NADZOR RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO

Poročilo za leto 2018

Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija

Institut Ruđer Bošković, Zagreb, Hrvaška

Nuklearna elektrarna Krško, Krško, Slovenija

Zavod za varstvo pri delu, Ljubljana, Slovenija

MEIS storitve za okolje, Mali Vrh pri Šmarju, Slovenija

NADZOR RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO

Poročilo za leto 2018

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

IJS delovno poročilo
IJS-DP-12784
april 2019

NADZOR RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO
Poročilo za leto 2018

Odgovorni za izdajo poročila: doc. dr. Benjamin Zorko

Koordinator za IJS: doc. dr. Benjamin Zorko

Koordinator za NEK: mag. Borut Breznik

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

Izvajalci meritev in drugi sodelujoči
so navedeni na 3. strani v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2018, IJS-DP-12783,* ki je na priloženi zgoščenki.

Urednica: mag. Denis Glavič - Cindro

Lektoriral: dr. Jože Gasperič;
poročilo (razen angleškega prevoda izvlečka) je lektorirano po mednarodnem standardu ISO 80000

Stavčni in računalniški prelom: mag. Denis Glavič - Cindro

Likovno in grafično uredila: mag. Denis Glavič - Cindro

Fotografije: mag. Denis Glavič - Cindro, doc. dr. Benjamin Zorko, arhiv NEK

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

Založil: Institut "Jožef Stefan"

Prva izdaja: april 2019

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

Pogodba št.: 3172175 (Z-8171747 in Z-8171748) z dne 19. 1. 2018

Št. delovnega poročila: IJS-DP-12784

Redakcija je bila končana marca 2019.

Vse pravice pridržane. Noben del poročila *Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2018* ter obeh prilog k poročilu: *Obdelava podatkov meritev radioaktivnosti v okolju* in *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2018, IJS-DP-12783* 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 ©. Avtorska dela so intelektualna last Instituta "Jožef Stefan".

Naklada: 56 izvodov

NASLOV: IJS-DP-12784
Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško april 2019

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

POVZETEK:
Sumarni rezultati meritev radioaktivnosti umetnih in naravnih radionuklidov v različnih nadzorovanih medijih in ekspozicijskih prenosnih poteh so podani z ocenami efektivnih doz. Konzervativni oceni efektivne doze posameznika zaradi emisij jedrske elektrarne dajejo v letu 2018 za atmosferske emisije *efektivno dozo* 0,11 µSv na leto na ograji NEK in za tekočinske emisije za referenčno skupino prebivalstva *efektivno dozo* 0,008 µSv na leto. V letu 2018 so bili tako vsi sevalni vplivi NEK-a na prebivalstvo v okolici ocenjeni na manj kot 0,12 µSv na leto, kar je 0,24 % avtorizirane mejne letne doze na ograji NEK (50 µSv; vsota prispevkov po vseh prenosnih poteh). Iz meritev so bile ocenjene tudi izpostavitve naravnemu sevanju in prispevki zaradi splošne radioaktivne onesnaženosti okolja, ki so jo povzročile poskusne jedrske eksplozije in černobilska nesreča. ***Ocenjena vrednost sevalnih vplivov (letne efektivne doze) NEK-a na prebivalstvo ob ograji NEK je približno* 0,0051 *% značilnega neizogibnega naravnega ozadja.***

TITLE: IJS-DP-12784
Off-site radiological monitoring of the Krško Nuclear Power Plant April 2019

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

ABSTRACT:
Summarised results of radioactivity measurements of antropogenic and natural occuring 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 Krško NPP emissions in the year 2018 gives to a value of the *effective dose* of 0.11 µSv per year for atmospheric discharges at the Krško NPP fence and 0.008 µSv per year for liquid discharges received by members of the reference group. Thus, in 2018, the radiation effects of the Krško NPP on the population in the immediate surroundings were estimated at less than 0.12 µSv per year, what presents 0.24 % of the authorized dose limit at the Krško NPP fence (50 µSv; the sum of the contributions from all exposure pathways). From the measurements the exposure to the natural radiation and to the general radioactive contamination due to the nuclear test explosions and Chernobyl accident were assessed. ***The estimated sum of all radiation contributions (annual effective doses) from the Krško NPP to the member of the public at the fence perimeter is* 0.0051 *% of the characteristic unavoidable natural background radiation.***

IZVAJALCI MERITEV

INSTITUT "JOŽEF STEFAN" (IJS), LJUBLJANA

Koordinator projekta za IJS: doc. dr. Benjamin Zorko

Izvajalci na IJS:
Odsek za fiziko nizkih in srednjih energij (Odsek F2)
D. Brodnik, B. Črnič, dipl. inž. fiz., A. Duszová, P. Gerjol, mag. D. Glavič - Cindro, S. Gobec, dr. M. Korun, dr. J. Kožar Logar, dr. R. Krištof, D. Marguč, univ. dipl. biol., dr. M. Nečemer, P. Osterman, prof. biol., U. Petrač, dr. T. Petrovič, K. Poiškruh, mag. B. Vodenik, doc. dr. B. Zorko

Odsek za znanosti o okolju (Odsek O2)
B. Svetek, inž. kem. tehnol., dr. M. Štrok, Z. Trkov, inž. kem. tehnol.

ZAVOD ZA VARSTVO PRI DELU (ZVD), LJUBLJANA

Koordinator projekta za ZVD: dr. Gregor Omahen

Izvajalci na ZVD:
dr. M. Giacomelli, A. Ivanc, 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, I. Coha, dipl. inž., dr. Ž. Grahek, M. Ivković, mag. kem., G. Karanović, dipl. inž., T. Kardum, R. Kušić, dr. I. Tucaković

Izvajalci na IRB – Laboratorij za mjerenje niskih radioaktivosti – Zavod za eksperimentalnu fiziku:
dr J. Barešić, mag. D. Borković, dr. I. Krajcar Bronić, dr. I. Lovrenčić Mikelić, A. Rajtarić, dr. A. Sironić

Izvajalci na IRB – Laboratorij za radijacijsku kemiju i dozimetriju –Zavod za kemiju materijala:
dr. Ž. Knežević, dr. M. Majer, dr. M. Nodilo

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

IZVAJALCI IZRAČUNOV RAZREDČITVENIH IN DEPOZICIJSKIH KOEFICIENTOV PO LAGRANGEEVEM MODELU DELCEV, MEIS, MALI VRH PRI ŠMARJU

Izvajalci v MEIS:
dr. P. Mlakar, dr. B. Grašič, dr. M. Z. Božnar

V S E B I N A

Uvod in upravne podlage ix / lx

Izvleček xiii / lx
Summary xxxi / lx

Neodvisni nadzor pooblaščenih izvajalcev xlix / lx

	AVTORJI
Poročilo	mag. Denis Glavič - Cindro doc. dr. Benjamin Zorko
Izvleček in angleški prevod izvlečka	doc. dr. Benjamin Zorko
Neodvisni nadzor pooblaščenih izvajalcev	mag. Denis Glavič - Cindro

Obdelava podatkov meritev radioaktivnosti v okolju
ISBN 978-961-264-150-4

Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2018, IJS-DP-12783

Imisijske meritve (meritve v okolju jedrske elektrarne)

Obratovalni nadzor radioaktivnosti v okolici NEK
Tabele merskih rezultatov M-1 / M-122
Obratovalni nadzor radioaktivnosti v okolici NEK zaradi HE Brežice
Tabele merskih rezultatov M-87 / M-122

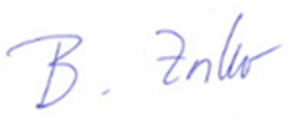
Tabele interkomparacijskih rezultatov
Mednarodne primerjalne meritve izvajalcev M-95 / M-122

Poročilo *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2018, IJS-DP-12783* je na priloženi zgoščenki.

LETNO POROČILO

Po pogodbi št. 3172175 (Z-8171747 in Z-8171748) z dne 19. 1. 2018 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 zahteva *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti JV10* (stari pravilnik Ur. l. RS 20/2007 in 97/2009 ter novi pravilnik Ur. l. RS 27/2018, 5. 5. 2018) [8]. Uvod je povzetek prispevkov iz monografije *Obdelava podatkov meritev radioaktivnosti v okolju*, kjer so ocene doz in drugi parametri obravnavani podrobno. Za potrebe poročila pa v strnjeni obliki podajamo ugotovitve za leto 2018.

Odgovorni za izdajo:



doc. dr. Benjamin Zorko

UVOD IN PRAVNE PODLAGE

Namen ovrednotenja je celovit in neodvisen izračun doz direktnega in indirektnega vpliva majhnih količin radioaktivnih snovi, ki jih v zrak in vodo med obratovanjem izpušča jedrska elektrarna Krško. Osnova za izvajanje obratovalnega nadzora je *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti JV10* (stari pravilnik Ur. l. RS 20/2007 in 97/2009 ter novi pravilnik Ur. l. RS 27/2018, 5. 5. 2018) [8]. Program obsega meritve v okolju jedrske elektrarne (priloga 4, preglednica 3 iz novega pravilnika JV 10). Podroben program meritev je določen v *Tehnični specifikaciji za izvedbo storitve obratovalnega monitoringa radioaktivnosti v okolici NEK (pitne vode, zraka, hrane, reke Save, padavin, zemlje in sevanja v okolju skupaj z oceno doz prebivalstva) za leti 2018–2019 v Republiki Sloveniji*, NEK, TS št. TO.RZ, 9/2017, in dodatno v *Radiological Effluent Technical Specifications (RETS)*, NEK-RETS, Rev. 10, poglavje 3.12, strani 45–62.

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 vpliva na okolje, ki ga povzroča elektrarna. Za izračun doz so avtorji uporabili znanstveno potrjene modele in postopke. Ovrednotenje se nanaša na imisijske meritve v okolju ter povzetek programa emisijskih meritev. Za evalvacijo merskih podatkov in oceno doznih obremenitev so bili kot dopolnilni ali vzporedni podatki uporabljeni tudi:

- mesečna poročila NEK o tekočinskih in zračnih emisijah v letu 2018;
- mesečni izračuni zračnih razredčitvenih faktorjev Agencije Republike Slovenije za okolje za okolico NEK v letu 2018;
- mesečni izračuni zračnih razredčitvenih faktorjev MEIS storitve za okolje, d. o. o., za okolico NEK v letu 2018;
- mesečna poročila o meritvah koncentracije H-3 v podtalnici na dodatnih lokacijah v okolici NEK (vrtine VOP-1/06, V 12/77 in V-7/77);
- mesečna poročila o meritvah savske vode, sedimentov in biote iz *Dodatnega programa nadzora radioaktivnosti v okolici NEK zaradi HE Brežice*;
- 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 transporta snovi v okolju ocenjujemo dozne obremenitve prebivalstva v okolici objektov. Po drugi strani pa z neposrednimi meritvami ugotavljamo vnos radioaktivnih snovi v okolje, kar omogoča neposredno oceno izpostavljenosti prebivalstva. Slednje meritve omogočajo tudi oceno izpostavljenosti prebivalstva naravnemu sevanju in vplivom širšega okolja, kot so bile jedrske eksplozije in černobilska nesreča.

Zunanje sevanje se meri z elektronskimi merilniki hitrosti doze, ki se uporabljajo pri 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 (IRB) iz Zagreba, Republika Hrvaška. Emisijske meritve znotraj ograje Nuklearne elektrarne Krško so izvedli sodelavci NEK.

Institut "Jožef Stefan" (IJS) in Zavod za varsto pri delu (ZVD) sta pooblaščena za izvajanje merilnega nadzora radioaktivnosti na podlagi 123. in 124. člena Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (Ur. l. RS, št. 102/04 - ZVISJV-UPB2 in Ur. l. RS št. 70/08 - ZVO-1B) ter 11. in 12. člena Pravilnika o monitoringu radioaktivnosti (Ur. l. RS, št. 20/07) s pooblastiloma 35400-9/2014/9 z dne 18. 6. 2014 (IJS) in 35400-7/2014/2 z dne 21. 3. 2014 (ZVD), ki ju je izdala Uprava Republike Slovenije za jedrsko varnost (URSJV) v soglasju z Upravo RS za varstvo pred sevanji (URSVS).

Pravilnik o posebnih zahtevah varstva pred sevanji in načinu ocene doz (SV5) (Ur. l. RS, št. 47/18 z dne 21. 7. 2018) [10] zahteva, da morajo poročilo o ocenah doz za posamezne značilne in referenčne osebe izdelati pooblaščeni 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:

- dr. Marka Giacomellija z odločbo 1864-5/2014-3 z dne 28. 7. 2014;
- mag. Denis Glavič - Cindro z odločbo 1864-25/2017-3 z dne 4. 12. 2017;
- mag. Matjaža Koželja z odločbo 1864-5/2018-4 z dne 16. 4. 2018;
- dr. Gregorja Omahna z odločbo 1864-17/2011-3 z dne 10. 8. 2011 in 1864-11/2016-3 z dne 20. 7. 2016;
- mag. Matjaža Stepišnika z odločbo 1864-16/2017-3 z dne 2. 8. 2017 ter
- doc. dr. Benjamina Zorka z odločbo 1864-9/2018-5 z dne 1. 2. 2019.

Institut "Jožef Stefan" (IJS), Ljubljana, je z odločbo Uprave RS za varstvo pred sevanji (URSVS) št. 1864-2/2017-5 z dne 30. 3. 2017 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 pooblaščanju 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. 1864-7/2017-3 z dne 21. 9. 2017, 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 pooblaščanju 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 št. 3571-3/2017/2 z dne 6. 3. 2017 pooblastila Institut "Jožef Stefan" za izvajanje del pooblaščenega izvedenca za sevalno in jedrsko varnost na področju izdelave varnostnih poročil in druge dokumentacije v zvezi s sevalno in jedrsko varnostjo za ocenjevanje vplivov jedrskih in sevalnih objektov na okolje.

Institut "Jožef Stefan" ima izdelan sistem zagotovitve kakovosti. Sistem kakovosti Odseka za fiziko nizkih in srednjih energij (F-2), v okviru katerega delujejo Laboratorij za meritve radioaktivnosti, Laboratorij za termoluminiscenčno dozimetrijo, Ekološki laboratorij z mobilno enoto in Laboratorij za tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo, je opisan v *Poslovniku kakovosti Odseka za fiziko nizkih in srednjih energij (F2-PK)*. Vsa dela, povezana z meritvami radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško v okviru *Programa nadzora radioaktivnosti v okolici NE Krško*, potekajo v skladu z institutskim in odsečnim poslovnikom in po postopkih, na katere se odsečni poslovnik sklicuje. Laboratorij za meritve radioaktivnosti je akreditiran pri Slovenski akreditaciji za meritve sevalcev gama v trdnih in tekočih vzorcih, Laboratorij za termoluminiscenčno dozimetrijo za meritve doz s termoluminiscenčnimi dozimetri za uporabo v osebni in okoljski dozimetriji ter Ekološki laboratorij z mobilno enoto (ELME) za merjenje

hitrosti doze s prenosnimi merilniki ionizirajočega sevanja in za neposredne meritve površinske kontaminacije s sevalci alfa, beta in z nizkoenergijskimi sevalci gama. Laboratorij za tekočinsko-scintilacijsko spektrometrijo je akreditiran za določanje tritija v vzorcih vode 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.

I Z V L E Č E K

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. Pri tem mora NEK upoštevati *avtorizirane meje* in druge mejne vrednosti, ki se nanašajo na izpuste, ter druge sevalne vplive na okolje in prebivalstvo. Omejitev dodatne izpostavitve prebivalstva je bila določena že v lokacijski dokumentaciji NEK leta 1974, kjer je navedena zahteva, da celotna letna efektivna doza prispevkov vseh prenosnih poti na posameznika iz prebivalstva na robu ožje varstvene cone (500 m od osi reaktorja) in dalje ne sme presegati 50 µSv. Ta omejitev je bila po začetku obratovanja dopolnjena še z omejitvijo letne efektivne doze zunanjega sevanja na ograji objekta (200 µSv na leto) ter omejitvijo aktivnosti radionuklidov v tekočih in plinastih efluentih. Izpolnjevanje zahtev dokazuje NEK z *obratovalnim nadzorom radioaktivnosti*, katerega obseg in način izvajanja določata *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10)* (stari pravilnik Ur. l. RS 20/2007 in 97/2009 ter novi pravilnik Ur. l. RS 27/2018, 5. 5. 2018) [8]. Obratovalni nadzor radioaktivnosti obsega meritve *emisij* na samem objektu, meritve *imisij* v okolici, meritve zunanjega sevanja v okolju, ovrednotenje merskih rezultatov in oceno doz. Obseg nadzora radioaktivnosti določa priloga 4 omenjenega pravilnika (Zasnova programa obratovalnega monitoringa radioaktivnosti jedrske elektrarne). Pravilnik določa tudi zahteve, ki jih morajo izpolnjevati izvajalci nadzora radioaktivnosti, tehnične zahteve za merilno in analizno opremo in načine ter poti izpostavljenosti, ki jih je treba upoštevati pri ocenjevanju doz. Poleg NEK, ki meri emisije, sodelujejo pri izvedbi nadzora radioaktivnosti tudi različni *pooblaščeni izvajalci nadzora*.

To poročilo podaja rezultate nadzora radioaktivnosti, ki so ga NEK kot zavezanec in pooblaščeni izvajalci nadzora radioaktivnosti opravili v letu 2018. Sumarni rezultati meritev radioaktivnosti umetnih in naravnih radionuklidov v različnih nadzorovanih medijih in ekspozicijskih prenosnih poteh so podani z ocenami efektivnih doz, ki so predstavljene v poglavju *"OCENA VPLIVOV" (tabela C)*. Ocena doz sledi metodologiji ICRP in IAEA [30] [31] [32]. V letu 2018 so bili vsi sevalni vplivi NEK-a na prebivalstvo v okolici ocenjeni na manj kot 0,12 µSv na leto, kar je 0,24 % avtorizirane mejne letne doze na ograji NEK. Za atmosferske emisije je bila ocenjena efektivna doza 0,11 µSv na leto na ograji NEK in za tekočinske emisije za referenčno skupino prebivalstva efektivna doza 0,008 µSv na leto. Sevalnim vplivom največ prispeva ingestija hrane zaradi C-14, 0,08 µSv na leto.

V okolju v okolici NEK so bili izmerjeni tudi drugi radionuklidi, ki so pretežno del globalne (C-14, Sr-90, Cs-137) ali izredne (Ru-106) kontaminacije ali uporabe v medicini (I-131). Prispevki k letni efektivni dozi po medijih za vse umetne izotope, ki jo prejme prebivalstvo (odrasli) iz najbližjih naselij, oziroma referenčnih lokacij in primerjava s prejšnjimi leti, so zbrani v tabeli 1. V tem primeru je bil v letu 2018 največji prispevek zaradi zunanjega sevanja – posledica prisotnosti Cs-137 v zemlji. Drugi največji prispevek je zaradi C-14 v hrani. V obeh primerih gre za globalno onesnaženje.

Tako lahko ugotovimo, da so sevalni vplivi NEK v primerjavi z globalnim onesnaženjem in uporabe radioizotopov v medicini za red velikosti nižji. Še več, ocenjena vrednost sevalnih vplivov (letne efektivne doze) NEK-a na prebivalstvo ob ograji NEK je približno 0,006 % značilnega neizogibnega naravnega ozadja. Izvleček povzema monografijo *Obdelava podatkov meritev radioaktivnosti v okolju,* ki je samostojna priloga poročila *Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško, Poročilo za leto 2018*, interna oznaka 9/2019, Ljubljana, marec 2019.

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 vir izpostavitev.

Tabela 1: Pregled ocenjenih letnih efektivnih doz za vse umetne izotope po nadzorovanih medijih izpostavitve za odraslo osebo v okolici NEK od leta 2014 do leta 2018. Zaznani umetni radionuklidi so pretežno ali del globalne kontaminacije (C-14, Sr-90, Cs-137) ali izredne (Ru-106) ali uporabe v medicini (I-131). Vsi sevalni vplivi NEK-a na prebivalstvo v okolici so zanemarljivo majhni v primerjavi z globalnim onesnaženjem (tabela C) in so ocenjeni na manj kot 0,22 % avtorizirane mejne letne doze na ograji NEK.

Nadzorovani medij	**Letna efektivna doza umetnih radionuklidov *E* (μSv)**					**Lokacija**	**Opombe**
	2014	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**		
Reka Sava	0,089 0,00052 0,6	0,15 0,0007 0,15	0,15 0,0008 0,17	0,13 0,0014 1,1	0,091 0,0015 0,73	Brežice Brežice Brežice	pitje (H-3) kopanje (Cs-137) ingestija rib (Sr-90)
Črpališča in vodovodi	0,037	0,026	0,031	0,035	0,035	Brege	pitje vode (H-3)
Padavine in suhi used	0,024	0,021	0,020	0,038	0,023	Brege	ingestija (H-3)
Zrak	0,00062	0,0009	0,0005	0,24	0,00046	Povprečje po lokacijah	inhalacija in imerzija (Cs-137, Ru-106 (2017))
Zunanje sevanje	25,2	33,6	33,6	27,7	19,3	Vse lokacije	(Cs-137)
Hrana	14,8 0,7	14,7 1,1	14,8 1,8	15,3 1,5	15,1 1,5	Ograja NEK; Vse lokacije in ograja NEK	ingestija (C-14*, Sr-90)
Skupaj	**41,5**	**49,8**	**50,6**	**46,0**	**36,8**		

* Del pripada kontaminaciji zaradi nadzemnih jedrskih poskusov, del pa kozmogenemu izvoru, saj C-14 nastaja v ozračju ob jedrskih reakcijah molekul dušika s hitrimi (kozmičnimi) protoni.

ZNAČILNOSTI VZORČEVANJA IN MERITEV VZORCEV IZ OKOLJA

Vzorčevanje in meritve so v letu 2018 potekale v enakem obsegu in na enak način kot v preteklih letih, kar omogoča primerjavo rezultatov nadzora z rezultati iz preteklih let in določitev mogočih usmeritev. Zaradi gradnje HE Brežice je bil uveden dodatni radiološki merilni nadzor v akumulacijskem jezeru. Značilnosti vzorčevanja in meritev so:

1) Reka Sava

a) kontinuirno vzorčevanje na štirih lokacijah (Krško – 3,2 km vzvodno, nad jezom HE Brežice – 7,2 km nizvodno, Brežice – 8,2 km nizvodno in Jesenice na Dolenjskem – 17,5 km nizvodno) za dolgožive radionuklide in enkratni vzorci nefiltrirane vode v Krškem, levem in desnem bregu akumulacijskega jezera, v nadomestnem habitatu, nad jezom HE Brežice, Brežicah, Jesenicah na Dolenjskem in Podsusedu pri Zagrebu (HR, okrog 30 km nizvodno od NEK) za kratkožive radionuklide;

b) enkratni četrtletni vzorci reke Save v Krškem in Brežicah;

c) vzorčevanje sedimentov na desetih lokacijah (Krško vzvodno, pod jezom NEK, Pesje, na levem in desnem bregu akumulacijskega jezera HE Brežice, nad jezom HE Brežice, Brežice, Jesenice na Dolenjskem, Podsused - HR nizvodno);

č) vzorci rib: Krško, akumulacijsko jezero, Brežice, Jesenice na Dolenjskem, Podsused (HR) in Otok (HR).

Zaradi gradnje HE Brežice 7,2 km nizvodno od NEK so bile dodane vzorčevalne lokacije vode, sedimentov in rib med jezoma NEK in HE Brežice. Glede na obliko brežine akumulacijskega jezera HE Brežice je skoraj nemogoče pridobiti reprezentativni vzorec sedimenta na bregovih akumulacije.

Ker ni nobene vzorčevalne lokacije sedimentov v akumulacijskem jezeru, kjer lahko pričakujemo največje nanose v talnem sedimentu in ki lahko vsebuje radionuklide zaradi izpustov NEK, predlagamo, da zavezanec za merilni nadzor in izvajalci le-tega poskušajo dolgoročno zagotoviti tudi spremljanje radioaktivnosti sedimentov na dnu akumulacijskega jezera.

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

2) Vodovodi in črpališča

a) enkratni letni vzorci vode iz vodovoda v Ljubljani (referenčna lokacija);

b) enkratni četrtletni vzorci vode iz vodovodov v Krškem in Brežicah;

c) mesečni sestavljeni vzorci črpališč v Bregah, Rorah, Brežicah ter vodovodov Spodnji Stari Grad in Brežice;

č) vzorčevanje podtalnice v neposredni okolici elektrarne (četrtletni enkratni vzorci iz vrtine E1 znotraj ograje NEK in mesečni enkratni vzorci iz vrtine VOP-4, Vrbina) in na dveh lokacijah na Hrvaškem (vrtini Medsave in Šibice);

d) mesečni vzorci vrtin VOP-1/06, V-7/77 in V-12/77.

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

3) Padavinski in suhi usedi

a) mesečni sestavljeni vzorci iz zbiralnikov padavin v Bregah, Krškem in na referenčni lokaciji v Dobovi ter v Ljubljani (kontrolna lokacija; v okviru nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji);

b) mesečna menjava vazelinskih zbiralnikov suhega useda na osmih lokacijah v ožji in širši okolici NEK ter v Ljubljani (referenčna lokacija).

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

4) Zrak

a) vzorčevanje aerosolov se opravlja s kontinuirnim prečrpavanjem zraka skozi aerosolne filtre, ki se menjajo vsakih 15 dni; črpalke so postavljene na osmih lokacijah v okolici NEK (Spodnji Stari Grad, Krško – Stara vas, Leskovec, Brege, Vihre, Gornji Lenart, Spodnja Libna in referenčna lokacija Dobova) ter na kontrolni lokaciji v Ljubljani (nadzor radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji);

b) vzorčevanje joda I-131 se opravlja s posebnimi črpalkami in filtri na istih lokacijah, kot poteka vzorčevanje aerosolov (razen v Dobovi);

c) vzorčevanje za specifično meritev Sr-90/Sr-89 se opravlja s posebno črpalko le v Dobovi;

č) meritve emisij se opravijo na glavnem oddušniku NEK, pri čemer se odvzemajo vzorci za meritev joda, tritija (H-3), ogljika (C-14), aerosolov ter opravljajo meritve žlahtnih plinov;

d) zbiranje vzorcev zračnega ogljika C-14 v CO_2 je kontinuirno potekalo na dveh mestih na ograji NEK, pri čemer je v letu 2018 bilo skupno zbranih šestnajst vzorcev. Kontrolne meritve so potekale v Zagrebu, R Hrvaška.

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 na proporcionalnem števcu beta. Radiokemijska analiza Sr-89/Sr-90 se opravi na istih vzorcih kot visokoločljivostna spektrometrija gama. Merjenje specifične aktivnosti C-14 v atmosferskem CO_2 poteka z uporabo tekočinskoscintilacijskega števca, pri čemer iz CO_2 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 60 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 treh lokacijah neobdelane zemlje nizvodno od NEK na poplavnih območjih (Amerika – 3,5 km od NEK, Gmajnice – 2,5 km od NEK in Kusova Vrbina-Trnje – 8,5 km od NEK); vzorčevanje poteka dvakrat letno, in sicer ločeno po globinah do 30 cm.

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 v letu 2018 je potekalo na naslednjih mestih: sadovnjak ob NEK (sadje), Pesje (mleko, zelenjava), Zgornja Pohanca (sadje), Brege (meso, mleko, zelenjava), Vihre (mleko, zelenjava), Vrbina (jajca, zelenjava, žito, sadje), Spodnji Stari Grad (meso, jajca, zelenjava, sadje), Žadovinek (zelenjava, žito), Trnje (zelenjava), Leskovec (meso), Libna (grozdje). Skupaj je bilo odvzetih 31 vrst živil. Tudi v letu 2018 smo namesto vina vzorčili dve vrsti grozdja.

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 2018 dvakrat (julij in september) na 16 lokacijah v okolici NEK in v Dobovi; skupaj je bilo analiziranih 34 vzorcev.

Specifične aktivnosti sevalcev gama so bile izmerjene z visokoločljivostno spektrometrijo gama, specifične aktivnosti Sr-90/Sr-89 pa z radiokemijsko metodo. Radiokemijska analiza Sr-89/Sr-90 se opravi na istih vzorcih kot visokoločljivostna spektrometrija gama.

REZULTATI MERITEV S ČASOVNIMI USMERITVAMI

Uvod

Pri evalvaciji merskih rezultatov z visokoločljivostno spektrometrijo gama, opravljenimi na IJS, smo upoštevali neposredne merske rezultate, $y \pm u(y)$ iz poročila *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2018, IJS-DP-12783*, enako kot v zadnjih treh letih.

Tu je *u(y)* združena standardna negotovost specifične aktivnosti in se nanaša na interval zaupanja z 68-odstotno zanesljivostjo (faktor pokritja $k = 1$). Združena standardna negotovost pri rutinskih meritvah na visokoločljivostni spektrometriji gama vključuje statistično negotovost števila sunkov v vrhovih v spektru, negotovost metode določanja števila sunkov v vrhovih, ozadja, umeritve spektrometra, jedrskih podatkov in količine vzorca. Negotovosti, ki izvirajo iz vzorčevanja, razen količine vzorca, niso upoštevane.

Če je pri detektirani prisotnosti radionuklida negotovost aktivnosti večja od 80 % vrednosti izmerka, poročamo neposredni merski rezultat, ki ga označimo z znakom "‡", pod tabelo pa dopišemo, da gre za merski rezultat pod mejo kvantifikacije.

Za izračun letne doze uporabljamo aritmetično sredino periodičnih merskih rezultatov [48]. Negotovost izračunane letne doze je apriorna negotovost aritmetičnega povprečja, ki upošteva negotovosti periodičnih merskih rezultatov. Negotovost aritmetičnega povprečja lahko ocenimo tudi s predpostavko, da so periodični merski rezultati porazdeljeni po normalni verjetnostni porazdelitvi. Standardno deviacijo takšne porazdelitve imenujemo stresanje. Če jo delimo s korenom števila meritev, pa pridemo do aposteriorne negotovosti aritmetičnega povprečja. Definicije teh izrazov so v delovnem poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2018, IJS-DP-12783*. Tako definirane cenilke so združljive s frekventističnim pristopom [49], le da se namesto aposteriorne negotovosti tam uporablja izraz raztresenost povprečja.

Kadar se poroča meja detekcije (največkrat pri Pb-210, H-3, Sr-90, itd.), se na podlagi priporočila Evropske komisije (*European Commission recommendation on standardized in formation on radioactive airborne and liquid discharges into the environment from nuclear power reactors and reprocessing plants in normal operation*, Euratom Off. J. Eur. Union. 2004; str. L2:32; odstavka 6 in 7 [50]) v tabelah upošteva 1/4 meje detekcije kot predpostavljena vrednost. Te vrednosti ne podajamo s pripadajočo negotovostjo in so v tabelah označene z znakom "†". Zaradi tega tudi negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajamo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo (tj. upoštevamo stresanje vrednosti). Takšni zapisi so v tabelah označeni z "x". Tako smo poenotili tudi merske izide vseh sodelujočih organizacij in odsekov: IJS-F2, IJS-O2, NEK, IRB in ZVD.

Pri drugih nedetektiranih radionuklidih zaradi preglednosti njihove spodnje meje aktivnosti v tabele nismo pisali. Pri izračunih mesečnih povprečij se prazna polja upoštevajo kot ničle.

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

Tritij je redno prisoten v tekočinskih efluentih NEK. Največji mesečni tekočinski izpust H-3 v letu 2018 je bil v marcu (4,1 TBq), kar je primerljivo z največjimi mesečnimi izpusti v letih 2016 in 2017. Skupni letni izpust 10,5 TBq je bil nekoliko višji kot v letu 2017 (8,6 TBq) in primerljiv z dolgoletnim povprečjem (dolgoletno povprečje od 1999 do 2018 je 12,2 TBq).

Povprečna mesečna koncentracija aktivnosti H-3 nad jezom HE Brežice 2,6 kBq/m^3 je višja od referenčnega odvzemnega mesta Krško 0,63 kBq/m^3. V Brežicah je bila povprečna mesečna koncentracija aktivnosti 1,6 kBq/m^3, kar je precej manj kot nad jezom HE Brežice in od dolgoletnega povprečja 4,1 kBq/m^3 v zadnjih 15 letih.

Najvišja vrednost mesečnih povprečij v Brežicah je bila v februarju 3,7 kBq/m^3, medtem ko je bila v tem obdobju koncentracija aktivnosti na referenčnem odvzemu Krško 0,6 kBq/m^3. Najvišja izmerjena koncentracija aktivnosti v Brežicah je 5,8-krat višja kot na referenčnem odvzemu. Najvišja izmerjena koncentracija aktivnosti H-3 v HE Brežice je bila v marcu 18-krat višja kot na referenčnem odvzemu v Krškem.

Rezultati mesečnih meritev iz vzorčevalnih postaj HE Brežice in Brežice se bistveno razlikujejo in kažejo precej višje koncentracije nad jezom kot pod jezom. Izmerjene koncentracije aktivnosti pod jezom (Brežice) so primerljive z meritvami v Jesenicah na Dolenjskem (letno povprečje 1,3 kBq/m^3), kar ni razumljivo, saj so navadno koncentracije aktivnosti tritija v Jesenicah na Dolenjskem nižje zaradi dodatnega redčenja Save s Krko in Sotlo (pod 1 kBq/m^3). To je posebej izrazito v mesecu marcu, ko je NEK opravil največji izpust in je bila tudi koncentracija aktivnosti izmerjenih mesečnih povprečij najvišja (HE Brežice: 11 kBq/m^3, Brežice: 3,3 kBq/m^3 in Jesenice na Dol.: 4,1 kBq/m^3).

Zaznali smo tudi povečanje koncentracije aktivnosti tritija pri enkratnih vzorcih nefiltrirane vode v februarju in marcu na lokaciji HE Brežice na desnem bregu akumulacijskega jeza. Največja izmerjena mesečna koncentracija je bila v februarju 34 kBq/m^3. V istem obdobju je bila koncentracija H-3 na levem bregu povsem navadna (0,89 kBq/m^3). Navadno čas odvzema enkratnih vzorcev ne poteka med izpuščanjem iz NEK. Višje koncentracije na desnem bregu v primerjavi z levim bregom smo zaznali že v preteklem letu. Glede na dosedanji model redčenja tekočinskih izpustov bi pričakovali večje izmerjene vrednosti na levem bregu kot na desnem, saj je kanal za izpuščanje radioaktivnih tekočin iz NEK na levem bregu nad jezom NEK. Tudi kontinuirni vzorčevalni postaji HE Brežice in Brežice, ki se uporabljata za vrednotenje mesečnih in letnih vplivov, zajemata vodo na levem bregu. Ugotavljamo, da dosedanji preprost model mešanja savske vode ne opiše dovolj dobro razmer v toku Save (ne upošteva vseh hidravličnih lastnosti reke Save, kot so npr. mešanje na jezu, negotovosti pretokov ali zatekanje reke Save nizvodno v podtalnico (pred izgradnjo akumulacijskega jezera HE Brežice)).

Skupna letna izpuščena aktivnost C-14 v Savo v letu 2018 je bila 0,04 GBq [23], kar je za bistveno manj kot v preteklem letu. To so do sedaj najnižji letni izpusti in so za dva velikostna reda nižji kot je dolgoletno povprečje (2,2 GBq) od leta 2013. Ob tem je treba poudariti, da je spomladi potekal tudi remont v NEK in da so bili pričakovani večji izpusti in s tem tudi morebiten merljiv vpliv v okolju.

C-14 je bil v letu 2018 merjen v savski vodi in v ribah. Na lokacijah na levem in desnem bregu akumulacijskega jezera HE Brežice so bili odvzeti enkratni četrtletni vzorci. Povprečni četrtletni koncentraciji aktivnosti C-14 na desni in levi obali akumulacijskega jezera sta bili bila 87 pMC (9,8 Bq/m^3 vode). Izmerjena sta bila tudi dva vzorca rib (klen in krap) v akumulacijskem jezeru HE Brežice. Izmerjene relativne specifične aktivnost C-14 v ribah so bile do 95 pMC (215 Bq/kg C). Vse izmerjene aktivnosti so nižje od trenutnih atmosferskih aktivnosti.

V tem letu ni bilo izmerjenih izpustov I-131 iz NEK. I-131 je redno prisoten na vseh nadzornih mestih reke Save, tako vzvodno od elektrarne kot nizvodno v Brežicah in Jesenicah na Dolenjskem. Povprečna koncentracija aktivnosti I-131 v enkratnih vzorcih je bila od 1,8 Bq/m^3 do 4,7 Bq/m^3 in je bila najvišja na odvzemnem mestu Brežice. Najvišja posamična vrednost 8,7 Bq/m^3 je bila izmerjena na akumulacijskem jezeru HE Brežice in se ni bistveno odmikala od najvišje posamične izmerjene vrednosti na referenčnem mestu v Krškem (8,6 Bq/m^3). V okviru nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju v RS [13] so bile meritve na reki Savi v Brežicah podobne kot v okviru obratovalnega nadzora radioaktivnosti v okolici NEK in so tudi primerljive z dolgoletnim povprečjem 4,6 Bq/m^3 v Brežicah.

V vzorcih rib iz referenčnega odvzema (v Krškem nad jezom) in tudi v vzorcih iz nadzornih odvzemnih mest pod jezom NEK ni bila zaznana prisotnost I-131, kar je enako kot v preteklih letih.

Letni tekočinski izpust Cs-137 iz NEK v reko Savo je bil 2,0 MBq, kar je podobno kot v prejšnjih letih.

Povprečna mesečna koncentracija aktivnosti Cs-137 v rečni vodi je bila na referenčnem mestu v Krškem pod 0,15 Bq/m^3, v Brežicah 0,21 Bq/m^3, pri HE Brežice pa je bila 0,31 Bq/m^3. Na večini odvzemnih mest so bili rezultati meritev cezija v savski vodi pod mejo detekcije. Cs-137 se je sicer v preteklosti navadno pojavljal v nekoliko višjih koncentracijah v filtrskem ostanku kot v vodni sušini, sedaj pa so koncentracije aktivnosti Cs-137 pod mejo detekcije. Vsebnost Cs-137 v reki Savi pripisujemo globalni kontaminaciji, saj je izračunani prirastek koncentracije aktivnosti Cs-137 v Brežicah, če upoštevamo letne tekočinske izpuste, povprečni pretok Save in privzamemo razredčitveno razmerje na levem bregu v Brežicah, 0,2 mBq/m^3. Tega prispevka ni mogoče ločiti od nehomogeno porazdeljene globalne kontaminacije.

Izmerjena koncentracija aktivnosti Cs-137 v rekah po Sloveniji [13] variira glede na lokacijo vzorčevanja, najvišja je bila (0,45 ± 0,09) Bq/m^3 v reki Savinji, medtem ko je bila v letu 2018 v enem vzorcu rek Savinje in Kolpe pod mejo kvantifikacije, ali pa Cs-137 sploh ni bil detektiran (Sava pri Lazah (Ljubljana), Soča, Krka, in enkrat Kolpa). Povprečna koncentracija aktivnosti Cs-137 v letu 2018 je bila od 0,08 Bq/m^3 v Savi Brežice do 0,38 Bq/m^3 v Muri. Povprečna koncentracija aktivnosti Cs-137 v rekah po Sloveniji je bila v letu 2018 nižja kot povprečje od leta 2008 do 2017 za posamezno reko, razen za reko Dravo.

Povprečna specifična aktivnost radioaktivnega Cs-137 v obrežnih sedimentih je bila v Krškem (pod mostom) 5,4 Bq/kg, pod jezom NEK 6,3 Bq/kg, na levem bregu jezera HE Brežice (Pesje) 5,8 Bq/kg, v Brežicah 4,4 Bq/kg, v Jesenicah na Dolenjskem 1,6 Bq/kg in v Podsusedu 0,8 Bq/kg. Ugotavljamo, da se je specifična aktivnost cezija v sedimentu na vseh lokacijah do leta 2011 sistematično zmanjševala. To smo povezali z razpadom izotopa (iz globalne kontaminacije) ter istočasno z izpiranjem talnega sedimenta. Od leta 2011 do 2018 se je specifična aktivnost Cs-137 v talnem sedimentu povišala v Krškem in Brežicah. To lahko pripišemo posegom v okolje zaradi gradnje hidroelektrarn na spodnji Savi v tem obdobju.

Povprečne mesečne specifične aktivnosti Cs-137 v ribah so od 0,02 Bq/kg do 0,1 Bq/kg, pri čemer je bila poročana specifična aktivnost Cs-137 v ribah pod mejo kvantifikacije v 11 primerih od 18 na vseh lokacijah od referenčne v Krškem, v akumulacijskem jezeru HE Brežice, v Brežicah do Jesenic na Dolenjskem. Najvišja vrednost na referenčnem mestu v Krškem pred NEK je bila 0,05 Bq/kg, v akumulaciji HE Brežice 0,1 Bq/kg, v Brežicah 0,04 Bq/kg, v Jesenicah na Dolenjskem pa je bila najvišja specifična aktivnost Cs-137 v ribah 0,04 Bq/kg.

Spektrometrične analize rib, ulovljenih na lokacijah, od katerih je referenčna v Krškem, druge pa so nizvodno pod izpustom NEK, kažejo povprečne mesečne specifične aktivnosti Cs-137 v ribah pod spodnjo mejo detekcije 0,1 Bq/kg in je v okviru merske negotovosti na vseh odvzemnih mestih podobna.

Radioaktivni stroncij (Sr-90) je redno izmerjen v tekočinskih izpustih NEK. V letu 2018 je bila izpuščena aktivnost v reko Savo 0,04 MBq (0,13 MBq v letu 2017, 0,07 MBq v letu 2016, 0,08 MBq v letu 2015, 0,16 MBq v letu 2014).

Sr-90 se pojavlja v vodi na referenčnem mestu Krško v podobni letni povprečni koncentraciji aktivnosti 1,4 Bq/m^3 kot v nadzornem mestu HE Brežice 2,0 Bq/m^3, v Brežicah 2,4 Bq/m^3 ali v Jesenicah na Dolenjskem 2,3 Bq/m^3. Koncentracije aktivnosti Sr-90 v enkratnih vzorcih vode (nefiltrirani vzorci) so zelo podobne kot v kontinuirnih vzorcih filtrirane vode. Na vseh lokacijah so četrtletna povprečja od 1,7 Bq/m^3 do 2,1 Bq/m^3. Najvišja posamična izmerjena vrednost je bila nad jezom HE Brežice na desnem bregu 4,1 Bq/m^3.

Povprečne koncentracije aktivnosti stroncija v drugih rekah po Sloveniji so podobne ali višje, kot jih lahko izmerimo v Savi v okolici NEK. Povprečna koncentracija, izmerjena v Savi na lokaciji Laze pri Ljubljani, je bila 2,3 Bq/m^3, v reki Muri 2,1 Bq/m^3 in v Dravi 1,4 Bq/m^3 [13].

Specifične aktivnosti stroncija v obrežnih sedimentih so tipično nižje od specifičnih aktivnosti cezija. Povprečne aktivnosti, ki jih je izmeril ZVD, so bile tipično pod spodnjo mejo detekcije 0,1 Bq/kg v Krškem, 0,3 Bq/kg na levem bregu jezera HE Brežice, 0,2 Bq/kg na desnem bregu jezera HE Brežice, 0,2 Bq/kg v Brežicah in 0,3 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 pravtako na spodnji meji aktivnosti 0,04 Bq/kg. Specifična aktivnost stroncija v obrežnem sedimentu je tako primerljiva z rezultati meritev iz predhodnih let.

Stroncij je bil izmerjen tudi v vseh vzorcih rib. Povprečne specifične aktivnosti Sr-90 v ribah so bile 0,6 Bq/kg v Krškem, 0,2 Bq/kg pred jezom HE Brežice, 0,6 Bq/kg v Brežicah in 0,2 Bq/kg v Jesenicah na Dolenjskem, kar je v okviru stresanja podatkov za vse lokacije podobno kot v preteklih letih.

Drugi fisijski in aktivacijski produkti (Co-58, Co-60, Ag 110m, Cs-134) se navadno redno pojavljajo v tekočinskih izpustih NEK. Njihova skupna izpuščena aktivnost v letu 2018 je bila vsaj šest velikostnih redov nižja kot pri tritiju. Podobno kot v preteklem letu tudi v tem letu Cs-134 ni bil

izmerjen v tekočinskih izpustih. V zadnjih nekaj letih ni bil noben izmed naštetih radionuklidov zaznan v okolju. Nazadnje je bil detektiran Co-60 v letih 2003 in 2006 v vodi in sedimentu.

Naravni radionuklidi uranove (U-238, Ra-226 in Pb-210) in torijeve (Ra-228 in Th-228) razpadne vrste so bili redno zaznani v vseh vzorcih vode. V nefiltrirani vodi so bile na vseh odvzemnih mestih koncentracije aktivnosti U-238 do 93 Bq/m^3, Ra-226 do 11 Bq/m^3, Pb-210 do 190 Bq/m^3, Ra-228 do 71 Bq/m^3 in Th-228 do 65 Bq/m^3. Redno je bil merjen tudi kozmogeni radionuklid Be-7, katerega koncentracije aktivnosti so od 1 do 400 Bq/m^3. Vrednosti so podobne tistim, izmerjenim v rekah po Sloveniji. Koncentracije aktivnosti K-40 so nekoliko višje in so od 25 Bq/m^3 do 1 000 Bq/m^3. Največja izmerjena posamična koncentracija aktivnosti K-40 je bila na levem bregu Save v akumulaciji HE Brežice (960 ± 50) Bq/m^3 pri srednjem pretoku Save v mesecu aprilu. 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 286 Bq/m^3 [13]. V sedimentih so bile na vseh odvzemnih mestih specifične aktivnosti U-238, Ra-226, Ra-228 in Th-228 od 20 do 40 Bq/kg, specifične aktivnosti Pb-210 pa so značilno višje, tudi do 220 Bq/kg.

2) Vodovodi in črpališča

Tritij v pitni vodi v okolici NEK je istega velikostnega razreda kot drugod po Sloveniji. Vrednosti v Bregah in Spodnjem Starem Gradu so najvišje v Sloveniji in so nedvomno posledica vpliva NEK, vendar tudi najvišje vrednosti še vedno dosegajo le dobra 2 % najvišjih priporočenih vrednosti direktive Evropske komisije za pitne vode.

Najvišja koncentracija aktivnosti H-3 je bila izmerjena meseca junija v Bregah, in sicer je bila koncentracija aktivnosti tritija (2,4 ± 0,2) kBq/m^3. Povprečna mesečna koncentracija aktivnosti tritija v vodi iz črpališča Brege je bila v letu 2018 (2,0 ± 0,1) kBq/m^3, kar je višje kot 16-letno povprečje, ki je 1,6 kBq/m^3. V vodi na črpališču Rore je bila povprečna koncentracija tritija (0,6 ± 0,02) kBq/m^3. V vodovodu v Spodnjem Starem Gradu je bila izmerjena povprečna koncentracija aktivnosti tritija (2,0 ± 0,06) kBq/m^3, kar je višje kot 16-letno povprečje, ki je 1,2 kBq/m^3. Predpostavljamo, da se je vodovod Spodnji Stari Grad v letu 2018 napajal tudi z vodo, načrpano v Bregah. Koncentracije aktivnosti H-3 za vodovod Brežice ostajajo nizke, konstantne in primerljive z vrednostmi iz prejšnjih let. Spremembe smo opazili na črpališču Glogov Brod. Koncentracija aktivnosti za tritij je nekoliko višja že v februarju, v aprilu 2018 pa že statistično drugačna in višja kot v vodovodu Brežice, kar postane izrazito nekoliko kasneje, predvsem od julija do septembra. Skrbnik črpališča je potrdil, da je na vzorčnem mestu Glogov Brod v letu 2018 prišlo do sprememb. V oskrbo z vodo je bila vključena nova vrtina. Koncentracije aktivnosti tritija za vodo iz nove vrtine so podobnejše vrednostim na črpališču v Rorah.

V krškem vodovodu (bencinski servis Petrol) je bila izračunana povprečna koncentracija aktivnosti tritija (0,62 ± 0,04) kBq/m^3, na bencinskem servisu Petrol v Brežicah pa je bila povprečna koncentracija aktivnosti tritija (0,05 ± 0,004) kBq/m^3, vendar so bile vse izmerjene vrednosti pod mejo detekcije. Vrednosti so v okviru stresanja podatkov primerljive s prejšnjimi leti.

Kot referenčno vrednost lahko vzamemo v letu 2018 izmerjeno koncentracijo aktivnosti H-3 v ljubljanskem vodovodu (0,42 ± 0,04) kBq/m^3. Tudi v Ljubljani je dolgoletna usmeritev razvoja koncentracije aktivnosti tritija padajoča in potrjuje globalno zmanjševanje tritija zaradi nadzemnih jedrskih poskusov v vodnem krogu.

Četrtletno povprečje koncentracije aktivnosti H-3 v vrtini E1 je bilo (1,7 ± 0,06) kBq/m^3. Mesečno povprečje koncentracije aktivnosti H-3 v vodi iz vrtine VOP-4 je bilo (2,4 ± 0,05) kBq/m^3. V vrtini E1 je bila izmerjena najvišja vrednost (2,3 ± 0,1) kBq/m^3 v drugi četrtini leta (vzorec je bil vzorčen aprila), v vrtini VOP-4 pa v januarskem vzorcu (6,7 ± 0,3) kBq/m^3. Voda iz vrtin se ne uporablja niti kot pitna voda niti kot tehnološka voda.

Zaradi gradnje HE Brežice se od junija 2016 vzorčijo tudi vrtine VOP-1/06 (Vrbina), V-7/77 (Gmajnice) in V-12/77 (Amerika). V teh vrtinah nismo opazili izrazitih nihanj oziroma odmikov mesečnih koncentracij aktivnosti H-3 od povprečnih vrednosti v letu 2018. Tako je bilo povprečje v VOP-1/06 1,1 kBq/m^3, v V-7/77 1,8 kBq/m^3, in V-12/77 1,2 kBq/m^3.

V vodovodnih sistemih in vrtinah za zdaj nismo zaznali večjih in trajnih sprememb glede koncentracij aktivnosti tritija, ki bi bile posledica spremenjenega hidrološkega režima na krško-brežiškem polju zaradi napolnitve akumulacije HE Brežice. Koncentracije aktivnosti tritija v VOP-4 in vrtini Medsave so dobro korelirane med seboj in z izpusti iz NEK.

Radionuklida Cs-137 in Sr-90 sta nehomogeno razširjena tudi na naših tleh. V majhnih količinah se pojavljata tudi v izpustih NEK. Oba lahko uporabimo kot sledilca za študij transportnih procesov, zato njihovo prisotnost v vzorcih podzemne vode razlagamo kot stik atmosfere in podzemne vode. Iz tabel z merskimi podatki je razvidno, da se Cs-137 nad mejo kvantifikacije pojavlja le v 25 % vzorcev, pri drugih je poročan pod mejo kvantifikacije, ali pa ni bil detektiran. Stroncij je bil nad mejo kvantifikacije poročan pri 60 % vseh vzorcev pitne oziroma podzemne vode.

Najvišja izmerjena koncentracija aktivnosti Cs-137 je bila (0,4 ± 0,2) Bq/m^3 v aprilskem vzorcu iz črpališča Rore. Povprečna koncentracija aktivnosti Cs-137 na petih lokacijah je bila od 0,0009 Bq/m^3 v brežiškem vodovodu do 0,037 Bq/m^3 v črpališču Rore. Vrednosti so v okviru stresanja podatkov primerljive z večletnimi povprečji na posameznih lokacijah.

Najvišja koncentracija aktivnosti Sr-90 je bila (5,7 ± 0,3) Bq/m^3 v novembrskem vzorcu črpališča Rore. Povprečna koncentracija aktivnosti Sr-90 na petih lokacijah je bila od 0,095 Bq/m^3 v Brežicah do 1 Bq/m^3 v črpališču Rore. Letno povprečje koncentracije aktivnosti Sr-90 v krških črpališčih in vodovodu je bilo 0,33 Bq/m^3, kar je manj kot leta 2017. V brežiškem vodovodnem sistemu so bile vse izmerjene vrednosti pod mejo detekcije. Vrednost za brežiški vodovod 0,13 Bq/m^3 je izpeljana iz detekcijskih mej. Razliko med sistemoma pojasnimo z globino brežiškega črpališča, do katere Sr-90 po splošni kontaminaciji še ni pripotoval in verjetno tudi ni izpostavljen izpustom NEK.

Aritmetično povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti Sr-90 v vrtini Šibice na Hrvaškem je bilo leta 2018 3,0 Bq/m^3, v Medsavah pa 2,1 Bq/m^3, pri čemer se vrednosti ne odmikata od usmeritve prejšnjih let. Podobno je s povprečno vrednostjo za vrtino E1, ki je bila v letu 2018 3,6 Bq/m^3.

V mesečnih ali četrtletnih vzorcih I-131 na vseh vzorčevalnih mestih v Krškem in Brežicah ter tudi na Hrvaškem ni bil zaznan v pitni vodi ali pa je bil pod mejo kvantifikacije.

Koncentracije aktivnosti naravnega radionuklida K-40 so bile izmerjene na vseh vzorčevalnih mestih. Koncentracija aktivnosti K-40 je bila povečana v vodi na črpališču Brege in vodovodu Spodnji Stari Grad, kar nakazuje na zunanje vplive (gnojenje, večji vodostaj Save). V Bregah je bila povprečna mesečna koncentracija aktivnosti 73 Bq/m^3, v vodovodu Spodnji Stari Grad 72 Bq/m^3, na drugih črpališčih in vodovodih pa je bila med 25 Bq/m^3 in 28 Bq/m^3.

Za vsa vzorčevalna mesta krškega in brežiškega vodovoda velja, da so povprečja mesečnih koncentracij aktivnosti naravnega U-238 nizka, najvišje aritmetično povprečje mesečnih vrednosti je bilo izmerjeno v črpališču Brežice, in sicer (9,4 ± 5,0) Bq/m^3. Mesečne aritmetične povprečne koncentracije aktivnosti Ra-226 se gibljejo od 0,4 Bq/m^3 (vodovod Brežice) do 2,7 Bq/m^3 (črpališče Brege). Mesečno aritmetično povprečje koncentracije aktivnosti Pb-210 je bilo od 4,5 Bq/m^3 v vodi, načrpani na črpališču Rore in črpališču Brežice, in do 5,9 Bq/m^3 v vodi iz črpališča Brege. V Ljubljani je bila koncentracija aktivnosti Pb-210 5,5 Bq/m^3. Povprečna mesečna koncentracija aktivnosti Ra-228 v vodovodu Brežice je bila 0,4 Bq/m^3, v Bregah in Spodnjem Starem Gradu pa 1,2 Bq/m^3. Povprečne mesečne koncentracije Th-228 se gibljejo med 0,38 Bq/m^3 (Brege) in 1,4 Bq/m^3 (črpališče Brežice). Be-7 je bil občasno detektiran v vseh črpališčih in vodovodih v Krškem in Brežicah. Povprečna mesečna koncentracija Be-7 je bila 2,2 Bq/m^3 v črpališču Brežice, najvišja v vodovodu v Spodnjem Starem Gradu pa 6,6 Bq/m^3.

3) Padavinski in suhi usedi

V letu 2018 je bila količina padavin na letni ravni primerljiva s količino padavin v letu 2017. Količina padavin v Bregah, Krškem in Dobovi je primerljiva, razlika je bila kvečjemu 10 %. Največ dežja je padlo v Krškem, najmanj v Dobovi. V celem letu je največ padavin padlo v Ljubljani (1 377 mm), približno 30 % več od povprečja v okolici NEK. Mesec december je bil izrazito suh na vseh vzorčevalnih mestih.

Koncentracija aktivnosti tritija v padavinah močno variira, in le koncentracije aktivnosti nad 2 kBq/m^3 bi lahko pripisali izpustom iz NEK [43]. V letu 2018 je bila koncentracija aktivnosti tritija v padavinah višja od 2 kBq/m^3 šestkrat, in sicer spomladi trikrat v Bregah in dvakrat v Krškem ter v Krškem še v novembru. Koncentracije aktivnosti tritija v Ljubljani so se gibale med najnižjo izmerjeno vrednostjo (0,64 ± 0,09) kBq/m^3 in (1,5 ± 0,10) kBq/m^3 s povprečno mesečno koncentracijo (1,00 ± 0,12) kBq/m^3, v Bregah med (0,85 ± 0,09) kBq/m^3 in (2,9 ± 0,2) kBq/m^3 s povprečno mesečno koncentracijo (1,8 ± 0,04) kBq/m^3, v Krškem med (0,90 ± 0,09) kBq/m^3 in (2,3 ± 0,1) kBq/m^3 s povprečno mesečno koncentracijo (1,51 ± 0,03) kBq/m^3 in Dobovi med (0,44 ± 0,08) kBq/m^3 in (1,5 ± 0,1) kBq/m^3 s povprečno mesečno koncentracijo (1,08 ± 0,03) kBq/m^3 V aprilu je bila koncentracija tritija v Bregah višja od povprečne vrednosti, kar se sklada z zračnimi izpusti, ki so bili v aprilu dvakrat večji od letnega povprečja. Najvišja mesečna koncentracija tritija v padavinskih vzorcih v okolici NEK je bila v mesecu aprilu izmerjena v Bregah, najmanjša pa novembra v Dobovi. Na referenčni lokaciji v Ljubljani so bile vrednosti primerljive z izmerjenimi vrednostmi v Dobovi. Koncentracije aktivnosti v grobem sledijo navadnim naravnim letnim gibanjem tritija v ozračju severne zemeljske poloble, kjer so vrednosti poleti v splošnem višje kot pozimi [42]. Izjema so koncentracije aktivnosti na lokaciji Brege in v letošnjem letu tudi Krško, kjer se nedvoumno pozna vpliv NEK, saj so letna povprečja konstantno višja od referenčne lokacije v Ljubljani. Vpliv NEK na koncentracije aktivnosti tritija v nesposredni bližini elektrarne je opazen, če pogledamo letna povprečja, ki so v Bregah in Krškem vsako leto višja od Dobove in Ljubljane. V mesecih z majhnimi količinami padavin je korelacija med izpusti in koncentracijami aktivnosti izrazitejša. Izrazito sušni meseci se pojavljajo praktično vsako leto, ne nujno vedno v istem letnem času.

Najvišji mesečni padavinski usedi H-3 so bili izmerjeni v Bregah, do 330 Bq/m^2 v mesecu juliju. Vrednosti in časovna poteka za Ljubljano in Dobovo sta primerljiva, vrhovi se skladajo z meseci, ko je bilo padavin več. Časovna poteka za Krško in Brege sta si podobna, nekoliko drugačna kot pri Ljubljani in Dobovi. Najvišje vrednosti sledijo mesecem z največ padavin, razen v novembru.

Najvišja koncentracija aktivnosti Cs-137 v padavinah za kraje v okolici NEK je bila ugotovljena za februarski vzorec v Bregah (1,6 ± 0,2) Bq/m^3, medtem ko je bila v Ljubljani najvišja koncentracija aktivnosti Cs-137 v padavinah v februarju (1,2 ± 0,9) Bq/m^3. Decembrski rezultat v diskusiji nismo upoštevali, saj zaradi majhne količine padavin v tem mesecu odziv detektorja pripisujemo resuspenziji s tal. Veliko merskih rezultatov ima veliko negotovost, kar pomeni, da so vrednosti pod mejo kvantifikacije, prav tako je bilo tudi veliko mesecev, ko Cs-137 v padavinah nismo zaznali.

Najvišje vrednosti padavinskega useda za Cs-137 so bile izmerjene v Ljubljani 0,16 Bq/m^2 februarja, v Bregah 0,21 Bq/m^2 februarja in Krškem 0,08 Bq/m^2 februarja in v Dobovi 0,08 Bq/m^2 prav tako februarja pri veliki količini padavin.

V primerjavi z zadnjimi petimi leti se je letni padavinski used Cs-137 zvišal v Ljubljani, Krškem in Bregah in v Dobovi. Vrednosti v letu 2018 so podobne tistim iz leta 2011. Used je na vseh lokacijah primerljiv vrednostim iz predčernobilskega obdobja med letoma 1982 in 1985.

Tudi v letu 2018 Sr-90 nismo posebej obravnavali, saj so praktično vse izmerjene vrednosti pod mejo detekcije in tako ne moremo oceniti vpliva NEK na okolje zaradi izpustov Sr-90. V primerjavi za zadnjih 10 let ugotavljamo usmeritev nižanja letnega useda Sr-90.

Konec septembra leta 2017 je bil zrak nad jugovzhodno Evropo onesnažen z izotopoma Ru-103 in Ru-106. V letu 2018 je bil Ru-106 zaznan v mesecu februarju, in sicer v vzorcih padavin na vseh vzorčevalnih mestih. Razlog za to je domenvno resuspenzija delcev iz tal.

4) Zrak

Čeprav je v zračnih izpustih iz NEK (6,2 TBq) največ tritija (5,1 TBq) in C-14 (0,13 TBq), le-teh v okolju ne ugotavljamo oziroma nista v programu meritev. Njuno prisotnost v okolju ocenjujemo z uporabo modela razširjanja snovi po zraku na podlagi meritev na izviru.

Med obratovanjem so bili v izpuhu NEK v letu 2018 zaznani izpusti Co-57, Te-127m in Sr-90, vendar ti izotopi z izjemo Cs-137 in Sr-90 niso bili detektirani na nobenem od sedmih merilnih mest v okolici NEK in v Ljubljani. Cs-137 in Sr-90 sta v okolju pretežno posledica splošne kontaminacije.

Povprečne mesečne koncentracije aktivnosti Cs-137 na lokacijah v okolici NEK v letu 2018 so bile nižje od dolgoletnih povprečij ter dvakrat nižje kot drugod po Sloveniji. Domnevamo, da je prisotnost Cs-137 v zraku posledica uporabe trdih goriv (drva, briketi, peleti), manj pa zaradi resuspenzije prašnih delcev s tal. Najvišja poročana koncentracija aktivnosti Cs-137 nad mejo kvantifikacije v okolju v okolici NEK je bila (4,1 ± 2,0) µBq/m^3 v decembru v Leskovcu. Najvišje povprečje 1 µBq/m^3 v letu 2018 pa je bilo na lokaciji v Leskovcu in Dobovi.

Meritve stroncija Sr-90 v okolju se izvajajo le v Dobovi, in še to na trimesečnih sestavljenih vzorcih. Povprečna koncentracija aktivnosti v letu 2018 je bila 0,2 µBq/m^3, vendar so bile vse meritve pod mejo detekcije. Večletno povprečje koncentracije aktivnosti za Sr-90 je manjše od 0,7 µBq/m^3. Radionuklid Sr-89 v letu 2018 ni bil detektiran v zračnih izpustih NEK.

Radionuklid I-131 v letu 2018 ni bil detektiran na nobenem od sedmih merilnih mest v okolici NEK (manj kot 0,01 mBq/m^3), kjer so postavljene kombinirane črpalke, prav tako so bile mesečne koncentracije aktivnosti I-131 v oglenih filtrih pod mejno merilno koncentracijo aktivnosti 0,1 mBq/m^3. Tudi zmogljivejše aerosolne črpalke, kjer je mejna koncentracija aktivnosti 0,001 mBq/m^3, na mestih v Dobovi in Ljubljani niso pokazale prisotnosti I-131 v zraku.

Meritve naravnih radionuklidov v aerosolih v vzorcih iz okolice NEK kažejo prisotnost radionuklidov, ki jih merimo v okviru nadzornih meritev tudi na drugih mestih v Sloveniji. Pri tem velja, da se vrednosti Be-7 in Pb-210 dobro ujemata na vseh merilnih mestih v okolici NEK in Ljubljani, ki je kontrolna lokacija, ter delno tudi z drugimi lokacijami po Sloveniji. Povprečna koncentracija aktivnosti Be-7 v letu 2018 v okolici NEK je bila 3 640 µBq/m^3, Pb-210 pa 700 µBq/m^3. V Ljubljani sta bili povprečni koncentraciji 4 780 µBq/m^3 in 860 µBq/m^3. Pri drugih naravnih radionuklidih (izotopi uranove in torijeve razpadne verige ter K-40) so bile 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

V letu 2018 je bil izmerjen povprečni letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ (0,83 ± 0,10) mSv v razponu od 0,63 mSv do 1,03 mSv. Na ograji NEK so bile izmerjene vrednosti med 0,52 mSv in 0,63 mSv na leto in povprečna vrednost (0,59 ± 0,04) mSv na leto. Meritve s TL-dozimetri po Sloveniji so dale povprečno vrednost okoljskega doznega ekvivalenta (0,86 ± 0,19) mSv na leto, kar je v okviru negotovosti povprečja primerljivo z okolico NEK. Tudi v Ljubljani, na referenčnem mestu, se povprečni letni okoljski dozni ekvivalent (0,83 ± 0,09) mSv ne odmika od povprečja v okolici NEK oziroma po Sloveniji. Tudi dozimetri na Hrvaškem v okviru negotovosti posameznih meritev in povprečja dajejo podobno povprečno vrednost kot dozimetri v okolici NEK (0,77 ± 0,01) mSv. Letni okoljski dozni ekvivalenti se v okviru stresanja vrednosti ne odmikajo od večletnega povprečja.

Meritev $H^*(10)$ s 14 kontinuirnimi merilniki MFM-203 v okolici NEK je v letu 2018 dala povprečno vrednost (0,82 ± 0,11) mSv na leto (v razponu od 0,69 mSv do 0,98 mSv), kar je v okviru stresanja merskih vrednosti enako kot letni dozni ekvivalent, dobljen s TL-dozimetri.

Povprečni letni okoljski dozni ekvivalent pri 60 kontinuirnih merilnikih v Sloveniji, ki so pod nadzorom URSJV, je bil v letu 2018 (0,86 ± 0,02) mSv v razponu od 0,40 mSv do 1,32 mSv. Povprečni letni okoljski dozni ekvivalent, izmerjen s 60 MFM, je v okviru stresanja merskih vrednosti enak, kot ga kažejo meritve s TLD na območju Slovenije. V primerjavi s prejšnjimi leti ne opažamo statističnih odmikov.

Za meritve zunanjega sevanja v Sloveniji je v vseh primerih značilno izrazito zmanjševanje letnega okoljskega doznega ekvivalenta, predvsem v prvih letih po černobilski nesreči (1986). Ta usmeritev se nadaljuje tudi v letu 2018. Vzrok je razpad usedlih kratkoživih sevalcev gama, ki so v začetnem obdobju največ prispevali k zunanjemu sevanju, in prodiranje Cs-137 v zemljo. Prispevek Cs-137 k letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu lahko ocenimo na 0,11 mSv, kar je 2-krat več od ocene prispevka Cs-137 k letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu iz zemlje za lokacijo Gmajnice.

Zemlja

Vzorčevanje zemlje poteka na poplavnih področjih tako, da sta usedanje iz zraka in poplavljanje prenosni poti, po katerih lahko izpusti NEK dosežejo mesta vzorčevanja.

Specifične aktivnosti Cs-137 v zemlji v letu 2018 so bile od 0,9 Bq/kg v globini 5–10 cm v Kusovi Vrbini do 81 Bq/kg v globini 10–15 cm v Gmajnicah. Iz rezultatov meritev je razvidno, da gre za precejšnje stresanje specifičnih aktivnosti Cs-137 v posameznih letih. 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 (depozita) na mikrolokacijah, saj očitno ni korelacije niti na zelo bližnjih mestih vzorčevanja (Gmajnice). To ugotovitev lahko podkrepimo, če ugotavljamo premikanje težišča nanosa v globino na lokaciji Kusova Vrbina. Opazimo lahko izrazita skoka v globini težišča, ki sta vsekakor posledica poplav, ki so povzročile dodaten nanos sveže mivke. To je tudi razlog, da je prodiranje Cs-137 v zemljino navidezno hitrejše kot na drugih dveh lokacijah. Začetna globina težišča nanosa na lokaciji Kusova Vrbina, če upoštevamo podatke od leta 1992, pa je ustrezno večja. Iz podatkov je razvidno, da šele 10-letno drseče povprečje izpovpreči lokalno nehomogenost useda in vpliv hidrogeoloških procesov v zgornjih plasteh. Na vseh lokacijah je opazno zniževanje usedov z leti, najizrazitejše je v Kusovi Vrbini, v Ameriki se je v zadnjih 5 letih zniževanje usedov praktično ustavilo, v Gmajnicah pa stresanje izmerkov kaže na veliko nehomogenost useda.

V okviru nadzora radioaktivnosti v okolju v Republiki Sloveniji se meri used do globine 15 cm v Ljubljani, Kobaridu in Murski Soboti. V letu 2018 so bili na teh lokacijah izmerjeni povprečni usedi Cs-137 (13,2 ± 0,2) kBq/m^2, (16,1 ± 0,2) kBq/m^2 in (3,2 ± 0,1) kBq/m^2. Te vrednosti v povprečju presegajo oziroma so primerljive z vrednostmi, ki so bile izmerjene do globine 15 cm v Gmajnicah, Kusovi Vrbini in Ameriki, kjer so bili izmerjeni usedi (7,1± 0,1) kBq/m^2, (0,39 ± 0,16) kBq/m^2 in (3,8 ± 0,1) kBq/m^2. To spet kaže na to, da izmerjeni used Cs-137 v okolici NEK ni posledica izpustov NEK. Pripomniti je treba, da je prispevek Cs-137 k letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu iz plasti 15–30 cm največ 5 % prispevka iz plasti 0–15 cm.

Specifične aktivnosti Sr-90 v letu 2018 so bile v razponu od 0,08 Bq/kg v Kusovi Vrbini v globini 0–5 cm do 1,6 Bq/kg v globini 15–30 cm v Gmajnicah. Vzrok za nekoliko nižje specifične aktivnosti v Kusovi Vrbini je močnejše izpiranje zemljine z vodo, saj področje leži na poplavnem območju.

Tudi usedi Sr-90 na lokacijah v okolici NEK do globine 15 cm so v okviru stresanja izmerkov v povprečju nižji kot na lokacijah iz nadzora radioaktivnosti v Republiki Sloveniji.

Kot vemo, sta bila v zraku nad Slovenijo konec septembra in v začetku oktobra 2017 tudi izotopa Ru-103 in Ru-106 neznanega izvora, najverjetneje iz Rusije. Ker je bilo vzorčevanje zemlje opravljeno tik pred kontaminacijo zraka z Ru-106, le-ta pri meritvah vzorcev zemlje v letu 2017 ni bil opažen. Ker je bil ugotovljen v suhem usedu in padavinah, smo pričakovali, da ga bomo lahko detektirali pri naslednjem vzorčevanju zemlje v letu 2018. Meritve specifičnih aktivnosti sevalcev v zemlji v letu 2018 prisotnosti izotopov rutenija niso potrdile.

Sicer so se v izpuhu NEK, poleg kratkoživih radionuklidov, v letu 2018 pojavili tudi Co-58 in Te-127m ter Cs-137, katerih prisotnost v usedu zemlje nismo zaznali.

Nobeden izmed radionuklidov, ki so bili prisotni v tekočinskih izpustih, ni bil izmerjen v vzorcih zemlje. Izjema je Cs-137, pri katerem pa izmerjene specifične aktivnosti na lokacijah okrog NEK v primerjavi z vrednostmi na referenčni lokaciji v Ljubljani kažejo, da ni posledica izpustov iz NEK, temveč zgolj globalne kontaminacije.

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 specifične aktivnosti potomcev uranove in radijeve razpadne vrste ter K-40 na lokacijah, ki so izpostavljene rednim poplavam, nižje. Rezultati meritev specifičnih aktivnosti naravnih radionuklidov v zemlji (K-40, U-238, Ra-226, Ra-228, Th-228) se ujemajo s povprečnimi specifičnimi aktivnostmi, ki jih za države južne Evrope navaja UNSCEAR [56].

6) Hrana

C-14 se predvsem vgrajuje v rastline in v tej obliki vstopa v prehrambno verigo ljudi. Primerjave meritev v vzorcih iz okolice NEK in Dobove so v preteklih letih pokazale, da dodatni C-14 iz NEK poveča specifično aktivnost C-14 v rastlinah v bližnji okolici ograje NEK predvsem takrat, ko je remont in s tem večji izpusti potekajo neposredno pred oziroma med vegetacijo, kot na primer v letih 2012 in 2015. V letu 2013 in 2016 je bil remont po obdobju vegetacije, tako da je bilo povišanje specifičnih aktivnosti C-14 v rastlinstvu v bližnji okolici NEK manjše kot v letu 2012. Čeprav v letu 2017 ni bilo remonta, so bile izpuščene aktivnosti C-14 povišane v rastni dobi rastlinja, kar smo so razlagali z izpusti iz zbiralnikov za razpad plinov, ki so prispevali k večjim izpustom C-14 v obliki CH_4 [55]. Ker je pretvorbeni dozni faktor za CH_4 višji kot za CO_2, je tudi prispevek C-14 k dozi zaradi inhalacije v letu 2017 bistveno večji kot v prejšnjih letih. V letu 2018 je bil remont v začetku vegetacije (april). V letu 2018 smo ugotavljali vsebnost C-14 v okolici NEK v jabolkih, koruzi, travi, soji, jagodah in pšenici, in sicer v juliju in septembru. Povprečne vsebnosti C-14 v živilih, vzorčevanih v okolici NEK (na razdalji do 1 km od osi reaktorja), so bile julija največje ob ograji NEK (248 ± 6) Bq na kilogram ogljika, v zunanjem krogu (239 ± 6) Bq na kilogram ogljika in (233 ± 4) Bq na kilogram ogljika v Dobovi. Najvišja izmerjena specifična aktivnost C-14 je bila izmerjena v jabolkih (lokacija J) v juliju (273 ± 6) Bq na kilogram ogljika. Povprečne vsebnosti C-14 v hrani in rastlinju so bile v septembru v okviru negotovosti povprečja enake kot v juliju. Tako so bile povprečne vsebnosti C-14 v hrani in rastlinju septembra največje ob ograji NEK (249 ± 6) Bq na kilogram ogljika, sledi zunanji krog (244 ± 6) Bq na kilogram ogljika, na kontrolni točki v Dobovi pa so živila vsebovala (241 ± 5) Bq na kilogram ogljika. Najvišja izmerjena specifična aktivnost C-14 je bila izmerjena v jabolkih (lokacija J) v septembru (271 ± 7) Bq na kilogram ogljika. Lokacija J je jugozahodno od osi reaktorja in leži na področju, kjer ugotavljamo najvišje razredčitvene faktorje. Tako smo na lokaciji J v letu 2016 opazili najvišjo vsebnost C-14 v jabolkih (330 ± 8) Bq na kilogram ogljika, v letu 2017 pa je bila vsebnost v jabolkih (288 ± 7) Bq na kilogram ogljika.

Specifična aktivnost Cs-137 v živilih v okolici NEK je bila do 0,13 Bq/kg in je primerljiva v okviru stresanja podatkov s specifično aktivnostjo Cs-137 v živilih, vzorčevanih drugod po Sloveniji, do 0,1 Bq/kg, če ne upoštevamo divjačine. V divjačini (divji prašič) iz Kamnika je bila specifična aktivnost Cs-137 (584 ± 18) Bq/kg. V posameznih živilih v okolici NEK je bila najvišja specifična aktivnost Cs-137 izmerjena v zeleni solati (0,13 ± 0,01) Bq/kg, medtem ko je bila specifična aktivnost Cs-137 v jabolkih in hruškah, vzorčevanih v sadovnjaku v neposredni bližini NEK, < 0,001 Bq/kg. Specifične aktivnosti Cs-137 v hrani z leti nihajo, vendar je opazna težnja zniževanja vrednosti, v večini živil (npr. v mleku) je že na ravni predčernobilskega obdobja.

Radionuklid Sr-90 je bil v okolici NEK v letu 2018 detektiran v vseh skupinah živil. Specifična aktivnost Sr-90 v živilih v okolici NEK je bila do 0,76 Bq/kg, v hrani, vzorčevani drugod po Sloveniji, pa do 0,36 Bq/kg. Najvišja specifična aktivnost Sr-90 v okolici NEK je bila detektirana v peteršilju (0,76 ± 0,14) Bq/kg, drugod po Sloveniji pa v zeleni solati (0,36 ± 0,03) Bq/kg. V okolici NEK v skupino živil z večjo vsebnostjo Sr-90 spada hrana rastlinskega izvora, kot je listna in podzemna zelenjava, sledi žito, plodovke in sadje ter meso in mleko, kjer je povprečna specifična aktivnost Sr-90 najnižja. Tudi pri vzorčenju drugod po Sloveniji se razvrstitev skupin živil po vsebnosti Sr-90 sklada z vzorčevanjem v okolici NEK.

Tudi v letu 2018 izotopov rutenija nismo zaznali v hrani.

Prav tako v hrani nismo zaznali radionuklidov, ki so bodisi v zračnih bodisi v tekočinskih izpustih NEK. Izjemi sta Cs-137 in Sr-90, ki pa sta pretežno posledica globalne kontaminacije.

Iz statistične analize merskih podatkov je razvidno, da največ naravnih radionuklidov vsebujejo žita (RS in NEK, predvsem U-238 in Ra-228), listna zelenjava (NEK), plodovke (NEK) in pa meso ter jajca (NEK) (predvsem K-40, Th-228, Ra-226 in Pb-210), najmanj pa mleko, plodovke in sadje. 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. V letu 2018 je bila specifična aktivnost K-40 v hrani, ki je bila pridelana na krško-brežiškem polju, od 39 Bq/kg (jabolka) do 311 Bq/kg (peteršilj) v hrani, vzorčevani drugod po Sloveniji pa so se specifične

aktivnosti gibale od 31 Bq/kg (jagode) do 155 Bq/kg (krompir). Od naravnih radionuklidov (brez K-40) k letni efektivni dozi zaradi uživanja hrane največ prispeva Pb-210 (67 %). Največ Pb-210 je bilo v letu 2018 v okolici NEK v listni zelenjavi. Najmanjše specifične aktivnosti pa so bile izmerjene v plodovkah. V posameznih živilih v okolici NEK je bila najvišja specifična aktivnost Pb-210 izmerjena v peteršilju (listna zelenjava) (3,5 ± 0,44) Bq/kg, v živilih, vzorčevanih po Sloveniji, pa v zeleni solati (0,68 ± 0,10) Bq/kg. Z analizo gruč pa ugotavljamo, da največ radionuklidov vsebujejo listna zelenjava, meso in jajca ter žita, najmanj pa mleko, plodovke in sadje. Razlik v vsebnosti radionuklidov v hrani iz okolice NEK in drugod po Sloveniji v večini primerov ni, saj se večinoma grupirajo glede na vrsto živila in ne na mesto vzorčevanja.

Vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov v hrani z leti nihajo. V letu 2018 so izmerjene specifične aktivnosti naravnih radionuklidov v hrani iz okolice NEK primerljive s tistimi iz preteklih let in pa s tistimi, izmerjenimi v letih od 2010 do 2018 drugod po Sloveniji.

OCENA VPLIVOV

Tekočinski izpusti

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

Zaradi gradnje HE Brežice in nastanka akumulacijskega jezera je prišlo do sprememb pri načinih in poteh izpostavitve prebivalstva. Sedanja ocena vplivov izpuščenih radionuklidov, ki je opisana v nadaljevanju, temelji na starih predpostavkah in ne upošteva vseh hidravličnih lastnosti reke Save (mešanje na jezu, negotovosti pretokov, zatekanje reke Save nizvodno v podtalnico (pred izgradnjo akumulacijskega jezera HE Brežice) in druge.

Modelni izračun, ki temelji na tekočinskih izpustih, podatkih o letnem pretoku reke Save in upoštevajoč značilnosti-referenčne skupine (to so ribiči, ki lovijo po akumulacijskem jezeru do 350 m nizvodno od jeza NEK, preživijo določen čas na obrežju in uživajo savske ribe), je pokazal, da je efektivna doza za odraslega zaradi izpustov v reko Savo v letu 2018 v Brežicah 0,004 µSv na leto (zadrževanje na obrežju in ingestija rib). Na lokaciji 350 m pod jezom NEK je izračunana letna efektivna doza za odraslega 0,008 µSv. Letna efektivna doza je nižja kot prejšnje leto, predvsem zaradi za red velikosti nižjih tekočinskih izpustov C-14. K celotni efektivni dozi tako največ prispeva H-3 (50 %), pri čemer je prevladujoča prenosna pot ingestija rib. Če upoštevamo samo zadrževanje na bregu, je večina celotne obremenitve zaradi izpustov Co-60 in Co-58 (89 %). Če upoštevamo pitje savske vode, ki je malo verjetna prenosna pot, pa bi bil dominanten prispevek H-3 (100 %).

Atmosferski izpusti (Tabeli A1 in A2)

Pri ovrednotenju vpliva atmosferskih izpustov upoštevamo naslednje skupine radionuklidov:

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

Tabeli A1 in A2 prikazujeta ovrednotenje zračnih emisij z modelnim izračunom razredčitvenih koeficientov v ozračju za leto 2018 in za posamezne skupine radionuklidov za najpomembnejše prenosne poti za prebivalce v naselju Spodnji Stari Grad, ki je najbližje naselje zunaj ograje NEK (tabela A1), in ob ograji NEK (tabela A2). Zahtevana omejitev dodatne izpostavitve prebivalstva na robu ožje varstvene cone (500 m od osi reaktorja) in dalje je, da celotna letna efektivna doza prispevkov vseh prenosnih poti na posameznika iz prebivalstva ne sme presegati 50 µSv. Ta omejitev je bila po začetku obratovanja dopolnjena še z omejitvijo letne efektivne doze zunanjega sevanja na ograji objekta (200 µSv na leto) ter omejitvijo aktivnosti radionuklidov v tekočih in plinastih efluentih. Iz tabel A1 in A2 lahko ugotovimo, da so prispevki k letni efektivni dozi za prebivalca ob ograji NEK 0,22 % od predpisane omejitve 50 µSv, medtem ko je prispevek v Spodnjem Starem Gradu 0,03 % od predpisane omejitve 50 µSv.

Tabela A1: Izpostavitve sevanju prebivalstva (odrasla oseba) v naselju Spodnji Stari Grad zaradi atmosferskih izpustov iz NEK v letu 2018

Način izpostavitve	Prenosna pot	Najpomembnejši radionuklidi	Letna doza (mSv)
zunanje sevanje	– imerzija (oblak) – sevanje iz useda	– žlahtni plini (Ar-41, izotopi Xe) – aerosoli (izotopi I in Co, Cs-137)	4,6E–7 2,6E–13
inhalacija	oblak	H-3, C-14, I-131, I-132, I-133	1,4E–5
ingestija	rastlinska hrana	C-14	0*

* Rezultat je manjši od negotovosti meritve.

Tabela A2: Izpostavitve sevanju prebivalstva (odrasla oseba) ob ograji NEK zaradi atmosferskih izpustov iz NEK v letu 2018

Način izpostavitve	Prenosna pot	Najpomembnejši radionuklidi	Letna doza (mSv)
zunanje sevanje	– imerzija (oblak) – sevanje iz useda	– žlahtni plini (Ar-41, izotopi Xe) – aerosoli (izotopi I in Co, Cs-137)	9,4E–7 2,1E–12
inhalacija	oblak	H-3, C-14, I-131, I-133	3,0E–5
ingestija	rastlinska hrana	C-14	8,0E–5

Razredčitvene faktorje za zunanje sevanje iz oblaka in inhalacijo od leta 2007 ocenjujemo z Lagrangeevim modelom, ki upošteva značilnosti terena v okolici NEK in večji nabor meteoroloških spremenljivk. Prispevek sevanja iz useda je bil do leta 2010 ocenjen še z Gaussovim modelom z upoštevanjem talnega izpusta [3]. Ocena za zračno imerzijo v letu 2018 je v okviru stresanja podatkov primerljiva za zadnje 4 leta.

Meritve C-14 so bile v letu 2018 izvedene na vzorcih jabolk, koruze, trave, soje, jagodah in pšenici na Institutu Ruđer Bošković v Zagrebu. Rezultati meritev kažejo pričakovano rahlo povišanje specifične aktivnosti C-14 v vzorcih na razdalji do 1 km od osi reaktorja glede na vzorce, vzete na referenčni točki v Dobovi. Ocenjena letna efektivna doza zaradi ingestije C-14 je tako v okolici NEK (do 1 km) za 0,08 µSv višja kot na kontrolni točki v Dobovi. Pri izračunu doze, prejete zaradi C-14 v okolici NEK, smo konzervativno privzeli, da prebivalci uživajo hrano iz neposredne bližine NEK dva meseca v letu, drugih 10 mesecev pa hrano od drugod (Dobova). Iz tega izhaja, da tudi v primeru računanja doze zaradi C-14 upoštevamo, da prebivalci uživajo hrano, pridelano na krško-brežiškem področju (od ograje NEK do Dobove). Razlika med računanjem doze zaradi C-14 in doze zaradi vnosa drugih radionuklidov v hrano je potem v tem, da se za C-14 upošteva uteženo povprečje specifične aktivnosti C-14 glede na lokacijo

vzorčevanja, za druge radionuklide pa to ni mogoče zaradi različnih načinov vzorčevanja. Doza pri C-14 se nanaša na hrano in ne na posamezno vrsto hrane, saj se specifične aktivnosti C-14 (v Bq na kilogram ogljika) v raznih vrstah živil ne razlikujejo. Razmerje med izotopoma C-14 in C-12 je namreč v vseh organizmih konstantno in izraža razmerje med izotopoma v atmosferi. V primeru umetnih izpustov C-14 pa se razmerje med izotopi C-14 in C-12 tako v atmosferi kot v organizmih lahko spremeni, saj izotopi C-14 zamenjujejo izotope C-12 v organskih molekulah.

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

Naravno sevanje (Tabela B)

Meritve zunanjega sevanja v okolici NEK so tudi v letu 2018 potrdile ugotovitve iz preteklosti, da gre za značilno naravno okolje, ki ga najdemo tudi drugje v Sloveniji in v svetu. Letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ sevanja gama in ionizirajoče komponente kozmičnega sevanja v okolici NEK je bil na prostem v povprečju 0,83 mSv. To je enako kot je ocena letne efektivne doze za zaprte prostore 0,83 mSv (1998). K temu je treba dodati še prispevek $H^*(10)$ nevtronskega kozmičnega sevanja, ki je za območje NEK 0,11 mSv na leto. Tako je bila skupna doza naravnega zunanjega sevanja $H^*(10)$ v letu 2018 v okolici NEK 0,94 mSv na leto. Ustrezna letna efektivna doza (ob upoštevanju pretvorbenih faktorjev iz publikacije Radiation Protection 106, EC, 1999) je 0,79 mSv na leto, kar je nižje od podatka za svetovno povprečje (0,87 mSv na leto).

Meritve specifične aktivnosti naravnih radionuklidov v hrani pokažejo vrednosti, ki so primerljive s povprečnimi vrednostmi v svetu, zato za ingestijsko efektivno dozo privzemamo sklepe iz UNSCEAR 2000 [56].

Posamezni prispevki k dozi naravnega sevanja so zbrani v tabeli B. Skupna letna efektivna doza je ocenjena na 2,36 mSv, kar je nižje, a v okviru stresanja vrednosti primerljivo s prejšnjimi leti ter s svetovnim povprečjem, ki je 2,4 mSv na leto [56].

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.

Primerjava s preteklimi leti (Tabela C)

V tabeli C so predstavljeni posamezni prispevki k letni efektivni dozi za odraslo osebo ob ograji NEK zaradi emisij NEK v letu 2018. Izjema je doza zaradi zunanjega sevanja, ki jo merijo TLD-ji. Ob ograji NEK so odstranili vrhnjo plast zemlje in nasuli s prodom, zaradi česar je povprečni letni okoljski dozni ekvivalent v okolici NEK za 40 % višji od tistega na ograji NEK. Zaradi tega tu podajamo povprečni okoljski dozni ekvivalent za okolico NEK.

Če seštejemo vrednosti za atmosferske in tekočinske izpuste, ugotovimo, da je vpliv nadzorovanih izpustov iz NEK na prebivalstvo znatno pod avtorizirano mejo. Pri tem je treba poudariti, da gre za različne skupine prebivalstva in je zato seštevek samo groba ocena letne efektivne doze.

Od leta 2005 do 2011 se seštevek znižuje, v letu od 2012 pa je bila letna efektivna doza na prebivalca ob ograji NEK nekoliko višja zaradi vpliva na prehrambno verigo med vegetacijo (C-14), vendar še vedno dva velikostna reda pod avtorizirano mejo. Tudi v letih 2013 in 2014 lahko opazimo povišanje letne efektivne doze, vendar ga lahko pripišemo izključno prispevku C-14 v tekočinskih izpustih, ki ga v prejšnjih letih nismo upoštevali. V letu 2018 je seštevek primerljiv z letom 2017. 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.

Tabela B: Efektivne doze *E* zaradi naravnih virov sevanja v okolici NEK v letu 2018

Vir	**Letna efektivna doza *E* (mSv)**
– sevanje gama in neposredno ionizirajoče kozmično sevanje[#] – kozmični nevtroni [56]	0,70 0,09
ingestija (K, U, Th) ([56], efektivna doza)	0,27
inhalacija (kratkoživi potomci Rn-222, efektivna doza)[##]	1,3
Skupaj	**2,36**

Opomba: [#] Ocena efektivne doze zunanjega sevanja iz okoljskega doznega ekvivalenta doze *H**(10) z upoštevanjem pretvorbenega faktorja *E/H**(10) = 0,84 za fotone 600 keV (Radiation Protection 106, EC, 1999). Pretvorbeni 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 izpostavitev prebivalstva v okolici NEK za leto 2018

Vir	**Prenosna pot**	**Letna efektivna doza (mSv)**
naravno sevanje	- gama in ionizirajoče kozmično sevanje - kozmični nevtroni	0,70[**] 0,09
	- ingestija (K, U, Th)	0,27
	- inhalacija (kratkoživi potomci Rn-222)	1,30
	Skupaj naravno sevanje	**2,36**
NEK – neposredno sevanje ob ograji NEK	neposredno sevanje iz objektov NEK	nedoločljivo
NEK atmosferski izpusti[*] (ob ograji NEK)	- zunanje sevanje iz oblaka - zunanje sevanje iz useda (izotopi I in Co, Cs-137) - inhalacija iz oblaka (H-3, C-14) - ingestija (C-14)	9,4E–7 2,1E–12 3,0E–5 8,0E–5
NEK tekočinski izpusti (Sava)[*]	- referenčna skupina (350 m pod jezom NEK) - odrasla oseba, Brežice	8,0 E–6 4,0 E–6
černobilska kontaminacija, jedrski poskusi	zunanje sevanje[**] ingestija rastlinske in živalske hrane (brez C-14) ingestija rastlinske hrane (C-14) ingestija rib	< 0,023[***] 1,5E–3 1,5E–2 7,5E–4

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

[**] Ocena efektivne doze zunanjega sevanja iz okoljskega doznega ekvivalenta *H**(10) z upoštevanjem pretvorbenega faktorja *E/H**(10) = 0,84 za fotone 600 keV (Radiation Protection 106, EC, 1999).

[***] V tej oceni ni upoštevano, da se prebivalec zadržuje 20 % časa na prostem in da je faktor ščitenja pri zadrževanju v hiši 0,1. Gre za konzervativno oceno.

Černobilska kontaminacija, poskusne jedrske eksplozije, nesreča v Fukušimi in dogodek Ru-106

V letu 2018 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. Vpliva radionuklidov, ki so ušli v ozračje po nesreči v japonski jedrski elektrarni v Fukušimi leta 2011, v letu 2018 ni bilo zaznati.

Prispevek Cs-137 k zunanjemu sevanju je bil ocenjen na manj kot 0,023 mSv na leto, kar je 4 % povprečne letne zunanje doze zaradi naravnega sevanja v okolici NEK. Ocena je primerljiva z ocenami v preteklih letih.

Predvidena efektivna doza zaradi inhalacije radionuklidov, ki so posledica splošne kontaminacije (Cs-137 in Sr-90), je za odraslega posameznika ocenjena na 0,46 nSv na leto.

Cs-137 in Sr-90 iz jedrskih poskusov in černobilske nesreče sta bila izmerjena v sledeh v posameznih vrstah hrane. Efektivna doza zaradi uživanja te hrane je bila za leto 2018 ocenjena na 0,1 µSv na leto za Cs-137 in 1,4 µSv na leto za Sr-90, kar je skupaj 1,1 % letne efektivne doze zaradi naravnih radionuklidov (brez K-40) v hrani. Ocenjena doza je primerljiva s tistimi iz prejšnjih let.

V letu 2018 je bil Ru-106 zaznan v vzorcih padavin v mesecu februarju. Razlog za to je domnevno resuspenzija delcev iz tal. Prispevek Ru-106 k celotni ingestijski dozi je za red velikosti nižji kot zaradi H-3 in černobilskih izotopih Sr-90 in Cs-137.

K letni efektivni dozi v hrani največ prispeva C-14, ki je v prehransko verigo prišel po naravni poti in zaradi nadzemnih jedrskih poskusov v 60. letih prejšnjega stoletja.

SKLEPI

Povzetek izpostavitve prebivalstva v okolici NEK za leto 2018 je v tabeli C, kjer so navedeni prispevki naravnega sevanja, vplivi NEK ob ograji NEK in preostali vplivi černobilske kontaminacije in poskusnih jedrskih eksplozij:

- **v letu 2018 so bili vsi sevalni vplivi NEK-a ob ograji NEK in 350 m nizvodno od jezu NEK na prebivalstvo v okolici ocenjeni na manj kot 0,12 µSv na leto;**
- ocenjena vrednost je majhna v primerjavi z avtoriziranima mejnima dozama za prebivalstvo v okolici NEK (efektivna doza 50 µSv na leto na razdalji 500 m (ograja NEK) za prispevke po vseh prenosnih poteh in doza zunanjega sevanja 200 µSv na leto na ograji NEK);
- **ocenjena vrednost sevalnih vplivov NEK-a ob ograji NEK je približno 0,0051 % 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 sources 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 (Krško NPP), we could add the releases of atmospheric and liquid radioactive substances from the Krško NPP and the direct radiation emanating from the buildings and objects inside the power plant's fenced perimeter. The Krško NPP is required to comply with *authorised limits* and other dose limits related to releases, as well as other radiation impacts on the environment and population. The limitation of additional exposure of the population was laid down already in the site plan documentation for the Krško 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 Krško 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.

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. 27/2018) [8]. Operational radioactivity monitoring includes measurements of *emissions* on the premises, measurements of *imissions* in the surroundings, measurements of external radiation in the environment, evaluation of measurement results and dose estimation. The scope of monitoring is defined in Annex 4 of the above Rules (Design of the operational radioactivity monitoring programme for the nuclear power plant). The Rules also define requirements that must be met by the providers of radioactivity monitoring, minimal 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 2018 by the Krško NPP – as the entity liable for monitoring, and by the authorised radioactivity monitoring providers. 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, which are presented in Chapter *"DOSE ESTIMATE" (Table C)*. The dose assessment is based on the principles of ICRP and IAEA [30] [31] [32].

Thus, in 2018, the radiation effects of the Krško NPP on the population in the immediate surroundings were estimated at less than 0.12 µSv per year, what presents 0.24 % of the authorized dose limit at the Krško NPP fence. The estimated effective dose at the Krško NPP fence received by members of general public as the result of Krško NPP atmospheric discharges is estimated to 0.11 µSv per year, while it is estimated to 0.008 µSv per year due to the Krško NPP liquid discharges. The major contribution of 0.08 µSv per year to the total effective dose comes from food ingestion due to the C-14 fallout (discharge).

In the environs of the Krško NPP also other artificial radionuclides were detected, among them: C-14, Cs-137, Sr-90 (global contamination), Ru-106 (one-time accidental release from the unknown source in 2017), and I-131 (medicine usage). The contributions to the total effective dose after various media are collected in Table 1. It should be noted that the major contribution is because of external radiation – the presence of Cs-137 in the soil (the Chornobyl accident's remnant). The second largest contribution is because of C-14 in foodstuff, which is partly of natural origin and partly from the fallout of nuclear test explosions in the past.

The estimated sum of all radiation contributions (annual effective doses) from the Krško NPP to the member of the public at the fence perimeter is 0.006 % of the characteristic unavoidable natural background radiation. The Summary expresses the most important facts from the Monography *Obdelava podatkov*

meritev radioaktivnosti v okolju, which is the standalone supplement of the report *Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško, Poročilo za leto 2018*, interna oznaka 9/2019, Ljubljana, april 2019.

The Report does not deal with the exposure of the population to the 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.

Table 1: Overview of annual effective doses for all artificial radionuclides delivered to the adult in the vicinity of Krško NPP through various contamination media from 2014 to 2018. The detected artificial radionuclides are mainly from the global contamination (C-14, Sr-90, Cs-137), accidental release (Ru-106), or use in medicine (I-131). The ionizing radiation effects of the Krško NPP on the population in the immediate surroundings are small compared to the global contamination (*Table C*), and they are estimated to 0.22 % of the authorized dose limit at the Krško NPP fence.

Contamination medium	**Annual effective dose of artificial radionuclides *E* (μSv)**					**Location**	**Remarks**
	2014	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**		
Sava River	0.089 0.00052 0.6	0.15 0.0007 0.15	0.15 0.0008 0.17	0.13 0.0014 1.1	0.091 0.0015 0.73	Brežice Brežice Brežice	drinking (H-3) swimming (Cs-137) fish ingestion (Sr-90)
Waterworks and pumping stations	0.037	0.026	0.031	0.035	0.035	Brege	drinking (H-3)
Precipitation and dry fallout	0.024	0.021	0.020	0.042	0.023	Brege	ingestion (H-3)
Air	0.00062	0.0009	0.0005	0.24	0.00046	Average for all locations	Inhalation and imersion (Cs-137)
External radiation	25.2	33.6	33.6	27.7	19.3	All locations	(Cs-137)
Food consumption	14.8 0.7	14.7 1.1	14.8 1.8	15.3 1.5	15.1 1.5	Fence perimeter; All locations and the fence perimeter	Ingestion (C-14*, Sr-90)
Total	**41.5**	**49.8**	**50.6**	**46.0**	**36.8**		

* C-14 is a radionuclide with global occurrence and partly natural origin in the upper atmosphere by the reaction of neutrons originating from cosmic rays with nitrogen and, to a lesser extent, with oxygen and carbon. Smaller doses but lasting for about 10 000 years will be delivered by the long-lived C-14 (half-life 5730 years), which was produced during nuclear weapons test in the atmosphere at concentrations by about a factor of two higher than its cosmogenic levels.

CHARACTERISTICS OF SAMPLING AND MEASUREMENTS

In 2018, 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. Because of the construction of the Brežice hydroelectric power plant (Brežice HPP) dam, additional radiological monitoring sampling locations were introduced in the reservoir. The characteristics of the sampling and measurements are as follows:

1) Sava River

a) continuous sampling at three locations: (Krško – 3.2 km upstream, before Brežice HPP dam – 7.2 km downstream, 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, left and right riverbanks in the reservoir, surrogate habitat, before Brežice HPP dam, Brežice, Jesenice na Dolenjskem and Podsused near Zagreb (CRO, around 30 km downstream from the Krško NPP) for short-lived radionuclides;

b) quarterly single water samples from Sava at Krško and Brežice;

c) sediment sampling at ten locations (Krško upstream, under the Krško NPP dam, Pesje, left and right riverbanks in the reservoir, before Brežice HPP dam, Brežice, Jesenice na Dolenjskem and Podsused in Croatia – downstream of the Krško NPP dam);

d) fish samples: Krško, reservoir, Brežice, Jesenice na Dolenjskem, Podsused (CRO) and Otok (CRO).

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

2) Waterworks and pumping stations

a) single water sample from Ljubljana water system (reference location);

b) quarterly water samples from the waterworks in Krško, Brežice;

c) monthly composite samples from the pumping stations in Brege, Rore, Brežice and the waterworks in Spodnji Stari Grad and Brežice;

d) sampling of groundwater in the immediate vicinity of the Krško 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);

e) monthly single samples from boreholes VOP-1/06, V-7/77 in V-12/77.

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

3) Precipitation and dry fallout

a) monthly composite samples from precipitation collectors in Brege, Krško and the reference location in Dobova and Ljubljana (control location);

b) monthly replacement of Vaseline collecting plates for dry fallout at eight locations in the immediate and wider surroundings of the Krško NPP, and in Ljubljana (reference location).

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

4) Air

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

b) iodine (I-131) sampling was performed with special pumps and filters at the same locations as the sampling of aerosols (except for the Dobova location);

c) sampling for the purpose of Sr-90/Sr-89-specific measurement was performed with special pumps in Dobova;

d) emission measurements were performed at the Krško NPP's main vent, whereby samples for the measurement of iodine, tritium (H-3), carbon (C-14), aerosols and noble gases were collected;

e) sampling of airborne C-14 in CO_2 was performed continuously at two locations on the Krško NPP perimeter fence. In 2018, a total of sixteen samples were collected and analysed. The control measurements were performed in Zagreb (Croatia).

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

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 Krško NPP perimeter fence. Data was collected from the dosimeters every six months. Ljubljana was the reference 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, 60 other continuous radiation 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 three locations on the flood plains downstream of the Krško NPP (Amerika – 3.5 km from the Krško NPP, Gmajnice – 2.5 km from the Krško NPP, and Kusova Vrbina-Trnje – 8.5 km from the Krško NPP). 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), Zgornja Pohanca (fruits), Brege (meat, milk, vegetables), Vihre (milk, vegetables), Vrbina (eggs, vegetables, cereals,fruits), Spodnji Stari Grad (meat, eggs, vegetables, fruits), Žadovinek (vegetables, cereals), Trnje (vegetables), Leskovec (meat), Libna (grapes); 32 various food samples were collected in 2018;

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 2018 (July and September) at 16 locations in the surroundings of the Krško NPP and in the reference location in Dobova; a total of 34 samples were collected and analyzed;

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 AND TIME-TRENDS

Introduction

For the data interpretation and dose assessment the primary measurement, $y \pm u(y)$, results obtained from gamma-ray spectrometry measurement results carried out by JSI (*Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2018, IJS-DP-12783*) are used the same as in recent years. The $u(y)$ represents combined standard deviation of the specific activity related to 68 % confidience interval (coverage factor k = 1). The combined standard deviation incorporates statistical fluctuations of the net signal, uncertainty of the background signal, spectrometer calibration, nuclear data and the sample quantity. The uncertainties originating from sampling, except the sample quantity, are not taken into account.

If the uncertainty of the measurement result was greater than 80 % of the observed values (quantification limit), the primary measurement result is reported. Such an outcome is designated by a symbol "‡", and under the Table, a footnote explaining that the result is below the quantification limit is given.

The annual dose is calculated from the arithmetic average of periodic measurement outcomes [48]. The uncertainty of the average could either be evaluated with a-priori uncertainty (uncertainty propagation rule) or with a-posteriori uncertainty (standard deviation divided by the square root of the number of samples).

When the detection limit is still reported (usually by Pb-210, H-3, Sr-90 radionuclides) a 1/4th of the detection limit is reported in tables, as a predicted value, under the recommendation of the Eurpean Council (*European Commission recommendation on standardized in formation on radioactive airborne and liquid discharges into the environment from nuclear power reactors and reprocessing plants in normal operation*, Euratom Off. J. Eur. Union. 2004; pp L2:32; paragraphs 6 in 7 [50]). This value has no associated uncertainty. For this reason the uncertainty of the arithmetic average is represented with a-posteriori uncertainty. In such cases the records are designated by a symbol "x". In other cases, the a-priori uncertainty of the average is reported. In this way all the measurement outcomes provided by different authorized laboratories (IJS-F2, IJS-O2, NEK, IRB and ZVD) were standardized.

By other non-detected radionuclides - for the reason of clear representation - their limit of detections are not provided. In such cases the empty fields in tables are taken as zero values.

Definitions of these estimators are in line with frequentist approach to probability [49], just that instead of the term »a-posteriori uncertainty«, a term »average scattering of the mean« is used.

Definitions of these terms is given in the report *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2018, IJS-DP-12783*.

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

The data from liquid effluent measurements show that liquid H-3 effluents in 2018 (10.5 TBq) were 23 % of the activity limit for H-3 (45 TBq per year), what is higher than in 2017 (8.6 TBq), but lower than in 2016 (19.9 TBq), and lower than the long-term average of 12.2 TBq (from 1999 to 2018). The highest monthly release of H-3 was 4.1 TBq, which occurred in March.

In 2018 the average monthly activity concentration of H-3 before the Brežice HPP dam (in the reservoir) was 2.6 kBq/m^3 with the highest value of 11 kBq/m^3 in March, while the monthly value of H-3 was 0.63 kBq/m^3 at Krško in the same period. The average monthly activity concentration of H-3 measured at the reference location in Krško (before the paper mill) was 0.63 kBq/m^3 with the highest value of 0.87 kBq/m^3 in September. At Brežice (old sampling location) the average monthly activity concentration of H-3 was 1.6 kBq/m^3 with the highest monthly value of 3.7 kBq/m^3 in February, while the monthly value of H-3 was 0.64 kBq/m^3 at Krško in the same period.

The measurements at Jesenice na Dolenjskem obtained an monthly average of 1.3 kBq/m^3, with the highest value of 4.1 kBq/m^3 in March such as in Brežice (old and new sampling location). The average monthly activity concentration of H-3 at Brežice (old sampling location) in 2018 was similar to the average at Jesenice na Dolenjskem. Usually the activity concentrations of effluents in river at Jesenice na Dolenjskem are lower than at Brežice due to additional dilution of the water in the Sava River by the river affluents of rivers Krka and Sotla, for which we presume to have approximately the same activity concentration of tritium as the Sava at Krško or as other rivers in Slovenia (around 1 kBq/m^3).

We also noticed an increase in the activity concentration of tritium in the single samples of unfiltered water at the sampling location on the right bank of the HPP Brežice reservoir in February and March. The highest monthly activity concentration measured in February was 34 kBq/m^3. In the same period, the activity concentration of H-3 on the left bank of the reservoir was at the background level of 0.89 kBq/m^3. The timing between the collection of single samples and discharges of liquid effluents from the Krško NPP mismatched.

The estimated total activity of C-14 in liquid discharges into Sava river was 0.04 GBq in 2018. This value is more than an order of magnitude lower than the long-term average for recent years.

The activity concentration of C-14 was measured in one-time samples in Sava river quarterly in 2018. The average monthly activity concentration of C-14 at the right and left side riverbank in the reservoir was 87 pMC (9.8 Bq/m^3 in water).

The relative specific activity of C-14 measured in fish samples, caught in the reservoir, was up to 95 pMC (215 Bq/kg C). This value is lower than the ordinary atmospheric relative specific activity of C-14, which amounts ≈ 103 pMC.

In 2018 the short-lived I-131 was not detected in the liquid effluents from the Krško NPP. Nevertheless, the I-131 was detected in the Sava River in Krško, Brežice and Jesenice na Dolenjskem. The measured activity concentrations of I-131 at those locations are similar than those measured in other rivers in Slovenia due to the medical use of I-131.

The I-131 average activity concentrations in river Sava in quarterly grab samples in 2018 were between 1.8 Bq/m^3 and 4.7 Bq/m^3. The highest value of 8.7 Bq/m^3 was recorded at the sampling locations at the left side riverbank in the reservoir before Brežice HPP dam, but it was comparable with 8.6 Bq/m^3 at Krško in the same sampling period.

The I-131 isotope was not detected in river sediments and fish samples in 2018.

The annual liquid discharge of Cs-137 was 2.0 MBq in 2018, what is comparable with previous years.

The monthly average of Cs-137 for water measurements yielded 0.15 Bq/m^3 in Krško, 0.31 Bq/m^3 before the Brežice HPP dam, and 0.21 Bq/m^3 in Brežice. At the left side riverbank in the reservoir the monthly average of Cs-137 for water measurements was 2.9 Bq/m^3, while it was 0.7 Bq/m^{3}at the opposite side. The average monthly activity concentration of Cs-137 at Jesenice na Dolenjskem was 0.07 Bq/m^3. We estimated the increase of Cs-137 activity concentration in Brežice to 2 E-04 Bq/m^3 due to the Krško NPP influence. The estimation is based on the data on the releases of Cs-137 in liquid effluent and the dilution ratio in Brežice 1.5. The increase of Cs-137 activity concentration in Brežice is much below the detection limit of 0.1 Bq/m^3. The contribution of Cs-137 due to the liquid discharges from the Krško NPP is thus indistinguishable from heterogeneous global contamination. The average concentrations of Cs-137 in the water of other rivers around Slovenia (also originating from heterogeneous global contamination) are similar to those measured in the Sava River in the vicinity of the Krško NPP. The highest average activity concentration of Cs-137 in other rivers was measured in the Mura River, 0.4 Bq/m^3. The values obtained

by measurements in the vicinity of Krško NPP and around Slovenia are similar from the point of view of data variation and being aware of that most of the reported data were less than the limit of detection.

Measurements of the radioactivity in river sediments indicated the quarterly average values for Cs-137 were 5.4 Bq/kg, 6.3 Bq/kg, 5.8 Bq/kg, 4.4 Bq/kg, 1.6 Bq/kg, 0.8 Bq/kg at the reference point under the bridge at Krško, at the location downstream from the Krško NPP dam, at the left side of the riverbank in the reservoir of Brežice HPP dam (Pesje), Brežice, Jesenice na Dolenjskem, and Podsused in Republic of Croatia, respectively. From the results it is evident that the cesium in sediment systematically had decreased at all locations over the years before 2011. This is related to the decay of the isotope (from the global contamination), and at the same time to washing off the bottom sediment. Since 2011 the specific activities of Cs-137 in sediments at Krško and Brežice have been increasing. This trend can be attributed to the spatial intervention due to the construction of the HPP Brežice dam.

The average specific activities of Cs-137 in fish range from 0.02 Bq/kg to 0.1 Bq/kg. It should be noted that at all locations upstream and downstream from the Krško NPP dam the reported specific activities of Cs-137 were below the limit of detection in 11 out of 18 records. The highest measured value at the reference point under the bridge at Krško was 0.05 Bq/kg, in the reservoir of the Brežice HPP was 0.1 Bq/kg, while it was 0.04 Bq/kg in Brežice. At the location point at Jesenice na Dolenjskem the highest specific activity of Cs-137 in fish was 0.04 Bq/kg.

The radioactive isotope of Strontium, Sr-90 is also regularly detected in liquid effluents from the Krško NPP. In 2018 its total activity in liquid discharges was 0.04 MBq that is comparable with recent years.

The average of Sr-90 for water samples taken at Krško yielded 1.4 Bq/m^3, before the Brežice HPP dam 2.0 Bq/m^3, at Brežice (old sampling location) 2.4 Bq/m^3, and at Jesenice na Dolenjskem 2.3 Bq/m^3. The monthly activity concentrations of Sr-90 in one-time water samples are comparable with the measured values in continously collected samples. For water samples taken quarterly the average of Sr-90 yielded from 1.7 Bq/m^3 to 2.1 Bq/m^3 for all locations in 2018. The highest measured value was reported for the location before the Brežice HPP dam on the right side of the riverbank, 4.1 Bq/m^3. The average concentrations of Sr-90 in the water of other rivers around Slovenia are similar to those measured in the Sava River in the vicinity of the Krško NPP. The average activity concentration of Sr-90 in Slovenian rivers in the year 2018 was the highest at Laze (Ljubljana) 2.3 Bq/m^3.

The average strontium specific activities in river sediments were 0.1 Bq/kg in Krško, 0.3 Bq/kg at the left side of the riverbank in the reservoir of Brežice HPP dam, 0.2 Bq/kg at the right side of the riverbank in the reservoir of Brežice HPP dam, 0.2 Bq/kg in Brežice and 0.3 Bq/kg in Jesenice na Dolenjskem. Strontium specific activities in river sediment are thus comparable to the measurement results obtained in previous years.

Average specific activities of Sr-90 in fish ranged from 0.6 Bq/kg at the reference point under the bridge at Krško, 0.2 Bq/kg before the Brežice HPP dam, 0.6 Bq/kg in Brežice and 0.2 Bq/kg in Jesenice na Dolenjskem. These values are similar from the point of view of data variation to the ranges from previous years.

Other artificial radionuclides, which are present in the liquid effluents of the Krško NPP (Co-58, Co-60, Ag-110m) were not detected at any sampling location in 2018. The discharges of those artificial radionuclides into Sava river in 2018 were 6 order of magnitude lower than the total discharge of H-3 into the river.

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 2018. The activity concentrations of U-238 in unfiltered water in 2018 were up to 93 Bq/m^3, of Ra-226 up to 11 Bq/m^3, of Pb-210 up to 190 Bq/m^3, of Ra-228 up to 71 Bq/m^3, and of Th-228 up to 65 Bq/m^3. The cosmogenic Be-7 was also measured in the Sava River. Its measured vales were from 1 to 400 Bq/m^3. Those values measured in the Sava River in the vicinity of the Krško NPP are similar to those in the water of other rivers around Slovenia. The activity concentrations of K-40 measured in the Sava River at different locations upstream and downstream from the Krško NPP dam range from 25 Bq/m^3 to 1000 Bq/m^3 with the highest monthly value of (960 ± 50) Bq/m^3 on the left side of the riverbank in the reservoir of Brežice HPP dam.

2) Waterworks and pumping stations

Similarly as in previous years, the highest H-3 concentrations in 2018 were measured at the pumping stations Brege. The monthly average value at the Brege pumping station was (2.0 ± 0.1) kBq/m^3, while the highest monthly value of (2.4 ± 0.2) kBq/m^3 was measured in June. This average value is higher than the long-term average (16 years) of 1.6 kBq/m^3. The average of H-3 in water samples from Rore was (0.6 ± 0.02) kBq/m^3. In Spodnji Stari Grad the monthly average was (2.0 ± 0.06) kBq/m^3, what is higher than the long-term average (16 years) of 1.2 kBq/m^3. It is assumed that the water in waterworks of Spodnji Stari Grad and from the pumping station in Brege were mixing in 2018. The monthly average for tritium in the Brežice waterworks in 2018 was 0.08 kBq/m^3, which is within the data uncertainty and scatter range as in 2011–2017, while this average in the Brežice – Glogov Brod pumping station was 0.25 kBq/m^3. At the Brežice – Glogov Brod pumping station a new borehole was installed.

The calculated average in the Krško waterworks (Petrol gas station) was 0.62 kBq/m^3, while the average at the Petrol gas station in Brežice was 0.05 kBq/m^3. The values are similar from the point of view of data variation to the ranges from previous years.

As the assumed reference value for H-3 activity concentration in Ljubljana waterworks the measured value of (0.42 ± 0.04) kBq/m^3 in 2018 can be used. In Ljubljana the long term decreasing time trend of H-3 activity concentration can be observed which confirms that the global bomb produced tritium is gradually removing from the atmosphere and subsequently from the hydrological cycle.

The quarterly average H-3 activity concentration in the E1 borehole was 1.7 kBq/m^3, and the monthly average in the VOP-4 borehole 2.4 kBq/m^3. The highest value in the E1 borehole was found in the second quarter of the year, (2.3 ± 0.1) kBq/m^3, while the highest value in the VOP-4 borehole was recorded in January (6.7 ± 0.3) kBq/m^3.

Due to the construction of the Brežice HPP dam 7.2 km downstream from Krško NPP the water from boreholes at locations VOP-1/06, V-7/77 in V-12/77 have been analyzed for monthly activity concentrations of H-3 since June 2016. The monthly values of H-3 in those boreholes did not vary statistically from the monthly average activity concentrations in 2018. The average values in 2018 were 1.1 kBq/m^3, 1.8 kBq/m^3, and 1.2 kBq/m^3 in VOP-1/06, V-7/77, and V-12/77, respectively.

So far we have not noticed any significant or long-lasting changes of monthly activity concentrations or monthly averages of tritium in waterworks systems or boreholes due to the altered hydrological conditions at the Krško-Brežice region.

The effects of liquid Cs-137 and Sr-90 emissions in 2018 on drinking water in the surroundings of the Krško NPP could not be detected. Since these radionuclides are part of the global contamination, they are present everywhere on Earth's surface and we cannot directly prove their origin. Both isotopes can be used as the tracers to study the transport processes, therefore their presence in the groundwater can be explained as the contact between the atmosphere and the groundwater. From the tables with measurement results it is evident that the Cs-137 and Sr-90 radionuclides were detected in 25 % and 60 % of all water samples from all sampling locations in the Krško NPP surroundings, respectively.

The highest monthly value of Cs-137 in groundwater was (0.4 ± 0.2) Bq/m^3 at Rore in April. The monthly average activity concentrations at 5 sampling locations ranged from 0.0009 Bq/m^3 in Brežice waterworks to 0.037 Bq/m^3 at Rore pumping station. From the point of view of data scatttering the reported values are similar to the average values from previous years at all sampling locations.

The monthly average of Sr-90 activity concentration in the Krško pumping stations and the waterworks was 0.33 Bq/m^3, while it was less than 0.1 Bq/m^3 (below the limit of detection) in the Brežice waterworks system. The monthly average activity concentration of Sr-90 varied from 0.095 Bq/m^3 at Brežice to 1 Bq/m^3 at the pumping station Rore. The highest activitiy concentration of Sr-90 (5.7 ± 0.3) Bq/m^3 was measured in water sample from Rore pumping station in November. The measured activity concentration of Sr-90 in the Ljubljana waterworks in 2018 was 0.7 Bq/m^3, while since 2002 it varied between 0.4 Bq/m^3 and 1.5 Bq/m^3.

At the E1 borehole (inside the Krško NPP perimeter fence) an average annual Sr-90 activity concentration of 3.6 Bq/m^3 was calculated. At Medsave and Šibice boreholes in Croatia the average monthly activity concentrations of Sr-90 were 2.1 and 3.0 Bq/m^3, respectively. None of the presented values deviates significantly from the data from previous years.

The I-131 radionuclide was not detected in drinking water in any monthly and quarterly samples at any of the sampling points in Krško, Brežice, and Republic of Croatia.

The activity concentrations of the naturally occurring K-40 isotope were measured at all sampling points. In the waterworks of Brege, Rore and Spodnji Stari Grad, the average monthly activity concentration of K-40 was 73 Bq/m^3, 28 Bq/m^3, and 72 Bq/m^3 respectively. The average activity concentration in the Brežice water supply system was 25 Bq/m^3. The values are consistent with long-term trends at all locations.

The monthly averages of U-238 are low at all sampling points in the Krško and Brežice waterworks, whereby the highest annual average was measured in Brežice pumping station at 9.4 Bq/m^3. The average monthly activity concentrations of Ra-226 ranged from 0.4 Bq/m^3 (Brežice waterworks) to 2.7 Bq/m^3 (Brege pumping station). The activity concentration of Pb-210 ranged from 4.5 Bq/m^3 in Rore pumping station to 5.9 Bq/m^3 in the water from Brege pumping station. The activity concentration of Pb-210 in Ljubljana was 5.5 Bq/m^3. The annual average for Ra-228 ranged from 0.4 Bq/m^3 (Brežice pumping station) to 1.2 Bq/m^3 in Krško waterworks. The concentrations of Th-228 ranged from 0.38 Bq/m^3 (Brege pumping station) to 1.4 Bq/m^3 in Brežice pumping station. Be-7 was occasionally detected at all pumping stations and waterworks in Krško and Brežice. The average monthly activity concentration of Be-7 ranged from 2.2 Bq/m^3 in Brežice pumping station to 6.6 Bq/m^3 in Spodnji Stari Grad waterworks.

3) Precipitation and dry fallout

The annual precipitation quantity in Krško, Brege and Dobova as well as in Ljubljana in 2018 is similar to 2017. The largest amount of precipitation occurred in Ljubljana (1 377 mm) in 2018. In Krško, Brege and Dobova the average amount of precipitation was (1 041) mm. December was very dry with low precipitation quantities at all sampling locations.

The activity concentrations of tritium in precipitation varies widely, so only activity concentration larger than 2 kBq/m^3 could likely be attributed to the atmospheric discharges from the Krško NPP [43]. The activity concentration of H-3 in precipitation was larger than 2 kBq/m^3 in Brege three-times, and twice in Krško in the spring of 2018. In Ljubljana the activity concentration of tritium in precipitation samples in 2018 ranged from 0.64 kBq/m^3 to 1.5 kBq/m^3, in Brege from 0.85 kBq/m^3 to 2.9 kBq/m^3, in Krško from 0.9 kBq/m^3 to 2.3 kBq/m^3, and in Dobova from 0.44 kBq/m^3 to 1.5 kBq/m^3. The monthly average of H-3 activity concentrations in precipitation at Brege was 1.8 kBq/m^3, at Krško was 1.5 kBq/m^3, while at Dobova (reference location) and Ljubljana (control location) they were 1.1 kBq/m^3 and 1 kBq/m^3, which follow the trends obtained for the last decade.

The highest monthly fallout of H-3 was measured in Brege, 330 Bq/m^2 in July. The long-term trend of the fallout of H-3 is similar for locations Ljubljana and Dobova (coincide with the highest precipitation quantity), while it is different for Brege and Krško (coincide with the highest atmospheric releases of tritium).

The highest Cs-137 activity concentration was found in the February sample from Brege, (1.6 ± 0.2) Bq/m^3, while it was the highest for the sampling location in Ljubljana (1.2 ± 0.2) Bq/m^3 in February. The measurement results obtained for December's samples were not included in the calculation of the monthly average in the year 2018. Most of the primary measurement results were also either below the quantification or detection limit. The correlation between the specific activities of Cs-137 in precipitation and the precipitation quantity for all locations in the Krško NPP surroundings was not observed.

The highest precipitation fallout values for Cs-137 were measured February in 2018: in Ljubljana 0.16 Bq/m^2, in Dobova 0.08 Bq/m^2, in Brege 0.21 Bq/m^2, and in Krško 0.08 Bq/m^2. In 2018 the Cs-137 fallout increased in Ljubljana, Krško in Brege, and also in Dobova with respect to the values obtained in the last five years. The Cs-137 fallout at all sampling locations in Krško NPP surroundings is comparable with the values from the pre-Chornobyl era (1982-1985).

Almost all measured activity concentrations of Sr-90 in precipitations are below the limit of the detection. The interpretation of such outcomes is meaningless. For the last decade we have been noticing the decrease of the Sr-90 fallout.

In 2018, the Ru-106 isotope was detected in samples of precipitation from all sampling points in February. We assume that the occurrence of Ru-106 is due to the resuspension of particles from the ground which was slightly contaminated from unknown source of irigin in 2017.

4) Air

Although in atmospheric emissions from Krško NPP (6.2 TBq) prevail tritium (5.1 TBq) and C-14 (0.13 TBq), only the activity concentrations of C-14 in the air at the Krško NPP fence perimeter are measured. The presence of H-3 and C-14 in the air at the aerosol sampling sites are evaluated using dedicated models which describe the dispersion of radionuclides in the environment based on the data of the released atmospheric effluents.

During the operation in 2018 the releases of Co-60, Te 127m, and Sr-90 were recorded at the Krško NPP stack. None of those isotopes, except the Cs-137 and Sr-90, were found on aerosol filters in the surroundings of the Krško NPP and Ljubljana. The Cs-137 and Sr-90 are part of the global contamination.

The measured average annual activity concentrations of Cs-137 at individual measurements locations in the surroundings of the Krško NPP were at the level of the long-term mean 1 µBq/m^3. The measured values of Cs-137 are smaller than the values obtained from locations within the scope of the monitoring of radioactivity in the environment in the Republic of Slovenia. The highest activity concentration of Cs-137 in the air was (4.1 ± 2.0) µBq/m^3 at Leskovec in December. In 2018 the highest monthly average activity concentration of Cs-137 was 1 µBq/m^3 at Leskovec and Dobova.

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 µBq/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 µBq/m^3 on aerosol filters in the surroundings of the Krško NPP are not the result of releases from the Krško NPP but rather the use of solid fuels (firewood, briquettes, pellets) and the 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.

Specific Sr-90 measurements took place only at Dobova (reference location), where the measured activitiy concentrations are low, namely below the limit of the detection (0.2 µBq/m^3) in 2018. The long-term average is 0.7 µBq/m^3. The radionuclide Sr-89 in 2018 was also not detected in atmospheric releases from Krško NPP.

The activity concentration of radioactive iodine, I-131, in the air was below the detection limit in 2018 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 2018 the monthly average activity concentrations of Be-7 and Pb-210 on aerosol filters in the surroundings of the Krško NPP were 3 640 µBq/m^3 and 700 µBq/m^3, respectively, while they were 4 780 µBq/m^3 and 860 µBq/m^3 in Ljubljana. 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 dose equivalent of $H^*(10)$ in the surroundings of the Krško NPP, which was measured using TL-dosimeters, ranges between 0.63 mSv and 1.03 mSv, whereby the average value was (0.83 ± 0.10) mSv per year. The measured values at the Krško NPP perimeter fence were between 0.52 mSv and 0.63 mSv per year, whereby the average value was (0.59 ± 0.04) mSv per year. The measurements using TL-dosimeters around Slovenia yielded an average value of the ambient dose equivalent of (0.86 ± 0.19) mSv per year. Dosemeters in Croatia have in 2018 in terms of precision yielded the similar average value as those in the surroundings of the Krško NPP (0.77 ± 0.10) mSv.

The measurements of $H^*(10)$ using 14 continuous radiation monitors MFM-203 around the Krško NPP in 2018 yielded an average value of (0.82 ± 0.11) mSv per year, which is the same value as it is obtained using TL-dosimeters in the area. The values obtained by MFM ranged from 0.69 mSv to 0.98 mSv.

The average annual ambient dose equivalent of $H^*(10)$ using continuous 60 radiation monitors MFM-203 under control of the SNSA in Slovenia was (0.86 ± 0.02) mSv per year, which is from the statistical point of view (data scattering) the same as the value obtained using TL-dosimeters in Slovenia. The values obtained by MFM-203 for 60 locations ranged from 0.40 mSv to 1.32 mSv.

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. The contribution of Cs-137 to the annual ambient dose equivalent can be estimated at 0.11 mSv, which twice higher than the contribution of Cs-137 to the annual ambient dose equivalent from soil for the location of Gmajnice.

Soil

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 specific activities of Cs-137 in soil range from 0.9 Bq/kg at the depth of 5–10 cm at Kusova Vrbina to 81 Bq/kg at the depth of 10–15 cm in uncultivated soil at Gmajnice in 2018. The specific activities of Cs-137 at all sampling locations are widely scattered. 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). This finding can additionally be substantiated by calculating the shift of the centre of the fallout downward at Kusova Vrbina. Two pronounced rises in terms of the depth of the centre of the fallout can be observed on the long time scale. They are presumably driven by floodings which brought fresh sand deposits. This may be the clue to explain why the transport of the Cs-137 downwards is faster at Kusova Vrbina than at Amerika and Gmajnice. From the data it comes out that the 10-years moving average evens the local inhomogenity of the deposit and the influence of hydrogeological processes at the upper layers of the soil. In all locations there is a noticeable decrease of fallout over the last years, the most pronounced is in Kusova Vrbina. In America in the last 5 years, the decrease of fallout practically stopped, while in Gmajnice the data variation indicate an inhomogenous distribution of the fallout.

The average fallout of Cs-137 (down to the depth of 15 cm) measured in 2018 at Gmajnice, Kusova Vrbina and Amerika was 7.1 kBq/m^2, 0.39 kBq/m^2 and 3.8 kBq/m^2, respectively. These values are comparable (to the extent of data variation) to the fallout down to the depth of 15 cm, which is determined within the scope of monitoring of radioactivity in the environment in Slovenia in 2018 (Ljubljana: 13.2 kBq/m^2, Kobarid: 16.1 kBq/m^2 and Murska Sobota: 3.2 kBq/m^2).

The specific activities of Sr-90 in 2018 are within the range from 0.08 Bq/kg at Kusova Vrbina at the depth of 0–5 cm to 1.6 Bq/kg at the depth of 15–30 cm in uncultivated soil at Gmajnice.

The calculated Sr-90 fallout (down to the depth of 15 cm) values for the soil sampling locations in the surroundings of the Krško NPP that range from less than 0.03 kBq/m^2 at Kusova Vrbina to 0.12 kBq/m^2 at Gmajnice are also comparable with the results obtained elsewhere in Slovenia where they range from 0.03 kBq/m^2 at Murska Sobota to 0.1 kBq/m^2 at Kobarid.

Also the fallouts of other artificial radionuclides (Co-60, Te-127m, and Cs-137) which were detected in atmospheric effluents at the stack were not found in the soil samples.

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

6) Food

The specific activity of C-14 in the surroundings of the Krško NPP was measured in apples, wheat, grass, soya, strawberries, and corn (maize), namely in July and in September. The average specific activity of C-14 in the foodstuffs sampled near the Krško NPP fence perimeter in July was 248 Bq/kg C, in the near vicinity of the Krško NPP 239 Bq/kg C, while it was 233 Bq/kg C at the reference point in Dobova. The highest value of (273 ± 6) Bq/kg C was found in apples. In September the average specific activity of C-14 in vegetation was higher than in samples collected in July, due to the planned releases from the gas decay tanks. The average specific activity of C-14 in the foodstuffs sampled near the Krško NPP fence perimeter in September was 249 Bq/kg C, in the near vicinity of the Krško NPP 244 Bq/kg C, while it was 241 Bq/kg C at the reference point in Dobova. The highest value of (271 ± 7) Bq/kg C was found in apples. There exist the correlation between the locations where the highest values of C-14 were measured and the spots where the air dispersion factors show higher values as well.

The average specific activity of Cs-137 in food from the Krško NPP surroundings in 2018 was up to 0.13 Bq/kg, which is the same as the value obtained for food sampled in Slovenia up to 0.1 Bq/kg. The highest Cs-137 average specific activity of (0.13 ± 0.01) Bq/kg was detected in salad, while the highest specific activity of Cs-137 /kg in food sampled in Slovenia was detected (584 ± 18) Bq/kg in wild boar.

The specific activity of Sr-90 in food in 2018 was up to 0.76 Bq/kg, while in Slovenia it was up to 0.36 Bq/kg. The highest specific activity of Sr-90 around the Krško NPP Krško was found in parsley (0.76 ± 0.14) Bq/kg. In Slovenia apart from the Krško the highest specific activity of Sr-90 was measured in salad, (0.36 ± 0.03) Bq/kg.

The specific activities of naturally occurring radionuclides were determined for food, whereby the values obtained were as follows: from 39 Bq/kg to 311 Bq/kg for K-40, with the highest value found in parsley – (311 ± 15) Bq/kg, up to 3.5 Bq/kg for Pb-210, whereby the highest specific activity was found in green vegetables (3.5 ± 0.4) Bq/kg; up to 1.4 Bq/kg for U-238; up to 0.9 Bq/kg for Ra-226; up to 0.35 Bq/kg for Ra-228; and from zero to 0.14 Bq/kg for Th-228.

DOSE ESTIMATE

Liquid effluents

During normal operation of the Krško 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.

The construction of the Brežice HPP dam 7.2 km downstream from Krško NPP and the emergence of the reservoir influence the exposure pathways and the modes of exposure. The dose estimate which is described and discussed below is based on old assumptions and does not consider new conditions in the environment.

The model calculation, which takes into account liquid effluents, the annual river discharges into the Sava River and other particularities of the reference group (fishermen and their children who do fishing 350 m downstream of the Krško NPP dam, spend a certain amount of time at the riverbank and eat fish from the Sava River), has shown that the highest effective dose for an adult due to the liquid effluents discharged into the Sava River in 2018 in Brežice was 4.0 E-6 mSv per year (while spending time at the riverbank and including the ingestion of fish). At the reference point 350 m downstream from the Krško NPP dam the calculated effective dose for an adult was 8.0 E-6 mSv per year, what is much lower than in previous years, especially because of an order of magnitude smaller liquid releases of C-14.

The highest contribution to the total effective dose due to the liquid releases from the Krško NPP calculated at 350 m downstream from the Krško NPP dam is caused by H-3 (50 %), whereby the dominant exposure pathways is a fish ingestion. Other relevant contributors are Co-60 and Co-58 (for external exposure, 89 % 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 (Tables A1 and A2)

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

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

Table A1: Exposure of the population to radiation (adult person) in the Spodnji Stari Grad locality due to atmospheric releases from the Krško NPP in 2018

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)	4.6E–7 2.6E–13
inhalation	radioactive cloud	H-3, C-14, I-131, I-132, I-133	1.4E–5
ingestion	vegetal food	C-14	0*

* The measurement outcome is smaller than the measurement uncertainty

Table A2: Exposure of the population to radiation (adult person) at the Krško NPP fence due to atmospheric releases from the Krško NPP in 2018

Exposure type	Exposure pathway	Most significant radionuclides	Annual effective dose (mSv)
external	– cloud immersion – groundshine	– noble gases (Ar-41, Xe isotopes) – aerosols (I and Co isotopes, Cs-137)	9.4E–7 2.1E–12
inhalation	radioactive cloud	H-3, C-14, I-131, I-132, I-133	3.0E–5
ingestion	vegetal food	C-14	8.0E–5

Tables A1 and A2 show the evaluation of emissions using a model calculation of dilution factors in the atmosphere for 2018 and for individual groups of radionuclides for the most important exposure pathways for the member of the public (adult person) in Spodnji Stari Grad and at the Krško NPP fence, respectively. It is required by law that the authorized limit 50 µSv at the border of the restricted protective zone (500 m from the reactor axis) and beyond must not be exceeded. It is evident from the data represented in Tables A1 and A2 that the sum of all contributions to the annual comitted effective dose at both locations are negligible (less than 0.22 % of the 50 µSv).

Since 2007, the evaluation of dilution factors for external radiation from the radioactive cloud and inhalation is performed with the Lagrange model (considers the terrain specifics in the surroundings of the Krško NPP and a larger number of meteorological variables). Up to 2010, the contribution of radiation from fallout was estimated using the Gaussian model taking into account the ground release, while after 2011 the Lagrange model is also being used for the same purpose [3]. The estimate for air immersion in 2018 is comparable with previous 4 years.

The measurements of C-14 in 2018 were carried out on samples of apples, wheat, grass, soya, strawberries, and corn (maize) at the Ruđer Bošković Institute in Zagreb in July and in September. The estimated increment of annual effective dose caused by ingestion of C-14 in the vicinity of the Krško NPP (distances up to 1 km from the reactor axis) was 0.08 µSv with regards to the reference point in Dobova, where natural specific activity of C-14 was detected.

In the calculation of the effective dose received by the C-14 in the Krško NPP surroundings, we conservatively assumed that residents consume food at the fence perimeter two months per year, while in

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

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

Natural radiation (Table B)

Measurements of the external exposure in the surroundings of the Krško NPP in 2018 confirmed the findings from the past, that we are dealing with a typical natural environment present elsewhere in Slovenia and the world. The annual ambient dose equivalent of $H^*(10)$ due to gamma radiation and the ionizing component of cosmic radiation in the vicinity of the Krško NPP amounted on average to 0.83 mSv per year in the open air. 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 0.11 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 0.94 mSv per year in 2018. The corresponding annual effective dose E (using conversion factors from the publication entitled Radiation Protection 106, EC, 1999) is 0.79 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 2.36 mSv per year, which is slightly lower than the average worldwide value of 2.4 mSv per year.

Table B: Effective doses from natural sources of radiation in the surroundings of the Krško NPP in 2018

Source	**Annual effective dose (mSv)**
– gamma radiation and the directly ionizing component of cosmic radiation[#] – neutron component of cosmic radiation [56]	0.70 0.09
Ingestion (K, U, Th) ([56], effective dose)	0.27
Inhalation (short-lived daugthers of Rn-222, effective dose)[##]	1.3
Total	**2.36**

Note: [#] Estimate of the effective dose of external radiation from the ambient dose equivalent 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).

Comparison with previous years (Table C)

In Table C the individual contributions to annual effective dose for adult at the fence perimeter due the releases from the Krško NPP in 2018. If the values of atmospheric and liquid emissions are added, one can find that the influence of the Krško NPP via atmospheric and liquid discharges on the population are well below the authorized limit. However, we must emphasise that contributions are related to different population groups and the sum is therefore only a rough estimate of the annual effective dose.

The sum of the of estimated annual effective doses for adult person at the fence perimeter had decreased from 2005 to 2011. In 2012 it was slightly higher because of the releases prior to and after the refuelling outage and because of the effect on the food chain during the vegetation period (C-14), but nevertheless they were by two orders of magnitude below the authorised limit. Also in the years 2013–2014 an increase of the sum can be observed, which can solely be attributed to the contribution of C-14 in liquid discharges (not considered in previous years). In 2016 the methodology for calculating the C-14 content in fish due to the Krško NPP liquid releases was modified, therefore the C-14 contribution to the total effective dose is lower than in 2013 and 2014. Consequently, the sum of the of estimated annual effective doses for adult person at the fence perimeter in 2016 is comparable with the values obtained for 2007–2009. In 2018 the sum of the of estimated annual effective doses for adult person at the fence perimeter is comparable with the estimate in 2017. When comparing contributions by individual years, it must be taken into account that, since 2007, the Lagrange model has been used for the calculation of the immersion dose and inhalation dose. The Lagrange model typically yields lower dose values. Also, until 2006, the contribution of the C-14 ingestion dose (from atmospheric releases) was estimated based on the releases and data from similar nuclear power plants.

Chernobyl contamination, nuclear weapons tests and the Fukushima accident

In 2018, 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 2018.

The contribution of Cs-137 to the external radiation was estimated to be between below 0.023 mSv per year, which is less than 4 % of the average annual external natural radiation dose in the vicinity of the Krško NPP. The values are comparable to previous estimates.

The committed effective dose to an adult due to the inhalation of radionuclides resulting from global contamination is estimated to be 0.46 nSv per year.

Traces of Cs-137 and Sr-90 resulting from nuclear tests and the Chernobyl accident were measured in individual food categories. The effective dose due to ingestion of such food was estimated at 0.1 μSv per year for Cs-137 and at 1.4 μSv per year for Sr-90 in 2018, which amounts in total to some 1.1 % 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.

In 2018, Ru-106 was detected in precipitations at all sampling locations in February. The reason for this is the supposed the resuspension of particles from the ground. The contribution of Ru-106 to the total ingestion dose is lower than those for the H-3 and Chernobyl isotopes Sr-90 and Cs-137.

The highest contribution to the dose estimate due to the ingestion is attributed to the C-14, which originates from the nuclear tests in the past.

Table C: Summary of the annual exposure of the population in the surroundings of the Krško NPP in 2018

Source	Exposure pathway	Annual effective dose (mSv)
Natural radiation	- gamma radiation and the directly ionizing component of cosmic radiation - neutron component of cosmic radiation	0.70** 0.09
	ingestion (K, U, Th)	0.27
	inhalation (Rn-222 short-lived daughters)	1.30
	Total	**2.36**
Krško NPP - direct radiation at the fence of the Krško NPP	direct irradiation from the Krško NPP buildings	indeterminable
Krško NPP atmospheric releases* (at the fence of the Krško NPP)	- external dose (air immersion) - groundshine (I and Co isotopes, Cs-137) - inhalation (H-3, C-14) - ingestion (C-14)	9.4E–7 2.1E–12 3.0E–5 8.0E–5
Krško NPP Liquid effluent (Sava)*	- reference group 350 m downstream from the Krško NPP dam - adult in Brežice	8.0 E–6 4.0 E–6
Chernobyl accident, nuclear-weapons tests	- external dose** - ingestion of vegetable and animal food (without C-14) - ingestion of vegetable food (C-14) - ingestion of fish	< 0.023*** 1.5E–3 1.5E–2 7.5E–4

* 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 dose equivalent 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. The estimate is conservative.

CONCLUSIONS

The summary of the results for the exposure of the population in the surroundings of the Krško NPP for 2018 is presented in Table C, where the contributions of natural radiation, the effects of the Krško NPP (at the fence for atmospheric discharges and at 350 m downstream for liquid discharges), the effects of the Chernobyl contamination and nuclear weapons tests are listed.

- **in 2018, the radiation effects of the Krško NPP on the population in the immediate surroundings, determined at the fence for atmospheric discharges and at 350 m downstream for liquid discharges, were estimated at less than 0.12 µSv per year;**
- the estimated value is small compared to the two authorized dose limits for the population in the surroundings of the Krško NPP (effective dose of 50 µSv per year at a distance of 500 m (Krško NPP fence) 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 0.0051 % of the characteristic unavoidable background radiation.**

NEODVISNI NADZOR POOBLAŠČENIH IZVAJALCEV

POVZETEK

Opravljena je bila primerjava rezultatov meritev iz programa neodvisnega nadzora obratovalnega nadzora med laboratoriji NEK, IJS in ZVD za leto 2018 za izbrane emisijske vzorce tekočinskih izpustov iz odpadnih merilnih rezervoarjev WMT in plinastih izpustov iz dimnika izza RM-24 ter za imisijske vzorce iz okolja – meritve enkratnih vzorcev savske vode in sedimentov na lokacijah Krško in Brežice. Poleg tega je bila opravljena statistična primerjava vseh rezultatov imisijskih meritev v obdobju 2010–2018. Glede na kompleksnost postopkov vzorčevanja, priprave vzorcev in meritev lahko ocenimo, da so ujemanja med sodelujočimi laboratoriji zadovoljiva, saj gre pri tej primerjavi za obravnavo različnih okoljskih vzorcev, ki so bili sicer odvzeti na istem mestu ob istem času, vendar po različnih postopkih vzorčenja, priprave vzorcev in meritev. Za izboljšanje kakovosti primerjav tudi letos predlagamo, da bi v okviru neodvisnega merilnega nadzora obe sodelujoči instituciji (IJS in ZVD) izmerili tudi specifične aktivnosti istih vzorcev sedimenta in savske vode, saj lahko le tako ocenimo vpliv vzorčenja na končni rezultat. Na podlagi rezultatov meritev plinastih izpustov iz dimnika izza RM-24 predlagamo, da bi v bodoče ukinili primerjavo teh meritev in da bi namesto tega sočasno sodelovali obe neodvisni inštituciji – IJS in ZVD – pri neodvisnem nadzoru meritev vsebnosti umetnih radionuklidov v vzorcih WMT, ki vsebujejo merljive vsebnosti umetnih radionuklidov. Ker so letošnji sklepi enaki kot v predhodni letih, lahko sklenemo, da dosedanja ovrednotenja neodvisnega nadzora pooblaščenih izvajalcev niso sprožila izboljšav in korektivnih ukrepov ne pri upravnih organih ne pri pooblaščenih izvajalcih. Zato predlagamo, da na podlagi teh sklepov URSJV kritično pregleda in posodobi program meritev v okviru neodvisnega nadzora pooblaščenih izvajalcev na način, da bi z njim pridobili dodatne informacije za izboljšanje primerjave rezultatov.

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 76/17, ZVISJV-1) [7] in *Pravilnikom o monitoringu radioaktivnosti (JV10)* (Ur. l. RS 27/18) [8] se izvaja neodvisni nadzor meritev obratovalnega nadzora NE Krško, ki ga razpiše in vodi upravni organ (URSJV). Neodvisnost preverjanja je zagotovljena s tem, da izvajalec, ki izvaja meritve v sklopu obratovalnega nadzora, ne more izvajati enakih meritev v okviru neodvisnega nadzora. Skladno z zakonodajo lahko meritve iz programa obratovalnega nadzora in meritve neodvisnega nadzora izvajajo le pooblaščeni laboratoriji. Projektna naloga *Neodvisni nadzor obratovalnega monitoringa NE Krško za leto 2018* obsega tri sklope. Sklopa 1 in 2 obravnavata meritve emisij, medtem ko sklop 3 obravnava primerjavo vzorčevanja in meritev vzorcev iz okolja (imisijske meritve). V tabelah 1–3 je prikazan program meritev v vseh treh sklopih.

V letu 2018 sta pri neodvisnem nadzoru emisij NEK – tekočinskih izpustov iz odpadnih merilnih rezervoarjev (WMT), sodelovala laboratorija NEK kot izvajalca obratovalnega nadzora in ZVD kot izvajalec neodvisnega nadzora. IJS in ZVD se kot izvajalec neodvisnega nadzora izmenjujeta na letnem nivoju. Meritve vsebnosti tritija v vzorcih iz programa neodvisnega nadzora je izvedel IJS, Odsek O-2. V skladu s pogodbo in pripadajočo projektno nalogo mora odvzem vzorcev za redne meritve NEK in neodvisni nadzor potekati istočasno pod nadzorstvom predstavnika URSJV v vnaprej dogovorjenih terminih, vzorčevalec ZVD tedaj prevzame vzorce v NEK. Vsi izvajalci (ZVD, IJS in NEK) nato opravijo meritve prevzetih vzorcev po svojih postopkih.

