 3E-01
Ra-226		4,2E-01 ± 2E-01		4,7E-01 ± 2E-01			2,5E-01 ± 8E-02
Pb-210							
Ra-228							
Th-228							
Th-230							
K-40		6,3E+00 ± 2E+00	4,5E+00 ± 1E+00	5,2E+00 ± 2E+00	1,2E+00 ± 8E-01	1,5E+00 ± 9E-01	3,1E+00 ± 1E+00
Be-7		6,2E-01 ± 5E-01	1,6E+00 ± 9E-01	9,2E-01 ± 5E-01	9,6E-01 ± 5E-01	6,4E-01 ± 4E-01	8,0E-01 ± 2E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137				1,2E-01 ± 8E-02			2,1E-02 ± 2E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

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

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)	271,9	272,9	259,1	269,3	257,8	273,1	
Pretok (m ³ /s)	94,5	77,1	163,0	196,0	659,5	239,7	
Oznaka vzorca	JFV07-13	JFV08-13	JFV09-13	JFV10-13	JFV11-13	JFV12-13	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238	6,2E+00 ± 1E+00	7,2E+00 ± 1E+00	6,3E+00 ± 1E+00	4,3E+00 ± 2E+00	5,1E+00 ± 2E+00	6,7E+00 ± 2E+00	6,1E+00 ± 5E-01
Ra-226	1,3E+00 ± 3E-01	1,4E+00 ± 3E-01	1,3E+00 ± 3E-01	2,0E+00 ± 5E-01	1,8E+00 ± 5E-01	2,7E+00 ± 5E-01	1,5E+00 ± 1E-01
Pb-210							
Ra-228	1,2E+00 ± 5E-01	1,1E+00 ± 5E-01	8,7E-01 ± 4E-01	1,4E+00 ± 6E-01	1,5E+00 ± 7E-01	1,4E+00 ± 6E-01	1,2E+00 ± 2E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	5,2E+01 ± 6E+00	6,6E+01 ± 8E+00	6,6E+01 ± 8E+00	5,3E+01 ± 7E+00	6,1E+01 ± 8E+00	4,8E+01 ± 7E+00	5,1E+01 ± 3E+00
Be-7	2,3E+00 ± 1E+00	2,3E+00 ± 9E-01	2,4E+00 ± 1E+00	3,5E+00 ± 2E+00	3,7E+00 ± 2E+00	2,6E+00 ± 1E+00	2,6E+00 ± 3E-01
I-131	2,1E+00 ± 2E+00	9,8E-01 ± 6E-01	6,7E+00 ± 1E+00	4,7E+00 ± 2E+00	2,9E+00 ± 1E+00	2,6E+00 ± 2E+00	3,9E+00 ± 5E-01
Cs-134							
Cs-137					1,6E-01 ± 1E-01		1,4E-02 ± 1E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,2E+00 ± 2E-01	2,3E+00 ± 3E-01	2,9E+00 ± 3E-01	3,0E+00 ± 3E-01	3,6E+00 ± 3E-01	2,6E+00 ± 3E-01	2,7E+00 ± 1E-01
H-3	8,2E+02 ± 1E+02	8,3E+03 ± 8E+02	9,5E+03 ± 9E+02	2,2E+03 ± 3E+02	1,2E+03 ± 2E+02	8,6E+02 ± 2E+02	2,2E+03 ± 9E+02

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

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



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem						
Datum vzor.	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (L)	279,0	279,0	270,0	279,0	270,0	279,0	
Susp. snov (g/m ³)	2,5	1,4	3,8	2,7	21,9	3,6	
Oznaka vzorca	JST07-13	JST08-13	JST09-13	JST10-13	JST11-13	JST12-13	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238				7,8E-01 ± 4E-01	1,8E+00 ± 5E-01	1,9E+00 ± 5E-01	2,9E-01 ± 2E-01
Ra-226							4,9E-01 ± 2E-01
Pb-210							
Ra-228							
Th-228							
Th-230							
K-40	2,1E+00 ± 1E+00	1,5E+00 ± 8E-01	2,0E+00 ± 1E+00		1,9E+01 ± 4E+00		3,6E+00 ± 2E+00
Be-7	1,7E+00 ± 9E-01		1,8E+00 ± 9E-01		3,2E+00 ± 2E+00		9,5E-01 ± 3E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,2E-01 ± 1E-01				4,2E-01 ± 2E-01		5,6E-02 ± 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 2013 T - 6a, 6b
1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrskega ostanka (groba susp. snov)



Specifična analiza Sr-90/Sr-89

Vzrč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Datum vzor.	Januar - Marec	April - Junij	Julij - September	Oktober - December	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	819,0	819,0	828,0	828,0	
Susp. snov (g/m ³)	11,5	10,0	7,7	28,2	
Oznaka vzorca	JST-I-13	JST-II-13	JST-III-13	JST-IV-13	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
Sr-90	< 1E+00	< 1E+00	< 1E+00	< 1E+00	< 5E-01

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

LETO 2013 T - 7
1. REKA SAVA – VODA - enkratni vzorci nefiltrirane vode



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

Vzrč. mesto	Krško				
Datum vzor.	15. 2. 2013	27. 5. 2013	20. 9. 2013	18. 11. 2013	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (kg)	41,88	45,28	45,38	43,93	
Oznaka vzorca	RSKRK113	RSKRK213	RSKRK313	RSKRK413	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
U-238		1,2E+00 ± 7E-01			3,0E-01 ± 3E-01
Ra-226	9,7E-01 ± 2E-01	1,2E+00 ± 2E-01	8,2E-01 ± 3E-01	1,1E+00 ± 3E-01	1,0E+00 ± 1E-01
Pb-210	3,7E+01 ± 6E+00	1,7E+01 ± 2E+00	1,2E+01 ± 3E+00	8,1E+00 ± 3E+00	1,9E+01 ± 6E+00
Ra-228	7,2E-01 ± 5E-01	1,5E+00 ± 3E-01		1,7E+00 ± 6E-01	9,9E-01 ± 4E-01
Th-228		4,8E-01 ± 3E-01	9,9E-01 ± 5E-01	1,5E+00 ± 5E-01	7,4E-01 ± 3E-01
Th-230					
K-40	4,5E+01 ± 5E+00	3,4E+01 ± 3E+00	3,2E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 4E+00	3,4E+01 ± 4E+00
Be-7	4,0E+01 ± 3E+00	1,6E+02 ± 5E+00	6,1E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 2E+00	7,3E+01 ± 3E+01
I-131	1,9E+00 ± 4E-01	6,3E-01 ± 2E+00		1,4E+00 ± 3E-01	9,8E-01 ± 6E-01
Cs-134					
Cs-137	< 1E+00	4,2E-01 ± 6E-02	< 1E+00	< 1E+00	1,1E-01 ± 5E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	2,0E+00 ± 2E-01	2,9E+00 ± 3E-01	3,1E+00 ± 3E-01	2,8E+00 ± 3E-01	2,7E+00 ± 3E-01
H-3	7,1E+02 ± 1E+02	8,7E+02 ± 2E+02	1,0E+03 ± 2E+02	9,2E+02 ± 1E+02	8,8E+02 ± 7E+01

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

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijska analiza Sr-90/Sr-89 sta bili opravljeni na ZVD, analiza H-3 pa na IJS na Odseku F-2.

LETO 2013 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.	15. 2. 2013	27. 5. 2013	20. 9. 2013	18. 11. 2013	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (kg)	42,58	44,98	44,70	41,38	
Oznaka vzorca	RSBRK113	RSBRK213	RSBRK313	RSBRK413	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
U-238		2,8E+00 ± 2E+00		6,2E+00 ± 3E+00	2,2E+00 ± 1E+00
Ra-226	7,5E-01 ± 3E-01	1,2E+00 ± 2E-01	3,2E-01 ± 2E-01	1,2E+00 ± 3E-01	8,7E-01 ± 2E-01
Pb-210	2,1E+01 ± 7E+00	6,7E+00 ± 2E+00	4,6E+00 ± 9E-01	1,9E+01 ± 3E+00	1,3E+01 ± 4E+00
Ra-228		1,7E+00 ± 5E-01		2,1E+00 ± 6E-01	9,6E-01 ± 6E-01
Th-228		5,3E-01 ± 5E-01		2,5E+00 ± 6E-01	7,6E-01 ± 6E-01
Th-230					
K-40	4,0E+01 ± 6E+00	3,2E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 3E+00	4,2E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 3E+00
Be-7	6,4E+00 ± 3E+00	2,9E+01 ± 2E+00	7,7E+00 ± 1E+00	9,0E+01 ± 6E+00	3,3E+01 ± 2E+01
I-131	1,9E+00 ± 6E-01			1,9E+00 ± 3E-01	9,5E-01 ± 5E-01
Cs-134					
Cs-137	< 2E+00	< 8E-01	< 6E-01	4,5E-01 ± 2E-01	1,1E-01 ± 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	3,0E+00 ± 3E-01	3,6E+00 ± 3E-01	3,1E+00 ± 3E-01	3,0E+00 ± 3E-01
H-3	6,1E+02 ± 1E+02	5,9E+02 ± 1E+02	1,2E+03 ± 2E+02	7,4E+02 ± 8E+01	7,8E+02 ± 1E+02

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

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijska analiza Sr-90/Sr-89 sta bili opravljeni na ZVD, analiza H-3 pa na IJS na Odseku F-2.

LETO 2013 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.	15. 2. 2013	27. 5. 2013	20. 9. 2013	18. 11. 2013	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (kg)	44,68	42,98	44,20	41,78	
Oznaka vzorca	RSJEK113	RSJEK213	RSJEK313	RSJEK413	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
U-238	1,6E+00 ± 1E+00	4,1E+00 ± 1E+00	2,9E+00 ± 2E+00	1,0E+00 ± 7E-01	2,4E+00 ± 8E-01
Ra-226	9,7E-01 ± 2E-01	1,9E+00 ± 2E-01	8,8E-01 ± 4E-01	3,2E-01 ± 2E-01	1,0E+00 ± 3E-01
Pb-210		1,2E+01 ± 2E+00	3,0E+00 ± 2E+00	1,5E+01 ± 2E+00	7,6E+00 ± 4E+00
Ra-228	9,5E-01 ± 6E-01	1,7E+00 ± 4E-01	2,1E+00 ± 7E-01		1,2E+00 ± 5E-01
Th-228		6,1E+00 ± 1E+00	4,5E+00 ± 8E-01		2,6E+00 ± 2E+00
Th-230					
K-40	3,2E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 3E+00	2,9E+01 ± 5E+00	1,7E+01 ± 2E+00	2,7E+01 ± 3E+00
Be-7	1,1E+01 ± 1E+00	1,3E+02 ± 4E+00	1,8E+01 ± 3E+00	2,0E+02 ± 2E+01	9,0E+01 ± 5E+01
I-131	7,6E-01 ± 2E-01			1,2E+00 ± 2E-01	4,9E-01 ± 3E-01
Cs-134					
Cs-137	< 1E+00	4,8E-01 ± 8E-02	< 2E+00	< 6E-01	1,2E-01 ± 5E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,8E+00 ± 2E-01	2,5E+00 ± 3E-01	2,2E+00 ± 2E-01	3,4E+00 ± 3E-01	2,5E+00 ± 3E-01
H-3	7,3E+02 ± 8E+01	8,2E+02 ± 2E+02	6,9E+02 ± 9E+01	6,3E+02 ± 8E+01	7,2E+02 ± 5E+01

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

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijska analiza Sr-90/Sr-89 sta bili opravljeni na ZVD, analiza H-3 pa na IJS na Odseku F-2.

LETO 2013 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-13	PO-II-13	PO-III-13	PO-IV-13	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
H-3	< 4E+02	5,4E+02 ± 1E+02	1,2E+03 ± 2E+02	5,7E+02 ± 1E+02	2,1E+02 ± 2E+02

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

LETO 2013 T - 12
2. REKA SAVA – SEDIMENTI - enkratni vzorci sedimentov



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Krško				
Datum vzor.	15. 2. 2013	27. 5. 2013	20. 9. 2013	18. 11. 2013	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (kg)	0,0752	0,0674	0,07	0,0632	
Oznaka vzorca	SDKRK113	SDKRK213	SDKRK313	SDKRK413	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,7E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 4E+00	3,8E+01 ± 5E+00	3,4E+01 ± 5E+00	3,4E+01 ± 2E+00
Ra-226	2,8E+01 ± 9E-01	3,3E+01 ± 7E-01	2,6E+01 ± 4E+00	3,2E+01 ± 8E-01	3,0E+01 ± 2E+00
Pb-210	3,7E+01 ± 5E+00	5,5E+01 ± 5E+00	4,2E+01 ± 4E+00	5,9E+01 ± 7E+00	4,8E+01 ± 5E+00
Ra-228	2,5E+01 ± 1E+00	3,3E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 9E-01	3,3E+01 ± 2E+00	2,9E+01 ± 2E+00
Th-228	2,3E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 1E+00	2,2E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 2E+00	2,5E+01 ± 2E+00
Th-230					
K-40	2,9E+02 ± 2E+01	3,6E+02 ± 2E+01	2,9E+02 ± 1E+01	3,8E+02 ± 2E+01	3,3E+02 ± 2E+01
Be-7		2,2E+01 ± 1E+00	2,0E+01 ± 2E+00		1,0E+01 ± 6E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	2,4E+00 ± 3E-01	6,2E+00 ± 3E-01	3,4E+00 ± 2E-01	5,8E+00 ± 4E-01	4,5E+00 ± 9E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	3,1E+00 ± 2E-01	1,5E-01 ± 1E-01	2,5E-01 ± 1E-01	< 2E-01	8,7E-01 ± 7E-01

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

LETO 2013 T - 13
2. REKA SAVA – SEDIMENTI - enkratni vzorci sedimentov



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Brežice				
Datum vzor.	15. 2. 2013	27. 5. 2013	20. 9. 2013	18. 11. 2013	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (kg)	0,0822	0,0667	0,0685	0,0819	
Oznaka vzorca	SDBRK113	SDBRK213	SDBRK313	SDBRK413	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,3E+01 ± 3E+00	3,5E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 4E+00	2,0E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 3E+00
Ra-226	2,3E+01 ± 7E-01	2,9E+01 ± 7E-01	2,7E+01 ± 6E-01	2,3E+01 ± 5E-01	2,6E+01 ± 2E+00
Pb-210	2,7E+01 ± 4E+00	5,4E+01 ± 5E+00	9,2E+01 ± 8E+00	2,8E+01 ± 4E+00	5,0E+01 ± 2E+01
Ra-228	2,1E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 8E-01	2,3E+01 ± 9E-01	2,5E+01 ± 2E+00
Th-228	1,8E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 1E+00	2,3E+01 ± 1E+00	1,9E+01 ± 1E+00	2,2E+01 ± 2E+00
Th-230					
K-40	2,7E+02 ± 1E+01	3,8E+02 ± 2E+01	3,1E+02 ± 2E+01	2,5E+02 ± 1E+01	3,0E+02 ± 3E+01
Be-7			7,4E+01 ± 3E+00		1,8E+01 ± 2E+01
I-131					
Cs-134					
Cs-137	3,1E+00 ± 3E-01	7,5E+00 ± 3E-01	5,8E+00 ± 2E-01	1,9E+00 ± 2E-01	4,6E+00 ± 1E+00
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	2,5E+00 ± 3E-01	3,0E-01 ± 1E-01	2,8E-01 ± 1E-01	< 2E-01	7,6E-01 ± 6E-01

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

LETO 2013 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.	15. 2. 2013	27. 5. 2013	20. 9. 2013	18. 11. 2013	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (kg)	0,0792	0,0703	0,0598	0,0876	
Oznaka vzorca	SDJEK113	SDJEK213	SDJEK313	SDJEK413	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	1,6E+01 ± 2E+00	3,4E+01 ± 7E+00	3,0E+01 ± 4E+00	2,3E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 4E+00
Ra-226	2,2E+01 ± 4E-01	3,1E+01 ± 8E-01	2,5E+01 ± 6E-01	2,0E+01 ± 4E-01	2,4E+01 ± 2E+00
Pb-210	2,8E+01 ± 2E+00	5,6E+01 ± 6E+00	8,0E+01 ± 7E+00	2,2E+01 ± 2E+00	4,6E+01 ± 1E+01
Ra-228	2,0E+01 ± 5E-01	2,8E+01 ± 1E+00	2,7E+01 ± 1E+00	1,8E+01 ± 6E-01	2,3E+01 ± 3E+00
Th-228	1,8E+01 ± 6E-01	3,1E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 1E+00	1,5E+01 ± 7E-01	2,2E+01 ± 3E+00
Th-230					
K-40	2,7E+02 ± 1E+01	3,3E+02 ± 2E+01	3,4E+02 ± 2E+01	1,6E+02 ± 8E+00	2,8E+02 ± 4E+01
Be-7	5,1E+00 ± 5E-01	7,8E+00 ± 2E+00	1,1E+02 ± 4E+00	1,6E+00 ± 4E-01	3,0E+01 ± 3E+01
I-131	3,0E-01 ± 7E-02		6,2E-01 ± 2E-01		2,3E-01 ± 1E-01
Cs-134					
Cs-137	2,0E+00 ± 9E-02	5,7E+00 ± 3E-01	5,6E+00 ± 3E-01	1,7E+00 ± 1E-01	3,7E+00 ± 1E+00
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,9E+00 ± 2E-01	< 1E-01	4,6E-01 ± 2E-01	< 1E-01	5,8E-01 ± 4E-01

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

LETO 2013 T - 15/p
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Krško pod mostom				
Datum vzor.	4. 3. 2013	19. 5. 2013	13. 9. 2013	18. 11. 2013	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (kg)	0,154	0,153	0,165	0,156	
Oznaka vzorca	SIZ03-13	SIZ05-13	SIZ09-13	SIZ11-13	
IZOTOP	AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,9E+01 ± 6E+00	3,4E+01 ± 7E+00	2,9E+01 ± 6E+00	3,0E+01 ± 1E+01	3,1E+01 ± 4E+00
Ra-226	3,1E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 5E+00	3,4E+01 ± 2E+00
Pb-210					
Ra-228	3,2E+01 ± 5E+00	4,0E+01 ± 6E+00	3,2E+01 ± 5E+00	3,0E+01 ± 5E+00	3,4E+01 ± 3E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	3,8E+02 ± 4E+01	4,8E+02 ± 5E+01	3,5E+02 ± 4E+01	4,0E+02 ± 5E+01	4,0E+02 ± 3E+01
Be-7	1,5E+01 ± 4E+00	7,1E+01 ± 1E+01	4,1E+00 ± 3E+00	9,1E+00 ± 7E+00	2,5E+01 ± 2E+01
I-131					
Cs-134					
Cs-137	3,3E+00 ± 7E-01	8,7E+00 ± 1E+00	3,2E+00 ± 7E-01	4,9E+00 ± 1E+00	5,0E+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 2013 T - 16/p1
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Krško pod jezem NEK				
Datum vzor.	4. 3. 2013	19. 5. 2013	13. 9. 2013	18. 11. 2013	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (kg)	0,170	0,151	0,158	0,183	
Oznaka vzorca	SIS03-13	SIS05-13	SIS09-13	SIS11-13	
IZOTOP	AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,6E+01 ± 6E+00	2,9E+01 ± 6E+00	3,1E+01 ± 6E+00	2,1E+01 ± 8E+00	2,7E+01 ± 3E+00
Ra-226	2,5E+01 ± 3E+00	3,3E+01 ± 4E+00	2,7E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 4E+00	3,0E+01 ± 2E+00
Pb-210					
Ra-228	2,6E+01 ± 4E+00	3,3E+01 ± 5E+00	3,0E+01 ± 5E+00	2,3E+01 ± 4E+00	2,8E+01 ± 2E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	3,0E+02 ± 3E+01	3,9E+02 ± 5E+01	3,5E+02 ± 4E+01	3,3E+02 ± 4E+01	3,4E+02 ± 2E+01
Be-7	4,1E+00 ± 3E+00	4,1E+00 ± 3E+00			2,0E+00 ± 1E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	2,9E+00 ± 6E-01	6,7E+00 ± 9E-01	3,2E+00 ± 5E-01	4,9E+00 ± 9E-01	4,4E+00 ± 9E-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 2013 T - 16/p2
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Pesje				
Datum vzor.	4. 3. 2013	19. 5. 2013	13. 9. 2013	18. 11. 2013	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (kg)	0,176	0,180	0,175	0,179	
Oznaka vzorca	SPE03-13	SPE05-13	SPE09-13	SPE11-13	
IZOTOP	AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,2E+01 ± 5E+00	2,5E+01 ± 6E+00	2,4E+01 ± 5E+00	2,7E+01 ± 9E+00	2,4E+01 ± 3E+00
Ra-226	2,5E+01 ± 3E+00	2,8E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 4E+00	2,8E+01 ± 2E+00
Pb-210	2,4E+01 ± 4E+00	3,0E+01 ± 5E+00	2,7E+01 ± 4E+00	2,2E+01 ± 4E+00	2,6E+01 ± 2E+00
Ra-228					
Th-228	2,9E+02 ± 3E+01	2,7E+02 ± 3E+01	2,8E+02 ± 3E+01	3,4E+02 ± 4E+01	3,0E+02 ± 2E+01
Th-230					
K-40	3,5E+00 ± 3E+00	2,4E+00 ± 6E-01	1,6E+00 ± 3E-01	2,8E+00 ± 1E+00	2,2E+00 ± 3E-01
Be-7	1,8E+00 ± 3E-01				
I-131	1,8E+00 ± 3E-01	2,4E+00 ± 6E-01	1,6E+00 ± 3E-01	2,8E+00 ± 1E+00	2,2E+00 ± 3E-01
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 2013 T - 16/p3
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Brežice				
Datum vzor.	4. 3. 2013	19. 5. 2013	13. 9. 2013	18. 11. 2013	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (kg)	0,135	0,160	0,175	0,182	
Oznaka vzorca	SBR03-13	SBR05-13	SBR09-13	SBR11-13	
IZOTOP	AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	3,0E+01 ± 6E+00	2,9E+01 ± 6E+00	2,6E+01 ± 5E+00	2,8E+01 ± 9E+00	2,8E+01 ± 3E+00
Ra-226	3,0E+01 ± 4E+00	3,0E+01 ± 4E+00	2,9E+01 ± 4E+00	3,3E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 2E+00
Pb-210	3,1E+01 ± 5E+00	3,1E+01 ± 5E+00	3,3E+01 ± 5E+00	2,4E+01 ± 4E+00	3,0E+01 ± 2E+00
Ra-228					
Th-228	4,1E+02 ± 5E+01	3,3E+02 ± 4E+01	2,8E+02 ± 3E+01	3,3E+02 ± 4E+01	3,4E+02 ± 3E+01
Th-230					
K-40	4,5E+00 ± 3E+00	2,5E+00 ± 4E-01	2,0E+00 ± 5E-01	2,1E+00 ± 6E-01	3,2E+00 ± 1E+00
Be-7	6,3E+00 ± 9E-01				
I-131	6,3E+00 ± 9E-01	2,5E+00 ± 4E-01	2,0E+00 ± 5E-01	2,1E+00 ± 6E-01	3,2E+00 ± 1E+00
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 2013 T - 17/p
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Datum vzor.	4. 3. 2013	19. 5. 2013	13. 9. 2013	18. 11. 2013	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (kg)	0,198	0,191	0,195	0,160	
Oznaka vzorca	SJE03-13	SJE05-13	SJE09-13	SJE11-13	
IZOTOP	AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	1,7E+01 ± 4E+00	1,7E+01 ± 4E+00	1,7E+01 ± 4E+00	3,0E+01 ± 9E+00	2,0E+01 ± 3E+00
Ra-226	2,0E+01 ± 2E+00	2,3E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 3E+00
Pb-210					
Ra-228	1,8E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 4E+00	2,0E+01 ± 3E+00	2,9E+01 ± 5E+00	2,2E+01 ± 2E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	1,8E+02 ± 2E+01	2,2E+02 ± 3E+01	2,0E+02 ± 2E+01	3,4E+02 ± 4E+01	2,4E+02 ± 4E+01
Be-7		6,9E+00 ± 4E+00	8,2E+00 ± 3E+00		3,8E+00 ± 2E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	8,4E-01 ± 5E-01	1,2E+00 ± 3E-01	2,1E+00 ± 4E-01	3,5E+00 ± 9E-01	1,9E+00 ± 6E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					

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

LETO 2013 T - 18
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Podsused (R Hrvaška)				
Datum vzor.	4. 3. 2013	19. 5. 2013	13. 9. 2013	18. 11. 2013	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (kg)	0,185	0,196	0,199	0,192	
Oznaka vzorca	SPO03-13	SPO05-13	SPO09-13	SPO11-13	
IZOTOP	AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,1E+01 ± 4E+00	1,6E+01 ± 4E+00	1,8E+01 ± 4E+00	1,7E+01 ± 7E+00	1,8E+01 ± 2E+00
Ra-226	2,1E+01 ± 3E+00	2,0E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 2E+00
Pb-210					
Ra-228	2,0E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 3E+00	2,9E+01 ± 4E+00	1,4E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 3E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	2,3E+02 ± 3E+01	1,7E+02 ± 2E+01	1,8E+02 ± 2E+01	2,4E+02 ± 3E+01	2,1E+02 ± 2E+01
Be-7			4,3E+00 ± 3E+00		1,1E+00 ± 1E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	6,7E-01 ± 3E-01		6,0E-01 ± 4E-01	5,6E-01 ± 3E-01	4,6E-01 ± 2E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	< 1E+00	< 1E+00	< 1E+00	< 1E+00	< 5E-01

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

LETO 2013 T - 19
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Krško				
Vrsta vzorca	podust	klen	mrena	mrena	Letno povprečje (*)
Datum vzor.	17. 6. 2013	17. 6. 2013	19. 7. 2013	5. 8. 2013	
Označa vzorca	RIKR0113	RIKR0413	RIKR0713	RIKR1013	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238			1,3E-01 ± 5E-02		3,3E-02 ± 3E-02
Ra-226	3,4E-01 ± 4E-02	2,0E-01 ± 1E-02	4,6E-02 ± 1E-02	8,3E-02 ± 1E-02	1,7E-01 ± 7E-02
Pb-210		3,0E-01 ± 6E-02	3,4E-01 ± 5E-02		1,6E-01 ± 9E-02
Ra-228	4,2E-01 ± 1E-01		1,1E-01 ± 1E-02		1,3E-01 ± 1E-01
Th-228	3,1E-01 ± 8E-02	8,0E-02 ± 2E-02	1,1E-01 ± 2E-02	1,2E-01 ± 3E-02	1,5E-01 ± 5E-02
Th-230					
K-40	9,7E+01 ± 4E+00	9,8E+01 ± 6E+00	1,2E+02 ± 7E+00	1,1E+02 ± 7E+00	1,1E+02 ± 6E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	< 2E-01	1,0E-01 ± 8E-03	4,7E-02 ± 4,3E-03	4,9E-02 ± 9E-03	5,0E-02 ± 5E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	6,6E-02 ± 3E-03	2,0E-01 ± 4E-02	4,0E-01 ± 4E-02	1,5E-01 ± 2E-02	2,0E-01 ± 7E-02

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

LETO 2013 T - 21
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Brežice				
Vrsta vzorca	podust	podust	mrena	krap	Letno povprečje (*)
Datum vzor.	17. 6. 2013	19. 7. 2013	19. 7. 2013	5. 8. 2013	
Označa vzorca	RIBR0213	RIBR0513	RIBR0813	RIBR113	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238		5,0E-01 ± 2E-01	6,3E-01 ± 2E-01		2,8E-01 ± 2E-01
Ra-226	3,8E-01 ± 2E-02	3,7E-01 ± 3E-02	9,1E-02 ± 3E-02		2,1E-01 ± 1E-01
Pb-210	3,7E-01 ± 2E-01	4,6E-01 ± 2E-01			2,1E-01 ± 1E-01
Ra-228	2,3E-01 ± 3E-02	1,4E-01 ± 6E-02			9,2E-02 ± 6E-02
Th-228	2,3E-01 ± 4E-02	1,8E-01 ± 6E-02			1,0E-01 ± 6E-02
Th-230					
K-40	9,3E+01 ± 5E+00	9,9E+01 ± 7E+00	1,1E+02 ± 7E+00	1,0E+02 ± 7E+00	1,0E+02 ± 4E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	5,7E-02 ± 1E-02	7,9E-02 ± 2E-02	4,8E-02 ± 2E-02	< 2E-01	4,6E-02 ± 5E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	5,5E-01 ± 5E-02	2,1E-01 ± 5E-02	2,6E-01 ± 5E-02	4,1E-01 ± 7E-02	3,6E-01 ± 8E-02

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

LETO 2013 T – 22
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Vrsta vzorca	ken	podust	mrena	krap	Letno povprečje (*)
Datum vzor.	17. 6. 2013	19. 7. 2013	5. 8. 2013	5. 8. 2013	
Označa vzorca	RIJE0313	RIJE0613	RIJE0913	RIJE1213	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238					
Ra-226	1,9E-01 ± 3E-02	3,3E-01 ± 4E-02		1,1E-01 ± 2E-02	1,6E-01 ± 7E-02
Pb-210	2,6E-01 ± 2E-01	6,5E-01 ± 3E-01		3,1E-01 ± 2E-01	3,1E-01 ± 1E-01
Ra-228		2,1E-01 ± 8E-02		1,0E-01 ± 7E-02	7,8E-02 ± 5E-02
Th-228					
Th-230					
K-40	9,4E+01 ± 5E+00	1,1E+02 ± 4E+00	1,7E+02 ± 7E+00	9,6E+01 ± 6E+00	1,2E+02 ± 2E+01
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	7,6E-02 ± 2E-02	8,0E-02 ± 2E-02	< 1E-01	8,4E-02 ± 2E-02	8,0E-02 ± 3E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,5E-01 ± 3E-02	6,7E-02 ± 3E-02	3,5E-01 ± 5E-02	6,6E-02 ± 4E-02	1,6E-01 ± 7E-02

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

LETO 2013 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	Ploščič	Mrena	Podust	Platnica	Letno povprečje (*)
Datum vzor.	<i>Abramis brama</i> 15. 6. 2013	<i>Barbus barbus</i> 15. 6. 2013	<i>Chondrostoma nasus</i> 21. 11. 2013	<i>Rutilus pigus virgo</i> 21. 11. 2013	
Kol. vzor. (kg)	0,447	0,482	0,819	0,475	
Odstotek suhe snovi	28,32	26,04	15,68	24,88	
Označa vzorca	JE0613R1	JE0613R2	JE1113R1	JE1113R2	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238					
Ra-226	4,0E-01 ± 2E-01				1,0E-01 ± 1E-01
Pb-210					
Ra-228					
Th-228					
Th-230					
K-40	1,2E+02 ± 1E+01	1,2E+02 ± 1E+01	7,5E+01 ± 9E+00	1E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 1E+01
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 2013 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	Navadni koreselj <i>Carassius gibelio</i>	Androga <i>Blicca bjoerkna</i>	Zelenika <i>Alburnus alburnus</i>	Androga <i>Blicca bjorkna</i>	Letno povprečje (*)
Datum vzor.	15. 6. 2013	15. 6. 2013	21. 11. 2013	21. 11. 2013	
Kol. vzor. (kg)	0,444	0,423	0,245	0,458	
Odstoteksuhe snovi	25,07	26,48	46,98	27,40	
Označa vzorca	OT0613R1	OT0613R2	OT1113R1	OT1113R2	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238		3,1E-01 ± 2E-01	1,4E+00 ± 7E-01		4,2E-01 ± 3E-01
Ra-226					
Pb-210					
Ra-228					
Th-228					
Th-230					
K-40	1,1E+02 ± 1E+01	1,2E+02 ± 1E+01	2,4E+02 ± 3E+01	1E+02 ± 1E+01	1,4E+02 ± 3E+01
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 2013 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	Platnica <i>Rutilus pigus virgo</i>	Podust <i>Chondrostoma nasus</i>	Krap <i>Ciprinus carpio</i>	Ploščič <i>Abramis brama</i>	Letno povprečje (*)
Datum vzor.	15. 6. 2013	15. 6. 2013	21. 11. 2013	21. 11. 2013	
Kol. vzor. (kg)	0,411	0,312	0,488	0,448	
Odstoteksuhe snovi	26,42	24,29	24,69	28,82	
Označa vzorca	PO0613R1	PO0613R2	PO1113R1	PO1113R2	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238				7,9E-01 ± 5E-01	2,0E-01 ± 2E-01
Ra-226					
Pb-210					
Ra-228					
Th-228					
Th-230					
K-40	1,2E+02 ± 1E+01	1,2E+02 ± 1E+01	1,2E+02 ± 1E+01	1,2E+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.

VODOVODI, ČRPALIŠČA in ZAJETJA

- 3. ENKRATNI VZORCI PITNE VODE
PODTALNICE**
- 4. ČRPALIŠČA VODOVODA KRŠKO IN BREŽICE**

LETO 2013 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.	30. 1. 2013	23. 5. 2013	5. 9. 2013	9. 10. 2013	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	50,36	48,86	47,37	48,57	
Oznaka vzorca	K13VD111	K13VD151	K13VD191	K13VD1A1	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
U-238	2,6E+00 ± 2E+00	< 5E+00	4,1E+00 ± 2E+00	< 6E+00	1,7E+00 ± 1E+00
Ra-226	2,3E+00 ± 6E-01	5,5E+00 ± 8E-01	1,1E+00 ± 3E-01	6,9E+00 ± 9E-01	4,0E+00 ± 1E+00
Pb-210	< 3E+00	< 5E+00	7,2E+00 ± 2E+00	7,1E+00 ± 2E+00	3,6E+00 ± 2E+00
Ra-228	1,1E+00 ± 6E-01	< 2E+00	8,9E-01 ± 3E-01	1,3E+00 ± 4E-01	8,0E-01 ± 4E-01
Th-228	< 8E-01	< 1E+00	< 4E-01	4,9E-01 ± 2E-01	1,2E-01 ± 2E-01
Th-230			< 7E+00		< 1E+00
K-40	3,6E+01 ± 4E+00	5,7E+01 ± 6E+00	2,7E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 3E+00	3,7E+01 ± 7E+00
Be-7		5,9E+00 ± 1E+00	2,0E+01 ± 1E+00	1,2E+01 ± 9E-01	9,5E+00 ± 4E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137		< 2E-01	< 2E-01		< 4E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	4,0E-01 ± 7E-02	5,2E-01 ± 8E-02	7,7E-01 ± 1E-01	< 5E-01	4,3E-01 ± 2E-01
H-3	7,4E+02 ± 2E+02	1,4E+03 ± 2E+02	1,0E+03 ± 2E+02	9,0E+02 ± 2E+02	1,0E+03 ± 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 2013 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.	30. 1. 2013	23. 5. 2013	5. 9. 2013	9. 10. 2013	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	51,15	48,85	49,91	48,98	
Oznaka vzorca	K13VD311	K13VD351	K13VD391	K13VD3A1	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
U-238	3,8E+00 ± 1E+00	2,9E+00 ± 1E+00	3,2E+00 ± 2E+00	4,4E+00 ± 1E+00	3,6E+00 ± 8E-01
Ra-226	< 2E+00	3,9E+00 ± 5E-01	< 8E-01	6,6E-01 ± 2E-01	1,1E+00 ± 9E-01
Pb-210	4,3E+00 ± 2E+00	< 7E+00	2,5E+00 ± 1E+00	< 3E+00	1,7E+00 ± 1E+00
Ra-228	6,8E-01 ± 5E-01	9,3E-01 ± 4E-01	< 6E-01	< 1E+00	4,0E-01 ± 2E-01
Th-228	< 4E-01	< 4E-01	< 6E-01	< 4E-01	< 1E-01
Th-230	< 8E+01				< 1E+01
K-40	1,6E+01 ± 4E+00	2,2E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 2E+00
Be-7			8,9E+00 ± 1E+00	2,6E+00 ± 8E-01	2,9E+00 ± 2E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	< 2E-01		< 2E-01		< 5E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	4,4E-01 ± 7E-02	< 4E-01	< 3E-01	6,0E-01 ± 1E-01	2,6E-01 ± 2E-01
H-3	< 4E+02	< 5E+02	< 4E+02	< 5E+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 2013 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				
	6. 2. 2013 Kol. vzorca (L) Oznaka vzorca	23. 5. 2013 42,55 K13VRE151	5. 9. 2013 42,49 K13VRE191	27. 11. 2013 50,46 K13VRE1B1	Letno povprečje (*)
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m³)				
U-238	8,3E+00 ± 2E+00	5,3E+00 ± 2E+00	7,0E+00 ± 3E+00	7,1E+00 ± 2E+00	6,9E+00 ± 1E+00
Ra-226	< 9E-01	8,4E+00 ± 9E-01	2,0E+00 ± 9E-01	3,6E+00 ± 6E-01	3,5E+00 ± 2E+00
Pb-210	< 5E+00	4,2E+00 ± 2E+00	< 3E+00	< 2E+00	1,1E+00 ± 1E+00
Ra-228	< 2E+00	1,4E+00 ± 4E-01	1,9E+00 ± 4E-01	2,0E+00 ± 5E-01	1,3E+00 ± 5E-01
Th-228	4,9E-01 ± 2E-01	< 6E-01	< 4E-01	2,9E-01 ± 2E-01	1,9E-01 ± 1E-01
Th-230					
K-40	9,6E+01 ± 1E+01	1,2E+02 ± 1E+01	1,3E+02 ± 1E+01	8,8E+01 ± 9E+00	1,1E+02 ± 1E+01
Be-7	< 3E+00	< 5E+00	< 5E+00		< 1E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137		1,5E-01 ± 1E-01	< 3E-01	2,4E-01 ± 2E-01	9,9E-02 ± 7E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	3,3E+00 ± 2E-01	3,4E+00 ± 3E-01	3,2E+00 ± 2E-01	1,4E+00 ± 2E-01	2,8E+00 ± 5E-01
H-3	1,8E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 2E+02	4,8E+03 ± 3E+02	2,5E+03 ± 8E+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 2013 T - V2
3. VRTINA VOP-4 V VRBINI – enkratni vzorci



Specifična analiza H-3 (**)

Vzorč. mesto	Vrtina VOP 4						
	27. 12. 2012 Kol. vzorca (L) Oznaka vzorca	4. 2. 2013 1,00 K13VRP421	4. 3. 2013 1,00 K13VRP431	2. 4. 2013 1,00 K13VRP441	6. 5. 2013 1,00 K13VRP451	3. 6. 2013 1,00 K13VRP461	Polletno povprečje (*)
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m³)						
H-3	4,3E+03 ± 4E+02	1,7E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 2E+02	2,0E+03 ± 2E+02	1,5E+03 ± 2E+02	2,1E+03 ± 4E+02

Vzorč. mesto	Vrtina VOP 4						
	1. 7. 2013 Kol. vzorca (L) Oznaka vzorca	2. 8. 2013 1,00 K13VRP481	2. 9. 2013 1,00 K13VRP491	1. 10. 2013 1,00 K13VRP4A1	4. 11. 2013 1,00 K13VRP4B1	2. 1. 2014 1,00 K13VRP4C1	Letno povprečje (*)
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m³)						
H-3	1,6E+03 ± 2E+02	1,7E+03 ± 2E+02	3,5E+03 ± 9E+02	2,4E+04 ± 2E+03	7,6E+03 ± 6E+02	1,9E+03 ± 2E+02	4,5E+03 ± 2E+03

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

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

LETO 2013 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. 2012 - 16. 1. 2013	16. 1. 2013 - 18. 2. 2013	18. 2. 2013 - 18. 3. 2013	18. 3. 2013 - 16. 4. 2013	16. 4. 2013 - 16. 5. 2013	16. 5. 2013 - 17. 6. 2013		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	46,18	44,54	43,25	47,05	46,03	45,63		
Oznaka vzorca	K13VC3111	K13VC3121	K13VC3131	K13VC3141	K13VC3151	K13VC3161		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238	3,0E+00 ± 1E+00	< 4E+00	9,2E+00 ± 3E+00	1,2E+00 ± 5E-01	1,5E+00 ± 1E+00	< 5E+00	2,5E+00 ± 1E+00	
Ra-226	< 2E+00	7,4E-01 ± 4E-01	< 2E+00	< 7E-01		3,3E+00 ± 4E-01	6,8E-01 ± 5E-01	
Pb-210	< 8E+00	3,1E+00 ± 2E+00	7,7E+00 ± 5E+00	7,2E+00 ± 6E-01	6,3E+00 ± 2E+00	< 1E+01	4,1E+00 ± 2E+00	
Ra-228	< 1E+00	< 1E+00	< 1E+00	4,2E-01 ± 2E-01		1,3E+00 ± 5E-01	2,9E-01 ± 2E-01	
Th-228	< 6E-01	< 3E-01	2,8E-01 ± 2E-01	1,7E-01 ± 6E-02	2,9E-01 ± 1E-01	< 4E-01	1,2E-01 ± 9E-02	
Th-230								
K-40	2,5E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 3E+00	1,8E+01 ± 4E+00	2,1E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 1E+00	
Be-7		1,0E+01 ± 4E+00	9,7E+00 ± 2E+00	8,6E+00 ± 1E+00	1,8E+00 ± 8E-01	4,7E+00 ± 7E-01	5,9E+00 ± 2E+00	
I-131								
Cs-134								
Cs-137		< 2E-01	< 3E-01	< 1E-01			< 4E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 4E-01	< 5E-01	< 4E-01	< 4E-01	< 4E-01	< 4E-01	< 1E-01	
H-3	1,1E+02 ± 2E+01	1,2E+02 ± 3E+01	1,1E+02 ± 3E+01	2,7E+02 ± 4E+01	1,6E+02 ± 3E+01	2,6E+02 ± 5E+01	1,7E+02 ± 3E+01	

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

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

LETO 2013 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.	17. 6. 2013 - 16. 7. 2013	16. 7. 2013 - 19. 8. 2013	19. 8. 2013 - 16. 9. 2013	16. 9. 2013 - 16. 10. 2013	16. 10. 2013 - 18. 11. 2013	18. 11. 2013 - 17. 12. 2013		Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	43,95	44,99	48,91	49,38	42,98	43,84		
Oznaka vzorca	K13VC3171	K13VC3181	K13VC3191	K13VC31A1	K13VC31B1	K13VC31C1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238	3,1E+00 ± 2E+00	4,3E+00 ± 1E+00	< 4E+00	2,3E+00 ± 5E-01	< 4E+00	3,3E+00 ± 1E+00	2,3E+00 ± 8E-01	
Ra-226	< 1E+00	8,7E-01 ± 3E-01	< 2E+00	5,7E-01 ± 2E-01	< 2E+00	< 1E+00	4,6E-01 ± 3E-01	
Pb-210	< 3E+00	< 4E+00	< 3E+00	5,1E+00 ± 4E-01	4,7E+00 ± 2E+00	7,3E+00 ± 1E+00	3,4E+00 ± 9E-01	
Ra-228	6,0E-01 ± 5E-01	< 2E+00				1,5E+00 ± 6E-01	3,2E-01 ± 2E-01	
Th-228	< 5E-01	7,3E-01 ± 4E-01	4,3E-01 ± 2E-01	3,5E-01 ± 5E-02	3,4E-01 ± 2E-01	7,9E-01 ± 2E-01	2,8E-01 ± 8E-02	
Th-230					< 3E+01		< 1E+00	
K-40	2,1E+01 ± 3E+00	1,9E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 4E+00	2,2E+01 ± 2E+00	2,5E+01 ± 4E+00	2,3E+01 ± 2E+00	2,3E+01 ± 1E+00	
Be-7	< 3E+00		4,8E+00 ± 2E+00	5,2E+00 ± 8E-01	8,5E+00 ± 2E+00	1,1E+01 ± 1E+00	5,4E+00 ± 1E+00	
I-131								
Cs-134								
Cs-137			< 1E-01		< 3E-01		< 2E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	4,5E-01 ± 8E-02	< 4E-01	< 4E-01	< 3E-01	< 4E-01	< 4E-01	3,8E-02 ± 7E-02	
H-3	3,8E+02 ± 6E+01	1,0E+02 ± 2E+01	< 1E+02	< 1E+02	1,3E+02 ± 2E+01	< 6E+01	1,4E+02 ± 3E+01	

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

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

LETO 2013 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. 2012 - 16. 1. 2013	16. 1. 2013 - 18. 2. 2013	18. 2. 2013 - 18. 3. 2013	18. 3. 2013 - 16. 4. 2013	16. 4. 2013 - 16. 5. 2013	16. 5. 2013 - 17. 6. 2013		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	46,67	46,81	43,31	48,59	46,99	48,95		
Oznaka vzorca	K13VC1111	K13VC1121	K13VC1131	K13VC1141	K13VC1151	K13VC1161		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238	<	1,7E+00 ± 7E-01	3,9E+00 ± 2E+00	<	2,1E+00 ± 1E+00	3,2E+00 ± 2E+00	1,8E+00 ± 1E+00	
Ra-226	7,8E-01 ± 4E-01	2,9E+00 ± 5E-01	2,3E+00 ± 1E+00	1,7E+00 ± 3E-01	<	2,0E+00 ± 5E-01	1,6E+00 ± 4E-01	
Pb-210	5,2E+00 ± 2E+00	4,7E+00 ± 6E-01	<	4,0E+00 ± 6E-01	<	2,2E+00 ± 2E+00	2,7E+00 ± 9E-01	
Ra-228	1,6E+00 ± 4E-01	1,6E+00 ± 2E-01	8,8E-01 ± 5E-01	9,0E-01 ± 2E-01	1,6E+00 ± 8E-01	1,4E+00 ± 4E-01	1,3E+00 ± 2E-01	
Th-228	<	2,9E-01 ± 6E-02	3,1E-01 ± 2E-01	3,3E-01 ± 6E-02	<	<	1,5E-01 ± 1E-01	
Th-230								
K-40	4,5E+01 ± 5E+00	7,3E+01 ± 8E+00	7,6E+01 ± 8E+00	6,4E+01 ± 8E+00	6,5E+01 ± 7E+00	7,2E+01 ± 7E+00	6,6E+01 ± 5E+00	
Be-7	3,1E+00 ± 2E+00	2,6E+00 ± 6E-01	4,1E+00 ± 1E+00	2,3E+00 ± 4E-01			2,0E+00 ± 7E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	<	6E-01		<	4E-02	<	8E-01	<
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	<	9,5E-01 ± 1E-01	8,1E-01 ± 1E-01	6,1E-01 ± 9E-02	<	6,6E-01 ± 2E-01	5,1E-01 ± 2E-01	
H-3	1,3E+03 ± 3E+02	1,6E+03 ± 3E+02	1,5E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 2E+02	1,5E+03 ± 1E+02	1,5E+03 ± 2E+02	1,5E+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 2013 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.	17. 6. 2013 - 16. 7. 2013	16. 7. 2013 - 19. 8. 2013	19. 8. 2013 - 16. 9. 2013	16. 9. 2013 - 16. 10. 2013	16. 10. 2013 - 18. 11. 2013	18. 11. 2013 - 17. 12. 2013		Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	43,17	49,43	43,41	46,87	49,22	44,38		
Oznaka vzorca	K13VC1171	K13VC1181	K13VC1191	K13VC11A1	K13VC11B1	K13VC11C1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238	<	3,1E+00 ± 2E+00	4,8E+00 ± 8E-01	<	3,4E+00 ± 1E+00	<	1,4E+00 ± 8E-01	
Ra-226	1,3E+00 ± 5E-01	3,5E+00 ± 9E-01	4,8E+00 ± 8E-01	1,0E+00 ± 4E-01	2,1E+00 ± 5E-01	9,2E-01 ± 6E-01	1,9E+00 ± 4E-01	
Pb-210	<	5,4E+00 ± 2E+00	<	7E+00	8,3E+00 ± 3E+00	6,4E+00 ± 2E+00	3,0E+00 ± 9E-01	
Ra-228	8,6E-01 ± 6E-01	1,5E+00 ± 4E-01	<	4E-01	<	2E+00	8,5E-01 ± 2E-01	
Th-228	<	2,5E-01 ± 2E-01	<	4E-01	6,1E-01 ± 2E-01	<	1,5E-01 ± 7E-02	
Th-230					6E+01		3E+00	
K-40	5,9E+01 ± 6E+00	6,8E+01 ± 7E+00	7,3E+01 ± 7E+00	6,7E+01 ± 8E+00	7,5E+01 ± 8E+00	7,3E+01 ± 9E+00	6,8E+01 ± 3E+00	
Be-7	4,0E+00 ± 1E+00	<	3E+00	4,7E+00 ± 2E+00	6,7E+00 ± 2E+00	1,0E+01 ± 5E+00	3,1E+00 ± 9E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137				<	3E-01		5E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	8,7E-01 ± 1E-01	6,6E-01 ± 1E-01	4,3E-01 ± 7E-02	7,0E-01 ± 1E-01	<	1,0E+00 ± 2E-01	5,6E-01 ± 1E-01	
H-3	1,6E+03 ± 2E+02	1,4E+03 ± 2E+02	2,1E+03 ± 4E+02	1,4E+03 ± 1E+02	1,8E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 2E+02	1,6E+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 2013 T - 32a
4. ČRPALIŠČE VODOVODA KRŠKO – mesečni sestavljeni vzorci



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

Vzorč. mesto	črpališče Drnovo							
Datum vzor.	17. 12. 2012 - 16. 1. 2013	16. 1. 2013 - 18. 2. 2013	18. 2. 2013 - 18. 3. 2013	18. 3. 2013 - 16. 4. 2013	16. 4. 2013 - 16. 5. 2013	16. 5. 2013 - 17. 6. 2013		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	9,36	43,49	40,13	44,99	45,19	46,13		
Oznaka vzorca	K13VC1211	K13VC1221	K13VC1231	K13VC1241	K13VC1251	K13VC1261		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238	< 3E+01	9,9E+00 ± 1E+00	4,6E+00 ± 3E+00	6,5E+00 ± 1E+00	3,1E+00 ± 2E+00	2,2E+00 ± 1E+00	3,3E+00 ± 3E+00	
Ra-226	< 1E+01	1,2E+00 ± 2E-01	2,1E+00 ± 6E-01	2,1E+00 ± 6E-01	6,4E-01 ± 5E-01	1,0E+00 ± 7E-01	1,9E+00 ± 1E+00	
Pb-210	< 5E+01	3,0E+00 ± 4E-01	8,5E+00 ± 2E+00	< 6E+00	< 4E+00	< 5E+00	1,9E+00 ± 5E+00	
Ra-228	< 1E+00	7,2E-01 ± 2E-01	9,9E-01 ± 3E-01	< 5E-01	7,6E-01 ± 5E-01	5,7E-01 ± 4E-01	3,4E-01 ± 2E-01	
Th-228	< 2E+00	< 2E-01	9,9E-01 ± 3E-01	< 5E-01	3,4E-01 ± 2E-01	< 8E-01	2,2E-01 ± 2E-01	
Th-230						6E+01	< 6E+00	
K-40	4,4E+01 ± 1E+01	2,9E+01 ± 3E+00	3,9E+01 ± 4E+00	3,8E+01 ± 4E+00	3,5E+01 ± 1E+01	5,0E+01 ± 6E+00	3,9E+01 ± 3E+00	
Be-7		< 2E+00	5,5E+00 ± 2E+00	2,6E+00 ± 1E+00	4,1E+00 ± 1E+00	3,9E+00 ± 2E+00	2,7E+00 ± 9E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	< 2E-01	< 6E-02		< 2E-01		< 3E-01	< 4E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 3E+00	6,1E-01 ± 1E-01	8,3E-01 ± 1E-01	< 6E-01	< 5E-01	< 4E-01	2,4E-01 ± 3E-01	
H-3	8,2E+02 ± 1E+02	8,6E+02 ± 9E+01	8,8E+02 ± 9E+01	1,0E+03 ± 1E+02	1,1E+03 ± 1E+02	9,1E+02 ± 1E+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 2013 T - 32b
4. ČRPALIŠČE VODOVODA KRŠKO – mesečni sestavljeni vzorci



