NADZOR RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO

Poročilo za leto 2025

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

V S E B I N A

Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2025, IJS-DP-15404

Izvajalci meritev P-3 / P-84

Letno poročilo P-4 / P-84

Uvod in upravne podlage P-5 / P-84

Izvleček P-9 / P-84

Summary P-41 / P-84

Neodvisni nadzor pooblaščenih izvajalcev P-75 / P-84

POGLAVJE	AVTORJI
Poročilo	mag. Denis Glavič – Cindro dr. Helena Fajfar doc. dr. Benjamin Zorko
Povzetek	doc. dr. Tomaž Žagar doc. dr. Benjamin Zorko
Izvleček in angleški prevod izvlečka	doc. dr. Benjamin Zorko
Neodvisni nadzor pooblaščenih izvajalcev	mag. Denis Glavič – Cindro dr. Helena Fajfar

Radionuklidi v okoljskih medijih in hrani v okolici Nuklearne elektrarne Krško ter sevalni učinki na prebivalstvo in bioto

ISBN 978-961-264-342-3

Odgovorni za izdajo: doc. dr. Benjamin Zorko

Uredniki: doc. dr. Benjamin Zorko, mag. Denis Glavič – Cindro in dr. Helena Fajfar

Recenzija: prof. dr. Alojz Kodre, mag. Matjaž Koželj, Daniel Novak, prof. fiz.

Lektoriral: prof. dr. Alojz Kodre
Monografija je lektorirana po mednarodnem standardu ISO 80000.

POGLAVJE	AVTORJI
Radioaktivnost v reki Savi	Matija Škrlep, mag. prof. fiz., ZVD
Radioaktivnost v pitni in podzemni vodi	dr. Jasmina Kožar Logar, IJS
Radioaktivnost v usedih	dr. Toni Petrovič, IJS
Zrak	dr. Marko Giacomelli, ZVD
Zunanje sevanje	Klara Poiškruh, mag. med. fiz., IJS
Radionuklidi v hrani	prof. dr. Katarina Vogel Mikuš, BF

Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2025, IJS-DP-15403

Imisijske meritve (meritve v okolju jedrske elektrarne)

Obratovalni nadzor radioaktivnosti v okolici NEK
Tabele merskih rezultatov M-1 / M-89
Obratovalni nadzor radioaktivnosti v okolici NEK zaradi HE Brežice
Tabele merskih rezultatov M-89 / M-120

Tabele interkomparacijskih rezultatov
Mednarodne primerjalne meritve izvajalcev M-101 / M-120

Poročilo *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2025, IJS-DP-15403* je na priloženem USB ključku.

Vzdrževanje pripravljenosti izrednega monitoringa radioaktivnosti

Redna letna obhoda okolice NEK v letu 2025 sta bila izvedena 16. 4.–17. 4. 2025 in 8. 9.–10. 9. 2025. Po medsebojnem dogovoru je bil prvi obhod nadomeščen z vajo NEK2025-1 (ConvEx-2e).

Poročilo o obhodu mobilnih enot, LMSAR-39/2025-MŠ, 6. 5. 2025

ROMENEK 2/25, Mobilni radiološki laboratorij, Poročilo o meritvah po programu vzdrževanja pripravljenosti za primer izrednega dogodka v NEK, IJS-DP-15248, oktober 2025

Vzdrževanje pripravljenosti izrednega monitoringa radioaktivnosti v NEK, Poročilo za leto 2025, IJS-DP-15424, marec 2026

Vsa poročila o vzdrževanju pripravljenosti za primer izrednega dogodka so na priloženem USB ključku.

NADZOR RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO

Poročilo za leto 2025

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-15404
april 2025

NADZOR RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO
Poročilo za leto 2025

Odgovorni za izdajo poročila: doc. dr. Benjamin Zorko

Koordinator za IJS: doc. dr. Benjamin Zorko

Koordinator za NEK: Daniel Novak, prof. fiz.

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

Izvajalci meritev in drugi sodelujoči
so navedeni na strani P-3 tega poročila in na 3. strani v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2025, IJS-DP-15403,* ki je na priloženem USB ključku.

Urednici: mag. Denis Glavič Cindro in dr. Helena Fajfar

Lektoriral: prof. dr. Alojz Kodre;
poročilo (razen angleškega prevoda izvlečka) je lektorirano po mednarodnem standardu ISO 80000

Stavčni in računalniški prelom: mag. Denis Glavič – Cindro

Likovno in grafično uredili: mag. Denis Glavič – Cindro in dr. Helena Fajfar

Fotografije: doc. dr. Benjamin Zorko, arhiv NEK

Oprema in vezava: Institut "Jožef Stefan" in tiskarna CICERO, Begunje, d.o.o.

Založil: Institut "Jožef Stefan"

Prva izdaja: april 2026

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

Pogodba št.: Pogodba IJS št. 3240052 in ZVD št. 3240174 Obratovalni monitoring radioaktivnosti v okolici NEK NEK (pitne vode, zraka, hrane, reke Save, padavin, zemlje in sevanja v okolju skupaj z oceno doz prebivalstva) v Republiki Sloveniji za leta 2024–2028) z dne 24. 1. 2024 (za IJS in ZVD)
Pogodba št. 3211884 z dne 13. 12. 2021 (za IRB)

Št. delovnega poročila: IJS-DP-15404

Vse pravice pridržane. Noben del poročila *Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2025, IJS-DP-15404* ter obeh prilog k poročilu: *Radionuklidi v okoljskih medijih in hrani v okolici Nuklearne elektrarne Krško ter sevalni učinki na prebivalstvo in bioto* in *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2025, IJS-DP-15403* 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: 50 izvodov

NASLOV: IJS-DP-15404
Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško april 2026

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 oseba – posameznik iz prebivalstva, primerjalne meritve

KRATEK 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 zaradi emisij jedrske elektrarne za posameznika iz prebivalstva (odrasla referenčna oseba) dajeta v letu 2025 za atmosferske emisije *efektivno dozo* 9,1 E–5 mSv na leto, kar velja za ograjo NEK in okvirno tudi za razdaljo 500 m od osi reaktorja, ter 1,6 E–5 mSv na leto za tekočinske emisije. V letu 2025 so bili tako vsi sevalni učinki NEK na posameznika iz prebivalstva v okolici ocenjeni na 1,1 E–4 mSv na leto, kar je 0,21 % avtorizirane mejne letne doze na robu izključitvenega območja in dalje (0,05 mSv; 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 učinkov (letne efektivne doze) NEK na referenčno osebo – posameznika iz prebivalstva ob ograji NEK je približno 0,0021 % značilnega neizogibnega naravnega ozadja v okolici NEK. Ocena velja okvirno tudi na razdalji 500 m od osi reaktorja.***

TITLE: IJS-DP-15404
Off-site radiological monitoring of the Krško Nuclear Power Plant April 2026

KEYWORDS:
reporting measurement results, radioactive contamination of the environment, airborne and liquid radioactive effluents, man-made and natural occuring radionuclides, specific activities, surface waters, underground water, tap water, rainwater, dry and ground deposition, airborne radionuclides, soil, foodstuffs, external radiation doses, effective dose assessments, dilution factor, representative person, intercomparison measurements

SHORT ABSTRACT:
Summarised results of radioactivity measurements of antropogenic and naturally occuring radionuclides are presented due to different contamination media and exposure pathways in the form of assessed effective doses. Conservatively estimated effective dose received by the adult representative person as the result of Krško NPP emissions in the year 2025 gives a value of the *effective dose* of 9.1 E–5 mSv per year for atmospheric discharges at the Krško NPP fence (applicable approximately also at a distance of 500 m from the axis of the reactor) and 1.6 E–5 mSv per year for liquid discharges. Thus, in 2025, the radiation effects of the Krško NPP on the representative person in the immediate surroundings were estimated at 1.1 E–4 mSv per year, representing 0.21 % of the authorized dose limit at the border of the Krško NPP exclusion area, set at 0.05 mSv; the sum of the contributions from all exposure pathways. From the measurements the exposure to natural radiation and general radioactive contamination due to nuclear test explosions and Chornobyl accident were assessed. ***The estimated sum of all radiation contributions (annual effective doses) from the Krško NPP to the representative person at the Krško NPP fence is 0.0021 % of the characteristic unavoidable natural background radiation in the vicinity of the Krško NPP. The estimate is valid approximately also at the distance of 500 m from the axis of the reactor.***

AVTORJI IN RECENZENTI POROČILA

	Ime in priimek	Datum in podpis
Povzetek in izvleček	doc. dr. Tomaž Žagar doc. dr. Benjamin Zorko	BENJAMIN ZORKO 15:16:50 2026.04.09 '00'02+
Neodvisni nadzor pooblaščenih izvajalcev	mag. Denis Glavič – Cindro dr. Helena Fajfar	Digitally signed by Denis Glavič Cindro Date: 2026.04.09 15:11:33 +02'00' Digitally signed by HELENA FAJFAR Date: 2026.04.09 19:58:10 +02'00'
Radioaktivnost v reki Savi	Matija Škrlep, mag. prof. fiz.	elektronsko podpisano Matija Škrlep, mag. prof. fiz.
Radioaktivnost v pitni in podzemni vodi	dr. Jasmina Kožar Logar	JASMINA KOZAR LOGAR Digitally signed by JASMINA KOZAR LOGAR Date: 2026.04.09 16:14:26 +02'00'
Radioaktivnost v usedih	dr. Toni Petrovič	Digitally signed by TONI PETROVIČ Date: 2026.04.09 20:05:08 +02'00'
Zrak	dr. Marko Giacomelli	elektronsko podpisano dr. Marko Giacomelli, univ. dipl. fiz.
Zunanje sevanje	Klara Poiškruh, mag. med. fiz.	
Radionuklidi v hrani	prof. dr. Katarina Vogel Mikuš	KATARINA VOGEL MIKUŠ Digitalno podpisal KATARINA VOGEL MIKUŠ Datum: 2026.04.10 12:35:15 +02'00'
Recenzija	prof. dr. Alojz Kodre	
	mag. Matjaž Koželj	Digitally signed by Matjaž Koželj Reason: Location: Ljubljana Date: 2026.04.09 21:26:01+02'00'

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 F-2)
M. Centrih, dipl. inž. fiz., B. Črnič, mag. med. fiz., S. Gobec, dr. U. Gradišar Centa, dr. J. Kožar Logar, dr. M. Nečemer, P. Prem, prof. biol., dr. T. Petrovič, K. Poiškruh, mag. med. fiz., R. Roš Opaškar, mag. B. Vodenik, doc. dr. B. Zorko

Odsek za znanosti o okolju (Odsek O2)
dr. L. Rovan Stiplošek, B. Svetek, inž. kem. tehnol., doc. dr. M. Štrok

ZAVOD ZA VARSTVO PRI DELU (ZVD), LJUBLJANA

Koordinator projekta za ZVD: dr. Gregor Omahen

Izvajalci na ZVD:
A. M. Črešnar mag. kem. teh., dr. M. Giacomelli, A. Ivanc, D. Konda, M. Levstek, dr. G. Omahen, L. Peršin, M. Škrlep, mag. prof. fiz., J. Žnidaršič, dr. A. Žohar, mag. jed. teh.

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):
I. Balinović, dr. I. Coha, dr. Ž. Grahek, M. Ivković, mag. kem., G. Karanović, dipl. inž., dr. K. Magdić Košićek, dr. I. Tucaković, D. Žilić

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

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

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

Nosilec projekta za NE Krško: Daniel Novak, prof. fiz.

Izvajalci v NEK:
D. Mešiček, tehnik RZ, M. Urbanč, tehnik spec. RZ, M. Pavlin, dipl. str., M. Simončič, univ. dipl. kem., E. Kovačević, univ. dipl. kem., B. Vene, kem. tehnik, A. Volčanšek, univ. dipl. kem., R. Libenšek, tehnik RZ

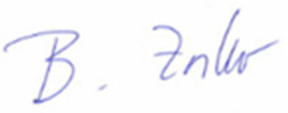
IZVAJALCI IZRAČUNOV RAZREDČITVENIH IN DEPOZICIJSKIH KOEFICIENTOV SEVANJA IZ OBLAKA PO LAGRANGEEVEM MODELU, MEIS STORITVE ZA OKOLJE (MEIS), MALI VRH PRI ŠMARJU

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

LETNO POROČILO

Po pogodbah IJS št. 3240052 in ZVD št. 3240174 z dne 24. 1. 2024 ter IRB št. 3211884 z dne 13. 12. 2021 (Obratovalni monitoring radioaktivnosti v okolici NEK) z Nuklearno elektrarno 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* (Ur. l. RS 27/2018, 5. 5. 2018) [9]. Uvod je povzetek prispevkov iz drugega dela poročila - monografije *Radionuklidi v okoljskih medijih in hrani v okolici Nuklearne elektrarne Krško ter sevalni učinki na prebivalstvo in bioto,* kjer so ocene doz in drugi parametri obravnavani podrobno. Za potrebe poročila pa v strnjeni obliki podajamo ugotovitve za leto 2025.

Odgovorni za izdajo:



doc. dr. Benjamin Zorko

UVOD IN PRAVNE PODLAGE

Namen ovrednotenja je celovit in neodvisen izračun doz direktnega in indirektnega učinka 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* (Ur. l. RS 27/18) [9]. Program obsega meritve v okolju jedrske elektrarne (priloga 4, preglednica 3 iz pravilnika o monitoringu radioaktivnosti). Podroben program meritev je določen *v Tehnični specifikaciji za obratovalni monitoring radioaktivnosti v okolici NEK (pitne vode, zraka, hrane, reke Save, padavin, zemlje in sevanja v okolju skupaj z oceno doz prebivalstva) v Republiki Sloveniji za leta 2024–2028*, NEK, TS št. TO.RZ, 2/2023, Revizija 0, in dodatno v *Radiological Effluent Technical Specifications (RETS) with Offsite Dose Calculation Manual (ODCM) and Process Control Program (PCP)*, NEK-RETS, Rev. 16, poglavje 3.12.

Da bi zajeli vse učinke 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 aktivnosti oziroma specifične aktivnosti radioaktivnih snovi v zraku, hrani, vodi in zemlji. Te snovi z vnosom v telo povzročijo notranje obsevanje. Koncentracije aktivnosti oziroma specifične aktivnosti 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 oceno obremenitve prebivalstva zaradi izpustov iz jedrskega objekta se uporablja referenčna oseba, ki predstavlja posameznika iz prebivalstva, ki prejema ali bi lahko prejel najvišje doze, pri čemer niso upoštevane osebe s skrajnimi in redkimi navadami. Za evalvacijo merskih podatkov in oceno doznih obremenitev so bili kot dopolnilni ali vzporedni podatki uporabljeni tudi:

- letno in mesečna poročila NEK o tekočinskih in zračnih emisijah v letu 2025;
- mesečni izračuni zračnih razredčitvenih faktorjev Agencije Republike Slovenije za okolje za okolico NEK v letu 2025;
- mesečni izračuni zračnih razredčitvenih in depozicijskih faktorjev ter koeficientov sevanja iz oblaka MEIS storitve za okolje, d. o. o., za okolico NEK v letu 2025;
- nekateri merski podatki iz *Programa nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju Republike Slovenije* in posebnih meritev IJS.

Učinek 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 posameznika iz prebivalstva (referenčna oseba) v okolici objektov. Po drugi strani pa z neposrednimi meritvami ugotavljamo prisotnost radioaktivnih snovi v okolju, kar omogoča neposredno oceno izpostavljenosti posameznika iz prebivalstva. Slednje meritve omogočajo tudi oceno izpostavljenosti posameznika iz 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 (Envinet MIRA, AMES/MFM, Atomtex/MFM in Gihmm), 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 139. in 159. člena Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (ZVISJV-1, Ur. I. RS, št. 76/17, 26/19, 172/21 in 18/23 – ZDU-1O) ter 8. in 10. člena Pravilnika o monitoringu radioaktivnosti (Ur. l. RS, št. 27/18) s pooblastiloma 35400-4/2024/3 z dne 14. 6. 2024 (IJS) in 35400-1/2024/2 z dne 5. 3. 2024 (ZVD), ki ju je izdala Uprava Republike Slovenije za jedrsko varnost (URSJV) v soglasju z Upravo RS za varstvo pred sevanji (URSVS).

Institut "Ruđer Bošković" (IRB) je pooblaščen za izvajanje merilnega nadzora radioaktivnosti na podlagi 139. in 159. člena Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (ZVISJV-1, Ur. l. RS, št. 76/17 in 26/19) ter 8. in 10. člena Pravilnika o monitoringu radioaktivnosti (Ur. l. RS, št. 27/18) s pooblastilom 35400-2/2021/3 z dne 29. 7. 2021, ki ga je izdala URSJV v soglasju z URSVS.

Pravilnik o posebnih zahtevah varstva pred sevanji in načinu ocene doz (Ur. l. RS, št. 47/18 z dne 21. 7. 2018) [13] 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, dalje o 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 1864-22/2024-3 z dne 26. 2. 2025;
- mag. Denis Glavič - Cindro z odločbo 1864-15/2022-3 z dne 14. 10. 2022;
- mag. Matjaža Koželja z odločbo 1864-4/2023-3 z dne 14. 4. 2023;
- doc. dr. Mihe Mihoviloviča z odločbo 1864-13/2023-3 z dne 30. 10. 2023
- dr. Tonija Petroviča z odločbo 1864-16/2023-2717-5 z dne 10. 4. 2024
- dr. Gregorja Omahna z odločbo 1864-6/2021-4 z dne 19. 7. 2021;
- mag. Matjaža Stepišnika z odločbo 1864-11/2022-3 z dne 28. 7. 2022 ter
- doc. dr. Benjamina Zorka z odločbo 1864-5/2024-2717-3 z dne 19. 8. 2024.

Institut "Jožef Stefan" (IJS), Ljubljana, je z odločbo Uprave RS za varstvo pred sevanji (URSVS) št. 1864-5/2022-4 z dne 29. 3. 2022 na podlagi 46. člena Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (Uradni list RS, št. 76/17, 26/19 in 172/21) in 3. člena Pravilnika o pooblaščanju izvajalcev strokovnih nalog s področja ionizirajočih sevanj (Uradni list RS, st. 39/18) 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 in rentgenske svetlobe ter za ugotavljanje izpostavljenosti notranjemu obsevanju pri delu z odprtimi viri in dajanje strokovnih mnenj, ki temeljijo na meritvah in/ali izračunih na podlagi meritev specifične aktivnosti v bioloških vzorcih ali zraku oziroma specifične površinske aktivnosti kontaminiranih površin. Z odločbo Uprave RS za varstvo pred sevanji (URSVS) št. 1864-17/2022-4 z dne 11. 11. 2022 je pooblastilo razširjeno še na ugotavljanje izpostavljenosti zaradi radona in torona ter dajanje strokovnih mnenj, ki temeljijo na meritvah oziroma izračunih.

Institut "Jožef Stefan" (IJS), Ljubljana, je s pooblastilom št. 1864-20/2022-4 z dne 31. 1. 2023, ki ga je izdala Uprava RS za varstvo pred sevanji (URSVS) na podlagi 42. in 43. člena Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (Uradni list RS, št. 76/17, 26/19 in 172/21) in 5. člena Pravilnika o pooblaščanju izvedencev varstva pred sevanji (Uradni list RS, št. 47/18), pooblaščen kot izvedenec varstva pred sevanji za svetovanje glede izvajanja sevalnih dejavnosti, izdelavo ocen varstva pred sevanji in dajanje strokovnih mnenj, ki temeljijo na meritvah in/ali izračunih ter za izvajanje nadzornih meritev na nadzorovanih in opazovanih območjih, pregledov virov sevanja in osebne varovalne opreme.

Institut "Jožef Stefan" (IJS), Ljubljana, je s pooblastilom št. 3571-1/2022/2 z dne 11. 3. 2022, ki ga je izdala Uprava RS za jedrsko varnost (URSJV) na podlagi 2. in 3. odstavka 88. člena Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (Uradni list RS, st. 76/17, 26/19 in 172/21) ter 4. člena Pravilnika o pooblaščenih izvedencih za sevalno in jedrsko varnost (Uradni list RS, st. 50/16 in 76/17 - ZVISJV-1) pooblaščen za izvajanje del pooblaščenega izvedenca za sevalno in jedrsko varnost za vse dejavnosti, ki so določene v tabeli v pooblastilu.

Institut "Jožef Stefan" ima izdelan sistem vodenja kakovosti. Sistem vodenja kakovosti Odseka za fiziko nizkih in srednjih energij (F-2), v okviru katerega delujejo Laboratorij za meritve radioaktivnosti, Laboratorij za 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 opravlja meritve sevalcev gama v trdnih in tekočih vzorcih, Laboratorij za dozimetrijo meritve doz s termoluminiscenčnimi dozimetri za uporabo v osebni in okoljski dozimetriji ter Ekološki laboratorij z mobilno enoto (ELME) merjenje hitrosti doze s prenosnimi merilniki ionizirajočega sevanja, za neposredne meritve površinske kontaminacije s sevalci alfa, beta in z nizkoenergijskimi sevalci gama in za visokoločljivostno spektrometrijo gama v mobilnem radiološkem laboratoriju. Laboratorij za tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo opravlja meritve tritija v vzorcih vode po direktni metodi in po metodi z elektrolitsko obogatitvijo, meritve skupne aktivnosti sevalcev alfa in beta v vodnih vzorcih ter določanje aktivnosti C-14 v tekočih, plinastih in trdnih vzorcih. Institut "Jožef Stefan", Odsek za fiziko nizkih in srednjih energij (Odsek F-2), je akreditiran pri Slovenski akreditaciji s številko akreditacije LP-022 na področju preskušanja (SIST EN ISO/IEC 17025). Odsek za znanosti v okolju (O-2), v okviru katerega deluje Laboratorij za radiokemijo, ima ravno tako izdelan sistem vodenja. Opravljajo meritve za določanje vsebnosti stroncija, tritija in C-14 v vzorcih iz okolja. Institut "Jožef Stefan", Odsek za znanosti o okolju (Odsek O-2), je akreditiran pri Slovenski akreditaciji s številko akreditacije LP-090 na področju preskušanja (SIST EN ISO/IEC 17025).

Laboratorij za radioekologijo na Institutu Ruđer Bošković ima akreditacijo Hrvatske akreditacijske agencije (HAA) v skladu s standardom HRN EN ISO/IEC 17025:2017 pod zaporedno številko 1162 za določanje vsebnosti radionuklidov z visokoločljivostno spektrometrijo gama in vsebnosti Sr-89/Sr-90 po radiokemijski metodi v vzorcih iz okolja in proizvodih, vključno s hrano in pitno vodo, ter za določanje tritija, skupne aktivnosti sevalcev alfa in beta ter Fe-55 v vodnih vzorcih. Od julija 2021 je Laboratorij za meritve nizkih radioaktivnosti na Institutu Ruđer Bošković akreditiran pri HAA pod zaporedno številko 1667 za določanje specifične aktivnosti C-14 s tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo v organskih in anorganskih materialih.

Zavod za varstvo pri delu ima delujoč sistem vodenja kakovosti, v katerega so vključene vse dejavnosti, povezane z meritvami v okviru *Programa nadzora radioaktivnosti v okolice NE Krško*. Opravljajo visokoločljivostno spektrometrijo gama v vzorcih aerosolov, padavin, zemlje, sedimentov in živil ter določajo vsebnosti Sr-89 in Sr-90 v vzorcih iz okolja in živil. Zavod za varstvo pri delu d.o.o., Laboratorij za meritve specifičnih aktivnosti radionuklidov, je akreditiran pri Slovenski akreditaciji s številko akreditacije LP-032 na področju preskušanja (SIST EN ISO/IEC 17025).

I Z V L E Č E K

Poročilo podaja rezultate rednih letnih meritev naravnih in umetnih radioaktivnih snovi ter ostalih virov ionizirajočega sevanja v okolici jedrske elektrarne Krško (Nuklearna elektrarna Krško, krajše NEK), skupaj z izračunom prejete količine ionizirajočega sevanja, ki jih iz teh virov prejmejo prebivalci v okolici jedrske elektrarne NEK.

V letu 2025 so meritve in izračune po zakonsko predpisani in mednarodno priznani metodologiji (ICRP in IAEA) opravile štiri pooblaščene organizacije iz dveh držav (Institut "Jožef Stefan", Zavod za varstvo pri delu, Institut Ruđer Bošković), MEIS d.o.o ter NEK kot zavezanec. Rezultati meritev in izračunov kažejo, da je bil skupni učinek NEK iz vseh virov in vseh prenosnih poti na prebivalstvo v vseh primerih manj kot en odstotek avtorizirane meje, kar pomeni, da objekti NEK minimalno vplivajo na sevalno obremenitev prebivalcev v okolici.

Tako kot vsi prebivalci, tudi prebivalci v okolici NEK prejmejo določeno količino naravnega ionizirajočega sevanja. Izpostavljenost naravnemu ionizirajočemu sevanju v okolici NEK lahko določimo zelo natančno prav na podlagi meritev, ki jih pooblaščene organizacije izvajajo v okviru zakonsko določenega nadzora NEK, saj občutljive naprave zaznavajo vse, tudi številne naravne radionuklide v okolju. Na podlagi meritev, predstavljenih v tem poročilu in opravljenih s strani pooblaščenih organizacij in analiz Uprave RS za varstvo pred sevanji, je bila za leto 2025 določena vrednost prejete doze naravnega ionizirajočega sevanja v okolici NEK 4,98 mSv na leto.

Tabela A: Zbirna tabela letnih izpostavitev prebivalstva v okolici NEK za leto 2025 je povzetek podatkov, ki so obširneje predstavljeni v tabeli F.

Vir	Prenosna pot	Letna efektivna doza (mSv)
naravno sevanje	– zunanje sevanje gama in neposredno kozmično sevanje (vključno z nevtronsko komponento)*	0,58
	– zaužitje naravnih radionuklidov (K, U, Th)**	0,31
	– vdihavanje naravnih radionuklidov in potomcev**	4,09
	Skupaj naravno sevanje v okolici NEK	**4,98**
NEK	– sevanje gama in neposredno sevanje iz objektov NEK	0,000000
	– kumulativni prispevek atmosferskih izpustov	0,000091
	– kumulativni prispevek tekočinskih izpustov	0,000016
	Skupaj učinki NEK* **	**0,000107**
ostalo	– černobilska nesreča, vojaški jedrski poskusi, …	0,034
	Skupaj globalno onesnaženje v okolici NEK	**0,034**

* Ocena efektivne doze zunanjega sevanja iz okoljskega doznega ekvivalenta $H^*(10)$ z upoštevanjem pretvorbenega faktorja $E/H^*(10) = 0{,}84$ za fotone 600 keV [89]. Pretvorbeni faktorji v območju od 100 keV do 6 MeV so v območju med 0,84 in 0,89. Upoštevali smo, da se odrasla oseba (referenčna oseba) zadržuje 20 % časa na prostem, da je faktor ščitenja sevanja iz zemlje pri zadrževanju v zgradbah 0,1, faktor ščitenja stavb za kozmično sevanje, 0,8 ter prispevek efektivne doze zunanjega sevanja gradbenih materialov, 0,2 mSv. Predpostavili smo še, da je prispevek ionizirajoče komponente kozmičnega sevanja k celotnemu doznemu ekvivalentu, ki smo ga izmerili s TLD, 1/3, sevanje iz zemlje pa prispeva 2/3 (Tabela 5.2, poglavje Zunanje sevanje). Okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$, ki je bil ocenjen v poglavju *Zunanje sevanje* v prilogi tega poročila, dodatno pomnožimo s faktorjem 0,84 ([28], [43]).

** Povzeto po poročilu [17].

*** Skupna vsota prispevkov NEK je informativna in konzervativno ocenjena navzgor, saj v celoti seštevamo vse različne prispevke za različne referenčne osebe, ki se v realnem primeru ne seštevajo v celoti.

Prispevek vseh sevalnih učinkov NEK na prebivalce v njegovi neposredni okolici je bil v letu 2025 manjši kot 0,00011 mSv. Ta prispevek je več kot štiridesettisočkrat manjši od prispevka naravnega ozadja, zato lahko zaključimo, da prebivalci, ki živijo na krško-brežiškem polju, v naseljih v celotnem okrožju v okolici NEK in na robu izključitvenega območja, niso zaradi NEK nič bolj izpostavljeni ionizirajočemu sevanju. Prebivalci v okolici NEK, tako kot prebivalci drugod po Sloveniji, prejemajo vsako leto dozo ionizirajočega sevanja naravnega ozadja. Zaradi naravnih vplivov, geografije in geološke sestave tal pa je doza sevanja naravnega ozadja v okolici NEK (4,98 mSv) celo nižja od povprečja v Republiki Sloveniji, ki je 5,98 mSv na leto. Prispevek sevalnih učinkov NEK na prebivalce, ki živijo v bližini objekta, je bil v letu 2025 0,2 % avtorizirane letne mejne doze. Avtorizirana letna mejna doza za prebivalce v okolici NEK, ob upoštevanju vseh prenosnih poti, je 0,05 mSv na leto, kar predstavlja 5 % letne mejne efektivne doze 1 mSv na leto za posameznike iz prebivalstva (nepoklicno izpostavljene osebe). Ta mejna efektivna doza ne vključuje naravnega sevanja in izpostavljenosti zaradi medicinskih postopkov.

Prejete doze prebivalstva v okolici NEK so zbirno predstavljene v tabeli A. Ta vsebuje konzervativno zaokrožen in poenostavljen prikaz merskih in računskih podatkov, ki so v celoti predstavljeni v tabeli F in bolj podrobno v preostalem delu tega izvlečka in celotnega poročila.

Vsi sevalni učinki NEK na prebivalstvo v okolici so zelo majhni, kar lahko pripišemo majhnim nadzorovanim izpustom iz NEK. Zasluge za tako nizke učinke jedrske elektrarne gredo tudi zaposlenim v NEK, ki zgledno skrbijo za nadzor in omejevanje izpustov.

Pri tem je treba poudariti, da se za izračun ali oceno sevalne obremenitve prebivalstva zaradi izpustov iz jedrskega objekta uporablja tako imenovana referenčna oseba. To je za posamezno prenosno pot teoretični predstavnik prebivalstva, ki prejema ali bi lahko prejel najvišjo dozo pri posameznem načinu prenosa radioaktivnih snovi v okolje, pri pri čemer niso upoštevane osebe s skrajnimi in redkimi navadami.

Tako je na primer referenčna oseba za izračun prispevka atmosferskih izpustov zaradi C-14 oseba, ki živi neposredno v okolici NEK (blizu roba izključitvenega območja) in dva meseca v letu uživa samo hrano, ki je bila pridelana na enakem mestu (blizu roba izključitvenega območja), ostalih 10 mesecev pa hrano od drugod iz Posavja (Dobova). Referenčna oseba za izračun prispevka tekočinskih izpustov v reko Savo je ribič ob reki Savi, ki se zadržuje 350 m nizvodno od jezu NEK in uživa tam ujete ribe. V skupni oceni vpliva te različne referenčne osebe seštejemo. Ker pa gre za prispevke različnih referenčnih oseb, je seštevek učinkov zračnih in tekočinskih izpustov iz NEK konservativna zgornja ocena letne efektivne doze. Celo taka konzervativna ocena izpostavljenosti hipotetične referenčne osebe, ki prejme vse mogoče dozne obremenitve iz NEK, predstavlja praktično zanemarljivo vrednost v primerjavi z vrednostmi značilnega neizogibnega naravnega ozadja v Republiki Sloveniji.

Tako lahko sklenemo, da pri proizvodnji električne energije NEK ne vpliva na stanje izpostavljenosti prebivalstva radioaktivnemu sevanju, saj je celoten prispevek NEK k letni efektivni prejeti dozi sevanja praktično zanemarljiv. Ob tem NEK predstavlja zelo zanesljiv in stalno razpoložljiv vir nizkoogljične električne energije, ki je bistvena za zadovoljevanje trenutnih in prihodnjih energetskih potreb Republike Slovenije in reševanje globalnih podnebnih sprememb.

UVOD

Tako kot povsod po svetu smo tudi prebivalci Slovenije izpostavljeni naravnim in antropogenim virom ionizirajočega sevanja. Čeprav med antropogenimi viri največji delež prispeva uporaba ionizirajočega sevanja v medicini, ki v tem poročilu ni obravnavana, ostajajo prisotni tudi učinki preostale kontaminacije iz Černobila ter atmosferskih jedrskih poskusov, vendar ti praviloma predstavljajo manj kot odstotek naravnega ozadja.

Lokalno prebivalstvo v okolici Nuklearne elektrarne Krško (NEK) je lahko izpostavljeno še atmosferskim in tekočinskim izpustom radioaktivnih snovi iz NEK ter neposrednega sevanja iz objektov znotraj njene ograje. Pri njih mora NEK upoštevati *avtorizirano dozno mejo*[1] 0,05 mSv na leto za odraslo osebo po vseh prenosnih poteh in druge mejne vrednosti, ki se nanašajo na izpuste ter druge sevalne učinke na okolje in prebivalstvo. Izpolnjevanje zahtev dokazuje NEK z *obratovalnim monitoringom radioaktivnosti*, katerega obseg in način izvajanja določa *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti*[2] [9]. Poleg NEK, ki meri emisije, sodelujejo pri izvedbi nadzora radioaktivnosti tudi *neodvisni pooblaščeni izvajalci nadzora*.

V tem poročilu ocenjujemo sevalni učinek NEK zaradi tekočinskih izpustov z uporabo veljavnega enodimenzionalnega modela iz leta 2009. Ta model temelji na podatkih o tekočinskih izpustih in povprečnem letnem pretoku reke Save ter upošteva značilnosti referenčne osebe. To oceno nato primerjamo z rezultati, pridobljenimi z uporabo novega modela [36]. Novi model se nanaša na območje pretočne akumulacije HE Brežice in temelji na teoretični napovedi mešanja ter redčenja z uporabo tridimenzionalnega hidrodinamičnega transportnega modela PCFLOW3D ([33], [34], [35], [39]). V okviru projektne naloge je bila izdelana tudi spletna platforma DOSENEK [36], v kateri vnašamo merske in druge podatke in z računskimi postopki izračunamo efektivne doze za referenčne osebe v treh različnih starostnih skupinah. Pod jezom HE Brežice se efektivna doza za referenčno osebo[3] oceni iz rezultatov analiz okoljskih vzorcev.

ZNAČILNOSTI VZORČENJA IN MERITEV VZORCEV IZ OKOLJA

Vzorčenje in meritve so v letu 2025 potekale v enakem obsegu in na enak način kot v preteklih letih, kar omogoča primerjavo rezultatov nadzora z rezultati iz preteklih let in določitev možnih usmeritev. Pred leti je bil po izgradnji HE Brežice dodan radiološki merilni nadzor v območju pretočne akumulacije HE Brežice. Značilnosti vzorčenja in meritev so:

1) Reka Sava

a) neprekinjeno vzorčenje 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; posamično vzorčenje nefiltrirane vode v Krškem, na levem in desnem bregu pretočne akumulacije HE Brežice, v razlivnem območju Save na levem bregu akumulacijskega jezera HE Brežice (t.i. "nadomestni habitat"), nad jezom HE Brežice, v Brežicah, Jesenicah na Dolenjskem in Podsusedu pri Zagrebu (Republika Hrvaška (HR), okrog 30 km nizvodno od NEK) za kratkožive radionuklide;

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

---

[1] 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 izključitvenega območja (500 m od osi reaktorja) in navzven ne sme presegati 0,05 mSv na leto. Ta omejitev je bila po začetku obratovanja dopolnjena še z omejitvijo letne efektivne doze *zunanjega sevanja* objektov na ograji (0,2 mSv na leto) ter z omejitvijo aktivnosti radionuklidov v tekočih in plinastih efluentih.

[2] Obratovalni nadzor radioaktivnosti obsega meritve *emisij* na samem objektu, meritve *imisij* v okolici, meritve zunanjega sevanja v okolju, ovrednotenje merskih rezultatov in oceno doz. Pravilnik določa tudi zahteve, ki jih morajo izpolnjevati izvajalci nadzora radioaktivnosti, tehnične zahteve za merilno in analizno opremo ter načine in poti izpostavljenosti, ki jih je treba upoštevati pri ocenjevanju doz.

[3] Za oceno obremenitve prebivalstva zaradi izpustov iz jedrskega objekta se uporablja referenčna oseba kot posameznik iz prebivalstva, ki prejema ali bi lahko prejel najvišje doze pri pri čemer niso upoštevane osebe s skrajnimi in redkimi navadami [9].

c) sestavljeni četrtletni vzorci na levem in desnem bregu akumulacijskega jezera za ugotavljanje koncentracije aktivnosti C-14 v Savi;

č) vzorčenje 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);

d) vzorci rib: Krško, akumulacijsko jezero Brežice, Brežice, Jesenice na Dolenjskem, Podsused (HR) in Otok (HR). Prav tako sta bila odvzeta vzorca rib v pretočni akumulaciji HE Brežice za ugotavljanje vsebnosti C-14.

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 radiokemijsko separacijo in štetjem s proporcionalnim števcem. Radiokemijska analiza Sr-89/Sr-90 se opravi na istih vzorcih kot visokoločljivostna spektrometrija gama. Vsebnost C-14 v savski vodi in ribah je bila določena z masno spektrometrijo s pospeševalnikom (AMS).

2) Vodovodi in črpališča

a) posamični letni vzorci vode iz vodovoda v Ljubljani (Osrednjeslovenska statistična regija, referenčna lokacija);

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

c) mesečni sestavljeni vzorci črpališč na Bregah, v Rorah in Brežicah ter vodovodov Spodnji Stari Grad in Brežice; mesečni sestavljeni vzorci črpališča Petruševec v Zagrebu, Hrvaška;

č) vzorčenje podtalnice v neposredni okolici elektrarne (četrtletni posamični vzorci iz vrtine E1 znotraj ograje NEK in mesečni posamični vzorci iz vrtine VOP-4, Vrbina) ter 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 tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo in določanje koncentracije aktivnosti Sr-90/Sr-89 z radiokemijsko separacijo in štetjem s proporcionalnim števcem. 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 na Bregah, v 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 radiokemijsko 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) vzorčenje aerosolov se opravlja z neprekinjenim 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) vzorčenje joda I-131 se opravlja s posebnimi črpalkami in filtri na istih lokacijah, kjer poteka vzorčenje aerosolov (razen v Dobovi);

c) vzorčenje za specifično meritev Sr-90/Sr-89 je v Stari vasi;

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

d) zbiranje vzorcev zračnega ogljika C-14 v CO_2 je neprekinjeno potekalo na dveh mestih na ograji NEK, ki je v izključitvenem območju, v letu 2025 je bilo skupno zbranih štirinajst vzorcev. Kontrolne meritve so potekale v Zagrebu, Republika 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 po pretvorbi CO_2 v benzen.

5) Zunanje sevanje

Zemlja

a) vzorce zemlje zbiramo na treh lokacijah neobdelane zemlje nizvodno od NEK na poplavnih območjih (kraj Amerika – 3,5 km vzhodno od NEK, Gmajnice – 2,5 km od NEK in Kusova Vrbina-Trnje – 8,5 km od NEK); vzorčenje 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, ki se opravi na istih vzorcih kot visokoločljivostna spektrometrija gama.

Zunanje sevanje

a) doza zunanjega sevanja (sevanje gama in ionizirajoča komponenta kozmičnega sevanja izražena v okoljskem doznem ekvivalentu $H^*(10)$) se meri s 57 termoluminiscenčnimi dozimetri (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) doza zunanjega sevanja se meri tudi s sedmimi TL-dozimetri na zahodni ograji NEKv bližini stavbe za suho skladiščenje izrabljenega goriva;

c) vzporedno potekajo meritve s TL-dozimetri na 50 lokacijah po državi [21], [22];

d) v sklopu mreže zgodnjega obveščanja je v okolici NEK postavljenih 14 merilnikov hitrosti doze, ki delujejo neprekinjeno; poleg teh je v mrežo zgodnjega obveščanja v Sloveniji vključenih še dodatnih 59 merilnikov (Envinet MIRA, AMES/MFM, Atomtex/MFM in Gihmm).

Za merjenje okoljskega doznega ekvivalenta $H^*(10)$ IJS uporablja dozimetre tipa TLD-IJS-05 (CaF_2:Mn). Meritve H*(10) na 10 lokacijah na Hrvaškem so opravljene s termoluminiscenčnimi (LiF:Mg,Cu,P, MCP-N, CaF_2:Mn), OSL Al_20_3:C in radiofotoluminescenčnimi (RPL) dozimetri. Podatke iz merilnikov mreže zgodnjega obveščanja zbira in posreduje URSJV.

6) Hrana

a) odvzemna mesta vzorcev hrane v letu 2025, ki so označena na priloženem zemljevidu na koncu poročila, so bila: sadovnjak ob NEK (sadje), Pesje (mleko, zelenjava, sadje), Brege (mleko, zelenjava, žito), Vihre (zelenjava), Vrbina (zelenjava, sadje), Spodnji Stari Grad (meso, jajca), Žadovinek (žito), Trnje (žito), Leskovec (meso, sadje), Dolenja vas (žito), Gornji Lenart (jajca), Sevnica[4] (meso), Velika vas (mleko, zelenjava); v letu 2025 je bilo v okolici NEK vzorčenih 32 vrst živil, skupno 76 vzorcev (mleko: 36, zelenjava: 20, meso: 7, sadje: 13);

[4] Vzorce svinjskega mesa in govedine smo vzorčili v KZ Sevnica. Meso so prevzeli od rejcev v Kalce-Naklo, Velikem Podlogu in Globokem.

b) pogostost vzorčenja 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) vzorčenje rastlinstva, poljščin in sadja za določanje specifične aktivnosti C-14 je potekalo v letu 2025 dvakrat (julij in september) na 16 lokacijah v okolici NEK in v Dobovi (referenčna lokacija); skupaj je bilo analiziranih 36 vzorcev.

Specifične aktivnosti sevalcev gama so bile izmerjene z visokoločljivostno spektrometrijo gama, specifične aktivnosti Sr-90/Sr-89 pa z radiokemijsko metodo, ki se opravi na istih vzorcih kot visokoločljivostna spektrometrija gama. Aktivnost C-14 se določa z meritvijo absorbiranega CO_2 s tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo.

REZULTATI MERITEV

Za izračun letne doze uporabljamo aritmetično sredino periodičnih merskih rezultatov [62]. 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 razsutje. Če jo delimo s korenom števila meritev, 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 2025, IJS DP 15403*. Tako definirane cenilke so združljive s frekventističnim pristopom [63], le da se namesto aposteriorne negotovosti tam uporablja izraz raztresenost povprečja.

Kadar so merski rezultati pod mejo detekcije in se poroča meja detekcije (največkrat pri Pb-210, H-3, Sr-90, itd.), se na podlagi priporočila Evropske komisije (*European Commission recommendation on standardized information on radioactive airborne and liquid discharges into the environment from nuclear power reactors and reprocessing plants in normal operation*, Euratom Off. J. Eur. Union. 2004; str. L2:32; odstavka 6 in 7 [64]) v tabelah upošteva 1/4 meje detekcije kot predpostavljena vrednost. Teh 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 razsustje vrednosti). Takšni zapisi so v tabelah označeni z "x".