Pri neodvisnem nadzoru emisij – plinastih izpustov NEK iz glavnega izpuha RM-24, sta v letu 2018 sodelovala laboratorija IJS kot izvajalec obratovalnega nadzora in ZVD kot izvajalec neodvisnega nadzora. Pri rednem obratovalnem nadzoru NEK mesečno pošilja filtre izvajalcu meritev (IJS). V mesecih, ko se izvaja neodvisni nadzor, pa NEK pošlje filtre najprej na ZVD. Ko na ZVD opravijo meritve, pošljejo filtre na IJS. V tem primeru so meritve opravljene zaporedoma na istih vzorcih. Primerjava meritev aktivnosti alfa v zračnih filtrih v tem poročilu ni obravnavana.

Pri neodvisnem nadzoru imisij (okoljskih vzorcev) se 2-krat letno istočasno vzorčita sediment in savska voda iz rednega nadzora radioaktivnosti na dveh lokacijah v okolici NEK (Krško in Brežice). Vzorčevalca ZVD (izvajalec obratovalnega nadzora) in IJS (izvajalec neodvisnega nadzora) vzorčita vsak po svojih postopkih na teh lokacijah sočasno, vzorčenje pa nadzira predstavnik URSJV. Oba izvajalca nato pripravita vzorce in opravita meritve po svojih postopkih. Pri vzorcih rek in sedimentov smo primerjali rezultate meritev z visokoločljivostno spektrometrijo gama, ki so bile opravljene na IJS (Odsek F-2) in ZVD, poleg tega smo pri vzorcih savske vode primerjali tudi rezultate meritev tritija, ki sta jih opravila pooblaščena laboratorija na Odseku F-2 in O-2 na IJS. Meritve tritija z Odseka F-2 spadajo v okvir obratovalnega nadzora, zato so v tabelah poročane pri rezultatih ZVD, meritve tritija z Odseka O-2 pa so del neodvisnega nadzora in zato so ti rezultati poročani pri rezultatih meritev IJS. Za vzorce rek in sedimentov je ZVD v okviru rednega radiološkega nadzora v okolici NEK opravil tudi analize stroncija Sr-90, kar pa se pri neodvisnem nadzoru ne preverja.

Tabela 1: Program nadzora emisij – tekočinski izpusti (sklop 1) za leto 2018

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

Tabela 2: Program nadzora emisij – plinasti izpusti (sklop 2) za leto 2018

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

Tabela 3: Program nadzora imisij (sklop 3) za leto 2018

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	

OKOLJSKI VZORCI SAVSKE VODE IN SEDIMENTOV

Značilnosti vzorčenja imisijskih vzorcev in meritev

IJS opravlja vzorčenje enkratnih sedimentov v skladu s postopkom *Vzorčevanje sedimentov in rib (LMR-DN-03)*. Da se zagotovi dovolj suhega sedimenta za nadaljnjo visokoločljivostno spektrometrijo gama, se z lopatico z muljastega dna na globini od 10–50 cm odvzame vsaj 1 kg vzorca sedimentov.

Vzorčenje enkratnih vzorcev nefiltrirane rečne vode poteka ob primernem vodostaju reke Save po postopku *Zbiranje vzorcev pitnih, površinskih in podtalnih vod (LMR-DN-05)*. Z vedrom se odvzame okoli 50 L vzorca nefiltrirane rečne vode, po možnosti iz dobro premešanega turbulentnega toka. Rečno vodo se izlije v sod skozi kovinski lij z mrežico, ki zadrži razne vejice, alge, liste in podobno, kar bi lahko kasneje motilo pripravo vzorcev. Vodna sušina za analize sevalcev gama se pripravi po postopku *Priprava sušine vzorcev vod (LMR-DN-06)*.

Za določitev aktivnosti sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama se vzorce pripravi po postopku *Priprava vzorcev za visokoločljivostno spektrometrijo gama (LMR-DN-08)*, meritve pa se izvede skladno s postopkom *Visokoločljivostna spektrometrija gama v laboratoriju (LMR-DN-10)*. Koncentracijo aktivnosti tritija se na *Odseku O-2* določi s tekočinskoscintilacijskim števcem po elektrolitski obogatitvi po postopku *Določanje tritija s tekočinskim scintilacijskim štetjem (SDN-O2-STC(02)),* na *Odseku F-2* pa po postopkih *Vzorčenje in priprava vzorcev za določitev tritija (LSC-DN-06)* in *Analiza in izračun vsebnosti tritija H-3 (LSC-DN-07).*

ZVD izvaja vzorčenje po internem delovnem postopku *DP-LMSAR-02*, pripravo vzorcev pa po postopku *DP-LMSAR-03*. Vzorce tekočih voda se zbira na dogovorjenih lokacijah v globini do največ 1 m v dve posodi PVC s skupnim volumnom 50 L. Posode so ustrezno označene z vodoodpornim pisalom, da ne pride do zamenjave vzorcev.

Vzorce sedimentov v tekočih in stoječih vodah se vzorči z enkratnim odvzemom na lokaciji, in sicer na eni do šestih točk do globine 20 cm ali več. Za odvzem sedimenta se uporabljajo cevi s premerom 5 cm, ki se jih zarije v sediment do želene globine in izvleče. Vzorec se nato strese v plastične posodice ali vrečke. Posode ali plastične vrečke so ustrezno označene z vodoodpornim pisalom, da ne pride do zamenjave vzorcev.

Vzorce vod se izpari, da se dobi koncentrat aktivnosti. Izpareva se pri približno 65 °C v napravi za vakuumsko izparevanje tako dolgo, da izpari vsa tekočina ali do želenega volumna. Nato se sušino izpere z destilirano vodo in prenese v planšeto ali plastično posodico. Dokončno sušenje v planšeti ali plastični posodici poteka pri sobni temperaturi ali pri infrardeči lučki.

Sveži sediment se najprej stehta, posuši ter prežari na največ 450 °C, nato se ročno zdrobi grude in razprostre na primerne pladnje ter dokončno posuši v sušilniku do 250 °C. Nato vzorec stehtamo in po potrebi zdrobimo v krogličnem mlinu ter presejemo skozi sito (2 mm).

Za določanje specifičnih aktivnosti radionuklidov uporabljamo metodo visokoločljivostne spektrometrije gama po postopku *DP-LMSAR-09.*

REZULTATI MERITEV S ČASOVNIMI USMERITVAMI

Primerjava rezultatov meritev za leto 2018

Rezultate ($y + u(y)$) rednih meritev izvajalcev obratovalnega nadzora in meritev neodvisnega nadzora smo med seboj primerjali z ζ-preskusom, ki je definiran kot:

$$\zeta\text{-preskus} = \frac{y_{\mathrm{LAB}_1} - y_{\mathrm{LAB}_2}}{\sqrt{u(y)^2_{\mathrm{LAB}_1} + u(y)^2_{\mathrm{LAB}_1}}}$$

kjer sta LAB_1 okrajšava za prvi laboratorij in LAB_2 za drugi laboratorij, ki sodelujeta v primerjavi. Prednost ζ-preskusa je, da se v medsebojni primerjavi poleg rezultatov posameznih laboratorijev upoštevajo tudi pripadajoče merilne negotovosti s faktorjem pokritja k = 1. Prednost ζ-preskusa pred u-preskusom (u-preskus = |ζ-preskus|) je, da prikaže tudi sistematska odmikanja. Rezultate smo primerjali med seboj za vsak radionuklid 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, ζ-preskusa nismo naredili. Pri ovrednotenju rezultatov smo uporabili merila, definirana v standardu *ISO/IEC 17043:2010 Conformity assessment – General requirements for proficiency testing.* Rezultati so med seboj primerljivi, če je ζ-preskus $|\zeta| \leq 2$.

V tabelah od 4 do 9 so prikazani rezultati neodvisnih meritev izvajalcev obratovalnega nadzora in rednih meritev ter njihove medsebojne primerjave. S krepkim tiskom na sivi podlagi so označene vse vrednosti ζ-preskusov, ki so po absolutni vrednosti večje od 2.

V tabeli 4 so podane primerjave med rezultati meritev vod iz odpadnih merilnih rezervoarjev WMT (sklop 1). Poročani in primerjani so bili le rezultati za umetne radionuklide. Ker NEK pri rednih meritvah poroča o svojih rezultatih s 95-odstotno zanesljivostjo (faktor pokritja k = 2), so bile vse negotovosti v tabeli 4 preračunane na 68-odstotno zanesljivost (faktor pokritja k = 1). V skladu s priporočili EURATOM-a (2004/2/Euratom) poroča NEK za posamezne ključne neizmerjene radionuklide o aktivnostih, izračunanih na podlagi ene četrtine meje detekcije (MDA). Te aktivnosti so v primerjalnih tabelah obarvane modro ter jih nismo primerjali z rezultati ZVD. Oba laboratorija (NEK in ZVD) sta v teh 4 vzorcih nad mejo kvantifikacije za sevalce gama poročala le o treh radionuklidih v junijskem vzorcu (Co-58, Co-60 in Ag-110m). Rezultata za Co-57 in Ag-110m sta primerljiva, medtem ko je rezultat za Co-60, ki ga je poročal NEK, za okoli 40 % višji od rezultata ZVD z ζ-preskusom –2,7.

Na drugi strani je ZVD v teh štirih vzorcih pri svojih meritvah nad mejo kvantifikacije poročal tudi o Mn-54 in Cs-137 v junijskem vzorcu, o Co-58, Co-60, Ag-110m, Sb-125 in Cs-137 v septembrskem vzorcu ter o Co-60 in Cs-137 v decembrskem vzorcu. Vsi ti rezultati so nižji od poročanih aktivnostih v juniju 2018. Različno velik nabor poročanih radionuklidov nad mejo kvantifikacije med ZVD in NEK lahko pojasnimo z različnim obsegom akreditacije NEK in ZVD. Zaradi zahtev, definiranih v dokumentu NEK-RETS, Rev. 10, 2018, je NEK akreditiran za meritve koncentracij aktivnosti s spektrometrijo gama večjih od 1,9E+4 Bq/m^3 in za meritve vsebnosti tritija pri koncentracijah, večjih od 3,70E+05 Bq/m^3, kar je tudi razvidno iz priloge k akreditacijski listini NEK št. LP-091 z dne 16. 8. 2017 (http://www.slo-akreditacija.si/acreditation/nuklearna-elektrarna-krsko-d-o-o/). Vsi izmerjeni radionuklidi s spektrometrijo gama imajo nižje koncentracije aktivnosti od 1,9E+4 Bq/m^3

Tritij je bil določen v vseh 4 vzorcih pri obeh sodelujočih laboratorijih. Primerjava med rezultati NEK in IJS, Odsek O-2, potrjuje dobro ujemanje pri vseh štirih vzorcih. Tu je treba poudariti, da so izmerjene koncentracije aktivnosti tritija zelo visoke v primerjavi z aktivnostmi v okoljskih vzorcih.
V tabeli 5 so podane primerjave rezultatov meritev vsebnosti radionuklidov v aerosolnih filtrih iz glavnega izpuha RM-24 (sklop 2). Ravno tako so bili poročani le umetni radionuklidi, negotovosti v tabeli pa so podane z 68-odstotno zanesljivostjo (faktor pokritja k = 1). V izbranih vzorcih noben laboratorij ni poročal o umetnih radionuklidih nad mejo kvantifikacije oziroma za odločitev: IJS je v mesecih, ko je potekal neodvisni nadzor, poročal le o Te-127m nad mejo za odločitev, ZVD pa je v vseh vzorcih poročal le o mejah detekcije za Co-58, Co-60, Cs-134 in Cs-137. Zaradi tega pri meritvah vsebnosti radionuklidov v aerosolnih filtrih ne moremo primerjati nobenega rezultata.

Tabela 4: Primerjava rezultatov emisijskih meritev tekočinskih izpustov iz WMT *

Vzorč. mesto	WMT											
Pooblaščena organizacija	ZVD (gama spektrometrija), Odsek O-2 (H-3)				NEK				ζ-preskus			
Datum vzor.	15. 3. 2018	14. 6. 2018	18. 9. 2018	11. 12. 2018	15. 3. 2018	14. 6. 2018	18. 9. 2018	11. 12. 2018				
Kol. vzorca (L)	0,20	0,20	0,20	0,20	1,0	1,0	1,0	1,0	Prvi vzorec	Drugi vzorec	Tretji vzorec	Četrti vzorec
Koda vzorca	RV0580318	RV1830618	RV3460918	RV4581218	15.03.2018 WMT#2	14.06.2018 WMT#2	18.09.2018 WMT#2	11.12.2018 WMT#1				
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)											
Na-22												
Cr-51												
Mn-54		4,9E+2 ± 7E+1										
Fe-59												
Co-57		< 3,0E+2										
Co-58	< 3,7E+2	4,0E+3 ± 3E+2	6,9E+2 ± 8E+1		6,1E+2	3,6E+3 ± 3,8E+2	4,8E+02	7,3E+02		0,70		
Co-60	< 4,1E+2	4,5E+3 ± 2E+2	2,2E+3 ± 1E+2	1,2E+3 ± 9E+1	7,6E+2	6,4E+3 ± 6,6E+2	8,9E+02	9,2E+02		**-2,73**		
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		3,8E+3 ± 2E+2	2,7E+2 ± 5E+1		9,3E+2	3,5E+3 ± 3,6E+2	4,2E+02	7,4E+02		0,82		
Sn-117m												
Sb-124												
Sb-125			1,6E+3 ± 2E+2		1,8E+2							
Te-123m												
Te-125m												
Te-127m												
Te-129m												
Te-132												
I-131												
I-133												
Cs-134	< 4,6E+2	< 5,6E+2										
Cs-137	< 4,2E+2	5,2E+2 ± 7E+1	1,6E+2 ± 4E+1	3,6E+2 ± 1E+2	1,0E+3	9,2E+2	4,4E+02	8,3E+02				
Ba-140												
La-140												
Ce-141												
Ce-144												
Fe-55												
H-3	1,4E+10 ± 2E+8	5,1E+09 ± 5E+07	2,9E+09 ± 3E+07	2,8E+05 ± 6E+03	1,5E+10 ± 1,8E+9	5,1E+9 ± 6,4E+8	3,2E+9 ± 4,0E+8	2,9E+05 ± 3,9E+4	-0,51	-0,13	-0,65	-0,04

* Vse negotovosti so podane s faktorjem pokritja $k = 1$ (interval z 68-odstotno zanesljivostjo). Z modro barvo so označeni tisti rezultati, ki jih je NEK izračunal na podlagi ¼ MDA. S krepkim tiskom na sivi podlagi so označeni ζ-preskusi, večji po absolutni vrednosti od 2.

Tabela 5: Primerjava rezultatov emisijskih meritev plinastih izpustov iz dimnika RM-24 **

Vzorč. mesto	RM-24											
Pooblaščena organizacija	IJS				ZVD				ζ-preskus			
Datum vzor.	30.1.2018 - 27.2.2018	1.5.2018 - 29.5.2018	31.7.2018 - 28.8.2018	30.10.2018 - 27.11.2018	30.1.2018 - 27.2.2018	1.5.2018 - 29.5.2018	31.7.2018 - 28.8.2018	30.10.2018 - 27.11.2018				
Kol. vzorca (m^3)	1543	1660	1688	1708	1543	1660	1725	1808	Prvi vzorec	Drugi vzorec	Tretji vzorec	Četrti vzorec
Koda vzorca	K18AERM2421	K18AERM2441	K18AERM2471	K18AERM24B1	RV0520318	RM1820618	RV3490918	RV4591218				
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m^3)											
Na-22												
Cr-51												
Mn-54												
Fe-59												
Co-57												
Co-58					< 3E-05	< 1,5E-05	< 3E-05	< 4,2E-5				
Co-60					< 2,9E-5	< 1,6E-05	< 3E-05	< 3,9E-5				
Zn-65												
Sr-85												
Y-88												
Y-92												
Zr,Nb-95												
Zr-95												
Nb-95												
Nb-97												
Mo-99												
Tc-99m												
Ru-103												
Ru-106												
Ag-110m												
Sn-113												
Sn-117m												
Sb-124												
Sb-125												
Te-123m												
Te-125m												
Te-127m			* 1,7E-05 ± 2E-05									
Te-129m												
Te-132												
I-131												
I-133												
Cs-134					< 3E-05	< 1,7E-05	< 3E-05	< 3,4E-5				
Cs-137					< 3E-05	< 7,0E-05	< 3E-05	< 3,4E-5				
Ba-140												
La-140												
Ce-141												
Ce-144												
Fe-55												

* Merski rezultat je manjši od meje kvantifikacije (MK), zato poročamo rezultat kot MO/2 ± MO/2, kjer je MO meja za odločitev (decision threshold).

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

Tabela 6: Primerjava rezultatov meritev za reko Savo v Krškem *

Vzorč. mesto	Krško					
Pooblaščena organizacija	IJS		ZVD		Prvi vzorec	Drugi vzorec
Datum vzorčevanja	11. 6. 2018	12. 9. 2018	11. 6. 2018	12. 9. 2018	11. 6. 2018	12. 9. 2018
Kol. vzorca (L)	51,63	53,27	45,00	44,60		
Koda vzorca	KI18SN161	KI18SN191	RSKKK218	RSKKK318	ζ-preskus	ζ-preskus
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)					
U-238	2,7E+00 ± 8E-01	4,8E+00 ± 2E+00	1,5E+00 ± 1E+00	3,2E+00 ± 2E+00	0,94	0,53
Ra-226	2,2E+00 ± 3E-01	2,3E+00 ± 6E-01	1,4E+00 ± 2E-01	6,1E-01 ± 2E-01	1,94	**2,91**
Pb-210	4,1E+00 ± 6E-01	8,0E+00 ± 1E+00	1,2E+01 ± 2E+00	4,0E+00 ± 2E+00	**-3,32**	**2,16**
Ra-228	9,6E-01 ± 3E-01	1,5E+00 ± 4E-01	2,0E+00 ± 5E-01	1,3E+00 ± 1E+00	-1,88	0,13
Th-228	5,5E-01 ± 7E-02	7,8E-01 ± 2E-01	1,7E+00 ± 5E-01	8,7E-01 ± 6E-01	**-2,41**	-0,14
Th-230				1,7E+01 ± 8E+00		
K-40	5,1E+01 ± 5E+00	4,9E+01 ± 5E+00	5,0E+01 ± 4E+00	5,3E+01 ± 4E+00	0,12	-0,68
Be-7	6,9E+00 ± 7E-01	1,6E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 2E+00	1,0E+01 ± 1E+00	**-10,60**	**3,06**
I-131	1,1E+01 ± 7E-01	2,6E+00 ± 4E-01	8,6E+00 ± 6E-01	2,6E+00 ± 3E-01	**2,87**	0,00
Cs-134						
Cs-137	‡ 5,7E-02 ± 8E-02		< 2,1E-01	< 3,0E-01		
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
H-3	6,7E+02 ± 9E+01	6,0E+02 ± 8E+01	1,0E+03 ± 1E+02	9,1E+02 ± 1E+02	**-2,46**	**-2,08**
Sr-90	------	------	1,7E+00 ± 2E-01	1,5E+00 ± 3E-01		

* Meritve tritija sta opravila pooblaščena 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.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

S krepkim tiskom na sivi podlagi so označeni ζ-preskusi, večji po absolutni vrednosti od 2.

Tabela 7: Primerjava rezultatov meritev za reko Savo v Brežicah *

Vzorč. mesto	Brežice					
Pooblaščena organizacija	IJS		ZVD		Prvi vzorec	Drugi vzorec
Datum vzorčevanja	11. 6. 2018	12. 9. 2018	11. 6. 2018	12. 9. 2018	11. 6. 2018	12. 9. 2018
Kol. vzorca (L)	49,45	51,11	44,05	43,9		
Koda vzorca	KI18SN361	KI18SN391	RSBRK218	RSBRK318	ζ-preskus	ζ-preskus
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)					
U-238	3,4E+00 ± 2E+00	8,1E+00 ± 3E+00	1,7E+00 ± 2E+00	2,3E+00 ± 8E-01	0,60	**2,01**
Ra-226	6,3E+00 ± 1E+00	1,8E+00 ± 5E-01	1,1E+00 ± 2E-01		**5,25**	
Pb-210	5,6E+00 ± 2E+00	3,3E+00 ± 2E+00	1,1E+01 ± 2E+00	7,7E+00 ± 7E-01	**-2,08**	**-2,05**
Ra-228	1,4E+00 ± 6E-01	7,1E-01 ± 4E-01	2,2E+00 ± 6E-01	2,1E+00 ± 2E-01	-0,97	**-3,16**
Th-228	‡ 5,0E-02 ± 1E-01	‡ 2,3E-01 ± 4E-01				
Th-230						
K-40	3,8E+01 ± 4E+00	4,3E+01 ± 5E+00	4,3E+01 ± 4E+00	4,3E+01 ± 2E+00	-0,85	0,11
Be-7	1,2E+01 ± 2E+00	9,8E+00 ± 1E+00	4,2E+01 ± 2E+00	3,7E+01 ± 1E+00	**-10,83**	**-15,73**
I-131	8,2E+00 ± 7E-01	2,7E+00 ± 3E-01	7,8E+00 ± 4E-01	2,8E+00 ± 2E-01	0,48	-0,21
Cs-134						
Cs-137			< 2,8E-01	< 1,2E-01		
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
H-3	5,4E+02 ± 8E+01	7,9E+02 ± 9E+01	8,4E+02 ± 7E+01	8,5E+02 ± 1E+02	**-2,78**	-0,41
Sr-90	------	------	1,9E+00 ± 2E-01	2,0E+00 ± 4E-01		

* Meritve tritija sta opravila pooblaščena 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.

(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

S krepkim tiskom na sivi podlagi so označeni ζ-preskusi, večji po absolutni vrednosti od 2.

Tabela 8: Primerjava rezultatov meritev za rečni sediment v Krškem

Vzorč. mesto	Krško					
Pooblaščena organizacija	IJS		ZVD		Prvi vzorec	Drugi vzorec
Datum vzorčevanja	11. 6. 2018	12. 9. 2018	11. 6. 2018	12. 9. 2018	11. 6. 2018	12. 9. 2018
Kol. vzorca (kg)	0,39	0,40	0,060	0,060		
Koda vzorca	KI18SD161	KI18SD191	SDKKRK218	SDKKK318	ζ-preskus	ζ-preskus
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)					
U-238	2,5E+01 ± 3E+00	2,8E+01 ± 3E+00	3,1E+1 ± 4E+00	3,4E+1 ± 3E+00	-1,21	-1,45
Ra-226	4,2E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 4E+00	3,2E+1 ± 9E-01	3,4E+1 ± 9E-01	**2,52**	1,97
Pb-210	7,7E+01 ± 4E+00	8,7E+01 ± 7E+00	9,4E+1 ± 9E+00	1,0E+2 ± 1E+01	-1,63	-1,16
Ra-228	3,2E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 1E+00	3,6E+1 ± 2E+00	3,6E+1 ± 2E+00	**-2,47**	**-2,13**
Th-228	3,0E+01 ± 1E+00	2,7E+01 ± 2E+00	3,3E+1 ± 2E+00	3,5E+1 ± 2E+00	-1,42	**-2,94**
Th-230	3,5E+01 ± 8E+00	5,7E+01 ± 1E+01				
K-40	3,9E+02 ± 4E+01	4,1E+02 ± 4E+01	4,2E+2 ± 2E+01	4,5E+2 ± 3E+01	-0,62	-0,82
Be-7	6,1E+00 ± 6E-01	1,5E+01 ± 1E+00		1,9E+1 ± 3E+00		-1,39
I-131						
Cs-134						
Cs-137	5,9E+00 ± 4E-01	6,1E+00 ± 4E-01	7,1E+0 ± 5E-01	7,0E+0 ± 5E-01	-2,00	-1,36
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
Sr-90	------	------	< 6,3E-2	2,4E-1 ± 1E-01		

S krepkim tiskom na sivi podlagi so označeni ζ-preskusi, večji po absolutni vrednosti od 2.

Tabela 9: Primerjava rezultatov meritev za rečni sediment v Brežicah

Vzorč. mesto	Brežice					
Pooblaščena organizacija	IJS		ZVD		Prvi vzorec	Drugi vzorec
Datum vzorčevanja	11. 6. 2018	12. 9. 2018	11. 6. 2018	12. 9. 2018	11. 6. 2018	12. 9. 2018
Kol. vzorca (kg)	0,21	0,17	0,051	0,061		
Koda vzorca	KI18SD361	KI18SD191	SDBRK218	SDBRK318	ζ-preskus	ζ-preskus
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)					
U-238	2,6E+01 ± 2E+00	2,2E+01 ± 3E+00	5,0E+1 ± 2E+00	2,2E+1 ± 6E+00	**-7,96**	0,00
Ra-226	3,5E+01 ± 3E+00	2,9E+01 ± 3E+00	3,6E+1 ± 7E-01	2,7E+1 ± 7E-01	-0,15	0,79
Pb-210	1,2E+02 ± 7E+00	1,1E+02 ± 5E+00	1,1E+2 ± 9E+00	8,5E+1 ± 8E+00	0,61	2,75
Ra-228	2,9E+01 ± 1E+00	2,4E+01 ± 7E-01	3,3E+1 ± 1E+00	2,4E+1 ± 1E+00	**-2,75**	-0,29
Th-228	2,8E+01 ± 1E+00	2,3E+01 ± 6E-01	3,0E+1 ± 1E+00	2,4E+1 ± 1E+00	-0,76	-0,41
Th-230	5,3E+01 ± 1E+01					
K-40	3,9E+02 ± 4E+01	3,1E+02 ± 3E+01	3,9E+2 ± 2E+01	2,9E+2 ± 2E+01	-0,12	0,63
Be-7	2,2E+02 ± 1E+01	1,6E+02 ± 6E+00	1,2E+2 ± 5E+00	8,2E+1 ± 4E+00	**6,43**	**10,83**
I-131	7,7E-01 ± 1E-01					
Cs-134						
Cs-137	7,9E+00 ± 6E-01	6,4E+00 ± 3E-01	7,4E+0 ± 4E-01	4,8E+0 ± 4E-01	0,70	**3,38**
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
Sr-90	------	------	4,8E-1 ± 2E-01	< 1,2E-1		

S krepkim tiskom na sivi podlagi so označeni ζ-preskusi, večji po absolutni vrednosti od 2.

V mesečnih poročilih o radioaktivnih emisijah in dozi, ki jih pripravlja NEK na podlagi rednih nadzornih meritev emisij v NEK [5], v vseh 4 mesecih (februar, maj, avgust in december) poroča NEK le o izotopih žlahtnega plina ksenona in o jodovih radionuklidih I-131 in I-133, aktivnosti vseh ostalih radionuklidov v aerosolih pa so bile pod njihovo detekcijsko mejo.

V tabelah 6 in 7 so prikazani rezultati meritev IJS in ZVD za vzorce vod iz reke Save v Krškem in Brežicah (sklop 3). Tu lahko med seboj primerjamo 33 rezultatov, od teh se nad mejo sprejemljivosti razlikuje 17 rezultatov. V letu 2018 je primerjava rezultatov med IJS in ZVD slabša kot v letu 2017, ko se je nad mejo sprejemljivosti razlikovalo 11 rezultatov od 32. Še vedno so največje razlike pri Be-7, kjer ZVD tako kot v predhodnih letih od 2012 do 2017 sistematsko poroča o bistveno višjih koncentracijah aktivnosti kot IJS. V letu 2018 so razlike bistveno manjše kot v letu 2017. Tokrat je največja razlika v septembrskem vzorcu, vzorčenem v Brežicah (faktor 3,8), v letu 2017 pa je bila največja razlika v septembrskem vzorcu iz Krškega, in sicer za faktor 18. To je lahko posledica samega načina vzorčevanja, priprave vzorcev (morebiten zajem Be-7 iz zraka pri pripravi sušin) ali merske procedure. Čeprav so rezultati v letu 2018 bolj primerljivi, so razlike še vedno prevelike in sistematske, zato je treba posvetiti dodatno pozornost določanju koncentracije aktivnosti za Be-7 ter poiskati vzroke za razlike pri Be-7. Pri drugih radionuklidih so razlike bistveno manjše, poleg tega so izmerjene koncentracije aktivnosti nižje in v bližini mej kvantifikacije. Ker se nekatere črte žarkov gama naravnih radionuklidov prekrivajo med seboj in s črtami umetnih radionuklidov, je luščenje spektralnih črt pomemben korak pri določitvi aktivnosti radionuklidov, ki dodatno vpliva na končni rezultat, zato je primerjava poročanih rezultatov za naravne radionuklide ravno tako zelo pomembna.

Nasprotno od prejšnjih let so tokrat prevelike in sistematske razlike pri rezultatih za tritij v savski vodi, pri čemer Odsek O-2 sistematsko poroča o nižjih vrednostih, Odsek F-2 pa o višjih. Pri treh vzorcih od štirih so bile koncentracije aktivnosti do 50 % višje z ζ-preskusom med –2,08 in –2,78. Obema laboratorijema svetujemo, da preverita svoje rezultate in poiščeta vzroke za razlike.

V tabelah 8 in 9 so zbrani rezultati in primerjave meritev sevalcev gama v vzorcih sedimentov, vzorčevanih v Krškem in Brežicah. Na obeh lokacijah je bilo med seboj primerjanih 31 rezultatov, od katerih je 9 rezultatov imelo ζ-preskus po absolutni vrednosti večji od 2. V letu 2018 so rezultati meritev specifičnih aktivnosti radionuklidov v savskih sedimentih bistveno bolj primerljivi kot v predhodnih letih (leta 2017 je imelo ζ-preskus po absolutni vrednosti večji od 2 12 rezultatov od 32, leta 2016 15 rezultatov od 31 in leta 2015 15 rezultatov od 32). Pri vzorcih sedimentov v Krškem so nasprotno od savske vode specifične aktivnosti Be-7 med seboj primerljive, pri vzorcih iz Brežic pa so rezultati ZVD za približno faktor 2 nižji kot pri IJS.

Nabori poročanih radionuklidov pri obeh izvajalcih so v vseh vzorcih rečnih vod in sedimentov podobni.

Primerjava rezultatov meritev – časovne usmeritve

Pooblaščeni laboratoriji redno in v primernem obsegu sodelujejo pri mednarodnih primerjalnih meritvah, kjer z naborom različnih vzorcev pokrivajo vse ključne matrike vzorcev iz programa nadzora radioaktivnosti. Ti rezultati so zbrani na priloženi zgoščenki v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2018, IJS-DP-12783, marec 2019* 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 akreditirani laboratoriji svoje rezultate primerjalnih meritev ovrednotiti ter v primeru razlik poiskati vzroke in uvesti ustrezne korektivne ukrepe in voditi zapise. Kakovost izvajanja primerjalnih meritev ocenjujejo akreditacijske službe in je pogoj za vzdrževanje obsega akreditacije.

Med primerjalnimi meritvami in neodvisnim nadzorom je ključna razlika. Pri mednarodnih medlaboratorijskih primerjavah laboratoriji dobijo v analizo pripravljene vzorce z dobro definiranimi referenčnimi vrednostmi, določenimi na neodvisen način. Vzorčenja ni, v laboratoriju opravijo le zadnjo fazo priprave vzorcev – skladno s svojimi postopki pripravijo merjence v ustreznih geometrijah ter izmerijo vsebnosti radionuklidov. Pri neodvisnem nadzoru pa laboratoriji opravijo tudi vzorčenje in celotno pripravo vzorcev, ki med drugim vključuje tudi sušenje in homogenizacijo. Neodvisni nadzor torej daje primerjavo

celotnega postopka, ki vključuje vzorčenje, pripravo, meritve in izračun aktivnosti detektiranih radionuklidov; vsaka faza prinese svoj prispevek k merilni negotovosti in zmanjša primerljivost rezultatov.

Zgornje trditve potrjuje tudi statistična analiza rezultatov imisijskih meritev savske vode in sedimenta z visokoločljivostno spektrometrijo gama v okviru neodvisnega nadzora v letih od 2010 do 2018. Rezultati te analize so prikazani na slikah 1 in 2. Za vsako leto je bil določen povprečen *u*-preskus (je enak |ζ|-preskusu) in glede na to, da je večina razlik pri Be-7, še povprečen *u*-preskus za Be-7 in za druge radionuklide brez Be-7. Za lažjo primerjavo sta skali na obeh slikah enaki, na levi osi so prikazane vrednosti za *u*-preskus, na desni pa število primerjanih rezultatov in število rezultatov z *u*-preskusom večjim od 2. Rezultati meritev H-3 s tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo v tej analizi niso upoštevani. S slike lahko razberemo, da so večji odmiki pri savski vodi kot pri sedimentih, kar lahko razložimo tudi z izmerjenimi aktivnostmi, ki so v primeru vode bistveno nižje kot pri sedimentih, poleg tega je tudi priprava vzorcev bolj komplesna. Sistematsko so v savski vodi največji odmiki pri Be-7, kjer je v večini primerov v letih 2012–2017 ZVD sistematsko izmeril za velikostni red ali več višje vrednosti. Razlike pri Be-7 v savskih vodah so bile v letu 2018 precej manjše kot v predhodnih letih, vendar so še vedno pri treh meritvah rezultati ZVD za okoli faktor 4 višji. So pa razlike pri rezultatih Be-7 v sedimentih drugačne – pri krških sedimetih lahko primerjamo en rezultat, ujemanje je zadovoljivo, pri brežiških sedimentih pa se oba rezultata razlikujeta za okoli faktor 2, pri čemer IJS poroča o višji specifični aktivnosti za oba vzorca.

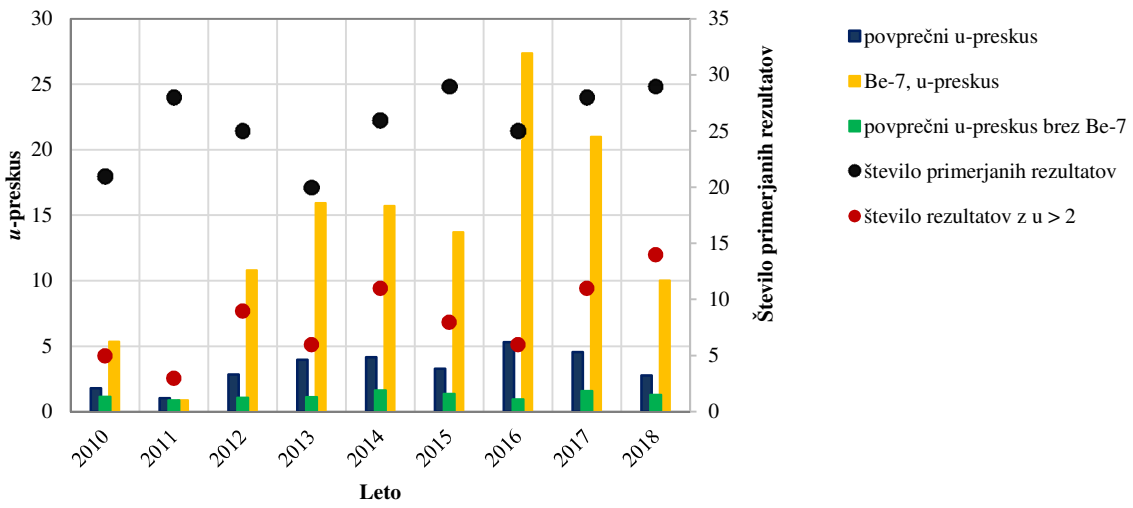
Pri drugih radionuklidih so razlike bistveno manjše. Povprečni u-test brez Be-7 za savsko vodo je 1,5, za sedimente pa 1,6. Na podlagi tega lahko sklenemo, da so v povprečju ti rezultati primerljivi.

Primerjava celotnega postopka od vzorčenja do meritev vzorcev iz okolja je zelo kompleksna in zahteva zelo podrobno obravnavo, če želimo ovrednotiti kvaliteto rezultatov meritev. Okoljski vzorci so nehomogeni, poleg tega je tudi matrika vzorca slabo definirana. Po vzorčevanju se vzorci obdelajo v laboratorijih in pripravijo za analizo. Ker so postopki vzorčevanja in priprave vzorcev za analizo različni v pooblaščenih laboratorijih, lahko pričakujemo dodatno neujemanje med merskimi rezultati, na kar vsa leta opozarjajo sistematske razlike pri rezultatih za Be-7 in različne radionuklide iz uranove in torijeve razpadne verige. Eden izmed vzrokov za neujemanja je lahko tudi količina merjencev – ZVD pri meritvi sedimentov uporablja bistveno manj vzorca kot IJS (okoli 60 g pri ZVD v primerjavi z okoli 300 g pri IJS).

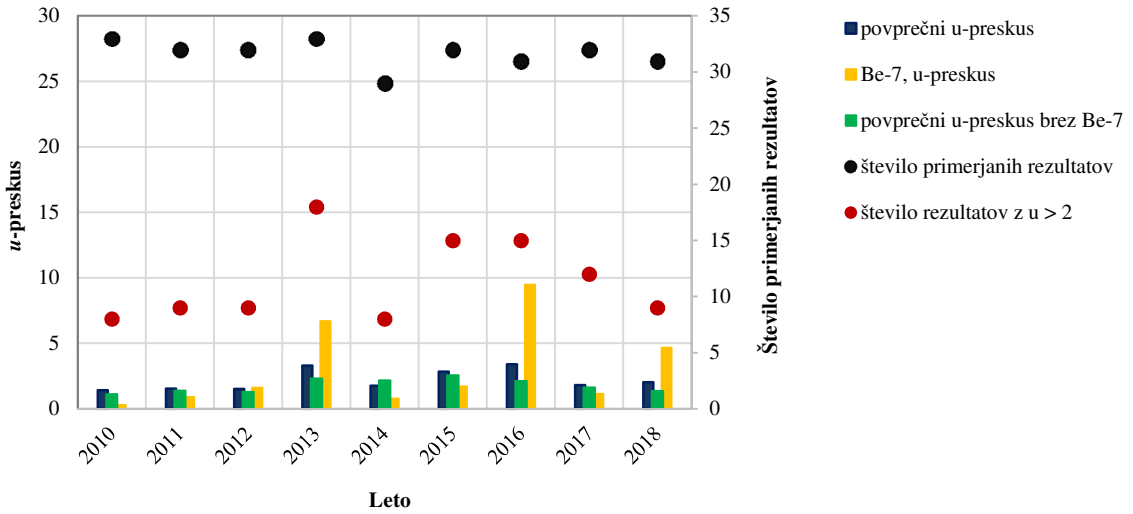
Rednih mednarodnih primerjav postopkov vzorčevanja, ki bi potrjevali primerljivost, ni. Zato predlagamo, da bi obseg neodvisnega merilnega nadzora razširili še na izmenjavo vzorcev imisijskih meritev. Tako bi izmerili aktivnosti na istih vzorcih in bi lahko ocenili vpliv vzorčenja in priprave na končni rezultat. Prav tako menimo, da bi reprezentativnost primerjave poročanih rezultatov izboljšali z večjim obsegom neodvisnih primerjav različnih vzorcev iz okolja. Pri tem bi lahko posebno pozornost namenili postopkoma vzorčenja in priprave za analizo, saj lahko vplivata na končni rezultat, kar potrjuje tudi statistično šibka primerjava do sedaj opravljenih meritev.

Pri neodvisnem nadzoru emisijskih meritev plinastih izpustov, vzorčenih v dimniku pred RM24, je vsebnost izmerjenih in poročanih radionuklidov premajhna, da bi lahko opravili kakršno koli primerjavo. V letošnjem letu ni bil v vzorcih, vključenih v primerjavo, detektiran noben umetni radionuklid nad mejo kvantifikacije oziroma meje za odločitev. Pri neodvisnem nadzoru tekočinskih izpustov iz WMT ravno tako ne moremo narediti kakovostne primerjave, ker ima laboratorij NEK bistveno višje detekcijske meje in poroča o manj izmerjenih radionuklidih. Pri tekočinskih izpustih smo lahko letos primerjali tri radionuklide, določene z visokoločljivostno spektrometrijo gama.

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



Slika 1: Statistična obdelava rezultatov meritev savske vode v Krškem in Brežicah za obdobje 2010–2018



Slika 2: Statistična obdelava rezultatov meritev rečnega sedimenta v Krškem in Brežicah za obdobje 2010–2018

DISKUSIJA IN SKLEPI

Pri neodvisnem nadzoru emisijskih in imisijskih meritev je sedanji izbor in število primerjanih vzorcev premajhno za zanesljivo statistično obdelavo rezultatov meritev pooblaščenih izvajalcev. V tem obsegu nam daje le zelo grobo oceno sprejemljivosti poročanih rezultatov meritev.

Primerjave meritev vzorcev aerosolnih filtrov pri plinastih emisijah iz glavnega izpuha in meritev vzorcev tekočinskih izpustov iz WMT niso smiselna, saj v večini filtrov, merjenih v letu 2018, ni bilo izmerjenih nobenih umetnih radionuklidov nad mejo detekcije, pri rezultatih NEK za tekočinske izpuste iz WMT pa je meja detekcije previsoka, da bi lahko opravili dobro primerjavo.

Glede na kompleksnost postopkov lahko kljub vsemu trdimo, da so ujemanja med izvajalci obratovalnega nadzora in neodvisnega nadzora pri imisijskih meritvah zadovoljiva, saj gre tu za obravnavo različnih realnih vzorcev, ki so bili sicer odvzeti na istem mestu ob istem času, vendar se postopki vzorčenja, priprave za analizo in analiz razlikujejo v obeh laboratorijih. Opažena neskladja med poročanimi rezultati pooblaščenih izvajalcev pri neodvisnem nadzoru imisij v okolju lahko v veliki meri pripišemo vzorčenju in nehomogenosti vzorčevanega materiala. Na podlagi teh primerjav lahko sklepamo, da vzorčenje ključno prispeva k razpršenosti in različnosti merskih rezultatov, pri merilni negotovosti pa ta prispevek ni upoštevan. Ena od pomembnih sprememb v novi izdaji standarda *SIST EN ISO/IEC 17025:2017* je, da bomo morali preskusni laboratoriji oceniti in upoštevati tudi prispevek vzorčenja k skupni merilni negotovosti poročanega rezultata. Na podlagi tega lahko pričakujemo, da bodo po letu 2020, ko bodo morali biti vsi preskusni laboratoriji akreditirani po novi izdaji standarda, rezultati meritev okoljskih vzorcev bolj primerljivi na račun povečane merilne negotovosti zaradi upoštevanja prispevka vzorčenja.

Priprava vzorca in predvsem vzorčevanje sta parametra, ki lahko bistveno vplivata na rezultat meritve, zato bi bilo v prihodnje tema komponentama meritev smiselno nameniti dodatno pozornost in ustrezno spremeniti program meritev v okviru neodvisnega nadzora. Na podlagi rezultatov statistične primerjave vseh rezultatov v okviru neodvisnega nadzora v obdobju od 2010 do 2018 ponovno poudarjamo naslednje sklepe:

- predlagamo, da bi v okviru neodvisnega merilnega nadzora IJS in ZVD izmenjala vzorce sedimentov in sušin ter izmerili specifične aktivnosti tudi pri istih vzorcih, saj lahko le-tako ocenimo vpliv vzorčenja na končni rezultat; podoben predlog je, da bi vsaka institucija odvzela in pripravila večji vzorec in ga nato razdelila na dva dela za ločeni analizi v obeh laboratorijih; analogen sklep velja tudi za določanje tritija v savskih vodah;
- ker se rezultati pri določitvi vsebnosti Be-7 še vedno razlikujejo tako v vzorcih sedimentov kot v vzorcih rečnih vod, predlagamo, da obe sodelujoči inštituciji (IJS in ZVD) primerjata svoje postopke vzorčenja, priprave vzorcev in meritev ter poiščeta in ovrednotita morebitne vzroke za ta razlike;
- predlagamo, da bi v prihodnje ukinili primerjavo plinastih efluentov in da bi namesto tega oba laboratorija (IJS in ZVD) sodelovala pri neodvisnem nadzoru tekočinskih emisij (WMT); tako bi pridobili dodatno primerjavo med IJS in ZVD pri vzorcih, ki imajo povišane vsebnosti radionuklidov; s tem bi oba laboratorija pridobila dodatne izkušnje pri analizi spektrov s povišano vsebnostjo umetnih radionuklidov in izboljšala usposobljenost in pripravljenost na morebitne izredne dogodke;
- poleg tega predlagamo, da bi vzorce za primerjavo odvzeli med rednim remontom NEK in neposredno po njem, ko je v vzorcih lahko več umetnih radionuklidov, kar omogoča bolj kakovostno primerjavo.

Zgoraj navedeni sklepi so enaki kot v predhodnih letih, kar kaže na to, da vsa dosedanja ovrednotenja neodvisnega nadzora pooblaščenih izvajalcev niso sprožila izboljšav in korektivnih ukrepov ne pri upravnih organih in ne pri izvajalcih meritev. Zato predlagamo, da na podlagi teh sklepov URSJV pregleda in podsodobi program meritev v okviru neodvisnega nadzora pooblaščenih izvajalcev ali razpiše dodatno študijo z namenom, da se meritve in primerjave, predlagane v sklepih, izvedejo.

OBDELAVA PODATKOV
MERITEV RADIOAKTIVNOSTI V OKOLJU

Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija

OBDELAVA PODATKOV
MERITEV RADIOAKTIVNOSTI V OKOLJU

Odgovorni za izdajo: doc. dr. Benjamin Zorko

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

Recenzija: prof. dr. Simon Širca, mag. Matjaž Koželj, mag. Borut Breznik

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

POGLAVJE	AVTORJI
Radioaktivnost v reki Savi	mag. Matjaž Stepišnik, IJS
Radioaktivnost v pitni in podzemni vodi	dr. Jasmina Kožar Logar, IJS
Radioaktivnost v padavinah in suhem usedu	dr. Toni Petrovič, IJS
Radioaktivnost v zraku	dr. Marko Giacomelli, ZVD
Zunanje sevanje	dr. Matjaž Korun, IJS
Radionuklidi v hrani	prof. dr. Katarina Vogel Mikuš, BF in dr. Marijan Nečemer, IJS

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

Prva izdaja: april 2019

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

539.16:502.175(497.4)

OBDELAVA podatkov meritev radioaktivnosti v okolju / [avtorji Matjaž Stepišnik ... [et al.] ; urednika Benjamin Zorko in Denis Glavič-Cindro]. - 1. izd. - Ljubljana : Institut "Jožef Stefan", 2019

ISBN 978-961-264-150-4
1. Stepišnik, Matjaž 2. Zorko, Benjamin
COBISS.SI-ID 299565824

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 ©. Avtorska dela so intelektualna last Instituta "Jožef Stefan".

Naklada: 56 izvodov

V S E B I N A

Predgovor urednika

1	**Radioaktivnost v reki Savi**	**1 / 106**
2	**Radioaktivnost v pitni in podzemni vodi**	**21 / 106**
3	**Radioaktivnost v padavinah in suhem usedu**	**37 / 106**
4	**Radioaktivnost v zraku**	**51 / 106**
5	**Zunanje sevanje**	**69 / 106**
6	**Radionuklidi v hrani**	**85 / 106**
7	**Reference**	**103 / 106**

PREDGOVOR UREDNIKA

Monografija *Obdelava podatkov meritev radioaktivnosti v okolju* obravnava stanje v okolju v okolici Nuklearne elektrarne Krško (NEK) po zagonu HE Brežice in v obdobju 30. gorivnega ciklusa delovanja jedrske elektrarne.

V monografiji obravnavamo merske izide in modelske izračune za ugotavljanje radioaktivnosti v okolju, ki je tam zaradi prvobitne radioaktivnosti, splošne onesnaženosti zaradi jedrskih poskusov in nesreč v jedrskih objektih oziroma z jedrskimi snovmi, prav tako pa radioaktivni izotopi lahko pridejo v okolje zaradi kontroliranih izpustov iz jedrskih elektrarn, skladišč jedrskih odpadkov, rudarjenja, industrijske, tehnološke, medicinske in raziskovalne uporabe. Kontinuirno zbiranje in ovrednotenje merskih podatkov (obdobna povprečja) omogoča prikazovanje časovnih usmeritev ter tako tudi vzdržnost pri trajni umestitvi jedrskega objekta v življenjski prostor. Pri tem uporabljamo prikladne modele, ki imajo vgrajene kompleksne matematične in numerične algoritme, ki ustrezajo fizikalnim procesom. Tako izračunamo predvidene koncentracije aktivnosti ali specifične aktivnosti izbranih radionuklidov v tistih medijih, preko katerih se nato radioaktivnost lahko vnese v človekovo telo (ingestija, inhalacija) ali pa obdaja človekovo telo (zunanje sevanje). Z upoštevanjem porabe ali časa zadrževanja v izbranem mediju lahko ocenimo predvidene letne efektivne doze ali okoljski dozni ekvivalent zračnih in tekočinskih izpustov iz NEK na referenčno skupino ljudi po starostnih skupinah (odrasli, otroci in dojenčki), ki živijo v neposredni bližini jedrske elektrarne. Predvidene koncentracije aktivnosti ali specifične aktivnosti radionuklidov nato primerjamo z izmerjenimi vrednostmi v vzorcih iz okolja na istih lokacijah v okolici NEK. Rezultati meritev v okolju v okolici NEK pa se še kritično primerjajo z rezultati meritev na izbrani referenčni ali kontrolni lokaciji (Ljubljana, Dobova) ter drugod po Sloveniji.

Koncentracije aktivnosti (tekočine, zrak) ali specifične aktivnosti (hrana, zemlja) sevalcev gama so v okolju nizke, zato pri vzorčevanju in pripravi vzorcev uporabljamo metode, s katerimi koncentriramo sevalce gama v vzorcu (filtriranje, izparevanje). Če je negotovost merskega rezultata večja od opažene vrednosti, to pomeni, da znaten del verjetnostne porazdelitve, ki opisuje pravo vrednost, leži v območju negativnih vrednosti, ki pa ne opisujejo realnega fizikalnega stanja. Z leti smo z raziskavami našli ustrezne načine računanja in poročanja o majhnih vrednostih. Pri tem smo bili prepoznani tudi v mednarodnem okolju [48]. Nič manj pa ni pomembna vpetost skupine za meritve ionizirajočega sevanja Instituta "Jožef Stefan" (IJS) v metrološko okolje, saj imamo edini v regionalnem področju v radiju nekaj 100 km potrjene in usklajene predloge najboljših merskih zmožnosti (CMC) na nivoju regionalnih metroloških organizacij in Mednarodnega biroja za mere in uteži (BIPM) za aktivnosti (Bq/kg) za Pb-210, Ra-226 in U-238 v fosforgipsu ter K-40 in Cs-137 v bioti. Tako lahko dokazujemo visoko znanstveno- raziskovalno ter strokovno usposobljenost tako za izvedbo meritev, kot tudi za njihovo poročanje in ovrednotenje.

Monografija *Obdelava podatkov meritev radioaktivnosti v okolju* je sestavljena iz sedmih poglavij, v katerih kritično obravnavamo značilne prenosne poti razširjanja radionuklidov po vodi, zraku, zemlji, pri uživanju hrane in direktnem zunanjim sevanjem. Poglavja se vsebinsko dopolnjujejo in prepletajo. V prvem poglavju tako razlagamo vpliv tekočinskih izpustov iz NEK na okolico in referenčno skupino ljudi (ribiči), to je do vnosa radionuklidov v telo (efektivna doza zaradi notranjega obsevanja) in tudi zunanjega sevanja (efektivna doza zaradi zunanjega obsevanja). Tekočinski izpusti lahko vplivajo na pitno vodo zaradi mogočega stika Save s podtalnico, kar se obravnava v drugem poglavju. Ker so nekatera črpališča na krško-brežiškem področju plitva, zemljina pa prepustna, je mogoč vpliv na podtalnico tudi po zračni prenosni poti po padavinah. Pri tem je mogočih več poti zunanjega in notranjega obsevanja. Used lahko vodi do zunanjega in notranjega obsevanja, saj se delci v zraku posedajo na tla in lahko preko listov značilno pridejo v rastlinje, ki ga prebivalci uživajo. Če se takšen used zadrži na tleh, so prebivalci lahko izpostavljeni še zunanjemu sevanju. Transport in razširanje plinov in aerosolov obravnava poglavje o radioaktivnosti v zraku, kjer je glavno orodje za ocenjevanje vplivov napredni numerični model. Le-ta realno opisuje razširjanje radioaktivnih snovi od točke izpusta na razgibanih in zahtevnih terenih ter območjih, kjer je hitrost vetra majhna. V petem poglavju obravnavamo zunanje sevanje. Razpravo o zunanjem sevanju smo podkrepili še z rezultati meritev vzorcev suhega useda. Ugotavljamo, da je tvorba Be-7 v ozračju odvisna od sončeve aktivnosti. Korelacije med pojavljanjem sončnih peg ter Be 7 v suhem usedu in zračnih aerosolih kažejo na dolgoročno kvaliteto opravljenih meritev. Poglavje *Radionuklidi v*

hrani opisuje in razlaga vplive na prebivalstvo zaradi uživanja hrane, ki je pridelana na krško-brežiškem polju in se kritično primerja s podatki po Sloveniji. Obravnavo smo dopolnili s statistično analizo podatkov, kar je dopolnitev kritične presoje podatkov in s tem tudi dodana vrednost k celotni monografiji. V zadnjem poglavju so zbrane vse reference, uporabljene v monografiji *Obdelava podatkov meritev radioaktivnosti v okolju.*

Avtorji poglavij v monografiji so znanstveniki in/ali strokovnjaki s področja jedrske fizike, kemije in biologije, poleg tega pa so tudi strokovnjaki s področij jedrske varnosti in zaščite pred ionizirajočimi sevanji. Svoje prispevke so pripravili na izviren in znanstveno-strokoven način, kjer so kritično komentirali merske izide in druge spremljajoče pomembne podatke. Oceno vplivov izpustov iz jedrske elektrarne na okoliško prebivalstvo ugotavljajo z računanjem letne efektivne doze, pri čemer upoštevajo tri starostne skupine. Če povzamemo izsledke poglavij, lahko sklenemo, da prebivalci, ki živijo na krško-brežiškem polju, v vaseh v celotnem okrožju v okolici NEK in ob ograji NEK, niso nič bolj izpostavljeni ionizirajočemu sevanju kot prebivalci drugod po Sloveniji. Ocenjujemo, da je prispevek NEK zaradi zračnih in tekočinskih izpustov zanemarljiv tako z biološkega kot tudi statističnega vidika.

Obravnava emisijskih in imisijskih rezultatov meritev in izračun letnih efektivnih doz izpostavljenosti ionizirajočemu sevanju ima podlago v slovenski zakonodaji jedrske in sevalne varnosti, ki zahteva takšno ovrednotenje (pravilnik *JV 10* [8]), in v znanstvenem in strokovnem izražanju, saj lahko le tako v realnih razmerah preverjamo različne znanstvene metode in načine ovrednotenja merskih podatkov. Avtorji obravnavajo problematiko izpustov iz jedrske elektrarne ter morebitne vplive na ljudi v bližnji in širši okolici NEK ter skladno z zakonodajo podajajo neodvisna in znanstveno-strokovno utemeljena mnenja.

Monografija *Obdelava podatkov meritev radioaktivnosti v okolju* je samostojna priloga poročila *Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško, Poročilo za leto 2018*, interna oznaka 9/2019.

Monografijo sta neodvisno recenzirala ("peer review") prof. dr. Simon Širca in mag. Matjaž Koželj.

Recenzent Simon Širca je zaposlen kot redni profesor za področje fizike na Fakulteti za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani. Vodi raziskovalno skupino Struktura hadronskih sistemov in se posveča raziskavam v okviru kolaboracij OOPS in BLAST v centru MIT/Bates, Massachusetts Institute of Technology (Cambridge, ZDA), Hall A v laboratoriju Thomas Jefferson National Accelerator Facility (Newport News, ZDA) ter A1 v centru MAMI (Mainz, Nemčija). Njegovo glavno raziskovalno področje je eksperimentalni študij hadronske strukture in dinamike s sipanjem elektronov na lahkih jedrih z uporabo polariziranih elektronskih curkov, polariziranih tarč in polarimetrijo iz procesov izbitih delcev. Vključen je tudi v teoretične raziskave kvarkovskih modelov hadronov s poudarkom na elektrošibkih procesih.

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 pooblaščeni izvedenec varstva pred sevanji za področje izpostavljenosti prebivalcev zaradi izvajanja sevalnih dejavnosti in za 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.

B. Zorko

doc. dr. Benjamin Zorko, odgovorni urednik

1 RADIOAKTIVNOST V REKI SAVI

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 2018 je bila skupna aktivnost tekočinskih izpustov v okolje nekoliko višja kot v letu 2017. Največ je bilo izpuščenega tritija, 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 posledica 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 ne presega 0,01 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 drugimi zunanjimi vplivi in dejanskimi vplivi elektrarne.

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

V reki Savi so 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 tu 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], [29]. Model upošteva najpomembnejše prenosne poti in načine izpostavitve referenčne skupine iz prebivalstva. Ocena vpliva na okolje ne vključuje ovrednotenja prejetih doz zaradi naravnih radionuklidov, saj ti niso del izpustov NEK.

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

OKOLJSKI VZORCI

Značilnosti vzorčevanja

Zaradi gradnje HE Brežice 7,2 km nizvodno od NEK so bile leta 2017 dodane nekatere vzorčevalne lokacije vode, sedimentov in rib med jezom NEK in HE Brežice. Vzorčenja na teh lokacijah potekajo od druge polovice 2017. Nove lokacije so namenjene spremljanju radioaktivnosti v akumulaciji jezera HE Brežice. Nove lokacije vzorčevanja vod in sedimentov so levi breg pred jezom HE Brežice (4,7 km nizvodno od NEK, slika 1.1), desni breg pred jezom HE Brežice (5,5 km nizvodno od NEK) in "Nadomestni habitat" (1,7 km nizvodno od NEK). Slednja lokacija je namenjena spremljanju vode za zapornim jezom, ki je na levem bregu in omogoča razlivanje reke pri zelo visokih vodostajih. Zgrajena je tudi nova avtomatska vzorčevalna postaja HE Brežice, ki je na levem bregu Save 100 m nad jezom HE Brežice (slika 1.2). Zajem vode poteka na globini okrog 5 m neposredno ob levem bregu (oddaljenost od brega okrog 6 m).

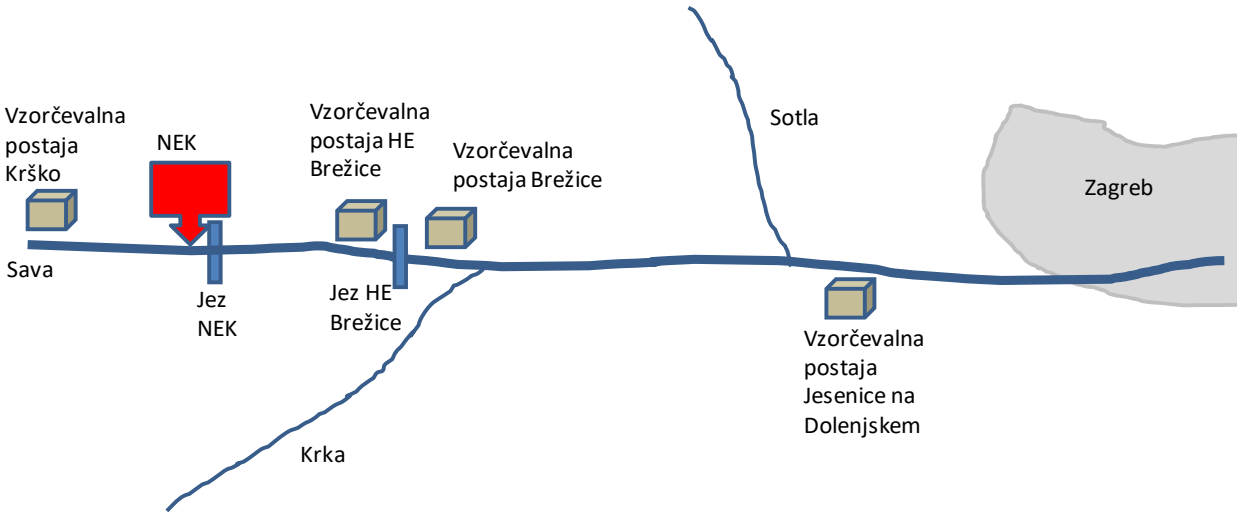
Kontinuirno vzorčevanje reke Save je tako po novem potekalo na štirih lokacijah (slika 1.3), in sicer v Krškem pred papirnico (3,2 km vzvodno od NEK na levem bregu), HE Brežice (nad jezom, 7,2 km nizvodno od NEK), v Brežicah (8,2 km nizvodno od NEK in 400 m nizvodno od starega mostu na levem bregu) in v Jesenicah na Dolenjskem (17,5 km nizvodno od NEK na desnem bregu).

Prvi kontinuirni vzorčevalnik na referenčnem odvzemnem mestu Krško (v črpalni postaji za tehnološko vodo papirnice Vipap) deluje tako, da se zbirajo in merijo vzorci četrtletno, razen za tritij, ki se vzorčuje mesečno.

Na vzorčevalnih postajah HE Brežice in Brežice delujeta enaka kontinuirna vzorčevalnika z avtomatskim dnevnim zajemom vode. Voda se črpa v prelivno zbirno posodo. Iz prelivne posode manjša črpalka kontinuirno črpa vodo in jo naliva v eno izmed štirih zbirnih posod (slika 1.2**).** Voda se pretaka preko filtrov, tako da se ločeno zbira filtrski ostanek. V vsaki posodi se zbira dnevni vzorec, ki omogoča tudi odvzem enodnevnega vzorca v primeru izrednega dogodka. Na dan se nabere nekaj litrov vode. Vzorčevalec nato na tri dni iz vsake zbirne posode natoči 1,6 litra vode v vzorčevalno posodo (mesečni vzorec 50 litrov). Na podoben način poteka odvzem vzorcev v Jesenicah na Dolenjskem, kjer se enako kontinuirano zbirajo mesečni vzorci. Vzorčevanja na postajah je opravljal NEK, meritve vzorcev pa so opravljale neodvisne organizacije ZVD, IRB in IJS.

Slika 1.1: Lokaciji vzorčenja na levem in desnem bregu pred jezom HE Brežice

Slika 1.2: Avtomatska vzorčevalna postaja HE Brežice (7,2 km nizvodno od NEK), kjer poteka kontinuirni zajem vzorcev vode



Slika 1.3: Shematski prikaz vseh kontinuirnih vzorčevalnih postaj ob reki Savi po izgradnji akumulacijskega jezera HE Brežice

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

Kontinuirno vzorčevanje ne omogoča ovrednotenja kratkoživih izotopov. Zato se neodvisno izvaja tudi kvartalno ali mesečno 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 osmih lokacijah, in sicer v Krškem, v "Nadomestnem habitatu", na levem in desnem bregu akumulacijskega jezera HE Brežice, neposredno nad jezom HE Brežice (ob avtomatski postaji), v Brežicah pod starim mostom, v Jesenicah na Dolenjskem in v kraju Podsused pri Zagrebu (okrog 30 km nizvodno od NEK). Vzorčevanje enkratnih vzorcev vode sta opravila ZVD in IRB.

Za ovrednotenje vplivov po savski prenosni poti se spremlja kvartalno in mesečno 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 9 lokacijah, in sicer vzvodno od NEK pod mostom (na levem bregu), pod jezom v NEK (desni breg), pri Pesju (na levem bregu), na levem in desnem bregu akumulacijskega jezera HE Brežice, neposredno nad jezom HE Brežice (ob avtomatski postaji), pri Brežicah (na levem bregu), pri Jesenicah na Dolenjskem (na desnem bregu) in na Hrvaškem v kraju Podsused pri Zagrebu. Vzorčevanje sedimentov sta opravila ZVD in IRB.

Navadno se pobira rečni sediment z brežin tam, kjer je naplavina mulja ali finega peska in je tok reke minimalen. Glede na obliko brežine akumulacijskega jezera HE Brežice (glej sliko 1.1) je skoraj nemogoče pridobiti reprezentativni vzorec sedimenta na bregovih akumulacije. Ustreznih lokacij za vzorčenje na brežini ob polnem akumulacijskem jezeru verjetno ni. Predvsem sediment na dnu akumulacijskega jezera lahko vsebuje radionuklide zaradi usedanja suspendiranega sedimenta in zaradi neposredne absorpcije radionuklidov na talnem sedimentu iz same vode. Največje odlaganje talnega sedimenta lahko pričakujemo tam, kjer je širina akumulacijskega jezera največja in je posledično najmanjši tok reke. Opažamo, da ni nobene vzorčevalne lokacije sedimentov v akumulacijskem jezeru, kjer lahko pričakujemo največje nanose (depozite) v talnem sedimentu.

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

Značilnosti meritev okoljskih vzorcev

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

Seznam meritev, pogostost posameznih meritev in izvajalci meritev so navedeni v *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2018, IJS-DP-12783*.

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

- vzorčevanje vode skupaj z grobo suspendirano snovjo (količina vzorca vode je 50 litrov) in ločene meritve sušine vzorcev vode in filtrskega ostanka vode, ki se kot groba suspendirana snov predhodno odstrani iz vode s filtriranjem;
- vzorčevanje talnih sedimentov, ki v glavnem vsebujejo fini pesek (količina vzorca okrog 150 g); vzorčevanje gibljivih sedimentov, ki vsebujejo več organske snovi, se od leta 2005 ne izvaja več;
- vzorčevanje in meritve rib vrst klen, podust, krap, babuška, mrena, plotica in deverika z maso okrog 400 g; pred pripravo vzorcev se odstranijo repi in glave rib.

REZULTATI MERITEV S ČASOVNIMI USMERITVAMI

Tabele z merskimi rezultati so na priloženi zgoščenki v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2018, IJS-DP-12783, marec 2019*. 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), T-HE 1 do T-HE 9 (ZVD, H-3 – IJS). Tabele z merskimi podatki o ribah so: T-19, T-21, T-22 (ZVD); T-22/p1, T-24, T-25 (IRB), T-HE 10, T-HE 11 (ZVD).

Tritij (H-3)

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 petdesetih in šestdesetih 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 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 manj kot 1 kBq/m^3 [27]. 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 [29].

Tritij je redno prisoten v tekočinskih efluentih NEK. Na sliki 1.4 so prikazane primerjave koncentracij aktivnosti tritija v savski vodi na lokacijah Krško, HE Brežice, Brežice in Jesenice na Dolenjskem v letu 2018.

Povprečna mesečna koncentracija aktivnosti H-3 nad jezom HE Brežice 2,6 kBq/m^3 je višja od referenčnega odvzemnega mesta Krško 0,63 kBq/m^3. V Brežicah je bila povprečna mesečna koncentracija aktivnosti 1,6 kBq/m^3, kar je precej manj kot nad jezom HE Brežice. Povprečna koncentracija aktivnosti H-3 je nižja od dolgoletnega povprečja 4,1 kBq/m^3 zadnjih 15 let.

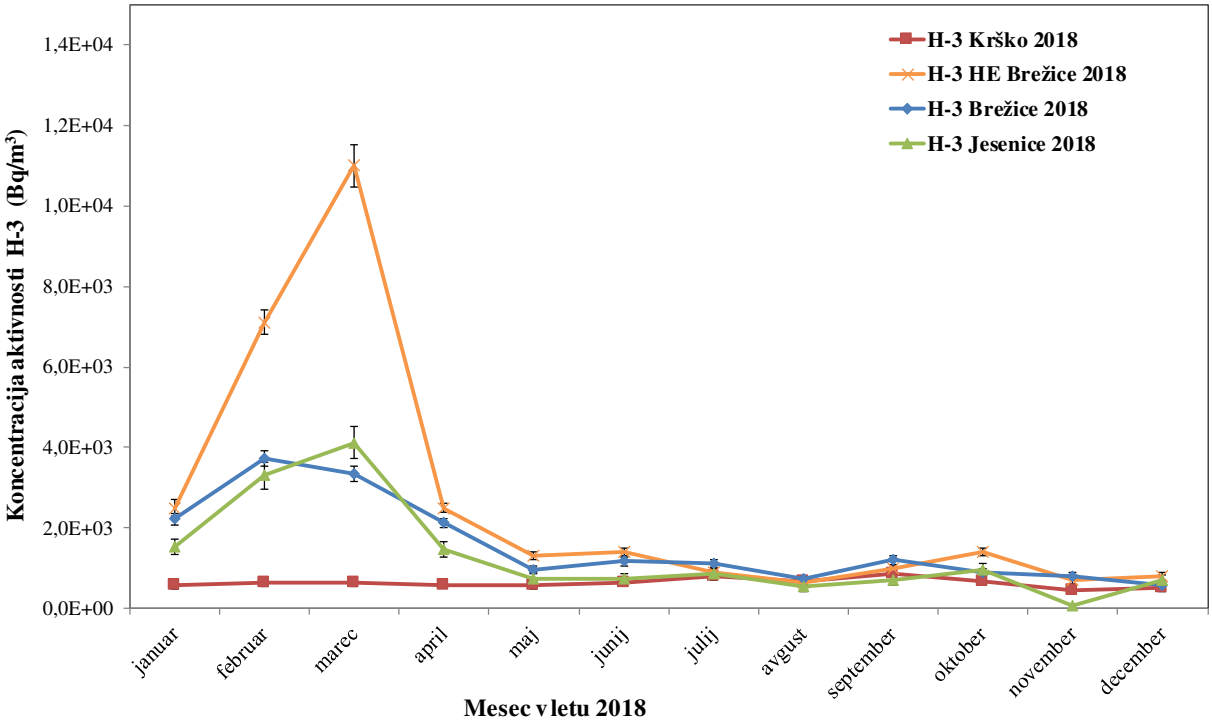
Rezultati mesečnih meritev iz vzorčevalnih postaj HE Brežice in Brežice se bistveno razlikujejo in kažejo precej višje koncentracije nad jezom kot pod jezom (slika 1.4). Izmerjene koncentracije pod jezom (Brežice) so primerljive z meritvami v Jesenicah na Dolenjskem (letno povprečje 1,3 kBq/m^3), kar ni razumljivo, saj so običajno koncentracije v Jesenicah na Dolenjskem nižje zaradi dodatnega redčenja Save s Krko in Sotlo. To je posebej izrazito v mesecu marcu, ko je NEK opravil največji izpust in je bila tudi koncentracija aktivnosti izmerjenih mesečnih povprečij najvišja (HE Brežice: 11 kBq/m^3, Brežice: 3,3 kBq/m^3 in Jesenice na Dolenjskem: 4,1 kBq/m^3). Najvišja izmerjena koncentracija aktivnosti H-3 v HE Brežice je bila v marcu 18-krat višja kot na referenčnem odvzemu v Krškem. Meritve tritija na lokacijah Brežice in Krško je opravil IJS, medtem ko je meritve na Hrvaškem izvajal IRB.

Zaznali smo tudi povečanje koncentracije aktivnosti tritija pri enkratnih vzorcih nefiltrirane vode v februarju in marcu na lokaciji HE Brežice na desnem bregu akumulacijskega jeza. Največja izmerjena mesečna koncentracija je bila v februarju 34 kBq/m^3. V istem obdobju je bila koncentracija H-3 na levem bregu povsem običajna (0,89 kBq/m^3). Navadno se čas odvzema enkratnih vzorcev ne ujema s časom izpuščanja iz NEK. Višje koncentracije na desnem bregu v primerjavi z levim bregom smo zaznali že v preteklem letu. Glede na dosedanji model redčenja tekočinskih izpustov bi pričakovali večje izmerjene vrednosti na levem bregu kot na desnem, saj je kanal za izpuščanje radioaktivnih tekočin iz NEK na levem bregu nad jezom NEK.

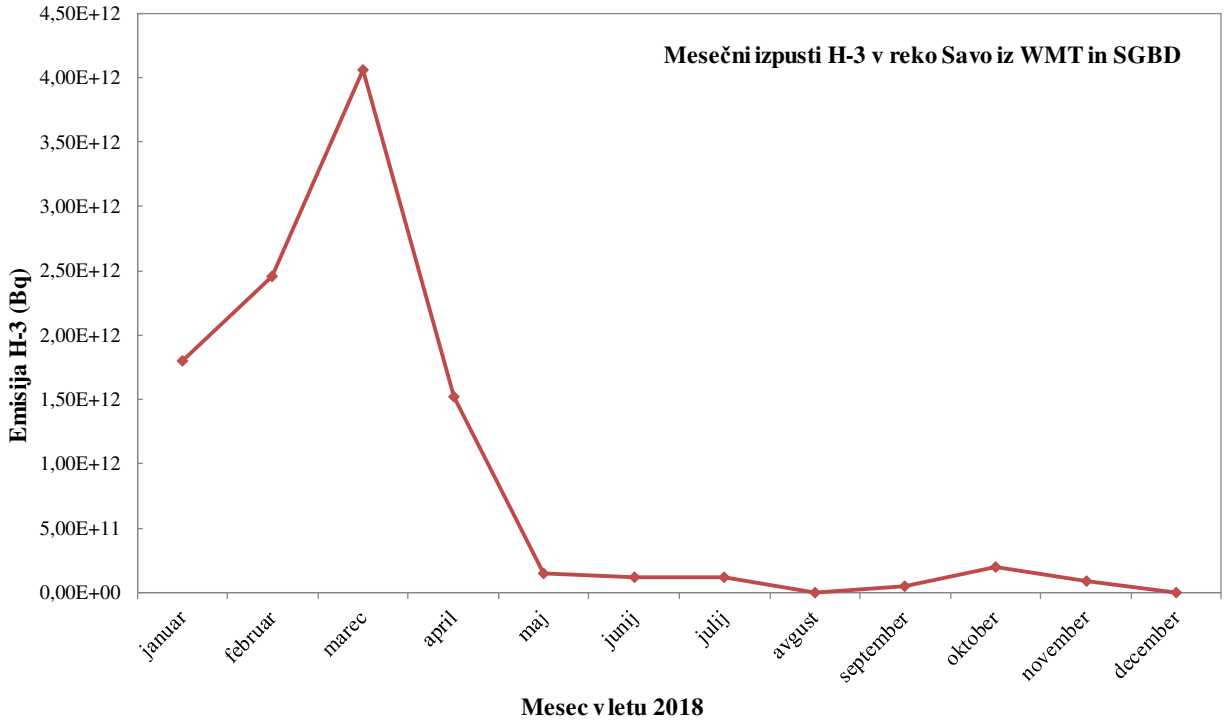
V vseh letih je tudi redno povišana koncentracija tritija v podzemni vodi v vrtini VOP-4 (blizu levega brega Save, 600 m nizvodno od jezu NEK). Mesečno povprečje koncentracije aktivnosti H-3 v tej vrtini je bilo letos 2,4 kBq/m^3. Najvišja izmerjena koncentracija 5,8 kBq/m^3 je bila v marcu. (glej tudi poglavje *Radioaktivnost v pitni in podzemni vodi*). Povišane koncentracije H-3 v površinski vodi so bile zaznane tudi na lokaciji "Nadomestni habitat" (blizu levega brega Save, 1,7 km nizvodno od NEK) v enkratnih vzorcih odvzetih v prvem in drugem kavartalu (največ v marcu 2,9 kBq/m^3).

Morebitnih povišanih vsebnosti tritija v istem časovnem obdobju pri odvzemu enkratnega vzorca vode v kraju Podsused pri Zagrebu nismo zaznali. V drugih rekah v Sloveniji so bile povprečne mesečne koncentracije H-3 navadne, večinoma pod 1 kBq/m^3 [13].

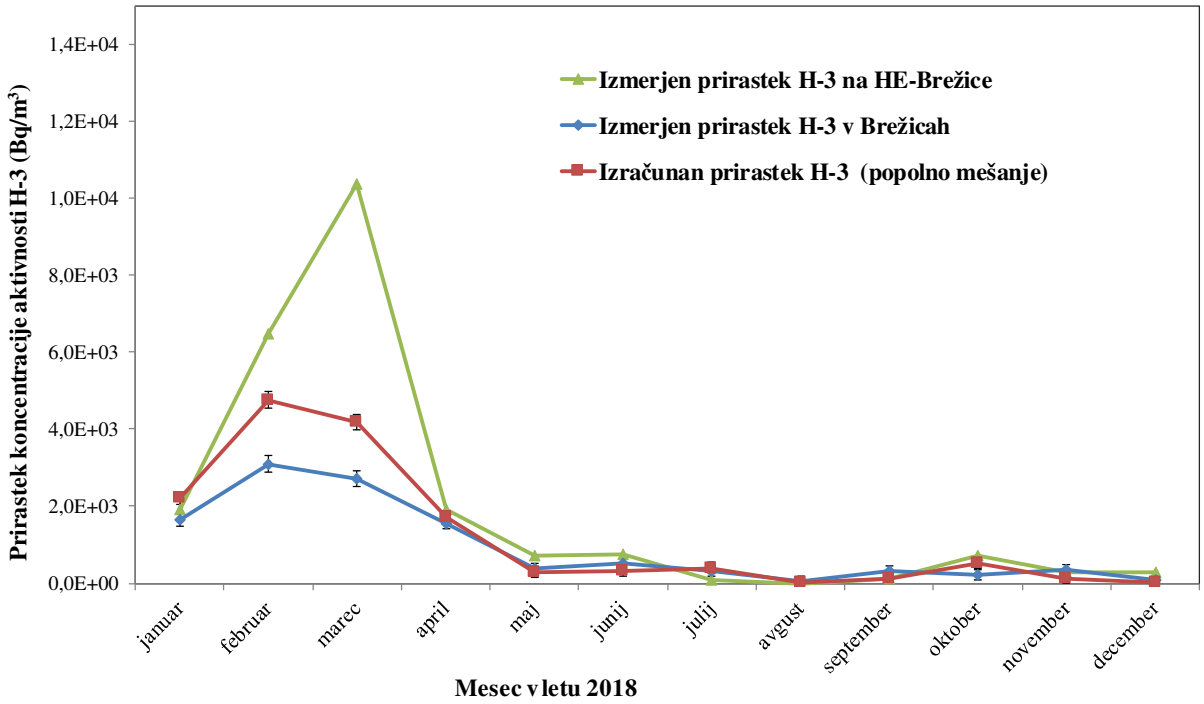
Po podatkih NEK so bili največji mesečni tekočinski izpusti H-3 opravljeni v marcu (4,1 TBq, slika 1.5), kar je primerljivo z največjimi mesečnimi izpusti v letu 2017. Skupni letni izpust 10,5 TBq je bil nekoliko višji kot v letu 2017 (8,6 TBq) in primerljiv z dolgoletnim povprečjem (dolgoletno povprečje od 1999 do 2018 je 12,2 TBq). Korelacija med mesečnimi izpusti in narastkom koncentracije tritija nizvodno od NEK je močna predvsem za lokaciji HE-Brežice in Jesenice na Dolenjskem. Odmika se vzorčevalna postaja Brežice, kjer bi pričakovali nekoliko višje izmerjene koncentracije v februarju in marcu. Meseca marca je bil tudi najvišji vodostaj reke Save (375 m^3/s).



Slika 1.4: Primerjava koncentracij aktivnosti tritija v savski vodi na lokacijah Krško, HE Brežice, Brežice in Jesenice na Dolenjskem. Lokacija Krško je glede na tok Save pred elektrarno in je zato referenčna.



Slika 1.5: Mesečni tekočinski izpusti H-3 iz NEK



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

Na sliki 1.6 je prikazana primerjava med izmerjenimi mesečnimi prirastki koncentracije aktivnosti H-3 in izračunanimi koncentracijami aktivnosti H-3 na HE Brežice in v Brežicah. Prirastek koncentracije aktivnosti tritija v Brežicah in HE Brežice pomeni, da je bila odšteta izmerjena koncentracija aktivnosti tritija (naravno ozadje) na referenčnem mestu v Krškem pred NEK. Izračunano koncentracijo aktivnosti smo dobili tako, da smo mesečni izpust H-3 delili z mesečno količino pretečene savske vode in predpostavili popolno mešanje vode. Glede na izkušnje iz preteklih let, bi pričakovali znatno višji izmerjen prirastek koncentracije v Brežicah kot v Jesenicah na Dolenjskem zaradi vpliva pritokov Krke in Sotle, ki dodatno redčijo reko Savo.

Na sliki 1.7 je narejena primerjava med izmerjenimi letnimi prirastki koncentracije aktivnosti in izračunanimi letnimi koncentracijami aktivnosti H-3 v Brežicah od leta 2002. Dodali smo tudi izmerjene prirastke na jezu HE Brežice iz leta 2017 in 2018. Dolgoletne težnje kažejo, da na mestu vzorčevanja v Brežicah v preteklosti najverjetneje še ni prišlo do popolnega mešanja izpuščenih radionuklidov s savsko vodo. Izmerjeni povprečni letni prirastki koncentracije aktivnosti tritija so bili sistematično večji kot izračunani prirastki ob predpostavki popolnega mešanja vode. Po izgradnji jezu HE Brežice so se hidrodinamske razmere spremenile. Po dosedanji metodologiji lahko ocenimo razredčitveno razmerje *DR (Dilution Ratio)* na različnih lokacijah pod jezom NEK. 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:

$$DR = \frac{C_{\mathrm{w,L}}}{C_{\mathrm{w,tot}}} \tag{1.1}$$

kjer sta $C_{\mathrm{w,L}}$ prirastek koncentracije aktivnosti tritija na določeni lokaciji (Bq/m^3) in $C_{\mathrm{w,tot}}$ prirastek koncentracije aktivnosti tritija na mestu popolnega mešanja (Bq/m^3) [29]

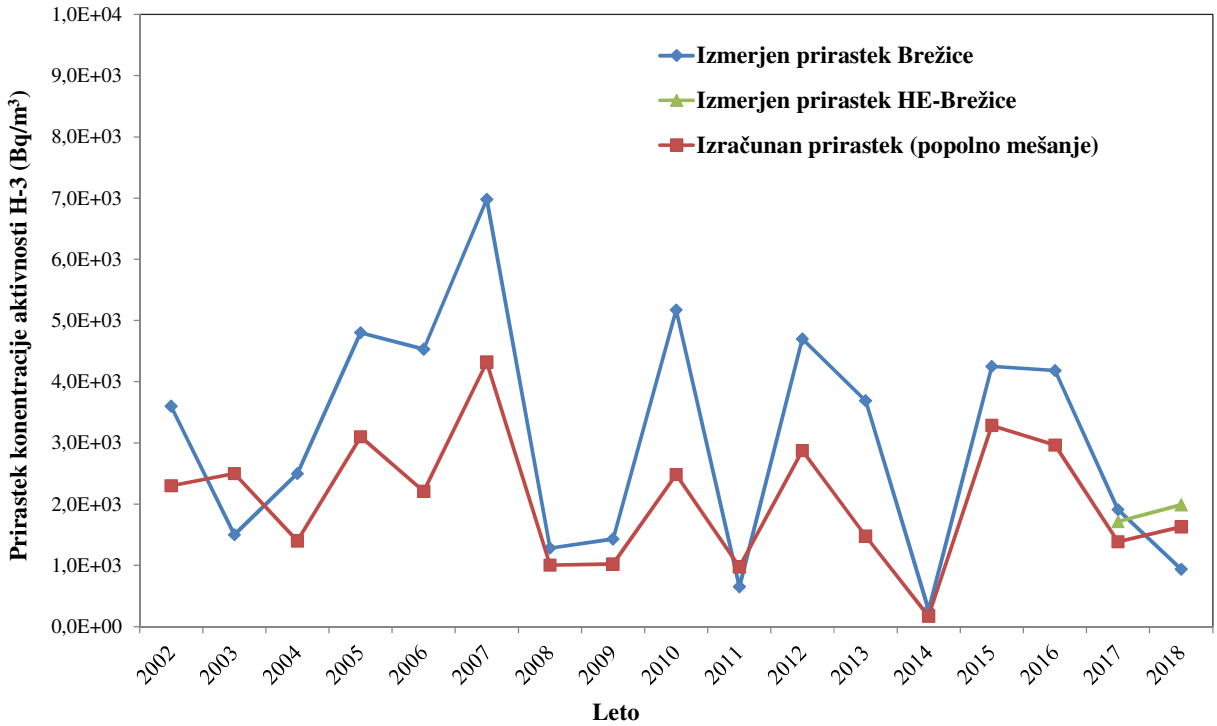
Prirastek koncentracije aktivnosti na mestu popolnega mešanja izračunamo iz izraza (1.2):

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

kjer sta $A_{\mathrm{H\text{-}3}}$ 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 $C_{\mathrm{w,L}}$ 0,94 kBq/m^3 (slika 1.7) in nad jezom HE Brežice 1,99 kBq/m^3. Izračunan prirastek koncentracije aktivnosti tritija na mestu popolnega mešanja $C_{\mathrm{w,tot}}$ je bil 1,63 kBq/m^3. Rezultati meritev nad jezom HE Brežice se bistveno bolje ujemajo z izračunanim prirastkom na mestu popolnega mešanja. Meritve v Brežicah se bistveno odmikajo od ugotovitev iz preteklih let in lahko kažejo na drugačne hidrodinamske razmere, ki jih še ne znamo pojasniti. Tako je bilo v letu 2018 razredčitveno razmerje *DR* v Brežicah ocenjeno na 0,6, kar se bistveno odmika od dolgoročnega povprečja. Dolgoletno povprečno razredčitveno razmerje *DR* (od 2007 do 2018) na vzorčevalni lokaciji ob levem bregu v Brežicah je bilo (1,5 ± 0,5). Razredčitveno razmerje *DR* na jezu HE Brežice je bilo ocenjeno na 1,2.



Slika 1.7: Primerjava med letnimi povprečnimi prirastki koncentracije aktivnosti H-3 v reki Savi na jezu HE Brežice za jezom v Brežicah in izračunano koncentracijo aktivnosti H-3, dobljeno na podlagi letnih tekočinskih izpustov in pretoka Save (letni izpust / letna prostornina pretečene Save) ob predpostavki popolnega mešanja

Ni jasno kakšen vpliv ima gradnje HE Brežice na razredčitveno razmerje v Brežicah. V letu 2017 vpliv ni bil opazen, medtem ko je bil v letu 2018 izraziti odmik, ki nakazuje na spremenjene razmere. Pričakovali bi, da se pred jezom reka dodatno zmeša in je tako razredčitveno razmerje v Brežicah zelo blizu $DR = 1$. Ugotavljamo, da dosedanji preprost model mešanja savske vode ne opiše dovolj dobro dejanskih razmer. To ugotovitev lahko pripišemo tudi dejstvu, da model ne upošteva vseh hidravličnih lastnosti reke Save, kot so npr. mešanje na jezu, negotovosti pretokov ali zatekanje reke Save nizvodno v podtalnico (pred gradnjo akumulacijskega jezera HE Brežice).

Ogljik (C-14)

Večina C-14 v okolju je danes posledica naravnega kozmičnega sevanja. Poskusne jedrske eksplozije so njegovo aktivnost v atmosferi v šestdesetih letih podvojile. Le manjši delež C-14 nastaja zaradi izpustov jedrskih objektov. Od leta 2013 se C-14 sistematično meri v četrtletnih vzorcih tekočinskih efluentov [23] [26].

C-14 je bil v letu 2018 merjen tudi v savski vodi in v ribah [24]. Na lokacijah na levem in desnem bregu akumulacijskega jezera HE Brežice so bili odvzeti enkratni četrtletni vzorci. Povprečni četrtletni koncentraciji aktivnosti C-14 na desni in levi obali akumulacijskega jezera sta bili bila 87 pMC (9,8 Bq/m^3 vode). Izmerjena sta bila tudi dva vzorca rib (klen in krap) v akumulacijskem jezeru HE Brežice. Izmerjene relativne specifične aktivnost C-14 v ribah so bile do 95 pMC (215 Bq/kg C). Vse izmerjene aktivnosti so nižje od trenutnih atmosferskih aktivnosti.

Skupna letna izpuščena aktivnost v Savo je bila v tem letu 0,04 GBq [26], kar je bistveno manj kot v preteklem letu. To so do sedaj najnižji letni izpusti in so za dva velikostna reda nižji, kot je dolgoletno povprečje (2,2 GBq) od leta 2013. Ob tem je treba poudariti, da je spomladi potekal tudi remont v NEK in da so bili pričakovani večji izpusti in s tem tudi morebiten merljiv vpliv v okolju. Opažamo, da so bili izpusti precej nižji od grobe ocene, ki jo naredimo glede na obratovalno moč elektrarne (1,8 GBq na leto oziroma 2,6 GBq/GW na leto [33]). Aktivnost izpuščenega C-14 je navadno 4 velikostne rede nižja kot pri tritiju. V tem letu pa je bila kar 6 velikostnih redov nižja.

V površinskih vodah je C-14 glede na običajni pH večinoma v obliki hidrogenkarbonatov (HCO_3^-). V Savi je tipično 250 mg/L HCO_3, kar je 50 mg/L ogljika v vodi [34]. Iz slednjega in osnovne defininicije (100 pMC = 226 Bq/kg stabilnega ogljika) preračunamo pretvorbo iz enote pMC v Bq/m^3 (100 pMC je enako 11,3 Bq/m^3 savske vode). Glede na letne izpuste v Savo je pričakovati, da bi povprečna koncentracija aktivnosti C-14 v Brežicah narasla na okrog 0,01 Bq/m^3 (~ 0,09 pMC). Zaradi prisotnosti naravnega, večinoma kozmogenega, C-14 v okolju (malo nad 100 pMC) tako nizke koncentracije aktivnosti ni mogoče izluščiti iz naravnega ozadja.

Vnos radioaktivnega ogljika v ribe poteka preko vode in vodnih rastlin, s katerimi se hranijo ribe. Obstaja popolno ravnovesje med raztopljenim anorganskim ogljikom v vodi in v ribi [35]. To pomeni enako relativno specifično aktivnost C-14 (izraženo v pMC) v vodi kot tudi v vodni bioti. Na podlagi ocenjenega povprečenega prirastka C-14 v Savi (0,01 Bq/m^3) zaradi vpliva NEK lahko ocenimo, da bi se relativna specifična aktivnost C-14 v ribah podobno kot v vodni bioti minimalno povečala.

Jod (I-131)

Kratkoživi radioaktivni jod (I-131) občasno opazimo v tekočinskih efluentih NEK. Povišane koncentracije joda je bilo mogoče izmeriti takoj po černobilski nesreči. V nekaterih rekah v Sloveniji ga je mogoče najti zaradi uporabe tega izotopa v medicini. V tem letu ni bilo izmerjenih izpustov I-131 iz NEK.

I-131 je redno prisoten na vseh nadzornih mestih reke Save, tako vzvodno od elektrarne kot nizvodno v Brežicah in Jesenicah na Dolenjskem. Koncentracija aktivnosti joda zelo niha in je včasih tudi pod mejo detekcije. Povprečna koncentracija aktivnosti I-131 v enkratnih vzorcih je bila od 1,8 Bq/m^3 do 4,7 Bq/m^3 in je bila najvišja na odvzemnem mestu Brežice. Najvišja posamična vrednost 8,7 Bq/m^3 je bila izmerjena na akumulacijskem jezeru HE Brežice in se ni bistveno odmikala od najvišje posamične izmerjene vrednosti na referenčnem mestu v Krškem (8,6 Bq/m^3). Če primerjamo rezultate meritev z ločenim nadzorom v življenjskem okolju v RS [13] so bile meritve na reki Savi v Brežicah podobne, kot jih izmerimo v Savi v

Ljubljani (7,1 Bq/m^3), in so tudi primerljive z dolgoletnim povprečjem 4,6 Bq/m^3 v Brežicah. V tem letu je bil jod izmerjen skoraj v vseh rekah.

V tem letu je bil jod v talnem sedimentu zaznan samo v enem vzorcu na referenčni lokaciji Krško (1,2 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 Bq/kg (upoštevajoč bioakumulacijski faktor B_r = 0,04 m^3/kg) [29], kar pa je pod mejo detekcije.

Cezij (Cs-137)

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 2,0 MBq, kar je podobno kot v preteklih letih. Cezij se slabo veže na grobo suspendirano snov (le nekaj odstotkov) [29]. 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 letni izpust, 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 0,5 mBq/m^3. Ocenjena koncentracija aktivnosti cezija je tri velikostne rede nižja od izmerjenih vrednosti, zaradi česar tega prispevka ni mogoče ločiti od globalne kontaminacije.

Povprečna mesečna koncentracija aktivnosti v vodi (suhi ostanek po izparevanju vzorca vode) je bila na referenčnem mestu v Krškem 0,15 Bq/m^3, kar je podobno kot v Brežicah 0,21 Bq/m^3 ali na HE Brežice 0,31 Bq/m^3. Na večini odvzemnih mest so bili rezultati meritev cezija v savski vodi pod spodnjo mejo aktivnosti (poročana je ¼ MDA). Cs-137 se je sicer v preteklosti navadno pojavljal v nekoliko višjih koncentracijah v filtrskem ostanku, kot tudi v vodni sušini, sedaj pa so rezultati vezani samo še na mejo detekcije.

Podobno kot pri vodni sušini so bili rezultati meritev filtrskega ostanka pri vseh odvzemnih mestih praviloma pod spodnjo mejo aktivnosti. Povprečna mesečna koncentracija aktivnosti Cs-137 0,18 Bq/m^3 v Brežicah je bila podobna kot pri HE Brežice (0,08 Bq/m^3) ali v Jesenicah na Dolenjskem (0,11 Bq/m^3). Primerljive vsebnosti (v okviru merske negotovosti) so izmerjene tudi na referenčnem mestu Krško 0,08 Bq/m^3.

Primerljivi so bili tudi rezultati meritev cezija enkratnih vzorcev nefiltrirane vode (vodna sušina skupaj s filtrskim ostankom) na vseh odvzemnih mestih. Povprečne koncentracije aktivnosti cezija v drugih rekah po Sloveniji so podobne vrednostim, izmerjenim v reki Savi v okolici NEK. Najvišja povprečna koncentracija aktivnosti Cs-137 je bila izmerjena v reki Savi v Ljubljani 0,27 Bq/m^3 [13].

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.

Povprečna specifična aktivnost radioaktivnega cezija v obrežnih sedimentih, ki jih je meril IRB, je bila v Krškem (pod mostom) 5,4 Bq/kg, pod jezom NEK 6,3 Bq/kg, v na levem bregu jezera HE Brežice (Pesje) 5,8 Bq/kg, v Brežicah 4,4 Bq/kg, v Jesenicah na Dolenjskem 1,6 Bq/kg in v Podsusedu 0,8 Bq/kg. Rezultati meritev sedimentov, ki jih je izvedel ZVD, so primerljivi meritvam IRB. Ni opaznih razlik med referenčno lokacijo in lokacijami pod jezom NEK.

Specifična aktivnost cezija v sedimentih kaže najvišje povprečne mesečne aktivnosti pod jezom NEK (slika 1.8). S slike je razvidno, da se specifična aktivnost cezija v sedimentu v glavnem na vseh lokacijah z leti sistematično zmanjšuje. To je povezano z razpadom izotopa (iz globalne kontaminacije) ter istočasno z izpiranjem talnega sedimenta. Specifične aktivnosti umetnih radionuklidov so sicer v sedimentih zaradi izpiranja bistveno nižje kot v vrhnji plasti zemlje (navadna specifična aktivnost cezija v zemlji je namreč nekaj deset bekerelov na kilogram). Zaradi majhnih izpustov in razmeroma velikih vzorčevalnih in merskih negotovosti opažamo, da vpliva NEK-a v sedimentu ni mogoče zaznati.

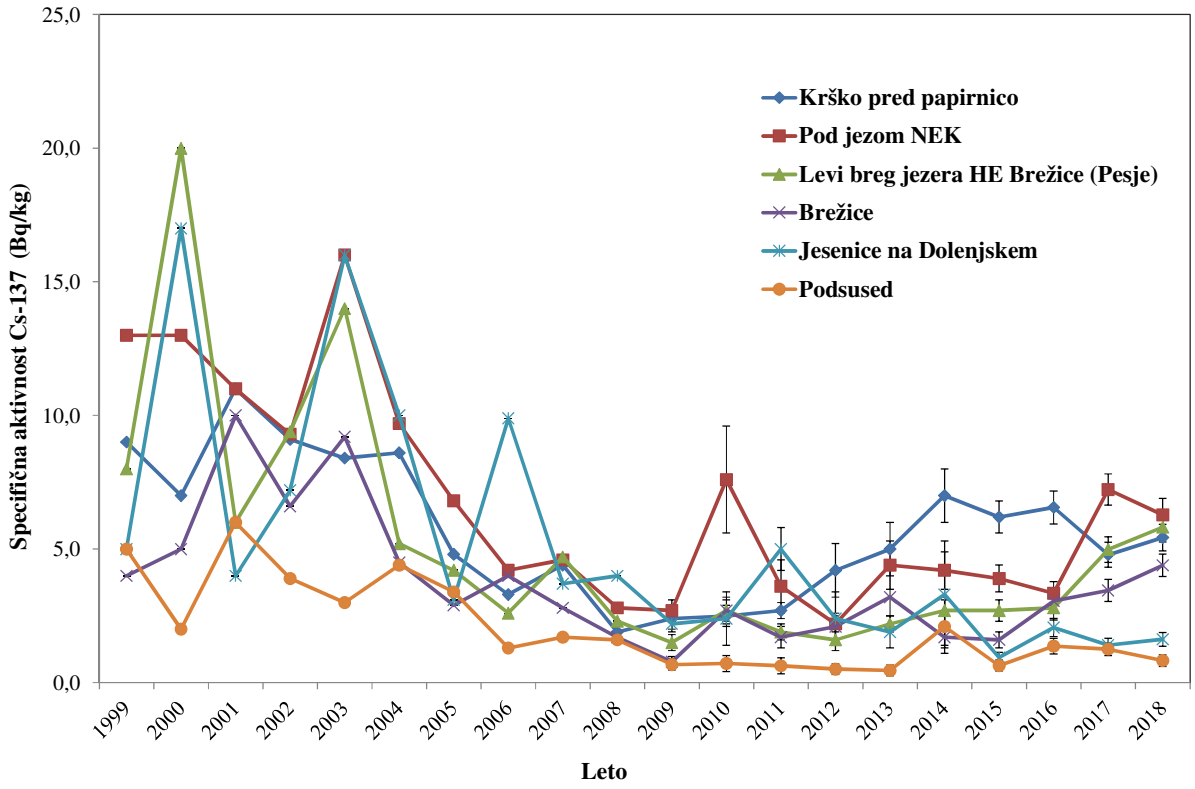
Spektrometrične analize rib, ulovljenih na lokacijah, od katerih je referenčna v Krškem, druge pa so nizvodno pod izpustom NEK, kažejo povprečne mesečne specifične aktivnosti Cs-137 v ribah pod spodnjo mejo aktivnosti do 0,1 Bq/kg in je v okviru merske negotovosti na vseh odvzemnih mestih podobna. Glede na koncentracije aktivnosti cezija v vzorcih nefiltrirane vode (okrog 0,3 Bq/m^3) bi pričakovali, da je specifična aktivnost cezija v ribah okrog 0,6 Bq/kg (upoštevajoč koncentracijski faktor B_r = 2,0 m^3/kg) [29]. Podobno kot pri sedimentu ugotovimo, da je specifična aktivnost cezija v ribah kot posledica vpliva NEK nemerljiva.

Stroncij (Sr-90)

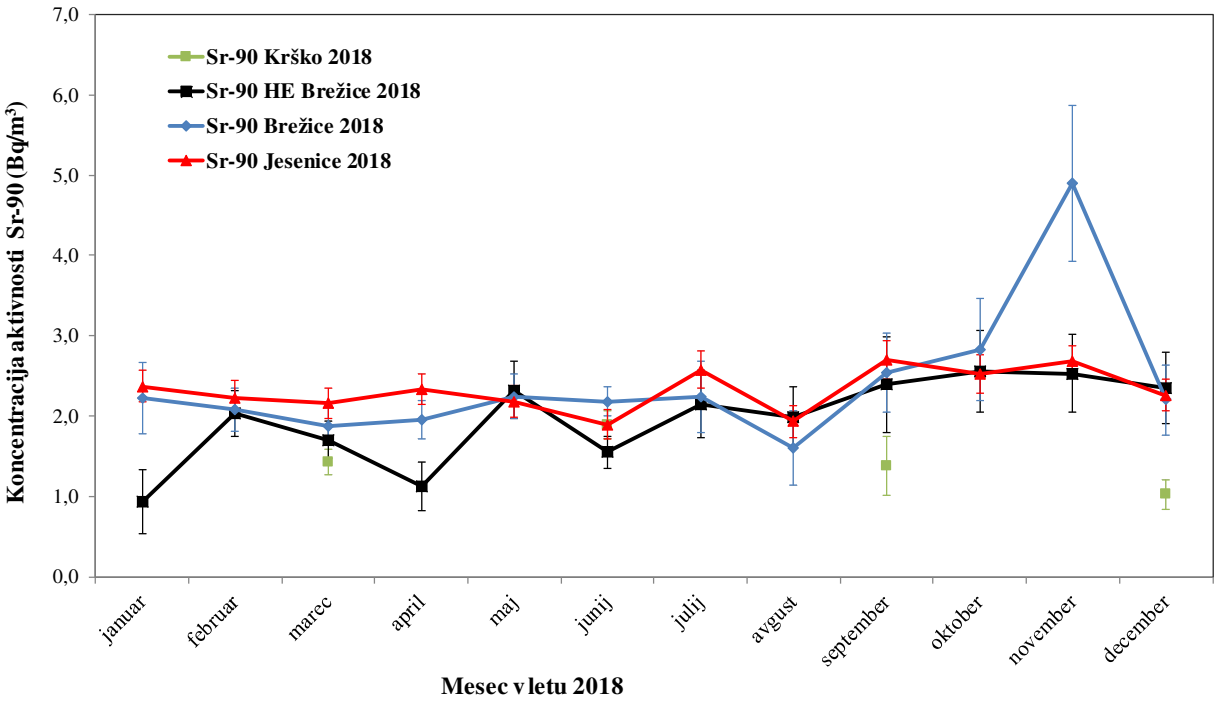
Sr-90 je podobno kot radioaktivni izotop cezija Cs-137 povsod v okolju in je posledica globalne kontaminacije. V primerjavi s cezijem je bil delež stroncija v okolju zaradi vpliva Černobila na področju Slovenije skoraj zanemarljiv. Kot posledica poskusnih jedrskih eksplozij pa je bil used obeh radionuklidov na naši geografski širini primerljiv. Radioaktivni stroncij (Sr-90) je redno v tekočinskih izpustih NEK (0,04 MBq v letu 2018), vendar so aktivnosti izpustov precej nižje od aktivnosti izpustov cezija.

Večina stroncija je raztopljena v vodi, saj je koncentracija aktivnosti Sr-90 v vodi vsaj 10-krat večja kot v filtrskem ostanku. Na splošno je v vodi stroncij v 10-krat višjih koncentracijah kot cezij. Na sliki 1.9 je prikazana primerjava rezultatov meritev Sr-90 v vodi na različnih odvzemnih mestih v letu 2018. Odmik od povprečja v Brežicah (staro vzorčevalno mesto) v novembru pripisujemo okoljskim variacijam, saj na drugih vzorčevalnih mestih vzvodno in nizvodno ni povišanih vrednosti.

Sr-90 se pojavlja v vodi na referenčnem mestu Krško v podobni letni povprečni koncentraciji aktivnosti 1,4 Bq/m^3 kot v nadzornem mestu HE Brežice 2,0 Bq/m^3, v Brežicah 2,4 Bq/m^3 ali v Jesenicah na Dolenjskem 2,3 Bq/m^3. Koncentracije aktivnosti Sr-90 v enkratnih vzorcih vode (nefiltrirani vzorci) so zelo podobne kot v kontinuirnih vzorcih filtrirane vode. Na vseh lokacijah so četrtletna povprečja od 1,7 Bq/m^3 do 2,1 Bq/m^3. Najvišja posamična izmerjena vrednost je bila nad jezom HE Brežice desni breg 4,1 Bq/m^3.



Slika 1.8: Primerjava specifičnih aktivnosti Cs-137 v talnem sedimentu reke Save

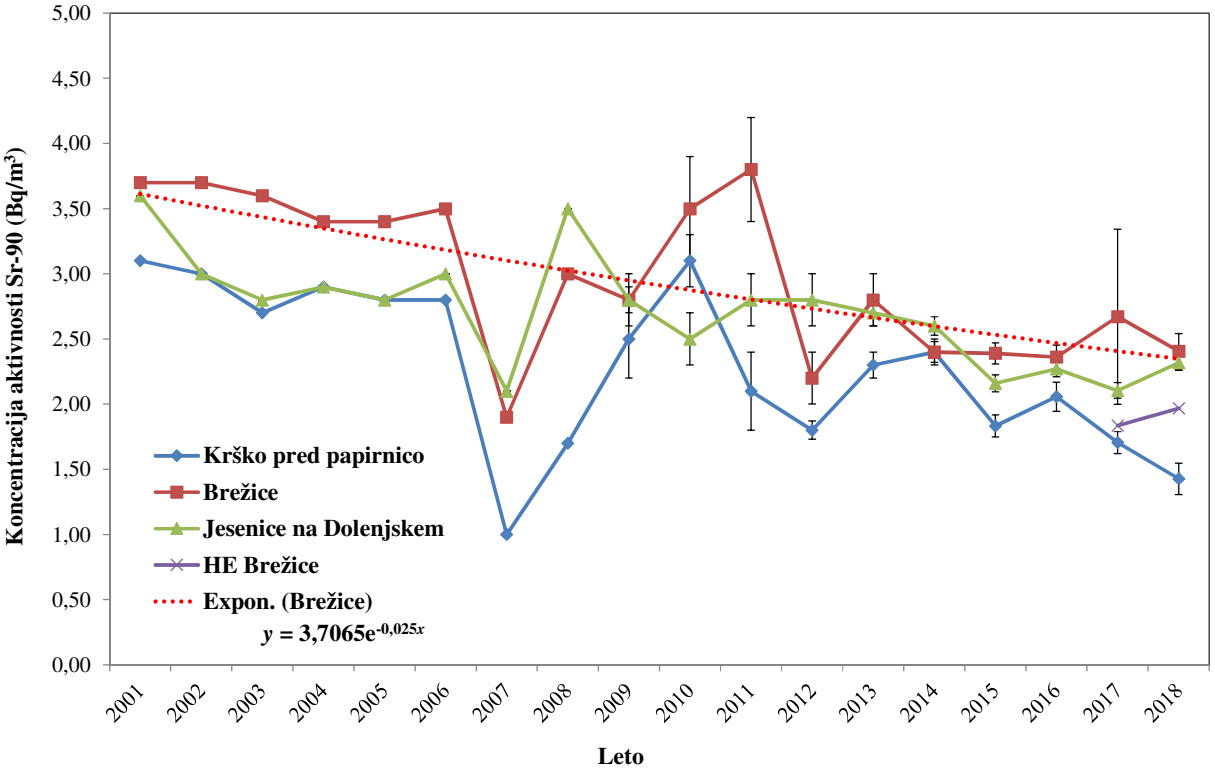


Slika 1.9: Primerjava mesečnih koncentracij aktivnosti Sr-90 v vodi (v suhem ostanku po izparevanju vzorca) reke Save na lokacijah Krško, HE Brežice, Brežice in Jesenice na Dolenjskem. V Krškem so bili izmerjeni kvartalni vzorci, zato na grafu te točke niso povezane.

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 2,3 Bq/m^3 [13]. Koncentracije aktivnosti Sr-90 v savski vodi so v okviru merskih in vzorčevalnih negotovosti podobne rezultatom iz zadnjih nekaj let (glej sliko 1.10). Opazna je težnja padanja, ki je povezana z razpolovno dobo stroncija (28,8 let). Primerjava meritev na različnih lokacijah z upoštevanjem merskih negotovosti kaže, da je vpliv NEK nemerljiv.

Specifične aktivnosti stroncija v obrežnih sedimentih so tipično nižje od specifičnih aktivnosti cezija. Povprečne aktivnosti, ki jih je izmeril ZVD, so bile tipično pod spodnjo mejo aktivnosti (poročana je ¼ MDA) 0,1 Bq/kg v Krškem, 0,3 Bq/kg na levem bregu jezera HE Brežice, 0,2 Bq/kg na desnem bregu jezera HE Brežice, 0,2 Bq/kg v Brežicah in 0,3 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 prav tako na spodnji meji aktivnosti 0,04 Bq/kg. Specifična aktivnost stroncija v obrežnem sedimentu je tako primerljiva z rezultati meritev iz predhodnih 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 kopiči v kosteh, kjer so navadno vsebnosti dva velikostna reda višje kot v mišicah. Glede na koncentracije aktivnosti stroncija v vzorcih nefiltrirane vode (okrog 3 Bq/m^3) bi pričakovali, da je specifična aktivnost stroncija v ribah okrog 0,2 Bq/kg (upoštevajoč koncentracijski faktor B_r = 0,06 m^3/kg) [29]. Izmerjene povprečne specifične aktivnosti v ribah od 0,2 Bq/kg do 0,6 Bq/kg (mišice in kosti ribe skupaj, meritve ZVD) se dobro ujemajo z oceno in so podobne kot v preteklih letih.



Slika 1.10: Primerjava povprečnih koncentracij aktivnosti Sr-90 v vodi (vodni sušini) reke Save in usmeritev eksponentnega upadanja zaradi radioaktivnega razpada (razpadna konstanta Sr-90 je 0,024 na leto in se lepo ujema z usmeritvijo na grafu).

Drugi aktivacijski in fisijski produkti

Drugi fisijski in aktivacijski produkti (Co-58, Co-60, Ag-110m, Cs-134) se navadno redno pojavljajo v tekočinskih izpustih NEK. Njihova skupna izpuščena aktivnost v letu 2018 je bila vsaj šest velikostnih redov nižja kot pri tritiju. Podobno kot v preteklem letu tudi v tem letu Cs-134 sploh ni bil izmerjen v tekočinskih izpustih. V zadnjih nekaj letih ni bil zaznan v okolju noben izmed naštetih radionuklidov. Nazadnje je bil detektiran Co-60 v letih 2003 in 2006 v vodi in sedimentu.

Naravni radionuklidi

Naravni radionuklidi uranove (U-238, Ra-226 in Pb-210) in torijeve (Ra-228 in Th-228) razpadne vrste so bili redno zaznani v vseh vzorcih vode. V nefiltrirani vodi so bile na vseh odvzemnih mestih koncentracije aktivnosti U-238 do 93 Bq/m^3, Ra-226 do 11 Bq/m^3, Pb-210 do 190 Bq/m^3, Ra-228 do 71 Bq/m^3 in Th-228 do 65 Bq/m^3. Vrednosti so podobne tistim, izmerjenim v rekah po Sloveniji. Koncentracije aktivnosti K-40 so nekoliko višje in so od 25 Bq/m^3 do 1 000 Bq/m^3. Redno je bil merjen tudi kozmogeni radionuklid Be-7, katerega koncentracije aktivnosti so od 1 do 400 Bq/m^3. V sedimentih so bile na vseh odvzemnih mestih specifične aktivnosti U-238, Ra-226, Ra-228 in Th-228 od 20 do 40 Bq/kg, specifične aktivnosti Pb-210 pa so značilno višje, tudi do 220 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 286 Bq/m^3 [13].

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.

OCENA VPLIVOV

Izpostavitev prebivalstva se ocenjuje na podlagi neposrednih meritev izpustov (emisij) in z uporabo ustreznih modelov. Vpliv na okolje po savski prenosni poti ocenjujemo na podlagi primerjave rezultatov emisijskih meritev (meritev vzorcev iz odpadnih merilnih rezervoarjev – WMT in kalož uparjalnikov – SGBD), ki jih izvaja NEK, in rezultatov meritev vzorcev reke Save. V letu 2003 sta bila izdelana metodologija in model za oceno doz pri izpostavitvi prebivalcev [28] in revidirana v letu 2009 (*Izpostavitve referenčne skupine prebivalcev sevanju zaradi tekočinskih izpustov NEK v reko Savo – Nova referenčna lokacija* [29]). 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).

Zaradi gradnje HE Brežice 7,2 km nizvodno od NEK in nastanka akumulacijskega jezera je lahko prišlo do sprememb pri načinih in poteh izpostavitve prebivalstva sevanju. Sedanja ocena vplivov izpuščenih radionuklidov, ki je opisana v nadaljevanju, temelji na starih predpostavkah in ne vključuje novega stanja.

Prvotne ocene, ki so bile narejene v letu 2003, so predpostavljale, da so referenčna skupina ribiči, ki ribarijo pri Brežicah, kjer naj bi bilo popolno mešanje izpuščene radioaktivnosti v reko Savo. Kasnejša analiza v letu 2009 je ugotovila, da ribiči pogosto ribarijo znatno bližje NEK, kjer je mešanje še nepopolno. V revidiranem modelu je dodana nova lokacija za ribiče (levi del struge, 350 m pod jezom NEK), ki je prikazana na sliki 1.11. Za to skupino se upošteva drugo razredčitveno razmerje *DR*, saj na tem mestu ne prihaja do popolnega mešanja s savsko vodo.

Slika 1.11: 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.

V tabeli 1.1 je inventar letnih tekočinskih izpustov NEK, kar je vhodni podatek pri oceni letne efektivne doze. V tabeli 1.1 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 radionuklid z vidika radiotoksičnosti malo pomemben. Pomembna sta aktivacijska produkta Co-60 in Co-58 ter fisijski produkti Cs-134, Cs-137 in Sr-90. Pomemben je tudi C-14, ki sicer nima visoke radiotoksičnosti, vendar je po izpustih takoj za tritijem. Pri izračunu letne efektivne doze nismo upoštevali prispevka žlahtnih plinov Xe-131m, Xe-133, Xe-133m, Xe-135, Kr-85m in drugih zelo kratkoživih radionuklidov, ker pri ingestiji niso pomembni.

Tabela 1.1: Inventar tekočinskih izpustov v letu 2014, 2015, 2016, 2017 in 2018 [5]

Radionuklid	2014 (Bq na leto)	2015 (Bq na leto)	2016 (Bq na leto)	2017 (Bq na leto)	2018 (Bq na leto)
H-3	1,73E+12	1,63E+13	1,99E+13	8,64E+12	1,05E+13
C-14	1,69E+09	1,21E+09	9,20E+09	1,25E+08	4,1E+07
Na-24	–	–	–	–	–
Cr-51	–	–	–	–	–
Mn-54	2,57E+05	–	–	–	4,57E+05
Fe-55	5,06E+06	5,63E+06	2,95E+06	2,02E+06	3,96E+06
Fe-59	–	–		–	–
Co-57	–	–		–	–
Co-58	2,65E+07	7,96E+06	2,22E+06	5,97E+05	3,40E+06
Co-60	5,28E+06	4,83E+06	2,36E+06	1,38E+06	2,00E+06
Zn-65	–	–	–	–	–
Se-75	–	–	–	–	–
Sr-85	–	–	–	–	–
Sr-89	–	–	–	–	–
Sr-90	1,58E+05	7,57E+04	6,51E+04	1,34E+05	4,43E+04
Y-92	–	–	–	–	–
Zr-95	–	–	–	–	–
Nb-95	3,37E+05	–	–	–	6,43E+05
Nb-97	–	–	–	–	–
Mo-99	–	–	–	–	–
Tc-99m	–	–	–	–	–
Kr-85	–	–	–	–	–
Kr-85m	–	–	–	–	–
Kr-87	–	–	–	–	–
Kr-88	–	–	–	–	–
Rb-88	–	–	–	–	–
Ru-103	–	–	–	–	–
Ru-106	–	–	–	–	–
Ag-110m	5,06E+06	1,07E+07	3,17E+06	1,39E+06	1,96E+06
Sn-113	–	–	–	–	–
Sb-124	–	–	–	–	–
Sb-125	–	–	–	7,04E+05	2,45E+06
Te-123m	–	–	–	–	–
Te-125m	–	–	–	–	–
Te-127m	–	–	–	–	–
Te-129m	–	–	–	–	–
Te-132	–	–	–	–	–
I-129	–	–	–	–	–
I-131	–	2,22E+06	2,01E+04	–	–
I-132	–	–	–	–	–
I-133	–	3,32E+05	–	–	–
I-134	–	–	–	–	–
Cs-134	–	–	–	–	–
Cs-137	4,01E+05	1,12E+06	1,71E+06	1,00E+06	1,99E+06
Cs-136	–	–	–	–	–
Cs-138	–	–	–	–	–
Xe-131m	–	–	–	–	–
Xe-133	1,45E+05	1,17E+08	9,33E+05	–	–
Xe-133m	–	–	–	–	–
Xe-135	2,40E+05	1,30E+05	–	–	–
Xe-135m	–	–	–	–	–
Ba-140	–	–	–	–	–
La-140	–	–	–	–	–
Ce-141	3,96E+05	–	–	–	–
Ce-144	4,99E+06	7,20E+05	5,91E+05	–	–
Hg-203	–	–	–	–	–

Za izračun letne efektivne doze v letu 2018 so bili uporabljeni naslednji vhodni podatki:

- letni izpust radionuklidov iz poročil NEK (tabela 1.1);
- povprečni pretok Save v Brežicah v tem obdobju (205 m^3/s);
- razredčitveno razmerje *DR* na lokaciji 350 m nizvodno od jeza NEK je (3 ± 2) in v Brežicah (1,5 ± 0,5); dolgoletno povprečno razredčitveno razmerje od 2002 do 2018, dobljeno iz primerjave meritev tritija v izpustih in v Brežicah (slika 1.7);
- povprečna koncentracija suspendiranega sedimenta (7 g/m^3, povprečje med meritvami v Brežicah in Jesenicah na Dolenjskem);
- predpostavimo maksimalno izpostavljenega posameznika in ekstremno porabo (največja mogoča ocena izpostavitve).

Od številnih mogočih prenosnih poti vnosa izpuščenih radionuklidov so za prebivalce v okolici NEK najpomembnejše zadrževanje na bregu (zunanje sevanje) in uživanje rečnih rib. Po dostopnih informacijah napajanje živine in zalivanje pridelkov z rečno vodo nista značilnosti tega področja, zato ju nismo upoštevali v računu. Pitje rečne vode prav tako ni realno zaradi onesnaženosti reke. Vpliv reke Save na pitno vodo se obravnava v poglavju *Radioaktivnost v pitni in podzemni vodi*. Analizirana je tudi izpostavitev 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.

V modelu je upoštevano zadrževanje na bregu in uživanje rib, ki je značilno za ribiče, ki so v našem primeru referenčna (kritična) skupina. Podrobni podatki o navadah ribičev so bili dobljeni od gospodarja Ribiške družine Brestanica-Krško. Po informacijah gospodarja ribiške družine morda tretjina ribičev uživa ujete ribe. Ti ribiči so referenčna skupina, ki šteje 36 ljudi. V tabeli 1.2 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 (dojenčki 1 leto), 350 L (otroci 7–12 let) in 750 L (odrasli > 17 let).

Tabela 1.2: 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	**–**

Ocenjena letna efektivna doza za posamezno skupino, narejena na podlagi realnih izpustov NEK in ob predpostavkah največje izpostavitve (ekstremna poraba in maksimalni čas zadrževanja na obrežju, tabela 1.3), je za odraslo osebo v Brežicah 0,004 μSv. Na bližji lokaciji (350 m nizvodno od NEK) pa je izračunana letna efektivna doza za odraslo osebo 0,008 μSv (tabela 1.4). Največja negotovost izračuna letnih efektivnih doz izvira iz negotovosti koncentracijskih faktorjev B_r za ribe, saj se privzeti faktorji lahko odmikajo tudi za red velikosti. Podobno ne poznamo tudi negotovosti doznih faktorjev, ki so večji od merskih negotovosti.

Tabela 1.3: Ocenjena 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)
	Doza (µSv na leto)
odrasli (> 17 let)	**0,004 µSv** Prispevek zunanjega sevanja: < 0,0008 µSv Prispevek ingestije rib: 0,0032 µSv
otroci (od 7 do 12 let)	**0,001 µSv** Prispevek zunanjega sevanja: < 0,0004 µSv Prispevek ingestije rib: 0,0008 µSv
dojenčki (1 leto)	**0 µSv**

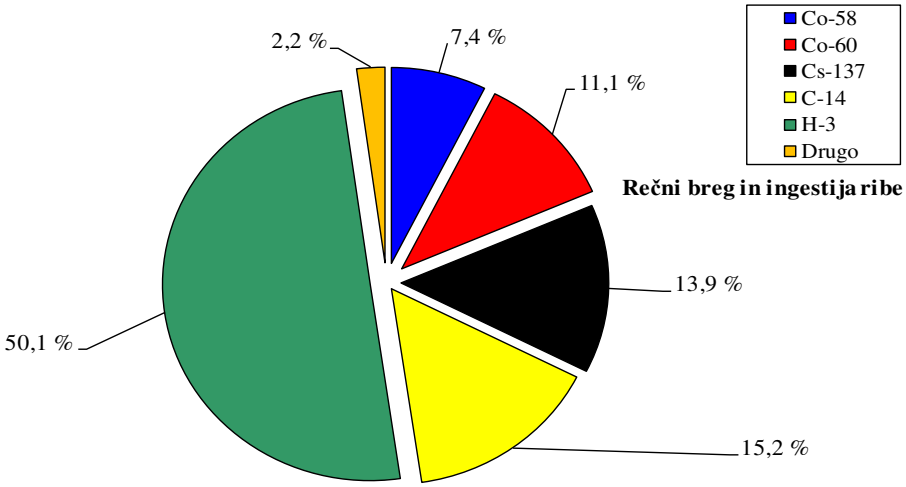
Tabela 1.4: Ocenjena efektivna letna doza posameznika iz referenčne skupine prebivalstva na lokaciji 350 m pod jezom, pri čemer upoštevamo maksimalno izpostavljenega posameznika (ekstremna poraba)

Starostna skupina	**350 m pod jezom NEK**
	Rečni breg in ingestija rib (zelo verjetna prenosna pot)
	Doza (µSv na leto)
odrasli (> 17 let)	**0,008 µSv** Prispevek zunanjega sevanja: < 0,002 µSv Prispevek ingestije rib: 0,006 µSv
otroci (od 7 do 12 let)	**0,0025 µSv** Prispevek zunanjega sevanja: < 0,0008 µSv Prispevek ingestije rib: 0,002 µSv
dojenčki (1 leto)	**0 µSv**

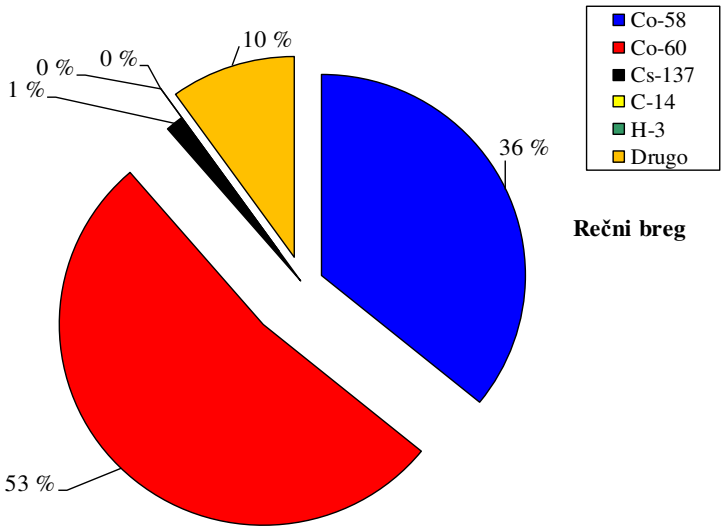
Druge starostne skupine (otroci in dojenčki) v skladu s to oceno prejmejo še nižjo efektivno dozo. Vzporedno je narejena tudi ocena efektivne letne doze ob predpostavki pitja rečne vode. V poročilu *IJS-DP-10114* [29] je bilo ugotovljeno, da je prenosna pot pitja rečne vode malo verjetna.

Na slikah 1.12, 1.13 so deleži prispevkov posameznih radionuklidov, ki največ prispevajo k prejeti dozi pri zelo verjetni prenosni poti (zadrževanje na rečnem bregu in ingestija rib).

H-3 največ prispeva k celotni dozi iz vseh prispevkov (50 %, dominantna je ingestija rib). Če upoštevamo samo zadrževanje na bregu, je praktično celotna obremenitev zaradi Co-60 in Co-58, in sicer 89 %. Če upoštevamo pitje savske vode, ki je malo verjetna prenosna pot, postane dominanten prispevek H-3 skoraj 100 %.



Slika 1.12: Prispevki posameznih radionuklidov k skupni dozi (zadrževanje na rečnem bregu in ingestija ribe na lokaciji 350 m nizvodno od NEK). Največ prispeva H-3.



Slika 1.13: Prispevki posameznih radionuklidov k zunanji dozi pri zadrževanju na rečnem bregu 350 m nizvodno od NEK. Največ prispevata Co-60 in Co-58.

SKLEPI

Tritij je edini radionuklid v okolju, ki ga lahko sistematično merimo v savski rečni vodi in je zagotovo vsaj delno posledica izpustov NEK. Njegov prispevek v reki Savi je bil v letu 2018 nekoliko višji kot v letu 2017, vendar primerljiv z dolgoletnim povprečjem. Tritij se v okolju pojavlja tudi kot kozmogeni radionuklid, saj nastaja v višjih plasteh ozračja in se s padavinami spira na tla.

Vpliv NEK zaradi izpustov drugih radionuklidov v reko Savo je v okolju zanemarljiv in tudi večinoma nemerljiv, saj so prispevki neločljivi od njihovih navadnih vrednosti v okolju (naravni izvir, globalna kontaminacija). Na podlagi podatkov o količini izpustov iz NEK in modelske ocene bi morali v okoljskih vzorcih takoj za tritijem zaznati C-14, Co-58, Co-60, Ag-110m in Cs-137.

C-14 je bil v letu 2018 merjen tudi v okoljskih vzorcih (rečna voda, riba). Skupna letna izpuščena aktivnost v Savo je bila bistveno nižja kot v letu 2017 in je 6 velikostnih redov nižja kot pri tritiju. Zaradi razredčitve v Savi in glede na prisotnost C-14 v okolju ga je v mesečnih vzorcih težko ločiti od naravnega ozadja.

Kobaltovih izotopov v okolju v letu 2018 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 2018 in upoštevanja ustreznih razredčitev, ki smo jih uporabili v modelni oceni, lahko sklenemo, da je izračunana letna efektivna doza referenčne skupine, na kateri koli lokaciji nizvodno od NEK zaradi savske prenosne poti, nižja od 0,01 μSv na leto.

Zaradi gradnje HE Brežice 7,2 km nizvodno od NEK so bile dodane vzorčevalne lokacije vode, sedimentov in rib med jezoma NEK in HE Brežice. Navadno se pobira rečni sediment z brežin tam, kjer je naplavina mulja ali finega peska in je tok reke minimalen. Že v preteklem letu smo ugotavljali, da je glede na obliko brežine akumulacijskega jezera HE Brežice skoraj nemogoče pridobiti reprezentativni vzorec sedimenta na bregovih akumulacije. Predvsem sediment na dnu akumulacijskega jezera lahko vsebuje radionuklide zaradi izpustov NEK. Opažamo, da ni nobene vzorčevalne lokacije sedimentov v akumulacijskem jezeru, kjer bi lahko pričakovali največje nanose v talnem sedimentu. Predlagamo, da zavezanec za merilni nadzor in izvajalci nadzora poskušajo namesto podvajanja vzorčevalnih mest obrežnih sedimentov, dolgoročno zagotoviti tudi spremljanje radioaktivnosti sedimentov na dnu akumulacijskega jezera. V ta namen predlagamo, da se spremeni pogostost in lokacija vzorčenja sedimentov ob akumulacijskem jezeru HE Brežice.

Meritve enkratnih vzorcev vode nad HE Brežice nakazujejo možnost, da ne poznamo dovolj dobro vpliva novih hidrodinamskih razmer na mešanje efluentov v reki Savi, predvsem v akumulacijskem jezeru. Na podlagi rezultatov meritev enkratnih vzorcev vode obstaja možnost, da so neposredno po izpustu koncentracije izpuščenih radionuklidov na desnem bregu akumulacijskega jezera višje kot na levem. Pričakovali pa bi višje izmerjene vrednosti na levem bregu, saj je kanal za izpuščanje radioaktivnih tekočin iz NEK na levem bregu. Tudi kontinuirni vzorčevalni postaji HE Brežice in Brežice, ki se uporabljata za vrednotenje mesečnih in letnih vplivov, zajemata vodo na levem bregu. Zaradi nastanka akumulacijskega jezera so morda nastale tudi spremembe pri načinih in poteh izpostavitve prebivalstva, zaradi česar bo treba revidirati obstoječi model izpostavitve referenčne skupine prebivalcev sevanju zaradi tekočinskih izpustov NEK v reko Savo.

2 RADIOAKTIVNOST V PITNI IN PODZEMNI VODI

POVZETEK

V poglavju obravnavamo radioaktivnost v podzemni vodi na krško-brežiškem polju, ki se uporablja za pitje, namakanje in druge gospodarske namene. Vodonosniki so bolj ali manj povezani s Savo in padavinami. Na podlagi merskih rezultatov v letu 2018 ter na podlagi rezultatov meritev iz preteklih let ugotavljamo vpliv izpustov NEK na pitno vodo in podtalnico v občinah Krško in Brežice. V letu 2018 se je nadaljevalo vzorčenje na vseh lokacijah, ki so bile v rabi tudi v letu 2017. Vzorčevana je bila voda iz vodovodov in črpališč v Brežicah in Krškem, iz vrtine znotraj ograje NEK ter iz podtalnice na Hrvaškem. V letu 2018 se je nadaljevalo vzorčenje treh vrtin v neposredni bližini akumulacijskega jezera HE Brežice. V odvzetih vzorcih so bile izmerjene koncentracije aktivnosti naravnih in umetnih radionuklidov. Med umetnimi radionuklidi sta bila največkrat zaznana H-3 in Sr-90, Cs-137 je bil pod mejo kvantifikacije, I-131 je bil zaznan le v enem vzorcu. Drugi umetni radionuklidi niso bili zaznani. Na podlagi izmerjenih povprečnih mesečnih koncentracij aktivnosti radionuklidov je bila ocenjena letna efektivna doza za tri starostne skupine prebivalstva, ki uporabljajo vodo iz vzorčevanih vodovodov in črpališč za pitje. Izračunane letne efektivne doze zaradi prispevka umetnih radionuklidov v pitni vodi so podobne kot v prejšnjih letih in so glede na celotno letno dozo kvečjemu 0,13 *% v brežiškem in 0,*81 *% v krškem vodovodu. Na podlagi izračunanih letnih efektivnih doz umetnih radionuklidov v vodovodih in črpališčih v okolici NEK lahko trdimo, da je v letu 2018 vpliv NEK na pitno vodo zanemarljivo majhen.*

UVOD

Lokacije in obseg vzorčevanja pitne vode in podtalnice so določene v programu nadzora, ki ga pripravi upravni organ (*JV10*, URSJV) [8]. Vodovod Ljubljana je referenčna lokacija in se redno analizira v okviru republiškega nadzora radioaktivnosti v pitni vodi v Sloveniji [14]. Izračun izpeljanih vrednosti koncentracij (*IK*) umetnih radionuklidov v pitni vodi je v *Uredbi o mejnih dozah, referenčnih ravneh in radioaktivni kontaminaciji (UV2*) [9]. Vsota deležev izmerjenih koncentracij radionuklidov v pitni vodi mora biti manjša od ena glede na izpeljane koncentracije. Z analizami ugotavljamo koncentracije aktivnosti naravnih in umetnih radionuklidov ter iz tega sklepamo na morebitni prispevek k celotni letni efektivni dozi prebivalcev zaradi obratovanja NEK. V skladu z zahtevami pravilnika *JV10* [8] ovrednotimo sevalne obremenitve za tri starostne skupine, in sicer za enoletnega otroka, desetletnega otroka in odraslo osebo, starejšo od 17 let. Pri izračunih upoštevamo, da odrasla oseba letno zaužije 0,75 m^3 vode, desetletni otrok 0,35 m^3 vode in enoletni otrok 0,26 m^3 vode.

Nadzemni jedrski poskusi ter nesreči v Černobilu in Fukushimi so od sredine preteklega stoletja vplivali na izpostavljenost prebivalstva antropogenim virom radioaktivnosti. V letu 2018 iz sveta ni bilo poročil o jedrskih nezgodah, ki bi lahko vplivale na koncentracijo radioaktivnih snovi v pitni vodi v okolici NEK. Redni nadzor ni zaznal nenavadnih odmikov. Kontrolirani izpusti iz jedrskih in sevalnih objektov ter uporaba virov v medicini so naša realnost in glavni viri antropogenih snovi v okolju in s tem tudi v pitni vodi.

Med radionuklidi umetnega izvora je bil v letu 2018 v okviru merilnega nadzora, tako kot prejšnja leta, v vodi iz črpališč in vrtin poleg tritija izmerjen le še Sr-90 in v enem vzorcu tudi I-131. V nekaterih vzorcih je bil zaznan tudi Cs-137, vrednosti so bile največkrat pod mejo kvantifikacije in zato obremenjene z veliko mersko negotovostjo.

NEK stoji tik ob reki Savi in savsko vodo uporablja za hlajenje. Med obratovanjem nadzorovano izpušča majhne količine radioaktivnih snovi v reko Savo, ki vsaj delno napaja nekatere podzemne vodonosnike krško-brežiškega polja. Podzemna voda je na tem območju edini vir pitne vode. Savska prenosna pot torej seže tudi do pitne vode, zato je uveden nadzor pitne vode v okolici NEK. Zaznana radionuklida Cs-137 in Sr-90 sta najverjetneje posledica černobilske nesreče in jedrskih poskusov, I-131 pa je terapevtski

radionuklid, ki se v rekah znajde zaradi izpustov iz medicinskih ustanov. Emisijske koncentracije Cs-137, I-131 in Sr-90 v tekočinskih izpustih iz NEK v Savo so zanemarljive v primerjavi z drugimi viri.

Tritij je naravni in antropogeni radionuklid. Nastaja v zgornjih plasteh atmosfere, v nekaterih industrijskih panogah in med proizvodnjo električne energije v jedrskih elektrarnah. Je edini merjen radionuklid v sklopu merilnega nadzora, ki se redno pojavlja v emisijskih in imisijskih merskih rezultatih.

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 v tla z deževnico. Naravne in umetne radionuklide lahko uporabimo tudi kot sledilce za študije transportnih procesov v naravi. Tritij je poleg C-14 eden najbolj uporabljenih radioaktivnih sledilcev. Tudi drugi radionuklidi so koristni pri opazovanju antropogenih vplivov na okolje. Tako lahko glede na prisotnost K-40 ocenimo obremenjenost okolja zaradi kmetijstva [37]. Kalij je namreč sestavni del umetnih gnojil. Prisotnost kozmogenega Be-7 v vzorcih podzemne vode lahko kaže na mešanje med padavinami in podtalnico oziroma vodo v vodonosniku.

OKOLJSKI VZORCI

Značilnosti vzorčevanja

Obseg, način in pogostost vzorčevanja ter zahteve za merilne postopke in opremo pri nadzoru določa *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10)* [8]. V prilogi, ki določa zasnovo letnega programa nadzora radioaktivnosti v okolju jedrske elektrarne, so za pitno vodo predpisane kontrolne meritve z visokoločljivostno spektrometrijo gama ter specifični analizi vsebnosti stroncija Sr-89/Sr-90 in tritija H-3.

Vzorčevanje vodovodov, črpališč in podtalnice (vrtine) je v letu 2018 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 Rore, desni breg Save, 1 km od Save, črpališče je vzvodno od NEK;
   - 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 VT-1, levi breg Save, 3,2 km od Save (globina vrtine je 200 m). V letu 2018 je bila v redno črpanje vključena vrtina VT-2.

2. *Enkratni četrtletni vzorci:*
   - vodovod Krško (bencinski servis Petrol, Krško), levi breg Save;
   - vodovod Brežice (bencinski servis Petrol, 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 jezu NEK in približno 50 m od struge Save (samo analiza tritija);
   - vrtina VOP-1/06, levi breg Save, približno 400 m nizvodno od jezu NEK in približno 700 m od struge Save. Vzorčevanje se je začelo v mesecu juniju 2016. (samo analiza tritija za oceno dejanskega stanja aktivnosti tritija v okolici novega akumulacijskega jezera HE Brežice pred zalitjem z vodo);
   - vrtina V-7/77, levi breg Save, približno 3 km nizvodno od jezu NEK in približno 600 m od struge Save. Vzorčevanje se je začelo v mesecu juniju 2016 (samo analiza tritija za oceno dejanskega stanja aktivnosti tritija v okolici novega akumulacijskega jezera HE Brežice pred zalitjem z vodo);
   - vrtina V-12/77, desni breg Save, približno 3,4 km nizvodno od jezu NEK in približno 300 m od struge Save. Vzorčevanje se je začelo v mesecu juniju 2016 (samo analiza tritija za oceno dejanskega stanja aktivnosti tritija v okolici novega akumulacijskega jezera HE Brežice pred

zalitjem z vodo);
- vrtina Medsave, Republika Hrvaška, desni breg Save, 23 km od NEK, 0,1 km od Save, kontrolna točka med Savo in črpališči na Hrvaškem;
- vrtina Šibice, Republika Hrvaška, levi breg Save, 22 km od NEK, 2 km od Save (globina vrtine je 10–15 m).

4. *Enkratno letno vzorčevanje na referenčni lokaciji*
   - vodovod Ljubljana (republiški nadzor radioaktivnosti pitne vode [14]).

V črpališčih Brege, Rore, Brežice – Glogov Brod in na odvzemnem mestu vodovod Spodnji Stari Grad so nameščeni avtomatski vzorčevalniki. Ti 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 opravljajo nadzorniki črpališč ali uporabniki pitne vode. 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. Enkratna mesečna vzorčevanja na začetku meseca in spektroskopske analize so opravili na IRB.

Značilnosti meritev okoljskih vzorcev

Za ugotavljanje koncentracij aktivnosti umetnih in naravnih radionuklidov v okviru merilnega nadzora uporabljamo tri merske metode: visokoločljivostno spektrometrijo gama, tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo po elektrolitski obogatitvi vzorcev s tritijem in radiokemično metodo za ugotavljanje Sr-90.

Kot določa *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10)* [8], so metode vzorčevanja, priprave vzorcev in meritev izbrane tako, da je detekcijska meja za posamezne radionuklide pod tridesetino mejnih vrednosti kontaminacije za pitno vodo. Metode vzorčevanja, meritev in analiz so podrobno opisane v naslednjih dokumentih izvajalcev meritev na IJS: *Zbiranje vzorcev pitnih, površinskih in podtalnih vod (LMR-DN-05), Priprava sušine vzorcev vod (LMR-DN-06), Visokoločljivostna spektrometrija gama v laboratoriju (LMR-DN-10), Določanje stroncija z beta štetjem (SDN-O2-STC(01))*, *Vzorčevanje in priprava vzorcev za določitev tritija (LSC-DN-06), Analiza in izračun vsebnosti tritija (LSC-DN-07)* in *Določanje tritija s tekočinskim scintilacijskim štetjem (SDN-O2-STC(02)).*

REZULTATI MERITEV S ČASOVNIMI USMERITVAMI

V tabelah od T-28 do T-36 ter T-V1, T-V2, T-HE 12, T-HE 13, T-HE 14 na priloženi zgoščenki v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2018, IJS-DP-12783, marec 2019,* so zbrani merski rezultati koncentracij aktivnosti radionuklidov v vseh zgoraj omenjenih vrtinah, vodovodih in črpališčih.

Tritij (H-3)

Tritij zavzema največji delež plinastih in tekočinskih radioaktivnih izpustov iz NEK, ki lahko vplivajo na stanje v podtalnici. Kemijsko je HTO molekula vode, kar pomeni, da je idelani sledilec za gibanje podzemnih vod. V tej vlogi bi izpuste tritija lahko bolje izkoristili v hidroloških študijah vodonosnikov krško-brežiškega polja.

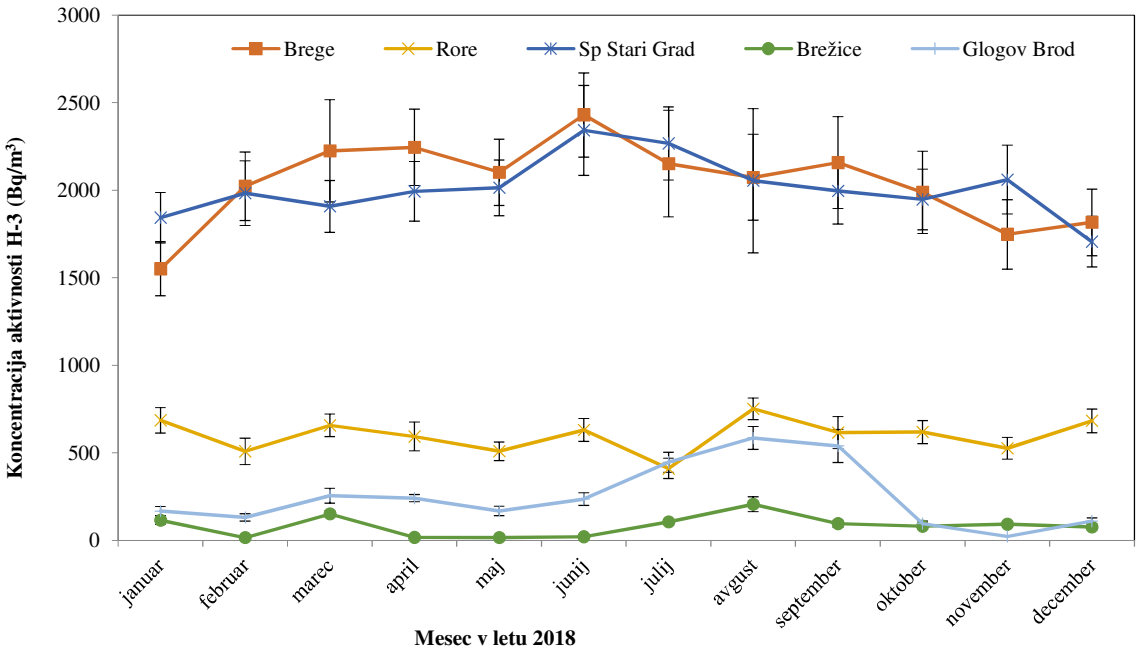
Na sliki 2.1 so prikazane koncentracije aktivnosti H-3 v mesečnih sestavljenih vzorcih vode iz črpališč in vodovodov v okolici NEK. Koncentracije aktivnosti H-3 vzorcev iz črpališča Brege in vodovoda Spodnji Stari Grad so bile v letu 2018 vseskozi primerljive, podobno kot že tudi leta 2017. To verjetno pomeni, da se je vodovod Spodnji Stari Grad v letih 2017 in 2018 napajal predvsem z vodo, načrpano v Bregah, kar je drugače kot v letu 2016, ko je bil glavni vir krške pitne vode črpališče Rore. Rezultati za črpališče Brege in vodovod Spodnji Stari Grad se vse leto gibljejo v območju med 1 500 Bq/m^3 in 2 500 Bq/m^3 z rahlo nakazanim maksimumom v poletnih mesecih. Ta potek je podoben kot v padavinskih vodah. Vrednosti za ti dve vzorčevalni mesti so najvišje v Sloveniji, kar lahko pripišemo vplivu NEK. Kljub temu pa tudi

najvišja vrednost, 2 430 Bq/m^3, dosega le dobra dva odstotka dovoljene vrednosti 100 Bq/L, ki je predpisana v *EU direktivi za pitne vode* [36]. Dovoljene koncentracije aktivnosti za pitno vodo so v nekaterih deželah še precej višje. Medtem ko je bilo v letu 2017 razvidno, da se črpališče Glogov Brod in vodovod Brežice napajata iz istega vodonosnika, kjer prevladuje starejša voda z nizkimi koncentracijami aktivnosti tritija, to v letu 2018 ni čisto tako. Vrednosti za vodovod Brežice ostajajo nizke, konstantne in primerljive z vrednostmi iz prejšnjih let. Spremembe smo opazili na črpališču Glogov Brod. Koncentracija aktivnosti za tritij je nekoliko višja že v februarju, v aprilu 2018 pa že statistično drugačna in višja kot v vodovodu Brežice, kar postane izrazito nekoliko kasneje, predvsem od julija do septembra. Skrbnik črpališča je potrdil, da je na vzorčnem mestu Glogov Brod v letu 2018 prišlo do sprememb. V oskrbo z vodo je bila vključena še vrtina VT-2. Očitno je, da nova vrtina zajema vodo v drugem vodonosniku kot vrtina VT-1, vrednosti tritija za vodo iz vrtine VT-2 so podobnejše vrednostim na črpališču v Rorah. Na osnovi podatkov za tritij sklepamo, da je bila januarja in od oktobra do decembra vzorčena predvsem voda iz vrtine VT-1, v mesecih od julija do septembra pa je bil večji delež vode iz vrtine VT-2.

Koncentracije aktivnosti tritija v vzorcih s črpališča Rore so bile v letu 2018 konstantne, z raztrosom izmerkov 15,2 %. Vpliva letnih časov ni videti, kar pomeni, da nimamo opraviti z večjim deležem meteornih vod.