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

Vzorč. mesto	črpališče Drnovo							
Datum vzor.	17. 6. 2013 - 16. 7. 2013	16. 7. 2013 - 19. 8. 2013	19. 8. 2013 - 16. 9. 2013	16. 9. 2013 - 16. 10. 2013	16. 10. 2013 - 18. 11. 2013	18. 11. 2013 - 17. 12. 2013		Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	41,93	49,65	41,79	44,95	16,38	41,62		
Oznaka vzorca	K13VC1271	K13VC1281	K13VC1291	K13VC12A1	K13VC12B1	K13VC12C1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238	1,5E+01 ± 4E+00	5,7E+00 ± 3E+00	3,2E+00 ± 2E+00	6,8E+00 ± 2E+00	9,4E+00 ± 4E+00	5,5E+00 ± 1E+00	4,9E+00 ± 2E+00	
Ra-226	2,4E+00 ± 5E-01	9,2E-01 ± 4E-01	2,1E+00 ± 6E-01	6,8E+00 ± 2E+00	4,1E+00 ± 1E+00	1,1E+00 ± 5E-01	2,2E+00 ± 7E-01	
Pb-210	< 3E+00	< 2E+00	< 7E+00	< 4E+00	9,9E+00 ± 6E+00	8,1E+00 ± 3E+00	2,4E+00 ± 3E+00	
Ra-228	< 1E+00	9,5E-01 ± 6E-01	1,0E+00 ± 4E-01	5,1E-01 ± 3E-01	< 3E+00	1,4E+00 ± 5E-01	4,9E-01 ± 2E-01	
Th-228	3,0E-01 ± 2E-01	< 9E-01	< 5E-01	< 5E-01	< 1E+00	3,5E-01 ± 2E-01	1,7E-01 ± 1E-01	
Th-230							< 3E+00	
K-40	3,9E+01 ± 6E+00	3,8E+01 ± 4E+00	4,3E+01 ± 5E+00	4,3E+01 ± 5E+00	4,8E+01 ± 8E+00	4,4E+01 ± 6E+00	4,1E+01 ± 2E+00	
Be-7		< 9E+00	1,0E+01 ± 3E+00	3,9E+00 ± 1E+00		1,3E+01 ± 1E+00	3,6E+00 ± 1E+00	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	< 3E-01	< 3E-01		< 3E-01			< 4E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	7,2E-01 ± 1E-01	< 4E-01	< 6E-01	< 5E-01	< 1E+00	7,4E-01 ± 1E-01	2,4E-01 ± 2E-01	
H-3	1,3E+03 ± 2E+02	1,1E+03 ± 1E+02	1,7E+03 ± 3E+02	8,3E+02 ± 1E+02	1,0E+03 ± 1E+02	9,5E+02 ± 1E+02	1,1E+03 ± 8E+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 2013 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. 2012 - 16. 1. 2013	16. 1. 2013 - 18. 2. 2013	18. 2. 2013 - 18. 3. 2013	18. 3. 2013 - 16. 4. 2013	16. 4. 2013 - 16. 5. 2013	16. 5. 2013 - 17. 6. 2013		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	45,77	51,85	39,86	36,27	45,89	49,61		
Oznaka vzorca	K13VC211	K13VC221	K13VC231	K13VC241	K13VC251	K13VC261		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238	1,9E+00 ± 1E+00	4,2E+00 ± 3E+00	2,2E+00 ± 2E+00	9,9E+00 ± 2E+00	3,7E+00 ± 2E+00	6,0E+00 ± 2E+00	4,7E+00 ± 1E+00	
Ra-226	8,7E-01 ± 3E-01	3,2E+00 ± 1E+00	3,1E+00 ± 1E+00	< 1E+00	< 1E+00	< 1E+00	1,2E+00 ± 6E-01	
Pb-210	< 8E+00	6,4E+00 ± 2E+00	< 1E+01	4,0E+00 ± 1E+00	1,3E+00 ± 9E-01	< 5E+00	1,9E+00 ± 1E+00	
Ra-228	8,7E-01 ± 4E-01	1,1E+00 ± 4E-01	1,3E+00 ± 5E-01	9,6E-01 ± 4E-01	1,0E+00 ± 4E-01	7,1E-01 ± 5E-01	9,9E-01 ± 2E-01	
Th-228	< 6E-01	1,1E+00 ± 2E-01	3,0E-01 ± 2E-01	3,8E-01 ± 2E-01	3,2E-01 ± 2E-01	< 5E-01	3,5E-01 ± 2E-01	
Th-230								
K-40	5,0E+01 ± 6E+00	7,5E+01 ± 7E+00	7,5E+01 ± 8E+00	5,1E+01 ± 5E+00	6,4E+01 ± 6E+00	9,3E+00 ± 4E+00	5,4E+01 ± 1E+01	
Be-7	1,7E+00 ± 1E+00	1,4E+01 ± 2E+00	9,2E+00 ± 2E+00	< 6E+00			4,1E+00 ± 2E+00	
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	6,4E-01 ± 9E-02	7,1E-01 ± 9E-02	9,1E-01 ± 2E-01	1,0E+00 ± 1E-01	< 5E-01	8,4E-01 ± 1E-01	6,9E-01 ± 1E-01	
H-3	1,5E+03 ± 2E+02	1,4E+03 ± 2E+02	1,5E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 2E+02	6,9E+02 ± 1E+02	1,4E+03 ± 1E+02	

(*) 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 2013 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.	17. 6. 2013 - 16. 7. 2013	16. 7. 2013 - 19. 8. 2013	19. 8. 2013 - 16. 9. 2013	16. 9. 2013 - 16. 10. 2013	16. 10. 2013 - 18. 11. 2013	18. 11. 2013 - 17. 12. 2013		Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	44,71	49,36	45,53	44,05	48,62	43,25		
Oznaka vzorca	K13VC271	K13VC281	K13VC291	K13VC2A1	K13VC2B1	K13VC2C1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238	2,6E+00 ± 1E+00	< 3E+00	< 6E+00	4,3E+00 ± 1E+00		3,0E+00 ± 2E+00	3,2E+00 ± 8E-01	
Ra-226	9,2E+00 ± 1E+00	4,8E-01 ± 4E-01	1,4E+00 ± 3E-01	1,0E+00 ± 8E-01	9,6E-01 ± 8E-01		1,7E+00 ± 8E-01	
Pb-210	< 3E+00	< 3E+00	< 3E+00	< 4E+00	2,7E+00 ± 1E+00	< 3E+00	1,2E+00 ± 8E-01	
Ra-228		6,4E-01 ± 5E-01	< 1E+00	7,9E-01 ± 4E-01	8E-01		6,2E-01 ± 1E-01	
Th-228	< 5E-01	< 4E-01	< 3E-01	2,4E-01 ± 2E-01	3,1E-01 ± 1E-01	< 5E-01	2,2E-01 ± 9E-02	
Th-230								
K-40	2,2E+01 ± 3E+00	1,6E+01 ± 6E+00	1,9E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 3E+00	1,7E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 7E+00	
Be-7	2,5E+00 ± 1E+00	7,9E+00 ± 1E+00		8,5E+00 ± 3E+00	< 4E+00	3,1E+00 ± 2E+00	3,9E+00 ± 1E+00	
I-131								
Cs-134								
Cs-137			< 3E-01	< 3E-01			< 2E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	9,9E-01 ± 1E-01	7,7E-01 ± 1E-01	8,8E-01 ± 1E-01	9,2E-01 ± 1E-01	8,5E-01 ± 1E-01	1,2E+00 ± 1E-01	8,1E-01 ± 8E-02	
H-3	7,2E+02 ± 1E+02	9,0E+02 ± 1E+02	7,6E+02 ± 2E+02	5,9E+02 ± 6E+01	6,8E+02 ± 7E+01	6,2E+02 ± 7E+01	1,0E+03 ± 1E+02	

(*) 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 2013 T - 34a
4. ČRPALIŠČE VODOVODA BREŽICE – mesečni sestavljeni vzorci



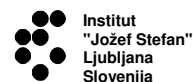
Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**)

Vzrč. mesto	črpaljšče Brežice (Glogov Brod novo)							
Datum vzor.	17. 12. 2012 - 16. 1. 2013	16. 1. 2013 - 18. 2. 2013	18. 2. 2013 - 18. 3. 2013	18. 3. 2013 - 16. 4. 2013	16. 4. 2013 - 16. 5. 2013	16. 5. 2013 - 17. 6. 2013		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	44,94	49,42	41,82	43,33	44,69	47,65		
Oznaka vzorca	K13VC3211	K13VC3221	K13VC3231	K13VC3241	K13VC3251	K13VC3261		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238	3,0E+00 ± 1E+00	4,8E+00 ± 2E+00	<	3,0E+00 ± 2E+00	3,6E+00 ± 1E+00	2,3E+00 ± 2E+00	2,8E+00 ± 7E-01	
Ra-226	9,0E-01 ± 6E-01	<	<	<	<	<	1,5E-01 ± 4E-01	
Pb-210	4,9E+00 ± 9E-01	1,2E+01 ± 2E+00	7,0E+00 ± 2E+00	6,4E+00 ± 1E+00	4,5E+00 ± 2E+00	4,9E+00 ± 1E+00	6,6E+00 ± 1E+00	
Ra-228	<	9E-01	<	<	3,9E-01 ± 3E-01	9,9E-01 ± 4E-01	2,3E-01 ± 2E-01	
Th-228	<	4E-01	<	3,2E-01 ± 2E-01	2,2E-01 ± 1E-01		1,9E-01 ± 1E-01	
Th-230								
K-40	2,3E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 4E+00	2,3E+01 ± 1E+00	
Be-7	1,9E+00 ± 1E+00	<	3,7E+00 ± 2E+00	2,4E+00 ± 1E+00	4,0E+00 ± 8E-01	<	2,0E+00 ± 7E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	<	3E-01	<	9E-02	<	2E-01	<	6E-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	4,8E-01 ± 8E-02	<	4E-01	7,9E-02 ± 9E-02
H-3	1,4E+02 ± 3E+01	1,2E+02 ± 2E+01	1,3E+02 ± 3E+01	1,4E+02 ± 4E+01	1,1E+02 ± 2E+01	<	9E+01	1,0E+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 2013 T - 34b
4. ČRPALIŠČE VODOVODA BREŽICE – mesečni sestavljeni vzorci



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

Vzrč. mesto	črpaljšče Brežice (Glogov Brod novo)							
Datum vzor.	17. 6. 2013 - 16. 7. 2013	16. 7. 2013 - 19. 8. 2013	19. 8. 2013 - 16. 9. 2013	16. 9. 2013 - 16. 10. 2013	16. 10. 2013 - 18. 11. 2013	18. 11. 2013 - 17. 12. 2013		Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	43,19	50,28	41,58	44,69	49,48	43,08		
Oznaka vzorca	K13VC3271	K13VC3281	K13VC3291	K13VC32A1	K13VC32B1	K13VC32C1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238	3,1E+00 ± 1E+00	6,1E+00 ± 3E+00	<	5E+00	3,8E+00 ± 2E+00	4,5E+00 ± 2E+00	3,7E+00 ± 1E+00	3,2E+00 ± 5E-01
Ra-226	<	2E+00	1,7E+00 ± 4E-01	<	4,7E-01 ± 3E-01	<	2E+00	<
Pb-210	3,9E+00 ± 1E+00	3,7E+00 ± 2E+00	5,7E+00 ± 2E+00	<	3E+00	8,0E+00 ± 2E+00	<	7E+00
Ra-228	9,6E-01 ± 6E-01	<	2E+00	<	3E-01	6,9E-01 ± 5E-01	<	1E+00
Th-228	<	4E-01	3,1E-01 ± 2E-01	3,4E-01 ± 2E-01	<	3E-01	<	3E-01
Th-230								
K-40	2,5E+01 ± 3E+00	1,9E+01 ± 4E+00	2,2E+01 ± 5E+00	1,9E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 9E-01
Be-7	2,7E+00 ± 1E+00		3,4E+00 ± 1E+00	3,9E+00 ± 1E+00	5,8E+00 ± 1E+00	1,4E+00 ± 1E+00	1,4E+00 ± 1E+00	2,4E+00 ± 5E-01
I-131								
Cs-134								
Cs-137		<	2E-01			<	3E-01	<
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	4,1E-01 ± 7E-02	<	4E-01	<	5E-01	<	4E-01	<
H-3	1,9E+02 ± 4E+01	1,6E+02 ± 2E+01	<	1E+02	<	1,2E+02 ± 2E+01	3,0E+02 ± 4E+01	1,1E+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 2013 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.	2. 1. 2013	5. 2. 2013	5. 3. 2013	8. 4. 2013	8. 5. 2013	3. 6. 2013	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	44,7	49,4	49,5	48,9	50,0	41,9	
Oznaka vzorca	MED01-13	MED02-13	MED03-13	MED04-13	MED05-13	MED06-13	
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238	1,2E+01 ± 3E+00	9,3E+00 ± 3E+00	1,3E+01 ± 4E+00	5,4E+00 ± 2E+00	9,8E+00 ± 3E+00	9,2E+00 ± 4E+00	9,6E+00 ± 1E+00
Ra-226	7,0E-01 ± 3E-01	3,1E-01 ± 2E-01	8,9E-01 ± 5E-01	7,5E-01 ± 3E-01	3,2E-01 ± 3E-01	7,0E-01 ± 3E-01	6,1E-01 ± 1E-01
Pb-210							
Ra-228				8,6E-01 ± 5E-01	5,7E-01 ± 5E-01	5,4E-01 ± 5E-01	3,3E-01 ± 2E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	2,9E+01 ± 6E+00	5,7E+01 ± 9E+00	2,9E+01 ± 6E+00	7,2E+01 ± 1E+01	9,3E+01 ± 1E+01	9,5E+01 ± 1E+01	6,2E+01 ± 1E+01
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	3,7E+00 ± 4E-01	2,3E+00 ± 3E-01	3,1E+00 ± 3E-01	2,5E+00 ± 3E-01	3,2E+00 ± 3E-01	3,2E+00 ± 4E-01	3,0E+00 ± 2E-01
H-3	4,2E+02 ± 1E+02	< 4E+02	< 4E+02	< 4E+02	< 4E+02	< 4E+02	7,0E+01 ± 2E+02

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

LETO 2013 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.	1. 7. 2013	1. 8. 2013	4. 9. 2013	4. 10. 2013	19. 11. 2013	2. 12. 2013	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	52,9	47,1	54,3	51,4	51,6	53,9	
Oznaka vzorca	MED07-13	MED08-13	MED09-13	MED10-13	MED11-13	MED12-13	
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238	7,6E+00 ± 2E+00	1,2E+01 ± 3E+00	8,2E+00 ± 3E+00	8,4E+00 ± 3E+00			7,8E+00 ± 1E+00
Ra-226	9,4E-01 ± 4E-01	6,1E-01 ± 3E-01		4,4E-01 ± 3E-01	2,6E+00 ± 9E-01		6,9E-01 ± 2E-01
Pb-210							
Ra-228	6,4E-01 ± 4E-01	5,5E-01 ± 4E-01		7,1E-01 ± 5E-01			3,2E-01 ± 1E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	5,3E+01 ± 8E+00	7,8E+01 ± 1E+01	7,6E+01 ± 1E+01	4,3E+01 ± 7E+00	6,4E+01 ± 1E+01	4,2E+01 ± 1E+01	6,1E+01 ± 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							
Sr-90	3,3E+00 ± 3E-01	3,3E+00 ± 4E-01	2,3E+00 ± 4E-01	3,2E+00 ± 3E-01	2,1E+00 ± 2E-01	2,9E+00 ± 3E-01	2,9E+00 ± 1E-01
H-3	< 4E+02	< 4E+02	9,2E+03 ± 8E+02	1,2E+03 ± 2E+02	1,0E+03 ± 2E+02	5,4E+02 ± 1E+02	1,0E+03 ± 8E+02

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

LETO 2013 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.	2. 1. 2013	5. 2. 2013	5. 3. 2013	8. 4. 2013	8. 5. 2013	3. 6. 2013	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	55,2	53,6	54,7	53,6	52,0	53,8	
Oznaka vzorca	SIB01-13	SIB02-13	SIB03-13	SIB04-13	SIB05-13	SIB06-13	
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238	1,3E+01 ± 3E+00	1,2E+01 ± 3E+00	1,1E+01 ± 3E+00	8,2E+00 ± 3E+00	1,0E+01 ± 3E+00	9,9E+00 ± 3E+00	1,0E+01 ± 1E+00
Ra-226	1,0E+00 ± 4E-01	9,7E-01 ± 4E-01	7,5E-01 ± 3E-01	8,4E-01 ± 4E-01	8,2E-01 ± 3E-01	1,3E+00 ± 5E-01	9,4E-01 ± 2E-01
Pb-210							
Ra-228	1,9E+00 ± 8E-01	2,9E+00 ± 1E+00	1,5E+00 ± 7E-01	2,3E+00 ± 9E-01	1,8E+00 ± 8E-01	1,7E+00 ± 8E-01	2,0E+00 ± 3E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	4,6E+01 ± 7E+00	5,2E+01 ± 8E+00	4,7E+01 ± 7E+00	4,6E+01 ± 7E+00	5,4E+01 ± 8E+00	5,9E+01 ± 8E+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	3,2E+00 ± 3E-01	2,9E+00 ± 3E-01	3,1E+00 ± 3E-01	3,9E+00 ± 4E-01	3,4E+00 ± 3E-01	3,5E+00 ± 4E-01	3,3E+00 ± 1E-01
H-3	< 4E+02	4,4E+02 ± 1E+02	< 4E+02	< 4E+02	< 4E+02	< 4E+02	7,3E+01 ± 2E+02

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

LETO 2013 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.	1. 7. 2013	1. 8. 2013	4. 9. 2013	4. 10. 2013	12. 11. 2013	2. 12. 2013	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	46,7	51,3	54,3	56,2	57,0	56,2	
Oznaka vzorca	SIB07-13	SIB08-13	SIB09-13	SIB10-13	SIB11-13	SIB12-13	
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238	1,3E+01 ± 3E+00	1,4E+01 ± 5E+00	1,0E+01 ± 3E+00	1,1E+01 ± 3E+00			1,0E+01 ± 1E+00
Ra-226	2,3E+00 ± 5E-01	1,3E+00 ± 5E-01	9,0E-01 ± 3E-01	1,1E+00 ± 4E-01	2,1E+00 ± 8E-01	3,1E+00 ± 9E-01	1,4E+00 ± 2E-01
Pb-210							
Ra-228	1,9E+00 ± 9E-01	1,6E+00 ± 1E+00	9,6E-01 ± 6E-01	1,5E+00 ± 8E-01			1,5E+00 ± 2E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	7,9E+01 ± 1E+01	6,7E+01 ± 1E+01	7,0E+01 ± 1E+01	6,5E+01 ± 9E+00	6,7E+01 ± 1E+01	6,6E+01 ± 1E+01	6,0E+01 ± 3E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137		2,2E+00 ± 5E-01	3,9E-01 ± 2E-01				2,2E-01 ± 2E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	4,6E+00 ± 4E-01	3,8E+00 ± 4E-01	4,0E+00 ± 4E-01	3,5E+00 ± 4E-01	3,4E+00 ± 4E-01	3,3E+00 ± 3E-01	3,5E+00 ± 1E-01
H-3	< 4E+02	< 4E+02	< 4E+02	4,4E+02 ± 1E+02	1,1E+03 ± 2E+02	2,9E+03 ± 3E+02	4,1E+02 ± 2E+02

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

5. PADAVINE IN USEDI

6. USEDI – VAZELINSKE PLOŠČE

LETO 2013 T - 37a
5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**), preračunane na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN

Vzrč. mesto	Breg							
Datum vzor.	27. 12. 2012 - 4. 2. 2013	4. 2. 2013 - 4. 3. 2013	4. 3. 2013 - 2. 4. 2013	2. 4. 2013 - 6. 5. 2013	6. 5. 2013 - 3. 6. 2013	3. 6. 2013 - 1. 7. 2013		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	36,61	34,83	39,61	26,63	32,77	11,25		
Padavine (mm)***	126,8	146,1	114,4	64,2	141,8	66,2		
Oznaka vzorca	K13PD211	K13PD221	K13PD231	K13PD241	K13PD251	K13PD261		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
Na-22	<	6,0E+00 ± 2E+00	4,7E+00 ± 2E+00	6,7E+00 ± 5E+00	<	2,8E-01 ± 2E-01	<	4,6E-02 ± 5E-02
U-238	<	5E+00	<	4,8E-01 ± 3E-01	<	4E+00	<	2,9E+00 ± 2E+00
Ra-226	<	3E+00	<	9,0E+00 ± 2E+00	<	3E+00	<	1,6E+00 ± 1E+00
Pb-210	1,4E+02 ± 9E+00	1,4E+02 ± 1E+01	6,3E+01 ± 6E+00	9,9E+01 ± 5E+00	2,0E+01 ± 2E+00	1,4E+02 ± 3E+01	1,0E+02 ± 2E+01	1,0E+02 ± 2E+01
Ra-228	<	<	<	<	<	1E+00	5,1E+00 ± 2E+00	8,5E-01 ± 8E-01
Th-230	<	<	<	<	<	7E-01	<	5E+00
Th-228	2,9E-01 ± 2E-01	3,6E-01 ± 2E-01	4,4E-01 ± 2E-01	1,0E+00 ± 3E-01	5,2E-01 ± 4E-01	<	2E+00	4,4E-01 ± 3E-01
K-40	6,5E+00 ± 2E+00	3,2E+00 ± 2E+00	<	1,7E+01 ± 4E+00	2,1E+01 ± 3E+00	<	4E+01	8,0E+00 ± 5E+00
Be-7	3,9E+02 ± 2E+01	8,2E+02 ± 4E+01	3,4E+02 ± 2E+01	5,0E+02 ± 2E+01	1,3E+02 ± 8E+00	4,7E+02 ± 2E+01	<	4,4E+02 ± 9E+01
I-131	<	<	<	<	<	<	<	<
Cs-134	<	<	<	<	<	<	<	<
Cs-137	<	4E-01	2,5E-01 ± 2E-01	5,8E-01 ± 2E-01	<	<	1,5E+00 ± 7E-01	4,0E-01 ± 2E-01
Co-58	<	<	<	<	<	<	<	<
Co-60	<	<	<	<	<	<	<	<
Cr-51	<	<	<	<	<	<	<	<
Mn-54	<	<	<	<	<	<	<	<
Zn-65	<	<	<	<	<	<	<	<
Nb-95	<	<	<	<	<	<	<	<
Ru-106	<	<	<	<	<	<	<	<
Sb-125	<	<	<	<	<	<	<	<
Sr-89/Sr-90	<	1,1E+00 ± 1E-01	<	9,0E-01 ± 1E-01	<	6E-01	1,7E+00 ± 3E-01	6,2E-01 ± 3E-01
H-3	1,9E+03 ± 2E+02	1,3E+03 ± 2E+02	2,0E+03 ± 2E+02	3,0E+03 ± 3E+02	1,8E+03 ± 2E+02	2,2E+03 ± 2E+02	<	2,0E+03 ± 2E+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.

*** 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

Vzrč. mesto	Breg							
Datum vzor.	27. 12. 2012 - 4. 2. 2013	4. 2. 2013 - 4. 3. 2013	4. 3. 2013 - 2. 4. 2013	2. 4. 2013 - 6. 5. 2013	6. 5. 2013 - 3. 6. 2013	3. 6. 2013 - 1. 7. 2013		Polletni used (*)
Kol. vzorca (L)	36,6	34,8	39,6	26,6	32,8	11,3		
Padavine (mm)***	126,8	146,1	114,4	64,2	141,8	66,2		
Oznaka vzorca	K13PD211	K13PD221	K13PD231	K13PD241	K13PD251	K13PD261		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
Na-22	<	8,7E-01 ± 3E-01	5,4E-01 ± 2E-01	4,3E-01 ± 3E-01	<	4,0E-02 ± 3E-02	<	4,0E-02 ± 3E-02
U-238	<	7E-01	<	5,5E-02 ± 4E-02	<	5E-01	<	1,8E+00 ± 1E+00
Ra-226	<	5E-01	<	5,8E-01 ± 1E-01	<	4E-01	<	2E-01
Pb-210	1,7E+01 ± 1E+00	2,1E+01 ± 2E+00	7,2E+00 ± 7E-01	6,3E+00 ± 3E-01	2,9E+00 ± 3E-01	9,3E+00 ± 2E+00	6,3E+01 ± 4E-01	6,3E+01 ± 3E+00
Ra-228	<	<	<	<	<	2E-01	3,4E-01 ± 1E-01	3,4E-01 ± 2E-01
Th-230	<	<	<	<	<	3E+00	<	2E+00
Th-228	3,7E-02 ± 3E-02	5,3E-02 ± 3E-02	5,0E-02 ± 2E-02	6,5E-02 ± 2E-02	7,4E-02 ± 5E-02	<	2E-01	2,8E-01 ± 1E-01
K-40	8,3E-01 ± 2E-01	4,6E-01 ± 4E-01	<	1,1E+00 ± 3E-01	3,0E+00 ± 5E-01	<	3E+00	5,4E+00 ± 2E+00
Be-7	5,0E+01 ± 2E+00	1,2E+02 ± 6E+00	3,9E+01 ± 2E+00	3,2E+01 ± 2E+00	1,8E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 2E+00	<	2,9E+02 ± 7E+00
I-131	<	<	<	<	<	<	<	<
Cs-134	<	<	<	<	<	<	<	<
Cs-137	<	6E-02	2,9E-02 ± 2E-02	3,7E-02 ± 1E-02	<	<	1,0E-01 ± 5E-02	1,7E-01 ± 6E-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	<	5,7E-02 ± 9E-03	<	9E-02	1,1E-01 ± 2E-02	3,3E-01 ± 9E-02
H-3	2,4E+02 ± 3E+01	1,9E+02 ± 3E+01	2,3E+02 ± 2E+01	1,9E+02 ± 2E+01	2,6E+02 ± 3E+01	1,4E+02 ± 2E+01	<	1,2E+03 ± 6E+01

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

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

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

LETO 2013 T - 37b

5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**), preračunane na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN

Vzrč. mesto	Breg							Letno povprečje (*)
	1. 7. 2013 - 1. 8. 2013	1. 8. 2013 - 2. 9. 2013	2. 9. 2013 - 1. 10. 2013	1. 10. 2013 - 4. 11. 2013	4. 11. 2013 - 2. 12. 2013	2. 12. 2013 - 2. 1. 2014		
Datum vzor.	12,53	26,89	46,83	15,37	51,06	4,5		
Kol. vzorca (L)	32,5	91,2	144,5	27,6	210,0	15,3		
Padavine (mm)***	K13PD271	K13PD281	K13PD291	K13PD2A1	K13PD2B1	K13PD2C1		
Oznaka vzorca								
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (B q/m ²)							
Na-22							2,3E-02 ± 2E-02	
U-238	1,6E+01 ± 1E+01	< 1E+01	1,8E+00 ± 9E-01	1,1E+01 ± 4E+00	< 7E-01	< 4E+01	3,8E+00 ± 3E+00	
Ra-226	< 7E+00	< 1E+00	1,0E+00 ± 4E-01				8,7E-01 ± 7E-01	
Pb-210	1,7E+01 ± 4E+00	4,7E+01 ± 4E+00	2,0E+01 ± 1E+00	4,0E+01 ± 5E+00	5,6E+01 ± 4E+00	3,1E+02 ± 5E+01	9,1E+01 ± 2E+01	
Ra-228			1,0E+00 ± 7E-01	1,8E+00 ± 1E+00			6,6E-01 ± 4E-01	
Th-230							< 2E+00	
Th-228	1,1E+00 ± 8E-01	1,9E+00 ± 8E-01	2,7E-01 ± 2E-01	1,2E+00 ± 6E-01	1,5E-01 ± 1E-01	2,3E+00 ± 2E+00	7,9E-01 ± 2E-01	
K-40	2,9E+01 ± 2E+01	8,7E+00 ± 6E+00	4,3E+00 ± 2E+00	7,5E+00 ± 4E+00	1,3E+00 ± 1E+00	< 1E+02	8,2E+00 ± 6E+00	
Be-7	8,7E+01 ± 9E+00	2,4E+02 ± 1E+01	8,3E+01 ± 4E+00	2,7E+02 ± 1E+01	3,2E+02 ± 2E+01	5,1E+02 ± 3E+01	3,5E+02 ± 6E+01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	< 2E+00		< 3E-01		< 1E-01	< 3E+00	2,0E-01 ± 2E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 1E+00	< 7E-01	< 5E-01	< 1E+00	< 4E-01	< 4E+00	3,1E-01 ± 3E-01	
H-3	2,5E+03 ± 2E+02	1,5E+03 ± 2E+02	2,3E+03 ± 2E+02	3,5E+03 ± 3E+02	3,2E+03 ± 3E+02	4,9E+03 ± 3E+02	2,5E+03 ± 3E+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.

*** 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

Vzrč. mesto	Breg							Letni used (*)
	1. 7. 2013 - 1. 8. 2013	1. 8. 2013 - 2. 9. 2013	2. 9. 2013 - 1. 10. 2013	1. 10. 2013 - 4. 11. 2013	4. 11. 2013 - 2. 12. 2013	2. 12. 2013 - 2. 1. 2014		
Datum vzor.	12,5	26,9	46,8	15,4	51,1	4,5		
Kol. vzorca (L)	32,5	91,2	144,5	27,6	210,0	15,3		
Padavine (mm)***	K13PD271	K13PD281	K13PD291	K13PD2A1	K13PD2B1	K13PD2C1		
Oznaka vzorca								
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (B q/m ²)							
Na-22							4,0E-02 ± 3E-02	
U-238	5,1E-01 ± 3E-01	< 1E+00	2,6E-01 ± 1E-01	3,1E-01 ± 1E-01	< 6E-01	< 6E-01	2,9E+00 ± 1E+00	
Ra-226	< 2E-01	< 9E-02	1,4E-01 ± 5E-02		< 2E-01		7,8E-01 ± 4E-01	
Pb-210	5,6E-01 ± 1E-01	4,2E+00 ± 4E-01	2,9E+00 ± 2E-01	1,1E+00 ± 1E-01	1,2E+01 ± 8E-01	4,8E+00 ± 8E-01	8,9E+01 ± 3E+00	
Ra-228			1,5E-01 ± 9E-02	5,0E-02 ± 4E-02			5,3E-01 ± 3E-01	
Th-230							< 2E+00	
Th-228	3,4E-02 ± 3E-02	1,7E-01 ± 8E-02	3,9E-02 ± 3E-02	3,2E-02 ± 2E-02	3,1E-02 ± 2E-02	3,6E-02 ± 3E-02	6,2E-01 ± 2E-01	
K-40	9,5E-01 ± 5E-01	7,9E-01 ± 6E-01	6,2E-01 ± 3E-01	2,1E-01 ± 1E-01	2,7E-01 ± 2E-01	< 2E+00	8,2E+00 ± 2E+00	
Be-7	2,8E+00 ± 3E-01	2,2E+01 ± 1E+00	1,2E+01 ± 6E-01	7,5E+00 ± 4E-01	6,6E+01 ± 3E+00	7,8E+00 ± 4E-01	4,1E+02 ± 8E+00	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	< 6E-02		< 4E-02		< 3E-02	< 5E-02	1,7E-01 ± 8E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	< 5E-02	< 7E-02	< 7E-02	< 4E-02	< 8E-02	< 7E-02	3,3E-01 ± 1E-01	
H-3	8,2E+01 ± 7E+00	1,3E+02 ± 2E+01	3,3E+02 ± 3E+01	9,7E+01 ± 8E+00	6,6E+02 ± 6E+01	7,4E+01 ± 5E+00	2,6E+03 ± 9E+01	

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

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

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

LETO 2013 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.	27. 12. 2012 - 4. 2. 2013	4. 2. 2013 - 4. 3. 2013	4. 3. 2013 - 2. 4. 2013	2. 4. 2013 - 6. 5. 2013	6. 5. 2013 - 3. 6. 2013	3. 6. 2013 - 1. 7. 2013		Polletno povprečje (*)		
Kol. vzorca (L)	35,71	31,62	35,09	19,77	33,33	17,25				
Padavine (mm)	86,4	121,4	130,7	41,5	144,0	58,2				
Oznaka vzorca	K13PD311	K13PD321	K13PD331	K13PD341	K13PD351	K13PD361				
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (B qm ²)									
Na-22				<	1E+00			<	1E-01	
U-238	6,0E+00 ± 2E+00	2,8E+00 ± 2E+00	<	8E-01	<	1E+01		<	1,5E+00 ± 3E+00	
Ra-226	8,5E-01 ± 5E-01	<				1,3E+01 ± 1E+00	<	3E+01	2,3E+00 ± 2E+00	
Pb-210	1,2E+02 ± 6E+00	1,3E+02 ± 9E+00	6,8E+01 ± 4E+00	9,1E+01 ± 1E+01	3,2E+01 ± 3E+00	3,6E+01 ± 5E+00	3,7E+00 ± 2E+00		7,8E+01 ± 2E+01	
Ra-228				<	2E+00				6,2E-01 ± 6E-01	
Th-230										
Th-228	<	5E-01	5,1E-01 ± 3E-01	<	3E-01	<	2E+00	7,5E-01 ± 3E-01	<	1E+00
K-40	<	8E+00	3,1E+00 ± 1E+00	<	1E+01	3,1E+01 ± 1E+01	2,9E+01 ± 3E+00	2,0E+01 ± 1E+01	2,1E-01 ± 2E-01	1,4E+01 ± 6E+00
Be-7	5,0E+02 ± 2E+01	7,1E+02 ± 4E+01	5,4E+02 ± 4E+01	5,5E+02 ± 3E+01	1,6E+02 ± 8E+00	2,7E+02 ± 2E+01			4,6E+02 ± 8E+01	
I-131										
Cs-134										
Cs-137	<	5E-01	<	9E-02	<	7E-01	<	2E-01	<	1E+00
Co-58									<	2E-01
Co-60										
Cr-51										
Mn-54										
Zn-65										
Nb-95										
Ru-106										
Sb-125										
Sr-89/Sr-90	<	6E-01	7,7E-01 ± 1E-01	<	6E-01	1,2E+00 ± 2E-01	<	6E-01	1,5E+00 ± 3E-01	5,6E-01 ± 3E-01
H-3	1,4E+03 ± 2E+02	1,5E+03 ± 2E+02	2,0E+03 ± 2E+02	2,3E+03 ± 2E+02	1,5E+03 ± 2E+02	1,9E+03 ± 2E+02			1,8E+03 ± 2E+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.

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

Vzrč. mesto	Krško									
Datum vzor.	27. 12. 2012 - 4. 2. 2013	4. 2. 2013 - 4. 3. 2013	4. 3. 2013 - 2. 4. 2013	2. 4. 2013 - 6. 5. 2013	6. 5. 2013 - 3. 6. 2013	3. 6. 2013 - 1. 7. 2013		Polletni used (*)		
Kol. vzorca (L)	35,7	31,6	35,1	19,8	33,3	17,3				
Padavine (mm)	86,4	121,4	130,7	41,5	144,0	58,2				
Oznaka vzorca	K13PD311	K13PD321	K13PD331	K13PD341	K13PD351	K13PD361				
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (B qm ²)									
Na-22				<	5E-02			<	3E-02	
U-238	5,2E-01 ± 2E-01	3,4E-01 ± 2E-01	<	1E-01	<	4E-01		<	2E+00	
Ra-226	7,3E-02 ± 4E-02	<	5E-01			1,9E+00 ± 2E-01	<	2E+00	8,5E-01 ± 1E+00	
Pb-210	9,9E+00 ± 6E-01	1,5E+01 ± 1E+00	8,9E+00 ± 5E-01	3,8E+00 ± 5E-01	4,6E+00 ± 4E-01	2,1E+00 ± 3E-01	2,2E-01 ± 1E-01		2,0E+00 ± 4E-01	
Ra-228				<	1E-01				4,5E+01 ± 2E+00	
Th-230									2,2E-01 ± 1E-01	
Th-228	<	5E-02	6,2E-02 ± 4E-02	<	4E-02	<	7E-02	1,1E-01 ± 4E-02	<	8E-02
K-40	<	7E-01	4,1E-01 ± 2E-01	<	2E-01	1,3E+00 ± 4E-01	4,1E+00 ± 5E-01	1,2E+00 ± 6E-01	1,7E-01 ± 9E-02	7,0E+00 ± 1E+00
Be-7	4,3E+01 ± 2E+00	8,6E+01 ± 4E+00	7,0E+01 ± 5E+00	2,3E+01 ± 1E+00	2,3E+01 ± 1E+00	1,6E+01 ± 9E-01			2,6E+02 ± 7E+00	
I-131										
Cs-134										
Cs-137	<	6E-02	<	1E-02	<	3E-02	<	3E-02	<	8E-02
Co-58									<	6E-02
Co-60										
Cr-51										
Mn-54										
Zn-65										
Nb-95										
Ru-106										
Sb-125										
Sr-89/Sr-90	<	5E-02	9,3E-02 ± 2E-02	<	8E-02	4,8E-02 ± 9E-03	<	9E-02	8,5E-02 ± 2E-02	2,3E-01 ± 8E-02
H-3	1,2E+02 ± 2E+01	1,8E+02 ± 2E+01	2,6E+02 ± 3E+01	9,5E+01 ± 1E+01	2,1E+02 ± 3E+01	1,1E+02 ± 1E+01			9,8E+02 ± 5E+01	

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

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

LETO 2013 T - 38b
5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci

Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**), preračunane na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN

Vzrč. mesto	Krško									
Datum vzor.	1. 7. 2013 - 1. 8. 2013	1. 8. 2013 - 2. 9. 2013	2. 9. 2013 - 1. 10. 2013	1. 10. 2013 - 4. 11. 2013	4. 11. 2013 - 2. 12. 2013	2. 12. 2013 - 2. 1. 2014		Letno povprečje (*)		
Kol. vzorca (L)	12,53	29,59	34,29	14,96	51,18	4,1				
Padavine (mm)	19,4	103,6	130,0	26,5	239,9	17,9				
Oznaka vzorca	K13PD371	K13PD381	K13PD391	K13PD3A1	K13PD3B1	K13PD3C1				
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)									
Na-22	<	2E+01		3,5E+00 ± 2E+00	<	2E+00		<	6E-02	
U-238				1,2E+00 ± 6E-01			4,5E+00 ± 7E-01		3,9E+00 ± 3E+00	
Ra-226				1,2E+00 ± 6E-01			4,5E+00 ± 7E-01		1,6E+00 ± 1E+00	
Pb-210	1,4E+02 ± 1E+01	7,3E+01 ± 6E+00	3,4E+01 ± 3E+00	1,2E+02 ± 2E+01	6,9E+01 ± 5E+00	1,6E+02 ± 3E+01	1,6E+02 ± 3E+01		8,8E+01 ± 1E+01	
Ra-228	4,3E+00 ± 3E+00	<	2E+00	<	6E-01	1,9E+00 ± 1E+00	5,7E-01 ± 4E-01	<	2E+01	
Th-230									8,7E-01 ± 1E+00	
Th-228	<	2E+00	9,1E-01 ± 4E-01	<	1E+00	1,1E+00 ± 5E-01	8,3E-01 ± 4E-01	<	6E+00	
K-40	4,5E+01 ± 2E+01	<	2E+01	9,9E+00 ± 3E+00	1,8E+01 ± 5E+00	1,7E+00 ± 1E+00	2,6E+01 ± 2E+01		3,4E-01 ± 4E-01	
Be-7	3,4E+02 ± 2E+01	6,2E+02 ± 3E+01	1,6E+02 ± 8E+00	4,9E+02 ± 2E+01	5,5E+02 ± 3E+01	2,7E+02 ± 3E+01	2,7E+02 ± 3E+01		1,5E+01 ± 4E+00	
I-131									4,3E+02 ± 5E+01	
Cs-134										
Cs-137	<	1E+00	<	5E-01	<	1E+00	<	3E-01	<	3E+00
Co-58									<	2E-01
Co-60										
Cr-51										
Mn-54										
Zn-65										
Nb-95										
Ru-106										
Sb-125										
Sr-89/Sr-90	<	2E+00	7,6E-01 ± 1E-01	<	6E-01	<	2E+00	<	4E-01	
H-3	1,8E+03 ± 2E+02	1,7E+03 ± 2E+02	9,1E+02 ± 2E+02	3,0E+03 ± 3E+02	2,6E+03 ± 3E+02	1,5E+03 ± 2E+02	1,5E+03 ± 2E+02		3,5E-01 ± 3E-01	
									1,8E+03 ± 2E+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.

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

Vzrč. mesto	Krško									
Datum vzor.	1. 7. 2013 - 1. 8. 2013	1. 8. 2013 - 2. 9. 2013	2. 9. 2013 - 1. 10. 2013	1. 10. 2013 - 4. 11. 2013	4. 11. 2013 - 2. 12. 2013	2. 12. 2013 - 2. 1. 2014		Letni used (*)		
Kol. vzorca (L)	12,5	29,6	34,3	15,0	51,2	4,1				
Padavine (mm)	19,4	103,6	130,0	26,5	239,9	17,9				
Oznaka vzorca	K13PD371	K13PD381	K13PD391	K13PD3A1	K13PD3B1	K13PD3C1				
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)									
Na-22	<	4E-01		4,5E-01 ± 3E-01	<	5E-02		<	3E-02	
U-238				1,5E-01 ± 8E-02			1,1E+00 ± 2E-01		1,9E+00 ± 1E+00	
Ra-226				1,5E-01 ± 8E-02			1,1E+00 ± 2E-01		3,2E+00 ± 4E-01	
Pb-210	2,8E+00 ± 2E-01	7,5E+00 ± 6E-01	4,4E+00 ± 4E-01	3,1E+00 ± 6E-01	1,6E+01 ± 1E+00	2,8E+00 ± 5E-01	2,8E+00 ± 5E-01		8,2E+01 ± 2E+00	
Ra-228	8,3E-02 ± 6E-02	<	2E-01	<	8E-02	5,1E-02 ± 3E-02	1,4E-01 ± 9E-02	<	3E-01	
Th-230									4,9E-01 ± 3E-01	
Th-228	<	3E-02	9,4E-02 ± 4E-02	<	2E-01	2,8E-02 ± 1E-02	2,0E-01 ± 1E-01	<	1E-01	
K-40	8,8E-01 ± 4E-01	<	2E+00	1,3E+00 ± 3E-01	4,9E-01 ± 1E-01	4,2E-01 ± 3E-01	4,7E-01 ± 3E-01		4,9E-01 ± 2E-01	
Be-7	6,6E+00 ± 4E-01	6,4E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 1E+00	1,3E+01 ± 6E-01	1,3E+02 ± 7E+00	4,9E+00 ± 6E-01	4,9E+00 ± 6E-01		1,1E+01 ± 2E+00	
I-131									5,0E+02 ± 1E+01	
Cs-134										
Cs-137	<	3E-02	<	5E-02	<	3E-02	<	7E-02	<	5E-02
Co-58									<	9E-02
Co-60										
Cr-51										
Mn-54										
Zn-65										
Nb-95										
Ru-106										
Sb-125										
Sr-89/Sr-90	<	3E-02	7,9E-02 ± 1E-02	<	8E-02	<	4E-02	<	1E-01	
H-3	3,5E+01 ± 4E+00	1,7E+02 ± 2E+01	1,2E+02 ± 2E+01	8,0E+01 ± 8E+00	6,2E+02 ± 7E+01	2,7E+01 ± 4E+00	2,7E+01 ± 4E+00		3,0E-01 ± 1E-01	
									2,0E+03 ± 9E+01	

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

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

LETO 2013 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

Vzorč. mesto	Dobova							
Datum vzor.	27. 12. 2012 - 4. 2. 2013	4. 2. 2013 - 4. 3. 2013	4. 3. 2013 - 2. 4. 2013	2. 4. 2013 - 6. 5. 2013	6. 5. 2013 - 3. 6. 2013	3. 6. 2013 - 1. 7. 2013		
Kol. vzorca (L)	43,26	33,53	43,68	23,91	35,9	11,34		Polletno povprečje (*)
Padavine (mm)	141,9	147,4	121,3	57,7	115,4	46,9		
Oznaka vzorca	K13PD411	K13PD421	K13PD431	K13PD441	K13PD451	K13PD461		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (B q/m ²)							
Na-22		< 5E+00	5,1E+00 ± 2E+00	4,8E-01 ± 2E-01	2,9E-01 ± 1E-01	1,3E-01 ± 8E-02		
U-238			1,4E+00 ± 1E+00	4,6E+00 ± 3E+00	< 5E+00	3,4E+00 ± 2E+00		
Ra-226			1,4E+00 ± 1E+00	1,7E+00 ± 1E+00	< 8E-01	5,2E-01 ± 3E-01		
Pb-210	1,6E+02 ± 8E+00	1,3E+02 ± 1E+01	9,1E+01 ± 8E+00	9,2E+01 ± 1E+01	4,8E+01 ± 4E+00	9,7E+01 ± 2E+01		
Ra-228	8,7E-01 ± 6E-01		4,8E-01 ± 4E-01	1,3E+00 ± 9E-01	< 7E-01	9,2E-01 ± 4E-01		
Th-230								
Th-228	6,1E-01 ± 3E-01	< 6E-01	5,2E-01 ± 2E-01	7,9E-01 ± 3E-01	3,8E-01 ± 2E-01	6,7E-01 ± 2E-01		
K-40		< 6E+00	4,0E+00 ± 2E+00	1,0E+01 ± 3E+00	< 3E+01	2,7E+00 ± 3E+00		
Be-7	6,8E+02 ± 3E+01	8,6E+02 ± 4E+01	5,2E+02 ± 3E+01	7,8E+02 ± 4E+01	4,9E+02 ± 2E+01	6,8E+02 ± 6E+01		
I-131								
Cs-134								
Cs-137	< 1E+00		< 4E-01	< 9E-01	< 3E-01	< 2E-01		
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	7,1E-01 ± 1E-01	8,4E-01 ± 2E-01	< 4E-01	< 8E-01	< 5E-01	2,6E-01 ± 2E-01		
H-3	9,2E+02 ± 2E+02	8,5E+02 ± 2E+02	1,2E+03 ± 2E+02	1,1E+03 ± 2E+02	1,2E+03 ± 2E+02	1,1E+03 ± 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.

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

Vzorč. mesto	Dobova							
Datum vzor.	27. 12. 2012 - 4. 2. 2013	4. 2. 2013 - 4. 3. 2013	4. 3. 2013 - 2. 4. 2013	2. 4. 2013 - 6. 5. 2013	6. 5. 2013 - 3. 6. 2013	3. 6. 2013 - 1. 7. 2013		
Kol. vzorca (L)	43,3	33,5	43,7	23,9	35,9	11,3		Polletni used (*)
Padavine (mm)	141,9	147,4	121,3	57,7	115,4	46,9		
Oznaka vzorca	K13PD411	K13PD421	K13PD431	K13PD441	K13PD451	K13PD461		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (B q/m ²)							
Na-22		< 7E-01	6,2E-01 ± 2E-01	2,8E-02 ± 1E-02	3,3E-02 ± 1E-02	6,1E-02 ± 2E-02		
U-238			1,6E-01 ± 1E-01	2,7E-01 ± 2E-01	< 5E-01	1,4E+00 ± 7E-01		
Ra-226			1,1E+01 ± 9E-01	1,0E-01 ± 7E-02	< 9E-02	2,6E-01 ± 2E-01		
Pb-210	2,2E+01 ± 1E+00	1,9E+01 ± 1E+00	5,9E-02 ± 4E-02	5,3E+00 ± 8E-01	5,6E+00 ± 5E-01	6,6E+01 ± 2E+00		
Ra-228	1,2E-01 ± 8E-02		7,3E-02 ± 5E-02	7,3E-02 ± 5E-02	< 9E-02	3,9E-01 ± 2E-01		
Th-230								
Th-228	8,6E-02 ± 4E-02	< 9E-02	6,3E-02 ± 2E-02	4,6E-02 ± 2E-02	4,4E-02 ± 2E-02	3,2E-01 ± 9E-02		
K-40		< 8E-01	4,8E-01 ± 3E-01	5,8E-01 ± 2E-01	2,4E-01 ± 2E-01	1,3E+00 ± 1E+00		
Be-7	9,7E+01 ± 5E+00	1,3E+02 ± 6E+00	6,3E+01 ± 3E+00	4,5E+01 ± 2E+00	5,7E+01 ± 3E+00	4,2E+02 ± 9E+00		
I-131								
Cs-134								
Cs-137	< 2E-01		< 5E-02	< 5E-02	< 3E-02	< 1E-01		
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	1,0E-01 ± 1E-02	1,2E-01 ± 2E-02	< 5E-02	< 4E-02	< 6E-02	2,2E-01 ± 8E-02		
H-3	1,3E+02 ± 3E+01	1,3E+02 ± 3E+01	1,5E+02 ± 2E+01	6,6E+01 ± 1E+01	1,4E+02 ± 2E+01	6,8E+02 ± 5E+01		

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

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

LETO 2013 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

Vzrč. mesto	Dobova							Letno povprečje (*)
	1. 7. 2013 - 1. 8. 2013	1. 8. 2013 - 2. 9. 2013	2. 9. 2013 - 1. 10. 2013	1. 10. 2013 - 4. 11. 2013	4. 11. 2013 - 2. 12. 2013	2. 12. 2013 - 2. 1. 2014		
Datum vzor.	12,21	27,4	35,59	9,05	45,21	3,18		
Kol. vzorca (L)	40,8	89,7	153,9	30,9	188,0	17,8		
Padavine (mm)	K13PD471	K13PD481	K13PD491	K13PD4A1	K13PD4B1	K13PD4C1		
Oznska vzorca	SPECIFIČNA AKTIVNOST (B qm ²)							
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (B qm ²)							
Na-22							6,4E-02 ± 4E-02	
U-238	5,8E+00 ± 3E+00	< 2E+01	< 6E+00	< 7E+00	2,5E+00 ± 1E+00	< 6E+01	2,4E+00 ± 3E+00	
Ra-226	2,3E+00 ± 8E-01	1,9E+00 ± 1E+00				2E+01	6,1E-01 ± 9E-01	
Pb-210	3,4E+02 ± 3E+01	9,0E+01 ± 6E+00	5,6E+01 ± 5E+00	1,9E+02 ± 1E+01	6,6E+01 ± 5E+00	2,0E+02 ± 2E+01	1,3E+02 ± 2E+01	
Ra-228				< 8E+00		< 2E+01	4,6E-01 ± 1E+00	
Th-230								
Th-228	1,7E+00 ± 5E-01	5,2E-01 ± 4E-01	4,3E-01 ± 3E-01	1,4E+00 ± 9E-01	< 5E-01	< 1E+01	6,7E-01 ± 5E-01	
K-40	2,8E+01 ± 6E+00	8,3E+00 ± 5E+00	< 5E+00	2,1E+01 ± 1E+01	< 3E+00	3,8E+01 ± 2E+01	9,2E+00 ± 4E+00	
Be-7	1,1E+03 ± 6E+01	1,1E+03 ± 6E+01	3,4E+02 ± 2E+01	1,2E+03 ± 6E+01	5,4E+02 ± 3E+01	1,0E+03 ± 6E+01	7,8E+02 ± 8E+01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	8,8E-01 ± 3E-01		< 2E-01	< 2E+00	< 2E-01	< 3E+00	7,3E-02 ± 2E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	2,1E+00 ± 3E-01	< 8E-01	< 6E-01	< 2E+00	< 4E-01	< 6E+00	3,0E-01 ± 4E-01	
H-3	1,7E+03 ± 2E+02	1,3E+03 ± 2E+02	7,9E+02 ± 2E+02	1,9E+03 ± 2E+02	5,9E+02 ± 2E+02	1,4E+03 ± 2E+02	1,2E+03 ± 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.