Spodnje meje aktivnosti drugih nedetektiranih radionuklidov nismo pisali v tabele. Pri izračunih mesečnih povprečij se prazna polja upoštevajo kot ničle.

Pri ovrednotenju merskih rezultatov z visokoločljivostno spektrometrijo gama, opravljenih na IJS, smo uporabili neposredne merske rezultate iz poročila *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2025, IJS-DP-15403,* enako kot v zadnjih treh letih. Merski podatki so predstavljeni v obliki $(y \pm u(y))$, kjer je y izmerjena specifična aktivnost in $u(y)$ združena standardna negotovost izmerka. 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.

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.

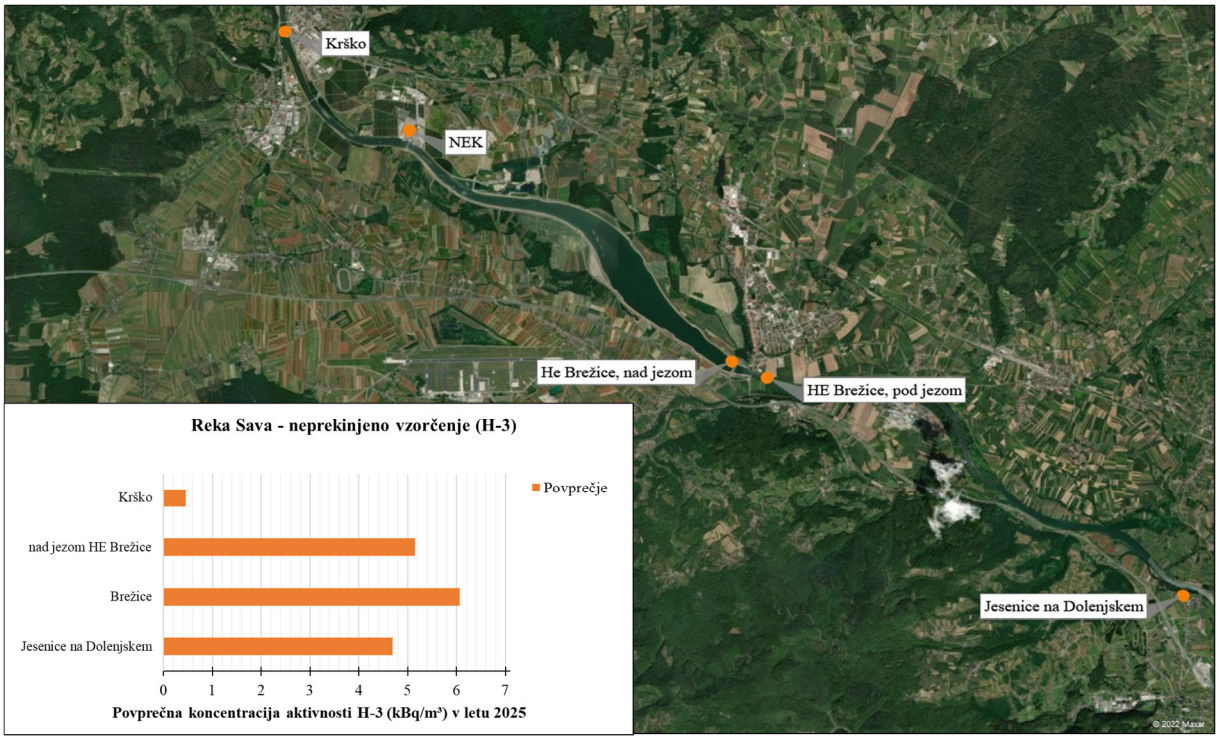
1) Reka Sava *(Podrobneje v poglavju Radioaktivnost v reki Savi)*

Tritij (H-3) je naraven kozmogeni radionuklid. Ker nastaja v zgornjih plasteh atmosfere, je prisoten v deževnici in vodotokih. Naravna koncentracija aktivnosti tritija v deževnici v letu 2025 je od 0,6 kBq/m^3 do 1,5 kBq/m^3 (Ljubljana, Dobova). Povprečje koncentracij aktivnosti tritija (ozadje) v reki Savi nad Krškim je 0,45 kBq/m^3, v razponu 0,3–0,6 kBq/m^3. Tritij je tudi redno prisoten v tekočinskih izpustih NEK in ga zato zaznamo v reki Savi. Pregled povprečnih mesečnih koncentracij aktivnosti tritija v reki Savi na postajah z neprekinjenim vzorčenjem (filtrirana voda) vzvodno in nizvodno od jezu NEK v letu 2025 je prikazan na sliki I1. Večletno povprečje koncentracij aktivnosti H-3 (od 2017 do konca leta

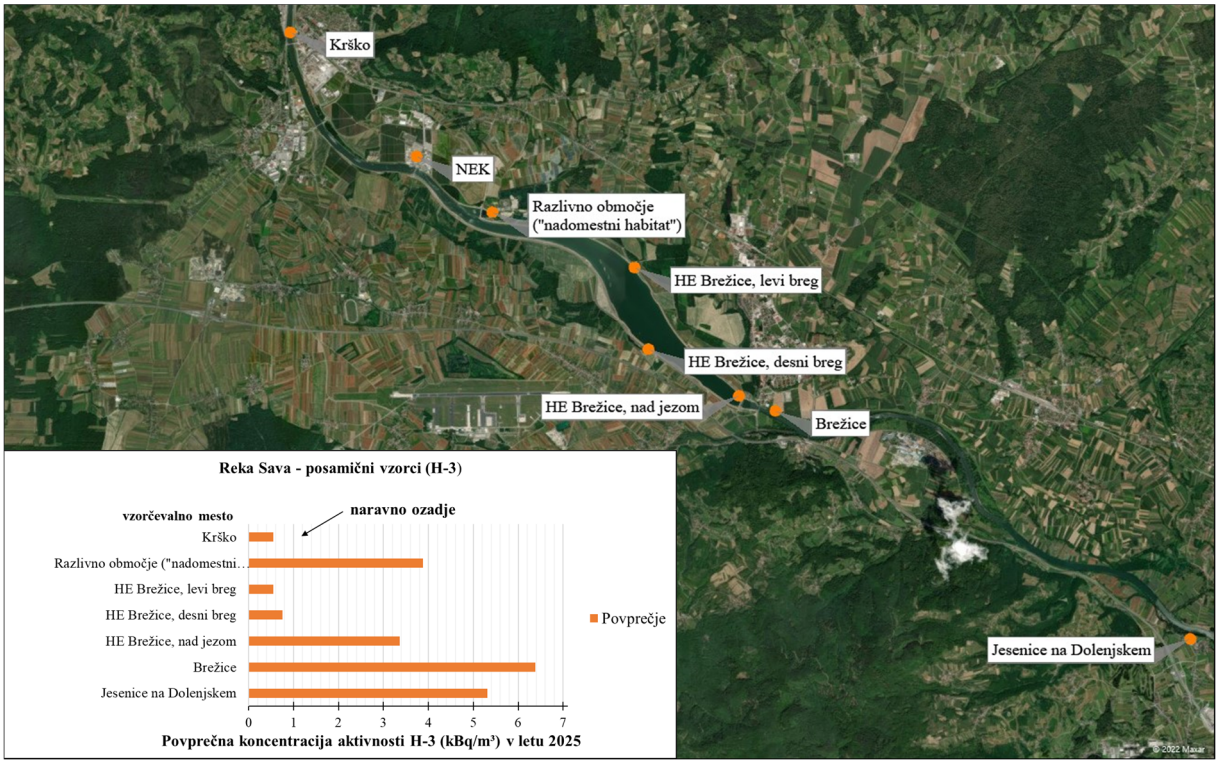
2024) v Brežicah je 2,9 kBq/m^3, na vzorčevalni postaji nad jezom HE Brežice pa prav tako 2,9 kBq/m^3. Zaradi pritokov Krke in Sotle, se Sava dodatno razredči, zato pričakujemo dodatno redčenje nizvodno. Večmesečno povprečje tritija v Jesenicah na Dolenjskem je 2,7 kBq/m^3, kar je v okviru razsutja vrednosti v Brežicah in pred jezom HE Brežice enako.

Zaradi prisotnosti pretočne akumulacije HE Brežice časovni potek koncentracij aktivnosti H-3 na vzorčevalnih mestih (levi breg, desni breg, nad jezom HE Brežice) ne sledi časovnemu poteku mesečnih izpustov H-3 iz NEK. Pojavljajo se občasna ujemanja z dnevnimi izpusti, pri čemer upoštevamo dvo- do tridnevni zamik med datumoma izpusta in vzorčenja. V času največjih izpustov so ujemanja boljša. Preseneča pa še vedno, da je povprečje na desnem bregu pretočne akumulacije višje kot na levem (izjema je bilo leto 2024). Večletno povprečje na desni strani pretočne akumulacije je 4,3 kBq/m^3, na levi pa 3,2 kBq/m^3. Enako je bilo tudi v letu 2025. Povprečje koncentracij aktivnosti H-3 v reki Savi, vzorčene na desni strani najširšega dela pretočne akumulacije v letu 2025 je bilo 0,75 kBq/m^3, na levi strani pa 0,55 kBq/m^3. To potrjuje domnevo, da je tok počasnejši, a izrazitejši po desni strani akumulacije do najširšega dela akumulacije, nato pa sledi matici reke do jezu HE Brežice. To smo sklepali tudi iz batimetričnih meritev globine reke Save, ki so bile opravljene v zajezitvi nad jezom HE Brežice [31]. Možen je tudi povraten tok v bazenu akumulacije, kar lahko poveča ali zniža redčenje v akumulaciji. Na sliki I2 so prikazane povprečne koncentracije aktivnosti H-3 na lokacijah vzvodno in nizvodno od jezu NEK, kjer se vzorčujejo posamični vzorci (nefiltrirana voda). Pred jezom HE Brežice je bilo povprečje 3,4 kBq/m^3, v Brežicah nizvodno od HE Brežice 6,4 kBq/m^3, v Jesenicah na Dolenjskem pa 5,3 kBq/m^3.

V letu 2025 je bil vzorčen radioaktivni ogljik (C-14) v izpustih iz odpadnih merilnih rezervoarjev NEK. Prispevek C-14 smo ocenili iz meritev v četrtletnih vzorcih WMT, ki jih je opravil IRB. Najmanjša četrtletna aktivnost C-14 je bila 0,015 GBq v drugem četrtletju, največja pa 0,036 GBq v tretjem četrtletju. Četrtletni vzorci so sestavljeni iz posamičnih izpustov. Skupno letno izpuščeno aktivnost C-14 0,11 GBq smo izračunali kot vsoto četrtletnih vrednosti. Izpusti so za velikostni red nižji, kot je dolgoletno povprečje (1,2 GBq) od leta 2013 do 2024.



Slika I1: Na grafu je pregled povprečnih mesečnih koncentracij aktivnosti H-3 v reki Savi na postajah z neprekinjenim vzorčenjem vzvodno in nizvodno od jezu NEK v letu 2025.



Slika I2: Pregled povprečnih mesečnih koncentracij aktivnosti H-3 v letu 2025 v reki Savi na lokacijah vzvodno in nizvodno od jezu NEK, kjer se zajemajo posamični (mesečni ali četrtletni) vzorci. Naravno ozadje H-3 v Savi je v razponu 0,3 do 0,6 kBq/m^3.

C-14 je bil merjen tudi v savski vodi in v ribah [25]. Na lokacijah na levem in desnem bregu akumulacijskega jezera HE Brežice so bili odvzeti sestavljeni četrtletni vzorci. Povprečje izmerjenih koncentracij aktivnosti na levem bregu v pretočni akumulaciji je bilo 9,8 Bq/m^3 in prav tako na desnem 9,8 Bq/m^3, kar je primerljivo z naravnim, večinoma kozmogenim C-14 v okolju (okrog 11 Bq/m^3). Četrtletne izmerjene vrednosti se v okviru razsutja podatkov ne odmikajo od povprečij. Zato ne moremo sklepati na učinek delovanja NEK. Povprečne koncentracije aktivnosti so sicer nižje od trenutnih atmosferskih aktivnosti (trenutna splošna atmosferska aktivnost C-14 brez učinkov NEK je 231 Bq na kilogram ogljika). V primerjavi s prejšnjimi leti so specifične aktivnosti C-14 v ribah v letu 2025 nižje kot pred leti.

Radioaktivni jod (I-131), ki se uporablja tudi v medicini, je redno prisoten na vseh nadzornih mestih reke Save, tako vzvodno od elektrarne kot nizvodno v Brežicah in Jesenicah na Dolenjskem. V tekočinskih izpustih iz NEK I-131 v letu 2025 ni bil zaznan.

V letu 2025 koncentracija aktivnosti I-131 niha in je v večini enkratnih vzorcev pod mejo detekcije. V posamičnih vzorcih je bila v Brežicah izmerjena koncentracija do 2,9 Bq/m^3 (povprečno 1,2 Bq/m^3), na levem bregu pretočne akumulacije HE Brežice je bila izmerjena koncentracija do 12,6 Bq/m^3 (povprečno 1,5 Bq/m^3), na desnem bregu pa do 37,1 Bq/m^3 (povprečno 4,3 Bq/m^3). Na vseh ostalih lokacijah (Krško, Jesenice na Dolenjskem, nad jezom HE Brežice in v Nadomestnem habitatu) je bil jod I-131 v vseh odvzetih vzorcih pod mejo detekcije. Prisotnost radioaktivnega joda v rekah izvira iz tekočinskih izpustov iz bolnišnic po Sloveniji in Avstriji (Drava, Mura).

Če primerjamo rezultate meritev z ločenim nadzorom v življenjskem okolju v RS [22], so bile povprečne koncentracije na reki Savi v Brežicah (1,6 Bq/m^3) v okviru merilne negotovosti enake, kot jih izmerimo v Savi v Ljubljani (1,8 Bq/m^3). V Krki in Savinji so bile povprečne koncentracije aktivnosti I-131 0,57 Bq/m^3 in 0,31 Bq/m^3. V Dravi pri Mariboru je bila povprečna koncentracija I-131 1,2 Bq/m^3. V Muri pri Petanjcih je bila povprečna koncentracija I-131 0,61 Bq/m^3. V Soči in Kolpi v letu 2025 jod I-131 ni bil zaznan.

V vzorcih rib in talnega sedimenta na vseh vzorčevalnih mestih vzvodno in nizvodno od jezu NEK ni bila zaznana prisotnost I-131, kar je enako kot v preteklih letih.

Lutecij Lu-177 se, podobno kot jod I-131, uporablja v medicini. V izpustih ga ne zaznavamo, saj v NEK ne nastaja. V enkratnih vzorcih rečne vode ga občasno zaznamo, sicer pa je v večini primerov njegova koncentracija pod mejo detekcije.

V Krškem so bile izmerjene koncentracije do 0,26 kBq/m^3, na desnem bregu pretočne akumulacije do 0,6 kBq/m^3, na levem bregu pretočne akumulacije do 0,38 kBq/m^3, nad jezom HE Brežice do 0,09 kBq/m^3, v Brežicah do 0,09 kBq/m^3, v Jesenicah na Dolenjskem pa do 0,031 kBq/m^3. V nadomestnem habitatu v letu 2025 lutecij ni bil zaznan v nobenem vzorcu.

Lutecij zaznavamo tudi v nekaterih preostalih slovenskih rekah (Savinji, Muri in Dravi). Najvišja koncentracija v posameznem vzorcu je bila v letu 2025 izmerjena v Savi pri Ljubljani (0,44 kBq/m^3).

Letni tekočinski izpust Cs-137 iz NEK v reko Savo je bil 1,6 MBq, kar je v okviru razsutja podatkov primerljivo z izpusti v preteklih letih 2013–2024 (povprečje 1,47 MBq) in nižje kot dolgoletno povprečje 13,0 MBq (2000–2024). Izmerjene vsebnosti Cs-137 v reki Savi zato pripisujemo globalni kontaminaciji, saj je izračunani prirastek koncentracije aktivnosti Cs-137 350 m nizvodno od jezu NEK, ob upoštevanju letnih tekočinskih izpustov in povprečnega pretoka Save (193 m^3/s) ter privzetku razredčitvenega razmerja na levem bregu v Brežicah, enak 7,9 E–4 Bq/m^3, v Brežicah pa 3,8 E–4 Bq/m^3. Teh ocenjenih vrednosti ni mogoče ločiti od nehomogeno porazdeljene globalne kontaminacije.

Povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti v filtrirani vodi (suhi ostanek po izparevanju vzorca vode) je bilo na referenčnem mestu v Krškem 0,16 Bq/m^3, na odvzemnem mestu Jesenice na Dolenjskem pa 0,01 Bq/m^3. Nad jezom HE Brežice in v Brežicah cezij v filtrirani vodi v letu 2025 ni bil zaznan.

Cs-137 se je sicer v preteklosti navadno pojavljal v nekoliko višjih koncentracijah v filtrskem ostanku kot v vodni sušini, sedaj pa so rezultati praviloma na meji detekcije ali pod njo. Na referenčni lokaciji v Krškem in na lokaciji nad jezom HE Brežice v letu 2025 cezij ni bil zaznan v nobenem vzorcu. V Brežicah je bila najvišja izmerjena vrednost 0,65 Bq/m^3, povprečna pa 0,41 Bq/m^3. V Jesenicah na Dolenjskem je bila najvišja izmerjena vrednost 0,33 Bq/m^3, povprečna pa 0,10 Bq/m^3.

Izmerjene koncentracije aktivnosti Cs-137 v rekah po Sloveniji variirajo glede na lokacijo vzorčenja in so podobne ali višje od vrednosti, izmerjenih v reki Savi v okolici NEK. Povprečna koncentracija aktivnosti Cs-137 v letu 2025 je bila od 0,06 Bq/m^3 v Kolpi do 0,54 Bq/m^3 v Muri. V Soči, Savi (pri Ljubljani) in Krki Cs-137 v letu 2025 ni bil detektiran, ali pa je bil vsaj en rezultat meritve pod mejo kvantifikacije (velika merska negotovost) [22].

Radioaktivni stroncij (Sr-90) je redno izmerjen v tekočinskih izpustih NEK. V letu 2025 je bila skupna izpuščena aktivnost v reko Savo 0,083 MBq, kar je nižje kot večletno povprečje 0,14 MBq. Mesečni vzorci so sestavljeni iz posamičnih izpustov. Tudi vsebnost Sr-90 v reki Savi pripisujemo globalni kontaminaciji, saj je izračunani prirastek koncentracije aktivnosti Sr-90 350 m nizvodno od jezu NEK, ob upoštevanju letnih tekočinskih izpustov in povprečnega pretoka Save ter privzetku razredčitvenega razmerja na levem bregu v Brežicah, enak 4,0 E–5 Bq/m^3, v Brežicah pa je enak 1,9 E–5 Bq/m^3. Teh prispevkov ni mogoče ločiti od nehomogeno porazdeljene globalne kontaminacije.

Večina stroncija je raztopljena v vodi, koncentracija aktivnosti Sr-90 v vodi je vsaj 10-krat večja kot v filtrskem ostanku. Povprečne izmerjene koncentracije Sr-90 v filtrskem ostanku so 0,02 Bq/m^3 nad jezom HE Brežice, 0,05 Bq/m^3 v Krškem in 0,03 Bq/m^3 v Brežicah. V Jesenicah na Dolenjskem so bili vsi rezultati meritev pod mejo detekcije. Na splošno so koncentracije stroncija v vodi do 10-krat višje kot koncentracije Cs-137.

Povprečja koncentracije aktivnosti Sr-90 na lokacijah, kjer se neprekinjeno vzorči, so od 0,9 Bq/m^3 v Brežicah in nad jezom HE Brežice do 1,9 Bq/m^3 v Jesenicah na Dolenjskem. Tudi koncentracije aktivnosti Sr-90 v posamičnih (nefiltriranih) vzorcih vode v okviru merskih in vzorčevalnih negotovosti ne odstopajo od meritev neprekinjeno vzorčenih vzorcev filtrirane vode in so od 0,9 Bq/m^3 na levem bregu pretočne akumulacije do 1,3 Bq/m^3 nad jezom HE Brežice.

Povprečne koncentracije aktivnosti stroncija v drugih rekah po Sloveniji ne odstopajo od rezultatov meritev, izmerjenih v Savi v okolici NEK. Povprečna koncentracija, izmerjena v Savi na lokaciji Laze pri Ljubljani, je bila 1,9 Bq/m^3, v Dravi 0,9 Bq/m^3 in v Muri 1,3 Bq/m^3 [22]. Koncentracije aktivnosti Sr-90 v savski vodi so v okviru merskih in vzorčevalnih negotovosti podobne rezultatom iz zadnjih nekaj let. Opazen je trend upadanja, ustrezen razpolovni dobi stroncija (28,8 let). Primerjava rezultatov meritev na različnih lokacijah z upoštevanjem merskih negotovosti kaže, da je učinek NEK nemerljiv.

Na sliki I3 prikazujemo povprečne specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v obrežnih sedimentih vzvodno in nizvodno od jezu NEK. Vsebnosti obeh radionuklidov v sedimentih pripisujemo globalni kontaminaciji, saj tekočinski izpusti iz NEK prispevajo specifični aktivnosti 1,6 E–3 Bq/kg za Cs-137 in 8,0 E–5 Bq/kg za Sr-90 v talnih sedimentih 350 m nizvodno od jezu NEK ter 7,4 E–4 Bq/kg za Cs-137 in 3,7 E–5 Bq/kg za Sr-90 v Brežicah. Povprečja izmerjenih specifičnih aktivnosti Cs-137 v sedimentih so od 0,4 Bq/kg v Podsusedu(HR) (meritve IRB) do 7,7 Bq/kg na levem bregu pretočne akumulacije HE Brežice pri Pesjah (meritve IRB). Na referenčnem mestu v Krškem je bilo povprečje 4,4 Bq/kg (meritve ZVD) oziroma 4,9 Bq/kg (meritve IRB). Specifične aktivnosti stroncija v obrežnih sedimentih so tipično do 10-krat nižje od specifičnih aktivnosti cezija. Na referenčni lokaciji v Krškem je bila povprečna letna izmerjena vrednost enaka 0,14 Bq/kg. Nad jezom HE Brežice je bil stroncij v vseh vzorcih pod mejo detekcije. Na ostalih lokacijah nizvodno od jezu NEK so bile povprečne specifične aktivnosti Sr-90 od 0,08 Bq/kg v Brežicah do 0,48 Bq/kg na levem bregu pretočne akumulacije. Specifična aktivnost stroncija v obrežnem sedimentu je tako primerljiva z rezultati meritev iz predhodnih let. V obrežnih sedimentih je učinek NEK nemerljiv.

Na sliki I4 prikazujemo povprečne specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v ribah vzvodno in nizvodno od jezu NEK. Aktivnosti pripisujemo globalni kontaminaciji, saj sta prispevka radionuklidov zaradi tekočinskih izpustov iz NEK, 1,6 E-3 Bq/kg za Cs-137 in 2,4 E–6 Bq/kg za Sr-90 zelo majhna.

Spektrometrične analize rib sta opravila ZVD in IRB. Pri meritvah, ki jih je opravil IRB, Cs-137 ni bil zaznan. ZVD je Cs-137 zaznal v vseh štirih vzorcih rib iz Brežic, in sicer med 0,04 Bq/kg in 0,12 Bq/kg; povprečje je bilo 0,07 Bq/kg. V drugih vzorcih rib Cs-137 ni bil zaznan.

Povprečja koncentracij aktivnosti Sr-90 v ribah so bila od 0,02 Bq/kg v Krškem do 0,06 Bq/kg v Brežicah. Ločeno določanje Sr-90 v kosteh in mišicah rib se ne izvaja od leta 2005, zato neposredna primerjava med obema deloma ni mogoča. Sr-90 se namreč pretežno kopiči v kosteh, kjer so koncentracije aktivnosti praviloma za približno dva reda velikosti višje kot v mišicah.

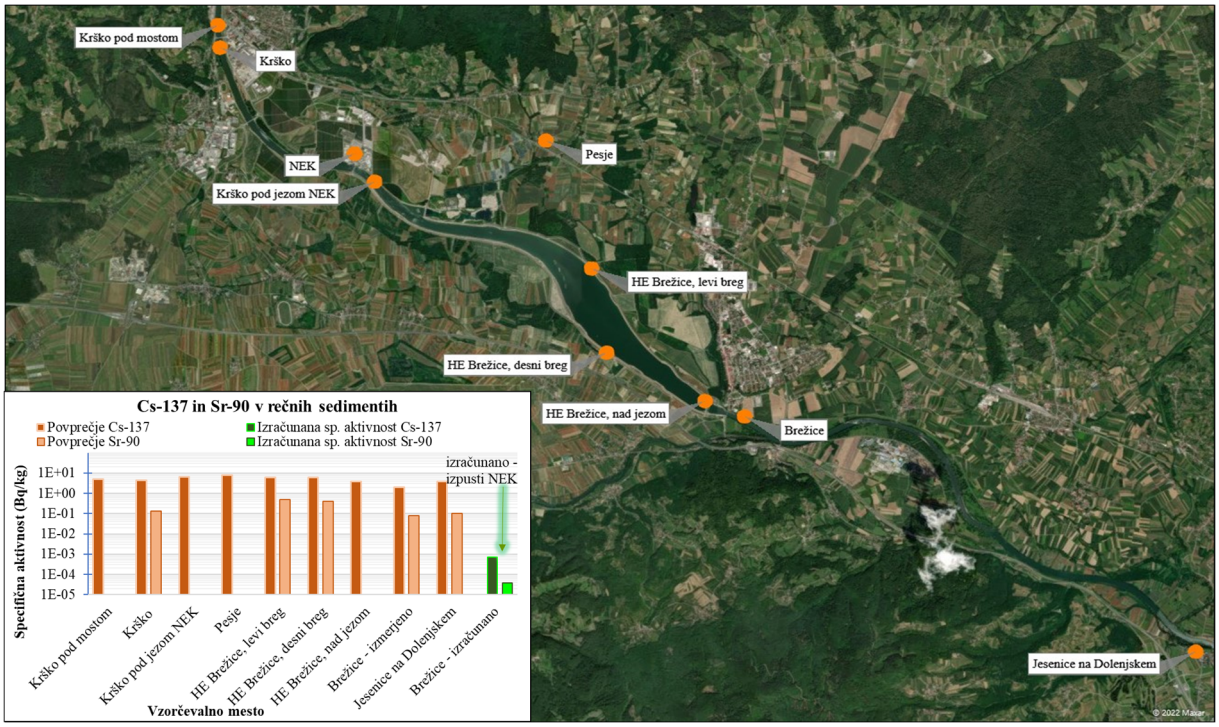
Glede na povprečno koncentracijo aktivnosti stroncija v vzorcih reke Save 1,2 Bq/m^3, bi pričakovali, da je specifična aktivnost stroncija v ribah 0,07 Bq/kg (upoštevajoč koncentracijski faktor B_r = 0,06 m^3/kg) [30]. Povprečje izmerjenih specifičnih aktivnosti v ribah za vse lokacije skupaj je 0,04 Bq/kg (mišice in kosti ribe skupaj, meritve ZVD), kar se v okviru merilne negotovosti ujema s pričakovano vrednostjo glede na koncentracijo stroncija Sr-90 v vodi.

Drugi cepitveni in aktivacijski produkti (Cr-51, Fe-55, Co-58, Co-60, Ag-110m, Sb-125 in Cs-134) se v sledeh redno pojavljajo v tekočinskih izpustih NEK. Skupna aktivnost teh radionuklidov v letu 2025 je bila vsaj pet velikostnih redov nižja od tritijeve. Cs-134 je bil v tekočinskih izpustih nazadnje izmerjen leta 2016. V zadnjih nekaj letih ni bil zaznan v okolju noben od naštetih radionuklidov. Nazadnje je bil detektiran Co-60 v letih 2003 in 2006 v vodi in sedimentu, Cs-134 pa v sedimentih leta 2002.

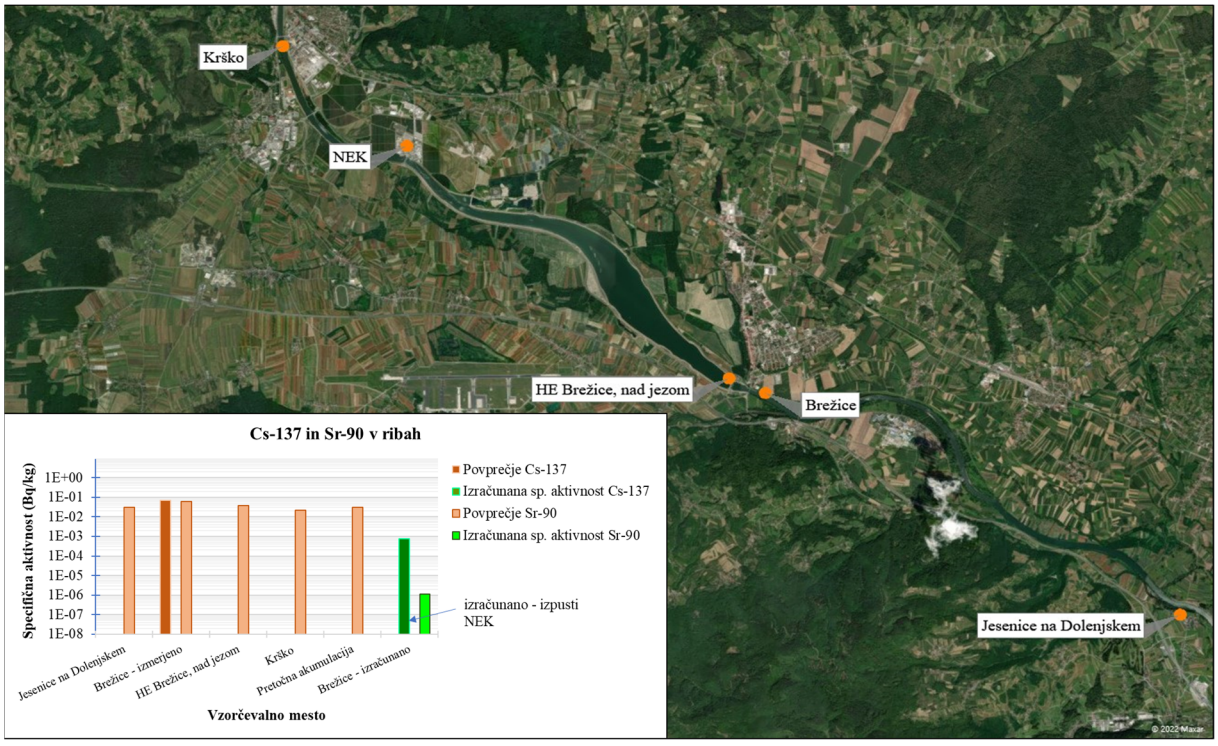
Naravni radionuklidi uranove (U-238, Ra-226 in Pb-210) in torijeve (Ra-228 in Th-228) razpadne vrste so bili redno zaznani v vseh vzorcih vode. V savski vodi so bile na vseh odvzemnih mestih (kontinuirano vzorčenje) povprečne koncentracije aktivnosti U-238 do 6,0 Bq/m^3 (Jesenice na Dolenjskem), Ra-226 do 2,5 Bq/m^3 (nad jezom HE Brežice), Pb-210 do 11,5 Bq/m^3 (Brežice), Ra-228 do 1,2 Bq/m^3 (nad jezom HE Brežice), Th-228 do 1,4 Bq/m^3 (Brežice) in Be-7 do 34 Bq/m^3 (Brežice).

Povprečne koncentracije aktivnosti K-40 so od 27 Bq/m^3 (Brežice) do 32 Bq/m^3 (Jesenice na Dolenjskem). Predvsem za K-40 je značilno izrazito nihanje, ki je povezano predvsem z onesnaženostjo rek, v manjši meri pa tudi z geološko sestavo tal. Koncentracije aktivnosti naravnih radionuklidov v vodi so tako podobne izmerjenim v rekah po Sloveniji. Koncentracija aktivnosti K-40 v rekah po Sloveniji variira, kot je to značilno za geološko raznovrstnost slovenskega ozemlja. Kalij je splošno razširjen v vrhnji plasti zemlje, njegove spojine pa so topne v vodi. Povprečna koncentracija aktivnosti kalija v rekah v letu 2025 je bila od 9,4 Bq/m^3 v reki Kolpi do 152 Bq/m^3 v Savinji. Najnižja izmerjena

koncentracija aktivnosti K-40 je bila (6,2 ± 1,9) Bq/m^3 v Kolpi, najvišja pa je bila v Savinji (232,1 ± 8,1) Bq/m^3. Povišano vsebnost kalija lahko razlagamo s povišano sedimentacijo reke (mešanje vode in zemljine) na mestu odvzema (npr. po čistilni napravi v Laškem) [22].



Slika I3: Specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v sedimentih v letu 2025. Skala je logaritemska.



Slika I4: Specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v ribah v letu 2025. Skala je logaritemska.

Koncentracije aktivnosti naravnih radionuklidov v vodi vzvodno in nizvodno od NEK so podobne izmerjenim v rekah po Sloveniji [19].

V sedimentih so bile na vseh odvzemnih mestih povprečne specifične aktivnosti U-238 do 41 Bq/kg (Krško pod jezom NEK), Ra-226 do 36 Bq/kg (Krško pod jezom NEK), Pb-210 do 142 Bq/kg (levi breg pretočne akumulacije - Pesje), Ra-228 do 35 Bq/kg (Krško pod jezom NEK), Th-228 do 31 Bq/kg (Krško) in Be-7 do 80 Bq/kg (levi breg pretočne akumulacije - Pesje). Povprečne specifične aktivnosti K-40 so bile od 284 Bq/kg (Jesenice na Dolenjskem) do 478 Bq/kg (Krško pod jezom NEK). V sedimentu je bil občasno zaznan Be-7 z razponom povprečij od 20 Bq/kg do 80 Bq/kg na vseh lokacijah.

V tekočinskih izpustih NEK naravni radionuklidi niso prisotni, zato ne ocenjujemo njihovega prispevka k obremenitvi okolja.

2) Vodovodi in črpališča ***(Podrobneje v poglavju Radioaktivnost v pitni in podzemni vodi)***

Med vsemi vzorčenimi mesti v Sloveniji so izmerjene vsebnosti tritija najvišje na Bregah, kar je nedvomno posledica učinka NEK, vendar tudi najvišje vrednosti še vedno dosegajo manj kot 2 % parametrične vrednosti (100 kBq/m^3)[5] direktive Evropske komisije za pitne vode. Poleg rednih mesečnih odvzemov vode na črpališčih in vodovodih v občinah Krško in Brežice je bila tudi v letu 2025 analizirana voda s posamičnimi odvzemi na bencinskih servisih Petrol v Krškem in v Brežicah. Koncentracije aktivnosti H-3 v vodi iz brežiškega vodovoda so nizke. V vzorcih krškega vodovoda je bilo povprečje primerljivo s koncentracijo aktivnosti v ljubljanskem vodovodu. Pregled povprečnih mesečnih koncentracij aktivnosti H-3 v pitni vodi iz črpališč in vodovodov v krški in brežiški občini je na sliki I5. V legendi je za primerjavo dodana še koncentracija aktivnosti H-3 v vodovodu Ljubljana [23]. Koncentracija aktivnosti tritija v pitni vodi v okolici NEK je istega velikostnega reda kot drugod po Sloveniji.

Zaradi nadzora izmenjave vode med Savo in podzemno vodo na krško-brežiškem polju se že od začetka obratovalnega nadzora radioaktivnosti v okolici NEK preverja stanje tritija v vrtinah. Voda iz vrtin se ne uporablja niti kot pitna voda niti kot tehnološka voda, ampak le za sledenje izpustov iz NEK. Pregled koncentracij aktivnosti H-3 v vrtinah je na sliki I6.

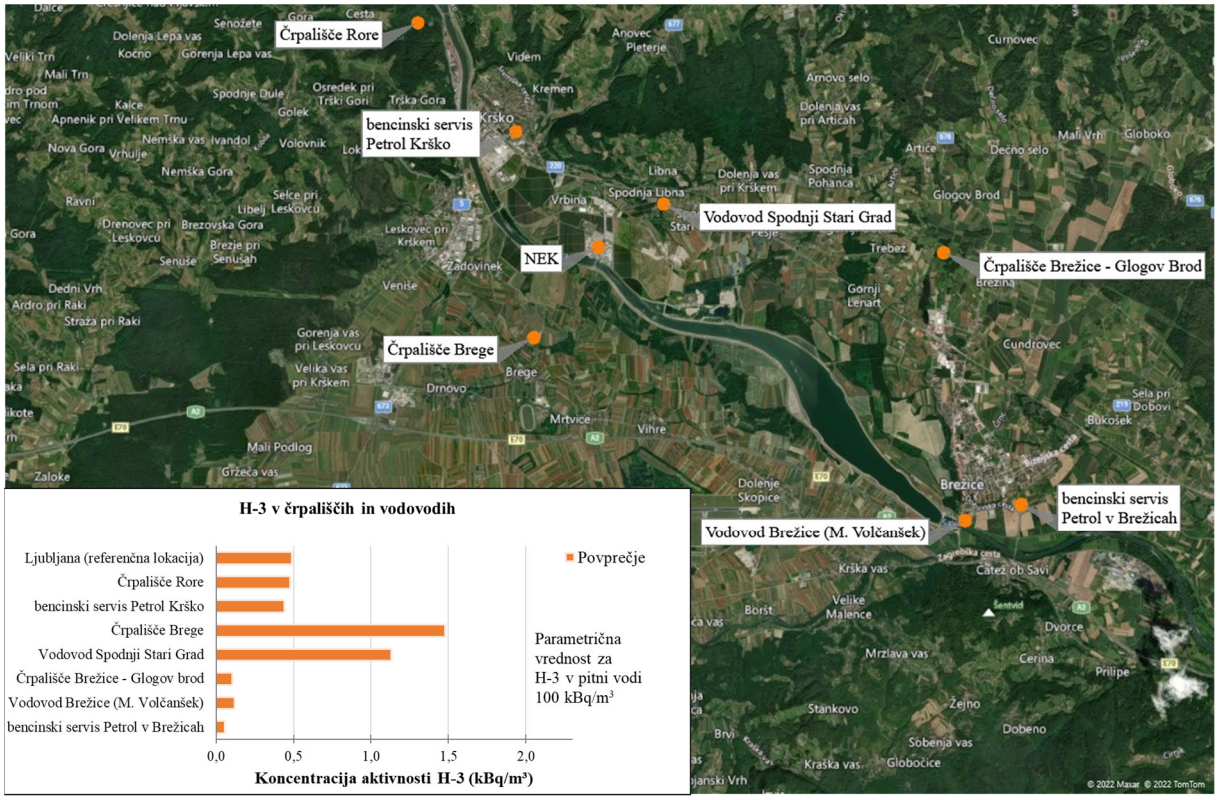
Koncentracije aktivnosti H-3 na Bregah so najvišje v Sloveniji in podobne kot v vrtinah in so nedvomno posledica učinka delovanja NEK. Tritijeve vsebnosti za vodovod Spodnji Stari Grad so bile v letu 2025 spremenljive, saj se je ta vodovod delno napajal iz istega vodonosnika kot črpališče Brege, delno pa iz vodonosnika, ki napaja tudi črpališče Rore, kjer ne zaznamo učinkov NEK.

Radionuklida Cs-137 in Sr-90 sta nehomogeno razširjena na naših tleh. V majhnih količinah se pojavljata tudi v izpustih NEK, vendar je njun učinek na podtalnico zanemarljiv in neločljiv od globalne kontaminacije.

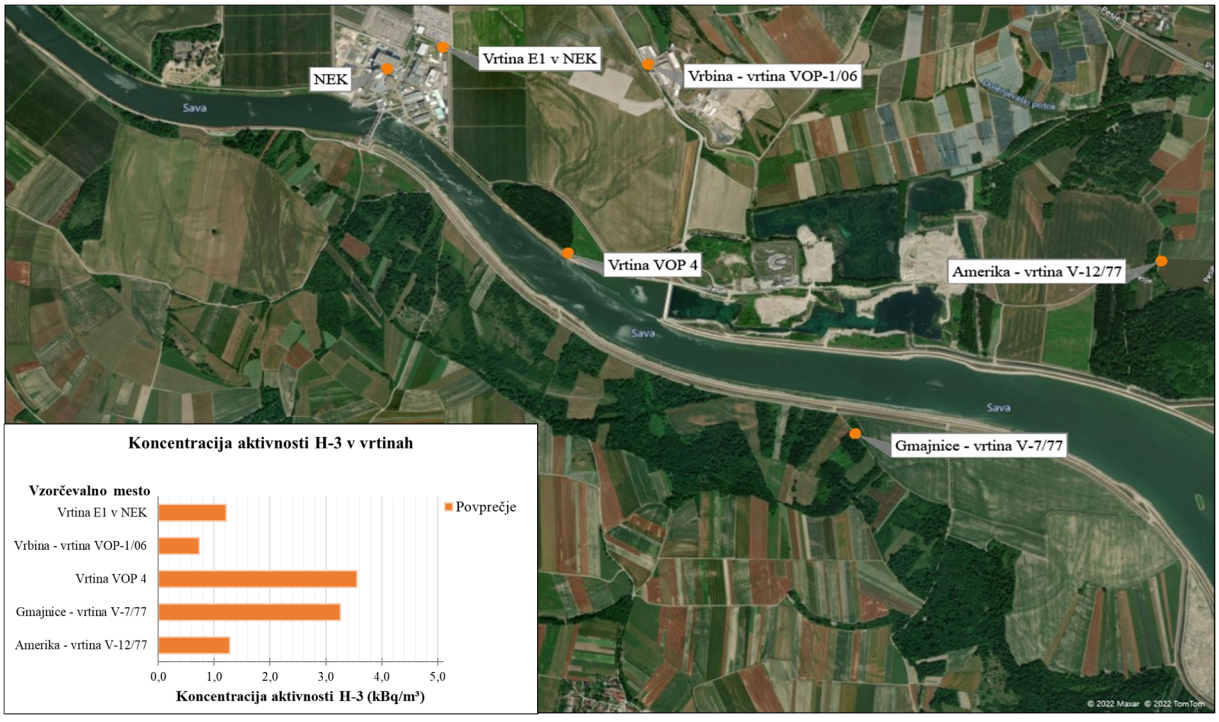
V mesečnih ali četrtletnih vzorcih pitne vode na vseh vzorčevalnih mestih v Krškem in Brežicah ter tudi na Hrvaškem I-131 ni bil zaznan.