Povprečne mesečne koncentracije aktivnosti tritija za mesečne kontinuirne vzorce so zbrane v tabeli 2.1.

Iz tabele 2.1 razberemo, da lahko povprečne koncentracije aktivnosti tritija na petih lokacijah v letu 2017 razvrstimo v tri razrede: črpališče Brege in vodovod Spodnji Stari Grad z vrednostjo okrog 1 800 Bq/m^3, vodovod Brežice in črpališče Glogov Brod z vrednostjo 125 Bq/m^3 in črpališče Rore. V letu 2018 sta povprečni koncentraciji aktivnosti za črpališče Brege in vodovod Spodnji Stari Grad zelo podobni, okrog 2 020 Bq/m^3, in tako nekoliko višji kot leto poprej. Povprečna koncentracija aktivnosti za črpališče Rore v letu 2018 je zelo podobna kot v letu 2017, le za spoznanje višja. Vrednosti za vodovod Brežice so v letu 2018 nekoliko nižje kot v letu 2017. Črpališča Glogov Brod v letu 2018 ne moremo uvrstiti v isti razred kot vodovod Brežice, saj je povprečje še enkrat višje predvsem zaradi višjih vrednosti v tretjem trimesečju.



Slika 2.1: Mesečna koncentracija aktivnosti H-3 v vzorcih pitne vode iz črpališč in vodovodov za leto 2018

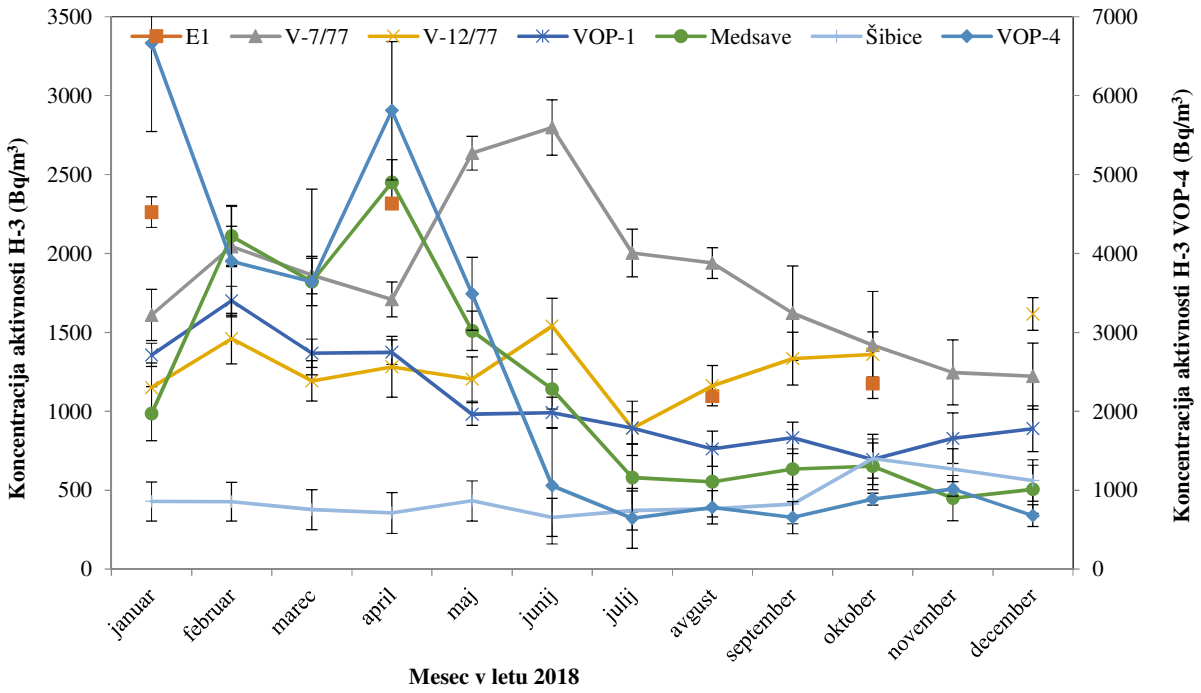
Tabela 2.1 Srednja vrednost koncentracije aktivnosti H-3 v črpališčih in vodovodih v okolici NEK za leti 2017 in 2018

	2018		(Bq/m^3)	2017		(Bq/m^3)	ξ-preskus
ČRPALIŠČE BREGE	2043	±	67	1846	±	64	2,13
ČRPALIŠČE RORE	600	±	20	580	±	22	0,66
VODOVOD SP. STARI GRAD	2010	±	61	1746	±	59	3,10
VODOVOD BREŽICE	83	±	8	125	±	11	-3,06
ČRPALIŠČE BREŽICE	250	±	52	125	±	21	2,24

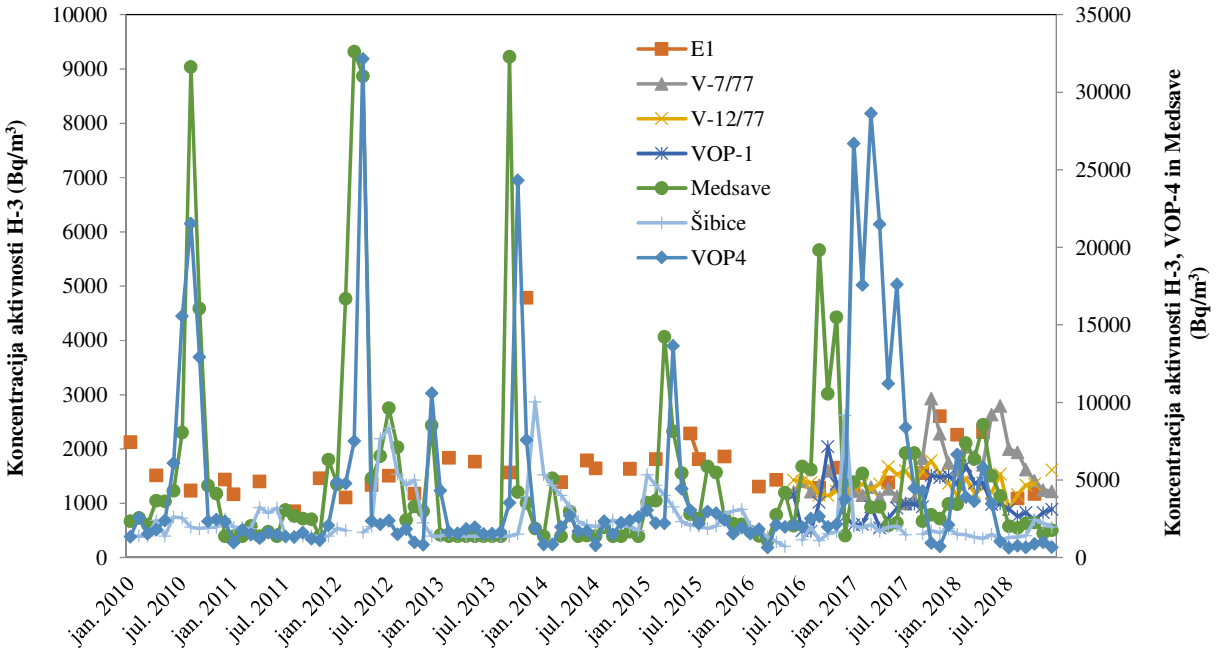
Poleg rednih mesečnih odvzemov vode na črpališčih in vodovodih v občinah Krško in Brežice je bila tudi v letu 2018 analizirana voda s po štirimi enkratnimi odvzemi na bencinskih servisih Petrol v Krškem in v Brežicah. Vrednosti za vodo iz brežiškega vodovoda so vse blizu meje detekcije; izračunana vrednost koncentracije aktivnosti je 52 Bq/m^3. V vzorcih krškega vodovoda so vrednosti nekoliko višje, med 532 Bq/m^3 in 722 Bq/m^3, v povprečju 620 Bq/m^3. Povprečje koncentracije aktivnosti tritija v ljubljanskem vodovodu za leto 2018 je referenčna vrednost (422 ± 41Bq/m^3), ki se meri v okviru republiškega nadzora radioaktivnosti pitne vode [14]. Vrednosti v enkratnih brežiških vzorcih so občutno nižje, v krških pa nekoliko višje, vendar še vedno nižje od povprečne koncentracije aktivnosti 850 Bq/m^3 v ljubljanskih padavinah. Rezultati enkratnih vzorcev so primerljivi z mesečnimi vrednostmi matičnih vodovodov. Krški Petrol je v dneh vzorčenja očitno prejemal vodo iz črpališča Rore. Vsi štirje rezultati za četrtletne enkratne vzorce (tabeli T-28 in T-29) na obeh vzorčevalnih lokacijah so bili med seboj statistično primerljivi.

Zaradi nadzora izmenjave vode med Savo in podzemno vodo na krško-brežiškem polju se že od začetka obratovalnega merilnega nadzora radioaktivnosti v okolici NEK preverja stanje tritija v vrtinah. Vrtinama E1 za ograjo NEK in VOP-4, ki je le 50 m oddaljena od Save, ter hrvaškima vrtinama Šibice in Medsave, so bile sredi leta 2016 dodane še tri vrtine, in sicer VOP-1, V-7/77 in V-12/77. Mesečne koncentracije aktivnosti so prikazane na sliki 2.2. Vrednosti za VOP-4 so občutno nižje kot prejšnja leta, z najvišjo koncentracijo aktivnosti 6 660 Bq/m^3 in povprečno vrednostjo okrog 2 400 Bq/m^3, medtem ko je bila v letu 2017 povprečna vrednost še 12 000 Bq/m^3. Vrednosti v vrtini Šibice so zelo podobne kot prejšnje leto in ostajajo na ravni okrog 500 Bq/m^3. Nekoliko drugačno vedenje opazimo v vrtini V7/77, v kateri opazimo lokalni vrh v maju in juniju. Pri večini drugih vrtin opazimo padajoč trend. Na sliki 2.3 so prikazani večletni rezultati za vse vrtine. Izrazita povečanja koncentracije aktivnosti v vrtinah VOP-4 in Medsave so se do leta 2016 lepo skladala, v letu 2017 pa se je slika povsem spremenila. Zaradi priprave terena za akumulacijsko jezero HE Brežice so se v tem letu začela intenzivna zemeljska dela v bližini NEK in VOP-4. Videti je, da je bil vodonosnik nekako do junija 2017 dovzetnejši za priliv Save, medtem ko so že v 14 dneh po končanju polnjenja akumulacijskega jezera koncentracije aktivnosti tritija padle na sorazmerno nizke vrednosti, čeprav je bilo to obdobje povečanih tekočinskih izpustov iz NEK. Po februarju 2018 je korelacija med vrtinama velika (R^2 = 0,93). Izrazita povečanja koncentracij aktivnosti predvsem v vrtinah VOP-4 in Medsave so med letoma 2010 in 2015 trajala kvečjemu 6 mesecev. V letu 2017 je povišanje trajalo kar 12 mesecev (glej sliko 2.3). V letu 2018 izrazitega povečanja ni bilo, glede na večletno dinamiko tudi ni bil pričakovan. Na sliki 2.4 je prikazana korelacija med koncentracijami aktivnosti tritija v vrtinah Medsave in VOP-4 ter tekočinskimi izpusti NEK v Savo. Pearsonov koeficient R^2 je za obe vrtini z enomesečnim zamikom tekočinskih izpustov v Savo zelo velik: 0,95 za VOP-4 in 0,86 za Medsave. Če smo še lani ugotavljali, da je povezava med VOP-4 in izpusti zapletenejša kot v primeru Medsave, ker je zatekanje ali dreniranje Save v vodonosnik ali iz njega v bližini vrtine VOP-4 zelo odvisen od vodostaja reke in njenega pretoka, je to v letu 2018 očitno drugače. Vodostaj Save je v bližini VOP-4 stalnejši in hidrološki režim zatekanja Save v podtalnico je očitno stabilnejši. Izsledki meritev so torej skladni z novo hidrološko situacijo na krško-brežiškem polju. Novo akumulacijsko jezero za pregrado ima gladino 3 m višje od povprečnega rečnega vodostaja v preteklosti. Višina gladine je stalna. Jedrska elektrarna je očitno obdržala spremenjeni režim spuščanja tekočinskih izpustov v reko Savo, ki ga je uvedla v letu 2017.

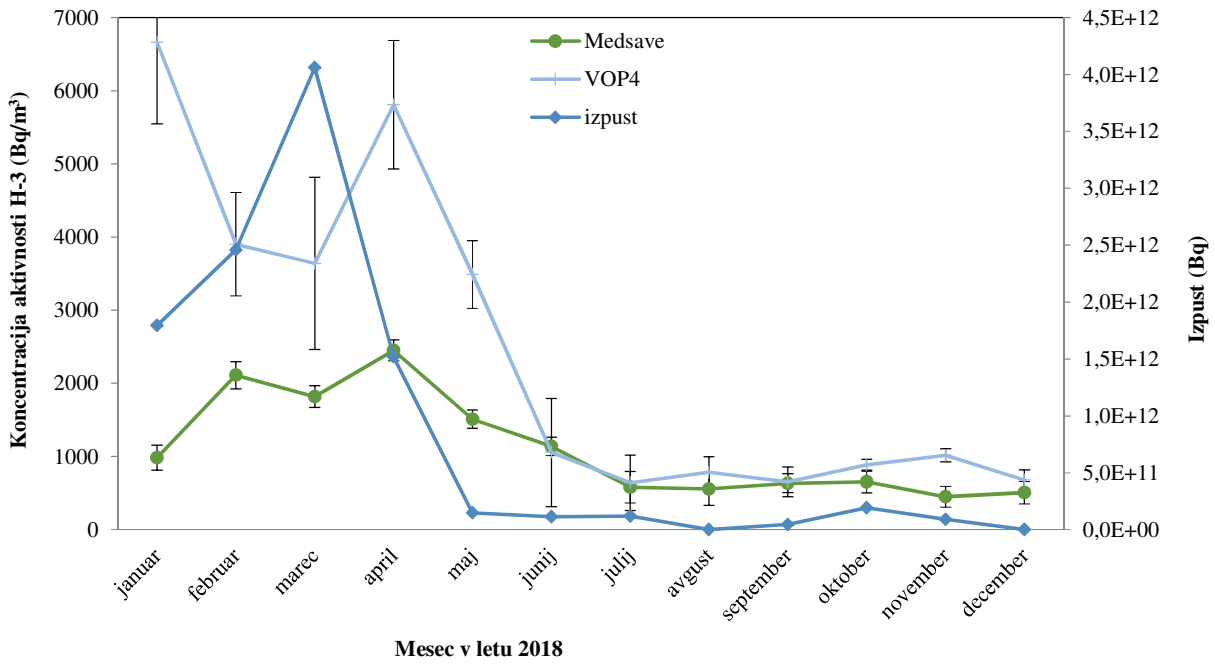
Izpustov je precej več, aktivnost na izpust je konstantnejša. Rezultati za VOP-4 v letu 2018 potrjujejo lansko opažanje zmanjšanja vsebnosti tritija v vodonosnikih krško-brežiškega polja in v okolici Zagreba, čeprav je bila skupna izpuščena aktivnost v letu 2018 večja kot v letu 2017. Vsekakor je obdobje spremenjenega režima prekratko, da bi lahko zanesljivo prepoznali drugačno dinamiko.



Slika 2.2: Koncentracija aktivnosti H-3 v mesečnih vzorcih vrtin. Vrednosti za vrtino VOP-4 so prikazane v drugem merilu (desna os).



Slika 2.3: Koncentracije aktivnosti tritija za obdobje 2002–2018 za vse vrtine, ki so vključene v nadzor



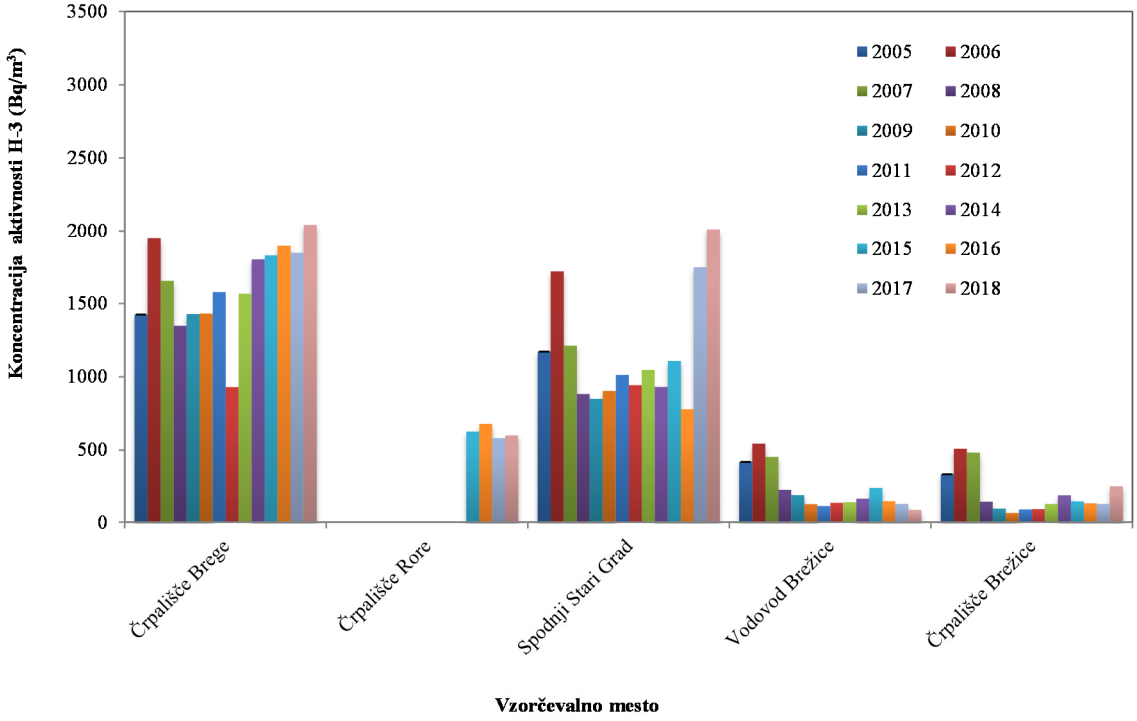
Slika 2.4: Koncentracije aktivnosti tritija v vrtinah VOP-4 in Medsave ter izpust NEK za leto 2018

Sliki 2.5. in 2.6 prikazujeta povprečne mesečne koncentracije aktivnosti H-3 v vodovodih in podtalnici od leta 2005 do 2018 v Sloveniji in na Hrvaškem. Vrednosti za leto 2018 ne kažejo bistvenega odmika od vrednosti za leto 2017, niti ni opaziti kakšne splošne zakonitosti; v štirih primerih se je vrednost nekoliko povišala, na treh lokacijah se je znižala, na štirih je ostala zelo podobna. Za črpališče Brege opazimo naraščajočo smer povprečne mesečne koncentracije, podoben odziv opazimo po vključitvi nove vrtine tudi na vodovodu Spodnji Stari Grad.

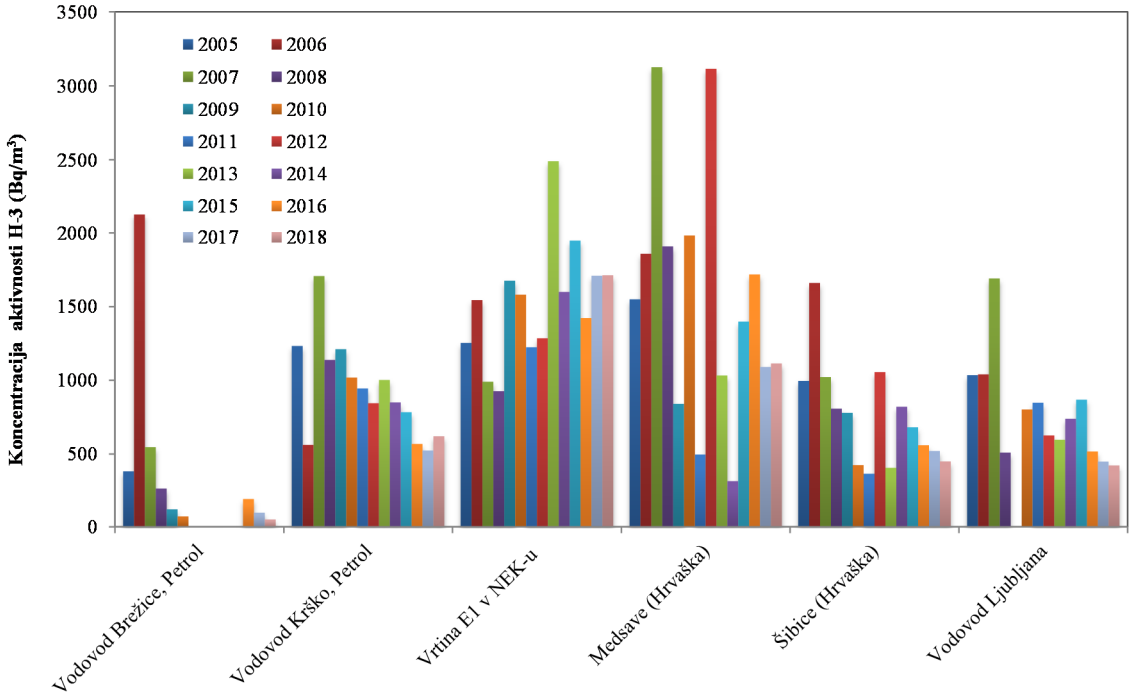
Cezij (Cs-137) in stroncij (Sr-90)

Med umetnimi radionuklidi se vedno natančno pogleda vsebnost cezija Cs-137 in stroncija Sr-90. Oba sta nehomogeno razširjena tudi na naših tleh, pripisujemo ju predvsem černobilski nesreči in nadzemnim jedrskim poskusom. V majhnih količinah se pojavlja tudi v izpustih NEK. Oba lahko uporabimo kot sledilca za študij transportnih procesov. V tabeli 2.2. so prikazani deleži vzorcev, v katerih sta bila radionuklida detektirana in izmerjena. Ugotovimo, da se Cs-137 pojavlja samo še v slabi četrtini vzorcev. Stroncij je bil izmerjen v približno 60 % vzorcev. To so zelo podobne vrednosti oziroma deleži kot v letu 2017. Rezultati so prikazani na slikah od 2.7 do 2.10.

Letno povprečje koncentracije aktivnosti Sr-90 v krških črpališčih in vodovodu je bilo 0,33 Bq/m^3, kar je manj kot leta 2018. V brežiškem vodovodnem sistemu so bile vse izmerjene vrednosti pod mejo kvantifikacije. Vrednost za brežiški vodovod 0,13 Bq/m^3 je izpeljana iz detekcijskih mej. Razliko med sistemoma pojasnimo z globino brežiškega črpališča, do katere Sr-90 po splošni kontaminaciji še ni pripotoval in verjetno tudi ni izpostavljen izpustom NEK. V ljubljanskem vodovodu je bila v letu 2018 izmerjena koncentracija aktivnosti stroncija 0,70 Bq/m^3, kar je bistveno več kot leta 2017 in več kot v katerem koli vodovodnem sistemu na krško-brežiškem polju. V enkratno odvzetih četrtletnih vzorcih vode iz vodovoda Brežice so bile vse vrednosti okoli 0,08 Bq/m^3, v Krškem pa 0,36 Bq/m^3, kar je primerljivo z vrednostmi iz leta 2017. Korelacij z izpusti, pretoki ali padavinami ni opaziti.



Slika 2.5: Povprečne mesečne koncentracije aktivnosti H-3 v vodovodih in črpališčih od leta 2005 do 2018 v okolici NEK

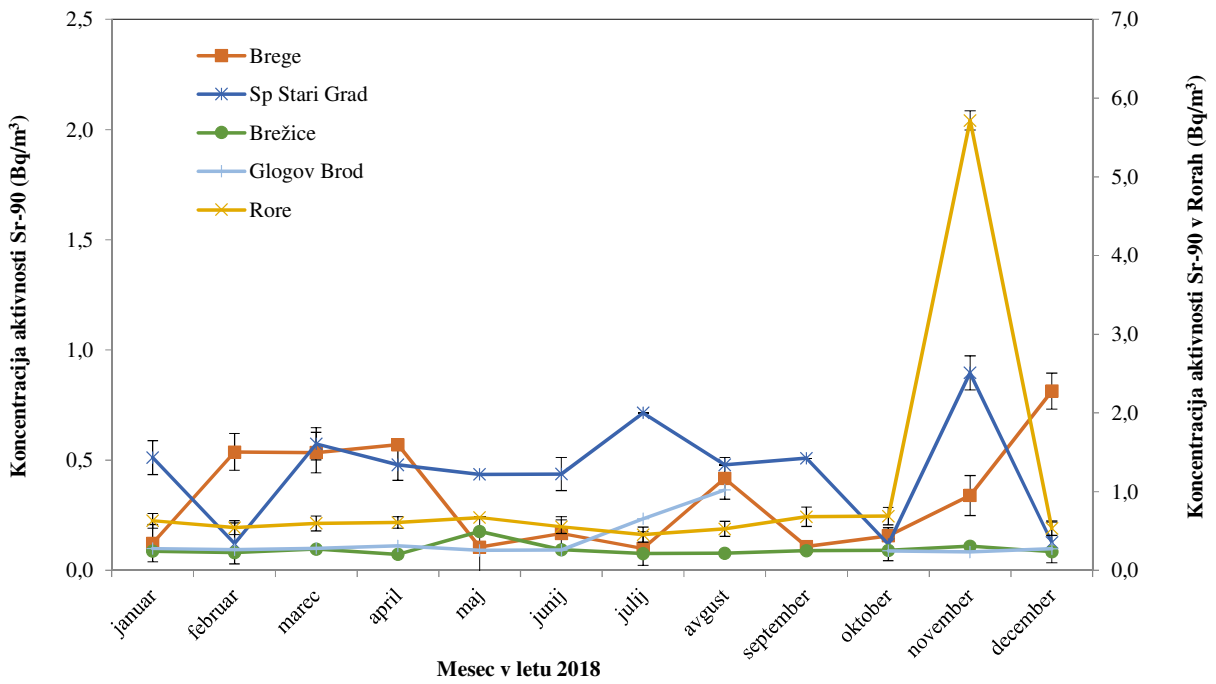


Slika 2.6: Povprečne letne koncentracije H-3 v vodovodih in podtalnici od leta 2005 do 2018 v Sloveniji in na Hrvaškem

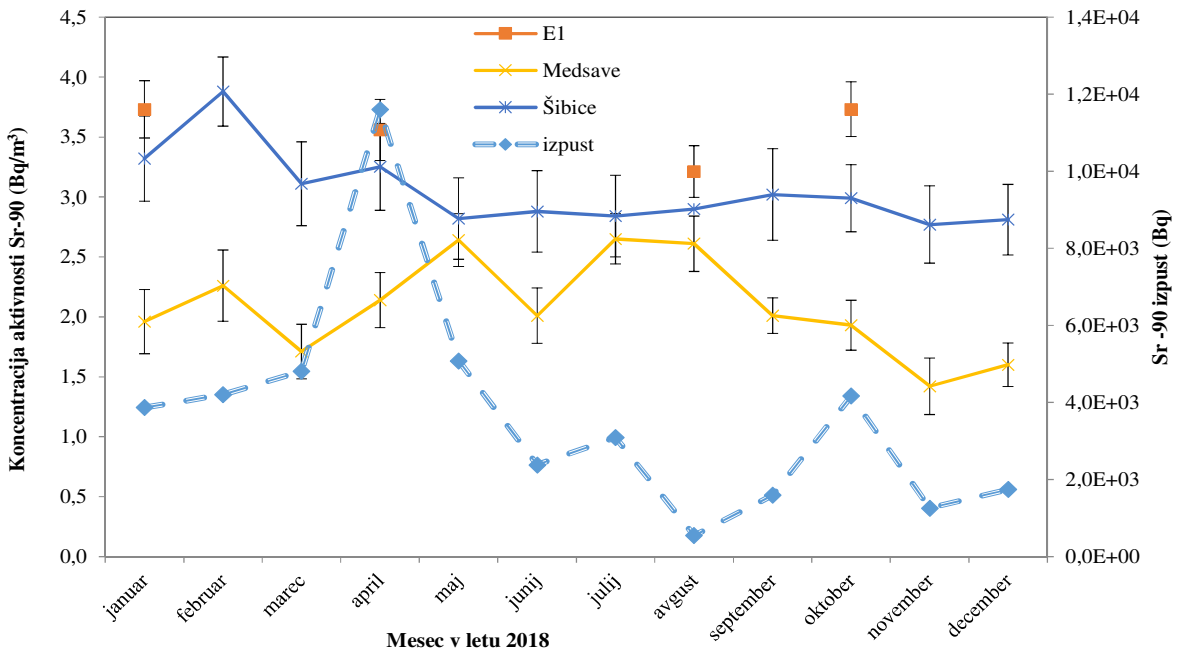
Tabela 2.2: Število vseh vzorcev, v katerih smo v okviru merilnega nadzora določali Cs-137 in Sr-90, in delež tistih, kjer so bile izmerjene vrednosti nad detekcijsko mejo

	št. mest	št vzorcev na leto	skupno število vzorcev	Cs-137	delež	Sr-90	delež
črpališča	5	12	60	13	0,22	26	0,43
vodovodi	2	4	8	1	0,13	4	0,50
vrtine SLO	1	4	4	4	1,00	4	1,00
vrtine HR	2	12	24	5	0,21	24	1,00
skupaj	10		96	23	0,24	58	0,60

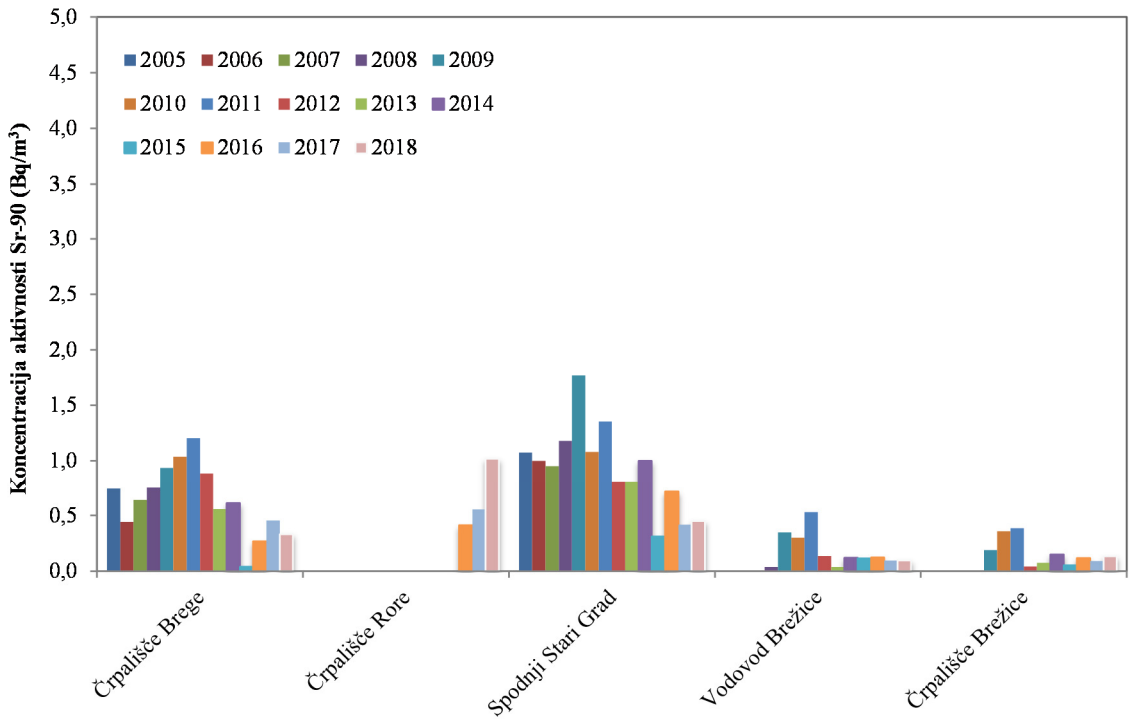
Na sliki 2.7 so prikazane koncentracije Sr-90 v mesečnih vzorcih vode črpališč in vodovodov za leto 2018, pri čemer je bila koncentracija aktivnosti Sr-90 v pitni vodi daleč najvišja novembra v črpališču Rore (5,7 ± 0,3 Bq/m^3). Visoke vrednosti, ki je za faktor 10 večja od sicer sorazmerno konstantnega celoletnega poteka, ne znamo pojasniti. Rezultat je bil dodatno preverjen v laboratoriju. Sicer so vrednosti v istem merskem območju kot v letu 2017. V brežiškem vodovodu in črpališču Rore so vrednosti čez celo leto precej konstantne, če ne upoštevamo novembrskega rezultata. Večkrat je bila koncentracija aktivnosti Sr-90 v vodi s črpališč pod mejo kvantifikacije in je vrednost definirana kot četrtina detekcijske meje. Te vrednosti so na grafu podane brez pripadajočih negotovosti. V splošnem vrednosti od leta 2011 dalje padajo.



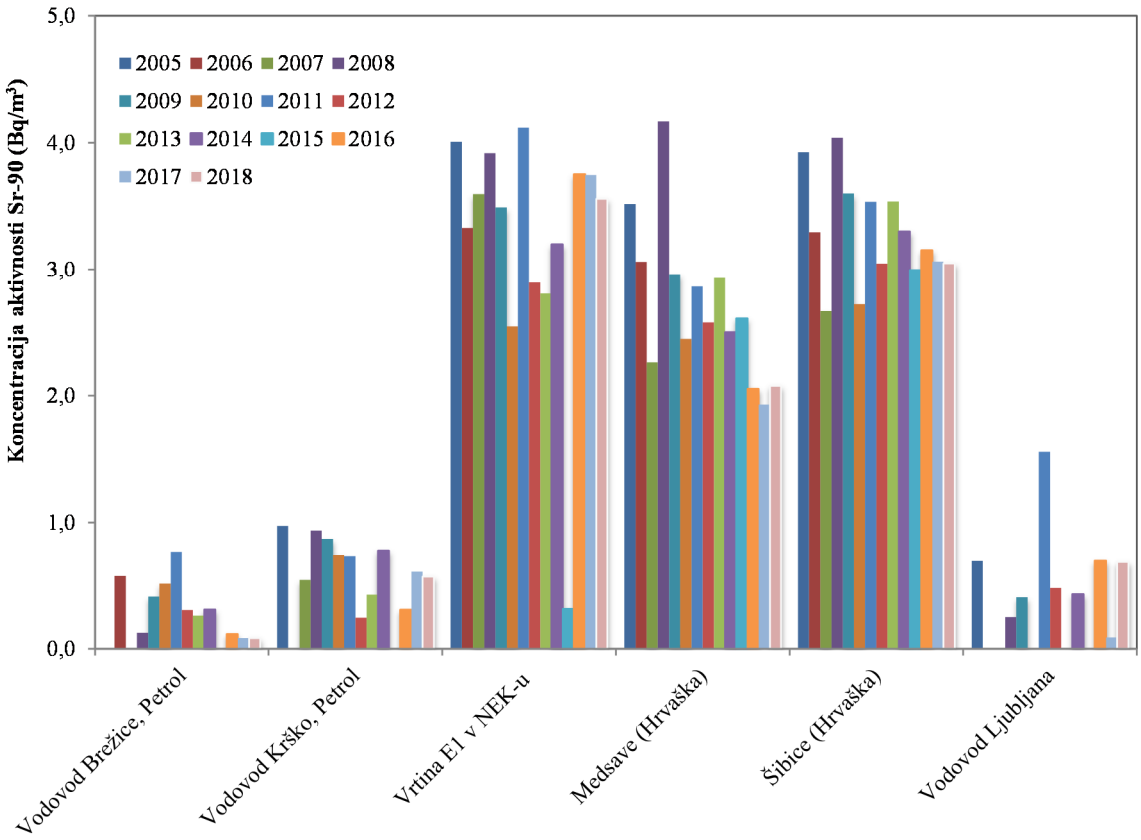
Slika 2.7: Koncentracija aktivnosti Sr-90 v mesečnih sestavljenih vzorcih iz črpališč in vodovodov v okolici NEK v letu 2018. Ker se koncentracija aktivnosti Sr-90 v novembrskem vzorcu v Rorah odmika od koncentracij aktivnosti na drugih lokacijah, je skala za meritve vzorcev iz Ror na desni ordinati, vse druge meritev pa imajo skalo na levi ordinati.



Slika 2.8: Koncentracija aktivnosti Sr-90 v mesečnih enkratnih vzorcih vrtin ter mesečni tekočinski izpusti Sr-90 v Savo v letu 2018



Slika 2.9: Povprečne letne koncentracije aktivnosti Sr-90 v vodovodih in črpališčih v okolici NEK od leta 2005 do 2018



Slika 2.10: Povprečne letne koncentracije aktivnosti Sr-90 v vodovodih, črpališčih in podtalnici od leta 2005 do 2018 v Sloveniji in na Hrvaškem

Na sliki 2.8 so prikazani mesečni tekoči izpusti Sr-90 iz NEK in koncentracija aktivnosti stroncija v hrvaških vrtinah in vrtini E1 znotraj ograje NEK. Potek vrednosti v vrtinah se ne sklada z izpusti NEK. V vseh treh vrtinah se vrednosti med letom znatno ne spreminjajo. Aritmetično povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti Sr-90 v vrtini Šibice na Hrvaškem je bilo leta 2018 3,0 Bq/m^3, v Medsavah pa 2,1 Bq/m^3, pri čemer se vrednosti ne odmikata od usmeritve prejšnjih let, kar je razvidno s slike 2.10. Podobno je s povprečno vrednostjo za vrtino E1, ki je v letu 2018 3,6 Bq/m^3. Povprečne letne koncentracije za vodovode in črpališča so prikazane na sliki 2.9. V vseh primerih so vrednosti za 2018 primerljive s prejšnjim letom.

Jod (I-131) in aktivacijski ter fisijski produkti

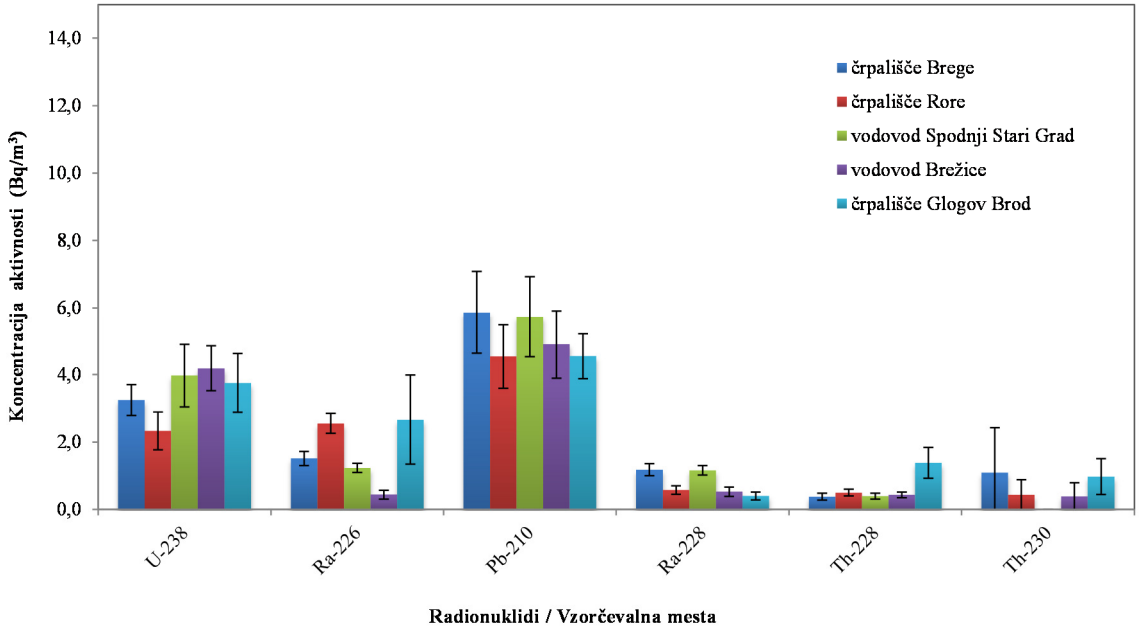
Jod I-131 je bil v letu 2018 opažen v aprilskem vzorcu vodovoda Brežice. Drugi aktivacijski in fisijski produkti niso bili zaznani.

Naravni radionuklidi

Koncentracije aktivnosti naravnega radionuklida K-40 so bile leta 2018 izmerjene na vseh vzorčevalnih mestih. Mesečne koncentracije aktivnosti K-40 v vseh črpališčih in obeh vodovodih so zelo podobne vrednostim iz leta 2017. Glede na K-40 lahko vodovode in črpališča razdelimo v dve skupini: v prvi sta črpališče Brege in Spodnji Stari Grad z vrednostmi okrog 73 Bq/m^3, v drugi skupini pa preostala tri vzorčevalna mesta s povprečno vrednostjo okrog 25 Bq/m^3. Višjo koncentracijo aktivnosti K-40 si razlagamo z večjim vnosom kalija ob gnojenju kmetijskih površin nad območji vodonosnikov [38] in z neposrednim vplivom padavinskega useda in višjih vodostajev Save.

Na sliki 2.11 so povprečne mesečne koncentracije aktivnosti nekaterih naravnih radionuklidov v krško-brežiških vodovodih in črpališčih. Največ je Pb-210 s povprečno vrednostjo okrog 5 Bq/m^3, sledita mu U-238 in Ra-226. Ra-228 in Th-228 je znatno manj. Najvišje aritmetično povprečje mesečnih vrednosti za U-238 je bilo izmerjeno v vodovodu Brežice, in sicer (4,2 ± 0,7) Bq/m^3 Ob tem naj povemo, da je v tabeli z merskimi podatki en podatek za črpališče Glogov Brod U-238 bistveno višji od vseh drugih in je izpuščen iz povprečja na sliki 2.11, ker je bilo vzorca izredno malo, meritev pa je bila obremenjena z izredno veliko negotovostjo. Mesečne aritmetične povprečne koncentracije aktivnosti Ra-226 se gibljejo od 0,44 Bq/m^3 (vodovod Brežice) do 2,7 Bq/m^3 (črpališče Glogov Brod). Vrednosti za Pb-210 so bile na vseh vzorčevalnih mestih precej podobne: mesečno aritmetično povprečje koncentracije aktivnosti Pb-210 je bilo od 4,5 Bq/m^3 v vodi, načrpani na črpališču Rore, do 5,9 Bq/m^3 v vodi s črpališča Brege. V Ljubljani je bila koncentracija aktivnosti Pb-210 5,5 Bq/m^3. Povprečna mesečna koncentracija aktivnosti Ra-228 na črpališču Glogov Brod je bila 0,4 Bq/m^3, na črpališču Brege pa 1,2 Bq/m^3. Povprečne mesečne koncentracije Th-228 se gibljejo med 0,4 Bq/m^3 (Brege) in 1,4 Bq/m^3 (Glogov Brod). Minimalne in maksimalne vrednosti se v splošnem ne pojavljajo na istih vzorčevalnih mestih kot prejšnje leto.

Be-7 je bil občasno detektiran v vseh črpališčih in vodovodih v Krškem in Brežicah. Povprečna mesečna koncentracija Be-7 je bila od 2,2 Bq/m^3 v Glogovem Brodu do 6 Bq/m^3 v Spodnjem Starem Gradu.



Slika 2.11: Povprečne letne koncentracije aktivnosti naravnih radionuklidov v vodovodih in črpališčih v letu 2018

OCENA VPLIVOV

Z določanjem vsebnosti umetnih radionuklidov v pitni vodi in podtalnici ugotavljamo vpliv morebitnega onesnaževanja zaradi izpustov iz NEK. V tekočih in plinastih izpustih NEK je največ H-3, ki se prenaša kot voda ali vodna para. V letu 2018 je bila skupna količina tekočinskih izpustov H-3 iz NEK 10,5 TBq, kar je približno 20 % več kot leta 2017 in nekoliko manj od desetletnega povprečja. Letni izpust H-3 v Savo je bil 23,4 % letne omejitve izpusta, postavljenega na 45 TBq. Največji tekočinski izpust H-3 je bil marca (4,06 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 2018 je prikazana na sliki 2.6. Povprečna letna koncentracija aktivnosti tritija v vodovodih in črpališčih v okolici NEK je tudi v letu 2018 primerljivega velikostnega reda kot v preteklih letih.

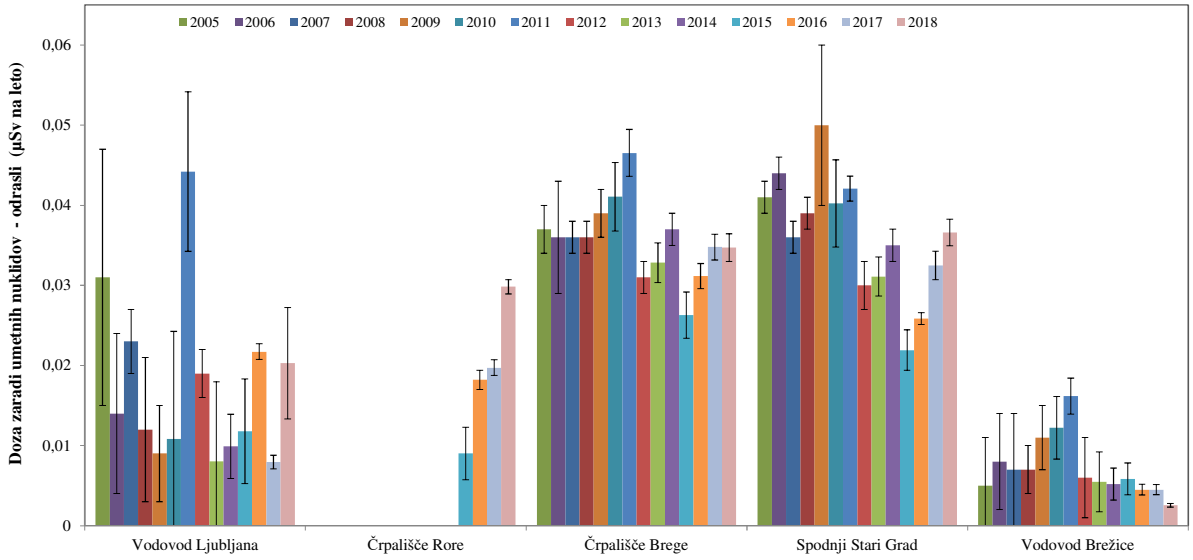
V tabeli 2.3 so prikazane izračunane letne efektivne doze zaradi vnosa umetnih radionuklidov pri pitju vodovodne vode za tri starostne skupine prebivalstva. Za primerjavo so podane tudi izračunane letne efektivne doze, izračunane na osnovi meritev na referenčni lokaciji (vodovod Ljubljana), ki se izvajajo v okviru republiškega nadzora pitne vode. Letne efektivne doze so izračunane ob predpostavki, da odrasel človek popije na leto 0,75 m^3 vode, desetletni otrok 0,35 m^3 vode in enoletni otrok 0,26 m^3 vode na leto. Letna efektivna doza za umetne radionuklide v pitni vodi je vsota prispevkov zaradi prisotnosti H-3, Sr-90 in Cs-137. Drugih umetnih radionuklidov ni bilo zaznati v izmerjenih vzorcih. Izjema je I-131, ki pa je bil zaznan samo v enem vzorcu. Letna efektivna doza za naravne radionuklide v pitni vodi je vsota prispevkov radionuklidov iz uranove in torijeve razpadne vrste ter Be-7 in K-40. K-40 ne prispeva k ingestijski dozi zaradi homeostatskega uravnavanja količine kalija v telesu.

Tabela 2.3: Izračunane letne efektivne doze za odraslega, otroka in dojenčka zaradi umetnih in naravnih radionuklidov v vodovodih ter črpališčih pitne vode in podtalnice v letu 2018

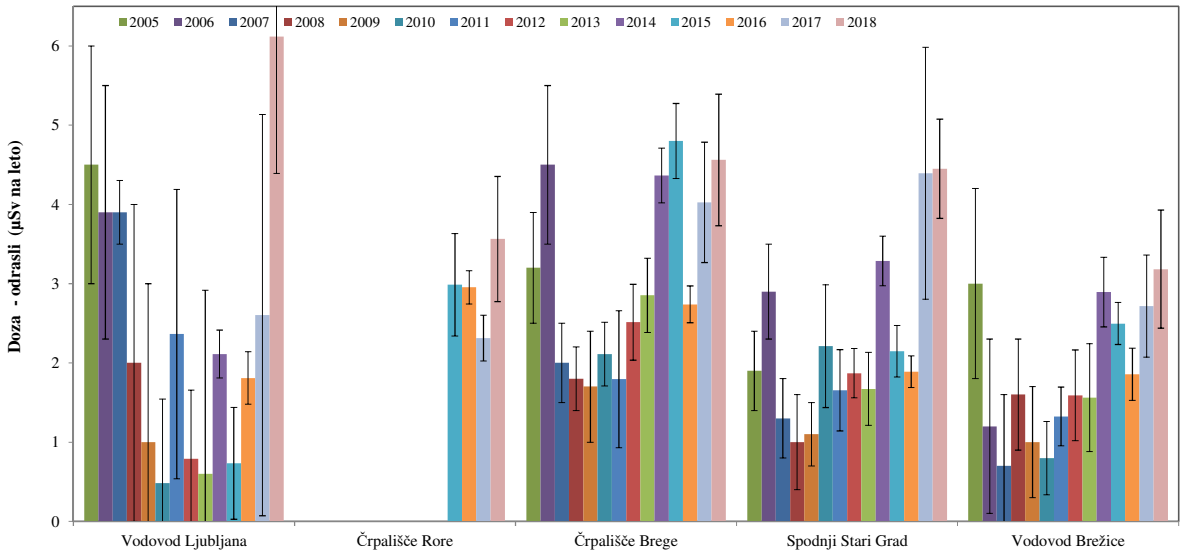
STAROSTNA SKUPINA	DOZA	ENKRATNI LETNI VZOREC	ENKRATNI ČETRTLETNI VZORCI		MESEČNI SESTAVLJENI VZORCI				
					VODOVODNI SISTEM BREŽICE		VODOVODNI SISTEM KRŠKO		
		VODOVOD LJUBLJANA	VODOVOD BREŽICE	VODOVOD KRŠKO	Vodovod Brežice (Volčanšek)	Črpališča Brežice (Glogov Brod)	Črpališče Brege	Črpališče Rore	Vodovod Krško (Spodnji Stari Grad)
		Letna efektivna doza (µSv)							
ODRASLI	za umetne radionuklide	0,020 ± 0,007	0,0025 ± 0,0002	0,020 ± 0,001	0,003 ± 0,0005	0,006 ± 0,001	0,035 ± 0,002	0,030 ± 0,001	0,037 ± 0,002
	za naravne radionuklide	6,1 ± 1,7	3,2 ± 0,7	1,4 ± 0,2	3,3 ± 0,6	4,0 ± 0,5	4,5 ± 0,8	3,5 ± 0,8	4,4 ± 0,6
Vsota		6,1 ± 1,7	3,2 ± 0,7	1,4 ± 0,2	3,3 ± 0,6	4,0 ± 0,5	4,6 ± 0,8	3,6 ± 0,8	4,4 ± 0,6
OTROCI	za umetne radionuklide	0,018 ± 0,007	0,0022 ± 0,0002	0,017 ± 0,001	0,0028 ± 0,0004	0,005 ± 0,001	0,023 ± 0,002	0,026 ± 0,001	0,026 ± 0,002
	za naravne radionuklide	9,9 ± 3,7	4,7 ± 1,0	2,4 ± 0,3	4,5 ± 0,8	5,3 ± 0,7	6,5 ± 1,1	4,9 ± 1,0	6,4 ± 0,8
Vsota		9,9 ± 3,7	4,7 ± 1,0	2,4 ± 0,3	4,5 ± 0,8	5,3 ± 0,7	6,6 ± 1,1	4,9 ± 1,0	6,4 ± 0,8
DOJENČKI	za umetne radionuklide	0,048 ± 0,020	0,0060 ± 0,0005	0,044 ± 0,003	0,007 ± 0,001	0,012 ± 0,002	0,054 ± 0,004	0,071 ± 0,002	0,060 ± 0,004
	za naravne radionuklide	45,1 ± 20,7	19,5 ± 3,5	11,9 ± 1,5	17,5 ± 2,9	22,0 ± 2,9	26,6 ± 3,8	19,8 ± 3,5	25,9 ± 2,9
Vsota		45,1 ± 20,7	19,5 ± 3,5	11,9 ± 1,5	17,5 ± 2,9	22,0 ± 2,9	26,6 ± 3,8	19,8 ± 3,5	25,9 ± 2,9

V tabeli 2.3 so ocene letnih efektivnih doz za odrasle, otroke in dojenčke. Poglejmo si nekaj povprečij za odraslo osebo. Zaradi prisotnosti umetnih radionuklidov v krškem vodooskrbnem sistemu prejme odrasla oseba 0,034 µSv. Od naravnih radionuklidov k celotni dozi največ prispeva Pb-210. V brežiškem vodovodnem sistemu je ocenjena povprečna letna efektivna doza v letu 2018 za odraslo osebo zaradi prisotnosti umetnih radionuklidov 0,005 µSv. Celotna povprečna ocenjena letna doza za odraslo osebo zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov v pitni vodi je 3,3 µSv v vodovodu Brežice in 4,0 µSv na črpališču Glogov Brod. Od naravnih radionuklidov tudi tu k celotni dozi največ prispeva Pb-210. V krškem vodovodnem sistemu je prispevek umetnih radionuklidov približno sedemkrat višji kot v brežiškem vodovodu, kar je bilo opaženo tudi v preteklih letih. Razlog za to je črpanje krške pitne vode iz vodonosnika, ki je delno napajan iz Save in Krke. V ljubljanskem vodovodu je bil prispevek umetnih radionuklidov ocenjen na 0,02 µSv na leto za odraslo osebo, kar je 0,33 % celotne ocenjene letne doze zaradi prisotnosti

umetnih in naravnih radionuklidov (6,1 µSv). V letu 2018 je prispevek umetnih radionuklidov k skupni dozi v Ljubljani manjši kot v krškem in precej višji kot v Brežicah. Celotna ocenjena letna doza je za Ljubljančane precej višja kot za prebivalce Brežic ali Krškega. Poudariti velja, da je letna efektivna doza za odraslo osebo zaradi vnosa naravnih radionuklidov pri pitju vodovodne vode, enako kot pri ingestiji hrane, upoštevana v vsoti prispevkov k dozi naravnega sevanja (tabeli B in C v izvlečku).



Slika 2.12: Ocenjeni prispevek umetnih radionuklidov k letni dozi za odraslo osebo v zadnjih štirinajstih letih na različnih vzorčevalnih lokacijah



Slika 2.13: Ocenjena letna doza zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov za odraslo osebo v zadnjih štirinajstih letih na različnih vzorčevalnih lokacijah

Na slikah 2.12 in 2.13 je prikazana primerjava ocenjenih letnih efektivnih doz za odraslo osebo zaradi prisotnosti umetnih radionuklidov ter celotnih ocenjenih letnih doz zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov v črpališčih Brege in Rore ter vodovodu Spodnji Stari Grad, ki so blizu NEK, v primerjavi z vodovodom Ljubljana in vodovodom Brežice v zadnjih štirinajstih letih. Čeprav so koncentracije aktivnosti naravnih radionuklidov v črpališčih in vodovodih v splošnem nizke, naravni radionuklidi uranove in torijeve razpadne vrste prispevajo največ k ocenjeni letni efektivni dozi. Zaradi visokih doznih faktorjev največ prispevajo k celotni ocenjeni dozi Ra-226, Pb-210 in Ra-228. S slik 2.12 in 2.13 razberemo, da 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. Med vrednostmi za umetne in naravne radionuklide sta v splošnem dva velikostna razreda razlike.

SKLEPI

Med umetnimi radionuklidi sta bila v pitni vodi in podtalnici v letu 2018 izmerjena H-3 in Sr-90. Cs-137 je bil večinoma zaznan kvečjemu na meji kvantifikacije. V enem vodovodnem vzorcu je bil zaznan tudi I-131.

Tritij v pitni vodi v okolici NEK je istega velikostnega razreda kot drugod po Sloveniji. Vrednosti v Bregah in Spodnjem Starem Gradu so najvišje v Sloveniji in so nedvomno posledica vpliva NEK, vendar tudi najvišje vrednosti še vedno dosegajo le dobra 2 % najvišjih priporočenih vrednosti EU-direktive za pitne vode. Povprečne koncentracije aktivnosti H-3 se ne odmikajo od dolgoletnih povprečij. Vodovod Spodnji Stari Grad je očitno zamenjal glavni vir zajemanja vode, ki je vezan na isti vodonosnik kot vrtina v črpališču Brege.

V vodovodnih sistemih in vrtinah za zdaj nismo zaznali večjih in trajnih sprememb glede koncentracij aktivnosti tritija, ki bi bile posledica spremenjenega hidrološkega režima na krško-brežiškem polju zaradi napolnitve akumulacije HE Brežice. V letu 2018 so bile koncentracije H-3 v VOP-4 občutno nižje kot leta 2017, čeprav je bila aktivnost skupnega tekočinskega izpusta za približno 20 % večja kot leta 2017. Koncentracije aktivnosti tritija v VOP-4 in vrtini Medsave so dobro korelirane med seboj in z izspusti iz NEK.

Največja ocenjena letna efektivna doza v okolici NEK v letu 2018 zaradi pitja vodovodne vode je bila na krško-brežiškem polju izračunana za črpališče Brege (4,6 µSv za odraslo osebo, 6,5 µSv za otroke in 26,6 µSv za dojenčke). Vrednosti so nekoliko višje kot v letu 2017. Praktično vsa obremenitev gre na račun naravnih radionuklidov. Umetni radionuklidi, ne vsi, so posledica obratovanja NEK, prispevajo pa k obremenitvi kvečjemu z deležem 0,7 %. Ta delež je za otroke in dojenčke še manjši.

Ocenjena letna doza v ljubljanskem vodovodu v letu 2018 je 6,1 µSv za odraslo osebo, 9,9 µSv za otroka in 45,1 µSv za dojenčka, kar je več kot za vodovodne sisteme krško-brežiškega polja. Obremenitev z umetnimi radionuklidi iz ljubljanskega vodovoda je ocenjeno na 0,3 % celotne izračunane letne doze za odraslo osebo.

Izračunane letne efektivne doze zaradi umetnih radionuklidov v pitni vodi v brežiškem in krškem vodnooskrbnem sistemu so daleč pod izpeljanimi vrednostmi za mejne koncentracije, ki so izračunane ob upoštevanju, da je vrednost mejne efektivne doze 100 µSv na leto [9] in daleč pod avtoriziranimi mejnimi dozami (50 µSv).

3 RADIOAKTIVNOST V PADAVINAH IN SUHEM USEDU

POVZETEK

V poglavju "Radioaktivnost v padavinah in suhem usedu" smo pregledali merske rezultate in izide 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. Tudi v letu 2018 je bilo izmerjenih po 48 padavinskih vzorcev in vzorcev vazelinskih plošč. Uporabljene so bile tri različne analizne tehnike: visokoločljivostna spektrometrija gama, tekočinskoscintilacijska spektrometrija in radiokemijska metoda z meritvami na proporcionalnem števcu.

V padavinskih vzorcih in vazelinskih ploščah so bili izmerjeni, kot leta poprej, radionuklidi H-3, Be-7, Na-22, Cs-137, Sr-90 ter U-238, Ra-226, Ra-228, Pb-210, Th-228 in K-40. Izmerjene koncentracije aktivnosti usedov se bistveno ne odmikajo od dolgoletnih povprečij. Poleg omenjenih je bil v mesecu februarju izmerjen tudi umetni radionuklid Ru-106, ki je konec septembra leta 2017 onesnažil zrak nad jugovzhodno Evropo. Vir izpusta Ru-106 še sedaj ni znan.

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 jedrske elektrarne in vsebnostjo radionuklidov v okolju, razen pri H-3. Pri tritiju se opazi, da je v Bregah in v Krškem vsako leto višja koncentracija kot na referenčnih mestih v Ljubljani in Dobovi, kar bi lahko pripisali izpustom iz NEK. To sklepamo na podlagi korelacijskih koeficientov med izmerjeno koncentracijo H-3 in zračnimi izpusti, ki za vzorčevalna mesta okoli NEK kažejo na korelacijo, na referenčnem vzorčevalem mestu v Ljubljani pa ne. Izračunali smo efektivno dozo zaradi zunanjega sevanja useda in ingestijsko dozo ter ocenili obremenjenost prebivalstva v okolici jedrske elektrarne in na referenčni točki v Ljubljani. Če iz izračuna izločimo Ru-106, je prispevek umetnih radionuklidov v okolici NEK k skupni dozi zanemarljiv. Doze v okolici NEK so primerljive z dozami na referenčni točki v Ljubljani.

UVOD

Za nadzor vpliva zračnih izpustov na okolje vzorčimo zrak z aerosolnimi in oglenimi filtri (poglavje *Radioaktivnost v zraku*) ter padavinske vzorce. Lovilniki padavin so postavljeni v bližini jedrskega objekta (Krško, Brege, Dobova) in na referenčni lokaciji (Ljubljana). Del aerosolov zbiramo v obliki suhega useda na vazelinskih ploščah, ki so postavljene v okolici jedrske elektrarne in na referenčni lokaciji v Ljubljani. Tako zajamemo vse sestavne dele ozračja: pline, aerosole in vodo v različnih pojavnih oblikah in agregatnih stanjih. Podatki so nepogrešljivi za določitev doznih obremenitev ljudi, ki živijo v okolici jedrskega objekta. Rezultate primerjamo z vrednostmi na referenčni lokaciji.

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

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

bistvenega pomena za življenje na Zemlji.

V letu 2018 so bili v vzorcih padavin in vazelinskih plošč izmerjeni H-3, umetni radionuklidi Cs-137, Sr-90, Ru-106, kozmogena Be-7 in Na-22 ter naravni radionuklidi K-40, U-238, Th-228, Th-230, Ra-226, Ra-228 in Pb-210.

OKOLJSKI VZORCI

Značilnosti vzorčevanja

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

Lovilniki padavin so v Krškem, Bregah, Dobovi in na referenčni lokaciji v Ljubljani (IJS). Lovilnik padavin je sestavljen iz lijaka in neprozornega 50-litrskega plastičnega soda, ki sta povezana z neprozorno plastično cevjo. Lijak iz polirane nerjavne pločevine, ki zajema padavine na efektivni površini 0,25 m^2, 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 litrskemu podvzorcu se ugotavlja vsebnost tritija (H-3), iz preostalega vzorca se pripravi vodna sušina za analize sevalcev gama in stroncija po postopku *Priprava sušine vzorcev vod (LMR-DN-06).*

Suhi talni used se zbira na vazelinskih ploščah površine 0,3 m^2 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. Zbiralniki suhega useda so postavljeni na osmih vzorčevalnih mestih v ožji in širši okolici NEK.

Značilnosti meritev okoljskih vzorcev

Za določitev aktivnosti sevalcev gama uporabljamo visokoločljivostno spektrometrijo gama. Analizo stroncija smo opravili po postopku *Določanje stroncija z beta štetjem (SDN-O2-STC(01)).* Ugotavljanje koncentracije aktivnosti H-3 smo opravili po postopku *Določanje tritija s tekočinskim scintilacijskim štetjem (SDN-O2-STC(02).* V primerih, da je vzorca izredno malo, ga analiziramo po direktni metodi po postopkih *Vzorčenje in priprava vzorcev za določitev tritija (LSC-DN-06)* in *Analiza in izračun vsebnosti tritija H-3 (LSC-DN-07).*

Meritve sevalcev gama v suhem usedu 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. Koncentracije aktivnosti sevalcev gama v deževnici in suhem usedu so bile opravljene po postopku *Visokoločljivostna spektrometrija gama v laboratoriju (LMR-DN-10).*

REZULTATI MERITEV S ČASOVNIMI USMERITVAMI

Padavine in padavinski used

Rezultati meritev vzorcev padavin so prikazani v tabelah T-37 (Brege), T-38 (Krško), T-39 (Dobova) in T-40 (Ljubljana). Vse meritve je opravil IJS. Tabele z merskimi rezultati so na priloženi zgoščenki v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2018, IJS-DP-12783*, marec 2019.

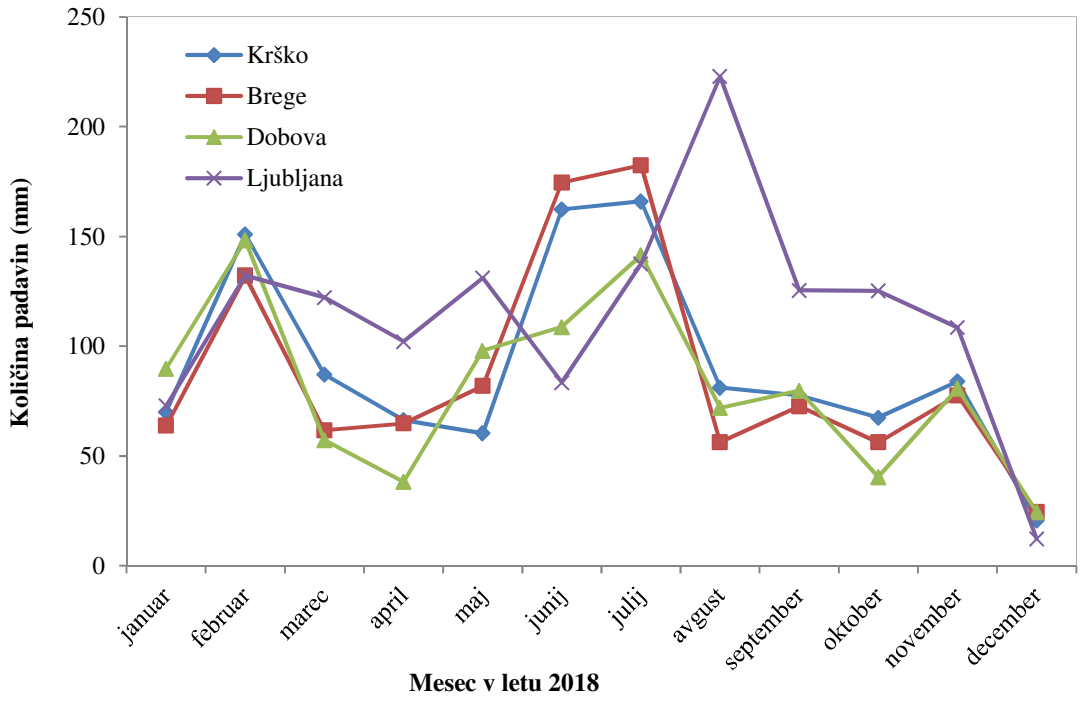
V vzorcih padavin so bili ugotovljeni H-3, Be-7, K-40, Cs-137, Sr-90 ter potomci uranove in torijeve razpadne vrste. Analiza Y-90 ni bila opravljena, zato so v merskih tabelah podane koncentracije aktivnosti Sr-89/Sr-90, čeprav praktično ni možnosti, da bi bil v vzorcu tudi Sr-89, saj ta kratkoživi izotop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

NEK v letu 2018, podobno kot v prejšnjih letih, ni bil zaznan. Poleg omenjenih je bil v mesecu februarju izmerjen tudi umetni radionuklid Ru-106, ki je konec septembra 2017 onesnažil zrak nad jugovzhodno Evropo, vir in razlog onesnaženja pa še danes nista znana.

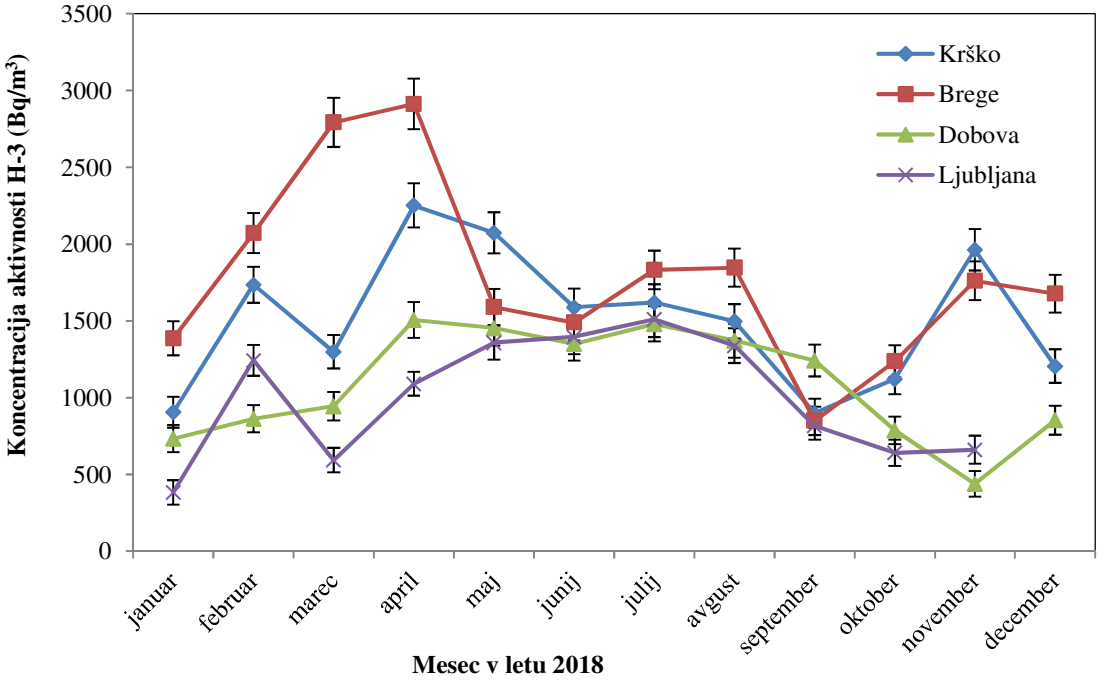
V tabeli 3.1 so izpisani meseci, v katerih smo izmerili maksimalno koncentracijo aktivnosti za posamezen radionuklid. Na vzorčevalnih mestih v okolici NEK je bil tritij najvišji v aprilu, v Ljubljani pa v mesecu juliju. Največ vzorcev z maksimalnimi koncentracijami drugih štirih obravnavanih radionuklidov, kar 10 od 16, je zimskih (tabela 3.1). Najvišje koncentracije se pojavljajo v decembru in februarju, pri čemer je imel december najmanjšo količino padavin. Na lokacijah v okolici NEK so bile najvišje koncentracije za Be-7 izmerjene v poletnem času, za Ljubljano pa v decembru. Sr-90 je v letu 2018 izzvzet iz obravnave, saj so praktično vse izmerjene vrednosti pod mejo detekcije.

Tabela 3.1: Pojavljanje najvišjih izmerjenih mesečnih koncentracij aktivnosti za H-3, Cs-137, Be-7, K-40 in Pb-210 v vzorcih padavin v Bregah, Krškem, Dobovi in Ljubljani v letu 2018

Radionuklid v padavinah	**LJUBLJANA**	**BREGE**	**KRŠKO**	**DOBOVA**
H-3	julij	april	april	april
Cs-137	december	februar	februar	december
Be-7	december	julij	julij	julij
K-40	december	februar	marec	marec
Pb-210	december	februar	december	marec



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



Slika 3.2: Mesečne koncentracije aktivnosti tritija v padavinah v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani (v Ljubljani v mesecu decembru ni bilo dovolj vzorca za izvedbo analize H-3)

V letu 2018 je bila količina padavin na letni ravni primerljiva s količino padavin v letu 2017. Količina padavin v Bregah, Krškem in Dobovi je primerljiva, razlika je bila kvečjemu 10 %. Največ dežja je padlo v Krškem, najmanj v Dobovi. V celem letu je največ padavin padlo v Ljubljani (1 377 mm), približno 30 % več od povprečja v okolici NEK. Mesec december je bil izrazito suh na vseh vzorčevalnih mestih. Mesečne količine padavin v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani so prikazane na sliki 3.1.

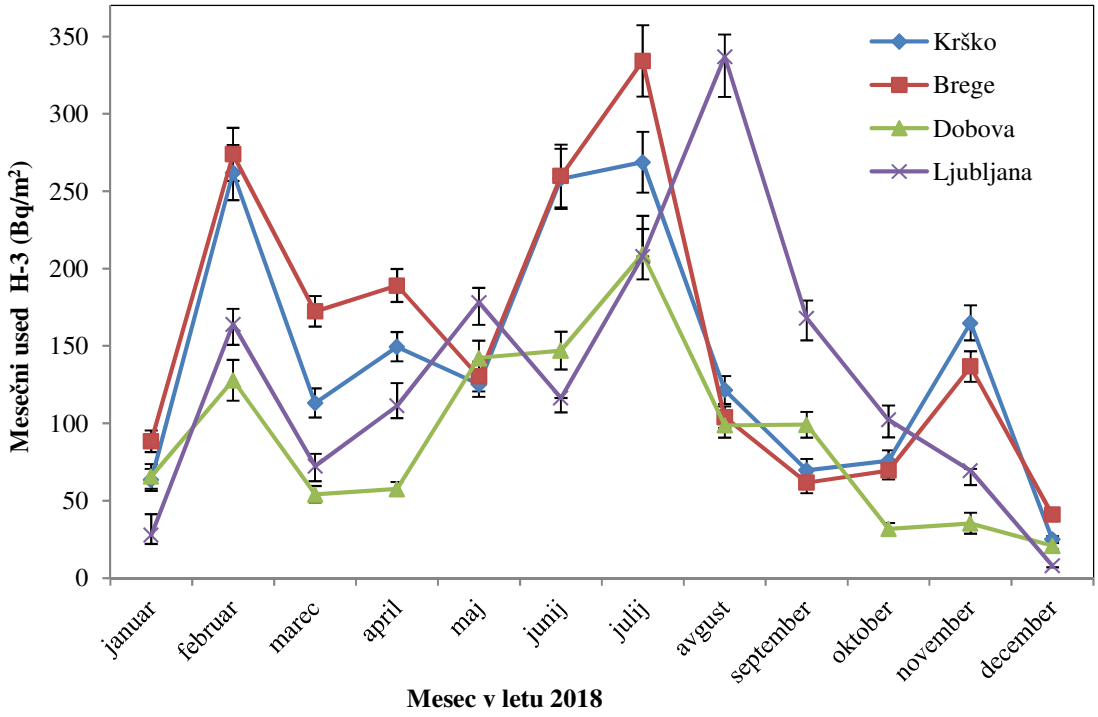
Tritij (H-3)

Koncentracije aktivnosti tritija v padavinah so prikazane na sliki 3.2. Povprečne mesečne koncentracije aktivnosti so bile med 19 % in 49 % večje kot v letu 2017 in primerljive z izmerjenimi koncentracijami v letu 2016. Zračni izpusti so bili malo nižji kot v prejšnjem letu. Največji zračni izpust tritija je bil v mesecu aprilu.

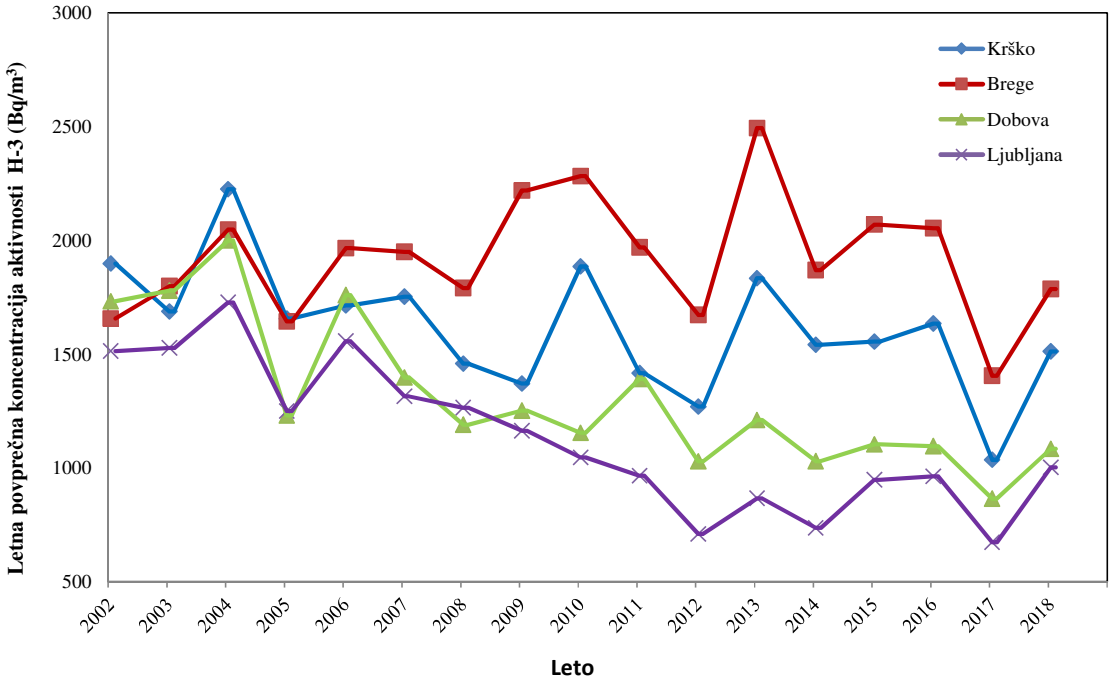
V aprilu je bila koncentracija tritija v Bregah višja od povprečne vrednosti, kar se sklada z zračnimi izpusti, ki so bili v aprilu dvakrat večji od letnega povprečja. Korelacijski koeficienti med zračnimi izpusti in izmerjeno koncentracijo aktivnosti H-3 v okolici NEK (Krško 0,3, Brege 0,6 in Dobova 0,5) nakazujejo na korelacijo, v Ljubljani pa koeficient 0,1 kaže na to, da ni korelacije. Najvišja mesečna koncentracija tritija v padavinskih vzorcih v okolici NEK je bila v mesecu aprilu izmerjena v Bregah, najmanjša pa novembra v Dobovi. Na referenčni lokaciji v Ljubljani so bile vrednosti primerljive z izmerjenimi vrednostmi v Dobovi. Koncentracije aktivnosti v grobem sledijo običajnim naravnim letnim gibanjem tritija v ozračju severne zemeljske poloble, kjer so vrednosti poleti v splošnem višje kot pozimi [42]. Izjema so koncentracije aktivnosti na lokaciji Brege in v letošnjem letu tudi v Krškem, kjer se nedvoumno pozna vpliv NEK, saj so letna povprečja konstantno višja od referenčne lokacije v Ljubljani.

Mesečne padavinske usede (aktivnosti padavin na kvadratni meter površine) izračunamo z množenjem koncentracij aktivnosti in količin padavin. Na sliki 3.3 so predstavljeni mesečni padavinski usedi H-3 za vsa štiri vzorčevalna mesta: Ljubljano, Brege, Krško in Dobovo. Časovni poteki za lokacije v okolici NEK so primerljivi s potekom na ljubljanski referenčni lokaciji.

V Bregah in tudi Krškem je vzorec koncentracij aktivnosti tritija nekoliko drugačen kot v Dobovi, kar je lepo razvidno iz dolgoletnih letnih povprečij na sliki 3.4. Povprečna mesečna koncentracija aktivnosti za leto 2018 je bila na vseh lokacijah višja kot v letu 2017; najnižja v Ljubljani, najvišja v Bregah, kar je že ustaljena večletna usmeritev.



Slika 3.3: Mesečni padavinski used tritija v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani



Slika 3.4: Povprečje letnih koncentracij aktivnosti H-3 v padavinah za obdobje 2006–2018

Vpliv NEK na koncentracije aktivnosti tritija v nesposredni bližini elektrarne je opazen, če pogledamo letna povprečja, ki so v Bregah in Krškem vsako leto višja od Dobove in Ljubljane. V mesecih z majhnimi količinami padavin je korelacija med izpusti in koncentracijami aktivnosti izrazitejša. Izrazito sušni meseci se pojavljajo praktično vsako leto, ne nujno vedno v istem letnem času.

Sezonska nihanja tritija ponazarja tabela 3.2, kjer so nanizani smerni koeficienti korelacij in korelacijski koeficient R^2 med količino padavin in mesečnimi usedi tritija. Precejšnje razlike med smernimi koeficienti za zimo in poletje potrjujejo različne mehanizme za nastanek in transport tritija iz ozračja na Zemljo v obliki padavin. Čim večji je smerni koeficient, tem več tritija iz ozračja preide v padavine in s tem v padavinski used. Če pogledamo lokaciji Ljubljana in Dobova, kjer je vpliv zračnih izpustov iz NEK nezaznan, so poleti ti koeficienti višji kot pozimi, kar pomeni, da je prenos tritija iz ozračja v padavinske usede učinkovitejši poleti kot pozimi.

Tabela 3.2: Korelacijski koeficienti R^2 in smerni koeficienti korelacij za odvisnost pomladno-poletnih oziroma jesensko-zimskih padavinskih usedov tritija od količine padavin za leto 2018

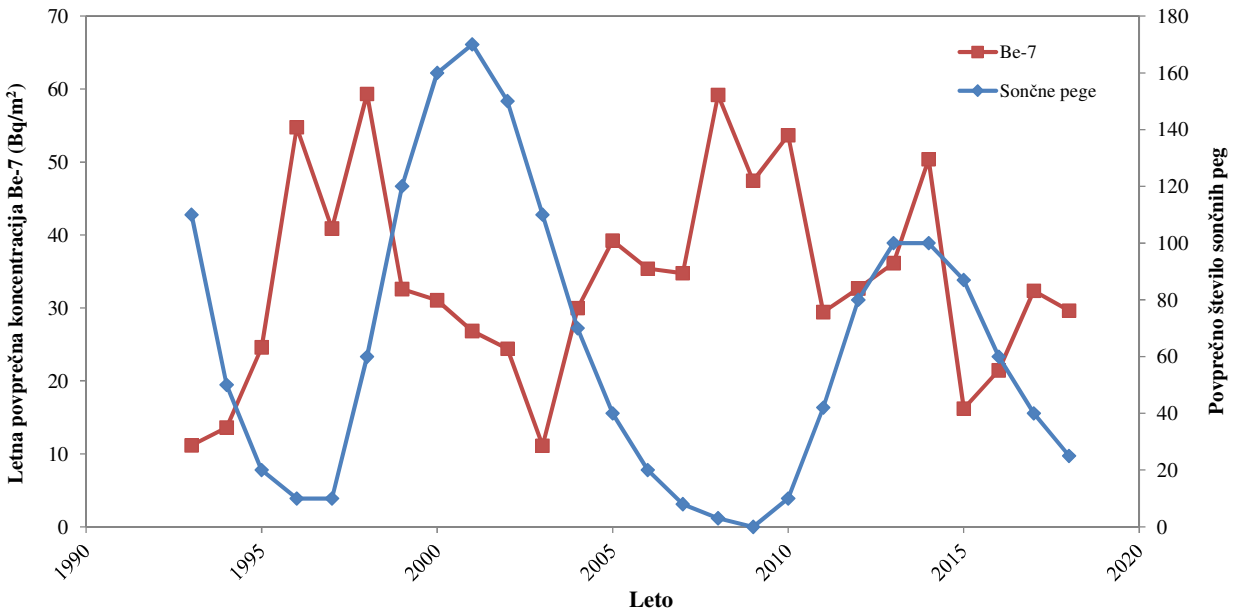
	pomlad–poletje		jesen–zima	
	smerni koeficient	R^2	smerni koeficient	R^2
Ljubljana	1,78	0,81	1,25	0,73
Brege	1,31	0,80	2,26	0,87
Krško	1,41	0,89	1,93	0,86
Dobova	1,56	0,96	0,85	0,76

Medtem ko je tritij praktično edini merjeni radionuklid, ki ga v okolici NEK lahko deloma pripišemo izpustom jedrske elektrarne, je stanje pri drugih radionuklidih nekoliko drugačno. Primerjava med usedi radionuklidov v Ljubljani in za lokacije v okolici NEK pokaže, da so vrednosti usedov v Ljubljani praktično enake ali celo nekoliko višje kot v okolici NEK (slika 3.8).

Berilij (Be-7)

Be-7 je kozmogeni radionuklid, kar pomeni da naravno nastaja v zgornjem delu atmosfere preko jedrskih reakcij med visokoenergijskimi kozmičnimi žarki in dušikom [39], [40]. Preko zračnih mas in padavin prehaja na spodnje plasti zemeljskega ozračja in površja. Pogostost sončnih peg je direktno povezana s tokom nabitih delcev, ki prihajajo iz Sonca. Ker se kozmični žarki, ki vstopajo v naš sončni sistem, sipljejo na teh delcih, jih posledično manj prispe do naše atmosfere in s tem se tvori manj kozmogenega Be-7. To nakazuje tudi graf na sliki 3.5, kjer sta prikazani časovni odvisnosti povprečnega letnega useda Be-7 na vseh lokacijah, kjer je potekalo zbiranje padavinskega useda, in povprečnega števila sončnih peg [41]. Iz antikorelacije med časovnima odvisnostma (vrednost korelacijskega koeficienta je –0,45) lahko sklepamo, da obstaja povezava med sončno aktivnostjo in produkcijo Be-7 v ozračju.

V tabeli 3.3 so prikazana letna povprečja padavinskega useda Be-7 v okolici NEK in na referenčnem merilnem mestu v Ljubljani.



Slika 3.5: Časovna odvisnost poprečnega dnevnega števila sončnih peg in letne aktivnosti Be-7 v padavinskem usedu za obdobje 1993–2018

Tabela 3.3: Povprečni letni padavinski used Be-7

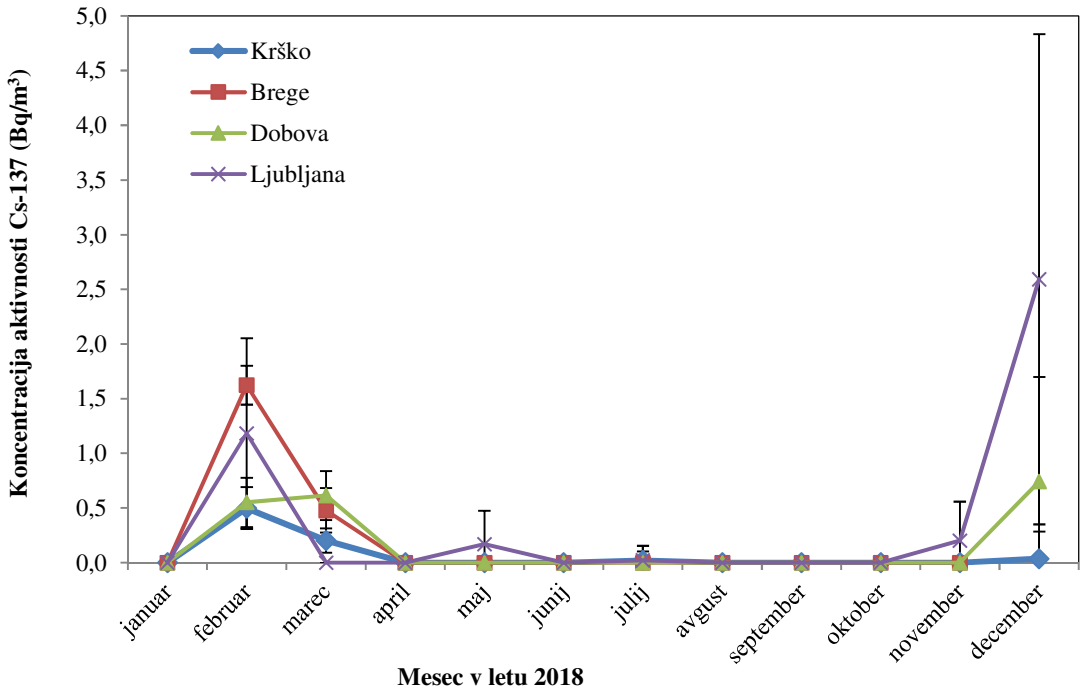
Vzorčevalno mesto	Letno povprečje padavinskega useda Be-7 (Bq/m^2)
Ljubljana	44 ± 1
Brege	43 ± 1
Krško	57 ± 2
Dobova	38 ± 1

Ogljik (C-14)

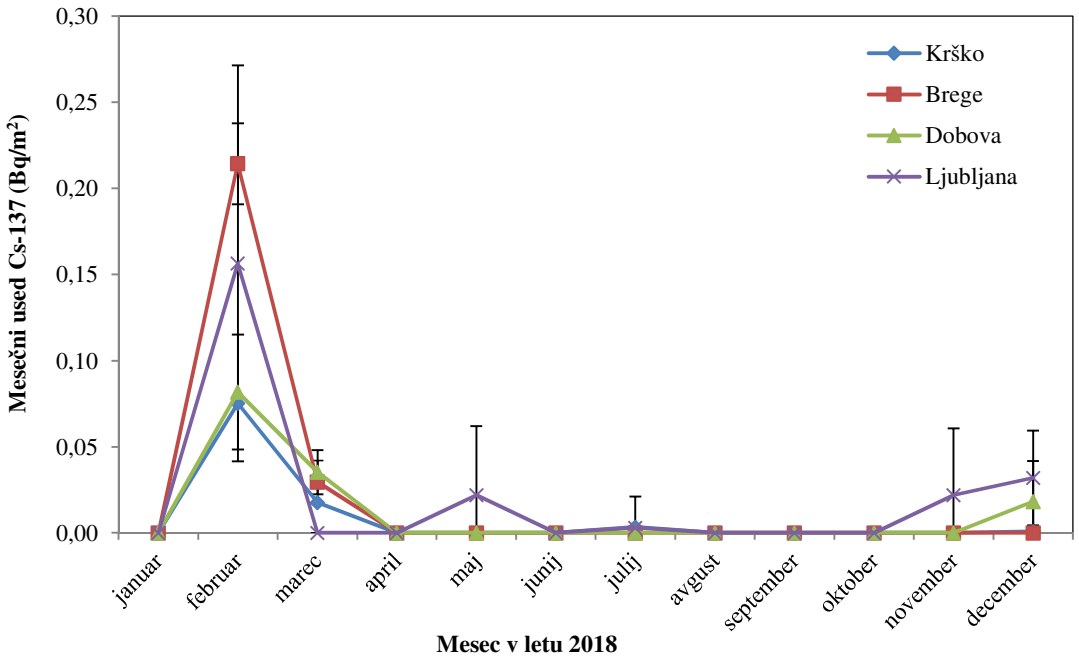
C-14 ni predviden v programu meritev padavinskih vzorcev.

Cezij (Cs-137)

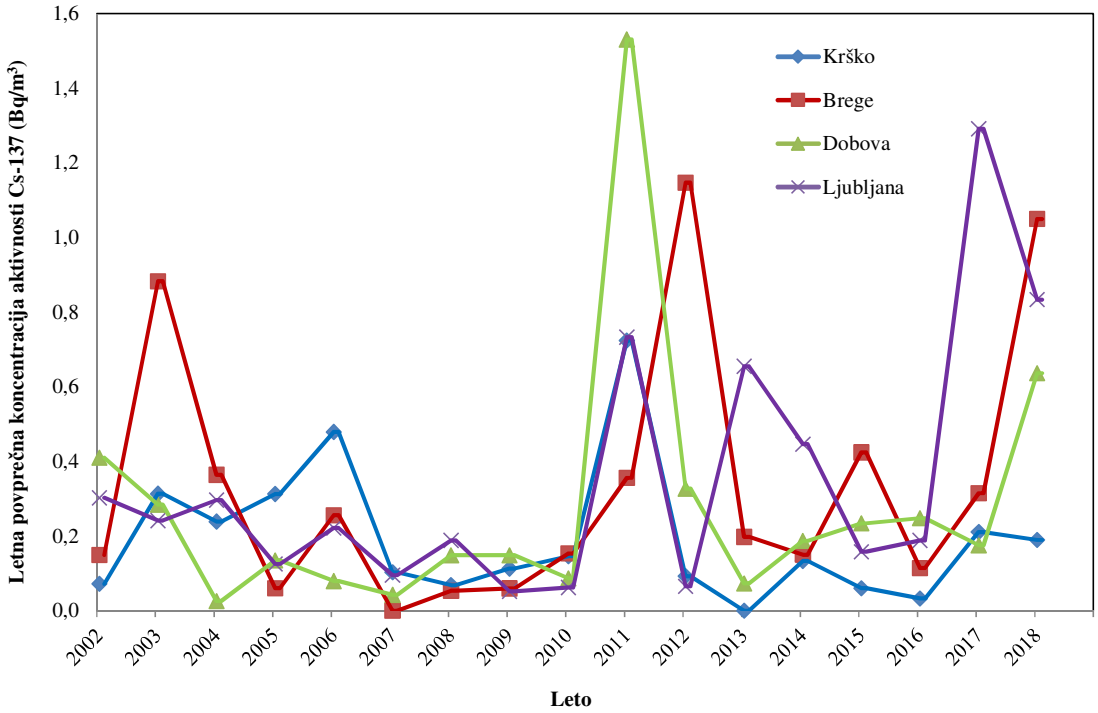
Mesečne koncentracije aktivnosti Cs-137 v padavinah v Krškem, Bregah, Dobovi in v Ljubljani so prikazane na sliki 3.6, padavinski used pa na sliki 3.7. Tako kot zadnji dve leti je tudi leta 2018 bila največja vrednost izmerjena na referenčni lokaciji v Ljubljani. V okviru negotovosti si je večina vrednosti zelo podobnih. Večji odmiki, kot je na primer v mesecu decembru v Ljubljani, bi lahko pripisali vetrovni resuspenziji iz tal in majhni količini vzorca. Na sliki 3.8 je prikazan večletni potek letnih padavinskih usedov za Cs-137. Če ni nobene nesreče, kjer bi bil v zračnem izpustu Cs-137, ga ne pričakujemo v padavinah. Vse vrednosti, ki jih izmerimo, so verjetno zaradi vetrovne suspenzije. Ker je koncentracija v tem primeru zelo odvisna od količine vzorca, lahko te vrednosti zelo nihajo in je težko pravilno argumentirati letne spremembe. Izjema je leto 2011, kjer je izrazito povišanje posledica nesreče v Fukušimi, in se le-to opazi na vseh vzorčevalnih mestih (slika 3.8).



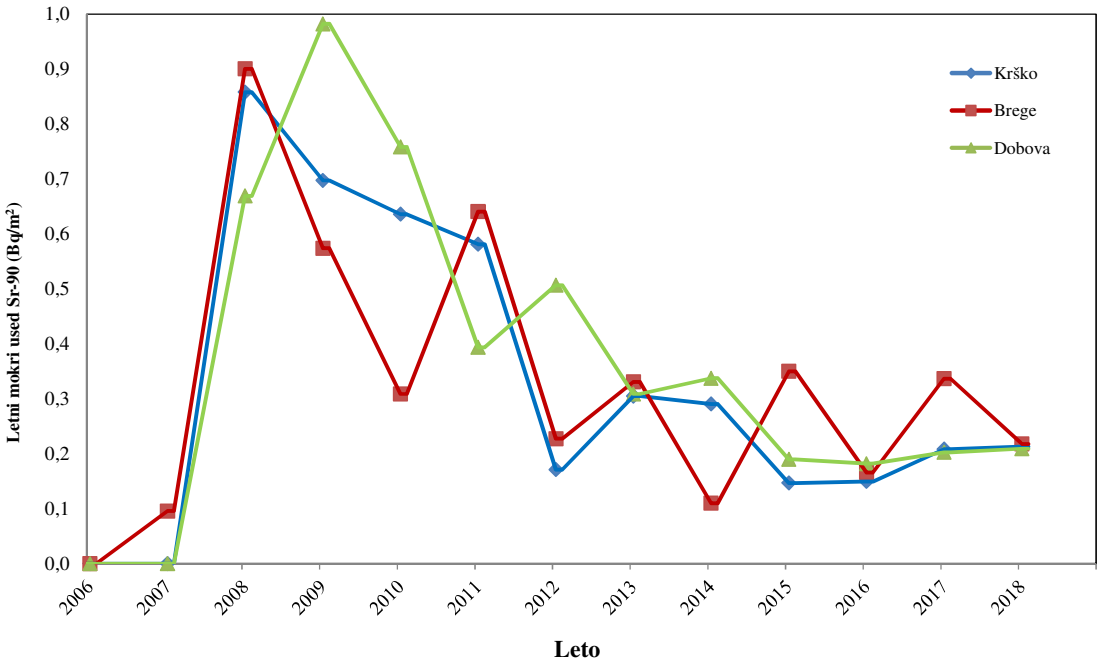
Slika 3.6: Mesečne koncentracije aktivnosti Cs-137 v padavinah v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani



Slika 3.7: Mesečni padavinski used Cs-137 v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani



Slika 3.8: Letni padavinski used Cs-137 za obdobje 2006–2018. Izrazito povišanje v letu 2011 na vseh vzorčevalnih mestih je posledica nesreče v Fukušimi.



Slika 3.9: Letni padavinski used Sr-90 za obdobje 2006–2018

Stroncij (Sr-90)

V letu 2018 so bile vse vrednosti za Sr-90 pod detekcijsko mejo. V tabelah se torej pojavljajo izpeljane vrednosti iz detekcijskih mej. Natančneje povedano, za predpostavljeno vrednost upoštevamo eno četrtino detekcijske meje. Navadna slika bi torej prinesla predvsem informacijo o količini vzorca. Predpostavljene vrednosti so pomembne zaradi izračuna doznih obremenitev. Slika 3.9 prikazuje letne padavinske usede Sr-90 na vseh treh lokacijah v okolici NEK med letoma 2006 in 2018. Usedi oziroma njihove predvidene vrednosti so v letu 2018 primerljive z vrednostmi iz prejšnjih let.

Jod (I-131)

I-131 v padavinskih vzorcih in vzorcih suhega useda ni bil ugotovljen.

Drugi aktivacijski in fisijski produkti

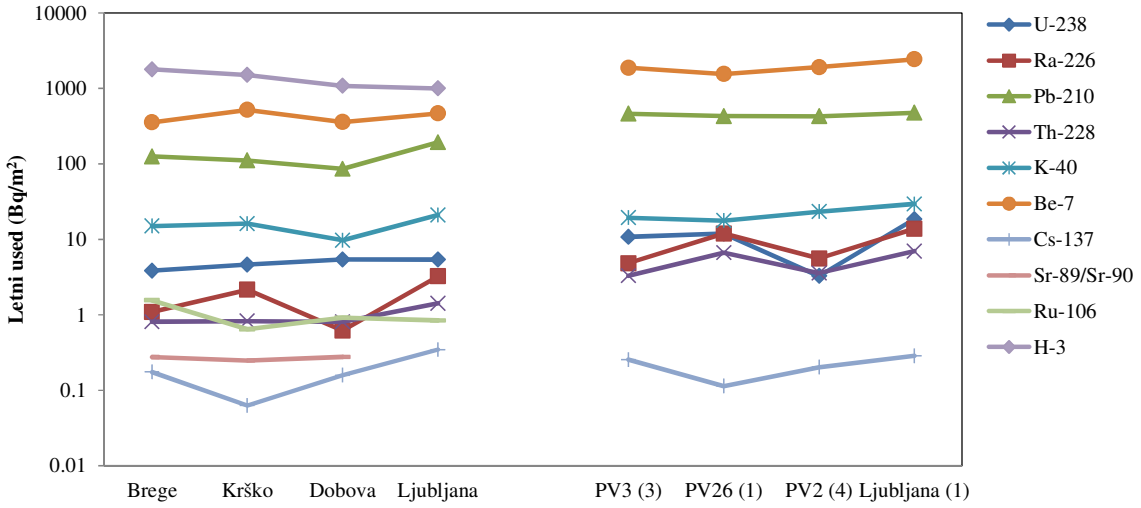
Ru-106

Konec septembra leta 2017 je bil zrak nad jugovzhodno Evropo onesnažen z izotopoma Ru-103 in Ru-106. Medtem ko je bila vsebnost prvega izotopa v zraku le v sledovih, smo raven onesnaženja zraka z drugim radionuklidom v letu 2017 lahko natančno ugotovili. V letu 2018 je bil Ru-106 zaznan v mesecu februarju, in sicer v vzorcih padavin na vseh vzorčevalnih mestih. Razlog za to je verjetno resuspenzija delcev s tal.

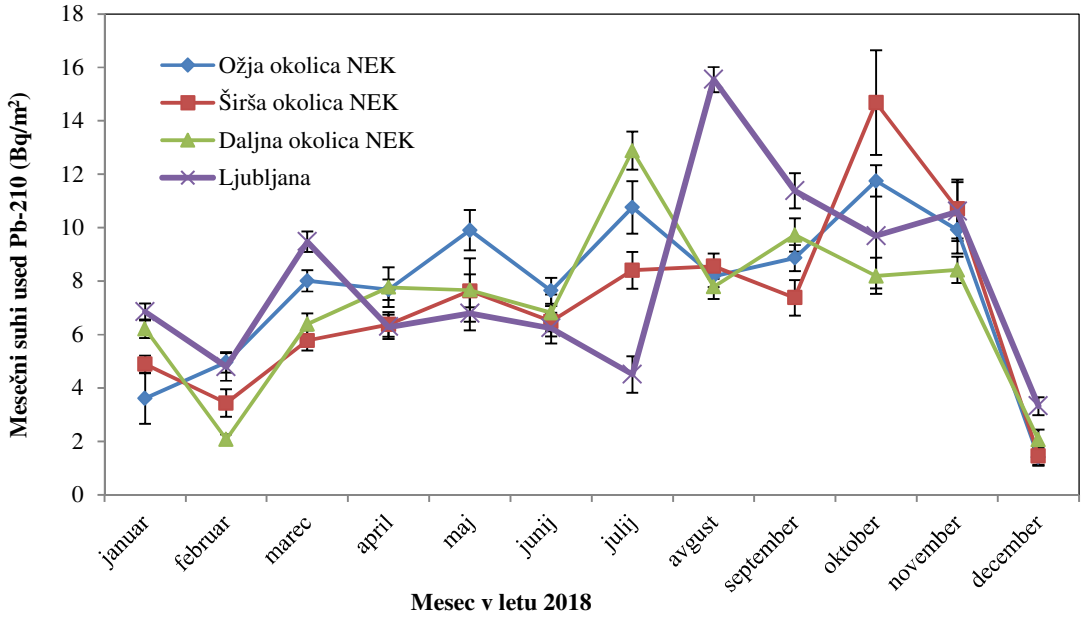
Suhi used

Rezultati meritev vzorcev suhih usedov so prikazani v tabelah T-42/1 (širša okolica NEK), T-42/2 (daljna okolica NEK), T-42/3 (ožja okolica NEK) in T-42/4 (Ljubljana). Vse meritve je opravil IJS. Tabele z merskimi rezultati so na priloženi zgoščenki v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2018*, *IJS-DP-12783*, marec 2019.

V vzorcih suhega useda so bili v letu 2018 izmerjeni Be-7, K-40, Cs-137 in potomci uranove in torijeve razpadne vrste. Analize stroncija se na vzorcih z vazelinskih plošč ne izvaja. Na sliki 3.10 je primerjava med suhim in mokrim usedom na vseh lokacijah, kjer se izvaja vzorčenje.



Slika 3.10: Letni usedi v padavinah, zbranih v lovilnikih deževnice (leva stran grafa) in na vazelinskih ploščah na različnih lokacijah okrog NEK (desna stran grafa)



Slika 3.11: Mesečni suhi used Pb-210 v Ljubljani, v širši in ožji okolici NEK ter na vzorčevalnem mestu, ki je najdlje od NEK

Količina useda na vazelinskih ploščah v okolici NEK je primerljiva z usedi v Ljubljani. Podobno velja tudi za padavinske usede.

Na sliki 3.11 je prikazan suhi used za Pb-210. Ugotovimo zelo podoben potek za vse štiri lokacije. Vrednosti za Ljubljano so v splošnem primerljive z vrednostmi za lokacije v okolici NEK. Najvišja vrednost v okolici Krškega je bila izmerjena oktobra in avgusta v Ljubljani.

OCENA VPLIVOV

Letno dozo izračunamo iz danega mesečnega, četrtletnega ali polletnega aritmetičnega povprečja ob predpostavki, da je vnos hrane, vode ali zraka v človeški organizem konstanten vse leto. Oceno vplivov radioaktivnega useda ovrednotimo z efektivno dozo zaradi zunanjega sevanja radionuklidov iz useda in z ingestijsko dozo. Efektivne doze zaradi zunanjega sevanja useda ocenimo s produktom letnega useda in doznega faktorja [4] za posamezen radionuklid ob predpostavki štiriurnega zadrževanja na prostem. V tabeli 3.4 so povzete sumarne vrednosti zunanjih doz. K dozi brez Ru-106 največ prispeva kozmogeni Be-7, ki se s padavinami izpira iz ozračja, in sicer med 16 % in 29 %. Celotna efektivna doza zaradi zunanjega sevanja useda za umetne radionuklide v okolici NEK je bila v letu 2018 nižja kot v letu 2017, saj je v letu 2017 k skupnem prispevku umetnih radionuklidov znatno prispeval Ru-106 (99 % v okolici NEK in 97 % Ljubljani), ki pa je bil v letu 2018 zaznan samo še v mesecu februarju in je prispeval k skupni dozi umetnih radionuklidov še vedno večino izračunane doze, in sicer 89 % v okolici NEK in 93 % v Ljubljani.

Skupna efektivna doza umetnih in naravnih radionuklidov je zaradi prispevka Ru-106, izmerjenega v februarju, še vedno malo povečana (14 % v Ljubljani in 11 % v okolici NEK) glede na leto pred 2016 (pred izpustom Ru-106).

Efektivna doza zaradi zunanjega sevanja useda umetnih radionuklidov prispeva v okolici NEK približno 10 % in v Ljubljani približno 8 % k celotni zunanji dozi zaradi useda, enako za vse starostne skupine. Tako velik delež je seveda zaradi prispevka Ru-106. Če ga izvzamemo iz računa, je prispevek umetnih radionuklidov k skupni dozi 0,3 % v okolici NEK in 0,4 % v Ljubljani. Leto 2018 je posebno kot leto 2017, saj so umetni radionuklidi, zaradi detekcije Ru-106 v februarju, kar dosti prispevali k skupni dozi. Treba je

poudariti, da je skoraj ves prispevek zaradi omenjenega izpusta Ru-106, ki nima nikakršne povezave z izpusti iz NEK. Če bi upoštevali samo izpuste umetnih radionuklidov iz NEK, bi bili umetni radionuklidi pri računanju zunanjih doz v letu 2018 zaradi obseva zanemarljivi in višji v Ljubljani kot v okolici NEK.

Tabela 3.4: Efektivne doze zaradi zunanjega sevanja useda v letu 2018 ob predpostavki zadrževanja na prostem 4 ure na dan. Vrednosti niso primerljive z oceno doze v poglavju *Zunanje sevanje*, saj tam ni upoštevano, da se prebivalec zadržuje 20 % časa na prostem in da je faktor ščitenja pri zadrževanju v hiši 0,1. Rezultati, označeni z *, so izračunane doze brez upoštevanja prispevka Ru-106.

Starostna skupina	**Radionuklidi**	**Okolica NEK (povprečje lokacij)**	**Ljubljana**
		doza/µSv	
ODRASLI OTROCI DOJENČKI	UMETNI	0.009 ± 0,002	0.007 ± 0,002
		*(0,0002 ± 0,0001)	*(0,0004 ± 0,0002)
	VSI	0,084 ± 0,008	0,087 ± 0,003
		*(0,076 ± 0,008)	*(0,081 ± 0,003)

Tabela 3.5: Ingestijske doze zaradi letnega padavinskega useda v letu 2018 za odrasle, otroke in dojenčke. Rezultati, označeni z *, so izračunane doze brez upoštevanja prispevka Ru-106.

Starostna skupina	**Masa zaužitega rastlinja** (kg)	**Radionuklidi**	**Okolica NEK (povprečje lokacij)**	**Ljubljana**
			doza/µSv	
ODRASLI	25	UMETNI	0,019 ± 0,002	0,015 ± 0,001
			*(0,014 ± 0,002)	*(0,011 ± 0,001)
		VSI	35 ± 4	50 ± 2
			*(35 ± 4)	*(50 ± 2)
OTROCI	15	UMETNI	0,018 ± 0,002	0,013 ± 0,001
			*(0,012 ± 0,001)	*(0,008 ± 0,001)
		VSI	59 ± 7	84 ± 3
			*(59 ± 7)	*(84 ± 3)
DOJENČKI	2,5	UMETNI	0,068 ± 0,008	0,047 ± 0,008
			*(0,035 ± 0,004)	*(0,023 ± 0,001)
		VSI	264 ± 32	379 ± 13
			*(264 ± 32)	*(379 ± 13)

Efektivno ingestijsko dozo izračunamo s produktom koncentracije aktivnosti radionuklidov v masi 1 kg sveže rastline, ki jo zaužije človek, mase zaužitega rastlinja (25 kg za odraslo osebo, 15 kg za otroke in 2,5 kg za dojenčke) in doznega faktorja [4], [9], [51]. Pri tem se upošteva le used na zeleni del rastlin in posledični vnos radionuklidov v rastlino, medtem ko prevladujoči transport radionuklidov iz zemlje ni upoštevan. Ta je zajet v poglavju *Radionuklidi v hrani*. Pri izračunu nismo upoštevali, da vse rastlinje pred zaužitjem operemo ali olupimo in tako speremo tudi do 90 % vseh radionuklidov na površini. Vrednosti so zbrane v tabeli 3.5.

Efektivna ingestijska doza v letu 2018 je tudi povišana glede na leta pred 2017 in tudi tu je vzrok vpliv Ru-106. Efektivna ingestijska doza je bila v letu 2018, kot leto poprej, za umetne radionuklide višja v okolici NEK, efektivna ingestijska doza za naravne radionuklide pa je bila višja v Ljubljani. Ugotovitev velja za vse starostne skupine. Če izvzamemo iz izračuna skupne efektivne doze prispevek Ru-106, k skupni ingestijski efektivni dozi tako v Ljubljani kot v okolici NEK največ prispeva naravni izotop Pb-210, in sicer kar 98 %. Efektivna ingestijska doza zaradi umetnih radionuklidov, brez prispevka Ru-106, k celotni efektivni ingestijski dozi za odraslo osebo prispeva v okolici NEK okrog 0,04 %, v Ljubljani pa 0,02 %, kar je primerljivo z letom 2017. Prispevek za otroka in dojenčka je še manjši. Umetni radionuklidi, če izvzamemo prispevek Ru-106, so torej pri računanju zunanjih doz v letu 2018 zaradi ingestije zanemarljivi.

SKLEPI

V letu 2018 ni bilo večjih posebnosti glede radionuklidov v padavinah in suhih usedih, razen v mesecu februarju, kjer smo v padavinah zaznali Ru-106. Le-tega nismo pričakovali v padavinah, saj se je že v mesecu oktobru 2017 koncentracija aktivnosti znižala pod mejo detekcije. Ker smo poleg Ru-106 zaznali tudi Cs-137, za katerega vemo, da je navzoč v zemlji, lahko sklepamo, da je razlog za vsebnost obeh radionuklidov v deževnici resuspenzija prahu iz tal. Izmerjen Ru-106 je prispeval večinski delež k prejeti letni efektivni dozi zaradi umetnih radionuklidov. Večji efekt je opazen pri izračunani efektivni dozi zunanjega sevanja useda, kjer je prispeval k skupnem prispevku zaradi umetnih radionuklidov 97 % v okolici NEK in 95 % v Ljubljani. Pri izračunu ingestijske doze pri odrasli osebi je bil prispevek manjši, in sicer 25 % v okolici NEK in 24 % v Ljubljani. Pri otrocih je bil 33 % v okolici NEK in 35 % v Ljubljani. Za dojenčke je bil najvišji, in sicer 48 % v okolici NEK in 52 % v Ljubljani. Primer nenadzorovanega izpusta Ru-103 in Ru-106 lepo prikaže, kako majhen in zanemarljiv je prispevek izpustov iz NEK.

Tritij je še vedno edini radionuklid iz zračnih izpustov NEK, ki je lahko neposredno zaznan v padavinah predvsem v Bregah in Krškem, a še tu v tem letu ni bilo očitnih korelacij. Tritij sicer po splošno uporabljani metodologiji praktično ne vpliva na dozno obremenitev zaradi zunanjega sevanja.

Med umetnimi radionuklidi je bil v padavinah občasno ugotovljen Cs-137. Izmerjen je bil v 29 % vzorcev padavin in v 19 % vazelinskih plošč. Letna koncentracija aktivnosti za Cs-137 je bila v letu 2018 višja v Bregah in v Dobovi ter nižja v Krškem in Ljubljani. Vzrok za detekcijo Cs-137 v padavinah je najverjetneje talna resuspenzija. Sr-90 v letu 2018 ni bil detektiran v nobenem padavinskem vzorcu. Če izvzamemo prispevek umetnega radionuklida Ru-106 k efektivni dozi zaradi zunanjega sevanja useda in ingestijski dozi, računani za padavinske usede, prispevajo predvsem naravni radionuklidi. Obremenitvi prebivalcev v okolici NEK in na referenčni točki v Ljubljani sta primerljivi, vpliv NEK pa zanemarljiv.

4 RADIOAKTIVNOST V ZRAKU

POVZETEK

*V poglavju so predstavljeni in ovrednoteni rezultati meritev plinastih in aerosolnih vzorcev iz okolja (imisije) ter aerosolnih filtrov za vzorčevanje zraka na glavnem oddušniku NEK (emisije). Ocena vpliva na prebivalstvo, izračunana za zračno prenosno pot, je bila narejena na podlagi meritev zračnih izpustov in z uporabo Lagrangeevega modela. Lokacije vzorčevanja so bile v okviru rednega nadzora radioaktivnosti zraka v okolici NEK v letu 2018 enake kot prejšnja leta. Ocenjene letne efektivne doze prebivalcev na podlagi meritev aerosolnih filtrov (imisije) zaradi inhalacije (vdihavanja) in imerzije (zunanje sevanje) umetnih radionuklidov (*0,5 nSv*) so zanemarljive in več velikostnih redov nižje od letne efektivne doze, ki jo zaradi inhalacije (vdihavanja) povzročajo naravni radionuklidi (*41 µSv*). Pri dozah zaradi naravnih radionuklidov ne upoštevamo prispevka kratkoživih potomcev radona. Modelna ocena daje oceno efektivne letne doze za odraslo osebo v naselju Spodnji Stari Grad* 14 nSv*, na ograji NEK pa* 31 nSv*. Modelna ocena zajema vse izpuščene radionuklide, medtem ko efektivna doza, izračunana iz meritev v okolju, upošteva le globalna kontaminanta Cs-137 in Sr-90. Prispevka Cs-137 in Sr-90 sta podobna prejšnjim letom na nivoju desetink* nSv.

UVOD

Zračni izpusti jedrske elektrarne imajo skupaj s tekočimi izpusti neposreden vpliv na okolje in ljudi, ki živijo v okolici takšnega objekta. Za nadzor zračnih izpustov opravljamo spektrometrske analize aerosolnih filtrov za vzorčevanje zraka na glavnem oddušniku NEK tik pred izpustom v okolje (emisije) ter aerosolnih in oglenih filtrov za prečrpavanje zraka v okolju (imisijske meritve). Izmerjene aktivnosti radionuklidov na izviru so vhodni podatki za modelne izračune, s katerimi se napoveduje njihova porazdelitev in aktivnost radionuklidov v okolju. Pri oceni doz se uporabljajo sodobni modeli, ki najbolje upoštevajo sprotno izmerjene meteorološke parametre v preteklem letu, konfiguracijo terena in druge značilnosti v okolici obravnavanega objekta. Modele lahko preverimo z neposrednimi meritvami v okolju. Neodvisni laboratoriji vzorčijo okoljske vzorce in tako preverjajo vpliv elektrarne na okolje in ljudi.

Vzorčevanje emisij je potekalo na glavnem oddušniku NEK, kjer se odvzemajo vzorci za meritve joda, tritija (H-3), ogljika (C-14), aerosolov (aerosolni filtri v monitorju RM-24) ter opravljajo meritve žlahtnih plinov. Njihove koncentracije aktivnosti na izbranih lokacijah v okolici NEK se ugotavljajo z uporabo Lagrangeevega disperzijskega modela Spray [44], [45], [46], [47], saj zaradi razredčitev meritve na lokacijah niso praktično mogoče, ker so koncentracije radioaktivnosti zaradi emisij NEK zanemarljivo nizke v primerjavi s koncentracijami radioaktivnosti zaradi imisij v okolju. Meritve aerosolov in I-131 v okolju se izvajajo na osmih lokacijah v okolici NEK (Spodnji Stari Grad, Krško - Stara vas, Leskovec, Brege, Vihre, Gornji Lenart, Spodnja Libna in Dobova) na različnih oddaljenostih od glavnega izpuha NEK, kar omogoča spremljanje razširjanja zračnih efluentov v vseh smereh (jod I-131 se v Dobovi ne vzorčuje). Poudariti je treba, da so v okolici NEK pogoste spremembe smeri vetra, tudi večkrat na dan, hitrost vetra je nizka, prevladujoči smeri razširjanja sta proti jugozahodu in proti jugovzhodu. Kontrolne meritve aerosolov so bile opravljene z vzorci, ki so bili pridobljeni z vzorčevanjem na lokaciji v Ljubljani.

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

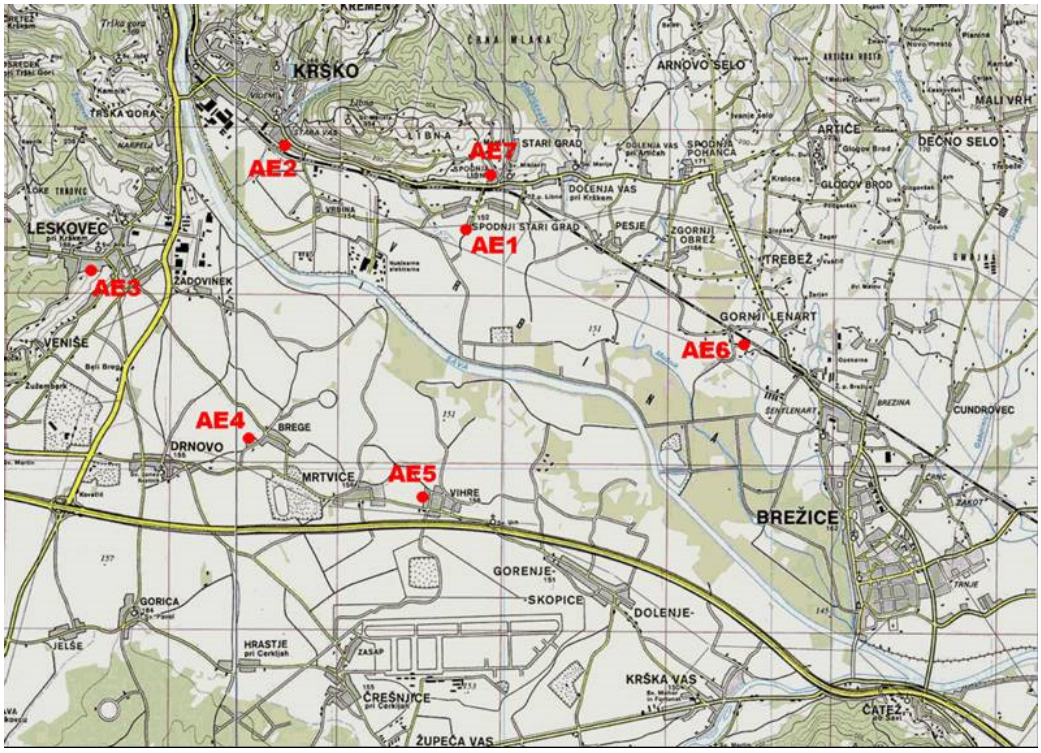
OKOLJSKI VZORCI

Značilnosti vzorčevanja

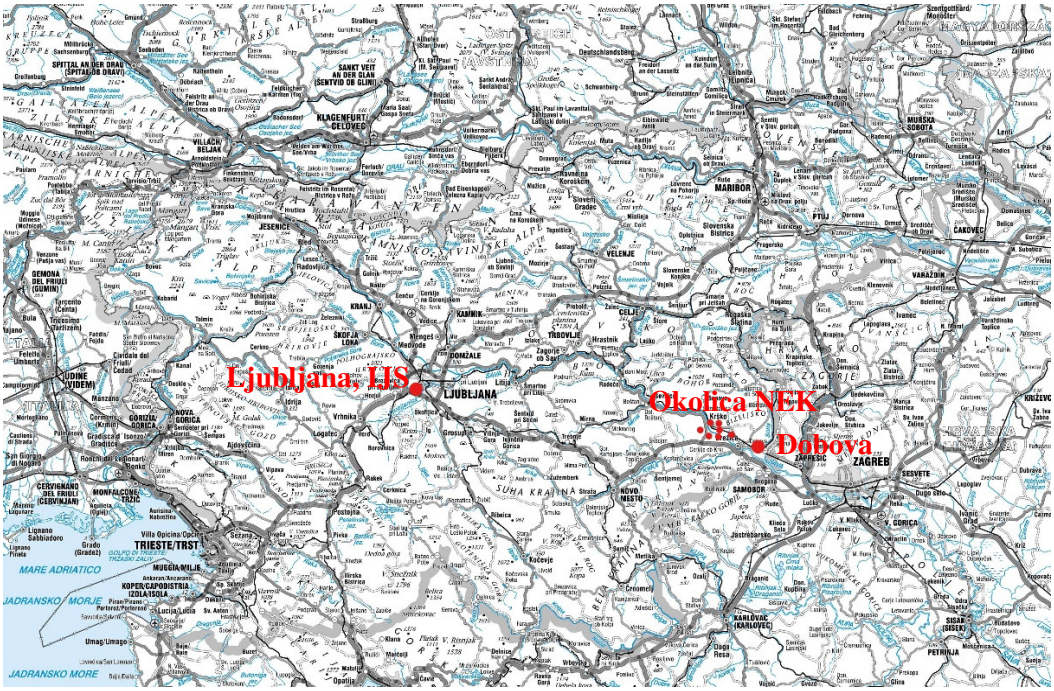
Vzorčevanje in meritve radioaktivnosti zraka v okolici Nuklearne elektrarne Krško se izvaja v okviru obratovalnega nadzora radioaktivnosti. Tega mora v skladu s 124. členom *Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti* (ZVISJV-1), Ur. l. RS št. 76/17 [7] zagotavljati upravljavec jedrskega objekta. Podobno kot spremljamo radioaktivnost v okolju v Sloveniji, jo spremljajo tudi v drugih državah članicah EU, saj to zahteva 35. člen pogodbe o ustanovitvi Agencije Evropske skupnosti za atomsko energijo [52].

Vzorčevanje zračnih emisij in imisij je v letu 2018 potekalo na podoben način kot v preteklih letih, kar zagotavlja primerljivost z rezultati iz prejšnjih poročil oziroma evalvacij. Aerosole smo vzorčevali na osmih mestih v okolici NEK (slika 4.1): Spodnji Stari Grad – AE1 (1,5 km), Krško - Stara vas – AE2 (1,8 km), Leskovec – AE3 (3 km), Brege – AE4 (2,3 km), Vihre – AE5 (2,9 km), Gornji Lenart – AE6 (5,9 km), Spodnja Libna – AE7 (1,4 km) in Dobova – AE8 (12 km). Na istih mestih kot vzorčevanje aerosolov je potekalo vzorčevanje I-131 z izjemo lokacije v Dobovi. Vzorčevanje za specifično meritev Sr-90 se je izvajalo le v Dobovi. Kontrolne meritve aerosolov so bile opravljene z vzorci, ki so bili pridobljeni z vzorčevanjem na lokaciji v Ljubljani na dvorišču Instituta "Jožef Stefan" v okviru programa nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju v RS [13].

Vzorčevanje aerosolov je potekalo s kontinuirnim prečrpavanjem zraka skozi aerosolne filtre. Filtri se menjajo vsakih 15 dni, pri čemer se skozi filtre prečrpa najmanj 10 000 m^3 zraka mesečno. V Dobovi in na dvorišču IJS v Ljubljani (slika 4.2) je potekalo vzorčevanje z zračnimi črpalkami, ki skozi filtre mesečno prečrpajo od 100 000 m^3 do 150 000 m^3 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 je opravil IJS.



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



Slika 4.2: Poleg zračnih črpalk v okolici NEK sta visoko zmogljivi črpalki v Ljubljani in v Dobovi

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 mikrovlaken in aktivnega oglja, prepojenega s trietilendiaminom. Filtri zbirajo atomski in molekulski 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 m^3 do 1 400 m^3 zraka. Specifična meritev adsorbiranega I-131 in izotopska analiza aerosolov se izvaja z visokoločljivostno spektrometrijo gama. Vzorčenje in specifične meritve joda je opravil IJS.

Značilnosti meritev okoljskih vzorcev

Aktivnosti sevalcev žarkov gama in rentgenskih žarkov (to so vsi izotopi, navedeni v tabelah, razen Sr-89/Sr-90 in H-3) so bile izmerjene s spektrometrijo gama. Vsi spektrometri gama, ki so bili uporabljeni za meritve in razmere v okolju, v katerem delujejo, ustrezajo kriterijem, ki so navedeni v *Pravilniku o monitoringu radioaktivnosti (JV10)* [8]. Meritve so bile opravljene po postopku *LMR-DN-10.* Rezultati meritev so sledljivi k aktivnostim primarnih standardov pri NIST, ZDA. 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 GUM in postopkom *LMR-RP-05*. 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 %.

Princip ugotavljanja stroncija v okoljskih vzorcih temelji na raztapljanju vzorca v ustreznih raztopinah. Radiokemična separacija temelji na ločitvi stroncija od kalcija s kadečo se dušikovo kislino. Izkoristek separacije določimo gravimetrično s tehtanjem oborine $SrCO_3$. Aktivnosti beta se izmeri na proporcionalnem števcu beta s pretokom plina (90 % Ar in 10 % CH_4). V primerih, ko je potrebno ugotavljanje Sr-89, se izvrši separacija stroncija Sr-89/Sr-90 ter po vzpostavljenem radioaktivnem ravnovesju Sr-90/Y-90 izolacija itrija. Iz prve meritve $SrCO_3$ izmerimo skupno aktivnost obeh, Sr-89/Sr-90; iz meritve Y-90 izračunamo aktivnost Sr-90 ter nato izračunamo aktivnost Sr-89. Natančni postopek ugotavljanja Sr-89/Sr-90 s štetjem beta je opisan v standardnih delovnih navodilih *SDN-O2-STC(01)* in *DP-O2-STC(01).*

REZULTATI MERITEV S ČASOVNIMI USMERITVAMI

Rezultate imisijskih meritev aerosolov na lokacijah na krško-brežiškem polju prikazujemo v tabelah od T-44 (Spodnji Stari Grad), T-45 (Krško – Stara Vas), T-46 (Leskovec), T-47 (Brege), T-48 (Vihre), T-49 (Gornji Lenart), T-50 (Libna) in T-51 (Dobova). V tabeli T-52 so prikazani rezultati meritev v Ljubljani, na dvorišču IJS, ki so vzeti iz programa nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju v RS v letu 2018 [13]. Imisijske meritve oglenih filtrov, na katere se ulovijo plinasti izpusti I-131, so prikazane v tabeli T-43. Tabele z merskimi rezultati so na priloženi zgoščenki v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2018, IJS-DP-12783*, marec 2019. Pokaže se, da letno dozo lahko izračunamo iz danega mesečnega, četrtletnega ali polletnega aritmetičnega povprečja ob predpostavki, da je vnos hrane, vode ali zraka v telo in organizem človeka konstanten skozi celo leto. Pri vzorcih zraka je takšna predpostavka utemeljena.

V letu 2018 je bil remont v NEK od 1. 4. 2018 do 1. 5. 2018, ko se je začel 30. gorivni cikel. V času, ko v NEK poteka remont, so navadno izpusti večji kot med rednim obratovanjem, kar velja za izpuste tritija (H-3), ogljika (C-14), joda in žlahtnih plinov. Iz podatkov o meritvah vsebnosti plinov v izpuhu NEK, ki sta jih opravila NEK in IJS, ter iz podatka o nominalnem dnevnem izpuhu skozi oddušnik (47 m^3/s oziroma 4 059 000 m^3 na dan) so bile določene mesečne in letne emisije posameznih radionuklidov (tabela 4.3). Podatki so vzeti iz programa meritev plinastih efluentov (izvajalec IJS) [6] in podatkov o meritvah filtrov RM24 na izviru, ki jih je posredoval NEK [5].

Tritij (H-3)

Tritija v zraku v okolju še ne merimo oziroma ni v programu meritev. Prisotnost tritija ocenjujemo z modelom razširjanja snovi po zraku na podlagi meritev na izviru.

Ogljik (C-14)

C-14 v zraku v okolju ne merimo oziroma ni v programu meritev obratovalnega nadzora. Prisotnost C-14 ocenjujemo z meritvami v okolju na ograji NEK, vendar rezultati meritev niso del programa obratovalnega nadzora. Vsebnost C-14 v zraku se ocenjuje tudi z modelom razširjanja snovi po zraku na podlagi meritev na izviru.

Cezij (Cs-137)

Izmed umetnih radionuklidov so bili v letu 2018 v aerosolih, zbranih na filtrih zračnih črpalk, zaznani Cs-137 in Sr-90. Prisotnost Cs-137 in Sr-90 v okolju je posledica globalne kontaminacije in torej imisij, medtem ko je prispevek emisij NEK nemerljiv glede na modelne ocene. Izmerjene povprečne koncentracije aktivnosti Cs-137 na posameznih merilnih mestih v okolici NEK v letu 2018, v Ljubljani in lokacijah v okviru nadzora radioaktivnosti v Republiki Sloveniji so prikazane v tabeli 4.1. Za primerjavo so prikazana tudi večletna povprečja za posamezno lokacijo, razen za Jareninski vrh in Predmejo. Meritve aerosolov v okviru republiškega programa potekajo na lokacijah v Ljubljani (Institut "Jožef Stefan"), v Predmeji, dolgoletna lokacija merjenja na Jareninskem vrhu je bila z letom 2018 zamenjana za Mursko Soboto (ZVD, Zavod za varstvo pri delu) [12]). Iz tabele 4.1 lahko razberemo, da so bile povprečne koncentracije aktivnosti Cs-137 na lokacijah v okolici NEK v letu 2018 nižje od dolgoletnih povprečij. Povprečje po vseh lokacijah v okolici NEK za leto 2018 je dvakrat nižje kot drugod po Sloveniji v letu 2018. Večletno povprečje v Bregah (tabela 4.1) je višje od drugih lokacij v okolici NEK, vendar še vedno primerljivo z vrednostmi v Ljubljani in drugod po Sloveniji. Anomalijo lahko pripišemo okoljskim posebnostim na tej lokaciji.

Tabela 4.1: Primerjava večletnih povprečij izmerjenih mesečnih koncentracij aktivnosti Cs-137 v aerosolih v okviru nadzora radioaktivnosti v okolici NEK in v Republiki Sloveniji s podatki za leto 2018

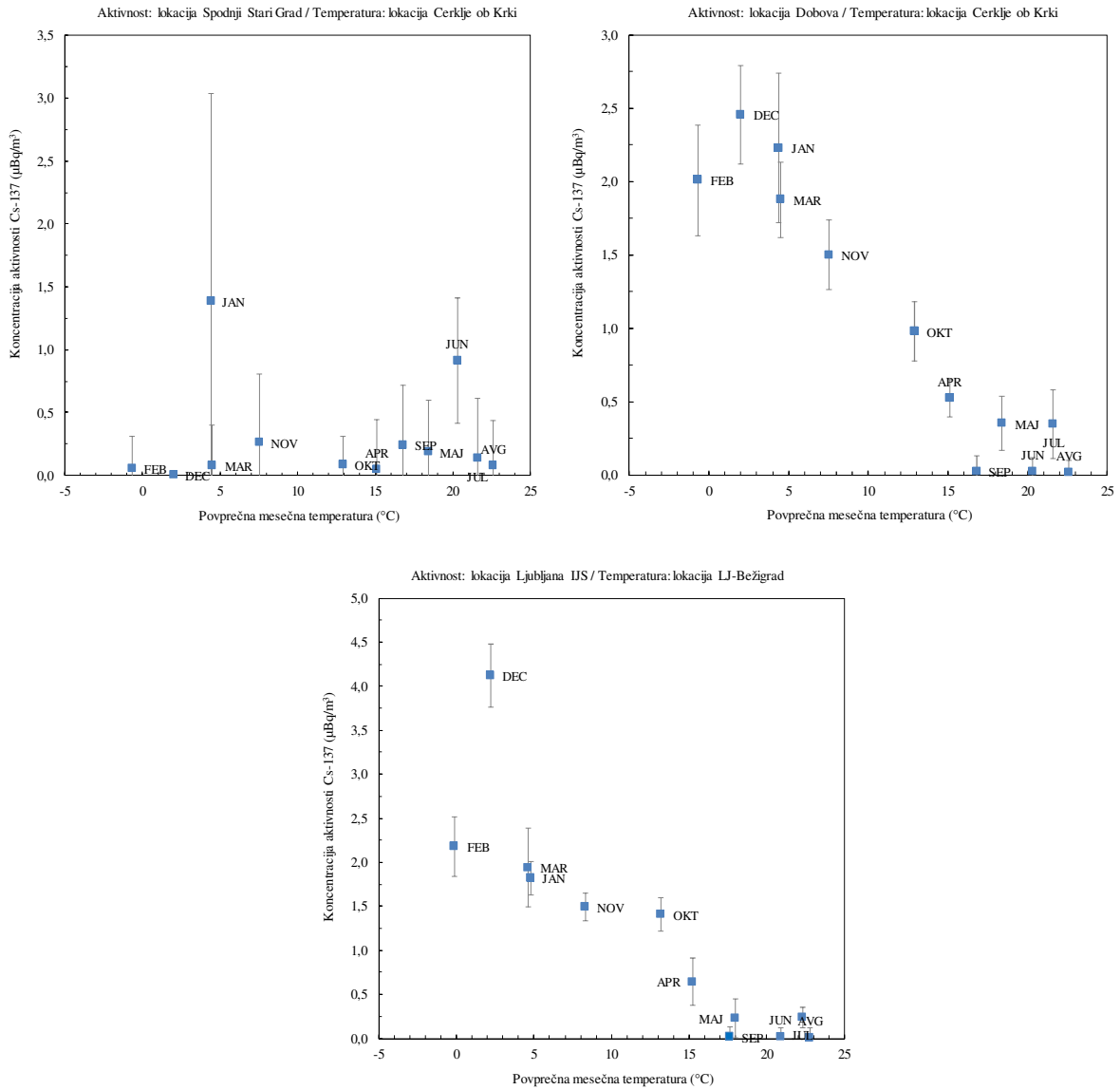
Lokacija	Od 2005 do 2017	2018
	Koncentracija aktivnosti (Bq/m^3)	
Spodnji Stari Grad	1,7E-06 ± 1E-07	2,9E-07 ± 2E-07
Stara vas	1,6E-06 ± 2E-07	8,8E-07 ± 2E-07
Leskovec	1,8E-06 ± 1E-07	1,0E-06 ± 3E-07
Brege	2,5E-06 ± 2E-07	3,6E-07 ± 2E-07
Vihre	1,6E-06 ± 2E-07	5,0E-07 ± 2E-07
Gornji Lenart	1,5E-06 ± 2E-07	3,7E-07 ± 3E-07
Spodnja Libna	1,3E-06 ± 2E-07	8,5E-07 ± 4E-07
Dobova	1,4E-06 ± 2E-07	1,0E-06 ± 7E-08
Povprečje NEK	1,3E-06 ± 2E-07	6,6E-07 ± 1E-07
Ljubljana	2,0E-06 ± 7E-08	1,2E-06 ± 7E-08
Murska Sobota	–	1,1E-6 ± 7,9E-7
Predmeja	–	2,7E-6 ± 2,5E-6

Tabela 4.2: Primerjava povprečij izmerjenih mesečnih koncentracij aktivnosti radionuklidov v aerosolih v okviru nadzora radioaktivnosti v okolici NEK in v Republiki Sloveniji za leto 2018

Vzorč.mesto	MURSKA SOBOTA*	PREDMEJA*	LJUBLJANA	POVPREČJE KRAJEV V OKOLICI NEK
IZOTOP	Povprečne mesečne koncentracije aktivnosti (Bq/m^3)			
Na-22			2,5E-07 ± 5E-08	8,3E-08 ± 4E-08
U-238	2,1E-06 ± 4E-06	3,5E-05 ± 9E-05	2,3E-07 ± 3E-07	9,9E-06 ± 1E-06
Ra-226	3,4E-06 ± 1E-06	6,4E-06 ± 3E-06	1,5E-07 ± 2E-06	1,6E-06 ± 2E-06
Pb-210	6,7E-04 ± 4E-04	4,3E-04 ± 2E-04	8,6E-04 ± 2E-05	7,0E-04 ± 7E-05
Ra-228	1,7E-06 ± 2E-06	4,8E-06 ± 6E-06	3,3E-07 ± 3E-07	6,0E-06 ± 9E-07
Th-230				1,9E-06 ± 2E-06
Th-228	3,0E-06 ± 4E-06	3,5E-06 ± 6E-06	2,2E-06 ± 2E-07	6,3E-06 ± 6E-07
K-40	3,3E-04 ± 9E-05	9,2E-04 ± 2E-04		3,2E-06 ± 3E-06
Be-7	4,4E-03 ± 2E-03	4,3E-03 ± 2E-03	4,8E-03 ± 7E-05	3,6E-03 ± 4E-04
I-131				
Cs-134				
Cs-137	1,1E-06 ± 8E-07	2,7E-06 ± 2E-06	1,2E-06 ± 7E-08	6,6E-07 ± 1E-07
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106		1,0E-06 ± 4E-06		
Sb-125				
Sr-89/Sr-90	Meritev ni v programu	Meritev ni v programu	Meritev ni v programu	1,6E-07 ± 5E-08

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

V izmerjenih povprečnih koncentracijah aktivnosti Cs-137 na filtrih vzorčevalnih črpalk je samo majhen del posledice resuspenzije Cs-137 iz zemlje, iz literature ([53], [54], [2]) lahko namreč sklenemo, da je prispevek h koncentraciji aktivnosti Cs-137 v zraku v hladnih mesecih v veliki meri posledica uporabe trdih goriv (predvsem lesa, briketov in peletov). V toplejših mesecih pa je prispevek kurjenja manj izrazit in je najverjetneje posledica več dejavnikov, v največji meri zaradi resuspenzije s tal in lebdenja delcev v ozračju ter v manjši meri zaradi prometa in industrije. Takšna temperaturna korelacija s koncentracijami Cs-137 v zraku je lepo razvidna s slike 4.3 za različne lokacije, kjer lahko potrdimo, da so izmerjene koncentracije Cs-137 v okolici NEK posledica imisij.



Slika 4.3: Sezonska odvisnost koncentracij Cs-137 v zraku – Spodnji Stari Grad, Dobova in Ljubljana. Na večini lokacij okrog NEK so zaradi manjših prečrpanih volumnov vrednosti koncentracij Cs-137 zelo blizu meje detekcije ali kvantifikacije, v Dobovi in Ljubljani vzorčenje poteka z visoko pretočnima črpalkama, zato je korelacija med koncentracijo in povprečno mesečno temperaturo izrazitejša.

Stroncij (Sr-90)

Meritve stroncija Sr-90 v okolju se izvajajo le v Dobovi, in sicer na trimesečnih sestavljenih vzorcih. Poročana povprečna koncentracija aktivnosti v letu 2018 je bila sicer 0,2 µBq/m^3, vendar so bile vse meritve pod mejo detekcije. Večletno povprečje koncentracije aktivnosti za Sr-90 je 0,7 µBq/m^3. Izotop Sr-89 v letu 2018 v zračnih izpustih NEK ni bil detektiran.

Jod (I-131)

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

Drugi aktivacijski in fisijski produkti

Med obratovanjem so bili v izpuhu NEK v letu 2018 zaznani izpusti Co-57, Te-127m, Fe-55 in Sr-90, vendar ti izotopi, z izjemo Sr-90, niso bili detektirani na nobenem od sedmih merilnih mest v okolici NEK, kjer so postavljene kombinirane črpalke, niti v Ljubljani. Cs-137 in Sr-90 v zraku, izmerjena v zračnih filtrih, sta posledica imisij.

Naravni radionuklidi

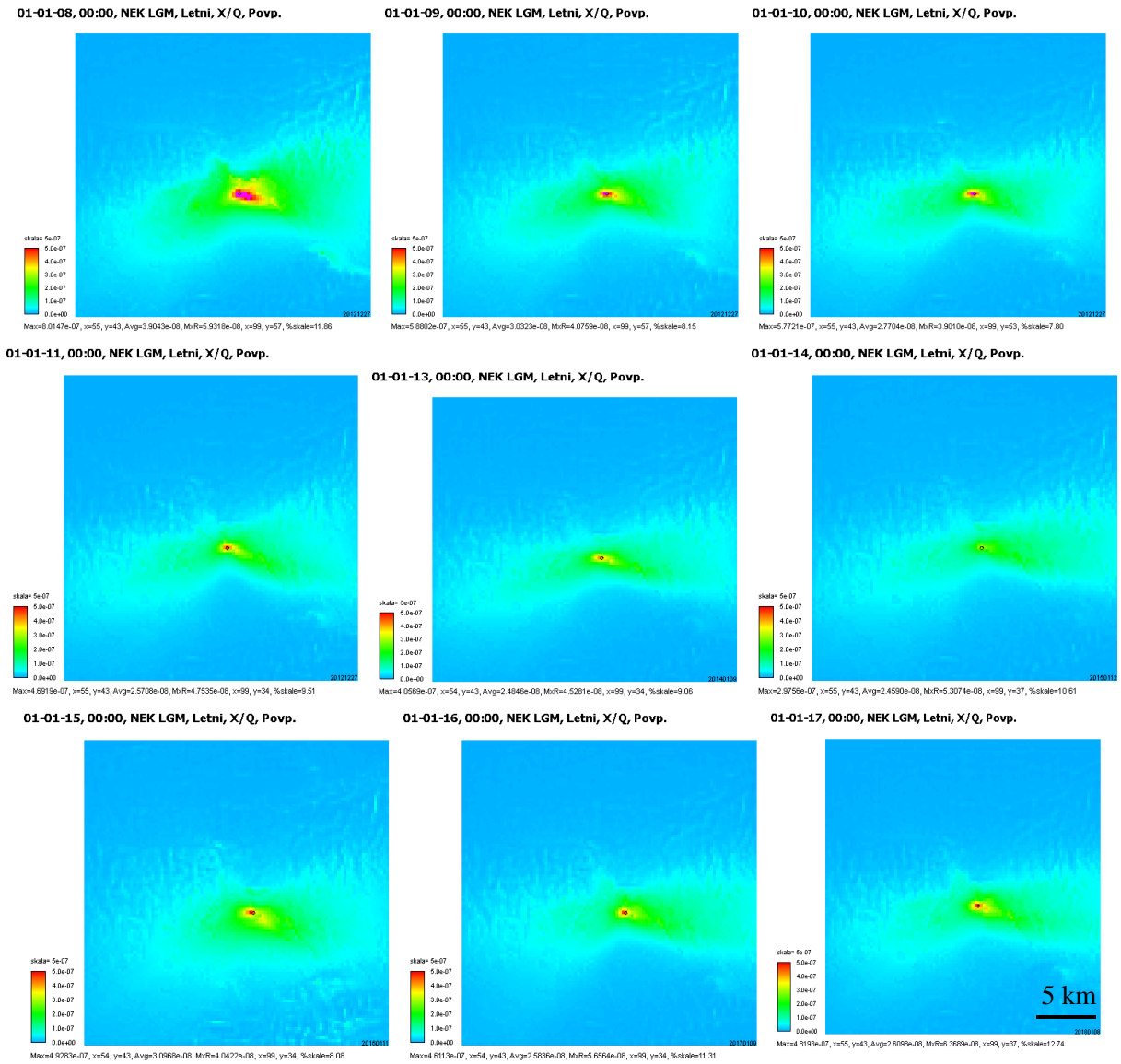
Iz rezultatov meritev naravnih radionuklidov v aerosolih v okolju na posameznih mestih je težko potegniti smiselne skupne sklepe ujemanja (tabela 4.2), saj so koncentracije radionuklidov lahko odvisne od vremenskih, geografskih in/ali geoloških razmer. Pri Be-7 in Pb-210 je ujemanje v okviru negotovosti povprečja dobro. Povprečna koncentracija aktivnosti Be-7 v letu 2018 v okolici NEK je bila 3 640 µBq/m^3, Pb-210 pa 700 µBq/m^3. V Ljubljani sta bili povprečni koncentraciji 4 780 µBq/m^3 in 860 µBq/m^3. Za kozmogeni Be-7 ugotavljamo, da je bila v okviru negotovosti povprečij na vseh vzorčevalnih mestih v okolici NEK, Murski Soboti, Predmeji in v Ljubljani izmerjena podobna vrednost. Takšna ugotovitev velja tudi za Pb-210. Tak rezultat za Be-7 in Pb-210 je pričakovan predvsem za lokacije s podobnim padavinskim režimom in posledičnega izpiranja aerosolov iz ozračja. Letna količina padavin v okolici NEK je tipično nižja kot v Ljubljani, v letu 2018 je bila na primer približno 30 % nižja [76].