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

Vzrč. mesto	Dobova							Letni used (*)
	1. 7. 2013 - 1. 8. 2013	1. 8. 2013 - 2. 9. 2013	2. 9. 2013 - 1. 10. 2013	1. 10. 2013 - 4. 11. 2013	4. 11. 2013 - 2. 12. 2013	2. 12. 2013 - 2. 1. 2014		
Datum vzor.	12,2	27,4	35,6	9,1	45,2	3,2		
Kol. vzorca (L)	40,8	89,7	153,9	30,9	188,0	17,8		
Padavine (mm)	K13PD471	K13PD481	K13PD491	K13PD4A1	K13PD4B1	K13PD4C1		
Oznska vzorca	SPECIFIČNA AKTIVNOST (B qm ²)							
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (B qm ²)							
Na-22							6,1E-02 ± 2E-02	
U-238	2,4E-01 ± 1E-01	< 2E+00	< 1E+00	< 2E-01	4,6E-01 ± 2E-01	< 1E+00	2,1E+00 ± 2E+00	
Ra-226	9,3E-02 ± 3E-02	1,7E-01 ± 9E-02				< 3E-01	5,3E-01 ± 3E-01	
Pb-210	1,4E+01 ± 1E+00	8,1E+00 ± 6E-01	8,7E+00 ± 7E-01	6,0E+00 ± 4E-01	1,2E+01 ± 1E+00	3,6E+00 ± 4E-01	1,2E+02 ± 3E+00	
Ra-228				< 3E-01		< 3E-01	3,9E-01 ± 3E-01	
Th-230								
Th-228	7,0E-02 ± 2E-02	4,7E-02 ± 3E-02	6,7E-02 ± 4E-02	4,4E-02 ± 3E-02	< 1E-01	< 2E-01	5,5E-01 ± 2E-01	
K-40	1,1E+00 ± 2E-01	7,5E-01 ± 4E-01	< 8E-01	6,4E-01 ± 3E-01	< 6E-01	6,8E-01 ± 4E-01	4,5E+00 ± 1E+00	
Be-7	4,6E+01 ± 2E+00	9,9E+01 ± 5E+00	5,2E+01 ± 3E+00	3,6E+01 ± 2E+00	1,0E+02 ± 5E+00	1,8E+01 ± 1E+00	7,7E+02 ± 1E+01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	3,6E-02 ± 1E-02		< 3E-02	< 7E-02	< 4E-02	< 5E-02	3,6E-02 ± 1E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	8,5E-02 ± 1E-02	< 7E-02	< 9E-02	< 8E-02	< 8E-02	< 1E-01	3,1E-01 ± 1E-01	
H-3	6,7E+01 ± 9E+00	1,2E+02 ± 2E+01	1,2E+02 ± 3E+01	5,9E+01 ± 7E+00	1,1E+02 ± 3E+01	2,5E+01 ± 4E+00	1,2E+03 ± 7E+01	

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

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

LETO 2013 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.	27. 12. 2012 - 4. 2. 2013	4. 2. 2013 - 4. 3. 2013	4. 3. 2013 - 2. 4. 2013	2. 4. 2013 - 6. 5. 2013	6. 5. 2013 - 3. 6. 2013	3. 6. 2013 - 1. 7. 2013		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	40,81	32,52	49,71	15,15	41,08	23,02		
Padavine (mm)***	91,2	195,3	188,7	91,0	210,1	104,9		
Oznaka vzorca	RP13PD111	RP13PD121	RP13PD131	RP13PD141	RP13PD151	RP13PD161		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
Na-22								
U-238		< 3E+00		< 6E+00	< 2,8E+00 ± 2E+00			< 4,7E-01 ± 7E-01
Ra-226			< 1E+00	< 2E+00	< 3E+00			< 4E-01
Pb-210	6,0E+01 ± 4E+00	7,6E+01 ± 4E+00	6,9E+01 ± 5E+00	4,8E+01 ± 3E+00	7,0E+01 ± 5E+00	3,3E+01 ± 8E+00		5,9E+01 ± 7E+00
Ra-228		< 7E-01		< 1E+00		1,7E+00 ± 1E+00		2,8E-01 ± 3E-01
Th-230				< 5E+01				< 5E+00
Th-228								< 9,5E-02 ± 2E-01
K-40	< 1E+00	5,7E-01 ± 9E-02	< 9E-01		< 5E-01			5,8E+00 ± 3E+00
Be-7	< 3E+00	3,5E+00 ± 1E+00	< 8E+00	2,1E+01 ± 4E+00	1,0E+01 ± 3E+00	< 3E+01		5,8E+00 ± 3E+00
Be-7	3,8E+02 ± 2E+01	5,4E+02 ± 4E+01	3,5E+02 ± 2E+01	3,0E+02 ± 2E+01	2,9E+02 ± 1E+01	2,6E+02 ± 1E+01		3,5E+02 ± 4E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137								
Co-58		< 2E-01	1,5E-01 ± 7E-02	< 1E+00	< 4E-01	4,0E-01 ± 2E-01		9,1E-02 ± 1E-01
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
H-3	< 5E+02	8,9E+02 ± 2E+02	9,3E+02 ± 2E+02	9,9E+02 ± 2E+02	1,1E+03 ± 2E+02	1,5E+03 ± 2E+02		8,9E+02 ± 2E+02

(*) 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.	27. 12. 2012 - 4. 2. 2013	4. 2. 2013 - 4. 3. 2013	4. 3. 2013 - 2. 4. 2013	2. 4. 2013 - 6. 5. 2013	6. 5. 2013 - 3. 6. 2013	3. 6. 2013 - 1. 7. 2013		Polletni used (*)
Kol. vzorca (L)	40,8	32,5	49,7	15,2	41,1	23,0		
Padavine (mm)***	91,2	195,3	188,7	91,0	210,1	104,9		
Oznaka vzorca	RP13PD111	RP13PD121	RP13PD131	RP13PD141	RP13PD151	RP13PD161		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
Na-22								
U-238		< 5E-01		< 5E-01	< 6,0E-01 ± 4E-01			< 6,0E-01 ± 6E-01
Ra-226			< 3E-01	< 2E-01	< 6E-01			< 4E-01
Pb-210	5,5E+00 ± 4E-01	1,5E+01 ± 8E-01	1,3E+01 ± 9E-01	4,3E+00 ± 3E-01	1,5E+01 ± 1E+00	3,5E+00 ± 8E-01		5,6E+01 ± 2E+00
Ra-228		< 1E-01		< 1E-01		1,8E-01 ± 1E-01		1,8E-01 ± 2E-01
Th-230				< 4E+00				< 3E+00
Th-228								< 1,1E-01 ± 1E-01
K-40	< 1E-01	1,1E-01 ± 2E-02	< 2E-01		< 1E-01			4,8E+00 ± 2E+00
Be-7	< 3E-01	6,8E-01 ± 2E-01	< 2E+00	1,9E+00 ± 3E-01	2,2E+00 ± 6E-01	< 3E+00		4,8E+00 ± 2E+00
Be-7	3,5E+01 ± 2E+00	1,1E+02 ± 7E+00	6,5E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 2E+00	6,1E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 1E+00		3,2E+02 ± 9E+00
I-131								
Cs-134								
Cs-137								
Co-58		< 5E-02	2,9E-02 ± 1E-02	< 1E-01	< 9E-02	4,1E-02 ± 3E-02		7,0E-02 ± 9E-02
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
H-3	< 4E+01	1,7E+02 ± 3E+01	1,8E+02 ± 3E+01	9,0E+01 ± 2E+01	2,2E+02 ± 4E+01	1,6E+02 ± 2E+01		8,2E+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 2013 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. 2013 - 1. 8. 2013	1. 8. 2013 - 2. 9. 2013	2. 9. 2013 - 1. 10. 2013	1. 10. 2013 - 4. 11. 2013	4. 11. 2013 - 2. 12. 2013	2. 12. 2013 - 2. 1. 2014		Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	3,01	31,9	49,83	15,45	48,92	14,35		
Padavine (mm)***	22,3	104,6	216,8	37,4	207,7	60,5		
Oznaka vzorca	RP13PD171	RP13PD181	RP13PD191	RP13PD1A1	RP13PD1B1	RP13PD1C1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (B qm ²)							
Na-22								< 2E-02
U-238		< 7E+00	2,6E+00 ± 1E+00	9,0E+00 ± 5E+00	2,6E+00 ± 2E+00	< 1E+01	1,4E+00 ± 9E-01	
Ra-226	9,1E+01 ± 1E+01	< 2E+00		< 1E+01	2,8E+00 ± 7E-01	2,5E+00 ± 2E+00	8,0E+00 ± 8E+00	
Pb-210	3,2E+03 ± 3E+02	6,8E+01 ± 8E+00	3,1E+01 ± 3E+00	1,7E+02 ± 1E+01	9,6E+01 ± 1E+01	6,8E+01 ± 8E+00	3,4E+02 ± 3E+02	
Ra-228		< 2E+00	< 2E+00	< 3E+00			1,4E-01 ± 3E-01	
Th-230							< 2E+00	
Th-228	6,4E+00 ± 4E+00	9,1E-01 ± 3E-01	< 7E-01	2,2E+00 ± 6E-01	2,9E-01 ± 2E-01	< 2E+00	8,6E-01 ± 5E-01	
K-40	1,2E+02 ± 3E+01	7,8E+00 ± 2E+00	3,0E+00 ± 2E+00	2,2E+01 ± 7E+00	4,3E+00 ± 2E+00	1,1E+01 ± 7E+00	1,7E+01 ± 9E+00	
Be-7	3,7E+03 ± 2E+02	8,2E+02 ± 4E+01	3,2E+02 ± 2E+01	7,9E+02 ± 4E+01	4,1E+02 ± 2E+01	3,6E+02 ± 2E+01	7,1E+02 ± 3E+02	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	7,3E+00 ± 2E+00	< 7E-01	< 3E-01	< 1E+00	< 5E-01		6,5E-01 ± 6E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
H-3	1,3E+03 ± 2E+02	1,4E+03 ± 2E+02	6,3E+02 ± 2E+02	7,1E+02 ± 2E+02	5,3E+02 ± 2E+02	5,2E+02 ± 2E+02	8,7E+02 ± 1E+02	

(*) 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. 2013 - 1. 8. 2013	1. 8. 2013 - 2. 9. 2013	2. 9. 2013 - 1. 10. 2013	1. 10. 2013 - 4. 11. 2013	4. 11. 2013 - 2. 12. 2013	2. 12. 2013 - 2. 1. 2014		Letni used (*)
Kol. vzorca (L)	3,0	31,9	49,8	15,5	48,9	14,4		
Padavine (mm)***	22,3	104,6	216,8	37,4	207,7	60,5		
Oznaka vzorca	RP13PD171	RP13PD181	RP13PD191	RP13PD1A1	RP13PD1B1	RP13PD1C1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (B qm ²)							
Na-22								< 6E-02
U-238		< 7E-01	5,7E-01 ± 3E-01	3,4E-01 ± 2E-01	5,4E-01 ± 4E-01	< 8E-01	2,0E+00 ± 1E+00	
Ra-226	2,0E+00 ± 3E-01	< 2E-01		< 4E-01	5,8E-01 ± 2E-01	1,5E-01 ± 1E-01	2,8E+00 ± 6E-01	
Pb-210	7,2E+01 ± 7E+00	7,1E+00 ± 9E-01	6,8E+00 ± 6E-01	6,5E+00 ± 5E-01	2,0E+01 ± 2E+00	4,1E+00 ± 5E-01	1,7E+02 ± 8E+00	
Ra-228		< 2E-01	< 4E-01	< 1E-01			1,8E-01 ± 3E-01	
Th-230							< 3E+00	
Th-228	1,4E-01 ± 8E-02	9,6E-02 ± 3E-02	< 1E-01	8,1E-02 ± 2E-02	6,0E-02 ± 4E-02	< 1E-01	4,9E-01 ± 2E-01	
K-40	2,6E+00 ± 6E-01	8,2E-01 ± 3E-01	6,5E-01 ± 3E-01	8,3E-01 ± 3E-01	9,0E-01 ± 3E-01	6,9E-01 ± 4E-01	1,1E+01 ± 2E+00	
Be-7	8,2E+01 ± 4E+00	8,6E+01 ± 4E+00	6,9E+01 ± 3E+00	3,0E+01 ± 1E+00	8,6E+01 ± 4E+00	2,2E+01 ± 1E+00	6,9E+02 ± 1E+01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,6E-01 ± 4E-02	< 7E-02	< 7E-02	< 4E-02	< 1E-01		2,3E-01 ± 1E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
H-3	2,8E+01 ± 4E+00	1,5E+02 ± 2E+01	1,4E+02 ± 3E+01	2,7E+01 ± 6E+00	1,1E+02 ± 3E+01	3,1E+01 ± 1E+01	1,3E+03 ± 9E+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 2013 T - 41
5. PREGLED SPECIFIČNIH ANALIZ H-3 V DEŽEVNICI V LETU 2013

Specifična analiza H-3 (***) preračunana na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN in ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzroč. mesto	Krško		Brege		Dobova		Ljubljana	
	Padavine*** mm	Specifičnost na aktivnost kBq/m ²	Padavine*** mm	Specifičnost na aktivnost kBq/m ²	Padavine*** mm	Specifičnost na aktivnost kBq/m ²	Padavine*** mm	Specifičnost na aktivnost kBq/m ²
Januar	86,4	1,4E+00	126,8	1,9E+00	141,9	9,2E-01	91,2	1,3E-01
Februar	121,4	1,5E+00	146,1	1,3E+00	147,4	8,5E-01	195,3	1,3E-01
Marec	130,7	2,0E+00	114,4	2,0E+00	121,3	1,2E+00	188,7	1,3E-01
April	41,5	2,3E+00	64,2	3,0E+00	57,7	1,1E+00	91,0	6,6E-02
Maj	144,0	1,5E+00	141,8	1,8E+00	115,4	1,2E+00	210,1	1,4E-01
Junij	58,2	1,9E+00	66,2	2,2E+00	46,9	1,5E+00	104,9	7,1E-02
Julij	19,4	1,8E+00	32,5	2,5E+00	40,8	1,7E+00	22,3	1,4E+00
Avgust	103,6	1,7E+00	91,2	1,5E+00	89,7	1,3E+00	104,6	1,2E-01
September	130,0	9,1E-01	144,5	2,3E+00	153,9	7,9E-01	216,8	1,2E-01
Oktober	26,5	3,0E+00	27,6	3,5E+00	30,9	1,9E+00	37,4	5,9E-02
November	239,9	2,6E+00	210,0	3,2E+00	188,0	5,9E-01	207,7	1,1E-01
December	17,9	1,5E+00	15,3	4,9E+00	17,8	1,4E+00	60,5	2,5E-02
Letno povprečje (kBq/m ²)	1,83E+00	±	2,49E+00	±	1,21E+00	±	8,67E-01	±
Celotna vrednost	1120	2,0E+00	1181	2,6E+00	1152	1,2E+00	1531	1,3E+00
	mm	kBq/m ²	mm	kBq/m ²	mm	kBq/m ²	mm	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 2013 T - 42/1a
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzrč. mesto	širša okolica NEK (mesta 2-5)							Polletna vsota	Polletni used (*)
Datum vzor.	27. 12. 2012 - 4. 2. 2013	4. 2. 2013 - 4. 3. 2013	4. 3. 2013 - 2. 4. 2013	2. 4. 2013 - 6. 5. 2013	6. 5. 2013 - 3. 6. 2013	3. 6. 2013 - 1. 7. 2013			
Kol. vzorca (g)	58,2	52,2	60,3	54,1	62,7	68,4			
Padavine (mm)***	106,6	133,8	122,6	52,9	142,9	62,2			
Oznaka vzorca	K13PV211	K13PV221	K13PV231	K13PV241	K13PV251	K13PV261			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)								
Na-22	2,8E-01 ± 2E-01	8,3E-02 ± 3E-02	< 6E-02	2,3E-01 ± 6E-02	1,6E-01 ± 6E-02	< 1E-01	4,4E-01 ± 2E-01	2,2E+00 ± 1E+00	
U-238	2,7E-02 ± 2E-02	8,3E-02 ± 3E-02	< 6E-02	2,3E-01 ± 6E-02	2,9E-02 ± 2E-02	1,7E-02 ± 9E-03	3,9E-01 ± 8E-02	2,0E+00 ± 4E-01	
Ra-226	1,5E+00 ± 3E-01	1,1E+00 ± 1E-01	5,4E+00 ± 4E-01	7,2E+00 ± 5E-01	5,3E+00 ± 3E-01	2,6E+00 ± 2E-01	2,3E+01 ± 8E-01	1,2E+02 ± 4E+00	
Pb-210	< 1E-01		< 6E-02	< 6E-02	< 8E-02	< 8E-02	< 9E-02	< 4E-01	
Ra-228	< 6E-02		2,0E-02 ± 1E-02	5,8E-02 ± 1E-02	2,9E-02 ± 7E-03	< 2E-02	1,1E-01 ± 4E-02	5,3E-01 ± 2E-01	
Th-230	< 3E-01	1,9E-01 ± 1E-01	2,1E-01 ± 8E-02	6,6E-01 ± 9E-02	4,0E-01 ± 9E-02	3,2E-01 ± 9E-02	1,8E+00 ± 3E-01	8,9E+00 ± 1E+00	
Th-228	3,3E+00 ± 3E-01	1,8E+00 ± 1E-01	2,5E+01 ± 1E+00	6,8E+01 ± 3E+00	4,5E+01 ± 3E+00	9,8E+00 ± 7E-01	1,5E+02 ± 5E+00	7,7E+02 ± 2E+01	
K-40									
Be-7									
I-131									
Cs-134									
Cs-137	1,5E-02 ± 7E-03		< 2E-02	3,0E-02 ± 5E-03	2,0E-02 ± 5E-03	2,0E-02 ± 7E-03	8,4E-02 ± 2E-02	4,2E-01 ± 8E-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 2013 T - 42/1b
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzrč. mesto	širša okolica NEK (mesta 2-5)							Letna vsota	Letni used (*)
Datum vzor.	1. 7. 2013 - 1. 8. 2013	1. 8. 2013 - 2. 9. 2013	2. 9. 2013 - 1. 10. 2013	1. 10. 2013 - 4. 11. 2013	4. 11. 2013 - 2. 12. 2013	2. 12. 2013 - 2. 1. 2014			
Kol. vzorca (g)	62,1	74,6	74,5	64	64,2	67,3			
Padavine (mm)***	26,0	97,4	137,3	27,1	225,0	16,6			
Oznaka vzorca	K13PV271	K13PV281	K13PV291	K13PV2A1	K13PV2B1	K13PV2C1			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)								
Na-22	< 7E-01	2,0E-01 ± 6E-02	< 3E-01	< 3E-01		2,6E-01 ± 1E-01	8,9E-01 ± 6E-01	4,5E+00 ± 3E+00	
U-238	< 9E-02	7,6E-02 ± 4E-02	4,7E-02 ± 4E-02	6,8E-02 ± 4E-02	1,8E-01 ± 4E-02	4,7E-02 ± 2E-02	8,1E-01 ± 1E-01	4,0E+00 ± 6E-01	
Ra-226	4,0E+00 ± 3E-01	9,0E+00 ± 5E-01	6,3E+00 ± 6E-01	5,3E+00 ± 6E-01	3,2E+00 ± 3E-01	3,2E+00 ± 3E-01	5,4E+01 ± 1E+00	2,7E+02 ± 7E+00	
Pb-210	1,6E-01 ± 6E-02	4,5E-02 ± 2E-02		< 1E-01			2,0E-01 ± 1E-01	1,0E+00 ± 7E-01	
Ra-228	3,9E-02 ± 2E-02	5,9E-02 ± 9E-03	< 4E-02	< 3E-02	< 5E-02	< 2E-02	2,1E-01 ± 6E-02	1,0E+00 ± 3E-01	
Th-230	6,1E-01 ± 3E-01	4,9E-01 ± 1E-01	< 3E-01	2,0E-01 ± 1E-01	< 2E-01		3,1E+00 ± 5E-01	1,5E+01 ± 3E+00	
Th-228	2,3E+01 ± 1E+00	4,2E+01 ± 3E+00	3,8E+01 ± 2E+00	2,5E+01 ± 1E+00	8,6E+00 ± 4E-01	8,7E+00 ± 4E-01	3,0E+02 ± 6E+00	1,5E+03 ± 3E+01	
K-40									
Be-7									
I-131									
Cs-134									
Cs-137	3,3E-02 ± 1E-02	3,0E-02 ± 8E-03	< 2E-02			2,7E-02 ± 9E-03	1,7E-01 ± 3E-02	8,7E-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 2013 T - 42/2a
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	daljna okolica NEK							Polletna vsota	Polletni used (*)
Datum vzor.	27. 12. 2012 - 4. 2. 2013	4. 2. 2013 - 4. 3. 2013	4. 3. 2013 - 2. 4. 2013	2. 4. 2013 - 6. 5. 2013	6. 5. 2013 - 3. 6. 2013	3. 6. 2013 - 1. 7. 2013			
Kol. vzorca (g)	15,9	15,8	14,3	13,5	11,9	17			
Padavine (mm)	141,9	147,4	121,3	57,7	115,4	46,9			
Oznaka vzorca	K13PV2611	K13PV2621	K13PV2631	K13PV2641	K13PV2651	K13PV2661			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)								
Na-22									
U-238	5,9E-01 ± 5E-01	< 3E-01	5,4E-01 ± 2E-01	7,8E-01 ± 4E-01	3,8E-01 ± 2E-01	< 7E-01	2,3E+00 ± 8E-01	1,1E+01 ± 4E+00	
Ra-226	< 9E-02	2,9E-01 ± 2E-01	5,3E-01 ± 4E-01	3,4E-02 ± 3E-02	8,0E-02 ± 4E-02	9,3E-01 ± 5E-01	4,7E+00 ± 2E+00		
Pb-210	6,9E-01 ± 4E-01	1,1E+00 ± 1E-01	5,1E+00 ± 1E+00	7,1E+00 ± 8E-01	4,4E+00 ± 4E-01	3,9E+00 ± 8E-01	2,2E+01 ± 2E+00	1,1E+02 ± 9E+00	
Ra-228	1,2E-01 ± 8E-02	< 1E-01	2,4E-01 ± 2E-01	4,8E-01 ± 5E-02	6,1E-02 ± 3E-02	< 3E-01	3,7E-01 ± 2E-01	1,8E+00 ± 1E+00	
Th-230		1,6E+00 ± 9E-01	4,8E-02 ± 2E-02	7,1E-01 ± 4E-01	3,0E-01 ± 2E-01	< 9E-01	1,6E+00 ± 9E-01	8,2E+00 ± 5E+00	
Th-232	4,5E-02 ± 3E-02	7,0E-02 ± 1E-02	4,8E-02 ± 2E-02	4,8E-01 ± 5E-02	6,1E-02 ± 3E-02	< 3E-01	7,0E-01 ± 2E-01	3,5E+00 ± 9E-01	
K-40	< 5E-01	< 6E-01	6E-01	7,1E-01 ± 4E-01	3,0E-01 ± 2E-01	< 9E-01	1,0E+00 ± 9E-01	5,1E+00 ± 4E+00	
Be-7	1,5E+00 ± 2E-01	7,0E-01 ± 4E-01	2,2E+01 ± 1E+00	7,0E+01 ± 3E+00	3,2E+01 ± 2E+00	9,8E+00 ± 5E-01	1,4E+02 ± 4E+00	6,8E+02 ± 2E+01	
I-131									
Cs-134									
Cs-137	< 3E-02		3,4E-02 ± 1E-02		< 3E-02		3,4E-02 ± 3E-02	1,7E-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 2013 T - 42/2b
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	daljna okolica NEK							Letna vsota	Letni used (*)
Datum vzor.	1. 7. 2013 - 1. 8. 2013	1. 8. 2013 - 2. 9. 2013	2. 9. 2013 - 1. 10. 2013	1. 10. 2013 - 4. 11. 2013	4. 11. 2013 - 2. 12. 2013	2. 12. 2013 - 2. 1. 2014			
Kol. vzorca (g)	16	19	18,6	16,6	14	17,8			
Padavine (mm)	40,8	89,7	153,9	30,9	188,0	17,8			
Oznaka vzorca	K13PV2671	K13PV2681	K13PV2691	K13PV26A1	K13PV26B1	K13PV26C1			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)								
Na-22									
U-238	5,3E-01 ± 3E-01	< 1E+00	7,1E-01 ± 3E-01	5,8E-01 ± 3E-01			4,1E+00 ± 1E+00	2,1E+01 ± 6E+00	
Ra-226	3,3E-01 ± 1E-01	2,1E-01 ± 9E-02	< 4E-02	< 3E-01		2,9E-01 ± 2E-01	1,8E+00 ± 6E-01	8,8E+00 ± 3E+00	
Pb-210	3,4E+00 ± 5E-01	7,1E+00 ± 5E-01	5,7E+00 ± 7E-01	4,5E+00 ± 5E-01	1,4E+00 ± 4E-01	3,4E+00 ± 8E-01	4,8E+01 ± 2E+00	2,4E+02 ± 1E+01	
Ra-228	1,3E-01 ± 1E-01	2,5E-01 ± 2E-01	< 2E-01				7,6E-01 ± 3E-01	3,8E+00 ± 2E+00	
Th-230							1,6E+00 ± 9E-01	8,2E+00 ± 5E+00	
Th-232	< 1E-01	7,3E-02 ± 3E-02	1,7E-01 ± 5E-02	2,0E-01 ± 1E-01	9,0E-02 ± 4E-02	< 1,3E-01 ± 4E-02	1,4E+00 ± 2E-01	6,8E+00 ± 1E+00	
K-40	7,5E-01 ± 3E-01	< 1E+00	8,5E-01 ± 4E-01	4,4E-01 ± 3E-01		6E-01	3,1E+00 ± 1E+00	1,5E+01 ± 6E+00	
Be-7	1,8E+01 ± 1E+00	2,2E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 2E+00	2,6E+01 ± 1E+00	2,9E+00 ± 4E-01	3,3E+00 ± 4E-01	2,4E+02 ± 5E+00	1,2E+03 ± 2E+01	
I-131									
Cs-134									
Cs-137	< 4E-02			< 7E-02	< 6E-02	< 4E-02	3,4E-02 ± 7E-02	1,7E-01 ± 4E-01	
Co-58									
Co-60									
Cr-51									
Mn-54									
Zn-65									
Nb-95									
Ru-106									
Sb-125									

(*) Ocena je narejena ob upoštevanju 20-odstotnega zbiralnega izkoristka vazelinskih plošč.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

LETO 2013 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.	27. 12. 2012 - 4. 2. 2013	4. 2. 2013 - 4. 3. 2013	4. 3. 2013 - 2. 4. 2013	2. 4. 2013 - 6. 5. 2013	6. 5. 2013 - 3. 6. 2013	3. 6. 2013 - 1. 7. 2013		
Kol. vzorca (g)	46,3	43,2	35,3	42	48,2	46,1			
Padavine (mm)	86,4	121,4	130,7	41,5	144,0	58,2			
Oznaka vzorca	K13PV311	K13PV321	K13PV331	K13PV341	K13PV351	K13PV361			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)								
Na-22									
U-238	< 5E-01	< 2E-01	4,1E-01 ± 2E-01	4,0E-01 ± 2E-01	2,3E-01 ± 1E-01	< 5E-01	1,0E+00 ± 5E-01	5,2E+00 ± 2E+00	
Ra-226		6,5E-02 ± 4E-02	2,4E-02 ± 2E-02	4,2E-01 ± 2E-01	1,2E-01 ± 3E-02		6,3E-01 ± 2E-01	3,1E+00 ± 8E-01	
Pb-210	1,0E+00 ± 2E-01	1,4E+00 ± 9E-02	5,3E+00 ± 3E-01	7,1E+00 ± 4E-01	4,4E+00 ± 3E-01	2,8E+00 ± 2E-01	2,2E+01 ± 6E-01	1,1E+02 ± 3E+00	
Ra-228	< 6E-02		6,7E-02 ± 5E-02	7,3E-02 ± 5E-02	< 9E-02		1,4E-01 ± 1E-01	7,0E-01 ± 5E-01	
Th-230									
Th-228	< 7E-02	3,3E-02 ± 6E-03	< 5E-02	1,6E-01 ± 2E-02	2,5E-02 ± 1E-02	< 4E-02	2,1E-01 ± 6E-02	1,1E+00 ± 3E-01	
K-40		< 2E-01	< 5E-01	6,4E-01 ± 2E-01	2,3E-01 ± 1E-01		8,6E-01 ± 4E-01	4,3E+00 ± 2E+00	
Be-7	2,9E+00 ± 4E-01	1,7E+00 ± 1E-01	1,6E+01 ± 8E-01	7,1E+01 ± 4E+00	2,8E+01 ± 1E+00	1,1E+01 ± 8E-01	1,3E+02 ± 4E+00	6,5E+02 ± 2E+01	
I-131									
Cs-134									
Cs-137			1,5E-02 ± 9E-03	3,4E-02 ± 1E-02	1,6E-02 ± 9E-03	< 5E-02	6,5E-02 ± 3E-02	3,3E-01 ± 2E-01	
Co-58									
Co-60									
Cr-51									
Mn-54									
Zn-65									
Nb-95									
Ru-106									
Sb-125									

(*) Ocena je narejena ob upoštevanju 20-odstotnega zbiralnega izkoristka vazelinskih plošč.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

LETO 2013 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. 2013 - 1. 8. 2013	1. 8. 2013 - 2. 9. 2013	2. 9. 2013 - 1. 10. 2013	1. 10. 2013 - 4. 11. 2013	4. 11. 2013 - 2. 12. 2013	2. 12. 2013 - 2. 1. 2014		
Kol. vzorca (g)	46,2	52,1	57,7	49,8	42,5	55			
Padavine (mm)	19,4	103,6	130,0	26,5	239,9	17,9			
Oznaka vzorca	K13PV371	K13PV381	K13PV391	K13PV3A1	K13PV3B1	K13PV3C1			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)								
Na-22									
U-238	< 1E+00	< 4E-01	< 4E-01	1,8E-01 ± 1E-01	3,8E-01 ± 2E-01	4,8E-01 ± 3E-01	2,1E+00 ± 1E+00	1,0E+01 ± 5E+00	
Ra-226	< 1E-01	2,2E-01 ± 2E-01	2,3E-02 ± 1E-02	2,0E-01 ± 1E-01	2E-01	1,6E-01 ± 8E-02	1,2E+00 ± 3E-01	6,2E+00 ± 1E+00	
Pb-210	3,5E+00 ± 4E-01	8,0E+00 ± 4E-01	6,5E+00 ± 5E-01	3,7E+00 ± 5E-01	2,5E+00 ± 5E-01	2,8E+00 ± 3E-01	4,9E+01 ± 1E+00	2,5E+02 ± 6E+00	
Ra-228		< 9E-02		< 1E-01	< 9E-02	1,0E-01 ± 8E-02	2,4E-01 ± 2E-01	1,2E+00 ± 8E-01	
Th-230									
Th-228	6,6E-02 ± 2E-02	2,1E-01 ± 2E-02	2,7E-02 ± 7E-03	< 7E-02	< 5E-02	4,8E-02 ± 2E-02	5,6E-01 ± 9E-02	2,8E+00 ± 4E-01	
K-40	4,9E-01 ± 2E-01	5,9E-01 ± 2E-01	3,4E-01 ± 8E-02	2,8E-01 ± 1E-01	< 1E-01	3E-01	2,6E+00 ± 5E-01	1,3E+01 ± 3E+00	
Be-7	1,9E+01 ± 1E+00	2,2E+01 ± 1E+00	3,7E+01 ± 2E+00	2,4E+01 ± 1E+00	3,6E+00 ± 2E-01	8,5E+00 ± 5E-01	2,5E+02 ± 5E+00	1,2E+03 ± 3E+01	
I-131									
Cs-134									
Cs-137	< 1E-01			< 5E-02	< 2E-02	< 2E-02	6,5E-02 ± 9E-02	3,3E-01 ± 4E-01	
Co-58									
Co-60									
Cr-51									
Mn-54									
Zn-65									
Nb-95									
Ru-106									
Sb-125									

(*) Ocena je narejena ob upoštevanju 20-odstotnega zbiralnega izkoristka vazelinskih plošč.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

LETO 2013 T - 42/4a
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS							Polletna vsota	Polletni used	
	27. 12. 2012 - 4. 2. 2013	4. 2. 2013 - 4. 3. 2013	4. 3. 2013 - 2. 4. 2013	2. 4. 2013 - 6. 5. 2013	6. 5. 2013 - 3. 6. 2013	3. 6. 2013 - 1. 7. 2013				
Datum vzor.	27. 12. 2012 - 4. 2. 2013	4. 2. 2013 - 4. 3. 2013	4. 3. 2013 - 2. 4. 2013	2. 4. 2013 - 6. 5. 2013	6. 5. 2013 - 3. 6. 2013	3. 6. 2013 - 1. 7. 2013				
Kol. vzorca (g)	12,9	18,9	11,8	12,6	14,9	17				
Padavine (mm)***	91,2	195,3	188,7	91,0	210,1	104,9				
Oznaka vzorca	L13PV111	L13PV121	L13PV131	L13PV141	L13PV151	L13PV161				
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)									
Na-22	<	3,9E-01 ± 2E-01	<	5E-01	<	1E+00	5,2E-01 ± 3E-01	1,1E+00 ± 6E-01	2,0E+00 ± 1E+00	1,0E+01 ± 6E+00
U-238	<	7E-01	<	1E-01	<	3,0E-01 ± 2E-01	1,4E-01 ± 8E-02	<	4,4E-01 ± 2E-01	2,2E+00 ± 1E+00
Ra-226	<	3E+00	<	3E+00	5,5E+00 ± 1E+00	9,0E+00 ± 7E-01	6,1E+00 ± 1E+00	2,9E+00 ± 3E-01	2,3E+01 ± 3E+00	1,2E+02 ± 2E+01
Pb-210	<	1,1E-01 ± 6E-02	<	1,2E-01 ± 8E-02	<	2E-01	<	<	2,2E-01 ± 2E-01	1,1E+00 ± 1E+00
Ra-228	<	6E-02	<	7E-02	8,5E-02 ± 7E-02	1,8E-01 ± 5E-02	<	8E-02	<	3E-02
Th-230	<	6E-02	<	7E-02	8,5E-02 ± 7E-02	1,8E-01 ± 5E-02	<	8E-02	<	3E-02
Th-228	<	6E-02	<	7E-02	8,5E-02 ± 7E-02	1,8E-01 ± 5E-02	<	8E-02	<	3E-02
K-40	<	6E-02	<	7E-02	8,5E-02 ± 7E-02	1,8E-01 ± 5E-02	<	8E-02	<	3E-02
Be-7	4,4E+00 ± 3E-01	8,9E-01 ± 2E-01	2,4E+01 ± 1E+00	7,7E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 2E+00	1,9E+01 ± 1E+00	8,0E-01 ± 4E-01	8,0E-01 ± 2E+00	1,7E+02 ± 5E+00	4,0E+00 ± 8E+00
I-131										
Cs-134										
Cs-137										
Co-58										
Co-60										
Cr-51										
Mn-54										
Zn-65										
Nb-95										
Ru-106										
Sb-125										

(*) Ocena je narejena ob upoštevanju 20-odstotnega zbiralnega izkoristka vazelinskih plošč.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

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

LETO 2013 T - 42/4b
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS							Letna vsota	Letni used	
	1. 7. 2013 - 1. 8. 2013	1. 8. 2013 - 2. 9. 2013	2. 9. 2013 - 1. 10. 2013	1. 10. 2013 - 4. 11. 2013	4. 11. 2013 - 2. 12. 2013	2. 12. 2013 - 2. 1. 2014				
Datum vzor.	1. 7. 2013 - 1. 8. 2013	1. 8. 2013 - 2. 9. 2013	2. 9. 2013 - 1. 10. 2013	1. 10. 2013 - 4. 11. 2013	4. 11. 2013 - 2. 12. 2013	2. 12. 2013 - 2. 1. 2014				
Kol. vzorca (g)	3,5	18,4	20,8	17,1	13,9	18,7				
Padavine (mm)***	22,3	104,6	216,8	37,4	207,7	60,5				
Oznaka vzorca	L13PV171	L13PV181	L13PV191	L13PV1A1	L13PV1B1	L13PV1C1				
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)									
Na-22	<		1,0E+00 ± 4E-01	<	8E-01	7,8E-01 ± 3E-01	<	9E-01	3,9E+00 ± 1E+00	1,9E+01 ± 7E+00
U-238	<	7E-01	<	2E-01	<	2,5E-01 ± 9E-02	<	2E-01	6,9E-01 ± 4E-01	3,4E+00 ± 2E+00
Ra-226	<	3E-01	<	2E-01	8,4E+00 ± 1E+00	6,2E+00 ± 5E-01	3,1E+00 ± 3E-01	1,7E+00 ± 1E+00	5,5E+01 ± 4E+00	2,8E+02 ± 2E+01
Pb-210	<	4E-01	1,2E+01 ± 8E-01	8,4E+00 ± 1E+00	6,2E+00 ± 5E-01	3,1E+00 ± 3E-01	1,7E+00 ± 1E+00	5,5E+01 ± 4E+00	2,2E-01 ± 4E-01	1,1E+00 ± 2E+00
Ra-228	<	4E-01	1,2E+01 ± 8E-01	8,4E+00 ± 1E+00	6,2E+00 ± 5E-01	3,1E+00 ± 3E-01	1,7E+00 ± 1E+00	5,5E+01 ± 4E+00	2,2E-01 ± 4E-01	1,1E+00 ± 2E+00
Th-230	<	4E-01	1,2E+01 ± 8E-01	8,4E+00 ± 1E+00	6,2E+00 ± 5E-01	3,1E+00 ± 3E-01	1,7E+00 ± 1E+00	5,5E+01 ± 4E+00	2,2E-01 ± 4E-01	1,1E+00 ± 2E+00
Th-228	6,3E-02 ± 5E-02	9,4E-02 ± 5E-02	<	1E-01	<	7E-02	<	1E-01	1,4E-01 ± 5E-02	5,5E-01 ± 2E-01
K-40	2,8E+00 ± 4E-01	4,2E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 2E+00	4,2E+01 ± 2E+00	6,1E+00 ± 5E-01	3,4E+00 ± 6E-01	3,0E+02 ± 6E+00	1,5E+03 ± 3E+01	3,6E+00 ± 2E+00	1,8E+01 ± 1E+01
Be-7	1,9E+00 ± 4E-01	4,2E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 2E+00	4,2E+01 ± 2E+00	6,1E+00 ± 5E-01	3,4E+00 ± 6E-01	3,0E+02 ± 6E+00	1,5E+03 ± 3E+01	3,6E+00 ± 2E+00	1,8E+01 ± 1E+01
I-131										
Cs-134										
Cs-137	<	7E-02	<	6E-02	<	6,2E-02 ± 5E-02	<	6E-02	1,7E-01 ± 2E-01	8,5E-01 ± 1E+00
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 2013 T - 43
7. ZRAK - PREGLED MERITEV JODA I-131 V ZRAKU V LETU 2013

Specifična analiza I-131 v zraku (aerosolni, atomarni, CH₃I) (**)

Vzroč. mesto	Spodnji Stari Grad		Stara vas		Leskovec		Brege		Vihre		Gornji Lenart		Libna	
	od	do	V	SA	V	SA	V	SA	V	SA	V	SA	V	SA
Datum vzor.														
Volumen prečpanega zraka V (m ³) in specifična aktivnost SA (Bq/m ³)														
27. 12. 2012	16. 1. 2013	14200	8E-05	16199	4E-05	16049	3E-05	15110	5E-05	16243	4E-05	14943	8E-05	15109
16. 1. 2013	4. 2. 2013	13102	8E-05	14913	5E-05	14257	7E-05	14024	6E-05	13601	5E-05	13052	1E-04	14334
4. 2. 2013	18. 2. 2013	10437	5E-05	11416	5E-05	11442	9E-05	9288	1E-04	12510	9E-05	10213	1E-04	11750
18. 2. 2013	4. 3. 2013	9910	6E-05	11288	8E-05	12190	5E-05	11792	9E-05	11650	8E-05	9816	4E-05	11108
4. 3. 2013	18. 3. 2013	10392	4E-05	8233	1E-04	11070	7E-05	10733	9E-05	10077	3E-05	9524	8E-05	10528
18. 3. 2013	2. 4. 2013	11849	3E-05	11746	1E-04	13100	3E-05	12336	7E-05	13463	6E-05	10869	1E-04	12860
2. 4. 2013	16. 4. 2013	10768	1E-04	11558	1E-04	12022	7E-05	4663	1E-04	12620	6E-05	10043	3E-05	11519
16. 4. 2013	6. 5. 2013	15579	1E-04	14681	3E-05	17981	8E-05	17390	7E-05	17851	8E-05	14682	1E-04	15827
6. 5. 2013	16. 5. 2013	8039	6E-05	8006	4E-05	8670	1E-04	8664	8E-05	9237	1E-04	7608	1E-04	8366
16. 5. 2013	3. 6. 2013	13824	9E-05	14166	8E-05	14806	8E-05	17696	1E-04	16551	5E-05	13825	3E-05	15208
3. 6. 2013	17. 6. 2013	11081	3E-05	11099	7E-05	11934	6E-05	12983	5E-05	12133	8E-05	10258	4E-05	12074
17. 6. 2013	1. 7. 2013	11005	7E-05	10980	1E-04	11831	4E-05	13885	4E-05	11959	7E-05	9834	8E-05	11443
1. 7. 2013	16. 7. 2013	11440	6E-05	11898	1E-04	15237	3E-05	13073	7E-05	12003	2E-05	11315	2E-04	12750
16. 7. 2013	1. 8. 2013	11981	1E-04	12339	4E-05	14619	1E-04	13914	7E-05	14996	7E-05	11765	1E-04	12976
1. 8. 2013	19. 8. 2013	13356	4E-05	15331	6E-05	17495	6E-05	16304	5E-05	13818	1E-04	12596	2E-04	15665
19. 8. 2013	2. 9. 2013	10884	1E-04	6453	1E-04	12692	4E-05	13532	7E-05	13420	7E-05	10822	1E-04	12734
2. 9. 2013	16. 9. 2013	11122	6E-05	10188	4E-05	11535	6E-05	14235	7E-05	10949	5E-05	10328	1E-04	15665
16. 9. 2013	1. 10. 2013	11934	4E-05	12507	7E-05	12752	5E-05	13182	7E-05	13182	1E-04	10328	1E-04	12901
1. 10. 2013	16. 10. 2013	11545	8E-05	11547	4E-05	12946	4E-05	13114	7E-05	13013	9E-05	10137	6E-05	13299
16. 10. 2013	4. 11. 2013	15382	7E-05	14771	5E-05	15869	8E-05	17687	3E-05	15182	3E-05	14011	2E-04	16081
4. 11. 2013	18. 11. 2013	10934	6E-05	11082	9E-05	11638	4E-05	13252	6E-05	10529	3E-05	10308	1E-04	12337
18. 11. 2013	2. 12. 2013	10504	5E-05	10344	8E-05	12603	7E-05	12499	7E-05	11904	5E-05	10197	6E-05	12151
2. 12. 2013	17. 12. 2013	11201	6E-05	10548	9E-05	10385	6E-05	13125	8E-05	11290	2E-04	10534	1E-04	11843
17. 12. 2013	2. 1. 2014	11579	4E-05	12047	2E-05	10763	3E-04	13980	2E-05	13399	1E-04	11188	1E-04	13431

(**) Specifična analiza I-131 je bila opravljena z visokoločljivostno spektrometrijo gama na Odseku F-2.