Koncentracije aktivnosti naravnega radionuklida K-40 so bile izmerjene na vseh vzorčevalnih mestih. Na Bregah je bilo povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti 70 Bq/m^3, v vodovodu Spodnji Stari Grad 47 Bq/m^3. Na drugih črpališčih in vodovodih je bila povprečna koncentracija aktivnosti K-40 24 Bq/m^3, kar je v okviru statističnega razsutja podatkov enako kot v zadnjih petih letih. Domnevamo, da se na krško-brežiškem polju spreminja režim gnojenja kmetijskih površin nad območji vodonosnikov [51] in da gre za neposredni učinek padavinskega useda in višjih vodostajev Save.

[5] Parametrična vrednost je vrednost radioaktivnih snovi v pitni vodi, nad katero organ, pristojen za varstvo pred sevanji, preveri, ali prisotnost radioaktivnih snovi v pitni vodi predstavlja tveganje za zdravje ljudi, na katero se je treba odzvati, ter po potrebi sprejme sanacijske ukrepe za izboljšanje kakovosti vode do take stopnje, da bodo izpolnjene zahteve za varovanje zdravja ljudi z vidika varstva pred sevanjem [10].



Slika I5: Pregled povprečnih mesečnih koncentracij aktivnosti H-3 v pitni vodi iz črpališč in vodovodov v krški in brežiški občini na lokacijah z neprekinjenim ali četrtletnim vzorčenjem v letu 2025. Za primerjavo prikazujemo tudi koncentracijo aktivnosti na referenčni lokaciji (Ljubljana).



Slika I6: Pregled povprečnih mesečnih koncentracij aktivnosti H-3 v vodi iz vrtin v okolici NEK v letu 2025. Voda iz vrtin se ne uporablja niti kot pitna voda niti kot tehnološka voda, uporablja se le za sledenje izpustov iz NEK.

Za vsa vzorčevalna mesta krškega in brežiškega vodovoda velja, da so povprečja mesečnih koncentracij aktivnosti naravnega U-238 nizka (4,2 Bq/m^3), najvišje povprečje mesečnih vrednosti je bilo izmerjeno v vodovodu Spodnji Stari Grad, in sicer 6,7 Bq/m^3. Povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti Ra-226 se giblje od 0,8 Bq/m^3 (vodovod Brežice) do 2,2 Bq/m^3 (črpališče Brege). Povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti Pb-210 je bilo od 1,7 Bq/m^3 v vodi iz črpališča Rore do 8,4 Bq/m^3 v vodi iz črpališča Brežice. V Ljubljani je bila koncentracija aktivnosti Pb-210 1,9 Bq/m^3. Povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti Ra-228 v vodovodu Brežice je bilo od 0,6 Bq/m^3 v vodovodu Brežice do 1,2 Bq/m^3 v črpališču na Bregah. Povprečja mesečnih koncentracij Th-228 so med 0,4 Bq/m^3 (črpališče Rore) in 0,6 Bq/m^3 (črpališče na Bregah). Be-7 je bil občasno detektiran v vseh črpališčih in vodovodih v Krškem in Brežicah. Povprečje mesečnih koncentracij Be-7 je bilo 0,3 Bq/m^3 v črpališču Brežice, najvišje povprečje pa je bilo v črpališču Rore in sicer 1,9 Bq/m^3.

V zračnih in tekočinskih izpustih NEK naravni radionuklidi niso prisotni, zato ne ocenjujemo njihovega prispevka k obremenitvi okolja.

3) Padavinski in suhi usedi ***(Podrobneje v poglavju Radioaktivnost v usedih)***

V letu 2025 je bila letna količina padavin v Ljubljani 1 253 mm, v Krškem 1 013 mm, na Bregah 1 019 mm in v Dobovi 960 mm. Letna količina padavin v okolici NEK je bila v letu 2025 23 % nižja kot v Ljubljani. Količine padavin po lokacijah so v okvirih razsutja podatkov primerljive z zadnjimi leti. Razsutje letne količine padavin je ±57 mm v Ljubljani, v okolici NEK pa ±37 mm. Variacija padavin po mesecih je še izrazitejša. Sušni meseci se pojavljajo praktično vsako leto, vendar ne vedno v istem letnem času. V letu 2025 je bilo najmanj padavin junija.

Koncentracija aktivnosti tritija v padavinah močno variira in le koncentracije aktivnosti nad 2 kBq/m^3 bi lahko pripisali izpustom iz NEK [57]. V letu 2025 je bila koncentracija aktivnosti tritija v padavinah višja od 2 kBq/m^3 le enkrat na Bregah in enkrat v Krškem. Povprečne mesečne koncentracije aktivnosti H-3 v padavinah so na sliki I7.

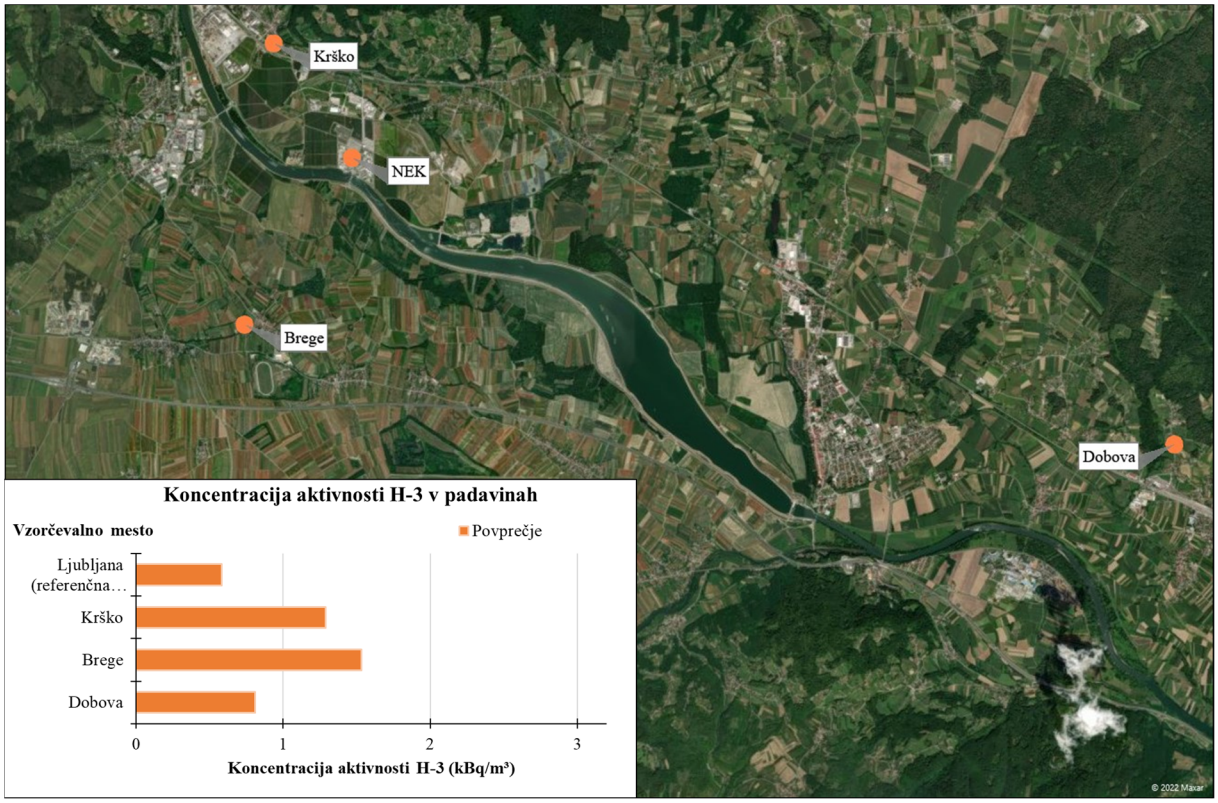
Učinek NEK na koncentracije aktivnosti tritija v padavinah v neposredni bližini elektrarne je opazen, če pogledamo letna povprečja, ki so na Bregah in v Krškem (Stara Vas) vsako leto višja kot v Dobovi in Ljubljani. Koncentracije aktivnosti tritija na Bregah so bile spomladi in jeseni višje od povprečne vrednosti, kar se delno sklada z zračnimi izpusti, ki so bili spomladi najvišji v letu. Povezanosti med zračnimi izpusti in izmerjeno koncentracijo aktivnosti H-3 v letu 2025 ni bilo na Bregah, medtem ko je bila povezanost nasprotna in šibka v Stari Vasi, Ljubljani in na Dobovi.

Najvišji mesečni padavinski used H-3 je bil ocenjen v mesecu oktobru na Bregah 0,26 kBq/m^2. Vrednosti in časovni poteki usedov za Ljubljano, Dobovo, Krško in Brege so v okviru razsutja vrednosti primerljivi, vrhovi se skladajo z meseci, ko je bilo padavin več.

Najvišje ocenjene vrednosti padavinskega useda za Cs-137 so bile na Bregah 0,12 Bq/m^2 julija, v Krškem 0,015 Bq/m^2 novembra in na Dobovi 0,007 Bq/m^2 oktobra, v vseh primerih pri večji količini padavin. V takšnih primerih povišanje povezujemo predvsem z intenzivnejšim izpiranjem delcev in radionuklidov iz ozračja. Vpliva resuspenzije s tal in kurjenja s trdimi gorivi (zima) ni mogoče enoznačno ovrednotiti. V Ljubljani Cs-137 v padavinah ni bil zaznan. Used Cs-137 je na vseh lokacijah primerljiv z vrednostmi iz predčernobilskega obdobja med letoma 1982 in 1985.

V letu 2025 so bile koncentracije aktivnosti Sr-90 večinoma pod mejo detekcije. Na Bregah smo Sr-90 spomladi in poleti zaznali v sledovih. Tudi v zračnih izpustih NEK so bile koncentracije aktivnosti Sr-90 praviloma pod mejo detekcije, izjema je bilo zadnje četrtletje (remont). Ker med pojavljanjem Sr-90 v padavinah in njegovim zaznavanjem v zračnih izpustih ni bilo časovne povezanosti, prisotnosti Sr-90 v padavinah ne pripisujemo izpustom NEK. Glede na sočasno prisotnost Cs-137 sklepamo, da sta oba radionuklida predvsem posledica splošne kontaminacije tal, verjetno tudi zaradi resuspenzije delcev.

V padavinah in suhem usedu sta bila redno izmerjena Be-7 in Pb-210, ki sta globalnega izvora in nista posledica izpustov iz NEK.



Slika I7: Pregled povprečnih mesečnih koncentracij aktivnosti H-3 v padavinah v okolici NEK in Ljubljani v letu 2025

4) Zrak *(Podrobneje v poglavju Zrak)*

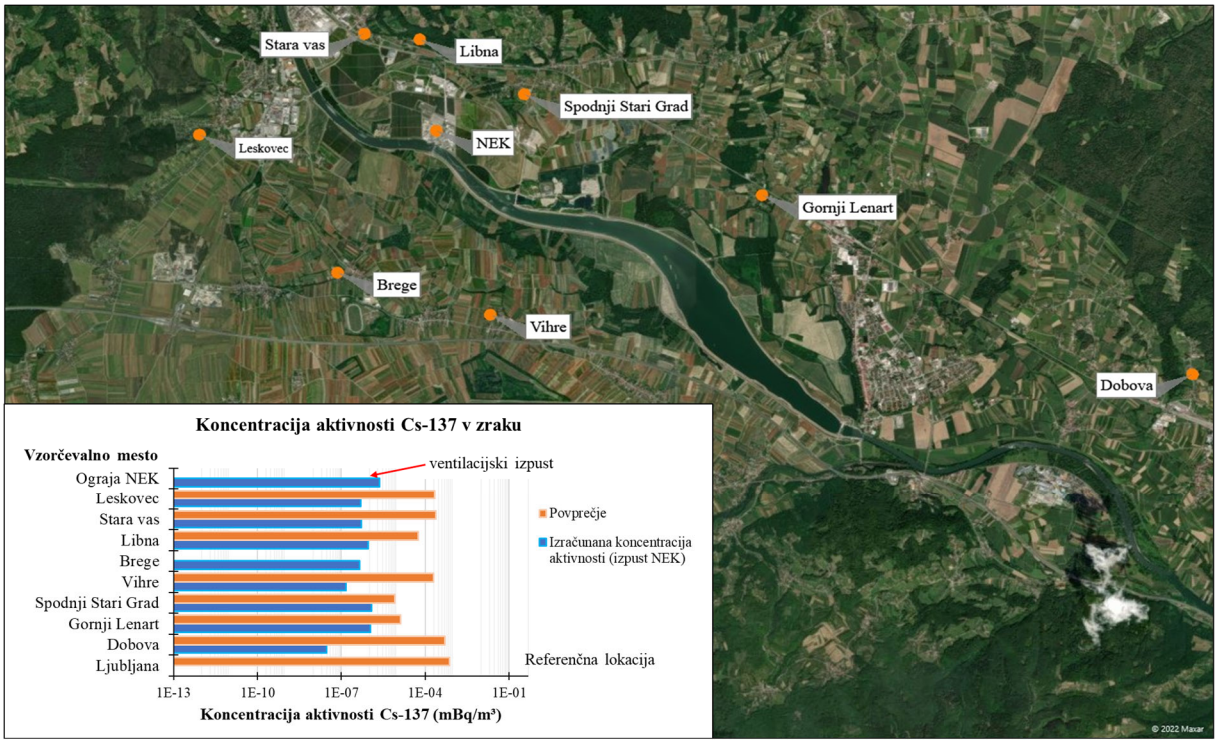
V zračnih izpustih iz NEK je največ tritija H-3 (5,9 TBq) in C-14 (0,06 TBq). Količino izpusta merimo na izviru (ventilacijski izpust). Njuno prisotnost v okolju ocenjujemo z uporabo matematičnega modela razširjanja snovi po zraku na podlagi meritev aktivnosti radionuklidov na izviru in z upoštevanjem meteoroloških parametrov.

Med obratovanjem jedrske elektrarne so bili v zračnih izpustih NEK v letu 2025 zaznani tudi izpusti I-131, Cr-51, Mn-54, Co-57, Co 58, Co-60, Fe-59, Zn-65, Se-75, Nb-95, Zr-95, Sr-90, Ag-110m, Te-127m, Cs-137 in Ce-144, vendar ti radionuklidi z izjemo Sr-90 in Cs-137 niso bili zaznani na nobenem od sedmih merilnih mest v okolici NEK in v Ljubljani. Izračunane koncentracije aktivnosti Cs-137 in Sr-90 na vzorčevalnih postajah so bile najmanj tri rede velikosti nižje od izmerjenih koncentracij aktivnosti. Prisotnost Cs-137 in Sr-90 v okolju je zato predvsem posledica splošnega onesnaženja. V letu 2025 smo po več desetletjih zaznali Sr-90 v vzorcu iz izvira, odvzetem v zadnjem četrtletju, torej v času remonta. Običajno so koncentracije aktivnosti Sr-90 pod mejo zaznavnosti.

Povprečne mesečne koncentracije aktivnosti Cs-137 na lokacijah v okolici NEK v letu 2025 so nižje kot drugod po Sloveniji. Domnevamo, da je prisotnost Cs-137 v Sloveniji v zraku predvsem posledica uporabe trdih goriv (drva, briketi, peleti). Na sliki I8 je pregled koncentracij aktivnosti Cs-137 (izmerjenih in izračunanih) na lokacijah v okolici NEK. Za primerjavo je dodana še vrednost za Ljubljano.

Meritve stroncija (Sr-90) v okolju se izvajajo v trimesečnih sestavljenih vzorcih v Stari vasi. Povprečna koncentracija aktivnosti v letu 2025 je bila 1,2 E–4 mBq/m^3. Vse meritve so bile pod mejo detekcije. Radionuklid Sr-89 v letu 2025 v zračnih izpustih NEK ni bil zaznan.

Radionuklid I-131 v letu 2025 ni bil detektiran na nobenem od sedmih merilnih mest v okolici NEK, kjer so postavljene kombinirane črpalke (aerosolni in ogleni filtri). Tudi zmogljivejše aerosolne črpalke na mestih v Dobovi (nadzor radioaktivnosti v okolju v okolici NEK) in Ljubljani (nadzor radioaktivnosti v okolju v RS) niso pokazale prisotnosti I-131 v zraku.



Slika I8: Pregled povprečnih mesečnih koncentracij aktivnosti Cs-137 v zraku v okolici NEK in Ljubljani v letu 2025 in izračunanih prispevkov zaradi izpustov NEK. Skala je logaritemska.

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 sta povprečni koncentraciji aktivnosti Be-7 in Pb-210 v letu 2025 v Ljubljani višji od povprečja merilnih mestih v okolici NEK. Povprečna koncentracija aktivnosti Be-7 v letu 2025 v okolici NEK je bila 2,2 mBq/m^3, Pb-210 pa 0,5 mBq/m^3. V Ljubljani sta bili povprečni koncentraciji 3,3 mBq/m^3 in 0,7 mBq/m^3. Za kozmogeni Be-7 ugotavljamo, da je bila v okviru negotovosti povprečij na vseh vzorčevalnih mestih v okolici NEK, Predmeji in v Ljubljani izmerjena primerljiva vrednost, izjema je lokacija Murska Sobota, kjer so vrednosti višje. Podobno velja tudi za Pb-210. Taka ugotovitev je pričakovana predvsem za lokacije s podobnim padavinskim režimom in ustrezno podobnim izpiranjem aerosolov iz ozračja ter prehajanjem zračnih mas iz višjih plasti atmosfere v nižje. Letna količina padavin v okolici NEK je tipično za tretjino nižja kot v Ljubljani; v letu 2025 za četrtino (glej *Radioaktivnost v usedih*).

Pri drugih naravnih radionuklidih (izotopi uranove in torijeve razpadne verige ter K-40) so bile razlike med posameznimi merilnimi mesti v okolici NEK večje. Neujemanje lahko pripišemo različni sestavi tal, bližini obdelovalnih polj ter neupoštevanju izhajanja radona iz vzorca pri meritvah Ra-226 za vzorce iz Predmeje in Murske Sobote. Meritve koncentracije aktivnosti radionuklidov v aerosolih v Ljubljani se zaradi najbolj zmogljive črpalke v primerjavah uporabljajo kot referenčne.

NEK pri svojem delovanju v zrak in reko Savo ne izpušča naravnih radionuklidov, zato ne ocenjujemo njihovega prispevka k obremenitvi okolja.

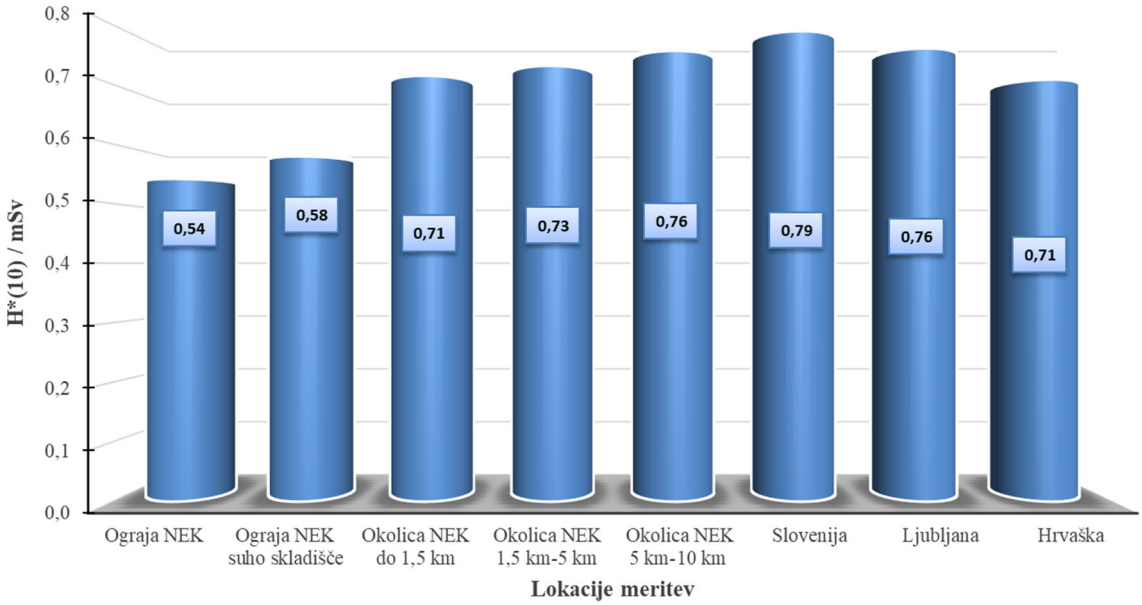
5) Zunanja izpostavljenost sevanju *(Podrobneje v poglavju Zunanje sevanje)*

Zunanje sevanje

Zunanje sevanje, ki mu je izpostavljeno prebivalstvo v okolici NEK, vključuje kozmično sevanje, sevanje naravnih radionuklidov v ozračju (predvsem razpadnih produktov radona), sevanje iz radioaktivnega oblaka ob izpustu radioaktivnih snovi iz NEK v okolje in zunanje sevanje zaradi useda,

ki se odloži po prehodu oblaka, ter zunanje sevanje zaradi naravnih in umetnih radionuklidov v zemlji. Mreža TLD meri skupno dozo sevanja gama naravnih radionuklidov v okolju (zemlja, gradbeni materiali), direktne ionizirajoče komponente kozmičnega sevanja ter prispevka globalne kontaminacije s Cs-137. Ker okoljski TLD ne merijo doze nevtronske komponente kozmičnega sevanja, smo jo izračunali z uporabo programa EXPACS ([77], [78], [79]). Program omogoča izračun doze, ki je posledica posameznih komponent kozmičnega sevanja, vključno z nevtronsko komponento za poljubno geografsko dolžino in širino ter nadmorsko višino.

Na sliki I9 prikazujemo povprečne letne okoljske dozne ekvivalente $H^*(10)$, izmerjene v okolici NEK, na referenčni lokaciji v Ljubljani, povprečne ekvivalente, izmerjene na Hrvaškem v okviru programa nadzora radioaktivnosti v okolici NEK ter povprečne ekvivalente, izmerjene v okviru meritev radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji. Izmerjeni letni okoljski dozni ekvivalenti se v okviru razsutja vrednosti ne odmikajo od večletnega povprečja na posameznih lokacijah. Najnižji letni $H^*(10)$ je ob ograji NEK, saj so tam prodnata tla z odstranjeno plastjo zemlje. Zunanje sevanje iz zemljišča dodatno slabijo še asfaltirane površine in zgradbe znotraj ograje NEK. Tudi dodatni dozimetri ob zahodni ograji NEK, kjer je suho skladišče izrabljenega goriva, so pokazali povprečen letni dozni ekvivalent (0,60 ± 0,02) mSv, ki je ob upoštevanju negotovosti povprečij in razsutja podatkov primerljiv s povprečnim letnim doznim ekvivalentom, izmerjenim s TLD na ograji NEK, (0,56 ± 0,05) mSv; razlika med vrednostma ni statistično značilna. To kaže, da je prispevek NEK k dozni obremenitvi v okolici zaradi sevanja iz objektov NEK zanemarljiv in nemerljiv.



Slika I9: Prikaz povprečnih letnih okoljskih doznih ekvivalentov $H^*(10)$, izmerjenih v okolici NEK, na referenčni lokaciji v Ljubljani, na Hrvaškem v okviru programa nadzora radioaktivnosti v okolici NEK, ter povprečnih doznih ekvivalentov, izmerjenih v okviru meritev radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji za leto 2025.

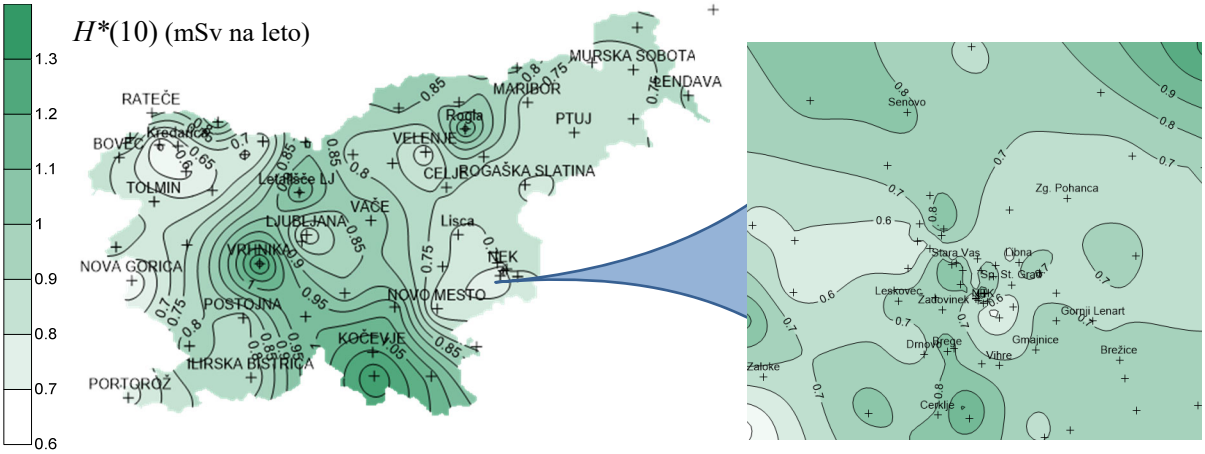
Meritve v Sloveniji kažejo, da je povprečni letni okoljski dozni ekvivalent v okolici NEK sistematično nekoliko nižji kot v povprečnem življenjskem okolju v Sloveniji. To pripisujemo raznolikosti slovenske pokrajine, orografiji, sestavi tal, debelini snežne odeje, neenakomernemu usedu Cs-137 po nesreči v jedrskem reaktorju v Černobilu ter drugim pojavom in pogojem v okolju, kar vpliva na dozo zunanjega sevanja. Tudi v krajih v okolici NEK so določene raznolikosti pokrajine, dodatno pa k nihanjem efektivnih doz, izmerjenih s TLD na bližnjih lokacijah, prispevajo še lokalne posebnosti pri postavitvi dozimetrov v okolju (travnik, polje, gozd, asfaltirane površine, bližine zgradb, temperatura tal itd.). Na

sliki I10 prikazujemo izodoze[6] $H^*(10)$ na zemljevidu Slovenije. Povečano je prikazano območje v okolici NEK.

Neprekinjene meritve $H^*(10)$ s 14 merilniki hitrosti doze v okolici NEK so v letu 2025 dale povprečno vrednost (0,77 ± 0,13) mSv na leto (v razponu od 0,45 mSv do 0,96 mSv), kar je v okviru razsutja merskih vrednosti enako kot letni dozni ekvivalent, dobljen s TL-dozimetri (0,74 ± 0,10) mSv.

Povprečni letni okoljski dozni ekvivalent pri 58 merilnikih po Sloveniji, ki so pod nadzorom URSJV, je bil v letu 2025 (0,72 ± 0,16) mSv v razponu od 0,45 mSv do 1,15 mSv. V okviru razsutja merskih vrednosti je primerljiv s tem, kot ga kažejo meritve s TLD na območju Slovenije (0,79 ± 0,15) mSv. V primerjavi s prejšnjimi leti ne opazimo statistično značilnih odmikov.

Za meritve zunanjega sevanja v Sloveniji je v vseh primerih značilno zmanjševanje letnega okoljskega doznega ekvivalenta H*(10) s časom. Zmanjševanje je bilo hitro predvsem v prvih letih po černobilski nesreči, to je po letu 1986. Vzrok je razpad usedlih kratkoživih sevalcev gama, ki so v začetnem obdobju največ prispevali k zunanjemu sevanju, in premikanje Cs-137 v globlje plasti zemlje. Letni okoljski dozni ekvivalenti zaradi globalne kontaminacije s Cs-137 na lokacijah v okolici NEK v letu 2025, ocenjeni pri predpostavki realne globinske porazdelitve Cs-137, so v območju med 0,004 mSv in 0,031 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 območju od 0,013 mSv do 0,056 mSv. Usedi v letu 2025 v okolici NEK in po Sloveniji so statistično primerljivi s prejšnjimi leti v okviru razsutja podatkov.



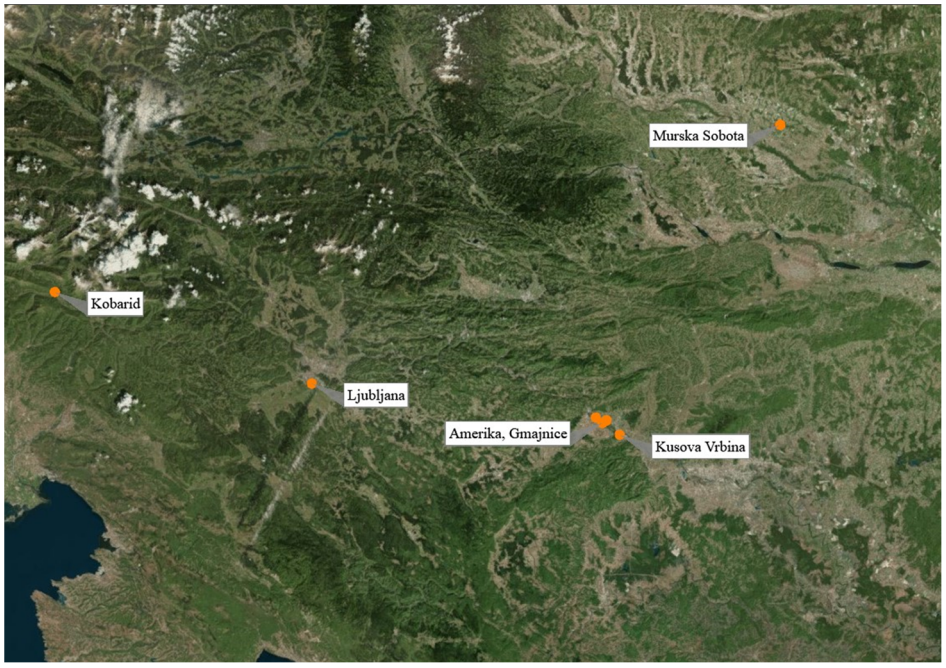
Slika I10: Povprečni letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ po Sloveniji in v okolici NEK v letu 2025

Zemlja

Vzorčenje zemlje poteka na poplavnih področjih, kjer sta usedanje iz zraka in poplavljanje prenosni poti, po katerih lahko izpusti NEK dosežejo mesta vzorčenj.

Specifične aktivnosti Cs-137 v zemlji so bile v letu 2025 od 4,0 Bq/kg v globinah 15–30 cm do 36,7 Bq/kg v globini 5–10 cm v Gmajnicah, od 13,5 Bq/kg v globinah 0–5 cm do 20,9 Bq/kg v globini 10–15 cm v Ameriki in od 0,9 Bq/kg v globinah 15–30 cm do 4,9 Bq/kg v globini 0–5 cm v Kusovi Vrbini. Specifične aktivnosti Cs-137 so statistično najvišje v Gmajnicah, najnižje pa v Kusovi Vrbini.

[6] Izodoze so krivulje, ki povezujejo področja z enako letno efektivno dozo $H^*(10)$.



Slika I11: Lokacije vzorčenja zemlje v okolici NEK (Gmajnice, Amerika, Kusova Vrbina) in po Sloveniji (Ljubljana, Murska Sobota, Kobarid) v letu 2025

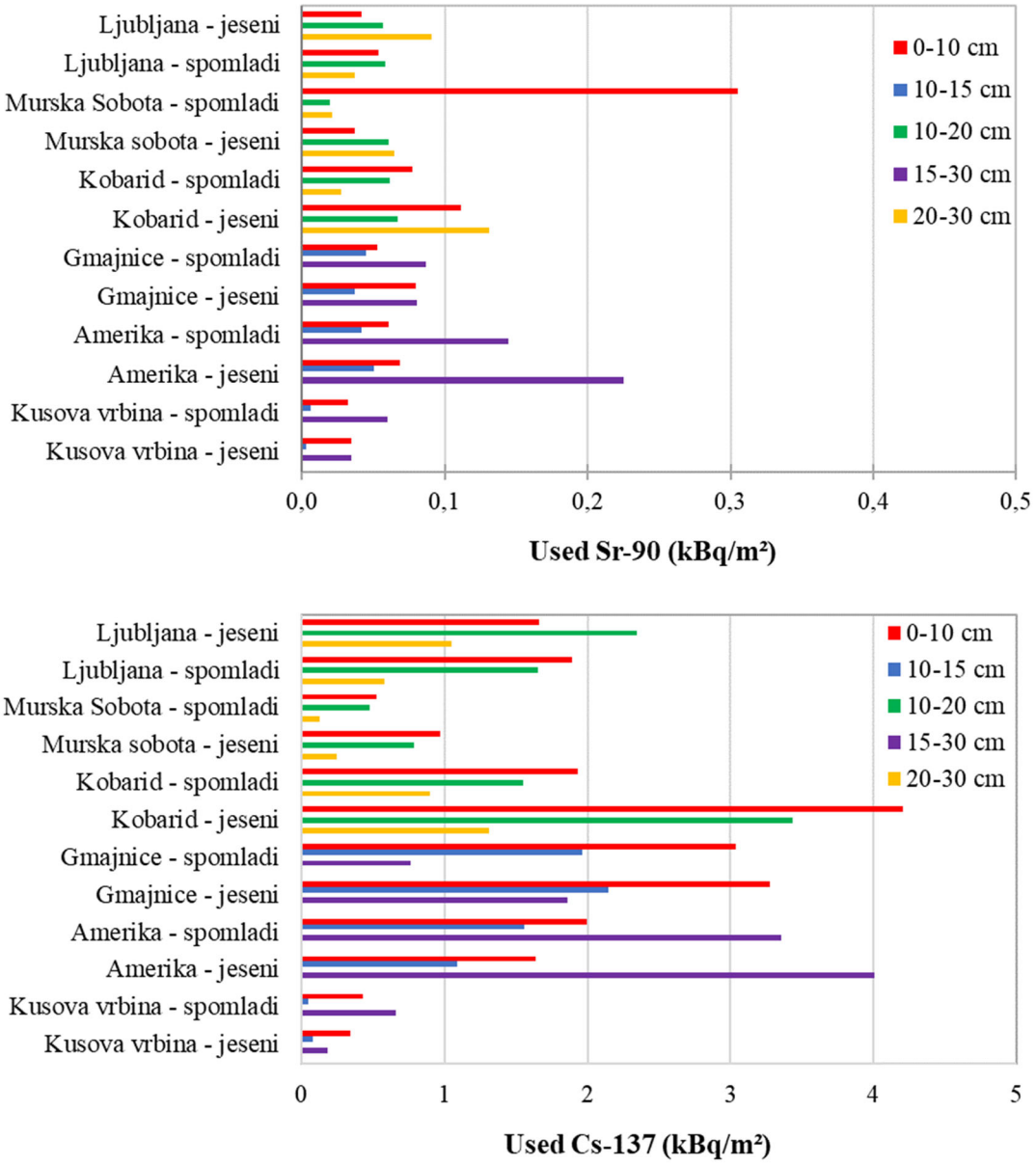
Iz rezultatov meritev je razvidno, da gre za precejšnje razsutje specifičnih aktivnosti Cs-137 na mikrolokaciji v posameznih letih. Nihanja vrednosti lahko pripišemo nehomogenosti svežega nanosa po černobilski nesreči in prerazporeditvi useda v zgornjih plasteh zemljine na mikrolokaciji. Prerazporeditev je posledica hidrogeoloških procesov, ki vplivajo na prodiranje Cs-137 v zemljino. To ugotovitev lahko podkrepimo z ugotovljenim premikanjem težišča nanosa v globino na lokaciji Kusova Vrbina. Dva izrazita skoka v letih 1998 in 2009 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 navidezno hitrejše kot na drugih dveh lokacijah. Začetna globina težišča nanosa na lokaciji Kusova Vrbina, upoštevajoč podatke od leta 1992, je ustrezno večja. Dodatno lahko ugotovimo, da se šele v 10-letnem drsečem povprečju izpovpreči lokalna nehomogenost useda in vpliv hidrogeoloških procesov v zgornjih plasteh. Pregled podatkov do leta 2025 kaže, da je bilo 10-letno drseče povprečje globine težišča na Kusovi Vrbini večje kot na Gmajnicah in v Ameriki, čeprav se je v zadnjih letih postopno zmanjševalo. Na slikah I11 in I12 prikazujemo lokacije in usede Cs-137 in Sr-90 po globinah za lokacije v okolici NEK, za primerjavo pa so dodani še usedi po Sloveniji. Opazimo lahko, da so usedi v okolici NEK v okviru razsutja primerljivi s podatki po Sloveniji.

V ventilacijskem izpuhu NEK so se poleg kratkoživih radionuklidov v letu 2025 pojavili tudi H-3, C-14, Cr-51, Mn-54, Co-57, Co-58, Co-60, Fe-59, Zn-65, Se-75, Nb-95, Zr-95, Sr-90, Ag-110m, Te-127m, Cs-137 in Ce-144. V tekočinskih izpustih so bili H-3, C-14, Cr-51, Fe-55, Co-58, Co-60, Ag-110m, Sb-125, Sr-90 in Cs-137. Noben od omenjenih radionuklidov ni bil izmerjen v vzorcih zemlje. Izjemi sta Sr-90 in Cs-137, pri katerih pa izmerjene specifične aktivnosti na lokacijah okrog NEK v primerjavi z vrednostmi na referenčni lokaciji v Ljubljani in drugod po Sloveniji kažejo, da nista posledici izpustov iz NEK, temveč zgolj globalne kontaminacije. H-3 in C-14 nista v programu meritev nadzora radioaktivnosti v zemlji.

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 bolje izpira. Rezultati meritev kažejo, da so specifične aktivnosti potomcev uranove in torijeve razpadne vrste ter K-40 na lokacijah, ki so izpostavljene rednim poplavam, nižje. Tako je bilo uteženo povprečje specifičnih aktivnosti K-40 do globine 30 cm v Kusovi Vrbini 325 Bq/kg, v Gmajnicah 334 Bq/kg, v Ameriki pa 402 Bq/kg. Vrednosti

so statistično primerljive[7] s zadnjimi desetimi leti. Utežena povprečja U-238 za vzorčevalne lokacije so od 24,5 Bq/kg do 33,5 Bq/kg, za Ra-226 od 33,3 Bq/kg do 43,0 Bq/kg, Ra-228 in Th-228 pa od 27,3 Bq/kg v Kusovi Vrbini do 32,7 Bq/kg v Ameriki. Tudi vrednosti v letu 2025 so statistično primerljive s prejšnjimi leti. Rezultati meritev specifičnih aktivnosti naravnih radionuklidov v zemlji (K-40, U-238, Ra-226, Ra-228, Th-228) in so nižje kot povprečne specifične aktivnosti, 420 Bq/kg za K-40, 33 Bq/kg za U-238 in 45 Bq/kg za Th-232 (Ra-228), ki jih za države južne Evrope navaja UNSCEAR [43].

V zračnih in tekočinskih izpustih jedrske elektrarne Krško naravni radionuklidi niso prisotni, zato njihovega prispevka k obremenitvi okolja ne ocenjujemo.



Slika I12: Polletni usedi Sr-90 in Cs-137 po Sloveniji in v okolici NEK v letu 2025

[7] Merilo za statistično primerljivost je preskus ζ [46].

6) Hrana ***(Podrobneje v poglavju Radionuklidi v hrani)***

V hrani smo zaznali naravne radionuklide ter C-14, Cs-137 in Sr-90, ki so pretežno posledica globalne kontaminacije in kozmogenega izvora, bili pa so tudi v izpustih iz NEK. Meritve specifičnih aktivnosti H-3 v hrani niso v programu nadzora radioaktivnosti v okolici NEK. Opravi se letna študija vsebnosti organsko vezanega tritija (OBT) v rastlinju (10 vzorcev).

C-14 se v rastline vgrajuje v procesu fotosinteze, v živalski in človeški organizem pa prehaja predvsem z zaužitjem rastlinske hrane. Specifična aktivnost C-14 je bila v bližnji okolici NEK v letu 2025 izmerjena v koruzi, ajdi, jabolkih, travi in hruškah, in sicer v juliju in septembru. Med povprečnimi vsebnostmi C-14 v hrani in rastlinju, merjenih v juliju in septembru na istih lokacijah, ni statistično značilnih razlik (povprečni kvocient specifičnih aktivnosti C-14 je 0,97). Najvišja izmerjena specifična aktivnost C-14, (268 ± 5) Bq na kilogram ogljika, je bila izmerjena v jabolkih (lokacija C, ob vzhodni ograji NEK) v septembru [23]. Izmerjena specifična aktivnost C-14 v hrani v neposredni bližini NEK je pričakovano rahlo nad povprečjem. Sicer so aktivnosti C-14 v hrani, ki je pridelana ob ograji NEK, približno odstotek višje kot drugod.

Izračunane specifične aktivnosti radionuklidov, ki so v okolje prišli po zračnih izpustih iz NEK, so vsaj štiri rede velikosti nižje od izmerjenih specifičnih aktivnosti v hrani. S tem razložimo, da vsebnosti Cs-137 in Sr-90 v hrani pripisujemo globalni onesnaženosti. Specifične aktivnosti radionuklidov v hrani v okolici NEK in po Sloveniji močno variirajo, kar je posledica neenakomerne globalne onesnaženosti, orografije, sestave tal in drugih značilnosti površja Republike Slovenije. V okviru negotovosti povprečij po skupinah hranil so specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90, vzorčene v okolici NEK in Sloveniji, primerljive.

Med naravnimi radionuklidi je v hrani najbolj zastopan K-40, ki je vnesen po različnih prenosnih poteh iz zemlje, umetnih gnojil in vode, prisotni pa so tudi radionuklidi iz razpadnih vrst U-238 in Th-232.

V letu 2025 je bila specifična aktivnost K-40 v hrani, pridelani na krško-brežiškem polju, od 38 Bq/kg (jagode) do 202 Bq/kg (šipek), v hrani, vzorčeni drugod po Sloveniji, pa od 16 Bq/kg (borovnice) do 305 Bq/kg (leča). V okolici NEK v skupino z večjo specifično aktivnostjo K-40 spada listna zelenjava in žito, med živila z manjšo aktivnostjo K-40 pa mleko in sadje. Po Sloveniji so nivoji vsebnosti K-40 v hrani drugačni kot v okolici NEK, vendar pa je to močno povezano z nizkim številom analiziranih vzorcev hrane po Sloveniji; prav tako ni vzorčena ista vrsta hrane na obeh področjih.

OCENA UČINKOV

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

Za oceno učinkov ionizirajočega sevanja na prebivalstvo, ki bi lahko nastali kot posledica izpustov iz jedrskega objekta, se uporablja koncept referenčne osebe. Referenčna oseba je teoretični predstavnik prebivalstva, ki zaradi načina življenja in prehranjevanja prejme ali bi lahko prejel najvišje doze sevanja, ki izvirajo iz posamezne prenosne poti radionuklidov v okolju, pri čemer niso upoštevane osebe s skrajnimi in redkimi navadami.