Pri drugih naravnih radionuklidih so razlike med posameznimi merilnimi mesti v okolici NEK, Ljubljano in drugimi lokacijami po Sloveniji večje (tabela 4.2). Neujemanje lahko pripišemo različni sestavi tal, bližini obdelovalnih polj, neupoštevanju ekshalacije radona pri meritvah Ra-226 za vzorce iz Predmeje in Murske Sobote ter uporabi zračnih črpalk z različnimi pretoki. Meritve koncentracije aktivnosti radionuklidov v aerosolih v Ljubljani so najbolj natančne, zato se v primerjavah uporabljajo kot referenčne. Ob primerjavi vrednosti z lokacij v okolici NEK in v Ljubljani je treba upoštevati, da zračna črpalka na vzorčevalnem mestu v Ljubljani prečrpa približno desetkrat več zraka kot črpalke v okolici NEK, kar zniža mejo detekcije, razen v Dobovi, kjer je črpalka enaka kot v Ljubljani. Ob upoštevanju teh dejstev lahko sklenemo, da so vrednosti naravnih radionuklidov v zraku v okolici NEK podobne tistim, ki smo jih izmerili v okviru nadzornih meritev radioaktivnosti v Republiki Sloveniji [11].

Izvajalec meritev od leta 2008 dalje med izmerjenimi radionuklidi v okolju poroča tudi o Na-22, tega leta je namreč povečal občutljivost meritev. Podobno kot Be-7, je Na-22 kozmogeni radionuklid, njegove koncentracije pa so navadno več 1 000-krat nižje od koncentracij Be-7. V letu 2018 je bila v Ljubljani povprečna koncentracija aktivnosti Na-22 0,25 µBq/m^3. Radionuklid je bil občasno zaznan tudi v preteklih letih, a se vrednosti v tabelah niso navajale.

OCENA VPLIVOV

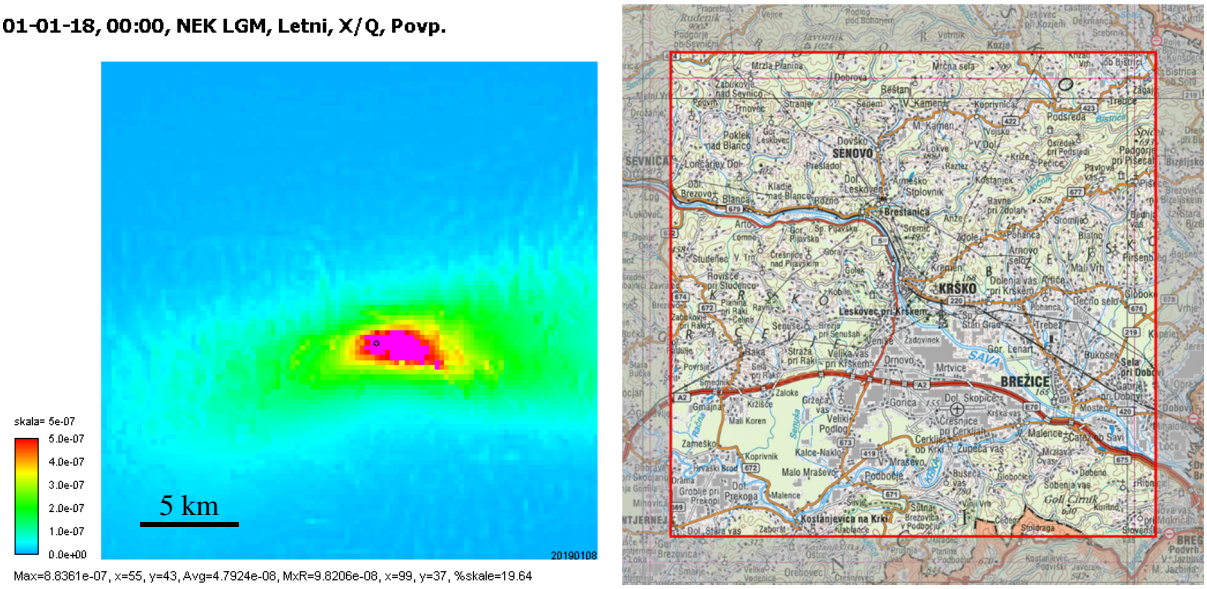
Zaradi prevelikega vpliva imisij v izmerjenih koncentracijah umetnih radionuklidov na lokacijah meritev ni mogoče izolirati vpliva teh radionuklidov v aerosolih v razredčenih zračnih izpustih NEK ali so pod mejo detekcije. Zato si pri oceni koncentracije radionuklidov na posameznih lokacijah pomagamo z računskimi modeli, ki ocenijo razredčitev koncentracije radionuklidov od točke izpusta. Za zahtevne razmere, kakršne nastopajo v okolici NE Krško, od 2007 dalje namesto Gaussovega uporabljamo Lagrangeev model širjenja emitiranih snovi v zraku, ki upošteva konfiguracijo tal in dejanske meteorološke razmere ter izpust na višini 60 m [3].



a) Leta od 2008 do 2017

Slika 4.4a: Povprečni letni razredčitveni koeficienti (χ/Q) z enoto s/m^3, izračunani po Lagrangeevem modelu za izpust z višine 60 m za okolico NEK za leta 2008–2017

Podatke je izračunal in posredoval MEIS storitve za okolje



b) Leto 2018

Slika 4.4b: Povprečni letni razredčitveni koeficienti (χ/Q) z enoto s/m^3, izračunani po Lagrangeevem modelu za izpust z višine 60 m za okolico NEK za leto 2018 (območje modeliranja je v rdečem okvira, 25 km × 25 km) [77].

Podatke je izračunal in posredoval MEIS, storitve za okolje.

Z modeliranjem širjenja ocenimo koncentracije aktivnosti emitirane snovi v zunanjem zraku na določeni lokaciji stran od izpusta na podlagi razredčitvenih koeficientov (χ/Q) z enoto s/m^3. Razredčitveni koeficient je normirano merilo za redčenje v ozračju in nam pove, kolikšna je koncentracija emitirane snovi v obravnavani točki okolja, če je emisija enotska (enaka 1 Bq/s). Razredčitveni koeficient se izračuna za vsak polurni interval z meteorološkimi podatki v obravnavanem letu posebej, in sicer za mrežo celic na obravnavanem območju modeliranja (25 km × 25 km z NEK v središču). Nato se za vsako celico izvede časovno povprečenje razredčitvenega koeficienta ob predpostavki konstatne emisije v tem časovnem intervalu.

Na slikah 4.4a in 4.4b so predstavljeni povprečni letni razredčitveni koeficienti (χ/Q), kjer je porazdelitev narejena na osnovi izračunanih mesečnih koeficientov χ/Q. Prikazani so koeficienti za leto 2018 (slika 4.4b) in za primerjavo še iz prejšnjih let od 2008 do 2017 (slika 4.4a). S slik 4.4a in 4.4b je razvidno, da sta prevladujoči smeri, v katerih se v povprečju gibljejo izpusti NEK, proti jugozahodu in proti jugovzhodu.

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

Iz meritve emisij na izpuhu NEK (tabela 4.3) in podatkov o izračunanih povprečnih mesečnih razredčitvenih koeficientih (χ/Q) za posamezna mesta v okolici NEK (tabela 4.4) lahko izračunamo inhalacijski in imerzijski prispevek k letni efektivni dozi zaradi zračnih emisij NEK.

V tabeli 4.3 so pri aerosolih predstavljene višje vrednosti enega izmed obeh izvajalcev, o aktivnosti žlahtnih plinov pa poroča le NEK. Pri tem je treba povedati, da se pri poročanju o merskih rezultatih v bližini meje detekcije uporablja priporočilo Evropske komisije [50], ki določa, da se poroča o četrtini meje detekcije določenega radionuklida za vsak mesec, če je le-ta bil detektiran vsaj enkrat v letu. Takšen način poročanja

lahko pomeni, da je letna izpuščena aktivnost precenjena. Na primer, v letu 2015 se je izkazalo, da je bil izpust Cs-137 precenjen za 72 %, Ru-103 za 42 %, Xe-131m za 59 % itd. Teoretično bi tako lahko le ob eni mesečni meritvi tik ob meji detekcije bila poročana letna aktivnost, ki je 3,75-krat višja od dejansko izmerjene (11 × 0,25 *MDA* + 1 *MDA*). Posledično sta tudi ocenjeni efektivni dozi zaradi vdihavanja in zunanjega sevanja žlahtnih plinov lahko precenjeni za nekaj procentov (v letu 2015, na primer 5 %), v ekstremnih primerih pa celo bistveno več. Pomanjkljivost tovrstnega poročanja je tudi s stališča metrologije, saj se izgubi informacija o negotovosti rezultatov meritev in letne vsote [48].

Tabela 4.3: Zračni izpusti iz dimnika NEK v letu 2018 na višini 60 m

	Radionuklid	**Letni izpust (Bq)**
Pare, plini	I-131	1,2E+06
	I-132	2,4E+07
	I-133	1,7E+06
	I-135	8,7E+03
	HTO	4,9E+12
	HT + CHT	2,3E+11
	C-14 v CO_2	8,1E+10
	C-14 v CH_4	5,1E+10
Aerosoli	Mn-54	–
	Co-57	4,7E+03
	Co-58	–
	Co-60	–
	Nb-95	–
	Zr-95	–
	Ru-103	–
	Ag-110m	–
	Sb-125	–
	Te-123m	–
	Te-125m	–
	Te-127m	1,5E+04
	Cs-137	–
	Fe-55	4,7E+03
	Sr-90	1,2E+03
	Se-75	–
Žlahtni plini	Xe-131m	8,4E+11
	Xe-133	1,0E+11
	Xe-133m	–
	Xe-135	2,2E+10
	Xe-135m	–
	Ar-41	7,9E+09
	Kr-85	–
	Kr-85m	-
Skupna izpuščena aktivnost za pare, pline in aerosole		**5,3E+12**
Skupna izpuščena aktivnost žlahtnih plinov		**9,7E+11**
Skupna izpuščena aktivnost		**6,2E+12**

Tabela 4.4: Razredčitveni koeficienti (χ/Q)/(s/m^3) v letu 2018 za naselja v okolici NEK, ki jih je izračunalo in posredovalo podjetje MEIS storitve za okolje z uporabo Lagrangeevega modela

	Spodnji Stari Grad	Vrbina	Brežice	Vihre	Mrtvice	Brege	Žadovinek	Leskovec	Krško - Stara vas	Pesje	Dobova	Ograja NEK
Januar	3,7E-07	2,7E-07	5,9E-08	5,2E-08	7,3E-08	1,9E-07	3,1E-07	1,5E-07	1,2E-07	4,7E-07	3,3E-08	5,6E-07
Februar	3,5E-07	3,1E-07	1,8E-08	1,6E-08	3,4E-08	1,3E-07	3,1E-07	2,9E-07	2,5E-07	3,9E-07	3,6E-08	3,6E-07
Marec	3,0E-07	1,8E-07	3,4E-08	3,6E-08	6,2E-08	1,5E-07	3,1E-07	2,4E-07	1,4E-07	3,3E-07	3,3E-08	3,6E-07
April	4,7E-07	3,1E-07	7,8E-08	6,2E-08	8,0E-08	1,7E-07	1,3E-07	1,1E-07	1,1E-07	4,4E-07	5,8E-09	6,2E-07
Maj	3,9E-07	4,3E-07	6,2E-08	9,8E-08	1,4E-07	2,5E-07	2,8E-07	1,4E-07	1,3E-07	3,3E-07	7,5E-09	7,7E-07
Junij	3,8E-07	2,9E-07	8,3E-08	1,1E-07	1,5E-07	1,8E-07	1,7E-07	9,2E-08	8,3E-08	3,8E-07	4,0E-09	1,0E-06
Julij	3,4E-07	3,1E-07	1,4E-07	9,0E-08	1,2E-07	2,1E-07	2,1E-07	1,1E-07	9,8E-08	3,9E-07	1,1E-08	1,4E-06
Avgust	3,3E-07	4,2E-07	1,9E-07	8,8E-08	1,5E-07	2,5E-07	3,7E-07	1,5E-07	7,4E-08	3,5E-07	1,7E-08	2,2E-06
September	4,5E-07	5,1E-07	1,7E-07	1,0E-07	1,5E-07	2,2E-07	3,0E-07	2,0E-07	1,4E-07	4,6E-07	1,1E-08	1,8E-06
Oktober	5,3E-07	3,8E-07	1,1E-07	7,4E-08	1,0E-07	2,2E-07	2,7E-07	1,6E-07	1,4E-07	5,5E-07	2,3E-08	7,6E-07
November	3,1E-07	3,4E-07	3,3E-08	3,6E-08	5,8E-08	1,3E-07	6,9E-07	4,8E-07	2,0E-07	2,3E-07	9,1E-08	3,6E-07
December	4,7E-07	1,9E-07	6,9E-08	4,2E-08	6,3E-08	1,5E-07	3,5E-07	1,9E-07	1,0E-07	5,4E-07	4,1E-08	3,7E-07

* drsniki v posameznih celicah pomenijo relativno velikost razredčitvenega faktorja, posebej za ograjo NEK (rdeča barva) in za vse druge lokacije skupaj (siva barva). Tako so hitro razvidne morebitne sezonske/meteorološke variacije.

Iz tabele 4.3 je razvidno, da skozi dimnik uhaja največ tritija v obliki vodne pare (HTO). Izkaže se, da je to glavni prispevek k modelski oceni efektivne doze zaradi vdihavanja na izbranih lokacijah v okolici NEK (tabela 4.5). Znatne so tudi izpuščene aktivnosti žlahtnih plinov, vendar pa je modelska ocena efektivne doze zaradi zunanjega sevanja red velikosti nižja od efektivne doze zaradi vdihavanja, izračunane na lokacijah v okolici NEK (tabela 4.6).

Iz podatkov o meritvah mesečnih emisij posameznih radionuklidov (tabela 4.3) ter iz izračunanih mesečnih razredčitvenih koeficientov (χ/Q) (tabela 4.4), so bile izračunane koncentracije aktivnosti posameznih radionuklidov po mesecih a_{jl} na lokaciji l:

$$a_{jl,\,\mathrm{mes}} = a_{js,\,\mathrm{mes}} \cdot \Phi_{\mathrm{v}} \cdot (\chi / Q)_l \qquad (4.1)$$

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

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

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

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

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

$$A_{j,\mathrm{inh,\,mes}} = a_{jl,\mathrm{mes}} \tfrac{1}{12} V(g) \qquad (4.3)$$

kjer je $a_{jl,\,\mathrm{mes}}$ koncentracija/specifična aktivnost j-tega radionuklida iz enačbe (4.1) in $V(g)$ letna hitrost dihanja za določeno starostno skupino g. V enačbi (4.3) smo upoštevali, da je hitrost dihanja enakomerna

celo leto. Ob upoštevanju privzetih hitrosti dihanja za določeno starostno skupino in podatkov o mesečnih emisijah posameznih radionuklidov lahko ocenimo vnos posameznega radionuklida v telo zaradi vdihavanja. Z upoštevanjem ustreznih doznih pretvorbenih faktorjev $h(g)_{j,\mathrm{inh}}$ [9] za posamezne radionuklide in posamezno starostno skupino dobimo oceno za mesečne prispevke posameznega izotopa k letni dozi. Letna efektivna doza zaradi vdihavanja za posamezno starostno skupino je potem vsota mesečnih efektivnih doz, ki jih izračunamo iz enačbe (4.2).

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

$$E_{l,\mathrm{im,mes}} = \sum_j h_{j,\mathrm{im}} A_{jl,\mathrm{im,\,mes}} \tag{4.4}$$

pri čemer je $h_{j,\mathrm{im}}$ predvidena efektivna doza ((Sv/d)/(Bq/m^3)) *j*-tega radionuklida, prejeta v enem dnevu na enoto koncentracije aktivnosti v zraku [9]. Pretvorbeni dozni koeficienti so enaki za vse starostne skupine. Aktivnost $A_{jl,\mathrm{im,\,mes}}$ na lokaciji *l* izračunamo iz zveze, ki jo podaja enačba (4.5):

$$A_{jl,\mathrm{im,\,mes}} = A_{jS,\mathrm{mes}} (\chi / Q)_l \tag{4.5}$$

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

Pri opisu metodologije izračuna doz je treba poudariti, da je za oceno prispevka NEK k dozi smiselno upoštevati le vrednosti, dobljene z modelnimi izračuni (enačba 4.1). Tako lahko ugotovimo na primeru tipično merljivega umetnega izotopa Cs-137 v okolju, da izmerjene mesečne koncentracije, ki so na aerosolnih filtrih v okolici NEK nekaj µBq/m^3, niso posledica izpustov iz NEK, temveč posledica imisij oziroma splošne onesnaženosti okolja zaradi černobilske nesreče in poskusnih jedrskih eksplozij v petdesetih in šestdesetih letih dvajsetega stoletja ter v manjši meri nesreče v Fukušimi. V letu 2018 tako med izpusti NEK izotop Cs-137 sploh ni bil prisoten oziroma izmerjen na filtrih v okolici NEK pa so koncentracije primerljive s preteklimi leti. Iz meritev izpustov v preteklih letih pa smo že večkrat pokazali, da so koncentracije aktivnosti Cs-137, modelsko izračunane iz enačbe (4.1), tudi v primeru najvišje izračunane mesečne koncentracije več velikostnih razredov nižje od izmerjenih vrednosti v okolju.

Emisijske doze (izračun iz modelsko ugotovljenih koncentracij aktivnosti radionuklidov na mestih vzorčenja)

Na podlagi prej opisane metodologije je tako narejen izračun doz. V tabelah 4.5 in 4.6 so izračunane inhalacijske in imerzijske doze v okolici NEK. Najvišje izračunane doze so bile v letu 2018 na Vrbini in nato v Spodnjem Starem Gradu, kjer so stopnje razredčitve najnižje.

Iz povprečnih mesečnih koncentracij aktivnosti za okolico NEK ter za Ljubljano so izračunane predvidene efektivne doze za tri starostne skupine: 1) odrasle, starejše od 17 let, 2) otroke, stare od 7 do 12 let, in 3) dojenčke, stare do enega leta (tabela 4.8). Pri tem smo upoštevali dozne pretvorbene faktorje $h(g)_{j,\mathrm{inh}}$ (predvidena efektivna doza na enoto vnosa) iz reference [9] in hitrosti dihanja 17 L/min (9 000 m^3 na leto) za odraslega posameznika, 10,6 L/min za otroka (5 585 m^3 na leto) in 2,0 L/min (1 044 m^3 na leto) za dojenčka.

Iz tabele 4.5 je razvidno, da je večinoma vsa inhalacijska doza za odrasle posledica zračnih emisij tritija, preostali del pa je C-14. Ocenjeni prispevki k skupni inhalacijski dozi vseh drugih radionuklidov so bistveno manjši. Inhalacijska doza, ki je v večini poledica izpustov tritija in C-14, po mesecih v letu 2018 za posameznika iz prebivalstva skozi leto precej variira na obeh lokacijah Spodnji Stari Grad in na ograji NEK. Vrednosti doze so visoke v poletnih mesecih zaradi neugodnih vremenskih razmer (visok razredčitveni faktor) in pa v mesecu aprilu, ko so se prav tako neugodne vremenske razmere sovpadle z remontom in bistveno višjimi izpusti zaradi izvedenih del, ki so prispevali k večjim izpustom C-14 v obliki CH_4 [55]. Ker je pretvorbeni dozni faktor za CH_4 višji kot za CO_2, je tudi prispevek C-14 k dozi zaradi

inhalacije v letu 2018 bistveno večji kot v prejšnjih letih.

Prispevki obeh radionuklidov k letni inhalacijski dozi in celotni letni dozi od let 2010 do 2018 so prikazani v tabeli 4.6. Kot je razvidno iz tabele 4.6, so doze v bližini NEK približno dvakrat večje kot pa na referenčni lokaciji Spodnji Stari Grad.

Tabela 4.5: Predvidene letne efektivne doze zaradi inhalacije (vdihavanja) in imerzije (zunanjega sevanja) posameznih radionuklidov zaradi izpustov NEK za odraslega prebivalca na referenčni lokaciji Spodnji Stari Grad (smer VSV, razdalja 1,5 km) in na najbližji lokaciji na ograji NEK (0,5 km) – prispevki v letu 2018

	Radionuklid	Letna efektivna doza (µSv)	
		Spodnji Stari Grad	Ograja NEK
Pare, plini (inhalacija - vdihavanje)	I-131	1,1E-06	1,8E-06
	I-132	3,6E-07	4,8E-07
	I-133	2,6E-07	5,2E-07
	I-135	3,7E-10	5,0E-10
	HTO	1,0E-02	2,4E-02
	HT + CHT	4,7E-06	5,6E-06
	C-14 v CO_2	6,3E-05	1,1E-04
	C-14 v CH_4	3,6E-03	5,8E-03
Aerosoli (inhalacija - vdihavanje)	Mn-54	–	–
	Co-57	–	–
	Co-58	1,3E-09	1,8E-09
	Co-60	–	–
	Zr-95	–	–
	Nb-95	–	–
	Ru-103	–	–
	Ag-110m	–	–
	Sb-125	–	–
	Te-123m	–	–
	Te-125m	–	–
	Te127m	2,1E-08	4,0E-08
	Cs-137	–	–
	Fe-55	4,7E-10	1,8E-09
	Sr-89/90	2,5E-08	4,8E-08
	Se-75	–	–
Žlahtni plini (imerzija - zunanje sevanje)	Xe-131m	1,3E-04	2,6E-04
	Xe-133	5,8E-05	1,0E-04
	Xe-133m	–	–
	Xe-135	8,8E-05	1,7E-04
	Xe-135m	–	–
	Ar-41	1,9E-04	4,0E-04
	Kr-85	–	–
	Kr-85m	–	–
Inhalacijska doza		**1,4E-02**	**3,0E-02**
Imerzijska doza		**4,6E-04**	**9,4E-04**

V letu 2018 so bili v izpustih izmerjeni relativno majhni prispevki joda, kar kaže, da je bila integriteta goriva v 29. gorivnem ciklu (2016–2018) bistveno boljša kot v gorivnih ciklih 2012–2013, 2013–2015 (ko so celo nastale večje poškodbe gorivnih palic) in 2015–2016. Izmerjene aktivnosti v letu 2018 (27 MBq) so bile primerljive aktivnostim v letu 2017 (3,4 MBq) in so za dva do tri velikostne rede nižje kot v prejšnjih dveh gorivnih ciklih (2016 8,0 GBq, 2015 200 GBq, 2014 4,6 GBq, 2013 90 GBq).

Zunanje obsevanje zaradi radionuklidov v zraku (imerzijska doza) je v letu 2018 predvsem posledica izpustov žlahtnih plinov različnih izotopov ksenona in Ar-41. Celotna letna imerzijska doza za Spodnji Stari Grad za leto 2018 je bila 0,5 nSv, za ograjo NEK pa 0,9 nSv, vrednosti so zelo nizke v primerjavi z inhalacijsko dozo na istih mestih. Mesečne variacije imerzijskih doz so enake inhalacijskim dozam. 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.

Tabela 4.6: Letne efektivne doze zaradi inhalacije (vdihavanja) in imerzije (zunanjega sevanja) zaradi izpustov NEK ter prispevka H-3 in C-14 za odraslega prebivalca na referenčni lokaciji Spodnji Stari Grad in na najbližji lokaciji na ograji NEK za zadnjih 9 let.

Leto	Spodnji Stari grad				ograja NEK (nSv)			
	H-3	C-14	Letna inhalacijska doza (nSv)	Celotna letna doza (nSv)	H-3	C-14	Letna inhalacijska doza (nSv)	Celotna letna doza (nSv)
	Prispevek k celotni dozi (nSv)				Prispevek k celotni dozi (nSv)			
2010	2,7	0,13	2,8	3,1	9,0	0,57	9,6	10
2011	3,5	0,01	3,5	3,7	10,5	0,05	11	11
2012	5,3	0,05	5,4	5,7	31	0,26	31	32
2013	3,7	1,4	5,2	5,7	11,7	3,1	15	16
2014	3,0	0,17	2,8	3,0	48	0,09	48	53
2015	3,9	0,02	4,0	4,8	15	0,05	15	16
2016	5,2	0,3	5,5	5,8	12,1	0,09	13	14
2017	4,5	2,2	6,7	7,0	12,2	11	24	24
2018	10	3,6	14	14	24	5,9	30	31

Tabela 4.7: Ocene inhalacijskih in imerzijskih doz zaradi atmosferskih izpustov v okolici NEK v letu 2018 z uporabo Lagrangeevega modela – emisijske doze NEK. Uporabljeni so podatki za dozne pretvorbene faktorje iz reference [9] 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
Spodnji Stari Grad	1,5	1,4E-02	1,1E-02	4,1E-03	4,6E-04			1,4E-02	1,1E-02	4,1E-03
Vrbina	0,8	1,1E-02	9,3E-03	3,4E-03	3,6E-04			1,2E-02	9,3E-03	3,4E-03
Brežice	7,1	3,0E-03	2,4E-03	9,0E-04	9,4E-05			3,1E-03	2,4E-03	9,0E-04
Vihre	3,1	2,4E-03	1,9E-03	7,2E-04	7,5E-05			2,5E-03	1,9E-03	7,2E-04
Mrtvice	2,8	3,4E-03	2,7E-03	1,0E-03	1,1E-04			3,5E-03	2,7E-03	1,0E-03
Brege	2,3	6,5E-03	5,3E-03	1,9E-03	2,2E-04			6,7E-03	5,3E-03	1,9E-03
Zadovinek	1,7	9,3E-03	7,4E-03	2,8E-03	3,6E-04			9,6E-03	7,4E-03	2,8E-03
Leskovec	2,9	5,7E-03	4,6E-03	1,7E-03	2,3E-04			6,0E-03	4,6E-03	1,7E-03
Krško - Stara vas	1,7	4,2E-03	3,4E-03	1,3E-03	1,6E-04			4,4E-03	3,4E-03	1,3E-03
Pesje	3,0	1,4E-02	1,1E-02	4,1E-03	4,8E-04			1,4E-02	1,1E-02	4,1E-03
Dobova	12,1	6,9E-04	5,5E-04	2,1E-04	3,1E-05			7,2E-04	5,5E-04	2,1E-04
Ograja NEK (zahod)	0,2	3,0E-02	2,4E-02	9,0E-03	9,4E-04			3,1E-02	2,4E-02	9,0E-03

* dolžina barvnega drsnika za posamezno starostno skupino sorazmerno izraža skupno dozo.

Predvidene letne efektivne doze za odraslega človeka se gibljejo od 0,7 nSv (Dobova) do 31 nSv (ograja NEK) (tabela 4.7). Razlike med lokacijami so posledica razredčitev, kar podajamo s povprečnimi mesečnimi razredčitvenimi koeficienti χ/Q, ki jih za obravnavo v evalvaciji izračuna in pripravi MEIS storitve za okolje, po Lagrangeevem modelu (od leta 2007 dalje) [3].

Imisijske doze (izračun iz izmerjenih koncentracij radionuklidov na aerosolnih filtrih)

S seštevanjem predvidenih efektivnih doz za posamezne radionuklide, izmerjene na aerosolnih filtrih zračnih črpalk na različnih mestih v okolici NEK, dobimo predvideno efektivno dozo zaradi inhalacije (vdihavanja) umetnih radionuklidov ter za inhalacijo vseh radionuklidov v aerosolih vključno z naravnimi, pri čemer pa ne upoštevamo prispevka kratkoživih potomcev radona in torona. Rezultati izračunov so zbrani v tabeli 4.8.

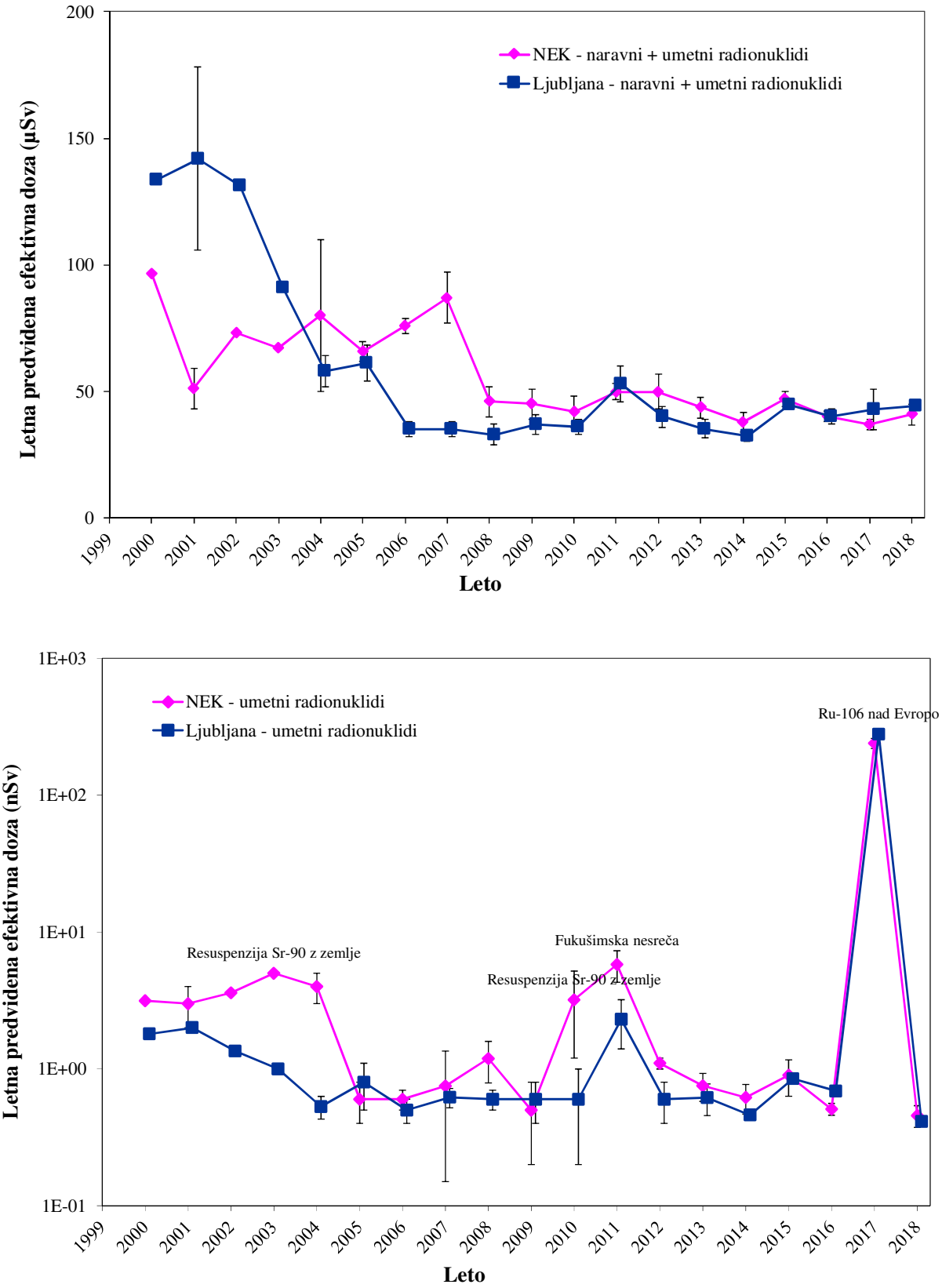
Na sliki 4.5 so predstavljene predvidene letne efektivne doze zaradi umetnih radionuklidov (µSv na leto) za odraslega človeka, izračunane iz meritev aerosolnih filtrov v okolici NEK in v Ljubljani v letih od 2000 dalje. Kot je razvidno s slike 4.5, je prispevek umetnih radionuklidov v Ljubljani in okolici NEK zelo podoben in je bil v preteklih letih okoli 1 nSv ali manj.

Poleg Cs-137 in Sr-90, ki sta že leta prisotna v globalni kontaminaciji zaradi jedrskih poskusov, černobilske in fukušimske nesreče, je bil v letu 2017 v jesenskih vzorcih izmerjen tudi Ru-106, ki je še vedno neznanega izvora in je bil prisoten nad celotno Evropo. V primerjavi s prispevkom Ru-106 k dozi v letu 2017 sta bila prispevka umetnih radionuklidov Cs-137 in Sr-90 zanemarljiva. Izračunana predvidena efektivna doza za odraslo osebo zaradi umetnih radionuklidov je bila v preteklih letih (2018, 2016 in nazaj) več kot 10 000-krat manjša od izračunane doze zaradi naravnih radionuklidov. Povprečna izračunana efektivna doza za odraslo osebo zaradi umetnih radionuklidov je bila v obdobju 2007–2018 z izjemo 2017 (1,4 ± 0,5) nSv. V letu 2018 je bil prispevek Cs-137 k letni dozi (0,23 ± 0,04) nSv in Sr-90 (0,22 ± 0,07) nSv.

Visoka doza umetnih radionuklidov v letu 2003 je bila posledica prispevka Sr-90, ki je to leto prispeval kar tri četrtine doze. Vendar pa poročilo o meritvah radioaktivnosti v okolici NEK za leto 2003 ugotavlja, da prispevek ni posledica izpustov iz NEK, temveč resuspenzije z zemlje. Podobno povišan prispevek resuspendiranega Sr-90 z zemlje je bilo opaziti v izmerkih v letih 2000–2004 in 2010–2011, kjer je bil prispevek k letni dozi nekaj nSv. Višja doza zaradi umetnih radionuklidov v letu 2011 je opazna tako v Ljubljani kot okolici NEK. To je posledica izmerjenih vrednosti Cs-134, Cs-137 in I-131 v marcu in aprilu 2011 oziroma jedrske nesreče v Fukušimi. V letu 2017 je izračunana efektivna doza za odraslo osebo zaradi umetnih radionuklidov (0,24 ± 0,02) µSv skoraj izključno zaradi vdihavanja Ru-106, kar je povprečje letnih doz po lokacijah aerosolnih črpalk v okolici NEK. 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 ugotavlja vsebnosti Sr-90.

Za doze naravnih radionuklidov je značilno, da variirajo po letih, kar velja tako za lokacije v okolici NEK kot za lokacijo v Ljubljani. Največji prispevek k dozi naravnih radionuklidov povzroča Pb-210, kar ni toliko posledica visokih koncentracij v zraku, temveč velikega doznega pretvorbenega faktorja, ki ga ima ta izotop [9]. Prispevek Pb-210 k letni predvideni efektivni dozi za odraslega človeka je bil (35 ± 4) µSv na leto, kar je zelo podobno dozam iz preteklih let: (32–49 µSv na leto v obdobju 2005–2017). Drugi naravni radionuklid po prispevku k dozi v letu 2018 je Th-228 (2,3 ± 0,2) µSv. Meritve aerosolnih filtrov v Ljubljani kažejo podobno sliko glede prispevka k dozi, in sicer (44 ± 1) µSv na leto zaradi Pb-210 in (0,8 ± 0,1) µSv na leto zaradi Th-228. V splošnem lahko rečemo, da so na prostem v okolici NEK efektivne doze zaradi (vdihavanja) naravnih radionuklidov enake kot drugod po Sloveniji in so nekaj 10 µSv na leto [11].

Izračunana predvidena letna efektivna doza zaradi inhalacije (vdihavanja) za prebivalca v okolici NEK za leto 2018 je v okviru negotovosti vsote vseh prispevkov enaka kot za prebivalca v Ljubljani. Prispevek umetnih radionuklidov je tako v okolici NEK kot v Ljubljani zanemarljiv in za tri velikostne rede nižji. Povzetek vsot predvidenih efektivnih doz, izračunanih iz meritev aerosolnih filtrov, je pokazan v tabeli 4.8. Če primerjamo vrednosti iz tabel 4.7 in 4.8, lahko ugotovimo, da so ocenjene in modelsko izračunane emisijske doze zaradi umetnih radionuklidov (vpliv NEK) za približno dva velikostna reda nižje od z aerosoli izmerjenih in preračunanih imisijskih doz (vpliv globalne kontaminacije v okolju).



Slika 4.5: Primerjava letnih predvidenih efektivnih doz za leto 2018 v okolici NEK in Ljubljani za odrasle osebe iz meritev aerosolov za naravne in umetne radionuklide skupaj v enotah µSv (zgornja slika) in posebej za umetne radionuklide v enotah nSv in v logaritemski skali (spodnja slika). Vrisane negotovosti imajo faktor pokritja $k = 1$ (68-odstotna zanesljivost).

Tabela 4.8: Aerosolni filtri v letu 2018 – povzetek vsot predvidenih efektivnih doz zaradi inhalacije (vdihavanje) za odrasle, otroke in dojenčke – imisijske doze, izračunane iz merskih podatkov v T-44 do T-55 ter doznih pretvorbenih faktorjev iz reference [9].

STAROSTNA SKUPINA	VRSTA VSOTE	AEROSOLNI FILTRI – POVPREČJE (µSv na leto)	
		OKOLICA NEK	LJUBLJANA
ODRASLI	umetni radionuklidi	0,0005 ± 0,00008	0,0004 ± 0,00002
	umetni in naravni radionuklidi	41 ± 4	44 ± 1
OTROCI	umetni radionuklidi	0,0003 ± 0,00006	0,0003 ± 0,00002
	umetni in naravni radionuklidi	32 ± 3	36 ± 1
DOJENČKI	umetni radionuklidi	0,00015 ± 0,00003	0,00013 ± 0,00001
	umetni in naravni radionuklidi	15 ± 1	17 ± 1

SKLEPI

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

Od leta 2007 za izračun doz zaradi atmosferskih izpustov uporabljamo Lagrangeev model, ki opisuje razširjanje radioaktivnih snovi od točke izpusta z višine 60 m na razgibanih in zahtevnih terenih, kot je to primer v okolici NEK [3].

V letu 2008 je Evropska komisija izdala poročilo [57], v katerem so izračunane predvidene letne efektivne doze zaradi izpustov iz jedrskih elektrarn in obratov za predelavo jedrskega goriva v Evropi. Doze v poročilu Evropske komisije so izračunane za referenčno skupino prebivalstva za vse objekte ob enakih predpostavkah in na enakih razdaljah 500 m in 5 000 m od objekta. Pri ocenjevanju doze zaradi plinastih izpustov je efektivna doza za 75 % objektov manjša od 1,4 µSv na leto na razdalji 500 m in manjša od 0,24 µSv na leto na razdalji 5 000 m. Za NEK so ocenjene doze bistveno nižje, kot je razvidno iz tabele 4.8, na razdaljah 200 m (ograja) oziroma 800 m (Vrbina) od NEK (ekvivalent 500 m) so doze 0,031 µSv oziroma 0,012 µSv na leto, na večjih razdaljah 3 000 m (Pesje) oziroma 7 100 m (Brežice) od NEK (ekvivalent 5 000 m) pa so doze 0,014 µSv oziroma 0,0007 µSv na leto.

Ovrednotenje imisij na osnovi evalvacije meritev aerosolnih filtrov ter atmosferskih emisij z modelnimi izračuni razredčitvenih koeficientov, ki temeljijo na dejanskih vremenskih podatkih, je za leto 2018 pokazalo naslednje:

- izpusti hlapov in plinov, ki vsebujejo tritij oziroma C-14, povzročajo največjo efektivno dozo zaradi inhalacije (vdihavanja); ta je v Spodnjem Starem Gradu za odraslega posameznika iz referenčne skupine prebivalstva 10 nSv oziroma 3,6 nSv na leto, ob ograji NEK pa 24 nSv oziroma 5,9 nSv na leto; prispevki drugih radionuklidov k inhalacijski dozi so bistveno manjši, vendar pri tem niso upoštevane posledice prehoda radionuklidov iz zraka v druge prenosne poti;
- ocenjena skupna emisijska letna efektivna doza za odraslega posameznika iz referenčne skupine prebivalstva, ki je posledica inhalacije (vdihavanja) in imerzije (zunanjega sevanja) zaradi izpustov NEK, je v Spodnjem Starem Gradu 14 nSv, ob ograji NEK pa 31 nSv v letu 2018;

- predvidena efektivna doza zaradi inhalacije (vdihavanja) aerosolov v okolici NEK je predvsem posledica inhalacije dolgoživih naravnih radionuklidov in je za odraslega posameznika (41 ± 4) μSv na leto; doza je v okviru pričakovanj in na ravni povprečne vrednosti zadnjih let;
- predvidena imisijska efektivna doza zaradi inhalacije (vdihavanja) 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 (0,46 ± 0,08) nSv na leto;
- ocenjene in modelsko izračunane emisijske doze zaradi umetnih radionuklidov (vpliv NEK) so za približno dva velikostna reda nižje od imisijskih doz (vpliv globalne kontaminacije v okolju), v primerjavi s prispevkom naravnih radionuklidov pa za približno šest velikostnih redov nižje.
- izpusti žlahtnih plinov iz NEK (izotopi Xe) povzročajo glavnino zunanjega sevanja (imerzijska doza), ki je za odraslega posameznika iz referenčne skupine prebivalstva (naselje Spodnji Stari Grad) 0,46 nSv na leto; na ograji NEK pa 0,94 nSv na leto.

5 ZUNANJE SEVANJE

POVZETEK

Zunanje sevanje, ki mu je izpostavljeno prebivalstvo, vključuje sevanje zaradi naravnih in umetnih radionuklidov v zemlji, kozmično sevanje, sevanje iz radioaktivnega oblaka ob izpustu radioaktivnih snovi iz NEK v okolje in zunanje sevanje zaradi useda, ki se odloži po prehodu oblaka. Dozna obremenitev zaradi zunanjega sevanja se izračuna na podlagi merskih podatkov radioaktivnosti zemlje in zraka, neposredno pa se meri s termoluminiscenčnimi dozimetri in kontinuirnimi merilniki.

Za izračun prispevka k dozni obremenitvi prebivalstva zaradi sevanja naravnih in umetnih radionuklidov v zemlji je v letu 2018 v okviru nadzora radioaktivnosti potekalo vzorčevanje zemlje na treh lokacijah v okolici NEK. Vzorci iz različnih globin so bili merjeni ločeno zaradi določitve globinske porazdelitve koncentracije posameznih radionuklidov. Rezultati meritev kažejo, da se specifične aktivnosti naravnih radionuklidov z globino ne spreminjajo, so pa manjše na lokaciji, ki je največkrat poplavljena. Vrednosti letnega okoljskega doznega ekvivalenta H(10) zaradi naravnih in umetnih radionuklidov v zemlji pri predpostavki enakomerne porazdelitve za naravne in realne porazdelitve za Cs-137 so v letu 2018 v okolici NEK med* (0,46 ± 0,02) mSv *za zemljo v Kusovi Vrbini in* (0,71 ± 0,02) mSv *za zemljo v Ameriki, pri čemer je prispevek Cs-137, ki izvira iz globalne kontaminacije v drugi polovici 20. stoletja, med* 0,3 % *in* 4,8 %. *Na podlagi meritev globinske odvisnosti specifične aktivnosti Cs-137 na posameznih lokacijah lahko opazimo kompleksnost delovanja površinske in podtalne vode na porazdelitev useda.*

V letu 2018 so bile v okviru obratovalnega nadzora radioaktivnosti NEK opravljene neodvisne meritve doze zunanjega sevanja s termoluminiscenčnimi dozimetri (TLD) in kontinuirnimi merilniki hitrosti doze (MFM). Meritve s TLD in MFM kažejo v okviru merske negotovosti enako vrednost letnega okoljskega doznega ekvivalenta H(10) kot v zadnjih letih. Povprečni letni dozni ekvivalent H*(10) je bil v okolici NEK* (0,83 ± 0,10) mSv, *na ograji NEK* (0,59 ± 0,04) mSv *in v okolici Zagreba na Hrvaškem* (0,77 ± 0,09) mSv. *Vrednost letnega okoljskega doznega ekvivalenta v okolici NEK, ki je bila določena z meritvami z dozimetri tipa TLD-IJS-05, ki jih uporablja IJS, in dozimetri tipa TLD-100(H), ki jih na hrvaški strani uporablja IRB, je v okviru merske negotovosti enaka. Prispevki NEK k zunanjemu sevanju zunaj ograje zaradi sevanja iz objektov NEK in atmosferskih izpustov radioaktivnih snovi so bili, enako kot prejšnja leta, v letu 2018 nemerljivi. Posredno smo konservativno ocenili, da je bila letna efektivna doza zunanjega sevanja zaradi izpustov iz NEK manjša od* 0,001 µSv.

UVOD

Viri ionizirajočega sevanja v človekovem naravnem in bivalnem okolju so primarni kozmični žarki, zrak in zemlja. Primarni kozmični žarki izvirajo iz vesolja, zato je izpostavljenost kozmičnemu sevanju večja na večjih višinah. Kozmični žarki tudi povzročajo jedrske reakcije visoko v ozračju, radioaktivni produkti teh reakcij pa z zračnimi tokovi dosežejo nižje zračne plasti, od koder se izpirajo in odlagajo na površino zemlje.

Naravno sevanje iz zemlje izvira iz členov razpadnih verig urana U-238 z razpolovno dobo $4{,}45 \cdot 10^9$ let, torija Th-232 z razpolovno dobo $1{,}41 \cdot 10^{10}$ let ter radioaktivnega izotopa kalija, K-40 z razpolovno dobo $1{,}28 \cdot 10^9$ let. Ti izotopi so nastali, ko je nastala snov, iz katere je zemeljska skorja. Med členi uranove in torijeva razpadne verige je tudi žlahtni plin radon, ki z difuzijo prehaja iz zemlje v zrak in razpada. Ti razpadni produkti delno ostanejo v zraku, delno pa se odlagajo na površino zemlje z izpiranjem in usedanjem. Ker uran in torij v zemeljski skorji nista porazdeljena enakomerno, je tudi izpostavljenost sevanju na površini zemlje zaradi njunega razpadanja porazdeljena neenakomerno.

Izpostavljenost naravnemu sevanju zaradi radioaktivnosti v zraku torej izvira iz kozmičnih žarkov in razpadnih produktov urana in torija. K radioaktivnosti v zraku pa prispeva tudi umetna radioaktivnost, ki je posledica človekove dejavnosti. Ta radioaktivnost je posledica jedrskih eksplozij v ozračju, nesreč pri skladiščenju radioaktivnih snovi, nesreč v jedrskih elektrarnah ter zaradi načrtovanih izpustov radioaktivnih

snovi iz jedrskih objektov in uporabnikov radioaktivnih snovi v okolje. Umetna radioaktivnost iz zraka se, podobno kot naravna, odlaga na površino zemlje in od tam izpira v globlje sloje. Geografska porazdelitev usedov umetnih radioaktivnih snovi je določena z zračnimi tokovi v času izpusta radioaktivnosti.

Jedrski objekti, to so jedrske elektrarne in raziskovalni reaktorji, pa sevajo tudi neposredno, saj v njih potekajo jedrske reakcije. To sevanje je omejeno na njihovo neposredno okolico.

Prebivalstvo v okolici NEK je izpostavljeno naravnim virom ionizirajočega sevanja, kontaminaciji okolja z umetnimi radioaktivnimi snovmi, potencialno pa še neposrednemu sevanju elektrarne.

Izpostavitev prebivalstva zunanjemu sevanju določamo na dva načina: z neposrednimi meritvami zunanjega sevanja in iz meritev kontaminacije, to je iz koncentracij radioaktivnih snovi v okolju. Program meritev je določen v *Zakonu o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (ZVISJV-1)* [7] in *Pravilniku o monitoringu radioaktivnosti (JV10)* [8]. Da bi se ugotovili vpliv NEK na okolje, se izvajajo v okolici NEK kontinuirane meritve zunanjega sevanja, kontinuirna vzorčevanja aerosolov v zraku in periodične meritve aerosolov in periodična vzorčevanja ter meritve radioaktivnosti zemlje in suhega useda. Vpliv jedrske elektrarne na zunanje sevanje se ugotavlja na podlagi primerjave meritev v okolici NEK z meritvami, ki so bile izvedene na večjih oddaljenostih, vpliv izpustov NEK v zrak in vodo pa na podlagi meritev radioaktivnosti zraka, radioaktivnosti zemlje na lokacijah, kjer Sava poplavlja, in na lokacijah, kjer Sava ne poplavlja, ter suhega useda.

Za sprotne meritve zunanjega sevanja se uporablja sistem kontinuirnih merilnikov hitrosti doze MFM, ki so porazdeljeni o okolici jedrske elektrarne, in sistem merilnikov zunanjega sevanja, ki so razporejeni po Sloveniji. Ta dva sistema se uporabljata tudi za zgodnje opozarjanje v primeru radioaktivnosti v zraku.

Meritve zunanjega sevanja se izvajajo tudi s pasivnimi merilniki TLD (termoluminiscenčnimi dozimetri), ki merijo mesečno dozo. Tudi pri teh meritvah se vpliv NEK ugotavlja na podlagi primerjave med dozami, izmerjenimi s sistemom merilnikov, porazdeljenih v okolici NEK, in dozami, izmerjenimi s sistemom merilnikov, ki so razporejeni po Sloveniji.

Medtem ko z merilniki mesečne doze in dozne hitrosti merimo skupno dozo naravnega in umetnega sevanja, lahko pri meritvah kontaminacije aerosolnih filtrov ločimo prispevke naravne radioaktivnosti, globalne kontaminacije zaradi eksplozij atomskih bomb in nesreč v jedrskih elektrarnah ter mogoče kontaminacije zaradi izpustov NEK. Meritve kontaminacije vzorcev, zbranih v okolici NEK, opravljamo z visokoločljivo spektromerijo gama, s katero merimo kontaminacije vzorcev s posameznimi sevalci gama. Ker so v izpustih NEK sevalci gama, ki ne pripadajo niti naravni radioaktivnosti niti globalni kontaminaciji, lahko vpliv jedrske elektrarne določimo na podlagi koncentracij sevalcev gama, ki so specifični za te izpuste. Doze sevanja zaradi posameznih sevalcev gama določimo računsko na podlagi koncentracij in doznih koeficientov za zunanje sevanje za posamezne predpostavljene prostorske porazdelitve kontaminacije (poglavje *Radioaktivnost v zraku*).

OKOLJSKI VZORCI

Značilnosti vzorčevanja in meritev

Zemljo vzorčimo na treh lokacijah na poplavnih področjih nizvodno od NEK. Najpogosteje je poplavljena lokacija Kusova Vrbina, navadno pri pretoku Save, ki je večji od 1 000 m^3/s. Prisotnost umetnih radionuklidov v zemlji je torej lahko posledica radioaktivnega useda iz zraka ali pa izpustov NEK v reko Savo. Poplavljanje lahko spremeni globinsko porazdelitev odloženih radionuklidov, ki jih pričakujemo v zemlji.

Lokacije, kjer vzorčujemo, so na neobdelanih površinah. Vzorčevanje poteka v štirih plasteh na globinah 0–5 cm, 5–10 cm, 10–15 cm in 15–30 cm. Tako določimo, kako je kontaminacija porazdeljena po globini. Hkrati z vzorci zemlje zberemo še vzorece trave. Pomembno je, da so mesta, kjer periodično zbiramo vzorce, blizu skupaj, da lahko primerjamo rezultate odvzemov na isti lokaciji.

Zemlja se vzorči 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 je mivkasta borovina;
- 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 radiaoktivnosti (JV10)* [8], postopek pa je opisan v navodilu *Zbiranje in priprava vzorcev zemlje (LMR-DN-07).*

Skladno z *Zakonom o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti* [10] in s *Pravilnikom o monitoringu radiaoktivnosti (JV10)* [8] se zunanje sevanje v okolici NEK meri neprekinjeno z okoljskimi termoluminiscenčnimi dozimetri (TLD). Ti dozimetri merijo sevanje gama in ionizirajočo komponento kozmičnih žarkov. Neposredne meritve zunanjega sevanja se izvajajo s 57 dozimetri v okolici NEK in z 9 dozimetri na ograji NEK. Vsi dozimetri so tipa TLD-IJS-05 (CaF_2:Mn) in so nameščeni na razdaljah do 10 km od NEK. Postavljeni so na lokacijah, ki vsebujejo tako urbano kot ruralno okolje z obdelanim in neobdelanim zemljiščem in so nameščeni na višini 1 m od tal. Odčitavanje poteka po sistemu IJS MR 200 (C) v *Laboratoriju za termoluminiscenčno dozimetrijo (TLD)* na IJS. S tem sistemom lahko merimo okoljske doze (okoljski dozni ekvivalent H*(10)) v intervalu od 5 μSv do 5 Sv [60]. V okviru nadzornega programa NEK je na Hrvaškem postavljenih še 10 merilnikov TLD tipa TLD-100H (LiF:Mg, Cu, P) in TLD-100 (LiF:Mg, Ti).

Neodvisno od programa monitoringa sevanja v okolici NEK poteka v Sloveniji meritev doze zunanjega sevanja z dozimetri TLD na 50 lokacijah po vsej državi. Kot referenčni dozimeter pri obdelavi rezultatov meritev doze zunanjega sevanja se uporablja TLD, ki je postavljen na dvorišču IJS. Vsi dozimetri TLD, ki so postavljeni v Sloveniji, se odčitavajo polletno, v obdobju junij–julij in december–januar. Dozimetri so bili kalibrirani v Laboratoriju za dozimetrične standarde (NDS) na IJS v fotonskem sevalnem polju od 40 keV do 1 332 keV. Dozimetri, ki merijo dozo zunanjega sevanja na Hrvaškem, so bili kalibrirani v *Sekundarnem standardnem dozimetrijskem laboratoriju (SSDL)* na IRB v Zagrebu [61], [62].

V okolici NEK je postavljenih 14 kontinuirnih merilnikov hitrosti doze MFM-203, od tega jih 13 nadzira NEK, eden pa deluje v sklopu mreže URSJV, v kateri je 7 merilnikov. Ta mreža je del mreže URSJV – MOP za zgodnje zaznavanje sprememb zunanjega sevanja, v kateri deluje 74 merilnikov MFM-203. Podatki o teh meritvah so sprotno dostopni na spletnem naslovu *http://www.radioaktivnost.si*.

REZULTATI MERITEV S ČASOVNIMI USMERITVAMI

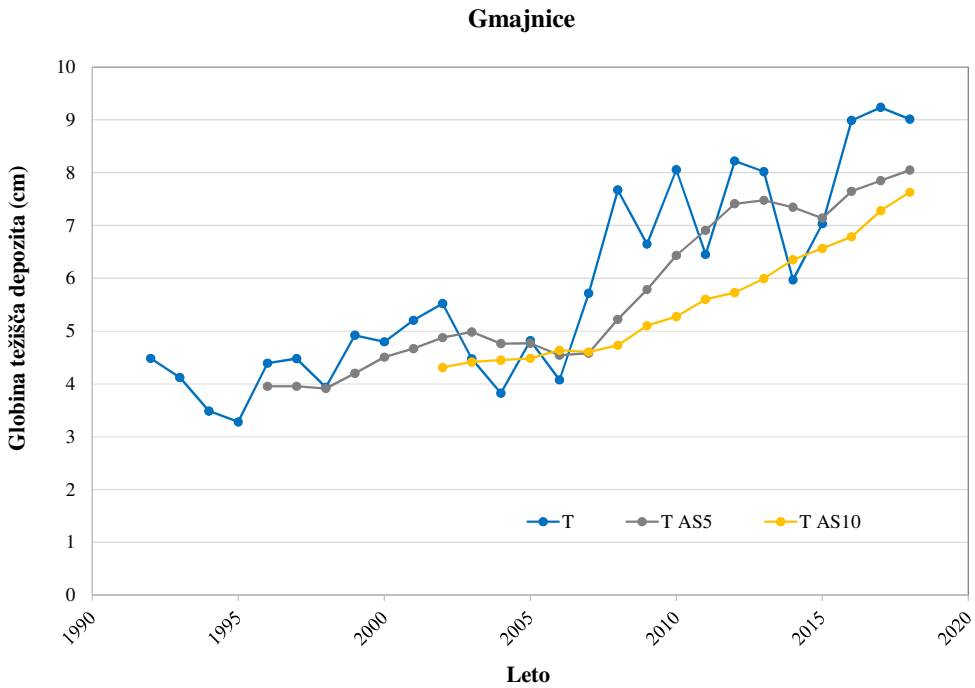
Rezultati meritev specifične aktivnosti radionuklidov v vzorcih zemlje so zbrani v tabelah T-57, T-58, T-59 in T-60 , ki so na priloženi zgoščenki v poročilu *Merski rezultati - nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2018*, IJS-DP-12783, marec 2019. Izmerjeni so bili naravni radionuklidi ter umetna radionuklida Cs-137 in Sr-90, ki sta prisotna zaradi globalne kontaminacije. Drugi radionuklidi, ki se pojavljajo v izpustih NEK (plinasti izpusti), so prikazani v tabeli 5.7, tekoči izpusti se obravnavajo v poglavju *Radioaktivnost v reki Savi* in niso bili izmerjeni. Specifične aktivnosti naravnih radionuklidiov v zemlji, členov uranovega in torijevega razpadnega niza ter K-40, se v okviru negotovosti tipično ujemajo pri spomladanskem in jesenskem vzorčevanju. Te specifične aktivnosti ne kažejo nobene izrazite odvisnosti od globine vzorčevanja. Izjema je Pb-210, ki se kot razpadni produkt Rn-222 izpira iz atmosfere in so zato njegove koncentracije višje v višjih plasteh zemlje. Zaradi tega ne moremo pričakovati ujemanja specifičnih aktivnosti pri pomladnem in jesenskem vzorčevanju. Podobno velja za kozmogeni Be-7, ki se pa zaradi kratkega razpadnega časa nahaja v merljivih koncentracijah le v zgornjih plasteh zemlje. Tudi pri Cs-137 se lahko vrednosti, določene pri posameznih vzorčevanjih, razlikujejo zunaj okvira negotovosti zaradi prerazporeditve Cs-137 na mikrolokacijah [56]. Specifični aktivnosti obeh členov torijevega razpadnega niza Ra-228 in Th-228 se ujemata, pri uranovi razpadni vrsti pa je zaradi večje topnosti urana specifična aktivnost U-238 nižja od specifične aktivnosti Ra-226. Rezultati meritev kažejo, da so specifične aktivnosti členov uranovega in torijevega razpadnega niza ter K-40 nižje na lokacijah, ki so izpostavljene rednim poplavam. Specifične aktivnosti K-40, U-238 in Ra-226 so primerljive s povprečnimi aktivnostmi, ki jih navaja UNSCEAR [56] za države južne Evrope.

Specifične aktivnosti Cs-137 v zemlji v letu 2018 so bile od 0,88 Bq/kg v globini 5–10 cm v Kusovi Vrbini do 81 Bq/kg v globini 10–15 cm v Gmajnicah. Na slikah 5.1a–5.1c je prikazana časovna odvisnost globine težišča nanosa (depozita) na podlagi meritev od leta 1992 dalje za lokacije Gmajnice, Amerika in Kusova Vrbina.

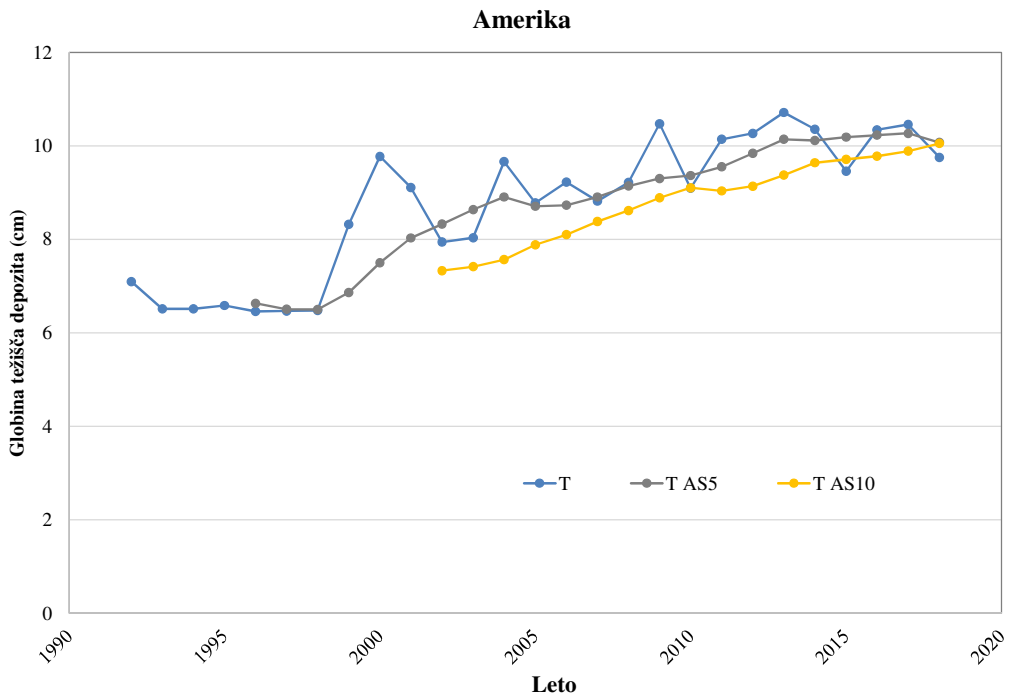
Opazno je precejšnje stresanje vrednosti, izračunanih iz rezultatov meritev specifičnih aktivnosti v posameznih letih. Vzroka sta lahko dva. Prvi je nehomogenost svežega nanosa po černobilski nesreči. Drugi in bolj vpliven je prerazporeditev useda na mikrolokaciji. Prerazporeditev je posledica hidrogeoloških procesov, ki vplivajo na prodiranje Cs-137 v zemljino. Vpliv teh procesov je še posebej opazen na sliki 5.1c, ki prikazuje globino težišča nanosa na lokaciji Kusova Vrbina, ki je pogosto poplavljena. Dva izrazita skoka v globini težišča sta vsekakor posledica poplav, ki so povzročile dodaten nanos sveže mivke. To je tudi razlog, da je prodiranje Cs-137 v zemljino, kot ga nakazuje 10-letno drseče povprečje na sliki 5.1c, navidezno hitrejše kot na drugih dveh lokacijah. Začetna globina težišča nanosa na lokaciji Kusova Vrbina, če upoštevamo podatke od leta 1992, je ustrezno večja. S slik je razvidno, da šele 10-letno drseče povprečje izpovpreči lokalno nehomogenost useda in vpliv hidrogeoloških procesov v zgornjih plasteh.

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 na sliki 5.2.

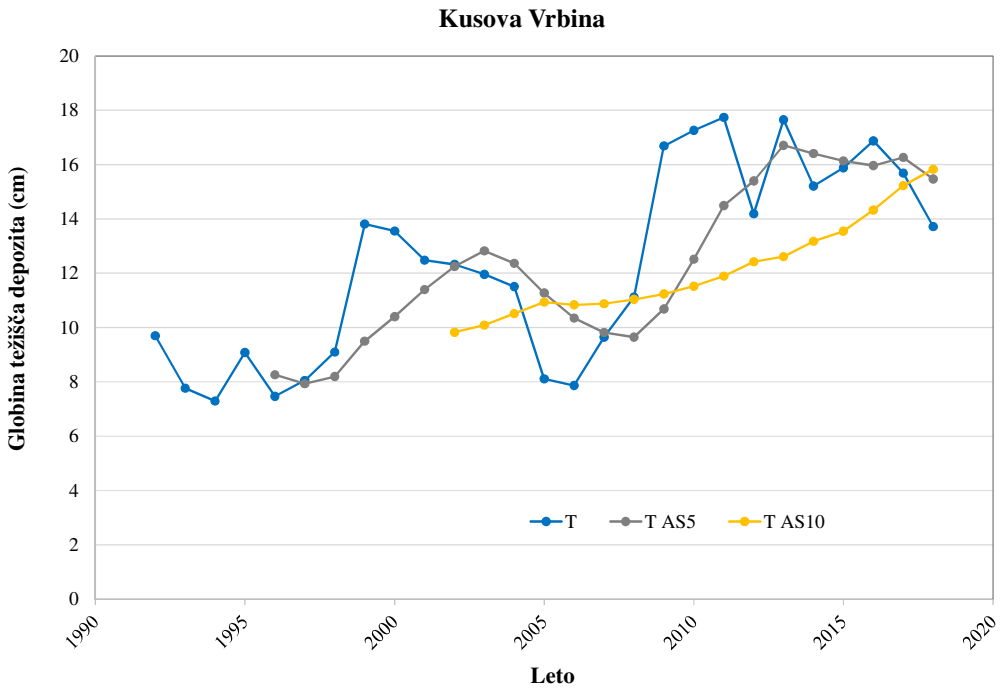
Veliko stresanje izmerkov lahko pripišemo nehomogenosti useda, izpostavljenosti lokacij poplavam (Kusova Vrbina) ter zapletenosti mehanizma migracije useda na mikrolokacijah, saj očitno ni korelacije niti pri zelo bližnjih mestih vzorčevanja (Gmajnice). Eden izmed mogočih vzrokov je vpliv prednostnih smeri toka vode v zemeljski ruši, ki lahko bistveno spremeni pričakovano porazdelitev radionuklidov v zemlji tudi na bližnjih lokacijah [57].



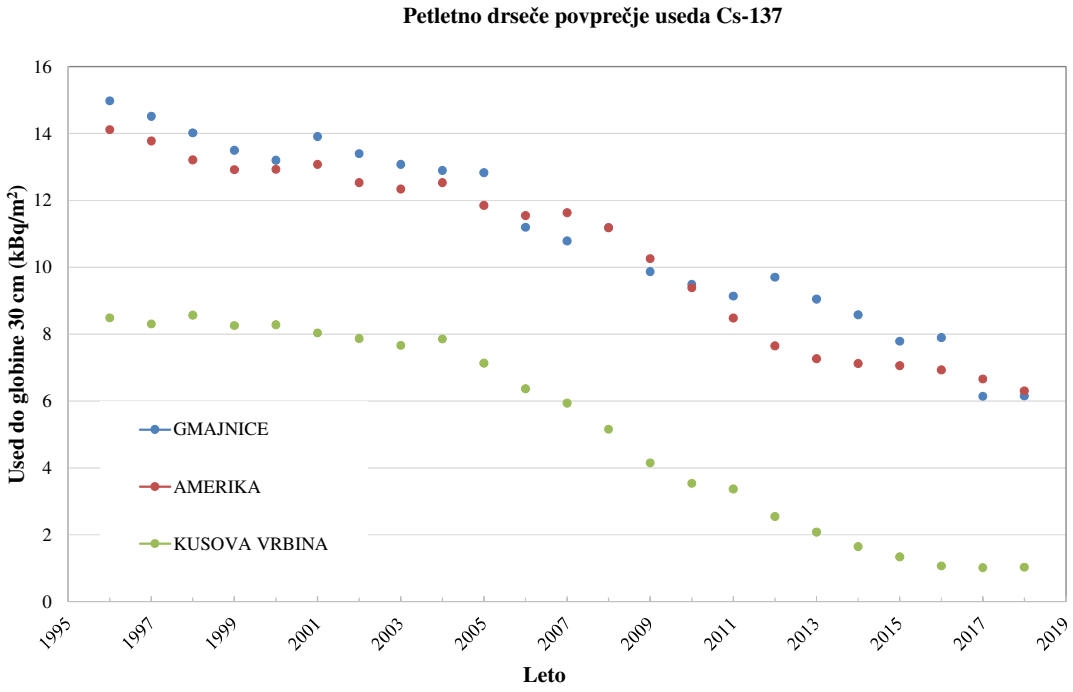
Slika 5.1a: Globina težišča nanosa Cs-137, izračunanega na podlagi letnih vzorčenj za lokacijo Gmajnice. Prikazano je tudi 5-letno (T AS5) in 10-letno (T AS10) drseče povprečje globine težišča depozita.



Slika 5.1b: Globina težišča nanosa Cs-137, izračunanega na podlagi letnih vzorčevanj za lokacijo Amerika. Prikazano je tudi 5-letno (T AS5) in 10-letno (T AS10) drseče povprečje globine težišča depozita.



Slika 5.1c: Globina težišča nanosa Cs-137, izračunanega na podlagi letnih vzorčevanj za lokacijo Kusova Vrbina. Prikazano je tudi 5-letno (T AS5) in 10-letno (T AS10) drseče povprečje globine težišča depozita.



Slika 5.2: Petletno drseče povprečje useda Cs-137 do globine 30 cm za lokacije Gmajnice, Amerika in Kusova Vrbina

V okviru nadzora radioaktivnosti v okolju v Republiki Sloveniji se meri used do globine 15 cm v Ljubljani, Kobaridu in Murski Soboti. V letu 2018 so bili na teh lokacijah izmerjeni povprečni usedi Cs-137 (13,2 ± 0,2) kBq/m^2, (16,1 ± 0,2) kBq/m^2 in (3,2 ± 0,1) kBq/m^2. Te vrednosti v povprečju presegajo oziroma so primerljive z vrednostmi, ki so bile izmerjene do globine 15 cm v Gmajnicah, Kusovi Vrbini in Ameriki, kjer so bili izmerjeni usedi (7,1 ± 0,1) kBq/m^2, (0,39 ± 0,16) kBq/m^2 in (3,8 ± 0,1) kBq/m^2. To kaže, da izmerjeni used Cs-137 v okolici NEK ni posledica izpustov NEK. Vredno je omeniti, da je prispevek Cs-137 k letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu iz plasti 15–30 cm največ 5 % prispevka iz plasti 0–15 cm.

Vrednost useda Cs-137 na lokacijah Gmajnice, Amerika in Kusova Vrbina se zmanjšuje. Račun pokaže, da je zmanjševanje posledica radioaktivnega razpada Cs-137, saj je v povprečju okrog 2,3 % na leto. Zanimivo je, da je časovna odvisnost useda na lokaciji Kusova Vrbina, ki je najpogosteje poplavljena, zelo podobna odvisnosti na lokacijah Gmajnice in Amerika, kar pomeni, da poplavljanje nima prevladujočega vpliva na prerazporeditev useda. Skupna debelina nanosa sveže mivke pri poplavah od leta 1992 naprej pa ni bila tako debela, da bi bistveno spremenila velikost nanosa do globine 30 cm.

V izpuhu NEK se, razen žlahtnih plinov, radionuklidov joda, Co-58 in Te-127m, v letu 2018 niso pojavili drugi sevalci gama. Tekočinski izpusti NEK so vsebovali aktivacijske in fisijske produkte, sevalce gama, Mn-54, Co-58, Co-60, Nb-95, Ag-110m, Sb-125 in Cs-137. Nobeden izmed teh radionuklidov, ki so bili prisotni v tekočinskih izpustih, ni bil izmerjen v vzorcih zemlje. Izjema je Cs-137, pri katerem pa izmerjene vrednosti na lokacijah okrog NEK v primerjavi z vrednostmi na referenčni lokaciji v Ljubljani kažejo, da ni posledica izpustov iz NEK, ampak zgolj globalne kontaminacije.

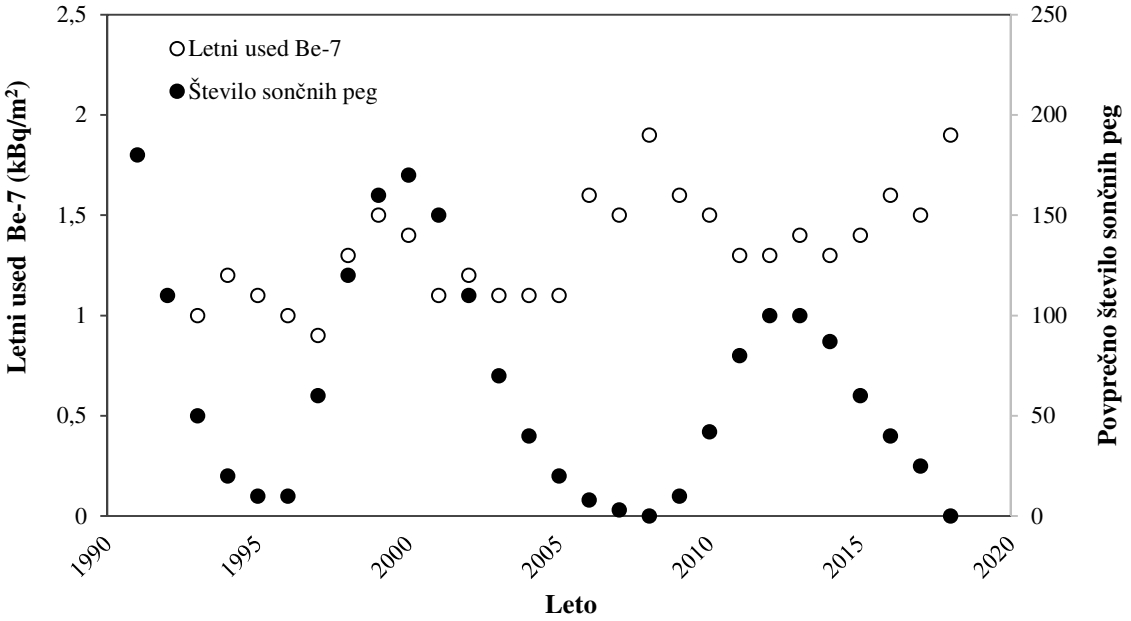
Rezultati meritev suhega useda so predstavljeni v tabelah T-42/1, T-42/2, T-42/3 in T-42/4, ki so na priloženi zgoščenki v poročilu *Merski rezultati - nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2018*, IJS-DP-12783, marec 2019. Izmerjeni used izvira iz izpiranja iz atmosfere in iz usedlih snovi, suspendiranih v ozračje. Iz ozračja se izpirata kozmogeni Be-7 in razpadni produkti Ra-222, snovi, suspendirane v ozračje, pa sta prah iz bližnje okolice in puščavski prah. Časovna odvisnost usedanja Be-7 je izrazita, ker je usedanje večje v toplem letnem času, ko so močni navpični zračni tokovi,

ki prenašajo Be-7 iz višjih zračnih plasti proti tlom. Pri uporabi meritev suhega useda je treba upoštevati, da zaradi kratkega razpolovnega časa letni used ni vsota mesečnih usedov, ampak je manjši. V tabeli 5.1 so predstavljeni usedi v letu 2018, povprečeni preko celega leta in upoštevajoč razpadanje Be-7.

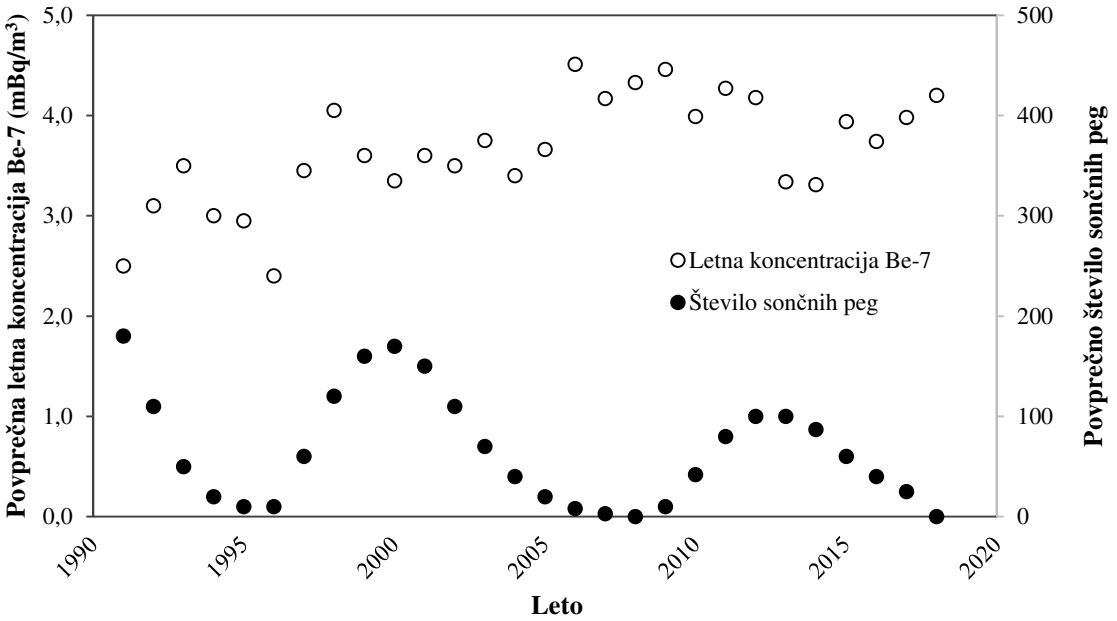
Tabela 5.1 Povprečni letni usedi Be-7. Negotovosti povprečnih usedov so ocenjene iz negotovosti izkoristka vazelinskih plošč.

Lokacija	Povprečni used (Bq/m^2)
Ožja okolica NEK	330 ± 160
Širša okolica NEK	290 ±150
Daljna okolica NEK	330 ± 160
Ljubljana	350 ± 170

Na sliki 5.3 sta prikazani časovni odvisnosti povprečnega letnega useda Be-7 na vseh lokacijah, kjer je potekalo zbiranje suhega useda, in povprečnega števila sončnih peg [61]. Iz korelacije med časovnima odvisnostma (vrednost korelacijskega koeficienta je –0,24) lahko sklepamo, da sončna aktivnost vpliva na produkcijo Be-7 v ozračju. Na sliki 5.4 pa sta predstavljeni časovni odvisnosti povprečne koncentracije Be-7 v aerosolih v zraku, na vseh lokacijah, kjer je potekalo vzorčevanje, in povprečno število sončnih peg. Tudi tukaj korelacijski koeficient (njegova vrednost je –0,44) kaže, da je tvorba Be-7 v ozračju odvisna od sončeve aktivnosti. Pogostost sončnih peg je namreč povezana s tokom nabitih delcev, ki pršijo iz Sonca in ki je najintenzivnejši takrat, ko je največ sončnih peg. Kozmični žarki, ki vstopajo v sončni sistem, se sipljejo na teh delcih, zato je v notranjem osončju primarnih kozmičnih žarkov manj, ko so pege pogoste in zato se takrat tvori manj kozmogenega Be-7 [41], [40]. Korelacije med pojavljanjem sončnih peg ter Be-7 v suhem usedu in zračnih aerosolih kažejo na dolgoročno kvaliteto opravljenih meritev.



Slika 5.3 Časovni odvisnosti poprečnega dnevnega števila sončnih peg in letne aktivnosti Be-7 v suhem usedu. Polne pike označujejo povprečno število sončnih peg, svetle pike pa letni used Be-7.



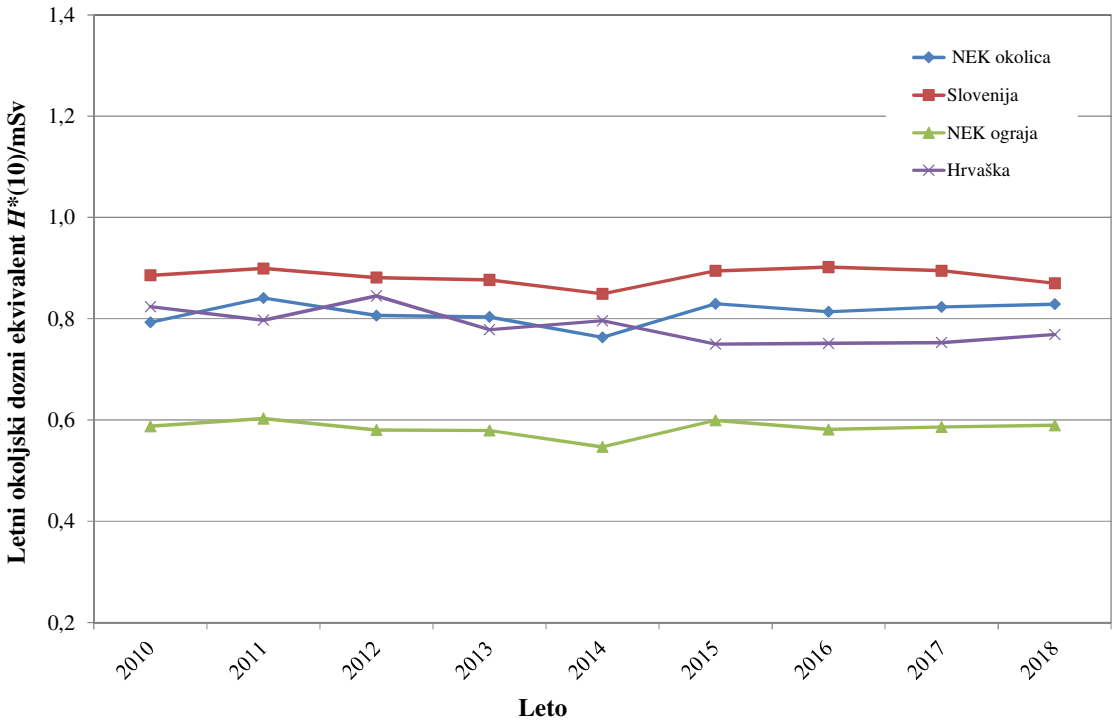
Slika 5.4 Časovni odvisnosti poprečnega dnevnega števila sončnih peg in povprečne letne koncentracije Be-7 v aerosolih v zraku. Polne pike označujejo povprečno število sončnih peg, svetle pike pa povprečno letno koncentracijo Be-7 v aerosolih.

Rezultati meritev doze zunanjega sevanja (sevanja gama in ionizirajoče komponente kozmičnega sevanja) za leto 2018 so v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2018, IJS-DP-12783*, v tabelah T-53/b in T-53/c za dozimetre v okolici NEK in za dozimetre na ograji NEK. V tabeli 5.2 so povzeti povprečni letni okoljski dozni ekvivalenti za okolico NEK, za ograjo NEK, za Slovenijo in za okolico Zagreba. V okviru merske negotovosti so letni okoljski dozni ekvivalenti v različnih oddaljenostih od NEK primerljive s tistimi v preteklih letih.

Tabela 5.2: Letni okoljski dozni ekvivalent *H**(10) na ograji NEK, v okolici NEK, v Sloveniji, Ljubljani in na Hrvaškem v letu 2018

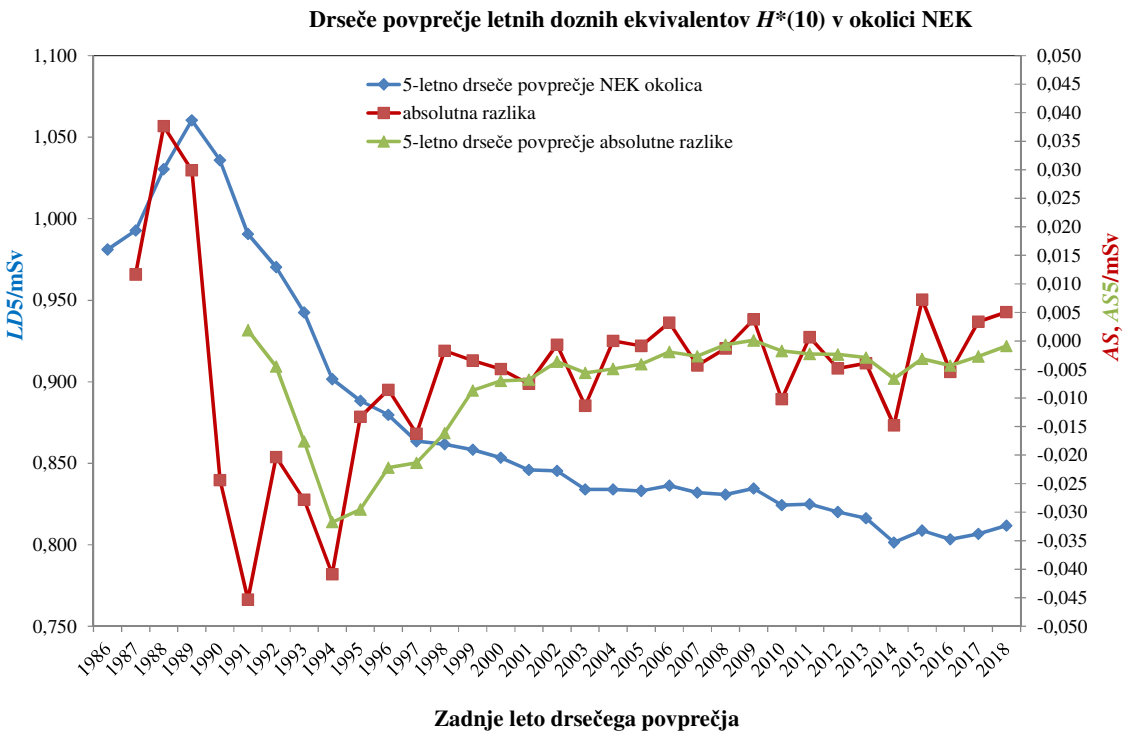
Lokacija	**Št. TLD**	***H**(10)/mSv**	**Razpon *H**(10)/mSv**
Na ograji NEK	9	0,59 ± 0,04	0,52–0,63
Okolica NEK skupaj	57	0,83 ± 0,10	0,63–1,03
Okolica NEK do 1,5 km	13	0,98 ± 0,12	0,63–1,03
Okolica NEK od 1,5 km do 5 km	22	0,83 ± 0,10	0,64–1,01
Okolica NEK od 5 km do 10 km	22	0,84 ± 0,10	0,68–0,99
Slovenija	50	0,86 ± 0,19	0,61–1,31
Ljubljana – referenčna lokacija	1	0,83 ± 0,09	–
Hrvaška	10	0,77 ± 0,09	0,64–0,95

Na sliki 5.5 so povzeti rezultati meritev povprečnih letnih okoljskih doznih ekvivalentov, izmerjenih v okolici NEK, na ograji NEK, v Sloveniji in na Hrvaškem, po letu 2010. Razvidno je, da se povprečni letni dozni ekvivalent, izmerjen s TLD na Hrvaškem, ujema s tistim, ki je bil izmerjen s TLD v okolici NEK in je sistematično nekoliko nižji kot v življenjskem okolju v Sloveniji. Iz tabele 5.2 in slike 5.5 je razvidno, da so letne doze na ograji NEK za približno 30 % nižje kot sicer doze v okolju. Razliko pripisujemo prodnatim tlom (odstranjena plast zemlje) in zaščitnemu delovanju zgradb ter asfaltiranih površin znotraj ograje NEK, ki slabijo zunanje sevanje naravnih radionuklidov iz zemljišča. Neposredni vpliv sevanja iz elektrarniških objektov na ograji ni merljiv [1].



Slika 5.5: Povprečni letni okoljski dozni ekvivalent *H**(10) v okolici NEK, na ograji NEK, v Sloveniji in na Hrvaškem od 2010 do 2018

Za meritve, narejene na območju Slovenije, je značilno izrazito zmanjševanje letne doze, predvsem v prvih letih po černobilski nesreči, ki se je zgodila leta 1986. Vzrok je razpad usedlih kratkoživih sevalcev gama, ki so v začetnem obdobju največ prispevali k zunanjemu sevanju, in prodiranje Cs-137 v globino. V zadnjih desetih letih, ko je v okolju še edini umetni sevalec gama Cs-137, upadanje, ki ga lahko pripišemo radioaktivnemu razpadu Cs-137 (njegova aktivnost se zmanjšuje za 2,3 % na leto), ni več tako izrazito, saj je sprememba (zmanjšanje) letne doze manjša od negotovosti meritev. Na sliki 5.6 je prikazano 5-letno drseče povprečje absolutnih sprememb letnih doz (AS5) v okolici NEK. Na podlagi podatkov za zadnjih 10 let lahko ocenimo, da so se letni okoljski dozni ekvivalenti vsako leto zmanjšali v povprečju za 0,0026 mSv. Če celotno zmanjšanje letnih okoljskih doznih ekvivalentov pripišemo izključno radioaktivnemu razpadu Cs-137, dobimo za oceno prispevka Cs-137 k letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu 0,11 mSv, kar je približno 2-krat več od ocene prispevka Cs-137 k letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu iz zemlje, ki je naveden v tabeli 5.6 za lokacijo Gmajnice. To pomeni, da zmanjšanje letnega okoljskega doznega ekvivalenta ni zgolj posledica radioaktivnega razpada Cs-137, pač pa tudi posledica prodiranja v globlje plasti zemljine.



Slika 5.6: Petletno drseče letnih doznih ekvivalentov $H^*(10)$ ($LD5$), absolutna sprememba 5-letnega drsečega povprečja (AS) in 5-letno drseče povprečje absolutne spremembe ($AS5$) v okolici NEK od 1982 do 2018. 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. decimalne vejice

Iz meritev specifičnih aktivnosti naravnih radionuklidov v zemlji lahko ocenimo prispevek zemeljskega sevanja. Za izračun letnega okoljskega doznega ekvivalenta $H^*(10)$ uporabimo enačbo (5.1), ki jo dobimo iz enačbe (9) v [4]:

$$H^*(10)_{\text{letno}} = \sum_i w_i C_i \tag{5.1}$$

V enačbi (5.1) smo s C_i označili specifične aktivnosti Ra-226, Th-232 (Ra-228), K-40 in Cs-137 v zemlji, ki so izražene z enoto Bq/kg. Koeficienti w_i so značilni za posamezne radionuklide ali radionuklide v razpadni shemi določenega radionuklida, ustrezne vrednosti za posamezni radionuklid pa so: 4,94, 6,56, 0,449 in 1,68, ter so izraženi v enotah µSv/(Bq/kg). Te vrednosti so izračunane na podlagi koeficientov enačbe (9) v [4] ob predpostavki zadrževanja na prostem 8 760 ur. Enačba (9) v [4] je primerna za izračun letnega okoljskega doznega ekvivalenta, če je porazdelitev radionuklidov neodvisna od globine. To dobro velja za naravne radionuklide, ne velja pa za porazdelitev cezija, ki se spreminja z globino [4]. Zato je bil prispevek Cs-137 izračunan na podlagi realne porazdelitve, kot je opisano v poglavju *Ocena vplivov*. Iz rezultatov meritev specifičnih aktivnosti radionuklidov v zemlji, ki so zbrani v tabelah T-57, T-59 in T-60, lahko povzamemo povprečne aktivnosti Ra-226, Ra-228 (Th-232), K-40 in Cs-137 v globinah od 0 cm do 15 cm na lokacijah v Gmajnicah, Kusovi Vrbini in Ameriki.

Na lokacijah Gmajnice in Amerika se vzorčuje neobdelana zemlja, ki je podobna kot podlaga pri večini merilnih postaj za TLD. Na lokaciji Kusova Vrbina pa se vzorčuje mešanica naplavin in zemlje, ki je podobna podlagi, na kateri stoji TLD v neposredni bližini. Iz povprečnih specifičnih aktivnosti Ra-226, Ra-228, K-40 in Cs-137 v zemlji na lokacijah Gmajnice, Kusova Vrbina in Amerika po enačbi (5.1) izračunamo letni okoljski dozni ekvivalent za omenjene lokacije. Rezultati so zbrani v tabeli 5.3.

Tabela 5.3: Primerjava izračunanega in izmerjenega letnega okoljskega doznega ekvivalenta v letu 2018 za tri lokacije vzorčevanja zemlje v okolici NEK

Izotop	Povprečna polletna specifična aktivnost (0–15 cm) (Bq/kg)	Letni okoljski dozni ekvivalent, *H**(10) (mSv)		Letni okoljski dozni ekvivalent, *H**(10) (TLD) (mSv)
		Sevanje tal	Sevanje tal in kozmična komponenta	
	Gmajnice			**št. dozimetra 59**
U-238	31,9 ± 1,4	0,71 ± 0,02	0,96 ± 0,02	0,75 ± 0,10
Ra-226	43,7 ± 1,8			
Ra-228	33,0 ± 0,4			
Th-228	31,9 ± 0,7			
K-40	397 ± 16			
Cs-137	58,1 ± 0,9			
	Kusova Vrbina			**št. dozimetra 21**
U-238	23.0 ± 12	0,46 ± 0,02	0,71 ± 0,02	0,76 ± 0,11
Ra-226	32,4 ± 1,3			
Ra-228	23,7 ± 0,3			
Th-228	23,0 ± 0,3			
K-40	321 ± 13			
Cs-137	2,2 ± 0,1			
	Amerika			**št. dozimetra 63**
U-238	33.8 ± 1,4	0,70 ± 0,02	0,95 ± 0,02	0,84 ± 0,11
Ra-226	47,9 ± 1,9			
Ra-228	34,0 ± 0,4			
Ra-228	33,7 ± 0,4			
K-40	426 ± 17			
Cs-137	28,6 ± 0,6			

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 [56]. Te vrednosti se dobro ujemajo z izmerjenimi vrednostmi v zemlji v okolici NEK, ki so navedene v tabeli 5.3.

Iz enačbe (7) v poročilu *Ovrednotenje rezultatov meritev radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško* [4] lahko izračunamo, da je letna efektivna doza kozmičnih žarkov v Krškem 0,242 mSv na leto, v Velikem Trnu pa 0,255 mSv, kar pomeni, da je doza zaradi kozmičnega sevanja na nadmorskih višinah dozimetrov v okolici jedrskega objekta v Krškem skoraj enaka.

Iz tabele 5.3 lahko ocenimo, da je prispevek zemeljskega sevanja k letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu v okolici NEK v razponu od 0,46 mSv do 0,71 mSv. Izračunani prispevek kozmične komponente je približno eno tretjino celotne letne doze brez nevtronske komponente. Za lokaciji Kusova Vrbina in Amerika se vsota obeh prispevkov v okviru negotovosti ujema z izmerki TLD.

Iz tabele 5.3 je razvidno, da se vrednosti okoljskega doznega ekvivalenta, izračunanega na podlagi izmerjene specifične aktivnosti naravnih radionuklidov v zemljini in prispevka zaradi ionizirajoče

komponente kozmičnega sevanja v okviru negotovosti, ujemajo z vrednostmi, izmerjenimi s TLD. To je pomembna potrditev skladnosti merskih in računskih postopkov, ki jih uporabljamo pri meritvah in oceni letnega okoljskega doznega ekvivalenta.

Letni okoljski dozni ekvivalent zaradi Be-7 ocenimo na podlagi doznih faktorjev za used in sevanje iz ozračja [62] in izmerjenih usedov in koncentracij Be-7 v zraku. Doze zaradi useda so predstavljene v tabeli 5.4, doze zaradi sevanja iz ozračja pa v tebeli 5.5.

Tabela 5.4: Letni okoljski dozni ekvivalent zaradi useda Be-7

Lokacija	Letni okoljski dozni ekvivalent (mSv)
Ožja okolica NEK	(4,9 ± 2,0) E–07
Širša okolica NEK	(4,3 ± 2,0) E–07
Daljna okolica NEK	(4,9 ± 2,0) E–07
Ljubljana	(5,3 ± 3,0) E–07

Tabela 5.5: Letni okoljski dozni ekvivalent zaradi sevanja Be-7 v ozračju

Lokacija	Specifična aktivnost (Bq/m^3)	Letni okoljski dozni ekvivalent (mSv)
Spodnji Stari grad	(2,50 ± 0,04)E–03	(1,73 ± 0,03)E–07
Stara vas	(4,60 ± 0,07)E–03	(3,18 ± 0,05)E–07
Leskovec	(4,60 ± 0,09)E–03	(3,18 ± 0,06)E–07
Brege	(3,90 ± 0,06)E–03	(2,69 ± 0,04)E–07
Vihre	(3,80 ± 0,06)E–03	(2,62 ± 0,04)E–07
Gornji Lenart	(1,70 ± 0,03)E–03	(1,17 ± 0,03)E–07
Libna	(3,50 ± 0,10)E–03	(2,42 ± 0,07)E–07
Dobova	(4,60 ± 0,06)E–03	(3,18 ± 0,04)E–07
Ljubljana	(4,80 ± 0,07)E–03	(3,32 ± 0,05)E–07

Za primerjavo navajamo letni okoljski dozni ekvivalent za radonova potomca Bi-214 in Pb-214 s povprečno specifično aktivnostjo 4 Bq/m^3 v zraku, ki ustreza normalnemu mešanju [63]. Ta doza je 0,01 mSv.

Hitrost doze v okolici NEK se meri s štirinajstimi kontinuirnimi merilniki hitrosti doze MFM. Rezultati so v tabeli T-56/a na priloženi zgoščenki v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2018, IJS-DP-12783, marec 2019.* Pri rezultatih meritev s temi merilniki je lastno ozadje merilnikov upoštevano in odšteto od izmerkov. V letu 2018 je bil izmerjen povprečni letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ (0,82 ± 0,09) mSv v razponu od 0,69 mSv do 0,98 mSv. Ta vrednost je enaka povprečnemu letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu, ki je bil izmerjen s TLD v okolici NEK (tabela 5.2). Povprečni letni okoljski dozni ekvivalent pri preostalih 60 kontinuirnih merilnikih v Sloveniji, ki so pod nadzorom URSJV, je bil v letu 2018 (0,86 ± 0,02) mSv v razponu od 0,40 mSv do 1,32 mSv. Ta vrednost je enaka povprečni vrednosti, določeni na podlagi meritev s TLD na območju

Slovenije (tabela 5.2). Iz primerjave letnih okoljskih doznih ekvivalentov v tabeli T-56, izmerjenih z MFM, z letnimi okoljskimi doznimi ekvivalenti, izmerjenimi s TLD po Sloveniji (tabela T-54/b v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2018, IJS-DP-12783*), je mogoče ugotoviti, da se na posameznih lokacijah vrednosti, izmerjene z MFM in TLD, lahko razlikujejo tudi za 30 %, kar je posledica različne podlage na mestu, kjer sta postavljena merilnika MFM in TLD na določeni lokaciji. Na IJS, kjer sta oba merilnika postavljena v neposredni bližini, se vrednost (0,88 ± 0,02) mSv, določena z MFM, v okviru negotovosti ujema z vrednostjo (0,83 ± 0,09) mSv, določeno s TLD.

OCENA VPLIVOV

Iz dejanske globinske porazdelitve specifične aktivnosti Cs-137 je bil ocenjen letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$, ki je posledica globalne kontaminacije. Za izračun hitrosti doze so bili uporabljeni rezultati simulacije Monte Carlo, ki omogoča določitev prispevkov Cs-137 iz različnih globin [58]. Okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ je bil izračunan iz zveze $H^*(10) = w \cdot D$ po standardu ISO 4037-3, pri čemer je D absorbirana doza v zraku na letni ravni, w = 1,20 pa je konverzijski faktor za pretvorbo absorbirane doze v okoljski dozni ekvivalent za Cs-137. Iz tabele 5.6 je razvidno, da so ocenjeni letni okoljski dozni ekvivalenti zaradi Cs-137 na lokacijah v okolici NEK v območju med 0,003 mSv in 0,046 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 0,015 mSv do 0,116 mSv.

Kot je bilo ugotovljeno, prispevkov NEK k dozi zunanjega sevanja ni mogoče neposredno meriti s TLD in MFM. Mreža TLD zato meri dozo sevanja gama naravnih radionuklidov v okolju, ionizirajoče komponente kozmičnega sevanja ter prispevka globalne kontaminacije s Cs-137. Povprečni izmerjeni letni okoljski dozni ekvivalent v okolici NEK je bil v letu 2018 (0,83 ± 0,10) mSv, kar se ujema z vrednostjo (0,83 ± 0,09) mSv v letu 2017.

Ker okoljski TLD ne merijo doze nevtronske komponente kozmičnega sevanja, je bila le-ta izračunana z uporabo programa EXPACS [64]. Program omogoča izračun doze, ki je posledica posameznih komponent kozmičnega sevanja vključno z nevtronsko komponento za poljubno geografsko dolžino in širino. Za leto 2018 je prispevek nevtronov k letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu 0,107 mSv.

Kot je bilo že omenjeno, je bil prispevek sevanja gama iz objektov znotraj ograje NEK k letni dozi na ograji pod mejo zaznavnosti. V preteklosti so bile opravljene tudi meritve hitrosti doze nevtronov zunaj ograje NEK, pri katerih se je pokazalo, da je bilo izmerjeno le naravno ozadje kozmičnih nevtronov [59]. Torej lahko za vse vrste sevanj sklenemo, da je prispevek iz objektov znotraj ograje NEK k zunanji dozi zunaj ograje zanemarljiv.

Letne efektivne doze zunanjega sevanja ob prehodu oblaka (imerzijske doze) pri atmosferskih izpustih iz NEK so ocenjene v poglavju *Radioaktivnost v zraku* na podlagi podatkov o izpuščenih aktivnostih in ob upoštevanju razredčitvenih koeficientov, dobljenih iz Lagrangeevega modela.

Tabela 5.6: Ocenjena letna vrednost $H^*(10)$ zaradi globalne kontaminacije s Cs-137 do globine 15 cm v letu 2018

LOKACIJA	$H^*(10)$/mSv	LOKACIJA	$H^*(10)$/mSv
Gmajnice	0,046 ± 0,009	Ljubljana	0,615 ± 0,012
Kusova Vrbina	0,003 ± 0,001	Kobarid	0,116 ± 0,023
Amerika	0,021 ± 0,004	Murska Sobota	0,015 ± 0,003

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. Rezultati izračuna za leto 2018 vključno z modelirano domeno so predstavljeni v poglavju o radioaktivnosti v zraku. 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 km × 25 km × 3 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 depozicijskih faktorjev in razredčitvenih koeficientov so v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2018, IJS-DP-12783,* marec 2019.

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

$$D/Q = k_{\mathrm{T}} \cdot (\chi/Q)_1 \cdot h_1 + k_{\mathrm{WDD}} \cdot \sum_{i=1}^{N} (\chi/Q)_i \cdot h_i \qquad (5.2)$$

Pri tem je k_{T} faktor dotika, ki pove, kolikšen del radionuklidov se odloži pri stiku zračnih mas s tlemi, $(\chi/Q)_l$ razredčitveni koeficient prvega prizemnega nivoja, h_1 višina nivoja prvega prizemnega nivoja, k_{WDD} faktor mokrega in suhega nanosa, $(\chi/Q)_i$ azredčitveni koeficienti nivojev i, h_i višina nivoja i in N število nivojev v domeni.

Tabela 5.7: Ocena letne efektivne doze zunanjega sevanja zaradi useda radioaktivnih snovi za različne razdalje *r* od NEK za leto 2018

Oddaljenost od dimnika NEK (km)			**0,5**	**0,8**	**1**	**1,5**	**3,25**	**7,5**
Izotop	**Izpust (Bq na leto)**	***DCF* (Sv na leto) / (Bq/m^2)**	**Letna efektivna doza zunanjega sevanja zaradi useda radioaktivnih snovi (mSv)**					
I-131	1,23E+06	7,83E–11	3,24E–13	4,06E–14	4,46E–14	4,75E–14	7.45E-15	7.03E-15
I-132	2,43E+07	1,84E–11	1,49E–12	1,88E–13	2,06E–13	2,19E–13	3.44E-14	3.24E-14
I-133	1,66E+06	4,32E–11	2,41E–13	3,02E–14	3,32E–14	3,53E–14	5.54E-15	5.23E-15
H-3	6,08E+12	–	–	–	–	–	-	-
C-14	7,67E+10	–	–	–	–	–	-	-
Cr-51	-	7,02E–12	–	–	–	–	-	-
Mn-54	-	1,94E–10	–	–	–	–	-	-
Co-58	4,70E+03	2,24E–10	3,53E–15	4,43E–16	4,86E–16	5,17E–16	8.12E-17	7.66E-17
Co-60	-	5,67E–10	–	–	–	–	-	-
Zr-95	-	1,70E–10	–	–	–	–	-	-
Nb-95	-	1,73E–10	–	–	–	–	-	-
Ag-110m	-	6,48E–10	–	–	–	–	-	-
Sb-124	-	4,05E–10	–	–	–	–	-	-
Te-125m	-	2,97E–12	–	–	–	–	-	-
Te-127m	1,50E+04	2,97E–12	1,49E–16	1,87E–17	2,05E–17	2,18E–17	3.43E-18	3.23E-18
Cs-137	-	1,35E–10	–	–	–	–	-	-
Fe-55	4,70E+03	4,86E–14	7,66E–19	9,61E–20	1,06E–19	1,12E–19	1.76E-20	1.66E-20
Sr-90	1,24E+03	2,40E–11	1,00E–16	1,26E–17	1,38E–17	1,47E–17	2.30E-18	2.17E-18
		VSOTA	**2,06E–12**	**2,59E–13**	**2,84E–13**	**3,02E–13**	**4,75E–14**	**4,48E–14**

Prispevki k letni efektivni dozi zaradi useda iz oblaka so zbrani v tabeli 5.7. Letna efektivna doza za posamezni radionuklid na določeni lokaciji je produkt letnega izpusta, depozicijskega faktorja iz enačbe (5.2), ki so ga izračunali v podjetju MEIS storitve za okolje, d. o. o., in doznega pretvorbenega koeficienta *DCF* [66]. Dozni pretvorbeni koeficient upošteva izpostavljenost zaradi useda in resuspenzije s tal po štirih dneh, pri končni oceni efektivne doze pa smo konzervativno privzeli, da se je izpust celoletne aktivnosti ponavljal vsake 4 dni vse leto (skupni ocenjeni letni izpust je vsota približno 91 dejanskih izpustov v tem letu). Iz rezultatov je razvidno, da je bila v letu 2018 letna efektivna doza največja na oddaljenosti 0,5 km od dimnika NEK, vendar je tudi ta prispevek popolnoma zanemarljiv glede na druge prispevke zunanjega sevanja. Tega prispevka NEK ni mogoče izmeriti niti s TLD niti s kontinuirnimi merilniki, ki so v okolici NEK, saj je daleč pod mejo detekcije. Že same variacije letnih efektivnih doz na posameznih lokacijah zaradi različnosti naravnega sevanja daleč presegajo prispevek NEK.

Letna efektivna doza zunanjega sevanja zaradi useda Be-7 se giblje okoli 5E-07 mSv, in je za faktor E+05 večja od letne efektivne doze zaradi useda izpustov NEK v ozračje na razdalji 0,5 km od NEK. Ker je pri meritvah suhega useda detekcijska meja za Be-7 približno 0,8 Bq/m^2, lahko ocenimo, da s spektrometrijo gama določimo več kot tisočkrat manjši used Be-7 od izmerjenega, kar ustreza letni efektivni dozi približno 3E–07 mSv. Ta doza je pet velikostnih redov nad ocenjeno efektivno dozo zunanjega sevanja zaradi useda izpustov v zrak na razdalji 0,5 km od NEK. Iz tega izhaja, da pri normalnem obratovanju NEK z obstoječimi vzorčevalnimi in merskimi metodami nikakor ni mogoče izmeriti teh usedov.

V tabeli 5.8 so povzete ocenjene letne vrednosti *H**(10) za prebivalstvo v okolici NEK. Prevladuje izpostavitev zaradi naravnega sevanja in useda Cs-137 zaradi globalne kontaminacije. Prispevek NEK je, kot že rečeno, zanemarljiv.

Tabela 5.8: Doze *H**(10) zaradi zunanjega sevanja v letu 2018 za prebivalstvo v okolici NEK

Vir	**Podatki**	***H**(10)/mSv**
sevanje gama + ionizirajoča komponenta kozmičnega sevanja	TLD	0,83 (89 %)
kozmični nevtroni	[56], [61]	0,11 (11 %)
naravno sevanje – skupaj		**0,94 (100 %)**
kontaminacija zaradi černobilske nesreče in poskusnih jedrskih eksplozij	Cs-137 v zemlji	0,023 (4 %)*
NEK – atmosferski izpusti	**used (model)**	2.06E–12
SKUPAJ		**0,96**

* Ocena deleža glede na naravno sevanje. V tej oceni ni upoštevano, da se prebivalec zadržuje 20 % časa na prostem in da je faktor ščitenja pri zadrževanju v zgradbah 0,1, temveč je konservativno privzeto, da se prebivalec ves čas zadržuje na prostem. Za izračun hitrosti doze so bili uporabljeni rezultati računa Monte Carlo, ki omogoča določitev prispevkov Cs-137 iz različnih globin [58].

SKLEPI

Specifične aktivnosti naravnih radionuklidov v vzorcih zemlje v letu 2018 so primerljive z vrednostmi, izmerjenimi v prejšnjih letih in s podatki, ki jih kot svetovno povprečje navaja UNSCEAR. Letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ zaradi naravnih radionuklidov v zemlji je med 0,46 mSv in 0,71 mSv.

Prisotnost umetnih radionuklidov v okolju je posledica globalne kontaminacije zaradi jedrskih poskusov in černobilske nesreče. Vpliva NEK tudi v letu 2018 ni bilo mogoče zaznati. Prispevek Cs-137 k letni dozi $H^*(10)$ je od 0,3 % do 4,8 % skupne doze zaradi naravnih in umetnih radionuklidov v zemlji. Letni okoljski dozni ekvivalent zaradi globalne kontaminacije s Cs-137 na lokacijah v okolici NEK, ocenjeni pri predpostavki realne globinske porazdelitve Cs-137, so v območju med 0,003 mSv in 0,046 mSv, kar je v povprečju manj kot na lokacijah, kjer se zemlja vzorčuje v okviru nadzora radioaktivnosti v Republiki Sloveniji. To je dodatna potrditev ugotovitve, da v okolju ni mogoče opaziti vplivov zaradi izpustov iz NEK.

Okoljski dozni ekvivalent, izmerjen s TLD na ograji NEK, je za 30 % nižji kot v okolici NEK. To kaže, da je prispevek NEK k dozni obremenitvi v okolici zaradi sevanja iz objektov NEK zanemarljiv in nemerljiv.

Povprečna vrednost okoljskega doznega ekvivalenta, izmerjenega s TLD v okolici NEK, se ujema s povprečno vrednostjo, izmerjeno s kontinuirnimi merilniki hitrosti doze MFM. Povprečje v obeh primerih je (0,82 ± 0,09) mSv. To potrjuje zanesljivost meritev, saj se rezultati, dobljeni z različnimi merskimi metodami, ujemajo.

Vrednost $H^*(10)$ zaradi zunanjega sevanja naravnih sevalcev gama, ionizirajoče komponente kozmičnega sevanja in kozmičnih nevtronov v letu 2018 je bila za prebivalstvo v okolici NEK 0,94 mSv na leto in je primerljiva z oceno za svetovno prebivalstvo ter z ocenami za okolico NEK v prejšnjih letih. Ocenjena vrednost $H^*(10)$ se v okviru negotovosti ujema z izmerki TLD, kar potrjuje zanesljivost modelne ocene.

Prispevek k zunanjemu sevanju zaradi atmosferskih izpustov radioaktivnih snovi, izračunan na podlagi Lagrangeevega modela nanosa iz oblaka, je več redov velikosti nižji od drugih prispevkov in popolnoma zanemarljiv. Konservativno ocenjujemo, da je letna efektivna doza zaradi sevanja iz NEK manjša od 0,001 µSv, torej daleč pod detekcijsko mejo merilnikov. Meja detekcije z merilniki TLD je 7,5 µSv, torej bi merilniki brez težav ugotovili potencialno nevarne nivoje zunanjega sevanja zaradi vpliva NEK.

Razpravo o zunanjem sevanju smo podkrepili še z rezultati meritev vzorcev suhega useda. Ugotavljamo, da je letna efektivna doza zunanjega sevanja zaradi useda Be-7 zanemarljiva v primerjavi s sevanjem iz zemlje (naravna radioaktivnost), a je po drugi strani za 5 velikostnih redov večja od letne efektivne doze zaradi usedanja zračnih izpustov iz NEK.

6 RADIONUKLIDI V HRANI

POVZETEK

Namen ugotavljanja 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 na krško-brežiškem polju. Specifične aktivnosti radionuklidov v živilih, vzorčevanih v okolici NEK, smo primerjali s specifičnimi aktivnostmi radionuklidov v živilih, vzorčevanih drugod po Sloveniji.

Ocenili smo, da je predvidena letna 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 2018 257 µSv *za odrasle osebe, brez upoštevanja K-40 pa* 111 µSv*, drugod po Sloveniji pa je predvidena letna efektivna doza prebivalstva zaradi vsebnosti naravnih radionuklidov v hrani* 149 µSv*, brez upoštevanja K-40 pa* 28 µSv.

Vsebnost umetnih radionuklidov Cs-137 in Sr-90 v hrani, ki izvirata iz globalne kontaminacije okolja, je povečala sevalno obremenitev prebivalcev okolice NEK še za 1,5 µSv*, kar je le* 1,3 *% celotne izračunane letne efektivne doze zaradi uživanja hrane brez upoštevanja K-40. To je z biološkega vidika zanemarljivo. Sevalna obremenitev prebivalcev drugod po Sloveniji zaradi uživanja hrane, kontaminirane s Cs-137 in Sr-90, je* 0,5 µSv*, brez upoštevanja divjačine. Pri primerjavi merskih rezultatov za hrano iz okolice NEK in Republike Slovenije se upoštevajo le hranila oziroma živila, ki so v skupnem naboru. V letu 2018 k dozi splošnih kontaminantov Cs-137 in Sr-90 v okolici NEK največ prispeva specifična aktivnost Sr-90 v podzemni zelenjavi. Pri oceni doze drugod po Sloveniji nismo upoštevali vsebnosti Cs-137 izmerjene v divjačini (divji prašič, Kamnik), ki je bila kar* (584 ± 18) Bq/kg*. V gozdnih ekosistemih po Sloveniji še vedno občasno ugotavljamo zelo visoke vsebnosti Cs-137 kot posledico nesreče v Černobilu in preteklih jedrskih poskusov.*

V zračnih izpustih NEK je bil izmerjen tudi radioaktivni izotop C-14. Izotop C-14 se, enako kot ogljik C-12, v procesu fotosinteze vgrajuje v rastline in preko hrane prehaja v živali in ljudi. V obdobju od 1. 4. do 1. 5. 2018 je bil v NEK remont. Ocenjena doza prebivalstva v krajih, kjer vpliva NEK v letu 2018 ni bilo mogoče zaznati (Dobova), je bila v rastlinski hrani zaradi vsebnosti naravnega C-14 (15,1 ± 0,2) µSv*. V neposredni bližini elektrarne do razdalje* 1 km *od osi reaktorja je bilo mogoče zaznati v rastlinju tudi C-14 zaradi atmosferskih izpustov iz NEK. Ocenjena doza zaradi atmosferskih izpustov C-14 iz NEK je bila* 0,08 µSv*, celotna ocenjena doza prebivalstva v neposredni bližini NEK pa je bila* (15,2 ± 0,1) µSv*. V okviru merske negotovosti je tako doza zaradi C-14, prejeta v okolici NEK in v Dobovi, primerljiva z ocenami iz prejšnjih let. Doza, prejeta zaradi C-14, je 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, vode, 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 se prideluje v okolici jedrskih objektov.

V hrano rastlinskega izvora prehajajo radionuklidi predvsem preko koreninskega sistema rastlin, lahko pa tudi s površine listov, kamor se odložijo kot usedi iz atmosfere. Sem spada predvsem kontaminacija s Pb-210, ki je naravni radionuklid in ga v izpustih NEK ne detektiramo. Stopnja privzema radionuklidov v rastline prek koreninskega sistema je v največji meri odvisna od biorazpoložljivosti posameznih radionuklidov v tleh, na kar pa poleg topnosti radionuklidov vplivajo predvsem abiotski in biotski talni dejavniki [67]. Na absorpcijo radionuklidov v rastline prek listne površine vplivajo morfološke značilnosti rastlin (npr. velikost površine, strukture na listih) in okoljski dejavniki, kot sta npr. količina padavin in

vetrovnost. Rastlinski organi se lahko z radionuklidi površinsko kontaminirajo tudi zaradi neposrednega stika z zemljo, kar velja predvsem za gomolje, korenike, čebule, liste in plodove, ki uspevajo pri tleh [68]. Na vsebnost radionuklidov v rastlinah vplivajo tudi človeške aktivnosti, kot so obdelovanje površin, gnojenje, uporaba pesticidov, promet in industrijsko onesnaževanje.

Specifična aktivnost radionuklidov v hranilih živalskega izvora je povezana predvsem s tem, da živali uživajo z radionuklidi kontaminirano hrano in vodo. Na stopnjo kontaminacije živalskega organizma, predvsem rastlinojedov, v veliki meri vpliva preferenca prehranjevanja z določenimi vrstami rastlinske hrane [68], radionuklide pa najdemo tudi v krmilih za prehrano domačih živali. Končno koncentracijo radionuklidov v živalskem organizmu določa razmerje med asimilacijo in izločanjem. Kopičenje v posameznih organih oziroma tkivih je v veliki meri odvisno od fizikalnih in kemijskih značilnosti posameznega radionuklida, vrste hrane in vsebnosti elementov, ki s posameznim radionuklidom tekmujejo za privzem, ter od fiziološkega stanja živali. 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 vnos radionuklidov v organizem [68].

OKOLJSKI VZORCI

Značilnosti vzorčevanja

Vzorčenje živil v okolici Nuklearne elektrarne Krško poteka na mestih, ki imajo podobno sestavo tal kot tista pri vzorčenju 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 odvzemajo 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 2018, ki so označena na priloženem zemljevidu na koncu poročila, so bila: sadovnjak ob NEK (sadje), Pesje (mleko, zelenjava), Zgornja Pohanca (sadje), Brege (meso, mleko, zelenjava), Vihre (mleko, zelenjava), Vrbina (jajca, zelenjava), Spodnji Stari Grad (meso, jajca, zelenjava, sadje), Žadovinek (zelenjava, žito), Trnje (zelenjava), Leskovec (meso), Libna (grozdje). V letu 2018 je bilo v okolici NEK skupno vzorčenih 31 vrst živil.

Značilnosti meritev okoljskih vzorcev

V vzorcih živil so bile izmerjene specifične aktivnosti sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama (VLG) in vsebnost Sr-90/Sr-89 z radiokemijsko metodo. Vzorčevanje, meritve in analize vseh vzorcev živil so bile opravljene na IJS in ZVD. Rastlinski vzorci živil, razen žit, so bili pred analizami oprani s tekočo vodo, saj je poleg vnosa radionuklidov v rastline iz tal prek koreninskega sistema del kontaminacije zelenjave in sadja z radionuklidi tudi površinska kontaminacija, sploh če so deli rastlin med gojenjem v neposrednem stiku z zemljo.

Od radionuklidov, ki jih detektiramo v izpustih NEK, je v hrani C-14, ki pa se pojavlja v okolju tudi naravno. Meritve vsebnosti C-14 v rastlinskih vzorcih, vzorčevanih v juliju in septembru 2018 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, pšenici, koruzi in obrezanih vejah jablan.

REZULTATI MERITEV S ČASOVNIMI USMERITVAMI

Tabele z merskimi rezultati so na priloženi zgoščenki v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2018, IJS-DP-12783*, marec 2019.

Rezultati meritev vzorcev hrane so prikazani v tabelah T-61 (mleko - Pesje), T-62 (mleko - Vihre), T-63 (mleko - Brege), T-64 (I-131 v vzorcih mleka), T-65, T-66, T-67 (sadje – jabolka, hruške, jagode), T-68 (grozdje, šipek), T-69 do T-73 (podzemna zelenjava: krompir, korenje, rdeča pesa, čebula, por; listna zelenjava – zelena solata, zelje, peteršilj, blitva, ohrovt; plodovke – fižol v zrnju, paprika, paradižnik,

feferoni, jajčevci, kumare, bučke; žita – pšenica, koruza, ječmen) T-74, T-75 (kokošja jajca; kokošje, svinjsko, goveje in divjačinsko meso).

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. 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.

V nadaljevanju so rezultati vsebnosti radionuklidov v živilih v okolici NEK podani primerjalno glede na vsebnosti radionuklidov v skupinah živil (meso in jajca, mleko, podzemna zelenjava, listna zelenjava, plodovke, žita in sadje), vzorčevanih drugod po Sloveniji. Slednje meritve je izvedel ZVD. Vzorčevana so bila naslednja živila: mleko; sadje – jagode, ameriške borovnice, breskve, jabolka in belo grozdje; podzemna zelenjava – krompir; listna zelenjava – solata, cvetača; plodovke – paradižnik, paprika; žita – pšenica; jajca in meso (kokošja jajca, puranje, svinjsko in goveje meso ter divjačina).

Rezultati meritev C-14 v hrani so v poročilu *Izvješće o mjerenjima aktivnosti ^{14}C u okolišu Nuklearne elektrarne Krško tijekom 2018. godine*, LNA 5/2019, Institut Ruđer Bošković, Hrvaška [25].

Tritij (H-3)

Tritij se v okviru rednega merilnega nadzora NEK v hrani ne ugotavlja. Vendar najnovejše raziskave, izvedene na IJS [70], kažejo povečane vsebnosti tritija v rastlinju neposredno ob NEK, v primerjavi z rastlinjem na kontrolni točki. Vzorčevanje rastlinja je bilo namreč opravljeno po istem sistemu, kot za C-14, v vzorcih pa je bil ugotovljen tritij v prosti tkivni vodi in organsko vezan tritij. Največje vsebnosti so bile izmerjene v listju jablan (334 ± 5,8) Bq/L, v jabolkih ob ograji NEK pa (20,5 ± 0,8) Bq/L. Na kontrolni točki so se vrednosti v jabolkih gibale okrog (3,0 ± 1,0) Bq/L. Glede na dobljene rezultate so nujno potrebne podrobnejše študije vpliva izpustov tritija iz NEK na okoliško rastlinje, pridelke in prenos po prehranjevalni verigi.

Ogljik (C-14)

Naravni 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 [70]. Skupaj z drugimi ogljikovimi izotopi kot CO_2 vstopa v ogljikov cikel Zemlje, kjer se v procesu fotosinteze asimilira predvsem v hrano rastlinskega izvora. Izmerjena aktivnost C-14 v enoletnih rastlinah ali drevesnih letnicah tako izraža povprečno vsebnost C-14 v atmosferskem CO_2 med rastno sezono. C-14 tako vstopa v prehranjevalno verigo, s tem pa se lahko poveča dozna obremenitev lokalnega prebivalstva zaradi ingestije.

Do povečanja koncentracij C-14 na zemeljskem površju je prišlo v sredini 20. stoletja zaradi jedrskih poskusov. Po prepovedi jedrskih poskusov pa 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 [70].

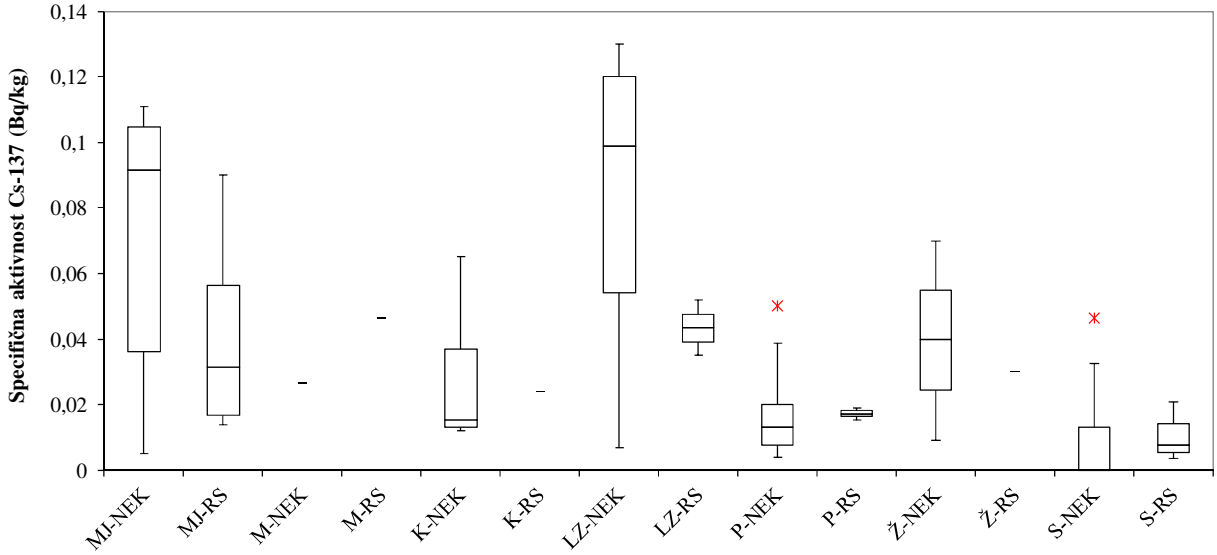
Jedrski objekti, še posebej jedrske elektrarne, lahko vplivajo na povišanje radioaktivnosti tako v atmosferi v svoji neposredni okolici kot tudi v rastlinju, ki tam uspeva. C-14 je merljiv tudi v izpustih NEK. Vpliv jedrske elektrarne na povišanje aktivnosti C-14 v rastlinstvu oziroma hrani se ugotavlja 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.

Izračunana letna efektivna doza pri C-14 se nanaša na hrano in ne na posamezne vrste hrane, saj se specifične aktivnosti C-14 v raznih vrstah sadja ali zelenjave ne razlikujejo, saj so atomi C-14 del organskih molekul v organizmih. Drugi radionuklidi, kot so Cs-137, K-40, Sr-90 itd., ne spadajo med strukturne elemente, zato sta postopka računanja letne efektivne doze različna. Tudi hrana živalskega izvora ima tako enako specifično aktivnost C-14, če se živali prehranjujejo z rastlinami iz okolice NEK.

Specifična aktivnost C-14 je bila v okolici NEK v letu 2018 izmerjena v jabolkih, pšenici, koruzi in obrezanih vejah jablan, in sicer v juliju in septembru. Vrednosti so zbrane v tabeli 6.1. Povprečne vsebnosti C-14 v hrani in rastlinju so bile v septembru primerljive z julijskimi. Najvišja izmerjena specifična aktivnost C-14 je bila izmerjena v jabolkih (lokacija J) v juliju (273 ± 6) Bq na kilogram ogljika. Na lokaciji J smo tudi v letu 2016 opazili najvišjo vsebnost C-14 v jabolkih (330 ± 8) Bq na kilogram ogljika. Lokacija J je jugozahodno od osi reaktorja in leži v področju, kjer ugotavljamo najvišje razredčitvene faktorje (glej poglavje *Radioaktivnost v zraku*). Lokacije so označene na sliki 1 v poročilu [21].

Tabela 6.1: Specifične aktivnosti C-14 v okolici NEK v letu 2018

Območje v okolici NEK	Julij 2018	September 2018
	Bq na kilogram ogljika	
Najvišja vrednost	(273 ± 6) (lokacija J)	(271 ± 7) (lokacija J)
Ob ograji NEK	(248 ± 6)	(249 ± 6)
Zunanji krog	(239 ± 6)	(244 ± 6)
Dobova	(233 ± 4)	(241 ± 5)



Slika 6.1: Specifična aktivnost Cs-137 (Bq/kg) v skupinah živil: MJ – meso in jajca, M-mleko, PZ-podzemna zelenjava, LZ – listna zelenjava, P – plodovke, Ž – žita, S – sadje; predstavljene so minimalna in maksimalna vrednost (brki) ter mediana, prvi in tretji kvartil (pravokotnik) po skupinah enkratno vzorčevanih živil v letu 2018 v okolici NEK in drugod po Sloveniji (RS). Izjema je surovo mleko, ki se v okviru obratovalnega nadzora radioaktivnosti v okolici NEK zbira in analizira mesečno na treh lokacijah (Vihre, Pesje in Brege), v okviru nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju v RS pa dvomesečno na treh lokacijah (Ljubljana, Kobarid in Bohinjska Bistrica). V grafu sta tako za mleko (NEK in RS) prikazani aritmetični sredini čez vse vzorce v okviru nadzora radioaktivnosti za leto 2018. Iz predstavitve je izvzeta divjačina, vzorčena drugod po Sloveniji. V predstavitvi po živilih so bila upoštevana živila, ki spadajo v izbrano skupino; nabor živil v okviru *Monitoringa radioaktivnosti v življenjskem okolju v RS* obsega še druge vrste živil, kot so med, ribe, moka itd., ki se v okviru obratovalnega nadzora radioaktivnosti v okolici NEK ne vzorčujejo. Če je bilo odvzetih več vzorcev iste vrste, je v tabeli poročana aritmetična sredina. Z znakom – so označene enkratne meritve, z znakom × pa so ubežniki (angl. *outliers*).

Cezij (Cs-137)

Izotop Cs-137 je bil v letu 2018 tako v okolici NEK kot drugod po Sloveniji detektiran v vseh skupinah vzorčevanih živil. Meritve drugod po Sloveniji je izvedel ZVD.

Specifična aktivnost Cs-137 v živilih v okolici NEK je od 0 Bq/kg do 0,13 Bq/kg in je primerljiva s specifično aktivnostjo Cs-137 v živilih, vzorčenih drugod po Sloveniji, ki je od 0 Bq/kg do 0,09 Bq/kg [11], če ne upoštevamo divjačine. Podatki so prikazani na sliki 6.1. V divjačini (divji prašič) iz Kamnika je bila specifična aktivnost Cs-137 (584 ± 18) Bq/kg.

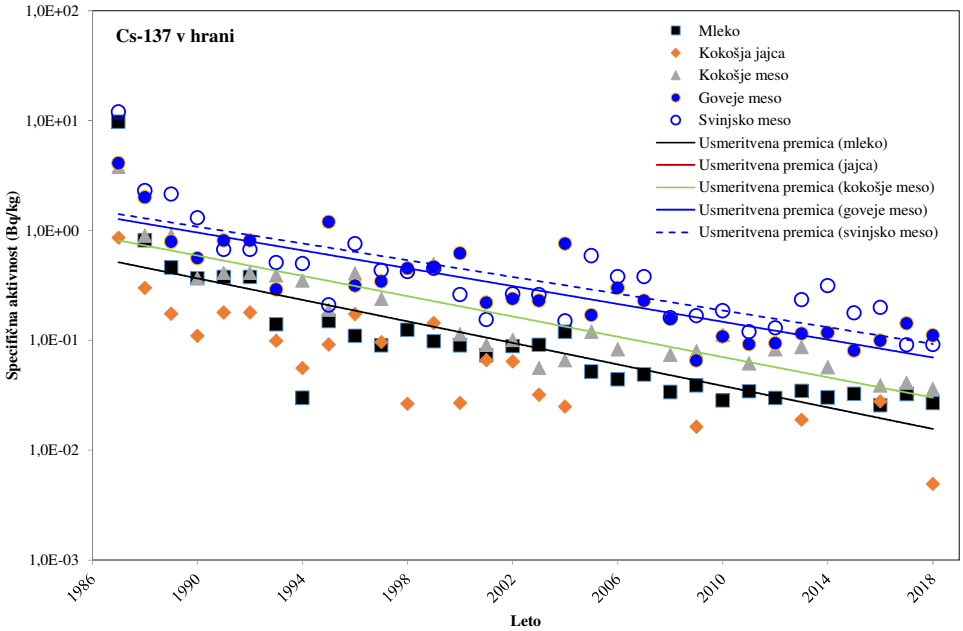
V posameznih živilih v okolici NEK je bila najvišja specifična aktivnost Cs-137 izmerjena v zeleni solati (0,13 ± 0,01) Bq/kg, medtem ko je bila specifična aktivnost Cs-137 v jabolkih in hruškah, vzorčenih v sadovnjaku v neposredni bližini NEK, < 0,001 Bq/kg. Če izvzamemo divjačino, je bila največja izmerjena specifična aktivnost Cs-137 v hrani, vzorčevani drugod po Sloveniji, v govejem mesu iz Fokovcev, in sicer (0,09 ± 0,01) Bq/kg.

S slike 6.1 je razvidno, da največjo vsebnost Cs-137 v okolici NEK in drugod po Sloveniji, najdemo v listni zelenjavi in mesu, sledijo žito, mleko, podzemna zelenjava, plodovke in sadje.

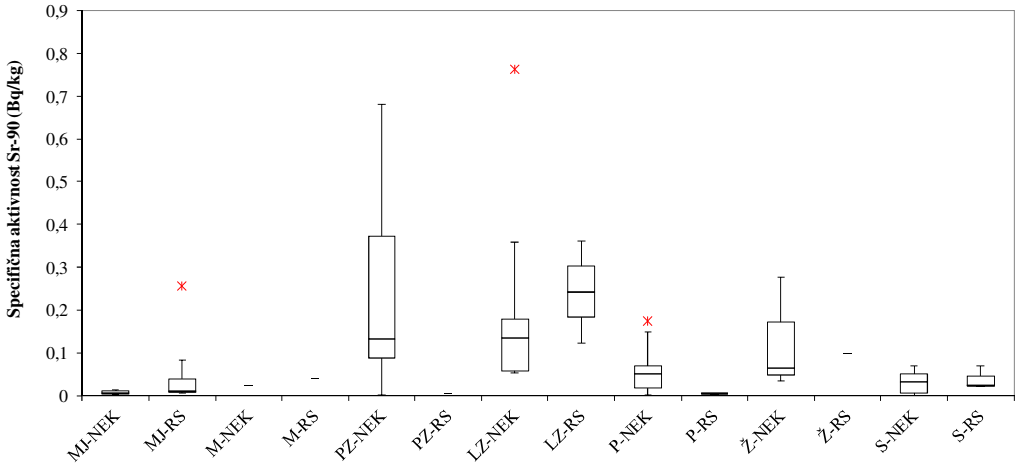
Specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v hrani z leti nihajo, vendar je opazna težnja zniževanja vrednosti. Tako je s slike 6.2 razvidno, da se je specifična aktivnost Cs-137 v mleku od černobilske nesreče do danes znižala za približno 200-krat, specifična aktivnost Sr-90 pa se je v enakem obdobju v mleku znižala za faktor 10 (slika 6.4). Izmerjena specifična aktivnost Cs-137 v mleku je tako že nekaj let na ravni izpred černobilskega obdobja (1984, 1985), specifična aktivnost Sr-90 pa je tudi za faktor 2 nižja kot pred černobilsko nesrečo. Tudi za druga živila živalskega izvora je opazna težnja zmanjševanja specifičnih aktivnosti Cs-137 in Sr-90 po černobilski nesreči (sliki 6.2 in 6.4), 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 [68]. Ta proces in pronicanje atomov Cs-137 globlje v zemljo z leti zmanjšujeta dostopnost Cs-137 rastlinam. Tako v manjšem številu vstopajo v prehransko verigo človeka. To lahko podkrepimo, če povprečnim specifičnim aktivnostim Cs-137 v živilih živalskega izvora po letih narišemo usmeritvene premice[1]. Iz naklonov premic, ki se med seboj odmikajo za največ 20 %, lahko izračunamo efektivni razpolovni čas Cs-137 v omenjenih živilih 6,6 let (slika 6.2). Izračunani razpolovni čas je manjši od fizikalnega razpolovnega časa Cs-137 30,1 let. Podobno lahko izračunamo efektivni razpolovni čas Sr-90 v živilih živalskega izvora 8,5 let (slika 6.4). Statistično stresanje podatkov je v primeru Sr-90 večje kot pri Cs-137, zato smo iz računanja aritmetične sredine izvzeli kokošje in svinjsko meso. Kljub temu je tudi ta izračunani efektivni razpolovni čas bistveno nižji od fizikalnega razpolovnega časa Sr-90 28,8 let.

Kljub omenjenim težnjam, pa v živilih, vzorčevanih v gozdnih ekosistemih po Sloveniji, še vedno lahko ugotavljamo, v primerjavi z živili, vzorčevanimi v agrikulturnih ekosistemih, značilno višje specifične aktivnosti Cs-137. V letu 2018 smo zaznali povišane specifične aktivnosti Cs-137 v divjačini (divji prašič, Kamnik, 584 Bq/kg), kot je bilo to primer v letu 2015 (gobe cigančki, borovnice, divjačina) in kot je bilo ugotovljeno v raziskovalnih študijah, da je bila v gobah iz skupine koprenk, vzorčevanih v letih 2010–2011, specifična aktivnost Cs-137 tudi do 3 240 Bq/kg (*Rozites caperata* - pšenična koprenka ali ciganček) [73], v gozdnih tleh pa so se vrednosti Cs-137 gibale do 812 Bq/kg (Ljubljana Rožnik). Študije so pokazale, da divji prašiči hiperakumulirajo Cs-137 v svojih tkivih [69], verjetno, ker se večinoma prehranjujejo z gobami in lišaji, ki kopičijo Cs-137 in so sekundarni vir Cs-137.

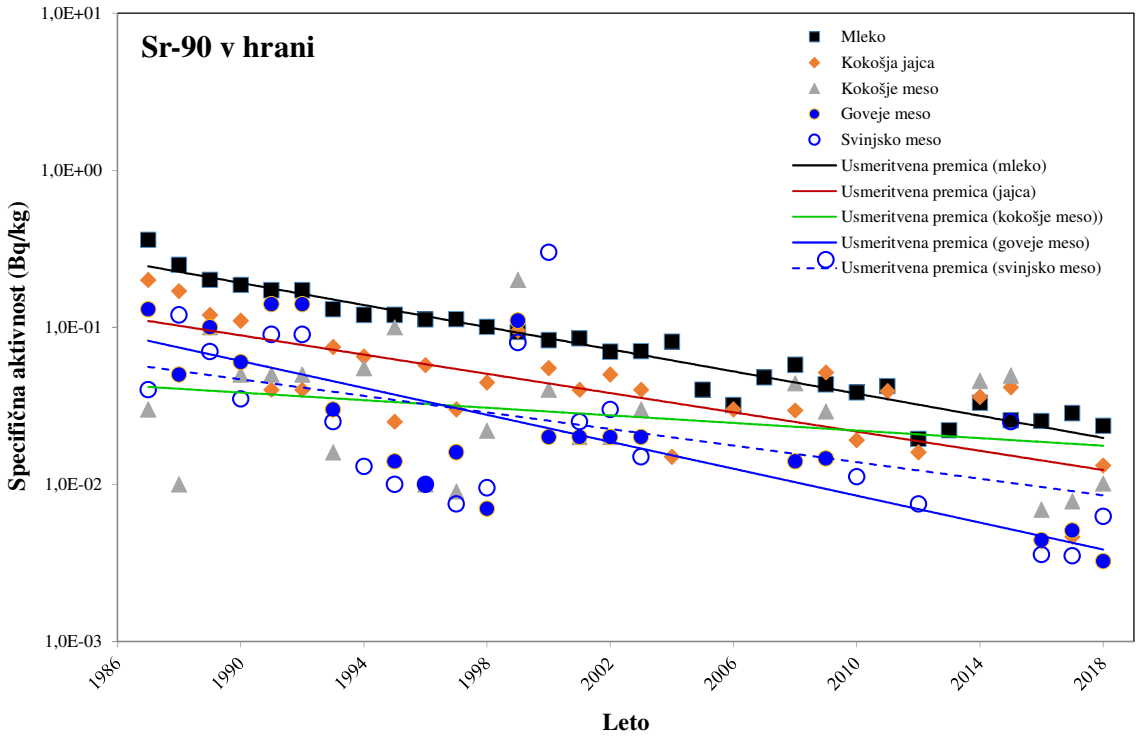
[1] Podatkom smo prilagajali eksponentne krivulje ($\sim e^{-\frac{t}{\tau}}$). Ker so vrednosti na ordinatni osi v logaritemski skali, na sliki vidimo premice, katerih naklon je obratno sorazmeren z efektivnim razpolovnim časom, τ.



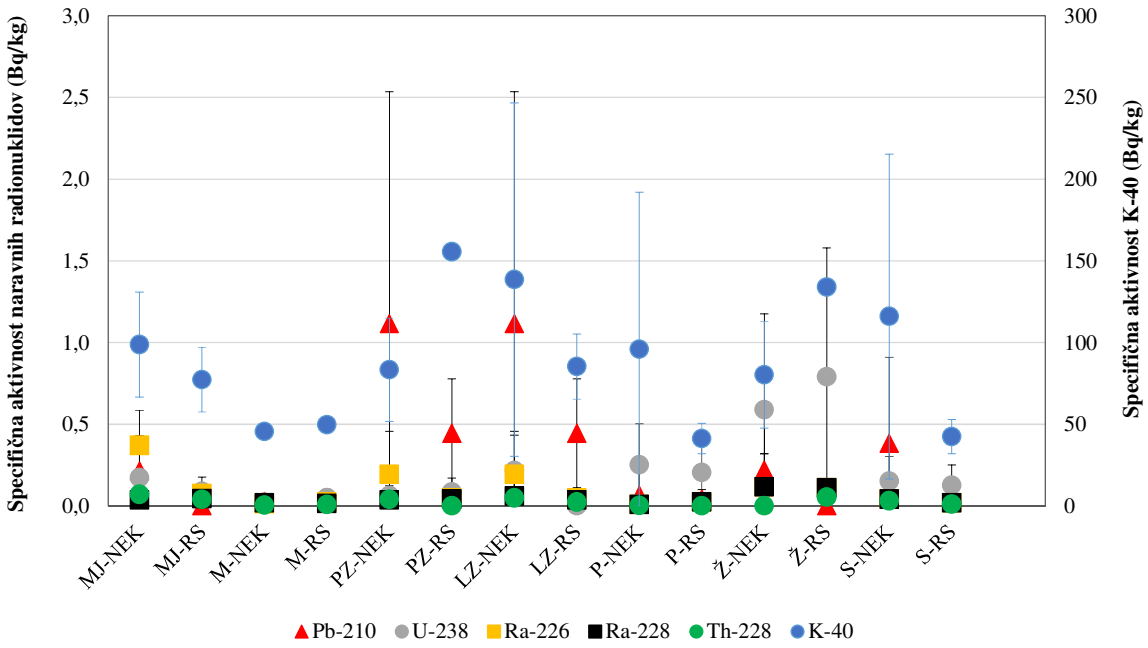
Slika 6.2: Izmerjene specifične aktivnosti Cs-137 v mleku, kokošjih jajcih ter kokošjem, govejem in svinjskem mesu, vzorčevanih v okolici NEK, od leta 1987 do 2018. Vrednosti so prikazane v logaritemski skali. V kokošjih jajcih je bila specifična aktivnost v letih 2005–2008 in 2010–2012 pod mejo detekcije, prav tako pa tudi v kokošjem mesu leta 2007. Leta 1994 goveje meso ni bilo vzorčevano.



Slika 6.3: Specifična aktivnost Sr-90 (Bq/kg) v skupinah živil: MJ – meso in jajca, M – mleko, PZ – podzemna zelenjava, LZ – listna zelenjava, P – plodovke, Ž – žita, S – sadje; predstavljene so minimalna in maksimalna vrednost (brki) ter mediana, prvi in tretji kvartil (pravokotnik) po skupinah enkratno vzorčevanih živil v letu 2018 v okolici NEK in drugod po Sloveniji (RS). Izjema je surovo mleko, ki se v okviru obratovalnega nadzora radioaktivnosti v okolici NEK zbira in analizira mesečno na treh lokacijah (Vihre, Pesje in Brege), v okviru nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju v RS pa dvomesečno na treh lokacijah (Ljubljana, Kobarid in Bohinjska Bistrica). V grafu so tako prikazane aritmetične sredine čez vse vzorce v okviru nadzora radioaktivnosti za celo leto 2018. V predstavitvi po živilih so bila upoštevana živila, ki spadajo v izbrano skupino; nabor živil v okviru *Monitoringa radioaktivnosti v življenjskem okolju v RS* obsega še druge vrste živil, kot so med, ribe, moka itd., ki se v okviru obratovalnega nadzora radioaktivnosti v okolici NEK ne vzorčujejo. Če je bilo odvzetih več vzorcev iste vrste, je v tabeli poročana aritmetična sredina. Z znakom – so označene enkratne meritve, z znakom × pa so ubežniki (angl. *outliers*).



Slika 6.4: Izmerjene specifične aktivnosti Sr-90 od leta 1987 do 2018 v mleku, kokošjih jajcih ter kokošjem, govejem in svinjskem mesu, vzorčenih v okolici NEK. V letih 2004–2007 in 2011–2013 so bile izmerjene specifične aktivnosti v kokošjem, govejem in svinjskem mesu pod mejo detekcije, v svinjskem mesu pa tudi leta 2008. V kokošjih jajcih pa je bila izmerjena specifična aktivnost Sr-90 pod mejo detekcije v letih 2005, 2007 in 2013.



Slika 6.5: Izmerjene povprečne specifične aktivnosti naravnih radionuklidov (Bq/kg) v vzorčevanih skupinah živilih v letu 2018 v okolici NEK in po Sloveniji (RS); MJ – meso in jajca, M – mleko, PZ – podzemna zelenjava, LZ – listna zelenjava, P – plodovke, Ž – žita, S – sadje. Predstavljene so povprečne vrednosti in standardni odklon.