LETO 2013 T - 44a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Spodnji Stari Grad							
Datum vzor.	27. 12. 2012 - 4. 2. 2013	4. 2. 2013 - 4. 3. 2013	4. 3. 2013 - 2. 4. 2013	2. 4. 2013 - 6. 5. 2013	6. 5. 2013 - 3. 6. 2013	3. 6. 2013 - 1. 7. 2013		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	15724,3	11139	11665,6	14017,2	11756,8	11750,9		
Oznaka vzorca	K13AE11S	K13AE12S	K13AE13S	K13AE14S	K13AE15S	K13AE16S		
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
Na-22	1,2E-05 ± 8E-06	9,2E-06 ± 5E-06	< 2E-05	< 1E-05	< 7E-05	< 2E-05		3,5E-06 ± 8E-06
U-238								
Ra-226								
Pb-210	8,8E-04 ± 4E-05	6,3E-04 ± 3E-05	4,6E-04 ± 3E-05	4,7E-04 ± 4E-05	3,0E-04 ± 2E-05	5,8E-04 ± 3E-05		5,5E-04 ± 8E-05
Ra-228	5,2E-06 ± 3E-06	8,4E-06 ± 2E-06	< 9E-06	< 4E-06	9,5E-06 ± 3E-06	8,9E-06 ± 4E-06		5,3E-06 ± 2E-06
Th-230								
Th-228	4,3E-06 ± 2E-06	8,3E-06 ± 1E-06	5,7E-06 ± 2E-06	4,0E-06 ± 1E-06	5,7E-06 ± 2E-06	6,4E-06 ± 2E-06		5,7E-06 ± 7E-07
K-40								
Be-7	1,9E-03 ± 1E-04	1,4E-03 ± 9E-05	2,7E-03 ± 2E-04	4,1E-03 ± 2E-04	3,0E-03 ± 2E-04	3,7E-03 ± 2E-04		2,8E-03 ± 4E-04
I-131								
Cs-134								
Cs-137	< 9E-07	1,8E-06 ± 5E-07	< 2E-06	8,6E-07 ± 4E-07	< 8E-07	< 1E-06		4,4E-07 ± 3E-07
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

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

LETO 2013 T - 44b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Spodnji Stari Grad							
Datum vzor.	1. 7. 2013 - 1. 8. 2013	1. 8. 2013 - 2. 9. 2013	2. 9. 2013 - 1. 10. 2013	1. 10. 2013 - 4. 11. 2013	4. 11. 2013 - 2. 12. 2013	2. 12. 2013 - 2. 1. 2014		Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	12981,16	13406,44	11999,5	13666,47	11170,88	12288,3		
Oznaka vzorca	K13AE17S	K13AE18S	K13AE19S	K13AE1AS	K13AE1BS	K13AE1CS		
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
Na-22								
U-238	< 2E-05	< 1E-05	3,1E-05 ± 1E-05	2,0E-05 ± 9E-06	< 4E-05	< 2E-05		6,0E-06 ± 5E-06
Ra-226	< 5E-05							< 3E-06
Pb-210	5,8E-04 ± 6E-05	7,0E-04 ± 4E-05	5,6E-04 ± 5E-05	8,6E-04 ± 5E-05	6,0E-04 ± 3E-05	1,1E-03 ± 7E-05		6,5E-04 ± 6E-05
Ra-228	6,9E-06 ± 2E-06	6,9E-06 ± 2E-06	< 9E-06	4,9E-06 ± 3E-06	7,2E-06 ± 4E-06	9,9E-06 ± 3E-06		5,6E-06 ± 1E-06
Th-230								
Th-228	6,9E-06 ± 1E-06	6,1E-06 ± 2E-06	8,1E-06 ± 2E-06	6,0E-06 ± 1E-06	5,4E-06 ± 1E-06	6,1E-06 ± 1E-06		6,1E-06 ± 5E-07
K-40								
Be-7	5,2E-03 ± 3E-04	4,8E-03 ± 3E-04	3,2E-03 ± 2E-04	4,2E-03 ± 2E-04	1,2E-03 ± 6E-05	2,6E-03 ± 1E-04		3,2E-03 ± 4E-04
I-131								
Cs-134								
Cs-137	< 1E-06	< 6E-07	< 4E-06	< 2E-06	1,9E-06 ± 7E-07	3,3E-06 ± 1E-06		6,5E-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 2013 T - 45a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Stara vas							
Datum vzor.	27. 12. 2012 - 4. 2. 2013	4. 2. 2013 - 4. 3. 2013	4. 3. 2013 - 2. 4. 2013	2. 4. 2013 - 6. 5. 2013	6. 5. 2013 - 3. 6. 2013	3. 6. 2013 - 1. 7. 2013		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	13079,5	9265,9	8772,2	11707,8	9566	9450,5		
Oznaka vzorca	K13AE21S	K13AE22S	K13AE23S	K13AE24S	K13AE25S	K13AE26S		
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
Na-22	<	<	2,5E-05 ± 1E-05		8,2E-06 ± 5E-06	<	2E-05	5,6E-06 ± 4E-06
U-238	<	2E-05	1E-04			<		1E-05
Ra-226	<	3E-05	1E-04			<		1E-05
Pb-210	9,9E-04 ± 5E-05	7,7E-04 ± 6E-05	5,9E-04 ± 4E-05	5,5E-04 ± 3E-05	3,8E-04 ± 2E-05	7,1E-04 ± 4E-05	<	6,6E-04 ± 9E-05
Ra-228	4,1E-06 ± 3E-06	9,1E-06 ± 4E-06	1,0E-05 ± 4E-06	1,0E-05 ± 1E-05	8,3E-06 ± 2E-06	1,2E-05 ± 3E-06	<	7,3E-06 ± 2E-06
Th-230	<	<	1E-04			<		1E-05
Th-228	<	9E-06	5,9E-06 ± 5E-06	3,1E-06 ± 2E-06	7,7E-06 ± 2E-06	1,1E-05 ± 1E-06	<	6,1E-06 ± 2E-06
K-40	<	9E-06	5,9E-06 ± 5E-06	3,1E-06 ± 2E-06	7,7E-06 ± 2E-06	1,1E-05 ± 1E-06	<	6,1E-06 ± 2E-06
Be-7	2,2E-03 ± 1E-04	1,7E-03 ± 9E-05	3,0E-03 ± 2E-04	4,8E-03 ± 2E-04	4,0E-03 ± 3E-04	5,0E-03 ± 3E-04	<	3,5E-03 ± 6E-04
I-131	<	<	<	<	<	<	<	<
Cs-134	<	<	<	<	<	<	<	<
Cs-137	4,2E-06 ± 1E-06	3,3E-06 ± 2E-06	<	2E-06	<	1E-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 2013 T - 45b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Stara vas							
Datum vzor.	1. 7. 2013 - 1. 8. 2013	1. 8. 2013 - 2. 9. 2013	2. 9. 2013 - 1. 10. 2013	1. 10. 2013 - 4. 11. 2013	4. 11. 2013 - 2. 12. 2013	2. 12. 2013 - 2. 1. 2014		Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	10173,23	7970,67	6789,1	11265,93	7420,3	9115,17		
Oznaka vzorca	K13AE27S	K13AE28S	K13AE29S	K13AE2AS	K13AE2BS	K13AE2CS		
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
Na-22	<	4,6E-05 ± 2E-05	<	3E-05	<	5E-05	<	6,6E-06 ± 4E-06
U-238	<	2E-05	<		<		<	1E-05
Ra-226	<	2E-04	<		<		<	1E-05
Pb-210	8,6E-04 ± 9E-05	1,0E-03 ± 6E-05	1,0E-03 ± 5E-05	1,2E-03 ± 6E-05	9,9E-04 ± 7E-05	1,7E-03 ± 1E-04	<	8,9E-04 ± 1E-04
Ra-228	4,0E-06 ± 3E-06	<	2E-05	1,3E-05 ± 7E-06	<	8E-06	<	2E-05
Th-230	<	<	<	1,6E-04 ± 1E-04	<		<	7,3E-06 ± 5E-06
Th-228	9,7E-06 ± 2E-06	1,0E-05 ± 3E-06	1,1E-05 ± 3E-06	7,5E-06 ± 2E-06	1,3E-05 ± 4E-06	9,9E-06 ± 2E-06	<	8,2E-06 ± 1E-06
K-40	<	<	<	<	<	<	<	<
Be-7	7,2E-03 ± 4E-04	6,2E-03 ± 3E-04	5,0E-03 ± 2E-04	5,7E-03 ± 3E-04	2,2E-03 ± 1E-04	4,4E-03 ± 2E-04	<	4,3E-03 ± 5E-04
I-131	<	<	<	<	<	<	<	<
Cs-134	<	<	<	<	<	<	<	<
Cs-137	<	<	<	<	<	<	<	<
Co-58	<	8E-07	<	2E-06	<	2E-06	<	2,4E-06 ± 1E-06
Co-60	<	<	<	1,3E-06 ± 7E-07	<	2,2E-06 ± 2E-06	<	2,4E-06 ± 1E-06
Cr-51	<	<	<	<	<	<	<	<
Mn-54	<	<	<	<	<	<	<	<
Zn-65	<	<	<	<	<	<	<	<
Nb-95	<	<	<	<	<	<	<	<
Ru-106	<	<	<	<	<	<	<	<
Sb-125	<	<	<	<	<	<	<	<

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

LETO 2013 T - 46a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzrč. mesto	Leskovec							
Datum vzor.	27. 12. 2012 - 4. 2. 2013	4. 2. 2013 - 4. 3. 2013	4. 3. 2013 - 2. 4. 2013	2. 4. 2013 - 6. 5. 2013	6. 5. 2013 - 3. 6. 2013	3. 6. 2013 - 1. 7. 2013		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	14130,9	10054,8	10684,9	12697,4	10694,9	10704,46		
Oznaka vzorca	K13AE31S	K13AE32S	K13AE33S	K13AE34S	K13AE35S	K13AE36S		
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
Na-22	< 3E-05	< 2E-05	1,7E-05 ± 1E-05	< 7E-05	< 4E-05	< 2E-06	< 2E-07	2E-07
U-238							2,8E-06 ± 9E-06	9E-06
Ra-226			< 4E-05				< 4E-06	4E-06
Pb-210	8,7E-04 ± 4E-05	5,7E-04 ± 3E-05	4,8E-04 ± 4E-05	4,7E-04 ± 3E-05	2,8E-04 ± 2E-05	5,7E-04 ± 3E-05	5,4E-04 ± 8E-05	8E-05
Ra-228	4,0E-06 ± 3E-06	7,0E-06 ± 2E-06	8,7E-06 ± 2E-06	< 2E-05	7,6E-06 ± 3E-06	8,6E-06 ± 2E-06	6,0E-06 ± 2E-06	2E-06
Th-230								
Th-228	4,1E-06 ± 2E-06	7,8E-06 ± 1E-06	7,4E-06 ± 2E-06	< 4E-06	6,5E-06 ± 2E-06	7,4E-06 ± 1E-06	5,5E-06 ± 1E-06	1E-06
K-40								
Be-7	2,0E-03 ± 1E-04	1,6E-03 ± 1E-04	2,9E-03 ± 1E-04	4,1E-03 ± 2E-04	3,0E-03 ± 1E-04	4,1E-03 ± 3E-04	2,9E-03 ± 4E-04	4E-04
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,6E-06 ± 7E-07	1,5E-06 ± 6E-07	1,6E-06 ± 6E-07	2,5E-06 ± 2E-06	< 9E-07	< 6E-07	1,2E-06 ± 4E-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 2013 T - 46b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzrč. mesto	Leskovec							
Datum vzor.	1. 7. 2013 - 1. 8. 2013	1. 8. 2013 - 2. 9. 2013	2. 9. 2013 - 1. 10. 2013	1. 10. 2013 - 4. 11. 2013	4. 11. 2013 - 2. 12. 2013	2. 12. 2013 - 2. 1. 2014		Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	11928,77	12147,67	10694,7	12218	9588,3	9529,75		
Oznaka vzorca	K13AE37S	K13AE38S	K13AE39S	K13AE3AS	K13AE3BS	K13AE3CS		
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
Na-22	1,9E-05 ± 1E-05	1,7E-05 ± 1E-05		< 2E-05	< 9E-05	< 1E-05	< 1E-07	1E-07
U-238							4,4E-06 ± 7E-06	7E-06
Ra-226	< 5E-05						< 3E-06	3E-06
Pb-210	5,8E-04 ± 6E-05	6,5E-04 ± 5E-05	6,9E-04 ± 5E-05	8,4E-04 ± 4E-05	6,3E-04 ± 3E-05	1,2E-03 ± 6E-05	6,5E-04 ± 7E-05	7E-05
Ra-228	8,7E-06 ± 4E-06	< 1E-05	8,3E-06 ± 4E-06	1,1E-05 ± 3E-06	8,6E-06 ± 4E-06	9,8E-06 ± 2E-06	6,8E-06 ± 1E-06	1E-06
Th-230								
Th-228	5,6E-06 ± 1E-06	6,7E-06 ± 2E-06	5,1E-06 ± 2E-06	3,8E-06 ± 1E-06	9,1E-06 ± 2E-06	7,9E-06 ± 1E-06	6,0E-06 ± 7E-07	7E-07
K-40								
Be-7	5,4E-03 ± 3E-04	4,8E-03 ± 2E-04	3,5E-03 ± 2E-04	4,4E-03 ± 2E-04	1,2E-03 ± 6E-05	3,1E-03 ± 2E-04	3,3E-03 ± 4E-04	4E-04
I-131								
Cs-134								
Cs-137	< 2E-06	< 2E-06	< 8E-07	< 1E-06	3,7E-06 ± 2E-06	3,5E-06 ± 9E-07	1,2E-06 ± 4E-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 2013 T - 47a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Bregje							
Datum vzor.	27. 12. 2012 - 4. 2. 2013	4. 2. 2013 - 4. 3. 2013	4. 3. 2013 - 2. 4. 2013	2. 4. 2013 - 6. 5. 2013	6. 5. 2013 - 3. 6. 2013	3. 6. 2013 - 1. 7. 2013		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	15208,1	10204,7	11125,3	13001,2	10668,2	10555,1		
Oznaka vzorca	K13AE41S	K13AE42S	K13AE43S	K13AE44S	K13AE45S	K13AE46S		
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
Na-22							< 3E-06	< 3E-07
U-238	< 3E-05	2,0E-05 ± 8E-06		1,8E-05 ± 1E-05	1,0E-05 ± 6E-06		2,9E-05 ± 1E-05	1,3E-05 ± 5E-06
Ra-226	< 4E-05							< 4E-06
Pb-210	1,1E-03 ± 9E-05	7,6E-04 ± 9E-05	5,2E-04 ± 4E-05	6,2E-04 ± 3E-05	3,5E-04 ± 2E-05	7,3E-04 ± 4E-05		6,7E-04 ± 1E-04
Ra-228	5,7E-06 ± 3E-06	9,4E-06 ± 2E-06	7,4E-06 ± 3E-06	< 1E-05	< 5E-06	< 2E-05		3,7E-06 ± 2E-06
Th-230								
Th-228	3,0E-06 ± 1E-06	7,6E-06 ± 2E-06	5,3E-06 ± 2E-06	< 8E-06	5,2E-06 ± 3E-06	7,3E-06 ± 2E-06		4,7E-06 ± 1E-06
K-40								
Be-7	2,5E-03 ± 5E-04	1,7E-03 ± 1E-04	3,2E-03 ± 2E-04	4,7E-03 ± 2E-04	3,8E-03 ± 2E-04	4,3E-03 ± 2E-04		3,4E-03 ± 5E-04
I-131								
Cs-134								
Cs-137	< 4E-06	1,6E-06 ± 6E-07	1,4E-06 ± 8E-07	1,6E-06 ± 8E-07	1,4E-06 ± 8E-07	4,2E-06 ± 3E-06		1,7E-06 ± 6E-07
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

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

LETO 2013 T - 47b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Bregje							
Datum vzor.	1. 7. 2013 - 1. 8. 2013	1. 8. 2013 - 2. 9. 2013	2. 9. 2013 - 1. 10. 2013	1. 10. 2013 - 4. 11. 2013	4. 11. 2013 - 2. 12. 2013	2. 12. 2013 - 2. 1. 2014		Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	11515,85	12048,62	5623,1	12418,6	10649,4	12450,44		
Oznaka vzorca	K13AE47S	K13AE48S	K13AE49S	K13AE4AS	K13AE4BS	K13AE4CS		
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
Na-22								< 2E-07
U-238	2,7E-05 ± 1E-05	< 7E-05	5,0E-05 ± 3E-05	2,0E-05 ± 1E-05	< 6E-05	2,1E-05 ± 9E-06		1,6E-05 ± 6E-06
Ra-226	< 1E-04	< 5E-05	< 2E-04	< 6E-05	< 1E-04	< 4E-05		< 1E-05
Pb-210	8,5E-04 ± 5E-05	8,3E-04 ± 6E-05	7,9E-04 ± 4E-05	1,0E-03 ± 7E-05	6,7E-04 ± 7E-05	1,1E-03 ± 1E-04		7,7E-04 ± 6E-05
Ra-228	1,0E-05 ± 3E-06	6,2E-06 ± 2E-06	1,3E-05 ± 6E-06	5,9E-06 ± 2E-06	< 9E-06	6,3E-06 ± 3E-06		5,3E-06 ± 1E-06
Th-230								
Th-228	9,0E-06 ± 2E-06	7,8E-06 ± 2E-06	1,5E-05 ± 4E-06	7,5E-06 ± 2E-06	9,5E-06 ± 2E-06	6,1E-06 ± 2E-06		7,0E-06 ± 1E-06
K-40								
Be-7	6,4E-03 ± 3E-04	5,6E-03 ± 3E-04	3,7E-03 ± 2E-04	5,0E-03 ± 2E-04	1,5E-03 ± 8E-05	2,7E-03 ± 1E-04		3,7E-03 ± 4E-04
I-131								
Cs-134								
Cs-137	3,2E-06 ± 9E-07	1,3E-06 ± 7E-07	< 2E-06	1,3E-06 ± 6E-07	< 3E-06	1,5E-06 ± 7E-07		1,5E-06 ± 4E-07
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

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

LETO 2013 T - 48a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Vihre						
Datum vzor.	27. 12. 2012 - 4. 2. 2013	4. 2. 2013 - 4. 3. 2013	4. 3. 2013 - 2. 4. 2013	2. 4. 2013 - 6. 5. 2013	6. 5. 2013 - 3. 6. 2013	3. 6. 2013 - 1. 7. 2013	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	14610,7	10184,7	10806,1	13008,2	10614,2	10900,1	
Oznaka vzorca	K13AE51S	K13AE52S	K13AE53S	K13AE54S	K13AE55S	K13AE56S	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22		3,0E-05 ± 1E-05	< 3E-05	< 2E-05	< 2E-04	< 6E-05	5,0E-06 ± 7E-06
U-238				< 9E-05			3E-05
Ra-226							
Pb-210	< 1E-04	5,3E-04 ± 5E-05	4,7E-04 ± 3E-05	4,3E-04 ± 4E-05	3,5E-04 ± 3E-05	5,9E-04 ± 4E-05	4,0E-04 ± 9E-05
Ra-228	7,8E-06 ± 2E-06	1,0E-05 ± 4E-06	7,6E-06 ± 3E-06	< 6E-06	4,4E-06 ± 3E-06	1,2E-05 ± 6E-06	6,9E-06 ± 2E-06
Th-230							
Th-228	5,9E-06 ± 1E-06	8,1E-06 ± 2E-06	6,5E-06 ± 2E-06	3,4E-06 ± 1E-06	2,5E-06 ± 2E-06	6,4E-06 ± 2E-06	5,5E-06 ± 9E-07
K-40							
Be-7	1,8E-03 ± 9E-05	1,2E-03 ± 6E-05	2,5E-03 ± 1E-04	3,7E-03 ± 2E-04	3,3E-03 ± 2E-04	3,6E-03 ± 2E-04	2,7E-03 ± 4E-04
I-131							
Cs-134							
Cs-137	2,5E-06 ± 1E-06	< 5E-06	< 1E-06	8,7E-07 ± 5E-07	< 8E-07	< 1E-06	5,6E-07 ± 6E-07
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

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

LETO 2013 T - 48b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Vihre						
Datum vzor.	1. 7. 2013 - 1. 8. 2013	1. 8. 2013 - 2. 9. 2013	2. 9. 2013 - 1. 10. 2013	1. 10. 2013 - 4. 11. 2013	4. 11. 2013 - 2. 12. 2013	2. 12. 2013 - 2. 1. 2014	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	12032,07	12264,93	10740,4	12270,84	9817,36	10592,57	
Oznaka vzorca	K13AE57S	K13AE58S	K13AE59S	K13AE5AS	K13AE5BS	K13AE5CS	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22			2,0E-05 ± 8E-06	2,7E-05 ± 1E-05		1,1E-05 ± 7E-06	7,3E-06 ± 4E-06
U-238	< 4E-05	< 2E-05		< 4E-05			1E-05
Ra-226							
Pb-210	6,5E-04 ± 4E-05	6,8E-04 ± 1E-04	5,1E-04 ± 4E-05	8,9E-04 ± 4E-05	6,0E-04 ± 3E-05	1,1E-03 ± 6E-05	5,7E-04 ± 8E-05
Ra-228	< 1E-05	6,8E-06 ± 3E-06	7,7E-06 ± 5E-06	1,1E-05 ± 3E-06	< 1E-05	8,3E-06 ± 2E-06	6,3E-06 ± 1E-06
Th-230							
Th-228	6,2E-06 ± 2E-06	6,1E-06 ± 3E-06	8,3E-06 ± 2E-06	7,2E-06 ± 2E-06	6,0E-06 ± 3E-06	7,4E-06 ± 1E-06	6,2E-06 ± 6E-07
K-40							
Be-7	4,9E-03 ± 2E-04	4,4E-03 ± 2E-04	3,0E-03 ± 2E-04	4,1E-03 ± 2E-04	1,1E-03 ± 6E-05	2,6E-03 ± 2E-04	3,0E-03 ± 4E-04
I-131							
Cs-134							
Cs-137		2,3E-06 ± 2E-06	< 5E-06		1,7E-06 ± 1E-06	1,9E-06 ± 6E-07	7,8E-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 2013 T - 49a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzrč. mesto	Gornji Lenart								
Datum vzor.	27. 12. 2012 - 4. 2. 2013	4. 2. 2013 - 4. 3. 2013	4. 3. 2013 - 2. 4. 2013	2. 4. 2013 - 6. 5. 2013	6. 5. 2013 - 3. 6. 2013	3. 6. 2013 - 1. 7. 2013			
Kol. vzorca (m ³)	15048,8	10621,2	11076,6	13251,4	11024,8	10916,1	Polletno povprečje (*)		
Oznaka vzorca	K13AE61S	K13AE62S	K13AE63S	K13AE64S	K13AE65S	K13AE66S			
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)								
Na-22	<	2,3E-05 ± 1E-05	2,3E-05 ± 9E-06	<	<	3E-05	<	1E-05	7,7E-06 ± 5E-06
U-238	<	2E-05	7E-05	<	<	<	<	<	7E-06
Ra-226	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Pb-210	7,2E-04 ± 5E-05	5,7E-04 ± 4E-05	4,3E-04 ± 4E-05	4,8E-04 ± 3E-05	2,7E-04 ± 4E-05	5,5E-04 ± 3E-05	5,0E-04 ± 6E-05	5,0E-04 ± 6E-05	5,0E-04 ± 6E-05
Ra-228	5,2E-06 ± 3E-06	1,2E-05 ± 4E-06	6,4E-06 ± 3E-06	6E-06	4,5E-06 ± 2E-06	4,8E-06 ± 3E-06	5,5E-06 ± 2E-06	5,5E-06 ± 2E-06	5,5E-06 ± 2E-06
Th-230	<	1E-04	<	<	2,3E-04 ± 2E-04	<	3,8E-05 ± 4E-05	3,8E-05 ± 4E-05	3,8E-05 ± 4E-05
Th-228	6,6E-06 ± 2E-06	7,0E-06 ± 1E-06	6,7E-06 ± 1E-06	3,0E-06 ± 2E-06	2,0E-06 ± 1E-06	6,8E-06 ± 1E-06	5,4E-06 ± 9E-07	5,4E-06 ± 9E-07	5,4E-06 ± 9E-07
K-40	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Be-7	1,6E-03 ± 2E-04	1,2E-03 ± 6E-05	2,6E-03 ± 1E-04	4,0E-03 ± 2E-04	2,9E-03 ± 1E-04	3,6E-03 ± 2E-04	2,6E-03 ± 4E-04	2,6E-03 ± 4E-04	2,6E-03 ± 4E-04
I-131	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Cs-134	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Cs-137	2,1E-06 ± 1E-06	1,7E-06 ± 7E-07	2E-06	7,0E-07 ± 5E-07	1E-06	7E-07	7,6E-07 ± 4E-07	7,6E-07 ± 4E-07	7,6E-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 2013 T - 49b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzrč. mesto	Gornji Lenart						
Datum vzor.	1. 7. 2013 - 1. 8. 2013	1. 8. 2013 - 2. 9. 2013	2. 9. 2013 - 1. 10. 2013	1. 10. 2013 - 4. 11. 2013	4. 11. 2013 - 2. 12. 2013	2. 12. 2013 - 2. 1. 2014	
Kol. vzorca (m ³)	11961,52	12179,38	10865,9	12554,31	10483,27	11608,32	Letno povprečje (*)
Oznaka vzorca	K13AE67S	K13AE68S	K13AE69S	K13AE6AS	K13AE6BS	K13AE6CS	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22	<	1,5E-05 ± 1E-05	3,1E-05 ± 1E-05	<	1,9E-05 ± 1E-05	1,7E-05 ± 1E-05	1,1E-05 ± 3E-06
U-238	<	5E-05	<	<	6E-05	<	6E-06
Ra-226	<	<	<	<	<	<	<
Pb-210	5,8E-04 ± 3E-05	7,0E-04 ± 1E-04	6,0E-04 ± 5E-05	7,8E-04 ± 4E-05	5,8E-04 ± 4E-05	1,1E-03 ± 6E-05	6,1E-04 ± 6E-05
Ra-228	7,7E-06 ± 3E-06	5,8E-06 ± 3E-06	8,1E-06 ± 3E-06	2E-05	7,7E-06 ± 4E-06	5,6E-06 ± 4E-06	5,7E-06 ± 1E-06
Th-230	<	<	<	<	2E-04	<	1,9E-05 ± 2E-05
Th-228	6,8E-06 ± 1E-06	9,0E-06 ± 2E-06	7,4E-06 ± 2E-06	3,4E-06 ± 2E-06	9,2E-06 ± 2E-06	6,3E-06 ± 2E-06	6,2E-06 ± 6E-07
K-40	<	<	<	<	<	<	1E-05
Be-7	4,9E-03 ± 3E-04	4,5E-03 ± 2E-04	2,9E-03 ± 1E-04	3,6E-03 ± 2E-04	1,2E-03 ± 6E-05	2,4E-03 ± 1E-04	2,9E-03 ± 4E-04
I-131	<	<	<	<	<	<	<
Cs-134	<	<	<	<	<	<	<
Cs-137	<	2E-06	7E-07	1E-06	3E-06	1E-06	3,8E-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 2013 T - 50a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Libna							
Datum vzor.	27. 12. 2012 - 4. 2. 2013	4. 2. 2013 - 4. 3. 2013	4. 3. 2013 - 2. 4. 2013	2. 4. 2013 - 6. 5. 2013	6. 5. 2013 - 3. 6. 2013	3. 6. 2013 - 1. 7. 2013		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	15585,7	11078,5	11607,5	13833,6	11497,9	11569,2		
Oznaka vzorca	K13AE71S	K13AE72S	K13AE73S	K13AE74S	K13AE75S	K13AE76S		
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
Na-22								
U-238	1,0E-05 ± 8E-06	< 2E-05	1,6E-05 ± 1E-05	< 2E-05	< 2E-05	< 2E-05	< 2E-05	4,4E-06 ± 5E-06
Ra-226								
Pb-210	6,7E-04 ± 5E-05	5,3E-04 ± 4E-05	4,4E-04 ± 3E-05	4,1E-04 ± 2E-05	2,7E-04 ± 2E-05	4,7E-04 ± 4E-05	4,7E-04 ± 4E-05	4,7E-04 ± 6E-05
Ra-228	< 1E-05	4,8E-06 ± 3E-06	7,0E-06 ± 3E-06	3,8E-06 ± 2E-06	9,6E-06 ± 4E-06	1,0E-05 ± 4E-06	5,9E-06 ± 2E-06	5,9E-06 ± 2E-06
Th-230				< 8E-05				< 8E-06
Th-228	5,4E-06 ± 1E-06	7,4E-06 ± 1E-06	6,2E-06 ± 2E-06	2,0E-06 ± 9E-07	3,9E-06 ± 2E-06	3,8E-06 ± 3E-06	4,8E-06 ± 8E-07	4,8E-06 ± 8E-07
K-40								
Be-7	1,8E-03 ± 9E-05	1,2E-03 ± 6E-05	2,5E-03 ± 1E-04	3,8E-03 ± 3E-04	2,8E-03 ± 1E-04	3,5E-03 ± 2E-04	2,6E-03 ± 4E-04	2,6E-03 ± 4E-04
I-131								
Cs-134								
Cs-137	< 2E-06	< 2E-06	< 1E-06	< 5E-07	< 1E-06	< 1E-06	< 1E-06	< 4E-07
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

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

LETO 2013 T - 50b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Libna							
Datum vzor.	1. 7. 2013 - 1. 8. 2013	1. 8. 2013 - 2. 9. 2013	2. 9. 2013 - 1. 10. 2013	1. 10. 2013 - 4. 11. 2013	4. 11. 2013 - 2. 12. 2013	2. 12. 2013 - 2. 1. 2014		Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	12789,19	13113,91	11857,6	13851,79	11100,8	12106,74		
Oznaka vzorca	K13AE77S	K13AE78S	K13AE79S	K13AE7AS	K13AE7BS	K13AE7CS		
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
Na-22								
U-238	< 5E-05	< 9E-05	< 2E-05	< 2E-05	2,0E-05 ± 1E-05			3,8E-06 ± 6E-06
Ra-226								
Pb-210	5,4E-04 ± 3E-05	6,4E-04 ± 5E-05	5,3E-04 ± 5E-05	7,7E-04 ± 4E-05	5,1E-04 ± 3E-05	1,1E-03 ± 7E-05	5,7E-04 ± 6E-05	5,7E-04 ± 6E-05
Ra-228	< 9E-06	7,4E-06 ± 4E-06	< 1E-05	5,7E-06 ± 3E-06	7,9E-06 ± 4E-06	6,5E-06 ± 3E-06	5,2E-06 ± 1E-06	5,2E-06 ± 1E-06
Th-230				3,0E-04 ± 8E-05				2,5E-05 ± 3E-05
Th-228	3,6E-06 ± 1E-06	5,7E-06 ± 1E-06	5,2E-06 ± 1E-06	4,5E-06 ± 1E-06	6,8E-06 ± 3E-06	5,8E-06 ± 2E-06	5,0E-06 ± 5E-07	5,0E-06 ± 5E-07
K-40								
Be-7	4,5E-03 ± 2E-04	4,0E-03 ± 2E-04	2,9E-03 ± 1E-04	3,8E-03 ± 2E-04	1,1E-03 ± 6E-05	2,8E-03 ± 1E-04	2,9E-03 ± 3E-04	2,9E-03 ± 3E-04
I-131								
Cs-134								
Cs-137	< 1E-06	< 9E-07	< 8E-07	< 8E-07	< 1E-06	1,2E-06 ± 8E-07	1,0E-07 ± 2E-07	1,0E-07 ± 2E-07
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

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

LETO 2013 T - 51a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Dobova							Polletno povprečje (*)
	Datum vzor.	27. 12. 2012 - 4. 2. 2013	4. 2. 2013 - 4. 3. 2013	4. 3. 2013 - 2. 4. 2013	2. 4. 2013 - 6. 5. 2013	6. 5. 2013 - 3. 6. 2013	3. 6. 2013 - 1. 7. 2013	
Kol. vzorca (m ³)	124069,3	104821,9	113195,9	154995,8	115543,2	112385,8		
Oznaka vzorca	K13AE811	K13AE821	K13AE831	K13AE841	K13AE851	K13AE861		
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
Na-22				6,6E-07 ± 2E-07	< 8E-07	5,8E-07 ± 1E-07	2,1E-07 ± 1E-07	
U-238	< 7E-06	9,5E-06 ± 7E-06		5,6E-06 ± 3E-06		< 5E-06	2,5E-06 ± 2E-06	
Ra-226								
Pb-210	9,1E-04 ± 5E-05	5,7E-04 ± 3E-05	4,4E-04 ± 3E-05	4,7E-04 ± 2E-05	3,0E-04 ± 2E-05	5,4E-04 ± 3E-05	5,4E-04 ± 8E-05	
Ra-228	< 2E-06	< 2E-06		1,8E-06 ± 7E-07	< 2E-06		2,9E-07 ± 4E-07	
Th-230								
Th-228	2,3E-06 ± 5E-07	2,3E-06 ± 3E-07	1,2E-06 ± 5E-07	2,4E-06 ± 4E-07	1,9E-06 ± 5E-07	8,9E-06 ± 5E-07	3,2E-06 ± 1E-06	
K-40	< 1E-04	< 9E-05					< 1E-05	
Be-7	2,3E-03 ± 1E-04	1,7E-03 ± 8E-05	3,0E-03 ± 1E-04	4,3E-03 ± 2E-04	3,5E-03 ± 2E-04	4,0E-03 ± 3E-04	3,1E-03 ± 4E-04	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	3,8E-06 ± 3E-07	2,4E-06 ± 2E-07	1,4E-06 ± 2E-07	9,1E-07 ± 2E-07	5,8E-07 ± 2E-07	3,5E-07 ± 6E-08	1,6E-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.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

LETO 2013 T - 51b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Dobova							Letno povprečje (*)
	Datum vzor.	1. 7. 2013 - 1. 8. 2013	1. 8. 2013 - 2. 9. 2013	2. 9. 2013 - 1. 10. 2013	1. 10. 2013 - 4. 11. 2013	4. 11. 2013 - 2. 12. 2013	2. 12. 2013 - 2. 1. 2014	
Kol. vzorca (m ³)	130468,5	132786,7	132851	117900,1	108506,2	110218,4		
Oznaka vzorca	K13AE871	K13AE881	K13AE891	K13AE8A1	K13AE8B1	K13AE8C1		
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
Na-22	< 1E-06	5,1E-07 ± 2E-07		5,5E-07 ± 3E-07			1,9E-07 ± 9E-08	
U-238		< 3E-05					1,3E-06 ± 2E-06	
Ra-226	< 7E-05			< 4E-05			< 4E-06	
Pb-210	6,7E-04 ± 4E-05	7,5E-04 ± 4E-05	6,3E-04 ± 3E-05	8,1E-04 ± 5E-05	5,6E-04 ± 3E-05	1,3E-03 ± 7E-05	6,6E-04 ± 7E-05	
Ra-228		1,2E-06 ± 1E-06		< 2E-06		< 2E-06	2,5E-07 ± 2E-07	
Th-230								
Th-228	1,3E-06 ± 4E-07	1,7E-06 ± 5E-07	2,0E-06 ± 5E-07	1,7E-06 ± 5E-07	2,1E-06 ± 5E-07	1,0E-06 ± 6E-07	2,4E-06 ± 6E-07	
K-40			< 1E-04				< 9E-06	
Be-7	5,4E-03 ± 3E-04	4,9E-03 ± 2E-04	3,6E-03 ± 2E-04	4,2E-03 ± 2E-04	1,4E-03 ± 7E-05	2,9E-03 ± 1E-04	3,4E-03 ± 4E-04	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	6,6E-07 ± 2E-07	4,0E-07 ± 2E-07	< 1E-05	6,3E-07 ± 2E-07	1,5E-06 ± 2E-07	2,0E-06 ± 5E-07	1,2E-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.

(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

LETO 2013 T - 51a, 51b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Institut
 "Jožef Stefan"
 Ljubljana
 Slovenija

Specifična analiza Sr-90/Sr-89 (**)

Vzorč. mesto	Dobova				
Datum vzor.	27. 12. 2013 - 2. 4. 2013	2. 4. 2013 - 1. 7. 2013	1. 7. 2013 - 1. 10. 2013	1. 10. 2013 - 2. 1. 2014	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	342087	382924,8	396106,2	336624,7	
Oznaka vzorca	K13AE8D1	K13AE8E1	K13AE8F1	K13AE8G1	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
Sr-89/Sr-90	4,9E-07 ± 9E-08	2,8E-07 ± 4E-08	4,7E-07 ± 7E-08	< 4E-07	3,1E-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 2013 T - 52a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzrč. mesto	Ljubljana IJS							
Datum vzor.	27. 12. 2012 - 4. 2. 2013	4. 2. 2013 - 4. 3. 2013	4. 3. 2013 - 2. 4. 2013	2. 4. 2013 - 6. 5. 2013	6. 5. 2013 - 3. 6. 2013	3. 6. 2013 - 1. 7. 2013		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	106934,3	122596,3	127044,3	171365	122246,4	121978,9		
Oznaka vzorca	RP13AE111	RP13AE121	RP13AE131	RP13AE141	RP13AE151	RP13AE161		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
Na-22	<			<	5,1E-07 ± 2E-07			8,5E-08 ± 1E-07
U-238	8E-06			5E-06	3,1E-06 ± 2E-06			5,2E-07 ± 1E-06
Ra-226								
Pb-210	9,4E-04 ± 5E-05	6,2E-04 ± 4E-05	5,2E-04 ± 3E-05	5,6E-04 ± 3E-05	2,8E-04 ± 2E-05	5,8E-04 ± 3E-05		5,8E-04 ± 9E-05
Ra-228	2,5E-06 ± 1E-06	< 2E-06	< 2E-06	1,1E-06 ± 6E-07	< 2E-06			6,1E-07 ± 4E-07
Th-230								
Th-228	2,6E-06 ± 7E-07	2,1E-06 ± 4E-07	2,3E-06 ± 4E-07	2,5E-06 ± 4E-07	1,4E-06 ± 4E-07	1,2E-06 ± 6E-07		2,0E-06 ± 2E-07
K-40	< 2E-04		< 1E-04	< 7E-05				< 2E-05
Be-7	2,2E-03 ± 1E-04	1,8E-03 ± 9E-05	2,9E-03 ± 1E-04	4,5E-03 ± 2E-04	3,1E-03 ± 2E-04	3,8E-03 ± 2E-04		3,0E-03 ± 4E-04
I-131								
Cs-134								
Cs-137	4,0E-06 ± 5E-07	3,1E-06 ± 3E-07	2,4E-06 ± 2E-07	1,1E-06 ± 2E-07	4,8E-07 ± 1E-07	< 1E-06		1,8E-06 ± 6E-07
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

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

LETO 2013 T - 52b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzrč. mesto	Ljubljana IJS							
Datum vzor.	1. 7. 2013 - 1. 8. 2013	1. 8. 2013 - 2. 9. 2013	2. 9. 2013 - 1. 10. 2013	1. 10. 2013 - 4. 11. 2013	4. 11. 2013 - 2. 12. 2013	2. 12. 2013 - 2. 1. 2014		Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	140743,9	139727,4	121343,1	139987,8	107111,4	74082,3		
Oznaka vzorca	RP13AE171	RP13AE181	RP13AE191	RP13AE1A1	RP13AE1B1	RP13AE1C1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
Na-22	8,2E-07 ± 2E-07							1,1E-07 ± 8E-08
U-238	3,9E-06 ± 3E-06		< 8E-06		7,1E-06 ± 4E-06			1,2E-06 ± 7E-07
Ra-226								
Pb-210	6,6E-04 ± 4E-05	7,3E-04 ± 4E-05	6,5E-04 ± 3E-05	8,6E-04 ± 4E-05	4,9E-04 ± 2E-05	1,3E-03 ± 7E-05		6,8E-04 ± 8E-05
Ra-228	< 2E-06		1,2E-06 ± 8E-07					4,1E-07 ± 2E-07
Th-230								
Th-228	1,9E-06 ± 4E-07	1,1E-06 ± 8E-07	2,7E-06 ± 6E-07	1,1E-06 ± 4E-07	1,9E-06 ± 5E-07	2,2E-06 ± 9E-07		1,9E-06 ± 2E-07
K-40								< 1E-05
Be-7	5,6E-03 ± 4E-04	4,8E-03 ± 2E-04	3,3E-03 ± 2E-04	3,9E-03 ± 2E-04	1,3E-03 ± 7E-05	2,4E-03 ± 1E-04		3,3E-03 ± 4E-04
I-131								
Cs-134								
Cs-137	8,2E-07 ± 2E-07	2,6E-07 ± 2E-07	3,8E-07 ± 2E-07	1,4E-06 ± 4E-07	2,3E-06 ± 3E-07	4,9E-06 ± 6E-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.

8. DOZA IN HITROST DOZE ZUNANJEGA SEVANJA

DOZA Z OKOLJSKIMI TL-DOZIMETRI

MERITVE HITROSTI DOZE SEVANJA GAMA

LETO 2013 T - 53/a
8. SEZNAM TL-DOZIMETROV V OKOLICI NEK IN NA OGRAJI NEK



SEZNAM DOZIMETROV TLD V OKOLICI NEK

Sektor	št.	Oznaka	GEO GRAFSKE 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°00'49" / 15°34'43"	9,72	Pečice 39, Franc Godler
3 NE	61	T3C1	45°57'04" / 15°32'07"	2,1	Libna 33, Božidar Volčanšek
	7	T3E1	45°58'28" / 15°33'39"	5,42	Zgornja Pohanca 3, Silvester Kunej
	8	T3E2	45°59'21" / 15°35'39"	8,4	Sromlje 13, Ivan Bartole
4 ENE	9	T4B1	45°56'34" / 15°31'55"	1,37	Spodnji Stari Grad 27, Mitja Stergar
	62	T4D1	45°56'49" / 15°32'48"	2,7	Dolenja vas 51, Jože Gorišek
	10	T4E1	45°57'13" / 15°35'45"	6,4	Glogov Brod 1, Milan Rožman
	11	T4F1	45°59'05" / 15°37'52"	10,45	Dednja vas 8, Ivan Dušič
5 E	12	T5B1	45°56'06" / 15°31'57"	1,25	Spodnji Stari Grad - Gmajna
	13	T5D1	45°56'26" / 15°33'18"	3,1	Pesje 1, Jože Gerjevič
	14	T5D2	45°55'47" / 15°34'24"	4,55	Gornji Lenart 21, Josip Kunej (met. postaja)
	15	T5E1	45°56'46" / 15°38'23"	9,67	Globoko 21, Jože Hotko
6 ESE	16	T6B1	45°56'03" / 15°31'53"	1,25	Spodnji Stari Grad - Gmajna (ob cesti)
	63	T6D1	45°55'48" / 15°33'15"	3,2	Pesje 23 (Amerika), Angela Slivšek
	17	T6E1	45°53'56" / 15°37'38"	9,65	Mostec 45, Jožefa Žibert
	18	T6E2	45°54'32" / 15°35'23"	6,72	Brežice, Nad Vrbino 3
	19	T6E3	45°54'56" / 15°35'13"	6	Brežice, Čolnarska 9, F. Vinpolšek
7 SE	59	T7D1	45°55'11" / 15°32'37"	3,2	Gmajnice, bivše vojaško skladišče
	20	T7E1	45°53'25" / 15°33'40"	6,42	Krška vas 3, Franc Tomše
	21	T7E2	45°53'50" / 15°35'44"	7,8	Brežice, Prešernova cesta 25, Sobak
8 SSE	22	T8D1	45°54'51" / 15°31'31"	2,7	Vihre 17, Martin Račič
	58	T8E1	45°53'16" / 15°32'52"	6,1	Boršt 1, Alojz Zofič
9 S	23	T9D1	45°53'41" / 15°30'33"	5	Črešnvice 30a, Avgust Kovač
	24	T9D2	45°54'51" / 15°30'57"	2,6	Mrtvice 27, Vili Kuhar
10 SSW	57	T10E1	45°53'46" / 15°29'33"	5	Hrastje pri Cerkljah 33a, Leopold Jerele
	26	T10C1	45°55'13" / 15°30'04"	2,3	Brege 17a, Smiljana Jurečič
11 SW	25	T11D2	45°55'09" / 15°29'54"	2,62	Brege 52, Franc Škofljanc (met. postaja)
	27	T11D1	45°55'05" / 15°29'10"	3,2	Drnovo 62, Fanika Bizjak
	28	T11E1	45°53'50" / 15°27'27"	6,2	Veliki Podlog 56, Ivan Arh
12 WSW	29	T12C1	45°56'03" / 15°29'45"	1,57	Žadovinek 20a, Anton Dušič
	30	T12E1	45°54'37" / 15°24'12"	9,35	Zaloke 10, Martin Tomažin
13 W	31	T13C1	45°56'20" / 15°29'31"	1,87	Žadovinek 10, Marjan Pešec
	32	T13D1	45°56'16" / 15°28'24"	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°57'05" / 15°30'14"	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 2013 T - 53/b
8. DOZA ZUNANJEGA SEVANJA – TL-DOZIMETRI

Krajevna porazdelitev doz zunanje sevanja H*(10) v posameznih obdobjih (mSv) v letu 2013																					
Obdobje ekspozicije	od 1. 1. 2013 do 1. 7. 2013		od 1. 7. 2013 do 1. 1. 2014		Letna doza	od 1. 1. 2013 do 1. 7. 2013		od 1. 7. 2013 do 1. 1. 2014		Letna doza	od 1. 1. 2013 do 1. 7. 2013		od 1. 7. 2013 do 1. 1. 2014		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.	60	0,389	0,436	0,825	1	0,333	0,393	0,727	2	0,389	0,454	0,843	0,370	0,428	0,798		
NNE 2	67	0,271	0,291	0,562	3	0,362	0,401	0,762	5	0,359	0,397	0,756	6	0,465	0,468	0,934	0,417	0,451	0,868		
NE 3	55	0,303	0,325	0,628	4	0,484	0,537	1,021	61	0,413	0,499	0,912	7	0,363	0,411	0,773	0,375	0,434	0,809		
ENE 4					9	0,345	0,387	0,732	62	0,432	0,485	0,917	8	0,351	0,390	0,742	0,397	0,450	0,847		
E 5					12	0,411	0,418	0,829	13	0,378	0,405	0,783	10	0,430	0,479	0,909	0,373	0,409	0,783		
ESE 6	51	0,267	0,299	0,566	16	0,325	0,377	0,702	14	0,350	0,406	0,756	11	0,380	0,450	0,830	0,353	0,415	0,768		
SE 7									63	0,368	0,414	0,782	17	0,309	0,369	0,678	0,364	0,425	0,789		
SSE 8	52	0,244	0,270	0,514					59	0,357	0,429	0,786	18	0,366	0,436	0,802	0,386	0,455	0,841		
S 9									22	0,343	0,408	0,752	19	0,397	0,477	0,875	0,397	0,475	0,872		
SSW 10									24	0,359	0,439	0,797	20	0,404	0,454	0,858	0,424	0,478	0,902		
SW 11	53	0,286	0,311	0,597					26	0,369	0,444	0,812	21	0,332	0,391	0,723	0,353	0,420	0,772		
WSW 12	65	0,277	0,318	0,596					25	0,352	0,400	0,752	22	0,429	0,501	0,930	0,371	0,446	0,818		
W 13	54	0,283	0,303	0,586					27	0,324	0,420	0,744	23	0,435	0,511	0,946	0,387	0,456	0,843		
WNW 14	66	0,292	0,309	0,601					29	0,353	0,380	0,734	24	0,381	0,456	0,838	0,327	0,384	0,711		
NW 15	56	0,262	0,302	0,565	39	0,343	0,419	0,761	31	0,368	0,414	0,782	25	0,349	0,412	0,761	0,371	0,446	0,818		
NNW 16									32	0,340	0,464	0,803	26	0,369	0,444	0,812	0,387	0,456	0,843		
									33	0,368	0,414	0,782	27	0,324	0,420	0,744	0,387	0,456	0,843		
									34	0,360	0,434	0,795	28	0,383	0,439	0,822	0,387	0,456	0,843		
									35	0,422	0,486	0,907	29	0,353	0,380	0,734	0,387	0,456	0,843		
									36	0,358	0,426	0,785	30	0,349	0,412	0,761	0,387	0,456	0,843		
									37	0,381	0,456	0,838	31	0,368	0,414	0,782	0,387	0,456	0,843		
									38	0,348	0,394	0,742	32	0,340	0,464	0,803	0,387	0,456	0,843		
									40	0,290	0,320	0,610	33	0,417	0,474	0,891	0,387	0,456	0,843		
									41	0,323	0,389	0,711	34	0,360	0,434	0,795	0,387	0,456	0,843		
									42	0,283	0,335	0,618	35	0,422	0,486	0,907	0,387	0,456	0,843		
									43	0,398	0,473	0,871	36	0,358	0,426	0,785	0,387	0,456	0,843		
									44	0,303	0,361	0,664	37	0,381	0,456	0,838	0,387	0,456	0,843		
									46	0,419	0,472	0,891	38	0,348	0,394	0,742	0,387	0,456	0,843		
									47	0,442	0,498	0,941	39	0,343	0,419	0,761	0,387	0,456	0,843		
									48	0,437	0,505	0,942	40	0,290	0,320	0,610	0,387	0,456	0,843		
									49	0,389	0,440	0,828	41	0,323	0,389	0,711	0,387	0,456	0,843		
Povprečje po pasovih	(9)	0,276	0,303	0,579	(8)	0,369	0,414	0,784	(25)	0,366	0,425	0,791	(24)	0,382	0,440	0,822	(57)	0,373	0,430	0,803	
	±	0,018	0,016	0,033	±	0,058	0,058	0,115	±	0,043	0,048	0,088	±	0,045	0,044	0,087	±	0,046	0,048	0,092	
Ljubljana																	št.	64	0,403	0,425	0,828

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/mesec) za 6-mesečni obdobji in povprečna mesečna doza H*(10) (mSv/mesec) v letu 2013																																								
Obdobje ekspozicije	od 1. 1. 2013 do 1. 7. 2013			od 1. 7. 2013 do 1. 1. 2014			od 1. 1. 2013 do 1. 7. 2013			od 1. 7. 2013 do 1. 1. 2014			od 1. 1. 2013 do 1. 7. 2013			od 1. 7. 2013 do 1. 1. 2014																								
	v 2013			v 2013			v 2013			v 2013			v 2013																											
Pas (km)	ograja znotraj NEK						do 1,5 km						1,5 km do 5,0 km						5,0 km do 10,0 km						Povprečje po sektorjih															
Št.	Št.						Št.						Št.						Št.																					
N 1							60	0,065	0,072	0,069	1	0,056	0,065	0,061	2	0,065	0,075	0,070	0,062	0,071	0,067																			
NNE 2	67	0,045	0,048	0,047	3	0,061	0,066	0,064	5	0,060	0,066	0,063	6	0,078	0,077	0,078	0,070	0,075	0,072																					
NE 3	55	0,051	0,054	0,052	4	0,081	0,089	0,085	61	0,069	0,083	0,076	7	0,061	0,068	0,064	0,063	0,072	0,067																					
ENE 4							9	0,058	0,064	0,061	62	0,073	0,080	0,076	8	0,059	0,065	0,062	0,067	0,074	0,071																			
E 5							12	0,069	0,069	0,069	13	0,064	0,067	0,065	10	0,072	0,079	0,076	0,067	0,074	0,071																			
ESE 6	51	0,045	0,049	0,047	16	0,055	0,062	0,059	14	0,059	0,067	0,063	11	0,064	0,074	0,069	15	0,060	0,067	0,064	0,063	0,068	0,065																	
SE 7													63	0,062	0,068	0,065	17	0,052	0,061	0,056	0,059	0,069	0,064																	
SSE 8																			18	0,062	0,072	0,067																		
S 9	52	0,041	0,045	0,043							59	0,060	0,071	0,066	19	0,067	0,079	0,073	20	0,068	0,075	0,072	0,062	0,070	0,066															
SSW 10													22	0,058	0,068	0,063	21	0,056	0,065	0,060	23	0,073	0,085	0,079	0,065	0,075	0,070													
SW 11	53	0,048	0,051	0,050							24	0,060	0,073	0,066	22	0,058	0,068	0,063	58	0,072	0,083	0,078	0,065	0,075	0,070															
WSW 12													26	0,062	0,073	0,068	23	0,073	0,085	0,079	0,067	0,079	0,073																	
W 13	65	0,047	0,053	0,050							27	0,054	0,069	0,062	24	0,060	0,073	0,066	26	0,062	0,073	0,068	0,063	0,072	0,067															
WNW 14	54	0,048	0,050	0,049							29	0,059	0,063	0,061	25	0,059	0,066	0,063	27	0,054	0,069	0,062	0,059	0,065	0,062															
NW 15	66	0,049	0,051	0,050							31	0,062	0,068	0,065	28	0,064	0,073	0,069	29	0,059	0,063	0,061	0,062	0,074	0,068															
NNW 16													32	0,057	0,077	0,067	30	0,059	0,068	0,063	31	0,062	0,068	0,065	0,065	0,075	0,070													
												35	0,071	0,080	0,076	32	0,057	0,077	0,067	33	0,070	0,078	0,074	0,062	0,074	0,068														
												38	0,058	0,065	0,062	34	0,061	0,072	0,066	35	0,071	0,080	0,076	0,065	0,075	0,070														
												40	0,049	0,053	0,051	36	0,060	0,070	0,065	37	0,064	0,075	0,070	0,065	0,075	0,070														
												41	0,054	0,064	0,059	37	0,064	0,075	0,070	38	0,058	0,065	0,062	43	0,067	0,078	0,073	0,055	0,064	0,059										
												42	0,047	0,055	0,051	44	0,051	0,060	0,055	44	0,051	0,060	0,055	44	0,051	0,060	0,055	0,055	0,064	0,059										
												46	0,070	0,078	0,074	45	0,050	0,056	0,053	46	0,070	0,078	0,074	45	0,050	0,056	0,053	46	0,070	0,078	0,074	0,065	0,072	0,069						
												47	0,074	0,082	0,078	47	0,074	0,082	0,078	47	0,074	0,082	0,078	47	0,074	0,082	0,078	47	0,074	0,082	0,078	47	0,074	0,082	0,078	47	0,074	0,082	0,078	
												48	0,073	0,083	0,078	48	0,073	0,083	0,078	48	0,073	0,083	0,078	48	0,073	0,083	0,078	48	0,073	0,083	0,078	48	0,073	0,083	0,078					
												49	0,065	0,073	0,069	49	0,065	0,073	0,069	49	0,065	0,073	0,069	49	0,065	0,073	0,069	49	0,065	0,073	0,069	49	0,065	0,073	0,069					
Povprečje po pasovih	(9)	0,046	0,050	0,048	(8)	0,062	0,068	0,065	(25)	0,061	0,070	0,066	(24)	0,064	0,073	0,069	(57)	0,063	0,071	0,067	±	0,003	0,003	0,003	±	0,010	0,010	0,010	±	0,007	0,008	0,007	±	0,008	0,007	0,007	±	0,008	0,008	0,008
Ljubljana																									Št.	64	0,068	0,070	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 2013 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	MOKRONOG	45°56'29" / 15°09'01"
7	LISCA	46°04'04" / 15°17'06"
8	CELJE	46°14'12" / 15°13'33"
9	ROGAŠKA SLATINA	46°14'40" / 15°37'41"
10	SLOVENSKE KONJICE	46°20'42" / 15°25'03"
11	ROGLA	46°26'45" / 15°19'22"
12	MARIBOR	46°32'22" / 15°38'42"
13	PTUJ	46°25'48" / 15°53'00"
14	JERUZALEM (ORMOŽ)	46°28'34" / 16°11'15"
15	LEDAVA	46°33'25" / 16°28'20"
16	MURSKA SOBOTA (RAKIČAN)	46°39'08" / 16°11'29"
17	VELIKI DOLENCI (ŠALOVCI)	46°50'12" / 16°17'16"
18	GORNJA RADGONA	46°40'52" / 15°59'44"
19	SVEČINA (PLAČ)	46°39'49" / 15°35'29"
20	RIBNICA NA POHORJU	46°32'30" / 15°17'30"
21	KOTLJE	46°31'17" / 14°58'54"
22	VELENJE	46°21'51" / 15°07'11"
23	NAZARJE (MOZIRJE)	46°19'23" / 14°56'58"
24	LUČE OB SAVINJI	46°21'15" / 14°44'48"
25	VAČE	46°07'06" / 14°50'23"
26	LJUBLJANA - BEŽIGRAD (ARSO)	46°03'58" / 14°30'46"
27	BRNIK - AERODROM	46°13'39" / 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 2013 T - 54/b
8. TLD polletne meritve (**)