Tekočinski izpusti (Tabele B1, B2 in B3)

Učinek na okolje po savski prenosni poti ocenjujemo iz primerjave rezultatov emisijskih meritev (meritev vzorcev iz odpadnih merilnih rezervoarjev – WMT in kalužuparjalnikov – 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 [29], revidirana v letu 2009 (*Izpostavitve referenčne skupine prebivalcev sevanju zaradi tekočinskih izpustov NEK v reko Savo – Nova referenčna lokacija* [30]). V metodologiji so prepoznane glavne prenosne poti, načini izpostavitve in referenčne osebe za Slovenijo in Hrvaško.

Tabela B1: Ocenjena efektivna letna doza odraslega posameznika iz prebivalstva na lokaciji 350 m pod jezom NEK v letu 2025

Način izpostavitve	Prenosna pot	Najpomembnejši radionuklidi	Letna doza (mSv)
zunanje sevanje	sevanje iz useda (obrežni sediment)	Co-58, Co-60	2,4E–6
notranja obsevanost	zaužitje ribe	H-3, C-14	1,4E–5

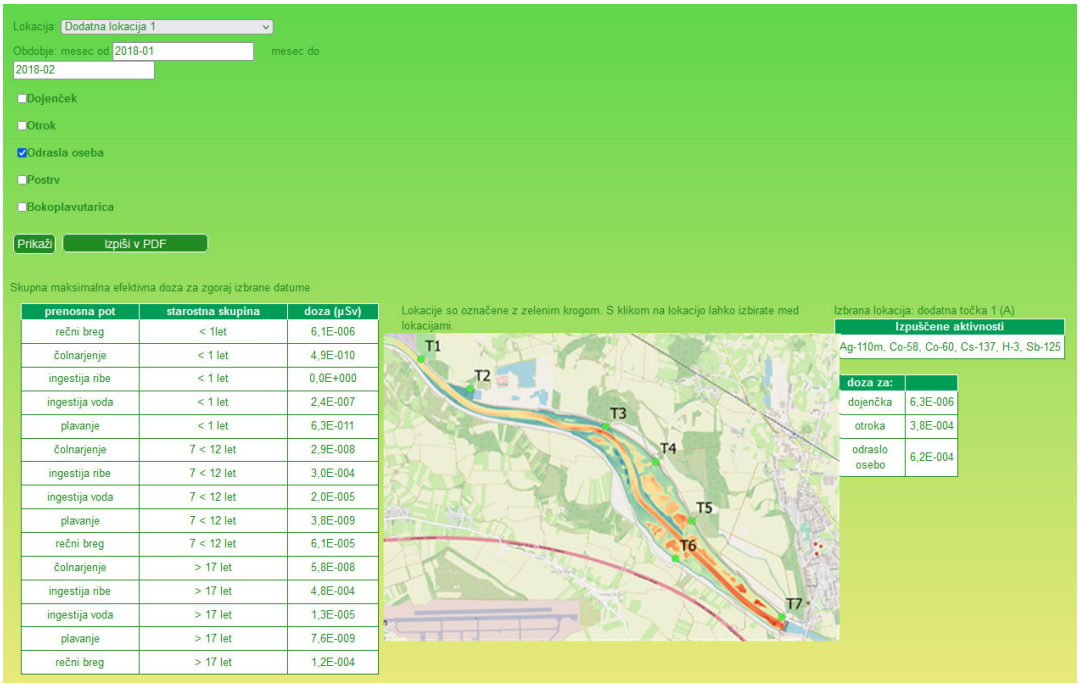
Tabela B2: Ocenjena efektivna letna doza odraslega posameznika iz prebivalstva v Brežicah v 2025

Način izpostavitve	Prenosna pot	Najpomembnejši radionuklidi	Letna doza (mSv)
zunanje sevanje	sevanje iz useda (obrežni sediment)	Co-58, Co-60	1,1E–6
notranja obsevanost	zaužitje ribe	H-3, C-14	6,5E–6

V tabelah B1 in B2 je prikazano ovrednotenje tekočinskih emisij z modelnim izračunom za leto 2025, ki temelji na tekočinskih izpustih in podatkih o letnem pretoku reke Save, upoštevajoč značilnosti referenčne osebe (to so ribiči, ki lovijo po akumulacijskem jezeru do 350 m nizvodno od jeza NEK in pod merilno postajo za neprekinjeno vzorčenje v Brežicah, preživijo znaten čas na obrežju in uživajo savske ribe). Iz tabel B1 in B2 lahko ugotovimo, da savski prispevki predstavljajo v celotni letni efektivni dozi (1,1 E–4 mSv) za odraslega prebivalca 350 m nizvodno od jezu NEK 15,2 % vseh sevalnih učinkov NEK za referenčno osebo, podobno pa ta prispevek v Brežicah predstavlja 7,1 % vseh sevalnih učinkov NEK za referenčno osebo.

Zaradi gradnje HE Brežice in nastanka akumulacijskega jezera je prišlo do sprememb pri načinih in poteh izpostavitve prebivalstva. V okviru projektne naloge *Vpliv HE Brežice na NEK in Poročilo o vplivih na okolje za podaljšanje obratovalne dobe NEK* [36] in v skladu s tehnično specifikacijo *Dose calculation and dilution modelling of run-of-river Brezice Hydro Plant Accumulation* št. TO.RZ-5/2020 je bila predlagana nova metodologija ocenjevanja učinkov delovanja jedrske elektrarne na prebivalstvo in okolje v njeni okolici zaradi tekočinskih izpustov v reko Savo.

Za teoretično napoved mešanja in redčenja je bil uporabljen tridimenzionalni hidrodinamični transportni model PCFLOW3D ([33], [34], [35], [39]), ki so ga razvili na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani (UL FGG) v sodelovanju s sodelavci projektantskega podjetja IBE (IBE d.d., svetovanje, projektiranje in inženiring). Modelna ocena obremenitve se opira na realne prenosne poti in se izračuna za referenčne osebe po starostnih skupinah na sedmih lokacijah nizvodno od jezu NEK do jezu HE Brežice. V okviru projektne naloge je bil izdelan Program za računanje efektivnih doz (DOSENEK), ki je napisan v integriranem razvojnem okolju Microsoft Visual Studio (slika I13). V našem primeru gre za spletno aplikacijo, ki omogoča vnos vhodnih podatkov v bazo Microsoft SQL, izračun efektivnih doz glede na vnesene vhodne podatke in prikaz različnih izračunanih doz glede na izbrana obdobja.



Slika I13: Prikaz primera izračunanih efektivnih doz v programu DOSENEK [36].

Z večkrat preverjenim numeričnim modelom PCFLOW3D so bile opravljene simulacije toka reke Save v pretočni akumulaciji HE Brežice. Na podlagi simulacij za različne scenarije oziroma pretoke reke Save so bili ocenjeni razredčitveni koeficienti v površinskem sloju (0 m do 1 m) in v sloju toka reke od 1 m do 2 m ter v globini 10 m na lokaciji vzorčevalne košare nad jezom HE Brežice. Prikazane rezultate lahko obravnavamo kot razmeroma točne za predvidene vhodne podatke. Parametri v predvidenih scenarijih so namreč določeni na podlagi časovno povprečenih podatkov. Pri oceni mesečnih koncentracij smo predpostavili:

- vzorčenje savske vode poteka neprekinjeno;
- konstanten pretok reke Save v pretočni akumulaciji HE Brežice v času posameznega izpusta;
- ni povratnega vala v bazenu NEK;
- učinek izpusta brezpogojno pripišemo mesecu, v katerem se izpust začne;
- negotovost modelskih vrednosti je velika (lahko tudi red velikosti).

Ker za posamezni izpust ne moremo predvideti mase zaužitih rib ali popite vode v izbranem času ter ju primerjati s časom izpostavitve sevanju na bregu v enakem izbranem času, v programu DOSENEK podajamo le mesečne in letne doze, ki jih za posamezno pot izpostavitve tudi obravnavamo.

Prispevek posameznega izpusta k povprečni mesečni koncentraciji aktivnosti radionuklida v Savi smo določili tako, da smo ocenili delež efektivnega časa zadrževanja največje koncentracije onesnažila na izbrani lokaciji v mesecu. Efektivni čas zadrževanja ni odvisen od začetne koncentracije izpusta in volumna izpusta, pač pa zgolj od pretoka reke Save in izbrane lokacije ob Savi. Ocenjena mesečna koncentracija aktivnosti H-3 je uteženo povprečje koncentracij aktivnosti v reki Savi po izpustih iz NEK v danem mesecu.

Razredčitveni koeficienti so bili izračunani pri različnih pretokih Save pri sedmih različnih točkah nizvodno od jezu NEK (slika I13):

- T1: 350 m nizvodno od jezu NEK, levi breg
- T2: razlivno območje – nadomestni habitat
- T3: dodatna lokacija 1
- T4: levi breg pretočne akumulacije HE Brežice
- T5: dodatna lokacija 2
- T6: desni breg pretočne akumulacije HE Brežice
- T7: nad jezom HE Brežice

Za izračun efektivnih doz za referenčno osebo na posamični lokaciji za različne starostne skupine prebivalstva v programu DOSENEK moramo med drugim vnesti podatke o izpustih:

- datum ter čas začetka in konca izpusta – trajanje izpusta (h)
- izpuščeni radionuklid in njegova aktivnost (Bq)
- prostornina izpuščenih odpadnih vod (m^3)
- pretok reke Save na dan izpusta (m^3/s)

Tabela B3: Povprečne koncentracije aktivnosti radionuklidov (Bq/m^3) in letne prejete efektivne doze (μSv) za odraslo osebo po vseh petih prenosnih poteh na točki T1 v pretočni akumulaciji HE Brežice v letu 2025. Najvišje doze pri vsaki prenosni poti so zapisane krepko.
To je tabela 1.10 iz poglavja *Sava.*

Radionuklid	Povprečna koncentracija aktivnosti v letu	Rečni breg	Zaužitje ribe	Zaužitje vode	Plavanje	Čolnarjenje	Skupna doza (radionuklid)
	(Bq/m^3)	(μSv)	(μSv)	(μSv)	(μSv)	(μSv)	(μSv)
H-3	**5,1E+04**	0,0E+00	**6,1E-03**	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	**6,1E-03**
C-14	1,9E-01	0,0E+00	1,6E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,6E-03
Fe-55	3,0E-03	0,0E+00	8,6E-07	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	8,6E-07
Co-58	6,9E-03	0,0E+00	5,0E-06	0,0E+00	0,0E+00	2,4E-07	5,3E-06
Co-60	8,2E-03	0,0E+00	2,7E-05	0,0E+00	0,0E+00	7,1E-07	2,8E-05
Sr-90	1,6E-04	0,0E+00	1,6E-06	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,6E-06
Ag-110m	2,7E-02	0,0E+00	1,1E-06	0,0E+00	0,0E+00	**2,6E-06**	3,7E-06
Cs-137	3,4E-03	0,0E+00	5,3E-04	0,0E+00	0,0E+00	7,1E-08	5,3E-04
Skupna doza (prenosna pot)		0,0E+00	8,2E-03	0,0E+00	0,0E+00	3,6E-06	8,3E-03

Iz teh podatkov lahko ocenimo efektivne doze na referenčne osebe in živali. V programu DOSENEK so tri starostne skupine referenčnih oseb: dojenček (< 1 leto), otrok (med 7 in 12 let) in odrasla oseba (> 17 let). Za navedene osebe so bile prepoznane naslednje možne prenosne poti: zadrževanje na rečnem bregu, plavanje v reki, čolnarjenje, uživanje rib in pitje vode. Za vsako referenčno osebo so za posamezne točke T1–T7 nizvodno od jezu NEK v pretočni akumulaciji HE Brežice določene značilnosti oziroma tipični parametri vedenja, ki vplivajo na prejeto efektivno dozo: čas zadrževanja na bregu, čas plavanja v reki, čas čolnarjenja v reki, količina zaužitih rib in količina (nenamerno) popite vode ob plavanju v reki. Lastnosti referenčnih oseb za posamezne točke T1–T7 so predstavljene v tabeli 1.8 v poglavju *Radioaktivnost v reki Savi*.

Oceno sevalnih učinkov delovanja NEK na prebivalstvo izvajamo pri točki T1 (tabela B3), ker se ta ujema z lokacijo, za katero se efektivna doza izračuna z uporabo veljavnega modela. Pri točkah T1 (350 m od NEK) in T2 ne upoštevamo aktivnosti, kot so zadrževanje na rečnem bregu, zaužitje vode in plavanje, kar pomeni, da upoštevamo le dve prenosni poti (zaužitje ribe in čplnarjenje). Pri točki T7 upoštevamo samo eno prenosno pot, saj tam ni niti čolnarjenja. Pri točki T3 pa je zajetih vseh pet prenosnih poti, zato je za to točko v poglavju *Radioaktivnost v reki Savi* opravljena analiza vseh prispevkov po posameznih prenosnih poteh in različnih radionuklidov k skupni efektivni dozi.

Atmosferski izpusti (Tabeli C1 in C2)

V ovrednotenju učinka atmosferskih izpustov vključimo naslednje skupine radionuklidov:

- **žlahtni plini**, ki prispevajo izključno k zunanji izpostavitvi ob prehodu oblaka;
- **čisti sevalci beta,** kot sta H-3 in C-14, ki sta biološko pomembna le v primeru vnosa v organizem z inhalacijo (H-3, C-14) in zaužitjem (C-14);
- **sevalci beta/gama** v aerosolih (radionuklidi Co, Cs, Sr) s prenosnimi potmi: inhalacija, zunanje sevanje iz useda, zaužitje rastlin z usedlimi radionuklidi in resuspenzija;
- **izotopi joda** v raznih fizikalnih in kemijskih oblikah, s prispevkom pri inhalaciji ob prehodu oblaka in pri vnosu v telo z mlekom.

V tabelah C1 in C2 je prikazano ovrednotenje zračnih emisij z modelnim izračunom razredčitvenih koeficientov v ozračju za leto 2025 in za posamezne skupine radionuklidov po najpomembnejših prenosnih poteh za odrasle prebivalce v naselju Spodnji Stari Grad, ki je najbližje naselje zunaj izključitvenega območja (tabela C1), in ob ograji NEK. Ocene okvirno veljajo tudi za razdaljo 500 m od osi reaktorja (tabela C2). Velja omejitev dodatne izpostavitve prebivalstva na robu izključitvenega območja (500 m od osi reaktorja) in navzven: celotna letna efektivna doza prispevkov vseh prenosnih poti na posameznika iz prebivalstva ne sme preseči 0,050 mSv. Iz tabel C1 in C2 lahko ugotovimo, da so prispevki zračnih izpustov k letni efektivni dozi za odraslega posameznika iz prebivalstva ob ograji NEK ter okvirno tudi na razdalji 500 m od osi reaktorja, 84,8 % od vseh sevalnih učinkov NEK v letu 2025, prispevek v Spodnjem Starem Gradu pa le 9,9 %.

Tabela C1: Izpostavitve sevanju referenčne osebe odraslega posameznika iz prebivalstva v naselju Spodnji Stari Grad zaradi atmosferskih izpustov iz NEK v letu 2025

Način izpostavitve	Prenosna pot	Najpomembnejši radionuklidi	Letna doza (mSv)
zunanje sevanje	– imerzija (oblak) – sevanje iz useda	– žlahtni plini (Ar-41, izotopi Xe) – aerosoli (izotopi joda in kobalta ter C-14)	4,3 E–7 2,9 E–12
notranja obsevanost	inhalacija (oblak)	H-3, C-14	1,0 E–5
	zaužitje rastlinske hrane	C-14	0*

* Rezultat je manjši od negotovosti meritve.

Tabela C2: Izpostavitve sevanju referenčne osebe odraslega posameznika iz prebivalstva ob ograji NEK zaradi atmosferskih izpustov iz NEK v letu 2025. Ocene okvirno veljajo tudi za razdaljo 500 m od osi reaktorja.

Način izpostavitve	Prenosna pot	Najpomembnejši radionuklidi	Letna doza (mSv)
zunanje sevanje	– imerzija (oblak) – sevanje iz useda	– žlahtni plini (Ar-41, izotopi Xe) – aerosoli (izotopi joda in kobalta ter C-14)	9,6 E–7 4,2 E–11
notranja obsevanost	inhalacija (oblak)	H-3, C-14	2,0 E–5
	zaužitje rastlinske hrane	C-14	7,0 E–5

Razredčitvene faktorje za zunanje sevanje iz oblaka in inhalacijo od leta 2007 ocenjujemo z Lagrangeevim modelom, ki vključuje značilnosti terena v okolici NEK in večji nabor meteoroloških spremenljivk. Model uporablja vse merjene podatke iz ekološkega informacijskega sistema EIS, ki ga upravlja NEK. Model potrebuje še hitrost izpustnih plinov ter presek ventilacijskega izpusta (pretok plinov skozi glavni izpuh). Po posvetovanju z NEK je bila za temperaturo dimnih plinov izbrana temperatura 25 ºC. 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 2025 je v okviru razsutja podatkov primerljiva z ocenami za prejšnja leta.

Meritve C-14 so bile v letu 2025 izvedene na vzorcih v koruzi, ajdi, jabolkih, travi in hruškah na Institutu Ruđer Bošković iz Zagreba v juliju in septembru. 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 zaužitja C-14 je tako v okolici NEK (do 1 km) za 7,0 E–5 mSv višja kot na kontrolni točki v Dobovi. Pri izračunu doze, prejete zaradi C-14 v okolici NEK, smo konzervativno privzeli, da posamezniki iz prebivalstva uživajo hrano iz neposredne bližine NEK (blizu roba izključitvenega območja) dva meseca v letu, drugih 10 mesecev pa hrano od drugod (Dobova). Iz tega izhaja, da je tudi v računu doze zaradi C-14 upoštevano, da posamezniki iz prebivalstva uživajo hrano, pridelano na krško-brežiškem področju (od ograje NEK do Dobove).

Razlika med računanjem efektivne doze zaradi C-14 in efektivne 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 vzorčenja, za druge radionuklide pa to ni mogoče zaradi različnih načinov vzorčenja. Doza 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 (različne referenčne osebe) zanemarljivi v primerjavi z naravnim sevanjem, doznimi omejitvami in avtoriziranimi mejami.

Naravno sevanje (Tabela D) – okolica NEK

Meritve zunanjega sevanja v okolici NEK so tudi v letu 2025 potrdile ugotovitve iz preteklosti, da gre za značilno naravno okolje, kot ga najdemo tudi drugje v Sloveniji in v svetu. Letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ sevanja gama in direktne ionizirajoče komponente kozmičnega sevanja v okolici NEK je na prostem v povprečju 0,74 mSv, kar je v okviru razsutja podatkov primerljivo s prejšnjimi leti. K temu je treba dodati še prispevek $H^*(10)$ nevtronskega kozmičnega sevanja, ki je za območje NEK 0,07 mSv na leto. Tako je bila skupna doza naravnega zunanjega sevanja $H^*(10)$ v letu 2025 v okolici NEK 0,81 mSv na leto. Ustrezna letna efektivna doza (ob upoštevanju pretvorbenih faktorjev iz publikacije Radiation Protection 106 [89]) je 0,68 mSv na leto, kar je nižje od podatka za svetovno povprečje (0,87 mSv na leto). Ob upoštevanju deleža časa zadrževanja na prostem 0,2, faktorja ščitenja stavb 0,1 za sevanje iz zemlje in faktorja ščitenja stavb za kozmično sevanje 0,8 ter prispevka efektivne doze zunanjega sevanja gradbenih materialov 0,2 mSv, je efektivna doza 0,52 mSv. Predpostavili smo še, da je prispevek ionizirajoče komponente kozmičnega sevanja k celotnemu doznemu ekvivalentu, ki smo ga izmerili s TLD, 1/3, sevanje iz zemlje pa prispeva 2/3 (Tabela 5.2, poglavje *Zunanje sevanje*). V okviru nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji za leto 2025 [22], kjer efektivno dozo zunanjega sevanja merimo s 50 dozimetri, postavljenimi po Sloveniji (glej poglavje *Zunanje sevanje*), smo letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ sevanja gama ocenili na 0,86 mSv, oziroma ustrezno letno efektivno dozo 0,72 mSv.

V študiji, ki jo je v letu 2023 opravil ZVD [17], so ocenili prispevke zaradi zunanjega sevanja iz gradbenih materialov za okolico NEK, ki je 0,21 mSv, efektivno dozo zaradi zaužitja hrane in vode ter vdihavanja, ki je 0,31 mSv, ter značilni prispevek kratkoživih radonovih potomcev k efektivni dozi 4,09 mSv. Posamezni prispevki k dozi naravnega sevanja so zbrani v tabeli D in na sliki I14. Skupna letna efektivna doza je ocenjena na 4,98 mSv, kar je znatno višje od ocene, ki je veljala v preteklih letih (2,35 mSv) in svetovnega povprečja, ki je 2,4 mSv na leto [43]. Prav tako je ocena višja, kot je značilna efektivna doza v Evropi [28].

Tabela D: Efektivne doze *E* zaradi naravnih virov sevanja v okolici NEK v letu 2025

Vir	**Letna efektivna doza *E* (mSv)**
― Neposredno ionizirajoče kozmično sevanje#	0,19
― Kozmični nevtroni [43]	0,06
― Neposredno ionizirajoče sevanj tal#	0,13
Gradbeni materiali – zunanje sevanje (bivanjski prostori)##	0,20
Zaužitje (hrana, voda) in vdihavanje (naravni radionuklidi)##	0,31
Vdihavanje kratkoživi potomci Rn-222, efektivna doza)##	4,09
Skupaj naravno sevanje	**4,98**

Opomba: # Ocena efektivne doze zunanjega sevanja iz okoljskega doznega ekvivalenta $H^*(10)$ z upoštevanjem pretvorbenega faktorja $E/H^*(10) = 0,84$ za fotone 600 keV [89]. Pretvorbeni faktorji v območju od 100 keV do 6 MeV so v območju med 0,84 in 0,89. Upoštevali smo, da se odrasla oseba (referenčna oseba) zadržuje 20 % časa na prostem, da je faktor ščitenja sevanja iz zemlje pri zadrževanju v zgradbah 0,1, faktor ščitenja stavb za kozmično sevanje 0,8 ter prispevek efektivne doze zunanjega sevanja gradbenih materialov 0,2 mSv. Predpostavili smo še, da je prispevek ionizirajoče komponente kozmičnega sevanja k celotnemu doznemu ekvivalentu, ki smo ga izmerili s TLD, 1/3, sevanje iz zemlje pa prispeva 2/3 (Tabela 5.2, poglavje Zunanje sevanje). Okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$, ki je bil ocenjen v poglavju *Zunanje sevanje* tega, ki je priloga tega poročila, dodatno pomnožimo s faktorjem 0,84 ([28], [43]).

Povzeto po poročilu [17]. Ocena velja za Krško.

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. Dodatne podrobnosti so v [17].

Černobilska kontaminacija, poskusne vojaške jedrske eksplozije, nesreča v Fukušimi (Tabela E)

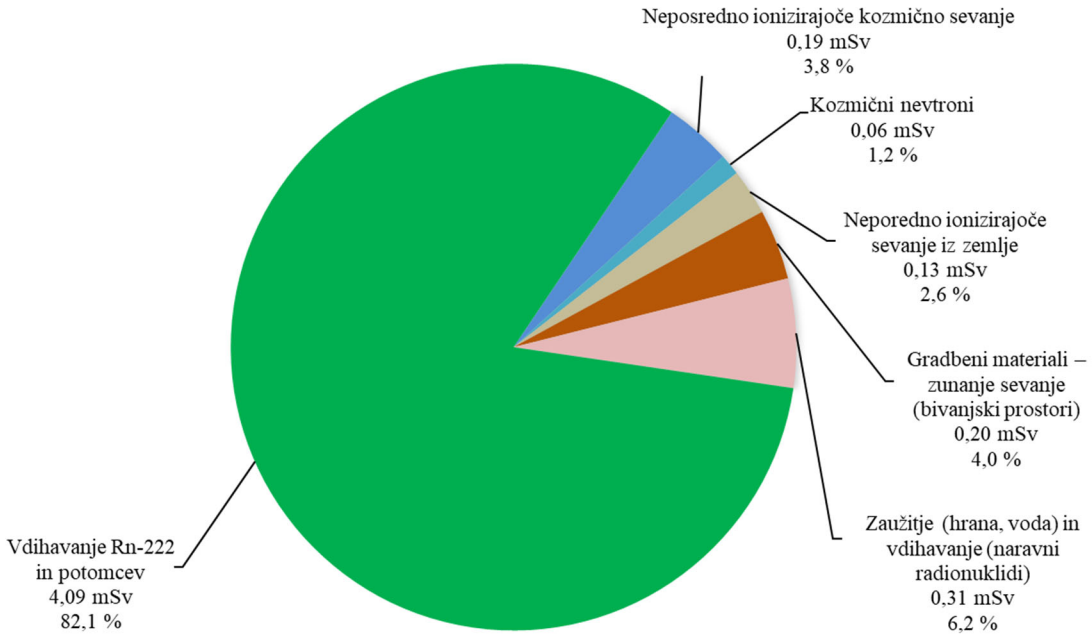
V letu 2025 so bili v okolju v okolici NEK med umetnimi radionuklidi zaznani predvsem Cs-137, Sr-90, C-14 in H-3 (tabela E). Cs-137 in Sr-90 sta posledica černobilske nesreče ter nadzemnih poskusnih jedrskih eksplozij, medtem ko sta C-14 in H-3 pretežno povezana z nadzemnimi poskusnimi jedrskimi eksplozijami. Radionuklidov, ki so po nesreči leta 2011 ušli v ozračje iz jedrske elektrarne v Fukušimi, v letu 2025 ni bilo zaznati. Prav tako v letu 2025 ni bil zaznan Ru-106. Občasno so bili izmerjeni tudi radionuklidi iz uporabe v medicini, predvsem I-131 in Lu-177. Največji prispevek k letni efektivni dozi je tudi v letu 2025 predstavljalo zunanje sevanje zaradi Cs-137 v zemlji.

V zemlji sta bila, podobno kot v preteklih letih, med antropogenimi radionuklidi merljiva predvsem Cs-137 in Sr-90. Prispevek Cs-137 k zunanjemu sevanju je bil ocenjen na manj kot 0,018 mSv na leto, kar predstavlja 2,2 % povprečne letne zunanje doze zaradi naravnega sevanja v okolici NEK (0,81 mSv; tu privzamemo, da se prebivalec ves čas zadržuje na prostem). Ta ocena je v okviru razsutja podatkov primerljiva s preteklimi leti.

Predvidena efektivna doza zaradi vdihavanja radionuklidov, povezanih s splošnim onesnaženjem s Cs-137 in Sr-90, je za odraslega posameznika iz prebivalstva ocenjena na 5,4 E–8 mSv na leto.

Sledi Cs-137 in Sr-90 so bile izmerjene tudi v posameznih vrstah hrane. Efektivna doza zaradi zaužitja je za leto 2025 ocenjena na 1,0 E–4 mSv na leto za Cs-137 in 8,0 E–4 mSv na leto za Sr-90, kar skupaj predstavlja 1,2 % letne efektivne doze zaradi naravnih radionuklidov v hrani brez upoštevanja K-40. Tudi ta ocena je primerljiva s preteklimi leti. K letni efektivni dozi zaradi radionuklidov v hrani največ prispeva C-14, ki je v prehransko verigo prešel po naravni poti, dodatno pa tudi zaradi nadzemnih poskusnih jedrskih eksplozij v šestdesetih letih prejšnjega stoletja.

Skupni prispevki umetnih radionuklidov se v zadnjih petih letih v okviru razsutja podatkov bistveno ne spreminjajo. Ocenjeni sevalni učinki NEK na prebivalstvo v okolici so bili v letu 2025 zanemarljivo majhni v primerjavi s prispevki globalnega onesnaženja in so bili ocenjeni na manj kot 0,21 % avtorizirane mejne letne doze na robu izključitvenega območja in navzven.



Slika I14: Deleži letnih efektivnih doz zaradi naravnega ionizirajočega sevanja v letu 2025. Podatki so povzeti po študiji [17], razen za prispevka direktnega ionizirajočega sevanja in nevtronsko doze (Poglavje *Zunanje sevanje)*.

Tabela E: Efektivne doze *E* za odraslo osebo zaradi globalnega onesnaženja v okolici NEK v letu 2025

Vir	**Letna efektivna doza *E* (mSv)**
Zunanje sevanje (Cs-137 v zemlji)	1,8 E–2
Vdihavanje (Sr-90 in Cs-137 v zraku)	5,4 E–8
Zaužitje (Sr-90 in Cs-137 v hrani)	9,0 E–4
Zaužitje (Sr-90 v ribah)	1,2 E–4
Zaužitje (C-14 v hrani)	1,5 E–2*
Skupaj globalno onesnaženje v okolici NEK	3,4 E–2

* Prispevek iz izpustov NEK je dva reda velikosti manjši, glej tabelo F.

Tabela F: Povzetek letnih izpostavitev prebivalstva v okolici NEK za leto 2025

Vir	Prenosna pot	Letna efektivna doza (mSv)
naravno sevanje	– sevanje gama in neposredno ionizirajoče kozmično sevanje – kozmični nevtroni – sevanje iz zemlje	0,19** 0,06 0,13
	– zaužitje, pitje in vdihavanje (K, U, Th)	0,31***
	– vdihavanje (kratkoživi potomci Rn-222)	4,09***
	– gradbeni materiali – zunanje sevanje	0,20***
Skupaj naravno sevanje v okolici NEK#		**4,98**
NEK – neposredno zunanje sevanje ob ograji NEK	– neposredno zunanje sevanje iz objektov NEK	nedoločljivo
NEK atmosferski izpusti (na ograji NEK****)	– zunanje sevanje iz oblaka – zunanje sevanje iz useda (Co-60, Cs-137) – vdihavanje iz oblaka (H-3, C-14) – zaužitje (C-14)	9,6 E–7 4,2 E–11 2,0 E–5 7,0 E–5
NEK tekočinski izpusti (Sava)	Odrasla referenčna oseba, zaužitje in zunanje sevanje iz sedimenta – pretočna akumulacija HE Brežice (350 m nizvodno od jezu NEK)	1,6 E–5
Skupaj učinki NEK*		**1,1 E–4**
černobilska kontaminacija, jedrski poskusi	– zunanje sevanje (Cs-137)** – zaužitje rastlinske in živalske hrane (brez C-14)***** – zaužitje rastlinske hrane (C-14)****** – zaužitje rib (Sr-90)	1,8 E–2 9,0 E–4 1,5 E–2 1,2 E–4
Skupaj globalno onesnaženje v okolici NEK		**3,4 E–2**

* Skupna vsota prispevkov NEK je informativna, saj seštevamo prispevke za različne referenčne osebe. Pri skupni vsoti se pri prispevku tekočinskih izpustov upošteva le ocena letne efektivne doze za referenčno osebo – ribiče, ki lovijo 350 m nizvodno od jezu NEK.

** Ocena efektivne doze zunanjega sevanja iz okoljskega doznega ekvivalenta $H^*(10)$ z upoštevanjem pretvorbenega faktorja $E/H^*(10) = 0{,}84$ za fotone 600 keV [89]. Pretvorbeni faktorji v območju od 100 keV do 6 MeV so v območju med 0,84 in 0,89. Upoštevali smo, da se odrasla oseba (referenčna oseba) zadržuje 20 % časa na prostem, da je faktor ščitenja sevanja iz zemlje pri zadrževanju v zgradbah 0,1, faktor ščitenja stavb za kozmično sevanje 0,8 ter prispevek efektivne doze zunanjega sevanja gradbenih materialov 0,2 mSv. Predpostavili smo še, da je prispevek ionizirajoče komponente kozmičnega sevanja k celotnemu doznemu ekvivalentu, ki smo ga izmerili s TLD, 1/3, sevanje iz zemlje pa prispeva 2/3 (Tabela 5.2, poglavje *Zunanje sevanje*). Okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$, ki je bil ocenjen v poglavju *Zunanje sevanje*, ki je priloga tega poročila, dodatno pomnožimo s faktorjem 0,84 ([28], [43]).

*** Povzeto po poročilu [17].

**** Ocena okvirno velja tudi na razdalji 500 m od osi reaktorja.

***** 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.

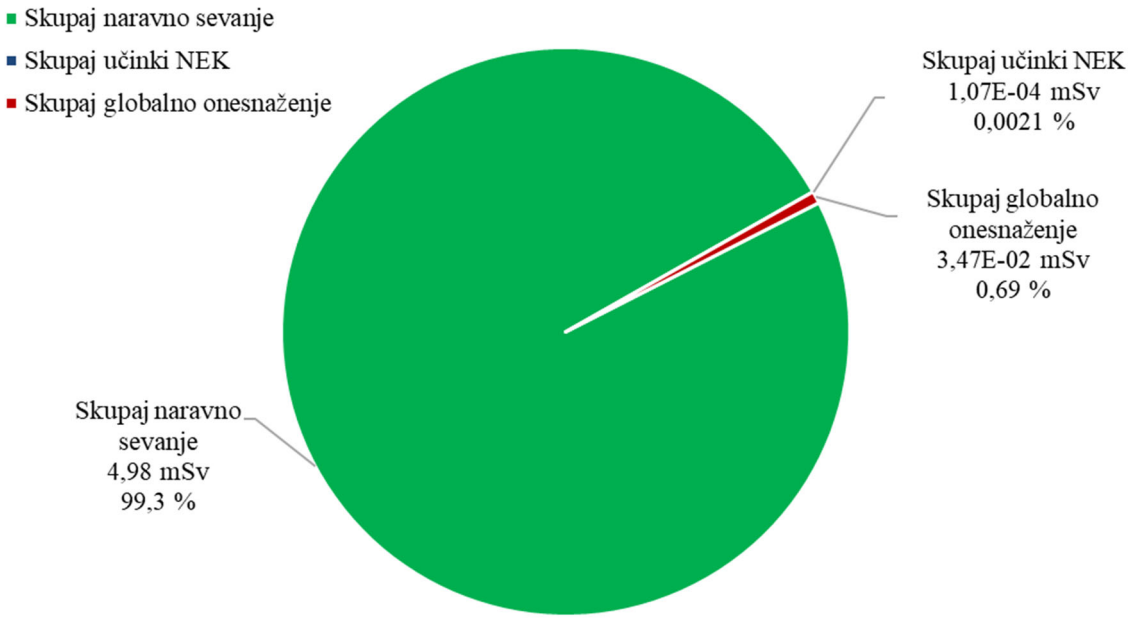
****** Povprečje za lokacije od 1 km od osi reaktorja in Dobovo. Prispevek iz izpustov NEK je dva reda velikosti manjši

\# Povzeto po tabeli D.

Povzetek letnih izpostavitev prebivalstva v okolici NEK za leto 2025 (Tabela F)

V tabeli F in na sliki I15 so predstavljeni posamezni prispevki k letni efektivni dozi zaradi emisij NEK v letu 2025 za odraslo osebo ob ograji NEK. Ocene okvirno veljajo tudi za razdaljo 500 m od osi reaktorja. Izjema je doza zaradi zunanjega sevanja, ki jo merijo TLD. Ob ograji NEK so med gradnjo objekta odstranili vrhnjo plast zemlje in nasuli prod, zaradi česar je povprečni letni okoljski dozni ekvivalent v okolici NEK za 30 % višji od tistega na ograji NEK. Zaradi tega tu podajamo povprečni okoljski dozni ekvivalent za okolico NEK.

Ko seštejemo vrednosti za atmosferske in tekočinske izpuste, ugotovimo, da je učinek nadzorovanih izpustov iz NEK na prebivalstvo znatno pod avtorizirano mejo. Pri tem je treba poudariti, da gre za različne referenčne osebe (posameznike iz prebivalstva) in je zato seštevek samo konzervativna zgornja ocena letne efektivne doze.



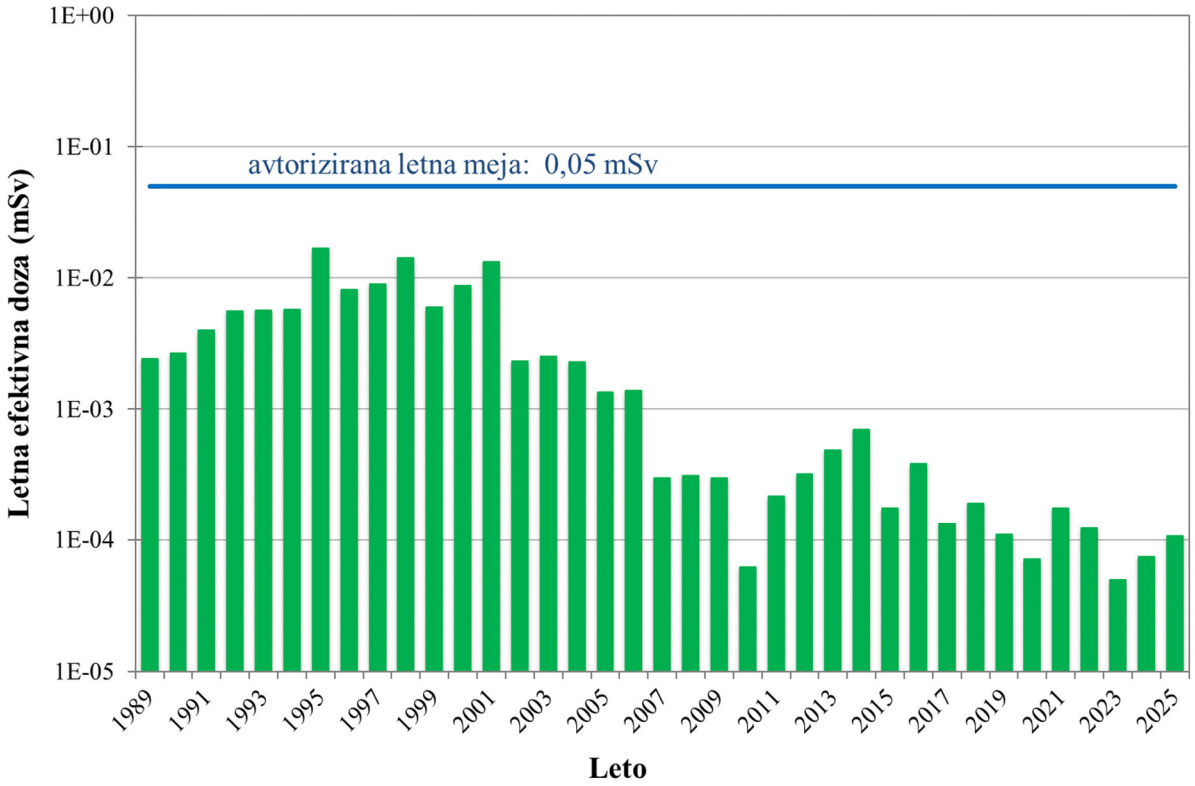
Slika I15: Deleži ocenjenih letnih efektivnih doz posameznih referenčnih skupin zaradi emisij NEK v letu 2025, globalnega onesnaženja in naravnega sevanja

Primerjava s preteklimi leti

Na sliki I16 je predstavljen seštevek ocenjenih letnih efektivnih doz posameznih referenčnih oseb zaradi emisij NEK od leta 1989 do leta 2025. Posebej je označena avtorizirana letna meja 0,05 mSv, ki je predpisana za prebivalstvo v okolici NEK. Posamezni prispevki se nanašajo na različne referenčne osebe iz prebivalstva in je zato seštevek samo groba ocena letne efektivne doze. Od leta 2001 do 2011 se seštevek znižuje, v letih od 2012 je bila letna efektivna doza na prebivalca pri ograji NEK (ocene okvirno veljajo tudi za razdaljo 500 m od osi reaktorja), nekoliko višja zaradi učinka C-14 na prehrambno verigo med vegetacijo, vendar še vedno dva velikostna reda pod avtorizirano mejo. Tudi v letih 2013 in 2014 lahko opazimo povišanje letne efektivne doze, lahko ga pripišemo izključno prispevku C-14 v tekočinskih izpustih, ki ga v prejšnjih letih nismo upoštevali.

V letu 2025 daje seštevek v okviru razsutja podatkov primerljivo vrednost s prejšnjimi desetimi leti. Pri tem je treba upoštevati, da so bili učinki zaradi tekočinskih izpustov iz NEK ocenjeni z veljavnim modelom [32]. Pri primerjanju prispevkov v posameznih letih je treba upoštevati, da se pri izračunu zunanjega sevanja iz oblaka in inhalacije iz oblaka od leta 2007 uporablja Lagrangeev model, ki daje natančnejše vrednosti izpostavitve, ter da so bile vrednosti prispevka k dozi zaradi zaužitja C-14 (iz atmosferskih izpustov) do leta 2006 ocenjene na osnovi izpustov in podatkov iz podobnih elektrarn.

Tako lahko ugotovimo, da so sevalni učinki NEK za več redov velikosti nižji od učinkov globalnega onesnaženja in učinkov uporabe radionuklidov v medicini. Ocenjena vrednost sevalnih učinkov (letne efektivne doze) NEK na prebivalstvo ob ograji NEK (in okvirno 500 m od osi reaktorja) pa je zgolj 0,0021 % značilnega neizogibnega naravnega ozadja.



Slika I16: Seštevek ocenjenih letnih efektivnih doz posameznih referenčnih skupin zaradi emisij NEK od leta 1989 do leta 2025. Označena je tudi avtorizirana letna meja (0,05 mSv). Navpična skala je logaritemska.

SKLEPI

Povzetek izpostavitve prebivalstva v okolici NEK za leto 2025 je v tabeli F, kjer so navedeni prispevki naravnega sevanja, učinki NEK ob ograji NEK in preostali učinki černobilske kontaminacije in poskusnih vojaških jedrskih eksplozij v atmosferi:

- v letu 2025 so bili vsi sevalni učinki NEK ob ograji NEK (ocena okvirno velja tudi za razdaljo 500 m od osi reaktorja) ter 350 m nizvodno od jezu NEK na prebivalstvo v okolici ocenjeni na manj kot 1,1 E–4 mSv na leto; Ocena učinkov delovanja NEK zaradi tekočinskih izpustov v tem poročilu temelji na modelu, ki je bil izdelan v letu 2003 in revidiran v letu 2009.
- ocenjena vrednost sevalnih učinkov NEK ob ograji NEK je približno 0,0021 % značilnega neizogibnega naravnega ozadja (ocena okvirno velja tudi na razdalji 500 m od osi reaktorja);
- ocenjena vrednost sevalnih učinkov NEK je tudi zelo majhna v primerjavi z avtorizirano mejno dozo za prebivalstvo v okolici NEK (avtorizirana efektivna mejna doza 0,05 mSv na leto na razdalji 500 m in navzven za prispevke po vseh prenosnih poteh);
- k celotni efektivni dozi zaradi izpustov iz NEK največ prispeva zaužitje hrane (rastlinje, meso, sadje, ribe) (78,5 %). Tu ima največji delež vnos C-14, 65,5 % zaradi zaužitja hrane (rastlinja);
- efektivna doza zaradi izpustov iz NEK zaradi vdihavanja prispeva k celotni efektivni dozi sevalnih učinkov NEK 18,4 %; med radionuklidi največ prispeva H-3;
- efektivna doza zaradi izpustov iz NEK zaradi zunanjega sevanja k celotni efektivni dozi sevalnih učinkov NEK prispeva 3,1 %; med radionuklidi največ prispeva Co-60;
- vsota prispevkov efektivnih doz zaradi umetnih radionuklidov, ki jih izračunamo iz meritev vzorcev iz okolja, se z leti znižuje, k čemur največ prispeva zmanjšano sevanje zaradi Cs-137 iz zemlje; to je ostanek zračnega in padavinskega useda po nesreči v jedrskem reaktorju leta 1986 v Černobilu.