Stroncij (Sr-90)

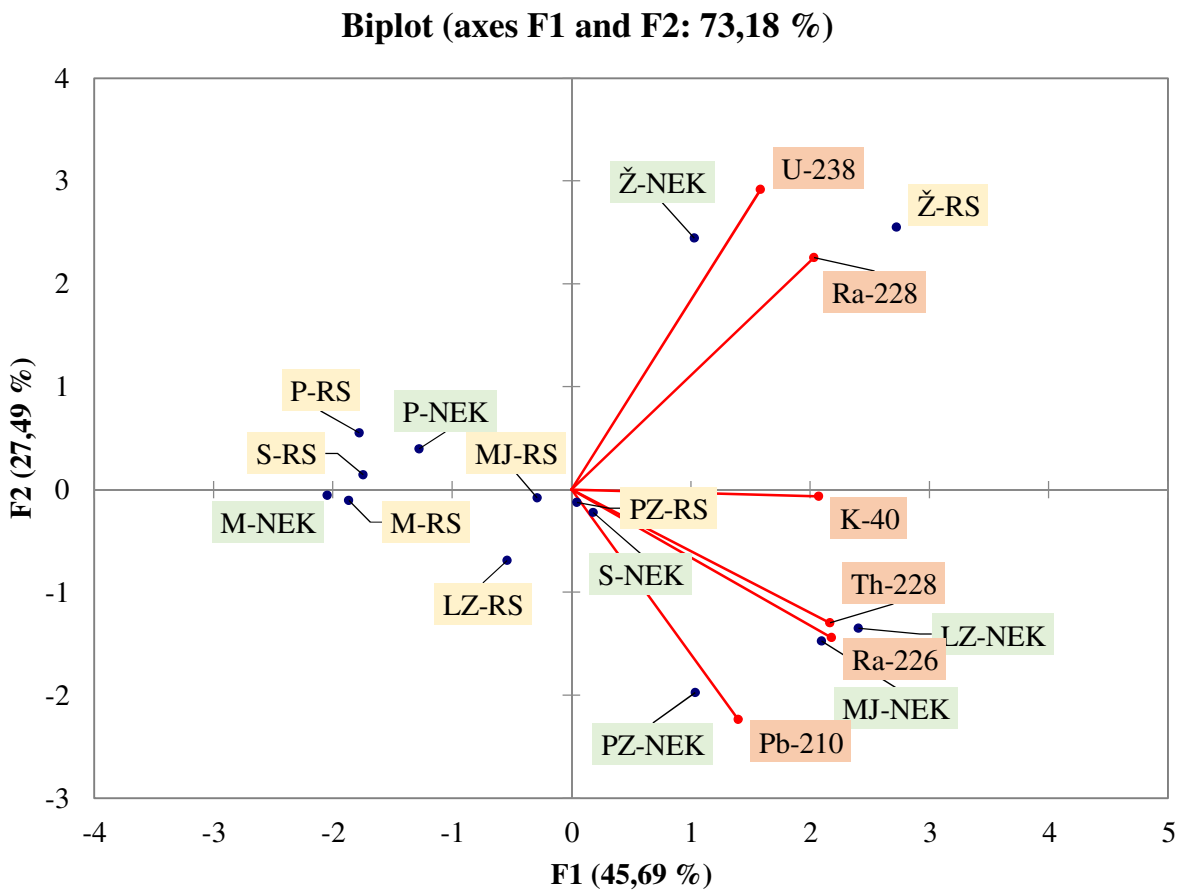
Radionuklid Sr-90 je bil v okolici NEK v letu 2018 detektiran v vseh skupinah živil (slika 6.3). Specifična aktivnost Sr-90 v živilih v okolici NEK je od 0 Bq/kg do 0,76 Bq/kg, specifična aktivnost Sr-90 v živilih, vzorčevanih drugod po Sloveniji, pa od 0 Bq/kg do 0,36 Bq/kg.

V okolici NEK v skupino živil z večjo vsebnostjo Sr-90 spada hrana rastlinskega izvora, kot je listna in podzemna zelenjava, sledi žito, plodovke in sadje, ter meso in mleko, kjer je povprečna specifična aktivnost Sr-90 najnižja. Tudi pri vzorčenju drugod po Sloveniji se razvrstitev skupin živil po vsebnosti Sr-90 sklada z vzorčevanjem v okolici NEK.

V okolici NEK so bile najvišje vrednosti detektirane v peteršilju (0,76 ± 0,14) Bq/kg, drugod po Sloveniji pa v zeleni solati (0,36 ± 0,03) Bq/kg.

Jod (I-131)

V vzorcih nismo zaznali prisotnosti joda I-131.



Slika 6.6: Razsevni diagram metode glavnih komponent na podlagi izmerjenih povprečnih specifičnih aktivnosti naravnih radionuklidov (Bq/kg) v vzorčevanih skupinah živil v letu 2018 v okolici NEK in po Sloveniji (RS); MJ – meso in jajca, M – mleko, PZ – podzemna zelenjava, LZ – listna zelenjava, P – plodovke, Ž – žita, S – sadje in vino.

Naravni radionuklidi

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. Njihove specifične aktivnosti v posameznih živilih, vzorčevanih v okolici NEK in drugod po Sloveniji (RS), so prikazane na sliki 6.5. Na podlagi izračunanih povprečnih vrednosti specifičnih aktivnosti naravnih radionuklidov v posamezni skupini živil smo izvedli statistično analizo (Metoda glavnih osi, XLSTAT) (slika 6.6). Z grafa je razvidno, da največ naravnih radionuklidov vsebujejo žita (RS in NEK, predvsem U-238 in Ra-228), listna zelenjava (NEK), plodovke (NEK) in pa meso in jajca (NEK) (predvsem K-40, Th-228, Ra-226 in Pb-210), najmanj pa mleko, plodovke in sadje.

V letu 2018 je bila specifična aktivnost K-40 v hrani, ki je bila pridelana na krško-brežiškem polju, od 39 Bq/kg (jabolka) do 311 Bq/kg (peteršilj), v hrani, vzorčevani drugod po Sloveniji, pa so se specifične aktivnosti gibale od 31 Bq/kg (jagode) do 155 Bq/kg (krompir). V skupino z večjo specifično aktivnostjo K-40 spada listna zelenjava, med živila z manjšo aktivnostjo K-40 pa mleko in sadje. Največ K-40 v letu 2018 je bilo v živilih, vzorčevanih v okolici NEK, v listni zelenjavi, v hrani, vzorčevani drugod po Sloveniji, pa v podzemni zelenjavi in žitu.

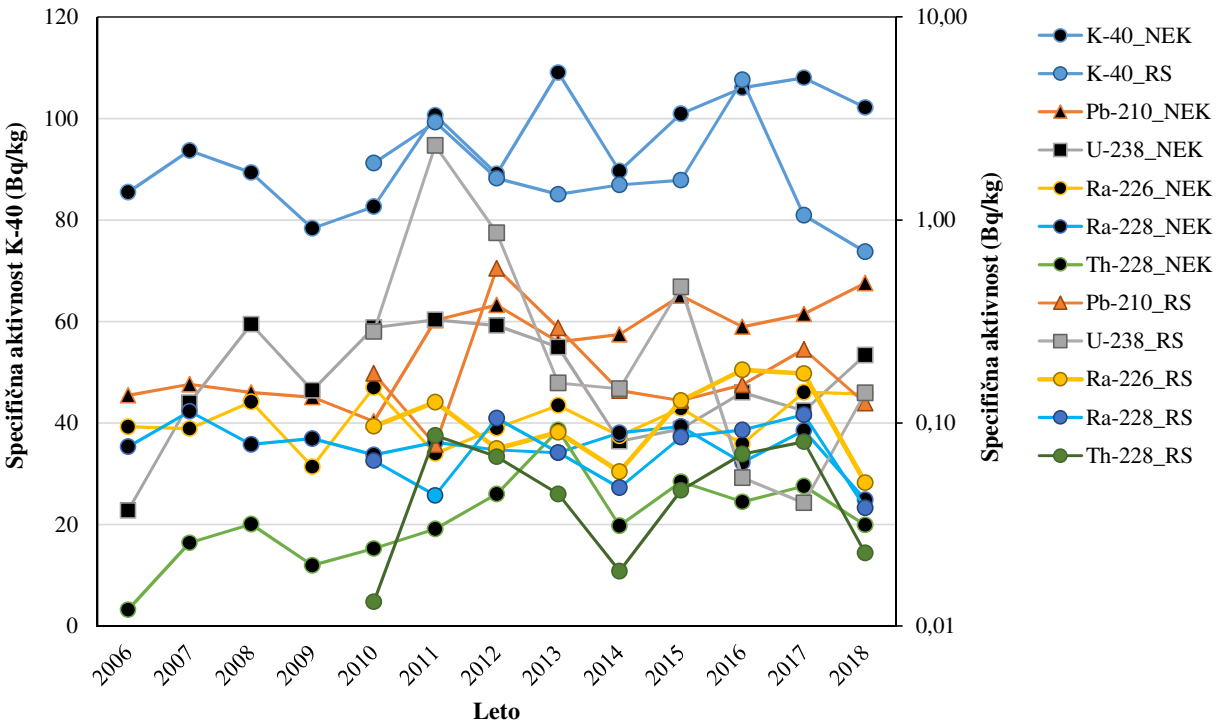
Od naravnih radionuklidov (brez K-40) k letni efektivni dozi zaradi uživanja hrane največ prispeva Pb-210 (67 %). Največ Pb-210 je bilo v letu 2018 v okolici NEK ter drugod po Sloveniji v listni zelenjavi. Najmanjše specifične aktivnosti pa so bile izmerjene v plodovkah. V posameznih živilih v okolici NEK je bila najvišja specifična aktivnost Pb-210 izmerjena v peteršilju (listna zelenjava) (3,5 ± 0,44) Bq/kg, v živilih, vzorčevanih po Sloveniji, pa v zeleni solati (0,68 ± 0,10) Bq/kg. Razpon specifičnih aktivnosti drugih naravnih radionuklidov v hrani v okolici NEK in po Sloveniji prikazujemo v tabeli 6.2.

Tabela 6.2: Specifične aktivnosti naravnih radionuklidov v okolici NEK in po Sloveniji

Radionuklid	**NEK**	**Slovenija**
	Specifična aktivnost (Bq/kg)	
U-238	do 1,4 (ječmen)	do 0,80 (pšenica)
Ra-226	do 0,9 (pšenica)	do 0,13 (jajca)
Ra-228	do 0,35 (ječmen)	do 0,12 (jajca)
Th-228	do 0,14 (kokošje meso)	do 0,13 (jajca)

Vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov v hrani z leti nihajo. V letu 2018 so izmerjene specifične aktivnosti naravnih radionuklidov v hrani iz okolice NEK primerljive s tistimi iz preteklih let in pa s tistimi, izmerjenimi v letih od 2010 do 2018 drugod po Sloveniji (slika 6.7).

Dodatno smo s programsko opremo »R« [78] statistično obdelali podatke specifičnih aktivnosti merjenih radionuklidov v 2018 za živila, vzorčevana v okolici NEK in drugod po Sloveniji (RS). Z analizo gruč na podlagi evklidskih razdalj ([74], [78]) smo med seboj primerjali z-transforminarne povprečne specifične aktivnosti radionuklidov (Cs-137, Sr-90, K-40, Pb-210, U-238, Ra-226, Ra-228, Th-228) v skupinah živil – meso in jajca (MJ), mleko (M), podzemna zelenjava (PZ), listna zelenjava (LZ), plodovke (P), žito (Ž) in sadje in vino (S). Barvni diagram z dvodimenzionalno analizo gruč (slika 6.8) prikazuje, da največ radionuklidov vsebujejo listna zelenjava, meso in jajca ter žita, najmanj pa mleko, plodovke in sadje. Razlik v vsebnosti radionuklidov v hrani iz okolice NEK in drugod po Sloveniji v večini primerov ni, saj se večinoma grupirajo glede na vrsto živila in ne na mesto vzorčevanja.



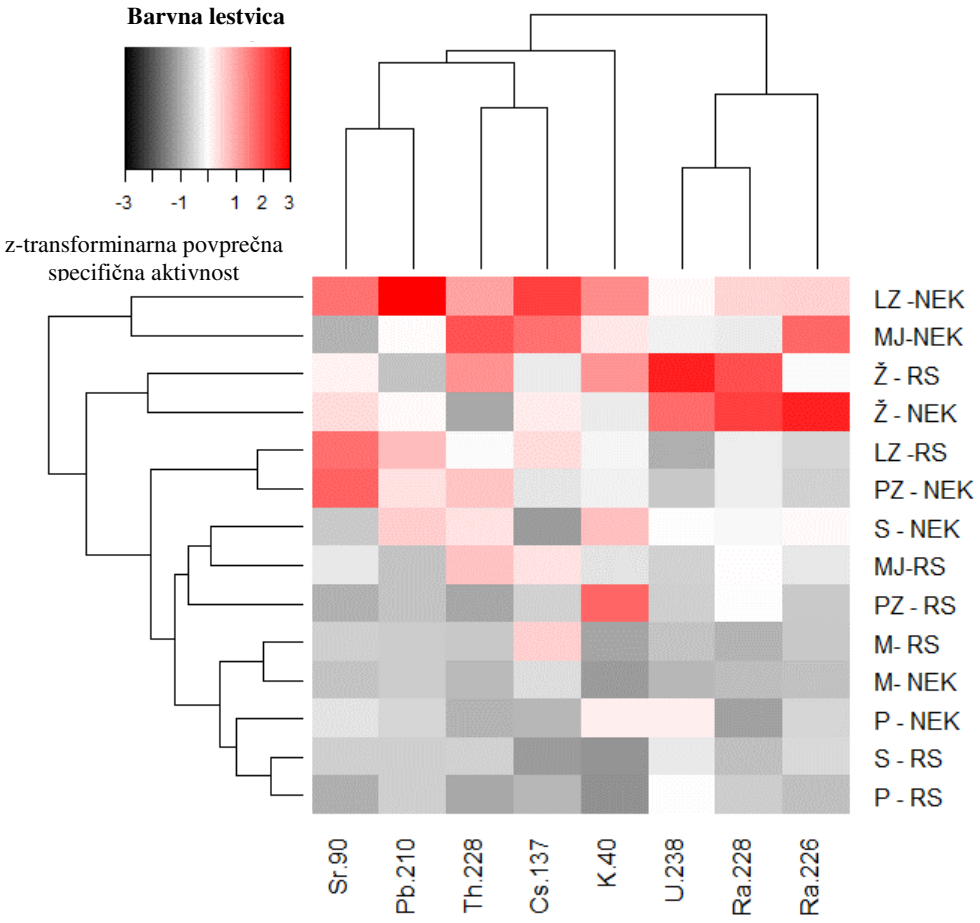
Slika 6.7: Povprečne izmerjene specifične aktivnosti (Bq/kg) naravnih radionuklidov v hrani, vzorčevani v okolici NEK, po letih od 2006 do 2018 ter drugod po Sloveniji v letih od 2010 do 2018 (specifične aktivnosti K-40 so na levi ordinati, specifične aktivnosti drugih radionuklidov pa na desni)

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)*):

$$E_{50-70,\,i} = a_i\, h(g)_i\, m_i \quad (\mu\text{Sv}) \qquad (6.1)$$

Celotna predvidena efektivna doza pri uživanju hrane je vsota posameznih prispevkov doz ob zaužitju posamezne vrste hrane. Podatki za letno porabo posamezne skupine živil so prikazani v tabeli 6.3. Podatki temeljijo na povprečni količini nabavljenih živil in pijač na člana gospodinjstva, ki jo je pripravil Statistični urad Republike Slovenije za leto 2012. V letu 2017 smo izvedli tudi anketo porabe posamezne skupine živil med ljudmi, ki živijo v bližnji okolici NEK in ki tam pridelujejo hrano. Anketirali smo 47 ljudi. Ugotovitve so zbrane v tabeli 6.3. Glede na anketo prebivalci v okolici NEK zaužijejo znatno manj žita, več mleka, listne zelenjave, plodovk in sadja od povprečnega prebivalca v Sloveniji. Količina zaužitih jajc in mesa je primerljiva. Podatki iz tabele 6.3 so bili osnova za izračun doz, prejetih tako v okolici NEK, kot drugod po Sloveniji, pri čemer so bile upoštevane povprečne specifične aktivnosti živil posamezne skupine, ki sta jih izmerila IJS ali ZVD. Pri oceni sevalne obremenitve prebivalcev v okolici NEK smo predpostavili, da prebivalci uživajo le hrano, pridelano na krško-brežiškem področju, pri oceni sevalne obremenitve prebivalcev drugod po Sloveniji pa smo predpostavili, da prebivalci uživajo hrano s celotnega območja Slovenije. Doze v okolici NEK smo tako izračunali na podlagi ankete porabe posameznih živil, izvedene v 2017, doze drugod po Sloveniji pa na podlagi porabe na člana gospodinjstva v 2012.



Slika 6.8: Barvni diagram z dvodimenzionalno analizo gruč na podlagi z-transformiranih povprečnih specifičnih aktivnosti radionuklidov v skupinah živil, vzorčevanih v 2018 v okolici NEK in drugod po Sloveniji (MJ – meso in jajca, M – mleko, PZ – podzemna zelenjava, LZ – listnata zelenjava, P – plodovke, S – sadje in vino). Črna barva pomeni vrednosti pod povprečjem, bela povprečne vrednosti, rdeča pa nad povprečjem za posamezni radionuklid.

Pokritost domače proizvodnje hrane s potrošnjo, tj. stopnja samooskrbe, je v Sloveniji za živalske proizvode precej višja kot za rastlinske proizvode (tabela 6.3.). Po podatkih o rabi zemljišč in stopnji samooskrbe v Sloveniji ter na podlagi izvedene ankete lahko predvidevamo, da tudi prebivalci na krško-brežiškem območju večino hrane (predvsem mesa, žita in mleka) kupijo. Kupljena hrana tako prihaja iz drugih območij v Sloveniji oziroma iz uvoza (večji del). Republiški program nadzora radionuklidov v hrani predvideva vzorčevanje hrane, pridelane v Sloveniji, medtem ko hrana, ki prihaja iz uvoza, ni natančneje kontrolirana, tako da podatki o vsebnosti radionuklidov niso znani in je zato težko oceniti dejanske doze, ki jih prebivalci dobijo zaradi uživanja hrane. Zato je letna efektivna doza zaradi ingestije izračunana ob predpostavki, da prebivalci uživajo le hrano, pridelano na krško-brežiškem področju. Pri izračunu doze, prejete zaradi C-14, pa se upošteva, da prebivalci uživajo hrano iz notranjega kroga NEK dva meseca v letu, drugih 10 mesecev pa hrano od drugod (Dobova) [16], [17].

Tabela 6.3: Okvirna poraba živil po skupinah na člana gospodinjstva glede na anketo, izvedeno v okolici NEK (2017), in glede na porabo v Sloveniji v letu 2012 [72] ter stopnja samooskrbe v okolici NEK in drugod po Sloveniji.

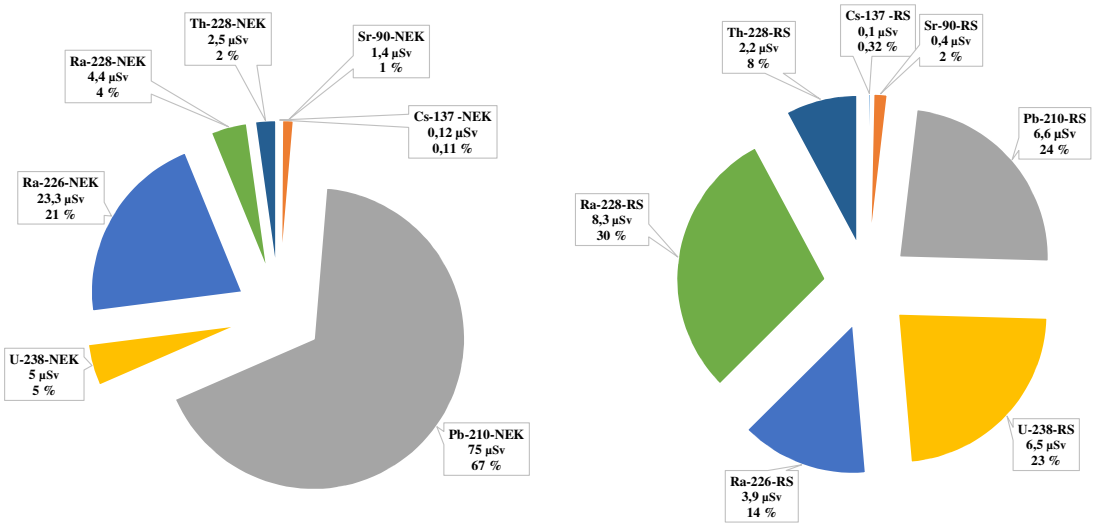
Živilo	Količina glede na anketo v okolici NEK (kg)	Stopnja samooskrbe (%) v okolici NEK	Količina (kg) Slovenija, SURS	Stopnja samooskrbe (%) v Sloveniji, SURS (2017)	
Jajca + meso	34,8	30 (meso)	33,0	81,5 + 90,4	
Mleko	81,0	11	54,1	131*	
Podzemna zelenjava (krompir)	46,0	55	40,1	49,9	38,5
Listna zelenjava	51,0		21,0	42	
Plodovke	45,0		20,0		
Žito	20,0	19	71,6	63,1	
Sadje	90,0	40	21,8	21	
Σ	**368**	**–**	**262**	**–**	

* pomeni, da je Slovenija samooskrbna z mlekom

Doza pri C-14 se nanaša na hrano in ne na posamezno vrsto hrane, saj se specifične aktivnosti C-14 v raznih vrstah sadja ali zelenjave ne razlikujejo. Tudi hrana živalskega izvora ima tako enako specifično aktivnost, če se živali prehranjujejo z rastlinami iz okolice NEK. Treba se je zavedati, da je C-14 del organskih molekul v organizmih, medtem ko drugi radionuklidi (Cs-137, K-40, ...) ne spadajo med strukturne elemente. Govorimo o zamenjavi atomov C-12 z atomi C-14 v organskih molekulah.

Ocenili smo, da je bila 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 2018 v okolici NEK (111 ± 12) μSv, z upoštevanjem K-40 pa (259 ± 13) μSv. Razlike v skupnih dozah se pojavljajo predvsem zaradi razlik v dozah, prejetih zaradi naravnih radionuklidov, kot so K-40, Pb-210, U-238 in Ra-228, dodatno pa še iz vsote porabe živil v posameznih skupinah živil. Drugod po Sloveniji je bila efektivna doza odrasle osebe zaradi ingestije brez K-40 (28 ± 3) μSv, z upoštevanjem K-40 pa (149 ± 5) μSv. V nadaljevanju obravnavamo doze, izračunane po skupinah živil.

Prispevki posameznih radionuklidov k efektivni dozi za odraslo osebo v letu 2018 v okolici NEK in drugod po Sloveniji so prikazani na sliki 6.9 levo, 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 (67 %), najmanj pa Sr-90 (1 %) in Cs-137 (0,1 %). Drugod po Sloveniji (slika 6.9 desno) je k skupni efektivni dozi brez upoštevanja K-40 največ prispeval Ra-226 (30 %), in spet najmanj Sr (1,5 %) in Cs (0,3 %). Deleži radionuklidov so primerljivi z letom 2017.



Slika 6.9: Prispevki posameznih radionuklidov k skupni efektivni dozi (µSv), izračunani za odraslo osebo zaradi radionuklidov v hrani glede na anketo porabe člana gospodinjstva, izvedeno v okolici NEK, in glede na podatke SURS drugod po Sloveniji. *Levo:* v okolici NEK v letu 2018; *desno:* drugod po Sloveniji v letu 2018. Doze so bile izračunane za posamezne skupine živil. Skupna efektivna doza zaradi radionuklidov v hrani brez upoštevanja K-40 je bila v okolici NEK v letu 2018 112 µSv, drugod po Sloveniji pa 28 µSv.

Umetni radionuklidi

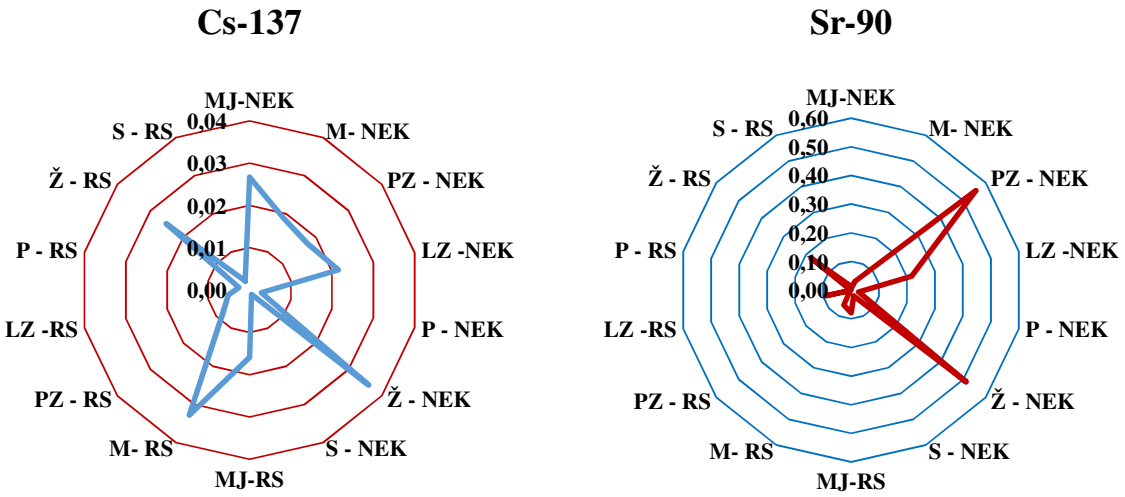
Skupna letna efektivna doza zaradi vsebnosti Cs-137 v hrani je bila v letu 2018 tako v okolici NEK kot drugod po Sloveniji 0,1 µSv. Skupna efektivna doza zaradi vsebnosti Sr-90 v hrani pa je bila v letu 2018 v okolici NEK 1,4 µSv, drugod po Sloveniji pa 0,4 µSv. V okolici NEK je bil delež letne efektivne doze zaradi umetnih radionuklidov Cs-137 in Sr-90 pri uživanju hrane 1,1 % (0,1 % je delež Cs-137 in 1 % je delež Sr-90) glede na celotno prejeto efektivno dozo (111 µSv brez upoštevanja K-40). Drugod po Sloveniji pa je bil delež letne efektivne doze zaradi umetnih radionuklidov Cs-137 in Sr-90 pri uživanju hrane 1,8 % (0,3 % je delež Cs-137 in 1,5 % je delež Sr-90) glede na celotno prejeto efektivno dozo (28 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 (1,5 µSv in drugod po Sloveniji 0,5 µSv), je najbolj prispevalo prehranjevanje z žiti, mlekom ter mesom in jajci (Cs-137) ter podzemno zelenjavo (Sr-90) (slika 6.10).

V letu 2018 v zračnih izpustih, ki jih v okolje spušča NEK, Cs-137 in Sr-90 nista bila prisotna. V vzorcih jabolk in hrušk iz neposredne bližine NEK (sadovnjak ob ograji) je bila vsebnost Cs-137 v letu 2018 < 0,001 Bg/kg, vsebnosti Sr-90 pa < 0,1 Bq/kg, kar je primerljivo z vsebnostmi v drugih živilih, vzorčevanih v okolici NEK in po Sloveniji.

V zračnih in tekočinskih izpustih NEK smo v letu 2018 in preteklih letih detektirali tudi naslednje umetne radionuklide, ki niso del globalne kontaminacije: Mn-54, Fe-55, Co-58, Co-60, Nb-95, Zr-95, Ag-110m, Ru-103, Te-125m in I-131, vendar so bile koncentracije aktivnosti teh radionuklidov v okolju tako nizke, da tudi v letu 2018 v živilih ti radionuklidi niso bili detektirani.

Poleg omenjenih radionuklidov ima pri vnosu naravnih radionuklidov v organizem pomembno težo tudi sevalec alfa Po-210. Iz poročila UNSCEAR [56] 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 ugotavlja.



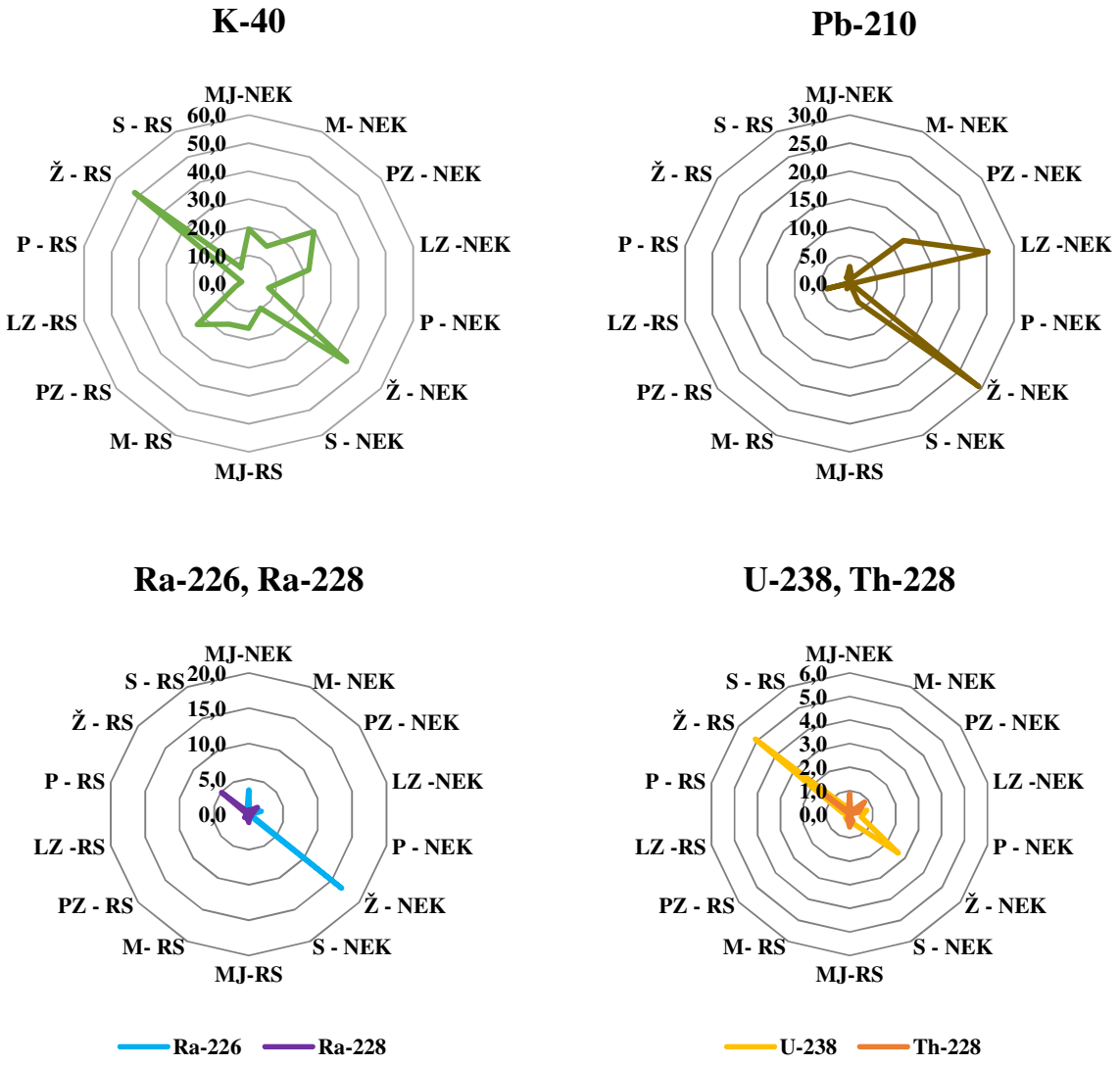
Slika 6.10: Izračunane efektivne doze (µSv) za odraslo osebo zaradi Cs-137 in Sr-90 v različnih skupinah živil, vzorčevanih v okolici NEK in drugod po Sloveniji. Skupna efektivna doza zaradi Cs-137 in Sr-90 v hrani je bila v okolici NEK v letu 2018 1,5 µSv (0,1 µSv Cs, 1,4 µSv Sr), drugod po Sloveniji pa 0,5 µSv (0,1 µSv Cs, 0,4 µSv Sr).

Naravni radionuklidi

V splošnem k skupni dozi zaradi vsebnosti naravnih radionuklidov največ prispeva prehranjevanje z žiti in listno zelenjavo (slika 6.11), najmanj pa meso in jajca, mleko in sadje.

Skupna letna efektivna doza zaradi K-40 je bila v letu 2018 v okolici NEK 147 µSv, drugod po Sloveniji pa 121 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 E+08 Bq/kg) in doznega pretvorbenega 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 2018 največ prispevalo prehranjevanje z žiti, najmanj K-40 pa je bilo v mesu in jajcih (slika 6. 11).

Skupna letna efektivna doza zaradi Pb-210 v hrani je bila v letu 2018 v okolici NEK 76 µSv, drugod po Sloveniji pa 6,6 µSv, kar je v okviru raztresenosti podatkov primerljivo z referenčno vrednostjo UNSCEAR [56] in meritvami iz preteklih let. Prejeta doza zaradi Pb-210 po letih zelo variira (od 6,7 µSv v letu 2010 do 88 µSv v letu 2011). Pb-210 lahko prehaja iz tal v rastline preko koreninskega sistema, vendar se večina zadrži v koreninah in le slabo prehaja v nadzemne dele, sploh pa v semena in plodove ([79], [80]). Vsebnost Pb-210 v nadzemnih delih je tako v večini posledica usedanja Pb-210 iz zraka. Usedline z rastlinskih organov lahko odstranimo s pranjem (predvsem zelenjava in sadje), v primeru trave (krme) in žit, ki jih pred uporabo ne peremo, pa je vsebnost tako povezana z različnimi okoljskimi dejavniki, kot so količina padavin, vetrovnost itd. Iz meritev v letu 2018 je razvidno, da je k letni dozi zaradi Pb-210 v hrani v okolici NEK največ prispevalo uživanje listne zelenjave in žit, drugod po Sloveniji pa uživanje listne zelenjave (slika 6.11).



Slika 6.11: Izračunane efektivne doze za odraslo osebo zaradi K-40, Pb-210, Ra-226, Ra-228 U-238 in Th-228 (µSv) v različnih skupinah živil, vzorčevanih v okolici NEK in drugod po Sloveniji v letu 2018

Efektivna doza zaradi vsebnosti z U-238 v hrani je bila v letu 2018 v okolici NEK 5 µSv, drugod po Sloveniji pa 6,5 µSv. K letni dozi, prejeti zaradi U-238, je najbolj prispevalo prehranjevanje z žiti (slika 6.11). Efektivna doza zaradi vsebnosti Ra-226 v hrani je bila v okolici NEK 23 µSv, drugod po Sloveniji pa 3,9 µSv, zaradi vsebnosti Ra-228 pa je bila v okolici NEK 4,4 µSv, drugod po Sloveniji pa 8,3 µSv. K letni dozi, prejeti zaradi Ra-226 in Ra-228, je najbolj prispevalo prehranjevanje z žiti (slika 6.11). 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 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 2,5 µSv, drugod po Sloveniji pa 2,1 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 z žiti (slika 6.11).

C-14

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 2018 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]–[26]. V obdobju od 1. 4. do 1. 5. 2018 je bil v NEK remont. Vzorčevanje jabolk, pšenice, koruze in obrezanih vej jablan, je bilo opravljeno v juniju in v septembru. Doza zaradi prisotnosti C-14 v hrani je bila v okolici NEK (na razdalji do 1 km od osi reaktorja) ocenjena na 15,2 µS, na kontrolni točki v Dobovi, kjer vpliva NEK ni, pa na 15,1 µSv, kar je primerljivo v okviru merske negotovosti in naravne variabilnosti. Glavni del ocenjene doze (15,0 µSv) je prispevek naravnega C-14 in C-14 zaradi jedrskih poskusov v preteklosti, ki sta v razmerju 40 % proti 60 % [75].

Dozi 15,1 µSv in 15,0 µSv sta izračunani glede na podatek, da povprečen prebivalec v Sloveniji porabi 330 kg hrane na leto, kar je več kot predvideva 29. člen *Uredbe o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih (UV2)* [9], kjer se vzame 250 kg, če masa in sestava zaužite hrane za referenčno skupino prebivalstva ni znana. Iz tega izhaja, da je absolutna vrednost doze zaradi ingestije C-14 nižja. Ocena deleža ogljika je tako pri porabi 330 kg 30 %, kar pomeni, da se v organizem zaradi ingestije hrane vnese 100 kg ogljika letno. Omenjeni model tudi predpostavlja, da prebivalci uživajo hrano iz neposredne okolice NEK dva meseca v letu, drugih 10 mesecev pa hrano od drugod (Dobova). Iz tega izhaja, da tudi v primeru računanja doze zaradi C-14 upoštevamo, da prebivalci uživajo hrano, pridelano na krško-brežiškem področju (od ograje NEK do Dobove). Razlika med računanjem doze zaradi C-14 in doze zaradi vnosa drugih radionuklidov v hrano je v tem, da se za C-14 upošteva uteženo povprečje specifične aktivnosti C-14 glede na lokacijo vzorčevanja, za druge radionuklide pa zaradi različnega načina vzorčevanja to ni mogoče. Doza pri C-14 se nanaša na hrano in ne na posamezno vrsto hrane, saj se specifične aktivnosti C-14 (v Bq na kilogram ogljika) v raznih vrstah živil ne razlikujejo. Razmerje med izotopoma C-14 in C-12 je namreč v vseh organizmih konstantno in izraža razmerje med izotopoma v atmosferi.

SKLEPI

V letu 2018 je bilo opravljenih 31 meritev različnih vrst hrane in 36 vzorcev mleka iz okolice NEK. Zelenjavo, žita in sadje smo vzorčevali od junija do oktobra, odvzem mesa in jajc je bil v januarju, marcu in juliju, mleko pa je bilo vzorčevano mesečno. Nadzor vsebnosti v hrani drugod po Sloveniji so izvedli na ZVD v okviru programa nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju v RS.

Ocenili smo, da je bila letna efektivna doza za odraslo osebo v okolici NEK zaradi vsebnosti umetnih in naravnih radionuklidov v hrani, pridelani na krško-brežiškem polju v letu 2018, brez upoštevanja K-40, 111 µSv, z upoštevanjem K-40 pa 259 µSv. Največji delež k skupni efektivni ingesticijski dozi, brez upoštevanja K-40, prispevajo naravni radionuklidi (99 %), kot so Pb-210 (67 %), Ra-226 (21 %), U-238 (5 %), Ra-228 (4 %) in Th-228 (2 %).

Deleža letnih efektivnih doz glede na celotno prejeto efektivno dozo zaradi umetnih radionuklidov Cs-137 in Sr-90 pri uživanju hrane sta bila 0,1 % in 1,4 % (1,5 % skupne doze), kar je z biološkega vidika zanemarljivo. Z grafov, predstavljenih v tem poglavju, lahko ugotovimo, da se vsebnosti obeh radionuklidov v vseh hranilih, ki se vzorčujejo na krško-brežiškem polju, še naprej manjšata. Manjšanje vsebnosti Cs-137 je, glede na rezultate meritev specifične aktivnosti v hrani po Sloveniji v prejšnjih letih in glede na podatke iz diplomskega dela [73], manj izrazito v gozdnih ekosistemih.

Največji delež je k celotni dozi 259 µSv, prejeti zaradi vsebnosti naravnih radionuklidov v hrani in z upoštevanjem K-40, prispevalo prehranjevanje z žiti, listno zelenjavo in mesom. Omenjeni rezultati se povezujejo z relativno večjo porabo kot pri drugih živilih, glede na anketo porabe izvedeno v 2018 v okolici NEK. Glavni vir vnosa Cs-137 in Sr-90 sta bila v letu 2018 meso in listna zelenjava.

Med detektiranimi radionuklidi v zračnih izpustih NEK so tudi drugi umetni radionuklidi, ki pa jih v hrani v letu 2018 nismo detektirali, zato vpliv zračnih izpustov NEK v hrani ni neposredno določljiv. Izračuni

letnih efektivnih doz zaradi uživanja hrane, ki vsebuje umetne in naravne radionuklide, so pokazali, da je delež efektivne doze v letu 2018 zaradi umetnih radionuklidov v hrani 1,3-odstoten glede na celotno efektivno dozo zaradi vseh radionuklidov v hrani, kar je z biološkega vidika zanemarljivo. Od tod izhaja, da je prejeta efektivna doza zaradi uživanja hrane v glavnini posledica vnosa naravnih radionuklidov. Posebej je očiten prispevek Pb-210, 76 µSv, ki pa je v okviru vrednosti nadzornih meritev v okolici NEK v preteklih letih.

Izračunane efektivne doze v letu 2018 veljajo pri pogoju, da prebivalci uživajo samo hrano, pridelano na krško-brežiškem polju. Ocena velja tako za umetne in naravne radionuklide, kot tudi za C-14, ki pa se zaradi narave mehanizma zamenjave atomov C-12 z atomi C-14 v organskih molekulah organizmov obravnava ločeno. Zaradi tega pri obravnavi podatkov o vsebnosti C-14 (v Bq na kilogram ogljika) v hrani ni treba razlikovati med posameznimi vrstami hrane, saj je razmerje med C-14 in C-12 konstantno pri vseh organizmih in izraža razmerje v atmosferi. Pri oceni letne efektivne doze bi bilo treba upoštevati delež samooskrbe prebivalcev, saj je iz podatkov o deležu samooskrbe prebivalstva v Sloveniji razvidno, da prebivalci večji del hrane kupijo, hrana pa prihaja bodisi z drugih področij Slovenije ali iz uvoza. Republiški program nadzora radionuklidov v hrani predvideva vzorčevanje hrane, pridelane v Sloveniji, medtem ko hrana, ki prihaja iz uvoza, ni analizirana na vsebnost radionuklidov. Podatki o vsebnosti radionuklidov v hrani iz uvoza niso znani in je zato težko oceniti dejanske doze, ki jih prebivalci dobijo zaradi uživanja hrane. Kot kažejo rezultati primerjave vsebnosti radionuklidov v hrani s krško-brežiškega območja s tistimi drugod po Sloveniji, vpliva delovanja NEK na vsebnost radionuklidov v hrani ni zaznati.

V letu 2018 je bil aprila v NEK remont, s čimer se skladajo tudi povečane vsebnosti C-14 v zraku. Kljub remontu so vsebnosti C-14 v rastlinju vzorčenem v juliju in septembru primerljive. Meritve C-14 so bile v letu 2018 izvedene pri vzorcih jabolk, pšenice, koruze in obrezanih vej jablan na Institutu Ruđer Bošković v Zagrebu, rezultati vsebnosti C-14 v omenjenih živilih in krmi kažejo pričakovano rahlo povišanje vsebnosti C-14 v notranjem in zunanjem krogu NEK (oddaljenost od osi reaktorja je manjša od 1 km) glede na kontrolno točko v Dobovi, kjer vpliva NEK ni. Ocenjena letna efektivna doza zaradi ingestije hrane, pridelane izključno na razdalji do 1 km od osi reaktorja, je za 0,08 µSv (0,05 %) večja kot na kontrolni točki v Dobovi. Glavni del ocenjene doze (15,0 µSv; Dobova) je prispevek naravnega C-14 in C-14 zaradi jedrskih poskusov v preteklosti. V okviru stresanja vrednosti je primerljiva z meritvami iz prejšnjih let, z biološkega vidika pa je zanemarljiva.

Edini radionuklid, ki ga sistematično merimo v okolju in je zagotovo vsaj delno posledica plinastih in tekočinskih izpustov NEK, je tritij (H-3), vendar njegove prisotnosti v hrani v okviru merilnega nadzora nismo ugotavljali. Študija raziskovalcev iz leta 2017 pa je pokazala, da se v rastlinju (jabolkih) v neposredni bližini NEK detektirajo vsaj 6-krat večje koncentracije aktivnosti tritija glede na kontrolno vzorčevalno mesto.

7 REFERENCE

[1] Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško, Poročilo za leto 2017, interna oznaka 4/2018, Ljubljana, april 2018

[2] Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško, Poročilo za leto 2014, interna oznaka 5/2015, Ljubljana, marec 2015

[3] Meritve radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2007, Ljubljana, interna oznaka 25/2007, ISSN 1318-2161, marec 2008

[4] 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. 10, Table 5.9.1, 2014–2018

[6] Poročilo o meritvah plinastih efluentov v letu 2018, št. poročila 68/2018, IJS, januar 2019

[7] Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski (ZVISJV-1), Uradni list RS, št. 76/17

[8] Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10), Uradni list RS, št. 27/18

[9] Uredba o mejnih dozah, referenčnih ravneh in radioaktivni kontaminaciji (UV2), Uradni list RS, št. 18/18

[10] Pravilnik o posebnih zahtevah varstva pred sevanji in načinu ocene doz (SV5), Uradni list RS, št. 47/18

[11] Poročila o obsevanosti prebivalcev Slovenije, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2000–2018

[12] Radiološki monitoring v okolici NE Krško za leto 2018, ZVD, LMSAR-21/2019-PJ, februar 2019

[13] Ovrednotenje merskih podatkov o radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji v letu 2018, IJS-DP-12748, januar 2019

[14] Poročilo o meritvah radioaktivnosti pitne vode v letu 2018, št. poročila 44/2018, IJS, november 2018

[15] I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, Izvješće o mjerenjima 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, Hrvaška, 3. 9. 2013, dopolnitve 13. 12. 2013

[16] I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, Izvješće o mjerenjima 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, Hrvaška, 17. 2. 2014

[17] I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, Izvješće o mjerenjima aktivnosti ^{14}C u vodi, WMT2 kvartalni uzorci 2014, IRB-ZEF-2015/02, IRB-LNA 6/2015, Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, Zagreb, Hrvaška, 17. 2. 2015

[18] I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, Izvješće o mjerenjima aktivnosti ^{14}C u ribama iz rijeke Save, uzorkovanje 20. 6. 2014, IRB-ZEF-2014/03, IRB-LNA 27/2014, Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, Zagreb, Hrvaška, 18. 10. 2014

[19] I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, Izvješće o mjerenjima aktivnosti ^{14}C u vodi, WMT2 kvartalni uzorci 2015, IRB-ZEF-2016/02, IRB-LNA 6/2016, Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, Zagreb, Hrvaška, 8. 2. 2016

[20] I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, Izvješće o mjerenjima aktivnosti ^{14}C u vodi, WMT2 kvartalni uzorci 2016, IRB-LNA 6/2017, Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, Zagreb, Hrvaška, 10. 2. 2017

[21] I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, Izvješće o mjerenjima aktivnosti ^{14}C u okolišu Nuklearne elektrarne Krško tijekom 2016. godine, IRB-LNA 7/2017, Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, Zagreb, Hrvaška, 14. 2. 2017

[22] I. Krajcar Bronić, Izvješće o mjerenjima aktivnosti ^{14}C u Savi i ribi tijekom 2017. godine, IRB-LNA 3/2018, Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, Zagreb, Hrvaška, 19. 2. 2018

[23] I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, Izvješće o mjerenjima aktivnosti ^{14}C u vodi, WMT2 kvartalni uzorci 2017, IRB-LNA 5/2018, Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, Zagreb, Hrvaška, 8. 3. 2018

[24] Krajcar Bronić, Izvješće o mjerenjima aktivnosti ^{14}C u Savi i ribi tijekom 2018. godine, LNA-1/2019, Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, Zagreb, Hrvaška, 9. 1. 2019

[25] Krajcar Bronić, Izvješće o mjerenjima aktivnosti ^{14}C u okolišu Nuklearne elektrane Krško tijekom 2018. godine, LNA-5/2019, Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, Zagreb, Hrvaška, 7. 3. 2019

[26] Krajcar Bronić, Izvješće o mjerenjima aktivnosti ^{14}C u vodi – WMT2 kvartalni uzorci 2018, LNA-6/2019, Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, Zagreb, Hrvaška, 13. 3. 2019

[27] 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

[28] Izpostavitve prebivalcev sevanju zaradi tekočinskih izpustov NE Krško v reko Savo, IJS-DP-8801 (2003)

[29] Izpostavitve referenčne skupine prebivalcev sevanju zaradi tekočinskih izpustov NEK v reko Savo – Nova referenčna lokacija, IJS-DP-10114 (2009)

[30] ICRP Publication 124, Protection of the Environment under Different Exposure Situations, Ann. ICRP 43(1), 2014

[31] ICRP Publication 101a, Assessing Dose of the Representative Person for the Purpose of Radiation Protection of the Public and The Optimisation of Radiological Protection: Broadening the Process, Ann. ICRP 36 (3), 2006

[32] IAEA Safety Guide 427, Prospective Radiological Environmental Impact Assessment for Facilities and Activities, Draft safety guide DS427, 2016

[33] C. Kunz, Carbon-14 discharges at three light-water reactors, Health Physics, 49 (1985), 25–35

[34] Delavnica z naslovom C-4 u okolišu (C-14 v okolju), organizirana na IJS dne 9. 12. 2015, predavateljice: Ines Kranjac Bronić in Jadranka Barešić

[35] Handbook of Parameter Values for Prediction of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater environment, IAEA TRS no. 472

[36] COUNCIL DIRECTIVE 2013/51/EURATOM of 22 October 2013 laying down requirements for the protection of the health of the general public with regard to radioactive substances in water intended for human consumption, L 296/12, Official Journal of the European Union

[37] T. Petrovič, Določitev referenčnih aktivnosti radionuklida K-40 v različnih vzorcih, magistrsko delo, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, Ljubljana, avgust 2010

[38] A. Kovačič et al., Strokovne podlage za razglasitev ogroženosti podzemne vode v Republiki Sloveniji, 2002

[39] James R. Arnold, H. Ali Al-Salih, Science 01, 121 (1955) 3144, 451–453, DOI: 10.1126/science.121.3144.451

[40] M. Yoshimori, Production and behavior of beryllium 7 radionuclide in the upper atmosphere, Advances in Space Research, 36 (2005), 922–926

[41] Solar Cycle, https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_cycle; sidr.oma.be/silso/datafiles#total

[42] Rozanski K., Gonfiantini R., Araguas – Araguas L., Tritium in the Global Atmoshere: Distribution Patterns and Recent Trends, J. Phys. G, Nucl. Part. Phys., 17 (1991), S523 – S536

[43] P. Vreča, I. Krajcar Bronić, A. Leis, M. Demšar, Isotopic composition of precipitation at the station Ljubljana (Reaktor), Slovenia – period 2007–2010, GEOLOGIJA 57/2, 217–230, Ljubljana 2014, doi:10.5474/geologija.2014.019

[44] B. Breznik, M. Božnar, P. Mlakar, G. Tinarelli, Dose projection using dispersion models, 8th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, 14–17 October 2002, Sofia, Bulgaria, Int. J. Environ. Pollut., 20 (2004), 278–285

[45] P. Mlakar, M. Božnar, B. Breznik, A. Kovač, Modelling of air pollutant releases from the Krško Nuclear Power Plant, 4th Regional Meeting Nuclear Energy in Central Europe, Bled, Slovenia, 7–10 September 1997. *Proceedings*. Ljubljana: Nuclear Society of Slovenia, 1997, 137–144

[46] M. Božnar, P. Mlakar, B. Breznik, Advanced modeling of potential air pollution dispersion around Krško NPP using 3D wind field reconstruction and Lagrangean particle model, International Conference Nuclear Energy for New Europe 2003, 8–11 September 2003, Portorož, Slovenija. *Proceedings*. Ljubljana: Nuclear Society of Slovenia, 2003, str. 602

[47] M. Božnar, P. Mlakar, B. Breznik, G. Tinarelli, Use of Lagrangean particle model for air pollution dispersion for radioactive risk assessment in complex terrain, Sixth Annual Meeting of the European Meteorological Society (EMS) and Sixth European Conference on Applied Climatography (ECAC) : Ljubljana, Slovenia, 4–8 September 2006, (EMS annual meeting abstracts, Volume 3). Ljubljana: European Meteorological Society, Agencija RS za okolje, 2006

[48] B. Zorko, M. Korun, J. C. M. Canadas, V. Nicoulaud Gouin, P. Chyly, A. M. Blixt Buhr, C. Lager, K. Aquilonius and P. Krajewski, Systematic influences of gamma-ray spectrometry data near the decision treshold for radioactivity measurements in the environment, Journal of Environmental Radioactivity, 158−159 (2016), 119−128

[49] S. Širca, *Verjetnost v fiziki*, DMFA – založništvo, Ljubljana 2016

[50] European Commission recommendation on standardized in formation on radioactive airborne and liquid discharges into the environment from nuclear power reactors and reprocessing plants in normal operation. Euratom Off. J. Eur. Union., 2004, pp L2:32

[51] 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

[52] Treaty establishing the European Atomic Energy Community (Euratom)

[53] 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

[54] Povprečna mesečna koncentracija delcev PM_{10} v letu 2013, ARSO, januar 2014, http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/PM10_dec013_slo.pdf

[55] A. Volčanšek, komunikacija po elektronski pošti dne 3. 4. 2018

[56] 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

[57] 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 Comission, Bruselj, 2008

[58] A. Likar, T. Vidmar, B. Pucelj, Monte Carlo Determination of Gamma-ray Dose Rate with the GEANT System, Health Physics, 75 (1998), 165–169

[59] Matjaž Korun, osebno sporočilo, 2003

[60] B. Zorko, S. Miljanić, B. Vekić, M. Štuhec, S. Gobec, M. Ranogajec - Komor, Intercomparison of dosimetry systems based on CaF_2: Mn TL-detectors, Radiat. Protect. Dosim., 119 (2006), 300–305

[61] 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

[62] Jount Working Group of Radiation Protection Bureou, Health Canada, Atomic Energy Control Board and Atomic Energy of Canada Limited, Recommendations on Dose Coefficients for Assessing Doses from Accidental Radionuclide Releases to the Environment, 1999

[63] J. Porstendörfer, Ch. Zock, J. Wendt, A. Reineking, Radon parameters in outdoor air, https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/33/016/33016288.pdf?r=1&r=1.

[64] Program EXPACS, http://phits.jaea.go.jp/expacs/

[65] 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

[66] FRMAC, Assessment manual Tables, Charts, Worksheets, Glossary, references, Volume 2, SAND2003-1072P, Table 3.5

[67] 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

[68] F. W. Whicker, Radionuclide transport processes in terrestrial ecosystems. Radiation research, 94 (1983), 135–150

[69] Steinhauser, G., Saey, P. R. J., 137Cs in the meat of wild boars: a comparison of the impacts of Chernobyl and Fukushima. J. Radioanal. Nucl. Chem., 307 (2016), 1801–1806 https://doi.org/10.1007/s10967-015-4417-6

[70] 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

[71] R. Krištof, S. Košenina, B. Zorko, J. Kožar Logar, Tritium in organic matter around Krško Nuclear Power Plant, Journal of radioanalytical and nuclear chemistry, 314 (2017), 675–679, doi: 10.1007/s10967-017-5454-0

[72] Statistične informacije, Statistični urad RS, št. 5, 30. julij 2002

[73] P. Zakrajšek, Vsebnost kovin in radionuklidov v gobah na izbranih področjih v Sloveniji, doplomsko delo, Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta, Biotehniška fakulteta, 2014

[74] XL-STAT software package (Addinsoft, New York, USA), Kemometrija, avtor Jure Zupan, 2009, Založba: Kemijski inštitut in Inštitut Nove revije, zavod za humanistiko

[75] https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon-14

[76] ARSO podatki, http://meteo.arso.gov.si/met/sl/archive/, 2018

[77] Javne informacije Slovenije, Geodetska uprava Republike Slovenije, Državna pregledna karta Republike Slovenije DPK250 1: 250000 – 2005

[78] https://www.r-project.org/

[79] H. Yang, P. G. Appleby, *Use of lead-210 as a novel tracer for lead (Pb) sources in plants*, Sci. Rep., 6 (2016) 1, 21707 doi: 10.1038/srep21707

[80] B. Pourrut, M. Shahid, C. Dumat, P. Winterton, E. Pinelli, *Lead uptake, toxicity, and detoxification in plants,* Rev. Environ. Contam. Toxicol., 213 (2011)1, 113–136, doi: 10.1007/978-1-4419-9860-6_4

IJS delovno poročilo
IJS-DP-12783
marec 2019

MERSKI REZULTATI – NADZOR RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO

POROČILO ZA LETO 2018

Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija

Naročnik: NE Krško, Vrbina 12, 8270 Krško

Izvajalci: Institut "Jožef Stefan", Ljubljana
Jamova cesta 39, SI-1000 Ljubljana

Zavod za varstvo pri delu, d. d.
Chengdujska cesta 25, SI-1000 Ljubljana

Institut Ruđer Bošković
Bijenička 54, HR-10000 Zagreb, Hrvatska

Pogodbe štev.: Pogodba št. 3172175 (Z-8171747 in Z-8171748)
z dne 19. 1. 2018 (za IJS in ZVD)
Pogodba št. 3172128 z dne 27. 12. 2018 (za IRB)

Odgovorni nosilec: doc. dr. Benjamin Zorko

Naslov poročila: Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2018

Poročilo uredila: mag. Denis Glavič - Cindro

Avtorji poročila:

Avtorji na IJS:
D. Brodnik, B. Črnič, dipl. inž. fiz., A. Duszová, P. Gerjol,
mag. D. Glavič - Cindro, S. Gobec, dr. M. Korun, dr. J. Kožar Logar,
dr. R. Krištof, D. Marguč, univ. dipl. biol., dr. M. Nečemer,
P. Osterman, prof. biol., U. Petrač, dr. T. Petrovič, K. Poiškruh,
B. Svetek, inž. kem. tehnol., dr. M. Štrok, Z. Trkov, inž. kem. tehnol.,
mag. B. Vodenik, doc. dr. B. Zorko

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

Avtorji na IRB:
dr. J. Barešić, dr. D. Barišić, mag. D. Borković, I. Coha, dipl. inž.,
dr. Ž. Grahek, M. Ivković, mag. kem. (od 1. 8. 2018),
G. Karanović, dipl. inž., T. Kardum, dr. Ž. Knežević, dr. I. Krajcar Bronić,
R. Kušić, dr. M. Majer, dr. I. Lovrenčić Mikelić, dr. M. Nodilo,
A. Rajtarić, dr. A. Sironić, dr. I. Tucaković

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

Štev. del. poročila: IJS-DP-12783

Izvedba projekta je usklajena z zahtevami programov za zagotovitev kakovosti pri posameznih izvajalcih.

NASLOV POROČILA: IJS-DP-12783
Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti marec 2019
v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2018

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 2018. Osnova za izvajanje obratovalnega nadzora je Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti JV10 (stari pravilnik Ur. l. RS 20/2007 in 97/2009 ter novi pravilnik Ur. l. RS 27/2018, 5. 5. 2018). Program obsega meritve v okolju jedrske elektrarne (imisije – priloga 4, preglednica 3 iz novega pravilnika JV10). Podroben program meritev je določen v Tehnični specifikaciji za izvedbo storitve obratovalnega monitoringa radioaktivnosti v okolici NEK (pitne vode, zraka, hrane, reke Save, padavin, zemlje in sevanja v okolju skupaj z oceno doz prebivalstva) za leta 2018–2019 v Republiki Sloveniji, NEK, TS št. TO.RZ, 9/2017, revizija: 0 in dodatno v Radiological Effluent Technical Specifications (RETS), NEK-RETS, Rev. 10, poglavje 3.12, strani 45–62.

REPORT TITLE: IJS-DP-12783
Measurement results – surveillance of radioactivity March 2019
in the environment of Krško NPP - yearly report for 2018

KEYWORDS:
radioactiovioty surveillance, sampling, radioactivity measurements, gamma- and beta-ray emitters activity measurements, high resolution gamma-ray spectrometry, beta spectrometry, external radiation, radioactive contamination, radionuclide identification, dosimetry, exercises, intercomparison measurements

ABSTRACT:
In the report all measurement results provided by JSI, ZVD and IRB for radioactivity surveillance in the year 2018 in the environment around Krško NPP are presented. Legal basis for radioactivity monitoring is Rules on the monitoring of radioactivity (JV10) (old regulations Ur. l. RS 20/2007 and 97/2009 and new regulation 27/2018, 5. 5. 2018). Programme comprises measurements in the environment of NPP (imission measurements, Appendix 4, table 3 in new regulation JV10). Detailed programme is determined in Technical specification for accomlishment of excution environmental radioactovity monitoring of Krško NPP (drinking water, air, foodstaff, Sava river, precepitation, soil and external exposure to radiation with dose assessment) for years 2018 and 2019 in Republic of Slovenia, NEK, TS No. TO.RZ, 9/2017, Revision: 0 and additionally in Radiological Effluent Technical Specifications (RETS), NEK-RETS, Rev. 10, chapter 3.12, pages 45–62.

IZVAJALCI MERITEV

INSTITUT "JOŽEF STEFAN" (IJS), LJUBLJANA

Koordinator projekta za IJS: doc. dr. Benjamin Zorko

Izvajalci na IJS:
Odsek za fiziko nizkih in srednjih energij (Odsek F2)
D. Brodnik, B. Črnič, dipl. inž. fiz., A. Duszová, P. Gerjol, mag. D. Glavič - Cindro, S. Gobec, dr. M. Korun, dr. J. Kožar Logar, dr. R. Krištof, D. Marguč, univ. dipl. biol., dr. M. Nečemer, P. Osterman, prof. biol., U. Petrač, dr. T. Petrovič, K. Poiškruh, mag. B. Vodenik, doc. dr. B. Zorko

Odsek za znanosti o okolju (Odsek O2)
B. Svetek, inž. kem. tehnol., dr. M. Štrok, Z. Trkov, inž. kem. tehnol.

ZAVOD ZA VARSTVO PRI DELU (ZVD), LJUBLJANA

Koordinator projekta za ZVD: dr. Gregor Omahen

Izvajalci na ZVD:
dr. M. Giacomelli, A. Ivanc, 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, I. Coha, dipl. inž., dr. Ž. Grahek, M. Ivković, mag. kem., G. Karanović, dipl. inž., T. Kardum, R. Kušić, dr. I. Tucaković

Izvajalci na IRB – Laboratorij za mjerenje niskih radioaktivosti – Zavod za eksperimentalnu fiziku:
dr J. Barešić, mag. D. Borković, dr. I. Krajcar Bronić, dr. I. Lovrenčić Mikelić, A. Rajtarić, dr. A. Sironić

Izvajalci na IRB – Laboratorij za radijacijsku kemiju i dozimetriju –Zavod za kemiju materijala:
dr. Ž. Knežević, dr. M. Majer, dr. M. Nodilo

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

IZVAJALCI IZRAČUNOV RAZREDČITVENIH IN DEPOZICIJSKIH KOEFICIENTOV PO LAGRANGEEVEM MODELU DELCEV, MEIS, MALI VRH PRI ŠMARJU

Izvajalci v MEIS:
dr. P. Mlakar, dr. B. Grašič, dr. M. Z. Božnar

PROGRAM REDNEGA NADZORA RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NE KRŠKO ZA LETO 2018

Osnova za izvajanje obratovalnega nadzora je *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti JV10* (stari pravilnik Ur. l. RS 20/2007 in 97/2009 ter novi pravilnik Ur. l. RS 27/2018, 5. 5. 2018).

(i) Program obsega **meritve v okolju jedrske elektrarne (imisije – priloga 4, preglednica 3 iz novega pravilnika JV 10)**

Podroben program meritev je določen v *Tehnični specifikaciji za izvedbo storitve obratovalnega monitoringa radioaktivnosti v okolici NEK (pitne vode, zraka, hrane, reke Save, padavin, zemlje in sevanja v okolju skupaj z oceno doz prebivalstva) za leta 2018–2019 v Republiki Sloveniji*, NEK, TS št. TO.RZ, 9/2017, revizija: 0 in dodatno v *Radiological Effluent Technical Specifications (RETS)*, NEK-RETS, Rev. 10, poglavje 3.12, strani 45–62.

Poleg imisijskih meritev so v poročilu obravnavane tudi **meritve tekočinskih in atmosferskih izpustov (emisije priloga 4, preglednici 1 in 2 iz novega pravilnika JV10)** v obsegu, ki omogoča vrednotenje imisijskih meritev in doz.

(ii) V juliju 2017 se je poleg rednega *Obratovalnega monitoringa radioaktivnosti v okolici NEK* začel izvajati tudi *Obratovalni monitoring radioaktivnosti v okolici NEK zaradi HE Brežice*. V programu radioloških meritev v okolici NE Krško v letu 2018 je naveden skupni program obeh programov nadzornih meritev, skladno s programom, navedenim v *Radiological Effluent Technical Specifications (RETS)*, NEK-RETS, Rev. 10, poglavje 3.12, strani 45–62.

(iii) 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 2018

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. Nad jezom HE Brežice – 7,2 km nizvodno od NEK *			1-krat na 31 dni	12 12
	3. Brežice – 7,8 km nizvodno od NEK			1-krat na 31 dni	12 12
	4. Jesenice na Dolenjskem, 17,5 km nizvodno od NEK			1-krat na 31 dni	12 12
Tritij (H-3), specifična analiza s scintilacijskim spektrometrom	1. Krško	vodni destilat	sestavljen vzorec, zvezno zbiran 31 dni	1-krat na 31 dni	12
	2. Nad jezom HE Brežice *			1-krat na 31 dni	12
	3. Brežice			1-krat na 31 dni	12
	4. Jesenice na Dolenjskem			1-krat na 31 dni	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 1-krat na 92 dni	4 4
	2. Nad jezom HE Brežice *			1-krat na 31 dni 1-krat na 92 dni	12 4
	3. Brežice			1-krat na 31 dni 1-krat na 92 dni	12 4
	4. Jesenice na Dolenjskem			1-krat na 31 dni 1-krat na 92 dni	12 4

* Meritve iz programa Obratovalnega monitoringa radioaktivnosti v okolici NEK zaradi HE Brežice so se začele izvajati julija 2017.

2. REKA SAVA – VODA, SEDIMENTI, VODNA BIOTA

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza Tritij (H-3), specifična analiza s scintilacijskim spektrometrom	1. Obala 0,5 km vzvodno od NEK, levi breg 2. Obala pri Brežicah, 4–7,8 km, nizvodno od NEK, levi breg 3. Nad jezom HE Brežice, 7,2 km nizvodno od NEK* 4. Obala pri Jesenicah na Dolenjskem, 17,5 km nizvodno od NEK, desni breg 5. Podsused (H-3, 2-krat letno)	enkratni vzorci voda + suspendirana snov sedimenti ribe vodni destilat	1-krat na 92 dni	1-krat na 92 dni	4 × 12 (voda) 4 × 8 (sediment) 4 × 8 (ribe) 2 (H-3 v Podsusedu)
Izotopska analiza s spektrometrijo gama Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza Tritij (H-3), specifična analiza	2 vzorca na obeh bregovih akumulacije med rečnima profiloma 120 in 121*	enkratni vzorci voda + suspendirana snov sedimenti vodni destilat	1-krat na 31 dni	1-krat na 31 dni	2 × 36 (voda) 2 × 24 (sediment)
Izotopska analiza s spektrometrijo gama Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza Tritij (H-3), specifična analiza	Nadomestni habitat NH1*	enkratni vzorci voda + suspendirana snov vodni destilat	1-krat na 92 dni	1-krat na 92 dni	3 × 4
Izotopska analiza s spektrometrijo gama Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	Akumulacija HE Brežice*	enkratni vzorci	1-krat na 182 dni	1-krat na 182 dni	2 × 2
C-14	2 vzorca na obeh bregovih akumulacije med rečnima profiloma 120 in 121* Akumulacija HE Brežice*	enkratni vzorec, voda + suspendirana snov enkratni vzorec, ribe	1-krat na 92 dni 1-krat na 182 dni	1-krat na 92 dni 1-krat na 182 dni	8 2

* Meritve iz programa Obratovalnega monitoringa radioaktivnosti v okolici NEK zaradi HE Brežice so se začele izvajati julija 2017.

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) 2. Brežice (vodovod) 3. Vrtina E1 znotraj ograje NEK 4. Podtalnica v bližini NEK na levem bregu Save VOP-4 (samo H-3) 5. Vrtina VOP-1/06 (samo H-3) 6. vrtina V-7/77 (samo H-3) 7. Vrtina V-12/77 (samo H-3)	enkratno vzeti vzorec vode	1-krat na 92 dni	1-krat na 92 dni	12
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza					12
Tritij (H-3), specifična analiza s scintilacijskim spektrometrom					5 × 12 (H-3)

4. ČRPALIŠČA, ZAJETJA

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	1. Črpališče vod. Krško - Beli breg (Drnovo) 2. Črpališče vod. Krško - Brege 3. Zajetje Dolenja vas 4. Črpališče vod. Brežice VT1 (novo) 5. Črpališče vod. Brežice 481	sestavljeni vzorci vode	1-krat na dan	1-krat na 31 dni	5 × 12
Tritij (H-3), specifična analiza s scintilacijskim spektrometrom			1-krat na dan	1-krat na 31 dni	5 × 12
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza			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 2. Brege 3. Dobova	sestavljen vzorec, kontinuirano zbiranje 31 dni	1-krat na 31 dni	1-krat na 31 dni	3 × 12
Tritij (H-3), specifična analiza s scintilacijskim spektrometrom					3 × 12
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza					3 × 12

ZR = zračna razdalja

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	sestavljeni 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	3 × 12

7. ZRAK

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Meritev I-131 (spektrometrija gama)	1. Sp. Stari Grad *ZR* = 1,8 km, 4C1 2. Stara vas (Krško) *ZR* = 1,8 km, 16C 3. Leskovec *ZR* = 3 km, 13D 4. Brege *ZR* = 2,3 km, 10C 5. Vihre *ZR* = 2 km, 8D 6. Gornji Lenart *ZR* = 5,9 km, 6E 7. Spodnja Libna *ZR* = 1,3 km, 2B	kontinuirano črpanje skozi filter iz steklenih vlaken in skozi oglen filter (15 dni)	1-krat na 15 dni	1-krat na 15 dni	6 × 24
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
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	7 × 12
C-14 v CO_2 v zraku	A, B – znotraj ograje NEK	CO_2 absorbiran na NaOH kot Na_2CO_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 globin 0–5 cm, 5–10 cm, 10–15 cm, 15–30 cm enkratni vzorci: naplavine, pašnik ali obdelovalna zemlja	1-krat v 6 mesecih	1-krat v 6 mesecih	2 × (3 × 4)
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza (radiokemična izolacija Sr-90/Sr-89, detekcija s proporcionalnim števcem)					2 × (3 × 4)

10. HRANA – MLEKO

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	1. Pesje 2. Drnovo 3. Skopice	enkratni vzorec vsakih 31 dni	1-krat na 31 dni	1-krat na 31 dni	3 × 12
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza		enkratni vzorec vsakih 31 dni			3 × 12
I-131, specifična analiza		enkratni vzorec vsakih 31 dni med pašo – 8 mesecev			3 × 8

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: jabolka, hruške, ribez, jagode, grozdje	1-krat na 365 dni	1-krat na 365 dni	10
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza					10
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

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: solata, zelje, korenje, krompir, paradižnik, peteršilj, fižol, čebula, pšenica, ječmen, koruza, hmelj	1-krat na 365 dni	1-krat na 365 dni	20
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza					20
C-14	izbrani kraji na krško-brežiškem polju, in sicer Žadovinek, Brege, Spodnji Stari Grad, Dobova	žitarice	1-krat na leto	1-krat na leto	5

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: Žadovinek, Vrbina, Spodnji Stari Grad, Pesje	enkratni vzorci raznega mesa in jajc	1-krat na 365 dni	1-krat na 365 dni	6
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza					6

PROGRAM INTERKOMPARACIJSKIH MERITEV V LETU 2018

Program interkomparacijskih meritev, ki ga izvajajo laboratoriji, vključeni v radiološki nadzor za NE Krško, obsega mednarodne ali medsebojne medlaboratorijske primerjave naslednjih vzorcev (vsaj 5 vzorcev letno):

- voda (sevalci gama, H-3, Sr-90),
- zračni filter (sevalci gama),
- zemlja ali sediment (sevalci gama),
- vegetacija ali hrana (sevalci gama),
- mleko (sevalci gama, I-131, Sr-89, Sr-90).

Rezultati vseh interkomparacij in primerjalnih meritev morajo biti vključeni v zbirno letno poročilo. V poročilu mora biti navedeno, kateri laboratoriji so uspešno prestali preskuse in zadoščajo postavljenim merilom. Ustreznost laboratorija se izkazuje s primerjalnim indeksom glede na certificirano vrednost in z ovrednotenjem rezultata (sprejemljivo, sprejemljivo z opozorilom ter nesprejemljivo).

ENOTE IN NAZIVI KOLIČIN

V tabelah so dosledno uporabljene enote in oznake, ki naj bi najbolj neposredno "omogočale izračun" obremenitve človeka in so v skladu z zakonodajnimi podatki (Uradni list).

1 **VODE** (Sava, vodovod, zajetja, vrtine)

1.1 Koncentracija aktivnosti se navaja v enotah: Bq/m^3
(1 Bq/m^3 = 1E–3 Bq/kg = 1E–3 Bq/L).
približek velja ob predpostavki, da je 1 dm^3 vode = 1 L vode = 1 kg vode).

1.2 Izraz "suspendirana snov" velja za ostanek filtracije delcev nad 0,45 µm:
- koncentracija aktivnosti se navaja v enotah Bq/m^3 prefiltrirane vode;
  izraz "groba suspendirana snov" (filtrski ostanek) velja za filtriranje skozi črni trak oz. velikosti delcev nad 6 µm;
- koncentracija aktivnosti se navaja v enotah Bq/m^3 prefiltrirane vode, ki je dala ta filtrski ostanek.

1.3 **H-3** iz vode
Koncentracija aktivnosti tritija v vodi se navaja v enotah Bq/m^3.

2 **USEDI** (padavine): aktivnost se podaja z dvema podatkoma:
- Koncentracija aktivnosti useda na vodoravni prestrezni površini se navaja v enotah Bq/m^2.
- Koncentracija aktivnosti tekočih padavin se podaja v enotah Bq/m^3.

3 **HRANA**

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

4 **BIOLOŠKI VZORCI**

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

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

5 **ZRAK**

Koncentracija aktivnosti se podaja za aerosole in jod v Bq/m^3 (pri približno normalnih razmerah).

Koncentracija aktivnosti C-14 v atmosferskem zraku se navaja kot relativna specifična aktivnost C-14 v pMC ali kot koncentracija aktivnosti C-14 v zraku v Bq/m^3 ob predpostavki, da je koncentracija CO_2 v zraku 384 µg/g, 100 pMC = 46 E–3 Bq/m^3.

6 **ZEMLJA**

Specifična aktivnost zračno suhe zemlje se podaja v Bq/kg (sušenje pri sobni temperaturi) in v Bq/m^2.

7 **ZUNANJE SEVANJE**
Doza zaradi zunanjega obsevanja se podaja z okoljskim doznim ekvivalentom $H^*(10)$ v Sv.

TABELA RADIONUKLIDOV

Seznam imen radioaktivnih izotopov, ki jih omenja poročilo o meritvah radioaktivnosti v okolici NEK ter njihovih simbolov in razpolovnih časov. Podatki o razpolovnih časih so vzeti iz E. Browne, R. B. Firestone, Table of Radioactive isotopes, John Wiley and Sons, 1986.

Element	Simbol izotopa ali izomera	Razpolovni čas
tritij	H-3	12,33 let
berilij	Be-7	53,29 dni
ogljik	C-14	5 730 let
natrij	Na-22	2,602 let
natrij	Na-24	14,66 ur
kalij	K-40	1,277 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 10^9 let

MERSKE METODE

Koncentracije radioaktivnih snovi v okolju se merijo s specifičnimi metodami, ki omogočajo ugotavljanje njihove izotopske sestave. Uporaba nespecifičnih metod je dopustna le v primeru, ko je izotopska sestava dobro znana in se s časom ne spreminja. Metode morajo omogočiti merjenje množine radioaktivnih snovi, ki povzročijo manj kot tretjino avtorizirane mejne doze. Detekcijske meje metod, s katerimi se merijo posamezne specifične aktivnosti radionuklidov v vzorcih iz okolja, morajo biti manjše od aktivnosti, ki povzroči tridesetino avtorizirane dozne meje za posamezne radionuklide.

Seznam radionuklidov, katerih aktivnosti se merijo v okolju, mora ustrezati podatkom o emisiji in mora vsebovati najbolj radiotoksične izotope. Navadno se vzorci iz okolja merijo s spektrometri gama, kjer se aktivnosti posameznih radionuklidov določi iz energije in intenzitete vrhov v spektru. Aktivnosti radionuklidov, ki ne sevajo žarkov gama, se merijo z metodami, ki vključujejo njihovo radiokemično separacijo. V okviru meritev radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško se po kemični separaciji merijo aktivnosti tritija in stroncijevih izotopov Sr-90/Sr-89 oziroma Sr-89 in Sr-90, če bi bil Sr-89 prisoten. V emisijah iz jedrske elektrarne pa se radiokemična separacija uporablja še za določanje C-14 in Fe-55.

Pri izvedbi meritev sodeluje več institucij, vsaka institucija izvaja meritve po svojih merskih metodah in postopkih. V nadaljevanju poglavja so opisane merske metode, ki jih uporabljajo posamezni izvajalci pri meritvah.

INSTITUT "JOŽEF STEFAN"

Institut "Jožef Stefan", Odsek za fiziko nizkih in srednjih energij (Odsek F-2), *Laboratorij za meritve radioaktivnosti,* je od marca 2003 akreditiran pri Slovenski akreditaciji (SA) pod zaporedno številko LP-022 za laboratorijske meritve aktivnosti sevalcev gama in rentgenskih žarkov z visokoločljivostno spektrometrijo gama v energijskem območju od 5 keV do 3 000 keV v trdnih in tekočih vzorcih. Vzorci morajo biti cilindrični z največjim premerom 12 cm in največjo debelino 6 cm. Biti morajo homogeni, kar pomeni, da so sevalci gama enakomerno porazdeljeni v vzorcu in da je matrika vzorca homogena. Vzorec se obravnava kot homogen, če je karakteristična dolžina, ki opisuje strukturo vzorca (npr. premer zrn ali debelina plasti), manjša od razdalje, na kateri se izkoristek za točkast vir spremeni za 2 %, ali pa če je najmanj desetkrat manjša od dimenzije vzorca. Obseg emisij iz vzorca je med 0,005 s^{-1} in 50 000 s^{-1}.

Laboratorij za tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo je od oktobra 2008 akreditiran pri Slovenski akreditaciji pod zaporedno številko LP-022 za laboratorijske meritve tritija v vzorcih vode in urina po direktni metodi in metodi z elektrolitsko obogatitvijo.

Laboratorij za termoluminiscenčno dozimetrijo je od julija 2005 akreditiran pri Slovenski akreditaciji pod zaporedno številko LP-022 za meritve doz $H_p(10)$, $H^*(10)$, kerme v zraku in $H_p(0{,}07)$ s termoluminiscenčnimi dozimetri TLD-400 (CaF_2: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 3172175 z dne 19. 1. 2018 na IJS, napisano v skladu z zahtevami standarda SIST EN ISO/IEC 17025:2005, smo izdali ločeno pod zaporedno številko 8/2019. En izvod tega poročila smo poslali naročniku, en izvod pa arhivirali na IJS. V tem poročilu se ob posameznih rezultatih ne podajata niti znak akreditacije niti besedilo, da je rezultat dobljen v okviru akreditirane metode.

Institut "Jožef Stefan", Odsek za znanosti o okolju (Odsek O-2), je za meritve stroncija, tritija in C-14 akreditiran pri Slovenski akreditaciji (SA) od junija 2009 dalje pod zaporedno številko LP 090. Sr-90, Sr-89 ali Sr-90/Sr-89 se lahko določa v tekočinah, trdnem stanju ali usedlinah na zračnem filtru.

Specifično aktivnost tritija v vodi se ugotavlja z direktno metodo ali z elektrolitsko obogatitvijo. Specifično aktivnost C-14 se določa v bazični raztopini. Specifične aktivnosti navedenih radionuklidov v prinesenih vzorcih se izražajo v Bq/kg ali Bq/g.

a) VISOKOLOČLJIVOSTNA SPEKTROMETRIJA GAMA (Odsek F-2)

Aktivnosti sevalcev žarkov gama in rentgenskih žarkov (to so vsi izotopi, navedeni v tabelah, razen H-3, Sr-89, Sr-90) so bile izmerjene s spektrometrijo gama. Vsi spektrometri gama, ki so bili uporabljeni za meritve in razmere v okolju, v katerem delujejo, ustrezajo merilom, ki so navedena v [i]. Meritve so bile opravljene po postopku, opisanem v [ii]. Rezultati meritev so sledljivi k aktivnostim primarnih standardov v francoskem laboratoriju LNE-LNHB. Sistematski vplivi geometrije vzorca, matrike vzorca, gostote vzorca, koincidenčnih korekcij in hitrosti štetja na rezultate so upoštevani pri računu vseh aktivnosti. Negotovosti rezultatov so ocenjene v skladu z vodilom [iii] in postopkom [iv]. Poleg statistične negotovosti prispevajo k negotovosti rezultatov še negotovosti predpostavk pri računu ploščin vrhov, kalibracije detektorjev, lastnosti vzorca, razpadnih konstant, merjenja količine vzorca in trajanja meritve. Najmanjša negotovost aktivnosti, ki je dosegljiva pri rutinskih meritvah in v ugodnih merskih razmerah, je 5 %.

ORIENTACIJSKE SPODNJE DETEKCIJSKE MEJE ZA VLG-SPEKTROMETRIJO

Medij	ZRAK	ZEMLJA	SEDIMENT	VODA	RIBE	GOMOLJ-NICE	MESO	SADJE	SOLATA	MLEKO
Enota	Bq/m^3	Bq/kg	Bq/kg	Bq/m^3	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg
Količina vzorca (*)	10 000 m^3	0,5 kg	0,1 kg	0,05 m^3	0,5 kg	2 kg	1 kg	2 kg	4 kg	4 kg
Be-7	2,0 E–5	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	8,0 E–5	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	2,0 E–5			1,0 E+1	2,0 E–1	6,0 E–1	6,0 E–1	6,0 E–1	0,5 E–1	5,0 E–2
Ra-226				2,0 E+0	5,0 E–1	5,0 E–1	2,0 E–1	2,0 E–1	1,0 E–1	2,0 E–2
Ra-228				1,0 E+0	1,0 E–1	1,0 E–1	2,0 E–1	1,0 E–1	4,0 E–2	3,0 E–2
Th-228				1,0 E+0	1,0 E–1	1,0 E–1	2,0 E'1	4,0 E–1	2,0 E–2	2,0 E–2
U-238				3,0 E+0	3,0 E–1	5,0 E–1	1,0 E+0	2,0 E–0	1,0 E–0	1,0 E–1

(*) Količina vzorca, podana v enotah druge vrstice, velja za sveže vzorce, razen pri zemlji, sedimentih in algah, kjer velja za suhi vzorec.

(**) Zbiranje I-131 se opravlja s posebnimi filtri, opremljenimi z aerosolnim filtrom in filtrom iz aktivnega oglja, impregniranega s TEDA pri prečrpanem volumnu 1 000 m^3.

Komentar:

Tabelirane spodnje detekcijske meje z intervalom zaupanja 95 % dosegamo:

- z detektorji (spektrometri), ki ustrezajo pogojem, navedenim v [i];
- z vzorci iz navadnega nekontaminiranega materiala; velike koncentracije posameznih radionuklidov dvignejo (poslabšajo) detekcijsko mejo za radionuklide, katerih karakteristične črte ležijo v območju comptonskega praga intenzivnih črt v odvisnosti od vrste detektorja;

– ob predpostavki, da je čas zakasnitve t_n med časom vzorčevanja (postavljenim v sredo vzorčevalnega intervala) in časom meritve pri zraku 15 dni, pri vodi 30 dni in pri drugih vzorcih 60 dni. Kadar je dejanska zakasnitev t_d različna od navedene nominalne t_n, potem se spodnja detekcijska meja dobi, če se tabelirana vrednost pomnoži s faktorjem

$$e^{-0,692\frac{(t_n - t_d)}{T_{1/2}}}$$

kjer je $T_{1/2}$ razpolovna doba opazovanega radionuklida.

Reference:

[i] Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10), Uradni list RS 27/18
[ii] *Visokoločljivostna spektrometrija gama v laboratoriju (LMR-DN-10)*, izdaja 13 (okt. 2016), IJS, Ljubljana
[iii] Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM), JCGM 100:2008
[iv] *Ocena merilne negotovosti (LMR-RP-05)*, izdaja 03, mar. 2013, IJS, Ljubljana

b) RADIOKEMIČNA ANALIZA Sr-90/Sr-89 (Odsek O-2)

Princip določanja stroncija v okoljskih vzorcih (voda, hrana in krma, tla in sedimenti) temelji na raztapljanju vzorca v ustreznih raztopinah [v, vi]. Radiokemična separacija temelji na ločitvi stroncija od kalcija s kadečo dušikovo kislino. Izkoristek separacije določimo gravimetrično s tehtanjem oborine $SrCO_3$. Aktivnosti beta se izmeri na proporcionalnem števcu beta s pretokom plina. Kot plin smo uporabili mešanico 90 % Ar in 10 % CH_4. Izkoristek proporcionalnega števca FHT 770 T-6, Eberline, za izbrane radionuklide ugotavljamo s kalibracijskimi certificiranimi standardi Eckert&Ziegler Analytics.

V primerih, ko je potrebna določitev Sr-89, se izvrši separacija stroncija Sr-90/Sr-89 ter po vzpostavljenem ravnotežju Sr-90/Y-90 izolacija itrija. Iz prve meritve $SrCO_3$ izmerimo skupno aktivnost obeh, Sr-90/Sr-89; iz meritve Y-90 pa najprej izračunamo aktivnost Sr-90 ter nato še aktivnost Sr-89.

Natančni postopek določanja Sr-90/Sr-89 z beta štetjem je opisan v standardnem delovnem navodilu SDN-O2-STC(01) [vi] in v delovnem navodilu DP-O2-STC(01) [vii], izračun merilne negotovosti je opisan v [vi].

Reference:

[v] B. Vokal, Š. Fedina, J. Burger, I. Kobal, *Ten year Sr-90 survey at the Krško Nuclear Power Plant*, Annali di Chimica, 88 (1998), 731
[vi] *Določanje stroncija z beta štetjem*, SDN-O2-STC(01), 9. izdaja, feb. 2017
[vii] *Navodilo za uporabo proporcionalnega števca*, DP-O2-STC(01), 4. izdaja, jan. 2016

c) RADIOKEMIČNA ANALIZA H-3 (Odsek O-2)

Tritij določamo v desorbirani vodi iz adsorbentov in v vodnih vzorcih po postopkih, ki so natančno opisani v [viii]–[x]. Vzorce vode najprej destiliramo in nato izvedemo elektrolizo. Po končani elektrolizi s tritijem obogateni preostanek destiliramo, odvzamemo alikvot in dodamo koktajl ULTIMA GOLD LLT. Aktivnost tritija merimo z instrumentom Tri Carb 3170 TR/SL, Super Low Level Liquid Scintilation Analyzer (Canberra Packard) ali Quantulus 1220. Izkoristek števca za H-3 ugotavljamo s kalibracijskim certificiranim standardom proizvajalca NIST.

Reference:
[viii] *Določanje tritija s tekočinskim scintilacijskim štetjem*, SDN-O2-STC(02), 8. izdaja, feb. 2017 in 9. izdaja, mar. 2018
[ix] *Navodilo za uporabo tekočinsko scintilacijskega števca TRICARB 3170 TR/SL*, DP-O2-STC(02), 5. izdaja, nov. 2017
[x] *Navodilo za uporabo tekočinsko scintilacijskega števca Quantulus 1220*, DP-O2-STC(04), 1. izdaja, mar. 2016

č) RADIOKEMIČNA ANALIZA H-3 (Odsek F-2)

Na *Odseku F-2* poteka določitev tritija v vzorcih vod z elektrolitsko obogatitvijo in tekočinskoscintilacijskim štetjem.

Vzorce destiliramo, preverimo pH destilata in mu dodamo natrijev peroksid. Pol litra vzorca elektrolitsko obogatimo, preostanku dodamo svinčev klorid in opravimo drugo destilacijo. V tekočinskoscintilacijskem števcu Quantulus 1220 (Wallac, PerkinElmer) merimo merjence, pripravljene iz destilata vzorca in scintilacijskega koktajla po postopkih *LSC-DN-06, LSC-DN-07* in *LSC-DN-08*. Za kalibracijo števca in pripravo krivulje dušenja uporabljamo certificiran NIST-ov standard, za dodatno kontrolo pa certificirane pripravke Perkin Elmerja.

Reference:
[xi] *Umeritvene krivulje za tekočinsko scintilacijski spektrometer (LSC-DN-05)*, izdaja 02 (jul. 2014), IJS, Ljubljana
[xii] *Vzorčenje in priprava vzorcev za določitev tritija (LSC-DN-06)*, izdaja 05 (avg. 2014), IJS, Ljubljana
[xiii] *Analiza in izračun vsebnosti tritija (LSC-DN-07)*, izdaja 06 (dec. 2017), IJS, Ljubljana
[xiv] *Meritve vsebnosti radionuklidov s tekočinskoscintilacijskim števcem Quantulus(LSC-DN-08)*, izdaja 00 (maj 2014)

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

Ogljik C-14 določamo v bazični raztopini po postopku, ki je opisan v [xv – xviii]. Raztopljeni $^{14}CO_2$ 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 Scintilation Analyzer (Canberra Packard) ali Quantulus 1220. Izkoristek števca za C-14 določamo s certificiranim kalibracijskim standardom proizvajalca Eckert&Ziegler Analytics.

Reference:
[xv] 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
[xvi] *Določanje ^{14}C v bazični raztopini*, SDN-O2-STC(03), 9. izdaja, feb. 2017
[xvii] *Navodilo za uporabo tekočinsko scintilacijskega števca TRICARB 3170 TR/SL*, D-O2-STC(02), 5. izdaja, nov. 2017
[xviii] *Navodilo za uporabo tekočinsko scintilacijskega števca Quantulus 1220*, DP-O2-STC(04), 1. izdaja, mar. 2016

e) TERMOLUMINISCENČNA DOZIMETRIJA (Odsek F-2)

Sistem za termoluminiscenčno (TL) dozimetrijo sestavljajo računalniško kontroliran merilni sistem MR 200 C, veliko število dozimetrov in pečica za brisanje dozimetrov. Sistem omogoča enostavno, hitro in natančno merjenje doz sevanja v okolju in osebni dozimetriji. Za okoljske dozimetre

uporabljamo dozimetre tipa TLD-IJS-05 (iz CaF2: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* [xxi]. Karakteristike sistema za TL-dozimetrijo so podrobno opisane v delovnih poročilih IJS [xix, xx].

Reference:

[xix] *Validacija termoluminiscenčnega sistema TLD IJS MR 200 C po standardu IEC/CEI 61066*, IJS-DP-10126, feb. 2009

[xx] *Validacija termoluminiscenčnega sistema TLD IJS MR 200 C po standardu IEC/CEI 62387*, IJS-DP-11217, jan. 2013

[xxi] *Čitanje (merjenje) termoluminiscenčnih dozimetrov (TLD) (TLD-DN-02)*, izdaja 10 (dec. 2016) in izdaja 11 (mar. 2017), IJS, Ljubljana

INSTITUT RUĐER BOŠKOVIĆ

Institut Ruđer Bošković, *Laboratorij za radioekologijo* je novembra 2008 pridobil akreditacijo pri Hrvatski akreditacijski agenciji (HAA) v skladu s standardom HRN EN ISO/IEC 17025:2007 pod zaporedno številko 1162/08 za določanje vsebnosti radionuklidov z visokoločljivostno spektrometrijo gama in za določanje vsebnosti Sr-90 po radiokemijski metodi v vzorcih iz okolja in proizvodih, vključno s hrano in pitno vodo, ter za določanje vsebnosti Fe-55 v vodnih vzorcih.

Metodi določanja tritija in Sr-89/Sr-90 sta akreditirani pri Hrvatski akreditacijski agenciji (HAA) od konca leta 2009 dalje.

Referenca:

[xxii] Priručnik sustava upravljanja kvalitetom PK (izdaja 12), Institut Ruđer Bošković, 2018

a) VISOKOLOČLJIVOSTNA SPEKTROMETRIJA GAMA

Spektre gama merimo z germanijevimi detektorji, in sicer:

- z germanijevim detektorjem BE3830 z ločljivostjo 0,38 keV pri 5,9 keV (Fe-55), 0,55 keV pri 59,5 keV (Am-241), 0,69 keV pri 122 keV (Co-57) in 2,05 keV pri 1 332,5 keV (Co-60);
- z germanijevim detektorjem BE5030P z ločljivostjo 0,334 keV pri 5,9 keV (Fe-55), 0,568 keV pri 122 keV (Co-57) in 1,748 keV pri 1 332,5 keV (Co-60);
- z germanijevim detektorjem GR2520 z izkoristkom 25 % glede na izkoristek detektorja z natrijevim jodidom; germanijev detektor ima ločljivost 0,8 keV pri 122 keV in 1,81 keV pri 1 332,5 keV.

Germanijevi detektorji so povezani z računalnikom s programsko opremo GENIE 2000. Ta programska oprema se uporablja za analizo izmerjenih spektrov skladno s postopki, opisanimi v PS 5.4/1 [xxiii]. 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 [xxiii, xxiv] ali matematično z uporabo programske opreme ISOX/LABSOCS. Meritve so bile opravljene po postopku, opisanem v PS 5.4/1 in RU 5.4/1-1. Negotovosti rezultatov so ocenjene v skladu s postopkoma PS 5.4/7 [xxv] in PS 5.4/1 [xxiii].

Spodnja meja detekcije in minimalna aktivnost, ki so določene z intervalom zaupanja 95 %, je za izmerjene vzorce opisana v PS 5.4/1, izdaji 11 in 12, in RU 5.4/1-1, izdaji 13 in 14.

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

Detektor	BE3830			GR2520		
Medij	**RIBE**	**VODA**	**SEDIMENT**	**RIBE**	**VODA**	**SEDIMENT**
Enota	kg	m^3	kg	kg	m^3	kg
Količina vzorca (**)	0,4	0,05	0,175	0,4	0,05	0,175
Radionuklid	Bq/kg	Bq/m^3	Bq/kg	Bq/kg	Bq/m^3	Bq/kg
Be-7	0,20	0,40	0,4	0,24	0,41	0,50
K-40	1,50	2,92	2,7	9,61	18,8	19,3
Mn-54	0,008	0,01	0,017	0,06	0,12	0,13
Co-58	0,02	0,02	0,04	0,04	0,08	0,09
Co-60	0,04	0,07	0,06	0,05	0,08	0,09
Zn-65	0,02	0,02	0,04	0,10	0,19	0,19
Ru-103	0,004	0,005	0,01	0,05	0,09	0,11
Sb-124	0,03	0,04	0,06	0,15	0,28	0,30
Sb-125	0,01	0,01	0,03	0,10	0,16	0,20
I-131	0,02	0,03	0,03	0,01	0,02	0,02
Cs-134	0,04	0,04	0,08	0,03	0,05	0,05
Cs-137	0,02	0,04	0,05	0,01	0,02	0,24
Bi-214	0, 11	0,10	0,2	0,80	1,34	1,90
Ra-228	0, 20	0,07	0,6	1,00	1,80	2,02
Ra-226	0,11	0,10	0,2	0,80	1,34	1,90
U-238	1,40	2,30	2,8	5,91	10,4	9,74
Am-241	0,002	2,30	0,008	0,06	0,06	0,01

* Spodnje meje detekcije se lahko spreminjajo v odvisnosti od razmer pri meritvah (števni čas, masa, statistične fluktuacije sevanja ipd.).

Reference:

[xxiii] SUK PS 5.4/1, Gama spektrometrijska određivanja, Institut Ruđer Bošković, izdaja 11, 2016 in izdaja 12, 2018

[xxiv] SUK RU 5.4/1-1, Gama spektrometrijska određivanja, Institut Ruđer Bošković, izdaja 13, 2016 in izdaja 14, 2018

[xxv] SUK PS 5.4/7, Izračun mjerne nesigurnosti, izdaja 01, 2013

b) RADIOKEMIČNA ANALIZA Sr-90/Sr-89

Princip določanja stroncija v okoljskih vzorcih (voda, hrana in krma, tla in sedimenti) temelji na raztapljanju vzorca v ustreznih raztopinah in uporabi ionskih izmenjevalcev [xxvi, xxvii]. Radiokemična separacija temelji na ločitvi stroncija od kalcija na koloni, napolnjeni z anionskim izmenjevalcem Amberlite CG-400 in raztopino 0,25 M HNO_3 v metanolu [xxviii]. Izkoristek separacije določimo gravimetrično s tehtanjem oborine $SrCO_3$. 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 $SrCO_3$ izmerimo aktivnost obeh, Sr-89 in Sr-90; iz meritve Y-90 pa določimo aktivnost Sr-90.

Natančni postopek določanja Sr-90/Sr-89 z beta štetjem je opisan v sistemskem postopku PS 5.4/2 [xxix] in v delovnih navodilih RU 5.4/2-1/ [xxx], izračun merilne negotovosti pa je opisan v PS 5.4/2 in PS 5.4/7 [xxix, xxv].

Reference:

[xxvi] IAEA, Technical Reports Series No. 295, Measurement of radionuclides in food and the

environment, 1989
[xxvii] 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
[xxviii] Grahek Ž. et al, Improved methods for the radioactive strontium determination, Journal Radioanal. Nucl. Chem., 242 (1999), 33–40
[xxix] SUK PS 5.4/2, Određivanje ^{89,90}Sr, Institut Ruđer Bošković, izdaja 08, 2013 in izdaja 09, 2018
[xxx] SUK RU 5.4/2-1/, Određivanje ^{89,90}Sr, Institut Ruđer Bošković, izdaja 12, 2016 in izdaja 13, 2018

c) RADIOKEMIČNA ANALIZA H-3

Tritij določamo v zračnih izpustih in v vodnih vzorcih po postopkih, ki so natančno opisani v referencah [xxxi–xxxv]. Vzorec vode se predestilira z dodatkom $KMnO_4$. 250 mL destilirane vode se elektrolitsko obogati. Koncentracijo H-3 določamo tako, da merimo 7 mL vodne raztopine, ki smo ji dodali 13 mL scintilatorja (ULTIMA GOLD) v polietilenski plastični posodici volumna 20 mL (Low diffusion plastic vial), na scintilacijskem števcu Liquid scintillation Analyser TriCarb 3180 TR/SL (Perkin Elmer). Ozadje je nižje od 3 sunkov na minuto. Izkoristek določamo z uporabo certificiranih "quench" standardov H-3 (Perkin Elmer).

Reference:

[xxxi] Reference Manual TRI-CARB Liquid Scintillation Analyzer, Model 3180 TR/SL Series, Perkin Elmer, 2011
[xxxii] IAEA, Technical Reports Series No. 295, Measurement of radionuclides in food and the environment, 1989
[xxxiii] SUK PS 5.4/7, Izračun mjerne nesigurnosti, izdaja 01, 2013
[xxxiv] SUK PS 5.4/3, Određivanje tritija, Institut Ruđer Bošković, izdaja 08, 2013 in izdaja 09, 2018
[xxxv] SUK RU 5.4/3-1/, Određivanje tritija, Institut Ruđer Bošković, izdaja 10, 2016

č) DOLOČANJE Fe-55

Fe-55 se določa z izolacijo Fe-55 na koloni, napolnjeni s smolo TRU. Podrobnosti so opisane v sistemskem postopku PS 5.4/4 in delovnem navodilu RU 5.4/4-1 [xxxvi, xxxvii]. Aktivnost Fe-55 v vzorcih se izmeri s spektrometrom Liquid Scintilation Spectrometra TriCarb 3180 TR/SL (Perkin Elmer). Aktivnost se izračuna iz dobljenega neto števila sunkov in izkoristka, ki se določi iz spektralnega indeksa iz "quench-krivulje" ter izkoristka izolacije, dobljenega z merjenjem koncentracije Fe z AAS Perkin Elmer AAnalyst 400. Postopek določanja aktivnosti in merske negotovosti je opisan sistemskih postopkih in delovnih navodilih PS 5.4/4, RU 5.4/4-1 ter v referencah [xxxviii, xxxix].

Reference:

[xxxvi] SUK PS 5.4/4, Određivanje ^{55}Fe, Institut Ruđer Bošković, izdaja 08, 2013 in izdaja 09, 2018
[xxxvii] SUK RU 5.4/4-1/, Određivanje ^{55}Fe, Institut Ruđer Bošković, izdaja 11, 2016 in izdaja 12, 2017
[xxxviii] 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
[xxxix] Ž. Grahek, M. Rožmarić, Isolation of iron and strontium from liquid samples and the determination of ^{55}Fe and ^{89,90}Sr in liquid radioactive waste, Analytica Chimica Acta, 511

(2004), 339–348

d) TERMOLUMINISCENČNA DOZIMETRIJA

Meritve zunanje doze na 10 lokacijah na Hrvaškem so opravljene s termoluminiscenčnimi (TLD) in radiofotoluminescentnimi (RPL) dozimetri. Rezultati so obdelani skladno s postopkom *PS 5.4/1 Mjerenje doze u okolini TLD i RPL dozimetrima*.

Vsi dozimetri TL in RPL so kalibrirani v laboratoriju za sekundarne dozimetrične standarde (SSDL) na Institutu Ruđer Bošković. Laboratorij je opremljen skladno s priporočili mednarodne agencije za atomsko energijo MAAE in ima opremo za vzdrževanje sledljivosti dozimetričnih veličin v skladu z mednarodnimi standardi.

Za kalibracijo se uporablja oprema Hopewell Designs, Inc., ZDA in vir Cs-137 (serijska št. 1234, februarja 2004 je bila aktivnost vira 740 GBq). Hitrost doze v polju kalibracijskega vira Cs-137 je določena z referenčno ionizacijsko celico LS-01 (PTW 32002) in/ali LS – 10 (PTW 32003), ki sta bili umerjeni maja 2017 v dozimetričnem laboratoriju MAAE z meroslovno sledljivostjo k BIPM. Hitrost doze je izmerjena v enotah kerma v zraku ter preračunana v enote H*(10) v skladu s standardom ISO 4037. Umerjanje se izvaja skladno s standardom *IAEA SRS 16:2000, Calibration method 4.*

e) RADIOKEMIČNA ANALIZA C-14

Radiokemijsko analizo ogljika C-14 opravlja *Laboratorij za mjerenje niskih radioaktivnosti, Zavod za eksperimentalnu fiziku*, IRB.

Ogljik C-14 v biološkem materialu

Biološki vzorci se sušijo v sušilniku pri 100 °C, nato se karbonizirajo 15 min pri temperaturi 600 °C v peči brez prisotnosti zraka. Karbonizirani vzorci se žgejo v toku prečiščenega kisika v posebni, predhodno izčrpani stekleni aparaturi. Nastali CO_2 iz vzorca se absorbira v zmesi Carbosorba®E (10 mL) in Permafluora®E (10 mL) [xl–xliii]. Masa absorbiranega CO_2 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 CO_2, je 2,5 pMC. Skupna merilna negotovost je okoli 3,5 pMC za posamezno meritev oziroma 2,5 pMC za dve ponovitvi.

Ogljik C-14 v atmosferskem CO_2

Atmosferski CO_2 se zbira na dveh lokacijah znotraj ograje NE Krško. Vzorčevalnik je sestavljen iz plitve plastične posode s površino 3–4 dm^2, kamor se vlije 100 mL zasičene raztopine NaOH. Na_2CO_3, ki se zbere v vzorčevalniku, se v laboratoriju v posebni stekleni aparaturi raztaplja z reakcijo s HCl v inertni dušikovi atmosferi. Tako dobljen CO_2 se uporabi za pripravo benzena [xl-xliii]. 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 ^{14}C se kontrolira čistoča vzorca z meritvijo SQP-parametra (SQP = Standard Quench Parameter), s katerim se opravi korekcija zaradi dušenja. Najniža aktivnost ^{14}C, ki jo lahko določimo v vzorcih benzena, je 0,12 pMC, skupna merilna negotovost za vzorce iz okolja pa je 0,5 pMC.

Reference:

[xl] N. Horvatinčić, J. Barešić, I. Krajcar Bronić, B. Obelić, Measurements of low ^{14}C activities in a liquid scintillation counter in the Zagreb Radiocarbon Laboratory. Radiocarbon 2004; 46/1:105–116

[xli] J. Barešić, I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, B. Obelić, Mjerenje niskih ^{14}C aktivnosti uzoraka u obliku benzena u tekućinskom scintilacijskom brojaču. U: V. Garaj - Vrhovac, N. Kopjar, S. Miljanić, ur. Zbornik radova Šestog simpozija Hrvatskog društva za zaštitu od zračenja; 18.–20. travnja 2005; Stubičke Toplice, Hrvatska. Zagreb: HDZZ; 2005, 158–163

[xlii] J. Barešić, I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, B. Obelić, Mjerenje niskih ^{14}C aktivnosti uzoraka pripremljenih metodom apsorpcije CO_2. U: I. Krajcar Bronić, S. Miljanić, B. Obelić, ur. Zbornik radova Petog simpozija Hrvatskog društva za zaštitu od zračenja; 9.–11. travnja 2003; Stubičke Toplice, Hrvatska. Zagreb: HDZZ; 2003, 267–272

[xliii] I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, J. Barešić, B. Obelić, . Measurement of ^{14}C activity by liquid scintillation counting. Applied Radiation and Isotopes 2009;. 67:800–8

ZAVOD ZA VARSTVO PRI DELU

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 ugotavljanja stroncija je akreditirana od februarja 2009 dalje pri Slovenski akreditaciji (SA) pod zaporedno številko LP-032.

Celovito poročilo z oznako LMSAR-98/2018-PJ o vseh meritvah, opravljenih na ZVD v okviru pogodbe št. 3152313 z dne 29. 12. 2015 in napisano v skladu z zahtevami standarda SIST EN ISO/IEC 17025:2005, smo izdali ločeno. En izvod tega poročila smo poslali naročniku, po en izvod pa arhivirali na ZVD in IJS.

a) VISOKOLOČLJIVOSTNA SPEKTROMETRIJA GAMA

Omenjena metoda je v laboratoriju LMSAR podrobno opisana v dokumentu DP-LMSAR-09, in sicer v petih sklopih: energijska kalibracija, izkoristek detektorja, izračun lokacije in ploščine vrha, identifikacija radionuklida ter izračun specifične aktivnosti in merilne negotovosti rezultata. Vse naštete 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 treshold 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	10 000
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 predstavljeni v naslednjih internih delovnih postopkih:

- Vzorčenje, pakiranje, pošiljanje vzorcev iz biosfere, hrane in drugih bioloških vzorcev (DP-LMSAR-02)
- Priprava bioloških in nebioloških vzorcev za gamaspektrometrično in radiokemično analizo (DP-LMSAR-03)
- Opis metode za določitev aktivnosti Sr-89/90 v vzorcih iz okolja (DP-LMSAR-4.01)
- Kemijska obdelava vzorcev in merjenje aktivnosti Sr-89/90 (DP-LMSAR-4.02)
- Izračun specifične aktivnosti Sr-89/90 in merilna negotovost (DP-LMSAR-4.03)
- Zagotavljanje kakovosti meritev aktivnosti Sr-89/90 (DP-LMSAR-4.04)
- Določitev specifične aktivnosti I-131 v mleku (DP-LMSAR-16)
- Kalibracija beta števca za določitev specifične aktivnosti I-131 (DP-LMSAR-18)

Sledljivost rezultatov je dosežena z redno kalibracijo instrumentov BERTHOLD LB770 in PROTEAN INSTRUMENTS CORPORATION MDS MPC-9604 s standardnimi raztopinami proizvajalca Amersham, QSA Global ali PTB. Postopek kalibracije je opisan v delovnih postopkih DP-LMSAR-4.03 in DP-LMSAR-18.

TABELARIČNI ZAPISI MERITEV

Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10) določa zasnovo programa nadzora radioaktivnosti, načina in obsega nadzora radioaktivnosti okolja ter obratovalnega nadzora radioaktivnosti, vrste meritev ter metode vzorčevanja in merjenja radioaktivnosti, kakovost merilne opreme radioaktivnosti, način rednega obveščanja javnosti o rezultatih merjenja radioaktivnosti ter obseg in način priprave in sprejema programov izvajanja nadzora radioaktivnosti. Program nadzora radioaktivnosti je določen v skladu z Direktivo Sveta 96/29/EURATOM z dne 13. maja 1996 o določitvi temeljnih varnostnih standardov za varstvo zdravja delavcev in prebivalstva pred nevarnostmi zaradi ionizirajočega sevanja (Ur. l., št. 159, z dne 29. 6. 1996, str. 1), Priporočilom komisije 2000/473/EURATOM z dne 8. junija 2000 o uporabi členov 35 in 36 Pogodbe Euratom o nadzoru stopnje radioaktivnosti v okolju za namene ocenjevanja izpostavljenosti prebivalstva kot celote (Ur. l. št. 191, z dne 27. 7. 2000, str. 37) in Priporočilom komisije 2004/2/EURATOM z dne 18. decembra 2003 o standardiziranih podatkih o atmosferskih in tekočinskih radioaktivnih izpustih v okolje iz reaktorjev jedrskih elektrarn in obratov za predelavo med normalnim obratovanjem (Ur. l. št. 2, z dne 6. 1. 2004, str. 36).

V Priporočilu komisije 2004/2/EURATOM se kot vodilo za poročanje merskih izidov omenja standard *Determination of the characteristic limits (decision threshold, detection limit and limits of the confidence interval) for measurements of ionizing radiation - Fundamentals and application* (ISO 11929:2010). Pri tem je posebna pozornost namenjena poročanju merskih rezultatov v bližini meje detekcije oziroma meje kvantifikacije.

Poleg omenjenih priporočil komisije se s poročanjem in ocenjevanjem izpostavitve prebivalcev notranjemu in zunanjemu ionizirajočemu sevanju ter negotovosti ukvarja skupina MODARIA pod pokroviteljstvom MAAE (IAEA). Delovna skupina *Working Group (WG) 5 - Uncertainty and variability analysis for assessments of radiological impacts arising from routine discharges of radionuclides*, katere člani so tudi sodelavci Odseka F2, se posebej ukvarja z oceno negotovosti doze ionizirajočega sevanja pri nadzoru radioaktivnosti. Delo je bilo končano s skupno objavo v znanstveni reviji (B. Zorko, M. Korun, J. C. M. Canadas, V. Nicoulaud Gouin, P. Chyly, A. M. Blixt Buhr, C. Lager, K. Aquilonius and P. Krajewski, *Systematic influences of gamma-ray spectrometry data near the decision treshold for radioactivity measurements in the environment*, Journal of Environmental Radioactivity, 158–159 (2016), 119–128).

Izmerki v tabelah in posredno v preglednicah so zapisani po naslednjih pravilih:

1. Specifične aktivnosti sevalcev gama pri enkratno odvzetih vzorcih so preračunane na datum vzorčevanja.

   Specifične aktivnosti sevalcev gama pri kontinuirano zbiranih vzorcih so izračunane pri predpostavki, da sta bili hitrost zbiranja vzorca in kontaminacija konstantni v času vzorčevanja.

2. Pri IJS so rezultati meritev z visokoločljivostno spektrometrijo gama izraženi kot neposredni merski rezultati, $y \pm u(y)$, pri čemer je $u(y)$ združena standardna negotovost specifične aktivnosti in se nanaša na interval zaupanja z 68-odstotno zanesljivostjo (faktor pokritja $k = 1$).

   Združena standardna negotovost pri rutinskih meritvah na visokoločljivostni spektrometriji gama vključuje statistično negotovost števila sunkov v vrhovih v spektru, negotovost metode določanja števila sunkov v vrhovih, ozadja, umeritve spektrometra, jedrskih podatkov in količine vzorca. Negotovosti, ki izvirajo iz vzorčevanja, razen količine vzorca, niso upoštevane.

   Pri radiokemičnih meritvah vsebuje merska negotovost statistično negotovost meritve (negotovost tipa A) in druge ocenjene negotovosti tipa A in B, ki sledijo iz postopka in so bolj ali manj za določen postopek stalne. Negotovost tipa A ovrednotimo s statističnimi metodami, medtem ko negotovosti tipa B ovrednotimo s kritično presojo podatkov.

   Poročane negotovosti so izračunane v skladu z vodili GUM (2008).

3. Pri IRB so primarni rezultati meritev z visokoločljivostno spektrometrijo gama izraženi kot $y \pm U(y)$, kjer je $U(y) = k \cdot u(y)$ razširjena merska negotovost s faktorjem pokritja $k = 2$. Če je

$U(y) \geq 0{,}9\ y$, se pojmuje, da je rezultat pod mejo kvantifikacije in rezultat meritve ni zapisan v tabeli. Na isti način so poročani tudi rezultati meritev Sr-90 in H-3. Ta način poročanja o rezultatih se nanaša na nizke aktivnosti, ki se določajo v bližini meje kvantifikacije (< 5 Bq/kg za Cs-137).

4. Če je pri detektirani prisotnosti radionuklida negotovost aktivnosti večja od 80 % vrednosti izmerka, poročamo o neposrednem merskem rezultatu, ki ga označimo z znakom "‡", pod tabelo pa dopišemo, da gre za merski rezultat pod mejo kvantifikacije; v prejšnjih poročilih se je vrednost izmerka prištela k razširjeni negotovosti ($k = 2$), rezultat pa smo označili kot manjši (<) od dobljene številčne vrednosti.
5. V tabele ne pišemo spodnjih **detekcijskih mej**, ki so ocenjene iz velikosti ozadja, verjetnosti za detekcijo in količine vzorca.

   O spodnji meji aktivnosti se zaradi visoke detekcijske meje poroča za Pb-210, ki je zaradi visokega doznega faktorja pomemben 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)* se številska vrednost spodnje meje aktivnosti pri danih razmerah pri meritvi nanaša na interval zaupanja s 95 % zanesljivostjo.

   Kadar se poroča o meji detekcije (največkrat pri Pb-210, H-3, Sr-90 itd.), se na podlagi priporočila Evropske komisije (*European Commission recommendation on standardized in formation on radioactive airborne and liquid discharges into the environment from nuclear power reactors and reprocessing plants in normal operation*, Euratom Off. J. Eur. Union. 2004; str. L2:32; odstavka 6 in 7) v tabelah upošteva 1/4 meje detekcije kot predpostavljena vrednost. Te vrednosti ne podajamo s pripadajočo negotovostjo, v tabelah pa so označene z znakom "†". Zaradi tega tudi negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajamo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo (tj. upoštevamo stresanje vrednosti). Takšni zapisi so v tabelah označeni z "x". Na ta način smo poenotili tudi merske izide vseh sodelujočih organizacij in odsekov: IJS-F2, IJS-O2, IRB in ZVD.

   Pri drugih nedetektiranih radionuklidih zaradi preglednosti njihove spodnje meje aktivnosti v tabele ne pišemo. Pri izračunih mesečnih povprečij se prazna polja upoštevajo kot ničle.

6. Pri računu doz za neko časovno obdobje T (npr. dan, mesec, leto) predpostavljamo, da poteka vnos medija (npr. vode, zraka) v organizem s stalno hitrostjo $\frac{\mathrm{d}V}{\mathrm{d}t} = \dot{V} = konst.$ Ta predpostavka nam omogoča, da v organizem vneseno aktivnost A posameznih radionuklidov izrazimo s:
   - ! časovnim integralom specifične aktivnosti (s časovnim integralom koncentracije aktivnosti) ali s
   - ! povprečno specifično aktivostjo v obdobju T, ki je enaka specifični aktivnosti sestavljenega vzorca, zbranega v obobju T.

   Velja namreč:

$$A/(\mathrm{Bq}) = \int_0^T \dot{V}/(\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{s}}) \cdot a(t)/(\frac{\mathrm{Bq}}{\mathrm{m}^3}) \cdot \mathrm{d}t/(\mathrm{s}) = \left(\dot{V} \cdot T\right) \frac{1}{T} \int_0^T a(t) \cdot \mathrm{d}t = V_T \cdot \langle a(t) \rangle = V_T \cdot a_T$$

   kjer sta $V_T = \left(\dot{V} \cdot T\right)$ v času T vnesena količina (volumen) medija v organizem in $\langle a(t) \rangle = a_T$ povprečna specifična aktivnost v obdobju T, ki je enaka specifični aktivnosti sestavljenega vzorca a_T, zbranega iz enako velikih delnih vzorcev (volumnov) v obdobju T. To je primer kontinuirnega vzorčevanja vzorcev reke Save, saj se vzorec zbira dnevno, meritev sestavljenega vzorca pa je le enkrat mesečno. S takšnim načinom vzorčevanja in periode izvajanja meritev lahko izgubimo informacijo o morebitnih izpustih iz opazovanega objekta. Res je, da kontinuirno zbiranje vzorca v Brežicah omogoča retrospektivno analizo za tri dni nazaj, medtem ko vzorčevanje reke Save v Krškem tega ne omogoča.

   Če bi vzorec torej samo zbirali v obdobju T (npr. vse leto), bi bila a_T letna povprečna specifična aktivnost po eni sami meritvi za zbrani vzorec. Ker pa vzorec zbiramo in merimo periodično (npr.

mesečno), potem je letna aktivnost *A* letna vsota (integral) obdobnih (npr. mesečnih) specifičnih aktivnostih *a(t)*. Ob predpostavki, da je vnos v organizem konstanten, potem sicer lahko govorimo o letni aritmetični srednji vrednosti (navadno ali neuteženo povprečje) specifične aktivnosti, vendar pa se je treba zavedati, da gre za letno vsoto obdobnih specifičnih aktivnosti, deljeno s številom meritev.

Program nadzora radioaktivnosti v nekem mediju mora tako omogočati dovolj dobro retrospektivno sliko v nekem obdobju, zato samo zbiranje vzorca v daljšem obdobju in redke meritve niso pokazatelj dobrega nadzora radioaktivnosti.

Slednja enakost velja tudi za diskretno zbiranje sestavljenega vzorca, ko v enakih časovnih presledkih (v obdobju *T*) naberemo *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* = 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.

7. Ocena negotovosti oziroma stresanja letne doze:

Letna efektivna doza E_j *j*-tega radionuklida je sorazmerna z mesečno aritmetično srednjo vrednostjo obdobnih specifičnih aktivnosti (navadno ali neuteženo povprečje) in porabi (ventiliran zrak, masa popite vode ali zaužite hrane itd.):

$$(E)_j = h(g)_{j,\text{ing},\text{inh}} \cdot V_{\text{leto}} \cdot \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} \left(a_{\text{mes},i}\right)_j$$

kjer je $h(g)_{j,\text{ing},\text{inh}}$ predvidena efektivna doza na enoto vnosa *j*-tega radionuklida zaradi zaužitja ali vdihavanja, izražena v Sv/Bq.

Relativna negotovost mesečne efektivne doze *j*-tega radionuklida je potem:

$$\frac{(\delta E_{\text{mes}})_j}{(E_{\text{mes}})_j} = \sqrt{\left(\frac{\delta h(g)_{j,\text{ing},\text{inh}}}{h(g)_{j,\text{ing},\text{inh}}}\right)^2 + \left(\frac{\delta V_{\text{mes}}}{V_{\text{mes}}}\right)^2 + \left(\frac{\delta (a_{\text{mes}})_j}{(a_{\text{mes}})_j}\right)^2}$$

Oziroma negotovost letne efektivne doze, sešteta po vseh radionuklidih, je:

$$\delta E = \sqrt{\sum_{j,\text{mes}} \left(\delta E_{\text{mes}}\right)_j^2}$$

Letno efektivno dozo za določeno prenosno pot zapišemo potem kot $E \pm \delta E$. Stresanje mesečnih merskih rezultatov pa lahko zapišemo kot:

$$\Delta E = \sqrt{\sum_j \frac{\sum_{\text{mes}} (E_{\text{mes}} - E)_j^2}{11}}$$

Pri čemer je ta vrednost zapisana ločeno, brez predznaka ±.

8. Ocena negotovosti mesečne aritmetične srednje vrednosti, ali krajše mesečnega povprečja specifične aktivnosti (koncentracije aktivnosti) $\overline{a}_{\text{leto},\,j}$ za *j*-ti radionuklid v določenem letu:

   $\overline{a}_{\textbf{leto},\,j} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} a_{i,j}$, kjer je *N* število meritev v enem letu (*i* = 1…N).

   Obdobni neposredni rezultat meritve *j*-tega radionuklida (mesečno, trimesečno itd.) se podaja kot:

   $a_{i,j} \pm \delta a_{i,j}$

   kjer je $a_{i,j}$ izmerjena vrednost, $\delta a_{i,j}$ pa njena negotovost.

   Apriorna negotovost povprečja (aritmetične sredine) specifične aktivnosti (koncentracije aktivnosti) $\delta\,\overline{a}_{\text{leto},\,j}$ za *j*-ti radionuklid v določenem letu:

   $$\delta\overline{a}_{\text{leto},\,j} = \frac{1}{N}\sqrt{\sum_i \left(\delta\, a_i\right)_j^{\,2}}$$

   Standardna deviacija $\sigma_{\text{leto},\,j}$ ali stresanje obdobnih merskih rezultatov za *j*-ti radionuklid v določenem letu:

   $\sigma_{\text{leto},\,j} = \sqrt{\frac{\sum_i \left(a_i - \overline{a}_{\text{leto}}\right)_j^{\,2}}{N-1}}$; excelova funkcija "STDEV"

   Aposteriorna negotovost povprečja (aritmetične srednje vrednosti) specifične aktivnosti (koncentracije aktivnosti) $\delta\,\overline{a}_{\text{leto},\,j}$ zaradi stresanja podatkov v določenem letu:

   $\delta\overline{a}_{\text{leto},\,j} = \sqrt{\frac{\sum_i \left(a_i - \overline{a}_{\text{leto}}\right)^2}{N(N-1)}}$; excelova funkcija "STDEV" deljeno s korenom iz števila meritev

   Negotovost letne vsote useda *j*-tega radionuklida, $\delta a_{\text{used, leto},\,j}$ pa podajamo kot:

   $$\delta a_{\text{used, leto},\,j} = \sqrt{\sum_i \left(\delta a_{\text{used},\,i}\right)_j^{\,2}}$$

9. Pri evalvaciji podatkov se za mesečno povprečje (aritmetično srednjo vrednost) specifične aktivnosti (koncentracije aktivnosti) $\overline{a}_{\text{leto},\,j}$ za *j*-ti radionuklid v določenem letu uporabljata zapisa:

   i) ($\overline{a}_{\text{leto},\,j} \pm \delta\overline{a}_{\text{leto},\,j}$) v primeru uporabe apriorne negotovosti povprečja (aritmetične srednje vrednosti)

   ii) ($\overline{a}_{\text{leto},\,j}$; $\delta\overline{a}_{\text{leto},\,j}$) v primeru uporabe aposteriorne negotovosti povprečja (aritmetične srednje vrednosti) zaradi stresanja merskih podatkov

10. Aktivnost Ra-226 je določena iz aktivnosti kratkoživih radonovih potomcev (Pb-214 in Bi-214). Faktor, ki opisuje ravnovesje med radijem in radonovimi potomci, izračunamo iz ekshalacije in časovnega intervala med pripravo in meritvijo vzorca.

11. Aktivnost urana je določena pri predpostavki, da je U-238 v ravnovesju s potomci Th-234 in Pa-234m ter da sta koncentraciji izotopov U-235 in U-238 v naravnem razmerju.

12. Notranje doze so izračunane iz vsebnosti radionuklidov v mediju, doznih faktorjev in iz predpostavljene porabe hrane, vode ali frekvence vdihovanja zraka. Negotovosti doz so izračunane iz negotovosti vsebnosti radionuklidov, povprečenih preko celega leta. Negotovosti porabe in doznih faktorjev v negotovostih doz niso upoštevane.

13. Označba Sr-90/Sr-89 pomeni, da ni bila narejena analiza na Y-90. Ločitev za Y-90 se izvede samo v primerih, ko iz ponovitve meritve Sr-90/Sr-89 ugotovimo, da je izmerjena hitrost štetja manjša od predhodno določene in je ta razlika hitrosti štetja posledica radioaktivnega razpada Sr-89.

SEZNAM TABEL MERITEV IZ PROGRAMA IMISIJSKIH MERITEV

OBRATOVALNI MONITORING RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NEK

	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
vrtina E1 v NEK	T – V1	M–21
vrtina 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 RORE	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

*) Meritve iz lastne raziskovalne dejavnosti, ki niso bile financirane iz programov nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju RS ali NEK

7. ZRAK – zračni jod ter aerosoli
– izotopska analiza sevalcev gama

PREGLED MERITEV JODA V ZRAKU	T – 43	M–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	T – 56	M–63
Izračun razredčitvenih in depozicijskih koeficientov po Lagrangeevem modelu (MEIS storitve za okolje)		M–68

9. ZEMLJA – enkratni vzorci
– izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89

GMAJNICE – neobdelana zemlja	T – 57	M–70
KUSOVA VRBINA – neobdelana zemlja	T – 59	M–72
AMERIKA – neobdelana zemlja	T – 60	M–74

10. MLEKO – enkratni oz. sestavljeni mesečni vzorci
– izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90 in I-131

PESJE	T – 61	M–78
VIHRE	T – 62	M–79
BREGE	T – 63	M–80
PESJE, VIHRE, BREGE (I-131)	T – 64	M–81

11. SADJE – enkratni vzorci
– izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89

JABOLKA	T – 65	M–81
HRUŠKE	T – 66	M–82
JAGODE	T – 67	M–82
RDEČE IN BELO GROZDJE TER ŠIPEK	T – 68	M–83

*) Iz programa nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju RS

12. POVRTNINE IN POLJŠČINE – enkratni vzorci
– izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89

BLITVA, SOLATA, FIŽOL V ZRNJU, KUMARE	T – 69	M–83
JAJČEVCI, OHROVT, LISTI PETERŠILJA, KORENJE	T – 70	M–84
ČEBULA, KROMPIR, JEČMEN, BUČKE	T – 71	M–84
PARADIŽNIK, POR, ZELJE, PAPRIKA	T – 72	M–85
FEFERONI, KORUZA, PŠENICA, RDEČA PESA	T – 73	M–85

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–86
SVINJSKO, GOVEJE IN DIVJAČINSKO MESO	T – 75	M–86

OBRATOVALNI MONITORING RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NEK ZARADI HE BREŽICE

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

HE BREŽICE, nad jezom	T – HE 1, 2	M–88

1. REKA SAVA - sestavljeni mesečni vzorci filtrirane vode
– izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3

HE BREŽICE, levi breg	T – HE 3	M–89
HE BREŽICE, desni breg	T – HE 4	M–89

1. REKA SAVA – enkratni vzorci nefiltrirane vode
– izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 in H-3

HE BREŽICE, nad jezom	T – HE 5	M–90
HE BREŽICE, nadomestni habitat NH1	T – HE 6	M–90

2. REKA SAVA – sedimenti
– izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89

HE BREŽICE, nad jezom	T – HE 7	M–91
HE BREŽICE, levi breg	T – HE 8	M–92
HE BREŽICE, desni breg	T – HE 9	M–92

2. REKA SAVA – vodna biota – ribe
– izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89

HE BREŽICE, nad jezom	T – HE 10	M–93
KRŠKO	T – HE 11	M–93

3. PODTALNICA – enkratni vzorci vode
specifična analiza H-3

vrtina VOP-1	T – HE 12	M–94
vrtina V-12/77	T – HE 13	M–94
vrtina V7/77	T – HE 14	M–94

TABELE REZULTATOV PRIMERJALNIH MERITEV M–95

1. VODA - REKA SAVA

VODA - SESTAVLJENI MESEČNI VZORCI
VODA - ENKRATNI VZORCI

2. SEDIMENTI
VODNA BIOTA – RIBE

LETO 2018 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	
Kol. vzorca (L)	137,30	139,57	141,05	**144,20**	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Pretok (m^3/s)	296,1	228,5	113,6	182,9	
Oznaka vzorca	NEKVKKK118	NEKVKKK218	NEKVKKK318	NEKVKKK418	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)				
U-238	4,3E+00 ± 3E-01	5,6E+00 ± 6E-01	3,8E+00 ± 1E+00	3,0E+00 ± 1E+00	4,2E+00 ± 5E-01
Ra-226	5,8E-01 ± 5E-02	1,1E+00 ± 1E-01	1,1E+00 ± 9E-01 ‡	9,8E-01 ± 1E-01	9,4E-01 ± 2E-01
Pb-210	3,8E+00 ± 4E-01	1,3E+01 ± 2E+00	6,7E+00 ± 9E-01	3,0E+01 ± 3E+00	1,3E+01 ± 8E-01
Ra-228	7,0E-01 ± 8E-02	7,9E-01 ± 2E-01	1,2E+00 ± 2E-01	1,8E+00 ± 3E-01	1,1E+00 ± 1E-01
Th-228	3,5E-01 ± 9E-02			4,4E-01 ± 3E-01	2,0E-01 ± 8E-02
Th-230					
K-40	3,3E+01 ± 2E+00	3,6E+01 ± 2E+00	4,9E+01 ± 3E+00	4,1E+01 ± 3E+00	4,0E+01 ± 1E+00
Be-7	1,4E+01 ± 8E-01	6,2E+01 ± 2E+00	6,8E+01 ± 3E+00	1,4E+02 ± 5E+00	7,2E+01 ± 2E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	9,9E-02 ± 3E-02	7,8E-02 †	1,2E-01 †	3,2E-01 ± 9E-02	1,5E-01 ± 6E-02 x
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,4E+00 ± 2E-01	1,9E+00 ± 2E-01	1,4E+00 ± 4E-01	1,0E+00 ± 2E-01	1,4E+00 ± 1E-01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 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	
Kol. vzorca (L)	144,00	145,60	147,20	147,20	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Susp. snov (g)	1,156	1,840	1,041	0,878	
Oznaka vzorca	NEKFKKK118	NEKFKKK218	NEKFKKK318	NEKFKKK418	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)				
U-238	8,0E-01 ± 2E-01				2,0E-01 ± 5E-02
Ra-226			1,9E-01 ± 8E-02	2,4E-01 ± 1E-01	1,1E-01 ± 4E-02
Pb-210	1,8E-01 ± 2E-01 ‡		7,9E-01 ± 7E-01 ‡	1,2E+00 ± 8E-01	5,4E-01 ± 3E-01
Ra-228	2,0E-01 ± 5E-02	3,1E-01 ± 2E-01	8,1E-01 ± 2E-01	2,8E-01 ± 2E-01	4,0E-01 ± 9E-02
Th-228	5,8E-02 ± 4E-02	4,2E-01 ± 2E-01		5,6E-01 ± 2E-01	2,6E-01 ± 6E-02
Th-230					
K-40			1,4E+00 ± 1E+00	3,9E+00 ± 1E+00	1,3E+00 ± 4E-01
Be-7	9,9E-01 ± 2E-01				2,5E-01 ± 5E-02
I-131					
Cs-134					
Cs-137	5,3E-02 ± 1E-02	8,5E-02 †	8,3E-02 †	8,8E-02 †	7,7E-02 ± 8E-03 x
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	< 3,1E-02 †	< 5,1E-02 †	4,8E-01 ± 1E-01	< 6,3E-02 †	1,6E-01 ± 1E-01 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

LETO 2018 T - 1b
1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrirane vode (voda + fina susp. snov)

Specifična analiza H-3 (**)

Vzorč. mesto	Krško						
Datum vzor.	januar	februar	marec	april	maj	junij	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Datum meritve	19. 3. 2018	25. 3. 2018	20. 4. 2018	3. 6. 2018	6. 11. 2018	8. 9. 2018	
Pretok (m^3/s)	313,4	199,9	374,9	342,3	205,1	138,1	
Oznaka vzorca	NEKVKR0118	NEKVKK0218	NEKVKK0318	NEKVKK0418	NEKVKK0518	NEKVKK0618	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
H-3	5,7E+02 ± 8E+01	6,4E+02 ± 9E+01	6,3E+02 ± 8E+01	5,8E+02 ± 6E+01	5,8E+02 ± 9E+01	6,6E+02 ± 9E+01	6,1E+02 ± 3E+01

Vzorč. mesto	Krško						
Datum vzor.	julij	avgust	september	oktober	november	december	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Datum meritve	22. 10. 2018	11. 10. 2018	19. 10. 2018	29. 11. 2018	30. 12. 2018	22. 1. 2019	
Pretok (m^3/s)	114,4	90,0	136,2	143,5	285,2	120,1	
Oznaka vzorca	NEKVKK0718	NEKVKK0818	NEKVKK0918	NEKVKK1018	NEKVKK1118	NEKVKK1218	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
H-3	8,1E+02 ± 9E+01	6,7E+02 ± 9E+01	8,7E+02 ± 9E+01	6,7E+02 ± 9E+01	4,4E+02 ± 9E+01	5,1E+02 ± 9E+01	6,3E+02 ± 2E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na IJS na Odseku O-2.

LETO 2018 T - 4c
1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrskega ostanka (groba susp. snov)

Specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Brežice				
Datum vzor.	januar - marec	april - junij	julij - september	oktober - december	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	233,10	276,86	322,40	273,96	
Susp. snov (g)	2,183	2,676	2,140	3,360	
Oznaka vzorca	NEKFBRK118	NEKFBRK218	NEKFBRK318	NEKFBRK418	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)				
Sr-90	7E-01 ± 7E-02	7,5E-03 †	8,5E-02 ± 5E-02	7,8E-02 ± 2E-02	2,1E-01 ± 2E-01 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 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						
Datum vzor.	januar	februar	marec	april	maj	junij	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	47,80	43,40	47,90	46,60	47,55	46,30	
Pretok (m^3/s)	339,0	223,0	406,0	401,0	232,0	155,0	
Oznaka vzorca	NEKVBR0118	NEKVBR0218	NEKVBR0318	NEKVBR0418	NEKVBR0518	NEKVBR0618	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
U-238		1,8E+00 ± 2E+00 ‡	4,9E+00 ± 2E+00	3,9E+00 6E-01	4,1E+00 ± 1E+00	5,5E+00 ± 1E+00	3,4E+00 ± 5E-01
Ra-226	5,9E-01 ± 2E-01	4,7E-01 ± 3E-01	1,2E+00 ± 3E-01	8,2E-01 ± 1E-01	9,9E-01 ± 2E-01	4,7E-01 ± 2E-01	7,6E-01 ± 9E-02
Pb-210	1,8E+01 ± 2E+00	2,7E+00 ± 2E+00 ‡	5,8E+00 ± 2E+00		2,2E+01 ± 2E+00	9,2E+00 ± 2E+00	9,6E+00 ± 7E-01
Ra-228	2,5E+00 ± 6E-01	1,9E+00 ± 1E+00		1,6E+00 ± 3E-01	1,2E+00 ± 4E-01	2,6E+00 ± 4E-01	1,6E+00 ± 2E-01
Th-228	6,2E-01 ± 3E-01		1,2E+00 ± 5E-01	1,4E+00 ± 2E-01	7,7E-01 ± 4E-01	1,0E+00 ± 4E-01	8,3E-01 ± 1E-01
Th-230					6,4E+01 ± 9E+00		1,1E+01 ± 1E+00
K-40	3,7E+01 ± 3E+00	3,6E+01 ± 4E+00	3,3E+01 ± 4E+00	2,5E+01 2E+00	3,0E+01 ± 3E+00	4,0E+01 ± 3E+00	3,3E+01 ± 1E+00
Be-7	1,9E+02 ± 6E+00		1,4E+01 ± 2E+00	6,2E+00 ± 7E-01	1,6E+02 ± 5E+00	7,1E+01 ± 3E+00	7,3E+01 ± 1E+00
I-131	2,2E+00 ± 5E-01			4,0E+00 ± 3E-01	3,1E+00 ± 1E+00	3,6E+00 ± 4E-01	2,2E+00 ± 2E-01
Cs-134							
Cs-137	1,6E-01 †	2,5E-01 †	1,8E-01 †	1,2E-01 †	1,9E-01 †	1,7E-01 †	1,8E-01 ± 2E-02 x
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,2E+00 ± 5E-01	2,1E+00 ± 3E-01	1,9E+00 ± 2E-01	2,0E+00 ± 2E-01	2,2E+00 ± 3E-01	2,2E+00 ± 2E-01	2,1E+00 ± 1E-01
H-3	2,2E+03 ± 1E+02	3,7E+03 ± 2E+02	3,3E+03 ± 2E+02	2,1E+03 ± 1E+02	9,7E+02 ± 1E+02	1,2E+03 ± 1E+02	2,3E+03 ± 6E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.
(***) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 so bile opravljene na ZVD. Radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na IJS na Odseku O-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T - 4a
1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrskega ostanka (groba susp. snov)

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Brežice						
Datum vzor.	januar	februar	marec	april	maj	junij	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	82,70	64,95	85,45	95,46	91,88	89,52	
Susp. snov (g)	0,907	0,491	0,785	1,182	0,781	0,713	
Oznaka vzorca	NEKFBR0118	NEKFBR0218	NEKFBR0318	NEKFBR0418	NEKFBR0518	NEKFBR0618	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
U-238	2,4E+00 ± 7E-01	3,5E+00 ± 1E+00			4,8E+00 ± 3E-01		1,8E+00 ± 2E-01
Ra-226	8,6E-01 ± 1E-01	1,1E+00 ± 1E-01	3,8E-01 ± 2E-01		1,1E+00 ± 6E-02	4,5E-01 ± 1E-01	6,5E-01 ± 4E-02
Pb-210	5,7E-01 ± 7E-01 ‡			2,4E+00 ± 1E+00		2,2E+00 ± 7E-01	8,6E-01 ± 2E-01
Ra-228	5,9E-01 ± 3E-01	9,9E-01 ± 3E-01	7,6E-01 ± 4E-01		5,5E-01 ± 1E-01	5,0E-01 ± 2E-01	5,7E-01 ± 9E-02
Th-228			2,9E-01 ± 2E-01 ‡	2,4E-01 ± 2E-01 ‡	5,7E-01 ± 1E-01		1,8E-01 ± 6E-02
Th-230							
K-40	5,7E+00 ± 2E+00	1,3E+00 ± 2E+00 ‡	4,3E+00 ± 2E+00	2,2E+00 ± 2E+00			2,3E+00 ± 5E-01
Be-7						1,9E+00 ± 4E-01	3,2E-01 ± 7E-02
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,4E-01 †	1,4E-01 †	1,2E-01 †	7,0E-02 †	6,5E-02 †	1,1E-01 †	1,1E-01 ± 1E-02 x
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T - 3b
1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrirane vode (voda + fina susp. snov)

Vzorč. mesto	Brežice						
Datum vzor.	julij	avgust	september	oktober	november	december	
Kol. vzorca (L)	47,90	48,05	46,40	48,10	46,30	48,05	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Pretok (m^3/s)	130,0	98,0	150,0	152,0	312,0	126,0	
Oznaka vzorca	NEKVBR0718	NEKVBR0818	NEKVBR0918	NEKVBR1018	NEKVBR1118	NEKVBR1218	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
U-238	4,2E+00 ± 2E+00	3,8E+00 ± 2E+00	3,2E+00 ± 2E+00				2,6E+00 ± 4E-01
Ra-226	1,8E+00 ± 2E-01	9,1E-01 ± 3E-01	9,7E-01 ± 2E-01	9,3E-01 ± 3E-01	4,3E+00 ± 3E-01		1,1E+00 ± 7E-02
Pb-210	9,9E+00 ± 2E+00		1,2E+01 ± 2E+00	5,1E+00 ± 2E+00	1,7E+01 ± 2E+00	6,9E+00 ± 2E+00	9,1E+00 ± 5E-01
Ra-228	1,5E+00 ± 5E-01		1,6E+00 ± 5E-01	1,6E+00 ± 5E-01	2,1E+00 ± 4E-01	3,4E+00 ± 5E-01	1,7E+00 ± 1E-01
Th-228	7,7E+00 ± 2E+00				4,5E-01 ± 4E-01 ‡	1,6E+00 ± 4E-01	1,2E+00 ± 2E-01
Th-230							5,3E+00 ± 7E-01
K-40	4,1E+01 ± 4E+00	3,8E+01 ± 5E+00	4,4E+01 ± 3E+00	4,2E+01 ± 4E+00	2,9E+01 ± 3E+00	3,5E+01 ± 3E+00	3,6E+01 ± 1E+00
Be-7	2,1E+02 ± 7E+00	1,9E+01 ± 2E+00	1,9E+02 ± 6E+00	1,8E+01 ± 2E+00	2,0E+02 ± 6E+00	4,0E+01 ± 2E+00	9,3E+01 ± 1E+00
I-131							1,1E+00 ± 1E-01
Cs-134							
Cs-137	2,8E-01 †	3,3E-01 †	2,2E-01 †	2,8E-01 †	2,0E-01 †	1,7E-01 †	2,1E-01 ± 2E-02 x
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,2E+00 ± 5E-01	1,6E+00 ± 5E-01	2,5E+00 ± 5E-01	2,8E+00 ± 6E-01	4,9E+00 ± 1E+00	2,2E+00 ± 4E-01	2,4E+00 ± 1E-01
H-3	1,1E+03 ± 1E+02	7,3E+02 ± 9E+01	1,2E+03 ± 1E+02	8,9E+02 ± 9E+01	8,0E+02 ± 1E+02	5,8E+02 ± 8E+01	1,6E+03 ± 4E+01

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

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.
(***) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 so bile opravljene na ZVD, radiokemijske analize H-3 pa na IJS na Odseku O-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T - 4b
1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrskega ostanka (groba susp. snov)

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Brežice						
Datum vzor.	julij	avgust	september	oktober	november	december	
Kol. vzorca (L)	106,32	114,96	101,12	93,95	88,81	91,20	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Susp. snov (g)	0,604	0,903	0,633	1,191	1,465	0,704	
Oznaka vzorca	NEKFBR0718	NEKFBR0818	NEKFBR0918	NEKFBR1018	NEKFBR1118	NEKFBR1218	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
U-238	1,6E+00 ± 5E-01	1,3E+00 ± 8E-01					1,1E+00 ± 1E-01
Ra-226				1,4E+00 ± 7E-01	9,9E-01 ± 5E-01	3,3E-01 †	5,5E-01 ± 1E-01 x
Pb-210		2,3E+00 ± 7E-01			2,9E+00 ± 1E+00	1,6E+00 †	1,0E+00 ± 3E-01 x
Ra-228	8,5E-01 ± 5E-01			6,8E-01 ± 3E-01	9,1E-01 ± 2E-01		4,9E-01 ± 7E-02
Th-228		2,6E+00 ± 1E+00			4,1E-01 ± 2E-01	6,0E-01 3E-01	3,9E-01 ± 1E-01
Th-230							
K-40			2,5E+00 ± 9E-01	3,3E+00 ± 2E+00	8,7E+00 ± 2E+00	8,5E-01 †	2,4E+00 ± 8E-01 x
Be-7							1,6E-01 ± 4E-02
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,4E-01 †	1,2E-01 †	7,5E-02 †	1,2E-01 †	1,1E-01 †	2,2E-01 †	1,2E-01 ± 1E-02 x
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T - 5a
1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrirane vode (voda + fina susp. snov)

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

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem						
Datum vzor.	januar	februar	marec	april	maj	junij	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzor. (L)	271,80	246,00	271,70	263,60	272,20	263,50	
Pretok (m^3/s)	423,0	286,0	546,0	479,0	264,0	196,0	
Oznaka vzorca	JFV01-18	JFV02-18	JFV03-18	JFV04-18	JFV05-18	JFV06-18	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
U-238	5,5E+00 ± 1E+00	6,2E+00 ± 1E+00	6,0E+00 ± 1E+00	5,1E+00 ± 1E+00	4,3E+00 ± 1E+00	6,0E+00 ± 1E+00	5,5E+00 ± 5E-01
Ra-226	1,6E+00 ± 3E-01	1,6E+00 ± 3E-01	1,5E+00 ± 3E-01	1,4E+00 ± 3E-01	1,6E+00 ± 3E-01	1,6E+00 3E-01	1,5E+00 ± 1E-01
Pb-210							
Ra-228	1,0E+00 ± 4E-01	9,6E-01 ± 4E-01	9,3E-01 ± 4E-01	1,3E+00 ± 5E-01	1,0E+00 ± 4E-01	1,2E+00 ± 5E-01	1,1E+00 ± 2E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	3,6E+01 ± 5E+00	5,0E+01 ± 6E+00	4,0E+01 ± 5E+00	4,0E+01 ± 5E+00	3,8E+01 ± 5E+00	4,9E+01 ± 6E+00	4,2E+01 ± 2E+00
Be-7	2,6E+00 ± 1E+00	2,0E+00 ± 1E+00	2,2E+00 ± 1E+00	5,2E+00 ± 1E+00	4,0E+00 ± 1E+00	4,5E+00 ± 1E+00	3,4E+00 ± 5E-01
I-131		2,6E+00 ± 2E+00	3,4E+00 ± 2E+00	4,9E+00 ± 2E+00	6,0E+00 ± 3E+00	4,2E+00 ± 1E+00	3,5E+00 ± 7E-01
Cs-134							
Cs-137	8,5E-02 ± 7E-02			1,3E-01 ± 7E-02	1,5E-01 ± 6E-02		6,1E-02 ± 2E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,4E+00 ± 2E-01	2,2E+00 ± 2E-01	2,2E+00 ± 2E-01	2,3E+00 ± 2E-01	2,2E+00 ± 2E-01	1,9E+00 ± 2E-01	2,2E+00 ± 8E-02
H-3	1,5E+03 ± 2E+02	3,3E+03 ± 3E+02	4,1E+03 ± 4E+02	1,5E+03 ± 2E+02	7,5E+02 ± 1E+02	7,3E+02 ± 1E+02	2,0E+03 ± 1E+02

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

LETO 2018 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	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzor. (L)	279,00	252,00	279,00	270,00	279,00	270,00	
Susp. snov (g/m^3)	2,0	1,5	2,9	3,6	3,9	4,8	
Oznaka vzorca	JST01-18	JST02-18	JST03-18	JST04-18	JST05-18	JST06-18	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
U-238	1,3E+00 ± 8E-01						2,2E-01 ± 1E-01
Ra-226				7,4E-01 ± 2E-01			1,2E-01 ± 4E-02
Pb-210							
Ra-228						4,1E-01 ± 3E-01	6,8E-02 ± 5E-02
Th-228							
Th-230							
K-40							
Be-7				1,6E+00 ± 8E-01	1,5E+00 ± 1E+00	2,7E+00 ± 1E+00	9,7E-01 ± 3E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137				1,3E-01 ± 6E-02	1,3E-01 ± 7E-02	1,9E-01 ± 9E-02	7,4E-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 (apriorna negotovost).