Št. TLD	Mesto postavitve	Izmerjena doza H*(10) (mSv) v obdobju				Letna doza H*(10) (mSv) v 2013	Povprečna mesečna doza H*(10) (mSv) v obdobju				Povprečna mesečna doza H*(10) (mSv) v 2013
		od do	1. 1. 2013 1. 7. 2013	od do	1. 7. 2013 1. 1. 2014		od do	1. 1. 2013 1. 7. 2013	od do	1. 7. 2013 1. 1. 2014	
1	KOČEVJE	0,426 ± 0,066	0,505 ± 0,078	0,931 ± 0,102	0,072 ± 0,011	0,083 ± 0,013	0,078 ± 0,017				
2	DVOR PRI ŽUŽEMBERKU	0,450 ± 0,069	0,534 ± 0,082	0,985 ± 0,108	0,076 ± 0,012	0,088 ± 0,014	0,082 ± 0,018				
3	DOBLIČE ČRNOVELJ	0,523 ± 0,081	0,588 ± 0,091	1,111 ± 0,121	0,088 ± 0,014	0,097 ± 0,015	0,093 ± 0,020				
4	DRAŠIČI METLIKA	0,402 ± 0,062	0,453 ± 0,070	0,856 ± 0,093	0,068 ± 0,010	0,075 ± 0,012	0,071 ± 0,016				
5	NOVO MESTO	0,341 ± 0,053	0,367 ± 0,056	0,708 ± 0,077	0,057 ± 0,009	0,061 ± 0,009	0,059 ± 0,013				
6	MOKRONOG	0,452 ± 0,070	0,488 ± 0,075	0,940 ± 0,102	0,076 ± 0,012	0,081 ± 0,012	0,078 ± 0,017				
7	LISCA	0,359 ± 0,055	0,410 ± 0,063	0,769 ± 0,084	0,060 ± 0,009	0,068 ± 0,010	0,064 ± 0,014				
8	CELJE	0,375 ± 0,058	0,464 ± 0,071	0,839 ± 0,092	0,063 ± 0,010	0,077 ± 0,012	0,070 ± 0,015				
9	ROGAŠKA SLATINA	0,372 ± 0,057	0,413 ± 0,064	0,784 ± 0,086	0,062 ± 0,010	0,068 ± 0,011	0,065 ± 0,014				
10	SLOVENSKE KONJICE	0,398 ± 0,061	0,424 ± 0,065	0,822 ± 0,090	0,067 ± 0,010	0,070 ± 0,011	0,069 ± 0,015				
11	ROGLA	0,407 ± 0,063	0,583 ± 0,090	0,990 ± 0,110	0,068 ± 0,011	0,096 ± 0,015	0,083 ± 0,018				
12	MARIBOR	0,376 ± 0,058	0,423 ± 0,065	0,800 ± 0,087	0,063 ± 0,010	0,070 ± 0,011	0,067 ± 0,015				
13	PTUJ	0,439 ± 0,068	0,489 ± 0,075	0,928 ± 0,101	0,074 ± 0,011	0,081 ± 0,012	0,077 ± 0,017				
14	JERUZALEM ORMOŽ	0,391 ± 0,060	0,469 ± 0,072	0,860 ± 0,094	0,066 ± 0,010	0,078 ± 0,012	0,072 ± 0,016				
15	LEDAVA	0,417 ± 0,064	0,479 ± 0,074	0,895 ± 0,098	0,070 ± 0,011	0,079 ± 0,012	0,075 ± 0,016				
16	MURSKA SOBOTA	0,352 ± 0,054	0,413 ± 0,064	0,766 ± 0,084	0,059 ± 0,009	0,068 ± 0,011	0,064 ± 0,014				
17	VELIKI DOLENCI	0,406 ± 0,063	0,476 ± 0,073	0,882 ± 0,096	0,068 ± 0,011	0,079 ± 0,012	0,074 ± 0,016				
18	GORNJA RADGONA	0,332 ± 0,051	0,400 ± 0,062	0,732 ± 0,080	0,056 ± 0,009	0,066 ± 0,010	0,061 ± 0,013				
19	SVEČINA PLAČ	0,465 ± 0,072	0,519 ± 0,080	0,984 ± 0,107	0,078 ± 0,012	0,086 ± 0,013	0,082 ± 0,018				
20	RIBNICA NA POHORJU	0,400 ± 0,062	0,470 ± 0,072	0,869 ± 0,095	0,067 ± 0,010	0,078 ± 0,012	0,072 ± 0,016				
21	KOTLJE	0,459 ± 0,071	0,525 ± 0,081	0,984 ± 0,107	0,077 ± 0,012	0,087 ± 0,013	0,082 ± 0,018				
22	VELENJE	0,418 ± 0,064	0,460 ± 0,071	0,878 ± 0,096	0,070 ± 0,011	0,076 ± 0,012	0,073 ± 0,016				
23	NAZARJE MOZIRJE	0,410 ± 0,063	0,437 ± 0,067	0,847 ± 0,092	0,069 ± 0,011	0,072 ± 0,011	0,071 ± 0,015				
24	LUČE OB SAVINJI	0,393 ± 0,061	0,465 ± 0,072	0,859 ± 0,094	0,066 ± 0,010	0,077 ± 0,012	0,072 ± 0,016				
25	VAČE	0,410 ± 0,063	0,450 ± 0,069	0,860 ± 0,094	0,069 ± 0,011	0,074 ± 0,011	0,072 ± 0,016				
26	LJUBLJANA BEŽIGRAD	0,403 ± 0,062	0,437 ± 0,067	0,841 ± 0,092	0,068 ± 0,010	0,072 ± 0,011	0,070 ± 0,015				
27	BRNIK AERODROM	0,491 ± 0,076	0,556 ± 0,086	1,047 ± 0,114	0,082 ± 0,013	0,092 ± 0,014	0,087 ± 0,019				
28	JEZERSKO	0,480 ± 0,074	0,543 ± 0,084	1,023 ± 0,112	0,081 ± 0,012	0,090 ± 0,014	0,085 ± 0,019				
29	PODLJUBELJ	0,393 ± 0,060	0,440 ± 0,068	0,833 ± 0,091	0,066 ± 0,010	0,073 ± 0,011	0,069 ± 0,015				
30	HLEBCE LESCE	0,436 ± 0,067	0,498 ± 0,077	0,934 ± 0,102	0,073 ± 0,011	0,082 ± 0,013	0,078 ± 0,017				
31	PLANINA POD GOLICO	0,416 ± 0,064	0,524 ± 0,081	0,939 ± 0,103	0,070 ± 0,011	0,087 ± 0,013	0,078 ± 0,017				
32	ZDENSKA VAS	0,417 ± 0,064	0,492 ± 0,076	0,909 ± 0,099	0,070 ± 0,011	0,081 ± 0,013	0,076 ± 0,017				
33	RATEČE	0,398 ± 0,061	0,489 ± 0,075	0,887 ± 0,097	0,067 ± 0,010	0,081 ± 0,012	0,074 ± 0,016				
34	TRENTA	0,291 ± 0,045	0,320 ± 0,049	0,612 ± 0,067	0,049 ± 0,008	0,053 ± 0,008	0,051 ± 0,011				
35	LOG POD MANGARTOM	0,437 ± 0,067	0,525 ± 0,081	0,962 ± 0,105	0,073 ± 0,011	0,087 ± 0,013	0,080 ± 0,018				
36	BOVEC	0,314 ± 0,048	0,361 ± 0,056	0,675 ± 0,074	0,053 ± 0,008	0,060 ± 0,009	0,056 ± 0,012				
37	TOLMIN	0,368 ± 0,057	0,398 ± 0,061	0,766 ± 0,084	0,062 ± 0,010	0,066 ± 0,010	0,064 ± 0,014				
38	BILJE NOVA GORICA	0,310 ± 0,048	0,350 ± 0,054	0,659 ± 0,072	0,052 ± 0,008	0,058 ± 0,009	0,055 ± 0,012				
39	VEDRIJAN KOJSKO	0,438 ± 0,067	0,405 ± 0,062	0,842 ± 0,092	0,074 ± 0,011	0,067 ± 0,010	0,070 ± 0,015				
40	LOKEV PRI LIPICI	0,509 ± 0,078	0,543 ± 0,084	1,052 ± 0,115	0,086 ± 0,013	0,090 ± 0,014	0,088 ± 0,019				
41	SEČOVLJE AERODROM	0,332 ± 0,051	0,335 ± 0,052	0,667 ± 0,073	0,056 ± 0,009	0,055 ± 0,009	0,056 ± 0,012				
42	KOSEZE IL. BISTRICA	0,377 ± 0,058	0,415 ± 0,064	0,792 ± 0,086	0,063 ± 0,010	0,069 ± 0,011	0,066 ± 0,014				
43	ZALOG POSTOJNA	0,389 ± 0,060	0,460 ± 0,071	0,849 ± 0,093	0,065 ± 0,010	0,076 ± 0,012	0,071 ± 0,015				
44	NOVA VAS NA BLOKAH	0,490 ± 0,075	0,612 ± 0,094	1,102 ± 0,121	0,082 ± 0,013	0,101 ± 0,016	0,092 ± 0,020				
45	VRHNIKA	0,592 ± 0,091	0,690 ± 0,106	1,283 ± 0,140	0,100 ± 0,015	0,114 ± 0,018	0,107 ± 0,023				
46	VOJSKO	0,366 ± 0,056	0,474 ± 0,073	0,840 ± 0,092	0,062 ± 0,009	0,078 ± 0,012	0,070 ± 0,015				
47	SORICA	0,342 ± 0,053	0,393 ± 0,060	0,735 ± 0,080	0,057 ± 0,009	0,065 ± 0,010	0,061 ± 0,013				
48	STARA FUŽINA	0,279 ± 0,043	0,340 ± 0,052	0,619 ± 0,068	0,047 ± 0,007	0,056 ± 0,009	0,052 ± 0,011				
49	JELENJA VAS ISKRBA	0,638 ± 0,098	0,714 ± 0,110	1,352 ± 0,147	0,107 ± 0,017	0,118 ± 0,018	0,113 ± 0,025				
50	KREDARICA	0,340 ± 0,052	0,405 ± 0,062	0,745 ± 0,081	0,057 ± 0,009	0,067 ± 0,010	0,062 ± 0,014				
Število merilnih mest		50	50	50	50	50	50				
Povprečje - merilna mesta		0,408 ± 0,069	0,468 ± 0,082	0,877 ± 0,148	0,069 ± 0,012	0,077 ± 0,014	0,073 ± 0,016				
Najvišja doza		0,638 ± 0,098 (49)	0,714 ± 0,110 (49)	1,352 ± 0,147 (49)	0,107 ± 0,017 (49)	0,118 ± 0,018 (49)	0,113 ± 0,025 (49)				
Najnižja doza		0,279 ± 0,043 (48)	0,320 ± 0,049 (34)	0,612 ± 0,067 (34)	0,047 ± 0,007 (48)	0,053 ± 0,008 (34)	0,051 ± 0,011 (34)				

(**) Meritve doze zunanjega sevanja s TL-dozimetri so opravljene na Odseku F-2. Negotovost rezultatov meritev so podane z intervalom zaupanja 95 % .

LETO 2013 T - 55

8. DOZA ZUNANJEGA SEVANJA – TL-DOZIMETRI (R HRVAŠKA)

	Polletne doze		Letna doza
	20. 12. 2012 – 3. 7. 2013	3. 7. 2013 – 23. 12. 2013	
Vzdrž. mesto	H*(10) (mSv)		
Bistra	0,45	0,45	0,90
Bregana	0,42	0,39	0,81
Harmica	0,49	0,45	0,94
Jastrebarsko	0,38	0,43	0,81
Klanjec	0,31	0,30	0,61
Novaki	0,34	0,32	0,66
Oroslavlje	0,46	0,43	0,89
Samobor	0,36	0,32	0,68
Zagreb (IRB)	0,41	0,42	0,83
Zaprešić	0,38	0,34	0,72

23. 12. 2013 so bili na vseh lokacijah postavljeni novi TL dozimetri.

8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA ZA LETO 2013 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	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Maks			Povprečna vrednost	Sigma	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Maks
NEK (Ganja)	Brege	95 ± 11	62	143	93 ± 8	79	134	102 ± 8	84	133	102 ± 5	89	122	104 ± 7	89	143	104 ± 6	90	141	101,2 ± 2,8	0,46 ± 0,01
NEK (Ganja)	Gor. Lenart	98 ± 14	74	153	92 ± 9	75	144	104 ± 9	82	160	106 ± 6	91	135	110 ± 8	93	160	110 ± 7	92	141	105,0 ± 3,3	0,47 ± 0,01
NEK (Ganja)	Leskovec	88 ± 9	66	132	85 ± 7	70	123	92 ± 7	74	123	93 ± 5	79	115	94 ± 6	80	134	94 ± 6	80	124	91,6 ± 2,7	0,41 ± 0,01
NEK (Ganja)	Ljubna	82 ± 7	68	127	81 ± 7	65	111	85 ± 6	71	115	84 ± 5	69	100	84 ± 6	70	126	84 ± 9	70	230	83,5 ± 2,6	0,38 ± 0,01
NEK (Ganja)	Krško	96 ± 10	74	140	94 ± 8	77	130	101 ± 7	84	128	101 ± 5	90	123	102 ± 7	88	139	102 ± 7	88	143	100,1 ± 2,8	0,45 ± 0,01
NEK (Ganja)	Pesje	111 ± 6	97	128	111 ± 6	96	132	112 ± 5	98	125	111 ± 5	97	128	111 ± 5	98	130	111 ± 5	94	125	111,2 ± 2,2	0,50 ± 0,01
NEK (Ganja)	Skopce	101 ± 15	72	157	92 ± 9	72	128	107 ± 11	79	147	113 ± 6	98	136	114 ± 8	98	166	115 ± 7	100	156	109,6 ± 3,4	0,49 ± 0,02
NEK (Ganja)	Sp. Stari Grad	104 ± 11	78	156	100 ± 8	82	146	108 ± 8	90	154	108 ± 6	94	134	110 ± 8	78	154	110 ± 8	85	152	107,0 ± 3,2	0,48 ± 0,01
NEK (Ganja-meteo)	Vihre	94 ± 7	74	119	95 ± 6	81	125	97 ± 6	80	117	96 ± 5	81	120	96 ± 6	83	118	96 ± 5	81	121	95,8 ± 2,3	0,43 ± 0,01
NEK (Ganja-meteo)	Brežice	73 ± 12	51	122	71 ± 7	56	107	81 ± 6	66	112	82 ± 3	70	96	83 ± 5	73	116	82 ± 4	71	110	81,0 ± 1,9	0,37 ± 0,01
NEK (Ganja-meteo)	Cerklje	78 ± 10	59	123	72 ± 7	60	112	81 ± 8	64	122	85 ± 5	74	116	86 ± 6	71	125	86 ± 6	75	117	82,9 ± 2,5	0,37 ± 0,01
NEK (Ganja-meteo)	Krško-Videm	63 ± 8	50	119	63 ± 8	51	106	64 ± 6	53	98	63 ± 4	54	81	64 ± 6	55	106	64 ± 6	53	108	63,5 ± 2,4	0,29 ± 0,01
NEK (Ganja-meteo)	Krško-NEK	68 ± 7	56	102	68 ± 5	57	99	72 ± 5	60	97	71 ± 4	60	84	72 ± 5	63	100	74 ± 6	62	110	70,9 ± 2,1	0,32 ± 0,01
Sistem	Postaja	Julij	Avgust			September			Oktober			November			December			Letno povprečje (nSv/h)	Letna doza (mSv)		
NEK (Ganja)	Brege	106 ± 7	89	219	109 ± 10	92	199	107 ± 10	90	181	103 ± 6	89	139	107 ± 10	90	181	105 ± 6	92	140	103,1 ± 2,1	0,90 ± 0,02
NEK (Ganja)	Gor. Lenart	119 ± 8	97	182	126 ± 13	103	250	116 ± 12	100	211	110 ± 6	92	151	116 ± 12	100	211	111 ± 7	92	148	109,3 ± 2,4	0,96 ± 0,02
NEK (Ganja)	Leskovec	98 ± 7	83	213	101 ± 10	84	183	96 ± 9	78	160	93 ± 5	79	124	96 ± 9	78	160	94 ± 6	78	115	93,3 ± 1,9	0,82 ± 0,02
NEK (Ganja)	Ljubna	84 ± 5	70	139	86 ± 8	72	167	85 ± 13	71	345	83 ± 6	72	163	85 ± 13	71	345	84 ± 5	69	101	83,8 ± 1,9	0,73 ± 0,02
NEK (Ganja)	Krško	104 ± 6	91	161	107 ± 11	89	215	104 ± 9	86	167	102 ± 6	88	134	104 ± 9	86	167	102 ± 6	88	134	101,6 ± 2,0	0,89 ± 0,02
NEK (Ganja)	Pesje	112 ± 5	98	133	113 ± 6	99	149	112 ± 6	99	130	111 ± 5	99	129	112 ± 6	99	130	112 ± 5	97	130	111,6 ± 1,5	0,98 ± 0,01
NEK (Ganja)	Skopce	120 ± 8	101	180	123 ± 11	102	228	118 ± 11	96	185	115 ± 6	99	149	118 ± 11	96	185	116 ± 7	98	149	113,5 ± 2,4	0,99 ± 0,02
NEK (Ganja)	Sp. Stari Grad	113 ± 8	95	202	116 ± 11	96	220	112 ± 12	96	199	108 ± 7	95	155	112 ± 12	96	199	111 ± 7	94	148	108,9 ± 2,4	0,95 ± 0,02
NEK (Ganja)	Vihre	97 ± 5	84	150	98 ± 6	83	140	97 ± 8	80	152	96 ± 5	82	127	97 ± 8	80	152	98 ± 5	81	129	96,5 ± 1,7	0,84 ± 0,01
NEK (Ganja-meteo)	Brežice	78 ± 6	63	125	75 ± 7	60	146	73 ± 8	61	130	72 ± 4	62	98	73 ± 8	61	130	74 ± 6	49	99	78,2 ± 1,5	0,69 ± 0,01
NEK (Ganja-meteo)	Cerklje	90 ± 5	76	132	97 ± 12	80	198	91 ± 11	77	171	86 ± 5	76	127	91 ± 11	77	171	87 ± 6	73	123	85,5 ± 1,9	0,75 ± 0,02
NEK (Ganja-meteo)	Krško-Videm	65 ± 6	54	152	67 ± 10	56	181	67 ± 10	56	145	64 ± 4	54	97	67 ± 10	56	145	66 ± 5	53	94	64,3 ± 1,7	0,56 ± 0,02
NEK (Ganja-meteo)	Krško-NEK	80 ± 5	69	139	83 ± 9	72	168	80 ± 9	69	144	77 ± 4	68	111	80 ± 9	69	144	73 ± 5	59	92	73,8 ± 1,6	0,65 ± 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.

LETO 2013

T - 56/b

8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA Z MEM-202 ZA LETO 2013 V REPUBLIKI SLOVENIJI – sistem MZO in URSJV / 1. polletje

Sistem	Postaja	Mesecne povprečne vrednosti (nSv/h) - polturna obdelava podatkov															Polletno povprečje (nSv/h)	Polletna doza (mSv)			
		januar			februar			marec			april			maj					junij		
		Povprečna vrednost	Sigma	Min Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min Maks			Povprečna vrednost	Sigma	Min Maks
MZO	Borl	71 ± 6	56	100	68 ± 6	54	98	70 ± 7	54	95	71 ± 5	58	92	73 ± 5	59	97	74 ± 6	62	110	71,3 ± 2,3	0,32 ± 0,01
MZO	Brinje	108 ± 7	89	138	101 ± 12	74	160	107 ± 12	79	170	107 ± 7	89	162	108 ± 10	93	178	109 ± 8	90	164	107,2 ± 3,5	0,48 ± 0,02
MZO	Brnik	112 ± 11	90	166	103 ± 15	70	176	112 ± 17	79	196	116 ± 7	98	165	118 ± 10	100	181	118 ± 10	99	217	114,9 ± 4,2	0,52 ± 0,02
MZO	Celje	88 ± 6	73	111	84 ± 8	67	126	87 ± 7	70	115	87 ± 16	74	517	87 ± 6	73	114	87 ± 6	74	114	86,8 ± 2,8	0,39 ± 0,01
MZO	Dolenje	84 ± 6	70	122	83 ± 7	70	126	84 ± 8	69	130	81 ± 5	69	108	81 ± 6	63	106	81 ± 6	69	116	82,1 ± 2,5	0,37 ± 0,01
MZO	Dvor	93 ± 9	75	138	86 ± 10	61	135	92 ± 11	65	135	94 ± 6	82	130	95 ± 7	78	136	94 ± 6	79	129	93,2 ± 3,1	0,42 ± 0,01
MZO	Gačnik	110 ± 9	90	147	101 ± 13	79	175	111 ± 11	81	154	116 ± 7	100	155	119 ± 8	99	154	118 ± 7	100	166	114,6 ± 3,5	0,52 ± 0,02
MZO	Gornja Radgona	101 ± 6	86	120	97 ± 7	80	128	103 ± 7	86	133	104 ± 5	88	127	104 ± 6	89	136	103 ± 6	87	143	102,3 ± 2,5	0,46 ± 0,01
MZO	Hrastnik	83 ± 6	66	122	81 ± 8	66	121	83 ± 7	65	112	81 ± 5	71	108	83 ± 6	68	107	81 ± 5	70	112	81,9 ± 2,4	0,37 ± 0,01
MZO	Hrska Bistrica	106 ± 9	81	159	96 ± 14	71	157	104 ± 10	77	177	105 ± 6	68	123	82 ± 9	66	137	80 ± 7	68	132	80,3 ± 3,2	0,36 ± 0,01
MZO	Iška vas	82 ± 8	64	130	75 ± 10	55	133	80 ± 12	54	141	83 ± 6	69	116	84 ± 9	70	155	84 ± 7	70	132	82,1 ± 3,3	0,37 ± 0,01
MZO	Jesenic na Dol.	79 ± 8	62	120	77 ± 6	65	110	80 ± 7	65	121	79 ± 5	67	103	80 ± 6	68	108	80 ± 5	69	104	79,2 ± 2,4	0,36 ± 0,01
MZO	Kamnik	74 ± 6	59	99	72 ± 7	61	103	73 ± 7	60	102	71 ± 4	60	85	71 ± 5	60	93	71 ± 5	59	90	71,7 ± 2,2	0,32 ± 0,01
MZO	Koper	89 ± 7	76	131	88 ± 7	75	132	88 ± 8	73	179	85 ± 6	71	120	86 ± 7	70	156	87 ± 7	75	168	87,0 ± 2,8	0,39 ± 0,01
MZO	Lendava	97 ± 8	80	133	99 ± 8	82	151	100 ± 8	83	141	101 ± 6	87	130	103 ± 6	88	142	103 ± 6	89	139	100,9 ± 2,9	0,46 ± 0,01
MZO	Levc	91 ± 6	77	114	85 ± 11	65	143	91 ± 9	70	125	93 ± 5	77	123	94 ± 6	79	129	94 ± 7	80	134	92,3 ± 2,7	0,42 ± 0,01
MZO	Malkovec	98 ± 6	82	122	96 ± 8	77	149	99 ± 8	77	145	95 ± 7	84	125	100 ± 7	86	145	101 ± 6	86	149	98,7 ± 2,6	0,45 ± 0,01
MZO	Podčetrtek	94 ± 8	77	127	90 ± 9	68	137	95 ± 9	73	136	96 ± 6	78	120	98 ± 8	82	156	96 ± 6	82	129	95,2 ± 3,0	0,43 ± 0,01
MZO	MB-Center	88 ± 5	75	108	87 ± 7	70	129	87 ± 7	72	122	86 ± 5	73	109	87 ± 6	73	111	85 ± 5	73	106	86,6 ± 2,3	0,39 ± 0,01
MZO	MB-Slivenca	95 ± 7	74	130	92 ± 11	73	164	96 ± 9	79	136	97 ± 6	85	121	99 ± 6	80	147	98 ± 6	84	137	96,7 ± 3,0	0,44 ± 0,01
MZO	Muta	101 ± 7	83	127	90 ± 9	72	149	99 ± 10	74	145	100 ± 6	83	127	102 ± 7	88	147	102 ± 7	88	165	99,7 ± 3,0	0,45 ± 0,01
MZO	Nazarje	86 ± 5	73	104	83 ± 6	68	101	82 ± 6	68	106	81 ± 5	66	94	82 ± 6	70	111	84 ± 6	71	117	83,1 ± 2,3	0,37 ± 0,01
MZO	N. Gorica	98 ± 8	82	158	97 ± 8	82	145	98 ± 8	80	133	93 ± 5	81	120	95 ± 6	79	132	93 ± 7	80	136	95,0 ± 2,9	0,43 ± 0,01
MZO	Podbočje	92 ± 10	72	145	93 ± 8	76	134	96 ± 7	78	124	95 ± 6	83	118	96 ± 6	83	124	96 ± 6	81	123	95,1 ± 2,8	0,43 ± 0,01
MZO	Podčetrtek	95 ± 9	75	139	94 ± 9	75	131	99 ± 7	80	123	99 ± 6	81	124	100 ± 8	84	143	100 ± 7	83	132	98,3 ± 3,0	0,44 ± 0,01
MZO	Podtroteja	84 ± 11	61	161	76 ± 9	57	104	81 ± 11	59	121	83 ± 10	68	248	85 ± 8	70	120	84 ± 6	68	107	82,6 ± 3,5	0,37 ± 0,02
MZO	Ptuj	102 ± 12	80	146	100 ± 11	77	152	110 ± 10	87	147	114 ± 6	94	134	115 ± 6	98	165	115 ± 8	97	152	111,5 ± 3,4	0,50 ± 0,02
MZO	Radenci	92 ± 8	74	129	90 ± 9	72	141	95 ± 8	78	132	97 ± 5	86	113	98 ± 7	83	138	98 ± 8	83	174	95,7 ± 2,9	0,43 ± 0,01
MZO	Rogla	111 ± 9	90	137	95 ± 10	75	145	91 ± 8	74	131	97 ± 15	72	139	123 ± 8	105	161	123 ± 7	104	147	109,7 ± 3,6	0,49 ± 0,02
MZO	Rudno polje	103 ± 10	80	150	91 ± 10	72	146	87 ± 9	71	134	82 ± 6	65	111	118 ± 14	78	160	123 ± 7	108	162	98,1 ± 3,4	0,44 ± 0,02
MZO	Solkani	72 ± 9	59	170	70 ± 8	57	117	72 ± 9	58	119	67 ± 5	56	86	69 ± 9	56	117	67 ± 6	50	100	68,6 ± 2,9	0,31 ± 0,01
MZO	Suha	89 ± 10	68	141	80 ± 9	60	123	87 ± 12	62	129	91 ± 6	78	139	93 ± 8	79	137	91 ± 6	78	125	89,5 ± 3,2	0,40 ± 0,01
MZO	Todraz	116 ± 14	88	175	105 ± 13	81	158	117 ± 16	82	172	124 ± 7	108	153	126 ± 9	106	167	126 ± 8	110	163	122,0 ± 4,0	0,55 ± 0,02
MZO	Trbovlje	70 ± 6	58	103	69 ± 7	54	104	70 ± 7	58	99	68 ± 5	54	83	70 ± 6	56	102	69 ± 6	57	104	69,2 ± 2,5	0,31 ± 0,01
MZO	Zagorje	85 ± 6	72	113	84 ± 7	67	120	85 ± 7	71	116	83 ± 5	69	102	84 ± 6	70	109	83 ± 6	68	111	83,9 ± 2,5	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.

LETO 2013 T - 56/c

8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA Z MEM-202 ZA LETO 2013 V REPUBLIKI SLOVENIJI – sistem MZO in URSJV / 2. polletje

Sistem	Postaja	Mesečne povprečne vrednosti (nSv/h) – polturna obdelava podatkov												Letna doza (mSv)															
		Julij			Avgust			September			Oktober				November			December			Letno povprečje (nSv/h)								
		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	Borš	77	± 5	62	101	80	± 9	68	150	81	± 9	69	131	81	± 9	69	131	81	± 9	69	131	81	± 9	69	131	74,7	± 1,7	0,65	± 0,02
MZO	Brijuni	114	± 8	97	176	116	± 11	97	205	114	± 13	95	191	114	± 13	95	191	114	± 13	95	191	114	± 13	95	191	109,5	± 2,5	0,96	± 0,02
MZO	Brnik	125	± 8	105	176	129	± 13	106	248	125	± 15	103	215	118	± 8	103	215	118	± 8	103	215	118	± 8	103	215	118,9	± 2,9	1,04	± 0,03
MZO	Celje	89	± 6	72	152	91	± 7	75	157	89	± 7	75	133	87	± 6	74	129	89	± 7	75	133	89	± 7	75	133	88,0	± 1,9	0,77	± 0,02
MZO	Dolenje	82	± 5	69	105	85	± 6	72	120	83	± 7	70	138	83	± 7	68	109	83	± 7	68	109	83	± 7	68	109	82,4	± 1,8	0,72	± 0,02
MZO	Dvor	97	± 6	78	129	100	± 10	84	199	99	± 10	82	154	95	± 6	80	142	99	± 7	83	128	98	± 7	83	128	95,2	± 2,2	0,83	± 0,02
MZO	Gačnik	122	± 7	104	173	125	± 11	104	200	123	± 12	102	200	118	± 8	102	185	123	± 12	102	200	115	± 7	98	171	117,2	± 2,5	1,03	± 0,02
MZO	Gornja Radgona	105	± 6	91	141	107	± 8	92	178	106	± 9	91	163	104	± 5	90	137	106	± 9	91	163	104	± 5	90	129	103,5	± 1,8	0,91	± 0,02
MZO	Hrastje	82	± 5	72	113	84	± 11	70	208	85	± 13	70	174	80	± 6	68	135	85	± 13	70	174	84	± 6	69	117	81,4	± 2,2	0,71	± 0,02
MZO	Hrastnik	115	± 7	99	169	118	± 8	101	185	116	± 9	98	200	109	± 7	92	147	116	± 9	98	200	111	± 9	95	187	109,8	± 2,4	0,96	± 0,02
MZO	Hirska Bistrica	85	± 6	71	147	88	± 11	73	203	88	± 12	73	173	83	± 6	70	123	88	± 12	73	173	86	± 9	69	154	83,7	± 2,3	0,73	± 0,02
MZO	Iška vas	81	± 6	67	161	84	± 11	67	166	82	± 10	67	147	80	± 5	67	106	82	± 10	67	147	82	± 6	67	107	80,1	± 1,8	0,70	± 0,02
MZO	Jesenice na Dol.	73	± 4	62	93	74	± 6	62	118	74	± 7	60	114	71	± 5	59	97	74	± 7	60	114	74	± 6	60	97	72,4	± 1,6	0,63	± 0,01
MZO	Kammik	90	± 5	77	124	92	± 7	78	153	89	± 6	75	129	86	± 6	69	119	89	± 6	75	129	87	± 5	74	121	88,0	± 1,8	0,77	± 0,02
MZO	Koper	107	± 6	89	145	108	± 9	88	179	105	± 10	86	163	102	± 6	88	133	105	± 10	86	163	101	± 5	87	118	102,4	± 2,0	0,90	± 0,02
MZO	Levc	96	± 7	80	174	100	± 9	82	187	98	± 9	82	156	94	± 6	81	130	98	± 9	82	156	95	± 8	82	139	94,0	± 2,0	0,82	± 0,02
MZO	Leče	104	± 6	91	125	105	± 9	87	188	101	± 9	83	176	99	± 6	84	136	101	± 9	83	176	100	± 6	84	132	99,9	± 1,9	0,88	± 0,02
MZO	Malkovec	101	± 6	84	121	102	± 10	87	193	99	± 10	84	165	96	± 6	82	145	99	± 10	84	165	98	± 6	84	126	97,0	± 2,1	0,85	± 0,02
MZO	MB-Slivenica	85	± 5	68	105	87	± 6	75	141	89	± 8	75	124	87	± 5	76	122	89	± 8	75	124	89	± 6	73	120	86,9	± 1,7	0,76	± 0,01
MZO	Muta	102	± 6	88	146	105	± 9	90	201	103	± 13	78	178	98	± 6	84	145	103	± 13	78	178	99	± 7	80	146	98,6	± 2,2	0,86	± 0,02
MZO	Nazarje	104	± 7	87	165	108	± 9	90	183	106	± 11	88	196	104	± 7	88	146	106	± 11	88	196	104	± 6	90	146	102,1	± 2,2	0,89	± 0,02
MZO	N. Gorica	88	± 5	75	107	90	± 6	74	136	88	± 7	67	117	85	± 6	72	120	88	± 7	67	117	86	± 6	69	102	85,1	± 1,7	0,75	± 0,01
MZO	Podbočje	95	± 6	81	130	97	± 7	77	148	96	± 7	82	146	94	± 5	77	119	96	± 7	82	146	95	± 6	81	125	95,2	± 1,9	0,83	± 0,02
MZO	Podčetrtek	99	± 7	81	156	100	± 11	84	172	99	± 10	82	177	96	± 6	78	138	99	± 10	82	177	94	± 7	76	128	96,0	± 2,1	0,84	± 0,02
MZO	Podrostej	105	± 7	87	166	107	± 12	88	213	103	± 10	87	166	100	± 6	46	137	103	± 10	87	166	101	± 6	87	126	100,3	± 2,2	0,88	± 0,02
MZO	Ptuj	86	± 7	72	109	87	± 8	68	162	87	± 8	70	129	84	± 7	69	119	87	± 8	70	129	88	± 9	70	165	84,6	± 2,3	0,74	± 0,02
MZO	Radenci	120	± 7	101	155	124	± 12	102	203	117	± 12	101	193	114	± 6	98	167	117	± 12	101	193	113	± 7	98	159	114,0	± 2,4	1,00	± 0,02
MZO	Rogla	100	± 6	82	127	103	± 10	83	187	101	± 11	86	165	98	± 6	80	135	101	± 11	86	165	97	± 6	82	132	97,3	± 2,1	0,85	± 0,02
MZO	Rudno polje	125	± 7	108	179	128	± 8	111	179	128	± 9	110	177	127	± 9	109	176	128	± 9	110	177	108	± 11	86	161	117,5	± 2,5	1,03	± 0,02
MZO	Solkan	67	± 6	55	135	69	± 9	56	153	69	± 7	55	121	69	± 6	55	105	69	± 7	55	121	67	± 5	83	118	107,0	± 2,3	0,94	± 0,02
MZO	Suba	95	± 6	83	118	96	± 9	78	168	96	± 11	78	178	92	± 7	76	139	96	± 11	78	178	95	± 7	74	134	92,0	± 2,2	0,81	± 0,02
MZO	Tudraz	130	± 7	109	179	132	± 11	111	243	130	± 10	111	211	132	± 8	110	180	130	± 10	111	211	134	± 9	111	173	127,1	± 2,7	1,11	± 0,02
MZO	Trbovlje	70	± 6	58	107	72	± 9	58	152	73	± 10	55	138	69	± 6	58	116	73	± 10	55	138	71	± 6	56	94	69,8	± 1,9	0,61	± 0,02
MZO	Zagorje	84	± 6	66	112	87	± 7	71	145	87	± 8	68	129	83	± 5	69	114	87	± 8	68	129	85	± 6	72	101	84,4	± 1,8	0,74	± 0,02

Podatki o kontinuirnih meritvah hitrosti doz so povzeti s spletnega portala www.radioaktivnost.si, ki ga vodi URSJV, Ministrstvo za okolje in prostor.

LETO 2013

T - 56/d

8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA ZA LETO 2013 V REPUBLIKI SLOVENIJI – sistem ARSO / letni pregled

Sistem	Postaja	Mesecne povprečne vrednosti (nS/vh) - polturna obdelava podatkov												Polletno povprečje (nS/vh)	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	Letno povprečje (nS/vh)	Letna doza (mSv)							
ARSO	Bovec	89	± 11	73	146	80	± 11	65	154	90	± 12	65	149	93	± 10	77	147	91	± 7	77	137	89,8	± 3,5	0,41	± 0,02					
ARSO	Dobličje	116	± 24	72	168	99	± 11	70	148	121	± 19	77	175	133	± 9	117	183	138	± 10	117	189	127,7	± 4,4	0,58	± 0,02					
ARSO	Kočevje	146	± 27	103	216	115	± 15	81	173	124	± 21	82	209	169	± 10	145	206	172	± 11	147	235	157,3	± 5,6	0,71	± 0,03					
ARSO	Kredarica	140	± 9	112	175	142	± 8	118	174	138	± 8	117	174	130	± 9	108	167	128	± 8	104	165	135,4	± 3,5	0,61	± 0,02					
ARSO	Kravec	100	± 7	84	127	97	± 11	81	212	90	± 7	72	115	88	± 9	68	118	112	± 6	98	143	101,7	± 3,1	0,46	± 0,01					
ARSO	Lesce	94	± 9	76	147	88	± 11	68	150	94	± 14	68	157	95	± 6	80	137	97	± 10	81	154	94,6	± 3,5	0,43	± 0,02					
ARSO	Lisca	99	± 10	73	125	83	± 10	65	135	92	± 13	61	133	101	± 7	80	136	107	± 8	93	155	100,5	± 3,3	0,45	± 0,02					
ARSO	LJ-Bežigrad	107	± 9	78	156	99	± 13	75	158	108	± 14	80	191	109	± 7	91	169	111	± 10	95	184	108,5	± 3,9	0,49	± 0,02					
ARSO	MB-Tabor	107	± 7	91	128	104	± 11	83	180	109	± 10	88	154	112	± 8	97	146	115	± 8	97	156	111,1	± 3,2	0,50	± 0,01					
ARSO	MS-Rakičan	92	± 10	68	127	91	± 9	74	138	98	± 8	79	138	100	± 5	84	121	102	± 8	86	164	98,4	± 3,0	0,44	± 0,01					
ARSO	NG-Bilje	71	± 7	62	141	70	± 8	58	118	71	± 8	59	132	68	± 5	57	104	69	± 8	58	113	70,3	± 2,9	0,32	± 0,01					
ARSO	Novo mesto	63	± 8	47	94	57	± 6	47	91	62	± 7	44	87	63	± 4	53	80	64	± 6	51	97	64	± 5	53	82	62,4	± 2,3	0,28	± 0,01	
ARSO	Sečovelje	64	± 5	55	89	63	± 6	56	109	64	± 8	53	144	63	± 6	53	107	83	± 16	55	133	63,8	± 2,4	0,29	± 0,01					
ARSO	Postojna	114	± 11	91	167	105	± 13	80	170	115	± 12	87	164	117	± 7	100	173	117	± 11	99	210	119	± 9	100	156	115,6	± 4,0	0,52	± 0,02	
ARSO	Rateče	105	± 14	77	152	81	± 12	62	151	77	± 11	61	132	96	± 23	61	144	125	± 8	108	170	126	± 7	108	159	110,6	± 4,1	0,50	± 0,02	
ARSO	SI-Gradec	125	± 10	99	151	102	± 14	74	170	121	± 19	78	167	132	± 7	113	155	134	± 8	115	185	134	± 9	113	190	129,0	± 3,9	0,58	± 0,02	
ARSO	Velenje	107	± 6	92	139	101	± 12	77	167	106	± 11	81	143	106	± 6	92	129	108	± 7	93	142	107	± 7	86	175	106,5	± 3,0	0,48	± 0,01	
EIMV	Vnaingarje																													
Sistem	Postaja	Julij			Avgust			September			Oktober			November			december			Letno povprečje (nS/vh)			Letna doza (mSv)							
ARSO	Bovec	93	± 8	78	162	95	± 11	82	192	95	± 12	80	177	94	± 11	80	182	95	± 12	80	177	87	± 10	68	151	91,1	± 2,7	0,80	± 0,02	
ARSO	Dobličje	144	± 10	116	190	152	± 13	124	235	145	± 17	119	267	136	± 8	112	179	145	± 17	119	267	140	± 11	113	190	134,4	± 3,2	1,18	± 0,03	
ARSO	Kočevje	175	± 12	149	215	177	± 14	146	291	169	± 15	141	283	163	± 9	145	205	169	± 15	141	283	152	± 13	127	196	162,4	± 3,7	1,42	± 0,03	
ARSO	Kredarica	129	± 7	113	185	131	± 8	112	169	136	± 9	115	174	134	± 8	111	174	136	± 9	115	174	128	± 8	108	159	133,6	± 2,4	1,17	± 0,02	
ARSO	Kravec	110	± 7	95	178	113	± 8	96	184	116	± 10	95	167	116	± 8	99	161	116	± 10	95	167	100	± 9	81	137	106,1	± 2,3	0,93	± 0,02	
ARSO	Lesce	100	± 7	86	156	101	± 13	85	225	101	± 15	82	189	96	± 8	81	151	101	± 15	82	189	101	± 10	86	166	96,6	± 2,6	0,85	± 0,02	
ARSO	Lisca	108	± 7	90	195	109	± 8	92	179	108	± 10	91	170	107	± 6	93	133	108	± 10	91	170	106	± 6	89	132	104,3	± 2,2	0,91	± 0,02	
ARSO	LJ-Bežigrad	118	± 7	99	160	120	± 12	97	253	118	± 13	98	192	111	± 7	96	168	118	± 13	98	192	114	± 7	99	158	112,0	± 2,8	0,98	± 0,02	
ARSO	MB-Tabor	119	± 6	102	153	122	± 8	106	200	120	± 12	101	196	114	± 7	100	161	120	± 12	101	196	114	± 7	99	158	114,3	± 2,3	1,00	± 0,02	
ARSO	MS-Rakičan	104	± 6	90	129	106	± 10	86	196	103	± 14	84	222	100	± 7	87	168	103	± 14	84	222	96	± 14	11	123	100,0	± 2,3	0,88	± 0,02	
ARSO	NG-Bilje	87	± 7	72	141	90	± 10	76	177	88	± 9	72	166	85	± 8	71	128	88	± 9	72	166	86	± 7	68	138	77,6	± 2,2	0,68	± 0,02	
ARSO	Novo mesto	67	± 5	53	89	74	± 13	56	131	100	± 13	78	207	95	± 8	79	156	100	± 13	78	207	89	± 5	77	114	66,9	± 1,9	0,59	± 0,02	
ARSO	Sečovelje	93	± 5	79	129	94	± 9	79	169	92	± 8	78	162	89	± 7	73	145	92	± 8	78	162	89	± 5	77	114	76,0	± 1,8	0,67	± 0,02	
ARSO	Postojna	125	± 9	103	181	128	± 10	108	194	123	± 11	101	220	116	± 7	96	157	123	± 11	101	220	119	± 10	103	164	118,7	± 2,8	1,04	± 0,02	
ARSO	Rateče	134	± 8	115	192	132	± 8	112	182	129	± 9	110	179	126	± 9	107	172	129	± 9	110	179	113	± 8	97	156	120,3	± 2,7	1,05	± 0,02	
ARSO	SI-Gradec	141	± 8	119	188	145	± 12	122	258	140	± 10	122	218	134	± 8	117	198	140	± 10	122	218	134	± 7	114	166	133,8	± 2,6	1,17	± 0,02	
ARSO	Velenje	111	± 6	94	132	117	± 9	97	197	113	± 10	95	167	108	± 7	92	155	113	± 10	95	167	108	± 6	92	140	108,6	± 2,1	0,95	± 0,02	
EIMV	Vnaingarje																													

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 2013 V REPUBLIKI SLOVENIJI – sistem URSJV / letni pregled

Sistem	Postaja	Mesecne povprečne vrednosti (nS v/h) - polturna obdelava podatkov												Polletno povprečje (nS v/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
URSJV	Sv. Mohor	79 ± 6	63	116	77 ± 6	64	112	80 ± 6	66	104	79 ± 5	65	101	81 ± 6	67	116	80 ± 5	68	116	79,4 ± 2,3	0,36 ± 0,01
URSJV	Soštanj	126 ± 5	111	160	121 ± 8	101	162	124 ± 8	107	153	128 ± 6	115	144	135 ± 1	135	135	136 ± 12	118	162	134,2 ± 1,0	0,61 ± 0,00
URSJV	Lakonca	69 ± 6	56	111	67 ± 8	54	117	69 ± 8	51	106	67 ± 5	53	87	68 ± 6	54	106	66 ± 6	54	98	67,6 ± 2,5	0,30 ± 0,01
URSJV	Prapretno	93 ± 7	77	123	88 ± 10	66	136	93 ± 9	71	118	93 ± 5	76	124	95 ± 7	76	126	94 ± 6	80	120	93,1 ± 2,8	0,42 ± 0,01
URSJV	NEK-URSJV	66 ± 9	100	90	64 ± 7	100	90	71 ± 7	100	90	71 ± 4	100	90	72 ± 7	0	90	73 ± 6	0	90	70,2 ± 2,5	0,32 ± 0,01
URSJV	LJ-Brinje-IJS	87 ± 9	100	98	81 ± 13	100	98	88 ± 12	100	98	85 ± 8	100	98	86 ± 11	100	98	87 ± 10	100	98	85,8 ± 4,1	0,39 ± 0,02
URSJV	LJ-Brinje-URSJV	71 ± 7	100	90	65 ± 10	100	90	72 ± 11	100	90	72 ± 5	100	90	75 ± 9	100	90	76 ± 7	100	90	72,3 ± 3,0	0,33 ± 0,01
URSJV	LJ-Vič-IJS	114 ± 5	100	153	109 ± 8	92	142	113 ± 8	96	152	115 ± 4	106	132	116 ± 6	105	159	115 ± 6	107	180	114,3 ± 2,3	0,52 ± 0,01
Sistem	Postaja	Julij			Avgust			September			Oktober			November			december			Letno povprečje (nS v/h)	Letna doza (mSv)
URSJV	Sv. Mohor	81 ± 5	70	138	84 ± 8	70	159	131 ± 4	121	161	131 ± 1	131	131	131 ± 4	121	161	131 ± 4	121	161	79,9 ± 2,0	0,70 ± 0,02
URSJV	Soštanj	130 ± 5	117	147	133 ± 6	122	184	131 ± 10	55	125	65 ± 6	51	111	70 ± 10	55	125	68 ± 6	56	91	132,5 ± 0,7	1,16 ± 0,01
URSJV	Lakonca	67 ± 5	51	99	69 ± 9	57	157	70 ± 10	81	160	102 ± 8	82	146	99 ± 10	81	160	96 ± 6	80	120	67,5 ± 1,9	0,59 ± 0,02
URSJV	Prapretno	98 ± 6	80	124	102 ± 9	83	183	99 ± 10	90	190	74 ± 9	0	90	74 ± 9	0	90	73 ± 6	0	90	95,6 ± 2,1	0,84 ± 0,02
URSJV	NEK-URSJV	76 ± 6	100	90	79 ± 9	100	90	74 ± 9	0	90	71 ± 5	100	90	74 ± 9	0	90	73 ± 6	0	90	71,8 ± 1,8	0,63 ± 0,02
URSJV	LJ-Brinje-IJS	93 ± 9	100	98	96 ± 13	0	98	93 ± 14	100	98	88 ± 8	100	98	93 ± 14	100	98	91 ± 9	100	98	88,6 ± 2,9	0,78 ± 0,03
URSJV	LJ-Brinje-URSJV	81 ± 6	100	90	83 ± 9	0	90	82 ± 10	100	90	78 ± 6	100	90	82 ± 10	100	90	76 ± 6	100	90	75,9 ± 2,1	0,67 ± 0,02
URSJV	LJ-Vič-IJS	114 ± 5	100	153	109 ± 8	92	142	113 ± 8	96	152	115 ± 4	106	132	116 ± 6	105	159	115 ± 6	107	180	114,3 ± 2,3	1,00 ± 0,02

Podatki o kontinuirnih meritvah hitrosti doz so povzeti s spletnega portala www.radioaktivnost.si, ki ga vodi URSJV, Ministrstvo za okolje in prostor.