SUMMARY

The report presents the results of regular annual measurements of natural and artificial radioactive substances and other sources of ionising radiation in the vicinity of the Krško Nuclear Power Plant (NPP), along with a calculation of the amount of ionising radiation received from these sources by the population in the vicinity of the NPP.

In 2025, measurements and calculations according to the statutory and internationally recognised methodology (ICRP and IAEA) were carried out by four authorised organisations from two countries (the Jožef Stefan Institute, the Institute for Occupational Safety, the Ruđer Bošković Institute), and MEIS d.o.o and the Krško NPP as the obligated party. The results of the measurements and calculations show that the total radiation effects from the Krško NPP from all sources and all exposure pathways on the population were in all cases less than one per cent of the authorised limit, meaning that the Krško NPP facility has minimal impact to the annual effective dose to the population in its vicinity.

Table A: A summary of annual exposures of the population in the vicinity of the NPP for 2025 from the data presented in more detail in Table E.

Origin	Exposure pathway	Annual effective dose (mSv)
Natural background	– Gamma-ray and direct cosmic radiation (including neutron component)*	0.58
	– Ingestion (food, water) and inhalation**	0.31
	– Inhalation of Rn-222 and its progeny**	4.09
	Total natural background radiation (Krško NPP area)	**4.98**
Krško NPP	– Gama-ray and direct radiation from the buildings at the Krško NPP yard	0.000000
	– Cumulative contribution of atmospheric discharges	0.000091
	– Cumulative contribution of liquid discharges	0.000016
	Total radiation effects of the Krško NPP* **	**0.000107**
Global contamination	– Accident in Chornobyl NPP, nuclear weapon tests …	0.034
	Total global contamination	**0.034**

* The estimate of the effective dose from external radiation is derived from the environmental dose equivalent H*(10), considering the conversion factor E/H*(10) = 0.84 for 600 keV photons. Conversion factors in the range of 100 keV to 6 MeV lie between 0.84 and 0.89. It has been taken into account that an adult representative person spends 20 % of their time outdoors, that shielding factor of radiation from the ground when indoors is 0.1, the shielding factor of cosmic rays within buildings is 0.8, and that the contribution of the external radiation dose from building materials is 0.2 mSv. We have further assumed that the contribution of the ionising component of cosmic radiation to the total dose equivalent measured by the TLDs is 1/3, and that radiation from the ground contributes 2/3 (Table 5.2, *section Zunanje sevanje*). The environmental dose equivalent H*(10), which was estimated in the section *Zunanje sevanje* of this report, is further multiplied by a factor of 0.84 ([28], [43]).

** From [17].

*** The total sum of contributions from the Krško NPP discharges is informative and conservatively estimated upwards, as all the different contributions for different representative persons are added, which is not the case in reality.

Like all population, the residents living in the vicinity of the Krško NPP receive a a typical dose of natural ionising radiation. Exposure to natural ionising radiation in the vicinity of the Krško NPP can be determined precisely on the basis of measurements carried out by authorised organisations as part of the operational off-site radiological monitoring of the Krško NPP, since sensitive devices detect all radiation, including many natural radionuclides in the environment. Based on the measurements conducted by authorised organisations and on the analyses of the Slovenian Radiation Protection Administration, the received dose of natural ionising radiation in the vicinity of the Krško NPP has been thoroughly revised and, using new dose conversion factors due to inhalation of radon and its progeny, a value of 4.98 mSv per year has been estimated in 2025.

The contribution of the total radiation effects of the Krško NPP on the population in the vicinity in 2025 is under 0.00011 mSv per year. This contribution is forty thousand times smaller than the natural background dose, and it can therefore be concluded that the population living in the Krško-Brežice plain, in settlements throughout the area around the Krško NPP and at the border of the exclusion area (500 m from the reactor axis) and beyond is no more extensively exposed to ionising radiation than the population elsewhere in Slovenia. Residents in the vicinity of the Krško NPP, like all residents of Slovenia, receive a certain dose of natural background ionizing radiation. Due to local geographical and geological conditions, the annual natural background radiation dose around the Krško NPP (4.98 mSv) is even lower than Slovenia's national average of 5.98 mSv per year. The contribution of the Krško NPP radiation effects on residents living in the vicinity of the facility in 2025 was 0.2% of the authorised annual dose limit. The authorised annual dose limit for the population living in the vicinity of the Krško NPP, considering all exposure pathways, is set at 0.05 mSv, which corresponds to 5% of the annual effective dose limit of 1 mSv for members of the public (non-occupationally exposed persons). This limit excludes natural background radiation and exposures from medical procedures.

The doses received by the population in the vicinity of the Krško NPP are summarised in Table A. The table contains a conservatively rounded and simplified presentation of the measurement and calculation data, which are presented in full in Table F and in more detail in the remainder of this extract and the full report.

The total radiation effects of the Krško NPP on the surrounding population are very small. The low values can be attributed to the small controlled discharges from the NPP. The credit for such low NPP radiation effects also goes to the NPP staff, who have been exemplary in their monitoring and limitation of discharges.

It should be noted here that a so-called representative person is used to calculate or estimate the effective dose to the population due to discharges from a nuclear installation. The representative person for a particular exposure pathway is a hypothetical representative of the population receiving or likely to receive the highest effective dose from a particular exposure pathway, where persons with extreme and rare habits are not taken into account.

For example, the representative person for the calculation of the contribution of atmospheric releases of C-14 is a person who lives directly in the vicinity of the NPP (close to the edge of the exclusion zone) and, for two months of the year, consumes only food grown at the same place (close to the edge of the exclusion zone), and for the other ten months consumes food from elsewhere in Posavje (Dobova). However, the representative person for calculating the contribution of liquid discharges to the Sava River is a fisherman along the Sava River, who spends his time at the river bank 350 m downstream of the NPP dam and consumes fish caught there. Exposures to these different representative persons are added together in the total radiological impact assessment. However, as these are contributions from different representative persons, the sum of the radiation effects of atmospheric and liquid discharges from the Krško NPP is only a conservative upper estimate of the annual effective dose. Yet even such very conservative estimate of the exposure of a hypothetical representative person receiving all possible effective dose from the Krško NPP is practically negligible compared to the values of the typical unavoidable natural background in the Republic of Slovenia.

It can therefore be concluded that the production of electricity at Krško NPP does not affect the population’s exposure to ionising radiation, since the overall contribution of Krško NPP to the annual effective dose received is practically negligible. At the same time, Krško NPP represents a highly reliable and continuously available source of low-carbon electricity, essential for meeting the current and future energy needs of the Republic of Slovenia and for addressing global climate change.

INTRODUCTION

As elsewhere in the world, residents of Slovenia are also exposed to natural and anthropogenic sources of ionizing radiation. Although among anthropogenic sources the greatest contribution comes from the use of ionizing radiation in medicine—which is not discussed in this report—effects from residual contamination originating from Chornobyl and atmospheric nuclear tests also remain present. However, these typically represent less than one percent of the natural background radiation.

Local residents in the vicinity of the Krško Nuclear Power Plant (NEK) may additionally be exposed to atmospheric and liquid discharges of radioactive effluents from the NPP, as well as direct radiation from facilities within its premises. The Krško NPP must adhere to an *authorized dose limit*[8] of 0.05 mSv per year for adults, considering all exposure pathways, as well as other *regulatory limits* related to discharges and radiation effects on the environment and population. Compliance with these requirements is demonstrated by the Krško NPP through operational radiological monitoring, the scope and methodology of which are defined by the Rules on Radioactivity Monitoring[9] [8]. Besides the NPP itself measuring emissions, independent authorized monitoring providers also participate in carrying out radiological monitoring.

This Report presents the results of radioactivity monitoring that was performed in 2025 by the Krško NPP – as the entity liable for monitoring, and by the authorised radioactivity monitoring providers. Summarised results of radioactivity measurements of anthropogenic and naturally occurring radionuclides are presented by different contamination media and exposure pathways in the form of assessed effective doses[10], which are presented in Chapter *"DOSE ESTIMATE" (Table F)*. The dose assessment is based on the methodology of ICRP and IAEA [40] [41] [42].

CHARACTERISTICS OF SAMPLING AND MEASUREMENTS

In 2025, the scope and methods of sampling and measurements remained the same as in previous years, enabling a comparison of the monitoring results with the results from previous years as well as determination of trends. Because of the construction of the Brežice hydroelectric power plant (Brežice HPP) dam, additional sampling locations were introduced in the reservoir. The characteristics of the sampling and measurements are as follows:

1) Sava River

a) continuous sampling at four locations: (Krško – 3.2 km upstream, in front of Brežice HPP dam – 7.2 km downstream, Brežice – 8.2 km downstream, and Jesenice na Dolenjskem – 17.5 km downstream) for long-lived radionuclides; single samples of unfiltered water at Krško, left and right riverbanks in the reservoir, the replacement habitat, above the Brežice HPP dam, Brežice, Jesenice na Dolenjskem and Podsused near Zagreb (Croatia, around 30 km downstream from the Krško NPP) for short-lived radionuclides;

---

[8] The constraints on additional exposure of the population (representative person) 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 representative person at the border of the exclusion area (500 m from the reactor axis) and beyond not to exceed 0.05 mSv. 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 from the site buildings at the border of the Krško NPP exclusion area shall not exceed 0.2 mSv per year.

[9] 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.

[10] In the purpose of protection of the public, it is necessary to characterise an individual receiving a dose that is representative of the more highly exposed individuals in the population. This individual is defined as the 'representative person', where persons with extreme and rare habits are not taken into account [41].

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

c) composite quarterly samples on the left and right banks of the accumulation lake to determine the activity concentration of C-14 in the Sava River;

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

e) fish samples: Krško, reservoir HPP Brežice, Brežice, Jesenice na Dolenjskem, Podsused (Croatia) and Otok (Croatia). Fish samples were also taken in the accumulation lake of the Brežice HPP to determine the C-14 content.

Sample measurements involved determination of the activity concentration and specific activity of gamma emitters using high resolution gamma-ray spectrometry (HRGS), the activity concentration and specific activity determination of tritium (H-3) with liquid scintillation beta spectrometry, and the determination of Sr-90/Sr-89 using radiochemical separation and counting with proportional counter. The C-14 content in Sava river water and fish was determined by accelerator mass spectrometry (AMS).

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 continuous samples from the pumping stations in Brege, Rore, Brežice (Glogov Brod) and the waterworks in Spodnji Stari Grad and Brežice; monthly continuous samples from the Petruševec pumping station in Zagreb, Croatia;

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 for the Sava River samples.

3) Precipitation and dry fallout

a) monthly composite samples from precipitation collectors in Brege, Krško and the reference locations 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 were analysed using high resolution gamma-ray spectrometry, liquid scintillation beta spectrometry for tritium (H-3) activity concentration determination, and radiochemical analysis for the determination of Sr-90/Sr-89. High resolution gamma-ray spectrometry was also applied on vaseline samples.

4) Air

a) aerosol sampling comprised of continuously pumping air through aerosol filters, changed 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 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 the pump in Stara Vas;

d) emission measurements were performed at the Krško NPP's main plant main ventilation (stack), 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 at the Krško NPP fence which is inside the Krško NPP exclusion area (on the Krško NPP perimeter fence). In 2025, a total of fourteen 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. Measurement of specific activity of C-14 in atmospheric CO_2 is performed using a liquid scintillation counter. In preparation the sample CO_2 is converted to benzene.

5) External radiation

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 several depths (down to 30 cm on non-cultivated land).

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

External radiation

a) external radiation dose expressed in ambient dose equivalent $H^*(10)$ (gamma radiation and the ionizing component of cosmic radiation) was measured using 57 TL dosimeters in the vicinity of the Krško NPP (the locations surrounding the plant at the distances up to 10 km) and 9 TL dosimeters at the Krško NPP perimeter fence. Data were 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) the external radiation dose is also measured with seven TL dosimeters on the western fence of the Krško NPP near the dry cask storage facility;

c) measurements using 50 TL dosimeters at locations distributed throughout Slovenia were performed in parallel with the measurements in the vicinity of the Krško NPP [21], [22];

d) 14 continuous radiation detectors are in operation in the vicinity of Krško NPP as part of the Early Warning Network. In addition to these, further 59 continuous radiation detectors (Envinet MIRA, AMES/MFM, Atomtex/MFM in Gihmm) are in operation at other locations in Slovenia, also as a part of the Early Warning Network.

For the measurement of the ambient dose equivalent H*(10), IJS uses dosimeters of type TLD-IJS-05 (made of CaF_2:Mn). Measurements of H*(10) at 10 sites in Croatia are made with thermoluminescence (LiF:Mg,Cu,P, MCP-N, CaF_2:Mn), OSL type detectors Al_20_3:C and radiophotoluminescence (RPL) dosimeters. The data from continuous detectors are collected and processed by the Slovenian Nuclear Safety Administration.

6) Food

a) In 2025, food samples were collected at the locations indicated on the attached map at the end of the report: orchard next to Krško NPP (fruit), Pesje (milk, vegetables, fruit), Brege (milk, vegetables, cereals), Vihre (vegetables), Vrbina (vegetables, fruit), Spodnji Stari Grad (meat, eggs), Žadovinek (cereals), Trnje (cereals), Leskovec (meat, fruit), Dolenja vas (cereals), Gornji Lenart (eggs), Sevnica (meat), and Velika vas (milk, vegetables). In 2025, 32 types of foodstuffs were sampled in the vicinity of Krško NPP, giving a total of 76 samples (milk: 36, vegetables: 20, meat: 7, fruit: 13);

b) sampling frequency depended 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) sampling of vegetation, crops and fruits for C-14 specific activity determination took place twice in 2025 (July and September) at sixteen locations in the surroundings of the Krško NPP and in the reference location in Dobova; a total of thirty-six samples were collected and analyzed.

Measurements of 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. Activity of C-14 is determined with liquid scintilation spectrometry of absorbed CO_2.

MEASUREMENT RESULTS

Introduction

The annual dose is calculated as the arithmetic average of periodic measurement outcomes [62]. The uncertainty of the average could either be evaluated with a-priori uncertainty (uncertainty propagation rule) or with a-posteriori uncertainty (standard deviation divided by the square root of the number of samples). The definitions of estimators are in line with the frequentist approach to probability [63], except that instead of the term »a-posteriori uncertainty«, the term »average scattering of the mean« is used. Definitions of these terms are given in the report *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2025, IJS DP 15403.*

When the measured values are below detection and the detection limit is reported (usually by Pb-210, H-3, Sr-90 radionuclides) a 1/4th of the detection limit is given in tables, as a predicted value, under the recommendation of the European Council (*European Commission recommendation on standardized information on radioactive airborne and liquid discharges into the environment from nuclear power reactors and reprocessing plants in normal operation*, Euratom Off. J. Eur. Union. 2004; pp L2:32; paragraphs 6 and 7 [64]). This value has no associated uncertainty and the uncertainty of the arithmetic average is represented with a-posteriori uncertainty. In such cases the records are designated by a symbol "x".

For non-detected radionuclides - to keep the presentation clear - the limits of detection are not provided. The empty fields in tables are taken as zero values.

For the data interpretation and dose assessment the primary measurement $y \pm u(y)$ results obtained from gamma-ray spectrometry carried out by JSI (*Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2025, IJS DP 15403*) are used in the same way as in recent years. The $u(y)$ represents the combined standard deviation of the specific activity related to 68 % confidence interval (coverage factor k = 1). The combined standard deviation incorporates statistical fluctuation of the net signal and the uncertainties of the background signal, spectrometer calibration, nuclear data and the sample quantity. The uncertainties stemming from sampling, except for the sample quantity, are not taken into account.

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

The designation »Sr-90/Sr-89« signifies that the separation to determine the activity of Y-90 was not performed. The separation to determine the activity of Y-90 should be carried out only in cases when the counting rate of Sr-90/Sr-89 decreased, and the difference was a result of the 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 detected in the environment since post-Chornobyl period. This is also confirmed by periodic monthly reports on atmospheric discharges from the Krško NPP, where the radionuclide Sr-89 is not detected.

1) Sava River *(In more detail, see the chapter Radioaktivnost v reki Savi)*

Tritium (H-3) is a natural cosmogenic radionuclide. Because it is formed in the upper layers of the atmosphere, it is present in rainwater and watercourses. In 2025, the natural activity concentration of tritium in rainwater ranged from 0.6 kBq/m^3 to 1.5 kBq/m^3 at Ljubljana and Dobova. The average background activity concentration of tritium in the Sava River upstream of Krško was 0.45 kBq/m^3,

within a range of 0.3–0.6 kBq/m^3. Tritium is also regularly present in liquid discharges from the Krško NPP and can therefore be detected in the Sava River. An overview of average monthly activity concentrations of tritium in the Sava River at continuous sampling stations upstream and downstream of the Krško NPP dam in 2025 is shown in Figure I1. The long-term average activity concentration of H-3 from 2017 to the end of 2024 was 2.9 kBq/m^3 in Brežice and likewise 2.9 kBq/m^3 at the sampling station upstream of the HPP Brežice dam. Owing to the inflow of the Krka and Sotla rivers, the Sava is additionally diluted downstream, and further dilution is therefore expected. The long-term average tritium concentration at Jesenice na Dolenjskem was 2.7 kBq/m^3, which is, within the scatter of the data, the same as in Brežice and upstream of the HPP Brežice dam.

Because of the construction of the HPP Brežice accumulation lake, the temporal pattern of H-3 activity concentrations at the sampling locations in the accumulation lake, that is, the left bank, right bank, and upstream of the HPP Brežice dam, does not follow the temporal pattern of monthly H-3 discharges from Krško NPP. Occasional agreement with daily discharges occurs when a two- to three-day lag between the date of discharge and the date of sampling is taken into account. During periods of the highest discharges, the agreement is better. It remains noteworthy, however, that the average on the right bank of the HPP Brežice accumulation lake was higher than on the left bank, with exception of the year. The long-term average on the right side of the accumulation lake is 4.3 kBq/m^3, whereas on the left side it is 3.2 kBq/m^3. The same was observed in 2025. The average H-3 activity concentration in Sava River water sampled on the right side of the widest part of the accumulation lake in 2025 was 0.75 kBq/m^3, whereas on the left side it was 0.55 kBq/m^3. This supports the assumption that the flow is slower but more pronounced along the right side of the accumulation lake as far as its widest part, after which it follows the main stream of the river towards the HPP Brežice dam. This was also inferred from bathymetric measurements of the depth of the Sava River carried out in the impounded section upstream of the HPP Brežice dam [31]. Reverse flow in the accumulation lake is also possible and may either increase or reduce dilution within the lake. Figure I2 shows average H-3 activity concentrations at locations upstream and downstream of the Krško NPP dam, where individual samples of unfiltered water were taken. The average upstream of the HPP Brežice dam was 3.4 kBq/m^3, in Brežice downstream of HPP Brežice 6.4 kBq/m^3, and in Jesenice na Dolenjskem 5.3 kBq/m^3.

In 2025, radioactive carbon (C-14) was sampled in the discharges from the waste monitoring tanks (WMT) of Krško NPP. The contribution of C-14 was assessed from measurements in quarterly WMT samples performed by IRB. The smallest quarterly activity of C-14 was 0.015 GBq in the second quarter, and the highest was 0.036 GBq in the third quarter. The quarterly samples consist of individual discharges. The total annual discharge activity of C-14, 0.11 GBq, was calculated as the sum of the quarterly values. These discharges are one order of magnitude lower than the long-term average of 1.2 GBq for the period 2013–2024.

C-14 was also measured in Sava River water and in fish [24]. Composite quarterly samples were taken at the left and right bank of the HPP Brežice accumulation lake. The average measured activity concentration on the left bank was 9.8 Bq/m^3, and the same average was obtained on the right bank. These results are comparable with natural, predominantly cosmogenic C-14 in the environment, which is about 11 Bq/m^3. Within the data scattering, the quarterly measured values do not differ from the averages. It is therefore not possible to infer any radiation effect of Krško NPP operation. The average activity concentrations are lower than present-day atmospheric activities, since the current general atmospheric activity of C-14, excluding the effects of Krško NPP, is 231 Bq per kilogram of carbon. Compared with previous years, the specific activities of C-14 in fish in 2025 were lower than in earlier years.

Although that I-131 was not detected in liquid discharges from Krško NPP in 2025, the radioactive iodine (I-131) was regularly present at all monitoring points along the Sava River, both upstream of Krško NPP and downstream in Brežice and Jesenice na Dolenjskem.

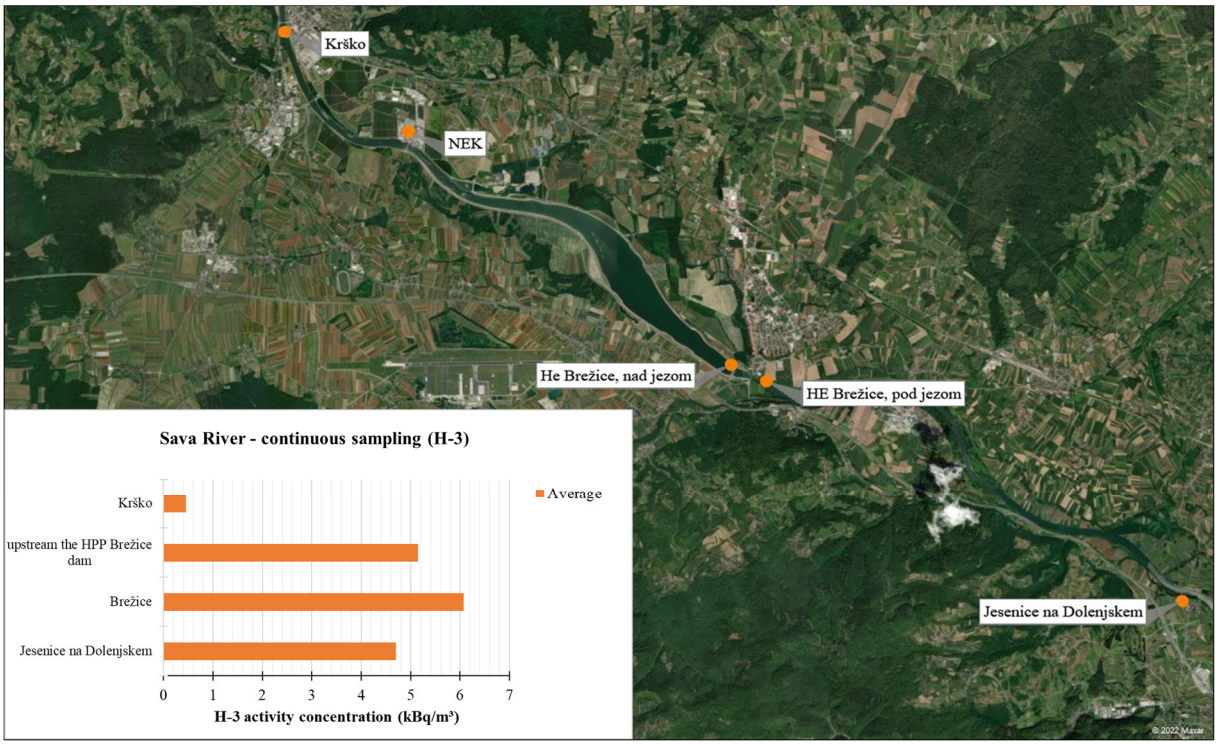


Figure I1: Overview of monthly averages of activity concentrations of H-3 in Sava River at stations with continuous sampling mode upstream and downstream of the Krško NPP dam in 2025.

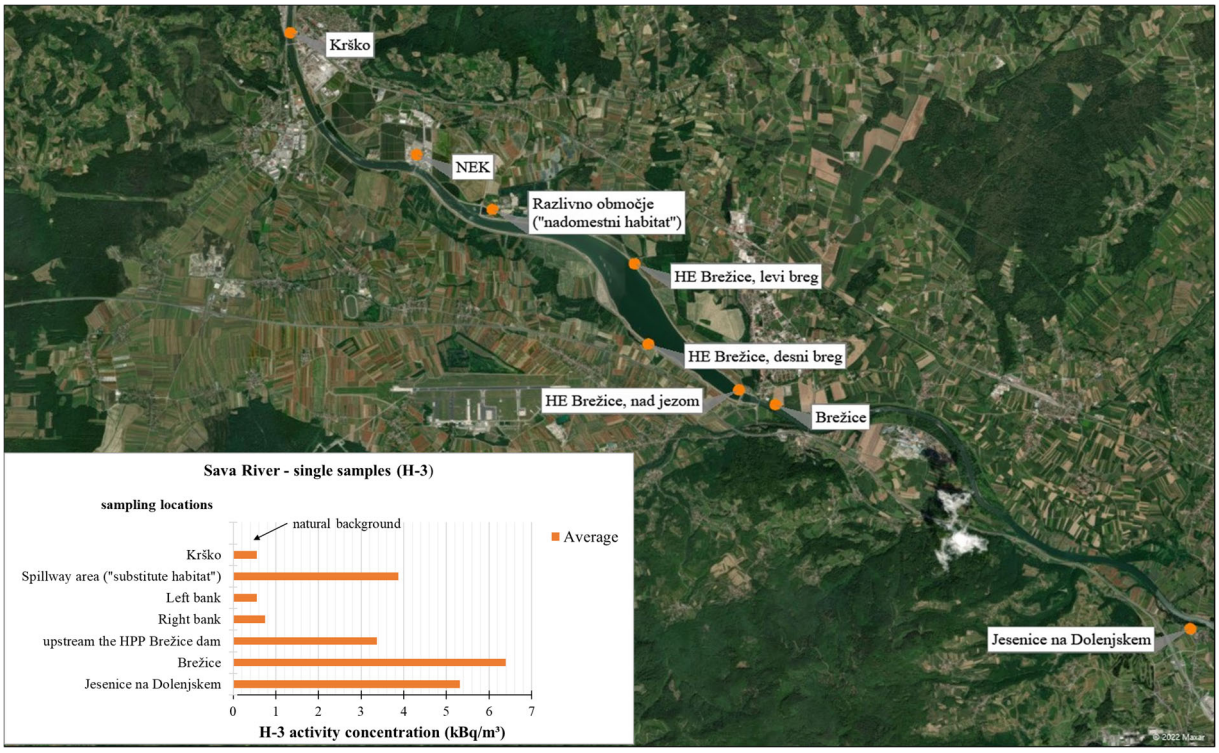


Figure I2: Review of monthly averages of activity concentrations of H-3 in the Sava River at locations upstream and downstream of the Krško NPP dam, where single (monthly or quarterly) samples are collected, in 2025.

In 2025, the activity concentration of I-131 fluctuated and was below the detection limit in most individual samples. In Brežice, concentrations up to 2.9 Bq/m^3 were measured, with an average of 1.2 Bq/m^3. On the left bank of the HPP Brežice accumulation lake, concentrations up to 12.6 Bq/m^3 were measured, with an average of 1.5 Bq/m^3, while on the right bank concentrations up to 37.1 Bq/m^3 were measured, with an average of 4.3 Bq/m^3. At all other locations, namely Krško, Jesenice na Dolenjskem, upstream of the HPP Brežice dam, and in the surrogate habitat, I-131 was below the detection limit in all collected samples. The presence of radioactive iodine in rivers originates from liquid discharges from hospitals in Slovenia and Austria (Drava and Mura River).

When the measuring results obtained in the monitoring programme in the vicinity of the Krško NPP are compared with those from the separate environmental monitoring programme in the Republic of Slovenia [22], the average concentration in the Sava River at Brežice, 1.6 Bq/m^3, was, within measurement uncertainty, the same as that measured in the Sava River at Ljubljana, 1.8 Bq/m^3. The average activity concentrations of I-131 in the Krka and Savinja rivers were 0.57 Bq/m^3 and 0.31 Bq/m^3, respectively. In the Drava River near Maribor, the average concentration of I-131 was 1.2 Bq/m^3, and in the Mura River at Petanjci it was 0.61 Bq/m^3. In 2025, I-131 was not detected in the Soča and Kolpa rivers.

No I-131 was detected in fish and sediment samples at all sampling points upstream and downstream of the Krško NPP dam, the same as in previous years.

Lutetium-177, like iodine-131, is used in medicine. It is not detected in Krško NPP discharges, as it is not produced there. It is occasionally detected in individual river-water samples, but in most cases its activity concentration is below the detection limit.

In Krško, concentrations up to 0.26 kBq/m^3 were measured; on the right bank of the HPP Brežice accumulation lake, up to 0.6 kBq/m^3; on the left bank, up to 0.38 kBq/m^3; upstream of the HPP Brežice dam, up to 0.09 kBq/m^3; in Brežice, up to 0.09 kBq/m^3; and in Jesenice na Dolenjskem, up to 0.031 kBq/m^3. In 2025, lutetium was not detected in any sample from the surrogate habitat.

Lutetium is also detected in some other Slovenian rivers, namely the Savinja, Mura and Drava. In 2025, the highest concentration in an individual sample was measured in the Sava River near Ljubljana, amounting to 0.44 kBq/m^3.

The annual liquid discharge of Cs-137 from Krško NPP into the Sava River was 1.6 MBq, which is, within the data scattering, comparable with discharges in the years 2013–2024, when the average was 1.47 MBq, and lower than the long-term average of 13.0 MBq for the period 2000–2024. The measured contents of Cs-137 in the Sava River are therefore attributed to global contamination, since the calculated increase in Cs-137 activity concentration 350 m downstream of the Krško NPP dam, taking into account annual liquid discharges, the average Sava River flow of 193 m^3/s, and the assumed dilution ratio on the left bank at Brežice, is 7.9 E–4 Bq/m^3, while in Brežice it is 3.8 E–4 Bq/m^3. These estimated values cannot be distinguished from heterogeneously distributed global contamination.

The average monthly activity concentration in the dry residue of filtered water was 0.16 Bq/m^3 at the reference site in Krško and 0.01 Bq/m^3 at Jesenice na Dolenjskem. Upstream of the HPP Brežice dam and in Brežice, cesium was not detected in the dry residue of filtered water in 2025.

In the past, Cs-137 usually occurred at somewhat higher concentrations in the filter residue than in the dry residue of water; at present, however, the results are generally at or below the detection limit. In 2025, cesium was not detected in any filter residue sample at the reference site in Krško or at the location upstream of the HPP Brežice dam. In Brežice, the highest measured value was 0.65 Bq/m^3 and the average was 0.41 Bq/m^3. In Jesenice na Dolenjskem, the highest measured value was 0.33 Bq/m^3 and the average was 0.10 Bq/m^3.

Measured activity concentrations of Cs-137 in Slovenian rivers vary according to sampling location and are similar to or higher than those measured in the Sava River in the vicinity of Krško NPP. In 2025, the average activity concentration of Cs-137 ranged from 0.06 Bq/m^3 in the Kolpa River to 0.54 Bq/m^3 in the Mura River. In the Soča, the Sava near Ljubljana, and the Krka, Cs-137 was not detected in 2025, or at least one measurement result was below the quantification limit and associated with high measurement uncertainty [22].

Radioactive strontium (Sr-90) is regularly measured in liquid discharges from Krško NPP. In 2025, the total activity discharged into the Sava River was 0.083 MBq, which is lower than the long-term average of 0.14 MBq. Monthly samples consist of individual discharges. The Sr-90 content in the Sava River is also attributed to global contamination, since the calculated increase in Sr-90 activity concentration 350 m downstream of the Krško NPP dam, taking into account annual liquid discharges, the average Sava River flow-rate, and the assumed dilution ratio on the left bank at Brežice, is 4.0 E–5 Bq/m^3, while in Brežice it is 1.9 E–5 Bq/m^3. These contributions cannot be distinguished from heterogeneously distributed global contamination.

Most of the strontium is dissolved in water, and the activity concentration of Sr-90 in water is at least ten times higher than in the filter residue. The average measured concentrations of Sr-90 in the filter residue were 0.02 Bq/m^3 upstream of the HPP Brežice dam, 0.05 Bq/m^3 in Krško, and 0.03 Bq/m^3 in Brežice. In Jesenice na Dolenjskem, all measurement results were below the detection limit. In general, strontium concentrations in water are up to ten times higher than Cs-137 concentrations.

The average activity concentrations of Sr-90 at continuous sampling locations ranged from 0.9 Bq/m^3 in Brežice and upstream of the HPP Brežice dam to 1.9 Bq/m^3 in Jesenice na Dolenjskem. Activity concentrations of Sr-90 in individual samples of unfiltered water, within measurement and sampling uncertainty, do not differ from those measured in continuously sampled filtered water and ranged from 0.9 Bq/m^3 on the left bank of the HPP Brežice accumulation lake to 1.3 Bq/m^3 upstream of the HPP Brežice dam.

Average activity concentrations of strontium in other Slovenian rivers do not differ from the results measured in the Sava River in the vicinity of Krško NPP. The average concentration measured in the Sava at Laze near Ljubljana was 1.9 Bq/m^3, in the Drava 0.9 Bq/m^3, and in the Mura 1.3 Bq/m^3 [22]. Within measurement and sampling uncertainty, activity concentrations of Sr-90 in the Sava River are similar to those of the last few years. A decreasing trend can be observed, consistent with the half-life of strontium, 28.8 years. Comparison of results from different locations, taking into account measurement uncertainties, shows that the effect of Krško NPP is not measurable.

Figure I3 shows the average specific activities of Cs-137 and Sr-90 in riparian sediments upstream and downstream of the Krško NPP dam. The contents of both radionuclides in sediments are attributed to global contamination, since liquid discharges from Krško NPP contribute specific activities of 1.6 E–3 Bq/kg for Cs-137 and 8.0 E–5 Bq/kg for Sr-90 in bottom sediments 350 m downstream of the Krško NPP dam, and 7.4 E–4 Bq/kg for Cs-137 and 3.7 E–5 Bq/kg for Sr-90 in Brežice. Average measured specific activities of Cs-137 in sediments ranged from 0.4 Bq/kg at Podsused, Croatia, measured by IRB, to 7.7 Bq/kg on the left bank of the HPP Brežice accumulation lake at Pesje, also measured by IRB. At the reference location in Krško, the average was 4.4 Bq/kg according to ZVD and 4.9 Bq/kg according to IRB. Specific activities of strontium in riparian sediments are typically up to ten times lower than those of cesium. At the reference location in Krško, the average annual measured value was 0.14 Bq/kg. Upstream of the HPP Brežice dam, strontium was below the detection limit in all samples. At the other locations downstream of the Krško NPP dam, average specific activities of Sr-90 ranged from 0.08 Bq/kg in Brežice to 0.48 Bq/kg on the left bank of the HPP Brežice accumulation lake. The specific activity of strontium in riparian sediment is therefore comparable with the results from previous years. In riparian sediments, the effect of Krško NPP is not measurable.

Figure I4 shows the average specific activities of Cs-137 and Sr-90 in fish upstream and downstream of the Krško NPP dam. These activities are attributed to global contamination, since the contributions of radionuclides due to liquid discharges from Krško NPP, 1.6 E–3 Bq/kg for Cs-137 and 2.4 E–6 Bq/kg for Sr-90, are very small.

Spectrometric analyses of fish were carried out by ZVD and IRB. In the measurements performed by IRB, Cs-137 was not detected. ZVD detected Cs-137 in all four fish samples from Brežice, in the range from 0.04 Bq/kg to 0.12 Bq/kg, with an average of 0.07 Bq/kg. In the other fish samples, Cs-137 was not detected.

Average activity concentrations of Sr-90 in fish ranged from 0.02 Bq/kg in Krško to 0.06 Bq/kg in Brežice. Separate determination of Sr-90 in fish bones and muscles has not been performed since 2005, so direct comparison between the two is not possible. Sr-90 is predominantly accumulated in bones, where activity concentrations are typically about two orders of magnitude higher than in muscles.

On the basis of the average activity concentration of strontium in Sava River water samples 1.2 Bq/m^3, the expected specific activity of strontium in fish would be 0.07 Bq/kg, using a concentration factor Br = 0.06 m^3/kg [30]. The average measured specific activity in fish for all locations together was 0.04 Bq/kg, for muscles and bones combined, measured by ZVD, which agrees within measurement uncertainty with the expected value based on the activity concentration of Sr-90 in water.

Other fission and activation products, namely Cr-51, Fe-55, Co-58, Co-60, Ag-110m, Sb-125, Sr-90 and Cs-137, regularly occur in trace amounts in liquid discharges from Krško NPP. In 2025, their total activity was at least five orders of magnitude lower than that of tritium. Cs-134 was last measured in liquid discharges in 2016. In the last few years, none of the radionuclides listed above has been detected in the environment. Co-60 was last detected in water and sediment in 2003 and 2006, while Cs-134 was last detected in sediments in 2002.

Natural radionuclides from the uranium decay series, namely U-238, Ra-226 and Pb-210, and from the thorium decay series, namely Ra-228 and Th-228, were regularly detected in all water samples. In Sava River water, the average activity concentrations at all continuous sampling locations were up to 6.0 Bq/m^3 for U-238 at Jesenice na Dolenjskem, up to 2.5 Bq/m^3 for Ra-226 upstream of the HPP Brežice dam, up to 11.5 Bq/m^3 for Pb-210 in Brežice, up to 1.2 Bq/m^3 for Ra-228 upstream of the HPP Brežice dam, up to 1.4 Bq/m^3 for Th-228 in Brežice, and up to 34 Bq/m^3 for Be-7 in Brežice.

Average activity concentrations of K-40 ranged from 27 Bq/m^3 in Brežice to 32 Bq/m^3 in Jesenice na Dolenjskem. K-40 in particular shows pronounced fluctuations, mainly related to the sediment load of rivers and, to a lesser extent, to the geological composition of soils. Activity concentrations of natural radionuclides in water are therefore similar to those measured in Slovenian rivers[19]. The activity concentration of K-40 in rivers across Slovenia varies, as expected from the geological diversity of Slovenian territory. Potassium is widespread in the upper soil layer and its compounds are soluble in water. In 2025, the average activity concentration of potassium in rivers ranged from 9.4 Bq/m^3 in the Kolpa River to 152 Bq/m^3 in the Savinja River. The lowest measured activity concentration of K-40 was (6.2 ± 1.9) Bq/m^3 in the Kolpa River, and the highest was in the Savinja River, (232.1 ± 8.1) Bq/m^3. Elevated potassium content can be explained by increased river sedimentation, that is, mixing of water and soil, at the sampling point, for example downstream of the wastewater treatment plant in Laško [22].

In sediments, the average specific activities at all sampling points were up to 41 Bq/kg for U-238 at Krško downstream of the Krško NPP dam, up to 36 Bq/kg for Ra-226 at the same location, up to 142 Bq/kg for Pb-210 on the left bank of the HPP Brežice accumulation lake at Pesje, up to 35 Bq/kg for Ra-228 at Krško downstream of the Krško NPP dam, up to 31 Bq/kg for Th-228 at Krško, and up to 80 Bq/kg for Be-7 on the left bank of the HPP Brežice accumulation lake at Pesje. Average specific activities of K-40 ranged from 284 Bq/kg in Jesenice na Dolenjskem to 478 Bq/kg at Krško downstream of the Krško NPP dam. In sediment, Be-7 was occasionally detected at all locations, with average values ranging from 20 Bq/kg to 80 Bq/kg.

Natural radionuclides are not present in liquid discharges from Krško NPP; therefore, their contribution to environmental contamination is not assessed.

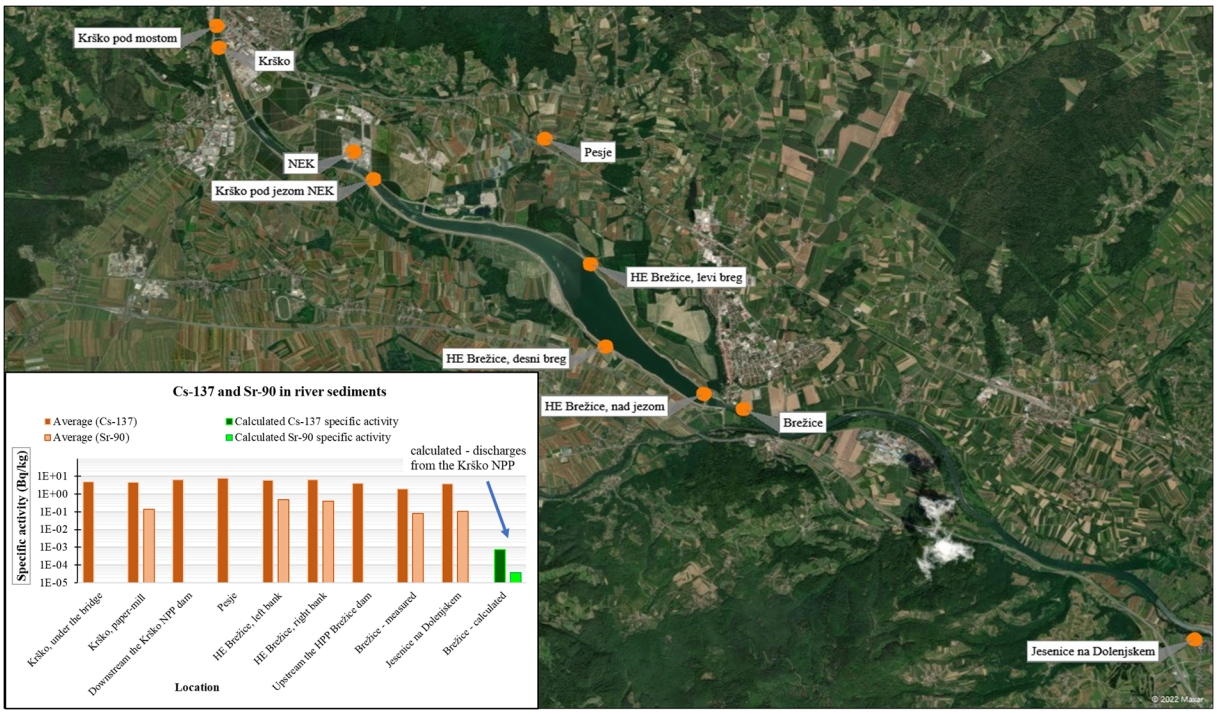


Figure I3: Specific activities of Cs-137 and Sr-90 in river sediments in 2025. The average of Sr-90 in Krško was below the detection limit. The scale is logarithmic.