LETO 2018 T - 5b

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

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

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem						
Datum vzor.	julij	avgust	september	oktober	november	december	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (L)	272,30	272,50	263,90	272,40	273,60	272,50	
Pretok(m^3/s)	171,0	118,0	176,0	168,0	383,0	160,0	
Oznaka vzorca	JFV07-18	JFV08-18	JFV09-18	JFV10-18	JFV11-18	JFV12-18	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
U-238	6,9E+00 ± 1E+00	6,7E+00 ± 1E+00	5,9E+00 ± 1E+00	7,3E+00 ± 1E+00	5,7E+00 ± 1E+00	6,1E+00 ± 1E+00	6,0E+00 ± 4E-01
Ra-226	1,7E+00 ± 3E-01	1,4E+00 ± 3E-01	1,7E+00 ± 3E-01	1,7E+00 ± 3E-01	1,5E+00 ± 3E-01	1,1E+00 ± 3E-01	1,5E+00 ± 9E-02
Pb-210							
Ra-228	1,5E+00 ± 5E-01	1,7E+00 ± 5E-01	9,9E-01 ± 4E-01	1,2E+00 ± 5E-01	1,5E+00 ± 5E-01	1,5E+00 ± 5E-01	1,2E+00 ± 1E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	6,1E+01 ± 7E+00	7,1E+01 ± 8E+00	6,8E+01 ± 8E+00	6,6E+01 ± 8E+00	4,9E+01 ± 6E+00	5,2E+01 ± 7E+00	5,2E+01 ± 2E+00
Be-7	4,9E+00 ± 1E+00	3,1E+00 ± 1E+00	4,2E+00 ± 1E+00	1,7E+00 ± 1E+00	3,1E+00 ± 1E+00	8,5E-01 ± 5E-01	3,2E+00 ± 3E-01
I-131	2,7E+00 ± 1E+00		2,2E+00 ± 1E+00		2,8E+00 ± 1E+00	4,3E+00 ± 9E-01	2,7E+00 ± 4E-01
Cs-134							
Cs-137			1,2E-01 ± 6E-02	1,1E-01 ± 6E-02	8,2E-02 ± 6E-02	1,0E-01 ± 6E-02	6,5E-02 ± 1E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,6E+00 ± 2E-01	1,9E+00 ± 2E-01	2,7E+00 ± 2E-01	2,5E+00 ± 2E-01	2,7E+00 ± 2E-01	2,3E+00 ± 2E-01	2,3E+00 ± 6E-02
H-3	8,6E+02 ± 1E+02	5,5E+02 ± 1E+02	7,1E+02 ± 1E+02	9,5E+02 ± 2E+02	8,0E+01 †	6,9E+02 ± 1E+02	1,3E+03 ± 3E+02 x

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

LETO 2018 T - 6b

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

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem						
Datum vzor.	julij	avgust	september	oktober	november	december	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (L)	279,00	279,00	270,00	279,00	270,00	279,00	
Susp. snov (g/m^3)	6,0	3,3	3,2	10,9	7,9	2,6	
Oznaka vzorca	JST07-18	JST08-18	JST09-18	JST10-18	JST11-18	JST12-18	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
U-238							1,1E-01 ± 6E-02
Ra-226				3,5E-01 ± 2E-01	5,3E-01 ± 2E-01		1,3E-01 ± 3E-02
Pb-210							
Ra-228	4,9E-01 ± 3E-01			7,4E-01 ± 4E-01			1,4E-01 ± 5E-02
Th-228							
Th-230							
K-40	5,5E+00 ± 2E+00			8,1E+00 ± 2E+00	7,8E+00 ± 2E+00	2,1E+00 ± 2E+00 ‡	2,0E+00 ± 4E-01
Be-7	2,6E+00 ± 1E+00	1,9E+00 ± 8E-01	2,2E+00 ± 1E+00	3,0E+00 ± 1E+00	8,8E-01 ± 7E-01		1,4E+00 ± 2E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,1E-01 ± 6E-02		1,6E-01 ± 7E-02	2,1E-01 ± 7E-02	2,6E-01 ± 1E-01	8,8E-02 ± 5E-02	1,1E-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 (apriorna negotovost).

LETO 2018 T - 6a, 6b
1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrskega ostanka (groba susp. snov)

Specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Datum vzor.	januar - marec	april - junij	julij - september	oktober - december	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	810,00	819,00	828,00	828,00	
Susp. snov (g/m³)	1,8	3,4	3,5	5,9	
Oznaka vzorca	JST-I-18	JST-II-18	JST-III-18	JST-IV-18	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)				
Sr-90	2,0E-03 †	2,0E-03 †	2,2E-03 †	1,5E-03 †	1,9E-03 ± 1E-04 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T - 7
1. REKA SAVA – VODA - enkratni vzorci nefiltrirane vode

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

Vzorč. mesto	Krško				
Datum vzor.	26. 3. 2018	11. 6. 2018	12. 9. 2018	15. 11. 2018	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (kg)	43,95	45,00	44,60	44,20	
Oznaka vzorca	RSKKK118	RSKKK218	RSKKK318	RSKKK418	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)				
U-238	2,7E+00 ± 8E-01	1,5E+00 ± 1E+00	3,2E+00 ± 2E+00		1,9E+00 ± 6E-01
Ra-226	1,2E-01 ± 1E-01 ‡	1,4E+00 ± 2E-01	6,1E-01 ± 2E-01	7,8E-01 ± 5E-01	7,3E-01 ± 2E-01
Pb-210	1,6E+00 ± 6E-01	1,2E+01 ± 2E+00	4,0E+00 ± 2E+00	2,1E+01 ± 2E+00	9,5E+00 ± 9E-01
Ra-228	3,0E-01 ± 2E-01	2,0E+00 ± 5E-01	1,3E+00 ± 1E+00 ‡	3,5E+00 ± 6E-01	1,8E+00 ± 4E-01
Th-228		1,7E+00 ± 5E-01	8,7E-01 ± 6E-01		6,4E-01 ± 2E-01
Th-230			1,7E+01 ± 8E+00		4,3E+00 ± 2E+00
K-40	2,1E+01 ± 2E+00	5,0E+01 ± 4E+00	5,3E+01 ± 4E+00	2,8E+01 ± 3E+00	3,8E+01 ± 2E+00
Be-7	3,5E+00 ± 6E-01	2,5E+01 ± 2E+00	1,0E+01 ± 1E+00	6,1E+01 ± 2E+00	2,5E+01 ± 8E-01
I-131	2,6E+00 ± 2E-01	8,6E+00 ± 6E-01	2,6E+00 ± 3E-01	1,9E+00 ± 3E-01	3,9E+00 ± 2E-01
Cs-134					
Cs-137	< 1,2E-01 †	< 2,1E-01 †	< 3,0E-01 †	< 2,1E-01 †	2,1E-01 ± 4E-02 x
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,4E+00 ± 3E-01	1,7E+00 ± 2E-01	1,5E+00 ± 3E-01	1,9E+00 ± 9E-01	1,7E+00 ± 2E-01
H-3*	6,3E+02 ± 1E+02	1,0E+03 ± 1E+02	9,1E+02 ± 1E+02	5,8E+02 ± 9E+01	7,9E+02 ± 5E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.
(***) 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.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 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.	26. 3. 2018	11. 6. 2018	12. 9. 2018	15. 11. 2018	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (kg)	43,25	44,05	43,90	43,70	
Oznaka vzorca	RSBRK118	RSBRK218	RSBRK318	RSBRK418	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)				
U-238	1,6E+00 ± 2E+00 ‡	1,7E+00 ± 2E+00 ‡	2,3E+00 ± 8E-01		1,4E+00 ± 7E-01
Ra-226		1,1E+00 ± 2E-01			2,8E-01 ± 5E-02
Pb-210	2,7E+00 ± 2E+00	1,1E+01 ± 2E+00	7,7E+00 ± 7E-01	4,6E+00 ± 2E+00	6,6E+00 ± 8E-01
Ra-228		2,2E+00 ± 6E-01	2,1E+00 ± 2E-01	5,5E-01 ± 5E-01 ‡	1,2E+00 ± 2E-01
Th-228				1,1E+00 ± 5E-01	2,8E-01 ± 1E-01
Th-230					
K-40	3,3E+01 ± 4E+00	4,3E+01 ± 4E+00	4,3E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 3E+00	3,8E+01 ± 2E+00
Be-7		4,2E+01 ± 2E+00	3,7E+01 ± 1E+00	9,7E+00 ± 1E+00	2,2E+01 ± 7E-01
I-131	6,0E+00 ± 6E-01	7,8E+00 ± 4E-01	2,8E+00 ± 2E-01	2,0E+00 ± 3E-01	4,7E+00 ± 2E-01
Cs-134					
Cs-137	< 3,3E-01 †	< 2,8E-01 †	< 1,2E-01 †	< 2,2E-01 †	2,3E-01 ± 5E-02 x
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,1E+00 ± 3E-01	1,9E+00 ± 2E-01	2,0E+00 ± 4E-01	3,3E+00 ± 6E-01	2,1E+00 ± 2E-01
H-3*	7,8E+02 ± 1E+02	8,4E+02 ± 7E+01	8,5E+02 ± 1E+02	6,9E+02 ± 8E+01	7,9E+02 ± 5E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.
(***) 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.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 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.	26. 3. 2018	11. 6. 2018	12. 9. 2018	15. 11. 2018	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (kg)	43,35	45,25	43,80	43,50	
Oznaka vzorca	RSJEK118	RSJEK218	RSJEK318	RSJEK418	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)				
U-238			8,9E+00 ± 1E+00		2,2E+00 ± 4E-01
Ra-226	9,2E-01 ± 2E-01		5,3E-01 ± 3E-01	8,9E-01 ± 3E-01	5,9E-01 ± 1E-01
Pb-210	5,4E+00 ± 2E+00	7,4E+00 ± 2E+00	4,0E+00 ± 2E+00		4,2E+00 ± 8E-01
Ra-228	1,4E+00 ± 5E-01	1,7E+00 ± 6E-01	6,4E-01 ± 6E-01 ‡	9,0E-01 ± 7E-01 ‡	1,2E+00 ± 3E-01
Th-228		4,2E-01 ± 6E-01 ‡		1,1E+00 ± 5E-01	3,8E-01 ± 2E-01
Th-230					
K-40	2,2E+01 ± 3E+00	3,8E+01 ± 4E+00	3,8E+01 ± 4E+00	2,7E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 2E+00
Be-7	4,1E+01 ± 2E+00	1,4E+01 ± 1E+00	7,6E+00 ± 1E+00	6,0E+00 ± 9E-01	1,7E+01 ± 7E-01
I-131		4,8E+00 ± 6E-01	2,2E+00 ± 4E-01	1,9E+00 ± 4E-01	2,2E+00 ± 2E-01
Cs-134					
Cs-137	< 2,0E-01 †	< 2,8E-01 †	< 2,8E-01 †	< 2,5E-01 †	2,5E-01 ± 2E-02 x
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,7E+00 ± 3E-01	1,9E+00 ± 2E-01	2,1E+00 ± 4E-01	2,9E+00 ± 6E-01	2,1E+00 ± 2E-01
H-3*	6,2E+02 ± 7E+01	9,5E+02 ± 1E+02	7,9E+02 ± 8E+01	6,2E+02 ± 7E+01	7,4E+02 ± 5E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.
(***) 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.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T - 11
1. REKA SAVA – VODA - enkratni vzorci nefiltrirane vode

Specifična analiza H-3

Vzorč. mesto	Podsused (R Hrvaška)				
Datum vzor.	Januar - Marec	April - Junij	Julij - September	Oktober - December	Četrtletno povprečje
Oznaka vzorca	PO-I-18	PO-II-18	PO-III-18	PO-IV-18	(za celo leto) (*)
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)				
H-3	4,0E+02 ± 1E+02	5,3E+02 ± 1E+02	5,7E+02 ± 1E+02	5,3E+02 ± 1E+02	5,1E+02 ± 6E+01

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

LETO 2018 T - 12
2. REKA SAVA – SEDIMENTI - enkratni vzorci sedimentov

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Krško				
Datum vzor.	26. 3. 2018	11. 6. 2018	12. 9. 2018	15. 11. 2018	Četrtletno povprečje
Kol. vzor. (g)	56,7	59,9	60,2	57,7	(za celo leto) (*)
Oznaka vzorca	SDKKK118	SDKKK218	SDKKK318	SDKKK418	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	4,5E+1 ± 2E+00	3,1E+1 ± 4E+00	3,4E+1 ± 3E+00	4,0E+1 ± 8E+00	3,7E+01 ± 2E+00
Ra-226	3,6E+1 ± 7E-01	3,2E+1 ± 9E-01	3,4E+1 ± 9E-01	3,7E+1 ± 9E-01	3,5E+01 ± 4E-01
Pb-210	9,3E+1 ± 8E+00	9,4E+1 ± 9E+00	1,0E+2 ± 1E+01	8,4E+1 ± 8E+00	9,3E+01 ± 4E+00
Ra-228	3,9E+1 ± 1E+00	3,6E+1 ± 2E+00	3,6E+1 ± 2E+00	3,6E+1 ± 2E+00	3,7E+01 ± 7E-01
Th-228	3,4E+1 ± 1E+00	3,3E+1 ± 2E+00	3,5E+1 ± 2E+00	3,7E+1 ± 2E+00	3,5E+01 ± 9E-01
Th-230					
K-40	4,4E+2 ± 2E+01	4,2E+2 ± 2E+01	4,5E+2 ± 3E+01	4,4E+2 ± 2E+01	4,4E+02 ± 1E+01
Be-7	3,1E+1 ± 2E+00		1,9E+1 ± 3E+00	3,6E+1 ± 3E+00	2,2E+01 ± 1E+00
I-131	1,2E+0 ± 2E-01				3,0E-01 ± 4E-02
Cs-134					
Cs-137	7,6E+0 ± 3E-01	7,1E+0 ± 5E-01	7,0E+0 ± 5E-01	6,7E+0 ± 4E-01	7,1E+00 ± 2E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	< 4,3E-2 †	< 6,3E-2 †	2,4E-1 ± 1E-01	< 6,3E-2 †	1,0E-01 ± 5E-02 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T - 13
2. REKA SAVA – SEDIMENTI - enkratni vzorci sedimentov

Vzorč. mesto	Brežice				
Datum vzor.	26. 3. 2018	11. 6. 2018	12. 9. 2018	15. 11. 2018	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	42,2	50,8	61,2	58,6	
Oznaka vzorca	SDBRK118	SDBRK218	SDBRK318	SDBRK418	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	3,7E+1 ± 9E+00	5,0E+1 ± 2E+00	2,2E+1 ± 6E+00	3,6E+1 ± 8E+00	3,6E+01 ± 3E+00
Ra-226	3,6E+1 ± 1E+00	3,6E+1 ± 7E-01	2,7E+1 ± 7E-01	3,4E+1 ± 9E-01	3,3E+01 ± 4E-01
Pb-210	7,0E+1 ± 8E+00	1,1E+2 ± 9E+00	8,5E+1 ± 8E+00	6,9E+1 ± 7E+00	8,4E+01 ± 4E+00
Ra-228	3,4E+1 ± 2E+00	3,3E+1 ± 1E+00	2,4E+1 ± 1E+00	3,2E+1 ± 2E+00	3,1E+01 ± 7E-01
Th-228	3,3E+1 ± 2E+00	3,0E+1 ± 1E+00	2,4E+1 ± 1E+00	3,0E+1 ± 2E+00	2,9E+01 ± 8E-01
Th-230					
K-40	4,0E+2 ± 3E+01	3,9E+2 ± 2E+01	2,9E+2 ± 2E+01	3,6E+2 ± 2E+01	3,6E+02 ± 1E+01
Be-7		1,2E+2 ± 5E+00	8,2E+1 ± 4E+00	1,9E+1 ± 3E+00	5,5E+01 ± 2E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	5,9E+0 ± 5E-01	7,4E+0 ± 4E-01	4,8E+0 ± 4E-01	5,8E+0 ± 5E-01	6,0E+00 ± 2E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	3,0E-1 ± 1E-01	4,8E-1 ± 2E-01	< 1,2E-1 †	< 6,4E-2 †	2,4E-01 ± 1E-01 x

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 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.	26. 3. 2018	11. 6. 2018	12. 9. 2018	15. 11. 2018	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	78,5	74,4	77,5	76,2	
Oznaka vzorca	SDJEK118	SDJEK218	SDJEK318	SDJEK418	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	1,3E+1 ± 4E+00	3,0E+1 ± 3E+00	2,4E+1 ± 2E+00	2,2E+1 ± 5E+00	2,3E+01 ± 2E+00
Ra-226	2,3E+1 ± 6E-01	2,6E+1 ± 7E-01	2,4E+1 ± 6E-01	2,6E+1 ± 6E-01	2,5E+01 ± 3E-01
Pb-210	2,5E+1 ± 4E+00	4,0E+1 ± 5E+00	3,3E+1 ± 5E+00	3,9E+1 ± 5E+00	3,4E+01 ± 2E+00
Ra-228	1,8E+1 ± 8E-01	2,3E+1 ± 1E+00	2,1E+1 ± 9E-01	1,9E+1 ± 9E-01	2,0E+01 ± 5E-01
Th-228	1,7E+1 ± 1E+00	2,0E+1 ± 1E+00	1,5E+1 ± 1E+00	1,9E+1 ± 1E+00	1,8E+01 ± 5E-01
Th-230					
K-40	2,3E+2 ± 1E+01	2,8E+2 ± 2E+01	2,2E+2 ± 1E+01	2,5E+2 ± 1E+01	2,4E+02 ± 7E+00
Be-7		2,6E+1 ± 3E+00	3,2E+1 ± 2E+00	6,6E+0 ± 1E+00	1,6E+01 ± 9E-01
I-131					
Cs-134					
Cs-137	1,4E+0 ± 2E-01	4,1E+0 ± 4E-01	1,9E+0 ± 2E-01	1,4E+0 ± 2E-01	2,2E+00 ± 1E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	< 4,6E-2 †	< 3,0E-1 †	5,7E-1 ± 4E-01	< 7,4E-2 †	2,5E-01 ± 1E-01 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2018 T - 15/p
2. REKA SAVA – SEDIMENTI

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Krško pod mostom				
Datum vzor.	28. 3. 2018	19. 6. 2018	12. 9. 2018	16. 11. 2018	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	176,2	148,5	151,4	166,9	
Oznaka vzorca	SIZ03-18	SIZ06-18	SIZ09-18	SIZ11-18	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,7E+01 ± 8E+00	3,6E+01 ± 9E+00	3,2E+01 ± 1E+01	2,9E+01 ± 9E+00	3,1E+01 ± 5E+00
Ra-226	2,8E+01 ± 4E+00	3,8E+01 ± 5E+00	4,3E+01 ± 5E+00	3,8E+01 ± 5E+00	3,7E+01 ± 2E+00
Pb-210					
Ra-228	2,6E+01 ± 4E+00	4,1E+01 ± 6E+00	3,6E+01 ± 6E+00	4,4E+01 ± 6E+00	3,7E+01 ± 3E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	3,3E+02 ± 4E+01	4,3E+02 ± 5E+01	4,6E+02 ± 5E+01	4,5E+02 ± 5E+01	4,2E+02 ± 2E+01
Be-7	3,9E+01 ± 1E+01	3,8E+01 ± 1E+01	1,8E+01 ± 9E+00	1,4E+01 ± 8E+00	2,7E+01 ± 5E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	3,6E+00 ± 6E-01	5,3E+00 ± 1E+00	6,9E+00 ± 1E+00	6,0E+00 ± 1E+00	5,4E+00 ± 5E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					

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

LETO 2018 T - 16/p1
2. REKA SAVA – SEDIMENTI

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Krško pod jezom NEK				
Datum vzor.	28. 3. 2018	19. 6. 2018	12. 9. 2018	16. 11. 2018	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	133,3	186,9	214,7	124,6	
Oznaka vzorca	SIS03-18	SIS06-18	SIS09-18	SIS11-18	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	3,9E+01 ± 1E+01	3,0E+01 ± 9E+00	2,2E+01 ± 7E+00	3,9E+01 ± 1E+01	3,2E+01 ± 5E+00
Ra-226	3,9E+01 ± 5E+00	3,4E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 3E+00	4,1E+01 ± 5E+00	3,5E+01 ± 2E+00
Pb-210					
Ra-228	3,7E+01 ± 6E+00	2,9E+01 ± 4E+00	2,2E+01 ± 4E+00	4,7E+01 ± 7E+00	3,4E+01 ± 3E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	4,5E+02 ± 5E+01	3,7E+02 ± 4E+01	3,0E+02 ± 3E+01	5,5E+02 ± 6E+01	4,2E+02 ± 2E+01
Be-7	2,5E+01 ± 9E+00	2,5E+01 ± 7E+00	3,1E+01 ± 7E+00	7,2E+01 ± 1E+01	3,8E+01 ± 5E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	5,1E+00 ± 1E+00	3,3E+00 ± 8E-01	9,3E-01 ± 4E-01	1,6E+01 ± 2E+00	6,3E+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 (apriorna negotovost).

LETO 2018 T - 16/p2
2. REKA SAVA – SEDIMENTI

Vzorč. mesto	Pesje				
Datum vzor.	28. 3. 2018	27. 7. 2018	12. 9. 2018	16. 11. 2018	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	131,7	170,8	121,3	109,5	
Oznaka vzorca	SPE03-18	SPE07-18	SPE09-18	SPE11-18	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	3,6E+01 ± 1E+01	3,7E+01 ± 1E+01	1,9E+01 ± 9E+00	2,4E+01 ± 9E+00	2,9E+01 ± 5E+00
Ra-226	3,5E+01 ± 4E+00	3,6E+01 ± 4E+00	2,1E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 4E+00	3,0E+01 ± 2E+00
Pb-210					
Ra-228	3,7E+01 ± 6E+00	3,2E+01 ± 5E+00	2,2E+01 ± 5E+00	2,9E+01 ± 6E+00	3,0E+01 ± 3E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	4,2E+02 ± 5E+01	4,1E+02 ± 5E+01	2,9E+02 ± 4E+01	3,2E+02 ± 4E+01	3,6E+02 ± 2E+01
Be-7	3,7E+01 ± 1E+01	2,0E+01 ± 2E+01	2,0E+02 ± 3E+01	9,1E+01 ± 1E+01	8,8E+01 ± 9E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	5,6E+00 ± 1E+00	6,1E+00 ± 1E+00	5,1E+00 ± 1E+00	6,5E+00 ± 1E+00	5,8E+00 ± 5E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					

Izotopska analiza sevalcev gama

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

LETO 2018 T - 16/p3
2. REKA SAVA – SEDIMENTI

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Brežice				
Datum vzor.	28. 3. 2018	19. 6. 2018	12. 9. 2018	16. 11. 2018	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	169,8	141,4	169,3	161,4	
Oznaka vzorca	SBR03-18	SBR06-18	SBR09-18	SBR11-18	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,2E+01 ± 7E+00	3,0E+01 ± 1E+01	2,6E+01 ± 7E+00	3,1E+01 ± 8E+00	2,7E+01 ± 4E+00
Ra-226	2,5E+01 ± 3E+00	3,6E+01 ± 5E+00	3,1E+01 ± 4E+00	3,4E+01 ± 4E+00	3,2E+01 ± 2E+00
Pb-210					
Ra-228	2,5E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 5E+00	2,8E+01 ± 5E+00	3,3E+01 ± 6E+00	2,9E+01 ± 2E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	3,2E+02 ± 4E+01	3,7E+02 ± 4E+01	3,5E+02 ± 4E+01	3,6E+02 ± 4E+01	3,5E+02 ± 2E+01
Be-7		1,1E+01 ± 5E+00	1,1E+01 ± 4E+00	1,4E+01 ± 5E+00	9,2E+00 ± 2E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	2,5E+00 ± 7E-01	4,4E+00 ± 8E-01	4,6E+00 ± 8E-01	6,1E+00 ± 1E+00	4,4E+00 ± 4E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					

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

LETO 2018 T - 17/p
2. REKA SAVA – SEDIMENTI

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Datum vzor.	28. 3. 2018	19. 6. 2018	12. 9. 2018	16. 11. 2018	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	176,2	177,7	197,2	186,4	
Oznaka vzorca	SJE03-18	SJE06-18	SJE09-18	SJE11-18	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,4E+01 ± 7E+00	2,7E+01 ± 7E+00	2,3E+01 ± 7E+00	2,3E+01 ± 7E+00	2,4E+01 ± 4E+00
Ra-226	2,5E+01 ± 3E+00	2,8E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 2E+00
Pb-210					
Ra-228	2,1E+01 ± 4E+00	1,9E+01 ± 3E+00	2,0E+01 ± 3E+00	2,0E+01 ± 4E+00	2,0E+01 ± 2E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	2,1E+02 ± 3E+01	2,6E+02 ± 3E+01	2,4E+02 ± 3E+01	2,5E+02 ± 3E+01	2,4E+02 ± 1E+01
Be-7		1,1E+01 ± 6E+00	5,0E+01 ± 9E+00	9,7E+00 ± 4E+00	1,8E+01 ± 3E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	1,8E+00 ± 4E-01	1,8E+00 ± 6E-01	1,8E+00 ± 6E-01	1,2E+00 ± 4E-01	1,6E+00 ± 3E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					

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

LETO 2018 T - 18
2. REKA SAVA – SEDIMENTI

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Podsused (R Hrvaška)				
Datum vzor.	28. 3. 2018	2. 7. 2018	12. 9. 2018	16. 11. 2018	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	171,8	184,1	205,9	180,1	
Oznaka vzorca	SPO03-18	SPO07-18	SPO09-18	SPO11-18	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,6E+01 ± 8E+00	1,9E+01 ± 7E+00	1,5E+01 ± 6E+00	2,1E+01 ± 7E+00	2,0E+01 ± 3E+00
Ra-226	2,6E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 3E+00	1,9E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 1E+00
Pb-210					
Ra-228	1,5E+01 ± 3E+00	1,6E+01 ± 3E+00	1,3E+01 ± 3E+00	1,7E+01 ± 3E+00	1,5E+01 ± 2E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	2,0E+02 ± 3E+01	2,0E+02 ± 3E+01	2,0E+02 ± 2E+01	2,2E+02 ± 3E+01	2,0E+02 ± 1E+01
Be-7		4,5E+00 ± 3E+00			1,1E+00 ± 7E-01
I-131					
Cs-134					
Cs-137	8,6E-01 ± 5E-01	5,2E-01 ± 3E-01	4,9E-01 ± 3E-01	1,4E+00 ± 6E-01	8,3E-01 ± 2E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	3,5E-02 †	3,3E-02 †	3,5E-02 †	5,0E-02 †	3,8E-02 ± 4E-03 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T - 19
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Krško				
Vrsta vzorca	krap	babuške	klen	klen	Povprečje za vzorčevalno mesto (*)
Datum vzor.	20. 3. 2018	6. 6. 2018	3. 9. 2018	2. 11. 2018	
Oznaka vzorca	RIKKK118	RIKKK218	RIKKK318	RIKKK418	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238					
Ra-226		9,3E-2 ± 3E-02	1,3E-1 ± 2E-02		5,6E-02 ± 1E-02
Pb-210		7,0E-2 ± 3E-01 ‡			1,8E-02 ± 7E-02
Ra-228		2,2E-1 ± 8E-02	9,7E-2 ± 6E-02	3,4E-1 ± 5E-02	1,6E-01 ± 3E-02
Th-228			2,0E-1 ± 6E-02	1,6E-1 ± 5E-02	9,0E-02 ± 2E-02
Th-230					
K-40	1,0E+2 ± 7E+00	1,0E+2 ± 7E+00	9,5E+1 ± 6E+00	1,2E+2 ± 7E+00	1,0E+02 ± 3E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	4,8E-2 †	4,9E-2 †	3,0E-2 †	2,3E-2 †	3,7E-02 ± 7E-03 x
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,3E+0 ± 1E-01	4,8E-1 ± 6E-02	2,5E-1 ± 6E-02	3,1E-1 ± 7E-02	5,8E-01 ± 4E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T - 21
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Brežice				
Vrsta vzorca	krap	babuške	klen	krap	Povprečje za vzorčevalno mesto (*)
Datum vzor.	20. 3. 2018	6. 6. 2018	3. 9. 2018	2. 11. 2018	
Oznaka vzorca	RIBRK118	RIBRK218	RIBRK318	RIBRK418	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	3,8E-1 ± 1E-01				9,5E-02 ± 3E-02
Ra-226	1,4E-1 ± 2E-02	1,1E-1 ± 3E-02	5,8E-2 ± 2E-02	1,7E-1 ± 3E-02	1,2E-01 ± 1E-02
Pb-210		5,1E-2 ± 3E-01 ‡		2,9E-1 ± 2E-01	8,5E-02 ± 9E-02
Ra-228		2,4E-1 ± 9E-02		1,1E-1 ± 7E-02	8,8E-02 ± 3E-02
Th-228		1,6E-1 ± 6E-02			4,0E-02 ± 1E-02
Th-230					
K-40	1,1E+2 ± 7E+00	1,0E+2 ± 6E+00	9,1E+1 ± 5E+00	1,1E+2 ± 7E+00	1,0E+02 ± 3E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	1,9E-2 †	3,0E-2 †	2,8E-2 †	3,8E-2 ± 1E-02	2,9E-02 ± 4E-03 x
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,5E+0 ± 2E-01	5,8E-1 ± 6E-02	2,1E-1 ± 5E-02	5,2E-2 ± 4E-02	5,8E-01 ± 5E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T – 22
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Vrsta vzorca	krap	klen	podust	krap	Povprečje za vzorčevalno mesto (*)
Datum vzor.	20. 3. 2018	6. 6. 2018	3. 9. 2018	2. 11. 2018	
Oznaka vzorca	RIJEK118	RIJEK218	RIJEK318	RIJEK418	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238		3,0E-1 ± 9E-02			7,5E-02 ± 2E-02
Ra-226	1,0E-1 ± 2E-02	1,1E-1 ± 2E-02	3,2E-1 ± 2E-02	1,1E-1 ± 6E-02	1,6E-01 ± 2E-02
Pb-210				3,8E-1 ± 3E-01 ‡	9,5E-02 ± 8E-02
Ra-228			8,8E-2 ± 5E-02	1,7E-1 ± 1E-01 ‡	6,5E-02 ± 4E-02
Th-228					
Th-230					
K-40	1,1E+2 ± 8E+00	1,1E+2 ± 6E+00	9,8E+1 ± 5E+00	1,1E+2 ± 7E+00	1,1E+02 ± 3E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	2,5E-2 †	2,1E-2 †	4,0E-2 ± 8E-03	5,5E-2 †	3,5E-02 ± 8E-03 x
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	2,0E-1 ± 9E-02	1,5E-1 ± 3E-02	1,6E-1 ± 4E-02	2,4E-1 ± 7E-02	1,9E-01 ± 3E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T - 22/p1
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Vrsta vzorca	mrena	plotica	mrena	plotica	
	Barbus barbus	*Rutilus pigus virgo*	*Barbus barbus*	*Rutilus pigus virgo*	
Datum vzor.	13. 6. 2018	13. 6. 2018	15. 10. 2018	15. 10. 2018	Povprečje za vzorčevalno mesto (*)
Kol. vzor. (kg)	0,475	0,427	0,522	0,424	
Odstotek suhe snovi	29,37	32,71	25,50	29,90	
Oznaka vzorca	JE0618R1	JE0618R2	JE1018R1	JE1018R2	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238					
Ra-226					
Pb-210					
Ra-228					
Th-228					
Th-230					
K-40	1,1E+02 ± 1E+01	1,2E+02 ± 1E+01	9,4E+01 ± 1E+01	1E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 6E+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 (apriorna negotovost).

LETO 2018 T - 24
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Otok (R Hrvaška)				
Vrsta vzorca	kleň	deverika	kleň	deverika	
	Leuciscus cephalus	*Abramis brama*	*Leuciscus cephalus*	*Abramis brama*	
Datum vzor.	13. 6. 2018	13. 6. 2018	15. 10. 2018	15. 10. 2018	Povprečje za vzorčevalno mesto (*)
Kol. vzor. (kg)	0,491	0,401	0,498	0,413	
Odstotek suhe snovi	26,46	29,70	25,96	26,82	
Oznaka vzorca	OT0618R1	OT0618R2	OT1018R1	OT1018R2	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238					
Ra-226					
Pb-210					
Ra-228					
Th-228					
Th-230					
K-40	1,1E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 1E+01	9,9E+01 ± 1E+01	1E+02 ± 1E+01	1,0E+02 ± 6E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	1,2E-01 ± 8E-02				3,1E-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 (apriorna negotovost).

LETO 2018 T - 25
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Podsused (R Hrvaška)				
Vrsta vzorca	babuška	krupatica	babuška	jez	
	Carassius gibelio	*Blicca bjoerkna*	*Carassius gibelio*	*Leuciscus idus*	
Datum vzor.	13. 6. 2018	13. 6. 2018	15. 10. 2018	15. 10. 2018	Povprečje za vzorčevalno mesto (*)
Kol. vzor. (kg)	0,429	0,401	0,356	0,418	
Odstotek suhe snovi	24,60	26,49	29,44	30,39	
Oznaka vzorca	PO0618R1	PO0618R2	PO1018R1	PO1018R2	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238					
Ra-226	5,5E-01 ± 2E-01	9,0E-01 ± 4E-01			3,6E-01 ± 1E-01
Pb-210					
Ra-228					
Th-228					
Th-230					
K-40	1,0E+02 ± 1E+01	8,5E+01 ± 1E+01	1,0E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 1E+01	1,0E+02 ± 6E+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 (apriorna negotovost).

VODOVODI, ČRPALIŠČA in ZAJETJA

3. ENKRATNI VZORCI PITNE VODE
PODTALNICE

4. ČRPALIŠČA VODOVODA KRŠKO IN BREŽICE

LETO 2018 T - 28
3. VODOVOD KRŠKO – enkratni vzorci

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

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

Vzorč. mesto	vodovod Krško (Petrol)				
Datum vzor.	11. 1. 2018	24. 4. 2018	29. 8. 2018	12. 11. 2018	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	47,98	49,03	49,68	53,86	
Oznaka vzorca	K18VD111	K18VD141	K18VD181	K18VD1B1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)				
U-238	4,1E+00 ± 4E+00 ‡	2,3E+00 ± 1E+00	3,6E+00 ± 3E+00	4,2E+00 ± 2E+00	3,6E+00 ± 1E+00
Ra-226	1,3E+00 ± 7E-01	1,9E+00 ± 4E-01	1,8E+00 ± 8E-01	1,1E+00 ± 3E-01	1,5E+00 ± 3E-01
Pb-210	3,5E-01 †	5,1E-01 †	1,5E-01 ± 2E+00 ‡	1,0E+00 ± 9E-01 ‡	5,1E-01 ± 2E-01 x
Ra-228	8,9E-01 ± 4E-01	7,1E-01 ± 3E-01	1,0E+00 ± 4E-01	7,6E-01 ± 3E-01	8,5E-01 ± 2E-01
Th-228	8,8E-01 ± 2E-01	4,4E-01 ± 2E-01	3,4E-02 ± 3E-01 ‡	4,3E-01 ± 2E-01	4,5E-01 ± 1E-01
Th-230					
K-40	3,2E+01 ± 4E+00	3,4E+01 ± 4E+00	3,3E+01 ± 4E+00	3,2E+01 ± 3E+00	3,3E+01 ± 2E+00
Be-7	2,7E+00 ± 9E-01	1,7E+00 ± 7E-01	2,2E+00 ± 9E-01		1,7E+00 ± 4E-01
I-131					
Cs-134					
Cs-137					
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	5,6E-01 ± 8E-02	7,0E-01 ± 9E-02	4,3E-01 ± 7E-02	5,8E-01 ± 8E-02	5,7E-01 ± 4E-02
H-3	6,4E+02 ± 9E+01	7,2E+02 ± 7E+01	5,9E+02 ± 9E+01	5,3E+02 ± 8E+01	6,2E+02 ± 4E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T - 29
3. VODOVOD BREŽICE – enkratni vzorci

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

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

Vzorč. mesto	vodovod Brežice (Petrol)				
Datum vzor.	11. 1. 2018	24. 4. 2018	29. 8. 2018	12. 11. 2018	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	49,39	50,55	50,69	53,75	
Oznaka vzorca	K18VD311	K18VD341	K18VD381	K18VD3b1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)				
U-238	2,6E+00 ± 2E+00	3,2E+00 ± 1E+00	3,4E+00 ± 2E+00	6,4E+00 ± 1E+00	3,9E+00 ± 8E-01
Ra-226		5,3E-01 ± 4E-01	7,8E-01 ± 3E-01	4,5E-01 ± 3E-01	4,4E-01 ± 1E-01
Pb-210	6,2E+00 ± 2E+00	3,2E+00 ± 5E+00 ‡	3,7E+00 ± 2E+00	4,1E+00 ± 2E+00	4,3E+00 ± 1E+00
Ra-228	6,9E-01 ± 4E-01	1,4E+00 ± 5E-01	1,0E+00 ± 3E-01	6,6E-01 ± 3E-01	9,4E-01 ± 2E-01
Th-228	5,4E-01 ± 2E-01	3,2E-01 ± 2E-01	4,5E-01 ± 2E-01	5,0E-01 ± 3E-01	4,5E-01 ± 1E-01
Th-230					
K-40	2,3E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 4E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 1E+00
Be-7	8,2E+00 ± 8E-01	4,3E+00 ± 6E-01	4,9E+00 ± 8E-01	5,3E+00 ± 9E-01	5,7E+00 ± 4E-01
I-131					
Cs-134					
Cs-137			2,9E-02 ± 7E-02 ‡		7,2E-03 ± 2E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	8,0E-02 †	1,1E-01 †	7,3E-02 †	7,9E-02 †	8,4E-02 ± 7E-03 x
H-3	5,3E+01 †	3,9E+01 †	5,9E+01 †	5,7E+01 †	5,2E+01 ± 4E+00 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T - V1
3. VRTINA E1 V NEK – enkratni vzorci

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

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

Vzorč. mesto	vrtina E1				
Datum vzor.	11. 1. 2018	24. 4. 2018	29. 8. 2018	25. 10. 2018	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	45,76	45,26	43,64	47,28	
Oznaka vzorca	K18VRE111	K18VRE141	K18VRE181	K18VRE1a1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)				
U-238	5,1E+00 ± 3E+00	2,9E+00 ± 1E+00	4,1E+00 ± 4E+00 ‡	5,5E+00 ± 3E+00	4,4E+00 ± 1E+00
Ra-226	1,4E+00 ± 7E-01	2,4E+00 ± 6E-01	2,0E+00 ± 5E-01	2,7E+00 ± 4E-01	2,1E+00 ± 3E-01
Pb-210	4,6E-01 †	6,2E-01 †	2,3E+00 ± 2E+00 ‡	5,7E+00 ± 2E+00	2,3E+00 ± 1E+00 x
Ra-228	2,2E+00 ± 4E-01	1,5E+00 ± 4E-01	1,7E+00 ± 4E-01	1,5E+00 ± 3E-01	1,7E+00 ± 2E-01
Th-228	1,2E+00 ± 3E-01	6,7E-02 ± 3E-01 ‡	4,0E-01 ± 3E-01		4,1E-01 ± 1E-01
Th-230			2,6E+01 ± 2E+01 ‡		6,4E+00 ± 6E+00
K-40	1,1E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 1E+01	1,2E+02 ± 1E+01	1,0E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 6E+00
Be-7			7,4E+00 ± 1E+00	8,5E-01 ± 9E-01 ‡	2,1E+00 ± 4E-01
I-131					
Cs-134					
Cs-137	9,2E-02 ± 3E-01 ‡			1,4E-02 ± 1E-01 ‡	2,7E-02 ± 7E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	3,7E+00 ± 2E-01	3,6E+00 ± 3E-01	3,2E+00 ± 2E-01	3,7E+00 ± 2E-01	3,6E+00 ± 1E-01
H-3	2,3E+03 ± 1E+02	2,3E+03 ± 1E+02	1,1E+03 ± 1E+02	1,2E+03 ± 9E+01	1,7E+03 ± 6E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T - V2
3. VRTINA VOP-4 V VRBINI – enkratni vzorci

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

Specifična analiza H-3 (**)

Vzorč. mesto	vrtina VOP - 4						
Datum vzor.	27. 12. 2017	1. 2. 2018	1. 3. 2018	3. 4. 2018	3. 5. 2018	4. 6. 2018	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oznaka vzorca	K18VRP411	K18VRP421	K18VRP431	K18VRP441	K18VRP451	K18VRP461	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
H-3	6,7E+03 ± 3E+02	3,9E+03 ± 2E+02	3,6E+03 ± 2E+02	5,8E+03 ± 3E+02	3,5E+03 ± 2E+02	1,1E+03 ± 1E+02	4,1E+03 ± 9E+01

Vzorč. mesto	vrtina VOP - 4						
Datum vzor.	2. 7. 2018	1. 8. 2018	3. 9. 2018	1. 10. 2018	5. 11. 2018	3. 12. 2018	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oznaka vzorca	K18VRP471	K18VRP481	K18VRP491	K18VRP4A1	K18VRP4B1	K18VRP4C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
H-3	6,4E+02 ± 9E+01	7,8E+02 ± 7E+01	6,5E+02 ± 9E+01	8,9E+02 ± 9E+01	1,0E+03 ± 1E+02	6,8E+02 ± 1E+02	2,4E+03 ± 5E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na IJS na Odseku F-2.

LETO 2018 T - 30a
4. VODOVOD BREŽICE – mesečni sestavljeni vzorci

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

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

Vzorč. mesto	vodovod Brežice (M. Volčanšek)						
Datum vzor.	18. 12. 2017 - 15. 1. 2018	15. 1. 2018 - 15. 2. 2018	15. 2. 2018 - 15. 3. 2018	15. 3. 2018 - 16. 4. 2018	16. 4. 2018 - 16. 5. 2018	16. 5. 2018 - 18. 6. 2018	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	47,72	49,30	46,06	50,29	46,39	49,30	
Oznaka vzorca	K18VC3111	K18VC3121	K18VC3131	K18VC3141	K18VC3151	K18VC3161	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
U-238	2,7E+00 ± 7E-01	1,3E+00 ± 1E+00 ‡	5,3E+00 ± 6E+00 ‡	6,3E+00 ± 2E+00	1,6E+00 ± 2E+00 ‡	3,6E+00 ± 9E-01	3,5E+00 ± 1E+00
Ra-226	8,6E-01 ± 2E-01	8,7E-01 ± 5E-01		5,1E-01 ± 8E-01 ‡	5,7E-01 ± 3E-01	2,8E-01 ± 2E-01	5,1E-01 ± 2E-01
Pb-210	8,0E+00 ± 7E-01	1,6E+00 ± 4E+00 ‡	1,2E+01 ± 3E+00	1,2E+01 ± 6E+00	8,3E+00 ± 2E+00	3,5E+00 ± 7E-01	7,7E+00 ± 1E+00
Ra-228	1,5E-01 ± 3E-01 ‡	5,5E-01 ± 3E-01		1,2E+00 ± 4E-01	3,9E-01 ± 4E-01 ‡	5,4E-01 ± 4E-01	4,7E-01 ± 1E-01
Th-228	2,8E-01 ± 6E-02	3,1E-01 ± 2E-01	9,6E-01 ± 2E-01	5,2E-01 ± 1E-01	1,7E-01 ± 2E-01 ‡	1,0E-01 ± 9E-02 ‡	3,9E-01 ± 7E-02
Th-230							
K-40	2,5E+01 ± 2E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,9E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 1E+00
Be-7	4,3E+00 ± 8E-01	4,7E+00 ± 8E-01		4,6E+00 ± 7E-01	2,4E+00 ± 1E+00	3,4E+00 ± 1E+00	3,2E+00 ± 4E-01
I-131				3,2E-02 ± 2E-01 ‡			5,4E-03 ± 4E-02
Cs-134							
Cs-137		3,5E-02 ± 9E-02 ‡					5,8E-03 ± 1E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	8,7E-02 †	8,1E-02 †	9,6E-02 †	7,3E-02 †	1,8E-01 †	9,4E-02 †	1,0E-01 ± 2E-02 x
H-3	1,2E+02 ± 3E+01	1,6E+01 †	1,5E+02 ± 2E+01	1,8E+01 †	1,6E+01 †	2,1E+01 †	5,7E+01 ± 2E+01 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 pa na Odseku O-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T - 30b
4. VODOVOD BREŽICE – mesečni sestavljeni vzorci

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

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

Vzorč. mesto	vodovod Brežice (M. Volčanšek)						
Datum vzor.	18. 6. 2018 - 16. 7. 2018	16. 7. 2018 - 16. 8. 2018	16. 8. 2018 - 17. 9. 2018	17. 9. 2018 - 15. 10. 2018	15. 10. 2018 - 15. 11. 2018	15. 11. 2018 - 17. 12. 2018	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	45,78	50,13	51,20	45,89	45,82	47,13	
Oznaka vzorca	K18VC3171	K18VC3181	K18VC3191	K18VC31A1	K18VC31B1	K18VC31C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
U-238	4,7E+00 ± 2E+00	6,1E+00 ± 2E+00	5,8E+00 ± 2E+00	5,5E+00 ± 2E+00	5,2E+00 ± 2E+00	2,1E+00 ± 6E-01	4,2E+00 ± 7E-01
Ra-226	9,0E-02 ± 3E-01 ‡	4,6E-01 ± 6E-01 ‡	1,7E-01 ± 8E-01 ‡	4,9E-01 ± 3E-01		9,7E-01 ± 3E-01	4,4E-01 ± 1E-01
Pb-210	8,3E-01 ± 3E+00 ‡	2,6E+00 ± 5E+00 ‡	2,4E+00 †	2,2E+00 ± 2E+00	8,1E-01 †	3,6E+00 ± 5E-01	4,9E+00 ± 1E+00 x
Ra-228	7,6E-01 ± 4E-01	7,7E-01 ± 5E-01	1,1E+00 ± 8E-01	5,7E-01 ± 3E-01	2,7E-01 ± 1E+00 ‡		5,3E-01 ± 1E-01
Th-228	2,8E-01 ± 1E-01	7,7E-01 ± 2E-01	5,0E-01 ± 2E-01	3,8E-01 ± 1E-01	5,7E-01 ± 8E-01 ‡	3,4E-01 ± 7E-02	4,3E-01 ± 8E-02
Th-230						4,7E+00 ± 5E+00 ‡	3,9E-01 ± 4E-01
K-40	2,5E+01 ± 3E+00	3,0E+01 ± 4E+00	2,6E+01 ± 4E+00	2,7E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 4E+00	2,3E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 9E-01
Be-7	6,8E+00 ± 9E-01		3,9E+00 ± 2E+00	7,3E+00 ± 2E+00	1,3E+00 ± 2E+00 ‡	2,0E+00 ± 7E-01	3,4E+00 ± 3E-01
I-131							2,7E-03 ± 2E-02
Cs-134							
Cs-137	5,5E-02 ± 1E-01 ‡			1,1E-01 ± 1E-01 ‡			1,7E-02 ± 2E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	7,7E-02 †	7,8E-02 †	8,9E-02 †	9,1E-02 †	1,1E-01 †	8,5E-02 †	9,5E-02 ± 8E-03 x
H-3	1,1E+02 ± 1E+01	2,1E+02 ± 4E+01	9,6E+01 ± 2E+01	8,2E+01 ± 1E+01	9,3E+01 ± 2E+01	7,6E+01 ± 1E+01	8,3E+01 ± 2E+01 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 pa na Odseku O-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T - 31a
4. ČRPALIŠČE VODOVODA KRŠKO – mesečni sestavljeni vzorci

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

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

Vzorč. mesto	črpališče Brege						
Datum vzor.	18. 12. 2017 - 15. 1. 2018	15. 1. 2018 - 15. 2. 2018	15. 2. 2018 - 15. 3. 2018	15. 3. 2018 - 16. 4. 2018	16. 4. 2018 - 16. 5. 2018	16. 5. 2018 - 18. 6. 2018	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	43,98	48,56	43,83	48,10	46,55	51,01	
Oznaka vzorca	K18VC1111	K18VC1121	K18VC1131	K18VC1141	K18VC1151	K18VC1161	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
U-238	3,1E+00 ± 2E+00				4,3E+00 ± 2E+00	1,7E+00 ± 2E+00 ‡	1,5E+00 ± 6E-01
Ra-226		8,2E-01 ± 5E-01	1,5E+00 ± 9E-01	1,8E+00 ± 9E-01	6,8E-01 ± 4E-01	3,0E+00 ± 6E-01	1,3E+00 ± 3E-01
Pb-210	5,0E-01 †	7,1E+00 ± 2E+00	1,5E+01 ± 7E+00	5,9E+00 ± 3E+00	5,4E-01 †	6,2E+00 ± 3E+00	5,9E+00 ± 2E+00 x
Ra-228	1,1E+00 ± 1E+00 ‡	7,1E-01 ± 5E-01	6,7E-01 ± 8E-01 ‡	1,2E+00 ± 5E-01	8,0E-01 ± 7E-01 ‡	1,7E+00 ± 4E-01	1,0E+00 ± 3E-01
Th-228	4,4E-03 ± 3E-02 ‡	2,3E-02 ± 6E-02 ‡	9,3E-01 ± 4E-01	4,4E-01 ± 2E-01	2,7E-01 ± 2E-01 ‡	2,5E-01 ± 2E-01 ‡	3,2E-01 ± 9E-02
Th-230				7,6E+00 ± 9E+00 ‡			1,3E+00 ± 2E+00
K-40	6,7E+01 ± 7E+00	7,0E+01 ± 7E+00	7,8E+01 ± 8E+00	8,4E+01 ± 9E+00	7,3E+01 ± 8E+00	6,8E+01 ± 7E+00	7,3E+01 ± 3E+00
Be-7			1,4E+01 ± 3E+00		1,6E+00 ± 1E+00	5,2E+00 ± 1E+00	3,5E+00 ± 6E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137							
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	1,2E-01 †	5,4E-01 ± 8E-02	5,3E-01 ± 8E-02	5,7E-01 ± 1E-01	1,1E-01 †	1,7E-01 †	3,4E-01 ± 9E-02 x
H-3	1,6E+03 ± 2E+02	2,0E+03 ± 2E+02	2,2E+03 ± 3E+02	2,2E+03 ± 2E+02	2,1E+03 ± 2E+02	2,4E+03 ± 2E+02	2,1E+03 ± 9E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 pa na Odseku O-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T - 31b
4. ČRPALIŠČE VODOVODA KRŠKO – mesečni sestavljeni vzorci

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

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

Vzorč. mesto	črpališče Brege						
Datum vzor.	18. 6. 2018 - 16. 7. 2018	16. 7. 2018 - 16. 8. 2018	16. 8. 2018 - 17. 9. 2018	17. 9. 2018 - 15. 10. 2018	15. 10. 2018 - 15. 11. 2018	15. 11. 2018 - 17. 12. 2018	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	43,21	46,14	49,55	42,15	47,91	50,19	
Oznaka vzorca	K18VC1171	K18VC1181	K18VC1191	K18VC11A1	K18VC11B1	K18VC11C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
U-238	1,2E+01 ± 2E+00	4,1E+00 ± 3E+00			9,7E+00 ± 1E+00	3,9E+00 ± 2E+00	3,2E+00 ± 5E-01
Ra-226	7,3E-01 ± 2E+00 ‡	1,4E+00 ± 5E-01			5,6E+00 ± 6E-01	2,5E+00 ± 4E-01	1,5E+00 ± 2E-01
Pb-210	2,7E+00 ± 2E+00 ‡	8,8E+00 ± 2E+00	8,1E-01 †	7,3E-01 †	1,7E+01 ± 2E+00	5,2E+00 ± 4E+00	5,9E+00 ± 2E+00 x
Ra-228	6,6E-01 ± 4E-01	5,3E-01 ± 3E-01	1,8E-01 ± 5E-01 ‡	1,3E+00 ± 5E-01	3,6E+00 ± 4E-01	1,6E+00 ± 3E-01	1,2E+00 ± 2E-01
Th-228	2,8E-01 ± 1E+00 ‡	2,7E-01 ± 2E-01 ‡	3,0E-01 ± 2E-01	3,0E-01 ± 3E-01 ‡	9,4E-01 ± 1E-01	5,3E-01 ± 2E-01	3,8E-01 ± 1E-01
Th-230					5,4E+00 ± 1E+01 ‡		1,1E+00 ± 1E+00
K-40	7,6E+01 ± 8E+00	7,8E+01 ± 8E+00	7,9E+01 ± 8E+00	8,0E+01 ± 8E+00	7,3E+01 ± 8E+00	5,5E+01 ± 4E+00	7,3E+01 ± 2E+00
Be-7		1,4E+01 ± 2E+00	1,1E+01 ± 1E+00	6,7E+00 ± 2E+00	4,0E+00 ± 1E+00	4,0E+00 ± 8E-01	5,0E+00 ± 4E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137		2,7E-02 ± 1E-01 ‡			4,1E-03 ± 5E-02 ‡	2,0E-01 ± 1E-01	1,9E-02 ± 2E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	9,9E-02 †	4,2E-01 ± 7E-02	1,1E-01 †	1,6E-01 †	3,4E-01 †	8,1E-01 ± 1E-01	3,3E-01 ± 7E-02 x
H-3	2,2E+03 ± 3E+02	2,1E+03 ± 2E+02	2,2E+03 ± 3E+02	2,0E+03 ± 2E+02	1,7E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 2E+02	2,0E+03 ± 7E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 pa na Odseku O-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T - 32a
4. ČRPALIŠČE VODOVODA KRŠKO – mesečni sestavljeni vzorci

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

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

Vzorč. mesto	črpališče Rore						
Datum vzor.	18. 12. 2017 - 15. 1. 2018	15. 1. 2018 - 15. 2. 2018	15. 2. 2018 - 15. 3. 2018	15. 3. 2018 - 16. 4. 2018	16. 4. 2018 - 16. 5. 2018	16. 5. 2018 - 18. 6. 2018	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	37,18	41,23	36,98	42,60	39,52	43,61	
Oznaka vzorca	K18VC1411	K18VC1421	K18VC1431	K18VC1441	K18VC1451	K18VC1461	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
U-238			1,8E+00 ± 3E+00 ‡	5,1E+00 ± 2E+00		1,7E+00 ± 8E-01	1,4E+00 ± 6E-01
Ra-226	2,7E+00 ± 2E+00	1,7E+00 ± 2E+00 ‡	3,2E+00 ± 1E+00	2,6E+00 ± 8E-01	4,8E+00 ± 9E-01	1,5E+00 ± 5E-01	2,8E+00 ± 5E-01
Pb-210	5,7E+00 ± 2E+00	1,3E+01 ± 3E+00	2,0E+00 ± 5E+00 ‡	2,0E+00 †	7,5E-01 †	8,3E-01 ± 5E-01	4,0E+00 ± 2E+00 x
Ra-228	6,0E-01 ± 5E-01		8,0E-01 ± 7E-01 ‡	5,5E-01 ± 7E-01 ‡		6,7E-01 ± 3E-01	4,4E-01 ± 2E-01
Th-228	1,3E-01 ± 4E-01 ‡	1,1E+00 ± 3E-01	1,0E+00 ± 2E-01	5,9E-01 ± 2E-01	8,2E-01 ± 4E-01	5,3E-01 ± 1E-01	7,0E-01 ± 1E-01
Th-230						5,2E+00 ± 5E+00 ‡	8,7E-01 ± 9E-01
K-40	2,6E+01 ± 4E+00	2,6E+01 ± 4E+00	2,4E+01 ± 4E+00	3,0E+01 ± 5E+00	2,5E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 2E+00
Be-7	5,8E+00 ± 1E+00	1,8E+01 ± 2E+00	9,2E+00 ± 1E+00	3,6E-01 ± 1E+00 ‡			5,6E+00 ± 5E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137			4,8E-02 ± 2E-01 ‡	4,0E-01 ± 2E-01			7,4E-02 ± 5E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	6,3E-01 ± 1E-01	5,4E-01 ± 9E-02	6,0E-01 ± 1E-01	6,1E-01 ± 1E-01	6,7E-01 ± 9E-02	5,5E-01 ± 8E-02	6,0E-01 ± 4E-02
H-3	6,9E+02 ± 8E+01	5,1E+02 ± 7E+01	6,6E+02 ± 8E+01	5,9E+02 ± 5E+01	5,1E+02 ± 7E+01	6,3E+02 ± 6E+01	6,0E+02 ± 3E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 pa na Odseku O-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T - 32b
4. ČRPALIŠČE VODOVODA KRŠKO – mesečni sestavljeni vzorci

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

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

Vzorč. mesto	črpališče Rore						
Datum vzor.	18. 6. 2018 - 16. 7. 2018	16. 7. 2018 - 16. 8. 2018	16. 8. 2018 - 17. 9. 2018	17. 9. 2018 - 15. 10. 2018	15. 10. 2018 - 15. 11. 2018	15. 11. 2018 - 17. 12. 2018	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	36,88	41,18	42,48	37,87	42,13	43,81	
Oznaka vzorca	K18VC1471	K18VC1481	K18VC1491	K18VC14A1	K18VC14B1	K18VC14C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
U-238	7,4E-01 ± 9E-01 ‡	5,4E+00 ± 3E+00	1,2E+00 ± 1E+00 ‡	8,6E-01 ± 3E+00 ‡	7,3E+00 ± 3E+00	3,9E+00 ± 1E+00	2,3E+00 ± 6E-01
Ra-226	1,7E+00 ± 3E-01	1,8E+00 ± 8E-01	2,7E+00 ± 9E-01	1,6E+00 ± 1E+00	6,2E+00 ± 1E+00	1,4E-01 ± 2E-01 ‡	2,6E+00 ± 3E-01
Pb-210	3,7E+00 ± 6E-01	1,5E+01 ± 2E+00	1,1E+00 ± 6E-01	1,1E+01 ± 7E+00	9,6E-02 ± 2E+00 ‡	1,3E-01 ± 1E+00 ‡	4,5E+00 ± 2E+00 x
Ra-228	6,1E-01 ± 3E-01	1,4E+00 ± 6E-01		1,2E+00 ± 6E-01	9,5E-01 ± 4E-01	7,3E-02 ± 1E-01 ‡	5,8E-01 ± 1E-01
Th-228	1,1E-01 ± 7E-02	1,9E-01 ± 2E-01 ‡	4,6E-01 ± 1E-01	7,6E-01 ± 9E-01 ‡	1,4E-01 ± 2E-01 ‡	1,2E-01 ± 2E-01 ‡	5,0E-01 ± 1E-01
Th-230							4,4E-01 ± 4E-01
K-40	3,0E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 4E+00	2,8E+01 ± 3E+00	3,0E+01 ± 4E+00	2,0E+01 ± 2E+00	3,6E+01 ± 4E+00	2,8E+01 ± 1E+00
Be-7	8,7E+00 ± 1E+00	2,8E+01 ± 3E+00	1,3E+00 ± 1E+00 ‡	5,7E-01 ± 2E+00 ‡	2,6E+00 ± 1E+00		6,3E+00 ± 4E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137				3,8E-03 ± 6E-02 ‡			3,7E-02 ± 2E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	4,6E-01 ± 8E-02	5,3E-01 ± 7E-02	6,8E-01 ± 1E-01	6,9E-01 ± 1E-01	5,7E+00 ± 3E-01	5,4E-01 ± 9E-02	1,0E+00 ± 4E-02
H-3	4,1E+02 ± 6E+01	7,5E+02 ± 9E+01	6,2E+02 ± 7E+01	6,2E+02 ± 6E+01	5,3E+02 ± 7E+01	6,8E+02 ± 7E+01	6,0E+02 ± 2E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 pa na Odseku O-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T - 33a
4. ZAJETJE VODOVODA KRŠKO – mesečni sestavljeni vzorci

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

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

Vzorč. mesto	vodovod Spodnji Stari Grad						
Datum vzor.	18. 12. 2017 - 15. 1. 2018	15. 1. 2018 - 15. 2. 2018	15. 2. 2018 - 15. 3. 2018	15. 3. 2018 - 16. 4. 2018	16. 4. 2018 - 16. 5. 2018	16. 5. 2018 - 18. 6. 2018	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	42,29	46,96	42,56	48,80	45,29	49,73	
Oznaka vzorca	K18VC211	K18VC221	K18VC231	K18VC241	K18VC251	K18VC261	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
U-238	5,5E+00 ± 3E+00	1,3E+00 ± 2E+00 ‡	5,6E+00 ± 4E+00	2,5E+00 ± 2E+00	6,1E+00 ± 3E+00	4,8E+00 ± 7E+00 ‡	4,3E+00 ± 2E+00
Ra-226	1,4E+00 ± 9E-01	1,2E+00 ± 4E-01		1,5E+00 ± 4E-01	1,9E+00 ± 4E-01	1,8E+00 ± 5E-01	1,3E+00 ± 2E-01
Pb-210	1,9E+00 ± 4E+00 ‡	5,0E+00 ± 2E+00	2,3E+00 ± 3E+00 ‡	5,3E+00 ± 1E+00	3,7E+00 ± 2E+00	4,3E-01 ± 1E+00 ‡	3,1E+00 ± 1E+00
Ra-228	7,9E-01 ± 6E-01	9,8E-01 ± 5E-01	4,8E-01 ± 4E-01 ‡	1,4E+00 ± 4E-01	1,4E+00 ± 5E-01	1,3E+00 ± 7E-01	1,1E+00 ± 2E-01
Th-228	6,5E-01 ± 2E-01		4,0E-01 ± 4E-01 ‡	3,3E-01 ± 2E-01	5,5E-01 ± 2E-01	4,7E-01 ± 2E-01	4,0E-01 ± 9E-02
Th-230							
K-40	7,0E+01 ± 7E+00	8,7E+01 ± 9E+00	6,1E+01 ± 6E+00	7,9E+01 ± 8E+00	6,4E+01 ± 7E+00	7,0E+01 ± 7E+00	7,2E+01 ± 3E+00
Be-7	1,8E+00 ± 1E+00	9,2E+00 ± 1E+00	5,5E+00 ± 2E+00		5,9E+00 ± 2E+00	3,1E+00 ± 2E+00	4,3E+00 ± 6E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137							
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	5,1E-01 ± 8E-02	1,2E-01 †	5,7E-01 ± 1E-01	4,8E-01 ± 9E-02	4,4E-01 ± 7E-02	4,4E-01 ± 7E-02	4,3E-01 ± 6E-02 x
H-3	1,8E+03 ± 1E+02	2,0E+03 ± 2E+02	1,9E+03 ± 1E+02	2,0E+03 ± 2E+02	2,0E+03 ± 2E+02	2,3E+03 ± 3E+02	2,0E+03 ± 7E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 pa na Odseku O-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T - 33b
4. ZAJETJE VODOVODA KRŠKO – mesečni sestavljeni vzorci

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

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

Vzorč. mesto	vodovod Spodnji Stari Grad						
Datum vzor.	18. 6. 2018 - 16. 7. 2018	16. 7. 2018 - 16. 8. 2018	16. 8. 2018 - 17. 9. 2018	17. 9. 2018 - 15. 10. 2018	15. 10. 2018 - 15. 11. 2018	15. 11. 2018 - 17. 12. 2018	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	42,12	46,29	48,14	41,82	46,85	48,43	
Oznaka vzorca	K18VC271	K18VC281	K18VC291	K18VC2A1	K18VC2B1	K18VC2C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
U-238	7,3E+00 ± 3E+00	2,1E+00 ± 2E+00	1,7E+00 ± 3E+00 ‡	4,1E+00 ± 2E+00	5,1E+00 ± 2E+00	1,5E+00 ± 2E+00 ‡	4,0E+00 ± 9E-01
Ra-226	2,0E+00 ± 6E-01	1,0E+00 ± 3E-01		5,8E-01 ± 4E-01	2,6E+00 ± 4E-01	9,0E-01 ± 4E-01	1,2E+00 ± 1E-01
Pb-210	8,4E+00 ± 4E+00	1,6E-01 ± 4E+00 ‡	1,1E+01 ± 6E+00	7,9E-02 ± 4E+00 ‡	1,5E+01 ± 6E+00	1,6E+01 ± 6E+00	5,7E+00 ± 1E+00
Ra-228	1,6E+00 ± 6E-01	1,1E+00 ± 4E-01	8,7E-01 ± 6E-01	1,4E+00 ± 5E-01	2,2E+00 ± 4E-01	2,4E-01 ± 2E-01 ‡	1,2E+00 ± 1E-01
Th-228	4,1E-01 ± 3E-01	4,8E-01 ± 3E-01	8,2E-01 ± 7E-01 ‡	2,0E-01 ± 2E-01 ‡	3,1E-01 ± 2E-01	1,1E-01 ± 2E-01 ‡	3,9E-01 ± 9E-02
Th-230							
K-40	4,0E+01 ± 5E+00	7,7E+01 ± 8E+00	8,4E+01 ± 1E+01	8,7E+01 ± 9E+00	7,3E+01 ± 8E+00	7,1E+01 ± 7E+00	7,2E+01 ± 2E+00
Be-7	1,1E+01 ± 2E+00	1,5E+01 ± 1E+00	7,9E+00 ± 1E+00	6,2E+00 ± 1E+00	1,0E+01 ± 3E+00	4,2E+00 ± 2E+00	6,6E+00 ± 5E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137			5,5E-03 ± 1E-01 ‡			5,5E-03 ± 5E-02 ‡	9,2E-04 ± 9E-03
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	4,8E-01 ± 7E-02	5,1E-01 ± 8E-02	1,2E-01 †	9,0E-01 ± 9E-02	1,3E-01 †	4,5E-01 ± 7E-02 x
H-3	2,3E+03 ± 2E+02	2,1E+03 ± 4E+02	2,0E+03 ± 2E+02	1,9E+03 ± 2E+02	2,1E+03 ± 2E+02	1,7E+03 ± 1E+02	2,0E+03 ± 6E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 pa na Odseku O-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T - 34a
4. ČRPALIŠČE VODOVODA BREŽICE – mesečni sestavljeni vzorci

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

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

Vzorč. mesto	črpališče Brežice (Glogov Brod)						
Datum vzor.	18. 12. 2017 - 15. 1. 2018	15. 1. 2018 - 15. 2. 2018	15. 2. 2018 - 15. 3. 2018	15. 3. 2018 - 16. 4. 2018	16. 4. 2018 - 16. 5. 2018	16. 5. 2018 - 18. 6. 2018	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	39,99	44,09	39,82	44,65	41,96	42,48	
Oznaka vzorca	K18VC3211	K18VC3221	K18VC3231	K18VC3241	K18VC3251	K18VC3261	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
U-238	1,7E+00 ± 9E-01	3,0E+00 ± 9E-01	2,3E+00 ± 1E+00	5,1E+00 ± 1E+00	2,2E+00 ± 2E+00 ‡	5,3E+00 ± 2E+00	3,3E+00 ± 6E-01
Ra-226	3,5E-01 ± 3E-01 ‡	2,6E-01 ± 3E-01 ‡			4,1E-01 ± 5E-01 ‡		1,7E-01 ± 1E-01
Pb-210	4,5E+00 ± 7E-01	5,3E+00 ± 5E-01	7,1E+00 ± 8E-01	8,5E+00 ± 2E+00	5,3E+00 ± 1E+00	2,1E+00 ± 4E+00 ‡	5,5E+00 ± 8E-01
Ra-228				1,1E+00 ± 4E-01		1,1E+00 ± 6E-01	3,5E-01 ± 1E-01
Th-228	3,0E-01 ± 2E-01	2,6E-01 ± 6E-02	2,5E-02 ± 7E-02 ‡	6,6E-01 ± 2E-01	4,4E-01 ± 5E-01 ‡	4,2E-01 ± 2E-01	3,5E-01 ± 1E-01
Th-230		1,4E+00 ± 4E+00 ‡	1,0E+01 ± 5E+00				1,9E+00 ± 1E+00
K-40	2,0E+01 ± 6E+00	2,3E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 3E+00	2,8E+01 ± 3E+00	2,8E+01 ± 4E+00	1,4E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 1E+00
Be-7	3,0E+00 ± 9E-01	2,8E+00 ± 5E-01		5,1E+00 ± 8E-01		4,1E+00 ± 8E-01	2,5E+00 ± 3E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137		2,4E-03 ± 3E-02 ‡					4,0E-04 ± 5E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	9,9E-02 †	9,3E-02 †	1,0E-01 †	1,1E-01 †	9,1E-02 †	9,2E-02 †	9,8E-02 ± 3E-03 x
H-3	1,7E+02 ± 3E+01	1,3E+02 ± 2E+01	2,6E+02 ± 4E+01	2,4E+02 ± 2E+01	1,7E+02 ± 3E+01	2,4E+02 ± 4E+01	2,0E+02 ± 1E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 pa na Odseku O-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T - 34b
4. ČRPALIŠČE VODOVODA BREŽICE – mesečni sestavljeni vzorci

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

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

Vzorč. mesto	črpališče Brežice (Glogov Brod)						
Datum vzor.	18. 6. 2018 - 16. 7. 2018	16. 7. 2018 - 16. 8. 2018	16. 8. 2018 - 17. 9. 2018	17. 9. 2018 - 15. 10. 2018	15. 10. 2018 - 15. 11. 2018	15. 11. 2018 - 17. 12. 2018	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	16,73	12,34	3,17	51,64	47,36	43,60	
Oznaka vzorca	K18VC3271	K18VC3281	K18VC3291	K18VC32A1	K18VC32B1	K18VC32C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
U-238	6,9E+00 ± 6E+00 ‡	1,6E+01 ± 4E+00	6,0E+01 ± 6E+01 ‡	4,2E+00 ± 2E+00	4,0E+00 ± 1E+00	1,7E+00 ± 4E+00 ‡	9,4E+00 ± 5E+00
Ra-226		3,8E+00 ± 1E+00	1,5E+01 ± 2E+01 ‡	8,5E-01 ± 7E-01 ‡	5,8E-01 ± 6E-01 ‡	1,1E+01 ± 2E+00	2,7E+00 ± 1E+00
Pb-210	2,7E+00 ± 3E+00 ‡	2,1E+00 †	8,6E+00 †	8,3E-01 ± 1E+00 ‡	3,2E+00 ± 8E-01	4,4E+00 ± 3E+00	4,5E+00 ± 7E-01 x
Ra-228		1,4E+00 ± 1E+00		6,5E-01 ± 3E-01	6,1E-01 ± 3E-01		4,0E-01 ± 1E-01
Th-228	1,3E+00 ± 1E+00 ‡	2,7E+00 ± 7E-01	8,8E+00 ± 5E+00	2,4E-01 ± 2E-01	2,3E-01 ± 2E-01 ‡	1,3E+00 ± 4E-01	1,4E+00 ± 5E-01
Th-230							9,7E-01 ± 5E-01
K-40	2,4E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 6E+00	5,2E+01 ± 5E+01 ‡	1,2E+01 ± 2E+00	2,2E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 4E+00
Be-7			8,6E+00 ± 4E+01 ‡			2,7E+00 ± 1E+00	2,2E+00 ± 3E+00
I-131							
Cs-134							
Cs-137					1,1E-01 ± 9E-02		9,3E-03 ± 8E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	2,3E-01 †	3,6E-01 †	premalo vzorca	8,8E-02 †	8,4E-02 †	9,8E-02 †	1,3E-01 ± 3E-02 x
H-3	4,5E+02 ± 6E+01	5,9E+02 ± 7E+01	5,4E+02 ± 1E+02	9,6E+01 ± 1E+01	2,2E+01 †	1,1E+02 ± 2E+01	2,5E+02 ± 5E+01 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 pa na Odseku O-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 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 Hrvaška)						
Datum vzor.	8. 1. 2018	7. 2. 2018	22. 3. 2018	11. 4. 2018	9. 5. 2018	4. 6. 2018	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	51,97	50,82	49,47	51,10	49,06	50,00	
Oznaka vzorca	MED01-18	MED02-18	MED03-18	MED04-18	MED05-18	MED06-18	
	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
U-238	8,1E+00 ± 3E+00	8,2E+00 ± 3E+00	6,3E+00 ± 3E+00	7,4E+00 ± 3E+00	4,3E+00 ± 2E+00	7,6E+00 ± 3E+00	7,0E+00 ± 1E+00
Ra-226						8,0E-01 ± 4E-01	1,3E-01 ± 7E-02
Pb-210							
Ra-228				1,6E+00 ± 8E-01			3,2E-01 ± 3E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	4,7E+01 ± 8E+00	5,5E+01 ± 9E+00	4,7E+01 ± 8E+00	4,7E+01 ± 8E+00	5,4E+01 ± 9E+00	7,9E+01 ± 1E+01	5,5E+01 ± 4E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137				1,7E-01 ± 1E-01	2,4E-01 ± 2E-01		6,8E-02 ± 3E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,0E+00 ± 2E-01	2,3E+00 ± 3E-01	1,7E+00 ± 2E-01	2,1E+00 ± 2E-01	2,6E+00 ± 3E-01	2,0E+00 ± 2E-01	2,1E+00 ± 9E-02
H-3	9,9E+02 ± 2E+02	2,1E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 2E+02	2,5E+03 ± 3E+02	1,5E+03 ± 2E+02	1,1E+03 ± 2E+02	1,7E+03 ± 9E+01

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

LETO 2018 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 Hrvaška)						
Datum vzor.	2. 7. 2018	1. 8. 2018	3. 9. 2018	2. 10. 2018	5. 11. 2018	3. 12. 2018	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	49,12	49,17	50,07	52,61	49,25	53,40	
Oznaka vzorca	MED07-18	MED08-18	MED09-18	MED10-18	MED11-18	MED12-18	
	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
U-238	6,5E+00 ± 2E+00	6,6E+00 ± 2E+00	7,8E+00 ± 2E+00	6,9E+00 ± 3E+00		4,8E+00 ± 2E+00	6,2E+00 ± 7E-01
Ra-226						1,5E+00 ± 5E-01	1,9E-01 ± 6E-02
Pb-210							
Ra-228	1,1E+00 ± 8E-01						2,5E-01 ± 2E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	7,3E+01 ± 1E+01	8,3E+01 ± 1E+01	7,2E+01 ± 1E+01	7,4E+01 ± 1E+01	7,4E+01 ± 1E+01	5,1E+01 ± 8E+00	6,3E+01 ± 3E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137							3,4E-02 ± 2E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,7E+00 ± 3E-01	2,6E+00 ± 3E-01	2,0E+00 ± 2E-01	1,9E+00 ± 2E-01	1,4E+00 ± 2E-01	1,6E+00 ± 2E-01	2,1E+00 ± 7E-02
H-3	5,8E+02 ± 1E+02	5,5E+02 ± 1E+02	6,3E+02 ± 1E+02	6,5E+02 ± 1E+02	4,5E+02 ± 1E+02	5,1E+02 ± 1E+02	1,1E+03 ± 5E+01

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

LETO 2018 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 Hrvaška)						
Datum vzor.	8. 1. 2018	7. 2. 2018	22. 3. 2018	11. 4. 2018	9. 5. 2018	4. 6. 2018	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	49,31	50,21	51,17	49,65	49,50	50,76	
Oznaka vzorca	SIB01-18	SIB02-18	SIB03-18	SIB04-18	SIB05-18	SIB06-18	
	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
U-238	5,2E+00 ± 2E+00	7,0E+00 ± 2E+00	8,5E+00 ± 3E+00	4,7E+00 ± 2E+00	5,4E+00 ± 2E+00	7,4E+00 ± 2E+00	6,4E+00 ± 9E-01
Ra-226	1,3E+00 ± 5E-01	1,1E+00 ± 5E-01	1,4E+00 ± 5E-01	1,5E+00 ± 5E-01	1,1E+00 ± 5E-01	1,6E+00 ± 5E-01	1,3E+00 ± 2E-01
Pb-210							
Ra-228	1,9E+00 ± 9E-01	2,4E+00 ± 9E-01	2,0E+00 ± 9E-01	1,5E+00 ± 8E-01	2,5E+00 ± 9E-01	2,0E+00 ± 9E-01	2,0E+00 ± 4E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	5,2E+01 ± 9E+00	4,2E+01 ± 8E+00	4,6E+01 ± 8E+00	4,7E+01 ± 8E+00	4,4E+01 ± 8E+00	5,4E+01 ± 9E+00	4,7E+01 ± 3E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137						1,7E-01 ± 1E-01	2,8E-02 ± 2E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	3,3E+00 ± 3E-01	3,9E+00 ± 3E-01	3,1E+00 ± 3E-01	3,3E+00 ± 3E-01	2,8E+00 ± 3E-01	2,9E+00 ± 3E-01	3,2E+00 ± 1E-01
H-3	4,3E+02 ± 1E+02	4,3E+02 ± 1E+02	3,8E+02 ± 1E+02	3,6E+02 ± 1E+02	4,3E+02 ± 1E+02	3,3E+02 ± 1E+02	3,9E+02 ± 5E+01

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

LETO 2018 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 Hrvaška)						
Datum vzor.	2. 7. 2018	1. 8. 2018	3. 9. 2018	31. 10. 2018	16. 11. 2018	3. 12. 2018	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	49,41	49,67	50,89	53,03	49,30	55,11	
Oznaka vzorca	SIB07-18	SIB08-18	SIB09-18	SIB10-18	SIB11-18	SIB12-18	
	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
U-238	2,8E+00 ± 2E+00	5,0E+00 ± 2E+00	7,8E+00 ± 2E+00	6,6E+00 ± 6E+00	7,4E+00 ± 6E+00	7,5E+00 ± 2E+00	6,3E+00 ± 9E-01
Ra-226	1,9E+00 ± 6E-01	1,7E+00 ± 6E-01	1,3E+00 ± 5E-01	1,5E+00 ± 6E-01		1,7E+00 ± 5E-01	1,3E+00 ± 1E-01
Pb-210							
Ra-228	2,0E+00 ± 9E-01	1,3E+00 ± 8E-01	2,3E+00 ± 1E+00	1,5E+00 ± 1E+00	1,4E+00 ± 1E+00	1,5E+00 ± 8E-01	1,9E+00 ± 3E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	5,0E+01 ± 9E+00	5,9E+01 ± 9E+00	5,8E+01 ± 9E+00	5,9E+01 ± 1E+01	6,2E+01 ± 1E+01	6,7E+01 ± 1E+01	5,3E+01 ± 3E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137			1,7E-01 ± 1E-01				2,8E-02 ± 1E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,8E+00 ± 3E-01	2,9E+00 ± 3E-01	3,0E+00 ± 3E-01	3,0E+00 ± 3E-01	2,8E+00 ± 3E-01	2,8E+00 ± 3E-01	3,0E+00 ± 9E-02
H-3	3,7E+02 ± 1E+02	3,8E+02 ± 1E+02	4,1E+02 ± 1E+02	7,0E+02 ± 1E+02	6,3E+02 ± 1E+02	5,6E+02 ± 1E+02	4,5E+02 ± 4E+01

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

5. PADAVINE IN USEDI

6. USEDI – VAZELINSKE PLOŠČE

LETO 2018 T - 37a
5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci

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

Vzorč. mesto	Brege						
Datum vzor.	27. 12. 2017 - 1. 2. 2018	1. 2. 2018 - 1. 3. 2018	1. 3. 2018 - 3. 4. 2018	3. 4. 2018 - 3. 5. 2018	3. 5. 2018 - 4. 6. 2018	4. 6. 2018 - 2. 7. 2018	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	21,88	33,57	25,38	17,31	29,47	45,45	
Padavine (mm)***	63,8	132,1	61,7	64,9	81,9	174,5	
Oznaka vzorca	K18PD211	K18PD221	K18PD231	K18PD241	K18PD251	K18PD261	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
Na-22							
U-238	6,4E+00 ± 4E+00	3,4E+00 ± 1E+00			5,2E+00 ± 2E+00	1,8E+00 ± 2E+00 ‡	2,8E+00 ± 9E-01
Ra-226		5,6E+00 ± 2E+00	1,3E+00 ± 7E-01			2,1E-01 ± 1E+00 ‡	1,2E+00 ± 4E-01
Pb-210	1,5E+01 ± 7E+00	7,4E+02 ± 4E+01	3,5E+02 ± 1E+01	1,2E+01 ± 4E+00	5,9E+01 ± 6E+00	2,4E+01 ± 4E+00	2,0E+02 ± 7E+00
Ra-228	2,0E+00 ± 1E+00	1,3E+00 ± 5E-01	9,1E-01 ± 1E+00 ‡	1,7E+00 ± 1E+00	1,0E+00 ± 9E-01 ‡	3,6E-01 ± 5E-01 ‡	1,2E+00 ± 4E-01
Th-230			6,8E+01 ± 2E+01				1,1E+01 ± 4E+00
Th-228	3,8E-01 ± 3E-01 ‡	2,8E+00 ± 2E-01	6,1E-01 ± 5E-01 ‡	5,2E-01 ± 8E-01 ‡	5,9E-01 ± 3E-01	6,3E-01 ± 2E-01	9,2E-01 ± 2E-01
K-40		3,2E+01 ± 4E+00	1,5E+01 ± 4E+00	1,6E+01 ± 6E+00	2,6E+01 ± 5E+00	2,0E+01 ± 3E+00	1,8E+01 ± 2E+00
Be-7	7,3E+01 ± 4E+00	7,2E+02 ± 5E+01	3,2E+02 ± 2E+01	1,0E+02 ± 6E+00	4,3E+02 ± 2E+01	4,1E+02 ± 1E+01	3,4E+02 ± 9E+00
I-131							
Cs-134							
Cs-137		1,6E+00 ± 2E-01	4,8E-01 ± 2E-01				3,5E-01 ± 4E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106		1,9E+01 ± 2E+00					3,1E+00 ± 4E-01
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	1,9E-01 †	1,4E-01 †	7,7E-01 ± 1E-01	2,6E-01 †	1,3E-01 †	9,5E-02 †	2,6E-01 ± 1E-01 x
H-3	1,4E+03 ± 1E+02	2,1E+03 ± 1E+02	2,8E+03 ± 2E+02	2,9E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 1E+02	1,5E+03 ± 1E+02	2,0E+03 ± 6E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.
*** Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

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

Vzorč. mesto	Brege						
Datum vzor.	27. 12. 2017 - 1. 2. 2018	1. 2. 2018 - 1. 3. 2018	1. 3. 2018 - 3. 4. 2018	3. 4. 2018 - 3. 5. 2018	3. 5. 2018 - 4. 6. 2018	4. 6. 2018 - 2. 7. 2018	Polletni used (*)
Kol. vzorca (L)	21,9	33,6	25,4	17,3	29,5	45,5	
Padavine (mm)***	63,8	132,1	61,7	64,9	81,9	174,5	
Oznaka vzorca	K18PD211	K18PD221	K18PD231	K18PD241	K18PD251	K18PD261	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)						
Na-22							
U-238	4,1E-01 ± 3E-01	4,5E-01 ± 1E-01			4,3E-01 ± 2E-01	3,1E-01 ± 3E-01 ‡	1,6E+00 ± 5E-01
Ra-226		7,3E-01 ± 3E-01	8,2E-02 ± 4E-02			3,6E-02 ± 2E-01 ‡	8,5E-01 ± 4E-01
Pb-210	9,9E-01 ± 4E-01	9,8E+01 ± 5E+00	2,1E+01 ± 9E-01	7,6E-01 ± 3E-01	4,8E+00 ± 5E-01	4,2E+00 ± 7E-01	1,3E+02 ± 5E+00
Ra-228	1,3E-01 ± 8E-02	1,7E-01 ± 7E-02	5,6E-02 ± 7E-02 ‡	1,1E-01 ± 8E-02	8,3E-02 ± 7E-02 ‡	6,2E-02 ± 9E-02 ‡	6,1E-01 ± 2E-01
Th-230			4,2E+00 ± 1E+00				4,2E+00 ± 1E+00
Th-228	2,4E-02 ± 2E-02 ‡	3,7E-01 ± 3E-02	3,8E-02 ± 3E-02 ‡	3,4E-02 ± 5E-02 ‡	4,8E-02 ± 3E-02	1,1E-01 ± 3E-02	6,2E-01 ± 8E-02
K-40		4,3E+00 ± 5E-01	9,4E-01 ± 3E-01	1,0E+00 ± 4E-01	2,1E+00 ± 4E-01	3,4E+00 ± 5E-01	1,2E+01 ± 9E-01
Be-7	4,7E+00 ± 3E-01	9,5E+01 ± 6E+00	2,0E+01 ± 1E+00	6,8E+00 ± 4E-01	3,6E+01 ± 1E+00	7,2E+01 ± 3E+00	2,3E+02 ± 7E+00
I-131							
Cs-134							
Cs-137		2,1E-01 ± 2E-02	2,9E-02 ± 1E-02				2,4E-01 ± 3E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106		2,5E+00 ± 3E-01					2,5E+00 ± 3E-01
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	1,2E-02 †	1,8E-02 †	4,7E-02 ± 8E-03	1,7E-02 †	1,1E-02 †	1,7E-02 †	1,2E-01 ± 8E-03 x
H-3	8,8E+01 ± 7E+00	2,7E+02 ± 2E+01	1,7E+02 ± 1E+01	1,9E+02 ± 1E+01	1,3E+02 ± 1E+01	2,6E+02 ± 2E+01	1,1E+03 ± 3E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.
*** Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti letnega useda za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 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

Vzorč. mesto	Brege						
Datum vzor.	2. 7. 2018 - 1. 8. 2018	1. 8. 2018 - 3. 9. 2018	3. 9. 2018 - 1. 10. 2018	1. 10. 2018 - 5. 11. 2018	5. 11. 2018 - 3. 12. 2018	3. 12. 2018 - 27. 12. 2018	
Kol. vzorca (L)	51,41	22,27	14,67	35,31	15,52	7,03	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Padavine (mm)***	182,4	56,3	72,7	56,2	77,6	24,4	
Oznaka vzorca	K18PD271	K18PD281	K18PD291	K18PD2A1	K18PD2B1	K18PD2C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
Na-22	3,6E-01 ± 2E-01						3,0E-02 ± 1E-02
U-238	1,1E+00 ± 8E-01	7,9E+00 ± 6E+00	1,2E+01 ± 4E+00		8,2E+00 ± 3E+00		3,9E+00 ± 8E-01
Ra-226	5,5E-01 ± 3E-01			2,3E+00 ± 1E+00	3,1E+00 ± 1E+00		1,1E+00 ± 3E-01
Pb-210	9,9E+01 ± 5E+00	2,5E+01 ± 7E+00	3,2E+01 ± 5E+00	2,9E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 3E+00	1,1E+02 ± 2E+01	1,3E+02 ± 4E+00
Ra-228	4,4E-02 ± 3E-01 ‡	1,1E+00 ± 9E-01 ‡	3,6E+00 ± 2E+00	8,2E-01 ± 7E-01 ‡	2,0E+00 ± 2E+00 ‡	4,3E+00 ± 5E+00 ‡	1,6E+00 ± 5E-01
Th-230							5,6E+00 ± 2E+00
Th-228	1,4E-01 ± 1E-01	1,1E+00 ± 3E-01	7,2E-01 ± 9E-01 ‡	7,5E-01 ± 8E-01 ‡	1,5E+00 ± 1E+00 ‡		8,1E-01 ± 2E-01
K-40	6,8E+00 ± 1E+00	1,3E+01 ± 5E+00	8,6E+00 ± 5E+00	9,0E+00 ± 3E+00	1,6E+01 ± 4E+00	1,8E+01 ± 1E+01	1,5E+01 ± 2E+00
Be-7	1,2E+03 ± 8E+01	4,4E+02 ± 2E+01	2,5E+02 ± 1E+01	1,7E+02 ± 9E+00	1,2E+02 ± 7E+00	6,4E+01 ± 7E+00	3,6E+02 ± 8E+00
I-131							
Cs-134							
Cs-137							1,7E-01 ± 2E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							1,6E+00 ± 2E-01
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	7,7E-02 †	1,8E-01 †	3,3E-01 †	1,5E-01 †	2,9E-01 †	7,0E-01 †	2,8E-01 ± 7E-02 x
H-3	1,8E+03 ± 1E+02	1,8E+03 ± 1E+02	8,5E+02 ± 9E+01	1,2E+03 ± 1E+02	1,8E+03 ± 1E+02	1,7E+03 ± 1E+02	1,8E+03 ± 4E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost). V mesečnem povprečju za celo leto decembrski vzorec ni upoštevan.
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2. Decembrski vzorec H-3 je bil analiziran na Odseku F-2.
*** Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

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

Vzorč. mesto	Brege						
Datum vzor.	2. 7. 2018 - 1. 8. 2018	1. 8. 2018 - 3. 9. 2018	3. 9. 2018 - 1. 10. 2018	1. 10. 2018 - 5. 11. 2018	5. 11. 2018 - 3. 12. 2018	3. 12. 2018 - 27. 12. 2018	
Kol. vzorca (L)	51,4	22,3	14,7	35,3	15,5	7,0	Letni used (*)
Padavine (mm)***	182,4	56,3	72,7	56,2	77,6	24,4	
Oznaka vzorca	K18PD271	K18PD281	K18PD291	K18PD2A1	K18PD2B1	K18PD2C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)						
Na-22	6,5E-02 ± 3E-02						6,5E-02 ± 3E-02
U-238	1,9E-01 ± 1E-01	4,4E-01 ± 3E-01	9,0E-01 ± 3E-01		6,3E-01 ± 3E-01		3,8E+00 ± 7E-01
Ra-226	1,0E-01 ± 5E-02			1,3E-01 ± 7E-02	2,4E-01 ± 1E-01		1,3E+00 ± 4E-01
Pb-210	1,8E+01 ± 1E+00	1,4E+00 ± 4E-01	2,3E+00 ± 4E-01	1,6E+00 ± 2E-01	2,1E+00 ± 3E-01	2,6E+00 ± 5E-01	1,6E+02 ± 6E+00
Ra-228	8,0E-03 ± 5E-02 ‡	6,4E-02 ± 5E-02 ‡	2,6E-01 ± 2E-01	4,6E-02 ± 4E-02 ‡	1,5E-01 ± 1E-01 ‡	1,1E-01 ± 1E-01 ‡	1,3E+00 ± 3E-01
Th-230							4,2E+00 ± 1E+00
Th-228	2,6E-02 ± 2E-02	6,3E-02 ± 2E-02	5,2E-02 ± 6E-02 ‡	4,2E-02 ± 4E-02 ‡	1,2E-01 ± 1E-01 ‡		9,2E-01 ± 2E-01
K-40	1,2E+00 ± 2E-01	7,3E-01 ± 3E-01	6,2E-01 ± 4E-01	5,1E-01 ± 2E-01	1,2E+00 ± 3E-01	4,4E-01 ± 3E-01	1,7E+01 ± 1E+00
Be-7	2,1E+02 ± 1E+01	2,5E+01 ± 9E-01	1,8E+01 ± 9E-01	9,8E+00 ± 5E-01	9,3E+00 ± 6E-01	1,6E+00 ± 2E-01	5,1E+02 ± 2E+01
I-131							
Cs-134							
Cs-137							2,4E-01 ± 3E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							2,5E+00 ± 3E-01
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	1,4E-02 †	1,0E-02 †	2,4E-02 †	8,2E-03 †	2,2E-02 †	1,7E-02 †	2,2E-01 ± 8E-03 x
H-3	3,3E+02 ± 2E+01	1,0E+02 ± 7E+00	6,2E+01 ± 7E+00	7,0E+01 ± 6E+00	1,4E+02 ± 1E+01	4,1E+01 ± 3E+00	1,9E+03 ± 4E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda (apriorna negotovost). V letnem usedu je upoštevan tudi decembrski vzorec.
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2. Decembrski vzorec H-3 je bil analiziran na Odseku F-2.
*** Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti letnega useda za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 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

Vzorč. mesto	Krško						
Datum vzor.	27. 12. 2017 - 1. 2. 2018	1. 2. 2018 - 1. 3. 2018	1. 3. 2018 - 3. 4. 2018	3. 4. 2018 - 3. 5. 2018	3. 5. 2018 - 4. 6. 2018	4. 6. 2018 - 2. 7. 2018	
Kol. vzorca (L)	21,57	31,38	26,60	17,92	19,90	44,65	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Padavine (mm)	70,2	151,0	87,2	66,4	60,4	162,4	
Oznaka vzorca	K18PD311	K18PD321	K18PD331	K18PD341	K18PD351	K18PD361	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
Na-22						3,9E-01 ± 2E-01	6,6E-02 ± 4E-02
U-238	4,9E+00 ± 3E+00	2,3E+00 ± 3E+00 ‡	9,9E-01 ± 1E+00 ‡	2,4E+00 ± 4E+00 ‡		5,3E-01 ± 8E-01 ‡	1,9E+00 ± 1E+00
Ra-226	1,7E+00 ± 2E+00 ‡	3,8E+00 ± 2E+00	2,5E-01 ± 3E-01 ‡	5,1E-01 ± 1E+00 ‡	1,4E+01 ± 6E+00		3,3E+00 ± 1E+00
Pb-210	2,5E+01 ± 1E+01	3,2E+02 ± 1E+01	1,4E+02 ± 2E+01	1,2E+01 ± 1E+01 ‡	1,2E+02 ± 1E+01	2,5E+01 ± 1E+00	1,1E+02 ± 5E+00
Ra-228	1,4E+00 ± 9E-01	1,8E+00 ± 8E-01	5,4E-01 ± 4E-01	3,0E+00 ± 1E+00	7,3E-01 ± 9E-01 ‡		1,2E+00 ± 3E-01
Th-230			6,6E+00 ± 8E+00 ‡				1,1E+00 ± 1E+00
Th-228	6,2E-01 ± 4E-01	1,9E+00 ± 3E-01	3,7E-01 ± 1E-01	7,3E-01 ± 4E-01	1,5E+00 ± 6E-01	1,9E-01 ± 1E-01	8,9E-01 ± 1E-01
K-40	6,0E+00 ± 4E+00	1,6E+01 ± 3E+00	9,8E+01 ± 2E+01	1,3E+01 ± 6E+00	1,4E+01 ± 5E+00	6,4E+00 ± 1E+00	2,6E+01 ± 4E+00
Be-7	1,1E+02 ± 2E+01	5,4E+02 ± 2E+01	9,0E+02 ± 6E+01	3,9E+01 ± 3E+00	1,1E+03 ± 5E+01	3,0E+02 ± 2E+01	4,9E+02 ± 1E+01
I-131							
Cs-134							
Cs-137		5,0E-01 ± 2E-01	2,0E-01 ± 1E-01				1,2E-01 ± 4E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106		7,7E+00 ± 4E+00					1,3E+00 ± 6E-01
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	2,2E-01 †	1,8E-01 †	1,8E-01 †	2,5E-01 †	2,2E-01 †	9,0E-02 †	1,9E-01 ± 2E-02 x
H-3	9,1E+02 ± 1E+02	1,7E+03 ± 1E+02	1,3E+03 ± 1E+02	2,3E+03 ± 1E+02	2,1E+03 ± 1E+02	1,6E+03 ± 1E+02	1,6E+03 ± 5E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

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

Vzorč. mesto	Krško						
Datum vzor.	27. 12. 2017 - 1. 2. 2018	1. 2. 2018 - 1. 3. 2018	1. 3. 2018 - 3. 4. 2018	3. 4. 2018 - 3. 5. 2018	3. 5. 2018 - 4. 6. 2018	4. 6. 2018 - 2. 7. 2018	
Kol. vzorca (L)	21,6	31,4	26,6	17,9	19,9	44,7	Polletni used (*)
Padavine (mm)	70,2	151,0	87,2	66,4	60,4	162,4	
Oznaka vzorca	K18PD311	K18PD321	K18PD331	K18PD341	K18PD351	K18PD361	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)						
Na-22						6,4E-02 ± 4E-02	6,4E-02 ± 4E-02
U-238	3,5E-01 ± 2E-01	3,5E-01 ± 5E-01 ‡	8,7E-02 ± 1E-01 ‡	1,6E-01 ± 3E-01 ‡		8,7E-02 ± 1E-01 ‡	1,0E+00 ± 7E-01
Ra-226	1,2E-01 ± 1E-01 ‡	5,7E-01 ± 3E-01	2,2E-02 ± 3E-02 ‡	3,4E-02 ± 7E-02 ‡	8,2E-01 ± 4E-01		1,6E+00 ± 5E-01
Pb-210	1,8E+00 ± 8E-01	4,8E+01 ± 2E+00	1,2E+01 ± 1E+00	8,1E-01 ± 9E-01 ‡	7,1E+00 ± 6E-01	4,0E+00 ± 2E-01	7,4E+01 ± 3E+00
Ra-228	9,7E-02 ± 6E-02	2,6E-01 ± 1E-01	4,7E-02 ± 4E-02	2,0E-01 ± 7E-02	4,4E-02 ± 5E-02 ‡		6,6E-01 ± 2E-01
Th-230			5,8E-01 ± 7E-01 ‡				5,8E-01 ± 7E-01
Th-228	4,4E-02 ± 3E-02	2,9E-01 ± 5E-02	3,2E-02 ± 1E-02	4,9E-02 ± 2E-02	8,9E-02 ± 3E-02	3,0E-02 ± 2E-02	5,4E-01 ± 7E-02
K-40	4,2E-01 ± 3E-01	2,5E+00 ± 4E-01	8,5E+00 ± 2E+00	8,6E-01 ± 4E-01	8,2E-01 ± 3E-01	1,0E+00 ± 2E-01	1,4E+01 ± 2E+00
Be-7	7,7E+00 ± 1E+00	8,1E+01 ± 3E+00	7,8E+01 ± 5E+00	2,6E+00 ± 2E-01	6,4E+01 ± 3E+00	4,9E+01 ± 3E+00	2,8E+02 ± 7E+00
I-131							
Cs-134							
Cs-137		7,5E-02 ± 3E-02	1,8E-02 ± 1E-02				9,3E-02 ± 3E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106		1,2E+00 ± 5E-01					1,2E+00 ± 5E-01
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	1,5E-02 †	2,7E-02 †	1,6E-02 †	1,7E-02 †	1,3E-02 †	1,5E-02 †	1,0E-01 x
H-3	6,4E+01 ± 7E+00	2,6E+02 ± 2E+01	1,1E+02 ± 1E+01	1,5E+02 ± 9E+00	1,3E+02 ± 8E+00	2,6E+02 ± 2E+01	9,7E+02 ± 3E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti letnega useda za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 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

Vzorč. mesto	Krško						
Datum vzor.	2. 7. 2018 - 1. 8. 2018	1. 8. 2018 - 3. 9. 2018	3. 9. 2018 - 1. 10. 2018	1. 10. 2018 - 5. 11. 2018	5. 11. 2018 - 3. 12. 2018	3. 12. 2018 - 27. 12. 2018	
Kol. vzorca (L)	44,27	27,46	15,55	26,71	12,41	6,10	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Padavine (mm)	166,0	81,2	77,7	67,6	84,0	20,7	
Oznaka vzorca	K18PD371	K18PD381	K18PD391	K18PD3A1	K18PD3B1	K18PD3C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
Na-22							3,3E-02 ± 2E-02
U-238	7,1E-01 ± 9E-01 ‡	4,5E+00 ± 2E+00		1,9E+00 ± 2E+00 ‡	1,8E+01 ± 8E+00	1,9E+01 ± 8E+00	4,6E+00 ± 1E+00
Ra-226	1,5E-01 ± 3E-01 ‡				6,0E+00 ± 4E+00		2,2E+00 ± 6E-01
Pb-210	2,2E+02 ± 1E+01	3,5E+01 ± 4E+00	2,0E+01 ± 7E+00	1,8E+01 ± 1E+00	3,3E+01 ± 5E+00	3,7E+02 ± 2E+01	1,1E+02 ± 3E+00
Ra-228		1,2E+00 ± 8E-01					7,2E-01 ± 2E-01
Th-230	7,3E+00 ± 5E+00						1,2E+00 ± 8E-01
Th-228	2,2E-01 ± 1E-01	6,8E-01 ± 5E-01	7,6E-01 ± 7E-01 ‡	2,0E-01 ± 9E-02	1,5E+00 ± 7E-01	1,2E+00 ± 5E-01	8,3E-01 ± 1E-01
K-40	5,6E+00 ± 1E+00	7,7E+00 ± 3E+00	8,0E+00 ± 4E+00	7,6E+00 ± 2E+00	7,6E+00 ± 7E+00 ‡	3,9E+00 ± 8E+00 ‡	1,6E+01 ± 2E+00
Be-7	1,9E+03 ± 1E+02	6,6E+02 ± 2E+01	1,7E+02 ± 9E+00	1,8E+02 ± 1E+01	9,2E+01 ± 2E+01	3,3E+02 ± 2E+01	5,2E+02 ± 1E+01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	2,0E-02 ± 8E-02 ‡					3,6E-02 ± 2E-01 ‡	6,3E-02 ± 3E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							6,4E-01 ± 3E-01
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	1,1E-01 †	1,4E-01 †	2,9E-01 †	1,7E-01 †	3,8E-01 †	7,6E-01 †	2,5E-01 ± 5E-02 x
H-3	1,6E+03 ± 1E+02	1,5E+03 ± 1E+02	9,0E+02 ± 9E+01	1,1E+03 ± 1E+02	2,0E+03 ± 1E+02	1,2E+03 ± 1E+02	1,5E+03 ± 3E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost). V mesečnem povprečju za celo leto decembrski vzorec ni upoštevan.
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2. Decembrski vzorec H-3 je bil analiziran na Odseku F-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

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

Vzorč. mesto	Krško						
Datum vzor.	2. 7. 2018 - 1. 8. 2018	1. 8. 2018 - 3. 9. 2018	3. 9. 2018 - 1. 10. 2018	1. 10. 2018 - 5. 11. 2018	5. 11. 2018 - 3. 12. 2018	3. 12. 2018 - 27. 12. 2018	
Kol. vzorca (L)	44,3	27,5	15,6	26,7	12,4	6,1	Letni used (*)
Padavine (mm)	166,0	81,2	77,7	67,6	84,0	20,7	
Oznaka vzorca	K18PD371	K18PD381	K18PD391	K18PD3A1	K18PD3B1	K18PD3C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)						
Na-22							6,4E-02 ± 4E-02
U-238	1,2E-01 ± 2E-01 ‡	3,7E-01 ± 2E-01		1,3E-01 ± 2E-01 ‡	1,5E+00 ± 6E-01	3,9E-01 ± 2E-01	3,6E+00 ± 1E+00
Ra-226	2,5E-02 ± 5E-02 ‡				5,0E-01 ± 3E-01		2,1E+00 ± 6E-01
Pb-210	3,7E+01 ± 2E+00	2,8E+00 ± 3E-01	1,5E+00 ± 6E-01	1,2E+00 ± 9E-02	2,8E+00 ± 4E-01	7,6E+00 ± 4E-01	1,3E+02 ± 4E+00
Ra-228		9,4E-02 ± 6E-02					7,5E-01 ± 2E-01
Th-230	1,2E+00 ± 9E-01						1,8E+00 ± 1E+00
Th-228	3,7E-02 ± 2E-02	5,5E-02 ± 4E-02	5,9E-02 ± 6E-02 ‡	1,3E-02 ± 6E-03	1,3E-01 ± 6E-02	2,5E-02 ± 1E-02	8,5E-01 ± 1E-01
K-40	9,3E-01 ± 2E-01	6,2E-01 ± 2E-01	6,2E-01 ± 3E-01	5,1E-01 ± 1E-01	6,3E-01 ± 6E-01 ‡	8,2E-02 ± 2E-01 ‡	1,8E+01 ± 2E+00
Be-7	3,1E+02 ± 2E+01	5,4E+01 ± 2E+00	1,3E+01 ± 7E-01	1,2E+01 ± 8E-01	7,7E+00 ± 2E+00	6,8E+00 ± 5E-01	6,8E+02 ± 2E+01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	3,4E-03 ± 1E-02 ‡					7,5E-04 ± 5E-03 ‡	9,7E-02 ± 3E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							1,2E+00 ± 5E-01
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	1,8E-02 †	1,1E-02 †	2,2E-02 †	1,2E-02 †	3,2E-02 †	1,6E-02 †	2,1E-01 x
H-3	2,7E+02 ± 2E+01	1,2E+02 ± 9E+00	7,0E+01 ± 7E+00	7,6E+01 ± 7E+00	1,6E+02 ± 1E+01	2,5E+01 ± 2E+00	1,7E+03 ± 4E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda (apriorna negotovost). V letnem usedu je upoštevan tudi decembrski vzorec.
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2. Decembrski vzorec H-3 je bil analiziran na Odseku F-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti letnega useda za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 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. 2017 - 1. 2. 2018	1. 2. 2018 - 1. 3. 2018	1. 3. 2018 - 3. 4. 2018	3. 4. 2018 - 3. 5. 2018	3. 5. 2018 - 4. 6. 2018	4. 6. 2018 - 2. 7. 2018	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	24,62	28,19	25,95	7,93	26,09	32,29	
Padavine (mm)	89,8	148,3	57,3	38,3	98,0	108,8	
Oznaka vzorca	K18PD411	K18PD421	K18PD431	K18PD441	K18PD451	K18PD461	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
Na-22							
U-238	2,8E+00 ± 3E+00 ‡		5,2E+00 ± 3E+00	3,3E+00 ± 2E+00	4,1E+00 ± 4E+00 ‡		2,6E+00 ± 1E+00
Ra-226	2,6E+00 ± 1E+00	6,1E-01 ± 6E-01 ‡	2,1E+00 ± 2E+00 ‡				9,0E-01 ± 5E-01
Pb-210	1,0E+00 ± 3E+00 ‡	3,6E+02 ± 1E+01	3,7E+02 ± 4E+01	1,1E+01 ± 2E+00	9,3E+01 ± 1E+01	4,3E+00 ± 3E+00	1,4E+02 ± 7E+00
Ra-228	1,2E+00 ± 5E-01	9,3E-01 ± 5E-01	2,2E+00 ± 8E-01		3,1E+00 ± 1E+00	1,4E+00 ± 1E+00	1,5E+00 ± 3E-01
Th-230							
Th-228	3,5E-01 ± 3E-01 ‡	5,9E-01 ± 4E-01	1,7E+00 ± 6E-01	1,0E+00 ± 3E-01	8,2E-01 ± 4E-01	1,9E-01 ± 4E-01 ‡	7,8E-01 ± 2E-01
K-40	4,2E+00 ± 3E+00	1,3E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 4E+00	1,1E+01 ± 6E+00	1,6E+01 ± 5E+00	7,9E+00 ± 3E+00	1,2E+01 ± 2E+00
Be-7	1,7E+02 ± 1E+01	6,3E+02 ± 3E+01	6,2E+02 ± 6E+01	5,1E+01 ± 5E+00	5,9E+02 ± 2E+01	1,5E+02 ± 8E+00	3,7E+02 ± 1E+01
I-131							
Cs-134							
Cs-137		5,5E-01 ± 2E-01	6,1E-01 ± 2E-01				1,9E-01 ± 5E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106		1,1E+01 ± 2E+00					1,8E+00 ± 3E-01
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	1,9E-01 †	1,5E-01 †	1,7E-01 †	5,5E-01 †	1,6E-01 †	1,3E-01 †	2,3E-01 ± 7E-02 x
H-3	7,3E+02 ± 9E+01	8,6E+02 ± 9E+01	9,4E+02 ± 9E+01	1,5E+03 ± 1E+02	1,5E+03 ± 1E+02	1,4E+03 ± 1E+02	1,1E+03 ± 4E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

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. 2017 - 1. 2. 2018	1. 2. 2018 - 1. 3. 2018	1. 3. 2018 - 3. 4. 2018	3. 4. 2018 - 3. 5. 2018	3. 5. 2018 - 4. 6. 2018	4. 6. 2018 - 2. 7. 2018	Polletni used (*)
Kol. vzorca (L)	24,6	28,2	26,0	7,9	26,1	32,3	
Padavine (mm)	89,8	148,3	57,3	38,3	98,0	108,8	
Oznaka vzorca	K18PD411	K18PD421	K18PD431	K18PD441	K18PD451	K18PD461	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)						
Na-22							
U-238	2,5E-01 ± 3E-01 ‡		3,0E-01 ± 2E-01	1,2E-01 ± 9E-02	4,0E-01 ± 4E-01 ‡		1,1E+00 ± 5E-01
Ra-226	2,4E-01 ± 1E-01	9,1E-02 ± 1E-01 ‡	1,2E-01 ± 1E-01 ‡				4,5E-01 ± 2E-01
Pb-210	9,3E-02 ± 3E-01 ‡	5,4E+01 ± 2E+00	2,1E+01 ± 2E+00	4,0E-01 ± 7E-02	9,1E+00 ± 1E+00	4,7E-01 ± 3E-01	8,5E+01 ± 3E+00
Ra-228	1,1E-01 ± 5E-02	1,4E-01 ± 8E-02	1,3E-01 ± 4E-02		3,0E-01 ± 1E-01	1,5E-01 ± 1E-01	8,3E-01 ± 2E-01
Th-230							
Th-228	3,2E-02 ± 3E-02 ‡	8,7E-02 ± 5E-02	9,7E-02 ± 4E-02	3,9E-02 ± 1E-02	8,0E-02 ± 4E-02	2,0E-02 ± 4E-02 ‡	3,6E-01 ± 9E-02
K-40	3,8E-01 ± 2E-01	2,0E+00 ± 5E-01	1,2E+00 ± 2E-01	4,3E-01 ± 2E-01	1,6E+00 ± 5E-01	8,6E-01 ± 3E-01	6,4E+00 ± 9E-01
Be-7	1,6E+01 ± 9E-01	9,4E+01 ± 5E+00	3,6E+01 ± 3E+00	1,9E+00 ± 2E-01	5,8E+01 ± 2E+00	1,6E+01 ± 9E-01	2,2E+02 ± 6E+00
I-131							
Cs-134							
Cs-137		8,2E-02 ± 3E-02	3,5E-02 ± 1E-02				1,2E-01 ± 4E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106		1,6E+00 ± 2E-01					1,6E+00 ± 2E-01
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	1,7E-02 †	2,2E-02 †	9,8E-03 †	2,1E-02 †	1,5E-02 †	1,4E-02 †	1,0E-01 x
H-3	6,6E+01 ± 8E+00	1,3E+02 ± 1E+01	5,4E+01 ± 5E+00	5,8E+01 ± 4E+00	1,4E+02 ± 1E+01	1,5E+02 ± 1E+01	5,9E+02 ± 2E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti letnega useda za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 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

Vzorč. mesto	Dobova						
Datum vzor.	2. 7. 2018 - 1. 8. 2018	1. 8. 2018 - 3. 9. 2018	3. 9. 2018 - 1. 10. 2018	1. 10. 2018 - 5. 11. 2018	5. 11. 2018 - 3. 12. 2018	3. 12. 2018 - 27. 12. 2018	
Kol. vzorca (L)	43,25	21,29	18,18	16,57	12,39	5,69	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Padavine (mm)	141,5	72,0	79,8	40,5	80,8	24,5	
Oznaka vzorca	K18PD471	K18PD481	K18PD491	K18PD4A1	K18PD4B1	K18PD4C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
Na-22	3,2E-01 ± 2E-01						2,6E-02 ± 2E-02
U-238	1,5E+00 ± 9E-01	9,4E+00 ± 9E+00 ‡	7,5E+00 ± 4E+00	3,5E+00 ± 4E+00 ‡	9,4E+00 ± 4E+00	1,8E+01 ± 2E+01 ‡	5,4E+00 ± 2E+00
Ra-226	1,7E-01 ± 3E-01 ‡		1,9E+00 ± 2E+00 ‡				6,2E-01 ± 3E-01
Pb-210	5,4E+01 ± 3E+00	1,4E+01 ± 1E+00	4,5E+01 ± 5E+00	6,6E+00 ± 1E+01 ‡	3,7E+01 ± 5E+00	2,9E+01 ± 2E+01 ‡	8,6E+01 ± 4E+00
Ra-228	2,6E-01 ± 2E-01 ‡		6,1E-01 ± 8E-01 ‡	1,5E+00 ± 1E+00 ‡	5,9E-01 ± 1E+00 ‡		9,8E-01 ± 2E-01
Th-230						1,0E+01 ± 9E+01 ‡	8,4E-01 ± 7E+00
Th-228	3,7E-01 ± 1E-01	2,1E-01 ± 1E-01	1,7E-01 ± 2E-01 ‡	5,4E-01 ± 4E-01	2,0E+00 ± 1E+00	1,7E+00 ± 1E+00	8,1E-01 ± 2E-01
K-40	7,3E+00 ± 1E+00	9,6E+00 ± 2E+00	4,7E+00 ± 3E+00	4,0E+00 ± 5E+00 ‡	7,7E+00 ± 5E+00	1,0E+01 ± 2E+01 ‡	9,8E+00 ± 2E+00
Be-7	1,2E+03 ± 4E+01	1,9E+02 ± 1E+01	4,3E+02 ± 3E+01	2,5E+01 ± 3E+00	9,8E+01 ± 6E+00	1,0E+02 ± 8E+00	3,6E+02 ± 7E+00
I-131							
Cs-134							
Cs-137						7,4E-01 ± 1E+00 ‡	1,6E-01 ± 8E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							9,2E-01 ± 1E-01
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	1,0E-01 †	1,7E-01 †	2,6E-01 †	2,6E-01 †	3,9E-01 †	7,9E-01 †	2,8E-01 ± 6E-02 x
H-3	1,5E+03 ± 1E+02	1,4E+03 ± 1E+02	1,2E+03 ± 1E+02	7,9E+02 ± 9E+01	4,4E+02 ± 8E+01	8,5E+02 ± 9E+01	1,1E+03 ± 3E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost). V mesečnem povprečju za celo leto decembrski vzorec ni upoštevan.
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2. Decembrski vzorec H-3 je bil analiziran na Odseku F-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

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

Vzorč. mesto	Dobova						
Datum vzor.	2. 7. 2018 - 1. 8. 2018	1. 8. 2018 - 3. 9. 2018	3. 9. 2018 - 1. 10. 2018	1. 10. 2018 - 5. 11. 2018	5. 11. 2018 - 3. 12. 2018	3. 12. 2018 - 27. 12. 2018	
Kol. vzorca (L)	43,3	21,3	18,2	16,6	12,4	5,7	Letni used (*)
Padavine (mm)	141,5	72,0	79,8	40,5	80,8	24,5	
Oznaka vzorca	K18PD471	K18PD481	K18PD491	K18PD4A1	K18PD4B1	K18PD4C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)						
Na-22	4,5E-02 ± 3E-02						4,5E-02 ± 3E-02
U-238	2,2E-01 ± 1E-01	6,8E-01 ± 7E-01 ‡	6,0E-01 ± 3E-01	1,4E-01 ± 2E-01 ‡	7,6E-01 ± 3E-01	4,5E-01 ± 5E-01 ‡	3,9E+00 ± 1E+00
Ra-226	2,4E-02 ± 4E-02 ‡		1,5E-01 ± 2E-01 ‡				6,2E-01 ± 3E-01
Pb-210	7,7E+00 ± 4E-01	1,0E+00 ± 1E-01	3,6E+00 ± 4E-01	2,7E-01 ± 5E-01 ‡	3,0E+00 ± 4E-01	7,1E-01 ± 6E-01 ‡	1,0E+02 ± 4E+00
Ra-228	3,6E-02 ± 4E-02 ‡		4,9E-02 ± 7E-02 ‡	5,9E-02 ± 5E-02 ‡	4,8E-02 ± 9E-02 ‡		1,0E+00 ± 2E-01
Th-230						2,5E-01 ± 2E+00 ‡	2,5E-01 ± 2E+00
Th-228	5,3E-02 ± 2E-02	1,5E-02 ± 1E-02	1,3E-02 ± 2E-02 ‡	2,2E-02 ± 2E-02	1,6E-01 ± 8E-02	4,3E-02 ± 3E-02	6,6E-01 ± 1E-01
K-40	1,0E+00 ± 2E-01	6,9E-01 ± 2E-01	3,7E-01 ± 2E-01	1,6E-01 ± 2E-01 ‡	6,2E-01 ± 4E-01	2,5E-01 ± 4E-01 ‡	9,5E+00 ± 1E+00
Be-7	1,8E+02 ± 6E+00	1,4E+01 ± 9E-01	3,4E+01 ± 2E+00	1,0E+00 ± 1E-01	7,9E+00 ± 5E-01	2,5E+00 ± 2E-01	4,6E+02 ± 9E+00
I-131							
Cs-134							
Cs-137						1,8E-02 ± 2E-02 ‡	1,4E-01 ± 4E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							1,6E+00 ± 2E-01
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	1,4E-02 †	1,3E-02 †	2,1E-02 †	1,0E-02 †	3,2E-02 †	1,9E-02 †	2,1E-01 x
H-3	2,1E+02 ± 2E+01	9,9E+01 ± 8E+00	9,9E+01 ± 8E+00	3,2E+01 ± 4E+00	3,5E+01 ± 7E+00	2,1E+01 ± 2E+00	1,1E+03 ± 3E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda (apriorna negotovost). V letnem usedu je upoštevan tudi decembrski vzorec.
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 pa na Odseku O-2. Decembrski vzorec H-3 je bil analiziran na Odseku F-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti letnega useda za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T - 40 a
5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci

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

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS						
Datum vzor.	27. 12. 2017 - 1. 2. 2018	1. 2. 2018 - 1. 3. 2018	1. 3. 2018 - 3. 4. 2018	3. 4. 2018 - 3. 5. 2018	3. 5. 2018 - 4. 6. 2018	4. 6. 2018 - 2. 7. 2018	
Kol. vzorca (L)	41,87	32,99	37,09	19,33	23,21	27,73	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Padavine (mm)***	72,9	132,2	122,3	102,2	131,2	83,5	
Oznaka vzorca	L18PD111	L18PD121	L18PD131	L18PD141	L18PD151	L18PD161	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
Na-22				3,3E-01 ± 6E-01 ‡			5,5E-02 ± 1E-01
U-238		7,0E-01 ± 2E+00 ‡		9,5E+00 ± 4E+00	2,3E+00 ± 6E+00 ‡		2,1E+00 ± 1E+00
Ra-226	1,2E+00 ± 8E-01	6,8E+00 ± 3E+00	2,2E+00 ± 1E+00		1,4E+00 ± 9E-01	1,5E+00 ± 1E+00	2,2E+00 ± 6E-01
Pb-210	1,8E+01 ± 2E+00	5,0E+02 ± 2E+01	8,0E+01 ± 5E+00	2,7E+01 ± 8E+00	6,0E+01 ± 2E+01	1,8E+01 ± 3E+00	1,2E+02 ± 5E+00
Ra-228		1,0E+00 ± 6E-01		3,0E+00 ± 2E+00	1,6E+00 ± 9E-01	7,4E-01 ± 7E-01 ‡	1,1E+00 ± 4E-01
Th-230							
Th-228	1,4E+00 ± 6E-01	1,7E+00 ± 4E-01		8,8E-01 ± 4E-01	9,3E-01 ± 9E-01 ‡	2,2E-01 ± 3E-01 ‡	8,5E-01 ± 2E-01
K-40	9,2E-01 ± 2E+00 ‡	2,9E+01 ± 5E+00	1,3E+00 ± 1E+00 ‡	1,9E+01 ± 8E+00	3,2E+01 ± 5E+00	1,3E+01 ± 4E+00	1,6E+01 ± 2E+00
Be-7	1,3E+02 ± 6E+00	6,2E+02 ± 3E+01	3,4E+02 ± 2E+01	2,3E+02 ± 1E+01	3,8E+02 ± 4E+01	1,6E+02 ± 9E+00	3,1E+02 ± 9E+00
I-131							
Cs-134							
Cs-137		1,2E+00 ± 9E-01			1,7E-01 ± 3E-01 ‡		2,3E-01 ± 2E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106		1,0E+01 ± 3E+00					1,7E+00 ± 5E-01
Sb-125							
H-3	3,8E+02 ± 8E+01	1,2E+03 ± 1E+02	5,9E+02 ± 8E+01	1,1E+03 ± 8E+01	1,4E+03 ± 1E+02	1,4E+03 ± 1E+02	1,0E+03 ± 4E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2 v okviru raziskovalnih aktivnosti Odseka F-2.
*** Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

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

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS						
Datum vzor.	27. 12. 2017 - 1. 2. 2018	1. 2. 2018 - 1. 3. 2018	1. 3. 2018 - 3. 4. 2018	3. 4. 2018 - 3. 5. 2018	3. 5. 2018 - 4. 6. 2018	4. 6. 2018 - 2. 7. 2018	
Kol. vzorca (L)	41,9	33,0	37,1	19,3	23,2	27,7	Polletni used (*)
Padavine (mm)***	72,9	132,2	122,3	102,2	131,2	83,5	
Oznaka vzorca	L18PD111	L18PD121	L18PD131	L18PD141	L18PD151	L18PD161	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)						
Na-22				3,4E-02 ± 6E-02 ‡			3,4E-02 ± 6E-02
U-238		9,2E-02 ± 3E-01 ‡		9,7E-01 ± 4E-01	3,0E-01 ± 8E-01 ‡		1,4E+00 ± 1E+00
Ra-226	8,6E-02 ± 6E-02	9,0E-01 ± 3E-01	2,7E-01 ± 2E-01		1,9E-01 ± 1E-01	1,3E-01 ± 9E-02	1,6E+00 ± 4E-01
Pb-210	1,3E+00 ± 2E-01	6,6E+01 ± 3E+00	9,8E+00 ± 6E-01	2,8E+00 ± 8E-01	7,8E+00 ± 2E+00	1,5E+00 ± 3E-01	8,9E+01 ± 4E+00
Ra-228		1,4E-01 ± 8E-02		3,0E-01 ± 2E-01	2,1E-01 ± 1E-01	6,2E-02 ± 5E-02 ‡	7,2E-01 ± 2E-01
Th-230							
Th-228	9,9E-02 ± 4E-02	2,3E-01 ± 5E-02		9,0E-02 ± 4E-02	1,2E-01 ± 1E-01 ‡	1,8E-02 ± 3E-02 ‡	5,6E-01 ± 1E-01
K-40	6,7E-02 ± 1E-01 ‡	3,8E+00 ± 7E-01	1,6E-01 ± 2E-01 ‡	1,9E+00 ± 8E-01	4,2E+00 ± 6E-01	1,0E+00 ± 3E-01	1,1E+01 ± 1E+00
Be-7	9,2E+00 ± 4E-01	8,2E+01 ± 4E+00	4,1E+01 ± 2E+00	2,3E+01 ± 1E+00	4,9E+01 ± 6E+00	1,3E+01 ± 7E-01	2,2E+02 ± 7E+00
I-131							
Cs-134							
Cs-137		1,6E-01 ± 1E-01			2,2E-02 ± 4E-02 ‡		1,8E-01 ± 1E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106		1,3E+00 ± 4E-01					1,3E+00 ± 4E-01
Sb-125							
H-3	2,8E+01 ± 6E+00	1,6E+02 ± 1E+01	7,2E+01 ± 1E+01	1,1E+02 ± 8E+00	1,8E+02 ± 1E+01	1,2E+02 ± 9E+00	6,7E+02 ± 3E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2 v okviru raziskovalnih aktivnosti Odseka F-2.
*** Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2018 T - 40 b
5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci

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

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS						
Datum vzor.	2. 7. 2018 - 1. 8. 2018	1. 8. 2018 - 3. 9. 2018	3. 9. 2018 - 1. 10. 2018	1. 10. 2018 - 5. 11. 2018	5. 11. 2018 - 3. 12. 2018	3. 12. 2018 - 27. 12. 2018	
Kol. vzorca (L)	44,39	50,68	24,24	40,25	19,95	2,92	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Padavine (mm)***	137,6	223,0	125,5	125,3	108,6	12,3	
Oznaka vzorca	L18PD171	L18PD181	L18PD191	L18PD1A1	L18PD1B1	L18PD1C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
Na-22		1,1E-01 ± 9E-02 ‡					3,7E-02 ± 5E-02
U-238		2,3E+00 ± 1E+00	6,0E+00 ± 2E+00	1,4E+00 ± 2E+00 ‡	1,2E+00 ± 1E+00 ‡	4,1E+01 ± 3E+01	5,4E+00 ± 3E+00
Ra-226		1,3E+00 ± 6E-01	4,4E-01 ± 7E-01 ‡	3,0E+00 ± 2E+00	6,6E-01 ± 5E-01	2,0E+01 ± 1E+01	3,2E+00 ± 1E+00
Pb-210	3,0E+01 ± 4E+00	3,0E+01 ± 2E+00	2,0E+01 ± 2E+00	1,2E+02 ± 1E+01	5,1E+02 ± 4E+01	9,1E+02 ± 1E+02	1,9E+02 ± 9E+00
Ra-228	1,5E-01 ± 5E-01 ‡	5,1E-01 ± 5E-01 ‡	1,5E+00 ± 1E+00		4,7E-01 ± 6E-01 ‡	2,4E+01 ± 1E+01	2,7E+00 ± 9E-01
Th-230					2,5E+01 ± 1E+01		2,1E+00 ± 8E-01
Th-228	6,0E-01 ± 4E-01	5,2E-01 ± 2E-01	7,8E-01 ± 4E-01	1,8E-01 ± 2E-01 ‡	6,9E-01 ± 2E-01	9,2E+00 ± 4E+00	1,4E+00 ± 3E-01
K-40	1,7E+00 ± 1E+00 ‡	5,2E+00 ± 1E+00	7,5E+00 ± 3E+00	7,2E+00 ± 1E+00	9,2E+00 ± 3E+00	1,3E+02 ± 3E+01	2,1E+01 ± 3E+00
Be-7	4,6E+02 ± 2E+01	3,7E+02 ± 1E+01	1,8E+02 ± 8E+00	4,4E+02 ± 2E+01	6,0E+02 ± 4E+01	1,7E+03 ± 8E+01	4,7E+02 ± 9E+00
I-131							
Cs-134							
Cs-137	2,1E-02 ± 1E-01 ‡				2,0E-01 ± 4E-01 ‡	2,6E+00 ± 2E+00 ‡	3,5E-01 ± 2E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							8,4E-01 ± 3E-01
Sb-125							
H-3	1,5E+03 ± 1E+02	1,3E+03 ± 1E+02	8,2E+02 ± 9E+01	6,4E+02 ± 9E+01	6,6E+02 ± 9E+01	premalo vzorca	1,0E+03 ± 1E+02 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost). Ker je bilo v decembru premalo vzorca (dežja), je bila meritev završena, meritev H-3 pa ne.V mesečnem povprečju za celo leto decembrski vzorec ni upoštevan.
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2 v okviru raziskovalnih aktivnosti Odseka F-2.
*** Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

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

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS						
Datum vzor.	2. 7. 2018 - 1. 8. 2018	1. 8. 2018 - 3. 9. 2018	3. 9. 2018 - 1. 10. 2018	1. 10. 2018 - 5. 11. 2018	5. 11. 2018 - 3. 12. 2018	3. 12. 2018 - 27. 12. 2018	
Kol. vzorca (L)	44,4	50,7	24,2	40,3	20,0	2,9	Letni used (*)
Padavine (mm)***	137,6	223,0	125,5	125,3	108,6	12,3	
Oznaka vzorca	L18PD171	L18PD181	L18PD191	L18PD1A1	L18PD1B1	L18PD1C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)						
Na-22		2,4E-02 ± 2E-02 ‡					5,8E-02 ± 6E-02
U-238		5,2E-01 ± 2E-01	7,6E-01 ± 3E-01	1,8E-01 ± 3E-01 ‡	1,3E-01 ± 1E-01 ‡	5,1E-01 ± 4E-01	3,5E+00 ± 1E+00
Ra-226		2,8E-01 ± 1E-01	5,6E-02 ± 9E-02 ‡	3,7E-01 ± 2E-01	7,2E-02 ± 5E-02	2,5E-01 ± 1E-01	2,6E+00 ± 5E-01
Pb-210	4,1E+00 ± 5E-01	6,6E+00 ± 5E-01	2,5E+00 ± 3E-01	1,5E+01 ± 2E+00	5,6E+01 ± 5E+00	1,1E+01 ± 1E+00	1,8E+02 ± 6E+00
Ra-228	2,1E-02 ± 7E-02 ‡	1,1E-01 ± 1E-01 ‡	1,9E-01 ± 1E-01		5,1E-02 ± 6E-02 ‡	2,9E-01 ± 1E-01	1,4E+00 ± 3E-01
Th-230					2,7E+00 ± 1E+00		2,7E+00 ± 1E+00
Th-228	8,2E-02 ± 6E-02	1,2E-01 ± 4E-02	9,8E-02 ± 5E-02	2,3E-02 ± 3E-02 ‡	7,5E-02 ± 2E-02	1,1E-01 ± 5E-02	1,1E+00 ± 2E-01
K-40	2,4E-01 ± 2E-01 ‡	1,2E+00 ± 3E-01	9,4E-01 ± 4E-01	9,0E-01 ± 2E-01	1,0E+00 ± 3E-01	1,6E+00 ± 3E-01	1,7E+01 ± 1E+00
Be-7	6,3E+01 ± 3E+00	8,3E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 1E+00	5,5E+01 ± 2E+00	6,5E+01 ± 4E+00	2,1E+01 ± 1E+00	5,3E+02 ± 1E+01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	2,9E-03 ± 2E-02 ‡				2,2E-02 ± 4E-02 ‡	3,2E-02 ± 3E-02 ‡	2,4E-01 ± 1E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							1,3E+00 ± 4E-01
Sb-125							
H-3	2,1E+02 ± 2E+01	3,0E+02 ± 3E+01	1,0E+02 ± 1E+01	8,0E+01 ± 1E+01	7,2E+01 ± 1E+01	lo	1,4E+03 ± 4E+01 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda (apriorna negotovost). Ker je bilo v decembru premalo vzorca (dežja), je bila meritev završena, meritev H-3 pa ne. V letnem usedu decembrski vzorec ni upoštevan.
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku F-2 v okviru raziskovalnih aktivnosti Odseka F-2.
*** Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

5. PREGLED SPECIFIČNIH ANALIZ H-3 V DEŽEVNICI V LETU 2018

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

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

Vzorč. mesto	Krško			Brege			Dobova			Ljubljana		
Mesec vzorčevanja	Padavine***	Koncentracija aktivnosti		Padavine***	Koncentracija aktivnosti		Padavine***	Koncentracija aktivnosti		Padavine***	Koncentracija aktivnosti	
	mm	kBq/m³	kBq/m²	mm	kBq/m³	kBq/m²	mm	kBq/m³	kBq/m²	mm	kBq/m³	kBq/m²
Januar	70,2	9,1E-01	6,4E-02	63,8	1,4E+00	8,8E-02	89,8	7,3E-01	6,6E-02	72,9	3,8E-01	2,8E-02
Februar	151,0	1,7E+00	2,6E-01	132,1	2,1E+00	2,7E-01	148,3	8,6E-01	1,3E-01	132,2	1,2E+00	1,6E-01
Marec	87,2	1,3E+00	1,1E-01	61,7	2,8E+00	1,7E-01	57,3	9,4E-01	5,4E-02	122,3	5,9E-01	7,2E-02
April	66,4	2,3E+00	1,5E-01	64,9	2,9E+00	1,9E-01	38,3	1,5E+00	5,8E-02	102,2	1,1E+00	1,1E-01
Maj	60,4	2,1E+00	1,3E-01	81,9	1,6E+00	1,3E-01	98,0	1,5E+00	1,4E-01	131,2	1,4E+00	1,8E-01
Junij	162,4	1,6E+00	2,6E-01	174,5	1,5E+00	2,6E-01	108,8	1,4E+00	1,5E-01	83,5	1,4E+00	1,2E-01
Julij	166,0	1,6E+00	2,7E-01	182,4	1,8E+00	3,3E-01	141,5	1,5E+00	2,1E-01	137,6	1,5E+00	2,1E-01
Avgust	81,2	1,5E+00	1,2E-01	56,3	1,8E+00	1,0E-01	72,0	1,4E+00	9,9E-02	223,0	1,3E+00	3,0E-01
September	77,7	9,0E-01	7,0E-02	72,7	8,5E-01	6,2E-02	79,8	1,2E+00	9,9E-02	125,5	8,2E-01	1,0E-01
Oktober	67,6	1,1E+00	7,6E-02	56,2	1,2E+00	7,0E-02	40,5	7,9E-01	3,2E-02	125,3	6,4E-01	8,0E-02
November	84,0	2,0E+00	1,6E-01	77,6	1,8E+00	1,4E-01	80,8	4,4E-01	3,5E-02	108,6	6,6E-01	7,2E-02
December	20,7	1,2E+00	2,5E-02	24,4	1,7E+00	4,1E-02	24,5	8,5E-01	2,1E-02	12,3	premalo vzorca	
Mesečno povprečje (za celo leto) (kBq/m³)	1,51E+00	±	3,4E-02	1,79E+00	±	3,6E-02	1,08E+00	±	2,9E-02	1,00E+00	±	1,2E-01
Celotna vrednost	1095 mm		1,7E+00 kBq/m²	1049 mm		1,9E+00 kBq/m²	980 mm		1,1E+00 kBq/m²	1377 mm		1,4E+00 kBq/m²

(**) Radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na Odseku O-2.
*** Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).