LETO 2013

8. IZRAČUN RAZREDČITVENIH IN DEPOZICIJSKIH KOEFICIENTOV PO LAGRANGEVEM MODELU (MEIS, d. o. o.)

Razredčitveni koeficienti

Lokacija	NEK - plant vent												Dobova	
	NEK - ogradja zahod	NEK - ogradja vzhod	Spodnji Stari Grad	Vrbina	Brežice	Vihre	Mrtvice	Brege	Žadovinek	Leskovec	Krško - Stara Vas	Pesje		
Mesec	Povprečni mesečni X/Q													
Januar	9,49E-08	9,91E-08	9,70E-08	1,13E-07	6,71E-08	1,72E-08	1,99E-08	2,67E-08	5,98E-08	1,73E-07	2,01E-07	4,56E-08	9,83E-08	8,09E-09
Februar	1,73E-07	1,53E-07	2,00E-07	1,89E-07	1,10E-07	5,09E-08	2,84E-08	2,98E-08	5,51E-08	1,53E-07	1,02E-07	8,43E-08	1,31E-07	2,72E-08
Marec	1,10E-07	9,79E-08	9,15E-08	1,02E-07	9,11E-08	1,29E-08	1,68E-08	2,16E-08	3,62E-08	1,09E-07	1,29E-07	4,77E-08	7,64E-08	6,79E-09
April	1,79E-07	2,05E-07	1,10E-07	1,59E-07	1,34E-07	1,23E-08	9,68E-09	1,09E-08	4,79E-08	9,77E-08	9,69E-08	4,81E-08	1,06E-07	1,06E-08
Maj	1,48E-07	2,17E-07	1,06E-07	1,40E-07	1,39E-07	3,09E-08	1,26E-08	1,34E-08	3,80E-08	9,47E-08	7,44E-08	3,90E-08	1,39E-07	1,27E-08
Junij	6,01E-07	5,02E-07	4,03E-07	1,70E-07	2,77E-07	5,99E-08	3,26E-08	4,42E-08	8,05E-08	1,35E-07	8,27E-08	7,61E-08	1,25E-07	3,43E-08
Julij	1,40E-06	1,65E-06	1,13E-06	1,04E-07	3,97E-07	9,66E-08	5,89E-08	7,76E-08	1,44E-07	2,56E-07	1,08E-07	6,86E-08	8,72E-08	6,82E-08
Avgust	1,47E-06	1,30E-06	1,03E-06	1,14E-07	4,03E-07	1,12E-07	6,48E-08	8,22E-08	1,20E-07	2,48E-07	1,45E-07	6,50E-08	9,50E-08	6,71E-08
September	2,24E-07	2,89E-07	1,77E-07	1,18E-07	1,76E-07	3,19E-08	2,68E-08	3,72E-08	6,56E-08	1,50E-07	1,13E-07	5,21E-08	1,20E-07	1,80E-08
Oktober	1,09E-07	9,98E-08	9,53E-08	1,26E-07	8,50E-08	2,55E-08	9,24E-09	1,57E-08	3,97E-08	1,36E-07	9,94E-07	3,70E-08	1,35E-07	1,32E-08
November	1,10E-07	1,05E-07	1,02E-07	9,88E-08	7,35E-08	1,76E-08	1,93E-08	3,01E-08	7,47E-08	1,14E-07	1,09E-07	3,60E-08	8,62E-08	6,94E-09
December	6,52E-08	7,04E-08	7,34E-08	1,04E-07	6,43E-08	1,41E-08	1,77E-08	2,14E-08	4,06E-08	5,90E-08	7,19E-08	5,14E-08	9,99E-08	8,79E-09

Depozicijski koeficienti

Lokacija	NEK - ogradja zahod												Dobova	
	NEK - ogradja zahod	NEK - ogradja vzhod	Spodnji Stari Grad	Vrbina	Brežice	Vihre	Mrtvice	Brege	Žadovinek	Leskovec	Krško - Stara Vas	Pesje		
Mesec	Povprečni mesečni D/Q (s m ²)													
Januar	2,56E-06	1,04E-06	3,02E-07	1,52E-07	1,06E-07	1,25E-08	1,66E-08	2,58E-08	6,18E-08	1,65E-07	5,28E-08	4,14E-08	1,17E-07	4,25E-09
Februar	3,40E-06	1,15E-06	6,31E-07	1,52E-07	1,35E-07	2,69E-08	5,06E-08	5,26E-08	1,11E-07	1,60E-07	4,44E-08	4,23E-08	9,03E-08	1,11E-08
Marec	2,21E-06	1,00E-06	2,59E-07	1,31E-07	1,70E-07	5,61E-09	1,51E-08	1,97E-08	5,59E-08	1,44E-07	6,04E-08	4,85E-08	6,90E-08	3,01E-09
April	1,85E-06	8,81E-07	1,73E-07	1,18E-07	1,42E-07	6,10E-09	5,98E-09	6,19E-09	3,83E-08	1,15E-07	5,02E-08	3,22E-08	7,79E-08	4,42E-09
Maj	1,89E-06	7,62E-07	2,75E-07	1,17E-07	1,49E-07	1,06E-08	9,82E-09	1,36E-08	3,37E-08	8,56E-08	4,22E-08	3,44E-08	8,76E-08	5,08E-09
Junij	2,34E-06	8,77E-07	5,37E-07	1,19E-07	2,02E-07	2,76E-08	2,64E-08	3,00E-08	4,24E-08	1,28E-07	5,19E-08	5,20E-08	8,69E-08	1,48E-08
Julij	2,42E-06	1,05E-06	5,77E-07	6,61E-08	2,08E-07	3,28E-08	2,36E-08	2,93E-08	6,41E-08	1,29E-07	6,42E-08	5,22E-08	6,03E-08	1,97E-08
Avgust (*)	2,38E-06	1,05E-06	5,92E-07	6,76E-08	1,77E-07	3,51E-08	2,97E-08	3,42E-08	6,66E-08	1,48E-07	6,02E-08	3,93E-08	5,76E-08	2,18E-08
September	2,31E-06	9,88E-07	3,58E-07	1,09E-07	1,95E-07	1,37E-08	1,87E-08	2,63E-08	5,90E-08	1,59E-07	6,03E-08	5,49E-08	9,42E-08	6,79E-09
Oktober	2,14E-06	8,76E-07	2,71E-07	1,46E-07	1,34E-07	1,26E-08	1,10E-08	1,48E-08	3,18E-08	1,36E-07	5,26E-08	3,50E-08	9,02E-08	7,65E-09
November	2,63E-06	1,10E-06	2,86E-07	1,23E-07	1,10E-07	8,87E-09	2,08E-08	2,81E-08	1,04E-07	1,75E-07	5,48E-08	3,40E-08	9,45E-08	2,85E-09
December	2,66E-06	9,62E-07	3,08E-07	2,02E-07	1,54E-07	1,15E-08	1,56E-08	2,11E-08	5,07E-08	1,26E-07	5,76E-08	5,61E-08	1,47E-07	6,97E-09

IJS-DP-11549 (9/2014)

M-68 / M-122

9. ZEMLJA

LETO 2013 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.	9. 5. 2013								
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-15	0-30
Kol. vzorca (kg/m ²)	0,1	29,4	45,5	52,1	151,7	126,9	+ trava		278,6
Oznaka vzorca	K13ZN11T51	K13ZN11AB51	K13ZN11CS1	K13ZN11D51	K13ZN11E51				
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)								
U-238	< 2E+00	8,6E+02 ± 9E+01	9,1E+02 ± 1E+02	1,4E+03 ± 2E+02	4,1E+03 ± 4E+02	3,2E+03 ± 2E+02	3,2E+03 ± 2E+02	7,3E+03 ± 4E+02	
Ra-226	5,1E-01 ± 3E-01	1,2E+03 ± 1E+02	1,8E+03 ± 2E+02	2,0E+03 ± 2E+02	5,6E+03 ± 5E+02	4,9E+03 ± 3E+02	5,0E+03 ± 3E+02	1,1E+04 ± 6E+02	
Pb-210	5,9E+00 ± 5E-01	3,2E+03 ± 2E+02	2E+03	1,6E+03 ± 2E+02	3,9E+03 ± 4E+02	4,7E+03 ± 1E+03	4,7E+03 ± 1E+03	8,6E+03 ± 1E+03	
Ra-228	< 3E-01	1,0E+03 ± 5E+01	1,3E+03 ± 7E+01	1,5E+03 ± 7E+01	4,5E+03 ± 2E+02	3,8E+03 ± 1E+02	3,8E+03 ± 1E+02	8,3E+03 ± 3E+02	
Th-228	5,6E-02 ± 4E-02	9,5E+02 ± 5E+01	1,4E+03 ± 7E+01	1,5E+03 ± 7E+01	4,3E+03 ± 2E+02	3,8E+03 ± 1E+02	3,8E+03 ± 1E+02	8,1E+03 ± 2E+02	
Th-230		< 1E+03		< 3E+03	< 6E+03	< 2E+03	< 2E+03	< 4E+03	
K-40	8,9E+01 ± 8E+00	1,3E+04 ± 1E+03	1,6E+04 ± 2E+03	1,8E+04 ± 2E+03	5,3E+04 ± 5E+03	4,7E+04 ± 3E+03	4,7E+04 ± 3E+03	9,9E+04 ± 6E+03	
Be-7	3,9E+01 ± 2E+00	2,4E+02 ± 3E+01				2,4E+02 ± 3E+01	2,8E+02 ± 3E+01	2,4E+02 ± 3E+01	
I-131									
Cs-134									
Cs-137	3,3E-02 ± 1E-02	1,5E+03 ± 8E+01	2,3E+03 ± 1E+02	6,7E+02 ± 3E+01	2,3E+02 ± 3E+01	4,5E+03 ± 1E+02	4,5E+03 ± 1E+02	4,7E+03 ± 1E+02	
Co-58									
Co-60									
Cr-51									
Mn-54									
Zn-65									
Nb-95									
Ru-106									
Sb-125									
Sr-89/Sr-90	1,2E-01 ± 8E-03	3,3E+01 ± 4E+00	5,0E+01 ± 5E+00	3,9E+01 ± 6E+00	1,0E+02 ± 1E+01	1,2E+02 ± 8E+00	1,2E+02 ± 8E+00	2,2E+02 ± 1E+01	

Vzorč. mesto	Gmajnice, neobdelana zemlja								
Datum vzor.	9. 5. 2013								
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo povprečje	Uteženo povprečje	Uteženo povprečje	Uteženo povprečje
Kol. vzorca (kg)	0,12	0,32	0,38	0,45	0,42			0-15	0-30
Kol. (kg/m ²)	0,1	29,4	45,5	52,1	151,7				
Oznaka vzorca	K13ZN11T51	K13ZN11AB51	K13ZN11CS1	K13ZN11D51	K13ZN11E51				
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)								
U-238	< 1E+01	2,9E+01 ± 3E+00	2,0E+01 ± 2E+00	2,7E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 2E+00	2,5E+01 ± 2E+00	2,6E+01 ± 1E+00		
Ra-226	3,8E+00 ± 2E+00	4,0E+01 ± 4E+00	4,0E+01 ± 4E+00	3,8E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 3E+00	3,9E+01 ± 2E+00	3,8E+01 ± 2E+00		
Pb-210	4,4E+01 ± 3E+00	1,1E+02 ± 6E+00	< 4E+01	3,0E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 3E+00	3,7E+01 ± 1E+01	3,1E+01 ± 5E+00		
Ra-228	< 2E+00	3,4E+01 ± 2E+00	2,9E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 9E-01	3,0E+01 ± 9E-01		
Th-228	4,1E-01 ± 3E-01	3,2E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 9E-01	2,9E+01 ± 9E-01		
Th-230		< 5E+01		< 5E+01	< 4E+01	< 1E+01	< 1E+01		
K-40	6,5E+02 ± 6E+01	4,3E+02 ± 4E+01	3,6E+02 ± 3E+01	3,4E+02 ± 3E+01	3,5E+02 ± 3E+01	3,7E+02 ± 2E+01	3,6E+02 ± 2E+01		
Be-7	2,8E+02 ± 1E+01	8,2E+00 ± 1E+00				1,9E+00 ± 3E-01	8,6E-01 ± 1E-01		
I-131									
Cs-134									
Cs-137	2,5E-01 ± 1E-01	5,1E+01 ± 3E+00	5,1E+01 ± 3E+00	1,3E+01 ± 6E-01	1,5E+00 ± 2E-01	3,5E+01 ± 1E+00	1,7E+01 ± 5E-01		
Co-58									
Co-60									
Cr-51									
Mn-54									
Zn-65									
Nb-95									
Ru-106									
Sb-125									
Sr-89/Sr-90	8,9E-01 ± 6E-02	1,1E+00 ± 1E-01	1,1E+00 ± 1E-01	7,4E-01 ± 1E-01	6,7E-01 ± 8E-02	9,6E-01 ± 7E-02	8,0E-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 2013 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 (***)

Vzrč. mesto	Gmajnice, neobdelana zemlja							
Datum vzor.	24. 9. 2013							
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	31,1	39,3	43,1	146,6	113,5	+ trava	260,1
Oznaka vzorca	K13ZN11T91	K13ZN11AB91	K13ZN11C91	K13ZN11D91	K13ZN11E91			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
U-238		7,8E+02 ± 9E+01	1,0E+03 ± 7E+01	9,2E+02 ± 2E+02	4,0E+03 ± 5E+02	2,7E+03 ± 2E+02	2,7E+03 ± 2E+02	6,8E+03 ± 5E+02
Ra-226	1,3E+00 ± 1E+00	1,1E+03 ± 1E+02	1,2E+03 ± 1E+02	1,6E+03 ± 2E+02	5,7E+03 ± 6E+02	3,9E+03 ± 2E+02	3,9E+03 ± 2E+02	9,6E+03 ± 6E+02
Pb-210	1,5E+01 ± 2E+00	3,8E+03 ± 2E+02	2,6E+03 ± 3E+02	< 2E+03	4,1E+03 ± 6E+02	6,5E+03 ± 1E+03	6,5E+03 ± 1E+03	1,1E+04 ± 2E+03
Ra-228	3,1E-01 ± 2E-01	9,8E+02 ± 5E+01	1,2E+03 ± 6E+01	1,3E+03 ± 6E+01	4,4E+03 ± 2E+02	3,5E+03 ± 1E+02	3,5E+03 ± 1E+02	7,9E+03 ± 2E+02
Th-228	2,9E-01 ± 9E-02	1,0E+03 ± 5E+01	1,3E+03 ± 7E+01	1,3E+03 ± 6E+01	4,3E+03 ± 2E+02	3,6E+03 ± 1E+02	3,6E+03 ± 1E+02	7,9E+03 ± 2E+02
Th-230		1,3E+03 ± 7E+02	2,4E+03 ± 5E+02			3,7E+03 ± 9E+02	3,7E+03 ± 9E+02	3,7E+03 ± 9E+02
K-40	8,1E+01 ± 8E+00	1,3E+04 ± 1E+03	1,5E+04 ± 2E+03	1,6E+04 ± 1E+03	5,2E+04 ± 5E+03	4,4E+04 ± 2E+03	4,4E+04 ± 2E+03	9,6E+04 ± 6E+03
Be-7	1,0E+02 ± 5E+00	1,9E+02 ± 6E+01				1,9E+02 ± 6E+01	2,9E+02 ± 6E+01	1,9E+02 ± 6E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	2,5E-01 ± 6E-02	2,8E+03 ± 1E+02	5,2E+03 ± 3E+02	5,1E+03 ± 3E+02	2,7E+03 ± 1E+02	1,3E+04 ± 4E+02	1,3E+04 ± 4E+02	1,6E+04 ± 4E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	3,2E-01 ± 2E-02	4,2E+01 ± 3E+00	6,6E+01 ± 6E+00	9,5E+01 ± 7E+00	3,4E+02 ± 2E+01	2,0E+02 ± 9E+00	2,0E+02 ± 9E+00	5,4E+02 ± 3E+01

Vzrč. mesto	Gmajnice, neobdelana zemlja							
Datum vzor.	24. 9. 2013							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo povprečje	Uteženo povprečje	
Kol. vzorca (kg)	0,12	0,36	0,42	0,41	0,45			
Kol. (kg/m ²)	0,2	31,1	39,3	43,1	146,6	0-15	0-30	
Oznaka vzorca	K13ZN11T91	K13ZN11AB91	K13ZN11C91	K13ZN11D91	K13ZN11E91			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238		2,5E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 2E+00	2,1E+01 ± 5E+00	2,8E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 2E+00	2,6E+01 ± 2E+00	
Ra-226	6,0E+00 ± 4E+00	3,6E+01 ± 4E+00	2,9E+01 ± 4E+00	3,8E+01 ± 4E+00	3,9E+01 ± 4E+00	3,4E+01 ± 2E+00	3,7E+01 ± 2E+00	
Pb-210	7,0E+01 ± 8E+00	1,2E+02 ± 8E+00	6,7E+01 ± 8E+00	< 5E+01	2,8E+01 ± 4E+00	5,7E+01 ± 1E+01	4,1E+01 ± 6E+00	
Ra-228	1,4E+00 ± 9E-01	3,2E+01 ± 2E+00	3,2E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 9E-01	3,0E+01 ± 9E-01	
Th-228	1,3E+00 ± 4E-01	3,2E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 9E-01	3,1E+01 ± 9E-01	
Th-230		4,3E+01 ± 2E+01	6,1E+01 ± 1E+01			3,3E+01 ± 8E+00	1,4E+01 ± 3E+00	
K-40	3,7E+02 ± 4E+01	4,2E+02 ± 4E+01	3,8E+02 ± 4E+01	3,6E+02 ± 3E+01	3,6E+02 ± 3E+01	3,8E+02 ± 2E+01	3,7E+02 ± 2E+01	
Be-7	4,7E+02 ± 2E+01	6,0E+00 ± 2E+00				1,6E+00 ± 6E-01	7,1E-01 ± 2E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,1E+00 ± 3E-01	9,1E+01 ± 5E+00	1,3E+02 ± 8E+00	1,2E+02 ± 6E+00	1,8E+01 ± 9E-01	1,2E+02 ± 4E+00	6,1E+01 ± 2E+00	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	1,5E+00 ± 9E-02	1,4E+00 ± 1E-01	1,7E+00 ± 1E-01	2,2E+00 ± 2E-01	2,3E+00 ± 2E-01	1,8E+00 ± 8E-02	2,1E+00 ± 1E-01	

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

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

LETO 2013 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.	9. 5. 2013							
Gl. vzor. (cm)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-30	0-40	0-50
Kol. vzorca (kg/m ²)	79,1	111,9	117,4	114,3	104,8	308,5	422,8	527,6
Oznaka vzorca	K13ZP13A51	K13ZP13B51	K13ZP13C51	K13ZP13D51	K13ZP13E51			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
U-238	2,6E+03 ± 3E+02	3,6E+03 ± 4E+02	4,1E+03 ± 4E+02	3,6E+03 ± 4E+02	3,4E+03 ± 3E+02	1,0E+04 ± 7E+02	1,4E+04 ± 8E+02	1,7E+04 ± 8E+02
Ra-226	3,3E+03 ± 3E+02	5,4E+03 ± 5E+02	5,3E+03 ± 5E+02	4,8E+03 ± 5E+02	4,5E+03 ± 4E+02	1,4E+04 ± 8E+02	1,9E+04 ± 9E+02	2,3E+04 ± 1E+03
Pb-210	3,5E+03 ± 3E+02	4,6E+03 ± 5E+02	4,0E+03 ± 5E+02	3,9E+03 ± 4E+02	4,2E+03 ± 4E+02	1,2E+04 ± 7E+02	1,6E+04 ± 8E+02	2,0E+04 ± 9E+02
Ra-228	2,8E+03 ± 1E+02	4,3E+03 ± 2E+02	4,4E+03 ± 2E+02	4,5E+03 ± 2E+02	3,9E+03 ± 2E+02	1,2E+04 ± 3E+02	1,6E+04 ± 4E+02	2,0E+04 ± 5E+02
Th-228	2,8E+03 ± 1E+02	4,2E+03 ± 2E+02	4,4E+03 ± 2E+02	4,4E+03 ± 2E+02	3,7E+03 ± 2E+02	1,1E+04 ± 3E+02	1,6E+04 ± 4E+02	1,9E+04 ± 4E+02
Th-230	5,7E+03 ± 2E+03	9,8E+03 ± 4E+03	< 1E+04	< 1E+04	< 5E+03	1,6E+04 ± 9E+03	1,6E+04 ± 9E+03	1,6E+04 ± 1E+04
K-40	3,4E+04 ± 3E+03	5,1E+04 ± 5E+03	5,3E+04 ± 5E+03	5,4E+04 ± 5E+03	4,8E+04 ± 5E+03	1,4E+05 ± 8E+03	1,9E+05 ± 9E+03	2,4E+05 ± 1E+04
Be-7	1,6E+02 ± 7E+01					1,6E+02 ± 7E+01	1,6E+02 ± 7E+01	1,6E+02 ± 7E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,2E+03 ± 6E+01	1,8E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 8E+01	3,5E+02 ± 3E+01	1,0E+03 ± 7E+01	4,6E+03 ± 2E+02	5,0E+03 ± 2E+02	6,0E+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.	9. 5. 2013							
Gl. vzor. (cm)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	Uteženo povprečje	Uteženo povprečje	
Kol. vzorca (kg)	0,50	0,51	0,48	0,46	0,45	0-40	0-50	
Kol. (kg/m ²)	79,1	111,9	117,4	114,3	104,8			
Oznaka vzorca	K13ZP13A51	K13ZP13B51	K13ZP13C51	K13ZP13D51	K13ZP13E51			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	3,2E+01 ± 3E+00	3,2E+01 ± 4E+00	3,5E+01 ± 4E+00	3,2E+01 ± 4E+00	3,2E+01 ± 3E+00	3,3E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 2E+00	
Ra-226	4,2E+01 ± 4E+00	4,8E+01 ± 5E+00	4,5E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 4E+00	4,3E+01 ± 4E+00	4,5E+01 ± 2E+00	4,4E+01 ± 2E+00	
Pb-210	4,4E+01 ± 3E+00	4,1E+01 ± 4E+00	3,4E+01 ± 4E+00	3,4E+01 ± 3E+00	4,0E+01 ± 4E+00	3,8E+01 ± 2E+00	3,8E+01 ± 2E+00	
Ra-228	3,6E+01 ± 2E+00	3,9E+01 ± 2E+00	3,8E+01 ± 2E+00	3,9E+01 ± 2E+00	3,7E+01 ± 2E+00	3,8E+01 ± 1E+00	3,8E+01 ± 9E-01	
Th-228	3,5E+01 ± 2E+00	3,8E+01 ± 2E+00	3,8E+01 ± 2E+00	3,9E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 2E+00	3,7E+01 ± 9E-01	3,7E+01 ± 8E-01	
Th-230	7,3E+01 ± 3E+01	8,7E+01 ± 4E+01	< 1E+02	< 1E+02	< 5E+01	3,7E+01 ± 2E+01	2,9E+01 ± 2E+01	
K-40	4,3E+02 ± 4E+01	4,6E+02 ± 4E+01	4,5E+02 ± 4E+01	4,7E+02 ± 5E+01	4,5E+02 ± 4E+01	4,6E+02 ± 2E+01	4,6E+02 ± 2E+01	
Be-7	2,1E+00 ± 9E-01					3,9E-01 ± 2E-01	3,1E-01 ± 1E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,6E+01 ± 8E-01	1,6E+01 ± 2E+00	1,3E+01 ± 7E-01	3,1E+00 ± 3E-01	9,9E+00 ± 6E-01	1,2E+01 ± 5E-01	1,1E+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 2013 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.	24. 9. 2013								
Gl. vzor. (cm)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-30	0-40	0-50	
Kol. vzorca (kg/m ²)	58,1	94,2	97,6	96,8	104,2	191,8	288,6	392,8	
Oznaka vzorca	K13ZP13A91	K13ZP13B91	K13ZP13C91	K13ZP13D91	K13ZP13E91				
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)								
U-238	1,9E+03 ± 3E+02	3,0E+03 ± 3E+02	3,0E+03 ± 3E+02	3,0E+03 ± 3E+02	3,3E+03 ± 3E+02	7,9E+03 ± 5E+02	1,1E+04 ± 6E+02	1,4E+04 ± 7E+02	
Ra-226	3,0E+03 ± 3E+02	4,7E+03 ± 5E+02	4,6E+03 ± 4E+02	4,4E+03 ± 4E+02	4,8E+03 ± 5E+02	1,2E+04 ± 7E+02	1,7E+04 ± 8E+02	2,1E+04 ± 9E+02	
Pb-210	3,3E+03 ± 3E+02	4,6E+03 ± 5E+02	4,6E+03 ± 4E+02	4,3E+03 ± 3E+02	4,2E+03 ± 5E+02	1,2E+04 ± 7E+02	1,7E+04 ± 7E+02	2,1E+04 ± 9E+02	
Ra-228	2,4E+03 ± 1E+02	3,9E+03 ± 2E+02	3,9E+03 ± 2E+02	3,9E+03 ± 2E+02	4,1E+03 ± 2E+02	1,0E+04 ± 3E+02	1,4E+04 ± 4E+02	1,8E+04 ± 4E+02	
Th-228	2,4E+03 ± 1E+02	3,8E+03 ± 2E+02	3,8E+03 ± 2E+02	3,9E+03 ± 2E+02	4,0E+03 ± 2E+02	1,0E+04 ± 3E+02	1,4E+04 ± 4E+02	1,8E+04 ± 4E+02	
Th-230		9,1E+03 ± 5E+03	4,3E+03 ± 2E+03	< 8E+03	4,8E+03 ± 1E+03	1,3E+04 ± 5E+03	1,3E+04 ± 7E+03	1,8E+04 ± 7E+03	
K-40	3,0E+04 ± 3E+03	4,7E+04 ± 5E+03	4,7E+04 ± 4E+03	4,8E+04 ± 5E+03	5,0E+04 ± 5E+03	1,2E+05 ± 7E+03	1,7E+05 ± 8E+03	2,2E+05 ± 1E+04	
Be-7									
I-131									
Cs-134									
Cs-137	1,4E+03 ± 7E+01	2,2E+03 ± 1E+02	2,2E+03 ± 1E+02	1,5E+03 ± 1E+02	1,3E+03 ± 7E+01	5,8E+03 ± 2E+02	7,3E+03 ± 2E+02	8,6E+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.	24. 9. 2013								
Gl. vzor. (cm)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	Uteženo povprečje	Uteženo povprečje		
Kol. vzorca (kg)	0,45	0,48	0,47	0,47	0,47				
Kol. (kg/m ²)	58,1	94,2	97,6	96,8	104,2	0-40	0-50		
Oznaka vzorca	K13ZP13A91	K13ZP13B91	K13ZP13C91	K13ZP13D91	K13ZP13E91				
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)								
U-238	3,2E+01 ± 5E+00	3,2E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 3E+00	3,2E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 2E+00	3,2E+01 ± 1E+00		
Ra-226	5,2E+01 ± 5E+00	5,0E+01 ± 5E+00	4,7E+01 ± 4E+00	4,5E+01 ± 5E+00	4,6E+01 ± 4E+00	4,8E+01 ± 2E+00	4,8E+01 ± 2E+00		
Pb-210	5,6E+01 ± 5E+00	4,9E+01 ± 5E+00	4,7E+01 ± 4E+00	4,4E+01 ± 3E+00	4,0E+01 ± 5E+00	4,8E+01 ± 2E+00	4,6E+01 ± 2E+00		
Ra-228	4,1E+01 ± 2E+00	4,1E+01 ± 2E+00	4,0E+01 ± 2E+00	4,0E+01 ± 2E+00	3,9E+01 ± 2E+00	4,0E+01 ± 1E+00	4,0E+01 ± 9E-01		
Th-228	4,1E+01 ± 2E+00	4,0E+01 ± 2E+00	3,9E+01 ± 2E+00	4,0E+01 ± 2E+00	3,8E+01 ± 2E+00	4,0E+01 ± 1E+00	4,0E+01 ± 9E-01		
Th-230		9,7E+01 ± 5E+01	4,4E+01 ± 2E+01	< 8E+01	4,6E+01 ± 1E+01	3,9E+01 ± 2E+01	4,0E+01 ± 2E+01		
K-40	5,2E+02 ± 5E+01	5,0E+02 ± 5E+01	4,8E+02 ± 5E+01	4,9E+02 ± 5E+01	4,8E+02 ± 5E+01	5,0E+02 ± 2E+01	4,9E+02 ± 2E+01		
Be-7									
I-131									
Cs-134									
Cs-137	2,4E+01 ± 1E+00	2,3E+01 ± 1E+00	2,2E+01 ± 1E+00	1,6E+01 ± 1E+00	1,2E+01 ± 7E-01	2,1E+01 ± 6E-01	1,9E+01 ± 5E-01		
Co-58									
Co-60									
Cr-51									
Mn-54									
Zn-65									
Nb-95									
Ru-106									
Sb-125									

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

(***) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.

LETO 2013 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.	9. 5. 2013							
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	61,2	62,0	66,0	137,7	189,2	+ trava	326,8
Oznaka vzorca	K13ZN2T51	K13ZN2AB51	K13ZN2C51	K13ZN2D51	K13ZN2E51			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
U-238		6,5E+02 ± 1E+02	1,1E+03 ± 2E+02	1,5E+03 ± 2E+02	3,0E+03 ± 5E+02	3,3E+03 ± 3E+02	3,3E+03 ± 3E+02	6,4E+03 ± 6E+02
Ra-226	1,2E+00 ± 7E-01	1,8E+03 ± 2E+02	1,9E+03 ± 2E+02	2,0E+03 ± 1E+02	3,9E+03 ± 6E+02	5,7E+03 ± 3E+02	5,7E+03 ± 3E+02	9,6E+03 ± 6E+02
Pb-210	2,3E+00 ± 5E-01	1,4E+03 ± 2E+02	1,4E+03 ± 2E+02	1E+03	3,1E+03 ± 2E+03	2,8E+03 ± 9E+02	2,8E+03 ± 9E+02	5,9E+03 ± 2E+03
Ra-228	< 3E-01	1,3E+03 ± 6E+01	1,2E+03 ± 6E+01	1,3E+03 ± 6E+01	3,5E+03 ± 2E+02	3,8E+03 ± 1E+02	3,8E+03 ± 1E+02	7,3E+03 ± 2E+02
Th-228	1,3E-01 ± 4E-02	1,3E+03 ± 7E+01	1,1E+03 ± 6E+01	1,3E+03 ± 7E+01	3,4E+03 ± 2E+02	3,8E+03 ± 1E+02	3,8E+03 ± 1E+02	7,2E+03 ± 2E+02
Th-230		< 6E+03				< 4E+03	< 4E+03	< 4E+03
K-40	1,6E+02 ± 2E+01	1,8E+04 ± 2E+03	1,6E+04 ± 2E+03	1,7E+04 ± 2E+03	4,4E+04 ± 4E+03	5,2E+04 ± 3E+03	5,2E+04 ± 3E+03	9,6E+04 ± 5E+03
Be-7	2,6E+01 ± 1E+00	2,0E+02 ± 5E+01				2,0E+02 ± 5E+01	2,2E+02 ± 5E+01	2,0E+02 ± 5E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	5,0E-02 ± 2E-02	1,1E+02 ± 8E+00	4,4E+01 ± 8E+00	8,4E+01 ± 1E+01	4,7E+02 ± 4E+01	2,3E+02 ± 2E+01	2,3E+02 ± 2E+01	7,0E+02 ± 4E+01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	-----	1,8E+01 ± 3E+00	< 5E+01	< 5E+01	7,4E+01 ± 1E+01	1,8E+01 ± 4E+01	1,8E+01 ± 4E+01	9,2E+01 ± 4E+01

Vzorč. mesto	Kusova Vrbina							
Datum vzor.	9. 5. 2013							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo povprečje	Uteženo povprečje	
Kol. vzorca (kg)	0,21	0,48	0,49	0,49	0,43	0-15	0-30	
Kol. (kg/m ²)	0,2	61,2	62,0	66,0	137,7			
Oznaka vzorca	K13ZN2T51	K13ZN2AB51	K13ZN2C51	K13ZN2D51	K13ZN2E51			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238		1,1E+01 ± 2E+00	1,9E+01 ± 2E+00	2,3E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 4E+00	1,8E+01 ± 1E+00	1,9E+01 ± 2E+00	
Ra-226	5,8E+00 ± 3E+00	2,9E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 4E+00	3,0E+01 ± 1E+00	2,9E+01 ± 2E+00	
Pb-210	1,1E+01 ± 2E+00	2,3E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 4E+00	< 2E+01	2,2E+01 ± 1E+01	1,5E+01 ± 5E+00	1,8E+01 ± 5E+00	
Ra-228	< 1E+00	2,1E+01 ± 1E+00	1,9E+01 ± 1E+00	2,0E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 1E+00	2,0E+01 ± 6E-01	2,2E+01 ± 6E-01	
Th-228	5,9E-01 ± 2E-01	2,2E+01 ± 1E+00	1,8E+01 ± 9E-01	2,0E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 1E+00	2,0E+01 ± 6E-01	2,2E+01 ± 6E-01	
Th-230		< 1E+02				< 2E+01	< 1E+01	
K-40	7,5E+02 ± 7E+01	2,9E+02 ± 3E+01	2,6E+02 ± 3E+01	2,6E+02 ± 3E+01	3,2E+02 ± 3E+01	2,7E+02 ± 2E+01	2,9E+02 ± 2E+01	
Be-7	1,2E+02 ± 6E+00	3,2E+00 ± 8E-01				1,0E+00 ± 2E-01	6,0E-01 ± 1E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	2,3E-01 ± 9E-02	1,7E+00 ± 1E-01	7,1E-01 ± 1E-01	1,3E+00 ± 2E-01	3,4E+00 ± 3E-01	1,2E+00 ± 8E-02	2,1E+00 ± 1E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	-----	2,9E-01 ± 5E-02	< 7E-01	< 7E-01	5,4E-01 ± 8E-02	9,4E-02 ± 2E-01	2,8E-01 ± 1E-01	

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

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

LETO 2013 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.	24. 9. 2013							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzorca (kg/m ²)	0,1	43,7	56,4	52,1	149,7	152,2	+ trava	301,9
Ozuala vzorca	K13ZN2T91	K13ZN2AB91	K13ZN2C91	K13ZN2D91	K13ZN2E91			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
U-238	< 1E+00	1,0E+03 ± 1E+02	1,1E+03 ± 8E+01	1,1E+03 ± 1E+02	3,3E+03 ± 4E+02	3,1E+03 ± 2E+02	3,1E+03 ± 2E+02	6,5E+03 ± 5E+02
Ra-226	< 9E-01	1,5E+03 ± 1E+02	1,7E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 2E+02	5,0E+03 ± 5E+02	4,8E+03 ± 3E+02	4,8E+03 ± 3E+02	9,8E+03 ± 6E+02
Pb-210	1,9E+00 ± 5E-01	1,5E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 1E+02	1,4E+03 ± 1E+02	6,3E+03 ± 7E+02	4,5E+03 ± 3E+02	4,5E+03 ± 3E+02	1,1E+04 ± 7E+02
Ra-228	1,5E-01 ± 8E-02	1,0E+03 ± 5E+01	1,2E+03 ± 6E+01	1,2E+03 ± 6E+01	3,9E+03 ± 2E+02	3,5E+03 ± 1E+02	3,5E+03 ± 1E+02	7,4E+03 ± 2E+02
Th-228	9,6E-02 ± 3E-02	1,0E+03 ± 5E+01	1,3E+03 ± 7E+01	1,2E+03 ± 6E+01	3,8E+03 ± 2E+02	3,5E+03 ± 1E+02	3,5E+03 ± 1E+02	7,3E+03 ± 2E+02
Th-230			< 1E+03			< 8E+02	< 8E+02	< 8E+02
K-40	1,3E+02 ± 1E+01	1,4E+04 ± 1E+03	1,7E+04 ± 2E+03	1,6E+04 ± 2E+03	4,9E+04 ± 5E+03	4,7E+04 ± 3E+03	4,7E+04 ± 3E+03	9,6E+04 ± 5E+03
Be-7	2,4E+01 ± 1E+00	2,1E+02 ± 6E+01				2,1E+02 ± 6E+01	2,3E+02 ± 6E+01	2,1E+02 ± 6E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,1E-01 ± 3E-02	1,1E+02 ± 7E+00	9,4E+01 ± 9E+00	1,4E+02 ± 8E+00	8,8E+02 ± 5E+01	3,5E+02 ± 1E+01	3,5E+02 ± 1E+01	1,2E+03 ± 5E+01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	-----	1,7E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 5E+00	2,2E+01 ± 4E+00	1,0E+02 ± 1E+01	6,3E+01 ± 7E+00	6,3E+01 ± 7E+00	1,7E+02 ± 2E+01

Vzorč. mesto	Kusova Vrbina							
Datum vzor.	24. 9. 2013							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo povprečje	Uteženo povprečje	
Kol. vzorca (kg)	0,13	0,51	0,48	0,46	0,44	0-15	0-30	
Kol. (kg/m ²)	0,1	43,7	56,4	52,1	149,7			
Ozuala vzorca	K13ZN2T91	K13ZN2AB91	K13ZN2C91	K13ZN2D91	K13ZN2E91			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	< 7E+00	2,3E+01 ± 3E+00	1,9E+01 ± 1E+00	2,1E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 1E+00	2,1E+01 ± 2E+00	
Ra-226	< 6E+00	3,4E+01 ± 3E+00	2,9E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 2E+00	3,2E+01 ± 2E+00	
Pb-210	1,4E+01 ± 4E+00	3,4E+01 ± 5E+00	2,8E+01 ± 2E+00	2,7E+01 ± 3E+00	4,2E+01 ± 4E+00	2,9E+01 ± 2E+00	3,6E+01 ± 2E+00	
Ra-228	1,1E+00 ± 6E-01	2,4E+01 ± 1E+00	2,2E+01 ± 1E+00	2,3E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 1E+00	2,3E+01 ± 7E-01	2,4E+01 ± 7E-01	
Th-228	6,9E-01 ± 2E-01	2,3E+01 ± 1E+00	2,3E+01 ± 1E+00	2,3E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 1E+00	2,3E+01 ± 7E-01	2,4E+01 ± 7E-01	
Th-230			< 2E+01			< 5E+00	< 3E+00	
K-40	9,5E+02 ± 9E+01	3,2E+02 ± 3E+01	3,0E+02 ± 3E+01	3,0E+02 ± 3E+01	3,3E+02 ± 3E+01	3,1E+02 ± 2E+01	3,2E+02 ± 2E+01	
Be-7	1,8E+02 ± 9E+00	4,8E+00 ± 1E+00				1,4E+00 ± 4E-01	7,0E-01 ± 2E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	7,9E-01 ± 3E-01	2,5E+00 ± 2E-01	1,7E+00 ± 2E-01	2,7E+00 ± 2E-01	5,9E+00 ± 3E-01	2,3E+00 ± 9E-02	4,1E+00 ± 2E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	-----	3,9E-01 ± 7E-02	4,2E-01 ± 8E-02	4,3E-01 ± 8E-02	6,9E-01 ± 1E-01	4,1E-01 ± 5E-02	5,5E-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 2013 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.	9. 5. 2013							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzorca (kg/m ²)	0,1	37,9	53,1	57,9	188,3	148,9	+ trava	337,3
Oznaka vzorca	K13ZN3T51	K13ZN3AB51	K13ZN3C51	K13ZN3D51	K13ZN3E51			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
U-238	< 1E+00	1,1E+03 ± 1E+02	1,7E+03 ± 2E+02	1,7E+03 ± 2E+02	5,7E+03 ± 6E+02	4,4E+03 ± 3E+02	4,4E+03 ± 3E+02	1,0E+04 ± 7E+02
Ra-226	3,5E-01 ± 3E-01	1,7E+03 ± 2E+02	2,7E+03 ± 3E+02	2,6E+03 ± 3E+02	7,3E+03 ± 7E+02	7,0E+03 ± 4E+02	7,0E+03 ± 4E+02	1,4E+04 ± 8E+02
Pb-210	2,4E+00 ± 6E-01	2,5E+03 ± 6E+02	3,2E+03 ± 3E+02	2,7E+03 ± 2E+02	8,8E+03 ± 4E+03	8,4E+03 ± 6E+02	8,4E+03 ± 6E+02	1,7E+04 ± 4E+03
Ra-228	2,6E-01 ± 1E-01	1,3E+03 ± 6E+01	1,8E+03 ± 9E+01	1,8E+03 ± 9E+01	5,7E+03 ± 3E+02	4,9E+03 ± 1E+02	4,9E+03 ± 1E+02	1,1E+04 ± 3E+02
Th-228	1,3E-01 ± 3E-02	1,3E+03 ± 6E+01	1,8E+03 ± 9E+01	1,8E+03 ± 9E+01	5,8E+03 ± 3E+02	4,9E+03 ± 1E+02	4,9E+03 ± 1E+02	1,1E+04 ± 3E+02
Th-230			< 4E+03	2,0E+03 ± 9E+02		2,0E+03 ± 3E+03	2,0E+03 ± 3E+03	2,0E+03 ± 3E+03
K-40	8,7E+01 ± 8E+00	1,6E+04 ± 2E+03	2,1E+04 ± 2E+03	2,2E+04 ± 2E+03	7,2E+04 ± 7E+03	6,0E+04 ± 3E+03	6,0E+04 ± 3E+03	1,3E+05 ± 8E+03
Be-7	1,7E+01 ± 8E-01	4,6E+02 ± 6E+01				4,6E+02 ± 6E+01	4,7E+02 ± 6E+01	4,6E+02 ± 6E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	4,8E-02 ± 2E-02	8,2E+02 ± 4E+01	1,6E+03 ± 8E+01	1,8E+03 ± 1E+02	2,6E+03 ± 1E+02	4,3E+03 ± 2E+02	4,3E+03 ± 2E+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	-----	3,8E+01 ± 3E+00	5,9E+01 ± 6E+00	6,7E+01 ± 6E+00	2,2E+02 ± 2E+01	1,6E+02 ± 9E+00	1,6E+02 ± 9E+00	3,8E+02 ± 2E+01

Vzorč. mesto	Amerika							
Datum vzor.	9. 5. 2013							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo povprečje	Uteženo povprečje	
Kol. vzorca (kg)	0,19	0,38	0,42	0,48	0,52			
Kol. (kg/m ²)	0,1	37,9	53,1	57,9	188,3	0-15	0-30	
Oznaka vzorca	K13ZN3T51	K13ZN3AB51	K13ZN3C51	K13ZN3D51	K13ZN3E51			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	< 1E+01	2,8E+01 ± 4E+00	3,2E+01 ± 4E+00	2,9E+01 ± 3E+00	3,0E+01 ± 3E+00	3,0E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 2E+00
Ra-226	3,3E+00 ± 3E+00	4,5E+01 ± 4E+00	5,1E+01 ± 5E+00	4,5E+01 ± 4E+00	3,9E+01 ± 4E+00	4,7E+01 ± 3E+00	4,2E+01 ± 2E+00	4,2E+01 ± 2E+00
Pb-210	2,3E+01 ± 5E+00	6,5E+01 ± 1E+01	6,0E+01 ± 5E+00	4,7E+01 ± 3E+00	4,7E+01 ± 2E+01	5,6E+01 ± 4E+00	5,1E+01 ± 1E+01	5,1E+01 ± 1E+01
Ra-228	2,5E+00 ± 9E-01	3,4E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 2E+00	3,1E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 9E-01	3,1E+01 ± 9E-01
Th-228	1,2E+00 ± 3E-01	3,4E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 2E+00	3,2E+01 ± 2E+00	3,1E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 1E+00
Th-230			< 8E+01	3,5E+01 ± 2E+01		1,4E+01 ± 2E+01	6,0E+00 ± 8E+00	6,0E+00 ± 8E+00
K-40	8,2E+02 ± 8E+01	4,3E+02 ± 4E+01	3,9E+02 ± 4E+01	3,9E+02 ± 4E+01	3,8E+02 ± 4E+01	4,0E+02 ± 2E+01	3,9E+02 ± 2E+01	3,9E+02 ± 2E+01
Be-7	1,6E+02 ± 8E+00	1,2E+01 ± 1E+00				3,1E+00 ± 4E-01	1,4E+00 ± 2E-01	1,4E+00 ± 2E-01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	4,5E-01 ± 2E-01	2,2E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 2E+00	3,2E+01 ± 2E+00	1,4E+01 ± 7E-01	2,9E+01 ± 1E+00	2,0E+01 ± 6E-01	2,0E+01 ± 6E-01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	-----	1,0E+00 ± 9E-02	1,1E+00 ± 1E-01	1,2E+00 ± 1E-01	1,2E+00 ± 9E-02	1,1E+00 ± 6E-02	1,1E+00 ± 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 2013 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.	24. 9. 2013							
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	35,2	45,0	54,4	151,9	134,5	+ trava	286,5
Oznaka vzorca	K13ZN3T91	K13ZN3AB91	K13ZN3C91	K13ZN3D91	K13ZN3E91			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
U-238	< 1E+00	9,2E+02 ± 1E+02	1,4E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 3E+02	4,0E+03 ± 5E+02	4,1E+03 ± 4E+02	4,1E+03 ± 4E+02	8,1E+03 ± 7E+02
Ra-226	2,0E+00 ± 1E+00	2,0E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 3E+02	2,5E+03 ± 2E+02	5,3E+03 ± 5E+02	6,0E+03 ± 4E+02	6,0E+03 ± 4E+02	1,1E+04 ± 6E+03
Pb-210	1,4E+01 ± 5E+00	2,4E+03 ± 4E+02	3,0E+03 ± 1E+03	3,0E+03 ± 9E+02	4,5E+03 ± 5E+02	8,5E+03 ± 2E+03	8,5E+03 ± 2E+03	1,3E+04 ± 2E+03
Ra-228	3,6E-01 ± 2E-01	1,2E+03 ± 6E+01	1,3E+03 ± 7E+01	1,7E+03 ± 8E+01	4,5E+03 ± 2E+02	4,2E+03 ± 1E+02	4,2E+03 ± 1E+02	8,7E+03 ± 3E+02
Th-228	2,9E-01 ± 1E-01	1,3E+03 ± 6E+01	1,4E+03 ± 7E+01	1,6E+03 ± 8E+01	4,2E+03 ± 2E+02	4,2E+03 ± 1E+02	4,2E+03 ± 1E+02	8,4E+03 ± 2E+02
Th-230		< 2E+03	< 4E+03		< 9E+03	< 3E+03	< 3E+03	< 6E+03
K-40	7,6E+01 ± 7E+00	1,6E+04 ± 2E+03	1,7E+04 ± 2E+03	2,0E+04 ± 2E+03	5,3E+04 ± 5E+03	5,3E+04 ± 3E+03	5,4E+04 ± 3E+03	1,1E+05 ± 6E+03
Be-7	1,0E+02 ± 5E+00	2,3E+02 ± 5E+01			< 3E+02	2,3E+02 ± 5E+01	3,3E+02 ± 5E+01	2,3E+02 ± 2E+02
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,6E-01 ± 6E-02	8,7E+02 ± 4E+01	1,3E+03 ± 6E+01	1,9E+03 ± 9E+01	3,8E+03 ± 2E+02	4,0E+03 ± 1E+02	4,0E+03 ± 1E+02	7,8E+03 ± 2E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	-----	3,0E+01 ± 3E+00	4,2E+01 ± 4E+00	5,7E+01 ± 5E+00	1,5E+02 ± 1E+01	1,3E+02 ± 7E+00	1,3E+02 ± 7E+00	2,8E+02 ± 2E+01

Vzorč. mesto	Amerika							
Datum vzor.	24. 9. 2013							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo povprečje	Uteženo povprečje	
Kol. vzorca (kg)	0,16	0,38	0,43	0,44	0,50	0-15	0-30	
Kol. (kg/m ²)	0,2	35,2	45,0	54,4	151,9			
Oznaka vzorca	K13ZN3T91	K13ZN3AB91	K13ZN3C91	K13ZN3D91	K13ZN3E91			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	< 5E+00	2,6E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 4E+00	3,3E+01 ± 5E+00	2,6E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 3E+00	2,8E+01 ± 2E+00	
Ra-226	8,3E+00 ± 4E+00	5,6E+01 ± 5E+00	3,5E+01 ± 6E+00	4,5E+01 ± 4E+00	3,5E+01 ± 3E+00	4,5E+01 ± 3E+00	3,9E+01 ± 2E+00	
Pb-210	6,1E+01 ± 2E+01	6,8E+01 ± 1E+01	6,8E+01 ± 3E+01	5,6E+01 ± 2E+01	2,9E+01 ± 4E+00	6,3E+01 ± 1E+01	4,5E+01 ± 6E+00	
Ra-228	1,5E+00 ± 7E-01	3,5E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 9E-01	3,1E+01 ± 9E-01	
Th-228	1,2E+00 ± 5E-01	3,6E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 9E-01	2,9E+01 ± 8E-01	
Th-230		< 5E+01	< 9E+01		< 6E+01	< 2E+01	< 2E+01	
K-40	3,2E+02 ± 3E+01	4,6E+02 ± 5E+01	3,7E+02 ± 4E+01	3,8E+02 ± 4E+01	3,5E+02 ± 3E+01	4,0E+02 ± 2E+01	3,7E+02 ± 2E+01	
Be-7	4,3E+02 ± 2E+01	6,5E+00 ± 2E+00			< 2E+00	1,7E+00 ± 4E-01	8,0E-01 ± 6E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	6,9E-01 ± 2E-01	2,5E+01 ± 1E+00	2,9E+01 ± 1E+00	3,5E+01 ± 2E+00	2,5E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 9E-01	2,7E+01 ± 8E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	-----	8,6E-01 ± 9E-02	9,4E-01 ± 9E-02	1,1E+00 ± 1E-01	9,7E-01 ± 9E-02	9,6E-01 ± 6E-02	9,7E-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.