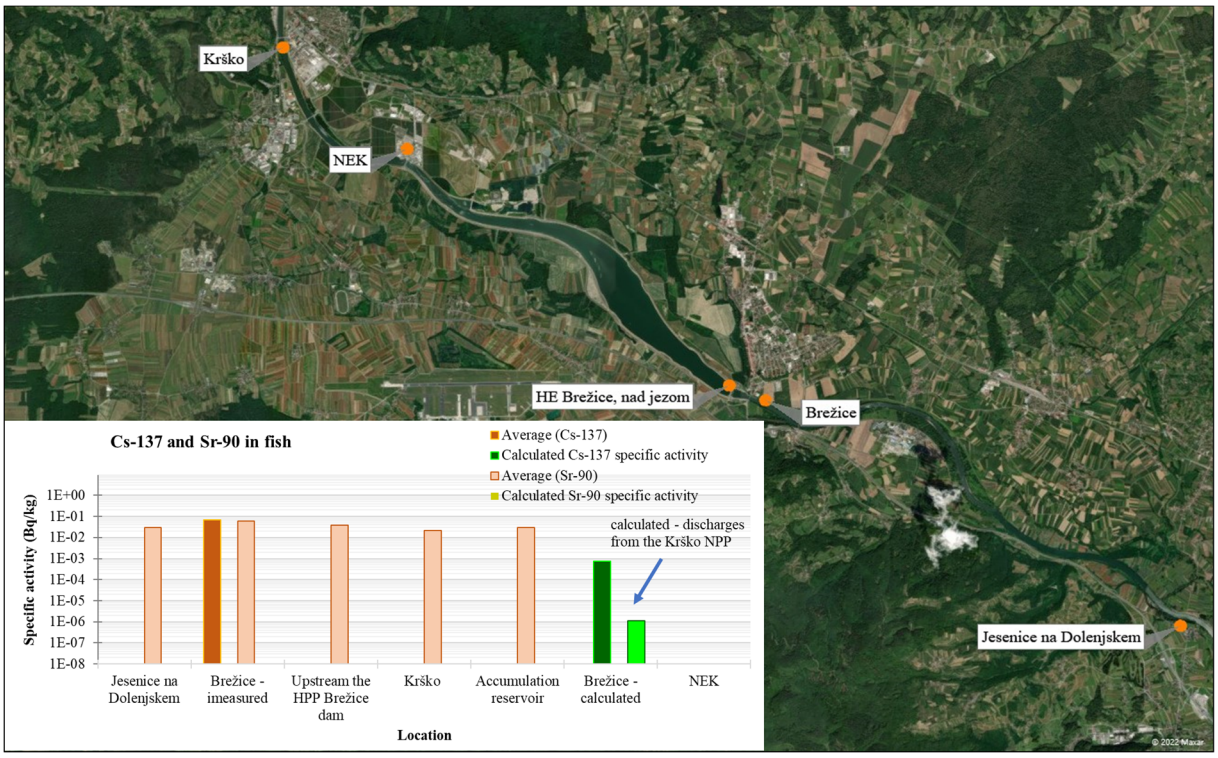


Figure I4: Specific activities of Cs-137 and Sr-90 in fish samples in 2025. Cs-137 values were below the detection limit.The scale is logarithmic.

2) Waterworks and pumping stations ***(In more detail, see the chapter Radioaktivnost v pitni in podzemni vodi)***

Among all sampling locations in Slovenia, the highest tritium concentrations were observed at Brege, undoubtedly due to the impact of the Krško NPP. Even the highest values, however, remained below 2 % of the parametric value of 100 kBq/m^3 laid down in the European Commission Drinking Water Directive[11]. In addition to the regular monthly sampling of water at pumping stations and waterworks in the municipalities of Krško and Brežice, water was also analysed in 2025 by individual sampling at Petrol stations in Krško and Brežice. Activity concentrations of H-3 in water from the Brežice water supply system were low. In samples from the Krško water supply system, the average was comparable with the activity concentration measured in the Ljubljana water supply system. Figure I5 presents monthly average activity concentrations of H-3 in drinking water from pumping stations and waterworks in the municipalities of Krško and Brežice; for comparison, the activity concentration in the Ljubljana water supply system is also included [23]. Tritium activity concentrations in drinking water in the vicinity of Krško NPP are of the same order of magnitude as elsewhere in Slovenia.

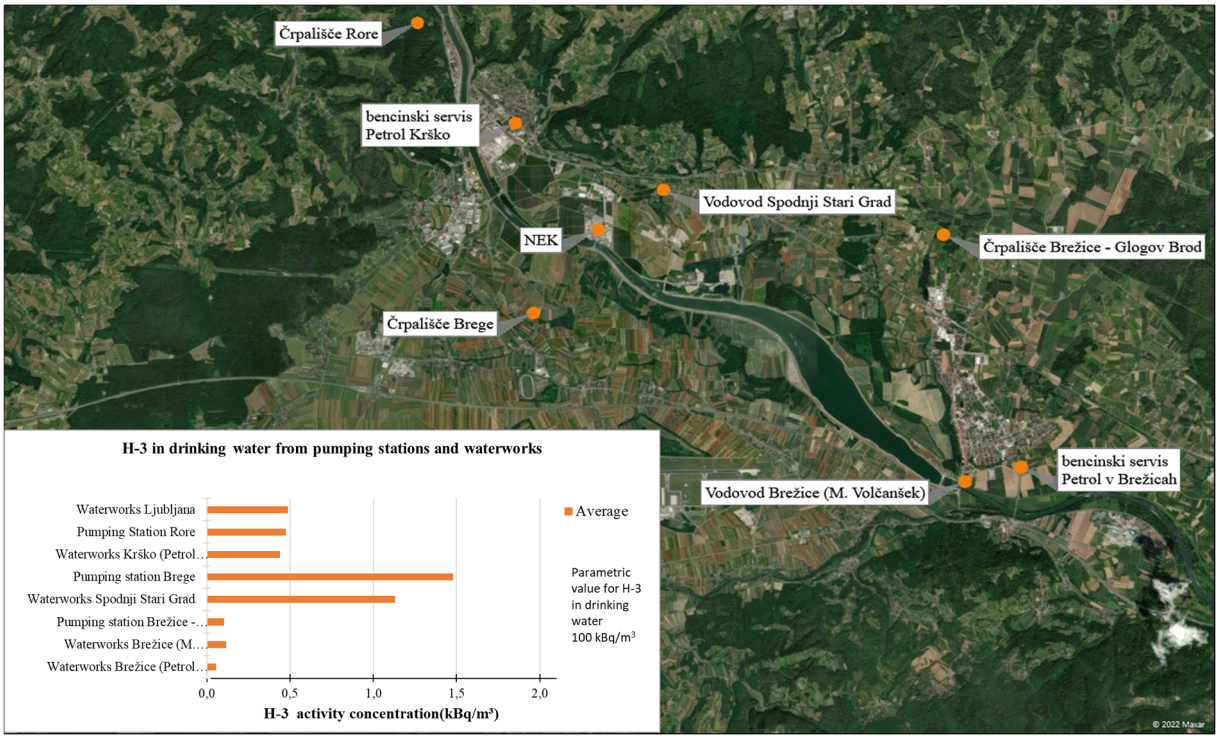


Figure I5: Review of average activity concentrations of H-3 in drinking water from pumping stations and waterworks in the municipalities of Krško and Brežice at locations where they are sampled continuously or quarterly. The activity concentration of H-3 measured at the reference location (Ljubljana) is compared with values in the vicinity of the Krško NPP.

[11] Recommended value or parametric value (in Slovenian legislation) [10] means the level of radioactivity in drinking water above which the radiation protection authority (administration) shall verify whether the presence of radioactive substances in drinking water constitutes a risk to human health to which a response must be given and, if necessary, remedial action must be taken to improve the quality of the water to such an extent that the requirements for the protection of human health from the point of view of radiation protection are met.

In order to monitor water exchange between the Sava River and groundwater in the Krško-Brežice plain, the tritium level in boreholes has been monitored since the start of the operational radioactivity monitoring in the vicinity of the Krško NPP. Water from these boreholes is used neither as drinking water nor as process water, but only for tracing discharges from Krško NPP. An overview of H-3 activity concentrations in boreholes is given in Figure I6.

Activity concentrations of H-3 at Brege are the highest in Slovenia and are similar to those measured in boreholes; they are undoubtedly a consequence of Krško NPP operation. Tritium levels in the Spodnji Stari Grad water supply system were variable in 2025, since this system was supplied partly from the same aquifer as the Brege pumping station and partly from the aquifer that also supplies the Rore pumping station, where no effects of Krško NPP are detected.

Radionuclides Cs-137 and Sr-90 are distributed non-uniformly in Slovenian soils. They also occur in small quantities in Krško NPP discharges, but their effect on groundwater is negligible and cannot be distinguished from global contamination.

In monthly or quarterly samples of drinking water taken at all sampling locations in Krško and Brežice, as well as in Croatia, I-131 was not detected.

Activity concentrations of the natural radionuclide K-40 were measured at all sampling sites. At Brege, the average monthly activity concentration was 70 Bq/m^3, and in the Spodnji Stari Grad water supply system 47 Bq/m^3. At the other pumping stations and waterworks, the average activity concentration of K-40 was 24 Bq/m^3, which, within the statistical scatter of the data, is the same as in the last five years. It is assumed that the fertilisation regime of agricultural land above the aquifer areas in the Krško–Brežice plain is changing [51], and that this is also a direct consequence of precipitation fallout and higher Sava water levels.

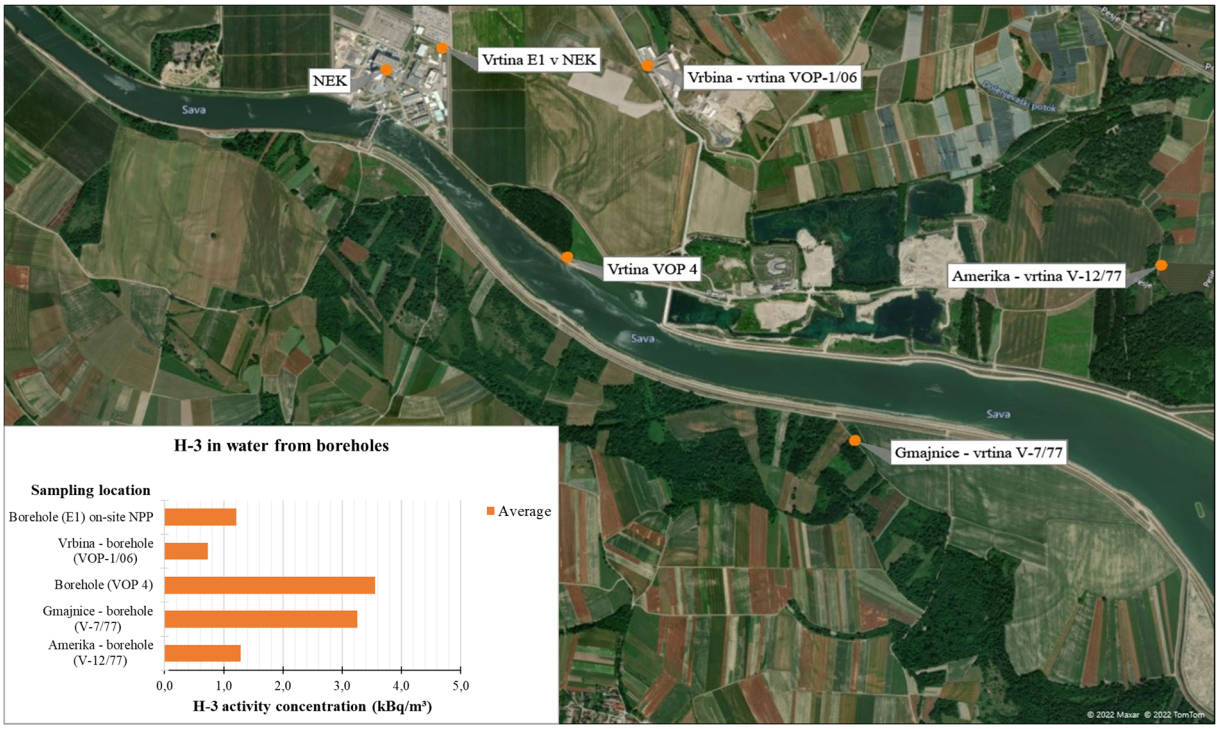


Figure I6: Review of monthly averages of activity concentrations of H-3 in water from the boreholes. The water from the boreholes is not used as drinking water or process water, but only for tracking liquid discharges from the Krško NPP.

For all sampling locations in the Krško and Brežice water supply systems, the average monthly activity concentrations of natural U-238 were low, with an overall average of 4.2 Bq/m^3; the highest average monthly value 6.7 Bq/m^3, was measured in the Spodnji Stari Grad water supply system. Average monthly activity concentrations of Ra-226 ranged from 0.8 Bq/m^3 in the Brežice water supply system to 2.2 Bq/m^3 at the Brege pumping station. The average monthly activity concentration of Pb-210 ranged from 1.7 Bq/m^3 in water from the Rore pumping station to 8.4 Bq/m^3 in water from the Brežice pumping station. In Ljubljana, the activity concentration of Pb-210 was 1.9 Bq/m^3. Average monthly activity concentrations of Ra-228 ranged from 0.6 Bq/m3 in the Brežice water supply system to 1.2 Bq/m^3 at the Brege pumping station. Average monthly activity concentrations of Th-228 were between 0.4 Bq/m^3 at the Rore pumping station and 0.6 Bq/m^3 at the Brege 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 was 0.3 Bq/m^3 at the Brežice pumping station, while the highest average 1.9 Bq/m^3, was measured at the Rore pumping station.

Natural radionuclides are not present in the atmospheric and liquid discharges from Krško NPP; therefore, their contribution to environmental contamination is not assessed.

3) Precipitation and dry fallout *(In more detail, see the chapter Radioaktivnost v usedih)*

In 2025, the annual amount of precipitation was 1,253 mm in Ljubljana, 1,013 mm in Krško, 1,019 mm at Brege, and 960 mm at Dobova. The annual precipitation in the vicinity of Krško NPP was therefore 23 % lower than in Ljubljana. Within data scattering, the amounts recorded at individual locations are comparable with those of recent years. The uncertainty in annual precipitation is ±57 mm in Ljubljana and ±37 mm in the vicinity of Krško NPP. Monthly variability is even more pronounced. Dry months occur practically every year, although not always in the same season. In 2025, the lowest amount of precipitation was recorded in June.

Figure I7: Review of monthly averages of activity concentrations of H-3 in precipitation at sampling locations in the vicinity of the Krško NPP. The activity concentration of H-3 obtained at the reference location (Ljubljana) is compared with values in the vicinity of the Krško NPP.

Tritium activity concentrations in precipitation vary considerably, and only activity concentrations above 2 kBq/m^3 could be attributed to discharges from the Krško NPP [55]. In 2025, tritium activity concentrations in precipitation exceeded 2 kBq/m^3 on one occasion at Brege and on another occasion in Krško. Average monthly activity concentrations of H-3 in precipitation are shown in Figure I7.

The effect of Krško NPP on tritium activity concentrations in precipitation in the immediate vicinity of the plant becomes apparent when annual averages are considered, since the values at Brege and Krško (Stara Vas) are consistently higher than those at Dobova and in Ljubljana. At Brege, tritium activity concentrations in spring and autumn were higher than the annual average, which is partly consistent with atmospheric discharges, which were highest in spring. In 2025, however, no correlation between atmospheric discharges and measured H-3 activity concentrations was observed at Brege, whereas at Stara Vas, in Ljubljana, and at Dobova the correlation was weak and inverse.

The highest monthly H-3 fallout was estimated at Brege in October and amounted to 0.26 kBq/m^2. The values and temporal trends of fallout at Ljubljana, Dobova, Krško, and Brege are comparable in terms of data scattering, and the maxima coincide with months with higher precipitation.

The highest estimated values of Cs-137 fallout were 0.12 Bq/m^2 at Brege in July, 0.015 Bq/m^2 in Krško in November, and 0.007 Bq/m^2 at Dobova in October, in all cases during periods with higher precipitation. In such cases, the increase is associated primarily with more intensive washout of particles and radionuclides from the atmosphere. The influence of resuspension from the ground and of combustion of solid fuels in winter cannot be evaluated unambiguously. In Ljubljana, Cs-137 was not detected in precipitation. Cs-137 fallout at all locations is comparable with the levels recorded during the pre-Chornobyl period from 1982 to 1985.

In 2025, activity concentrations of Sr-90 were mostly below the detection limit. At Brege, Sr-90 was detected in traces in spring and summer. Activity concentrations of Sr-90 in atmospheric discharges from Krško NPP were also generally below the detection limit, with the exception of the last quarter, during the outage. Since there was no temporal correlation between the occurrence of Sr-90 in precipitation and its detection in atmospheric discharges, the presence of Sr-90 in precipitation is not attributed to Krško NPP releases. In view of the simultaneous presence of Cs-137, it can be concluded that both radionuclides are mainly the result of global soil contamination, probably also due to particle resuspension.

Be-7 and Pb-210, which are of global origin and are not the result of Krško NPP discharges, were measured regularly in precipitation and dry fallout.

4) Air ***(In more detail, see the chapter Zrak)***

The main radionuclides discharged into the atmosphere from Krško NPP in 2025 were tritium, H-3 (5.9 TBq), and C-14 (0.06 TBq). The discharged activities are measured at the source, that is, at the ventilation exhaust. Their presence in the environment is assessed using an air dispersion model based on activity measurements at the source and on meteorological data.

During the operation of Krško NPP in 2025, the following radionuclides were also detected in atmospheric discharges: I-131, Cr-51, Mn-54, Co-57, Co-58, Co-60, Fe-59, Zn-65, Se-75, Nb-95, Zr-95, Sr-90, Ag-110m, Te-127m, Cs-137 and Ce-144. With the exception of Sr-90 and Cs-137, none of these radionuclides was detected at any of the seven monitoring sites in the vicinity of Krško NPP or in Ljubljana. The calculated activity concentrations of Cs-137 and Sr-90 at the sampling points were at least three orders of magnitude lower than the measured activity concentrations. The presence of Cs-137 and Sr-90 in the environment is therefore mainly the result of global contamination. In 2025, Sr-90 was detected at the source in a sample taken in the last quarter, that is, during the refuelling outage, after several decades. Under normal conditions, the activity concentrations of Sr-90 remain below the detection limit.

Average monthly activity concentrations of Cs-137 in air at locations in the vicinity of Krško NPP in 2025 were lower than elsewhere in Slovenia. It is assumed that the presence of Cs-137 in air in Slovenia is mainly related to the use of solid fuels, such as wood, briquettes and pellets. Figure I8 presents an overview of measured and calculated activity concentrations of Cs-137 at locations in the vicinity of Krško NPP, with Ljubljana included for comparison.

Measurements of strontium (Sr-90) in the environment are carried out on quarterly composite samples at Stara vas. The average activity concentration in 2025 was 1.2 E–4 mBq/m^3. All measurements were below the detection limit. Radionuclide Sr-89 was not detected in atmospheric discharges from Krško NPP in 2025.

Radionuclide I-131 was not detected in 2025 at any of the seven sampling sites in the vicinity of Krško NPP equipped with combined air samplers, that is, aerosol and charcoal filter units. Likewise, the high-flow aerosol air samplers in Dobova, as part of the environmental radioactivity monitoring programme in the vicinity of Krško NPP, and in Ljubljana, as part of the environmental radioactivity monitoring programme in the Republic of Slovenia, did not indicate the presence of I-131 in air.

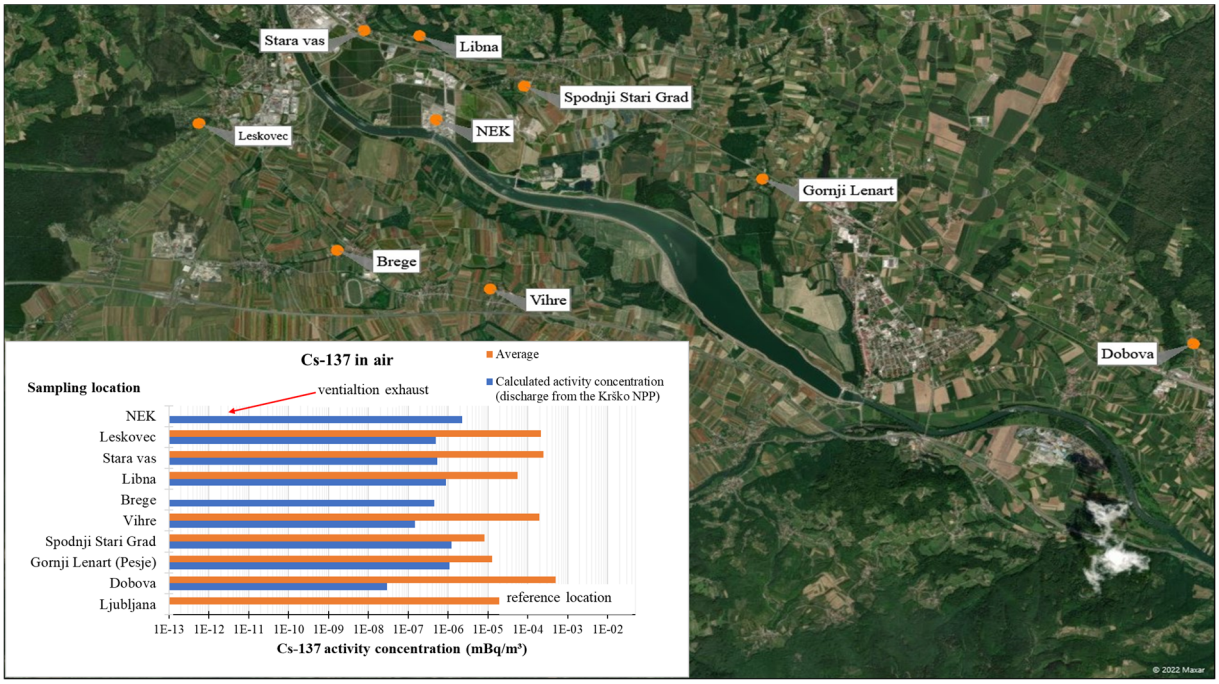


Figure I8: Review of monthly averages and calculated (estimated) activity concentrations of Cs-137 in air in the vicinity of the Krško NPP. The scale is logarithmic. The activity concentration of Cs-137 obtained at the reference location (Ljubljana) is compared with values in the vicinity of the Krško NPP.

Measurements of natural radionuclides in aerosol samples from the vicinity of Krško NPP indicate the presence of radionuclides that are also measured within monitoring programmes elsewhere in Slovenia. In 2025, the average activity concentrations of Be-7 and Pb-210 in Ljubljana were higher than the averages at the monitoring sites in the vicinity of Krško NPP. The average activity concentration of Be-7 in 2025 in the vicinity of Krško NPP was 2.2 mBq/m^3, while that of Pb-210 was 0.5 mBq/m^3. In Ljubljana, the corresponding averages were 3.3 mBq/m^3 and 0.7 mBq/m^3. For cosmogenic Be-7, comparable values within the uncertainty of the averages were measured at all sampling sites in the vicinity of Krško NPP, at Predmeja and in Ljubljana; the exception was Murska Sobota, where the values were higher. A similar observation also applies to Pb-210. Such a result is expected, particularly at locations with a similar precipitation regime and correspondingly similar washout of aerosols from the atmosphere, as well as similar downward transport of air masses from higher atmospheric layers.

The annual amount of precipitation in the vicinity of Krško NPP is typically about one third lower than in Ljubljana; in 2025 it was lower by one quarter (see *Radioaktivnost v usedih*).

For other natural radionuclides, that is, isotopes from the uranium and thorium decay series and K-40, larger differences were observed between individual monitoring sites in the vicinity of Krško NPP. These discrepancies can be attributed to differences in soil composition, proximity to cultivated fields, and the fact that radon escape from the sample was not taken into account in the Ra-226 measurements for samples from Predmeja and Murska Sobota. Measurements of activity concentrations of radionuclides in aerosols in Ljubljana are used as reference values because the high-flow air sampler is operated there.

Krško NPP does not discharge natural radionuclides into the atmosphere or into the Sava River during operation; therefore, their contribution to environmental contamination is not assessed.

5) External Exposure to Radiation *(In more detail, see the chapter Zunanje sevanje)*

External radiation

The external radiation exposure of the population in the vicinity of Krško NPP includes cosmic radiation, radiation from natural radionuclides in the atmosphere, mainly radon decay products, radiation from the radioactive plume during releases of radioactive substances from Krško NPP into the environment, external radiation due to fallout deposited after plume passage, and external radiation from natural and artificial radionuclides in soil. The TLD network measures the total gamma dose from natural radionuclides in the environment, that is, from soil and building materials, the direct ionising component of cosmic radiation, and the contribution of global Cs-137 contamination. Since environmental TLDs do not measure the neutron component of cosmic radiation, we calculated it using the EXPACS program (references [77], [78], [79]). This software allows for the calculation of doses from individual components of cosmic radiation, including the neutron component, for any geographic longitude and latitude.

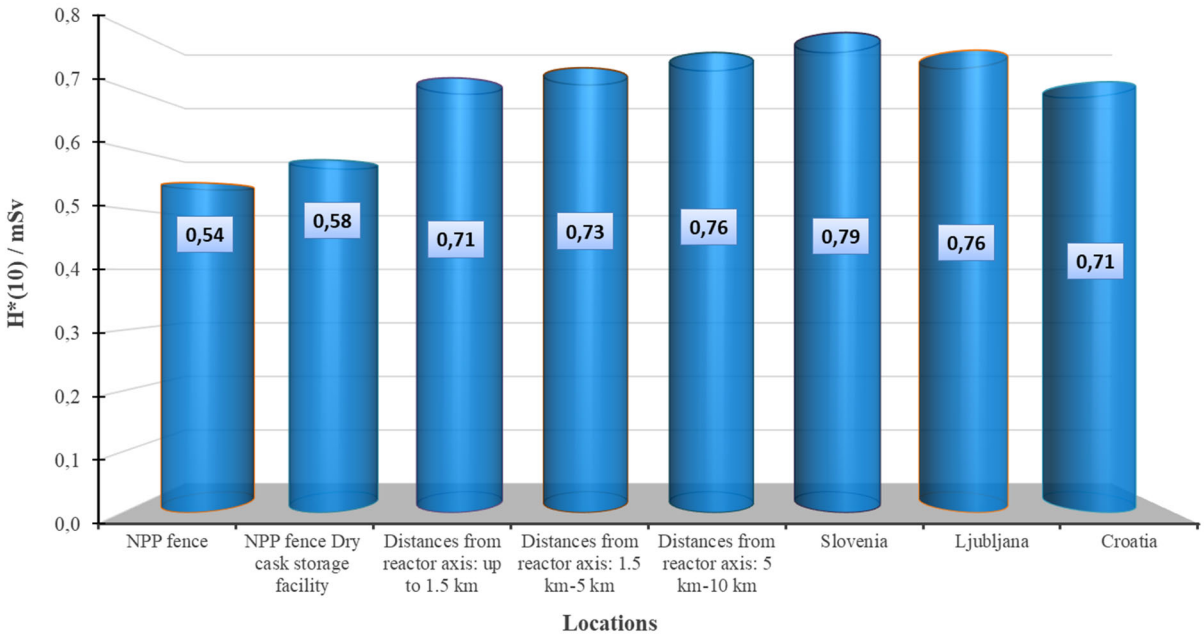


Figure I9: Comparison between average ambient dose equivalents $H^*(10)$ measured in the environment in the vicinity of the Krško NPP, fence perimeter, at the reference location in Ljubljana, and the average ambient dose equivalents measured in environments in Croatia and Slovenia.

Figure I9 presents the average annual ambient dose equivalents $H^*(10)$ measured in the vicinity of Krško NPP, at the reference location in Ljubljana, the average ambient dose equivalents measured in Croatia within the radioactivity monitoring programme in the vicinity of Krško NPP, and the average ambient dose equivalents measured within the environmental radioactivity monitoring programme in the Republic of Slovenia. Within the scatter of the data, the measured annual ambient dose equivalents do not deviate from the multiannual averages at the individual locations. The lowest annual $H^*(10)$ was measured at the Krško NPP fence, where the topsoil was removed and replaced by gravel. External radiation from the ground is further reduced there by asphalted surfaces and buildings inside the Krško NPP fence. Additional dosimeters along the western fence of Krško NPP, where the dry cask storage facility is located, showed an average annual dose equivalent of (0.60 ± 0.02) mSv, which, taking into account the uncertainties of the averages and the scatter of the data, is comparable with the average annual dose equivalent measured with TLDs at the Krško NPP fence, (0.56 ± 0.05) mSv; the difference between the two was not statistically significant. This indicates that radiation effects from the NPP due to external radiation contribution to the total dose in the surrounding environment are negligible and unmeasurable.

Measurements in Slovenia indicate that the average annual ambient dose equivalent in the vicinity of the Krško NPP is systematically slightly lower than in the living environment in Slovenia. This is attributed to the diversity of the Slovenian landscape, orography, soil composition, snow cover thickness, uneven deposition of Cs-137 following the Chornobyl nuclear reactor accident, and other environmental phenomena and conditions that affect the external radiation dose. There are also certain landscape diversities in areas around the Krško NPP, and additional variations in effective doses measured with TLD at nearby sampling points are contributed by local characteristics in dosimeter sites, such as meadow, field, forest, asphalted surfaces, proximity to buildings, soil temperature, and similar factors. Figure I10 shows the of $H^*(10)$ isodoses on the map of Slovenia, with the area around the Krško NPP presented separately at a larger scale.

Continuous $H^*(10)$ measurements with 14 dose-rate monitors in the vicinity of Krško NPP in 2025 yielded an average value of (0.77 ± 0.13) mSv per year, ranging from 0.45 mSv to 0.96 mSv, which is, within the scatter of the measured values, equal to the annual ambient dose equivalent obtained with TLDs, (0.74 ± 0.10) mSv.

The average annual ambient dose equivalent at 58 monitors across Slovenia under the supervision of the Slovenian Nuclear Safety Administration was (0.72 ± 0.16) mSv in 2025, ranging from 0.45 mSv to 1.15 mSv. Within the scatter of the measured values, it is comparable with that indicated by TLD measurements across Slovenia, (0.79 ± 0.15) mSv. No statistically significant deviations from previous years were observed.

External radiation measurements in Slovenia are consistently characterised by a decrease in the annual ambient dose equivalent $H^*(10)$ over time. This decrease was particularly rapid in the first years after the Chornobyl accident, that is, after 1986. The reason is the decay of short-lived deposited gamma-ray emitters, which contributed most to external radiation in the initial period, and the migration of Cs-137 into deeper soil layers. In 2025, the annual ambient dose equivalents due to global Cs-137 contamination at locations in the vicinity of Krško NPP, estimated under the assumption of a realistic depth distribution of Cs-137, ranged from 0.004 mSv to 0.031 mSv. This is comparable with the values at locations where soil is sampled within the environmental radioactivity monitoring programme in the Republic of Slovenia, where the estimated annual $H^*(10)$ dose equivalents ranged from 0.013 mSv to 0.056 mSv. Fallout levels in 2025 in the vicinity of Krško NPP and elsewhere in Slovenia were statistically comparable with those in previous years within the the data scattering.

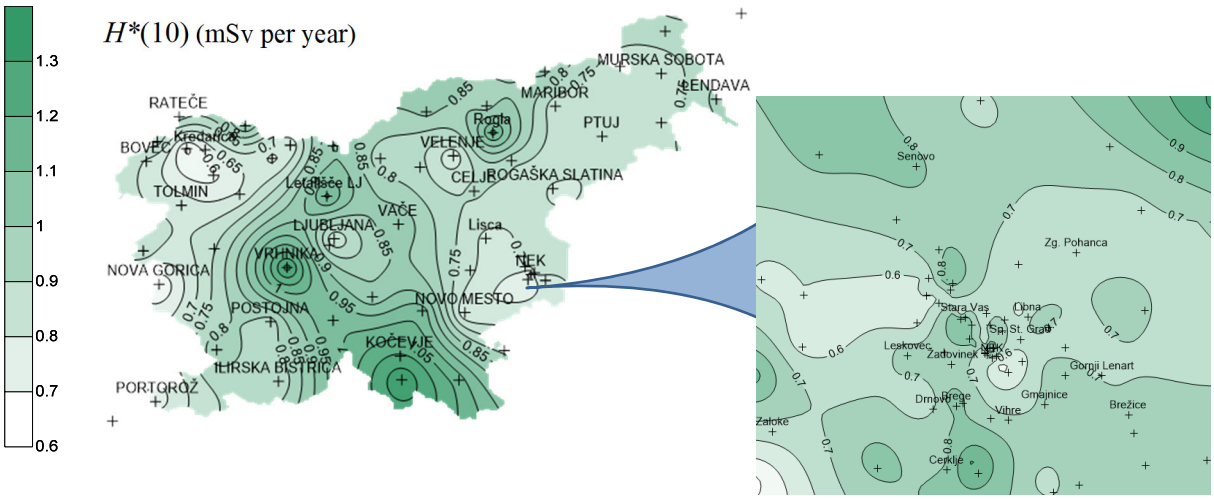


Figure I10: Average annual ambient dose equivalent $H^*(10)$ in Slovenia and in the vicinity of the Krško NPP in 2025.

Soil

Soil sampling is carried out in flood-prone areas, where atmospheric fallout and flooding represent the pathways by which discharges from Krško NPP may reach the sampling points (representative persons).

In 2025, the specific activities of Cs-137 in soil ranged from 4.0 Bq/kg at depths of 15–30 cm to 36.7 Bq/kg at a depth of 5–10 cm in Gmajnice, from 13.5 Bq/kg at 0–5 cm to 20.9 Bq/kg at 10–15 cm in Amerika, and from 0.9 Bq/kg at 15–30 cm to 4.9 Bq/kg at 0–5 cm in Kusova Vrbina. Statistically, the specific activities of Cs-137 were highest in Gmajnice and lowest in Kusova Vrbina.

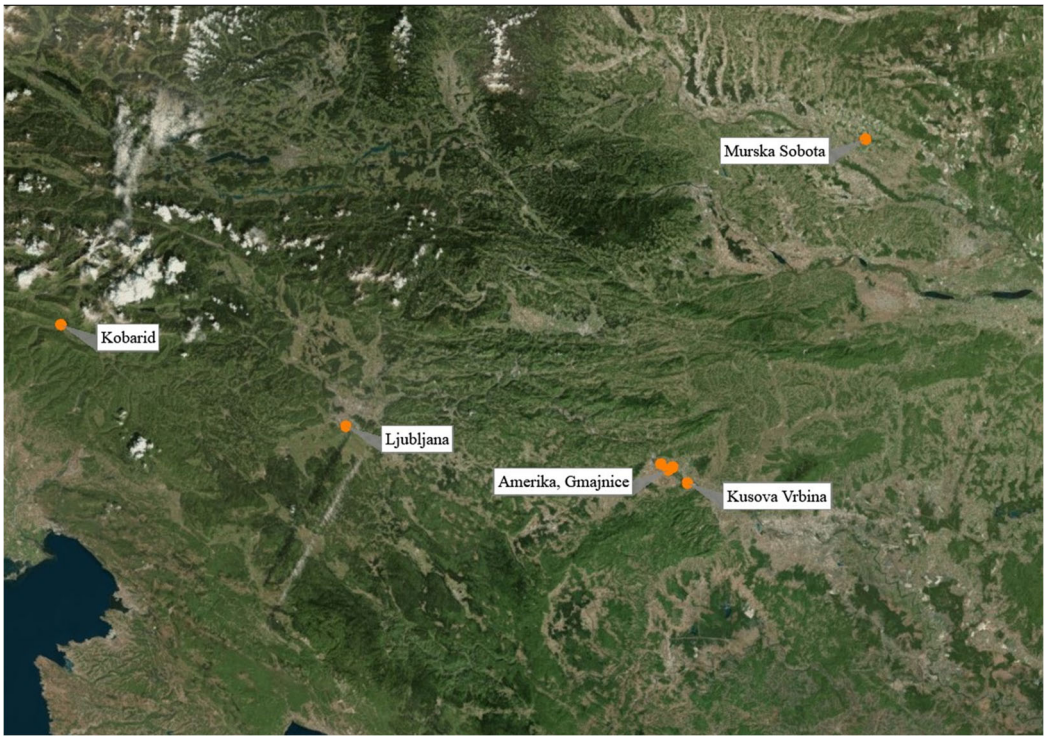


Figure I11: Sampling locations of the soil in Slovenia (Ljubljana, Murska Sobota, Kobarid) and in the vicinity of the Krško NPP (Gmajnice, Amerika, Kusova Vrbina) in 2025

The measurement results show considerable fluctuations in the specific activities of Cs-137 at the micro-location level from year to year. These fluctuations can be attributed to the inhomogeneity of the initial fallout following the Chornobyl accident and to the subsequent redistribution of Cs-137 in the upper soil layers at the micro-location. This redistribution is a consequence of hydrogeological processes affecting the downward migration of Cs-137 in soil. This interpretation is supported by the observed downward shift of the centre of gravity of the Cs-137 depth profile at Kusova Vrbina. The two pronounced peaks in 1998 and 2009 were most likely caused by floods, which resulted in additional deposition of fresh sand. This is also the reason why the migration of Cs-137 into the soil appears faster there than at the other two locations. Taking into account the data since 1992, the initial depth of the centre of gravity at Kusova Vrbina was correspondingly greater. It can also be seen that only the 10-year moving average smooths out the local inhomogeneity of fallout and the influence of hydrogeological processes in the upper soil layers. A review of the data up to 2025 shows that the 10-year moving average depth of the centre of gravity at Kusova Vrbina was greater than at Gmajnice and Amerika, although it has gradually decreased in recent years. Figures I11 and I12 show the locations and the depth profiles of Cs-137 and Sr-90 specific activities in soil at sites in the vicinity of Krško NPP; for comparison, corresponding data from elsewhere in Slovenia are also included. The fallout levels in the vicinity of Krško NPP are, within the data scattering, comparable to those observed elsewhere in Slovenia.

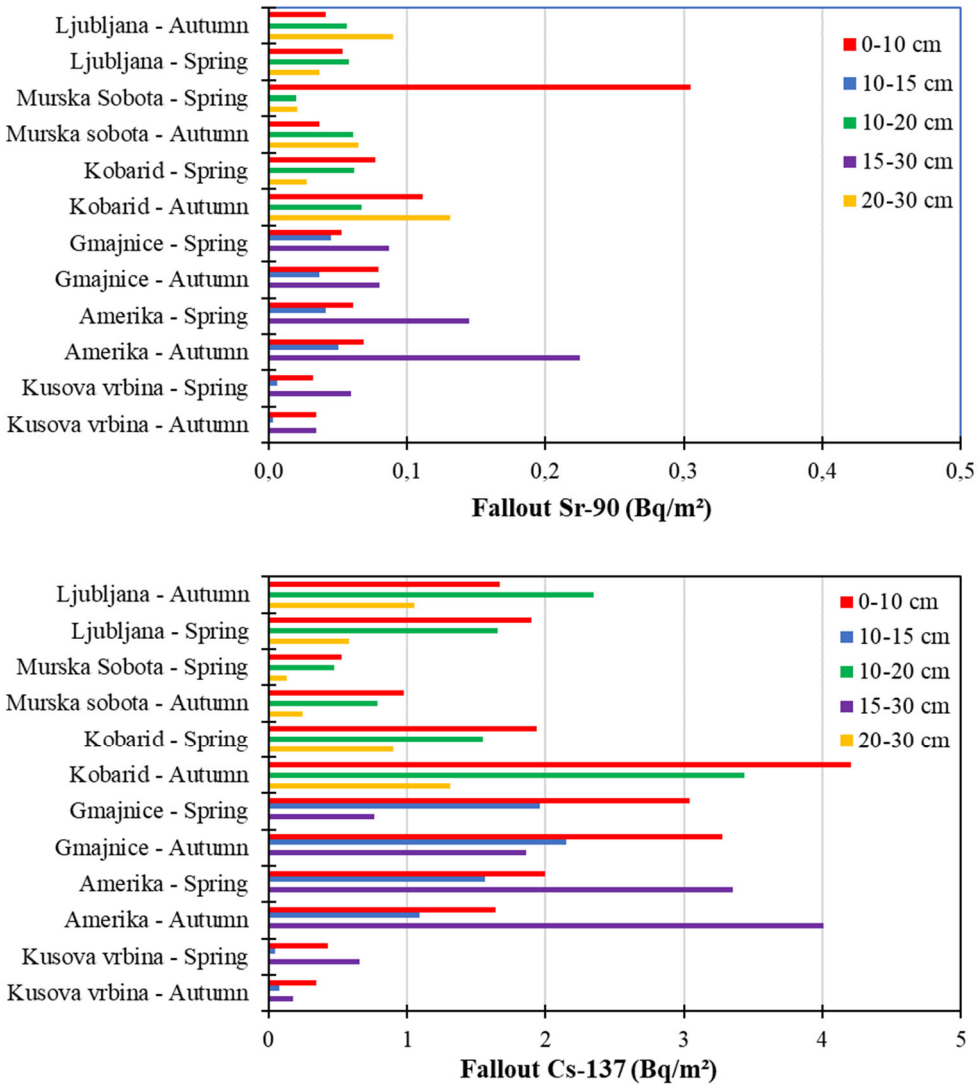


Figure I12: Semiannual fallout of Sr-90 and Cs-137 in Slovenia and in the vicinity of the Krško NPP in 2025.

In 2025, the following radionuclides, in addition to short-lived radionuclides, were present in the Krško NPP ventilation stack releases: H-3, C-14, Cr-51, Mn-54, Co-57, Co-58, Co-60, Fe-59, Zn-65, Se-75, Nb-95, Zr-95, Sr-90, Ag-110m, Te-127m, Cs-137 and Ce-144. Liquid discharges contained H-3, C-14, Cr-51, Fe-55, Co-58, Co-60, Ag-110m, Sb-125, Sr-90 and Cs-137. None of these radionuclides was detected in soil samples. The exceptions are Sr-90 and Cs-137; however, the measured specific activities at locations around Krško NPP, compared with those at the reference location in Ljubljana and elsewhere in Slovenia, show that they are not a consequence of Krško NPP discharges but only of global contamination. H-3 and C-14 are not included in the soil monitoring programme.

Natural radionuclides, namely members of the uranium and thorium decay series and K-40, are distributed evenly in soil, except for Pb-210, which is deposited from the atmosphere as a decay product of Rn-222. The thorium-series radionuclides Ra-228 and Th-228 are in equilibrium at all depths and at all locations. U-238 and Ra-226 are not in equilibrium, because uranium is more soluble in water than radium and is therefore more readily leached. The measurement results show that the specific activities of radionuclides from the uranium and radium decay series, as well as K-40, are lower at locations exposed to regular flooding. The weighted average specific activity of K-40 to a depth of 30 cm was 325 Bq/kg in Kusova Vrbina, 334 Bq/kg in Gmajnice, and 402 Bq/kg in Amerika. These results are statistically comparable with those of the last ten years. The weighted averages for U-238 at the sampling locations ranged from 24.5 Bq/kg to 33.5 Bq/kg, for Ra-226 from 33.3 Bq/kg to 43.0 Bq/kg, and for Ra-228 and Th-228 from 27.3 Bq/kg in Kusova Vrbina to 32.7 Bq/kg in Amerika. The 2025 results are also statistically comparable with those of previous years. The measured specific activities of natural radionuclides in soil (K-40, U-238, Ra-226, Ra-228, Th-228) are lower than the average specific activities reported by UNSCEAR [43] for countries of Southern Europe, namely 420 Bq/kg for K-40, 33 Bq/kg for U-238, and 45 Bq/kg for Th-232 (Ra-228).