LETO 2018 T - 42/1a
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	širša okolica NEK (mesta 2-5)							
Datum vzor.	27. 12. 2017 - 1. 2. 2018	1. 2. 2018 - 1. 3. 2018	1. 3. 2018 - 3. 4. 2018	3. 4. 2018 - 3. 5. 2018	3. 5. 2018 - 4. 6. 2018	4. 6. 2018 - 2. 7. 2018	Polletna vsota	Polletni used (*)
Kol. vzorca (g)	59,8	49,8	68,8	48,6	50,0	62,0		
Padavine (mm)***	67,0	141,6	74,5	65,7	71,2	168,5		
Oznaka vzorca	K18PV211	K18PV221	K18PV231	K18PV241	K18PV251	K18PV261		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)							
Na-22								
U-238	3,8E-01 ± 1E-01		7,7E-02 ± 2E-01 ‡	1,4E-01 ± 2E-01 ‡			6,1E-01 ± 3E-01	3,0E+00 ± 1E+00
Ra-226	1,8E-01 ± 1E-01	3,8E-01 ± 2E-01	4,2E-02 ± 4E-02 ‡	2,5E-01 ± 8E-02	4,8E-02 ± 5E-02 ‡	3,4E-02 ± 8E-02 ‡	9,3E-01 ± 3E-01	4,7E+00 ± 1E+00
Pb-210	4,9E+00 ± 3E-01	3,4E+00 ± 5E-01	5,8E+00 ± 4E-01	6,4E+00 ± 5E-01	7,6E+00 ± 6E-01	6,5E+00 ± 6E-01	3,5E+01 ± 1E+00	1,7E+02 ± 6E+00
Ra-228	5,3E-02 ± 4E-02 ‡		3,8E-02 ± 6E-02 ‡	1,1E-01 ± 3E-02		2,2E-02 ± 2E-02 ‡	2,2E-01 ± 8E-02	1,1E+00 ± 4E-01
Th-230								
Th-228	8,7E-02 ± 1E-02	8,0E-02 ± 2E-02	8,8E-02 ± 2E-02	1,5E-01 ± 2E-02	6,2E-02 ± 3E-02	2,8E-02 ± 9E-03	4,9E-01 ± 5E-02	2,5E+00 ± 2E-01
K-40	1,4E-01 ± 2E-01 ‡		8,7E-03 ± 2E-01 ‡	1,6E+00 ± 3E-01	3,8E-01 ± 1E-01	3,3E-01 ± 8E-02	2,5E+00 ± 4E-01	1,3E+01 ± 2E+00
Be-7	1,5E+01 ± 6E-01	3,4E+00 ± 2E-01	2,4E+01 ± 9E-01	5,5E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 1E+00	4,5E+01 ± 2E+00	1,8E+02 ± 4E+00	8,9E+02 ± 2E+01
I-131						9,5E-03 ± 2E-02 ‡	9,5E-03 ± 2E-02	4,8E-02 ± 1E-01
Cs-134								
Cs-137				3,4E-02 ± 1E-02		6,4E-03 ± 7E-03 ‡	4,1E-02 ± 2E-02	2,0E-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).
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2018 T - 42/1b
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	širša okolica NEK (mesta 2-5)							
Datum vzor.	2. 7. 2018 - 1. 8. 2018	1. 8. 2018 - 3. 9. 2018	3. 9. 2018 - 1. 10. 2018	1. 10. 2018 - 5. 11. 2018	5. 11. 2018 - 3. 12. 2018	3. 12. 2018 - 27. 12. 2018	Letna vsota	Letni used (*)
Kol. vzorca (g)	50,5	69,3	68,4	79,4	94,7	91,9		
Padavine (mm)***	174,2	68,8	75,2	61,9	80,8	22,6		
Oznaka vzorca	K18PV271	K18PV281	K18PV291	K18PV2A1	K18PV2B1	K18PV2C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)							
Na-22			2,3E-02 ± 2E-02				2,3E-02 ± 2E-02	1,1E-01 ± 9E-02
U-238		4,8E-02 ± 8E-02 ‡					6,5E-01 ± 3E-01	3,3E+00 ± 1E+00
Ra-226	1,6E-02 ± 2E-01 ‡	5,9E-02 ± 3E-02		7,0E-02 ± 5E-02	4,0E-02 ± 3E-02		1,1E+00 ± 3E-01	5,6E+00 ± 2E+00
Pb-210	8,4E+00 ± 7E-01	8,6E+00 ± 5E-01	7,4E+00 ± 7E-01	1,5E+01 ± 2E+00	1,1E+01 ± 1E+00	1,5E+00 ± 3E-01	8,6E+01 ± 3E+00	4,3E+02 ± 1E+01
Ra-228	3,2E-02 ± 3E-02 ‡	3,4E-02 ± 2E-02	6,6E-03 ± 3E-02 ‡	6,4E-02 ± 3E-02	7,6E-02 ± 5E-02		4,3E-01 ± 1E-01	2,2E+00 ± 6E-01
Th-230						2,6E+00 ± 2E+00 ‡	2,6E+00 ± 2E+00	1,3E+01 ± 1E+01
Th-228	5,5E-02 ± 1E-02	5,7E-02 ± 9E-03	3,2E-02 ± 2E-02	1,5E-02 ± 4E-02 ‡	2,7E-02 ± 3E-02 ‡	3,6E-02 ± 4E-02 ‡	7,2E-01 ± 9E-02	3,6E+00 ± 4E-01
K-40	3,2E-01 ± 1E-01	5,2E-01 ± 1E-01	2,7E-01 ± 2E-01	3,2E-01 ± 2E-01	3,8E-01 ± 2E-01	3,4E-01 ± 2E-01	4,7E+00 ± 6E-01	2,3E+01 ± 3E+00
Be-7	4,0E+01 ± 2E+00	3,6E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 1E+00	7,9E+01 ± 3E+00	1,5E+01 ± 8E-01	8,8E+00 ± 5E-01	3,8E+02 ± 6E+00	1,9E+03 ± 3E+01
I-131							9,5E-03 ± 2E-02	4,8E-02 ± 1E-01
Cs-134								
Cs-137							4,1E-02 ± 2E-02	2,0E-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).
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2018 T - 42/2a
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	daljna okolica NEK							
Datum vzor.	27. 12. 2017 - 1. 2. 2018	1. 2. 2018 - 1. 3. 2018	1. 3. 2018 - 3. 4. 2018	3. 4. 2018 - 3. 5. 2018	3. 5. 2018 - 4. 6. 2018	4. 6. 2018 - 2. 7. 2018	Polletna vsota	Polletni used (*)
Kol. vzorca (g)	16,1	14,0	21,1	16,7	14,3	19,0		
Padavine (mm)	89,8	148,3	57,3	38,3	98,0	108,8		
Oznaka vzorca	K18PV2611	K18PV2621	K18PV2631	K18PV2641	K18PV2651	K18PV2661		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^2)							
Na-22								
U-238	1,5E-01 ± 5E-01 ‡		3,6E-01 ± 3E-01	4,6E-01 ± 4E-01 ‡		2,8E-01 ± 2E-01 ‡	1,2E+00 ± 7E-01	6,2E+00 ± 4E+00
Ra-226	2,4E-01 ± 1E-01	2,5E-01 ± 2E-01	8,7E-02 ± 7E-02	3,3E-01 ± 2E-01	1,0E-01 ± 1E-01 ‡	1,7E-01 ± 1E-01	1,2E+00 ± 3E-01	5,9E+00 ± 2E+00
Pb-210	6,2E+00 ± 3E-01	2,1E+00 ± 2E-01	6,4E+00 ± 4E-01	7,8E+00 ± 7E-01	7,7E+00 ± 1E+00	6,8E+00 ± 7E-01	3,7E+01 ± 2E+00	1,8E+02 ± 8E+00
Ra-228				3,9E-01 ± 2E-01		7,6E-02 ± 6E-02	4,7E-01 ± 2E-01	2,3E+00 ± 8E-01
Th-230		1,0E+00 ± 9E-01 ‡	1,6E+00 ± 1E+00				2,6E+00 ± 1E+00	1,3E+01 ± 7E+00
Th-228	6,9E-02 ± 1E-02	6,6E-02 ± 2E-02	4,6E-02 ± 3E-02	1,2E-01 ± 4E-02		5,3E-02 ± 3E-02	3,6E-01 ± 6E-02	1,8E+00 ± 3E-01
K-40			3,1E-02 ± 4E-01 ‡	1,3E+00 ± 6E-01	6,9E-01 ± 3E-01	5,8E-01 ± 2E-01	2,6E+00 ± 9E-01	1,3E+01 ± 4E+00
Be-7	1,2E+01 ± 8E-01	1,4E+00 ± 6E-01	2,1E+01 ± 1E+00	5,9E+01 ± 2E+00	3,1E+01 ± 2E+00	4,6E+01 ± 4E+00	1,7E+02 ± 5E+00	8,5E+02 ± 3E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137				2,3E-02 ± 3E-02 ‡			2,3E-02 ± 3E-02	1,1E-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.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2018 T - 42/2b
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	daljna okolica NEK							
Datum vzor.	2. 7. 2018 - 1. 8. 2018	1. 8. 2018 - 3. 9. 2018	3. 9. 2018 - 1. 10. 2018	1. 10. 2018 - 5. 11. 2018	5. 11. 2018 - 3. 12. 2018	3. 12. 2018 - 27. 12. 2018	Letna vsota	Letni used (*)
Kol. vzorca (g)	13,0	16,3	15,2	15,6	21,5	21,9		
Padavine (mm)	141,5	72,0	79,8	40,5	80,8	24,5		
Oznaka vzorca	K18PV2671	K18PV2681	K18PV2691	K18PV26A1	K18PV26B1	K18PV26C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^2)							
Na-22								
U-238	1,7E-01 ± 2E-01 ‡		1,9E-01 ± 7E-01 ‡	5,6E-01 ± 3E-01	2,2E-01 ± 2E-01 ‡		2,4E+00 ± 1E+00	1,2E+01 ± 5E+00
Ra-226		5,1E-01 ± 1E-01	3,1E-01 ± 1E-01	6,1E-02 ± 1E-01 ‡	4,2E-03 ± 4E-02 ‡	3,3E-01 ± 1E-01	2,4E+00 ± 4E-01	1,2E+01 ± 2E+00
Pb-210	1,3E+01 ± 7E-01	7,8E+00 ± 5E-01	9,7E+00 ± 6E-01	8,2E+00 ± 7E-01	8,4E+00 ± 5E-01	2,1E+00 ± 4E-01	8,6E+01 ± 2E+00	4,3E+02 ± 1E+01
Ra-228				3,1E-02 ± 2E-01 ‡			5,0E-01 ± 2E-01	2,5E+00 ± 1E+00
Th-230					2,4E-01 ± 1E+00 ‡		2,9E+00 ± 2E+00	1,4E+01 ± 9E+00
Th-228	3,2E-02 ± 2E-02	4,5E-01 ± 6E-02	3,2E-01 ± 2E-01	8,9E-02 ± 4E-02	4,7E-02 ± 9E-02 ‡	3,6E-02 ± 4E-02 ‡	1,3E+00 ± 2E-01	6,7E+00 ± 1E+00
K-40		7,5E-01 ± 2E-01	1,9E-01 ± 5E-01 ‡			3,9E-02 ± 2E-01 ‡	3,6E+00 ± 1E+00	1,8E+01 ± 5E+00
Be-7	3,2E+01 ± 2E+00	2,2E+01 ± 2E+00	2,4E+01 ± 1E+00	4,7E+01 ± 2E+00	7,9E+00 ± 6E-01	6,2E+00 ± 4E-01	3,1E+02 ± 6E+00	1,6E+03 ± 3E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137							2,3E-02 ± 3E-02	1,1E-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.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti letnega useda za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T - 42/3a
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	ožja okolica NEK (mesta 1, 7, 8)							
Datum vzor.	27. 12. 2017 - 1. 2. 2018	1. 2. 2018 - 1. 3. 2018	1. 3. 2018 - 3. 4. 2018	3. 4. 2018 - 3. 5. 2018	3. 5. 2018 - 4. 6. 2018	4. 6. 2018 - 2. 7. 2018	Polletna vsota	Polletni used (*)
Kol. vzorca (g)	52,2	39,2	50,3	38,0	47,5	43,2		
Padavine (mm)	70,2	151,0	87,2	66,4	60,4	162,4		
Oznaka vzorca	K18PV311	K18PV321	K18PV331	K18PV341	K18PV351	K18PV361		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)							
Na-22								
U-238	1,9E-01 ± 2E-01 ‡	1,8E-01 ± 2E-01 ‡	6,2E-02 ± 2E-01 ‡	8,2E-01 ± 2E-01		2,6E-01 ± 1E-01	1,5E+00 ± 5E-01	7,6E+00 ± 2E+00
Ra-226	2,3E-02 ± 3E-02 ‡	1,1E-02 ± 3E-02 ‡	6,5E-02 ± 6E-02 ‡	1,4E-01 ± 4E-02	1,5E-01 ± 9E-02	5,0E-02 ± 3E-02	4,3E-01 ± 1E-01	2,2E+00 ± 6E-01
Pb-210	3,6E+00 ± 9E-01	5,0E+00 ± 4E-01	8,0E+00 ± 4E-01	7,7E+00 ± 4E-01	9,9E+00 ± 8E-01	7,6E+00 ± 5E-01	4,2E+01 ± 1E+00	2,1E+02 ± 7E+00
Ra-228	4,4E-02 ± 3E-02		2,0E-02 ± 6E-02 ‡	1,3E-01 ± 5E-02		3,0E-02 ± 4E-02 ‡	2,3E-01 ± 9E-02	1,1E+00 ± 5E-01
Th-230								
Th-228	3,7E-02 ± 2E-02	7,4E-02 ± 3E-02	9,4E-02 ± 8E-02 ‡	9,9E-02 ± 2E-02	2,7E-02 ± 2E-02 ‡	4,9E-02 ± 2E-02	3,8E-01 ± 1E-01	1,9E+00 ± 5E-01
K-40	2,5E-01 ± 1E-01	8,5E-02 ± 1E-01 ‡	3,0E-01 ± 2E-01	1,4E+00 ± 3E-01	3,6E-01 ± 2E-01	3,6E-01 ± 2E-01	2,7E+00 ± 5E-01	1,4E+01 ± 2E+00
Be-7	1,0E+01 ± 1E+00	3,0E+00 ± 2E-01	3,1E+01 ± 2E+00	6,1E+01 ± 3E+00	4,1E+01 ± 2E+00	4,3E+01 ± 2E+00	1,9E+02 ± 4E+00	9,4E+02 ± 2E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137				3,3E-02 ± 2E-02			3,3E-02 ± 2E-02	1,6E-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.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2018 T - 42/3b
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	ožja okolica NEK (mesta 1, 7, 8)							
Datum vzor.	2. 7. 2018 - 1. 8. 2018	1. 8. 2018 - 3. 9. 2018	3. 9. 2018 - 1. 10. 2018	1. 10. 2018 - 5. 11. 2018	5. 11. 2018 - 3. 12. 2018	3. 12. 2018 - 27. 12. 2018	Letna vsota	Letni used (*)
Kol. vzorca (g)	39,4	46,4	49,9	61,0	67,0	47,7		
Padavine (mm)	166,0	81,2	77,7	67,6	84,0	20,7		
Oznaka vzorca	K18PV371	K18PV381	K18PV391	K18PV3A1	K18PV3B1	K18PV3C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)							
Na-22								
U-238	2,2E-02 ± 5E-01 ‡		3,6E-02 ± 7E-02 ‡		5,1E-01 ± 2E-01	7,4E-02 ± 2E-01 ‡	2,2E+00 ± 7E-01	1,1E+01 ± 4E+00
Ra-226	5,1E-02 ± 5E-02 ‡	4,3E-02 ± 5E-02 ‡	9,5E-02 ± 5E-02	6,2E-02 ± 8E-02 ‡	1,2E-01 ± 1E-01 ‡	1,6E-01 ± 6E-02	9,7E-01 ± 2E-01	4,8E+00 ± 1E+00
Pb-210	1,1E+01 ± 1E+00	8,2E+00 ± 4E-01	8,9E+00 ± 5E-01	1,2E+01 ± 6E-01	9,9E+00 ± 9E-01	1,4E+00 ± 3E-01	9,3E+01 ± 2E+00	4,6E+02 ± 1E+01
Ra-228		1,7E-02 ± 5E-02 ‡	1,5E-02 ± 2E-02 ‡		6,2E-02 ± 6E-02 ‡	3,4E-02 ± 5E-02 ‡	3,5E-01 ± 1E-01	1,8E+00 ± 7E-01
Th-230								
Th-228	1,3E-02 ± 2E-02 ‡	6,0E-02 ± 3E-02	5,1E-02 ± 9E-03	5,0E-02 ± 3E-02	2,9E-02 ± 3E-02 ‡	7,8E-02 ± 2E-02	6,6E-01 ± 1E-01	3,3E+00 ± 6E-01
K-40	1,2E-01 ± 2E-01 ‡	4,6E-02 ± 2E-01 ‡		4,1E-01 ± 3E-01	3,9E-01 ± 2E-01	1,9E-01 ± 2E-01 ‡	3,9E+00 ± 7E-01	1,9E+01 ± 3E+00
Be-7	3,4E+01 ± 2E+00	3,2E+01 ± 2E+00	2,6E+01 ± 2E+00	7,0E+01 ± 4E+00	1,8E+01 ± 8E-01	7,8E+00 ± 4E-01	3,8E+02 ± 6E+00	1,9E+03 ± 3E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137			1,1E-02 ± 9E-03	7,9E-04 ± 7E-03 ‡		6,5E-03 ± 1E-02 ‡	5,1E-02 ± 2E-02	2,5E-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.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2018 T - 42/4a
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS							
Datum vzor.	27. 12. 2017 - 1. 2. 2018	1. 2. 2018 - 1. 3. 2018	1. 3. 2018 - 3. 4. 2018	3. 4. 2018 - 3. 5. 2018	3. 5. 2018 - 4. 6. 2018	4. 6. 2018 - 2. 7. 2018	Polletna vsota	Polletni used
Kol. vzorca (g)	13,5	11,8	21,7	13,0	13,1	13,4		
Padavine (mm)***	72,9	132,2	122,3	102,2	131,2	83,5		
Oznaka vzorca	L18PV111	L18PV121	L18PV131	L18PV141	L18PV151	L18PV161		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)							
Na-22								
U-238		9,5E-01 ± 6E-01		4,0E-01 ± 3E-01	3,7E-01 ± 4E-01 ‡	6,6E-01 ± 4E-01	2,4E+00 ± 9E-01	1,2E+01 ± 4E+00
Ra-226	2,3E-01 ± 2E-01	7,3E-01 ± 4E-01		3,0E-01 ± 2E-01	1,3E-01 ± 6E-02	8,6E-02 ± 9E-02 ‡	1,5E+00 ± 5E-01	7,4E+00 ± 2E+00
Pb-210	6,9E+00 ± 4E-01	4,8E+00 ± 2E+00	9,5E+00 ± 6E-01	6,3E+00 ± 7E-01	6,8E+00 ± 1E+00	6,2E+00 ± 6E-01	4,0E+01 ± 2E+00	2,0E+02 ± 1E+01
Ra-228	5,2E-03 ± 2E-02 ‡	3,2E-02 ± 1E-01 ‡	1,9E-01 ± 1E-01	9,4E-02 ± 9E-02 ‡	2,8E-01 ± 2E-01	1,3E-01 ± 1E-01 ‡	7,3E-01 ± 3E-01	3,6E+00 ± 2E+00
Th-230								
Th-228	5,1E-02 ± 4E-02	1,3E-01 ± 5E-02	5,0E-02 ± 8E-02 ‡	1,5E-01 ± 5E-02	1,8E-01 ± 6E-02	6,8E-02 ± 3E-02	6,2E-01 ± 1E-01	3,1E+00 ± 7E-01
K-40	2,1E-02 ± 3E-01 ‡	2,2E-01 ± 5E-01 ‡	5,9E-01 ± 6E-01 ‡	1,9E+00 ± 4E-01	2,6E-01 ± 3E-01 ‡	7,0E-01 ± 4E-01	3,7E+00 ± 1E+00	1,8E+01 ± 5E+00
Be-7	2,1E+01 ± 1E+00	2,8E+00 ± 3E-01	5,9E+01 ± 3E+00	9,0E+01 ± 1E+01	3,1E+01 ± 2E+00	3,7E+01 ± 1E+00	2,4E+02 ± 1E+01	1,2E+03 ± 6E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137				1,1E-02 ± 8E-02 ‡			1,1E-02 ± 8E-02	5,5E-02 ± 4E-01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

(*) Ocena je narejena ob upoštevanju 20-odstotnega zbiralnega izkoristka vazelinskih plošč.
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.
*** Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2018 T - 42/4b
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS							
Datum vzor.	2. 7. 2018 - 1. 8. 2018	1. 8. 2018 - 3. 9. 2018	3. 9. 2018 - 1. 10. 2018	1. 10. 2018 - 5. 11. 2018	5. 11. 2018 - 3. 12. 2018	3. 12. 2018 - 27. 12. 2018	Letna vsota	Letni used
Kol. vzorca (g)	14,3	18,9	17,3	17,5	19,4	23,5		
Padavine (mm)***	137,6	223,0	125,5	125,3	108,6	12,3		
Oznaka vzorca	L18PV171	L18PV181	L18PV191	L18PV1A1	L18PV1B1	L18PV1C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)							
Na-22								
U-238		8,5E-01 ± 4E-01		2,3E-01 ± 2E-01		2,5E-01 ± 8E-01 ‡	3,7E+00 ± 1E+00	1,9E+01 ± 6E+00
Ra-226		3,5E-02 ± 1E-01 ‡	3,4E-01 ± 2E-01	3,8E-02 ± 7E-02 ‡	4,5E-01 ± 1E-01	4,2E-01 ± 1E-01	2,8E+00 ± 6E-01	1,4E+01 ± 3E+00
Pb-210	4,5E+00 ± 4E-01	1,6E+01 ± 2E+00	1,1E+01 ± 7E-01	9,7E+00 ± 6E-01	1,1E+01 ± 9E-01	3,3E+00 ± 1E+00	9,5E+01 ± 3E+00	4,8E+02 ± 2E+01
Ra-228	3,5E-02 ± 1E-01 ‡	1,4E-01 ± 8E-02	3,4E-02 ± 2E-01 ‡			2,3E-02 ± 1E-01 ‡	9,5E-01 ± 4E-01	4,8E+00 ± 2E+00
Th-230								
Th-228	1,8E-02 ± 4E-02 ‡	4,0E-02 ± 5E-02 ‡	2,0E-02 ± 5E-02 ‡	9,5E-02 ± 3E-02	3,7E-01 ± 2E-01	2,3E-01 ± 7E-02	1,4E+00 ± 2E-01	7,0E+00 ± 1E+00
K-40	6,8E-01 ± 5E-01		7,1E-01 ± 5E-01	2,1E-01 ± 3E-01 ‡	1,8E-01 ± 3E-01 ‡	4,1E-01 ± 7E-01 ‡	5,9E+00 ± 1E+00	3,0E+01 ± 7E+00
Be-7	6,7E+01 ± 3E+00	5,1E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 2E+00	7,7E+01 ± 5E+00	1,5E+01 ± 2E+00	4,4E+00 ± 4E-01	4,9E+02 ± 1E+01	2,4E+03 ± 7E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137					4,6E-02 ± 3E-02		5,7E-02 ± 8E-02	2,9E-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.
*** Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

7. ZRAK

I-131 V ZRAKU
AEROSOLI

LETO 2018 T - 43

7. ZRAK - PREGLED MERITEV JODA I-131 V ZRAKU V LETU 2018

Specifična analiza I-131 v zraku (aerosolni, atomski, CH_3I) (**)

Vzorč. mesto		Spodnji Stari Grad		Stara vas		Leskovec		Brege		Vihre		Gornji Lenart		Libna	
Datum vzor.		Volumen prečrpanega zraka V (m^3) in koncentracija aktivnosti KA (Bq/m^3)													
od	do	V	KA	V	KA	V	KA	V	KA	V	KA	V	KA	V	KA
27. 12. 2017	15. 1. 2018	1489,2	< 4E-05	1784,8	< 3E-05	1624,6	< 7E-05	1565,9	< 2E-05	1880,5	< 1E-05	1459,7	< 2E-05	1581,6	< 2E-05
15. 1. 2018	1. 2. 2018	1314,5	< 2E-05	1469,7	< 2E-05	1401,3	< 1E-05	1406,7	< 1E-05	1550,0	< 3E-05	1259,0	< 2E-05	1482,3	< 2E-05
1. 2. 2018	15. 2. 2018	1118,8	< 5E-05	1324,0	< 2E-05	1191,0	< 2E-05	1058,1	< 3E-05	1306,5	< 1E-05	1000,2	< 2E-05	1174,0	< 5E-05
15. 2. 2018	1. 3. 2018	1113,4	< 1E-05	1241,6	< 2E-05	1137,4	< 2E-05	1090,4	< 1E-05	1275,0	< 1E-05	1103,5	< 2E-05	1115,5	< 3E-05
1. 3. 2018	15. 3. 2018	1047,2	< 3E-05	1305,2	< 3E-05	1193,2	< 2E-05	1100,3	< 2E-05	1270,7	< 5E-05	1116,4	< 1E-04	1170,4	< 8E-05
15. 3. 2018	3. 4. 2018	1467,8	< 3E-05	1796,6	< 3E-05	1542,4	< 2E-05	1523,7	< 1E-05	1576,2	< 2E-05	1538,3	< 2E-05	1611,3	< 5E-05
3. 4. 2018	16. 4. 2018	993,1	< 6E-05	1166,3	< 5E-05	1119,2	< 3E-05	970,8	< 4E-05	1178,0	< 4E-05	950,8	< 3E-05	1058,5	< 2E-05
16. 4. 2018	3. 5. 2018	1268,0	< 4E-05	1583,1	< 3E-05	1464,6	< 7E-05	1320,6	< 2E-05	1548,4	< 2E-05	1166,7	< 3E-05	1449,8	< 8E-05
3. 5. 2018	16. 5. 2018	940,1	< 1E-04	1156,9	< 5E-05	100,1	< 2E-04	1096,4	< 5E-05	1220,9	< 3E-05	949,2	< 7E-05	1133,1	< 4E-05
16. 5. 2018	4. 6. 2018	1454,3	< 2E-05	1723,2	< 5E-05	1425,6	< 4E-05	1584,9	< 4E-05	1628,3	< 3E-05	1385,1	< 3E-05	1633,6	< 3E-05
4. 6. 2018	18. 6. 2018	1085,8	< 1E-05	1283,9	< 4E-05	1218,9	< 3E-05	1097,2	< 5E-05	1204,9	< 2E-05	999,5	< 3E-05	1231,3	< 2E-05
18. 6. 2018	2. 7. 2018	1133,2	< 2E-05	1294,0	< 1E-04	1213,2	< 3E-05	1158,0	< 6E-05	1297,4	< 5E-05	1042,5	< 2E-05	1238,1	< 3E-05
2. 7. 2018	16. 7. 2018	1094,4	< 3E-05	1257,8	< 4E-05	1158,0	< 2E-05	1085,8	< 3E-05	1300,2	< 7E-05	1022,8	< 3E-05	1224,5	< 3E-05
16. 7. 2018	1. 8. 2018	1295,7	< 1E-05	1463,3	< 7E-05	892,7	< 4E-05	1238,6	< 2E-05	1290,8	< 6E-05	1212,6	< 2E-05	1360,2	< 4E-05
1. 8. 2018	16. 8. 2018	1187,9	< 2E-05	1362,7	< 4E-05	1342,1	< 3E-05	1245,1	< 4E-05	1317,3	< 1E-04	1105,3	< 2E-05	1308,4	< 3E-05
16. 8. 2018	3. 9. 2018	1397,6	< 2E-05	1590,3	< 3E-05	1586,2	< 2E-05	1455,1	< 4E-05	1502,6	< 1E-05	1357,5	< 5E-05	1501,8	< 5E-05
3. 9. 2018	17. 9. 2018	1122,3	< 5E-05	1307,3	< 3E-05	1208,3	< 2E-05	1164,2	< 3E-05	1155,4	< 1E-04	1057,6	< 6E-05	1255,5	< 3E-05
17. 9. 2018	1. 10. 2018	1039,6	< 1E-05	1323,5	< 3E-05	1222,8	< 2E-05	1184,4	< 4E-05	1254,5	< 3E-05	1115,7	< 3E-05	1232,0	< 2E-05
1. 10. 2018	15. 10. 2018	1127,6	< 2E-05	1315,8	< 3E-05	1167,4	< 5E-05	844,1	< 3E-05	1152,6	< 2E-05	1085,2	< 3E-05	1224,2	< 5E-05
15. 10. 2018	5. 11. 2018	1701,5	< 2E-05	1953,9	< 1E-05	1829,0	< 3E-05	1675,1	< 6E-05	1914,6	< 2E-05	1687,8	< 3E-05	1786,1	< 1E-05
5. 11. 2018	15. 11. 2018	763,4	< 2E-05	906,0	< 6E-05	882,6	< 5E-05	820,2	< 5E-05	858,9	< 5E-05	738,9	< 4E-05	854,0	< 3E-05
15. 11. 2018	3. 12. 2018	1438,4	< 2E-05	1741,2	< 1E-05	1525,7	< 2E-05	1492,0	< 3E-05	1595,3	< 2E-05	1442,4	< 3E-05	1490,5	< 2E-05
3. 12. 2018	17. 12. 2018	1144,2	< 7E-05	1329,0	< 3E-05	1163,3	< 2E-05	1034,3	< 1E-05	1265,1	< 3E-05	1116,6	< 2E-05	1181,7	< 1E-04
17. 12. 2018	27. 12. 2018	782,1	< 1E-04	888,6	< 3E-05	851,5	< 4E-05	789,5	< 8E-05	847,8	< 3E-05	789,0	< 4E-05	819,2	< 1E-04

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

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

LETO 2018 T - 44a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Spodnji Stari Grad						
Datum vzor.	27. 12. 2017 - 1. 2. 2018	1. 2. 2018 - 1. 3. 2018	1. 3. 2018 - 3. 4. 2018	3. 4. 2018 - 3. 5. 2018	3. 5. 2018 - 4. 6. 2018	4. 6. 2018 - 2. 7. 2018	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (m^3)	14426,72	11119,19	13037,55	11681,46	12467,82	10832,26	
Oznaka vzorca	K18AE11S	K18AE12S	K18AE13S	K18AE14S	K18AE15S	K18AE16S	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
Na-22					5,9E-07 ± 1E-06 ‡		9,8E-08 ± 2E-07
U-238	5,0E-06 ± 1E-05 ‡	5,7E-05 ± 2E-05	4,0E-06 ± 9E-06 ‡		1,1E-05 ± 1E-05 ‡	7,2E-06 ± 1E-05 ‡	1,4E-05 ± 4E-06
Ra-226				3,4E-06 ± 3E-05 ‡		2,6E-05 ± 5E-05 ‡	4,9E-06 ± 1E-05
Pb-210	1,7E-04 ± 4E-05	4,1E-04 ± 3E-05	3,5E-04 ± 3E-05	3,8E-04 ± 4E-05	4,0E-04 ± 3E-05	2,9E-04 ± 5E-05	3,3E-04 ± 1E-05
Ra-228	9,1E-06 ± 3E-06	9,2E-06 ± 2E-06	6,2E-06 ± 2E-06	1,4E-05 ± 4E-06	1,1E-05 ± 5E-06	8,2E-06 ± 2E-06	9,6E-06 ± 1E-06
Th-230					1,5E-05 ± 1E-04 ‡		2,5E-06 ± 2E-05
Th-228	6,2E-06 ± 1E-06	8,4E-06 ± 2E-06	6,3E-06 ± 2E-06	5,9E-06 ± 2E-06	5,8E-06 ± 1E-06	7,7E-06 ± 1E-06	6,7E-06 ± 6E-07
K-40							
Be-7	1,2E-03 ± 9E-05	1,3E-03 ± 4E-05	2,0E-03 ± 9E-05	3,7E-03 ± 2E-04	3,3E-03 ± 1E-04	2,9E-03 ± 2E-04	2,4E-03 ± 5E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,4E-06 ± 2E-06 ‡	5,4E-08 ± 3E-07 ‡	7,5E-08 ± 3E-07 ‡	4,9E-08 ± 4E-07 ‡	1,9E-07 ± 4E-07 ‡	9,1E-07 ± 5E-07	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 (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

LETO 2018 T - 44b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Spodnji Stari Grad						
Datum vzor.	2. 7. 2018 - 1. 8. 2018	1. 8. 2018 - 3. 9. 2018	3. 9. 2018 - 1. 10. 2018	1. 10. 2018 - 5. 11. 2018	5. 11. 2018 - 3. 12. 2018	3. 12. 2018 - 27. 12. 2018	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (m^3)	11646,85	12927,18	11019,80	13474,08	10866,39	9326,16	
Oznaka vzorca	K18AE17S	K18AE18S	K18AE19S	K18AE1AS	K18AE1BS	K18AE1CS	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
Na-22							4,9E-08 ± 8E-08
U-238	1,7E-05 ± 1E-05	6,7E-06 ± 9E-06 ‡	1,4E-05 ± 1E-05 ‡	1,3E-05 ± 4E-06	1,9E-05 ± 5E-05 ‡		1,3E-05 ± 5E-06
Ra-226						1,5E-05 ± 4E-05 ‡	3,7E-06 ± 6E-06
Pb-210	4,6E-04 ± 3E-05	2,7E-04 ± 2E-05	6,2E-04 ± 3E-05	7,5E-04 ± 4E-05	7,2E-04 ± 4E-05	7,1E-04 ± 5E-05	4,6E-04 ± 1E-05
Ra-228	1,3E-05 ± 3E-06	5,8E-06 ± 3E-06	8,9E-06 ± 3E-06	7,0E-06 ± 2E-06	7,3E-06 ± 3E-06	8,1E-06 ± 6E-06	9,0E-06 ± 1E-06
Th-230							1,2E-06 ± 9E-06
Th-228	8,2E-06 ± 2E-06	3,8E-06 ± 2E-06	1,0E-05 ± 2E-06	6,7E-06 ± 9E-07	9,1E-06 ± 2E-06	1,5E-05 ± 4E-06	7,8E-06 ± 5E-07
K-40							
Be-7	4,1E-03 ± 2E-04	3,3E-03 ± 1E-04	3,0E-03 ± 2E-04	2,3E-03 ± 2E-04	1,5E-03 ± 6E-05	1,1E-03 ± 7E-05	2,5E-03 ± 4E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,3E-07 ± 5E-07 ‡	7,7E-08 ± 4E-07 ‡	2,4E-07 ± 5E-07 ‡	8,6E-08 ± 2E-07 ‡	2,6E-07 ± 5E-07 ‡		2,9E-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 (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2018 T - 45a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Stara vas						
Datum vzor.	27. 12. 2017 - 1. 2. 2018	1. 2. 2018 - 1. 3. 2018	1. 3. 2018 - 3. 4. 2018	3. 4. 2018 - 3. 5. 2018	3. 5. 2018 - 4. 6. 2018	4. 6. 2018 - 2. 7. 2018	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (m^3)	16082,23	12633,76	14654,05	13130,30	13808,43	11907,71	
Oznaka vzorca	K18AE21S	K18AE22S	K18AE23S	K18AE24S	K18AE25S	K18AE26S	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
Na-22					1,7E-06 ± 1E-06		2,8E-07 ± 2E-07
U-238		5,7E-06 ± 7E-06 ‡				1,2E-05 ± 1E-05 ‡	3,0E-06 ± 2E-06
Ra-226				7,4E-07 ± 3E-05 ‡			1,2E-07 ± 5E-06
Pb-210	5,9E-04 ± 3E-05	6,7E-04 ± 5E-05	5,8E-04 ± 4E-05	6,6E-04 ± 5E-05	7,2E-04 ± 3E-05	4,5E-04 ± 5E-05	6,1E-04 ± 2E-05
Ra-228	6,1E-06 ± 2E-06	7,7E-06 ± 4E-06	5,8E-06 ± 3E-06	8,4E-06 ± 3E-06	7,1E-06 ± 5E-06	1,2E-05 ± 3E-06	7,8E-06 ± 1E-06
Th-230		6,4E-06 ± 5E-05 ‡	5,8E-06 ± 6E-05 ‡				2,0E-06 ± 1E-05
Th-228	7,4E-06 ± 2E-06	5,6E-06 ± 2E-06	3,8E-06 ± 2E-06	8,8E-06 ± 3E-06	4,2E-06 ± 2E-06	5,7E-06 ± 2E-06	5,9E-06 ± 8E-07
K-40				2,4E-05 ± 1E-04 ‡			3,9E-06 ± 2E-05
Be-7	2,3E-03 ± 1E-04	2,1E-03 ± 8E-05	3,3E-03 ± 2E-04	6,7E-03 ± 3E-04	6,3E-03 ± 3E-04	5,3E-03 ± 2E-04	4,3E-03 ± 9E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,6E-06 ± 1E-06	1,3E-06 ± 4E-07	1,1E-07 ± 3E-07 ‡	7,3E-08 ± 4E-07 ‡	2,2E-07 ± 4E-07 ‡	7,2E-07 ± 8E-07 ‡	6,8E-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 (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2018 T - 45b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Stara vas						
Datum vzor.	2. 7. 2018 - 1. 8. 2018	1. 8. 2018 - 3. 9. 2018	3. 9. 2018 - 1. 10. 2018	1. 10. 2018 - 5. 11. 2018	5. 11. 2018 - 3. 12. 2018	3. 12. 2018 - 27. 12. 2018	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (m^3)	12555,73	13646,00	11562,74	14293,65	11688,73	9895,81	
Oznaka vzorca	K18AE27S	K18AE28S	K18AE29S	K18AE2AS	K18AE2BS	K18AE2CS	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
Na-22							1,4E-07 ± 9E-08
U-238		3,3E-05 ± 8E-06	1,2E-05 ± 6E-06	9,2E-06 ± 8E-06 ‡	7,1E-06 ± 6E-06	1,5E-05 ± 1E-05	7,8E-06 ± 2E-06
Ra-226						1,5E-05 ± 4E-05 ‡	1,3E-06 ± 4E-06
Pb-210	6,9E-04 ± 5E-05	7,8E-04 ± 2E-04	1,2E-03 ± 7E-05	1,2E-03 ± 2E-04	1,3E-03 ± 7E-05	8,8E-04 ± 6E-05	8,1E-04 ± 3E-05
Ra-228	4,8E-06 ± 3E-06	4,2E-06 ± 2E-06	4,9E-06 ± 2E-06	6,7E-06 ± 3E-06	4,5E-06 ± 3E-06	1,3E-05 ± 7E-06	7,1E-06 ± 1E-06
Th-230			5,1E-05 ± 4E-05 ‡				5,2E-06 ± 7E-06
Th-228	5,3E-06 ± 2E-06	8,0E-06 ± 1E-06	7,7E-06 ± 1E-06	6,3E-06 ± 1E-06	7,1E-06 ± 1E-06	7,6E-06 ± 4E-06	6,5E-06 ± 6E-07
K-40	1,2E-05 ± 1E-04 ‡						2,9E-06 ± 1E-05
Be-7	7,6E-03 ± 3E-04	6,6E-03 ± 2E-04	5,6E-03 ± 4E-04	4,7E-03 ± 2E-04	2,9E-03 ± 2E-04	1,6E-03 ± 9E-05	4,6E-03 ± 7E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137		6,9E-07 ± 1E-06 ‡	1,2E-07 ± 3E-07 ‡	3,2E-08 ± 4E-07 ‡	2,0E-06 ± 6E-07	3,7E-06 ± 1E-06	8,8E-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 (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2018 T - 46a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Leskovec						
Datum vzor.	27. 12. 2017 - 1. 2. 2018	1. 2. 2018 - 1. 3. 2018	1. 3. 2018 - 3. 4. 2018	3. 4. 2018 - 3. 5. 2018	3. 5. 2018 - 4. 6. 2018	4. 6. 2018 - 2. 7. 2018	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (m^3)	15204,07	11686,32	13754,03	12694,03	7820,09	11852,02	
Oznaka vzorca	K18AE31S	K18AE32S	K18AE33S	K18AE34S	K18AE35S	K18AE36S	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
Na-22							
U-238	6,6E-06 ± 5E-06 ‡	4,1E-06 ± 7E-06 ‡	8,5E-06 ± 5E-06		5,5E-06 ± 8E-06 ‡		4,1E-06 ± 2E-06
Ra-226							
Pb-210	5,9E-04 ± 3E-05	4,3E-04 ± 4E-05	5,6E-04 ± 3E-05	4,0E-04 ± 5E-05	8,0E-04 ± 5E-05	5,3E-04 ± 3E-05	5,5E-04 ± 2E-05
Ra-228	3,4E-06 ± 2E-06	8,0E-06 ± 2E-06	5,7E-06 ± 2E-06	4,0E-06 ± 4E-06 ‡	1,1E-05 ± 4E-06	4,1E-06 ± 5E-06 ‡	6,0E-06 ± 1E-06
Th-230							
Th-228	6,2E-06 ± 1E-06	7,9E-06 ± 3E-06	5,3E-06 ± 1E-06	6,2E-06 ± 1E-06	1,1E-05 ± 2E-06	3,3E-06 ± 2E-06	6,7E-06 ± 8E-07
K-40							
Be-7	2,1E-03 ± 1E-04	2,1E-03 ± 3E-04	3,2E-03 ± 2E-04	6,4E-03 ± 7E-04	6,5E-03 ± 4E-04	5,2E-03 ± 3E-04	4,2E-03 ± 2E-04
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,6E-06 ± 4E-07	1,9E-06 ± 8E-07	1,8E-06 ± 9E-07	2,3E-07 ± 7E-07 ‡	2,1E-07 ± 5E-07 ‡	5,3E-08 ± 4E-07 ‡	9,7E-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 (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2018 T - 46b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Leskovec						
Datum vzor.	2. 7. 2018 - 1. 8. 2018	1. 8. 2018 - 3. 9. 2018	3. 9. 2018 - 1. 10. 2018	1. 10. 2018 - 5. 11. 2018	5. 11. 2018 - 3. 12. 2018	3. 12. 2018 - 27. 12. 2018	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (m^3)	10412,46	13726,26	11565,49	14325,23	11182,15	9382,24	
Oznaka vzorca	K18AE37S	K18AE38S	K18AE39S	K18AE3AS	K18AE3BS	K18AE3CS	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
Na-22							
U-238	2,3E-05 ± 1E-05	4,6E-05 ± 2E-05		1,4E-05 ± 8E-06		1,6E-05 ± 2E-05 ‡	1,0E-05 ± 3E-06
Ra-226							
Pb-210	7,0E-04 ± 4E-05	8,6E-04 ± 1E-04	1,2E-03 ± 6E-05	2,0E-03 ± 2E-04	1,7E-03 ± 1E-04	9,2E-04 ± 7E-05	8,9E-04 ± 2E-05
Ra-228	7,6E-06 ± 4E-06	6,8E-06 ± 3E-06	7,2E-06 ± 3E-06	5,3E-06 ± 1E-06	3,2E-06 ± 3E-06 ‡	1,1E-05 ± 4E-06	6,4E-06 ± 9E-07
Th-230							
Th-228	7,0E-06 ± 2E-06	6,4E-06 ± 1E-06	5,5E-06 ± 1E-06	8,6E-06 ± 2E-06	1,0E-05 ± 2E-06	1,0E-05 ± 2E-06	7,3E-06 ± 5E-07
K-40							
Be-7	7,1E-03 ± 3E-04	6,4E-03 ± 3E-04	5,4E-03 ± 4E-04	5,6E-03 ± 2E-04	3,4E-03 ± 2E-04	1,6E-03 ± 7E-05	4,6E-03 ± 9E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,4E-07 ± 5E-07 ‡	1,5E-06 ± 2E-06 ‡		7,2E-07 ± 4E-07	1,0E-07 ± 5E-07 ‡	4,1E-06 ± 2E-06	1,0E-06 ± 3E-07
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2018 T - 47a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Brege						
Datum vzor.	27. 12. 2017 - 1. 2. 2018	1. 2. 2018 - 1. 3. 2018	1. 3. 2018 - 3. 4. 2018	3. 4. 2018 - 3. 5. 2018	3. 5. 2018 - 4. 6. 2018	4. 6. 2018 - 2. 7. 2018	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (m^3)	13550,11	10365,90	12454,05	11779,13	12365,68	10831,16	
Oznaka vzorca	K18AE41S	K18AE42S	K18AE43S	K18AE44S	K18AE45S	K18AE46S	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
Na-22							
U-238	1,4E-05 ± 1E-05 ‡	2,6E-06 ± 9E-06 ‡	3,3E-05 ± 2E-05	3,5E-06 ± 1E-05 ‡	9,1E-06 ± 1E-05 ‡	1,3E-05 ± 1E-05 ‡	1,3E-05 ± 5E-06
Ra-226							
Pb-210	6,1E-04 ± 3E-05	4,7E-04 ± 3E-05	5,6E-04 ± 3E-05	4,5E-04 ± 4E-05	6,9E-04 ± 4E-05	3,9E-04 ± 3E-05	5,3E-04 ± 1E-05
Ra-228	5,3E-06 ± 1E-06	6,2E-06 ± 3E-06	7,9E-06 ± 4E-06	9,3E-06 ± 3E-06	6,6E-06 ± 3E-06	9,7E-06 ± 3E-06	7,5E-06 ± 1E-06
Th-230	5,4E-06 ± 2E-05 ‡						9,0E-07 ± 4E-06
Th-228	7,1E-06 ± 1E-06	5,3E-06 ± 2E-06	9,0E-06 ± 3E-06	8,9E-06 ± 2E-06	6,6E-06 ± 1E-06	5,5E-06 ± 5E-06 ‡	7,1E-06 ± 1E-06
K-40							
Be-7	1,9E-03 ± 6E-05	1,9E-03 ± 1E-04	2,8E-03 ± 1E-04	5,5E-03 ± 5E-04	5,2E-03 ± 2E-04	4,5E-03 ± 2E-04	3,6E-03 ± 1E-04
I-131							
Cs-134							
Cs-137	9,1E-07 ± 5E-07	2,5E-07 ± 7E-07 ‡	1,3E-06 ± 8E-07	3,2E-07 ± 9E-07 ‡	2,4E-07 ± 5E-07 ‡	8,8E-07 ± 2E-06 ‡	6,5E-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 (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2018 T - 47b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Brege						
Datum vzor.	2. 7. 2018 - 1. 8. 2018	1. 8. 2018 - 3. 9. 2018	3. 9. 2018 - 1. 10. 2018	1. 10. 2018 - 5. 11. 2018	5. 11. 2018 - 3. 12. 2018	3. 12. 2018 - 27. 12. 2018	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (m^3)	10945,89	12448,19	10579,87	11516,55	10258,14	8138,98	
Oznaka vzorca	K18AE47S	K18AE48S	K18AE49S	K18AE4AS	K18AE4BS	K18AE4CS	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
Na-22	1,4E-06 ± 2E-06 ‡						1,2E-07 ± 1E-07
U-238	7,2E-06 ± 7E-06 ‡		6,2E-07 ± 2E-05 ‡			4,5E-05 ± 2E-05	1,1E-05 ± 4E-06
Ra-226				5,2E-07 ± 3E-05 ‡			4,4E-08 ± 3E-06
Pb-210	6,7E-04 ± 9E-05	9,0E-04 ± 4E-05	1,0E-03 ± 7E-05	1,8E-03 ± 1E-04	1,3E-03 ± 7E-05	6,5E-04 ± 2E-04	7,9E-04 ± 2E-05
Ra-228	5,3E-06 ± 4E-06	1,0E-05 ± 3E-06	3,2E-06 ± 4E-06 ‡	9,9E-07 ± 2E-06 ‡	5,5E-06 ± 4E-06	1,5E-05 ± 6E-06	7,1E-06 ± 1E-06
Th-230							4,5E-07 ± 2E-06
Th-228	7,9E-06 ± 2E-06	4,7E-06 ± 2E-06	7,5E-06 ± 3E-06	9,0E-06 ± 2E-06	6,2E-06 ± 2E-06	1,0E-05 ± 2E-06	7,3E-06 ± 7E-07
K-40							
Be-7	6,6E-03 ± 2E-04	5,6E-03 ± 3E-04	4,9E-03 ± 2E-04	5,0E-03 ± 2E-04	2,2E-03 ± 1E-04	1,3E-03 ± 6E-05	3,9E-03 ± 6E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,1E-07 ± 3E-07 ‡	1,7E-07 ± 4E-07 ‡	4,9E-08 ± 5E-07 ‡		1,2E-07 ± 6E-07 ‡		3,6E-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 (apriorna negotovost)
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2018 T - 48a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Vihre						
Datum vzor.	27. 12. 2017 - 1. 2. 2018	1. 2. 2018 - 1. 3. 2018	1. 3. 2018 - 3. 4. 2018	3. 4. 2018 - 3. 5. 2018	3. 5. 2018 - 4. 6. 2018	4. 6. 2018 - 2. 7. 2018	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (m^3)	13427,24	10744,55	12742,79	11345,83	12183,41	10660,40	
Oznaka vzorca	K18AE51S	K18AE52S	K18AE53S	K18AE54S	K18AE55S	K18AE56S	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
Na-22							
U-238	2,0E-05 ± 2E-05		1,5E-05 ± 1E-05 ‡	5,2E-06 ± 1E-05 ‡	6,2E-06 ± 1E-05 ‡		7,7E-06 ± 5E-06
Ra-226		3,6E-06 ± 3E-05 ‡	1,8E-06 ± 3E-05 ‡				9,1E-07 ± 7E-06
Pb-210	4,5E-04 ± 4E-05	5,9E-04 ± 4E-05	5,4E-04 ± 3E-05	5,4E-04 ± 3E-05	6,5E-04 ± 3E-05	6,2E-04 ± 6E-05	5,6E-04 ± 2E-05
Ra-228	6,0E-06 ± 3E-06	9,2E-06 ± 3E-06	1,6E-06 ± 3E-06 ‡	3,2E-06 ± 4E-06 ‡	4,6E-06 ± 2E-06	3,2E-06 ± 5E-06 ‡	4,6E-06 ± 1E-06
Th-230			4,7E-06 ± 5E-05 ‡				7,9E-07 ± 8E-06
Th-228	5,9E-06 ± 2E-06	9,4E-06 ± 3E-06	6,1E-06 ± 2E-06	3,9E-06 ± 2E-06	4,2E-06 ± 1E-06	4,7E-06 ± 3E-06	5,7E-06 ± 9E-07
K-40						2,9E-06 ± 1E-04 ‡	4,8E-07 ± 2E-05
Be-7	1,9E-03 ± 1E-04	1,8E-03 ± 9E-05	3,0E-03 ± 2E-04	5,4E-03 ± 3E-04	5,2E-03 ± 3E-04	4,6E-03 ± 2E-04	3,6E-03 ± 8E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	7,7E-07 ± 6E-07 ‡	1,8E-07 ± 5E-07 ‡	1,9E-06 ± 1E-06	2,2E-07 ± 5E-07 ‡	2,2E-07 ± 4E-07 ‡	6,7E-08 ± 4E-07 ‡	5,5E-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 (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2018 T - 48b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Vihre						
Datum vzor.	2. 7. 2018 - 1. 8. 2018	1. 8. 2018 - 3. 9. 2018	3. 9. 2018 - 1. 10. 2018	1. 10. 2018 - 5. 11. 2018	5. 11. 2018 - 3. 12. 2018	3. 12. 2018 - 27. 12. 2018	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (m^3)	11047,35	12108,79	10428,23	13168,75	10440,11	8853,71	
Oznaka vzorca	K18AE57S	K18AE58S	K18AE59S	K18AE5AS	K18AE5BS	K18AE5CS	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
Na-22							
U-238	1,2E-05 ± 7E-06	3,9E-05 ± 2E-05	1,7E-05 ± 1E-05	7,4E-06 ± 2E-05 ‡	1,1E-05 ± 5E-06	8,1E-06 ± 2E-05 ‡	1,2E-05 ± 4E-06
Ra-226						4,9E-06 ± 4E-05 ‡	8,6E-07 ± 5E-06
Pb-210	7,1E-04 ± 6E-05	9,2E-04 ± 4E-05	1,0E-03 ± 1E-04	1,9E-03 ± 1E-04	1,1E-03 ± 6E-05	9,3E-04 ± 5E-05	8,2E-04 ± 2E-05
Ra-228	9,8E-06 ± 3E-06	4,3E-06 ± 4E-06 ‡	1,1E-05 ± 3E-06	1,3E-05 ± 3E-06	8,6E-06 ± 3E-06	6,4E-06 ± 4E-06	6,7E-06 ± 1E-06
Th-230		6,6E-06 ± 1E-04 ‡					9,5E-07 ± 9E-06
Th-228	7,1E-06 ± 1E-06	7,3E-06 ± 3E-06	8,7E-06 ± 2E-06	5,4E-06 ± 2E-06	7,2E-06 ± 1E-06	7,3E-06 ± 3E-06	6,4E-06 ± 6E-07
K-40							2,4E-07 ± 1E-05
Be-7	6,2E-03 ± 4E-04	5,1E-03 ± 2E-04	4,8E-03 ± 2E-04	4,6E-03 ± 2E-04	2,1E-03 ± 1E-04	1,2E-03 ± 7E-05	3,8E-03 ± 6E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,4E-07 ± 3E-07 ‡	1,6E-07 ± 5E-07 ‡	1,3E-06 ± 2E-06 ‡		1,1E-06 ± 1E-06 ‡	7,5E-08 ± 7E-07 ‡	5,0E-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 (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2018 T - 49a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Gornji Lenart						
Datum vzor.	27. 12. 2017 - 1. 2. 2018	1. 2. 2018 - 1. 3. 2018	1. 3. 2018 - 3. 4. 2018	3. 4. 2018 - 3. 5. 2018	3. 5. 2018 - 4. 6. 2018	4. 6. 2018 - 2. 7. 2018	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (m^3)	16290,66	13305,32	15937,85	13095,28	14121,65	12149,27	
Oznaka vzorca	K18AE61S	K18AE62S	K18AE63S	K18AE64S	K18AE65S	K18AE66S	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
Na-22							
U-238	7,7E-06 ± 9E-06 ‡	5,0E-06 ± 5E-06 ‡	7,9E-06 ± 1E-05 ‡	1,3E-05 ± 1E-05	1,4E-05 ± 9E-06	2,7E-06 ± 5E-06 ‡	8,3E-06 ± 3E-06
Ra-226	5,6E-06 ± 2E-05 ‡		5,2E-06 ± 2E-05 ‡	1,5E-06 ± 3E-05 ‡			2,0E-06 ± 7E-06
Pb-210	2,4E-04 ± 1E-05	2,3E-04 ± 1E-05	2,4E-04 ± 2E-05	1,7E-04 ± 2E-05	2,4E-04 ± 2E-05	1,9E-04 ± 1E-05	2,2E-04 ± 7E-06
Ra-228	2,2E-06 ± 2E-06 ‡	6,4E-06 ± 2E-06	7,3E-06 ± 3E-06	4,6E-06 ± 3E-06	4,9E-06 ± 2E-06	6,9E-06 ± 2E-06	5,4E-06 ± 1E-06
Th-230							
Th-228	8,1E-06 ± 2E-06	5,9E-06 ± 1E-06	4,3E-06 ± 1E-06	5,2E-06 ± 2E-06	5,9E-06 ± 1E-06	5,4E-06 ± 1E-06	5,8E-06 ± 6E-07
K-40				2,6E-06 ± 9E-05 ‡			4,4E-07 ± 2E-05
Be-7	7,8E-04 ± 4E-05	7,1E-04 ± 5E-05	1,2E-03 ± 5E-05	2,1E-03 ± 2E-04	2,0E-03 ± 8E-05	1,6E-03 ± 1E-04	1,4E-03 ± 4E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	2,0E-07 ± 4E-07 ‡	1,2E-07 ± 3E-07 ‡	1,6E-07 ± 4E-07 ‡	1,0E-06 ± 1E-06 ‡	1,2E-07 ± 3E-07 ‡		2,7E-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 (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2018 T - 49b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Gornji Lenart						
Datum vzor.	2. 7. 2018 - 1. 8. 2018	1. 8. 2018 - 3. 9. 2018	3. 9. 2018 - 1. 10. 2018	1. 10. 2018 - 5. 11. 2018	5. 11. 2018 - 3. 12. 2018	3. 12. 2018 - 27. 12. 2018	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (m^3)	13040,34	14510,50	12463,23	15749,68	12684,42	10964,72	
Oznaka vzorca	K18AE67S	K18AE68S	K18AE69S	K18AE6AS	K18AE6BS	K18AE6CS	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
Na-22							
U-238	1,2E-05 ± 2E-05 ‡	3,2E-05 ± 1E-05	2,1E-07 ± 1E-05 ‡		3,7E-06 ± 1E-05 ‡	2,3E-05 ± 1E-05	1,0E-05 ± 3E-06
Ra-226		1,8E-06 ± 2E-05 ‡		1,2E-06 ± 2E-05 ‡	4,6E-05 ± 5E-05 ‡	2,4E-06 ± 2E-05 ‡	5,3E-06 ± 6E-06
Pb-210	2,5E-04 ± 2E-05	6,1E-04 ± 5E-05	4,1E-04 ± 2E-05	7,2E-04 ± 5E-05	5,5E-04 ± 3E-05	3,3E-04 ± 4E-05	3,5E-04 ± 8E-06
Ra-228	5,6E-06 ± 3E-06	6,3E-06 ± 3E-06	2,6E-06 ± 3E-06 ‡	3,4E-06 ± 2E-06	6,4E-06 ± 3E-06	8,1E-06 ± 4E-06	5,4E-06 ± 8E-07
Th-230							
Th-228	4,0E-06 ± 2E-06	8,1E-06 ± 2E-06	5,9E-06 ± 2E-06	7,0E-06 ± 2E-06	5,5E-06 ± 2E-06	8,2E-06 ± 2E-06	6,1E-06 ± 5E-07
K-40							2,2E-07 ± 8E-06
Be-7	2,6E-03 ± 1E-04	4,5E-03 ± 2E-04	1,9E-03 ± 1E-04	1,9E-03 ± 8E-05	8,5E-04 ± 5E-05	5,2E-04 ± 3E-05	1,7E-03 ± 3E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	7,3E-07 ± 1E-06 ‡		2,2E-07 ± 4E-07 ‡	3,2E-08 ± 3E-07 ‡	1,7E-07 ± 4E-07 ‡	1,6E-06 ± 3E-06 ‡	3,7E-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 (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2018 T - 50a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Libna						
Datum vzor.	27. 12. 2017 - 1. 2. 2018	1. 2. 2018 - 1. 3. 2018	1. 3. 2018 - 3. 4. 2018	3. 4. 2018 - 3. 5. 2018	3. 5. 2018 - 4. 6. 2018	4. 6. 2018 - 2. 7. 2018	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (m^3)	13510,62	10302,12	12245,26	11306,29	12153,55	10521,85	
Oznaka vzorca	K18AE71S	K18AE72S	K18AE73S	K18AE74S	K18AE75S	K18AE76S	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
Na-22					1,2E-07 ± 1E-06 ‡		2,0E-08 ± 2E-07
U-238	4,4E-06 ± 1E-05 ‡	3,1E-05 ± 1E-05	2,7E-05 ± 1E-05	1,5E-05 ± 3E-05 ‡		4,1E-05 ± 2E-05	2,0E-05 ± 7E-06
Ra-226							
Pb-210	5,5E-04 ± 4E-05	5,9E-04 ± 3E-05	5,1E-04 ± 3E-05	4,1E-04 ± 5E-05	5,7E-04 ± 3E-05	3,5E-04 ± 3E-05	5,0E-04 ± 1E-05
Ra-228	7,8E-06 ± 3E-06	6,5E-06 ± 4E-06	5,4E-06 ± 4E-06	8,7E-06 ± 3E-06	5,8E-06 ± 4E-06	1,1E-05 ± 3E-06	7,5E-06 ± 1E-06
Th-230			5,5E-05 ± 8E-05 ‡				9,2E-06 ± 1E-05
Th-228	3,7E-06 ± 2E-06	8,9E-06 ± 2E-06	6,5E-06 ± 2E-06	8,5E-06 ± 2E-06	4,4E-06 ± 2E-06	7,7E-06 ± 2E-06	6,6E-06 ± 7E-07
K-40						7,9E-08 ± 1E-04 ‡	1,3E-08 ± 2E-05
Be-7	2,0E-03 ± 1E-04	1,8E-03 ± 7E-05	2,8E-03 ± 1E-04	5,3E-03 ± 6E-04	5,3E-03 ± 3E-04	4,5E-03 ± 2E-04	3,6E-03 ± 1E-04
I-131							
Cs-134							
Cs-137	4,5E-08 ± 4E-07 ‡	1,2E-06 ± 8E-07	2,1E-06 ± 8E-07	1,2E-06 ± 2E-06 ‡	2,0E-07 ± 5E-07 ‡	7,0E-07 ± 2E-06 ‡	9,3E-07 ± 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 (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2018 T - 50b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Libna						
Datum vzor.	2. 7. 2018 - 1. 8. 2018	1. 8. 2018 - 3. 9. 2018	3. 9. 2018 - 1. 10. 2018	1. 10. 2018 - 5. 11. 2018	5. 11. 2018 - 3. 12. 2018	3. 12. 2018 - 27. 12. 2018	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (m^3)	11169,65	12093,63	10343,04	12603,56	9890,25	8512,12	
Oznaka vzorca	K18AE77S	K18AE78S	K18AE79S	K18AE7AS	K18AE7BS	K18AE7CS	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
Na-22							9,8E-09 ± 1E-07
U-238	2,6E-07 ± 2E-05 ‡		1,1E-05 ± 1E-05 ‡	4,8E-06 ± 1E-05 ‡	2,5E-05 ± 2E-05		1,3E-05 ± 4E-06
Ra-226						8,6E-06 ± 1E-04 ‡	7,2E-07 ± 8E-06
Pb-210	6,4E-04 ± 3E-05	4,1E-04 ± 4E-05	8,8E-04 ± 4E-05	9,9E-04 ± 4E-05	1,1E-03 ± 5E-05	5,0E-04 ± 5E-04 ‡	6,2E-04 ± 4E-05
Ra-228	6,4E-06 ± 5E-06	7,5E-06 ± 4E-06	7,1E-06 ± 5E-06	4,0E-07 ± 4E-06 ‡	6,2E-06 ± 3E-06		6,0E-06 ± 1E-06
Th-230							4,6E-06 ± 7E-06
Th-228	6,5E-06 ± 2E-06	3,6E-06 ± 1E-06	5,8E-06 ± 2E-06	5,0E-06 ± 2E-06	8,6E-06 ± 2E-06	1,0E-05 ± 2E-05 ‡	6,6E-06 ± 2E-06
K-40							6,6E-09 ± 1E-05
Be-7	6,7E-03 ± 3E-04	2,4E-03 ± 1E-04	4,2E-03 ± 2E-04	3,0E-03 ± 2E-04	2,2E-03 ± 9E-05	1,4E-03 ± 1E-03 ‡	3,5E-03 ± 1E-04
I-131							
Cs-134							
Cs-137	2,3E-07 ± 5E-07 ‡	9,8E-08 ± 4E-07 ‡	2,3E-07 ± 6E-07 ‡	2,3E-07 ± 5E-07 ‡		3,8E-06 ± 4E-06 ‡	8,5E-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 (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2018 T - 51a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Dobova						
Datum vzor.	27. 12. 2017 - 1. 2. 2018	1. 2. 2018 - 1. 3. 2018	1. 3. 2018 - 3. 4. 2018	3. 4. 2018 - 3. 5. 2018	3. 5. 2018 - 4. 6. 2018	4. 6. 2018 - 2. 7. 2018	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (m^3)	145606,3	126087,9	145413,0	143140,5	141838,7	125046,3	
Oznaka vzorca	K18AE811	K18AE821	K18AE831	K18AE841	K18AE851	K18AE861	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
Na-22			3,1E-07 ± 2E-07	7,1E-07 ± 2E-07	8,7E-07 ± 3E-07	5,6E-07 ± 9E-07 ‡	4,1E-07 ± 2E-07
U-238	1,8E-06 ± 4E-06 ‡				5,4E-06 ± 4E-06	5,1E-07 ± 5E-06 ‡	1,3E-06 ± 1E-06
Ra-226					1,1E-05 ± 7E-06		1,8E-06 ± 1E-06
Pb-210	6,2E-04 ± 3E-05	6,4E-04 ± 4E-05	6,2E-04 ± 4E-05	6,1E-04 ± 3E-05	4,8E-04 ± 3E-05	5,9E-04 ± 3E-05	5,9E-04 ± 1E-05
Ra-228	7,6E-07 ± 9E-07 ‡			7,1E-07 ± 8E-07 ‡	3,8E-06 ± 7E-07		8,7E-07 ± 2E-07
Th-230							
Th-228	2,0E-06 ± 5E-07	7,1E-07 ± 7E-07 ‡	2,2E-06 ± 6E-07	3,0E-06 ± 5E-07	3,3E-06 ± 5E-07	4,4E-07 ± 6E-07 ‡	1,9E-06 ± 2E-07
K-40					2,7E-04 ± 3E-05		4,4E-05 ± 4E-06
Be-7	2,1E-03 ± 8E-05	2,1E-03 ± 9E-05	3,8E-03 ± 2E-04	6,9E-03 ± 3E-04	5,6E-03 ± 3E-04	5,1E-03 ± 3E-04	4,3E-03 ± 9E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	2,2E-06 ± 5E-07	2,0E-06 ± 4E-07	1,9E-06 ± 3E-07	5,2E-07 ± 1E-07	3,5E-07 ± 2E-07	2,3E-08 ± 1E-07 ‡	1,2E-06 ± 1E-07
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2018 T - 51b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Dobova						
Datum vzor.	2. 7. 2018 - 1. 8. 2018	1. 8. 2018 - 3. 9. 2018	3. 9. 2018 - 1. 10. 2018	1. 10. 2018 - 5. 11. 2018	5. 11. 2018 - 3. 12. 2018	3. 12. 2018 - 27. 12. 2018	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (m^3)	133196,3	156852,3	133797,9	152868,9	118449,5	106623,5	
Oznaka vzorca	K18AE871	K18AE881	K18AE891	K18AE8A1	K18AE8B1	K18AE8C1	
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
Na-22	1,3E-06 ± 4E-07	3,9E-07 ± 6E-07 ‡	1,3E-07 ± 3E-07 ‡				3,5E-07 ± 1E-07
U-238		1,3E-05 ± 6E-06	8,9E-07 ± 7E-06 ‡		7,0E-06 ± 2E-05 ‡		2,4E-06 ± 2E-06
Ra-226							9,0E-07 ± 6E-07
Pb-210	7,3E-04 ± 3E-05	9,3E-04 ± 4E-05	1,1E-03 ± 5E-05	1,9E-03 ± 1E-04	1,1E-03 ± 5E-05	8,3E-04 ± 4E-05	8,5E-04 ± 1E-05
Ra-228	7,3E-07 ± 1E-06 ‡	7,1E-07 ± 8E-07 ‡		7,0E-07 ± 8E-07 ‡			6,1E-07 ± 2E-07
Th-230		1,7E-06 ± 2E-05 ‡			2,9E-05 ± 3E-05 ‡		2,6E-06 ± 3E-06
Th-228	1,2E-06 ± 5E-07	2,6E-06 ± 6E-07	1,8E-06 ± 6E-07	3,2E-06 ± 5E-07	1,3E-06 ± 6E-07	1,9E-06 ± 8E-07	2,0E-06 ± 2E-07
K-40							2,2E-05 ± 2E-06
Be-7	7,0E-03 ± 3E-04	6,4E-03 ± 3E-04	5,7E-03 ± 3E-04	5,8E-03 ± 2E-04	2,5E-03 ± 1E-04	1,5E-03 ± 8E-05	4,6E-03 ± 6E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	3,4E-07 ± 2E-07	1,5E-08 ± 8E-08 ‡	2,2E-08 ± 1E-07 ‡	9,8E-07 ± 2E-07	1,5E-06 ± 2E-07	2,5E-06 ± 3E-07	1,0E-06 ± 7E-08
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

Institut
"Jožef Stefan"
Ljubljana
Slovenija

Specifična analiza Sr-90/Sr-89 (**)

Vzorč. mesto	Dobova				
Datum vzor. Kol. vzorca (m^3) Oznaka vzorca	27. 12. 2017 - 3. 4. 2018 417107,2 K18AE8D1	3. 4. 2018 - 2. 7. 2018 410025,5 K18AE8E1	2. 7. 2018 - 1. 10. 2018 423846,5 K18AE8F1	1. 10. 2018 - 27. 12. 2018 377941,9 K18AE8G1	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)				
Sr-89/Sr-90	8,6E-08 †	5,5E-08 †	2,6E-07 †	2,1E-07 †	1,6E-07 ± 5E-08 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 so bile opravljene na IJS na Odseku O-2.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T - 52a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS						
Datum vzor.	27. 12. 2017 - 1. 2. 2018	1. 2. 2018 - 1. 3. 2018	1. 3. 2018 - 3. 4. 2018	3. 4. 2018 - 3. 5. 2018	3. 5. 2018 - 4. 6. 2018	4. 6. 2018 - 2. 7. 2018	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (m^3)	138101,1	118468,0	139477,4	128136,4	133650,8	125757,9	
Oznaka vzorca	RP18AE111	RP18AE121	RP18AE131	RP18AE141	RP18AE151	RP18AE161	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
Na-22				5,0E-07 ± 2E-07	6,7E-07 ± 2E-07	4,4E-07 ± 3E-07	2,7E-07 ± 7E-08
U-238	8,1E-07 ± 3E-06 ‡						1,3E-07 ± 5E-07
Ra-226						1,8E-06 ± 2E-05 ‡	3,0E-07 ± 4E-06
Pb-210	5,1E-04 ± 3E-05	7,7E-04 ± 5E-05	6,7E-04 ± 4E-05	6,3E-04 ± 4E-05	7,7E-04 ± 5E-05	5,4E-04 ± 3E-05	6,5E-04 ± 2E-05
Ra-228	3,2E-07 ± 8E-07 ‡		2,1E-07 ± 9E-07 ‡			8,5E-07 ± 1E-06 ‡	2,3E-07 ± 3E-07
Th-230							
Th-228	2,0E-06 ± 5E-07	2,2E-06 ± 6E-07	1,6E-06 ± 5E-07	1,8E-06 ± 7E-07	1,3E-06 ± 6E-07	1,5E-06 ± 6E-07	1,7E-06 ± 2E-07
K-40							
Be-7	2,0E-03 ± 8E-05	2,5E-03 ± 1E-04	3,6E-03 ± 2E-04	6,8E-03 ± 3E-04	6,1E-03 ± 3E-04	5,7E-03 ± 2E-04	4,4E-03 ± 8E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,8E-06 ± 2E-07	2,2E-06 ± 3E-07	1,9E-06 ± 4E-07	6,4E-07 ± 3E-07	2,3E-07 ± 2E-07 ‡	1,4E-08 ± 1E-07 ‡	1,1E-06 ± 1E-07
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2018 T - 52b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS						
Datum vzor.	2. 7. 2018 - 1. 8. 2018	1. 8. 2018 - 3. 9. 2018	3. 9. 2018 - 1. 10. 2018	1. 10. 2018 - 5. 11. 2018	5. 11. 2018 - 3. 12. 2018	3. 12. 2018 - 27. 12. 2018	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (m^3)	132016,4	146803,2	118103,6	138945,0	119523,2	84462,2	
Oznaka vzorca	RP18AE171	RP18AE181	RP18AE191	RP18AE1A1	RP18AE1B1	RP18AE1C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
Na-22	1,3E-06 ± 3E-07		3,8E-08 ± 3E-07 ‡				2,5E-07 ± 5E-08
U-238	2,0E-06 ± 3E-06 ‡						2,3E-07 ± 3E-07
Ra-226							1,5E-07 ± 2E-06
Pb-210	8,7E-04 ± 5E-05	6,4E-04 ± 2E-04	1,2E-03 ± 7E-05	1,3E-03 ± 7E-05	1,4E-03 ± 9E-05	1,1E-03 ± 4E-05	8,6E-04 ± 2E-05
Ra-228	6,4E-07 ± 8E-07 ‡	9,4E-07 ± 1E-06 ‡		2,9E-07 ± 9E-07 ‡		7,0E-07 ± 2E-06 ‡	3,3E-07 ± 3E-07
Th-230							
Th-228	2,5E-06 ± 4E-07	3,6E-06 ± 6E-07	2,1E-06 ± 8E-07	2,5E-06 ± 5E-07	2,1E-06 ± 5E-07	2,8E-06 ± 7E-07	2,2E-06 ± 2E-07
K-40							
Be-7	8,6E-03 ± 6E-04	7,0E-03 ± 3E-04	5,7E-03 ± 2E-04	4,3E-03 ± 2E-04	3,4E-03 ± 1E-04	1,7E-03 ± 6E-05	4,8E-03 ± 7E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	2,4E-07 ± 1E-07	9,9E-09 ± 1E-07 ‡	1,3E-08 ± 1E-07 ‡	1,4E-06 ± 2E-07	1,5E-06 ± 2E-07	4,1E-06 ± 4E-07	1,2E-06 ± 7E-08
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

8. DOZA IN HITROST DOZE ZUNANJEGA SEVANJA

DOZA Z OKOLJSKIMI TL-DOZIMETRI

MERITVE HITROSTI DOZE SEVANJA GAMA

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

SEZNAM DOZIMETROV TLD V OKOLICI NEK

Sektor	št.	Oznaka	GEOGRAFSKE KOORDINATE	*d* /km	Kraj in naslov
1	60	T1B1	45°56'54" / 15°30'56"	1,2	Spodnja Libna 5, M. Klinec (ob cesti)
N	1	T1C1	45°57'09" / 15°30'49"	1,7	Libna 2, Andrej Peršolja
	2	T1F1	46°01'45" / 15°30'42"	10	Mali Kamen 32, Anton Brljavec
2	3	T2B1	45°56'46" / 15°31'20"	0,79	Spodnji Stari Grad 1
NNE	4	T2B2	45°57'00" / 15°31'23"	1,4	Libna 8, Jože Pogačar
	5	T2D1	45°58'12" / 15°31'50"	3,75	Pleterje 16a, Maks Urek
	6	T2E1	46°00'44" / 15°34'41"	9,72	Pečice 33, KS Križe
3	61	T3C1	45°57'04" / 15°32'07"	2,1	Libna 33, Božidar Volčanšek
NE	7	T3E1	45°58'27" / 15°33'38"	5,42	Zgornja Pohanca 3, Silvester Kunej
	8	T3E2	45°59'21" / 15°35'39"	8,4	Sromlje 13, Ivan Bartole
4	9	T4B1	45°56'35" / 15°31'53"	1,37	Spodnji Stari Grad 27, Mitja Stergar
ENE	62	T4D1	45°56'50" / 15°32'45"	2,7	Dolenja vas pri Krškem 51, Jože Gorišek
	10	T4E1	45°57'11" / 15°35'44"	6,4	Glogov Brod 1, Milan Rožman
	11	T4F1	45°59'05" / 15°37'53"	10,45	Dednja vas 8, Ivan Dušič
5	12	T5B1	45°56'06" / 15°31'56"	1,25	Spodnji Stari Grad - Gmajna
E	13	T5D1	45°56'24" / 15°33'16"	3,1	Pesje 1, Jože Gerjevič
	14	T5D2	45°55'47" / 15°34'24"	4,55	Gornji Lenart 21, Josip Kunej
	15	T5E1	45°56'46" / 15°38'22"	9,67	Globoko 21, Jože Hotko
6	16	T6B1	45°55'52" / 15°31'30"	1,25	VOP-4
ESE	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	59	T7D1	45°55'10" / 15°32'37"	3,2	Gmajnice, bivše vojaško skladišče
SE	20	T7E1	45°53'25" / 15°33'40"	6,42	Krška vas 34, Franc Tomše
	21	T7E2	45°53'50" / 15°35'43"	7,8	Brežice, Prešernova cesta 25, Sobak
8	22	T8D1	45°54'50" / 15°31'30"	2,7	Vihre 17, Martin Račič
SSE	58	T8E1	45°53'16" / 15°32'52"	6,1	Boršt 1, Alojz Zofič
9	23	T9D1	45°53'41" / 15°30'33"	5	Črešnjice 30a, Avgust Kovač
S	24	T9D2	45°54'52" / 15°30'57"	2,6	Mrtvice 27, Vili Kuhar
10	57	T10E1	45°53'46" / 15°29'34"	5	Hrastje pri Cerkljah 33a, Leopold Jerele
SSW	26	T10C1	45°55'13" / 15°30'05"	2,3	Brege 17a, Smiljana Jurečič
11	25	T11D2	45°55'09" / 15°29'53"	2,62	Brege 52, Franc Škofljanc (met. postaja)
SW	27	T11D1	45°55'05" / 15°29'10"	3,2	Drnovo 62, Fanika Bizjak
	28	T11E1	45°53'49" / 15°27'26"	6,2	Veliki Podlog 56, Ivan Arh
12	29	T12C1	45°56'03" / 15°29'44"	1,57	Žadovinek 20a, Anton Dušič
WSW	30	T12E1	45°54'37" / 15°24'11"	9,35	Zaloke 10, Martin Tomažin
13	31	T13C1	45°56'19" / 15°29'31"	1,87	Žadovinek 10, Marjan Pešec
W	32	T13D1	45°56'15" / 15°28'23"	3,2	Leskovec, Cesta ob gaju 17, Martina Strgar
	33	T13E1	45°56'27" / 15°25'07"	7,37	Drenovec 8, Ivan Zupančič
	34	T13E2	45°55'41" / 15°23'30"	9,72	Raka 1, Emil Vehovar, nad vodnjakom

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

SEZNAM DOZIMETROV TLD V OKOLICI NEK

Sektor	št.	Oznaka	GEOGRAFSKE KOORDINATE	*d* /km	Kraj in naslov
14 WNW	35	T14D1	45°56'57" / 15°28'40"	2,9	Klet Leskovec, Rostoharjeva 15a
	36	T14E1	45°57'34" / 15°25'10"	7,85	Kalce 4, Franc Tomažin
	37	T14E2	45°57'54" / 15°23'52"	9,72	Veliki trn 6, Janc
15 NW	38	T15C1	45°57'02" / 15°30'02"	1,9	Krško, Ob Potočnici
	39	T15B1	45°56'36" / 15°30'18"	1	Vrbina 2, Milka Filej
	40	T15D1	45°57'55" / 15°29'03"	4,37	Krško, Bohoričeva 5
	41	T15D2	45°57'32" / 15°28'59"	3,12	Trška gora, vinograd ob cesti, desno
	42	T15D3	45°57'22" / 15°29'22"	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°56'54" / 15°30'22"	1,3	Vrbina, Hladilnica Evrosad
	46	T16C1	45°57'04" / 15°30'10"	1,9	Krško, Cesta 4. julija 112, Edvin Kocjan
	47	T16D1	45°57'48" / 15°29'48"	3,12	Krško, Sremiška 29b, S. Valentinčič
	48	T16D2	45°58'32" / 15°29'22"	4,55	Sremič 13, Topolovšek
	49	T16D3	45°57'40" / 15°29'44"	2,9	Krško, Stritarjeva 5, Martin Založnik
	50	T16E1	46°00'20" / 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

8. DOZA ZUNANJEGA SEVANJA – TL-DOZIMETRI

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

Krajevna porazdelitev doz zunanjega sevanja *H(10) (mSv) v posameznih obdobjih v letu 2018**

Obdobje ekspozicije	od 1. 1. 2018 do 1. 7. 2018	od 1. 7. 2018 do 1. 1. 2019	Letna doza	od 1. 1. 2018 do 1. 7. 2018	od 1. 7. 2018 do 1. 1. 2019	Letna doza	od 1. 1. 2018 do 1. 7. 2018	od 1. 7. 2018 do 1. 1. 2019	Letna doza	od 1. 1. 2018 do 1. 7. 2018	od 1. 7. 2018 do 1. 1. 2019	Letna doza	od 1. 1. 2018 do 1. 7. 2018	od 1. 7. 2018 do 1. 1. 2019	Letna doza
Pas (km)	**ograja znotraj NEK**			**do 1,5 km**			**1,5 km do 5,0 km**			**5,0 km do 10,0 km**			**Povprečje po sektorjih**		
	št.			št.			št.			št.					
N 1				60	0,329	0,348	0,677	1	0,369	0,425	0,794	2	0,415	0,458	0,872	0,371	0,410	0,781
NNE 2	67	0,284	0,307	0,591	3	0,377	0,433	0,810	5	0,369	0,441	0,810	6	0,346	0,390	0,736	0,401	0,446	0,848
					4	0,513	0,520	1,034											
NE 3	55	0,297	0,318	0,615					61	0,447	0,525	0,972	7	0,396	0,422	0,818	0,398	0,455	0,854
													8	0,353	0,418	0,771			
ENE 4					9	0,375	0,437	0,812	62	0,480	0,530	1,010	10	0,437	0,454	0,891	0,430	0,479	0,909
													11	0,427	0,495	0,923			
E 5					12	0,356	0,432	0,789	13	0,382	0,415	0,797	15	0,383	0,430	0,814	0,376	0,436	0,811
									14	0,381	0,465	0,846							
ESE 6	51	0,280	0,291	0,571	16	0,384	0,400	0,784	63	0,404	0,432	0,836	17	0,318	0,358	0,676	0,379	0,412	0,791
													18	0,389	0,426	0,815			
													19	0,401	0,442	0,843			
SE 7									59	0,368	0,377	0,745	20	0,430	0,446	0,876	0,390	0,404	0,795
													21	0,373	0,390	0,763			
SSE 8	52	0,247	0,267	0,515					22	0,378	0,413	0,791	58	0,453	0,497	0,950	0,415	0,455	0,871
S 9													23	0,454	0,499	0,953	0,422	0,479	0,902
									24	0,390	0,459	0,850							
SSW 10									26	0,380	0,426	0,807	57	0,487	0,506	0,993	0,434	0,466	0,900
SW 11	53	0,285	0,319	0,604					25	0,390	0,433	0,823	28	0,410	0,429	0,839	0,387	0,432	0,819
									27	0,361	0,433	0,794							
WSW 12	65	0,289	0,331	0,620					29	0,342	0,415	0,757	30	0,389	0,410	0,799	0,365	0,412	0,778
W 13	54	0,282	0,317	0,598					31	0,382	0,429	0,811	33	0,399	0,471	0,871	0,395	0,444	0,839
	66	0,299	0,327	0,627					32	0,414	0,451	0,865	34	0,385	0,426	0,811			
WNW 14									35	0,447	0,481	0,929	36	0,400	0,436	0,836	0,418	0,453	0,871
													37	0,407	0,442	0,849			
NW 15	56	0,275	0,291	0,567	39	0,391	0,457	0,848	38	0,315	0,320	0,635	43	0,428	0,520	0,949	0,349	0,396	0,745
									40	0,321	0,367	0,688	44	0,330	0,356	0,686			
									41	0,346	0,392	0,738							
									42	0,313	0,359	0,672							
NNW 16					45	0,319	0,307	0,626	46	0,450	0,502	0,952	50	0,362	0,401	0,763	0,412	0,452	0,864
									47	0,466	0,531	0,998							
									48	0,457	0,503	0,960							
									49	0,415	0,470	0,885							
Povprečje po pasovih	(9)	0,282	0,308	0,590	(8)	0,381	0,417	0,797	(25)	0,391	0,440	0,831	(24)	0,399	0,438	0,837	(57)	0,393	0,436	0,829
	±	0,015	0,021	0,035	±	0,060	0,066	0,121	±	0,047	0,054	0,100	±	0,040	0,044	0,082	±	0,046	0,052	0,095
Ljubljana																	št. 64	0,416	0,413	0,829

št. – številka merilnega mesta (glej tabelo T – 53/a)
( ) – število merilnih mest upoštevanih v povprečju posameznega pasu
± – pomeni standardno deviacijo porazdelitve doz v pasu

8. DOZA ZUNANJEGA SEVANJA – TL-DOZIMETRI

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

Povprečna mesečna doza *H(10) (mSv na mesec) za 6-mesečni obdobji in povprečna mesečna doza *H**(10) (mSv na mesec) v letu 2018**

Obdobje ekspozicije	od 1. 1. 2018 do 1. 7. 2018	od 1. 7. 2018 do 1. 1. 2019	v 2018	od 1. 1. 2018 do 1. 7. 2018	od 1. 7. 2018 do 1. 1. 2019	v 2018	od 1. 1. 2018 do 1. 7. 2018	od 1. 7. 2018 do 1. 1. 2019	v 2018	od 1. 1. 2018 do 1. 7. 2018	od 1. 7. 2018 do 1. 1. 2019	v 2018	od 1. 1. 2018 do 1. 7. 2018	od 1. 7. 2018 do 1. 1. 2019	v 2018
Pas (km)	**ograja znotraj NEK**			**do 1,5 km**			**1,5 km do 5,0 km**			**5,0 km do 10,0 km**			**Povprečje po sektorjih**		
	št.			št.			št.			št.					
N 1				60	0,055	0,058	0,056	1	0,062	0,070	0,066	2	0,070	0,076	0,073	0,062	0,068	0,065
NNE 2	67	0,048	0,051	0,049	3	0,063	0,072	0,068	5	0,062	0,073	0,068	6	0,058	0,064	0,061	0,067	0,074	0,071
					4	0,086	0,086	0,086											
NE 3	55	0,050	0,053	0,051					61	0,075	0,087	0,081	7	0,066	0,070	0,068	0,067	0,075	0,071
													8	0,059	0,069	0,064			
ENE 4					9	0,063	0,072	0,068	62	0,081	0,088	0,084	10	0,073	0,075	0,074	0,072	0,079	0,076
													11	0,072	0,082	0,077			
E 5					12	0,060	0,071	0,066	13	0,064	0,069	0,066	15	0,064	0,071	0,068	0,063	0,072	0,068
									14	0,064	0,077	0,071							
ESE 6	51	0,047	0,048	0,048	16	0,065	0,066	0,065	63	0,068	0,071	0,070	17	0,053	0,059	0,056	0,064	0,068	0,066
													18	0,065	0,070	0,068			
													19	0,067	0,073	0,070			
SE 7									59	0,062	0,062	0,062	20	0,072	0,074	0,073	0,067	0,069	0,066
													21	0,063	0,064	0,064			
SSE 8	52	0,042	0,044	0,043					22	0,063	0,068	0,066	58	0,076	0,082	0,079	0,070	0,075	0,073
S 9													23	0,076	0,083	0,079	0,071	0,079	0,075
									24	0,066	0,076	0,071							
SSW 10									26	0,064	0,070	0,067	57	0,082	0,084	0,083	0,073	0,077	0,075
SW 11	53	0,048	0,053	0,050					25	0,066	0,072	0,069	28	0,069	0,071	0,070	0,065	0,071	0,068
									27	0,061	0,072	0,066							
WSW 12	65	0,049	0,055	0,052					29	0,057	0,069	0,063	30	0,065	0,068	0,067	0,061	0,068	0,065
W 13	54	0,047	0,052	0,050					31	0,064	0,071	0,068	33	0,067	0,078	0,073	0,066	0,073	0,070
	66	0,050	0,054	0,052					32	0,070	0,074	0,072	34	0,065	0,070	0,068			
WNW 14									35	0,075	0,080	0,077	36	0,067	0,072	0,070	0,070	0,075	0,073
													37	0,068	0,073	0,071			
NW 15	56	0,046	0,048	0,047	39	0,066	0,076	0,071	38	0,053	0,053	0,053	43	0,072	0,086	0,079	0,059	0,065	0,062
									40	0,054	0,061	0,057	44	0,055	0,059	0,057			
									41	0,058	0,065	0,062							
									42	0,053	0,059	0,056							
NNW 16					45	0,054	0,051	0,052	46	0,076	0,083	0,079	50	0,061	0,066	0,064	0,069	0,075	0,072
									47	0,078	0,088	0,083							
									48	0,077	0,083	0,080							
									49	0,070	0,078	0,074							
Povprečje po pasovih	(9)	0,047	0,051	0,049	(8)	0,064	0,069	0,066	(25)	0,066	0,073	0,069	(24)	0,067	0,072	0,070	(57)	0,066	0,072	0,069
	±	0,003	0,003	0,003	±	0,010	0,011	0,010	±	0,008	0,009	0,008	±	0,007	0,007	0,007	±	0,008	0,008	0,008
Ljubljana																	št. 64	0,070	0,068	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 2018 T - 54/a

8. SEZNAM TL-DOZIMETROV V REPUBLIKI SLOVENIJI

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

Št.	KRAJ	GPS-KOORDINATE
1	KOČEVJE	45°38'46" / 14°51'01"
2	DVOR PRI ŽUŽEMBERKU	45°48'29" / 14°57'42"
3	DOBLIČE (ČRNOMELJ)	45°33'36" / 15°08'46"
4	DRAŠIČI (METLIKA)	45°39'55" / 15°22'34"
5	NOVO MESTO	45°48'07" / 15°10'39"
6	MALKOVEC (MOKRONOG)	45°57'11" / 15°12'18"
7	LISCA	46°04'04" / 15°17'06"
8	CELJE	46°14'12" / 15°13'33"
9	ROGAŠKA SLATINA	46°14'40" / 15°37'41"
10	SLOVENSKE KONJICE	46°20'42" / 15°25'03"
11	ROGLA	46°26'46" / 15°19'23"
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	LENDAVA	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°40'49" / 15°58'44"
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°21'49" / 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°03'56" / 14°30'45"
27	BRNIK - AERODROM	46°13'03" / 14°28'23"
28	JEZERSKO (ZGORNJE JEZERSKO)	46°23'53" / 14°30'14"
29	PODLJUBELJ	46°23'58" / 14°17'03"
30	LESCE	46°21'39" / 14°09'43"
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°37'27"
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 2018 T - 54/b

8. TLD polletne meritve (**)

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

Št. TLD	Mesto postavitve	Izmerjena doza $H^*(10)$ (mSv) v obdobju		Letna doza $H^*(10)$ (mSv)	Povprečna mesečna doza $H^*(10)$ (mSv na mesec) v obdobju		Povprečna mesečna doza $H^*(10)$ (mSv na mesec)
		od 1. 1. 2018 do 1. 7. 2018	od 1. 7. 2018 do 1. 1. 2019	v 2018	od 1. 1. 2018 do 1. 7. 2018	od 1. 7. 2018 do 1. 1. 2019	v 2018
1	KOČEVJE	0,440 ± 0,068	0,456 ± 0,070	0,896 ± 0,098	0,074 ± 0,011	0,075 ± 0,012	0,075 ± 0,016
2	DVOR PRI ŽUŽEMBERKU	0,456 ± 0,070	0,478 ± 0,074	0,934 ± 0,102	0,077 ± 0,012	0,079 ± 0,012	0,078 ± 0,017
3	DOBLIČE ČRNOMELJ	0,581 ± 0,089	0,565 ± 0,087	1,146 ± 0,125	0,098 ± 0,015	0,093 ± 0,014	0,096 ± 0,021
4	DRAŠIČI METLIKA	0,416 ± 0,064	0,438 ± 0,067	0,854 ± 0,093	0,070 ± 0,011	0,072 ± 0,011	0,071 ± 0,016
5	NOVO MESTO	0,597 ± 0,092	0,354 ± 0,054	0,951 ± 0,107	0,100 ± 0,015	0,058 ± 0,009	0,079 ± 0,018
6	MALKOVEC MOKRONOG	0,374 ± 0,058	0,389 ± 0,060	0,763 ± 0,083	0,063 ± 0,010	0,064 ± 0,010	0,064 ± 0,014
7	LISCA	0,358 ± 0,055 *	0,375 ± 0,058	0,733 ± 0,080	0,060 ± 0,009 *	0,062 ± 0,010	0,061 ± 0,013
8	CELJE	0,400 ± 0,062	0,432 ± 0,066	0,832 ± 0,091	0,067 ± 0,010	0,071 ± 0,011	0,069 ± 0,015
9	ROGAŠKA SLATINA	0,395 ± 0,061	0,403 ± 0,062	0,798 ± 0,087	0,066 ± 0,010	0,067 ± 0,010	0,066 ± 0,014
10	SLOVENSKE KONJICE	0,401 ± 0,062	0,419 ± 0,065	0,820 ± 0,089	0,067 ± 0,010	0,069 ± 0,011	0,068 ± 0,015
11	ROGLA	0,440 ± 0,068	0,553 ± 0,085	0,993 ± 0,109	0,074 ± 0,011	0,091 ± 0,014	0,083 ± 0,018
12	MARIBOR	0,404 ± 0,062	0,422 ± 0,065	0,826 ± 0,090	0,068 ± 0,010	0,070 ± 0,011	0,069 ± 0,015
13	PTUJ	0,435 ± 0,067	0,455 ± 0,070	0,891 ± 0,097	0,073 ± 0,011	0,075 ± 0,012	0,074 ± 0,016
14	JERUZALEM ORMOŽ	0,368 ± 0,057	0,425 ± 0,066	0,793 ± 0,087	0,062 ± 0,010	0,070 ± 0,011	0,066 ± 0,014
15	LENDAVA	0,432 ± 0,066	0,464 ± 0,072	0,896 ± 0,098	0,073 ± 0,011	0,077 ± 0,012	0,075 ± 0,016
16	MURSKA SOBOTA	0,380 ± 0,058	0,398 ± 0,061	0,778 ± 0,085	0,064 ± 0,010	0,066 ± 0,010	0,065 ± 0,014
17	VELIKI DOLENCI	0,425 ± 0,066	0,491 ± 0,076	0,916 ± 0,100	0,071 ± 0,011	0,081 ± 0,012	0,076 ± 0,017
18	GORNJA RADGONA	0,388 ± 0,060	0,400 ± 0,062	0,787 ± 0,086	0,065 ± 0,010	0,066 ± 0,010	0,066 ± 0,014
19	SVEČINA PLAČ	0,466 ± 0,072	0,485 ± 0,075	0,951 ± 0,104	0,078 ± 0,012	0,080 ± 0,012	0,079 ± 0,017
20	RIBNICA NA POHORJU	0,417 ± 0,064	0,423 ± 0,065	0,840 ± 0,091	0,070 ± 0,011	0,070 ± 0,011	0,070 ± 0,015
21	KOTLJE	0,478 ± 0,074	0,514 ± 0,079	0,992 ± 0,108	0,080 ± 0,012	0,085 ± 0,013	0,083 ± 0,018
22	VELENJE	0,403 ± 0,062	0,416 ± 0,064	0,819 ± 0,089	0,068 ± 0,010	0,069 ± 0,011	0,068 ± 0,015
23	NAZARJE MOZIRJE	0,433 ± 0,067	0,427 ± 0,066	0,860 ± 0,094	0,073 ± 0,011	0,071 ± 0,011	0,072 ± 0,016
24	LUČE OB SAVINJI	0,399 ± 0,061	0,442 ± 0,068	0,841 ± 0,092	0,067 ± 0,010	0,073 ± 0,011	0,070 ± 0,015
25	VAČE	0,436 ± 0,067	0,435 ± 0,067	0,871 ± 0,095	0,073 ± 0,011	0,072 ± 0,011	0,073 ± 0,016
26	LJUBLJANA BEŽIGRAD	0,385 ± 0,059	0,419 ± 0,064	0,804 ± 0,088	0,065 ± 0,010	0,069 ± 0,011	0,067 ± 0,015
27	BRNIK AERODROM	0,525 ± 0,081	0,562 ± 0,087	1,087 ± 0,118	0,088 ± 0,014	0,093 ± 0,014	0,091 ± 0,020
28	JEZERSKO	0,495 ± 0,076	0,524 ± 0,081	1,019 ± 0,111	0,083 ± 0,013	0,087 ± 0,013	0,085 ± 0,019
29	PODLJUBELJ	0,378 ± 0,058	0,410 ± 0,063	0,788 ± 0,086	0,063 ± 0,010	0,068 ± 0,010	0,066 ± 0,014
30	LESCE	0,474 ± 0,073 *	0,420 ± 0,065	0,894 ± 0,097	0,080 ± 0,012 *	0,069 ± 0,011	0,074 ± 0,016
31	PLANINA POD GOLICO	0,415 ± 0,064	0,497 ± 0,077	0,913 ± 0,100	0,070 ± 0,011	0,082 ± 0,013	0,076 ± 0,017
32	ZDENSKA VAS	0,449 ± 0,069	0,463 ± 0,071	0,911 ± 0,099	0,075 ± 0,012	0,076 ± 0,012	0,076 ± 0,017
33	RATEČE	0,355 ± 0,055	0,485 ± 0,075	0,840 ± 0,093	0,060 ± 0,009	0,080 ± 0,012	0,070 ± 0,015
34	TRENTA	0,286 ± 0,044	0,325 ± 0,050	0,611 ± 0,067	0,048 ± 0,007	0,054 ± 0,008	0,051 ± 0,011
35	LOG POD MANGARTOM	0,432 ± 0,066	0,463 ± 0,071	0,895 ± 0,098	0,073 ± 0,011	0,077 ± 0,012	0,075 ± 0,016
36	BOVEC	0,364 ± 0,056	0,381 ± 0,059	0,745 ± 0,081	0,061 ± 0,009	0,063 ± 0,010	0,062 ± 0,014
37	TOLMIN	0,394 ± 0,061	0,390 ± 0,060	0,784 ± 0,085	0,066 ± 0,010	0,064 ± 0,010	0,065 ± 0,014
38	BILJE NOVA GORICA	0,290 ± 0,045	0,330 ± 0,051	0,620 ± 0,068	0,049 ± 0,008	0,055 ± 0,008	0,052 ± 0,011
39	VEDRIJAN KOJSKO	0,393 ± 0,060	0,410 ± 0,063	0,803 ± 0,087	0,066 ± 0,010	0,068 ± 0,010	0,067 ± 0,015
40	LOKEV PRI LIPICI	0,477 ± 0,073	0,485 ± 0,075	0,962 ± 0,105	0,080 ± 0,012	0,080 ± 0,012	0,080 ± 0,017
41	SEČOVLJE AERODROM	0,347 ± 0,053	0,353 ± 0,054	0,700 ± 0,076	0,058 ± 0,009	0,058 ± 0,009	0,058 ± 0,013
42	KOSEZE IL. BISTRICA	0,377 ± 0,058	0,408 ± 0,063	0,785 ± 0,086	0,063 ± 0,010	0,067 ± 0,010	0,065 ± 0,014
43	ZALOG POSTOJNA	0,419 ± 0,065	0,446 ± 0,069	0,865 ± 0,094	0,070 ± 0,011	0,074 ± 0,011	0,072 ± 0,016
44	NOVA VAS NA BLOKAH	0,529 ± 0,081	0,578 ± 0,089	1,107 ± 0,121	0,089 ± 0,014	0,096 ± 0,015	0,092 ± 0,020
45	VRHNIKA	0,642 ± 0,099	0,660 ± 0,102	1,302 ± 0,142	0,108 ± 0,017	0,109 ± 0,017	0,109 ± 0,024
46	VOJSKO	0,403 ± 0,062	0,456 ± 0,070	0,859 ± 0,094	0,068 ± 0,010	0,075 ± 0,012	0,072 ± 0,016
47	SORICA	0,355 ± 0,055	0,378 ± 0,058	0,732 ± 0,080	0,060 ± 0,009	0,062 ± 0,010	0,061 ± 0,013
48	STARA FUŽINA	0,308 ± 0,047	0,334 ± 0,051	0,643 ± 0,070	0,052 ± 0,008	0,055 ± 0,009	0,054 ± 0,012
49	JELENJA VAS ISKRBA	0,602 ± 0,093	0,651 ± 0,100	1,253 ± 0,137	0,101 ± 0,016	0,108 ± 0,017	0,104 ± 0,023
50	KREDARICA	0,386 ± 0,059	0,406 ± 0,063	0,792 ± 0,086	0,065 ± 0,010	0,067 ± 0,010	0,066 ± 0,014
	Število merilnih mest	50 št.	50 št.	50 št.	50 št.	50 št.	50 št.
	Povprečje - merilna mesta	0,424 ± 0,074	0,446 ± 0,073	0,870 ± 0,139	0,071 ± 0,012	0,074 ± 0,012	0,072 ± 0,016
	Najvišja doza	0,642 ± 0,099 (45)	0,660 ± 0,102 (45)	1,302 ± 0,142 (45)	0,108 ± 0,017 (45)	0,109 ± 0,017 (45)	0,109 ± 0,024 (45)
	Najnižja doza	0,286 ± 0,044 (34)	0,325 ± 0,050 (34)	0,611 ± 0,067 (34)	0,048 ± 0,007 (34)	0,054 ± 0,008 (34)	0,051 ± 0,011 (34)

* Dozimeter je bil izgubljen oz. ukraden; vrednosti so dobljene z ekstrapolacijo iz podatkov za prvo oz. drugo polletje.

(**) Meritve doze zunanjega sevanja s TL-dozimetri so opravljene na Odseku F-2. Negotovost rezultatov meritev so podane z intervalom zaupanja 95 % .

LETO 2018 T - 55

8. DOZA ZUNANJEGA SEVANJA – TL-DOZIMETRI (R HRVAŠKA)

	Polletne doze		Letna doza
	10. 1. 2018 - 28. 6. 2018	29. 6. 2018 – 2. 1. 2019	
Vzorč. mesto	H*(10) (mSv)		
Bistra	0,35	0,41	0,76
Bregana	0,34	0,48	0,82
Harmica	0,44	0,51	0,95
Jastrebarsko	0,37	0,39	0,76
Klanjec	0,29	0,35	0,64
Novaki	0,34	0,40	0,74
Oroslavlje	0,36	0,51	0,87
Samobor	0,34	0,34	0,68
Zagreb (IRB)	0,37	0,40	0,77
Zaprešić	0,33	0,37	0,70

LETO 2018 T - 56/a

8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA ZA LETO 2018 V REPUBLIKI SLOVENIJI – sistem OKOLICA NEK / letni pregled

Lokacija	Merilna postaja	Mesečne povprečne vrednosti (nSv/h) - polurna obdelava podatkov																								Polletno povprečje (nSv/h)	Polletna doza (mSv)
		Januar				Februar				Marec				April				Maj				Junij					
		Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks		
Brege	**Brege**	97	± 6	85	150	87	± 8	65	126	92	± 9	69	120	96	± 7	84	165	98	± 7	83	146	98	± 8	84	156	95,2	± 3,0	0,43	± 0,01
Gornji Lenart	**Gornji Lenart**	109	± 7	94	162	95	± 9	77	137	103	± 9	81	144	109	± 7	93	156	114	± 9	95	194	113	± 11	94	206	107,2	± 3,4	0,48	± 0,02
Krško	**Krško**	97	± 6	82	129	91	± 7	76	121	95	± 7	77	121	95	± 6	81	145	97	± 7	80	156	97	± 8	82	153	95,3	± 2,7	0,43	± 0,01
Leskovec	**Leskovec**	103	± 7	88	140	95	± 8	75	134	98	± 7	79	122	100	± 5	87	118									99,4	± 3,2	0,45	± 0,01
Libna	**Libna**	79	± 3	70	102	72	± 5	63	93	86	± 8	64	104	89	± 3	80	115	90	± 4	82	114	90	± 4	75	120	84,7	± 1,6	0,38	± 0,01
Pesje	**Pesje**	101	± 5	88	123	98	± 5	86	114	100	± 5	86	115	101	± 5	87	117	101	± 5	85	117	101	± 5	90	121	100,3	± 2,0	0,45	± 0,01
Skopice	**Skopice**	109	± 7	96	159	98	± 10	78	133	102	± 10	76	140	108	± 7	94	163	113	± 7	96	147	112	± 9	94	173	108,1	± 3,3	0,49	± 0,01
Spodnji Stari Grad	**Spodnji Stari Grad**	99	± 7	86	157	90	± 8	74	131	95	± 7	77	130	98	± 7	82	165	100	± 8	85	159	100	± 9	84	176	97,0	± 3,1	0,44	± 0,01
Vihre	**Vihre**	96	± 5	83	125	93	± 6	78	115	95	± 5	78	119	95	± 5	83	128	96	± 5	82	122	96	± 6	82	127	95,2	± 2,2	0,43	± 0,01
Brežice	**Brežice**	86	± 5	77	118	82	± 6	68	104	84	± 5	69	106	86	± 4	74	106	88	± 5	78	116	88	± 5	76	123	85,9	± 2,0	0,39	± 0,01
Cerklje	**Cerklje**	84	± 5	74	116	76	± 8	58	105	79	± 8	59	104	83	± 5	72	123	85	± 6	73	126	85	± 7	74	128	82,8	± 2,5	0,37	± 0,01
Krško–NEK	**Krško-NEK**	84	± 5	72	122	76	± 7	63	109	80	± 6	64	109	82	± 5	73	132	83	± 5	70	120	84	± 6	71	127	82,0	± 2,3	0,37	± 0,01
Krško–Videm	**Krško-Videm**	75	± 6	66	114	74	± 6	63	106	76	± 5	65	103	77	± 6	67	134	79	± 5	69	115	79	± 7	69	130	76,7	± 2,3	0,35	± 0,01
Lokacija	**Merilna postaja**	**Julij**				**Avgust**				**September**				**Oktober**				**November**				**December**				**Letno povprečje (nSv/h)**	**Letna doza (mSv)**
Brege	**Brege**	97	± 10	82	183	100	± 8	85	167	98	± 8	83	170	99	± 8	83	145	99	± 10	82	191	99	± 7	82	152	96,8	± 2,2	0,85	± 0,02
Gornji Lenart	**Gornji Lenart**	110	± 13	93	228	121	± 9	101	193	118	± 10	96	195	119	± 8	101	163	115	± 12	93	210	114	± 7	94	158	111,5	± 2,5	0,98	± 0,02
Krško	**Krško**	96	± 9	82	209	99	± 9	85	178	98	± 7	83	155	100	± 7	84	146	100	± 9	86	156	99	± 6	84	136	96,9	± 2,0	0,85	± 0,02
Leskovec	**Leskovec**					96	± 5	87	127	94	± 5	83	126	95	± 4	86	121	95	± 7	83	155	99	± 5	88	133	97,0	± 1,8	0,85	± 0,02
Libna	**Libna**	90	± 5	81	151	91	± 4	83	119	90	± 4	81	121	91	± 4	82	115	93	± 6	84	140	92	± 3	83	119	87,8	± 1,1	0,77	± 0,01
Pesje	**Pesje**	100	± 5	87	125	102	± 5	86	127	101	± 5	87	124	101	± 5	86	119	101	± 5	86	125	101	± 5	86	119	100,7	± 1,4	0,88	± 0,01
Skopice	**Skopice**	110	± 11	93	221	116	± 9	97	186	113	± 8	91	165	114	± 7	95	151	112	± 11	92	189	111	± 7	94	167	110,4	± 2,4	0,97	± 0,02
Spodnji Stari Grad	**Spodnji Stari Grad**	99	± 12	83	248	103	± 8	86	164	102	± 9	84	180	103	± 8	86	182	101	± 10	83	176	101	± 7	84	161	99,0	± 2,3	0,87	± 0,02
Vihre	**Vihre**	95	± 7	80	158	97	± 6	83	130	97	± 6	84	129	97	± 6	81	132	97	± 7	82	132	98	± 5	84	134	96,0	± 1,6	0,84	± 0,01
Brežice	**Brežice**	87	± 7	77	161	87	± 5	75	123	86	± 5	72	124	86	± 4	75	111	87	± 8	75	144	87	± 5	74	120	86,2	± 1,5	0,75	± 0,01
Cerklje	**Cerklje**	84	± 9	72	170	87	± 7	74	136	86	± 7	73	146	87	± 6	74	123	86	± 11	71	171	85	± 6	71	134	84,1	± 1,9	0,74	± 0,02
Krško–NEK	**Krško-NEK**	83	± 8	74	162	86	± 6	75	136	85	± 6	73	136	86	± 6	75	124	86	± 8	75	145	85	± 5	75	125	83,4	± 1,7	0,73	± 0,01
Krško–Videm	**Krško-Videm**	79	± 12	68	244	81	± 7	71	132	80	± 6	68	138	81	± 6	71	123	81	± 9	69	152	80	± 5	69	129	78,3	± 1,8	0,69	± 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 2018 T - 56/b

8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA ZA LETO 2018 V REPUBLIKI SLOVENIJI – 1. polovica / 1. polletje

		Mesečne povprečne vrednosti (nSv/h) - polurna obdelava podatkov																								Polletno povprečje (nSv/h)	Polletna doza (mSv)
		Januar				Februar				Marec				April				Maj				Junij					
Lokacija	Merilna postaja	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks		
Bilje	**Bilje**	75	± 7	59	142	75	± 8	62	112	76	± 8	61	131	73	± 6	59	109	75	± 7	62	115	75	± 8	62	150	74,7	± 2,9	0,34	± 0,01
Boršt	**Prenosni MFM 2**	132	± 6	115	160	108	± 13	88	162	121	± 16	89	169	131	± 7	113	166	133	± 9	115	186	133	± 9	114	203	129,8	± 3,5	0,59	± 0,02
Bovec	**Bovec**	87	± 9	71	187	85	± 10	70	147	89	± 9	75	128	86	± 8	69	129	86	± 9	72	176	86	± 8	73	188	86,5	± 3,6	0,39	± 0,02
Brestanica-Sv. Mohor	**Sv. Mohor**	86	± 3	80	91	87	± 2	80	95	87	± 2	82	93	87	± 2	79	93	87	± 8	64	124	87	± 9	61	129	86,9	± 1,1	0,39	± 0,00
Brinje	**Brinje (ARSO)**	110	± 8	96	163	96	± 10	77	143	106	± 9	64	144	110	± 8	94	169	111	± 9	95	195	115	± 8	97	174	108,8	± 3,5	0,49	± 0,02
Brinje	**Brinje (URSJV)**	80	± 7	70	130	64	± 9	50	100	76	± 10	50	120	91	± 11	70	150	105	± 14	80	190	115	± 19	80	180	81,3	± 4,1	0,37	± 0,02
Brnik	**Brnik**	125	± 8	108	179	100	± 13	79	168	113	± 17	83	169	126	± 8	108	180	127	± 11	111	266	128	± 9	110	197	123,0	± 4,0	0,56	± 0,02
Celje	**Celje**	92	± 6	76	122	89	± 6	71	116	91	± 6	78	118	91	± 6	78	136	93	± 8	81	170	92	± 6	80	134	91,2	± 2,5	0,41	± 0,01
Dobliče	**Dobliče**	140	± 9	114	187	111	± 16	77	197	124	± 19	79	191	140	± 9	122	194	143	± 10	122	221	144	± 12	122	231	137,9	± 4,5	0,62	± 0,02
Dolenje	**Dolenje**	84	± 7	70	130	84	± 7	71	132	85	± 7	71	120	83	± 5	69	98	84	± 6	71	115	84	± 8	69	155	83,9	± 2,6	0,38	± 0,01
Drnovo	**Drnovo (aerosoli)**	83	± 5	75	125	75	± 6	65	114	79	± 6	67	103	82	± 5	75	138	84	± 5	76	131	84	± 6	76	134	81,5	± 2,2	0,37	± 0,01
Dvor	**Dvor**	96	± 7	81	151	85	± 9	69	125	92	± 9	68	124	94	± 5	80	113	96	± 7	82	143	96	± 8	79	164	93,8	± 2,9	0,42	± 0,01
Gačnik	**Gačnik**	113	± 7	99	152	97	± 11	75	144	104	± 15	73	153	114	± 8	97	206	115	± 9	96	177	114	± 7	99	179	111,6	± 3,5	0,50	± 0,02
Gornja Radgona	**Gornja Radgona**	97	± 5	79	122	93	± 6	80	117	95	± 6	82	131	96	± 5	81	117	96	± 6	83	125	97	± 6	82	137	95,8	± 2,3	0,43	± 0,01
Hrastje	**Hrastje**	75	± 7	63	130	68	± 8	54	111	74	± 7	61	113	74	± 7	61	130	75	± 7	61	131	76	± 7	62	133	73,9	± 2,9	0,33	± 0,01
Hrastnik	**Hrastnik**	90	± 6	78	132	88	± 7	72	120	90	± 6	75	119	90	± 7	75	152	91	± 7	79	129	91	± 7	77	139	90,0	± 2,7	0,41	± 0,01
Ilirska Bistrica	**Ilirska Bistrica**	108	± 7	93	167	107	± 8	91	150	110	± 7	93	137	108	± 6	91	132	111	± 8	94	163	111	± 9	92	181	109,0	± 3,0	0,49	± 0,01
Iška vas	**Iška vas**	85	± 7	70	138	76	± 8	59	121	81	± 8	60	136	84	± 7	71	147	86	± 8	72	131	86	± 9	69	171	83,0	± 3,2	0,37	± 0,01
Jesenice na Dolenjskem	**Jesenice na Dolenjskem**	77	± 6	62	106	75	± 6	60	100	75	± 5	62	97	76	± 5	64	106	76	± 7	63	119	77	± 6	63	114	75,9	± 2,3	0,34	± 0,01
Kamnik	**Kamnik**	79	± 5	64	114	78	± 6	63	109	80	± 6	63	104	78	± 5	67	104	80	± 7	68	130	79	± 5	66	101	78,9	± 2,3	0,36	± 0,01
Kočevje	**Kočevje**	149	± 10	128	189	105	± 20	74	196	107	± 18	72	154	152	± 12	120	276	155	± 11	132	204	155	± 13	135	228	145,4	± 5,2	0,66	± 0,02
Koper	**Koper**	92	± 6	76	136	94	± 8	79	131	94	± 7	78	136	92	± 5	79	120	95	± 7	81	133	98	± 7	79	161	93,8	± 2,6	0,42	± 0,01
Krajinski park Goričko	**Krajinski park Goričko**	105	± 6	90	147	93	± 8	77	132	97	± 10	79	130	107	± 8	89	155	106	± 8	93	151	107	± 8	88	166	103,1	± 3,2	0,47	± 0,01
Kredarica	**Kredarica**	136	± 5	123	155	140	± 5	126	165	140	± 5	126	157	135	± 5	122	152	136	± 5	126	154	136	± 5	123	168	137,2	± 2,0	0,62	± 0,01
Krsko-NEK	**NEK-URSJV**	80	± 7	70	130	64	± 9	50	100	76	± 10	50	120	91	± 11	70	150	105	± 14	80	190	115	± 19	80	180	81,3	± 4,1	0,37	± 0,02
Krvavec	**Krvavec**	91	± 6	76	123	92	± 7	74	130	89	± 6	74	117	94	± 12	70	137	115	± 9	97	189	113	± 6	99	150	98,3	± 2,9	0,44	± 0,01
Lendava	**Lendava**	93	± 5	79	119	88	± 8	71	129	91	± 7	74	119	94	± 6	78	125	95	± 7	81	144	96	± 7	81	153	93,1	± 2,6	0,42	± 0,01
Lesce	**Lesce**	96	± 7	82	145	86	± 10	71	140	93	± 10	73	143	94	± 7	79	133	95	± 9	79	155	94	± 9	80	156	93,6	± 3,4	0,42	± 0,02
Levec	**Levec**	106	± 7	92	141	96	± 9	79	136	102	± 8	82	131	105	± 8	90	165	107	± 9	92	177	106	± 7	91	148	104,0	± 3,2	0,47	± 0,01
Lisca	**Lisca**	95	± 6	83	131	82	± 9	63	122	89	± 11	62	117	97	± 7	83	162	97	± 6	83	140	97	± 7	81	148	94,4	± 2,9	0,43	± 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 2018 T - 56/c

8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA ZA LETO 2018 V REPUBLIKI SLOVENIJI – 1. polovica / 2. polletje

		Mesečne povprečne vrednosti (nSv/h) - polurna obdelava podatkov																								Letno povprečje (nSv/h)	Letna doza (mSv)
		Julij				Avgust				September				Oktober				November				December					
Lokacija	Merilna postaja	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks		
Bilje	**Bilje**	76	± 7	61	121	77	± 9	64	140	77	± 9	63	159	81	± 10	63	163	90	± 9	73	162	91	± 7	75	145	78,0	± 2,2	0,68	± 0,02
Boršt	**Prenosni MFM 2**	135	± 8	114	196	144	± 11	120	234	138	± 10	118	232	134	± 9	114	195	128	± 7	113	158	130	± 7	115	173	131,6	± 2,4	1,15	± 0,02
Bovec	**Bovec**	87	± 9	74	169	88	± 14	71	188	87	± 12	72	204	88	± 15	71	182	84	± 12	64	154	81	± 7	70	160	85,7	± 2,7	0,75	± 0,02
Brestanica-Sv. Mohor	**Sv. Mohor**	83	± 10	56	126	77	± 7	61	129	77	± 6	62	123	78	± 6	66	109	78	± 8	63	131	76	± 5	61	109	85,6	± 1,0	0,75	± 0,01
Brinje	**Brinje (ARSO)**	113	± 13	94	227	117	± 14	96	239	112	± 11	92	202	108	± 9	91	190	108	± 13	89	185	106	± 16	17	132	109,3	± 2,9	0,96	± 0,02
Brinje	**Brinje (URSJV)**	112	± 19	0	200	121	± 29	0	250	126	± 24	80	240	113	± 18	80	190	97	± 15	0	150	81	± 7	0	130	85,3	± 3,3	0,75	± 0,03
Brnik	**Brnik**	129	± 13	111	276	132	± 14	111	255	129	± 16	106	309	128	± 9	105	178	127	± 13	106	208	125	± 7	108	173	125,0	± 3,0	1,10	± 0,03
Celje	**Celje**	93	± 8	77	145	94	± 7	80	163	97	± 8	82	148	102	± 6	86	128	101	± 8	84	141	101	± 6	86	130	94,5	± 1,9	0,83	± 0,02
Dobliče	**Dobliče**	142	± 10	122	217	150	± 12	127	228	149	± 12	126	222	148	± 12	122	214	145	± 13	119	216	144	± 11	122	204	141,8	± 3,3	1,24	± 0,03
Dolenje	**Dolenje**	85	± 7	72	134	85	± 7	61	134	86	± 8	72	165	87	± 7	74	137	89	± 8	75	136	90	± 6	75	138	85,4	± 1,9	0,75	± 0,02
Drnovo	**Drnovo (aerosoli)**	83	± 10	75	184	86	± 7	77	146	86	± 7	77	159	89	± 7	79	157	78	± 32	0	194	59	± 41	0	100	82,7	± 1,9	0,72	± 0,02
Dvor	**Dvor**	97	± 10	81	199	101	± 11	85	233	97	± 9	77	171	97	± 8	82	142	99	± 12	81	166	105	± 9	84	136	95,7	± 2,3	0,84	± 0,02
Gačnik	**Gačnik**	115	± 9	100	207	118	± 10	102	201	116	± 9	101	174	118	± 7	96	152	118	± 14	99	218	118	± 6	101	172	114,6	± 2,4	1,00	± 0,02
Gornja Radgona	**Gornja Radgona**	98	± 6	84	130	100	± 6	85	145	98	± 7	81	144	100	± 5	84	115	101	± 8	84	152	99	± 5	85	122	97,4	± 1,7	0,85	± 0,01
Hrastje	**Hrastje**	77	± 12	62	203	79	± 13	63	168	77	± 8	19	129	80	± 8	62	155	81	± 11	66	144	80	± 6	64	129	76,0	± 2,2	0,67	± 0,02
Hrastnik	**Hrastnik**	92	± 9	75	151	93	± 8	79	150	92	± 10	74	183	92	± 7	77	141	92	± 8	76	143	92	± 6	78	144	90,9	± 2,0	0,80	± 0,02
Ilirska Bistrica	**Ilirska Bistrica**	112	± 7	94	159	116	± 9	96	186	114	± 8	94	170	114	± 9	90	167	110	± 9	92	176	111	± 8	95	193	110,6	± 2,2	0,97	± 0,02
Iška vas	**Iška vas**	87	± 9	70	152	90	± 12	67	261	90	± 11	75	239	97	± 8	82	147	97	± 11	81	153	98	± 8	79	155	87,4	± 2,4	0,77	± 0,02
Jesenice na Dolenjskem	**Jesenice na Dolenjskem**	77	± 9	63	152	79	± 7	66	130	78	± 7	63	131	79	± 6	66	102	79	± 10	64	138	78	± 6	63	126	76,9	± 1,8	0,67	± 0,02
Kamnik	**Kamnik**	80	± 6	68	117	81	± 7	66	129	80	± 8	64	140	81	± 6	66	108	85	± 9	67	125	84	± 5	67	107	80,2	± 1,7	0,70	± 0,02
Kočevje	**Kočevje**	155	± 10	129	211	161	± 14	126	221	158	± 13	132	225	156	± 12	129	228	153	± 13	129	222	153	± 12	127	214	150,8	± 3,6	1,32	± 0,03
Koper	**Koper**	97	± 6	85	137	99	± 7	84	145	98	± 7	82	159	99	± 9	85	184	101	± 10	84	179	100	± 6	88	129	96,0	± 1,9	0,84	± 0,02
Krajinski park Goričko	**Krajinski park Goričko**	107	± 8	89	168	110	± 8	94	170	109	± 10	92	194	112	± 6	94	145	113	± 12	93	197	107	± 6	87	168	106,3	± 2,2	0,93	± 0,02
Kredarica	**Kredarica**	135	± 4	125	159	135	± 6	123	183	134	± 8	111	176	133	± 9	110	169	134	± 8	107	165	134	± 6	119	168	136,1	± 1,6	1,19	± 0,01
Krsko-NEK	**NEK-URSJV**	112	± 19	0	200	121	± 29	0	250	109	± 34	60	240	74	± 7	0	110	73	± 8	60	130	73	± 6	60	120	78,5	± 2,8	0,69	± 0,02
Krvavec	**Krvavec**	113	± 7	97	152	114	± 8	100	176	115	± 10	100	200	117	± 9	98	159	119	± 8	100	152	113	± 8	95	166	105,3	± 2,2	0,92	± 0,02
Lendava	**Lendava**	95	± 8	79	147	98	± 11	78	265	96	± 8	81	169	99	± 6	80	124	98	± 10	79	160	94	± 5	82	138	94,5	± 2,0	0,83	± 0,02
Lesce	**Lesce**	96	± 7	81	141	101	± 12	83	194	97	± 15	80	259	97	± 10	83	166	98	± 14	79	182	97	± 6	84	145	95,2	± 2,5	0,83	± 0,02
Levec	**Levec**	107	± 10	93	181	109	± 9	93	168	109	± 8	90	166	109	± 7	91	174	108	± 9	91	153	103	± 6	84	142	105,5	± 2,3	0,92	± 0,02
Lisca	**Lisca**	97	± 9	82	160	98	± 8	82	160	96	± 8	84	172	97	± 6	80	134	98	± 9	83	156	96	± 5	80	139	95,6	± 2,0	0,84	± 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 2018 T - 56/d

8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA ZA LETO 2018 V REPUBLIKI SLOVENIJI – 2. polovica / 1. polletje

		Mesečne povprečne vrednosti (nSv/h) - polurna obdelava podatkov																								Polletno povprečje (nSv/h)	Polletna doza (mSv)
		Januar				Februar				Marec				April				Maj				Junij					
Lokacija	Merilna postaja	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks		
Ljubljana-Bežigrad	**Ljubljana (Bežigrad)**	99	± 7	83	155	84	± 9	70	130	95	± 9	71	145	99	± 7	84	145	98	± 12	11	146	101	± 7	84	158	96,8	± 3,3	0,44	± 0,01
Ljubljana-Brinje-IJS	**Brinje (IJS)**	80	± 7	70	130	64	± 9	50	100	76	± 10	50	120	91	± 11	70	150	105	± 14	80	190	115	± 19	80	180	81,3	± 4,1	0,37	± 0,02
Ljubljana-Vič	**LJ-Vič**	105	± 7	91	153	94	± 8	77	136	102	± 8	79	128	104	± 6	91	139	106	± 8	92	168	107	± 7	92	155	103,4	± 2,9	0,47	± 0,01
Loče	**Loče**	102	± 6	84	136	93	± 8	78	128	98	± 8	78	128	101	± 6	84	160	103	± 6	90	131	103	± 7	88	158	100,6	± 2,7	0,45	± 0,01
Malkovec	**Malkovec**	103	± 6	88	134	90	± 8	68	128	98	± 9	77	136	103	± 8	87	179	104	± 8	90	152	106	± 8	88	159	101,0	± 3,1	0,46	± 0,01
Maribor-Center	**MB-Center**	84	± 5	72	112	83	± 7	67	107	82	± 6	68	106	82	± 5	67	113	83	± 6	71	114	83	± 5	72	119	82,9	± 2,3	0,37	± 0,01
Maribor-Slivnica	**MB-Slivnica**	95	± 6	80	129	87	± 10	65	135	90	± 10	69	137	94	± 8	81	178	95	± 11	80	186	96	± 9	80	141	93,4	± 3,5	0,42	± 0,02
Muta	**Muta**	101	± 6	86	148	92	± 8	75	124	94	± 8	73	127	98	± 8	83	169	98	± 10	81	185	99	± 8	83	156	97,4	± 3,2	0,44	± 0,01
Nova Gorica	**N. Gorica**	94	± 8	73	130	86	± 5	73	111	87	± 7	72	131	83	± 5	70	114	83	± 6	71	125	84	± 7	69	132	85,4	± 2,5	0,39	± 0,01
Novo mesto	**Novo mesto**	89	± 7	73	124	78	± 8	61	110	83	± 8	64	109	85	± 11	17	126	87	± 14		162	89	± 12	58	156	84,7	± 3,7	0,38	± 0,02
Park Škocjanske jame	**Park Škocjanske jame**	94	± 7	78	142	97	± 7	78	124	98	± 7	83	125	96	± 6	82	133	97	± 9	81	198	97	± 8	82	167	96,4	± 2,9	0,44	± 0,01
Podbočje	**Podbočje**	91	± 7	78	127	86	± 8	68	114	88	± 7	70	116	90	± 6	75	141	92	± 6	77	133	93	± 8	78	146	90,2	± 2,8	0,41	± 0,01
Podčetrtek	**Podčetrtek**	106	± 6	94	150	97	± 9	81	133	102	± 9	80	130	107	± 7	88	168	109	± 7	91	142	109	± 8	92	158	105,7	± 3,0	0,48	± 0,01
Postojna	**Postojna**	118	± 9	99	183	106	± 11	85	156	116	± 12	89	156	122	± 8	102	167	124	± 11	105	325	124	± 11	105	268	118,8	± 4,1	0,54	± 0,02
Ptuj	**Ptuj**	116	± 7	98	148	96	± 12	73	153	105	± 16	74	150	116	± 7	102	186	116	± 11	96	231	118	± 8	100	161	114,0	± 3,6	0,51	± 0,02
Radenci	**Radenci**	98	± 6	83	135	92	± 8	75	122	95	± 8	77	135	97	± 6	85	138	98	± 7	82	143	99	± 8	82	162	96,8	± 2,9	0,44	± 0,01
Rakičan	**MS-Rakičan**	101	± 6	87	142	95	± 8	76	126	98	± 8	78	125	103	± 6	89	134	102	± 8	88	168	103	± 8	85	153	100,7	± 2,9	0,45	± 0,01
Rateče	**Rateče**	86	± 7	71	135	78	± 9	65	127	79	± 7	65	109	117	± 13	80	160	123	± 6	103	155	122	± 8	107	186	100,9	± 3,1	0,46	± 0,01
Ravne na Koroškem	**Ravne na Koroškem**	105	± 6	90	149	89	± 10	70	127	97	± 11	70	122	103	± 7	87	155	104	± 9	89	166	104	± 7	90	156	102,0	± 3,2	0,46	± 0,01
Rogla	**Rogla**	95	± 7	79	118	91	± 9	70	119	89	± 7	72	123	98	± 9	74	151	103	± 7	88	150	102	± 8	87	147	96,4	± 3,1	0,43	± 0,01
Rudno polje	**Rudno polje**	82	± 6	71	109	83	± 7	66	116	84	± 7	69	113	83	± 7	68	118	110	± 8	92	154	109	± 8	95	166	89,8	± 2,9	0,41	± 0,01
Sečovlje	**Sečovlje**	79	± 6	67	140	82	± 12	66	178	81	± 7	66	137	80	± 5	67	97	83	± 8	70	147	84	± 9	68	179	80,8	± 2,9	0,36	± 0,01
Slovenj Gradec	**Sl. Gradec**	129	± 7	114	179	113	± 11	91	159	121	± 13	93	159	133	± 8	118	197	132	± 8	116	184	134	± 9	117	193	128,9	± 3,6	0,58	± 0,02
Suha	**Suha**	97	± 6	84	134	83	± 10	66	126	90	± 10	67	126	95	± 6	79	116	96	± 8	81	163	97	± 7	79	151	94,5	± 3,0	0,43	± 0,01
Šostanj	**Šoštanj**	98	± 5	88	109	104	± 8	66	123	105	± 9	76	122	92	± 32	55	274	74	± 4	57	87	75	± 6	50	101	85,7	± 2,5	0,39	± 0,01
Todraž	**Todraž**	120	± 8	102	169	100	± 12	84	152	111	± 14	83	158	119	± 7	101	158	122	± 9	104	178	122	± 10	104	195	117,7	± 3,8	0,53	± 0,02
Trbovlje	**Trbovlje**	71	± 6	58	107	69	± 7	57	105	71	± 6	57	105	70	± 6	59	120	71	± 7	59	118	72	± 9	54	146	70,6	± 2,7	0,32	± 0,01
URSJV Litostrojska	**Prenosni MFM 1**	62	± 4	52	76	63	± 4	54	75	63	± 4	50	76	62	± 4	53	74	62	± 4	54	74	62	± 3	51	71	62,3	± 1,5	0,28	± 0,01
Velenje	**Velenje**	108	± 7	91	155	98	± 9	84	146	105	± 9	80	137	108	± 9	92	178	108	± 9	90	175	108	± 9	89	179	106,0	± 3,5	0,48	± 0,02
Vnajnarje	**Vnajnarje**	54	± 44	10	295	13	± 2	10	19					56	± 59	15	654	50	± 10	20	86					14,5	± 2,0	0,07	± 0,01
Zagorje	**Zagorje**	81	± 6	64	111	79	± 6	66	106	80	± 6	68	106	80	± 6	64	129	81	± 7	66	122	81	± 7	68	131	80,3	± 2,6	0,36	± 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 2018 T - 56/e

8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA ZA LETO 2018 V REPUBLIKI SLOVENIJI – 2. polovica / 2. polletje

		Mesečne povprečne vrednosti (nSv/h) - polurna obdelava podatkov																								Letno povprečje (nSv/h)		Letna doza (mSv)	
		Julij				Avgust				September				Oktober				November				December							
Lokacija	Merilna postaja	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks				
Ljubljana-Bežigrad	**Ljubljana (Bežigrad)**	99	± 11	34	168	94	± 21	12	242	103	± 13	82	188	112	± 9	94	187	111	± 12	93	180	111	± 7	93	168	101,0	± 2,6	0,88	± 0,02
Ljubljana-Brinje-IJS	**Brinje (IJS)**	112	± 19		200	121	± 29		250	114	± 29	64	240	87	± 10	56	174	87	± 13	62	162	88	± 10	60	140	85,0	± 3,3	0,74	± 0,03
Ljubljana-Vič	**LJ-Vič**	107	± 10	90	205	110	± 12	93	218	110	± 10	94	187	118	± 8	100	171	119	± 11	101	184	118	± 7	102	167	107,7	± 2,3	0,94	± 0,02
Loče	**Loče**	104	± 8	85	152	105	± 8	87	164	104	± 8	86	185	105	± 6	90	138	105	± 9	88	167	102	± 5	87	127	102,2	± 2,0	0,90	± 0,02
Malkovec	**Malkovec**	103	± 11	88	249	106	± 8	89	171	103	± 7	89	150	104	± 7	88	155	105	± 10	89	164	104	± 6	90	147	102,6	± 2,2	0,90	± 0,02
Maribor-Center	**MB-Center**	83	± 6	69	111	84	± 7	72	142	93	± 13	73	161	107	± 6	89	161	109	± 10	92	172	107	± 5	93	136	88,9	± 1,7	0,78	± 0,02
Maribor-Slivnica	**MB-Slivnica**	96	± 8	81	147	99	± 11	86	204	98	± 9	78	162	98	± 7	83	142	98	± 11	79	184	101	± 9	82	165	95,7	± 2,5	0,84	± 0,02
Muta	**Muta**	100	± 8	84	147	101	± 10	80	192	100	± 11	83	196	100	± 7	82	157	107	± 11	86	185	112	± 6	98	159	100,8	± 2,3	0,88	± 0,02
Nova Gorica	**N. Gorica**	84	± 6	68	109	85	± 7	72	132	85	± 6	70	124	86	± 6	73	130	85	± 7	71	127	87	± 6	73	126	85,4	± 1,8	0,75	± 0,02
Novo mesto	**Novo mesto**	87	± 12	71	203	91	± 10	74	192	89	± 9	71	143	89	± 9	66	129	89	± 10	72	160	91	± 8	68	137	87,0	± 2,7	0,76	± 0,02
Park Škocjanske jame	**Park Škocjanske jame**	97	± 7	81	142	99	± 8	83	156	99	± 9	84	190	98	± 8	83	151	96	± 8	79	145	98	± 9	83	183	97,0	± 2,2	0,85	± 0,02
Podbočje	**Podbočje**	92	± 9	77	201	94	± 8	79	144	93	± 7	78	142	94	± 7	77	132	97	± 10	80	182	98	± 7	82	156	92,1	± 2,1	0,81	± 0,02
Podčetrtek	**Podčetrtek**	108	± 11	92	190	110	± 9	93	193	108	± 8	93	180	107	± 7	88	144	106	± 10	87	168	105	± 7	90	166	106,3	± 2,3	0,93	± 0,02
Postojna	**Postojna**	126	± 13	107	285	131	± 12	112	247	169	± 773	105	14800	125	± 9	107	193	122	± 8	105	163	125	± 9	105	168	121,7	± 3,0	1,07	± 0,03
Ptuj	**Ptuj**	119	± 8	100	174	122	± 12	104	244	127	± 17	14	197	133	± 8	115	185	131	± 12	112	218	128	± 7	113	220	120,1	± 2,6	1,05	± 0,02
Radenci	**Radenci**	99	± 7	82	156	102	± 9	84	180	100	± 10	84	220	102	± 5	87	127	104	± 13	87	182	99	± 6	87	149	98,7	± 2,0	0,86	± 0,02
Rakičan	**MS-Rakičan**	104	± 7	87	159	108	± 10	90	200	105	± 9	89	182	108	± 6	91	135	108	± 13	90	197	103	± 6	88	167	103,0	± 2,1	0,90	± 0,02
Rateče	**Rateče**	123	± 10	108	218	131	± 10	109	194	126	± 9	109	183	126	± 10	108	187	132	± 14	106	203	135	± 8	114	231	111,6	± 2,5	0,98	± 0,02
Ravne na Koroskem	**Ravne na Koroškem**	103	± 8	85	181	106	± 9	89	161	105	± 10	88	193	106	± 7	89	155	108	± 9	90	163	110	± 6	91	161	104,4	± 2,2	0,91	± 0,02
Rogla	**Rogla**	102	± 8	86	142	101	± 8	83	154	102	± 9	86	176	104	± 10	88	181	104	± 8	87	140	101	± 6	81	133	99,2	± 2,2	0,87	± 0,02
Rudno polje	**Rudno polje**	109	± 6	93	146	112	± 9	95	171	110	± 10	95	193	115	± 10	94	165	115	± 8	97	154	109	± 7	92	169	99,3	± 2,1	0,87	± 0,02
Sečovlje	**Sečovlje**	85	± 6	70	123	86	± 9	68	209	84	± 7	71	163	85	± 8	72	169	85	± 10	67	158	84	± 5	69	106	82,8	± 2,0	0,72	± 0,02
Slovenj Gradec	**Sl. Gradec**	133	± 8	115	198	139	± 10	118	201	133	± 11	112	218	134	± 8	115	207	131	± 8	116	192	132	± 7	113	189	131,2	± 2,5	1,15	± 0,02
Suha	**Suha**	99	± 8	84	145	102	± 10	86	188	100	± 10	84	175	100	± 9	83	157	99	± 10	82	162	99	± 7	83	129	96,6	± 2,3	0,85	± 0,02
Šostanj	**Šoštanj**	96	± 18	56	212	110	± 11	92	201	107	± 11	87	199	108	± 8	92	149	107	± 9	91	150	106	± 6	92	150	92,4	± 2,1	0,81	± 0,02
Todraž	**Todraž**	124	± 10	104	215	130	± 13	106	272	126	± 12	101	265	124	± 10	107	185	124	± 13	100	212	130	± 9	105	170	121,4	± 2,9	1,06	± 0,03
Trbovlje	**Trbovlje**	72	± 10	58	139	73	± 8	59	129	73	± 10	56	143	72	± 6	59	110	72	± 7	59	111	73	± 6	59	109	71,4	± 2,0	0,63	± 0,02
URSJV Litostrojska	**Prenosni MFM 1**	62	± 3	52	73	62	± 3	52	72	62	± 4	50	71	62	± 4	51	74	62	± 4	49	73	64	± 4	55	75	62,3	± 1,1	0,55	± 0,01
Velenje	**Velenje**	109	± 10	89	179	111	± 9	97	181	109	± 11	89	210	109	± 7	95	147	109	± 9	93	155	109	± 6	94	173	107,7	± 2,4	0,94	± 0,02
Vnajnarje	**Vnajnarje**	59	± 3	48	68	59	± 4	49	69	59	± 3	50	68	135	± 7	117	159	134	± 10	118	203	132	± 7	116	185	45,9	± 1,3	0,40	± 0,01
Zagorje	**Zagorje**	82	± 9	67	134	82	± 7	67	123	82	± 8	66	144	81	± 6	68	118	81	± 7	68	114	82	± 6	66	125	80,9	± 1,9	0,71	± 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 2018

8. IZRAČUN RAZREDČITVENIH IN DEPOZICIJSKIH KOEFICIENTOV PO LAGRANGEEVEM MODELU (MEIS, d. o. o.)

Razredčitveni koeficienti

Lokacija	NEK - plant vent	NEK - ograja zahod	NEK - ograja vzhod	Spodnji Stari Grad	Vrbina	Brežice	Vihre	Mrtvice	Brege	Žadovinek	Leskovec	Krško - Stara vas	Pesje	Dobova
Mesec	Povprečni mesečni *X/Q* (s/m^3)													
Januar	2,75E-06	1,28E-06	1,35E-06	1,85E-07	1,21E-07	1,68E-08	2,25E-08	2,51E-08	4,92E-08	1,97E-07	6,81E-08	4,31E-08	1,34E-07	1,52E-08
Februar	3,25E-06	1,89E-06	1,07E-06	2,18E-07	2,12E-07	1,25E-08	1,99E-08	2,72E-08	9,04E-08	2,57E-07	1,03E-07	1,08E-07	1,34E-07	2,44E-08
Marec	2,52E-06	1,37E-06	9,43E-07	1,62E-07	1,19E-07	1,09E-08	1,64E-08	2,69E-08	9,28E-08	2,07E-07	9,56E-08	5,82E-08	9,43E-08	2,01E-08
April	2,05E-06	7,09E-07	1,19E-06	1,42E-07	1,21E-07	2,23E-08	1,74E-08	2,46E-08	4,85E-08	7,88E-08	4,03E-08	3,74E-08	1,37E-07	5,59E-09
Maj	2,01E-06	8,30E-07	8,98E-07	1,12E-07	1,49E-07	1,66E-08	3,22E-08	3,77E-08	7,32E-08	1,02E-07	5,49E-08	5,02E-08	1,04E-07	8,14E-09
Junij	1,67E-06	5,44E-07	7,04E-07	1,16E-07	1,11E-07	1,99E-08	3,19E-08	4,51E-08	6,07E-08	6,36E-08	3,90E-08	4,28E-08	8,09E-08	3,48E-09
Julij	2,23E-06	8,02E-07	1,03E-06	1,13E-07	1,49E-07	4,15E-08	3,31E-08	4,16E-08	8,29E-08	9,20E-08	6,25E-08	5,53E-08	1,11E-07	6,70E-09
Avgust	2,68E-06	9,93E-07	1,09E-06	1,10E-07	1,22E-07	5,05E-08	3,81E-08	4,79E-08	8,66E-08	1,33E-07	5,81E-08	3,67E-08	9,28E-08	1,30E-08
September	3,24E-06	1,20E-06	1,50E-06	1,82E-07	2,08E-07	5,02E-08	4,12E-08	4,52E-08	6,62E-08	1,42E-07	9,31E-08	7,37E-08	1,46E-07	8,40E-09
Oktober	3,25E-06	1,27E-06	1,54E-06	1,96E-07	1,78E-07	3,08E-08	3,53E-08	4,35E-08	7,32E-08	1,94E-07	8,20E-08	7,28E-08	1,31E-07	1,48E-08
November	2,71E-06	2,10E-06	6,95E-07	1,68E-07	1,71E-07	9,09E-09	1,54E-08	2,09E-08	7,81E-08	3,94E-07	1,41E-07	7,65E-08	6,34E-08	4,47E-08
December	2,38E-06	9,99E-07	1,26E-06	2,18E-07	9,35E-08	1,91E-08	1,58E-08	1,97E-08	4,41E-08	1,87E-07	6,17E-08	4,28E-08	1,42E-07	1,33E-08

Depozicijski koeficienti

Lokacija	NEK - plant vent	NEK - ograja zahod	NEK - ograja vzhod	Spodnji Stari Grad	Vrbina	Brežice	Vihre	Mrtvice	Brege	Žadovinek	Leskovec	Krško - Stara vas	Pesje	Dobova
Mesec	Povprečni mesečni (*D/Q*)/(s/m^2)													
Januar	3,11E-06	1,51E-06	4,54E-07	1,78E-07	2,23E-07	2,31E-08	1,36E-08	1,51E-08	4,38E-08	1,83E-07	9,01E-08	7,18E-08	1,09E-07	1,27E-08
Februar	2,79E-06	1,23E-06	4,11E-07	1,47E-07	2,29E-07	2,12E-08	2,28E-08	2,26E-08	5,52E-08	1,51E-07	8,16E-08	5,64E-08	1,23E-07	8,61E-09
Marec	2,09E-06	8,45E-07	4,67E-07	7,87E-08	1,55E-07	2,61E-08	2,30E-08	1,99E-08	3,99E-08	9,57E-08	5,70E-08	4,10E-08	9,22E-08	1,43E-08
April	2,17E-06	9,61E-07	4,49E-07	9,33E-08	1,61E-07	2,11E-08	2,48E-08	3,07E-08	4,84E-08	1,22E-07	8,52E-08	5,53E-08	7,50E-08	8,16E-09
Maj	2,67E-06	8,97E-07	6,44E-07	1,20E-07	1,82E-07	3,03E-08	2,60E-08	2,66E-08	5,22E-08	9,83E-08	4,22E-08	4,08E-08	1,11E-07	1,61E-08
Junij	2,70E-06	8,84E-07	7,43E-07	1,61E-07	1,85E-07	4,31E-08	2,74E-08	2,40E-08	4,20E-08	9,22E-08	5,83E-08	6,42E-08	1,11E-07	2,42E-08
Julij	2,77E-06	9,95E-07	7,35E-07	1,03E-07	2,58E-07	3,12E-08	2,84E-08	3,32E-08	6,00E-08	1,26E-07	6,41E-08	6,67E-08	1,21E-07	2,07E-08
Avgust	3,02E-06	1,23E-06	7,98E-07	1,09E-07	2,55E-07	5,01E-08	3,97E-08	3,83E-08	6,46E-08	1,61E-07	8,51E-08	5,44E-08	8,91E-08	2,75E-08
September	3,83E-06	1,62E-06	7,44E-07	1,73E-07	2,62E-07	3,59E-08	5,39E-08	5,62E-08	1,11E-07	2,44E-07	1,14E-07	6,72E-08	1,40E-07	1,53E-08
Oktober	2,97E-06	8,91E-07	5,89E-07	1,56E-07	1,97E-07	3,93E-08	3,01E-08	3,06E-08	5,10E-08	1,26E-07	7,39E-08	6,22E-08	2,02E-07	1,85E-08
November	3,46E-06	1,50E-06	4,46E-07	1,86E-07	1,93E-07	1,80E-08	2,28E-08	3,54E-08	9,00E-08	2,26E-07	8,12E-08	5,06E-08	1,41E-07	1,08E-08
December	2,42E-06	6,37E-07	4,75E-07	1,58E-07	8,33E-08	2,70E-08	2,57E-08	2,08E-08	3,06E-08	8,70E-08	2,93E-08	2,22E-08	1,70E-07	1,19E-08

9. ZEMLJA

LETO 2018 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							
Datum vzor.	9. 5. 2018							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzor. (kg/m²)	0,2	35,3	45,9	50,0	144,3	131,3	+ trava	275,6
Oznaka vzorca	K18ZN11T51	K18ZN11AB51	K18ZN11C51	K18ZN11D51	K18ZN11E51			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)							
U-238	8,3E-01 ± 5E-01	1,1E+03 ± 2E+02	1,3E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 2E+02	3,9E+03 ± 5E+02	4,0E+03 ± 3E+02	4,0E+03 ± 3E+02	7,9E+03 ± 6E+02
Ra-226	2,4E-01 ± 3E-01 ‡	1,5E+03 ± 1E+02	2,0E+03 ± 2E+02	2,0E+03 ± 2E+02	6,2E+03 ± 6E+02	5,5E+03 ± 3E+02	5,5E+03 ± 3E+02	1,2E+04 ± 6E+02
Pb-210	2,0E+00 ± 1E+00	1,3E+03 ± 9E+02	2,7E+03 ± 2E+02	2,6E+03 ± 5E+02	9,5E+02 †	6,5E+03 ± 1E+03	6,5E+03 ± 1E+03	7,5E+03 ± 1E+03 x
Ra-228	1,6E-01 ± 2E-01 ‡	1,2E+03 ± 4E+01	1,5E+03 ± 5E+01	1,6E+03 ± 5E+01	4,4E+03 ± 1E+02	4,3E+03 ± 8E+01	4,3E+03 ± 8E+01	8,7E+03 ± 2E+02
Th-228	2,4E-01 ± 5E-02	1,2E+03 ± 3E+01	1,5E+03 ± 4E+01	1,5E+03 ± 4E+01	4,4E+03 ± 1E+02	4,1E+03 ± 6E+01	4,1E+03 ± 6E+01	8,6E+03 ± 1E+02
Th-230			9,4E+02 ± 1E+03 ‡	2,8E+03 ± 9E+02		3,8E+03 ± 2E+03	3,8E+03 ± 2E+03	3,8E+03 ± 2E+03
K-40	1,4E+02 ± 1E+01	1,4E+04 ± 1E+03	1,8E+04 ± 2E+03	2,0E+04 ± 2E+03	5,2E+04 ± 5E+03	5,2E+04 ± 3E+03	5,3E+04 ± 3E+03	1,0E+05 ± 6E+03
Be-7	1,9E+01 ± 1E+00	1,6E+02 ± 7E+01		2,9E+01 ± 6E+01 ‡		1,9E+02 ± 9E+01	2,1E+02 ± 9E+01	1,9E+02 ± 9E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,1E-01 ± 3E-02	1,7E+03 ± 5E+01	3,3E+03 ± 1E+02	4,1E+03 ± 1E+02	5,1E+03 ± 2E+02	9,1E+03 ± 2E+02	9,1E+03 ± 2E+02	1,4E+04 ± 2E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	6,9E-02 ± 7E-03	2,6E+01 ± 2E+00	4,6E+01 ± 5E+00	5,5E+01 ± 5E+00	2,3E+02 ± 2E+01	1,3E+02 ± 7E+00	1,3E+02 ± 7E+00	3,6E+02 ± 2E+01

Vzorč. mesto	Gmajnice						
Datum vzor.	9. 5. 2018						
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo	Uteženo
Kol vzorca (kg)	0,11	0,32	0,37	0,37	0,40	povprečje	povprečje
Kol. (kg/m²)	0,2	35,3	45,9	50,0	144,3	0-15	0-30
Oznaka vzorca	K18ZN11T51	K18ZN11AB51	K18ZN11C51	K18ZN11D51	K18ZN11E51		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)						
U-238	4,8E+00 ± 3E+00	3,2E+01 ± 5E+00	2,8E+01 ± 3E+00	3,2E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 3E+00	3,0E+01 ± 2E+00	2,9E+01 ± 2E+00
Ra-226	1,4E+00 ± 2E+00 ‡	4,3E+01 ± 4E+00	4,3E+01 ± 4E+00	3,9E+01 ± 4E+00	4,3E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 2E+00	4,2E+01 ± 2E+00
Pb-210	1,1E+01 ± 6E+00	3,7E+01 ± 3E+01	5,8E+01 ± 4E+00	5,1E+01 ± 1E+01	6,6E+00 †	5,0E+01 ± 8E+00	2,7E+01 ± 4E+00
Ra-228	9,1E-01 ± 1E+00 ‡	3,5E+01 ± 1E+00	3,3E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 9E-01	3,1E+01 ± 9E-01	3,3E+01 ± 6E-01	3,2E+01 ± 6E-01
Th-228	1,4E+00 ± 3E-01	3,3E+01 ± 9E-01	3,2E+01 ± 9E-01	3,0E+01 ± 7E-01	3,1E+01 ± 7E-01	3,2E+01 ± 5E-01	3,1E+01 ± 4E-01
Th-230			2,1E+01 ± 3E+01 ‡	5,7E+01 ± 2E+01		2,9E+01 ± 1E+01	1,4E+01 ± 5E+00
K-40	8,2E+02 ± 8E+01	4,1E+02 ± 4E+01	4,0E+02 ± 4E+01	4,0E+02 ± 4E+01	3,6E+02 ± 3E+01	4,0E+02 ± 2E+01	3,8E+02 ± 2E+01
Be-7	1,1E+02 ± 6E+00	4,6E+00 ± 2E+00		5,8E-01 ± 1E+00 ‡		1,5E+00 ± 7E-01	7,0E-01 ± 3E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	6,3E-01 ± 2E-01	4,8E+01 ± 1E+00	7,3E+01 ± 3E+00	8,1E+01 ± 3E+00	3,5E+01 ± 1E+00	6,9E+01 ± 1E+00	5,1E+01 ± 9E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	4,0E-01 ± 4E-02	7,2E-01 ± 7E-02	1,0E+00 ± 1E-01	1,1E+00 ± 1E-01	1,6E+00 ± 1E-01	9,7E-01 ± 5E-02	1,3E+00 ± 7E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T – 57b
9. ZEMLJA - OBDELANA - poplavno področje ob Savi - 7D (rjava naplavina, normalno oranje)

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Gmajnice							
Datum vzor.	11. 10. 2018							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzor. (kg/m²)	0,4	34,3	46,6	51,4	112,0	132,3	+ trava	244,3
Oznaka vzorca	K18ZN11TA1	K18ZN11ABA1	K18ZN11CA1	K18ZN11DA1	K18ZN11EA1			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)							
U-238	3,2E+00 ± 7E-01	1,2E+03 ± 1E+02	1,5E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 1E+02	3,1E+03 ± 2E+02	4,4E+03 ± 2E+02	4,4E+03 ± 2E+02	7,5E+03 ± 3E+02
Ra-226	8,0E+00 ± 1E+00	1,7E+03 ± 2E+02	2,0E+03 ± 2E+02	2,3E+03 ± 2E+02	4,3E+03 ± 4E+02	6,1E+03 ± 4E+02	6,1E+03 ± 4E+02	1,0E+04 ± 6E+02
Pb-210	4,9E+01 ± 3E+00	2,0E+03 ± 9E+02	3,1E+03 ± 2E+02	2,3E+03 ± 2E+02	3,1E+03 ± 2E+02	7,4E+03 ± 9E+02	7,5E+03 ± 9E+02	1,1E+04 ± 1E+03
Ra-228	4,5E+00 ± 3E-01	1,2E+03 ± 4E+01	1,6E+03 ± 5E+01	1,6E+03 ± 6E+01	3,1E+03 ± 1E+02	4,4E+03 ± 9E+01	4,4E+03 ± 9E+01	7,5E+03 ± 1E+02
Th-228	4,3E+00 ± 2E-01	1,2E+03 ± 3E+01	1,4E+03 ± 1E+02	1,6E+03 ± 8E+01	3,1E+03 ± 1E+02	4,3E+03 ± 2E+02	4,3E+03 ± 2E+02	7,3E+03 ± 2E+02
Th-230			2,4E+03 ± 9E+02	1,8E+03 ± 9E+02	3,8E+03 ± 1E+03	4,2E+03 ± 1E+03	4,2E+03 ± 1E+03	8,0E+03 ± 2E+03
K-40	2,5E+02 ± 3E+01	1,4E+04 ± 1E+03	1,9E+04 ± 2E+03	1,9E+04 ± 2E+03	3,8E+04 ± 4E+03	5,2E+04 ± 3E+03	5,2E+04 ± 3E+03	9,0E+04 ± 5E+03
Be-7	1,8E+02 ± 1E+01	3,1E+02 ± 4E+01	5,5E+01 ± 6E+01 ‡			3,6E+02 ± 8E+01	5,4E+02 ± 8E+01	3,6E+02 ± 8E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	6,9E+00 ± 4E-01	2,0E+03 ± 6E+01	2,7E+03 ± 1E+02	1,5E+03 ± 8E+01	2,4E+02 ± 3E+01	6,2E+03 ± 1E+02	6,2E+03 ± 1E+02	6,5E+03 ± 1E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	4,1E-01 ± 3E-02	3,1E+01 ± 3E+00	4,3E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 3E+00	5,8E+01 ± 9E+00	1,1E+02 ± 6E+00	1,1E+02 ± 6E+00	1,7E+02 ± 1E+01