HRANILA

10. MLEKO
11. SADJE
12. POVRTNINE IN POLJŠČINE
13. MESO, PERUTNINA, JAJCA

LETO 2013 T - 61 a
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Pesje						
Datum vzor.	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Polletno povprečje
Kol. vzorca (kg)	5,39	5,41	5,34	5,44	5,39	5,40	
Oznaka vzorca	MLPE0113	MLPE0213	MLPE0313	MLPE0413	MLPE0513	MLPE0613	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI						
U-238	8,4E-02 ± 7E-02	5,0E-02 ± 4E-02	4,0E-02 ± 5E-02		6,4E-02 ± 4E-02	2,0E-01 ± 4E-02	7,2E-02 ± 3E-02
Ra-226		4,5E-02 ± 6E-03		9,0E-03 ± 6E-03		1,1E-02 ± 8E-03	1,1E-02 ± 7E-03
Pb-210	1,1E-01 ± 6E-02		3,9E-02 ± 5E-02	6,5E-02 ± 6E-02	6,0E-02 ± 5E-02		4,6E-02 ± 2E-02
Ra-228						1,9E-02 ± 1E-02	3,2E-03 ± 3E-03
Th-228		4,8E-02 ± 1E-02					8,0E-03 ± 8E-03
Th-230							
K-40	4,6E+01 ± 3E+00	5,0E+01 ± 2E+00	4,9E+01 ± 3E+00	4,9E+01 ± 3E+00	5,1E+01 ± 2E+00	4,7E+01 ± 3E+00	4,9E+01 ± 1E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	8,4E-02 ± 7E-03	7,0E-02 ± 5E-03	1,9E-02 ± 4E-03	1,7E-02 ± 4E-03	4,8E-02 ± 3E-03	5,0E-02 ± 4E-03	4,8E-02 ± 1E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	3,2E-02 ± 4E-03	2,7E-02 ± 5E-03	2,2E-02 ± 4E-03	1,9E-02 ± 4E-03	2,4E-02 ± 4E-03	4,0E-02 ± 5E-03	2,7E-02 ± 3E-03

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

LETO 2013 T - 61 b
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Pesje						
Datum vzor.	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letno povprečje
Kol. vzorca (kg)	5,44	5,39	5,41	5,40	2,30	5,46	
Oznaka vzorca	MLPE0713	MLPE0813	MLPE0913	MLPE1013	MLPE1113	MLPE1213	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI						
U-238							3,6E-02 ± 2E-02
Ra-226	1,3E-02 ± 5E-03				2,1E-02 ± 8E-03	1,3E-02 ± 4E-03	9,3E-03 ± 4E-03
Pb-210	< 7E-02				9,4E-02 ± 6E-02		3,1E-02 ± 1E-02
Ra-228	2,0E-02 ± 1E-02						3,3E-03 ± 2E-03
Th-228	2,3E-02 ± 9E-03			4,1E-02 ± 1E-02			9,3E-03 ± 5E-03
Th-230							
K-40	5,0E+01 ± 2E+00	5,0E+01 ± 2E+00	4,5E+01 ± 2E+00	4,8E+01 ± 2E+00	5,3E+01 ± 3E+00	4,6E+01 ± 3E+00	4,9E+01 ± 7E-01
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	2,3E-02 ± 3E-03	4,9E-02 ± 3E-03	4,1E-02 ± 4E-03	3,0E-02 ± 4E-03	4,3E-02 ± 6E-03	1,1E-01 ± 8E-03	4,9E-02 ± 8E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,9E-02 ± 5E-03	1,1E-02 ± 4E-03	2,3E-02 ± 4E-03	1,4E-02 ± 3E-03	2,7E-02 ± 4E-03	3,5E-02 ± 5E-03	2,5E-02 ± 2E-03

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

LETO 2013 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
Datum vzor.	4,96	5,32	5,23	5,33	5,34	4,84	
Kol. vzorca (kg)							
Označa vzorca	MLVH0113	MLVH0213	MLVH0313	MLVH0413	MLVH0513	MLVH0613	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI						
U-238	4,8E-02 ± 4E-02	1,5E-02 ± 6E-03	4,2E-03 ± 5E-02	9,7E-02 ± 4E-02	1,4E-02 ± 2E-03	8,0E-03 ± 8E-03	4,8E-03 ± 3E-03
Ra-226		< 8E-02			4,5E-02 ± 2E-02	< 1E-01	2,4E-02 ± 3E-02
Pb-210							
Ra-228		1,4E-02 ± 1E-02			4,4E-03 ± 4E-03	4,1E-02 ± 2E-02	9,9E-03 ± 7E-03
Th-228							
Th-230							
K-40	3,7E+01 ± 2E+00	4,2E+01 ± 2E+00	4,8E+01 ± 3E+00	5,0E+01 ± 3E+00	5,0E+01 ± 3E+00	4,2E+01 ± 2E+00	4,5E+01 ± 2E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	< 2E-02	1,6E-02 ± 3E-03	2,5E-02 ± 4E-03	1,5E-02 ± 3E-03	2,1E-02 ± 2E-03	< 5E-02	1,3E-02 ± 9E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,1E-02 ± 4E-03	2,5E-02 ± 4E-03	2,7E-02 ± 5E-03	1,3E-02 ± 4E-03	1,6E-02 ± 4E-03	6,9E-02 ± 4E-03	2,9E-02 ± 8E-03

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

LETO 2013 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
Datum vzor.	5,34	5,15	5,39	4,84	5,38	5,34	
Kol. vzorca (kg)							
Označa vzorca	MLVH0713	MLVH0813	MLVH0913	MLVH1013	MLVH1113	MLVH1213	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI						
U-238	1,0E-02 ± 2E-03	8,8E-03 ± 6E-03	4,1E-02 ± 4E-03	9,9E-03 ± 7E-03	2,6E-02 ± 5E-03	3,9E-02 ± 2E-02	7,3E-03 ± 5E-03
Ra-226	1,8E-02 ± 1E-02			7,7E-02 ± 6E-02	7,3E-02 ± 5E-02	7,1E-03 ± 2E-03	1,1E-02 ± 4E-03
Pb-210				6,5E-02 ± 3E-02			2,6E-02 ± 1E-02
Ra-228				1,9E-02 ± 2E-02			5,4E-03 ± 5E-03
Th-228	1,1E-02 ± 4E-03	1,1E-02 ± 6E-03					8,4E-03 ± 4E-03
Th-230							
K-40	4,3E+01 ± 2E+00	4,6E+01 ± 2E+00	4,9E+01 ± 3E+00	4,8E+01 ± 3E+00	5,0E+01 ± 3E+00	4,9E+01 ± 3E+00	4,6E+01 ± 1E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,1E-02 ± 1E-03	1,7E-02 ± 3E-03	1,4E-02 ± 2E-03	1,5E-02 ± 4E-03	1,8E-02 ± 4E-03	2,0E-02 ± 2E-03	1,4E-02 ± 5E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	3,6E-02 ± 6E-03	1,9E-02 ± 4E-03	1,4E-02 ± 3E-03	1,4E-02 ± 5E-03	4,3E-03 ± 5E-03	3,6E-02 ± 5E-03	2,5E-02 ± 5E-03

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

LETO 2013 T - 63 a
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/

Vzorč. mesto	Bregje							
	Datum vzor.	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Polletno povprečje
Kol. vzorca (kg)	5,35	5,43	5,13	5,56	5,36	5,36		
Oznaka vzorca	MLBG0113	MLBG0213	MLBG0313	MLBG0413	MLBG0513	MLBG0613		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI							
U-238		1,0E-01 ± 6E-02		1,4E-02 ± 1E-02		1,7E-02 ± 6E-03	2,0E-02 ± 1E-02	1,9E-02 ± 2E-02
Ra-226								6,2E-03 ± 4E-03
Pb-210	6,6E-02 ± 5E-02	2,1E-01 ± 6E-02	1,6E-02 ± 8E-02	2,0E-02 ± 1E-02				5,2E-02 ± 3E-02
Ra-228						1,0E-01 ± 3E-02		1,7E-02 ± 2E-02
Th-228	2,0E-02 ± 1E-02					2,8E-02 ± 1E-02	6,9E-02 ± 2E-02	2,0E-02 ± 1E-02
Th-230								
K-40	4,9E+01 ± 1E+00	4,9E+01 ± 3E+00	4,9E+01 ± 2E+00	4,7E+01 ± 2E+00	4,6E+01 ± 1E+00	4,2E+01 ± 2E+00	4,7E+01 ± 1E+00	
Be-7								
I-131								
Cs-134								
Cs-137	2,7E-02 ± 4E-03	5,7E-02 ± 6E-03	4,3E-02 ± 5E-03	5,7E-02 ± 2E-03	4,3E-02 ± 5E-03	1,9E-02 ± 4E-03	4,1E-02 ± 6E-03	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-90	1,6E-02 ± 4E-03	1,4E-02 ± 4E-03	1,3E-02 ± 4E-03	1,1E-02 ± 5E-03	1,5E-02 ± 4E-03	1,7E-02 ± 3E-03	1,4E-02 ± 2E-03	

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

LETO 2013 T - 63 b
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/

Vzorč. mesto	Bregje						
	Datum vzor.	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December
Kol. vzorca (kg)	5,34	5,16	5,46	5,38	2,66	5,36	
Oznaka vzorca	MLBG0713	MLBG0813	MLBG0913	MLBG1013	MLBG1113	MLBG1213	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI						
U-238	3,6E-01 ± 1E-01		7,6E-02 ± 7E-02	1,2E-02 ± 3E-03	5,2E-02 ± 3E-03	4,2E-01 ± 9E-02	8,1E-02 ± 4E-02
Ra-226	4,4E-02 ± 9E-03		8,5E-02 ± 8E-03			1,6E-02 ± 8E-03	2,1E-02 ± 8E-03
Pb-210	2,1E-01 ± 7E-02						4,3E-02 ± 2E-02
Ra-228							8,3E-03 ± 8E-03
Th-228		4,0E-02 ± 1E-02	2,1E-02 ± 1E-02	3,2E-02 ± 6E-03	8,6E-03 ± 6E-03		1,8E-02 ± 6E-03
Th-230							
K-40	4,2E+01 ± 1E+00	4,4E+01 ± 1E+00	4,9E+01 ± 2E+00	5,3E+01 ± 3E+00	4,8E+01 ± 3E+00	5,3E+01 ± 2E+00	4,7E+01 ± 1E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	4,7E-02 ± 6E-03	4,9E-02 ± 3E-03	5,6E-02 ± 5E-03	3,7E-02 ± 2E-03	1,8E-02 ± 2E-03	3,4E-02 ± 6E-03	4,1E-02 ± 4E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,1E-02 ± 4E-03	1,5E-02 ± 3E-03	1,4E-02 ± 9E-03	3,3E-02 ± 5E-03	6,4E-03 ± 3E-03	2,0E-02 ± 5E-03	1,6E-02 ± 2E-03

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

LETO 2013 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)		
3. 6. 2013	4. 6. 2013	< 6,29E-3	< 6,87E-3	< 6,91E-3
17. 6. 2013	18. 6. 2013	< 6,01E-3	< 7,18E-3	< 6,85E-3
1. 7. 2013	2. 7. 2013	< 6,38E-3	< 7,46E-3	< 7,44E-3
1. 8. 2013	2. 8. 2013	< 6,72E-3	< 7,84E-3	< 7,35E-3
13. 8. 2013	14. 8. 2013	< 7,58E-3	< 8,70E-3	< 7,72E-3
2. 9. 2013	3. 9. 2013	< 7,09E-3	< 8,40E-3	< 8,83E-3
1. 10. 2013	2. 10. 2013	< 7,37E-3	< 7,99E-3	< 7,21E-3
15. 10. 2013	16. 10. 2013	< 6,18E-3	< 7,83E-3	< 7,97E-3

LETO 2013 T - 65
11. HRANILA – SADJE - jabolka



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (**)

Vzorč. mesto	Evrosad Krško - sadovnjak okoli NEK	Evrosad Krško - sadovnjak okoli NEK	Evrosad Krško	Evrosad Krško	Povprečje - jabolka (*)
Vrsta vzorca	Jabolka	Jabolka	Jabolka	Jabolka	
Datum vzor.	5. 9. 2013	5. 9. 2013	23. 10. 2013	23. 10. 2013	
Kol. vzorca (kg)	0,56	0,29	0,39	0,40	
Odstoteksuhve snovi	17,00	15,70	13,60	14,30	
Oznaka vzorca	K13HSJB591	K13HSJB791	K13HSJB6A1	K13HSJB8A1	
IZOTOP SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI					
U-238	< 3E-01	2,8E-01 ± 2E-01			6,9E-02 ± 7E-02
Ra-226	7,8E-02 ± 4E-02	< 1E-01			2,0E-02 ± 2E-02
Pb-210	< 3E-01	< 5E-01	< 4E-01	< 4E-01	< 1E-01
Ra-228		7,1E-02 ± 6E-02			1,8E-02 ± 2E-02
Th-228	< 2E-02	< 5E-02		< 4E-02	< 1E-02
Th-230					
K-40	5,1E+01 ± 5E+00	3,5E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 3E+00	3,9E+01 ± 4E+00	3,8E+01 ± 5E+00
Be-7	1,4E-01 ± 7E-02	2,7E-01 ± 2E-01		1,8E-01 ± 9E-02	1,5E-01 ± 6E-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	1,2E-02 ± 2E-03	2,5E-02 ± 3E-03	1,9E-02 ± 3E-03	1,7E-02 ± 1E-03	1,8E-02 ± 3E-03

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

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

LETO 2013 T - 66
11. HRANILA – SADJE - hruške

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

Vzorč. mesto	Evrosad Krško	Evrosad Krško - sadovnjak okoli NEK	
Vrsta vzorca	Hruške pachans	Hruške viljamovka	Povprečje - hruške (*)
Datum vzor.	5. 9. 2013	5. 9. 2013	
Kol. vzorca (kg)	0,57	0,34	
Odstoteksuhe snovi	16,50	15,90	
Oznaka vzorca	K13HSHR191	K13HSHR791	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI		
U-238	<	<	<
Ra-226	< 8E-02	9,7E-02 ± 5E-02	< 4,8E-02 ± 5E-02
Pb-210	< 4E-01	< 2E-01	< 1E-01
Ra-228	< 1E-01	6,1E-02 ± 4E-02	3,1E-02 ± 4E-02
Th-228	2,3E-02 ± 1E-02	1,6E-02 ± 9E-03	2,0E-02 ± 8E-03
Th-230			
K-40	4,4E+01 ± 4E+00	4,7E+01 ± 4E+00	4,5E+01 ± 3E+00
Be-7	9,1E-01 ± 2E-01	7,9E-01 ± 7E-02	8,5E-01 ± 9E-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	2,1E-02 ± 2E-03	3,3E-02 ± 3E-03	2,7E-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 2013 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.	27. 5. 2013	27. 5. 2013	
Kol. vzorca (kg)	0,34	0,23	
Odstoteksuhe snovi	9,30	7,50	
Oznaka vzorca	K13HSJG2151	K13HSJG2251	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI		
U-238	< 2E-01	<	< 5E-02
Ra-226	2,0E-01 ± 6E-02	1,8E-01 ± 6E-02	1,9E-01 ± 4E-02
Pb-210	< 5E-01	< 2E-01	< 2E-01
Ra-228	5,4E-02 ± 2E-02	< 1E-01	2,7E-02 ± 5E-02
Th-228	< 1E-02	< 3E-02	< 9E-03
Th-230	< 1E+00	<	< 3E-01
K-40	3,7E+01 ± 3E+00	3,6E+01 ± 3E+00	3,6E+01 ± 2E+00
Be-7	6,3E-01 ± 6E-02		3,1E-01 ± 3E-01
I-131			
Cs-134			
Cs-137	5,2E-03 ± 3E-03		2,6E-03 ± 3E-03
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
Sr-89/Sr-90	1,0E-01 ± 6E-03	2,3E-02 ± 2E-03	6,3E-02 ± 4E-02

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

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

LETO 2013 T - 68
11. HRANILA – SADJE – rdeče in belo vino ter bezeg

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (**)

Vzorč. mesto	Vinska klet Leskovec	Vinska klet Leskovec	Krško
Vrsta vzorca	Vino - rdeče	Vino - belo	Bezeg
Datum vzor.	23. 10. 2013	23. 10. 2013	5. 9. 2013
Kol. vzorca (kg)	0,12	0,09	0,22
Odstoteksuhe snovi	2,40	1,80	17,60
Oznaka vzorca	K13HSVI1A1	K13HSVI2A1	K13HSBZ191
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI		
U-238	7,7E-02 ± 6E-02		7,2E-01 ± 6E-01
Ra-226	2,0E-02 ± 1E-02	< 3E-02	5,7E-01 ± 2E-01
Pb-210	2,0E-01 ± 7E-02	< 2E-01	1,7E+00 ± 3E-01
Ra-228			4,7E-01 ± 8E-02
Th-228	5,9E-03 ± 3E-03		7,8E-02 ± 3E-02
Th-230			
K-40	4,0E+01 ± 4E+00	3,2E+01 ± 3E+00	1,4E+02 ± 1E+01
Be-7	4,0E-01 ± 3E-02	3,1E-01 ± 3E-02	1,3E+01 ± 7E-01
I-131			
Cs-134			
Cs-137	4,4E-03 ± 2E-03	4,6E-03 ± 3E-03	5,9E-01 ± 3E-02
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
Sr-89/Sr-90	2,7E-02 ± 2E-03	2,2E-02 ± 2E-03	5,7E-01 ± 3E-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 2013 T - 69
12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE - solata, blitva, zelje, krompir

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Brege	Pesje	Žadovinek	Vihre
Vrsta vzorca	solata	blitva	zelje	krompir
Datum vzor.	17. 6. 2013	17. 6. 2013	17. 6. 2013	17. 6. 2013
Oznaka vzorca	SZNEK010613	SZNEK020613	SZNEK030613	SZNEK040613
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI			
U-238	6,9E-02 ± 4E-02	2,6E-01 ± 7E-02	4,8E-02 ± 3E-02	7,0E-01 ± 2E-01
Ra-226	2,4E-02 ± 7E-03	9,6E-02 ± 1E-02	2,0E-02 ± 4E-03	
Pb-210	3,0E-01 ± 5E-02	3,8E-01 ± 9E-02	1,3E-01 ± 3E-02	2,2E-01 ± 1E-01
Ra-228	6,8E-02 ± 1E-02	2,5E-01 ± 2E-02		
Th-228	5,1E-02 ± 1E-02	7,6E-02 ± 2E-02	2,0E-02 ± 7E-03	
Th-230				
K-40	1,0E+02 ± 3E+00	2,4E+02 ± 1E+01	8,3E+01 ± 4E+00	1,2E+02 ± 3E+00
Be-7	3,1E+00 ± 1E-01	4,3E+00 ± 2E-01	8,3E-01 ± 3E-02	
I-131				
Cs-134				
Cs-137	1,7E-02 ± 2E-03	3,8E-02 ± 7E-03	< 2E-02	< 6E-02
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	7,0E-01 ± 1E-02	4,0E-01 ± 3E-02	1,1E-01 ± 1E-02	2,8E-02 ± 9E-03

LETO 2013 T - 70

12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE – peteršilj, bučke, čebula, rdeča pesa

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Spodnji Stari Grad	Vrbina	Žadovinek	Trnje
Vrsta vzorca	peteršilj	bučke	čebula	rdeča pesa
Datum vzor.	1. 7. 2013	1. 7. 2013	1. 7. 2013	1. 7. 2013
Oznaka vzorca	SZNEK050613	SZNEK0613	SZNEK070613	SZNEK080613
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI			
U-238	5,4E-01 ± 2E-01	5,2E-02 ± 5E-02	9,1E-01 ± 2E-01	3,0E-02 ± 1E-02
Ra-226	2,9E-01 ± 3E-02	2,1E-02 ± 8E-03	2,0E-02 ± 1E-02	
Pb-210	1,4E+00 ± 2E-01	1,4E-01 ± 6E-02	7,2E-02 ± 7E-02	
Ra-228	3,6E-01 ± 5E-02		3,4E-02 ± 3E-02	9,7E-02 ± 3E-02
Th-228	2,6E-01 ± 5E-02			3,4E-02 ± 3E-02
Th-230				
K-40	1,7E+02 ± 5E+00	5,4E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 7E-01	1,3E+02 ± 6E+00
Be-7	6,4E+00 ± 3E-01			2,7E-01 ± 6E-02
I-131				
Cs-134				
Cs-137	8,3E-02 ± 1E-02	< 3E-02	< 3E-02	2,4E-02 ± 6E-03
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	1,9E-01 ± 2E-02	4,7E-02 ± 5E-03	5,0E-02 ± 9E-03	2,9E-01 ± 2E-02

LETO 2013 T - 71

12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE – korenje, feferoni, paprika, paradižnik

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Pesje	Brege	Trnje	Žadovinek
Vrsta vzorca	korenje	feferoni	paprika	paradižnik
Datum vzor.	3. 8. 2013	3. 8. 2013	3. 8. 2013	3. 8. 2013
Oznaka vzorca	SZNEK090813	SZNEK100813	SZNEK110813	SZNEK120913
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI			
U-238	2,2E-01 ± 2E-01	3,1E-01 ± 7E-02	6,4E-01 ± 1E-01	1,5E-01 ± 4E-02
Ra-226	7,1E-02 ± 2E-02	2,6E-02 ± 7E-03	2,6E-02 ± 1E-02	1,4E-02 ± 6E-03
Pb-210	1,6E-01 ± 1E-01	< 9E-02	1,2E-01 ± 8E-02	
Ra-228	1,9E-01 ± 3E-02		1,1E-01 ± 3E-02	
Th-228	5,9E-02 ± 3E-02	6,9E-02 ± 2E-02		2,5E-01 ± 7E-02
Th-230				
K-40	1,5E+02 ± 5E+00	7,7E+01 ± 4E+00	8,5E+01 ± 2E+00	6,3E+01 ± 3E+00
Be-7		3,4E-01 ± 4E-02	2,2E-01 ± 4E-02	
I-131				
Cs-134				
Cs-137	3,1E-02 ± 9E-03	< 4E-02	< 4E-02	< 3E-02
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	1,4E-01 ± 2E-02	< 1E-02	< 1E-02	< 1E-02

LETO 2013 T - 72

12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE – koleraba, fižol, repa, ohrovt

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Stari Grad	Brege	Pesje	Spodnji Stari Grad
Vrsta vzorca	koleraba	fižol	repa	ohrovt
Datum vzor.	3. 8. 2013	28. 9. 2013	28. 9. 2013	28. 9. 2013
Oznaka vzorca	SZNEK130813	SZNEK140913	SZNEK150913	SZNEK160913
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI			
U-238		2,4E+00 ± 6E-01		
Ra-226	5,4E-02 ± 1E-02	9,1E-01 ± 6E-02	1,2E-02 ± 6E-03	2,4E-02 ± 8E-03
Pb-210	1,5E-01 ± 1E-01	1,3E+00 ± 4E-01	< 6E-02	2,8E-01 ± 9E-02
Ra-228	4,0E-02 ± 3E-02		3,3E-02 ± 1E-02	7,1E-02 ± 2E-02
Th-228		1,7E+00 ± 6E-01	1,3E-02 ± 1E-02	
Th-230				
K-40	1,9E+02 ± 6E+00	4,7E+02 ± 1E+01	8,0E+01 ± 2E+00	1,1E+02 ± 5E+00
Be-7		1,9E+00 ± 3E-01	1,8E-01 ± 3E-02	2,4E-01 ± 3E-02
I-131				
Cs-134				
Cs-137	< 6E-02	< 2E-01	6,9E-03 ± 2E-03	6,2E-02 ± 5E-03
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	2,2E-01 ± 2E-02	7,1E-02 ± 3E-02	4,9E-02 ± 6E-03	2,0E-01 ± 2E-02

LETO 2013 T - 73

12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE – jajčevci, radič, kuruza, ječmen

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Žadovinek	Brege	Vrbina	Trnje
Vrsta vzorca	jajčevci	radič	koruza	ječmen
Datum vzor.	28. 9. 2013	28. 9. 2013	28. 9. 2013	28. 9. 2013
Oznaka vzorca	SZNEK170913	SZNEK180913	SZNEK190913	SZNEK200913
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI			
U-238	1,8E-01 ± 4E-02		1,9E-01 ± 1E-01	
Ra-226	9,0E-03 ± 6E-03	2,5E-02 ± 6E-03	3,3E-01 ± 1E-02	2,9E-01 ± 3E-02
Pb-210	6,5E-02 ± 4E-02			1,1E+00 ± 2E-01
Ra-228	4,1E-02 ± 1E-02			3,2E-01 ± 7E-02
Th-228		5,0E-02 ± 1E-02		1,8E-01 ± 6E-02
Th-230				
K-40	5,3E+01 ± 3E+00	1,2E+02 ± 2E+01	9,9E+01 ± 5E+00	1,8E+02 ± 1E+01
Be-7	1,4E-01 ± 2E-02	1,9E+00 ± 2E-01	2,3E-01 ± 5E-02	5,6E+00 ± 3E-01
I-131				
Cs-134				
Cs-137	< 3E-02	< 2E-02	< 5E-02	< 1E-01
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	6,7E-02 ± 8E-03	2,4E-01 ± 2E-02	4,5E-02 ± 2E-02	3,4E-01 ± 4E-02

LETO 2013 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 (Rodman)		Spodnji Stari Grad (Turnšek)
Vrsta vzorca	Kološja jajca	Kološja jajca	Povprečje - jajca (*)	Kološje meso
Datum vzor.	30. 1. 2013	4. 2. 2013		30. 1. 2013
Kol. vzorca (kg)	0,26	0,26		0,20
Odstoteksuhne snovi	23,90	25,40		27,00
Oznaka vzorca	K13HJ111	K13HJ321		K13HMK111
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI			
U-238	< 5E-01		< 1E-01	
Ra-226	< 4E-01	3,7E-01 ± 2E-01	1,8E-01 ± 2E-01	5,8E-01 ± 3E-01
Pb-210	< 8E-01	< 8E-01	< 3E-01	< 1E+00
Ra-228	1,0E-01 ± 6E-02	1,4E-01 ± 8E-02	1,2E-01 ± 5E-02	
Th-228		1,6E-01 ± 8E-02	8,1E-02 ± 8E-02	< 2E-01
Th-230				
K-40	4,1E+01 ± 4E+00	4,0E+01 ± 4E+00	4,1E+01 ± 3E+00	1,0E+02 ± 1E+01
Be-7				
I-131				
Cs-134				
Cs-137		3,8E-02 ± 2E-02	1,9E-02 ± 2E-02	8,7E-02 ± 4E-02
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-89/Sr-90	< 2E-02	< 2E-02	< 8E-03	< 3E-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 2013 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 (Skofljanc)		Sromlje	Brege
Vrsta vzorca	Svinjsko meso	Svinjsko meso	Povprečje - svinjsko meso (*)	Goveje meso	Divjačinsko meso
Datum vzor.	30. 1. 2013	18. 2. 2013		12. 3. 2013	4. 3. 2013
Kol. vzorca (kg)	0,37	0,41		0,42	0,28
Odstoteksuhne snovi	37,00	30,00		24,60	25,50
Oznaka vzorca	K13HMS111	K13HMS221		K13HMG431	K13HMD131
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI				
U-238	< 1E+00	< 4E-01	< 3E-01		< 6E-01
Ra-226					
Pb-210	< 1E+00	< 3E-01	< 4E-01	3,5E-01 ± 2E-01	< 5E-01
Ra-228					
Th-228	< 9E-02		< 3E-02	< 1E-01	
Th-230					
K-40	9,4E+01 ± 9E+00	1,4E+02 ± 2E+01	1,2E+02 ± 2E+01	1,4E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 1E+01
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	3,6E-01 ± 3E-02	1,1E-01 ± 4E-02	2,4E-01 ± 1E-01	1,2E-01 ± 2E-02	2,1E-01 ± 2E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	< 2E-02	< 2E-02	< 7E-03	< 1E-02	2,0E-02 ± 5E-03

(**) 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 2012
NPL – Velika Britanija
(B1, B2, GL – kontaminirane vodne raztopine in
S – kontrolirano kontaminiran trdni vzorec - pesek)**

V juliju 2013 je bilo izdano končno poročilo za mednarodne primerjalne meritve "Environmental Radioactivity Comparison Exercise 2012" [NPL REPORT IR 28, Environmental Radioactivity Proficiency Test Exercise 2012, J. Dean, S. Collins and G. Ham, julij 2013], kjer so sodelovali Odsek F-2 z IJS (koda laboratorija 21) pri meritvi vzorca GL, Odsek O-2 z IJS (koda laboratorija 106) pri meritvah vzorcev B1 in B2 ter ZVD (koda laboratorija 114) pri meritvi vzorcev vod z oznakama B2 in GL. Končni rezultati analiz in primerjave z referenčnimi vrednostmi NPL so zbrane v naslednjih preglednicah. Pri statističnih ocenah so bile uporabljene naslednje zveze:

odmik = (IJS rezultat – NPL vrednost) · 100 % / NPL vrednost

ζ -preskus = (IJS rezultat – NPL vrednost) · [(IJS negotovost)² + (NPL negotovost)²]^{1/2}

(D = disagreement, Q = questionable)

REZULTATI IJS, Odsek F-2:

NPL – GL / Lab Code 21 kontaminirana vodna raztopina s sevalci gama nizkih aktivnosti analize IJS opravljene <i>novembra 2012</i> , končni rezultati objavljeni <i>julija 2013</i>				
IZOTOP	NPL	IJS	odmik (%)	ζ -preskus
	(Bq/kg)			
Co-60	17,68 ± 0,08	17,5 ± 0,6	-1,0	-0,30
Cs-134	2,190 ± 0,017	2,16 ± 0,07	-1,4	-0,23
Cs-137	4,12 ± 0,04	4,25 ± 0,13	3,1	0,53
K-40	16,4 ± 0,8	16,4 ± 0,8	0,0	0,00
Pb-210	19,46 ± 0,22	21,6 ± 0,9	11,0	2,30

REZULTATI IJS, Odsek O-2:

NPL – B1 / Lab Code 106 kontaminirana vodna raztopina analize IJS, Odsek O-2 opravljene <i>od novembra do decembra 2012</i> končno poročilo objavljeno <i>julija 2013</i>				
IZOTOP	NPL	IJS, Odsek O-2	odmik (%)	ζ -preskus
	(Bq/g)			
H-3	1,046 ± 0,0008	1,08 ± 0,04	2,9	0,79
C-14	0,968 ± 0,008	0,84 ± 0,05	-12,8	-2,46

NPL – B2 / Lab Code 106
kontaminirana vodna raztopina
 analize IJS, Odsek O-2 opravljene *od novembra do decembra 2012*,
 končno poročilo objavljeno *julija 2013*

IZOTOP	NPL	IJS, Odsek O-2	odmik (%)	ζ-preskus
	(Bq/g)			
H-3	1,076 ± 0,008	1,15 ± 0,04	7,2	2,30
Sr-90	0,1429 ± 0,0003	0,135 ± 0,009	-5,3	-0,89

REZULTATI ZVD

NPL – B2 / Lab Code 114
kontaminirana vodna raztopina
 analize ZVD opravljene *od septembra do decembra 2012*,
 končni rezultati objavljene *julija 2013*

IZOTOP	NPL	ZVD	odmik (%)	ζ-preskus
	(Bq/g)			
Sr-90	0,1429 ± 0,0003	0,14 ± 0,03	-2,0	-0,10

NPL – GL / Lab Code 114
kontaminirana vodna raztopina s sevalci gama nizkih aktivnosti
 analize ZVD opravljene *od septembra do decembra 2012*,
 končni rezultati objavljene *julija 2013*

IZOTOP	NPL	ZVD	odmik (%)	ζ-preskus
	(Bq/kg)			
Co-60	17,68 ± 0,08	17,6 ± 0,7	-0,08	-0,08
Cs-134	2,190 ± 0,017	2,19 ± 0,13	0,2	0,04
Cs-137	4,12 ± 0,04	4,2 ± 0,3	0,8	0,13
K-40	16,4 ± 0,8	14,9 ± 1,4	-9,4	-0,95
Pb-210	19,46 ± 0,22	18,5 ± 0,03	-5,1	-0,46

REZULTATI MEDNARODNIH PRIMERJALNIH MERITEV

Study MRAD-18 ERA (Environmental Resource Associates), ZDA

V maju 2013 so bili objavljeni končni rezultati primerjalnih meritev MRAD-18 [Study MRAD-18, Final Report, MRaD™ Proficiency Testing, ERA, Environmental Resource Associates, Report issued 05/22/13, ERA Customer Number: R460987 (za IRB) in Z495414 (za ZVD), Arvada, ZDA, maj 2013]), ki jih je ERA, Environmental Resource Associates, ZDA, razposlala marca 2013. Sodelovala sta IRB in ZVD, pri čemer je IRB poročal rezultate 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), ZVD pa za vzorce zemlje, vegetacije in zračnega filtra.

Rezultati analiz IRB ter primerjave s pripisanimi vrednostmi (assigned values) so zbrane v naslednjih 4 preglednicah.

REZULTATI IRB:

ERA, Study MRAD-18 Soil Radionuclides					
analize opravljene <i>maja 2013</i> , končni rezultati objavljeni <i>maja 2013</i>					
IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB	z-score
	[pCi/kg]				
Ac-228	1240	795–1720	1160	Acceptable	–0,419
Am-241	229	134–297	239	Acceptable	–0,448
Bi-214	3660	2200–5270	2560	Acceptable	–0,494
Cs-134	6370	4160–7650	6230	Acceptable	0,378
Cs-137	6120	4690–7870	6120	Acceptable	–0,211
Co-60	7920	5360–10900	7880	Acceptable	–0,238
K-40	10300	7520–13800	11800	Acceptable	1,60
Sr-90	8530	3250–13500	9594	Acceptable	0,578
Th-234	1900	601–3570	2120	Acceptable	–0,117
U-238	1900	1180–2410	3220	Not acceptable	4,80
Zn-65	1400	1110–1860	1420	Acceptable	–0,77

ERA, Study MRAD-18 Water Tritium					
analize opravljene <i>maja 2013</i> , končni rezultati objavljeni <i>maja 2013</i>					
IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB	z-score
	[pCi/L]				
H-3	12300	8240–17500	12338	Acceptable	0,430

ERA, Study MRAD-18 Vegetation Radionuclides

analize opravljene *maja 2013*, končni rezultati objavljeni *maja 2013*

IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB	z-score
	[pCi/kg]				
Am-241	553	338–735	523	Acceptable	–0,549
Cs-134	1240	797–1610	1090	Acceptable	–1,3
Cs-137	544	394–757	493	Acceptable	–1,97
Co-60	1920	1320–2680	1760	Acceptable	–1,69
K-40	31900	23000–44800	27300	Acceptable	–1,54
Sr-90	3840	2190–5090	3920	Acceptable	0,870
U-238	2440	1630–3100	2120	Acceptable	–1,54
Zn-65	878	633–1230	807	Acceptable	–1,71

ERA, Study MRAD-18 Water Radionuclides

analize opravljene *maja 2013*, končni rezultati objavljeni *maja 2013*

IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB	z-score
	[pCi/L]				
Am-241	118	79,5–158	112	Acceptable	–0,83
Cs-134	1400	1030–1610	1390	Acceptable	1,48
Cs-137	1880	1600–2250	1920	Acceptable	0,293
Co-60	2270	1970–2660	2290	Acceptable	0,273
Fe-55	712	424–966	724	Acceptable	0,288
Sr-90	137	89,2–181	141	Acceptable	0,545
Zn-65	384	320–484	409	Acceptable	–0,685

Rezultati analiz ZVD ter primerjave s pripisanimi vrednostmi (assigned values) za vzorce zemlje, vegetacije in aerosolnega filtra so zbrane v naslednjih 3 preglednicah.

REZULTATI ZVD:

ERA, Study MRAD-18 Soil Radionuclides analize opravljene <i>aprila 2013</i> , končni rezultati objavljeni <i>maja 2013</i>					
IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	ZVD value	Performance Evaluation ZVD	z-score
	[pCi/kg]				
Ac-228	1240	795–1720	1099,9	Acceptable	–0,772
Am-241	229	134–297	265,3	Acceptable	0,138
Bi-212	1240	330–1820	1172,2	Acceptable	–0,243
Bi-214	3660	2200–5270	2417,6	Acceptable	–0,672
Cs-134	6370	4160–7650	6961,5	Acceptable	1,26
Cs-137	6120	4690–7870	6553,8	Acceptable	0,866
Co-60	7920	5360–10900	8634,1	Acceptable	1,13
Pb-212	1240	812–1730	1154,4	Acceptable	–0,258
Pb-214	3660	2140–5460	2465,8	Acceptable	–0,746
Mn-54	<1000	0,00–1000	13,1	Acceptable	–
K-40	10300	7520–13800	9303,2	Acceptable	–1,27
Sr-90	8530	3250–13500	6135,1	Acceptable	–0,996
Th-234	1900	601–3570	2121,8	Acceptable	–0,112
U-238	1900	1180–2410	2121,8	Acceptable	0,978
Zn-65	1400	1110–1860	1527,4	Acceptable	–0,0958

**ERA, Study MRAD-18
Vegetation Radionuclides**

analize opravljene *aprila 2013*, končni rezultati objavljeni *maja 2013*

IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	ZVD value	Performance Evaluation ZVD	z-score
	[pCi/kg]				
Am-241	553	338–735	594,2	Acceptable	0,0787
Cs-134	1240	797–1610	1333,4	Acceptable	0,0381
Cs-137	544	394–757	595,3	Acceptable	–0,301
Co-60	1920	1320–2680	2076,4	Acceptable	–0,146
K-40	31900	23000–44800	30213,6	Acceptable	–0,589
Sr-90	3840	2190–5090	3909,9	Acceptable	0,849
U-238	2440	1630–3100	2521,5	Acceptable	0,290
Zn-65	878	633–1230	929,9	Acceptable	–0,857

**ERA, Study MRAD-18
Air Filter Radionuclides**

analize opravljene *aprila 2013*, končni rezultati objavljeni *maja 2013*

IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	ZVD value	Performance Evaluation ZVD	z-score
	[pCi/Filter]				
Am-241	66,8	41,2–90,4	66,9	Acceptable	0,341
Cs-134	1110	706–1380	1127,6	Acceptable	0,717
Cs-137	940	706–1230	924	Acceptable	–0,777
Co-60	214	166–267	212,8	Acceptable	–0,86
Sr-90	138	67,4–207	114,9	Acceptable	–2,73
U-238	58,9	38,1–81,4	63,1	Acceptable	1,57
Zn-65	199	142–275	196,7	Acceptable	–1,43

REZULTATI MEDNARODNIH PRIMERJALNIH MERITEV

Study RAD-93 ERA (Environmental Resource Associates), ZDA

V juniju 2013 so bili objavljeni končni rezultati primerjalne meritve RAD-93 [Study RAD-93,1, Final Report, MRaD™ Proficiency Testing, ERA, Environmental Resource Associates, Report issued 06/03/13, ERA Customer Number: R460987 (za IRB), Arvada, ZDA, junij 2013] za dva vzorca vode, ki ju je ERA, Environmental Resource Associates, ZDA, razposlala aprila 2013.

Na IRB so v okviru te interkomparacije opravili meritve vsebnosti sevalcev gama in stroncija v vzorcih vode. Rezultati IRB ter primerjave s pripisanimi vrednostmi (assigned values) so zbrane v naslednjih dveh preglednicah.

REZULTATI IRB:

ERA, Study RAD-93 Water Radionuclides					
analize opravljene <i>maja 2013</i> , končni rezultati objavljeni <i>junija 2013</i>					
IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB	z-score
	[pCi/L]				
Ba-133	82,1	69,0–90,3	81,7	Acceptable	0,387
Cs-134	42,8	34,2–47,1	43,4	Acceptable	0,803
Cs-137	41,7	37,0–48,8	43,2	Acceptable	0,483
Co-60	65,9	59,3–75,0	65,0	Acceptable	–0,455
Zn-65	189	170–222	203	Acceptable	0,239

ERA, Study RAD-93 Water Radionuclides					
analize opravljene <i>maja 2013</i> , končni rezultati objavljeni <i>junija 2013</i>					
IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB	z-score
	[pCi/L]				
Sr-89	41,3	31,6–48,4	43,8	Acceptable	0,309
Sr-90	23,9	17,2–28,0	25,5	Acceptable	0,495

**REZULTATI PREVERJANJA
RADIOCHEMICAL CROSS CHECK PROGRAM
ECKERT & ZIEGLER ANALYTICS, ZDA**

IRB je v letu 2013 sodeloval pri treh preskusnih meritvah ("cross check") vzorcev vodne raztopine v 0,1 M HCl Analytica [Results of Radiochemistry Cross Check Program, HEBO, d.o.o., "Ruđer Bošković" Institute, Second Quarter 2013, Eckert & Ziegler, Analytics, ZDA, julij 2013] za določanje vsebnosti H-3, Fe-55 in Sr-89/Sr-90.

REZULTATI IRB:

ECKERT & ZIEGLER ANALYTICS, Sr-89/Sr-90 A28800, Ref. Date 10 May 13, Second Quarter 2013 analize opravljene <i>junija 2013</i> , končni rezultati objavljeni <i>julija 2013</i>					
IZOTOP	IRB vrednost	Analytics vrednost	IRB/Analytics	Resolution	Comparison
	[μCi/mL]				
Sr-89	9,27E-03	7,96E-03	1,16	17	agreement
Sr-90	8,43E-04	8,97E-04	0,94	12,5	agreement

ECKERT & ZIEGLER ANALYTICS, H-3 A28799, Ref. Date 10 May 13, Second Quarter 2013 analize opravljene <i>junija 2013</i> , končni rezultati objavljeni <i>julija 2013</i>					
IZOTOP	IRB vrednost	Analytics vrednost	IRB/Analytics	Resolution	Comparison
	[μCi/mL]				
H-3	9,90E-04	1,00E-03	0,99	12,5	agreement

ECKERT & ZIEGLER ANALYTICS, Fe-55 A28801, Ref. Date 10 May 13, Second Quarter 2013 analize opravljene <i>junija 2013</i> , končni rezultati objavljeni <i>julija 2013</i>					
IZOTOP	IRB vrednost	Analytics vrednost	IRB/Analytics	Resolution	Comparison
	[μCi/mL]				
Fe-55	7,40E-04	7,06E-04	1,05	12,5	agreement

REZULTATI PREVERJANJA
IAEA ALMERA proficiency test
on the determination of natural and artificial radionuclides in soil,
hay and water, IAEA-TEL-2012-04
ALMERA, IAEA, Analytical Quality Control Services

V januarju 2013 je IAEA, Analytical Quality Control Services razposlala 3 vzorce umetno kontaminirane vode, vzorec sena in zemlje 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 januarja 2014 [*Individual Evaluation Report for Laboratory No. 344 (IJS, Odsek F-2), on the IAEA-TEL-2012-04 Worldwide open proficiency test, IAEA, Analytical Quality Control Services, S. Tarjan, Seibersdorf, januar 2014*].

V naslednjih 5 tabelah so zbrani rezultati analiz IJS (koda laboratorija 344 za Odsek F-2) in primerjave z referenčnimi vrednostmi IAEA za vzorce kontaminirane vode, sena in zemlje. Vzorec vode št. 3 je bil referenčni in je imel vnaprej podane vrednosti.

REZULTATI IJS, Odsek F-2:

IAEA-TEL-2012-04					
Sample 1, Spiked Water					
analize IJS opravljene <i>od januarja do aprila 2013</i> , individualni rezultati objavljeni <i>januarja 2014</i>					
IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 344	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Cs-134	82,6 ± 0,71	81,5 ± 2,4	-1,33	-0,44	A
Eu-152	118,6 ± 1,0	118,2 ± 3,5	-0,34	-0,11	A

IAEA-TEL-2012-04					
Sample 2, Spiked Water					
analize IJS opravljene <i>od januarja do aprila 2013</i> , individualni rezultati objavljeni <i>januarja 2014</i>					
IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 344	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Am-241	120,9 ± 0,74	124,3 ± 3,7	2,81	0,90	A
Cs-134	102,5 ± 0,75	103,8 ± 3,1	1,27	0,41	A

IAEA-TEL-2012-04
Sample 3, Spiked Water

analize IJS opravljene *od januarja do aprila 2013*, individualni rezultati objavljeni *januarja 2014*

IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 344	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Co-60	201,4 ± 1,8	200 ± 6	0,70	-0,22	-
Cs-137	125,8 ± 0,8	127,2 ± 3,8	1,11	0,36	-

IAEA-TEL-2012-04
Sample 4, Hay

analize IJS opravljene *od januarja do aprila 2013*, individualni rezultati objavljeni *januarja 2014*

IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 344	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Cs-134	306 ± 20	286 ± 6	-6,54	-0,91	A
Cs-137	785 ± 24	750 ± 23	-4,46	-1,05	A

IAEA-TEL-2012-04
Sample 5, Soil

analize IJS opravljene *od januarja do aprila 2013*, individualni rezultati objavljeni *januarja 2014*

IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 344	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Ac-228	32,4 ± 1,6	30,0 ± 0,9	-7,41	-1,31	A
Am-241	1,78 ± 0,1	1,74 ± 0,20	-2,25	-0,18	A
Cs-137	118,6 ± 2,9	108,1 ± 3,2	-8,85	-2,43	A
K-40	207,7 ± 8,3	191 ± 8	-8,04	-1,45	A
Pb-210	595 ± 19	591 ± 18	-0,67	-0,15	A
Pb-212	31,0 ± 1,2	29,6 ± 0,9	-4,52	-0,93	A
Tl-208	11,5 ± 0,6	10,8 ± 0,3	-6,09	-1,04	A
U-238	23,6 ± 0,7	23,3 ± 2,1	-1,27	-0,14	A

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, Analytical Quality Control Services

V letu 2013 je IAEA, Analytical Quality Control Services, 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 sodeloval IJS, Odsek O-2, ki je sodeloval pri določanju vsebnosti v stroncija v zemlji. Končni individualni rezultati so bili poslani sodelujočim laboratorijem januarja 2014 [*Individual Evaluation Report for Laboratory No. 136 (IJS, Odsek O-2), on the IAEA-TEL-2012-03 Worldwide open proficiency test, IAEA, Analytical Quality Control Services, S. Tarjan, Seibersdorf, januar 2014*].

V naslednjih tabeli so predstavljeni rezultati analize stroncija IJS, Odsek O-2 (koda laboratorija 136) in primerjava z referenčno vrednostjo IAEA za vzorec kontaminirane zemlje.

REZULTATI IJS (Odsek O-2):

IAEA-TEL-2012-03					
Sample 5, Soil					
analize IJS opravljene <i>aprila 2013</i> ,					
končni rezultati objavljeni <i>januarja 2014</i>					
IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 136	Rel. Bias %	u-test	Final score
(Bq/kg)					
Sr-90	30,4 ± 2,6	27,1 ± 1,3	-10,86	-1,14	A

REZULTATI PREVERJANJA Strontium 90 and Gamma Emitters in Urine PROCORAD, Francija

V letu 2013 je IJS (Odsek F-2 s kodo 69) sodeloval pri testnih ("cross check") meritvah vsebnosti radionuklidov v vzorcih urina, ki jih je organiziral Procorad iz Francije. Vzorci so bili poslani in pripravljene marca 2013, analize so bile opravljene v marcu in aprilu, končno poročilo pa je bilo objavljeno v juniju 2013 (Radiotoxicological Intercomparison Exercise, Strontium, Tritium and Gamma-Ray Emitters in Urine, Procorad 2013, Grenoble, junij 2013).

REZULTATI IJS (Odsek F-2)

Sample B				
IZOTOP	PROCORAD certified reference value (interval zaupanja je 95%)	IJS, Odsek F-2	u-test	Bias (%)
	[Bq/L]			
I-129	7,26 ± 0,30	8,05 ± 0,55	1,26	10,88
Co-60	4,66 ± 0,20	4,70 ± 0,30	0,11	0,86

Sample C				
IZOTOP	PROCORAD certified reference value (interval zaupanja je 95%)	IJS, Odsek F-2	u-test	Bias (%)
	[Bq/L]			
I-129	4,33 ± 0,20	4,57 ± 0,44	0,50	5,54
Eu-152	3,91 ± 0,20	3,95 ± 0,29	0,11	1,02

Sample ABC				
IZOTOP	PROCORAD aritmetično povprečje	IJS, Odsek F-2	u-test	Bias (%)
	[Bq/L]			
K-40	51,7	49,6 ± 3,0	-0,15	-4,23

H-3				
analize (IJS) opravljene <i>marca in aprila 2013</i> , končni (sumarni) rezultati objavljeni <i>junija 2013</i>				
IZOTOP	PROCORAD certified reference value (interval zaupanja je 95%)	IJS, Odsek F-2 * (koda laboratorija 69)	u-test	Bias (%)
	[Bq/L]			
Sample B	722 ± 26	731 ± 65	0,13	1,25
Sample C	7220 ± 235	7350 ± 632	0,20	1,80
Sample D	7890	8180 ± 702	0,34	3,80
Sample E	4510 ± 150	4520 ± 378	0,04	0,44

* Negotovosti laboratorija so podane s faktorjem pokritja $k = 2$.

REZULTATI PREVERJANJA RINGVERSUCH 1/2012

Ringversuch 1/2012 zur Bestimmung des Radionuklidegehaltes in Wasser BfS, Bundesamt für Strahlenschutz, Nemčija

Novembra 2013 je BfS, Bundesamt für Strahlenschutz iz Nemčije poročal o primerjalnih meritvah vsebnosti radionuklidov v vzorcu umetno kontaminirane vode, kjer je sodeloval IJS, Odsek O-2 (koda laboratorija 42-1) [Ringversuch 1/2012, Bestimmung des Radionuklidegehaltes im Wasser, SW 1 – 01/2013, Th. Bünger, A. Guttman, K. Schmidt, H. Wershofen, I. Winterfeld, A. Labahn, BfS, Bundesamt für Strahlenschutz, Berlin, Nemčija, november 2013]. Meritve so bile opravljene v decembru 2012. Rezultati meritev IJS, Odsek O-2 in primerjave z referenčnimi vrednostmi so zbrane v spodnjih tabelah.

REZULTATI IJS, Odsek O-2:

Probe 1 - Modellwasser				
IZOTOP	BfS Sollwert*	IJS, Odsek O-2** (koda laboratorija 42-1)	z-Wert	Final Score
	Bq/L			
H-3	18,4 ± 2,3	19,2 ± 1,06	0,358	A

* povprečna vrednost sprejetih laboratorijev

** podano je povprečje posameznih poročanih rezultatov in pripadajoča standardna deviacija

Probe 2 – Reales Wasser				
IZOTOP	BfS Sollwert*	IJS, Odsek O-2 (koda laboratorija 42-1)	z-Wert	Final Score
	Bq/L			
H-3	97,7 ± 7,75	101 ± 4,1	0,145	A

* povprečna vrednost sprejetih laboratorijev

** podano je povprečje posameznih poročanih rezultatov in pripadajoča standardna deviacija

REZULTATI PREVERJANJA RINGVERSUCH RV 5/2013

Ringversuch RV 5/2013 zur Bestimmung von Strontium-89 und Strontium-90 in Wasser mit Schnellmethoden

BfS, Bundesamt für Strahlenschutz, Nemčija

Oktobra 2013 je BfS, Bundesamt für Strahlenschutz iz Nemčije poročal o primerjalnih meritvah vsebnosti stroncija v vzorcu umetno kontaminirane vode, kjer je sodeloval IJS, Odsek O-2 (koda laboratorija 13-5)) [Ringversuch 5/2013, Bestimmung von Strontium-89 und Strontium-90 in Wasser mit Schnellmethoden, SW 1 – 03/2013, Th. Bünger, M. Beyermann, M. Bräuer, A. Guttmann, K. Schmidt, F. Schneider, H. Wershofen, I. Winterfeld, A. Labahn, BfS, Bundesamt für Strahlenschutz, Berlin, Nemčija, oktober 2013]. Meritve so bile opravljene v aprilu 2013. Rezultati meritev IJS, Odsek O-2 in primerjave z referenčnimi vrednostmi so zbrane v spodnjih tabelah.

REZULTATI IJS, Odsek O-2:

Probe 2 – Reales Wasser				
IZOTOP	Sollwert*	IJS, Odsek O-2** (koda laboratorija 13-5)	z-Wert	Final Score
	Bq/L			
Sr-89	33,5 ± 3,87	31,8 ± 0,76	< 0,10	A
Sr-90	17,6 ± 2,74	17,4 ± 0,21	0,487	A

* povprečna vrednost sprejetih laboratorijev

** podano je povprečje posameznih poročanih rezultatov in pripadajoča standardna deviacija

REZULTATI PREVERJANJA

RINGVERSUCH 3/2012

Ringversuch 3/2012 zur Bestimmung des Radionuklidegehaltes in Modellwasser BfS, Bundesamt für Strahlenschutz, Nemčija

Novembra 2013 je BfS, Bundesamt für Strahlenschutz iz Nemčije poročal o primerjalnih meritvah vsebnosti radionuklidov v vzorcu umetno kontaminirane vode, kjer je sodeloval ZVD (koda laboratorija 41-1) [Ringversuch 3/2012, Bestimmung des Radionuklidegehaltes im Wasser, SW 1 -02/2013, Th. Bünger, A. Guttman, K. Schmidt, H. Wershofen, I. Winterfeld, A. Labahn, BfS, Bundesamt für Strahlenschutz, Berlin, Nemčija, november 2013]. Meritve so bile opravljene v novembru 2012. Rezultati meritev ZVD in primerjave z referenčnimi vrednostmi so zbrane v spodnji tabeli.

REZULTATI ZVD:

Modelwasser					
IZOTOP	BfS Sollwert*	Messwert der PTB	ZVD (koda laboratorija 41-1)	z-Wert	Final Score
Mn-54	11,8	11,8 ± 0,4	11,4	0,339	A
Co-57	4,17	4,06 ± 0,13	3,95	0,537	A
Co-60	10,2	10,1 ± 0,3	9,80	0,392	A
Cs-134	10,1	9,81 ± 0,30	9,60	0,495	A
Cs-137	5,39	5,31 ± 0,16	5,10	0,538	A
Eu-152	10,0	9,84 ± 0,30	9,35	0,650	A

* povprečje sodelujočih laboratorijev

KONČNI REZULTATI PREVERJANJA
IRMM EC 2011
EC interlaboratory comparison on ^{90}Sr , ^{137}Cs
and ^{40}K in wild bilberry powder
EC, JRC, IRMM, Belgium

V letu 2011 sta IJS (Odsek F-2 in Odsek O-2) in ZVD sodelovala pri preskusnih ("cross check") meritvah vsebnosti Sr-90, Cs-137 in K-40 v vzorcu borovnic, ki jih je organiziral IRMM iz Belgije v okviru Evropske skupnosti. Vzorci so bili poslani in pripravljani v prvi polovici 2011. Rok za poročanje rezultatov meritev je bil 15. september 2011, preliminarne grafične primerjave smo prejeli v decembru 2011, končno poročilo je bilo objavljeno v letu 2013 [*Evaluation of EC Comparison on the Determination of ^{40}K , ^{90}Sr and ^{137}Cs in Bilberry Powder*, J. Merešová, U. Wätjen, JRC Scientific and Policy Report, ISBN 978-92-79-33427-6 (pdf), 2013]. V naslednjih treh tabelah so zbrani rezultati analiz IJS (Odseka F-2 in O-2) in ZVD in primerjava z referenčnimi vrednostmi in E_n -preskusom. Vse negotovosti so podane s faktorjem pokritja $k = 2$.

REZULTATI IJS (Odsek F-2)

Radionuklid	IRMM	IJS, Odsek F-2 Lab. No. 8	E_n -preskus	Rel. Bias %	Final score
	Bq/kg				
	meritve opravljene <i>od maja do julija 2011</i> , končni rezultati objavljeni <i>novembra 2013</i>				
Cs-137	779 ± 24	772,7 ± 31	-0,2	-1	A
K-40	253 ± 15	237,7 ± 15,6	-0,7	-6	A

REZULTATI IJS (Odsek O-2)

Radionuklid	IRMM	IJS, Odsek O-2 Lab. No. 83	E_n -preskus	Rel. Bias %	Final score
	Bq/kg				
	meritve opravljene <i>julija in avgusta 2011</i> , končni rezultati objavljeni <i>novembra 2013</i>				
Sr-90	153 ± 9	155,5 ± 15,6	0,1	2	A

REZULTATI ZVD

Radionuklid	IRMM	ZVD Lab. No. 53	E_n -preskus	Rel. Bias %	Final score
	Bq/kg				
	meritve opravljene <i>maja in septembra 2011</i> , končni rezultati objavljeni <i>novembra 2013</i>				
Sr-90	153 ± 9	244 ± 44	2,0	59	N
Cs-137	779 ± 24	817 ± 40	0,8	5	A
K-40	253 ± 15	255 ± 138	0,0	1	A

REZULTATI PRIMERJAVE
Meritve koncentracije radionuklidov
v vzocu mleka z lokacije Breška Greda, Ivanić Grad, Hrvaška

Na začetku leta 2013 je IMI iz Zagreba organiziral primerjavo meritve vzorca mleka z lokacije Breška Greda, Ivanić Grad, Hrvaška. Določiti je bilo treba Cs-137, K-40 in Sr-90. Vzorec je bil zbran v februarju in marcu 2013 ter pripravljen na IMI. Pri meritvah so sodelovali IJS (Odsek F-2), ZVD, IMI, IRB in Veterinarski fakultet, Zavod za higienski nadzor namirnica i zaščitu životne sredine iz Sarajeva. Rezultate je zbral IMI, poročilo z naslovom *Izvešće o usporednom međulaboratorijskom gamaspektrpometrijskom određivanju koncentracije aktivnosti radionuklida u uzorku mleka sa OPG Petrinec na lokaciji Breška Greda, Ivanić Grad, Hrvaška* so pripravili in objavili januarja 2014.