Natural radionuclides are not present in the atmospheric and liquid discharges of Krško NPP; therefore, their contribution to environmental contamination is not assessed.

6) Food ***(In more detail, see the chapter Radionuklidi v hrani)***

In food, natural radionuclides were detected, as well as C-14, Cs-137 and Sr-90, which are mainly the result of global contamination and cosmogenic origin, although they were also present in discharges from Krško NPP. Measurements of specific activities of H-3 in food are not included in the environmental radioactivity monitoring programme in the vicinity of Krško NPP. An annual study of organically bound tritium (OBT) in vegetation is, however, carried out on 10 samples.

C-14 is incorporated into plants through photosynthesis and enters animal and human organisms mainly through the ingestion of plant-based food. In 2025, specific activities of C-14 in the vicinity of Krško NPP were measured in maize, buckwheat, apples, grass and pears in July and September. No statistically significant differences were found between the average C-14 contents in food and vegetation measured in July and September at the same locations; the average quotient of C-14 specific activities was 0.97. The highest measured specific activity of C-14, (268 ± 5) Bq per kilogram of carbon, was found in apples at location C, close to the eastern fence of Krško NPP, in September [21]. As expected, the specific activity of C-14 in food from the immediate vicinity of Krško NPP was slightly above the average. In general, C-14 activities in food produced along the Krško NPP fence were about 1 % higher than elsewhere.

The calculated specific activities of radionuclides released to the environment through atmospheric discharges from Krško NPP were at least four orders of magnitude lower than the measured specific activities in food. This explains why the presence of Cs-137 and Sr-90 in food is attributed to global contamination. Specific activities of radionuclides in food in the vicinity of Krško NPP and elsewhere in Slovenia vary considerably as a result of non-uniform global contamination, topography, soil composition and other characteristics of the Slovenian landscape. Within the uncertainty of food group averages, the specific activities of Cs-137 and Sr-90 in food sampled in the vicinity of Krško NPP and elsewhere in Slovenia are comparable.

Among the natural radionuclides, K-40 is the most abundant in food. It enters food through various pathways from soil, artificial fertilisers and water, while radionuclides from the decay series of U-238 and Th-232 are also present.

In 2025, the specific activity of K-40 in food produced on the Krško–Brežice plain ranged from 38 Bq/kg in strawberries to 202 Bq/kg in rose hips, whereas in food sampled elsewhere in Slovenia it ranged from 16 Bq/kg in blueberries to 305 Bq/kg in lentils. In the vicinity of Krško NPP, leafy vegetables and cereals belonged to the group with higher specific activities of K-40, while milk and fruit had lower specific activities. Across Slovenia, K-40 contents in food differed from those in the vicinity of Krško NPP, but this is strongly related to the small number of food samples taken elsewhere in Slovenia and to the fact that the same types of food were not sampled in the different areas.

DOSE ESTIMATE

During the normal operation of Krško NPP, the activity concentrations of discharged radionuclides in the environment, with the exception of H-3, remain far below detection limits, and their possible contribution is therefore difficult to distinguish from general background levels, particularly in the case of C-14 and Cs-137. Their impact on humans and the environment is therefore assessed indirectly, on the basis of atmospheric and liquid discharge data. Mathematical models describing the transport and dispersion of radionuclides through the various environmental exposure pathways are then used to estimate population exposure.

The representative person concept is used to assess the possible effects of ionising radiation on the population resulting from discharges from a nuclear facility. A representative person is a hypothetical individual of the population who, because of lifestyle and dietary habits, receives or could receive the highest radiation doses from a given radionuclide exposure pathway in the environment, without taking into account persons with extreme and rare habits.

Liquid effluents (Tables B1, B2, B3)

The effects on the environment along the Sava River pathway are assessed by comparing the results of emission measurements, performed by Krško NPP on samples from the waste measuring tanks (WMT) and steam generator blowdown (SGBD), with the results of measurements of Sava River samples. In 2003, a methodology and model for assessing doses to the population were developed [29], and in 2009 revised and updated in the study *Izpostavitve referenčne skupine prebivalcev sevanju zaradi tekočinskih izpustov NEK v reko Savo – Nova referenčna lokacija* [30]. The methodology identifies the main exposure pathways, exposure modes and representative persons for Slovenia and Croatia.

Tables B1 and B2 present the evaluation of liquid discharges for 2025, based on model calculations using liquid discharge inventories and annual Sava River flow data, taking into account the characteristics of the representative person. These are fishermen who fish in the accumulation lake up to 350 m downstream of the Krško NPP dam and below the continuous sampling station in Brežice, spend a considerable amount of time on the riverbank, and consume Sava River fish. Tables B1 and B2 show that the Sava River exposure pathway contributes 15.2 % of the total annual effective dose for an adult representative person 350 m downstream of the Krško NPP dam, while in Brežice the corresponding contribution accounts for 7.1 % of the total radiological effects of Krško NPP for the representative person.

The construction of the Brežice HPP and the creation of the accumulation lake changed the pathways and modes of exposure of the population. Within the framework of the project Vpliv *HE Brežice na NEK and Poročilo o vplivih na okolje za podaljšanje obratovalne dobe* NEK [36], and in accordance with the technical specification *Dose calculation and dilution modelling of a run-of-river Brežice Hydro Plant Accumulation* No. TO.RZ-5/2020, a new methodology was proposed for assessing the radiation effects of Krško NPP operation on the population and the environment due to liquid discharges into the Sava River.

For the theoretical prediction of mixing and dilution, the three-dimensional hydrodynamic transport model PCFLOW3D ([33], [34], [35], [39]), was used. The model was developed at the Faculty of Civil and Geodetic Engineering of the University of Ljubljana in cooperation with colleagues from IBE d.d. The model-based assessment is founded on realistic exposure pathways and is calculated for representative persons in different

age categories at seven locations downstream of the Krško NPP dam as far as the Brežice HPP dam. Within this project, the Effective Dose Calculation Software (DOSENEK) was developed in the Microsoft Visual Studio environment (Figure I13). In this case, it is a web application that enables input of data into a Microsoft SQL database, calculation of effective doses according to the entered input data, and display of the calculated doses for selected time periods.

Table B1: Estimated annual effective dose of a representative person at a location 350 m downstream the NPP dam in 2025

Mode of exposure	Exposure pathway	Key radionuclide	Annual effective dose (mSv)
External radiation	groundshine (river sediment)	Co-58, Co-60	2.4E–6
Internal exposure	ingestion (fish)	H-3, C-14	1.4E–5

Table B2: Estimated annual effective dose of a representative person at Brežice in 2025

Mode of exposure	Exposure pathway	Key radionuclide	Annual effective dose (mSv)
External radiation	groundshine (river sediment)	Co-58, Co-60	1.1 E–6
Internal exposure	ingestion (fish)	H-3, C-14	6.5 E–6

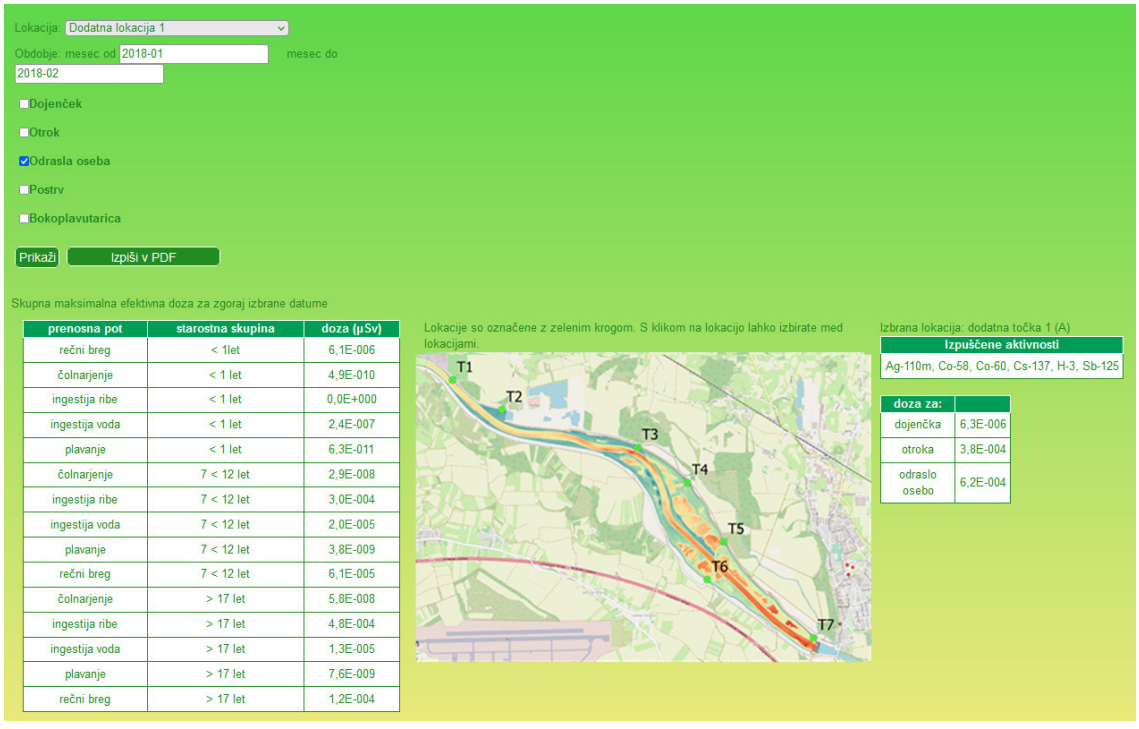


Figure I13: Example of calculated effective doses in the software - DOSENEK [36].

Using the validated numerical model PCFLOW3D, simulations of the Sava River flow in the Brežice HPP accumulation lake were performed. Based on simulations for different scenarios, or Sava River flow rates, dilution coefficients were estimated for the surface layer (0 m to 1 m), the layer from 1 m to 2 m, and at the depth of 10 m at the location of the sampling basket upstream of the Brežice HPP dam. The results can be regarded as reasonably accurate for the assumed input data, since the parameters in the scenarios were derived from time-averaged values. For the estimation of monthly concentrations, the following assumptions were made:

- Sava River water sampling is continuous;
- the flow of the Sava River in the Brežice HPP accumulation lake is constant during each discharge;
- no backwash in the accumulation lake;
- the effect of a discharge is assigned entirely to the month in which the discharge begins;
- the uncertainty of the modelled values is large and may amount to an order of magnitude.

Since, for an individual discharge, it is not possible to predict the quantity of fish consumed or water ingested during a selected period and compare this with the time spent on the riverbank during the same period, the DOSENEK programme provides only monthly and annual doses, which are also used for the assessment of individual exposure pathways.

The contribution of an individual discharge to the average monthly activity concentration of a radionuclide in the Sava River was determined by estimating the fraction of the effective residence time of the highest contaminant concentration at the selected location within the month. The effective residence time does not depend on the initial discharge concentration or the discharge volume, but only on the Sava River flow and the selected location along the Sava River. The estimated monthly activity concentration of H-3 is the weighted average of activity concentrations in the Sava River after Krško NPP discharges in a given month.

Dilution coefficients were calculated for different Sava River flow rates at seven points downstream of the Krško NPP dam (Figure I13):

- T1: 350 m downstream of the Krško NPP dam, left bank
- T2: spill area - surrogate habitat
- T3: additional site 1 in the Brežice HPP accumulation lake
- T4: left bank of the Brežice HPP accumulation lake
- T5: additional site 2 in the Brežice HPP accumulation lake
- T6: right bank of the Brežice HPP accumulation lake
- T7: upstream of the Brežice HPP dam

To calculate effective doses for a representative person at an individual location and for different age categories in the DOSENEK programme, the following discharge data, among others, must be entered:

- date and time of the beginning and end of the discharge, that is, discharge duration (*h*)
- radionuclide discharged and its activity (Bq)
- volume of effluent discharged (m^3)
- Sava River flow rate on the day of discharge (m^3/s)

From these data, effective doses to representative persons and biota can be estimated. The DOSENEK programme distinguishes three age groups of representative persons: infant (< 1 year), child (7 to 12 years), and adult (> 17 years). For these groups, the following possible exposure pathways were identified: staying on the riverbank, swimming in the river, boating, fish ingestion, and drinking water. For each representative person and for each point T1–T7 downstream of the Krško NPP dam in the HPP Brežice accumulation lake, behavioural characteristics, that is, typical parameters affecting the received effective dose, are defined: time spent on the riverbank, time spent swimming in the river, time spent boating in the river, amount of fish consumed, and amount of water unintentionally ingested while swimming in the river. The characteristics of the representative persons for points T1–T7 are presented in Table 1.8 in the chapter *Radioaktivnost v reki Savi*.

The assessment of the radiation effects of Krško NPP operation on the population is carried out at point T1 (Table B3), since this coincides with the location for which the effective dose is calculated using the valid model. At points T1 (350 m from Krško NPP) and T2, activities such as staying on the riverbank, drinking

water, and swimming are not taken into account, which means that only two exposure pathways are considered: fish ingestion and boating. At point T7, only one exposure pathway is considered, since boating is not relevant there. At point T3, however, all five exposure pathways are included, and for this reason a full analysis of the contributions of the individual exposure pathways and radionuclides to the total effective dose is presented for this point in the chapter *Radioaktivnost v reki Savi*.

Table B3: Average annual radionuclide activity concentrations (Bq/m^3) and annual doses received (µSv) for an adult for all five exposure pathways at point T1 in the accumulation lake of the Brežice HPP. The maximum effective doses for each exposure pathway are given in bold.

Radionuclide	Average annual activity concentration	Shoreline	Fish ingestion	Water drinking	Swimming	Boating	Total effective dose (radionuclide)
	(Bq/m^3)	(µSv)	(µSv)	(µSv)	(µSv)	(µSv)	(µSv)
H-3	**5.1E+04**	0.0E+00	**6.1E-03**	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	**6,1E-03**
C-14	1.9E-01	0.0E+00	1.6E-03	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1,6E-03
Fe-55	3.0E-03	0.0E+00	8.6E-07	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	8,6E-07
Co-58	6.9E-03	0.0E+00	5.0E-06	0.0E+00	0.0E+00	2.4E-07	5,3E-06
Co-60	8.2E-03	0.0E+00	2.7E-05	0.0E+00	0.0E+00	7.1E-07	2,8E-05
Sr-90	1.6E-04	0.0E+00	1.6E-06	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1,6E-06
Ag-110m	2.7E-02	0.0E+00	1.1E-06	0.0E+00	0.0E+00	**2.6E-06**	3,7E-06
Cs-137	3.4E-03	0.0E+00	5.3E-04	0.0E+00	0.0E+00	7.1E-08	5,3E-04
Annual dose (exposure pathway)		0.0E+00	8.2E-03	0.0E+00	0.0E+00	3.6E-06	8.3E-03

Atmospheric discharges (Tables C1 and C2)

The following groups of radionuclides are included in the evaluation of the effect of atmospheric discharges:

- noble gases, which contribute exclusively to external exposure during plume passage;
- pure beta emitters such as H-3 and C-14, which are biologically relevant only in the case of intake by inhalation (H-3, C-14) and ingestion (C-14);
- beta/gamma emitters in aerosols (radionuclides Co, Cs, Sr, etc.) with exposure pathways: inhalation, external radiation from fallout, ingestion of plants with deposited radionuclides, and resuspension;
- isotopes of iodine in various physical and chemical forms, relevant for inhalation during cloud passage and for intake in milk.

Tables C1 and C2 present the evaluation of atmospheric emissions for 2025, based on model calculations of atmospheric dilution factors for the individual groups of radionuclides along the most important exposure pathways for an adult representative person in the settlement of Spodnji Stari Grad, which is the nearest settlement outside the exclusion zone (Table C1), and at the Krško NPP fence (Table C2). The estimates are also approximately valid for a distance of 500 m from the reactor axis. The regulatory restriction on additional exposure of the population at the boundary of the exclusion zone (500 m from the reactor axis) and beyond remains applicable: the total annual effective dose from all exposure pathways to any member of the public must not exceed 0.050 mSv.

Tables C1 and C2 show that, in 2025, the contribution of atmospheric discharges to the annual effective dose for an adult representative person at the Krško NPP fence, and approximately also at a distance of 500 m from the reactor axis, accounted for 84.8 % of the total radiological impact of Krško NPP. The corresponding contribution at Spodnji Stari Grad was only 9.9 %

Table C1: Exposure of an adult resident in Spodnji Stari Grad to ionizing radiation from atmospheric discharges from NPP in 2025

Mode of exposure	Exposure pathway	Key radionuclide	Annual effective dose (mSv)
External radiation	– cloudshine – groundshine	– noble gases (Ar-41, isotopes of Xe) – aerosols (iodine and cobalt isotopes, C-14)	4.3 E–7 2.6 E–12
Internal exposure	inhalation	H-3, C-14	1.0 E–5
Internal exposure	ingestion	C-14	0*

* The measurement result is lower than the measurement uncertainty

Table C2: Exposure of an adult resident (representative person) near the Krško NPP fence perimeter due to atmospheric discharges from Krško NPP in 2025. Estimates are also tentatively valid for a distance of 500 m from the reactor axis.

Mode of exposure	Exposure pathway	Key radionuclide	Annual effective dose (mSv)
External radiation	– cloudshine – groundshine	– noble gases (Ar-41, isotopes of Xe) – aerosols (iodine and cobalt isotopes, C-14)	9.6 E–7 4.2 E–11
Internal exposure	inhalation	H-3, C-14	2.0 E–5
Internal exposure	ingestion	C-14	7 E–5

Since 2007, the dilution factors for external radiation from the plume and for inhalation have been estimated using a Lagrangian model that incorporates terrain characteristics in the vicinity of the NPP and a broader set of meteorological variables. The model uses all measured data from the environmental information system (EIS) operated by Krško NPP. In addition, it requires the velocity of the exhaust gases and the cross-sectional area of the main ventilation stack. In consultation with Krško NPP, the exhaust gas temperature was set at 25 ºC. Until 2010, the contribution of radiation from fallout was also estimated using a Gaussian model with ground-level discharge taken into account [3]. The estimate for atmospheric immersion in 2025 is comparable to those of previous years within the data scattering.

In 2025, C-14 measurements were performed on samples of maize, buckwheat, apples, grass, and pears at the Ruđer Bošković Institute in Zagreb in July and September. The results showed the expected slight increase in the specific activity of C-14 in samples collected within 1 km of the reactor axis compared with samples taken at the reference point in Dobova. The estimated annual effective dose due to ingestion of C-14 was therefore 7.0 E–5 mSv higher in the vicinity of Krško NPP (within 1 km) than at the control point in Dobova. In calculating the effective dose due to C-14 in the vicinity of Krško NPP, it was conservatively assumed that the representative person consume food produced in the immediate vicinity of the plant, near the boundary of the exclusion zone, for two months of the year, and food from elsewhere (Dobova) for the remaining ten months. Thus, the dose assessment for C-14 also takes into account the consumption of food produced in the Krško–Brežice area, from the NPP fence to Dobova.

The difference between the calculation of the effective dose due to C-14 and that due to the intake of other radionuclides in food lies in the fact that, for C-14, a weighted average of specific activity according to sampling location is used, whereas this is not possible for other radionuclides because of the different sampling approaches. The dose due to C-14 refers to food as a whole rather than to individual food types, since the specific activities of C-14 (in Bq per kilogram of carbon) do not differ significantly among various

foodstuffs. The ratio between C-14 and C-12 is essentially constant in all organisms and reflects the ratio of these isotopes in the atmosphere. In the case of artificial C-14 discharges, however, the ratio of C-14 to C-12 in the atmosphere and in organisms may change, because C-14 atoms replace C-12 atoms in organic molecules.

It can be concluded that all exposure pathways for the population, represented by different representative persons, remained negligible in comparison with natural radiation dose and authorised limits.

Natural background (Table D)

Measurements of external radiation in the vicinity of Krško NPP in 2025 again confirmed earlier findings that the area represents a typical natural radiation environment, comparable to that found elsewhere in Slovenia and worldwide. The annual ambient dose equivalent H*(10) from gamma radiation and the direct ionising component of cosmic radiation in the vicinity of Krško NPP averaged 0.74 mSv outdoors, which is comparable with previous years within the scatter of the data. In addition, the contribution of neutron cosmic radiation for the Krško NPP area was 0.07 mSv per year. The total ambient natural external radiation dose H*(10) in the vicinity of Krško NPP in 2025 was thus 0.81 mSv per year. The corresponding annual effective dose, using the conversion factors from Radiation Protection 106 [89], was 0.68 mSv per year, which is lower than the reported world average of 0.87 mSv per year.

When an outdoor occupancy factor of 0.2, a building shielding factor of 0.1 for terrestrial radiation, a building shielding factor of 0.8 for cosmic radiation, and an effective dose contribution of 0.2 mSv from building materials are taken into account, the resulting effective dose is 0.52 mSv. It was further assumed that the ionising component of cosmic radiation contributes one third of the total ambient dose equivalent measured by TLDs, while terrestrial radiation contributes the remaining two thirds (Table 5.2, chapter *Zunanje sevanje*). Within the framework of the environmental radioactivity monitoring programme in the Republic of Slovenia for 2025 [22], in which the effective dose from external radiation is measured using 50 dosimeters deployed throughout Slovenia (see chapter *Zunanje sevanje*), the annual ambient dose equivalent H*(10) from gamma radiation was estimated at 0.86 mSv, corresponding to an annual effective dose of 0.72 mSv.

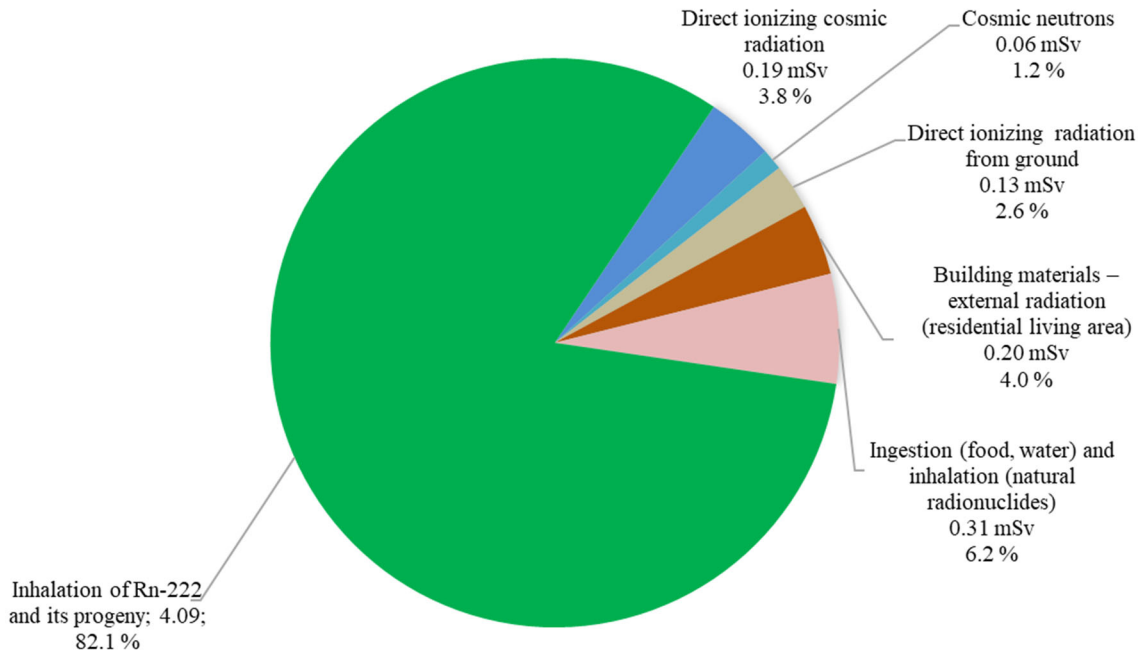


Figure I14: Breakdown of the annual effective dose due to natural ionizing radiation. The data are summarized from the study [17], except for the contributions of direct ionizing radiation and neutron dose (see Chapter *Zunanje sevanje)*.

Table D: Effective doses E due to natural radiation sources in the vicinity of Krško NPP in 2025

Source	Annual effective dose *E* (mSv)
– gamma radiation from ground and the directly ionizing component of cosmic radiation[#] – neutron component of cosmic radiation [43]	0.32 0.06
Building materials – external radiation (residential living area)[##]	0.20
Ingestion (food, water) and inhalation (natural radionuclides)[##]	0.31
Inhalation of Rn-222 and its progeny[##]	4.09
Total natural radiation	**4.98**

Notes: [#] The estimate of the effective dose from external radiation is derived from the environmental dose equivalent H*(10), using the conversion factor E/H*(10) = 0.84 for 600 keV photons. Conversion factors in the range of 100 keV to 6 MeV lie between 0.84 and 0.89. It has also been taken into account that an adult representative person spends 20 % of their time outdoors and that the shielding factor for occupancy within buildings is 0.9. The environmental dose equivalent H*(10), which was estimated in the section *Zunanje sevanje* of this report, is further multiplied by a factor of 0.84 ([28], [43]).
[##] From [17]. The estimate is valid for Krško.

In a study carried out by ZVD in 2023 [17], the contribution of external radiation from building materials was estimated at 0.21 mSv, the effective dose from ingestion of food and water and from inhalation at 0.31 mSv, and the characteristic contribution of short-lived radon progeny to the effective dose at 4.09 mSv. These individual contributions to the dose from natural radiation are summarised in Table D and Figure I14. The total annual effective dose was estimated at 4.98 mSv, which is markedly higher than the estimate used in previous years (2.35 mSv) and also higher than the world average of 2.4 mSv per year [43]. The estimate is likewise higher than the typical effective dose reported for Europe [28].

Natural radionuclides

The measured activities of natural radionuclides (uranium and thorium series, K-40, Be-7) do not differ significantly from the values measured in other parts of Slovenia or from those reported in the literature. This applies to the Sava River, groundwater, public water supplies, sediments, air, and food. The measured activities are also comparable with those obtained in previous years. Further details are given in [17].

Global contamination (Table E)

In 2025, the anthropogenic radionuclides detected in the environment around the Krško NPP were mainly Cs-137, Sr-90, C-14 and H-3 (Table E). Cs-137 and Sr-90 originate from the Chernobyl accident and from atmospheric nuclear weapons tests, whereas C-14 and H-3 are predominantly associated with atmospheric nuclear weapons tests. No radionuclides released to the atmosphere from the 2011 accident at the Fukushima NPP in Japan were detected in 2025. Ru-106 was also not detected in 2025. Radionuclides from medical use, mainly I-131 and Lu-177, were occasionally measured in surface waters. The largest contribution to the annual effective dose in 2025 again came from external exposure due to Cs-137 in soil.

In soil, as in previous years, the main measurable anthropogenic radionuclides were Cs-137 and Sr-90. The contribution of Cs-137 to external exposure was estimated to be less than 0.018 mSv per year, which corresponds to 2.2% of the average annual external dose from natural background radiation in the vicinity of the Krško NPP (0.81 mSv; assuming continuous outdoor occupancy). Within the dispersion of data, this estimate is comparable to previous years.

The effective dose due to inhalation of radionuclides arising from global contamination by Cs-137 and Sr-90 was estimated for an adult member of the public at 5.4 E–8 mSv per year.

Traces of Cs-137 and Sr-90 were also measured in individual foodstuffs. For 2025, the effective dose from ingestion was estimated at 1.0 E–4 mSv per year for Cs-137 and 8.0 E–4 mSv per year for Sr-90, which together represent 1.2 % of the annual effective dose from natural radionuclides in food, excluding K-40. This estimate is also comparable to previous years. The largest contribution to the annual effective dose from radionuclides in food comes from C-14, which entered the food chain through natural processes and additionally due to atmospheric nuclear weapons tests in the 1960s.

Within the dispersion of the data, the total contributions of artificial radionuclides have not changed substantially over the past five years. The estimated radiological impacts of the Krško NPP on the local population in 2025 were negligibly small compared with contributions from global contamination and were assessed to be less than 0.21 % of the authorised annual dose limit at and beyond the boundary of the exclusion zone.

Table E: Efective doses *E* due to global contamination in the vicinity of the Krško NPP in 2025

Contribution	**Annual effective dose *E* (mSv)**
External radiation (Cs-137 in soil)	1.8 E–2
Inhalation (Sr-90 and Cs-137 in air)	5.4 E–8
Ingestion (Sr-90 and Cs-137 in food)	9.0 E–4
Ingestion (Sr-90 in fish)	1.2 E–4
Ingestion (C-14 in food)	1.5 E–2
Total global contamination in the vicinity of the Krško NPP	3.4 E–2

Summary of annual exposures of the representative person in the vicinity of Krško NPP for 2025 (Table F)

Table F and Figure I15 present the individual contributions to the annual effective dose due to discharges from Krško NPP in 2025 for an adult representative person at the NPP fence. These estimates are also approximately valid for a distance of 500 m from the reactor axis. An exception is the dose from external radiation measured by TLDs. During construction of the facility, the top layer of soil was removed and gravel was deposited along the fence, which resulted in the average annual ambient dose equivalent in the vicinity of the NPP being about 30 % higher than that at the fence itself. For this reason, the average ambient dose equivalent for the surroundings of the NPP is used here.

When the contributions from atmospheric and liquid discharges are added together, it is evident that the impact of controlled discharges from Krško NPP on the population remains well below the authorised limit. It should be noted, however, that these contributions refer to different representative persons (members of the population), so their sum represents only a conservative upper estimate of the annual effective dose.

Table F: Summary of annual exposures of the representative person in the vicinity of Krško NPP for 2025

Source	Exposure pathway	Annual effective dose (mSv)
Natural radiation	– gamma radiation from ground and the directly ionizing component of cosmic radiation – neutron component of cosmic radiation	0.32 ** 0.06
	– Ingestion (Food, Water) and Inhalation (Natural Radionuclides)	0.31 ***
	– Inhalation of Rn-222 and its progeny	4.09 ***
	– Building Materials – External Radiation (residential living area)	0.20 **
Total natural radiation in the vicinity of the Krško NPP#		**4,98**
Krško NPP - direct radiation at the fence of the Krško NPP	– direct irradiation from the Krško NPP buildings	indeterminable
Krško NPP atmospheric discharges (representative person at the Krško NPP fence ****)	– external dose (air immersion) – groundshine (Co-60, Cs-137) – inhalation (H-3, C-14) – ingestion (C-14)	9.6 E–7 4.2 E–11 2.0 E–5 7.0 E–5
Krško NPP Liquid effluent (Sava)	- adult representative person at 350 m downstream from the Krško NPP dam	1.6 E–5
Total radiation effects of the Krško NPP*		**1.1 E–4**
Chornobyl accident, nuclear-weapons tests	- external dose ** - ingestion of vegetable and animal food (without C-14) ***** - ingestion of vegetable food (C-14) ****** – ingestion of fish	1.8 E–2 9.0 E–4 1.5 E–2 1.2 E–4
Total global contamination in the vicinity of the Krško NPP		**3.4 E–2**

* The total sum of NPP's contributions is informative, as we add up the contributions that are not necessarily additive since the population groups (representative persons) are not the same. In the total sum, only the estimate of the annual effective dose for the representative person - fishermen fishing 350 m downstream of the Krško NPP dam - is taken into account in the contribution of liquid discharges.

** The estimate of the effective dose from external radiation is derived from the environmental dose equivalent H*(10), considering the conversion factor E/H*(10) = 0.84 for 600 keV photons. Conversion factors in the range of 100 keV to 6 MeV lie between 0.84 and 0.89. It has been taken into account that an adult representative person spends 20% of their time outdoors, that shielding factor of radiation from the ground when indoors is 0.1, the shielding factor of cosmic rays within buildings is 0.8, and that the contribution of the external effective dose from building materials is 0.2 mSv. We have further assumed that the ionizing component of cosmic radiation contributes 1/3 to the total dose equivalent measured by the TLDs, and that radiation from the ground contributes 2/3 (Table 5.2, section *Zunanje sevanje*). The environmental dose equivalent H*(10), which was estimated in the section *Zunanje sevanje* of this report, is further multiplied by a factor of 0.84 ([28], [43]).

*** From [17].

**** The estimate can approximately be applied at the distance of 500 m from the axis of the reactor.

***** C-14 is a radionuclide with global occurrence, partly of natural origin in the upper atmosphere by a reaction of neutrons from cosmic rays with nitrogen and, to a lesser extent, with oxygen and carbon.

****** Average for locations 1 km off the reactor axis and Dobova

Summarized according to the Table D.

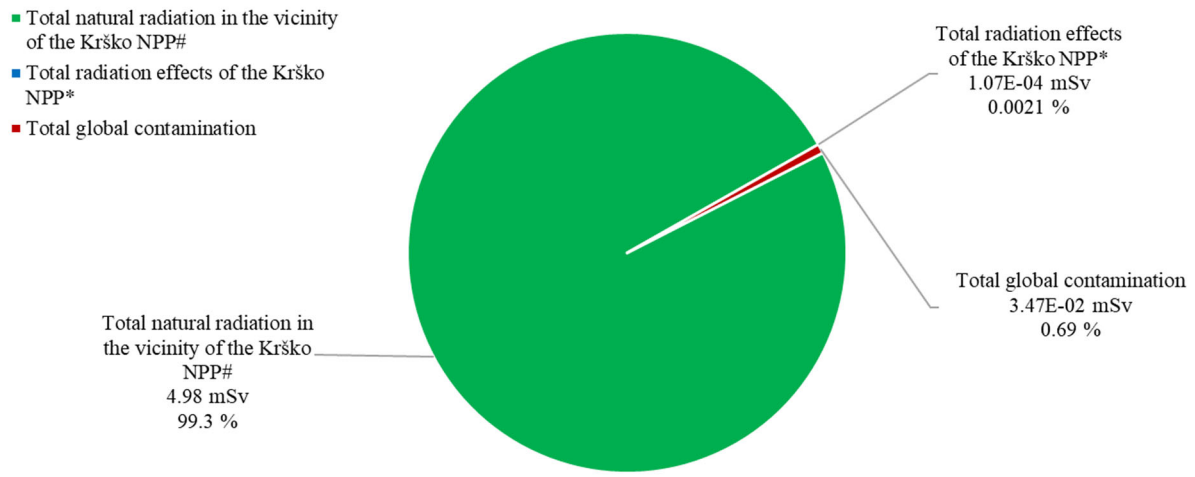


Figure I15: Estimated annual effective dose for an adult representative person due to NPP radiation effects in 2025, global contamination, and natural radiation.

Comparison with previous years

Figure I16 presents the sum of the estimated annual effective doses for individual representative persons due to Krško NPP discharges from 1989 to 2025. The authorised annual limit of 0.05 mSv for the population living in the vicinity of Krško NPP is indicated separately. Since the individual contributions refer to different representative persons, the sum represents only a rough estimate of the annual effective dose. From 2001 to 2011, the sum decreased. From 2012 onwards, the annual effective dose for the representative person at the NPP fence (the estimates are also approximately valid for a distance of 500 m from the reactor axis) was slightly higher because of the contribution of C-14 to the food chain during vegetation, but it still remained two orders of magnitude below the authorised limit. The increase observed in 2013 and 2014 can be attributed exclusively to the contribution of C-14 in liquid discharges, which had not been taken into account in earlier years.

In 2025, the sum was comparable, in terms of data scattering, to that in the previous ten years. In this context, it should be borne in mind that the effects of liquid discharges from Krško NPP were assessed using the valid model [32]. When comparing contributions between individual years, it should also be noted that, since 2007, a Lagrangian model has been used for the calculation of external cloud radiation and inhalation from the cloud, providing more accurate exposure estimates, and that up to 2006 the dose contribution from ingestion of C-14 from atmospheric discharges was estimated on the basis of discharge data and data from similar power plants.

It can therefore be concluded that the radiological effects of Krško NPP are several orders of magnitude lower than the effects of global contamination and the use of radionuclides in medicine. The estimated radiation effect of Krško NPP on the representative person at the NPP fence, and approximately also at a distance of 500 m from the reactor axis, corresponds to only 0.0021 % of the typical unavoidable natural background.

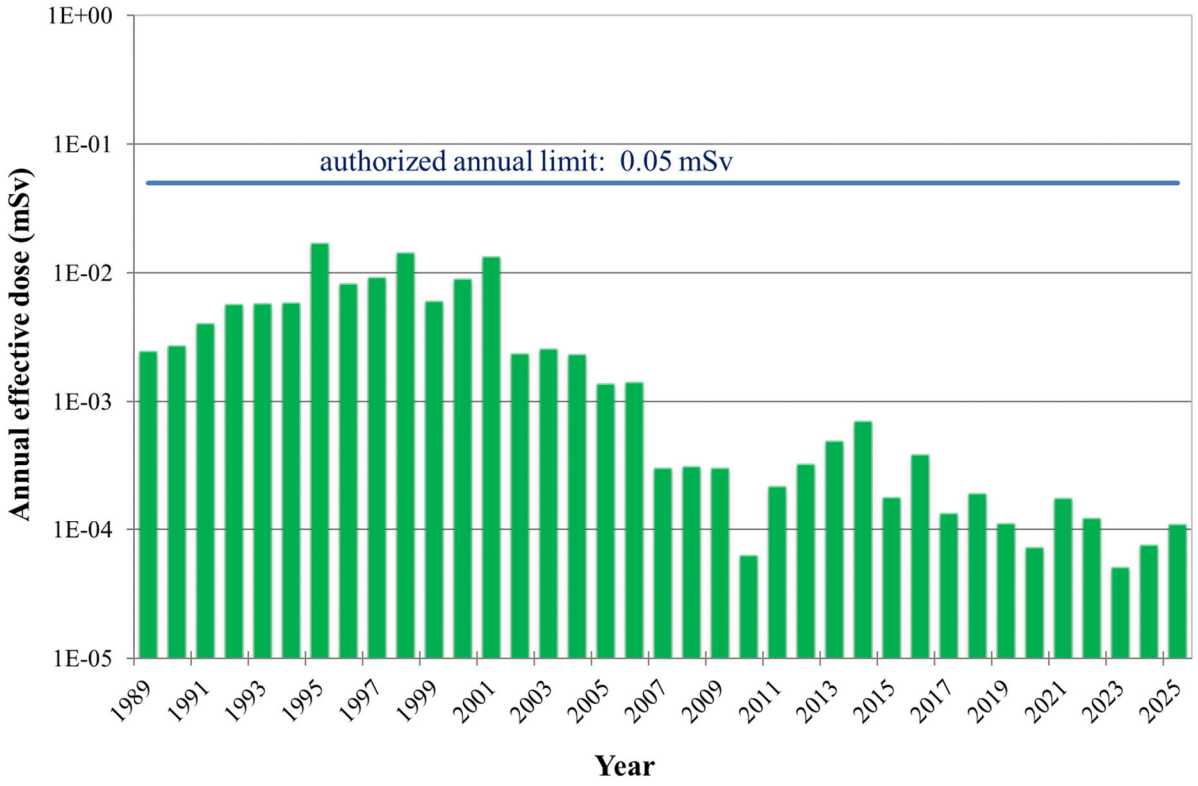


Figure I16: The sum of the estimated annual effective doses of the representative persons - individuals from different population groups - due to the Krško NPP emissions from 1989 to 2025. The authorized annual limit (0.05 mSv) is also marked. The total sum of NPP's contributions is informative, as we add up contributions that are not necessarily additive since the population groups are not the same. The scale is logarithmic.

CONCLUSION

A summary of the radiation effects on the population (representative person) living in the vicinity of Krško NPP for the year 2025 is given in Table F, which lists the contributions from natural radiation, the radiation effects of Krško NPP at the fence perimeter, and the residual effects of Chornobyl contamination and atmospheric nuclear weapons tests:

– in 2025, all radiation effects of Krško NPP at the fence perimeter (the estimate is also tentatively valid for a distance of 500 m from the reactor axis) and 350 m downstream of the Krško NPP dam on the representative person were estimated to be less than 1.1 E–4 mSv per year; the assessment of the effects of Krško NPP operation due to liquid discharges in this report is based on the model developed in 2003 and revised in 2009;

– the estimated radiation effects of Krško NPP at the fence perimeter correspond to approximately 0.0021 % of the typical unavoidable natural background; the estimate is also tentatively valid for a distance of 500 m from the reactor axis;

– the estimated radiation effects of Krško NPP are also very small compared with the authorised dose limit for the representative person in the vicinity of the NPP (effective dose of 0.05 mSv per year at a distance of 500 m and beyond for contributions via all exposure pathways);

- the largest contribution to the total effective dose arises from food ingestion (vegetation, meat, fruit, fish), accounting for 78.5 %; among radionuclides, the largest contribution is from C-14, which accounts for 65.5 % through food ingestion, mainly vegetation;
- inhalation contributes 18.4 % to the total effective dose due to Krško NPP operation; among radionuclides, H-3 is the main contributor;
- external radiation contributes 3.1 % to the total effective dose due to Krško NPP operation; among radionuclides, Co-60 is the main contributor;
- the sum of the effective doses from artificial radionuclides calculated from measurements of environmental samples has been decreasing over the years, mainly due to the declining contribution of Cs-137 radiation from soil; Cs-137 in soil is a residue of airborne and precipitation fallout following the 1986 nuclear reactor accident at Chornobyl, Ukraine.

N E O D V I S N I N A D Z O R
P O O B L A Š Č E N I H I Z V A J A L C E V

POVZETEK

Opravljena je bila primerjava rezultatov meritev iz programa neodvisnega nadzora obratovalnega nadzora med laboratoriji NEK, IJS, IRB in ZVD za leto 2025. Za izbrane emisijske vzorce tekočinskih izpustov iz odpadnih merilnih rezervoarjev WMT se je opravila primerjava rezultatov meritev z visokoločljivostno spektrometrijo gama in določitve koncentracije akrtivnosti C-14. V okviru nadzora plinastih emisij je bilo treba določiti vsebnost radionuklidov in skupna aktivnost alfa v štirih vzorcih brisov s povečano aktivnostjo, ki jih je zagotovil RZ NEK. Za primerjavo imisijskih vzorcev iz okolja so bili v letu 2025 izbrani vzorci mleka ter padavin. Opravljena je bila tudi statistična primerjava vseh rezultatov meritev različnih vzorcev iz okolja v obdobju 2017–2025. Glede na kompleksnost postopkov vzorčenja, priprave vzorcev in meritev lahko ocenimo, da so ujemanja med sodelujočimi laboratoriji dobra pri vzorcih, kjer sta vzorčenje in priprava enostavna. Pri vzorcih, kot so savska voda, sedimenti in podtalnica, kjer sta vzorčenje in priprava zahtevni, so razhajanja bistveno večja. Predlagamo, da bi pri neodvisnem nadzoru meritev vsebnosti umetnih radionuklidov v vzorcih plinastih emisij (filtri ali brisi), ki vsebujejo merljive vsebnosti umetnih radionuklidov, sočasno sodelovali obe neodvisni inštituciji – IJS in ZVD.