Vzorč. mesto	Gmajnice						
Datum vzor.	11. 10. 2018						
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo	Uteženo
Kol vzorca (kg)	0,11	0,36	0,41	0,46	0,52	povprečje	povprečje
Kol. (kg/m²)	0,4	34,3	46,6	51,4	112,0	0-15	0-30
Oznaka vzorca	K18ZN11TA1	K18ZN11ABA1	K18ZN11CA1	K18ZN11DA1	K18ZN11EA1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)						
U-238	7,1E+00 ± 2E+00	3,4E+01 ± 4E+00	3,2E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 2E+00	3,1E+01 ± 1E+00
Ra-226	1,8E+01 ± 3E+00	5,0E+01 ± 5E+00	4,4E+01 ± 5E+00	4,5E+01 ± 4E+00	3,9E+01 ± 4E+00	4,6E+01 ± 3E+00	4,3E+01 ± 2E+00
Pb-210	1,1E+02 ± 6E+00	5,8E+01 ± 3E+01	6,7E+01 ± 5E+00	4,5E+01 ± 5E+00	2,8E+01 ± 2E+00	5,6E+01 ± 1E+01	4,3E+01 ± 5E+00
Ra-228	1,0E+01 ± 7E-01	3,5E+01 ± 1E+00	3,5E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 1E+00	2,7E+01 ± 1E+00	3,3E+01 ± 6E-01	3,1E+01 ± 6E-01
Th-228	9,8E+00 ± 5E-01	3,4E+01 ± 9E-01	3,1E+01 ± 3E+00	3,2E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 8E-01
Th-230			5,1E+01 ± 2E+01	3,4E+01 ± 2E+01	3,4E+01 ± 1E+01	3,2E+01 ± 1E+01	3,3E+01 ± 7E+00
K-40	5,7E+02 ± 6E+01	4,1E+02 ± 4E+01	4,0E+02 ± 4E+01	3,7E+02 ± 4E+01	3,4E+02 ± 3E+01	3,9E+02 ± 2E+01	3,7E+02 ± 2E+01
Be-7	4,0E+02 ± 3E+01	8,9E+00 ± 1E+00	1,2E+00 ± 1E+00 ‡			2,7E+00 ± 6E-01	1,5E+00 ± 3E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,6E+01 ± 8E-01	5,8E+01 ± 2E+00	5,9E+01 ± 2E+00	2,9E+01 ± 2E+00	2,1E+00 ± 3E-01	4,7E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 6E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	9,1E-01 ± 6E-02	9,2E-01 ± 8E-02	9,3E-01 ± 8E-02	7,1E-01 ± 7E-02	5,2E-01 ± 8E-02	8,4E-01 ± 4E-02	6,9E-01 ± 4E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2018 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. 2018							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzor. (kg/m²)	0,2	46,5	62,4	65,0	162,0	173,9	+ trava	335,9
Oznaka vzorca	K18ZN2T51	K18ZN2AB51	K18ZN2C51	K18ZN2D51	K18ZN2E51			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)							
U-238	1,8E-01 ± 5E-01 ‡	9,0E+02 ± 2E+02	1,5E+03 ± 2E+02	1,4E+03 ± 1E+02	4,0E+03 ± 2E+03	3,8E+03 ± 3E+02	3,8E+03 ± 3E+02	7,8E+03 ± 2E+03
Ra-226	7,5E-01 ± 4E-01	1,5E+03 ± 1E+02	1,8E+03 ± 2E+02	2,1E+03 ± 2E+02	5,9E+03 ± 6E+02	5,4E+03 ± 3E+02	5,4E+03 ± 3E+02	1,1E+04 ± 6E+02
Pb-210	2,2E+00 ± 3E-01	3,2E+02 †	1,6E+03 ± 2E+02	1,3E+03 ± 1E+02	4,7E+02 ± 4E+03 ‡	3,2E+03 ± 2E+02 x	3,2E+03 ± 2E+02 x	3,7E+03 ± 4E+03 x
Ra-228	2,5E-01 ± 1E-01	1,1E+03 ± 4E+01	1,3E+03 ± 5E+01	1,5E+03 ± 5E+01	4,4E+03 ± 2E+02	3,9E+03 ± 8E+01	3,9E+03 ± 8E+01	8,3E+03 ± 2E+02
Th-228	1,9E-01 ± 4E-02	1,1E+03 ± 3E+01	1,2E+03 ± 4E+01	1,4E+03 ± 5E+01	4,4E+03 ± 1E+02	3,7E+03 ± 7E+01	3,7E+03 ± 7E+01	8,1E+03 ± 1E+02
Th-230	4,6E-01 ± 2E+00 ‡		1,4E+03 ± 9E+02	1,5E+03 ± 1E+03 ‡		2,9E+03 ± 2E+03	2,9E+03 ± 2E+03	2,9E+03 ± 2E+03
K-40	1,9E+02 ± 2E+01	1,4E+04 ± 1E+03	1,8E+04 ± 2E+03	2,0E+04 ± 2E+03	5,6E+04 ± 5E+03	5,3E+04 ± 3E+03	5,3E+04 ± 3E+03	1,1E+05 ± 6E+03
Be-7	1,5E+01 ± 1E+00	2,6E+02 ± 6E+01				2,6E+02 ± 6E+01	2,7E+02 ± 6E+01	2,6E+02 ± 6E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137		9,4E+01 ± 7E+00	5,5E+01 ± 7E+00	8,0E+01 ± 8E+00	6,1E+02 ± 4E+01	2,3E+02 ± 1E+01	2,3E+02 ± 1E+01	8,4E+02 ± 4E+01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	----------	3,9E+00 †	5,2E+00 †	6,2E+00 †	1,2E+01 †	1,5E+01 x	1,5E+01 x	2,7E+01 x

Vzorč. mesto	Kusova Vrbina						
Datum vzor.	9. 5. 2018						
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo	Uteženo
Kol vzorca (kg)	0,12	0,46	0,47	0,48	0,45	povprečje	povprečje
Kol. (kg/m²)	0,2	46,5	62,4	65,0	162,0	0-15	0-30
Oznaka vzorca	K18ZN2T51	K18ZN2AB51	K18ZN2C51	K18ZN2D51	K18ZN2E51		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)						
U-238	7,6E-01 ± 2E+00 ‡	1,9E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 2E+00	2,5E+01 ± 1E+01	2,2E+01 ± 2E+00	2,3E+01 ± 5E+00
Ra-226	3,1E+00 ± 2E+00	3,2E+01 ± 3E+00	3,0E+01 ± 3E+00	3,2E+01 ± 3E+00	3,7E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 2E+00	3,4E+01 ± 2E+00
Pb-210	9,1E+00 ± 1E+00	6,8E+00 †	2,6E+01 ± 3E+00	2,0E+01 ± 2E+00	2,9E+00 ± 2E+01 ‡	1,9E+01 ± 1E+00	1,1E+01 ± 1E+00
Ra-228	1,0E+00 ± 4E-01	2,4E+01 ± 8E-01	2,2E+01 ± 8E-01	2,3E+01 ± 7E-01	2,7E+01 ± 9E-01	2,3E+01 ± 4E-01	2,5E+01 ± 5E-01
Th-228	8,0E-01 ± 2E-01	2,3E+01 ± 7E-01	2,0E+01 ± 7E-01	2,2E+01 ± 8E-01	2,7E+01 ± 7E-01	2,1E+01 ± 4E-01	2,4E+01 ± 4E-01
Th-230	1,9E+00 ± 9E+00 ‡		2,2E+01 ± 1E+01	2,3E+01 ± 2E+01 ‡		1,7E+01 ± 9E+00	8,7E+00 ± 5E+00
K-40	7,9E+02 ± 8E+01	3,1E+02 ± 3E+01	3,0E+02 ± 3E+01	3,1E+02 ± 3E+01	3,5E+02 ± 3E+01	3,0E+02 ± 2E+01	3,2E+02 ± 2E+01
Be-7	6,3E+01 ± 4E+00	5,5E+00 ± 1E+00				1,5E+00 ± 3E-01	7,7E-01 ± 2E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137		2,0E+00 ± 1E-01	8,8E-01 ± 1E-01	1,2E+00 ± 1E-01	3,8E+00 ± 2E-01	1,3E+00 ± 7E-02	2,5E+00 ± 1E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	----------	8,3E-02 †	8,3E-02 †	9,5E-02 †	7,2E-02 †	8,7E-02 x	8,0E-02 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T – 59b
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	Kusova Vrbina							
Datum vzor.	11. 10. 2018							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzor. (kg/m²)	0,5	55,5	62,8	62,4	110,4	180,7	+ trava	291,1
Oznaka vzorca	K18ZN2TA1	K18ZN2ABA1	K18ZN2CA1	K18ZN2DA1	K18ZN2EA1			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)							
U-238	8,9E+00 ± 3E+00	1,1E+03 ± 2E+02	1,5E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 2E+02	3,1E+03 ± 3E+02	4,4E+03 ± 3E+02	4,4E+03 ± 3E+02	7,5E+03 ± 5E+02
Ra-226	2,3E+01 ± 4E+00	1,7E+03 ± 2E+02	2,1E+03 ± 2E+02	2,3E+03 ± 2E+02	4,1E+03 ± 4E+02	6,1E+03 ± 3E+02	6,1E+03 ± 3E+02	1,0E+04 ± 5E+02
Pb-210	1,7E+01 ± 2E+00	1,8E+03 ± 3E+02	2,2E+03 ± 2E+02	2,2E+03 ± 2E+02	3,8E+03 ± 1E+03	6,3E+03 ± 4E+02	6,3E+03 ± 4E+02	1,0E+04 ± 1E+03
Ra-228	8,5E+00 ± 4E-01	1,4E+03 ± 6E+01	1,5E+03 ± 5E+01	1,6E+03 ± 5E+01	2,9E+03 ± 9E+01	4,5E+03 ± 9E+01	4,5E+03 ± 9E+01	7,4E+03 ± 1E+02
Th-228	8,1E+00 ± 6E-01	1,3E+03 ± 4E+01	1,5E+03 ± 4E+01	1,7E+03 ± 4E+01	2,9E+03 ± 7E+01	4,4E+03 ± 7E+01	4,5E+03 ± 7E+01	7,4E+03 ± 1E+02
Th-230			7,3E+02 ± 1E+03 ‡	1,4E+02 ± 1E+03 ‡	7,8E+03 ± 5E+03	8,7E+02 ± 2E+03	8,7E+02 ± 2E+03	8,7E+03 ± 5E+03
K-40	2,4E+02 ± 2E+01	2,0E+04 ± 2E+03	1,9E+04 ± 2E+03	2,1E+04 ± 2E+03	3,6E+04 ± 3E+03	6,1E+04 ± 3E+03	6,1E+04 ± 3E+03	9,7E+04 ± 5E+03
Be-7	1,5E+02 ± 7E+00	3,2E+02 ± 5E+01				3,2E+02 ± 5E+01	4,7E+02 ± 5E+01	3,2E+02 ± 5E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,1E+00 ± 1E-01	1,5E+02 ± 1E+01	1,6E+02 ± 1E+01	2,4E+02 ± 1E+01	5,9E+02 ± 3E+01	5,5E+02 ± 2E+01	5,5E+02 ± 2E+01	1,1E+03 ± 4E+01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	----------	6,4E+00 †	2,0E+01 ± 4E+00	4,5E+00 †	6,9E+00 †	3,1E+01 ± 4E+00 x	3,1E+01 ± 4E+00 x	3,8E+01 ± 4E+00 x

Vzorč. mesto	Kusova Vrbina						
Datum vzor.	11. 10. 2018						
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo povprečje	Uteženo povprečje
Kol vzorca (kg)	0,20	0,49	0,53	0,50	0,51		
Kol. (kg/m²)	0,5	55,5	62,8	62,4	110,4	0-15	0-30
Oznaka vzorca	K18ZN2TA1	K18ZN2ABA1	K18ZN2CA1	K18ZN2DA1	K18ZN2EA1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)						
U-238	1,9E+01 ± 7E+00	2,0E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,9E+01 ± 3E+00	2,8E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 2E+00	2,6E+01 ± 2E+00
Ra-226	5,0E+01 ± 8E+00	3,1E+01 ± 3E+00	3,3E+01 ± 3E+00	3,7E+01 ± 3E+00	3,7E+01 ± 4E+00	3,4E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 2E+00
Pb-210	3,6E+01 ± 5E+00	3,3E+01 ± 5E+00	3,5E+01 ± 4E+00	3,6E+01 ± 4E+00	3,4E+01 ± 1E+01	3,5E+01 ± 2E+00	3,4E+01 ± 4E+00
Ra-228	1,8E+01 ± 9E-01	2,5E+01 ± 1E+00	2,3E+01 ± 7E-01	2,6E+01 ± 7E-01	2,6E+01 ± 8E-01	2,5E+01 ± 5E-01	2,5E+01 ± 4E-01
Th-228	1,7E+01 ± 1E+00	2,3E+01 ± 7E-01	2,4E+01 ± 7E-01	2,7E+01 ± 7E-01	2,7E+01 ± 7E-01	2,5E+01 ± 4E-01	2,5E+01 ± 4E-01
Th-230			1,2E+01 ± 2E+01 ‡	2,2E+00 ± 2E+01 ‡	7,1E+01 ± 4E+01	4,8E+00 ± 1E+01	3,0E+01 ± 2E+01
K-40	5,1E+02 ± 5E+01	3,6E+02 ± 4E+01	3,1E+02 ± 3E+01	3,4E+02 ± 3E+01	3,3E+02 ± 3E+01	3,4E+02 ± 2E+01	3,3E+02 ± 2E+01
Be-7	3,1E+02 ± 1E+01	5,8E+00 ± 1E+00				1,8E+00 ± 3E-01	1,1E+00 ± 2E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	2,3E+00 ± 2E-01	2,7E+00 ± 2E-01	2,6E+00 ± 2E-01	3,9E+00 ± 2E-01	5,4E+00 ± 2E-01	3,1E+00 ± 1E-01	3,9E+00 ± 1E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	----------	1,2E-01 †	3,3E-01 ± 6E-02	7,2E-02 †	6,3E-02 †	1,7E-01 x	1,3E-01 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2018 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. 2018							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzor. (kg/m²)	0,2	36,8	47,6	60,0	186,5	144,4	+ trava	330,9
Oznaka vzorca	K18ZN3T51	K18ZN3AB51	K18ZN3C51	K18ZN3D51	K18ZN3E51			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)							
U-238	9,3E-01 ± 7E-01	1,3E+03 ± 1E+02	1,5E+03 ± 2E+02	2,1E+03 ± 2E+02	6,0E+03 ± 8E+02	4,9E+03 ± 3E+02	4,9E+03 ± 3E+02	1,1E+04 ± 9E+02
Ra-226		1,8E+03 ± 2E+02	2,5E+03 ± 2E+02	2,7E+03 ± 3E+02	7,8E+03 ± 8E+02	7,0E+03 ± 4E+02	7,0E+03 ± 4E+02	1,5E+04 ± 9E+02
Pb-210	5,4E-01 †	3,0E+03 ± 2E+02	2,8E+02 †	3,0E+03 ± 2E+02	4,3E+03 ± 9E+02	6,3E+03 ± 3E+02 x	6,3E+03 ± 3E+02 x	1,1E+04 ± 9E+02 x
Ra-228		1,3E+03 ± 4E+01	1,8E+03 ± 6E+01	2,1E+03 ± 6E+01	6,4E+03 ± 2E+02	5,1E+03 ± 9E+01	5,1E+03 ± 9E+01	1,2E+04 ± 2E+02
Th-228	1,5E-01 ± 9E-02	1,3E+03 ± 4E+01	1,7E+03 ± 5E+01	2,0E+03 ± 6E+01	6,1E+03 ± 2E+02	5,0E+03 ± 8E+01	5,0E+03 ± 8E+01	1,1E+04 ± 3E+02
Th-230	1,3E+00 ± 8E+00 ‡	4,4E+02 ± 1E+03 ‡	1,1E+03 ± 2E+03 ‡	2,3E+03 ± 1E+03		3,9E+03 ± 3E+03	3,9E+03 ± 3E+03	3,9E+03 ± 3E+03
K-40	1,6E+02 ± 2E+01	1,7E+04 ± 2E+03	2,1E+04 ± 2E+03	2,5E+04 ± 2E+03	8,1E+04 ± 8E+03	6,2E+04 ± 3E+03	6,2E+04 ± 3E+03	1,4E+05 ± 9E+03
Be-7	1,6E+01 ± 9E-01	2,3E+02 ± 9E+01				2,3E+02 ± 9E+01	2,5E+02 ± 9E+01	2,3E+02 ± 9E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137		8,9E+02 ± 5E+01	1,6E+03 ± 8E+01	1,9E+03 ± 7E+01	2,0E+03 ± 1E+02	4,3E+03 ± 1E+02	4,3E+03 ± 1E+02	6,4E+03 ± 2E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	----------	2,8E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 4E+00	4,8E+01 ± 5E+00	1,5E+02 ± 2E+01	1,1E+02 ± 7E+00	1,1E+02 ± 7E+00	2,6E+02 ± 2E+01

Vzorč. mesto	Amerika						
Datum vzor.	9. 5. 2018						
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo	Uteženo
Kol vzorca (kg)	0,13	0,35	0,36	0,46	0,50	povprečje	povprečje
Kol. (kg/m²)	0,2	36,8	47,6	60,0	186,5	0-15	0-30
Oznaka vzorca	K18ZN3T51	K18ZN3AB51	K18ZN3C51	K18ZN3D51	K18ZN3E51		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)						
U-238	5,5E+00 ± 4E+00	3,4E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 4E+00	3,5E+01 ± 3E+00	3,2E+01 ± 4E+00	3,4E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 3E+00
Ra-226		5,0E+01 ± 5E+00	5,3E+01 ± 5E+00	4,4E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 4E+00	4,9E+01 ± 3E+00	4,5E+01 ± 3E+00
Pb-210	3,2E+00 †	8,2E+01 ± 5E+00	5,8E+00 †	5,0E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 5E+00	4,4E+01	3,2E+01 ± 3E+00
Ra-228		3,6E+01 ± 1E+00	3,7E+01 ± 1E+00	3,4E+01 ± 1E+00	3,5E+01 ± 1E+00	3,6E+01 ± 7E-01	3,5E+01 ± 7E-01
Th-228	9,0E-01 ± 6E-01	3,5E+01 ± 1E+00	3,6E+01 ± 1E+00	3,4E+01 ± 1E+00	3,3E+01 ± 1E+00	3,5E+01 ± 6E-01	3,3E+01 ± 8E-01
Th-230	7,5E+00 ± 5E+01 ‡	1,2E+01 ± 3E+01 ‡	2,4E+01 ± 4E+01 ‡	3,9E+01 ± 2E+01		2,7E+01 ± 2E+01	1,2E+01 ± 8E+00
K-40	9,5E+02 ± 9E+01	4,5E+02 ± 4E+01	4,4E+02 ± 4E+01	4,1E+02 ± 4E+01	4,4E+02 ± 4E+01	4,3E+02 ± 2E+01	4,3E+02 ± 3E+01
Be-7	9,6E+01 ± 5E+00	6,3E+00 ± 2E+00				1,6E+00 ± 6E-01	6,9E-01 ± 3E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137		2,4E+01 ± 1E+00	3,3E+01 ± 2E+00	3,1E+01 ± 1E+00	1,1E+01 ± 5E-01	3,0E+01 ± 8E-01	1,9E+01 ± 5E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	----------	7,6E-01 ± 7E-02	7,1E-01 ± 9E-02	7,9E-01 ± 8E-02	8,2E-01 ± 9E-02	7,6E-01 ± 5E-02	7,9E-01 ± 6E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 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.	11. 10. 2018							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzor. (kg/m^2)	0,8	32,1	37,7	50,7	123,2	120,5	+ trava	243,8
Oznaka vzorca	K18ZN3TA1	K18ZN3ABA1	K18ZN3CA1	K18ZN3DA1	K18ZN3EA1			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^2)							
U-238	1,0E+01 ± 3E+00	1,2E+03 ± 1E+02	1,3E+03 ± 1E+02	1,6E+03 ± 2E+02	3,0E+03 ± 3E+02	4,1E+03 ± 2E+02	4,1E+03 ± 2E+02	7,0E+03 ± 4E+02
Ra-226	1,5E+01 ± 3E+00	1,6E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 2E+02	2,4E+03 ± 2E+02	4,2E+03 ± 4E+02	5,7E+03 ± 3E+02	5,7E+03 ± 3E+02	9,9E+03 ± 5E+02
Pb-210	6,1E+01 ± 4E+00	2,6E+03 ± 2E+02	2,6E+03 ± 2E+02	2,9E+03 ± 2E+02	3,6E+03 ± 4E+02	8,1E+03 ± 3E+02	8,1E+03 ± 3E+02	1,2E+04 ± 5E+02
Ra-228	1,0E+01 ± 6E-01	1,1E+03 ± 4E+01	1,3E+03 ± 3E+01	1,5E+03 ± 5E+01	3,3E+03 ± 1E+02	3,9E+03 ± 7E+01	3,9E+03 ± 7E+01	7,2E+03 ± 1E+02
Th-228	1,0E+01 ± 5E-01	1,1E+03 ± 5E+01	1,2E+03 ± 3E+01	1,6E+03 ± 4E+01	3,3E+03 ± 9E+01	4,0E+03 ± 7E+01	4,0E+03 ± 7E+01	7,3E+03 ± 1E+02
Th-230		1,6E+03 ± 3E+02	1,3E+03 ± 6E+02	9,5E+02 ± 1E+03 ‡	2,6E+03 ± 3E+03 ‡	3,9E+03 ± 2E+03	3,9E+03 ± 2E+03	6,5E+03 ± 3E+03
K-40	2,9E+02 ± 3E+01	1,5E+04 ± 2E+03	1,7E+04 ± 2E+03	1,9E+04 ± 2E+03	4,3E+04 ± 4E+03	5,1E+04 ± 3E+03	5,1E+04 ± 3E+03	9,4E+04 ± 5E+03
Be-7	2,5E+02 ± 1E+01	2,2E+02 ± 3E+01	4,3E+01 ± 4E+01 ‡			2,7E+02 ± 5E+01	5,1E+02 ± 5E+01	2,7E+02 ± 5E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	7,0E+00 ± 3E-01	7,2E+02 ± 4E+01	9,5E+02 ± 5E+01	1,6E+03 ± 6E+01	1,6E+03 ± 6E+01	3,3E+03 ± 9E+01	3,3E+03 ± 9E+01	4,8E+03 ± 1E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	----------	1,6E+01 ± 2E+00	2,0E+01 ± 2E+00	3,1E+01 ± 4E+00	7,7E+01 ± 9E+00	6,6E+01 ± 5E+00	6,6E+01 ± 5E+00	1,4E+02 ± 1E+01

Vzorč. mesto	Amerika						
Datum vzor.	11. 10. 2018						
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo	Uteženo
Kol vzorca (kg)	0,14	0,39	0,42	0,47	0,56	povprečje	povprečje
Kol. (kg/m^2)	0,8	32,1	37,7	50,7	123,2	0-15	0-30
Oznaka vzorca	K18ZN3TA1	K18ZN3ABA1	K18ZN3CA1	K18ZN3DA1	K18ZN3EA1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)						
U-238	1,3E+01 ± 3E+00	3,8E+01 ± 3E+00	3,3E+01 ± 3E+00	3,2E+01 ± 4E+00	2,4E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 2E+00	2,9E+01 ± 2E+00
Ra-226	2,0E+01 ± 4E+00	4,9E+01 ± 5E+00	4,7E+01 ± 4E+00	4,6E+01 ± 4E+00	3,4E+01 ± 3E+00	4,7E+01 ± 3E+00	4,1E+01 ± 2E+00
Pb-210	8,1E+01 ± 5E+00	8,2E+01 ± 5E+00	6,8E+01 ± 5E+00	5,7E+01 ± 4E+00	2,9E+01 ± 3E+00	6,7E+01 ± 3E+00	4,8E+01 ± 2E+00
Ra-228	1,3E+01 ± 8E-01	3,4E+01 ± 1E+00	3,4E+01 ± 9E-01	3,1E+01 ± 1E+00	2,7E+01 ± 8E-01	3,3E+01 ± 6E-01	3,0E+01 ± 5E-01
Th-228	1,4E+01 ± 7E-01	3,5E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 8E-01	3,2E+01 ± 9E-01	2,7E+01 ± 8E-01	3,3E+01 ± 6E-01	3,0E+01 ± 5E-01
Th-230		5,1E+01 ± 1E+01	3,5E+01 ± 2E+01	1,9E+01 ± 3E+01 ‡	2,1E+01 ± 2E+01 ‡	3,2E+01 ± 1E+01	2,6E+01 ± 1E+01
K-40	3,9E+02 ± 4E+01	4,7E+02 ± 5E+01	4,4E+02 ± 4E+01	3,8E+02 ± 4E+01	3,5E+02 ± 3E+01	4,2E+02 ± 2E+01	3,9E+02 ± 2E+01
Be-7	3,3E+02 ± 1E+01	7,0E+00 ± 1E+00	1,1E+00 ± 1E+00 ‡			2,2E+00 ± 4E-01	1,1E+00 ± 2E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	9,3E+00 ± 4E-01	2,3E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 1E+00	1,3E+01 ± 5E-01	2,7E+01 ± 7E-01	2,0E+01 ± 5E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	----------	4,8E-01 ± 7E-02	5,3E-01 ± 6E-02	6,1E-01 ± 8E-02	6,2E-01 ± 7E-02	5,5E-01 ± 4E-02	5,9E-01 ± 4E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

HRANILA

10. MLEKO
11. SADJE
12. POVRTNINE IN POLJŠČINE
13. MESO IN KOKOŠJA JAJCA

LETO 2018 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	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (kg)	5,38	5,27	5,31	5,39	5,41	5,30	
Oznaka vzorca	MLPE0118	MLPE0218	MLPE0318	MLPE0418	MLPE0518	MLPE0618	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)						
U-238			6,4E-2 ± 6E-02 ‡			2,2E-1 ± 8E-02	4,7E-02 ± 2E-02
Ra-226	1,1E-2 ± 5E-03	3,1E-2 ± 8E-03	9,8E-3 ± 8E-03		1,2E-2 ± 1E-02 ‡	4,3E-2 ± 1E-02	1,8E-02 ± 3E-03
Pb-210			8,7E-2 ± 6E-02		9,0E-2 ± 8E-02 ‡	1,1E-1 ± 8E-02	4,8E-02 ± 2E-02
Ra-228	5,0E-2 ± 2E-02	1,9E-2 ± 1E-02	3,1E-2 ± 2E-02	2,8E-2 ± 2E-02			2,1E-02 ± 6E-03
Th-228						3,6E-2 ± 2E-02	6,0E-03 ± 3E-03
Th-230							
K-40	5,0E+1 ± 3E+00	5,0E+1 ± 2E+00	3,7E+1 ± 2E+00	5,2E+1 ± 2E+00	5,6E+1 ± 3E+00	5,1E+1 ± 3E+00	4,9E+01 ± 1E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	2,0E-2 ± 4E-03	2,6E-2 ± 3E-03	9,3E-3 †	9,0E-3 †	1,3E-2 ± 4E-03	5,1E-2 ± 8E-03	2,1E-02 ± 7E-03 x
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,0E-3 †	1,9E-3 †	5,1E-2 ± 5E-03	2,1E-2 ± 5E-03	7,1E-2 ± 7E-03	1,8E-2 ± 4E-03	2,8E-02 ± 1E-02 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 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	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (kg)	5,29	5,36	5,29	5,35	5,35	5,21	
Oznaka vzorca	MLPE0718	MLPE0818	MLPE0918	MLPE1018	MLPE1118	MLPE1218	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)						
U-238			1,1E-1 ± 7E-02				3,3E-02 ± 1E-02
Ra-226	3,2E-2 ± 6E-02 ‡	4,7E-2 ± 9E-03			2,1E-2 ± 7E-03		1,7E-02 ± 6E-03
Pb-210				6,2E-2 ± 6E-02 ‡			2,9E-02 ± 1E-02
Ra-228			2,6E-2 ± 2E-02 ‡	5,3E-2 ± 3E-02	4,4E-2 ± 2E-02	2,6E-2 ± 1E-02	2,3E-02 ± 5E-03
Th-228				2,5E-2 ± 2E-02		9,3E-3 ± 6E-03	5,9E-03 ± 2E-03
Th-230							
K-40	5,3E+1 ± 2E+00	5,3E+1 ± 2E+00	5,1E+1 ± 3E+00	5,2E+1 ± 3E+00	4,9E+1 ± 3E+00	3,2E+1 ± 7E-01	4,9E+01 ± 7E-01
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	7,3E-3 †	6,4E-2 ± 7E-03	3,6E-2 ± 6E-03	6,1E-2 ± 6E-03	9,7E-2 ± 5E-03	2,6E-2 ± 2E-03	3,5E-02 ± 8E-03 x
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	4,9E-2 ± 5E-03	6,6E-3 ± 6E-03 ‡	3,4E-2 ± 9E-03	2,8E-2 ± 8E-03	2,3E-2 ± 8E-03	5,4E-2 ± 1E-02	3,0E-02 ± 6E-03 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T - 62 a
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Vihre						
Datum vzor.	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (kg)	5,18	5,32	5,40	5,30	5,26	5,31	
Oznaka vzorca	MLVH0118	MLVH0218	MLVH0318	MLVH0418	MLVH0518	MLVH0618	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)						
U-238							
Ra-226	7,9E-3 ± 3E-03	1,8E-2 ± 8E-03		9,7E-3 ± 8E-03 ‡		5,1E-3 ± 3E-03	6,8E-03 ± 2E-03
Pb-210				2,5E-2 ± 4E-02 ‡		4,0E-2 ± 2E-02	1,1E-02 ± 7E-03
Ra-228		1,8E-2 ± 1E-02		1,8E-2 ± 1E-02 ‡		2,0E-2 ± 8E-03	9,3E-03 ± 4E-03
Th-228							
Th-230							
K-40	4,8E+1 ± 3E+00	4,4E+1 ± 2E+00	4,6E+1 ± 3E+00	3,7E+1 ± 2E+00	4,0E+1 ± 2E+00	2,0E+1 ± 1E+00	3,9E+01 ± 9E-01
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,2E-2 ± 2E-03	1,4E-2 ± 3E-03	3,3E-2 ± 4E-03	1,5E-2 ± 3E-03	1,2E-2 ± 4E-03	7,0E-3 ± 2E-03	1,6E-02 ± 1E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,6E-2 ± 5E-03	2,2E-2 ± 5E-03	2,0E-2 ± 4E-03	1,2E-2 ± 4E-03	1,6E-2 ± 4E-03	1,5E-3 †	1,6E-02 ± 4E-03 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T - 62 b
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Vihre						
Datum vzor.	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (kg)	5,05	5,12	5,30	4,81	5,39	5,33	
Oznaka vzorca	MLVH0718	MLVH0818	MLVH0918	MLVH1018	MLVH1118	MLVH1218	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)						
U-238							
Ra-226	1,5E-2 ± 5E-03	1,3E-2 ± 1E-02 ‡	3,4E-2 ± 5E-03		1,4E-2 ± 6E-03		9,7E-03 ± 2E-03
Pb-210	8,3E-2 ± 4E-02			6,2E-2 ± 6E-02 ‡	6,3E-2 ± 4E-02	6,1E-2 ± 4E-02	2,8E-02 ± 8E-03
Ra-228	2,2E-2 ± 1E-02			2,7E-2 ± 2E-02	2,1E-2 ± 2E-02	2,0E-2 ± 1E-02	1,2E-02 ± 3E-03
Th-228							
Th-230							
K-40	3,0E+1 ± 2E+00	4,9E+1 ± 3E+00	4,4E+1 ± 2E+00	3,6E+1 ± 2E+00	4,1E+1 ± 2E+00	4,4E+1 ± 2E+00	4,0E+01 ± 6E-01
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,7E-2 ± 3E-03	9,5E-3 †	1,6E-2 ± 3E-03	3,1E-2 ± 5E-03	2,3E-2 ± 3E-03	2,0E-2 ± 3E-03	1,7E-02 ± 2E-03 x
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,6E-2 ± 5E-03	4,5E-2 †	7,0E-3 ± 7E-03 ‡	1,8E-2 ± 8E-03	6,2E-3 ± 7E-03 ‡	1,9E-2 ± 8E-03	1,8E-02 ± 3E-03 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T - 63 a
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Brege						
Datum vzor.	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (kg)	5,08	5,08	5,21	5,21	5,42	5,45	
Oznaka vzorca	MLBG0118	MLBG0218	MLBG0318	MLBG0418	MLBG0518	MLBG0618	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)						
U-238		2,3E-1 ± 8E-02			1,3E-1 ± 7E-02		5,9E-02 ± 2E-02
Ra-226	3,4E-2 ± 6E-03		1,5E-2 ± 1E-02 ‡	1,0E-2 ± 4E-03		2,9E-2 ± 6E-03	1,5E-02 ± 3E-03
Pb-210			5,2E-2 ± 7E-02 ‡				8,7E-03 ± 1E-02
Ra-228	4,2E-2 ± 2E-02	6,1E-2 ± 2E-02	2,4E-2 ± 2E-02		3,0E-2 ± 2E-02		2,6E-02 ± 7E-03
Th-228		4,7E-2 ± 2E-02	1,8E-2 ± 1E-02			5,0E-2 ± 1E-02	1,9E-02 ± 4E-03
Th-230							
K-40	5,1E+1 ± 2E+00	4,9E+1 ± 3E+00	5,2E+1 ± 2E+00	5,0E+1 ± 3E+00	4,8E+1 ± 3E+00	4,5E+1 ± 2E+00	4,9E+01 ± 1E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	3,5E-2 ± 4E-03	4,4E-2 ± 5E-03	5,5E-2 ± 5E-03	3,3E-2 ± 3E-03	1,6E-2 ± 5E-03	2,6E-2 ± 4E-03	3,5E-02 ± 2E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	1,6E-2 ± 6E-03	3,1E-2 ± 6E-03	1,1E-2 ± 5E-03	5,7E-2 ± 6E-03	1,5E-2 ± 5E-03	1,3E-2 ± 5E-03	2,4E-02 ± 2E-03

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2018 T - 63 b
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Brege						
Datum vzor.	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (kg)	5,32	5,28	4,87	4,99	5,31	5,42	
Oznaka vzorca	MLBG0718	MLBG0818	MLBG0918	MLBG1018	MLBG1118	MLBG1218	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)						
U-238			5,1E-2 ± 4E-02				3,4E-02 ± 1E-02
Ra-226	1,6E-2 ± 9E-03	3,3E-2 ± 6E-04			1,5E-2 ± 5E-03		1,3E-02 ± 2E-03
Pb-210			5,5E-2 †			5,5E-2 ± 5E-02 ‡	1,4E-02 ± 7E-03 x
Ra-228	5,3E-2 ± 3E-02	2,5E-2 ± 1E-02				2,1E-2 ± 2E-02	2,1E-02 ± 4E-03
Th-228							9,6E-03 ± 2E-03
Th-230							
K-40	4,8E+1 ± 3E+00	4,5E+1 ± 2E+00	4,8E+1 ± 3E+00	4,8E+1 ± 3E+00	3,6E+1 ± 8E-01	5,6E+1 ± 3E+00	4,8E+01 ± 7E-01
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	2,4E-2 ± 5E-03	5,8E-3 †	3,4E-2 ± 4E-03	2,0E-2 ± 5E-03	2,4E-2 ± 3E-03	1,6E-2 ± 4E-03	2,8E-02 ± 4E-03 x
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,2E-2 ± 4E-03	8,8E-3 ± 5E-03	1,7E-2 ± 8E-03	5,4E-3 ± 6E-03 ‡	6,0E-3 ± 7E-03 ‡	7,1E-2 ± 2E-02	2,3E-02 ± 2E-03

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T - 64
10. MLEKO – enkratni vzorci (I-131)

Specifična analiza I-131

Datum vzorčenja	Datum meritve	Vzorčevalno mesto		
		Pesje	Vihre	Brege
		KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI I-131 (Bq/L)		
4. 6. 2018	5. 6. 2018	< 7,23E-3	< 5,86E-3	< 2,6E-3
19. 6. 2018	20. 6. 2018	< 8,50E-3	< 9,06E-3	< 8,72E-3
2. 7. 2018	3. 7. 2018	< 7,37E-3	< 8,02E-3	< 8,28E-3
1. 8. 2018	2. 8. 2018	< 8,02E-3	< 7,58E-3	< 8,66E-3
13.8.218	14. 8. 2018	< 8,35E-3	< 7,87E-3	< 8,79E-3
3.9.218	4. 9. 2018	< 7,89E-3	< 8,22E-3	< 8,35E-3
11. 9. 2018	12. 9. 2018	< 8,28E-3	< 8,07E-3	< 8,73E-3
1. 10. 2018	2. 10. 2018	< 8,39E-3	< 8,24E-3	< 8,42E-3

LETO 2018 T - 65
11. HRANILA – SADJE - jabolka

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (**)

Vzorč. mesto	Evrosad Krško - sadovnjak okoli NEK				Povprečje - jabolka (*)
Vrsta vzorca	Jabolka	Jabolka	Jabolka	Jabolka	
Datum vzor.	27. 9. 2016	5. 10. 2018	5. 9. 2018	5. 9. 2018	
Kol. vzorca (kg)	0,33	0,32	0,31	0,31	
Odstoteksuhe snovi	15,30	17,60	13,90	12,40	
Oznaka vzorca	K16HSJB191	K18HSJB192	K18HSJB691	K18HSJB791	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)				
U-238	1,2E-01 ± 8E-02	3,8E-01 ± 2E-01	1,8E-01 ± 2E-01 ‡		1,7E-01 ± 7E-02
Ra-226				3,1E-02 ± 4E-02 ‡	7,7E-03 ± 1E-02
Pb-210	2,5E-02 †	4,0E-01 ± 7E-01 ‡	1,7E-01 †	1,8E-02 ± 8E-02 ‡	1,6E-01 ± 9E-02 x
Ra-228			7,2E-02 ± 4E-02		1,8E-02 ± 1E-02
Th-228	2,1E-02 ± 1E-02	6,0E-02 ± 2E-02	1,4E-02 ± 3E-02 ‡	2,9E-02 ± 1E-02	3,1E-02 ± 1E-02
Th-230					
K-40	3,5E+01 ± 4E+00	5,3E+01 ± 5E+00	3,4E+01 ± 3E+00	3,5E+01 ± 4E+00	3,9E+01 ± 2E+00
Be-7	6,6E-01 ± 2E-01	1,2E+00 ± 2E-01	7,0E-01 ± 1E-01	5,3E-01 ± 9E-02	7,7E-01 ± 8E-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-03 †	2,2E-03 †	2,0E-03 †	1,6E-03 †	2,0E-03 ± 1E-04 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T - 66
11. HRANILA – SADJE - hruške

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

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

Vzorč. mesto	Evrosad Krško - sadovnjak okoli NEK		Povprečje - hruške (*)
Vrsta vzorca	Hruške pachams	Hruške viljamovka	
Datum vzor.	5. 9. 2018	5. 9. 2018	
Kol. vzorca (kg)	0,33	0,41	
Odstotek suhe snovi	15,40	13,20	
Oznaka vzorca	K18HSHR191	K18HSHR791	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)		
U-238	1,5E-01 ± 2E-01 ‡		7,4E-02 ± 1E-01
Ra-226	8,7E-02 ± 8E-02 ‡		4,4E-02 ± 4E-02
Pb-210	4,2E-01 ± 1E-01	1,1E-01 †	2,7E-01 ± 2E-01 x
Ra-228			
Th-228	1,8E-02 ± 1E-02	3,4E-02 ± 4E-02 ‡	2,6E-02 ± 2E-02
Th-230			
K-40	4,8E+01 ± 5E+00	5,0E+01 ± 5E+00	4,9E+01 ± 3E+00
Be-7	1,5E+00 ± 2E-01	5,9E-01 ± 2E-01	1,0E+00 ± 1E-01
I-131			
Cs-134			
Cs-137			
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
Sr-89/Sr-90	2,1E-02 ± 2E-03	1,5E-02 ± 2E-03	1,8E-02 ± 1E-03

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T - 67
11. HRANILA – SADJE - jagode

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (**)

Vzorč. mesto	Spodnji Stari Grad	Zg. Pohanca	Povprečje - jagode (*)
Vrsta vzorca	Jagode	Jagode	
Datum vzor.	4. 6. 2018	4. 6. 2018	
Kol. vzorca (kg)	0,34	0,28	
Odstotek suhe snovi	9,39	11,10	
Oznaka vzorca	K18HSJG461	K18HSJG2261	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)		
U-238	4,5E-02 ± 6E-02 ‡	1,7E-01 ± 2E-01 ‡	1,1E-01 ± 8E-02
Ra-226	4,6E-02 ± 4E-02 ‡		2,3E-02 ± 2E-02
Pb-210	1,3E-02 ± 6E-02 ‡	1,6E-01 †	8,7E-02 ± 7E-02 x
Ra-228		5,8E-02 ± 4E-02	2,9E-02 ± 2E-02
Th-228	2,0E-02 ± 7E-03	3,7E-02 ± 1E-02	2,8E-02 ± 8E-03
Th-230			
K-40	3,6E+01 ± 4E+00	4,9E+01 ± 5E+00	4,3E+01 ± 3E+00
Be-7	2,1E-01 ± 5E-02		1,0E-01 ± 2E-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	7,9E-02 ± 5E-03	6,1E-02 ± 5E-03	7,0E-02 ± 4E-03

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T - 68
11. HRANILA – SADJE – rdeče in belo grozdje ter šipek

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (**)

Vzorč. mesto	Libna	Libna	Vrbina
Vrsta vzorca	Grozdje - rdeče	Grozdje - belo	Šipek
Datum vzor.	5. 9. 2018	5. 9. 2018	5. 9. 2018
Kol. vzorca (kg)	0,51	0,40	0,35
Odstotek suhe snovi	20,10	19,60	48,00
Oznaka vzorca	K18HSGR191	K18HSGR291	K18HSSP291
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)		
U-238	2,6E-01 ± 3E-01 ‡		6,2E-01 ± 7E-01 ‡
Ra-226			6,8E-01 ± 4E-01
Pb-210	1,8E-01 ± 3E-01 ‡	1,6E-01 †	1,5E+00 ± 1E+00
Ra-228		3,9E-02 ± 7E-02 ‡	1,6E-01 ± 3E-01 ‡
Th-228	1,8E-02 ± 4E-02 ‡		8,3E-02 ± 6E-02
Th-230			
K-40	9,4E+01 ± 9E+00	8,4E+01 ± 8E+00	2,0E+02 ± 2E+01
Be-7	7,2E-01 ± 7E-01 ‡	1,3E+00 ± 3E-01	1,5E+01 ± 8E-01
I-131			
Cs-134			
Cs-137	1,7E-02 ± 2E-02 ‡		4,6E-02 ± 5E-02 ‡
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
Sr-89/Sr-90	5,2E-02 ± 4E-03	4,7E-02 ± 4E-03	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

LETO 2018 T - 69
12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE – blitva, solata, fižol v zrnju, kumare

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Vihre	Stari grad	Vihre	Vrbina
Vrsta vzorca	blitva	solata	fižol v zrnju	kumare
Datum vzor.	19. 6. 2018	19. 6. 2018	28. 7. 2018	28. 7. 2018
Oznaka vzorca	SZNEK010618	SZNEK020618	SZNEK030718	SZNEK040718
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)			
U-238	1,1E-1 ± 1E-01 ‡	6,4E-2 ± 5E-02		8,7E-2 ± 4E-02
Ra-226	1,3E-1 ± 1E-02	5,2E-2 ± 5E-03		3,5E-2 ± 4E-03
Pb-210	1,3E+0 ± 2E-01	5,2E-1 ± 6E-02		
Ra-228	2,3E-1 ± 3E-02	6,8E-2 ± 1E-02		
Th-228	1,2E-1 ± 3E-02	5,6E-2 ± 1E-02		
Th-230				
K-40	1,8E+2 ± 8E+00	6,8E+1 ± 4E+00	3,1E+2 ± 1E+01	5,8E+1 ± 3E+00
Be-7	1,3E+1 ± 4E-01	5,7E+0 ± 2E-01		3,0E-1 ± 2E-02
I-131				
Cs-134				
Cs-137	1,2E-1 ± 8E-03	1,3E-1 ± 6E-03	1,7E-2 †	3,9E-3 ± 1E-03
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	1,3E-1 ± 3E-02	1,8E-1 ± 2E-02	6,6E-2 ± 5E-02	2,3E-3 †

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

LETO 2018 T - 70
12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE – jajčevci, ohrovt, listi peteršilja, korenje

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Trnje	Trnje	Pesje	Pesje
Vrsta vzorca	jajčevci	ohrovt	listi peteršilja	korenje
Datum vzor.	28. 7. 2018	28. 7. 2018	28. 7. 2018	28. 7. 2018
Oznaka vzorca	SZNEK050718	SZNEK060718	SZNEK070718	SZNEK080718
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)			
U-238			7,7E-1 ± 2E-01	1,8E-1 ± 5E-02
Ra-226	2,2E-1 ± 2E-02	9,9E-2 ± 1E-02	6,6E-1 ± 5E-02	2,7E-2 ± 9E-03
Pb-210		2,6E-1 ± 8E-02	3,5E+0 ± 4E-01	7,3E-2 ± 7E-02 ‡
Ra-228				5,0E-2 ± 3E-02
Th-228			6,8E-2 ± 5E-02	
Th-230				
K-40	8,3E+1 ± 5E+00	8,5E+1 ± 5E+00	3,1E+2 ± 1E+01	7,1E+1 ± 4E+00
Be-7		3,5E+0 ± 1E-01	2,7E+1 ± 2E+00	
I-131				
Cs-134				
Cs-137	2,4E-2 †	1,4E-2 †	9,9E-2 ± 2E-02	1,6E-2 †
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	1,8E-1 ± 4E-02	5,2E-2 ± 2E-02	7,6E-1 ± 1E-01	3,7E-1 ± 7E-02

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

LETO 2018 T - 71
12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE – čebula, krompir, ječmen, bučke

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Pesje	Žadovinek	Žadovinek	Spodnji Stari grad
Vrsta vzorca	čebula	krompir	ječmen	bučke
Datum vzor.	28. 7. 2018	28. 7. 2018	28. 7. 2018	28. 7. 2018
Oznaka vzorca	SZNEK090718	SZNEK100718	SZNEK110718	SZNEK120718
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)			
U-238	1,4E-1 ± 8E-02		1,4E+00 ± 4E-01	1,4E-1 ± 3E-02
Ra-226	5,1E-2 ± 1E-02	9,2E-2 ± 1E-02	5,4E-01 ± 5E-02	2,6E-2 ± 4E-03
Pb-210		4,1E-1 ± 2E-01		
Ra-228	3,1E-2 ± 3E-02 ‡	4,4E-2 ± 3E-02	3,5E-01 ± 1E-01	
Th-228	3,2E-2 ± 2E-02	8,2E-2 ± 3E-02		2,3E-2 ± 8E-03
Th-230				
K-40	5,7E+1 ± 3E+00	1,4E+2 ± 7E+00	8,7E+01 ± 5E+00	3,9E+1 ± 2E+00
Be-7			5,8E+00 ± 4E-01	8,2E-2 ± 2E-02
I-131				
Cs-134				
Cs-137	1,3E-2 †	3,7E-2 ± 8E-03	7,0E-02 †	5,0E-3 †
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	1,4E-3 †	6,8E-1 ± 1E-01	3,5E-02 †	5,1E-2 ± 1E-02

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

LETO 2018 T - 72
12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE – paradižnik, por, zelje, paprika

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Brege	Vihre	Žadovinek	Brege
Vrsta vzorca	paradižnik	por	zelje	paprika
Datum vzor.	13. 8. 2018	11. 9. 2018	11. 9. 2018	11. 9. 2018
Oznaka vzorca	SZNEK130818	SZNEK140918	SZNEK150918	SZNEK160918
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)			
U-238	1,0E-1 ± 5E-02		1,4E-1 ± 7E-02	1,3E+0 ± 1E+00 ‡
Ra-226		3,8E-2 ± 1E-02	2,5E-2 ± 7E-03	3,5E-2 ± 1E-02
Pb-210		6,6E-1 ± 1E-01		
Ra-228	2,3E-2 ± 1E-02			3,6E-2 ± 3E-02 ‡
Th-228		8,3E-2 ± 3E-02		
Th-230				
K-40	4,5E+1 ± 3E+00	8,6E+1 ± 5E+00	5,1E+1 ± 2E+00	4,6E+1 ± 3E+00
Be-7		3,6E+0 ± 2E-01		7,7E-1 ± 7E-02
I-131				
Cs-134				
Cs-137	5,0E-2 ± 4E-03	1,6E-2 †	7,0E-3 †	1,3E-2 †
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	7,2E-3 ± 5E-03	1,3E-1 ± 3E-02	5,8E-2 ± 2E-02	3,0E-2 ± 3E-02 ‡

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

LETO 2018 T - 73
12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE – feferoni, koruza, pšenica, rdeča pesa

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Brege	Vrbina	Vrbina	Trnje
Vrsta vzorca	feferoni	koruza	pšenica	rdeča pesa
Datum vzor.	11. 9. 2018	6. 10. 2018	6. 10. 2018	6. 10. 2018
Oznaka vzorca	SZNEK170918	SZNEK181018	SZNEK191018	SZNEK201018
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)			
U-238	1,3E-1 ± 7E-02		3,7E-1 ± 3E-01	
Ra-226		2,2E-2 ± 7E-03	9,1E-1 ± 4E-02	
Pb-210	4,5E-1 ± 7E-02		6,6E-1 ± 3E-01	4,0E-1 ± 5E-02
Ra-228				6,1E-2 ± 1E-02
Th-228				
Th-230				
K-40	9,2E+1 ± 5E+00	4,5E+1 ± 3E+00	1,1E+2 ± 6E+00	6,7E+1 ± 4E+00
Be-7	2,1E+0 ± 9E-02	8,4E-2 ± 3E-02	6,7E-1 ± 1E-01	
I-131				
Cs-134				
Cs-137	1,0E-2 †	9,3E-3 †	4,0E-2 †	1,2E-2 ± 3E-03
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	7,4E-2 ± 4E-02	6,3E-2 ± 3E-02	2,8E-1 ± 1E-01	8,7E-2 ± 3E-02

(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

LETO 2018 T - 74
13. HRANILA – KOKOŠJE MESO IN JAJCA

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (**)

Vzorč. mesto	Spodnji Stari Grad	Vrbina		Spodnji Stari Grad
Vrsta vzorca	Kokošja jajca	Kokošja jajca	Povprečje - jajca (*)	Kokošje meso
Datum vzor.	16. 1. 2018	17. 4. 2018		16. 1. 2018
Kol. vzorca (kg)	0,25	0,26		0,12
Odstotek suhe snovi	22,70	24,40		26,00
Oznaka vzorca	K18HJ111	K18HJ341		K18HMK111
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)			
U-238	1,1E-01 ± 1E-01 ‡	3,4E-02 ± 2E-01 ‡	7,2E-02 ± 1E-01	4,3E-02 ± 3E-01 ‡
Ra-226	3,5E-01 ± 2E-01	3,5E-01 ± 2E-01	3,5E-01 ± 1E-01	4,8E-01 ± 2E-01
Pb-210	3,8E-02 †	3,7E-02 †	3,8E-02 ± 8E-04 x	7,5E-02 †
Ra-228		1,2E-01 ± 7E-02	5,9E-02 ± 4E-02	
Th-228	8,8E-02 ± 2E-02	4,8E-02 ± 2E-02	6,8E-02 ± 1E-02	1,4E-01 ± 3E-02
Th-230				
K-40	4,3E+01 ± 4E+00	4,3E+01 ± 4E+00	4,3E+01 ± 3E+00	1,0E+02 ± 1E+01
Be-7				
I-131				
Cs-134				
Cs-137	7,7E-04 ± 7E-03 ‡	9,1E-03 ± 3E-02 ‡	4,9E-03 ± 1E-02	3,6E-02 ± 3E-02 ‡
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-89/Sr-90	4,4E-03 †	2,2E-02 ± 4E-03	1,3E-02 ± 9E-03 x	1,0E-02 †

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T - 75
13. HRANILA – – SVINJSKO, GOVEJE IN DIVJAČINSKO MESO

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (**)

Vzorč. mesto	Spodnji Stari Grad	Brege		Leskovec	Leskovec
Vrsta vzorca	Svinjsko meso	Svinjsko meso	Povprečje - svinjsko meso (*)	Goveje meso	Divjačinsko meso
Datum vzor.	16. 1. 2018	16. 3. 2018		16. 2. 2018	15. 2. 2018
Kol. vzorca (kg)	0,17	0,46		0,36	0,25
Odstotek suhe snovi	35,00	30,20		26,00	26,40
Oznaka vzorca	K18HMS111	K18HMS231		K18HMG421	K18HMD321
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)				
U-238	6,6E-02 ± 7E-01 ‡	1,2E-01 ± 2E-01 ‡	9,1E-02 ± 4E-01	4,9E-01 ± 5E-01 ‡	1,7E-01 ± 5E-01 ‡
Ra-226	1,7E-01 ± 7E-02		8,7E-02 ± 4E-02	6,6E-01 ± 4E-01	2,7E-01 ± 2E-01
Pb-210	4,1E-02 †	1,5E-01 †	9,3E-02 ± 5E-02 x	3,3E-01 ± 6E-01 ‡	5,4E-01 ± 1E+00 ‡
Ra-228				7,0E-02 ± 1E-01 ‡	5,2E-02 ± 1E-01 ‡
Th-228	4,0E-02 ± 3E-02	2,1E-02 ± 3E-02 ‡	3,0E-02 ± 2E-02	3,6E-02 ± 3E-02 ‡	8,0E-02 ± 4E-02
Th-230	3,9E+00 ± 4E+00 ‡		2,0E+00 ± 2E+00		
K-40	1,1E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 8E+00	1,2E+02 ± 1E+01	1,2E+02 ± 1E+01
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	4,8E-02 ± 2E-02	1,4E-01 ± 1E-02	9,2E-02 ± 1E-02	1,1E-01 ± 2E-02	1,0E-01 ± 2E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	9,3E-03 †	3,2E-03 †	6,3E-03 ± 3E-03 x	3,3E-03 †	4,8E-03 †

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 pa na Odseku O-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

OBRATOVALNI MONITORING RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NEK ZARADI HE BREŽICE

1. VODA – REKA SAVA

VODA – SESTAVLJENI MESEČNI VZORCI
VODA – ENKRATNI VZORCI

2. SEDIMENTI
VODNA BIOTA – RIBE

3. PODTALNICA
VODA - ENKRATNI VZORCI

LETO 2018 T – HE 1b
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	HE Brežice, nad jezom						
Datum vzor.	julij	avgust	september	oktober	november	december	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	47,9	48,3	46,2	48,4	46,1	49,1	
Oznaka vzorca	NEKVHEJ0718	NEKVHEJ0818	NEKVHEJ0918	NEKVHEJ1018	NEKVHEJ1118	NEKVHEJ1218	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOST (Bq/m³)						
U-238	1,4E+01 ± 2E+00	3,4E+00 ± 2E+00		4,6E+00 ± 2E+00	4,1E+00 ± 2E+00		3,0E+00 ± 4E-01
Ra-226	2,9E+00 ± 4E-01	1,4E+00 ± 3E-01					7,4E-01 ± 6E-02
Pb-210	3,5E+01 ± 4E+00	9,3E+00 ± 2E+00	8,3E+00 ± 2E+00	6,4E+00 ± 2E+00	1,2E+01 ± 2E+00	1,7E+01 ± 2E+00	1,0E+01 ± 6E-01
Ra-228			2,1E+00 ± 8E-01	1,3E+00 ± 6E-01		1,0E+00 ± 5E-01	9,4E-01 ± 1E-01
Th-228	2,3E+00 ± 6E-01			6,7E-01 ± 5E-01		1,3E+01 ± 4E-01	1,6E+00 ± 1E-01
Th-230							
K-40	8,7E+01 ± 7E+00	3,5E+01 ± 5E+00	4,8E+01 ± 5E+00	3,9E+01 ± 4E+00	3,2E+01 ± 4E+00	3,4E+01 ± 3E+00	3,9E+01 ± 1E+00
Be-7	3,8E+02 ± 3E+01	2,0E+02 ± 7E+00	1,3E+02 ± 6E+00	3,1E+01 ± 2E+00	2,0E+02 ± 6E+00	1,1E+02 ± 4E+00	1,0E+02 ± 2E+00
I-131	5,6E+00 ± 1E+00				1,1E+00 †		1,7E+00 ± 6E-01 x
Cs-134							
Cs-137	3,3E-01 †	3,6E-01 †	3,5E-01 †	2,4E-01 ± 1,4E-01	1,6E-01 †	2,4E-01 †	3,1E-01 ± 6E-02 x
Co-58							x
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,2E+00 ± 4E-01	2,0E+00 ± 4E-01	2,4E+00 ± 6E-01	2,6E+00 ± 5E-01	2,5E+00 ± 5E-01	2,4E+00 ± 5E-01	2,0E+00 ± 1E-01
H-3*	8,8E+02 ± 7E+01	6,5E+02 ± 9E+01	1,0E+03 ± 1E+02	1,4E+03 ± 1E+02	7,1E+02 ± 9E+01	7,9E+02 ± 9E+01	2,6E+03 ± 6E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.
(***) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 so bile opravljene na ZVD. Radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na IJS na Odseku O-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T – HE 2b
1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrskega ostanka (groba susp. snov)

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	HE Brežice, nad jezom						
Datum vzor.	julij	avgust	september	oktober	november	december	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	104,2	106,3	101,7	108,5	103,1	114,2	
Susp. snov (g)	1,1	0,8	1,0	1,4	1,5	0,3	
Oznaka vzorca	NEKFHEJ0718	NEKFHEJ0818	NEKFHEJ0918	NEKFHEJ1018	NEKFHEJ1118	NEKFHEJ1218	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOST (Bq/m³)						
U-238	1,3E+00 ± 1E+00	9,9E-01 ± 9E-01 ‡	2,3E+00 ± 1E+00	1,8E+00 ± 9E-01			1,1E+00 ± 3E-01
Ra-226	5,5E-01 ± 1E-01	2,3E-01 ± 1E-01			4,3E-01 ± 2E-01		2,0E-01 ± 4E-02
Pb-210			1,2E+00 ± 9E-01				4,5E-01 ± 1E-01
Ra-228	4,4E-01 ± 3E-01			5,6E-01 ± 2E-01	3,8E-01 ± 3E-01 ‡		3,5E-01 ± 5E-02
Th-228				2,3E-01 ± 2E-01 ‡	7,5E-01 ± 3E-01		7,9E-01 ± 1E-01
Th-230							1,8E-01 ± 3E-02
K-40	5,0E+00 ± 2E+00	4,2E+00 ± 2E+00		3,8E+00 ± 1E+00	4,7E+00 ± 2E+00	3,7E+00 ± 2E+00	1,9E+00 ± 3E-01
Be-7	2,6E+00 ± 7E-01		1,9E+00 ± 6E-01				3,8E-01 ± 7E-02
I-131							1,5E+00 ± 2E-01
Cs-134							5,0E-01 ± 6E-02
Cs-137	1,9E-01 †	1,5E-01 †	1,7E-01 †	1,2E-01 †	1,8E-01 †	1,6E-01 †	8,1E-02 ± 2E-02 x
Co-58							
Co-60							7,5E-02 ± 1E-01
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T – HE 3b
1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrirane vode (voda + fina susp. snov)

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

Vzorč. mesto	HE Brežice, levi breg						
Datum vzor.	julij	avgust	september	oktober	november	december	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	42,9	42,2	41,3	42,0	42,4	42,4	
Oznaka vzorca	RSHEL0718	RSHEL0818	RSHEL0918	RSHEL1018	RSHEL1118	RSHEL1218	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOST (Bq/m³)						
U-238	1,2E+01 ± 5E-01	2,8E+00 ± 2E+00	1,6E+01 ± 2E+00		2,6E+00 ± 2E+00	3,5E+00 ± 2E+00	1,3E+01 ± 6E-01
Ra-226	2,6E+00 ± 9E-02	1,3E+00 ± 3E-01	1,3E+00 ± 3E-01	1,4E+00 ± 1E+00	2,2E+00 ± 3E-01	1,7E+00 ± 2E-01	6,9E+00 ± 1E-01
Pb-210	1,9E+01 ± 2E+00	6,6E+00 ± 2E+00	8,7E+00 ± 2E+00	1,7E+01 ± 2E+00	1,9E+01 ± 3E+00	1,5E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 1E+00
Ra-228	2,2E+00 ± 2E-01	2,1E+00 ± 9E-01	1,6E+00 ± 6E-01	4,8E+00 ± 7E-01	3,1E+00 ± 5E-01	3,1E+00 ± 5E-01	8,7E+00 ± 2E-01
Th-228	1,0E+00 ± 2E-01			6,7E-01 ± 4E-01	1,6E+00 ± 5E-01	1,6E+00 ± 5E-01	6,9E+00 ± 2E-01
Th-230							1,0E+01 ± 2E+00
K-40	3,0E+01 ± 2E+00	4,9E+01 ± 5E+00	4,8E+01 ± 5E+00	3,2E+01 ± 4E+00	5,0E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 4E+00	1,3E+02 ± 5E+00
Be-7	4,5E+01 ± 2E+00	5,4E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 2E+00	1,3E+02 ± 5E+00	9,9E+01 ± 4E+00	7,6E+01 ± 3E+00	6,1E+01 ± 9E-01
I-131	2,1E+00 ± 3E-01		3,8E+00 ± 6E-01			2,4E+00 ± 3E-01	1,8E+00 ± 1E-01
Cs-134							
Cs-137	1,1E-01 †	4,5E-01 †	3,5E-01 †	2,2E-01 †	1,0E+00 ± 1,5E-01	5,5E-01 ± 1,1E-01	2,9E+00 ± 2E+00 x
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,0E+00 ± 2E-01	1,4E+00 ± 4E-01	1,7E+00 ± 4E-01	2,3E+00 ± 5E-01	3,8E+00 ± 7E-01	1,9E+00 ± 5E-01	2,0E+00 ± 1E-01
H-3	6,6E+02 ± 8E+01	6,6E+02 ± 7E+01	8,0E+02 ± 9E+01	6,9E+02 ± 9E+01	7,1E+02 ± 9E+01	5,2E+02 ± 9E+01	6,8E+02 ± 2E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.
(***) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 so bile opravljene na ZVD, radiokemijske analize H-3 pa na IJS na Odseku O-2.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T – HE 4b
1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrirane vode (voda + fina susp. snov)

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	HE Brežice, desni breg						
Datum vzor.	julij	avgust	september	oktober	november	december	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	41,2	44,0	44,0	43,1	43,3	43,8	
Oznaka vzorca	RSHED0718	RSHED0818	RSHED0918	RSHED1018	RSHED1118	RSHED1218	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOST (Bq/m³)						
U-238	9,2E+00 ± 2E+00	6,1E+00 ± 2E+00	8,6E+00 ± 2E+00			5,7E+00 ± 2E+00	4,0E+00 ± 5E-01
Ra-226	1,6E+00 ± 3E-01	8,5E-01 ± 3E-01	2,4E+00 ± 3E-01		3,0E+00 ± 4E-01	9,5E-01 ± 3E-01	2,2E+00 ± 8E-02
Pb-210	1,5E+01 ± 2E+00	8,4E+00 ± 2E+00	2,0E+01 ± 2E+00	1,5E+01 ± 2E+00	9,1E+00 ± 2E+00	9,1E+00 ± 2E+00	1,5E+01 ± 7E-01
Ra-228	1,2E+00 ± 8E-01		1,7E+00 ± 6E-01	1,8E+00 ± 4E-01	9,8E-01 ± 8E-01		2,2E+00 ± 2E-01
Th-228	9,9E-01 ± 5E-01			1,8E+00 ± 5E-01	1,4E+00 ± 7E-01		1,5E+00 ± 1E-01
Th-230							
K-40	3,6E+01 ± 4E+00	2,9E+01 ± 5E+00	5,6E+01 ± 5E+00	5,8E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 5E+00	3,0E+01 ± 4E+00	5,3E+01 ± 2E+00
Be-7	2,2E+01 ± 2E+00	4,3E+01 ± 3E+00	1,0E+02 ± 4E+00	3,4E+01 ± 2E+00	1,7E+01 ± 2E+00	7,2E+01 ± 3E+00	5,2E+01 ± 9E-01
I-131		9,8E-01 ± 4E-01	7,2E+00 ± 6E-01			3,3E+00 ± 4E-01	2,0E+00 ± 9E-02
Cs-134							
Cs-137	3,0E-01 †	3,8E-01 †	2,2E-01 †	2,1E-01 †	4,5E-01 ± 1,9E-01	3,3E-01 †	7,2E-01 ± 4E-01 x
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	1,9E+00 ± 4E-01	1,5E+00 ± 4E-01	2,1E+00 ± 4E-01	4,1E+00 ± 8E-01	3,1E+00 ± 6E-01	1,9E+00 ± 4E-01	2,0E+00 ± 1E-01
H-3	6,4E+02 ± 9E+01	7,4E+02 ± 7E+01	7,4E+02 ± 8E+01	7,7E+02 ± 9E+01	7,1E+02 ± 9E+01	5,4E+02 ± 9E+01	3,8E+03 ± 1E+02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T – HE 5
1. REKA SAVA – VODA - enkratni vzorci filtrirane vode (voda + fina susp. snov)

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	HE Brežice, nad jezom				
Datum vzor.	26. 3. 2018	11. 6. 2018	12. 9. 2018	15. 11. 2018	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	49,3	47,7	44,7	44,5	
Oznaka vzorca	RSHEJK118	RSHEJK218	RSHEJK318	RSHEJK418	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOST (Bq/m^3)				
U-238		8,4E-01 ± 2E+00 ‡	4,3E+00 ± 1E+00	3,9E+00 ± 2E+00	2,3E+00 ± 7E-01
Ra-226	5,5E-01 ± 2E-01	2,0E+00 ± 3E-01			6,4E-01 ± 9E-02
Pb-210	6,9E+00 ± 2E+00	1,2E+01 ± 2E+00	1,1E+01 ± 7E-01	5,4E+00 ± 2E+00	8,8E+00 ± 9E-01
Ra-228	7,9E-01 ± 5E-01	6,6E-01 ± 5E-01 ‡	1,4E+00 ± 2E-01		7,1E-01 ± 2E-01
Th-228		9,4E-01 ± 5E-01			2,4E-01 ± 1E-01
Th-230					
K-40	2,2E+01 ± 3E+00	4,0E+01 ± 4E+00	4,3E+01 ± 2E+00	3,6E+01 ± 4E+00	3,5E+01 ± 2E+00
Be-7	5,3E+01 ± 2E+00	1,3E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 1E+00		2,4E+01 ± 7E-01
I-131	7,3E+00 ± 9E-01	4,1E+00 ± 5E-01	2,6E+00 ± 2E-01	1,6E+00 ± 6E-01	3,9E+00 ± 3E-01
Cs-134					
Cs-137	2,0E-01 †	3,0E-01 †	1,3E-01 ± 1,4E-02	2,0E-01 †	2,1E-01 ± 4E-02 x
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	2,2E+00 ± 3E-01	6,0E-02 †	1,9E+00 ± 4E-01	2,7E+00 ± 5E-01	1,7E+00 ± 2E-01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T – HE 6
1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrirane vode (voda + fina susp. snov)

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	HE Brežice, nadomestni habitat NH1				
Datum vzor.	januar - marec	april - junij	julij - september	oktober - december	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	52,2	51,9	50,8	52,8	
Oznaka vzorca	RSNHK118	RSNHK218	RSNHK318	RSNHK418	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOST (Bq/m^3)				
U-238	2,5E+00 ± 2E+00	9,5E+00 ± 5E-01	5,4E+00 ± 3E+00	5,5E+00 ± 2E+00	5,7E+00 ± 9E-01
Ra-226	8,1E-01 ± 2E-01	2,3E+00 ± 1E-01	4,0E-01 ± 3E-01		8,8E-01 ± 9E-02
Pb-210	3,2E+01 ± 2E+00	9,1E+00 ± 7E-01	9,4E+00 ± 2E+00	8,4E+00 ± 2E+00	1,5E+01 ± 9E-01
Ra-228	1,7E+00 ± 4E-01	1,7E+00 ± 2E-01	1,4E+00 ± 7E-01		1,2E+00 ± 2E-01
Th-228	1,1E+00 ± 5E-01	1,4E+00 ± 2E-01			6,3E-01 ± 1E-01
Th-230					
K-40	7,1E+01 ± 4E+00	5,5E+01 ± 2E+00	5,9E+01 ± 5E+00	6,3E+01 ± 5E+00	6,2E+01 ± 2E+00
Be-7	1,6E+02 ± 5E+00	3,4E+01 ± 1E+00	2,4E+01 ± 2E+00	3,7E+01 ± 2E+00	6,4E+01 ± 2E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	2,2E-01 †	1,0E-01 †	4,0E-01 †	3,3E-01 †	2,6E-01 ± 7E-02 x
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	3,3E+00 ± 4E-01	2,2E+00 ± 2E-01	2,1E+00 ± 4E-01	2,3E+00 ± 6E-01	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T – HE 2c
1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrskega ostanka (groba susp. snov)

Specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	HE Brežice, nad jezom				
Datum vzor.	januar - marec	april - junij	julij - september	oktober - december	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	296,1	299,5	312,3	325,8	
Susp. snov (g)	2,6	3,3	2,9	3,2	
Oznaka vzorca	NEKFHEJK118	NEKFHEJK218	NEKFHEJK318	NEKFHEJK418	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOST (Bq/m^3)				
Sr-90	1,5E-01 ± 2,6E-02	9,2E-03 †	8,2E-03 †	7,0E-02 ± 3E-02	5,8E-02 ± 3E-02 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

LETO 2018 T – HE 2d
1. REKA SAVA – VODA - enkratni vzorci filtrirane vode (voda + fina susp. snov)

Specifična analiza H-3

Vzorč. mesto	HE Brežice, nad jezom				
Datum vzorčevanja	26. 3. 2018	11. 6. 2018	12. 9. 2018	15. 11. 2018	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Datum meritve	1. 5. 2018	16. 7. 2018	25. 10. 2018	24. 12. 2018	
Kol. vzorca (L)	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	
Oznaka vzorca	RSHEJK118	RSHEJK218	RSHEJK318	RSHEJK418	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOST (Bq/m^3)				
H-3	7,1E+02 ± 9E+01	8,7E+02 ± 1E+02	7,8E+02 ± 1E+02	6,3E+02 ± 8E+01	7,4E+02 ± 5E+01

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

LETO 2018 T – HE 7
2. REKA SAVA – SEDIMENTI - enkratni vzorci sedimentov

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	HE Brežice, nad jezom				
Datum vzor.	26. 3. 2018	11. 6. 2018	12. 9. 2018	15. 11. 2018	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	59,6	53,2	57,9	52,0	
Oznaka vzorca	SDHEJK118	SDHEJK218	SDHEJK318	SDHEJK418	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	3,5E+01 ± 8E+00	4,4E+01 ± 3E+00	3,2E+01 ± 2E+00	2,4E+01 ± 6E+00	3,4E+01 ± 3E+00
Ra-226	3,1E+01 ± 8E-01	3,3E+01 ± 8E-01	2,6E+01 ± 6E-01	2,7E+01 ± 8E-01	2,9E+01 ± 4E-01
Pb-210	6,8E+01 ± 7E+00	7,6E+01 ± 8E+00	9,8E+01 ± 8E+00	7,0E+01 ± 8E+00	7,8E+01 ± 4E+00
Ra-228	3,0E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 1E+00	2,9E+01 ± 6E-01
Th-228	2,9E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 1E+00	2,4E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 2E+00	2,6E+01 ± 7E-01
Th-230					
K-40	4,0E+02 ± 2E+01	4,0E+02 ± 2E+01	3,4E+02 ± 2E+01	3,2E+02 ± 2E+01	3,6E+02 ± 1E+01
Be-7	6,4E+01 ± 4E+00	7,6E+01 ± 4E+00	6,9E+01 ± 3E+00	5,7E+01 ± 4E+00	6,7E+01 ± 2E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	5,8E+00 ± 4E-01	5,6E+00 ± 4E-01	6,3E+00 ± 3E-01	2,3E+00 ± 3E-01	5,0E+00 ± 2E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	< 5,6E-02 †	4,5E-01 ± 3E-01	7,1E-01 ± 2E-01	3,3E-01 ± 3E-01 ‡	3,9E-01 ± 2E-01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T – HE 8b
2. REKA SAVA – SEDIMENTI - enkratni vzorci sedimentov

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	HE Brežice, levi breg						
Datum vzor.	2. 7. 2018	1. 8. 2018	3. 9. 2018	1. 10. 2018	5. 11. 2018	3. 12. 2018	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	67,0	41,5	34.4	51,8	73,9	55,6	
Oznaka vzorca	SDHEL0718	SDHEL0818	SDHEL0918	SDHEL1018	SDHEL1118	SDHEL1218	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)						
U-238	9,4E+00 ± 6E-01	3,1E+01 ± 2E+00	4,3E+01 ± 5E+00	3,1E+01 ± 7E+00	1,7E+01 ± 4E+00	1,8E+01 ± 5E+00	3,0E+01 ± 1E+00
Ra-226	1,6E+01 ± 3E-01	2,1E+01 ± 5E-01	2,2E+01 ± 9E-01	3,2E+01 ± 8E-01	2,1E+01 ± 5E-01	2,6E+01 ± 8E-01	2,8E+01 ± 2E-01
Pb-210	1,2E+01 ± 1E+00	1,1E+02 ± 9E+00	1,1E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 1E+01	4,6E+01 ± 5E+00	8,4E+01 ± 8E+00	7,3E+01 ± 2E+00
Ra-228	1,4E+01 ± 4E-01	2,4E+01 ± 9E-01	2,5E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 1E+00	1,7E+01 ± 8E-01	2,4E+01 ± 1E+00	2,7E+01 ± 4E-01
Th-228	1,3E+01 ± 5E-01	2,2E+01 ± 1E+00	2,2E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 2E+00	1,9E+01 ± 1E+00	2,3E+01 ± 2E+00	2,5E+01 ± 4E-01
Th-230							
K-40	2,0E+02 ± 1E+01	3,3E+02 ± 2E+01	3,5E+02 ± 2E+01	3,8E+02 ± 2E+01	2,5E+02 ± 1E+01	3,2E+02 ± 2E+01	3,5E+02 ± 6E+00
Be-7	1,9E+01 ± 8E-01	2,5E+02 ± 8E+00	2,1E+02 ± 1E+01	9,4E+01 ± 4E+00	3,3E+01 ± 2E+00	4,1E+01 ± 3E+00	6,4E+01 ± 1E+00
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,9E+00 ± 9E-02	7,2E+00 ± 3E-01	6,6E+00 ± 7E-01	5,6E+00 ± 4E-01	2,3E+00 ± 2E-01	4,7E+00 ± 4E-01	5,5E+00 ± 1E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	< 5,5E-02 †	< 6,2E-01 †	6,8E-01 ± 4E-01	1,3E+00 ± 5E-01	< 8,7E-02 †	< 9,7E-02 †	3,0E-01 ± 1E-01 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T – HE 9b
2. REKA SAVA – SEDIMENTI - enkratni vzorci sedimentov

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	HE Brežice, desni breg						
Datum vzor.	2. 7. 2018	1. 8. 2018	3. 9. 2018	1. 10. 2018	5. 11. 2018	3. 12. 2018	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	58,6	37,1	41,7	45,8	50,8	42,3	
Oznaka vzorca	SDHED0718	SDHED0818	SDHED0918	SDHED1018	SDHED1118	SDHED1218	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)						
U-238	3,7E+01 ± 2E+00	4,1E+01 ± 3E+00	3,3E+01 ± 3E+00	3,6E+01 ± 7E+00	2,4E+01 ± 6E+00	3,4E+01 ± 8E+00	3,3E+01 ± 1E+00
Ra-226	3,0E+01 ± 6E-01	1,9E+01 ± 6E-01	2,3E+01 ± 8E-01	2,8E+01 ± 7E-01	2,6E+01 ± 7E-01	3,5E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 2E-01
Pb-210	5,7E+01 ± 5E+00	1,1E+02 ± 9E+00	9,1E+01 ± 9E+00	2,2E+02 ± 2E+01	1,1E+02 ± 1E+01	1,2E+02 ± 1E+01	9,6E+01 ± 3E+00
Ra-228	2,8E+01 ± 9E-01	2,7E+01 ± 1E+00	2,1E+01 ± 1E+00	2,9E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 3E-01
Th-228	2,6E+01 ± 1E+00	2,1E+01 ± 1E+00	1,9E+01 ± 1E+00	2,4E+01 ± 1E+00	2,1E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 2E+00	2,6E+01 ± 4E-01
Th-230							
K-40	3,7E+02 ± 2E+01	3,0E+02 ± 2E+01	3,1E+02 ± 2E+01	3,7E+02 ± 2E+01	3,4E+02 ± 2E+01	4,1E+02 ± 2E+01	3,9E+02 ± 6E+00
Be-7	1,9E+02 ± 6E+00	3,0E+02 ± 1E+01	1,9E+02 ± 7E+00	2,6E+02 ± 9E+00	8,1E+01 ± 5E+00	6,0E+01 ± 4E+00	1,3E+02 ± 2E+00
I-131							
Cs-134							
Cs-137	5,0E+00 ± 2E-01	6,8E+00 ± 4E-01	6,4E+00 ± 4E-01	7,2E+00 ± 4E-01	6,8E+00 ± 5E-01	8,2E+00 ± 6E-01	6,3E+00 ± 1E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	< 1,4E-01 †	< 2,0E-01 †	5,1E-01 ± 3E-01	< 9,2E-02 †	8,2E-01 ± 3E-01	< 1,1E-01 †	1,9E-01 ± 7E-02 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T – HE 10
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	HE Brežice, nad jezom				
Vrsta vzorca	krap	krap	krap	podust	Povprečje za vzorčevalno mesto (*)
Datum vzor.	20. 3. 2018	6. 6. 2018	3. 9. 2018	2. 11. 2018	
Oznaka vzorca	RIHEJK118	RIHEJK218	RIHEJK318	RIHEJK418	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238		6,9E-01 ± 3E-01			1,7E-01 ± 6E-02
Ra-226	1,4E-01 ± 4E-02	2,4E-01 ± 4E-02	7,1E-01 ± 4E-02		2,7E-01 ± 2E-02
Pb-210	2,9E-01 ± 2E-01 ‡	3,2E-01 ± 3E-01 ‡	2,8E-01 ± 2E-01		2,2E-01 ± 1E-01
Ra-228	1,5E-01 ± 9E-02	1,4E-01 ± 9E-02	1,5E-01 ± 6E-02		1,1E-01 ± 3E-02
Th-228		1,1E-01 ± 8E-02		1,6E-01 ± 6E-02	6,8E-02 ± 2E-02
Th-230					
K-40	1,0E+02 ± 8E+00	1,3E+02 ± 8E+00	1,2E+02 ± 8E+00	9,9E+01 ± 7E+00	1,1E+02 ± 4E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	4,5E-02 †	5,0E-02 †	9,7E-02 ± 2E-02	8,4E-02 ± 2E-02	6,9E-02 ± 1E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	3,6E-01 ± 1E-01	1,0E-01 ± 4E-02	1,8E-01 ± 5E-02	8,1E-02 ± 4E-02	1,8E-01 ± 3E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2018 T – HE 11
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Krško		
Vrsta vzorca	klen	krap	Povprečje za vzorčevalno mesto (*)
Datum vzor.	6. 6. 2018	3. 9. 2018	
Oznaka vzorca	RIHEAP118	RIHEAP218	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)		
U-238			
Ra-226	3,6E-01 ± 4E-02	9,8E-02 ± 2E-02	2,3E-01 ± 2E-02
Pb-210			
Ra-228	3,8E-01 ± 7E-02	2,5E-01 ± 6E-02	3,2E-01 ± 6E-02
Th-228	1,9E-01 ± 7E-02	3,1E-01 ± 3E-01 ‡	2,5E-01 ± 3E-01
Th-230			
K-40	8,3E+01 ± 5E+00	1,2E+02 ± 7E+00	1,0E+02 ± 7E+00
Be-7			
I-131			
Cs-134			
Cs-137	3,5E-02 †	2,8E-02 †	3,1E-02 x
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
Sr-90	4,0E-01 ± 9E-02	3,7E-01 ± 7E-02	3,9E-01 ± 7E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.
(x) Pri meji detekcije se kot predpostavljena vrednost upošteva 1/4 meje detekcije, zato se negotovosti aritmetičnega povprečja za izbrano leto ne podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2018 T – HE 12
3. VRTINA VOP-1 – enkratni vzorci

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

Specifična analiza H-3 (**)

Vzorč. mesto	vrtina VOP-1/06						
Datum vzor.	16. 1. 2018	16. 2. 2018	16. 3. 2018	17. 4. 2018	17. 5. 2018	19. 6. 2018	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oznaka vzorca	K18VRP111	K18VRP121	K18VRP131	K18VRP141	K18VRP151	K18VRP161	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
H-3	1,4E+03 ± 1E+02	1,7E+03 ± 1E+02	1,4E+03 ± 1E+02	1,4E+03 ± 1E+02	9,8E+02 ± 1E+02	9,9E+02 ± 1E+02	1,3E+03 ± 5E+01

Vzorč. mesto	vrtina VOP-1/06						
Datum vzor.	17. 7. 2018	16. 8. 2018	18. 9. 2018	15. 10. 2018	15. 11. 2018	17. 12. 2018	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oznaka vzorca	K18VRP171	K18VRP181	K18VRP191	K18VRP1A1	K18VRP1B1	K18VRP1C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
H-3	8,9E+02 ± 1E+02	7,6E+02 ± 7E+01	8,3E+02 ± 1E+02	7,0E+02 ± 9E+01	8,3E+02 ± 8E+01	8,9E+02 ± 8E+01	1,1E+03 ± 3E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na IJS na Odseku F-2.

LETO 2018 T – HE 13
3. VRTINA V-12/77 – enkratni vzorci

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

Specifična analiza H-3 (**)

Vzorč. mesto	vrtina V-12/77						
Datum vzor.	16. 1. 2018	16. 2. 2018	16. 3. 2018	17. 4. 2018	17. 5. 2018	19. 6. 2018	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oznaka vzorca	K18VRP127711	K18VRP127721	K18VRP127731	K18VRP127741	K18VRP127751	K18VRP127761	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
H-3	1,2E+03 ± 1E+02	1,5E+03 ± 1E+02	1,2E+03 ± 1E+02	1,3E+03 ± 1E+02	1,2E+03 ± 2E+02	1,5E+03 ± 1E+02	1,3E+03 ± 5E+01

Vzorč. mesto	vrtina V-12/77						
Datum vzor.	17. 7. 2018	16. 8. 2018	18. 9. 2018	15. 10. 2018	15. 11. 2018	19. 12. 2018	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00	
Oznaka vzorca	K18VRP127771	K18VRP127781	K18VRP127791	K18VRP1277A1	K18VRP1277B1	K18VRP1277C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
H-3	8,9E+02 ± 9E+01	1,2E+03 ± 3E+02	1,3E+03 ± 1E+02	1,4E+03 ± 1E+02		1,6E+03 ± 1E+02	1,2E+03 ± 4E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na IJS na Odseku F-2.

LETO 2018 T – HE 14
3. VRTINA V-7/77 – enkratni vzorci

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana Slovenija

Specifična analiza H-3 (**)

Vzorč. mesto	vrtina V-7/77						
Datum vzor.	16. 1. 2018	16. 2. 2018	16. 3. 2018	17. 4. 2018	17. 5. 2018	19. 6. 2018	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oznaka vzorca	K18VRP77711	K18VRP77721	K18VRP77731	K18VRP77741	K18VRP77751	K18VRP77761	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
H-3	1,6E+03 ± 2E+02	2,0E+03 ± 3E+02	1,9E+03 ± 2E+02	1,7E+03 ± 2E+02	2,6E+03 ± 2E+02	2,8E+03 ± 3E+02	2,1E+03 ± 9E+01

Vzorč. mesto	vrtina V-7/77						
Datum vzor.	17. 7. 2018	16. 8. 2018	18. 9. 2018	15. 10. 2018	15. 11. 2018	17. 12. 2018	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oznaka vzorca	K18VRP77771	K18VRP77781	K18VRP77791	K18VRP777A1	K18VRP777B1	K18VRP777C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
H-3	2,0E+03 ± 2E+02	1,9E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 2E+02	1,4E+03 ± 2E+02	1,2E+03 ± 1E+02	1,2E+03 ± 1E+02	1,8E+03 ± 6E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na IJS na Odseku F-2.

TABELE
REZULTATOV
PRIMERJALNIH MERITEV

REZULTATI PREVERJANJA
IAEA-TEL-2018-04 ALMERA proficiency test on the determination of natural and artificial radionuclides in water and soil samples, IAEA, Terrestial Environment Laboratory

V maju 2018 je Terrestial Environment Laboratory z IAEA razposlal 3 vzorce umetno kontaminirane vode in vzorec zemlje za določanje vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov. Pri tem preverjanju je sodeloval IJS, Odsek F-2 pri določitvi sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama. Končne individualne rezultate smo prejeli oktobra 2018 *[Individual Evaluation Report for Laboratory No. 4 (IJS, Odsek F-2) for the ALMERA Proficiency Test IAEA-TEL-2018-04, IAEA, Terrestial Environment Laboratory, S. Tarjan, Seibersdorf, October 2018]*.

V sodnjih treh tabelah so zbrani rezultati analiz IJS (koda laboratorija 4 za Odsek F-2) in primerjave rezultatov z referenčnimi vrednostmi IAEA. Vzorec vode št. 3 je bil referenčni in je imel vnaprej podane vrednosti za vse radionuklide, zato v individualnem poročilu ni rezultatov za ta vzorec. ζ-test in relativni odmik za ta vzorec smo določili sami. Vzorec vode št. 2 je vseboval mešanico svežih fizijskih produktov, ki navadno niso v vzorcih (voda iz primarnega hladilnega kroga jedrske elektrarne). Za ta vzorec smo dobili dodatno navodilo (priporočilo), da ga izmerimo takoj s časom meritve najmanj 60 000 s, nato ponovno čez 15 dni s časom meritve med 80 000 s in 160 000 s, odvisno od izkoristka detektorja, ter po 30 dnevih s časom meritve najmanj 160 000 s. V vzorcu zemlje je bilo treba določiti naravne in umetne radionuklide.

IAEA je rezultate meritev ovrednotila na podlagi določitve relativnega odmika *Bias*:

$$Bias = \frac{Value_{reported} - Value_{target}}{Value_{target}} \cdot 100\ \%$$

Le-tega so primerjali z največjim dopustnim odmikom (*MARB*), ki je bil določen individualno za vsak posamezen radionuklid. Kadar je vrednost relativnega odmika manjša ali enaka MARB, je rezultat sprejemljiv glede na točnost (accuracy).

$$P = \sqrt{\left(\frac{U_{target}}{Value_{target}}\right)^2 + \left(\frac{U_{reported}}{Value_{reported}}\right)^2} \cdot 100\ \%$$

$|Bias| \leq k \cdot P,\ \ k = 2{,}58$

Če je $|Bias| \leq k \cdot P$ in $P \leq MARB$, je rezultat interkomparacije sprejemljiv glede na preciznost (precision).

Dodaten kriterij, ki ga IAEA uporablja za primerjavo rezultatov, je Z-preskus:

$$Z = \left|\frac{Value_{reported} - Value_{target}}{\sigma}\right|$$

kjer je σ standardna deviacija rezultatov sodelujočih pri interkomparaciji brez ubežnikov *"outlierjev"*. Kriteriji za ovrednotenje so:

$Z < 2$: acceptable, $2 \leq Z \leq 3$: warning, $Z > 3$: not acceptable

Poleg tega smo sami naredili še ζ-preskus:

$$\zeta\text{-preskus} = \frac{Value_{reported} - Value_{target}}{\sqrt{{u_{reported}}^2 + {u_{target}}^2}}$$

REZULTATI IJS (Odsek F-2):

	IAEA-TEL-2018-04 Sample 01, Spiked Water analize IJS, opravljene ***maja in junija 2018,*** individualni rezultati objavljeni ***oktobra 2018***					
IZOTOP	**IAEA**	**IJS Lab. No. 4**	**Rel. Bias %**	**ζ-preskus**	**Z-preskus**	**Končna ocena**
	(Bq/kg)					
Am-241	29,3 ± 0,2	30,2 ± 1,2	3,07	–0,74	0,47	A
Ba-133	28,6 ± 0,2	28,9 ± 0,9	1,05	–0,33	0,16	A
Co-60	97,6 ± 0,8	101 ± 3	3,48	–1,10	0,85	A
Cs-134	58,2 ± 0,3	57,4 ± 1,8	–1,37	0,44	0,31	A
Cs-137	29 ± 0,2	28 ± 1	–3,45	0,98	0,91	A
Pb-210	95,6 ± 0,9	109 ± 4	14,02	–3,27	1,54	W

	IAEA-TEL-2018-04 Sample 02, Spiked Water analize IJS, opravljene ***maja in junija 2018,*** individualni rezultati objavljeni ***oktobra 2018***					
IZOTOP	**IAEA**	**IJS Lab. No. 4**	**Rel. Bias %**	**ζ-preskus**	**Z-preskus**	**Končna ocena**
	(Bq/kg)					
Be-7	440 ± 12	450 ± 20	2,27	–0,43	0,33	A
Na-24	21 900 ± 600	$T_{1/2}$ = 14,96 h				
K-42	444 000 ± 17 000	$T_{1/2}$ = 12,40 h				
Mn-54	61,3 ± 1,4	66,5 ± 2,0	8,48	–2,13	1,73	A
Co-58	15,5 ± 1,2	17,5 ± 0,7	12,90	–1,44	1,33	A
Co-60	14,3 ± 0,6	17,0 ± 0,5	18,88	–3,46	1,35	W
Br-82	224 ± 8	273 ± 19	21,88	–2,38	2,28	W
Rb-86	240 ± 7	263 ± 8	9,58	–2,16	1,14	A
Mo-99	470 ± 15	470 ± 20	0,00	0,00	0,00	A
I-131	241 ± 7	255 ± 9	5,81	–1,23	0,82	A
I-133	2760 ± 70	$T_{1/2}$ = 20,87 h				
Cs-134	3010 ± 60	3020 ± 90	0,33	–0,09	0,07	A
Cs-136	29,2 ± 0,7	33,5 ± 1,3	14,73	–2,91	1,26	W
Cs-137	2010 ± 40	1990 ± 60	–1,00	0,28	0,28	A
W-187	425 ± 23	$T_{1/2}$ = 23,72 h				

	IAEA-TEL-2018-04 **Sample 04, Soil sample** analize IJS, opravljene ***maja in septembra 2018,*** individualni rezultati objavljeni ***oktobra 2018***					
IZOTOP	**IAEA**	**IJS** **Lab. No. 4**	**Rel. Bias** **%**	**ζ-preskus**	**Z-preskus**	**Končna ocena**
	(Bq/kg)					
K-40	374 ± 15	402 ± 24	7,49	–0,99	0,85	A
Co-60	141,8 ± 2,7	150 ± 5	5,78	–1,44	0,99	A
Ba-133	56,8 ± 0,9	57 ± 2	0,35	–0,09	0,03	A
Cs-134	112,2 ±1,6	110 ± 3,3	–1,96	0,60	0,24	A
Cs-137	64,9 ± 1,2	63 ± 2	–2,93	0,81	0,48	A
Tl-208	11,7 ± 0,4	11,8 ± 0,5	0,85	–0,16	0,08	A
Pb-210	485 ± 11,6	531 ± 22	9,48	–1,85	0,55	A
Pb-212	32,6 ± 1,3	34,7 ± 1,2	6,44	–1,19	0,68	A
Pb-214	31,2 ± 1,5	32,7 ± 1,0	4,81	–0,83	0,44	A
Bi-214	31,2 ± 1,5	31,5 ± 1,2	0,96	–0,16	0,05	A
Ra-226	31,2 ± 1,5	32,9 ± 3,7	5,45	–0,43	0,09	A
Ra-228	32,6 ± 1,3	33,9 ± 1,0	3,99	–0,79	1,00	A
Th-234	25 ± 1,7	25,9 ± 2,6	3,60	–0,29	0,20	A
U-238	25,0 ± 1,7	29,8 ± 3,5	19,20	–1,23	0,83	A
Am-241	53,1 ± 0,9	55 ± 2	3,58	–0,87	0,30	A

REZULTATI PREVERJANJA
IAEA-TEL-2018-03 World-wide open proficiency test on the determination of natural and artificial radionuclides in water and soil samples, IAEA, Terrestial Environment Laboratory

V maju 2018 je Terrestial Environment Laboratory z IAEA razposlal 3 vzorce umetno kontaminirane vode in vzorec zemlje za določanje vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov. Pri tem preverjanju so sodelovali IJS, Odsek F-2 pri določitvi sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama v vzorcih vode in zemlje, IJS, Odsek O-2 pri določitvi vsebnosti Sr-90 v vzorcu vode, IRB in ZVD pa pri določitvi sevalcev gama in Sr-90 v vzorcih vode in zemlje. Končne individualne rezultate so IJS in IRB in prejeli oktobra 2018, ZVD pa novembra 2018 *[Individual Evaluation Report for Laboratory No. 125 (IJS, Odsek F-2) for the World-Wide OpenProficiency Test IAEA-TEL-2018-03; Individual Evaluation Report for Laboratory No. 140 (IJS, Odsek O-2) for the Proficiency Test IAEA-TEL-2018-03; Individual Evaluation Report for Laboratory No. 236 (IRB) for the World-Wide Open Proficiency Test IAEA-TEL-2018-03 in Individual Evaluation Report for Laboratory No. 76 (ZVD) for the Proficiency Test IAEA-TEL-2018-03, IAEA, Terrestial Environment Laboratory, S. Tarjan, Seibersdorf, October / November 2018]*.

V prvih štirih tabelah v nadaljevanju so zbrani rezultati analiz IJS, Odsek F-2 (koda laboratorija 125), sledijo pa jim tabela z rezultati IJS, Odsek O-2 (koda laboratorija 140) ter po 3 tabele za IRB (koda laboratorija 236) in ZVD (koda laboratorija 76). V vseh tabelah so tudi primerjave rezultatov z referenčnimi vrednostmi IAEA. Vzorec vode št. 3 je bil referenčni in je imel vnaprej podane vrednosti za vse radionuklide, zato v individualnem poročilu ni rezultatov za ta vzorec. ζ-test in relativn odmik za rezultate IJS, Odsek F-2 za ta vzorec smo določili sami. Vzorec vode št. 2 je vseboval mešanico svežih fizijskih produktov, ki navadno niso v vzorcih (voda iz primarnega hladilnega kroga jedrske elektrarne). Za ta vzorec smo dobili dodatno navodilo (priporočilo), da ga izmerimo takoj s časom meritve najmanj 60 000 s, nato ponovno čez 15 dni s časom meritve med 80 000 s in 160 000 s, odvisno od izkoristka detektorja, ter po 30 dnevih s časom meritve najmanj 160 000 s. V vzorcu zemlje je bilo treba določiti naravne in umetne radionuklide.

IAEA je rezultate meritev ovrednotila na podlagi določitve relativnega odmika *Bias*:

$$Bias = \frac{Value_{reported} - Value_{target}}{Value_{target}} \cdot 100\ \%$$

Le-tega so primerjali z največjim dopustnim odmikom (*MARB*), ki je bil določen individualno za vsak posamezen radionuklid. Kadar je vrednost relativnega odmika manjša ali enaka MARB, je rezultat sprejemljiv glede na točnost (accuracy).

$$P = \sqrt{\left(\frac{U_{target}}{Value_{target}}\right)^2 + \left(\frac{U_{reported}}{Value_{reported}}\right)^2} \cdot 100\ \%$$

$|Bias| \leq k \cdot P,\ \ k = 2{,}58$

Če je $|Bias| \leq k \cdot P$ in $P \leq MARB$, je rezultat interkomparacije sprejemljiv glede na preciznost (precision).

Dodaten kriterij, ki ga IAEA uporablja za primerjavo rezultatov, je Z-preskus:

$$Z = \left|\frac{Value_{reported} - Value_{target}}{\sigma}\right|$$

kjer je σ standardna deviacija rezultatov sodelujočih pri interkomparaciji brez ubežnikov *"outlierjev"*. Kriteriji za ovrednotenje so:

$Z < 2$: acceptable, $2 \leq Z \leq 3$: warning, $Z > 3$: not acceptable

Poleg tega smo sami naredili še ζ-preskus:

$$\zeta\text{-preskus} = \frac{Value_{reported} - Value_{target}}{\sqrt{{u_{reported}}^2 + {u_{target}}^2}}$$

REZULTATI IJS (Odsek O-2):

	IAEA-TEL-2018-03 Sample 01, Spiked Water analize IJS, Odsek O-2, opravljene ***od junija do avgusta 2018,*** individualni rezultati objavljeni ***oktobra 2018***				
IZOTOP	**IAEA**	**IJS, Odsek O-2 Lab. No. 140**	**Rel. bias (%)**	***Z*-preskus**	**Končna ocena**
	(Bq/kg)				
Sr-90	9,7 ± 0,1	9,92 ± 0,57	2,27	0,16	A

REZULTATI IJS (Odsek F-2):

	IAEA-TEL-2018-03 Sample 03, Spiked Water, QC sample analize IJS, opravljene ***avgusta in septembra 2018***				
IZOTOP	**IAEA**	**IJS Lab. No. 125**	**Rel. Bias %**	**ζ-preskus**	**Končna ocena**
	(Bq/kg)				
Cs-134	35,7 ± 0,4	35,5 ± 1,1	–0,56	0,17	A
Cs-137	16,1 ± 0,2	16,7 ± 0,5	3,73	–1,11	A
Pb-210	47,9 ± 0,5	50,7 ± 4,5	5,85	–0,62	A

	IAEA-TEL-2018-03 Sample 01, Spiked Water analize IJS, opravljene ***avgusta in septembra 2018,*** individualni rezultati objavljeni ***oktobra 2018***					
IZOTOP	**IAEA**	**IJS Lab. No. 125**	**Rel. Bias %**	**ζ-preskus**	***Z*-preskus**	**Končna ocena**
	(Bq/kg)					
Co-60	97,6 ± 0,8	103 ± 3	5,53	–1,74	1,35	A
Ba-133	28,6 ± 0,2	28,8 ± 0,9	0,7	–0,22	0,11	A
Cs-134	58,2 ± 0,3	57,5 ± 1,7	–1,2	0,41	0,27	A
Cs-137	29,0 ± 0,2	29,3 ± 0,9	1,03	–0,33	0,27	A
Pb-210	95,6 ± 0,9	106 ± 20	10,88	–0,52	1,2	W
Am-241	29,3 ± 0,2	31,7 ± 1,3	8,19	–1,82	1,26	A

	IAEA-TEL-2018-03 Sample 02, Spiked Water analize IJS, opravljene ***julija in avgusta 2018,*** individualni rezultati objavljeni ***oktobra 2018***					
IZOTOP	**IAEA**	**IJS Lab. No. 125**	**Rel. Bias %**	**ζ-preskus**	***Z*-preskus**	**Končna ocena**
	(Bq/kg)					
Be-7	440 ± 12	462 ± 30	5,00	–0,68	0,72	A
Na-24	21 900 ± 600	$T_{1/2}$ = 14,96 h				
K-42	444 000 ± 17 000	$T_{1/2}$ = 12,40 h				
Mn-54	61,3 ± 1,4	64 ± 2	4,40	–1,11	0,90	A
Co-58	15,5 ± 1,2	16,6 ± 1,0	7,10	–0,70	0,73	A
Co-60	14,3 ± 0,6	19,8 ± 1,4	38,46	–3,61	2,75	N
Br-82	224 ± 8	$T_{1/2}$ = 1,47 d				
Rb-86	240 ± 7	263 ± 80	9,58	–0,29	1,14	W
Mo-99	470 ± 15	484 ± 17	2,98	–0,62	0,28	A
Sb-124	33,5 ± 0,7	32,4 ± 1,1	–3,28	0,84	0,33	A
I-131	241 ± 7	273 ± 11	13,28	–2,45	1,87	W
I-133	2 760 ± 70	$T_{1/2}$ = 20,87 h				
Cs-134	3 010 ± 60	3 020 ± 90	0,33	–0,09	0,07	A
Cs-136	29,2 ± 0,7	33,5 ± 1,6	14,73	–2,46	1,26	W
Cs-137	2 010 ± 40	2 010 ± 70	0,00	0,00	0,00	A
W-187	425 ± 23	$T_{1/2}$ = 23,72 h				

	IAEA-TEL-2018-03 Sample 04, Soil sample analize IJS, opravljene ***avgusta in septembra 2018,*** individualni rezultati objavljeni ***oktobra 2018***					
IZOTOP	**IAEA**	**IJS Lab. No. 125**	**Rel. Bias %**	**ζ-preskus**	***Z*-preskus**	**Končna ocena**
	(Bq/kg)					
K-40	374 ± 15	420 ± 19	12,3	–1,90	1,4	A
Co-60	141,8 ± 2,7	153 ± 5	7,9	–1,97	1,35	A
Ba-133	56,8 ± 0,9	55,8 ± 3,3	–1,76	0,29	0,17	A
Cs-134	112,2 ± 1,6	114,4 ± 4	1,6	–0,51	0,2	A
Cs-137	64,9 ± 1,2	67 ± 2	3,24	–0,90	0,52	A
Pb-210	485 ± 11,6	517 ± 27	6,6	–1,09	0,39	A
Ra-226	31,2 ± 1,5	34,6 ± 1,2	10,90	–1,77	0,18	A
Ra-228	32,6 ± 1,3	35,7 ± 1,1	9,51	–1,82	2,38	A
Th-228	32,6 ± 1,3	34,5 ± 1,0	5,83	–1,16	1,46	A
U-238	25 ± 1,7	29,3 ± 2,7	17,2	–1,35	0,74	A
Am-241	53,1 ± 0,9	52,7 ± 2,3	–0,75	016	0,06	A

REZULTATI IRB:

	IAEA-TEL-2018-03 Sample 01, Spiked Water analize IRB, opravljene ***od junija do septembra 2018,*** individualni rezultati objavljeni ***oktobra 2018***				
IZOTOP	**IAEA**	**IRB Lab. No. 236**	**Rel. Bias %**	***Z*-preskus**	**Končna ocena**
	(Bq/kg)				
Co-60	97,6 ± 0,8	98,9 ± 4,0	1,33	0,33	A
Ba-133	28,6 ± 0,2	30,3 ± 1,5	5,94	0,89	A
Cs-134	58,2 ± 0,3	58,2 ± 2,3	0,00	0,00	A
Cs-137	29,0 ± 0,2	29,1 ± 1,7	0,34	0,09	A
Pb-210	95,6 ± 0,9	100,8 ± 10,4	5,44	0,60	A
Am-241	29,3 ± 0,2	28,8 ± 2,2	–1,71	0,26	A
Sr-89	93,8 ± 1,4	97,6 ± 9,0	4,05	0,21	A
Sr-90	9,7 ± 0,1	8,8 ± 1,0	–9,28	0,64	A

	IAEA-TEL-2018-03 Sample 02, Spiked Water analize IRB, opravljene ***od junija do septembra 2018,*** individualni rezultati objavljeni ***oktobra 2018***				
IZOTOP	**IAEA**	**IRB Lab. No. 236**	**Rel. Bias %**	***Z*-preskus**	**Končna ocena**
	(Bq/kg)				
Be-7	440 ± 12	460,1 ± 29,0	4,57	0,66	A
Mn-54	61,3 ± 1,4	63,5 ± 3,4	3,59	0,73	A
Co-58	15,5 ± 1,2	14,6 ± 1,3	–5,81	0,60	A
Co-60	14,3 ± 0,6	15,3 ± 0,9	6,99	0,50	A
Sb-124	33,5 ± 0,7	31,1 ± 2,2	–7,16	0,73	A
I-131	241 ± 7	234,4 ± 41,4	–2,74	0,39	A
Cs-134	3 010 ± 60	3 117,1 ± 104,7	3,56	0,70	A
Cs-136	29,2 ± 0,7	30,8 ± 3,5	5,48	0,47	A
Cs-137	2 010 ± 40	2 045,7 ± 112,7	1,78	0,50	A

	IAEA-TEL-2018-03 Sample 04, Soil sample analize IRB, opravljene ***od junija do septembra 2018,*** individualni rezultati objavljeni ***oktobra 2018***				
IZOTOP	**IAEA**	**IRB Lab. No. 236**	**Rel. Bias %**	***Z*-preskus**	**Končna ocena**
	(Bq/kg)				
K-40	374 ± 15	404,8 ± 17,3	8,24	0,94	A
Co-60	141,8 ± 2,7	149,8 ± 4,3	5,64	0,96	A
Ba-133	56,8 ± 0,9	63,4 ± 4,5	11,62	1,12	A
Cs-134	112,2 ± 1,6	113,9 ± 4,9	1,52	0,19	A
Cs-137	64,9 ± 1,2	67,6 ± 4,1	4,16	0,67	A
Pb-210	485 ± 11,6	461,5 ± 46,4	–4,85	0,28	A
Ra-226	31,2 ± 1,5	30,8 ± 1,4	–1,28	0,02	A
Am-241	53,1 ± 0,9	52,4 ± 5,3	–1,32	0,11	A

REZULTATI ZVD:

	IAEA-TEL-2018-03 Sample 01, Spiked Water analize ZVD, opravljene ***od maja do septembra 2018,*** individualni rezultati objavljeni ***novembra 2018***				
IZOTOP	**IAEA**	**ZVD Lab. No. 76**	**Rel. Bias %**	***Z*-preskus**	**Končna ocena**
	(Bq/kg)				
Co-60	97,6 ± 0,8	99,7 ± 5,6	2,15	0,53	A
Ba-133	28,6 ± 0,2	26,5 ± 1,6	–7,34	1,11	A
Cs-134	58,2 ± 0,3	59,9 ± 3,3	2,92	0,65	A
Cs-137	29,0 ± 0,2	30,1 ± 2,4	3,79	1,00	A
Pb-210	95,6 ± 0,9	88,8 ± 10,6	–7,11	0,78	A
Am-241	29,3 ± 0,2	28,1 ± 2,9	–4,10	0,63	A
Sr-89	93,8 ± 1,4	76,0 ± 56,0	–18,98	0,97	W
Sr-90	9,7 ± 0,1	10,7 ± 0,9	10,31	0,71	A

	IAEA-TEL-2018-03 Sample 02, Spiked Water analize ZVD, opravljene ***od maja do septembra 2018,*** individualni rezultati objavljeni ***novembra 2018***				
IZOTOP	**IAEA**	**ZVD Lab. No. 76**	**Rel. Bias %**	***Z*-preskus**	**Končna ocena**
	(Bq/kg)				
Be-7	440 ± 12	458 ± 33	4,09	0,59	A
Mn-54	61,3 ± 1,4	61 ± 4	–0,49	0,10	A
Co-58	15,5 ± 1,2	12,8 ± 1,4	–17,42	1,8	A
Co-60	14,3 ± 0,6	18,1 ± 0,9	26,57	1,9	W
I-131	241 ± 7	258 ± 28	7,05	0,99	A
Cs-134	3 010 ± 60	3 057 ± 118	1,56	0,31	A
Cs-136	29,2 ± 0,7	30,4 ± 2,1	4,11	0,35	A
Cs-137	2 010 ± 40	1 996 ± 123	–0,70	0,20	A

	IAEA-TEL-2018-03 Sample 04, Soil sample analize ZVD, opravljene ***od maja do septembra 2018,*** individualni rezultati objavljeni ***novembra 2018***				
IZOTOP	**IAEA**	**ZVD Lab. No. 76**	**Rel. Bias %**	***Z*-preskus**	**Končna ocena**
	(Bq/kg)				
K-40	374 ± 15	383 ± 21	2,41	0,27	A
Co-60	141,8 ± 2,7	145 ± 5	2,26	0,39	A
Ba-133	56,8 ± 0,9	56 ± 2	–1,41	0,14	A
Cs-134	112,2 ± 1,6	114 ± 3	1,60	0,20	A
Cs-137	64,9 ± 1,2	66 ± 2	1,69	0,27	A
Pb-210	485 ± 11,6	468 ± 37	–3,51	0,21	A
Ra-226	31,2 ± 1,5	26,9 ± 0,9	–13,78	0,23	A
Ra-228	32,6 ± 1,3	32,6 ± 1,2	0,00	0,00	A
Th-228	32,6 ± 1,3	30,0 ± 1,1	–7,98	2,00	A
U-238	25 ± 1,7	22,2 ±4,4	–11,20	0,48	W
Am-241	53,1 ± 0,9	53,0 ± 2,0	–0,19	0,02	A

REZULTATI PREVERJANJA

IAEA Proficiency test exercise 2017
Mediterranean sea water spiked with H-3, Sr-90, Cs-134 and Cs-137,
IAEA-RML-2017-01
IAEA, NAEL, Environmenal laboratories, Monaco

V drugi polovici leta 2017 je IAEA (NAEL, Monaco) razposlala vzorec morske vode iz Mediterana, kontaminirane s H-3, Sr-90, Cs-134 in Cs-137. Pri tem preverjanju je Odsek O-2 sodeloval pri določitvi vsebnosti stroncija Sr-90 in tritija H-3. Odsek O-2 je poročilo prejel januarja 2018.

V naslednji tabeli sta prikazana rezultata analiz IJS, Odsek O-2 (koda laboratorija 67), za H-3 in Sr-90 in primerjava z referenčnima vrednostima IAEA.

Izračun kriterija za primerjavo rezultatov:

$$P = \sqrt{\left(\frac{U_{target}}{Value_{target}}\right)^2 + \left(\frac{U_{reported}}{Value_{reported}}\right)^2} \cdot 100\ \%$$

Če je $P \leq 25\ \%$, je rezultat interkomparacije sprejemljiv glede na preciznost (precision).

REZULTATI IJS (Odsek O-2):

IAEA-RML-2017-01 Spiked Mediterranean Seawater analize IJS, opravljene ***oktobra in novembra 2017,*** individualni rezultati objavljeni ***januarja 2018***					
IZOTOP	**IAEA**	**IJS Lab. No. 67**	**Rel. bias (%)**	***P* (%)**	**Končna ocena**
	(Bq/kg)				
H-3	3,12 ± 0,06	2,80 ± ,20	–10	7,4	A
Sr-90	0,274 4 ± 0,000 19	0,260 ± 0,020	–5	7,7	A

REZULTATI PREVERJANJA

TRIC 2018
H-3 inercomparison test,
IAEA, Isotope Hydrology Laboratory

Julija 2018 je Isotope Hydrology Laboratory z IAEA priredil primerjalne meritve za določitev vsebnosti tritija v vodi. Razposlali so 7 vzorcev vod.

Končne individualne rezultate sta oba laboratoija na IJS prejela marca 2019 *[TRIC 2018 ^{3}H intercomparison test laboratory report, IAEA, Isotope Hydrology Laboratory, L. Copia, Vienna, March 2018]*. V tabelah v nadaljevanju so zbrani rezultati analiz IJS, Odsek F-2 (koda laboratorija KOAO) in IJS, Odsek O-2 (koda laboratorija IBRT) ter primerjave rezultatov z referenčnimi vrednostmi IAEA.

REZULTATI IJS (Odsek F-2):

	IAEA-TRIC 2018 **H-3 Intercomparison, water samples** analize IJS, Odsek F-2, opravljene ***od julija do septembra 2018,*** individualni rezultati objavljeni ***marca 2019***					
SAMPLE	**IAEA**	**IJS, Odsek F-2 Lab. token KOAO**	**Rel. Bias %**	**ζ-preskus**	**Z-preskus**	**Končna ocena**
	(Bq/kg)					
T28	0,000	below MDA	–	–	–	–
T29	0,499 ± 0,002	0,63 ± 0,1	26,15	1,31	1,31	A
T30	2,001 ± 0,008	2,28 ± 0,24	13,95	1,16	2,79	Q
T31	7,007 ± 0,027	6,96 ± 0,58	−0,66	−0,08	−0,22	A
T32	40,82 ± 0,16	40,3 ± 3,2	−1,28	−0,16	−0,26	A
T33	120,04 ± 0,46	121 ± 3,8	0,80	0,25	0,27	A
T34	499,75 ± 1,81	489 ± 15	2,15	−0,71	−1,43	A

REZULTATI IJS (Odsek O-2):

	IAEA-TRIC 2018 **H-3 Intercomparison, water samples** analize IJS, Odsek O-2, opravljene ***decembra 2018,*** individualni rezultati objavljeni ***marca 2019***					
SAMPLE	**IAEA**	**IJS, Odsek O-2 Lab. token IBRT**	**Rel. Bias %**	**ζ-preskus**	***Z*-preskus**	**Končna ocena**
	(Bq/kg)					
T28	0,000	<2,1	–	–	–	–
T29	0,499 ± 0,002	<2,2	–	–	–	–
T30	2,001 ± 0,008	<2,2	–	–	–	–
T31	7,007 ± 0,027	6,5 ± 1,1	−7,23	−0,46	−2,41	Q
T32	40,82 ± 0,16	52 ± 11	27,38	1,02	5,48	N
T33	120,04 ± 0,46	125 ± 7	4,13	0,71	1,38	A
T34	499,75 ± 1,81	503 ± 19	0,65	0,17	0,43	A

REZULTATI PREVERJANJA

JRC Geel EC 2017
EC interlaboratory comparison on
I-131, Cs-134 and Cs-137 in maize powder
EC, JRC, Geel, Belgium

V letu 2017 sta IJS (Odsek F-2) in ZVD sodelovala pri preskusnih meritvah vsebnosti I-131, Cs-134 in Cs-137 v vzorcu koruze v prahu, ki jih je organiziral JRC Geel iz Belgije v okviru Evropske skupnosti. Vzorci so bili poslani in pripravljeni v prvi polovici 2017. Meritve so bile opravljene junija in julija 2017, preliminarne grafične rezultate pa smo prejeli oktobra 2017, rezultate v elektronski obliki pa marca 2018. Številka laboratorija IJS, Odsek F-2, je 92: ZVD je imel številko 96.

V spodnji tabeli so zbrani rezultati analiz IJS (Odsek F-2) in ZVD ter primerjava z referenčnimi vrednostmi in ζ-preskusom. Vse negotovosti so podane s faktorjem pokritja $k = 1$.

REZULTATI IJS (Odsek F-2)

Radionuklid	JRC Geel	IJS, Odsek F-2 Lab. No. 92	ζ-preskus	Rel. bias (%)	Končna ocena
	(Bq/kg)				
	meritve, opravljene ***junija in julija 2017,*** rezultati objavljeni ***marca 2018***				
I-131	191 ± 4	193 ± 6	–0,20	–1,05	A
Cs-134	901 ± 12	902 ± 27	–0,03	–0,11	A
Cs-137	547 ± 7	550 ± 17	–0,14	–0,55	A
K-40	101 ± 5	110 ± 6	–0,83	–8,91	A

REZULTATI ZVD

Radionuklid	JRC Geel	ZVD Lab. No. 96	ζ-preskus	Rel. bias (%)	Končna ocena
	(Bq/kg)				
	meritve, opravljene ***junija in julija 2017,*** rezultati objavljeni ***marca 2018***				
I-131	191 ± 4	210,9 ± 13,6	–2,47	–10,42	W
Cs-134	901 ± 12	986,1 ± 38,1	–3,79	–9,45	W
Cs-137	547 ± 7	602,1 ± 30,1	–3,33	–10,07	W
K-40	101 ± 5	104 ± 25	–0,22	–2,97	A

KONČNI REZULTATI MEDNARODNE PRIMERJAVE
ENVIRONMENTAL RADIOACTIVITY COMPARISON EXERCISE 2017
NPL – Velika Britanija

AB, B1 – kontaminirani vodni raztopini

V juniju 2018 je bilo izdano končno poročilo za mednarodne primerjalne meritve *"Environmental Radioactivity Comparison Exercise 2017" [NPL REPORT IR 47, Environmental Radioactivity Proficiency Test Exercise 2017, J. Dean, P. Aitken-Smith, S. Collins and L. Keightley, June 2018]*, kjer je sodeloval Odsek O-2 z IJS (koda laboratorija 106) pri meritvah vzorcev kontaminiranih vodnih raztopin B1 in AB, kjer so določili vsebnosti H-3, C-14 in Sr-90. Končni rezultati analiz in primerjave z referenčnimi vrednostmi NPL so zbrane v naslednjih preglednicah. Pri statističnih ocenah so bile uporabljene naslednje zveze:

$$odmik = \frac{Value_{reported} - Value_{target}}{Value_{target}} \cdot 100\ \%$$

$$\zeta\text{-preskus} = \frac{Value_{reported} - Value_{target}}{\sqrt{{u_{reported}}^2 + {u_{target}}^2}}$$

$$z\text{-preskus} = \frac{Value_{reported} - Value_{target}}{0{,}05823\ \cdot Value_{target}}$$

REZULTATI IJS, Odsek O-2:

NPL – AB / Lab Code 106 **kontaminirana vodna raztopina** analize IJS, Odsek O-2, opravljene ***od marca do maja 2018*** končno poročilo objavljeno ***junija 2018***					
IZOTOP	**NPL**	**IJS**	odmik (%)	zeta-preskus	Z-preskus
	(Bq/kg)				
H-3	16,85 ± 0,21	16,22 ± 0,24	−3,7	−1,98	−0,64
Sr-90	2,292 ± 0,010	2,28 ± 0,2	−0,5	−0,06	−0,09

NPL – B1 / Lab Code 106 **kontaminirana vodna raztopina** analize IJS, Odsek O-2, opravljene ***od marca do aprila 2018*** končno poročilo objavljeno ***junija 2018***					
IZOTOP	**NPL**	**IJS**	odmik (%)	zeta-preskus	Z-preskus
	(Bq/kg)				
H-3	0,3049 ± 0,0046	0,2990 ± 0,0053	−1,9	−0,84	−0,33
C-14	0,2404 ± 0,0016	0,235 ± 0,015	−2,2	−0,36	−0,39

REZULTATI PREVERJANJA

IARMA ERAD-PT-2018
Environmental Radioactivity Proficiency Test on the Determination of Natural and Anthropogenic Radionuclides in Hay and Water
International Atomic Reference Material Agency (IARMA), Thurso, Highland, United Kingdom

V letu 2018 je IARMA, International Atomic Reference Material Agency iz Združenega kraljestva, priredila primerjalne meritve, kjer je bilo treba v 3 vzorcih umetno kontaminirane vode in enem vzorcu zemlje določiti vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov. Pri tem preverjanju je Odsek F-2 sodeloval pri določitvi sevalcev gama v vzorcih vod in zemlje z visokoločljivostno spektrometrijo gama. Individualna poročila so prejeli oktobra 2018 *[IARMA ERAD-PT-2018, Environmental Radioactivity Proficiency Test on the Determination of Natural and Anthropogenic Radionuclides in Hay and Water, Individual Evaluation Report for Laboratory Code 05, International Atomic Reference Material Agency (IARMA), Thurso, Highland, United Kingdom, oktober 2018]*.

V naslednjih 4 tabelah so zbrani rezultati analiz IJS (koda laboratorija 05 za Odsek F-2), primerjave z referenčnimi vrednostmi IARMA za umetne in naravne radionuklide v 3 vzorcih kontaminirane vode in enem vzorcu zemlje.

REZULTATI IJS (Odsek F-2):

IARMA ERAD-PT-2018
Sample IARMA-066, Water Sample

analize IJS, opravljene ***julija in avgusta 2018,*** končni rezultati objavljeni ***oktobra 2018***

IZOTOP	IARMA	IJS Lab. No. 05	Rel. Bias %	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)				
Co-57	0,67 ± 0,2	0,72 ± 0,05	7,5	0,7	A
Co-60	8,18 ± 0,25	8,84 ± 0,27	8,1	0,8	A
Ba-133	1,86 ± 0,06	1,77 ± 0,14	–4,8	–0,5	A
Cs-137	1,04 ± 0,03	1,13 ± 0,05	8,7	0,9	A
Pb-210	4,50 ± 0,23	4,40 ± 1,00	–2,2	–0,2	A
Ra-226	2,23 ± 0,12	2,00 ± 0,40	–10,3	–1,0	A
Am-241	2,04 ± 0,07	2,27 ± 0,07	11,3	1,1	A

IARMA ERAD-PT-2018
Sample IARMA-067, Water Sample

analize IJS, opravljene ***julija in avgusta 2018,*** končni rezultati objavljeni ***oktobra 2018***

IZOTOP	IARMA	IJS Lab. No. 05	Rel. Bias %	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)				
Co-57	1,23 ± 0,04	1,38 ± 0,09	12,2	1,2	A
Co-60	4,96 ± 0,15	5,32 ± 0,16	7,3	0,7	A
Ba-133	3,28 ± 0,10	3,23 ± 0,11	–1,5	–0,2	A
Cs-137	2,70 ± 0,08	2,70 ± 0,08	0,0	0,0	A
Pb-210	8,50 ± 0,40	11,00 ± 1,80	29,4	2,9	W
Ra-226	6,14 ± 0,18	6,50 ± 0,50	5,9	0,6	A
Am-241	3,80 ± 0,11	4,20 ± 0,13	10,5	1,1	A

IARMA ERAD-PT-2018
Sample IARMA-068, Water Sample

analize IJS, opravljene ***avgusta in septembra 2018,*** končni rezultati objavljeni ***oktobra 2018***

IZOTOP	IARMA	IJS Lab. No. 05	Rel. Bias %	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)				
Co-57	2,98 ± 0,09	3,10 ± 0,10	4,0	0,4	A
Co-60	8,65 ± 0,26	9,23 ± 0,28	6,7	0,7	A
Ba-133	10,27 ± 0,31	10,15 ± 0,30	–1,2	–0,1	A
Cs-137	5,57 ± 0,17	5,26 ± 0,16	–5,6	–0,6	A
Pb-210	23,9 ± 1,1	24,30 ± 0,80	1,7	0,2	A
Ra-226	10,10 ± 0,30	11,50 ± 0,70	13,9	1,4	A
Am-241	12,40 ± 0,40	13,30 ± 0,40	7,3	0,7	A

IARMA ERAD-PT-2018
Sample IARMA-065, Hay Sample

analize IJS, opravljene ***junija 2018,*** končni rezultati objavljeni ***oktobra 2018***

IZOTOP	IARMA	IJS Lab. No. 05	Rel. Bias %	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)				
Co-60	88 ± 3	94 ± 3	6,8	0,7	A
Ba-133	48,5 ± 1,5	47,7 ± 1,5	–1,6	–0,2	A
Cs-137	457 ± 14	457 ± 14	0,0	0,0	A
Am-241	125 ± 4	135 ± 4	8,0	0,8	A

REZULTATI PREVERJANJA

IARMA ETRIT-PT-2018
Environmental Radioactivity Proficiency Test on the Determination of Tritium in Water
International Atomic Reference Material Agency (IARMA), Thurso, Highland, United Kingdom

V letu 2018 je IARMA, International Atomic Reference Material Agency iz Združenega kraljestva, priredila primerjalne meritve, kjer je bilo treba v 6 vzorcih umetno kontaminirane vode določiti vsebnosti tritija. Pri tem preverjanju je sodeloval Laboratorij za tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo z *Odseka F-2*. Individualna poročila so prejeli oktobra 2018 *[IARMA ETRIT-PT-2018, Environmental Radioactivity Proficiency Test on the Determination of Tritium in Water, Individual Evaluation Report for Laboratory Code 14, International Atomic Reference Material Agency (IARMA), Thurso, Highland,United Kingdom, oktober 2018]*.

V naslednji tabeli so zbrani rezultati analiz IJS (koda laboratorija 14 za *Odsek F-2*), primerjave z referenčnimi vrednostmi IARMA za določitev vsebnosti tritija v 6 vzorcih kontaminirane vode.

REZULTATI IJS (Odsek F-2):

IARMA ETRIT-PT-2017
Tritium in Water

analize IJS, opravljene ***avgusta 2017,*** končni rezultati objavljeni ***septembra 2017***

VZOREC	IARMA	IJS Lab. No. 14	Rel. bias (%)	*Z*-preskus	Končna Ocean
	(TU)				
IARMA-075	<0,2	<0,2	–	–	A
IARMA-076	1,98 ± 0,07	2,16 ± 0,32	9,1	0,91	A
IARMA-077	14,8 ± 0,5	14,7 ± 1,3	−0,7	−0,07	A
IARMA-078	50,5 ± 1,8	48,0 ± 3,4	−4,9	−0,49	A
IARMA-079	100,0 ± 3,5	104,0 ± 3,1	4,0	0,40	A
IARMA-080	50,5 ± 1,8	49,5 ± 3,3	−2,0	−0,20	A

REZULTATI
MEDNARODNIH PRIMERJALNIH MERITEV

Study MRAD-29
ERA (Environmental Resource Associates), ZDA

V novembru 2018 so bili objavljeni končni rezultati primerjalnih meritev MRAD-29 *[Study MRAD-29, proficiency testing performance report, Multi-media Radiochemistry PT Scheme, Round 29, November 2018, ERA Customer Number: R460987 (za IRB), ZDA]*), ki jih je organizirala ERA, Environmental Resource Associates, ZDA. Pri tej primerjavi je sodeloval IRB, ki je 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 določitev drugih radionuklidov).

Rezultati analiz IRB ter primerjave s pripisanimi vrednostmi (assigned values) so zbrane v naslednjih 4 preglednicah.

REZULTATI IRB:

ERA, Study MRAD-29
Soil Radionuclides

analize opravljene ***od septembra do novembra 2018***, končni rezultati objavljeni ***novembra 2018***

IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB	z-score
	(pCi/kg)				
Ac-228	3 280 ± 33	2 440–4 120	3 246	Satisfactory	0,343
Am-241	937 ± 9	618–1260	944	Satisfactory	0,043 5
Bi-214	1 370 ± 14	1 020–1720	1 620	Satisfactory	1,42
Cs-134	5 400 ± 50	3 930–6 870	6 217	Satisfactory	1,11
Cs-137	3 910 ± 40	2 860–4 960	4 139	Satisfactory	0,533
Co-60	4 890 ± 30	3 900–5 880	5 141	Satisfactory	0,502
K-40	24 300 ± 240	19 600–29 000	24 381	Satisfactory	0,029 2
Sr-90	4 340 ± 44	2 940–5 740	3 924	Satisfactory	–0,598
Th-234	1 470 ± 15	856–2090	1 483	Satisfactory	0,037 2
U-238	1 030 ± 10	0–2 170	1 483	Satisfactory	0,787
Zn-65	4 020 ± 36	3 110–4 930	4 172	Satisfactory	0,343

ERA, Study MRAD-26
Vegetation Radionuclides

analize opravljene ***od septembra do novembra 2018***, končni rezultati objavljeni ***novembra 2018***

IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB	z-score
	(pCi/kg)				
Am-241	1 750 ± 16	1 480–2 420	1 730	Satisfactory	−0,926
Cs-134	1 970 ± 18	1 830–2 300	2 027	Satisfactory	−0,316
Cs-137	613 ± 6	484–876	655	Satisfactory	−0,255
Co-60	1 810 ± 11	1 640–2 300	1 857	Satisfactory	−0,679
K-40	34 500 ± 0	31 300–42 300	35 278	Satisfactory	−0,554
Sr-90	5 930 ± 59	3 410–7 660	5 432	Satisfactory	−0,093 2
U-238	1 660 ± 17	1 240–2 230	1 367	Satisfactory	−1,47
Zn-65	2 230 ± 20	2 070–2 900	2 250	Satisfactory	−1,12

ERA, Study MRAD-26
Water Radionuclides

analize opravljene ***od septembra do novembra 2018***, končni rezultati objavljeni ***novembra 2018***

IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB	z-score
	(pCi/L)				
Am-241	172 ± 2	114–209	150	Satisfactory	−0,478
Cs-134	2 310 ± 21	1 900–2 420	2 242	Satisfactory	0,624
Cs-137	898 ± 9	851–974	880	Satisfactory	−0,786
Co-60	1 510 ± 10	1 400–1 680	1 503	Satisfactory	−0,534
Fe-55	1 580 ± 30	1 160–2 060	1 567	Satisfactory	−0,199
Sr-90	275 ± 3	231–309	258	Satisfactory	−0,623
Zn-65	1 790 ±16	1 730–2 070	1 797	Satisfactory	−1,17

ERA, Study MRAD-26
Water Tritium

analize opravljene ***od septembra do novembra 2018***, končni rezultati objavljeni ***novembra 2018***

IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB	z-score
	(pCi/L)				
H-3	3 020 ± 45	2 810–3 360	3 730	Unsatisfactory	4,75

REZULTATI
MEDNARODNE PRIMERJALNE MERITVE

Radiochemistry PT Scheme, Round 115
ERA (Environmental Resource Associates), ZDA

V novembru 2018 so bili objavljeni končni rezultati primerjalne radiokemijske primerjave RAD-115 za določitev vsebnosti stroncija v vodnih vzorcih *[Radiochemistry PT Scheme, Round 115 ERA, Environmental Resource Associates, ERA Customer Number: R460987 (za IRB), ZDA, november 2018]*: za en vzorec vode, ki ga je ERA, Environmental Resource Associates, ZDA, razposlala oktobra 2018.

Na IRB so v okviru te interkomparacije opravili meritve vsebnosti stroncija po dveh metodah. Rezultati IRB ter primerjave s pripisanimi vrednostmi (assigned values) so zbrani v naslednji preglednici.

REZULTATI IRB:

ERA, RAD-115 **Water Radionuclides** analize opravljene ***november 2018***, končni rezultati objavljeni ***decembra 2017***				
IZOTOP	**ERA Assigned value**	**IRB value**	**Performance Evaluation IRB**	**z-score**
	(pCi/L)			
Sr-89*	56,9 ± 0,56	46,2	Warning	−2,05
Sr-90*	31,4 ± 3,14	29,7	Satisfactory	−0,323
Sr-89**	56,9 ± 0,56	53,8	Satisfactory	−0,672
Sr-90**	31,4 ± 3,14	32	Satisfactory	0,543

* Meritve opravljene po doma razviti metodi s proporcionalnim števcem (s silicijevim detektorjem), opisani v postopku *Određivanje* ^{89,90}*Sr (PS 5.4/2)* in v delovnem navodilu *Određivanje* ^{89,90}*Sr (RU 5.4/1-1).*

** Meritve opravljene po doma razviti metodi s čerenkovim štetjem na scintilacijskem števcu, opisani v postopku *Određivanje* ^{89,90}*Sr (PS 5.4/2)* in v delovnem navodilu *Određivanje* ^{89,90}*Sr (RU 5.4/1-1).*

REZULTATI PREVERJANJA
RINGVERSUCH 2/2017

Ringversuch 2/2017 zur Bestimmung von Gammastrahlen in Wasser
BfS, Bundesamt für Strahlenschutz, Nemčija

Maja 2018 je BfS, Bundesamt für Strahlenschutz, iz Nemčije poročal o primerjalnih meritvah vsebnosti radionuklidov v vzorcu kontaminirane vode, kjer je sodeloval IJS, Odsek O-2 (koda laboratorija 20) *[Ringversuch 2/2017 zur Bestimmung von Gammastrahlen im Wasser, BfS, Bundesamt für Strahlenschutz, Berlin, Nemčija, maj 2018]*. Meritve so bile opravljene oktobra in novembra 2017. Rezultat meritev IJS, Odsek O-2, in primerjava z referenčno vrednostjo je v spodnji tabeli.

REZULTATI IJS, Odsek O-2:

Probe 1 – Modellwasser analize opravljene ***oktobra in novembra 2017***, končni rezultati objavljeni ***maja 2018***				
IZOTOP	**Sollwert**	**IJS, Odsek O-2 (koda laboratorija 20)**	**z-Wert**	**Končna ocena**
	(Bq/L)			
H-3	35,1	33,6	0,446	A
Sr-89	63,4	56,2	1,13	A
Sr-90	6,86	6,86	< 0,10	A

Probe 2 – Reales Wasser analize opravljene ***oktobra in novembra 2017***, končni rezultati objavljeni ***maja 2018***				
IZOTOP	**Gesamt-mittelwert**	**IJS, Odsek O-2 (koda laboratorija 20)**	**z-Wert**	**Končna ocena**
	(Bq/L)			
H-3	21,3	20,9	0,174	A
Sr-90	8,41	8,41	< 0,10	A

REZULTATI PREVERJANJA
"Fortluft 2017" sevalci gama v aerosolnem filtru
BfS, Bundesamt für Strahlenschutz in PTB, Nemčija

V letu 2017 je ZVD sodeloval pri primerjalnih meritvah simuliranih aerosolnih filtrov – *Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken (Fortluft), 39. Ringversuch "Fortluft 2017", UR 3 – 01/2018, G. Böhm, A. Deller, M. Ehlers, K. Kossert, C. Strobl, PTB in BfS, Berlin, Nemčija, julij 2018*, ki jih je organiziral BfS, Bundesamt für Strahlenschutz v sodelovanju s PTB iz Nemčije. Koda laboratorija ZVD je bila 59. Končni rezultati so bili objavljeni julija 2018. Rezultati in primerjave z referenčnimi vrednostmi so zbrane v spodnji tabeli.

REZULTATI ZVD:

BfS - "Fortluft 2017", ZVD

Aerosolni filter, kontaminiran s sevalci gama

analize (ZVD), opravljene ***decembra 2017***, končni rezultati objavljeni ***julija 2018***

IZOTOP	BfS PTB-Wert	ZVD (koda laboratorija 59)		odmik (%)
	(Bq)*	Aktivnost (Bq)	Varianca $(Bq)^2$	
Co-60	2,01 ± 0,04	1,954	0,002 28	-2,81
Ru-106	8,3 ± 0,4	7,923	0,044 80	-4,54
Sb-125	8,19 ± 0,17	7,630	0,026 14	-6,83
Cs-134	5,01 ± 0,10	4,988	0,006 36	-0,44

INTERLABORATORY COMPARISON
»RAW MILK 2018«

MRI, Max Rubner-Institut,
Bundesvorschungsinstitut für Erhnärung und Lebensmittel, Kiel, Nemčija

V letu 2018 je MRI, Max Rubner-Institut, Bundesvorschungsinstitut für Erhnärung und Lebensmittel iz Kiela, Nemčija, organiziral primerjalne meritve, kjer je bilo treba v vzorcu surovega mleka določiti vsebnost umetnih radionuklidov. Pri tem preverjanju je IJS, Odsek F-2 poročal o meritvah vzorca #121 z visokoločljivostno spektrometrijo gama na treh spektrometrih: MG, PB in SE. ZVD je poročal o dveh ponovitvah meritev vzorca #004 s spektrometrijo gama z dvema spektrometroma (BEGE in REGE) ter o meritvi vsebnosti stroncija v vzorcu #004#133. Po navodilih organizatorja primerjalnih meritev so laboratoriji poročali o treh paralelkah meritev na vsakem spektrometru. Individualna poročila sta laboratorija prejela avgusta 2018.

V spodnjih tabelah so zbrani rezultati analiz IJS, Odseka F-2 in ZVD ter primerjave s povprečji sodelujočih laboratorijev, ki imajo sprejemljive rezultate. Nasprotno od prejšnjih let tokrat referenčnih vrednosti, izmerjenih v PTB, niso podali. Kriterij za ustreznost rezultatov je preskus E_n, rezultati so ustrezni, če je $E_n < 1$ ali ζ-preskus, rezultati so ustrezni, če je ζ-preskus < 2. Ovrednotenje je izračunano glede na referenčno vrednost PTB. Merilne negotovosti so v tabelah podane s $k = 1$.

REZULTATI IJS (Odsek F-2):

	Raw Milk 2018, Sample 121 analize IJS, opravljene ***maja 2018,*** končni rezultati objavljeni ***avgusta 2018***					
IZOTOP	**IJS Spektrometer MG**	**Povprečje sodelujočih laboratorijev**	**Rel. Bias (%)**	**ζ-preskus***	**z-preskus**	**Final score***
	(Bq/L)					
K-40	52,0 ± 3,2	49,4 ± 2,9	–5,3	–0,60	0,9	satisfactory
I-131	154,6 ± 4,7	143 ± 5	–8,1	–1,69	2,2	questonable
Ba-133	11,9 ± 0,4	10,9 ± 0,6	–9,2	–1,39	1,5	satisfactory
Cs-134	27,3 ± 0,8	26,0 ± 1,1	–5,0	–0,96	1,1	satisfactory
Cs-137	9,8 ± 0,3	9,43 ± 0,34	–3,9	–0,71	1,1	satisfactory

	Raw Milk 2018, Sample 121 analize IJS opravljene ***maja 2018,*** končni rezultati objavljeni ***avgusta 2018***					
IZOTOP	**IJS Spektrometer PB**	**Povprečje sodelujočih laboratorijev**	**Rel. Bias (%)**	**ζ-preskus***	**z-preskus**	**Final score***
	(Bq/L)					
K-40	50,3 ± 3,0	49,4 ± 2,9	–1,8	–0,22	0,3	satisfactory
I-131	153 ± 5	143 ± 5	–7,0	–1,41	1,9	satisfactory
Ba-133	11,7 ± 0,4	10,9 ± 0,6	–7,3	–1,11	1,3	satisfactory
Cs-134	27,5 ± 0,8	26,0 ± 1,1	–5,8	–1,10	1,3	satisfactory
Cs-137	9,8 ± 0,3	9,43 ± 0,34	–3,9	–0,83	1,1	satisfactory

	Raw Milk 2018, Sample 121 analize IJS opravljene ***maja 2018,*** končni rezultati objavljeni ***avgusta 2018***					
IZOTOP	**IJS Spektrometer SE**	**Povprečje sodelujočih laboratorijev**	**Rel. Bias (%)**	**ζ-preskus***	**z-preskus**	**Final score***
	(Bq/L)					
K-40	54,2 ± 3,6	49,4 ± 2,9	–9,7	–1,04	1,6	satisfactory
I-131	155 ± 5	143 ± 5	–8,4	–1,70	2,2	questonable
Ba-133	11,8 ± 0,4	10,9 ± 0,6	–8,3	–1,25	1,4	satisfactory
Cs-134	27,5 ± 0,8	26,0 ± 1,1	–5,8	–1,10	1,3	satisfactory
Cs-137	9,67 ± 0,3	9,43 ± 0,34	–2,6	–0,54	0,7	satisfactory

* Vrednosti ζ-testa in končne ocene pri ζ-testu smo sami določili na podlagi skupne merilne negotovosti naših meritev in povprečja sodelujočih laboratorijev. Vse negotovosti so podane s faktorjem pokritja $k = 1$. Pri rezultatih IJS so podane skupne merilne negotovosti in ne standardna deviacija, kot je v poročilih MRI. Pri povprečju sodelujočih laboratorijev je podano območje variacij rezultatov sodelujočih laboratorijev brez "outlierjev".

REZULTATI ZVD:

	Raw Milk 2018, Sample No. #004 analize ZVD, opravljene ***maja 2018,*** končni rezultati objavljeni ***avgusta 2018***				
IZOTOP	**ZVD Spektrometer BEGE-1**	**Povprečje sodelujočih laboratorijev**	**Rel. Bias (%)**	**z-preskus**	**Final score***
	(Bq/L)				
K-40	48,6 ± 1,1	49,4 ± 2,9	1,6	–0,3	satisfactory
I-131	137 ± 0,7	143 ± 5	4,2	–1,2	satisfactory
Ba-133	10,9 ± 0,2	10,9 ± 0,6	0	–0,1	satisfactory
Cs-134	26,3 ± 0,5	26,0 ± 1,1	1,1	0,2	satisfactory
Cs-137	9,04 ± 0,12	9,43 ± 0,34	4,1	–1,2	satisfactory

	Raw Milk 2018, Sample No. #004 analize ZVD, opravljene ***maja 2018,*** končni rezultati objavljeni ***avgusta 2018***				
IZOTOP	**ZVD Spektrometer BEGE-2**	**Povprečje sodelujočih laboratorijev**	**Rel. Bias (%)**	**z-preskus**	**Final score***
	(Bq/L)				
K-40	48,6 ± 1,7	49,4 ± 2,9	1,6	-0,3	satisfactory
I-131	147,0 ± 0,9	143 ± 5	2,8	0,7	satisfactory
Ba-133	12,6 ± 0,2	10,9 ± 0,6	15,6	2,7	questionable
Cs-134	27,6 ± 0,2	26,0 ± 1,1	6,1	1,4	satisfactory
Cs-137	9,73 ± 0,05	9,43 ± 0,34	3,1	0,9	satisfactory

	Raw Milk 2018, Sample No. #004 analize ZVD, opravljene ***maja 2018,*** končni rezultati objavljeni ***avgusta 2018***				
IZOTOP	**ZVD Spektrometer REGE-1**	**Povprečje sodelujočih laboratorijev**	**Rel. Bias (%)**	**z-preskus**	**Final score***
	(Bq/L)				
K-40	47,8 ± 1,6	49,4 ± 2,9	3,3	−0,5	satisfactory
I-131	148,2 ± 2,7	143 ± 5	3,6	0,9	satisfactory
Ba-133	10,4 ± 0,5	10,9 ± 0,6	4,6	−0,8	satisfactory
Cs-134	27,4 ± 0,3	26,0 ± 1,1	5,4	1,2	satisfactory
Cs-137	9,62 ± 0,14	9,43 ± 0,34	2	0,5	satisfactory

	Raw Milk 2018, Sample No. #004 analize ZVD, opravljene ***maja 2018,*** končni rezultati objavljeni ***avgusta 2018***				
IZOTOP	**ZVD Spektrometer REGE-2**	**Povprečje sodelujočih laboratorijev**	**Rel. Bias (%)**	**z-preskus**	**Final score***
	(Bq/L)				
K-40	48,0 ± 1,7	49,4 ± 2,9	2,8	–	satisfactory
I-131	148,5 ± 1,1	143 ± 5	3,8	1,0	satisfactory
Ba-133	10,7 ± 0,1	10,9 ± 0,6	1,8	−0,3	satisfactory
Cs-134	27,2 ± 0,4	26,0 ± 1,1	4,6	1,1	satisfactory
Cs-137	9,74 ± 0,03	9,43 ± 0,34	3,3	0,9	satisfactory

	Raw Milk 2018, Sample No. #004#133 analize ZVD, opravljene ***maja 2018,*** končni rezultati objavljeni ***avgusta 2018***				
IZOTOP	**ZVD Spektrometer BEGE-1**	**Povprečje sodelujočih laboratorijev**	**Rel. Bias (%)**	**z-preskus**	**Final score***
	(Bq/L)				
Sr-89	68	72,8 ± 11,8	6,6	−0,8	satisfactory
Sr-90	5,86	5,07 ± 1,55	15,6	1,0	satisfactory

* Podana je standardna deviacija 3 meritev.

REZULTATI PREVERJANJA

Preparedness Intercomparison of Passive H*(10) Area Photon Dosemeters in 2017/ 2018 PTB, Nemčija

V letu 2017 in 2018 je PTB iz Nemčije izvedel primerjavo pasivnih dozimetrov za meritve H*(10), ki so bili obsevani daljši čas v znanem sevalnem okolju. Ti dozimetri so bili izpostavljeni v obdobju od oktobra 2017 do aprila 2018 v 3 različnih naravnih okoljih – naravno okolje, okolje, kjer prevladuje sekundarno kozmično sevanje in kombinirano okolje z obema prispevkoma. Poleg tega je bila ena serija dozimetrov obsevana s kalibriranim virom Cs-137 pod dvema različnima kotoma.

Pri tej interkomparaciji je sodeloval IJS, Laboratorij za termoluminiscenčno dozimetrijo. Koda laboratorija TLD je bila K. Končno poročilo v projektu Preparedness z naslovom *Report on the Preparedness Intercomparison of Passive H*(10) Area Photon Dosemeters in 2017/ 2018* je bilo končano oktobra 2018.

V spodnji tabeli so zbrani rezultati meritev IJS (Odsek F-2, TLD), primerjave z referenčnimi vrednostmi in ovrednotenja.

REZULTATI IJS (Odsek F-2, Laboratorij za TLD)

Sevalno polje	**Povprečna energija**	***H**(10) (mSv)**	$\bar{M}_d$ **(mSv)**	$U_{\bar{M}}$ **(%)**	r_H	U_r
	dozimetri, obsevani ***od oktobra 2017 do aprila 2018,*** rezultati objavljeni ***marca 2018***					
Cs-137 pri 0º	0,650	30,0	33,0	2,8	1,10	3,3
Cs-137 pri 90º	0,650	30,0	30,4	7,3	1,01	7,5

Sevalno polje	**Povprečna energija**	***H**(10) (mSv)**	$\bar{M}_d$ **(mSv)**	$U_{\bar{M}}$ **(%)**	r_E	U_r
	dozimetri, obsevani ***od oktobra 2017 do aprila 2018,*** rezultati objavljeni ***marca 2018***					
Kombinirano sevanje iz tal in kozmično sevanje	n/a	0,293	0,285	11	0,97	13
Kozmično sevanje	n/a	0,140	0,160	7,7	1,28	11
Naravno sevanje iz tal	ca. 1,2	0,153	0,110	29	0,71	31

Pojasnila:

*H**(10) okoljska ekvivalentna doza (referenčna vrednost);

$\bar{M}_d$ povprečna vrednost 4 obsevanih dozimetrov med interkomparacijo;

$U_{\bar{M}}$ statistična negotovost povprečne vrednosti, ki vključuje negotovost izmerjenih vrednosti z upoštevanjem *t*-statistike in standardne negotovosti referenčne vrednosti, oboje s faktorjem pokritja $k = 2$;

r_H faktor odziva za okoljsko ekvivalentno dozo glede na sevanje gama radionuklida Cs-137

r_E faktor odziva, ki upošteva energijsko odvisnost odčitkov

U_r ocenjena relativna razširjena negotovost faktorja odziva (k = 2)