Rezultati posameznih laboratorijev in primerjave s povprečno vrednostjo so v spodnji tabeli.

REZULTATI MERITEV IJS, IRB, IMI in ZVD

Radionuklid	Povprečna vrednost	IJS	IRB	IMI	ZVD
	Bq/L				
K-40	53,6 ± 1,4	61,4 ± 2,4	53,1 ± 5,4	49,4 ± 1,3	48,0 ± 2,4
Cs-137	0,172 ± 0,007	0,220 ± 0,011	0,160 ± 0,025	0,159 ± 0,019	0,170 ± 0,014
Sr-90	0,0534 ± 0,0002	–	0,0625 ± 0,0049	0,0597 ± 0,0063	0,0380 ± 0,0043

TABELE
NAJBOLJŠIH OCEN PRAVIH VREDNOSTI,
DOBLJENIH S SPEKTROMETRIJO GAMA

1. ČRPALIŠČA VODOVODA KRŠKO IN BREŽICE
5. PADAVINE IN USEDI
11. SADJE
13. MESO, PERUTNINA, JAJCA

LETO 2013 TB - 30a
4. VODOVOD BREŽICE – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	vodovod Brežice (M. Volčanšek)							
Datum vzor.	17. 12. 2012 - 16. 1. 2013	16. 1. 2013 - 18. 2. 2013	18. 2. 2013 - 18. 3. 2013	18. 3. 2013 - 16. 4. 2013	16. 4. 2013 - 16. 5. 2013	16. 5. 2013 - 17. 6. 2013		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	46,18	44,54	43,25	47,05	46,03	45,63		
Oznaka vzorca	BK13VC3111	BK13VC3121	BK13VC3131	BK13VC3141	BK13VC3151	BK13VC3161		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238	<	3E+00	9,2E+00 ± 3E+00	1,2E+00 ± 5E-01	1,6E+00 ± 1E+00	<	4E+00	2,0E+00 ± 1E+00
Ra-226	7,5E-01 ± 4E-01	<	2E+00	<	6E-01	<	3,3E+00 ± 4E-01	6,8E-01 ± 5E-01
Pb-210	3,1E+00 ± 2E+00	<	7,8E+00 ± 4E+00	7,2E+00 ± 6E-01	6,3E+00 ± 2E+00	<	1E+01	4,1E+00 ± 1E+00
Ra-228	<	<	2E-01	4,2E-01 ± 2E-01	<	<	5E-01	7,1E-02 ± 7E-02
Th-228	<	3E-01	2,9E-01 ± 2E-01	1,7E-01 ± 6E-02	1,9E-01 ± 1E-01	<	8E-02	1,1E-01 ± 5E-02
Th-230	<	<	<	<	<	<	<	<
K-40	2,2E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 3E+00	1,8E+01 ± 4E+00	2,1E+01 ± 3E+00	1,8E+01 ± 4E+00	1,8E+01 ± 4E+00
Be-7	1,0E+01 ± 4E+00	9,7E+00 ± 2E+00	9,7E+00 ± 2E+00	8,6E+00 ± 1E+00	1,8E+00 ± 8E-01	4,7E+00 ± 7E-01	5,9E+00 ± 2E+00	5,9E+00 ± 2E+00
I-131	<	<	<	<	<	<	<	<
Cs-134	<	2E-01	2E-01	1E-01	<	<	<	3E-02
Cs-137	<	<	<	<	<	<	<	<
Co-58	<	<	<	<	<	<	<	<
Co-60	<	<	<	<	<	<	<	<
Cr-51	<	<	<	<	<	<	<	<
Mn-54	<	<	<	<	<	<	<	<
Zn-65	<	<	<	<	<	<	<	<
Nb-95	<	<	<	<	<	<	<	<
Ru-106	<	<	<	<	<	<	<	<
Sb-125	<	<	<	<	<	<	<	<

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

(**) Navedeni merski rezultati, dobljeni z visokoločljivostno spektrometrijo gama, so najboljše ocene prave vrednosti.

LETO 2013 TB - 30b
4. VODOVOD BREŽICE – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	vodovod Brežice (M. Volčanšek)									
Datum vzor.	17. 6. 2013 - 16. 7. 2013	16. 7. 2013 - 19. 8. 2013	19. 8. 2013 - 16. 9. 2013	16. 9. 2013 - 16. 10. 2013	16. 10. 2013 - 18. 11. 2013	18. 11. 2013 - 17. 12. 2013		Letno povprečje (*)		
Kol. vzorca (L)	43,95	44,99	48,91	49,38	42,98	43,84				
Oznaka vzorca	BK13VC3171	BK13VC3181	BK13VC3191	BK13VC31A1	BK13VC31B1	BK13VC31C1				
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)									
U-238	<	4E+00	3,2E+00 ± 1E+00	<	3E+00	2,3E+00 ± 5E-01	<	4E+00	2,9E+00 ± 1E+00	1,7E+00 ± 8E-01
Ra-226	6,1E-01 ± 5E-01	<	8,7E-01 ± 3E-01	<	1E+00	5,4E-01 ± 2E-01	<	2E-01	<	9E-01
Pb-210	<	3E+00	2,0E+00 ± 1E+00	<	3E+00	5,1E+00 ± 4E-01	4,7E+00 ± 2E+00	<	7,3E+00 ± 1E+00	3,6E+00 ± 9E-01
Ra-228	6,2E-01 ± 4E-01	<	1E-01	<	<	<	<	<	<	7E-01
Th-228	<	5E-01	<	3E-02	4,2E-01 ± 2E-01	3,5E-01 ± 5E-02	3,2E-01 ± 2E-01	<	7,9E-01 ± 2E-01	2,1E-01 ± 7E-02
Th-230	<	<	<	<	<	<	<	<	<	2E+01
K-40	2,1E+01 ± 3E+00	1,9E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 4E+00	2,2E+01 ± 2E+00	2,5E+01 ± 4E+00	1,6E+01 ± 4E+00	1,6E+01 ± 4E+00	2,0E+01 ± 2E+00	2,0E+01 ± 2E+00	2,0E+01 ± 2E+00
Be-7	1,2E+00 ± 1E+00	<	4,8E+00 ± 2E+00	5,2E+00 ± 8E-01	8,5E+00 ± 2E+00	1,1E+01 ± 1E+00	1,1E+01 ± 1E+00	5,5E+00 ± 1E+00	5,5E+00 ± 1E+00	5,5E+00 ± 1E+00
I-131	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Cs-134	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Cs-137	<	<	<	1E-01	<	2E-01	<	<	<	2E-02
Co-58	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Co-60	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Cr-51	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Mn-54	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Zn-65	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Nb-95	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Ru-106	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Sb-125	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<

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

(**) Navedeni merski rezultati, dobljeni z visokoločljivostno spektrometrijo gama, so najboljše ocene prave vrednosti.

LETO 2013 TB - 31a
4. ČRPALIŠČE VODOVODA KRŠKO – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	črpališče Brege							
Datum vzor.	17. 12. 2012 - 16. 1. 2013	16. 1. 2013 - 18. 2. 2013	18. 2. 2013 - 18. 3. 2013	18. 3. 2013 - 16. 4. 2013	16. 4. 2013 - 16. 5. 2013	16. 5. 2013 - 17. 6. 2013		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	46,67	46,81	43,31	48,59	46,99	48,95		
Oznaka vzorca	BK13VC1111	BK13VC1121	BK13VC1131	BK13VC1141	BK13VC1151	BK13VC1161		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238		1,6E+00 ± 6E-01	3,9E+00 ± 2E+00	< 2E-01	1,9E+00 ± 1E+00	< 4E+00	1,2E+00 ± 6E-01	
Ra-226		2,8E+00 ± 5E-01	2,2E+00 ± 1E+00	1,7E+00 ± 3E-01	< 1E+00	1,8E+00 ± 5E-01	1,4E+00 ± 5E-01	
Pb-210		4,7E+00 ± 6E-01	< 3E+00	4,0E+00 ± 6E-01	< 2E+00	2,3E+00 ± 2E+00	1,8E+00 ± 9E-01	
Ra-228		1,6E+00 ± 2E-01	7,2E-01 ± 4E-01	9,0E-01 ± 2E-01	< 3E-01	1,4E+00 ± 4E-01	7,6E-01 ± 3E-01	
Th-228		2,9E-01 ± 6E-02	< 4E-01	3,3E-01 ± 6E-02	< 4E-01	< 6E-01	1,0E-01 ± 9E-02	
Th-230								
K-40		7,3E+01 ± 8E+00	7,6E+01 ± 8E+00	6,4E+01 ± 8E+00	6,5E+01 ± 7E+00	7,2E+01 ± 7E+00	5,8E+01 ± 1E+01	
Be-7		2,6E+00 ± 6E-01	4,1E+00 ± 1E+00	2,3E+00 ± 4E-01			1,5E+00 ± 7E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137				< 3E-02	3,7E-01 ± 3E-01		6,1E-02 ± 6E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

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

(**) Navedeni merski rezultati, dobljeni z visokoločljivostno spektrometrijo gama, so najboljše ocene prave vrednosti.

LETO 2013 TB - 31b
4. ČRPALIŠČE VODOVODA KRŠKO – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	črpališče Brege							
Datum vzor.	17. 6. 2013 - 16. 7. 2013	16. 7. 2013 - 19. 8. 2013	19. 8. 2013 - 16. 9. 2013	16. 9. 2013 - 16. 10. 2013	16. 10. 2013 - 18. 11. 2013	18. 11. 2013 - 17. 12. 2013		Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	43,17	49,43	43,41	46,87	49,22	44,38		
Oznaka vzorca	BK13VC1171	BK13VC1181	BK13VC1191	BK13VC11A1	BK13VC11B1	BK13VC11C1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238	< 4E-01	< 1E+00	< 8E-01	< 1E+00	3,4E+00 ± 1E+00	< 2E+00	8,9E-01 ± 4E-01	
Ra-226	1,1E+00 ± 5E-01	3,5E+00 ± 9E-01	4,8E+00 ± 8E-01	1,0E+00 ± 4E-01	2,1E+00 ± 5E-01	< 2E-01	1,8E+00 ± 4E-01	
Pb-210	< 3E+00	5,4E+00 ± 2E+00	< 2E+00	< 6E+00	8,3E+00 ± 3E+00	6,4E+00 ± 2E+00	2,6E+00 ± 9E-01	
Ra-228	< 9E-01	1,2E+00 ± 4E-01	< 3E-01	< 4E-01	< 2E-01	< 1E+00	4,8E-01 ± 2E-01	
Th-228	< 2E-01	2,6E-01 ± 2E-01	< 3E-01	< 4E-01	4,6E-01 ± 2E-01	< 8E-02	1,1E-01 ± 6E-02	
Th-230					< 5E+01		< 2E+00	
K-40	5,9E+01 ± 6E+00	6,8E+01 ± 7E+00	7,3E+01 ± 7E+00	6,7E+01 ± 8E+00	7,5E+01 ± 8E+00	7,3E+01 ± 9E+00	6,4E+01 ± 6E+00	
Be-7	4,0E+00 ± 1E+00	< 3E+00		4,7E+00 ± 2E+00	6,7E+00 ± 2E+00	1,0E+01 ± 5E+00	2,9E+00 ± 9E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137				< 2E-01			3,1E-02 ± 3E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

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

(**) Navedeni merski rezultati, dobljeni z visokoločljivostno spektrometrijo gama, so najboljše ocene prave vrednosti.

LETO 2013 TB - 32a
4. ČRPALIŠČE VODOVODA KRŠKO – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzrč. mesto	črpališče Drnovo							
Datum vzor.	17. 12. 2012 - 16. 1. 2013	16. 1. 2013 - 18. 2. 2013	18. 2. 2013 - 18. 3. 2013	18. 3. 2013 - 16. 4. 2013	16. 4. 2013 - 16. 5. 2013	16. 5. 2013 - 17. 6. 2013		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	9,36	43,49	40,13	44,99	45,19	46,13		
Oznaka vzorca	BK13VC1211	BK13VC1221	BK13VC1231	BK13VC1241	BK13VC1251	BK13VC1261		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238		9,4E+00 ± 1E+00	4,0E+00 ± 3E+00		< 4E-01	< 4E+00		2,2E+00 ± 2E+00
Ra-226		1,2E+00 ± 2E-01	2,1E+00 ± 6E-01	6,5E+00 ± 1E+00	< 1E+00	7,4E-01 ± 5E-01		1,8E+00 ± 1E+00
Pb-210		3,0E+00 ± 4E-01	1,1E+01 ± 2E+00	< 5E+00	< 3E+00	5E+00		2,3E+00 ± 2E+00
Ra-228		7,2E-01 ± 2E-01		< 5E-01	< 5E-01	5,9E-01 ± 4E-01		2,2E-01 ± 1E-01
Th-228		2E-01	5,1E-01 ± 3E-01	< 2E-01	< 6E-01	5E-01		8,5E-02 ± 1E-01
Th-230						3E+01		< 3E+00
K-40		2,9E+01 ± 3E+00	3,9E+01 ± 4E+00	3,8E+01 ± 4E+00	3,5E+01 ± 1E+01	5,0E+01 ± 6E+00		3,2E+01 ± 7E+00
Be-7		< 2E+00	9,9E+00 ± 2E+00	2,6E+00 ± 1E+00	4,1E+00 ± 1E+00	4,0E+00 ± 2E+00		3,4E+00 ± 1E+00
I-131								
Cs-134								
Cs-137		< 5E-02		< 2E-01		< 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.

(**) Navedeni merski rezultati, dobljeni z visokoločljivostno spektrometrijo gama, so najboljše ocene prave vrednosti.

LETO 2013 TB - 32b
4. ČRPALIŠČE VODOVODA KRŠKO – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzrč. mesto	črpališče Drnovo							
Datum vzor.	17. 6. 2013 - 16. 7. 2013	16. 7. 2013 - 19. 8. 2013	19. 8. 2013 - 16. 9. 2013	16. 9. 2013 - 16. 10. 2013	16. 10. 2013 - 18. 11. 2013	18. 11. 2013 - 17. 12. 2013		Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	41,93	49,65	41,79	44,95	16,38	41,62		
Oznaka vzorca	BK13VC1271	BK13VC1281	BK13VC1291	BK13VC12A1	BK13VC12B1	BK13VC12C1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238	< 1E+00	2,6E+00 ± 2E+00	< 4E-01		< 4E+00	5,0E+00 ± 1E+00		1,7E+00 ± 9E-01
Ra-226	2,2E+00 ± 5E-01	9,2E-01 ± 4E-01		6,8E+00 ± 2E+00	4,1E+00 ± 1E+00	3,8E+00 ± 5E-01		2,4E+00 ± 7E-01
Pb-210	< 3E+00	< 2E+00	< 6E+00	< 3E+00	1,0E+01 ± 6E+00	8,1E+00 ± 3E+00		2,6E+00 ± 1E+00
Ra-228	< 8E-01	9,6E-01 ± 5E-01	1,0E+00 ± 4E-01	< 8E-01	< 2E+00	7,7E-01 ± 5E-01		3,4E-01 ± 1E-01
Th-228	2,9E-01 ± 2E-01	4,1E-01 ± 3E-01	2,0E-01 ± 1E-01	< 1E+00	< 1E+00	3,5E-01 ± 2E-01		1,5E-01 ± 8E-02
Th-230								< 1E+00
K-40	3,9E+01 ± 6E+00	3,8E+01 ± 4E+00	4,3E+01 ± 5E+00	4,3E+01 ± 5E+00	4,8E+01 ± 8E+00	4,4E+01 ± 6E+00		3,7E+01 ± 4E+00
Be-7		< 9E+00	1,0E+01 ± 3E+00	3,9E+00 ± 1E+00		1,3E+01 ± 1E+00		4,0E+00 ± 1E+00
I-131								
Cs-134								
Cs-137	< 3E-01	< 3E-01		< 2E-01				< 3E-02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

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

(**) Navedeni merski rezultati, dobljeni z visokoločljivostno spektrometrijo gama, so najboljše ocene prave vrednosti.

LETO 2013 TB - 33a
4. ZAJETJE VODOVODA KRŠKO – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzrč. mesto	vodovod Spodnji Stari Grad							
Datum vzor.	17. 12. 2012 - 16. 1. 2013	16. 1. 2013 - 18. 2. 2013	18. 2. 2013 - 18. 3. 2013	18. 3. 2013 - 16. 4. 2013	16. 4. 2013 - 16. 5. 2013	16. 5. 2013 - 17. 6. 2013		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	45,77	51,85	39,86	36,27	45,89	49,61		
Oznaka vzorca	BK13VC211	BK13VC221	BK13VC231	BK13VC241	BK13VC251	BK13VC261		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238		4,2E+00 ± 3E+00	< 4E+00	1,1E+01 ± 2E+00	2,6E+00 ± 1E+00	5,8E+00 ± 2E+00	4,0E+00 ± 2E+00	
Ra-226		3,2E+00 ± 1E+00	2,2E+00 ± 1E+00	< 6E-01	< 3E-01	< 8E-01	8,9E-01 ± 6E-01	
Pb-210		6,4E+00 ± 2E+00	< 9E+00	4,0E+00 ± 1E+00	1,3E+00 ± 8E-01	2,0E+00 ± 2E+00	2,3E+00 ± 1E+00	
Ra-228	<	8E-01	1,3E+00 ± 5E-01	9,6E-01 ± 4E-01	< 8E-01	< 6E-01	3,7E-01 ± 2E-01	
Th-228		1,1E+00 ± 2E-01	< 6E-01	3,8E-01 ± 2E-01	3,3E-01 ± 2E-01	< 2E-01	3,0E-01 ± 2E-01	
Th-230								
K-40		7,5E+01 ± 7E+00	7,5E+01 ± 8E+00	5,1E+01 ± 5E+00	6,4E+01 ± 6E+00	9,3E+00 ± 4E+00	4,6E+01 ± 1E+01	
Be-7		1,4E+01 ± 2E+00	9,2E+00 ± 2E+00	2,5E+00 ± 2E+00			4,2E+00 ± 2E+00	
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.

(**) Navedeni merski rezultati, dobljeni z visokoločljivostno spektrometrijo gama, so najboljše ocene prave vrednosti.

LETO 2013 TB - 33b
4. ZAJETJE VODOVODA KRŠKO – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzrč. mesto	vodovod Spodnji Stari Grad							
Datum vzor.	17. 6. 2013 - 16. 7. 2013	16. 7. 2013 - 19. 8. 2013	19. 8. 2013 - 16. 9. 2013	16. 9. 2013 - 16. 10. 2013	16. 10. 2013 - 18. 11. 2013	18. 11. 2013 - 17. 12. 2013		Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	44,71	49,36	45,53	44,05	48,62	43,25		
Oznaka vzorca	BK13VC271	BK13VC281	BK13VC291	BK13VC2A1	BK13VC2B1	BK13VC2C1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238	2,6E+00 ± 1E+00	< 3E+00	< 5E+00	3,4E+00 ± 2E+00		2,0E+00 ± 1E+00	2,7E+00 ± 1E+00	
Ra-226	9,2E+00 ± 1E+00	4,9E-01 ± 3E-01	1,0E+00 ± 4E-01	< 1E+00	< 7E-02		1,3E+00 ± 8E-01	
Pb-210	< 2E+00	< 2E+00	< 3E+00	1,6E+00 ± 1E+00	2,8E+00 ± 1E+00	< 2E+00	1,5E+00 ± 6E-01	
Ra-228		6,6E-01 ± 4E-01	6,2E-01 ± 4E-01	7,9E-01 ± 4E-01	3,3E-01 ± 3E-01		3,9E-01 ± 1E-01	
Th-228	<	5E-01	< 1E-01	2,3E-01 ± 2E-01	3,1E-01 ± 1E-01	<	2,0E-01 ± 9E-02	
Th-230								
K-40	2,2E+01 ± 3E+00	1,6E+01 ± 6E+00	1,9E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 3E+00	1,7E+01 ± 4E+00	3,3E+01 ± 8E+00	
Be-7	2,5E+00 ± 1E+00	7,9E+00 ± 1E+00		8,5E+00 ± 3E+00	< 3E+00	3,1E+00 ± 1E+00	3,9E+00 ± 1E+00	
I-131								
Cs-134								
Cs-137			< 2E-01	< 3E-01			< 2E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

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

(**) Navedeni merski rezultati, dobljeni z visokoločljivostno spektrometrijo gama, so najboljše ocene prave vrednosti.

LETO 2013 TB - 34a
4. ČRPALIŠČE VODOVODA BREŽICE – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	črpališče Brežice (Glogov Brod novo)						
Datum vzor.	17. 12. 2012 - 16. 1. 2013	16. 1. 2013 - 18. 2. 2013	18. 2. 2013 - 18. 3. 2013	18. 3. 2013 - 16. 4. 2013	16. 4. 2013 - 16. 5. 2013	16. 5. 2013 - 17. 6. 2013	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	44,94	49,42	41,82	43,33	44,69	47,65	
Oznaka vzorca	BK13VC3211	BK13VC3221	BK13VC3231	BK13VC3241	BK13VC3251	BK13VC3261	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238		4,8E+00 ± 2E+00		2,5E+00 ± 2E+00	3,4E+00 ± 1E+00	< 5E-01	1,8E+00 ± 9E-01
Ra-226			< 1E-01	< 2E-01	< 8E-01	< 8E-01	< 1E-01
Pb-210		1,2E+01 ± 2E+00	7,0E+00 ± 2E+00	6,4E+00 ± 1E+00	4,5E+00 ± 2E+00	4,9E+00 ± 1E+00	5,8E+00 ± 2E+00
Ra-228				< 3E-01	< 5E-01	9,9E-01 ± 4E-01	1,7E-01 ± 2E-01
Th-228		6,0E-01 ± 1E-01	< 2E-01	< 7E-01	2,3E-01 ± 1E-01		1,4E-01 ± 1E-01
Th-230							
K-40		2,6E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 4E+00	2,0E+01 ± 4E+00
Be-7		1,3E+00 ± 9E-01	3,8E+00 ± 2E+00	2,4E+00 ± 1E+00	4,0E+00 ± 8E-01	< 2E+00	1,9E+00 ± 7E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137			< 8E-02	< 2E-01	< 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.

(**) Navedeni merski rezultati, dobljeni z visokoločljivostno spektrometrijo gama, so najboljše ocene prave vrednosti.

LETO 2013 TB - 34b
4. ČRPALIŠČE VODOVODA BREŽICE – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	črpališče Brežice (Glogov Brod novo)						
Datum vzor.	17. 6. 2013 - 16. 7. 2013	16. 7. 2013 - 19. 8. 2013	19. 8. 2013 - 16. 9. 2013	16. 9. 2013 - 16. 10. 2013	16. 10. 2013 - 18. 11. 2013	18. 11. 2013 - 17. 12. 2013	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	43,19	50,28	41,58	44,69	49,48	43,08	
Oznaka vzorca	BK13VC3271	BK13VC3281	BK13VC3291	BK13VC32A1	BK13VC32B1	BK13VC32C1	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238	< 3E+00	< 1E+00	< 2E+00	3,8E+00 ± 2E+00	4,0E+00 ± 2E+00	3,6E+00 ± 1E+00	1,8E+00 ± 6E-01
Ra-226	< 1E-01	1,6E+00 ± 4E-01		< 4E-01	9,6E-01 ± 7E-01	< 8E-01	2,1E-01 ± 1E-01
Pb-210	3,9E+00 ± 1E+00	3,7E+00 ± 2E+00	5,7E+00 ± 2E+00	< 2E+00	8,0E+00 ± 2E+00	< 6E+00	4,7E+00 ± 1E+00
Ra-228	< 2E-01	< 2E-01	< 2E-01	7,0E-01 ± 4E-01	< 4E-01	< 9E-01	1,4E-01 ± 1E-01
Th-228	< 4E-02	< 4E-01	< 5E-01	< 1E-01	1,4E+00 ± 3E-01	< 1E-01	1,8E-01 ± 1E-01
Th-230							
K-40	2,5E+01 ± 3E+00	1,9E+01 ± 4E+00	2,2E+01 ± 5E+00	1,9E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 2E+00
Be-7	2,7E+00 ± 1E+00		3,4E+00 ± 1E+00	3,9E+00 ± 1E+00	5,8E+00 ± 1E+00	1,5E+00 ± 9E-01	2,4E+00 ± 5E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137		< 2E-01			1,5E-01 ± 1E-01	< 2E-01	1,2E-02 ± 3E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

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

(**) Navedeni merski rezultati, dobljeni z visokoločljivostno spektrometrijo gama, so najboljše ocene prave vrednosti.

LETO 2013 TB - 37a
5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci

Izotopska analiza sevalcev gama (**), preračunane na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN

Vzrč. mesto	Breg							
Datum vzor.	27. 12. 2012 - 4. 2. 2013	4. 2. 2013 - 4. 3. 2013	4. 3. 2013 - 2. 4. 2013	2. 4. 2013 - 6. 5. 2013	6. 5. 2013 - 3. 6. 2013	3. 6. 2013 - 1. 7. 2013		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	36,61	34,83	39,61	26,63	32,77	11,25		
Padavine (mm)***	126,8	146,1	114,4	64,2	141,8	66,2		
Oznaka vzorca	BK13PD211	BK13PD221	BK13PD231	BK13PD241	BK13PD251	BK13PD261		
IZOTOP		SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22					2,9E-01 ± 2E-01		4,8E-02 ± 5E-02	
U-238	< 5E+00	6,0E+00 ± 2E+00	3,2E+00 ± 2E+00	< 3E+00	< 3E+00	< 4E+00	1,5E+00 ± 1E+00	
Ra-226		< 3E+00	4,9E-01 ± 3E-01	9,0E+00 ± 2E+00	< 2E+00	< 3E+00	1,6E+00 ± 1E+00	
Pb-210	1,4E+02 ± 9E+00	1,4E+02 ± 1E+01	6,3E+01 ± 6E+00	9,9E+01 ± 5E+00	2,0E+01 ± 2E+00	1,4E+02 ± 3E+01	1,0E+02 ± 2E+01	
Ra-228			< 7E-02	< 3E-01	< 5E-01	5,1E+00 ± 2E+00	8,5E-01 ± 8E-01	
Th-230				< 4E+01			< 4E+00	
Th-228	3,0E-01 ± 2E-01	3,6E-01 ± 2E-01	4,2E-01 ± 2E-01	8,6E-01 ± 3E-01	< 2E-01	< 2E+00	3,2E-01 ± 2E-01	
K-40	6,5E+00 ± 2E+00	3,3E+00 ± 2E+00	< 9E+00	1,7E+01 ± 4E+00	2,1E+01 ± 3E+00	< 4E+01	8,0E+00 ± 4E+00	
Be-7	3,9E+02 ± 2E+01	8,2E+02 ± 4E+01	3,4E+02 ± 2E+01	5,0E+02 ± 2E+01	1,3E+02 ± 8E+00	4,7E+02 ± 2E+01	4,4E+02 ± 9E+01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137		1,7E-01 ± 1E-01	2,6E-01 ± 2E-01	5,8E-01 ± 2E-01		1,5E+00 ± 7E-01	4,3E-01 ± 2E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

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

(**) Navedeni merski rezultati, dobljeni z visokoločljivostno spektrometrijo gama, so najboljše ocene prave vrednosti.

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

LETO 2013 TB - 37b
5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci

Izotopska analiza sevalcev gama (**), preračunane na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN

Vzrč. mesto	Breg							
Datum vzor.	1. 7. 2013 - 1. 8. 2013	1. 8. 2013 - 2. 9. 2013	2. 9. 2013 - 1. 10. 2013	1. 10. 2013 - 4. 11. 2013	4. 11. 2013 - 2. 12. 2013	2. 12. 2013 - 2. 1. 2014		Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	12,53	26,89	46,83	15,37	51,06	4,5		
Padavine (mm)***	32,5	91,2	144,5	27,6	210,0	15,3		
Oznaka vzorca	BK13PD271	BK13PD281	BK13PD291	BK13PD2A1	BK13PD2B1	BK13PD2C1		
IZOTOP		SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22							2,4E-02 ± 2E-02	
U-238	< 2E+00	< 2E-01	1,4E+00 ± 9E-01	< 2E+01		< 3E+01	8,8E-01 ± 2E+00	
Ra-226	< 1E+00	< 7E-01	6,6E-01 ± 4E-01		8,4E-01 ± 3E-01		9,1E-01 ± 7E-01	
Pb-210	1,7E+01 ± 4E+00	4,7E+01 ± 4E+00	2,0E+01 ± 1E+00	4,0E+01 ± 5E+00	5,6E+01 ± 4E+00	3,1E+02 ± 5E+01	9,1E+01 ± 2E+01	
Ra-228			< 7E-02	< 1E+00			4,2E-01 ± 4E-01	
Th-230							< 2E+00	
Th-228	< 2E+00	< 1E+00	< 2E-01	1,2E+00 ± 6E-01	1,5E-01 ± 1E-01	2,4E+00 ± 2E+00	4,7E-01 ± 2E-01	
K-40	2,9E+01 ± 1E+01	8,9E+00 ± 6E+00	4,3E+00 ± 2E+00	7,5E+00 ± 4E+00	1,3E+00 ± 9E-01	1,2E+02 ± 5E+01	1,9E+01 ± 1E+01	
Be-7	8,7E+01 ± 9E+00	2,4E+02 ± 1E+01	8,3E+01 ± 4E+00	2,7E+02 ± 1E+01	3,2E+02 ± 2E+01	5,1E+02 ± 3E+01	3,5E+02 ± 6E+01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	< 2E+00		1,1E-01 ± 9E-02		< 1E-01	< 3E+00	2,2E-01 ± 2E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

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

(**) Navedeni merski rezultati, dobljeni z visokoločljivostno spektrometrijo gama, so najboljše ocene prave vrednosti.

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

LETO 2013 TB - 38a

5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci

Izotopska analiza sevalcev gama (**), preračunane na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN

Vzorč. mesto	Krško							
Datum vzor.	27. 12. 2012 - 4. 2. 2013	4. 2. 2013 - 4. 3. 2013	4. 3. 2013 - 2. 4. 2013	2. 4. 2013 - 6. 5. 2013	6. 5. 2013 - 3. 6. 2013	3. 6. 2013 - 1. 7. 2013		
Kol. vzorca (L)	35,71	31,62	35,09	19,77	33,33	17,25		Polletno povprečje (*)
Padavine (mm)	86,4	121,4	130,7	41,5	144,0	58,2		
Oznaka vzorca	BK13PD311	BK13PD321	BK13PD331	BK13PD341	BK13PD351	BK13PD361		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (B q/m ²)							
Na-22				< 1E+00			< 1E-01	
U-238	4,4E+00 ± 2E+00	< 4E+00	< 5E-01	4,8E+00 ± 3E+00		< 5E-01	< 1,5E+00 ± 1E+00	
Ra-226	< 7E-01	< 7E-01			1,3E+01 ± 1E+00		2,2E+00 ± 2E+00	
Pb-210	1,2E+02 ± 6E+00	1,3E+02 ± 9E+00	6,8E+01 ± 4E+00	9,1E+01 ± 1E+01	3,2E+01 ± 3E+00	3,6E+01 ± 5E+00	7,8E+01 ± 2E+01	
Ra-228				< 2E+00		< 2E+00	< 3E-01	
Th-230								
Th-228	< 3E-01	3,7E-01 ± 3E-01	< 3E-01	< 7E-01	< 6E-01	< 9E-01	6,1E-02 ± 1E-01	
K-40	< 7E+00	< 6E+00	3,1E+00 ± 1E+00	4,0E+01 ± 1E+01	2,9E+01 ± 3E+00	2,0E+01 ± 1E+01	1,5E+01 ± 7E+00	
Be-7	5,0E+02 ± 2E+01	7,1E+02 ± 4E+01	5,4E+02 ± 4E+01	5,5E+02 ± 3E+01	1,6E+02 ± 8E+00	2,7E+02 ± 2E+01	4,6E+02 ± 8E+01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137		< 5E-01	< 7E-02	< 5E-01	< 1E-01	< 1E+00	< 1E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

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

(**) Navedeni merski rezultati, dobljeni z visokoločljivostno spektrometrijo gama, so najboljše ocene prave vrednosti.

LETO 2013 TB - 38b

5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci

Izotopska analiza sevalcev gama (**), preračunane na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN

Vzorč. mesto	Krško							
Datum vzor.	1. 7. 2013 - 1. 8. 2013	1. 8. 2013 - 2. 9. 2013	2. 9. 2013 - 1. 10. 2013	1. 10. 2013 - 4. 11. 2013	4. 11. 2013 - 2. 12. 2013	2. 12. 2013 - 2. 1. 2014		
Kol. vzorca (L)	12,53	29,59	34,29	14,96	51,18	4,1		Letno povprečje (*)
Padavine (mm)	19,4	103,6	130,0	26,5	239,9	17,9		
Oznaka vzorca	BK13PD371	BK13PD381	BK13PD391	BK13PD3A1	BK13PD3B1	BK13PD3C1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (B q/m ²)							
Na-22				< 1E+00			< 5E-02	
U-238	< 1E+00		< 1E+00	< 1E+00			7,6E-01 ± 5E-01	
Ra-226			1,1E+00 ± 5E-01		4,5E+00 ± 7E-01		1,6E+00 ± 1E+00	
Pb-210	1,4E+02 ± 1E+01	7,3E+01 ± 6E+00	3,4E+01 ± 3E+00	1,2E+02 ± 2E+01	6,9E+01 ± 5E+00		7,5E+01 ± 1E+01	
Ra-228	4,4E+00 ± 3E+00	< 6E-01	< 6E-01	< 1E+00	5,8E-01 ± 4E-01		4,2E-01 ± 4E-01	
Th-230								
Th-228	< 1E+00	4,8E-01 ± 3E-01	< 3E-02	1,0E+00 ± 5E-01	8,3E-01 ± 4E-01		2,3E-01 ± 1E-01	
K-40	4,5E+01 ± 2E+01	< 2E+01	9,9E+00 ± 3E+00	1,8E+01 ± 5E+00	1,8E+00 ± 1E+00		1,4E+01 ± 5E+00	
Be-7	3,4E+02 ± 2E+01	6,2E+02 ± 3E+01	1,6E+02 ± 8E+00	4,9E+02 ± 2E+01	5,5E+02 ± 3E+01		4,1E+02 ± 6E+01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	< 1E+00	< 4E-01		< 1E+00	< 3E-01		< 1E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

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

(**) Navedeni merski rezultati, dobljeni z visokoločljivostno spektrometrijo gama, so najboljše ocene prave vrednosti.

LETO 2013 TB - 39a
5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama (**), preračunane na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN

Vzrč. mesto	Dobova							Polletno povprečje (*)
	27. 12. 2012 - 4. 2. 2013	4. 2. 2013 - 4. 3. 2013	4. 3. 2013 - 2. 4. 2013	2. 4. 2013 - 6. 5. 2013	6. 5. 2013 - 3. 6. 2013	3. 6. 2013 - 1. 7. 2013		
Datum vzor.	43,26	33,53	43,68	23,91	35,9	11,34		
Kol. vzorca (L)	141,9	147,4	121,3	57,7	115,4	46,9		
Padavine (mm)	BK13PD411	BK13PD421	BK13PD431	BK13PD441	BK13PD451	BK13PD461		
Ozmaža vzorca	SPECIFIČNA AKTIVNOST (B q/m ³)							
IZOTOP								
Na-22		1,9E-01 ± 1E-01		4,8E-01 ± 2E-01	2,9E-01 ± 1E-01		1,6E-01 ± 8E-02	
U-238		< 3E+00	< 5E-01	< 7E+00	< 6E-01	< 7E+00	< 1E+00	
Ra-226			1,4E+00 ± 1E+00	< 3E+00	< 3E-01		2,3E-01 ± 3E-01	
Pb-210	1,6E+02 ± 8E+00	1,3E+02 ± 1E+01	9,1E+01 ± 8E+00	9,2E+01 ± 1E+01	4,8E+01 ± 4E+00	5,9E+01 ± 1E+01	9,7E+01 ± 2E+01	
Ra-228	< 5E-01		5,0E-01 ± 3E-01	< 5E-01	< 9E-02	< 3E+00	8,3E-02 ± 3E-01	
Th-230								
Th-228	6,1E-01 ± 3E-01	< 5E-01	5,2E-01 ± 2E-01	6,0E-01 ± 4E-01	< 4E-01	1,7E+00 ± 9E-01	5,8E-01 ± 3E-01	
K-40		< 5E+00	4,0E+00 ± 2E+00	1,0E+01 ± 3E+00	2,1E+00 ± 1E+00	< 2E+01	2,7E+00 ± 2E+00	
Be-7	6,8E+02 ± 3E+01	8,6E+02 ± 4E+01	5,2E+02 ± 3E+01	7,8E+02 ± 4E+01	4,9E+02 ± 2E+01	7,2E+02 ± 4E+01	6,8E+02 ± 6E+01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	< 1E+00		< 4E-01	3,8E-01 ± 3E-01	< 2E-01		6,3E-02 ± 1E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

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

(**) Navedeni merski rezultati, dobljeni z visokoločljivostno spektrometrijo gama, so najboljše ocene prave vrednosti.

LETO 2013 TB - 39b
5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci



Izotopska analiza sevalcev gama (**), preračunane na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN

Vzrč. mesto	Dobova							Letno povprečje (*)
	1. 7. 2013 - 1. 8. 2013	1. 8. 2013 - 2. 9. 2013	2. 9. 2013 - 1. 10. 2013	1. 10. 2013 - 4. 11. 2013	4. 11. 2013 - 2. 12. 2013	2. 12. 2013 - 2. 1. 2014		
Datum vzor.	12,21	27,4	35,59	9,05	45,21	3,18		
Kol. vzorca (L)	40,8	89,7	153,9	30,9	188,0	17,8		
Padavine (mm)	BK13PD471	BK13PD481	BK13PD491	BK13PD4A1	BK13PD4B1	BK13PD4C1		
Ozmaža vzorca	SPECIFIČNA AKTIVNOST (B q/m ³)							
IZOTOP								
Na-22							8,0E-02 ± 5E-02	
U-238	< 8E+00	< 2E+00	< 2E+00	< 1E+00	< 5E+00	< 7E-01	< 7E-01	
Ra-226	< 3E+00	1,9E+00 ± 9E-01		< 1E+00			2,8E-01 ± 3E-01	
Pb-210	3,4E+02 ± 3E+01	9,0E+01 ± 6E+00	5,6E+01 ± 5E+00	1,9E+02 ± 1E+01	6,6E+01 ± 5E+00		1,1E+02 ± 3E+01	
Ra-228				< 7E-02			4,2E-02 ± 2E-01	
Th-230								
Th-228	1,4E+00 ± 6E-01	5,1E-01 ± 3E-01	4,4E-01 ± 3E-01	< 2E+00	< 5E-01		4,9E-01 ± 2E-01	
K-40	2,8E+01 ± 6E+00	8,4E+00 ± 4E+00	2,0E+00 ± 2E+00	2,1E+01 ± 1E+01	< 3E+00		6,3E+00 ± 3E+00	
Be-7	1,1E+03 ± 6E+01	1,1E+03 ± 6E+01	3,4E+02 ± 2E+01	1,2E+03 ± 6E+01	5,4E+02 ± 3E+01		6,9E+02 ± 1E+02	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	8,8E-01 ± 3E-01		< 2E-01	< 2E+00	< 2E-01		1,0E-01 ± 1E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

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

(**) Navedeni merski rezultati, dobljeni z visokoločljivostno spektrometrijo gama, so najboljše ocene prave vrednosti.

LETO 2013 TB - 40 a
5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci

Izotopska analiza sevalcev gama (**), preračunane na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS							
Datum vzor.	27. 12. 2012 - 4. 2. 2013	4. 2. 2013 - 4. 3. 2013	4. 3. 2013 - 2. 4. 2013	2. 4. 2013 - 6. 5. 2013	6. 5. 2013 - 3. 6. 2013	3. 6. 2013 - 1. 7. 2013		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	40,81	32,52	49,71	15,15	41,08	23,02		
Padavine (mm)***	91,2	195,3	188,7	91,0	210,1	104,9		
Oznaka vzorca	BRP13PD111	BRP13PD121	BRP13PD131	BRP13PD141	BRP13PD151	BRP13PD161		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
Na-22		< 7E-01		< 2E-01	< 5E-01		< 5E-02	
U-238			< 8E-02	< 3E-01	< 4E+00		< 4E-01	
Ra-226	6,0E+01 ± 4E+00	7,6E+01 ± 4E+00	6,9E+01 ± 5E+00	4,8E+01 ± 3E+00	7,0E+01 ± 5E+00	3,3E+01 ± 8E+00	5,9E+01 ± 7E+00	1E-01
Pb-210		< 6E-01		< 1E+00		< 2E-01	< 1E-01	
Ra-228				< 4E+01			< 4E+00	
Th-230								
Th-228	6,1E-01 ± 4E-01	5,6E-01 ± 9E-02	< 2E-02		< 5E-01		1,9E-01 ± 1E-01	
K-40	< 3E+00	3,5E+00 ± 1E+00	3,4E+00 ± 3E+00	2,1E+01 ± 4E+00	1,0E+01 ± 3E+00	< 2E+01	6,3E+00 ± 3E+00	
Be-7	3,8E+02 ± 2E+01	5,4E+02 ± 4E+01	3,5E+02 ± 2E+01	3,0E+02 ± 2E+01	2,9E+02 ± 1E+01	2,6E+02 ± 1E+01	3,5E+02 ± 4E+01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137		< 2E-01	1,5E-01 ± 7E-02	< 1E+00	< 4E-01	3,8E-01 ± 2E-01	8,9E-02 ± 1E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

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

(**) Navedeni merski rezultati, dobljeni z visokoločljivostno spektrometrijo gama, so najboljše ocene prave vrednosti.

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

LETO 2013 TB - 40 b
5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci

Izotopska analiza sevalcev gama (**), preračunane na KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS							
Datum vzor.	1. 7. 2013 - 1. 8. 2013	1. 8. 2013 - 2. 9. 2013	2. 9. 2013 - 1. 10. 2013	1. 10. 2013 - 4. 11. 2013	4. 11. 2013 - 2. 12. 2013	2. 12. 2013 - 2. 1. 2014		Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	3,01	31,9	49,83	15,45	48,92	14,35		
Padavine (mm)***	22,3	104,6	216,8	37,4	207,7	60,5		
Oznaka vzorca	BRP13PD171	BRP13PD181	BRP13PD191	BRP13PD1A1	BRP13PD1B1	BRP13PD1C1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
Na-22		< 5E-01	2,4E+00 ± 1E+00	< 2E+00	< 3E+00	< 2E+00	< 2E-02	
U-238		< 1E+00		< 3E+00	2,8E+00 ± 7E-01	2,6E+00 ± 2E+00	8,0E+00 ± 8E+00	
Ra-226	9,1E+01 ± 1E+01	6,8E+01 ± 8E+00	3,1E+01 ± 3E+00	1,7E+02 ± 1E+01	9,6E+01 ± 1E+01	6,8E+01 ± 8E+00	3,4E+02 ± 3E+02	
Pb-210	3,2E+03 ± 3E+02	< 3E-01	< 6E-01	< 3E-01		< 3E+00	< 2E-01	
Ra-228							< 2E+00	
Th-230							< 2E+00	
Th-228	6,5E+00 ± 3E+00	< 6E-01	< 6E-01	2,1E+00 ± 6E-01	2,7E-01 ± 2E-01	< 8E-01	8,3E-01 ± 5E-01	
K-40	1,2E+02 ± 3E+01	7,8E+00 ± 2E+00	3,0E+00 ± 2E+00	2,2E+01 ± 7E+00	4,3E+00 ± 2E+00	1,2E+01 ± 6E+00	1,7E+01 ± 9E+00	
Be-7	3,7E+03 ± 2E+02	8,2E+02 ± 4E+01	3,2E+02 ± 2E+01	7,9E+02 ± 4E+01	4,1E+02 ± 2E+01	3,6E+02 ± 2E+01	7,1E+02 ± 3E+02	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	7,2E+00 ± 2E+00	< 6E-01	< 3E-01	< 9E-01	< 4E-01		6,5E-01 ± 6E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

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

(**) Navedeni merski rezultati, dobljeni z visokoločljivostno spektrometrijo gama, so najboljše ocene prave vrednosti.

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

LETO 2013 TB - 65
11. HRANILA – SADJE - jabolka

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Evrosad Krško - sadovnjak okoli NEK	Evrosad Krško - sadovnjak okoli NEK	Evrosad Krško	Evrosad Krško	Povprečje - jabolka (*)
Vrsta vzorca	Jabolka	Jabolka	Jabolka	Jabolka	
Datum vzor.	5. 9. 2013	5. 9. 2013	23. 10. 2013	23. 10. 2013	
Kol. vzorca (kg)	0,56	0,29	0,39	0,40	
Odstoteksuhne snovi	17,00	15,70	13,60	14,30	
Oznaka vzorca	BK13HSJB591	BK13HSJB791	BK13HSJB6A1	BK13HSJB8A1	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI				
U-238	< 4E-02	< 5E-01			< 7E-02
Ra-226	7,6E-02 ± 4E-02	< 1E-01			1,9E-02 ± 2E-02
Pb-210	< 3E-01	< 4E-01	< 3E-01	< 3E-01	< 1E-01
Ra-228		7,4E-02 ± 5E-02			1,8E-02 ± 2E-02
Th-228	< 7E-03	< 1E-02		< 9E-03	< 3E-03
Th-230					
K-40	5,1E+01 ± 5E+00	3,5E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 3E+00	3,9E+01 ± 4E+00	3,8E+01 ± 5E+00
Be-7	1,4E-01 ± 7E-02	2,7E-01 ± 2E-01	8,5E-02 ± 6E-02	1,8E-01 ± 9E-02	1,7E-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					

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

(**) Navedeni merski rezultati, dobljeni z visokoločljivostno spektrometrijo gama, so najboljše ocene prave vrednosti.

LETO 2013 TB - 66
11. HRANILA – SADJE - hruške

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Evrosad Krško	Evrosad Krško - sadovnjak okoli NEK	Povprečje - hruške (*)
Vrsta vzorca	Hruške pachams	Hruške viljamovka	
Datum vzor.	5. 9. 2013	5. 9. 2013	
Kol. vzorca (kg)	0,57	0,34	
Odstoteksuhne snovi	16,50	15,90	
Oznaka vzorca	BK13HSHR191	BK13HSHR791	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI		
U-238		< 2E-02	< 7E-03
Ra-226	< 7E-02	< 4E-02	< 2E-02
Pb-210	< 3E-01	< 2E-01	< 1E-01
Ra-228	< 2E-02	< 3E-02	< 1E-02
Th-228	< 3E-02	1,4E-02 ± 8E-03	7,0E-03 ± 9E-03
Th-230			
K-40	4,4E+01 ± 4E+00	4,7E+01 ± 4E+00	4,5E+01 ± 3E+00
Be-7	9,1E-01 ± 2E-01	7,9E-01 ± 7E-02	8,5E-01 ± 9E-02
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.

(**) Navedeni merski rezultati, dobljeni z visokoločljivostno spektrometrijo gama, so najboljše ocene prave vrednosti.

LETO 2013 TB - 67
11. HRANILA – SADJE - jagode

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Spodnja Pohanca	Zgornja Pohanca	
Vrsta vzorca	Jagode	Jagode	Povprečje - jagode (*)
Datum vzor.	27. 5. 2013	27. 5. 2013	
Kol. vzorca (kg)	0,34	0,23	
Odstoteksuhne snovi	9,30	7,50	
Oznaka vzorca	BK13HSJG2151	BK13HSJG2251	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI		
U-238	< 3E-02		< 8E-03
Ra-226	7,0E-02 ± 5E-02	6,9E-02 ± 5E-02	6,9E-02 ± 4E-02
Pb-210	< 4E-01	< 2E-01	< 1E-01
Ra-228	3,1E-02 ± 2E-02	< 1E-01	1,6E-02 ± 4E-02
Th-228	< 5E-03	< 1E-02	< 4E-03
Th-230	< 6E-01		< 2E-01
K-40	3,7E+01 ± 3E+00	3,6E+01 ± 3E+00	3,6E+01 ± 2E+00
Be-7	6,3E-01 ± 6E-02		3,1E-01 ± 3E-01
I-131			
Cs-134			
Cs-137	5,3E-03 ± 3E-03		2,6E-03 ± 3E-03
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			

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

(**) Navedeni merski rezultati, dobljeni z visokoločljivostno spektrometrijo gama, so najboljše ocene prave vrednosti.

LETO 2013 TB - 74
13. HRANILA – KOKOŠJE MESO IN JAJCA

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Spodnji Stari Grad (Turnšek)	Vrbina (Rodman)		Spodnji Stari Grad (Turnšek)
Vrsta vzorca	Kološja jajca	Kološja jajca	Povprečje - jajca (*)	Kološje meso
Datum vzor.	30. 1. 2013	4. 2. 2013		30. 1. 2013
Kol. vzorca (kg)	0,26	0,26		0,20
Odstoteksuhne snovi	23,90	25,40		27,00
Oznaka vzorca	BK13HJ111	VK13HJ321		BK13HMK111
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI			
U-238	< 4E-01		< 1E-01	
Ra-226	< 3E-01	< 1E-01	< 1E-01	< 9E-02
Pb-210	< 7E-01	< 6E-01	< 3E-01	< 1E+00
Ra-228	1,1E-01 ± 6E-02	1,4E-01 ± 7E-02	1,2E-01 ± 5E-02	
Th-228		< 3E-02	< 8E-03	< 4E-02
Th-230				
K-40	4,1E+01 ± 4E+00	4,0E+01 ± 4E+00	4,1E+01 ± 3E+00	1,0E+02 ± 1E+01
Be-7				
I-131				
Cs-134				
Cs-137		3,8E-02 ± 2E-02	1,9E-02 ± 2E-02	8,7E-02 ± 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.

(**) Navedeni merski rezultati, dobljeni z visokoločljivostno spektrometrijo gama, so najboljše ocene prave vrednosti.

LETO 2013 TB - 75
13. HRANILA – SVINJSKO, GOVEJE IN DIVJAČINSKO MESO

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Spodnji Stari Grad (Turnšek)	Brege (Skofljanc)		Sromlje	Brege
Vrsta vzorca	Svinjsko meso	Svinjsko meso	Povprečje - svinjsko meso (*)	Goveje meso	Divjačinsko meso
Datum vzor.	30. 1. 2013	18. 2. 2013		12. 3. 2013	4. 3. 2013
Kol. vzorca (kg)	0,37	0,41		0,42	0,28
Odstoteksuhne snovi	37,00	30,00		24,60	25,50
Oznaka vzorca	BK13HMS111	BK13HMS221		BK13HMG431	BK13HMD131
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI				
U-238	< 1E-01	< 5E-02	< 5E-02		< 5E-01
Ra-226					
Pb-210	< 1E+00	< 2E-01	< 4E-01	3,5E-01 ± 2E-01	< 4E-01
Ra-228					
Th-228	< 4E-02		< 1E-02	< 4E-03	
Th-230					
K-40	9,4E+01 ± 9E+00	1,4E+02 ± 2E+01	1,2E+02 ± 2E+01	1,4E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 1E+01
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	3,6E-01 ± 3E-02	1,1E-01 ± 4E-02	2,4E-01 ± 1E-01	1,2E-01 ± 2E-02	2,1E-01 ± 2E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					

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

(**) Navedeni merski rezultati, dobljeni z visokoločljivostno spektrometrijo gama, so najboljše ocene prave vrednosti.