UVOD

Na podlagi priporočil Verifikacijske komisije po 35. členu pogodbe EURATOM iz leta 2007 in v skladu z *Zakonom o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti* [6] in *Pravilnikom o monitoringu radioaktivnosti* [9] se izvaja neodvisni nadzor meritev obratovalnega nadzora NE Krško, ki ga razpiše in vodi upravni organ (URSJV). Skladno z zakonodajo lahko meritve iz programa obratovalnega nadzora in meritve neodvisnega nadzora izvajajo le pooblaščeni laboratoriji. Neodvisnost preverjanja je zagotovljena s tem, da izvajalec, ki izvaja meritve v sklopu obratovalnega nadzora, ne more izvajati enakih meritev v okviru neodvisnega nadzora. Projektna naloga *Neodvisni nadzor obratovalnega monitoringa NE Krško za leto 2025* [14] obsega tri sklope. Sklopa 1 in 2 obravnavata nadzor emisij (tekoči in plinasti izpusti), medtem ko sklop 3 obravnava nadzor meritev v okolju – primerjavo vzorčenja in meritev izbranih vzorcev (imisijske meritve). V tabelah 1–3 je prikazan program meritev v vseh treh sklopih. Od leta 2010 do 2019 je bil nabor vzorcev v programu teh meritev stalen in se ni spreminjal, v letih 2020 in 2021 je URSJV izbral drugačen nabor vzorcev iz okolja (imisijskih meritev). V letu 2022 pa je URSJV spremenil tudi program emisijskih meritev. V skladu s pogodbo in pripadajočo projektno nalogo morajo odvzemi vzorcev za redne meritve NEK in neodvisni nadzor potekati istočasno pod nadzorstvom predstavnika URSJV v vnaprej dogovorjenih terminih. Vzorčenje za analize, predpisane v sklopih 1 in 2, je skupno za izvajalca obratovalnega in nadzornega monitoringa. Za okoljske vzorce v sklopu 3 pa morata izvajalca ločeno vzorčiti vsak svoj vzorec, zajet na isti lokaciji. Usklajevanje terminov z NE Krško in izvajalci obratovalnega monitoringa je naloga izvajalca posameznega sklopa neodvisnega nadzora. Vsi izvajalci (IRB, ZVD, IJS in NEK) nato opravijo meritve prevzetih vzorcev po svojih postopkih [15][16].

V letu 2025 je program meritev emisij – tekočinskih izpustov obsegal meritve vzorcev vode iz izpustov iz odpadnih merilnih rezervoarjev (WMT) za določitev vsebnosti radionuklidov z visokoločljivostno spektrometrijo gama in za določitev vsebnosti C-14. Do leta 2021 in leta 2023 so se na vzorcih vode iz WMT dodatno določale koncentracije aktivnosti H-3, v letih 2022, 2024 in 2025 pa so se določale koncentracije aktivnosti C-14. V projektni nalogi je bilo poudarjeno, da morajo biti vzorci za neodvisni nadzor enaki kot za obratovalni monitoring, tako da se zbirni vzorci primerjajo s zbirnimi, enkratni pa z enkratnimi. Pri visokoločljivostni spektrometriji gama se IJS in ZVD kot izvajalca neodvisnega nadzora izmenjujeta z letno periodo. Tako sta pri meritvah z visokoločljivostno spektrometrijo gama v letu 2025 sodelovala laboratorij NEK kot izvajalec obratovalnega nadzora in ZVD kot izvajalec neodvisnega nadzora. Vsebnosti C-14 v okviru obratovalnega nadzora opravlja IRB na kvartalnih vzorcih, v okviru neodvisnega nadzora pa je meritve koncentracije aktivnosti C-14 na kvartalnih vzorcih opravil IJS, Odsek O-2.

Pri neodvisnem nadzoru emisij – plinastih izpustov je do leta 2022 program meritev obsegal analizo vzorcev filtrov iz glavnega izpuha na monitorju RM24, pri čemer sta sodelovala laboratorija IJS kot izvajalec obratovalnega nadzora in ZVD kot izvajalec neodvisnega nadzora. Običajno v teh filtrih ni umetnih radionuklidov nad mejo detekcije, zato primerjave niso prinesle nobene dodane vrednosti. Tako so v letu 2022 program nadzora plinastih emisij spremenili in sicer se po novem programu določa vsebnost radionuklidov v brisih ali filtrih s povečano aktivnostjo, ki jih zagotovi RZ NEK. Opravljena je bila primerjava rezultatov med NEK kot izvajalcem rednih meritev in ZVD kot izvajalcem meritev v okviru neodvisnega nadzora.

Tabela 1: Program nadzora emisij – tekočinski izpusti (sklop 1) za leto 2025

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČENJA IN MERITEV	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama	Odpadni merilni rezervoarji (WMT)	**Voda** (Vzorci za neodvisni nadzor morajo biti enaki kot za obratovalni monitoring, tako da se zbirni vzorci primerjajo s zbirnimi, enkratni pa z enkratnimi)	4-krat letno (četrtletno)	4 (brez joda in žlahtnih plinov)
Specifična analiza, določitev koncentracije C-14	Odpadni merilni rezervoarji (WMT)		4-krat letno (četrtletno)	4

Tabela 2: Program nadzora emisij – plinasti izpusti (sklop 2) za leto 2025*

VRSTA IN OPIS MERITVE	VRSTA VZORCA (VZORČEVALNO MESTO)	POGOSTOST VZORČENJA IN MERITEV	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama	Bris ali filter s povečano aktivnostjo (aktivnost aerosolov v zadrževalnem hramu RM11)*	2-krat letno	2
	Bris ali filter s povečano aktivnostjo (med remontom)*	2-krat letno	2
Alfa aktivnosti		1-krat letno	1

* RZ NEK zagotovi vzorce z ustrezno aktivnostjo, da bo mogoča primerjava.

Tabela 3: Program nadzora imisij (sklop 3) za leto 2025*

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČENJA IN MERITEV	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama	Pesje	Mleko, enkratni vzorec	2-krat letno (1-krat letno) 1 vzorec	2 (1)
	Drnovo (Velika vas pri Krškem)			2 (1)
Specifična analiza, določitev koncentracije Sr-90	Skopice (Brege)			2 (1)
Specifična analiza, določitev koncentracije H-3	Libna (Krško)	Padavine, mesečni sestavljeni vzorci	1-krat letno 1 vzorec	1
	Brege			1
	Dobova			1

* Z modro barvo v oklepaju so prikazane dejanske lokacije vzorčenja, pogostost vzorčenja in število meritev

V letih 2010–2019 sta se pri neodvisnem nadzoru imisij (okoljskih vzorcev) 2-krat letno istočasno vzorčila sediment in savska voda iz obratovalnega nadzora radioaktivnosti na dveh lokacijah v okolici NEK (Krško in Brežice). V letu 2020 je URSJV program imisijskih meritev spremenil in predpisal primerjavo enkratnih sezonskih vzorcev sadja in žitaric, v letu 2021 so se primerjali rezultati meritev vsebnosti radionuklidov v vzorcih mleka in H-3 v padavinah. V letu 2022 so bile v okviru neodvisnega nadzora opravljene primerjave rezultatov meritev z visokoločljivostno spektrometrijo gama in stroncija Sr-90 dveh vzorcev sadja (jabolka in hruške) ter dveh vzorcev poljščin (feferoni in paprika). Pri teh meritvah sta sodelovala ZVD in IJS, pri vzorcih sadja je IJS opravil meritve v okviru obratovalnega nadzora in ZVD v okviru neodvisnega nadzora, pri vzorcih poljščin pa obratno. V letu 2023 so bile za neodvisni nadzor izbrane primerjave meritev trave, zemlje z globin 0–5 cm, 5–10 cm, 10–15 cm in podtalnice iz vrtine E1. Pri teh primerjavah sta sodelovala IJS kot izvajalec rednih obratovalnih meritev in ZVD kot izvajalec meritev v okviru neodvisnega nadzora. Vsebnosti tritija v okviru neodvisnega nadzora je določal IJS, Odsek O-2. V letu 2024 so bili za neodvisni nadzor izbrani enkratni četrtletni vzorci savske vode na lokaciji Brežice. Tako kot leta 2021 so se v letu 2025 primerjali rezultati meritev vsebnosti radionuklidov v vzorcih mleka in H-3 v padavinah. Oba izvajalca, IJS za neodvisni nadzor in ZVD kot izvajalec obratovalnega nadzora, sta vzorčila, pripravila vzorce in opravila meritve mleka z visokoločljivostno spektrometrijo gama ter določitve vsebnosti stroncija po svojih postopkih. Meritve tritija v okviru neodvisnega nadzora je opravil IJS, Odsek F-2, meritve v okviru obratovalnega nadzora pa IJS, Odsek O-2.

REZULTATI MERITEV S ČASOVNIMI POTEKI

Primerjava rezultatov meritev za leto 2025

Rezultate meritev ($y + u(y)$) izvajalcev obratovalnega nadzora in neodvisnega nadzora smo 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 in LAB_2 okrajšavi za prvi in drugi laboratorij, ki sodelujeta v primerjavi. Prednost ζ-preskusa je, da v medsebojni primerjavi poleg rezultatov posameznih laboratorijev vključuje tudi pripadajoči merilni negotovosti s faktorjem pokritja $k = 1$ ter da v primerjavi z u-preskusom (preskus absolutnih vrednosti ζ) prikaže tudi sistematska odmikanja. Rezultate smo primerjali za vsak radionuklid posebej, vendar le tiste rezultate meritev, o katerih sta nad mejo kvantifikacije ali detekcije poročala oba laboratorija. 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, ko je $|\zeta| \leq 2$.

V tabelah od 4 do 9 so prikazani rezultati meritev izvajalcev obratovalnega in neodvisnega nadzora ter njihove medsebojne primerjave. **S krepkim tiskom na sivi podlagi so označene vse vrednosti ζ-preskusa, 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) z visokoločljivostno spektrometrijo gama, ki so jih izvedli NEK in ZVD. 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. V vzorcih odpadnih vod iz WMT, ki so bili vključeni v primerjave za neodvisni nadzor v letu 2025, je NEK pri meritvah z visokoločljivostno spektrometrijo gama nad mejo detekcije določil Co-58 in Ag-110m v novembrskem vzorcu. V vseh ostalih vzorcih je NEK poročal le o mejah detekcije ključnih radionuklidov. ZVD je v aprilskem vzorcu nad mejo detekcije poročal o Co-56, Co-60 in Ag-110m, v novembrskem vzorcu pa o Co-58, Co-60 in Ag-110m. V junijskem in septembrskem vzorcu niso nad mejo detekcije določili nobenega radionuklida.

Tabela 4: Primerjava rezultatov emisijskih meritev tekočinskih izpustov iz WMT z visokoločljivostno spektrometrijo gama*

Vzorč. mesto	WMT											
Pooblaščena organizacija	ZVD (spektrometrija gama) IJS, Odsek O-2 (H-3)				NEK				ζ-preskus			
Datum vzor.	15. 4. 2025	18. 6. 2025	15. 9. 2025	7. 11. 2025	15. 4. 2025	18. 6. 2025	15. 9. 2025	7. 11. 2025	Prvi vzorec	Drugi vzorec	Tretji vzorec	Četrti vzorec
Kol. vzorca (L)	0,2	0,2	0,2	0,2	1,0	1,0	1,0	1,0				
Koda vzorca	RV0960425	RV160725	RV4681025	RV5251125	WMT#2	WMT#2	WMT#2	WMT#2				
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)											
Na-22												
Cr-51								< 1,7E+03				
Mn-54												
Co-56	4,7E+02 ± 4E+01											
Co-57												
Co-58				1,0E+04 ± 1E+03	< 4,9E+02	< 3,2E+2	< 5,1E+02	1,3E+04 ± 8E+02				**-2,03**
Co-60	1,1E+03 ± 5E+01			6,5E+02 ± 8E+01	< 1,2E+03	< 4,9E+2	< 7,3E+02	< 6,7E+02				
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	4,3E+02 ± 4E+01			2,8E+03 ± 2E+02	< 8,0E+02	< 3,5E+2	< 5,1E+02	4,1E+03 ± 4E+02				**-2,87**
Sn-117m												
Sb-124												
Sb-125												
Te-123m												
Te-125m												
Te-127m												
Te-129m												
Te-132												
I-131												
I-133												
Cs-134												
Cs-137					< 8,7E+02	< 3,8E+2	< 7,6E+02	< 7,8E+02				
Ba-140												
La-140												
Ce-141												
Ce-144												
Fe-55												
H-3					3,1E+10 ± 9E+9	8,0E+10 ± 2E+10	1,6E+10 ± 4E+09	5,7E+09 ± 1E+9				

* 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.

Tako lahko med seboj primerjamo le dva rezultata - koncentraciji aktivnosti za Co-58 in Ag-110m v novembrskem vzorcu. Rezultata za Co-58 se razlikujeta za 20 %, rezultata za Ag-110m pa za 30 % z vrednostima |ζ|-preskusa 2,0 in 2,9. V obeh primerih je NEK poročal višje koncentracije aktivnosti, nizke merilne negotovosti med 6 % in 10 % pa prispevajo k višjima vrednostima ζ-preskusa.

Za razliko od prejšnjih let sta v letu 2025 tako IRB kot IJS, Odsek O-2 določala C-14 na kvartalnih vzorcih. Rezultati in primerjava koncentracij aktivnosti C-14 v tekočinskih izpustov iz WMT so zbrani v tabeli 5. Rezultati se razlikujejo za od 18 % do 43 % z ζ-preskusi med 1,9 v četrtem kvartalu in 4,2 v tretjem kvartalu. Rezultati IJS so sistematsko višji, merilne negotovosti pa so primerljive.

Tabela 5: Rezultati in primerjava emisijskih meritev tekočinskih izpustov iz WMT – določitev C-14 v kvartalnih vzorcih

Vrsta vzorca					
Pooblaščena organizacija	**IJS Odsek O-2**		**IRB**		**C-14**
Radionuklid	**C-14**		**C-14**		
Datum vzorčenja	**Koda vzorca**	**KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)**	**Koda vzorca**	**KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)**	**ζ-preskus**
1. kvartal 2025	KI25WWMD1	3,2E+02 ± 2E+01	Z- 9058, D2519, D2520	2,6E+02 ± 1,7E+01	**2,13**
2. kvartal 2025	KI25WWME1	2,4E+02 ± 3E+01	Z- 9142, D2521, D2522	1,4E+02 ± 1,6E+01	**3,06**
3. kvartal 2025	KI25WWMF1	1,2E+02 ± 6E+00	Z- 9250, D2523, D2524	8,5E+01 ± 6,0E+00	**4,12**
4. kvartal 2025	KI25WWMG1	1,5E+02 ± 7E+00	Z- 9328, D2525, D2526	1,3E+02 ± 8,0E+00	1,88

Tabela 6: Rezultati in primerjava emisijskih meritev zračnih izpustov*

Vzorč. mesto	**NEK Krško**					
Pooblaščena organizacija	**ZVD**		**NEK**		**ζ-preskus**	**ζ-preskus**
Vrsta vzorca	**brisi**					
Datum vzorčenja	16. 4. 2025	16. 4. 2025	16. 4. 2025	16. 4. 2025		
Kol. vzorca (kg)	**vzorec**	**vzorec**	**vzorec**	**vzorec**		
Koda vzorca	RV0970425	RV0980425	RNO Bris 1 357-25	RNO Bris 2 358-25	**prvi bris**	**drugi bris**
IZOTOP	**AKTIVNOST (Bq/vzorec)**					
Cr-51						
Mn-54	2,7E+2 ± 8E+00	4,8E+0 ± 2E-01	2,6E+02 ± 2E+01	4,7E+00 ± 1E+00	0,96	0,08
Co-56						
Co-57	1,9E+1 ± 1E+00	9,0E-1 ± 1E-01	1,9E+01 ± 2E+00		-0,11	
Co-58	2,3E+2 ± 6E+00	7,8E+0 ± 2E-01	2,2E+02 ± 2E+01	5,5E+00 ± 1E+00	0,70	1,78
Fe-59						
Co-60	3,3E+3 ± 1E+02	3,5E+1 ± 1E+00	3,1E+03 ± 2E+02	3,0E+01 ± 3E+00	0,87	1,81
Zn-65	1,2E+1 ± 1E+00					
Se-75						
Nb-95	6,4E+1 ± 3E+00	6,0E-1 ± 1E-01	2,6E+01 ± 6E+00		**5,39**	
Zr-95	1,9E+1 ± 1E+00					
Ru-103						
Ru-106						
I-131						
Ag-110m	1,7E+2 ± 3E+00	9,0E-1 ± 1E-01	1,5E+02 ± 1E+01		1,48	
Sn-113	5,8E+0 ± 3E-01					
Sb-125						
Cs-134						
Cs-137	2,5E+0 ± 1E-01	6,3E+0 ± 2E-01		6,2E+00 ± 1E+00		0,09
La-140						
Am-241						
Alfa aktvnost						

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

Tabela 7: Rezultati in primerjava emisijskih meritev zračnih izpustov*

Vzorč. mesto	NEK Krško					
Pooblaščena organizacija	ZVD		NEK		ζ-preskus	ζ-preskus
Vrsta vzorca	brisi					
Datum vzorčenja	6. 10. 2025	6. 10. 2025	6. 10. 2025	6. 10. 2025		
Kol. vzorca (kg)	vzorec	vzorec	vzorec	vzorec		
Koda vzorca	RV5841225	RV5851225	RB orodje za podvodno čiščenje 1139-25	AB SI8812 Bris 1140-25	tretji bris	četrti bris
IZOTOP	AKTIVNOST (Bq/vzorec)					
Cr-51	1,0E+3 ± 1E+02		9,8E+02 ± 1E+2		0,30	
Mn-54	4,5E+2 ± 4E+01	3,7E+2 ± 3E+01	4,1E+02 ± 3E+1	3,8E+02 ± 3E+1	0,90	-0,19
Co-56						
Co-57	2,2E+1 ± 2E+00	2,6E+1 ± 3E+00	2,7E+01 ± 5E+0	2,3E+01 ± 4E+0	-0,93	0,67
Co-58	3,5E+3 ± 3E+02	3,2E+2 ± 3E+01	3,5E+03 ± 2E+2	3,2E+02 ± 3E+1	-0,16	0,05
Fe-59	3,6E+1 ± 5E+00					
Co-60	1,7E+3 ± 1E+02	5,8E+3 ± 4E+02	1,7E+03 ± 9E+1	5,7E+03 ± 3E+1	0,27	0,38
Zn-65						
Nb-94				3,2E+01 ± 6E+0		
Nb-95	3,5E+3 ± 3E+02	4,6E+2 ± 4E+01	3,7E+03 ± 2E+2	4,6E+02 ± 3E+1	-0,66	0,00
Zr-95	1,8E+3 ± 1E+02	2,4E+2 ± 2E+01	1,7E+03 ± 9E+1	2,2E+02 ± 2E+1	0,66	0,70
Ru-103						
Ru-106						
I-131						
Ag-110m	2,6E+3 ± 2E+02	1,6E+3 ± 1E+02	2,5E+03 ± 1E+2	1,6E+03 ± 8E+1	0,49	0,57
Sn-113	9,2E+1 ± 1E+01	2,1E+1 ± 4E+00	8,6E+01 ± 2E+1		0,33	
Sb-125	1,3E+2 ± 1E+01	2,2E+2 ± 2E+01		2,2E+02 ± 3E+1		0,22
Cs-134						
Cs-137						
La-140						
Am-241						
Alfa aktvnost	1,1E+1 ± 5E-01	4,0E+0 ± 4E-01	2,0E+00 ± 2,E-01	1,6E+01 ± 2E+0	**17,08**	**-7,28**

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

V tabelah 6 in 7 so zbrani rezultati emisijskih meritev zračnih izpustov, ki sta jih opravila ZVD in NEK. Opravljene so bile meritve štirih brisov, vzorčili so prestavniki NEK. Prva dva brisa sta bila vzorčena 16. 4. 2025 na mestu RNO, druga dva pa 6. 10. 2025 v prostoru RB-115 na orodju za podvodno čiščenje in na mestu ventila AB SI8812A v času remonta. Na drugih dveh brisih sta oba laboratorija opravila tudi meritve skupne aktivnosti alfa. Ker NEK pri rednih meritvah poroča o svojih rezultatih s 95-odstotno zanesljivostjo (faktor pokritja k = 2), so bile vse negotovosti v tabelah 6 in 7 preračunane na 68-odstotno zanesljivost (faktor pokritja k = 1). Pri vseh vzorcih je ZVD poročal o nekoliko širšem naboru radionuklidov, vendar so bile aktivnosti teh radionuklidov večinoma za red velikosti nižje od tistih, ki sta jih poročala oba laboratorija. Primerjali smo lahko rezultate za 27 radionuklidov, 26 izmed njih je statistično primerljivih z ζ-preskusom manjšim od 1,8. Bistvena razlika je pri Nb-95 pri brisu, vzorčenem 16. 4. 2025, kjer je ZVD poročal za 60 % višjo vrednosti z ζ-preskusom 5,4. Rezultati meritev skupne aktivnosti sevalcev alfa na vzorcih brisov, vzorčenih 6. 10. 2025, niso med seboj primerljivi z ζ-preskusoma 17,1 in –7,3.

Tabela 8: Primerjava rezultatov meritev vsebnosti radionuklidov v vzorcih mleka*

Vzorč. mesto	PESJE	BREGE	VELIKA VAS PRI KRŠKEM	PESJE	BREGE	VELIKA VAS PRI KRŠKEM			
Pooblaščena organizacija	IJS			ZVD			mleko PESJE	mleko BREGE	mleko VELIKA VAS PRI KRŠKEM
Vrsta vzorca	MLEKO								
Datum vzorčenja	5. 5. 2025								
Kol. vzorca (kg)	5,22	5,21	5,33	5,30	5,30	6,00			
Odstotek suhe snovi	13,1	13,0	12,3				ζ-preskus	ζ-preskus	ζ-preskus
Koda vzorca	KI25ML151	KI25ML351	KI25ML551	MLPE0524	MLBG0525	MLVV0525			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)								
U-238		‡ 5,2E-02 ± 7E-02	9,1E-02 ± 6E-02						
Ra-226		‡ 6,5E-02 ± 6E-02		‡ 2,6E-02 ± 2E-02		‡ 2,3E-02 ± 2E-02			
Pb-210	† 8,7E-03	† 2,2E-02	† 2,7E-02	2,0E-01 ± 8E-02	1,8E-01 ± 7E-02				
Ra-228			‡ 1,7E-02 ± 2E-02		6,8E-02 ± 4E-02				
Th-228	1,6E-02 ± 8E-03	2,6E-02 ± 8E-03	1,9E-02 ± 7E-03	‡ 1,0E-01 ± 9E-02			-0,95		
Th-230									
K-40	5,1E+01 ± 2E+00	4,7E+01 ± 2E+00	5,1E+01 ± 2E+00	5,0E+1 ± 2E+00	4,7E+01 ± 3E+00	5,6E+01 ± 3E+00	0,25	0,14	-1,39
Be-7									
I-131									
Cs-134									
Cs-137	3,3E-02 ± 5E-03		2,2E-02 ± 7E-03	3,4E-02 ± 6E-03	2,9E-02 ± 6E-03	3,4E-02 ± 1E-02	-0,10		-0,78
Co-58									
Co-60									
Cr-51									
Mn-54									
Zn-65									
Nb-95									
Ru-106									
Sb-125									
Sr-90	2,1E-02 ± 2E-03	8,7E-03 ± 1E-03	† 2,6E-03	1,4E-02 ± 3E-03	1,8E-03 ± 7E-04	1,3E-02 ± 4E-03	**2,10**	**5,51**	

* Vse negotovosti so podane s faktorjem pokritja $k = 1$ (interval z 68-odstotno zanesljivostjo). S krepkim tiskom na sivi podlagi je označen ζ-preskus, ki je po absolutni vrednosti večji od 2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(†) Rezultat meritve je pod mejo detekcije.

Tabela 9: Primerjava rezultatov meritev vsebnosti H-3 v vzorcih padavin*

Vrsta vzorca	PADAVINE				
Pooblaščena organizacija			IJS Odsek O-2	IJS Odsek F-2	H-3 ζ-preskus
Radionuklid			H-3	H-3	
Datum vzorčenja	Vzorčevalno mesto	Koda vzorca			
odvzem 1. 4. 2025 vzočevalno obdobje 3. 3. 2025 - 1. 4. 2025)	Brege	KI25PD231	1,9E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 5E+01	0,49
	Krško	KI25PD331	1,3E+03 ± 1E+02	1,1E+03 ± 4E+01	1,86
	Dobova	KI25PD431	9,5E+02 ± 1E+02	8,6E+02 ± 3E+01	0,86

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

V tabeli 8 so prikazani rezultati meritev IJS in ZVD za vzorce mleka, ki so bili vzorčeni 5. 5. 2025 na lokacijah Pesje, Brege in Velika vas pri Krškem. Vzorčenje sta skupaj opravila oba laboratorija, ZVD kot izvajalec rednih meritev in IJS kot izvajalec neodvisnega nadzora. Izvedbo vzorčenja je nadziral predstavnik URSJV. Na teh vzorcih so bili določeni sevalci gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama ter stroncij z radiokemijsko analizo. V okviru neodvisnega nadzora je Odsek F-2 opravil meritve vsebnosti sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama, Odsek O-2 pa je opravil meritve vsebnosti stroncija.

Tako IJS kot ZVD sta v teh treh vzorcih poročala o 12 rezultatih nad mejo detekcije. Od teh rezultatov lahko med seboj primerjamo 6 rezultatov za Th-228, K-40 in Cs-137, od katerih imajo vsi $|\zeta|$-preskus < 1,4. Rezultati, ki jih ne moremo primerjati med seboj, pripadajo uranovi in torijevi razpadni verigi, specifične aktivnosti pa so zelo nizke ali pod mejo kvantifikacije. IJS ni poročal o Cs-137 v vzorcu mleka, vzorčenem na lokaciji Brege. Na drugi strani se vsi rezultati meritev stroncija zelo nizki in se posledično med seboj

znatno razlikujejo, saj so absolutne vrednosti ζ-preskusov med 2,1 in 5,5. V splošnem so nabori radionuklidov v poročilih obeh izvajalcev podobni.

V tabeli 9 so prikazani rezultati meritev tritija v vzorcih padavin, meritve sta izvajala Odseka O-2 in F-2 z IJS. Rezultati so statistično primerljivi, pri čemer Odsek O-2 sistematsko poroča o nekoliko višjih vrednostih (od 5 % do 15 %).

Primerjava rezultatov meritev različnih vzorcev iz okolja

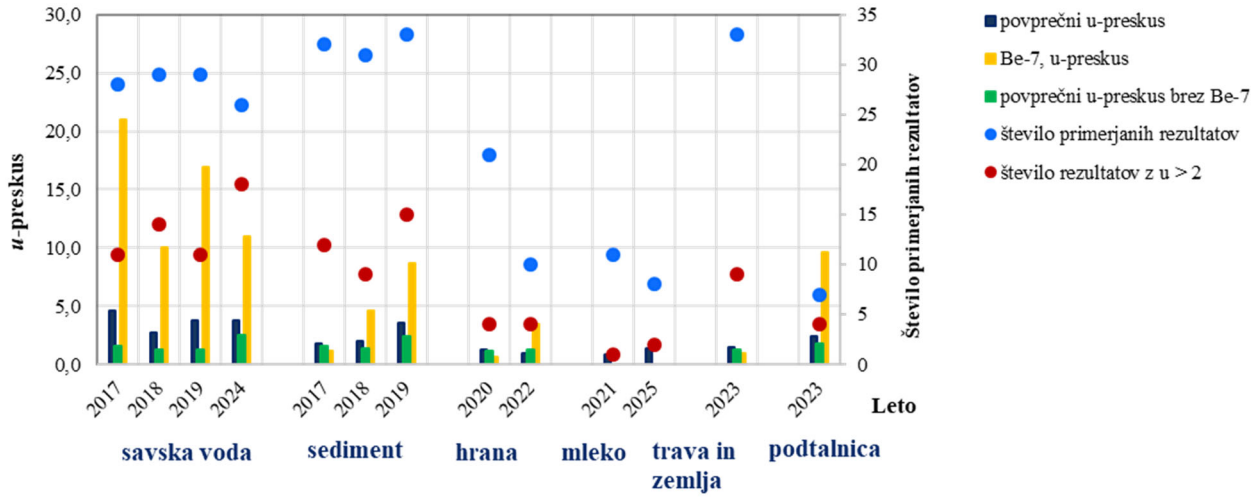
Pooblaščeni laboratoriji redno in v primernem obsegu sodelujejo pri mednarodnih primerjalnih meritvah, kjer z naborom različnih vzorcev pokrivajo vse ključne matrike vzorcev iz programa nadzora radioaktivnosti. Ti rezultati so zbrani na priloženi USB kartici v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2025, IJS-DP-15403, marec 2026* v poglavju *Tabele rezultatov primerjalnih meritev*. Ob rezultatih so navedene tudi ocene uspešnosti, kot so jih podali izvajalci primerjalnih meritev. V skladu z zahtevami standarda ISO/IEC 17025:2017, 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 kot 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 vpliva na končni rezultat, prinese svoj prispevek k rezultatu in merilni negotovosti ter zmanjša primerljivost rezultatov.

Primerjava celotnega postopka od vzorčenja do končnega rezultata meritev vzorcev iz okolja je zelo kompleksna in zahteva zelo podrobno obravnavo, če želimo ovrednotiti kvaliteto rezultatov meritev. Okoljski vzorci so običajno nehomogeni, poleg tega je tudi matrika vzorca slabo definirana. Po vzorčenju se vzorci obdelajo v laboratorijih in pripravijo za analizo. Ker so postopki vzorčenja in priprave vzorcev za analizo v pooblaščenih laboratorijih različni, lahko pričakujemo dodatno neujemanje med merskimi rezultati.

Zgornje trditve potrjuje tudi statistična analiza rezultatov imisijskih meritev savske vode in sedimenta z visokoločljivostno spektrometrijo gama v okviru neodvisnega nadzora v letih 2017–2019, meritve savske vode v letu 2024 ter primerjava s statistično analizo meritev hrane v letih 2020–2022 in 2025 ter meritev trave, zemlje in podtalnice v letu 2023. Rezultati te analize so prikazani na sliki 1. Za vsako leto je bil določen povprečen u-preskus ($|\zeta|$-preskus v absolutnem merilu) in glede na to, da je bila v preteklem obdobju večina razlik pri Be-7, še povprečen u-preskus posebej za Be-7 in za druge radionuklide brez Be-7. V vzorcih mleka v letih 2021 in 2025 ni noben laboratorij detektiral Be-7. Na levi osi so prikazane vrednosti u-preskusa, na desni pa število primerjanih rezultatov in število rezultatov z vrednostjo u-preskusa nad 2. Rezultati meritev H-3 v savski vodi in padavinah s tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo v tej analizi niso upoštevani. S slike lahko razberemo, da so največji odmiki pri savski vodi, sedimentih in podtalnici ter najmanjši pri vzorcih hrane in zemlje (sadje, poljščine, mleko, trava in zemlja). K visokim povprečnim vrednostim u-preskusa v savski vodi, podtalnici in tudi v sedimentih prispeva predvsem Be-7, kar je lahko posledica vzorčenja ali priprave vzorcev. V letu 2025 so bili za visokoločljivostno spektrometrijo gama odvzeti le vzorci mleka, kjer postopek vzorčenja ni ključen, saj je bilo mleko odvzeto iz istega soda, zato so rezultati meritev med seboj bolj primerljivi. K povišani vrednosti povprečnega u-preskusa prispevajo rezultati za stroncij.

Za razliko od vzorčenja in priprave savskih vod, sedimentov in podtalnice, je vzorčenje hrane in zemlje iz istega območja bolje določeno in enolično, kar se posledično kaže s skladnimi rezultati in nižjimi vrednostmi u-preskusov.



Slika 1: Statistična obdelava rezultatov meritev savske vode in sedimentov v Krškem in Brežicah za obdobje 2017–2019, savske vode v letu 2024, hrane in mleka v letih 2020–2022 in 2025 ter trave, zemlje in podtalnice v letu 2023

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 daje le zelo grobo oceno sprejemljivosti rezultatov meritev v poročilih.

V letu 2022 je URSJV spremenil obseg neodvisnega nadzora emisijskih meritev plinastih izpustov. Namesto primerjav meritev vsebnosti radionuklidov v aerosolnih filtrih, vzorčenih v dimniku na RM24, kjer je vsebnost izmerjenih umetnih radionuklidov premajhna, da bi lahko opravili kakršno koli primerjavo, so predpisali meritve vsebnosti radionuklidov v filtrih ali brisih, ki vsebujejo umetne radionuklide nad mejo detekcije. Te meritve so tudi v letošnjem letu, tako kot v letih 2024 in 2023, pokazale, da so pri višjih aktivnostih rezultati meritev na istih vzorcih primerljivi. Poudariti je treba, da teh vzorcev pred meritvijo ni treba dodatno pripraviti. **Ker brisi vsebujejo merljive koncentracije umetnih radionuklidov, predlagamo, da bi pri meritvah vsebnosti radionuklidov v vzorcih brisov sočasno sodelovali obe neodvisni inštituciji – IJS in ZVD. S tem bi pridobili dodatno primerjavo med IJS in ZVD pri vzorcih, ki imajo povišane vsebnosti radionuklidov. Ker nobena od obeh institucij ne opravlja rednih meritev teh vzorcev, bi laboratorija pridobila dodatne dragocene izkušnje pri analizi spektrov s povišano vsebnostjo umetnih radionuklidov ter s tem izboljšala usposobljenost in pripravljenost na morebitne izredne dogodke.**

V vzorcih tekočinskih izpustov iz WMT so običajno prisotni različni umetni radionuklidi v merljivih koncentracijah, vendar pa so bili v letu 2025 izbrani taki vzorci, ki so vsebovali zelo nizke koncentracije aktivnosti umetnih radionuklidov, v dveh vzorcih pa noben sodelujoči izvajalec ni določil nobenega radionulklida nad mejo detekcije. Poleg tega se pri neodvisnem nadzoru opravlja primerjava med NEK, ki ima visoko postavljene meje detekcije in ZVD ali IJS, ki imata nižje detekcijske meje. Zaradi tega IJS in ZVD običajno poročata o radionuklidih nad detekcijsko mejo, ki jih NEK ne detektira. V letošnjih 4 vzorcih smo tako lahko primerjali med seboj le rezultata za dva radionuklida v novembrskem vzorcu.

Letos so bile pri neodvisnem nadzoru emisijskih meritev tekočih izpustov ponovno opravljene meritve vsebnosti C-14, ki ga v okviru rednega monitoringa kvartalno določa IRB. Za razliko od let 2022 in 2024, ko je bilo izvedeno napačno vzorčenje in so bili na IJS, Odsek O-2 predani enkratni vzorci, so bile v letu 2025 opravljene meritve na kvartalnih vzorcih, kar je omogočilo primerjavo.

Primerjava rezultatov meritev vsebnosti radionuklidov v vzorcih iz programa neodvisnega nadzora

imisijskih meritev kaže, da vzorčenje in priprava znatno prispevata k oceni primerljivosti rezultatov. V letu 2025 je bil neodvisni nadzor opravljen na vzorcih mleka, kjer vzorčenje ne prispeva bistveno k oceni primerljivosti rezultatov in so posledično rezultati, razen za stroncij, dobro primerljivi med seboj.

Na podlagi statistične primerjave vseh rezultatov v okviru neodvisnega nadzora v obdobju od 2010 do 2025 poudarjamo naslednje sklepe:

- sprememba programa meritev pri neodvisnem nadzoru plinastih izpustov v letu 2022 je omogočila primerjavo na vzorcih, ki vsebujejo merljive vsebosti radionuklidov, na podlagi katerih smo lahko potrdili, da oba pooblaščena laboratorija NEK in ZVD poročata statistično primerljive rezultate meritev; predlagamo, da se v primerjavo vzorcev plinastih izpustov v bodoče vključi tudi IJS in da se redno vsako leto opravljajo primerjave na istih vzorcih med NEK, ZVD in IJS; tako bi pridobili dodatno primerjavo med IJS, ZVD in NEK pri vzorcih, ki imajo povišane vsebnosti radionuklidov; s tem bi vsi sodelujoči laboratoriji pridobili dodatne izkušnje pri analizi spektrov s povišano vsebnostjo umetnih radionuklidov in izboljšali usposobljenost in pripravljenost na morebitne izredne dogodke;
- spreminjanje izbora okoljskih vzorcev, ki ga je uvedel URSJV v letu 2020, omogoča kompleksnejšo analizo rezultatov in dodatne sklepe, zato predlagamo in podpiramo, da tudi v prihodnje URSJV nadaljuje s tem pristopom in vsako leto izbere za neodvisni nadzor drug nabor okoljskih vzorcev in meritev iz programa obratovalnega nadzora; na ta način lahko odkrijemo šibke točke v delovnem procesu ter bolje ocenimo, kje so potrebne izboljšave pri delu pooblaščenih izvajalcev;
- primerjava meritev Sr-90 v imisijskih meritvah kaže sistematična odstopanja med IJS, Odsekom O-2 in ZVD (v vzorcih mleka v letu 2025 in 2021, rečni vodi leta 2024 in zelenjavi leta 2022), zato priporočamo, da se v okviru neodvisnega nadzora primerjave stroncija izvedejo na večjem številu v različnih imisijskih vzorcih, da se bo lahko ugotavljalo odmike;
- za razliko od prejšnjih let so bili v letu 2025 uporabljeni pravilni četrtletni vzorci za določitev koncentracije aktivnosti C-14 v WMT; želimo, da se tako nadaljuje tudi v bodoče;
- da bi zmanjšali možnost napak pri vzorčenju, predlagamo, da se v projektni nalogi za neodvisni nadzor bolj natančno določi program meritev in vrsto vzorcev za vse sklope ter da se navedejo reference na program rednih meritev ter izvajalce le-teh.

RADIONUKLIDI V OKOLJSKIH MEDIJIH IN HRANI V OKOLICI NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO TER SEVALNI UČINKI NA PREBIVALSTVO IN BIOTO

Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija

RADIONUKLIDI V OKOLJSKIH MEDIJIH IN HRANI V OKOLICI NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO TER SEVALNI UČINKI NA PREBIVALSTVO IN BIOTO

Odgovorni za izdajo: doc. dr. Benjamin Zorko

Uredniki: doc. dr. Benjamin Zorko, mag. Denis Glavič – Cindro in dr. Helena Fajfar

Recenzija: prof. dr. Alojz Kodre, mag. Matjaž Koželj, Daniel Novak, prof. fiz.

Lektoriral: prof. dr. Alojz Kodre
Monografija je lektorirana po mednarodnem standardu ISO 80000.

POGLAVJE	**AVTORJI**
Radioaktivnost v reki Savi	Matija Škrlep, mag. prof. fiz., ZVD
Radioaktivnost v pitni in podzemni vodi	dr. Jasmina Kožar Logar, IJS
Radioaktivnost v usedih	dr. Toni Petrovič, IJS
Zrak	dr. Marko Giacomelli, ZVD
Zunanje sevanje	Klara Poiškruh, mag. med. fiz., IJS
Radionuklidi v hrani	prof. dr. Katarina Vogel Mikuš, BF

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

Prva izdaja: april 2026

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

539.16:502.175(497.4
621.311.25(497.4Krško)

RADIONUKLIDI v okoljskih medijih in hrani v okolici nuklearne elektrarne Krško ter sevalni učinki na prebivalstvo in bioto / [uredniki Benjamin Zorko, Denis Glavič - Cindro in Helena Fajfar ; avtorji Matija Škrlep ... et al.]. - 1. izd. - Ljubljana : Institut "Jožef Stefan", 2026

ISBN 978-961-264-342-3
COBISS.SI-ID 272403459

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: 50 izvodov

V S E B I N A

Predgovor urednika

1	**Radioaktivnost v reki Savi**	**5 / 128**
2	**Radioaktivnost v pitni in podzemni vodi**	**33 / 128**
3	**Radioaktivnost v usedih**	**51 / 128**
4	**Zrak**	**65 / 128**
5	**Zunanje sevanje**	**89 / 128**
6	**Radionuklidi v hrani**	**107 / 128**
7	**Reference**	**123 / 128**

PREDGOVOR UREDNIKA

Monografija *Radionuklidi v okoljskih medijih in hrani v okolici Nuklearne elektrarne Krško ter sevalni učinki na prebivalstvo in bioto* obravnava radioaktivnost v okolju v okolici Nuklearne elektrarne Krško v letu 2025. V oktobru 2025 je bil izveden redni remont, elektrarna pa obratuje v 34. gorivnem ciklu. Monografija je samostojna priloga poročila *Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško, Poročilo za leto 2025*. Neodvisno sta jo recenzirala prof. dr. Alojz Kodre in mag. Matjaž Koželj.

Vsebina monografije temelji na povezavi med meritvami, modelskimi izračuni in znanstveno-strokovnim vrednotenjem podatkov. Zbrani so merilni rezultati radioaktivnosti v vodi (reka Sava, pitna voda, padavine), zraku, zemlji, sedimentih, usedih, bioti, hrani in pri zunanjem sevanju, dopolnjujejo pa jih modelski izračuni, s katerimi je mogoče oceniti prenos radionuklidov po posameznih prenosnih poteh ter ugotavljati njihove učinke na prebivalstvo in bioto. Tak pristop omogoča, da obravnava ne ostane omejena le na opis stanja, temveč poda tudi utemeljeno razlago opaženih pojavov in njihovega morebitnega izvora.

Poseben pomen monografije je v dolgoročnem spremljanju radioaktivnosti v okolici NEK. Šele večletni nizi meritev, obravnavani skupaj s spremljajočimi hidrološkimi, meteorološkimi in drugimi okoljskimi podatki, omogočajo prepoznavanje časovnega poteka, razlikovanje med naravno spremenljivostjo in morebitnim vplivom obratovanja jedrskega objekta ter strokovno utemeljeno vrednotenje majhnih prispevkov k izpostavljenosti. Prav takšna obravnava je nujna v okolju, kjer so učinki nadzorovanih izpustov praviloma zelo majhni in pogosto primerljivi z razsutjem podatkov, ki izhaja iz naravnih procesov, splošnega onesnaženja in lokalnih posebnosti posameznih vzorčevalnih mest.

Monografija je zasnovana kot vsebinsko povezan pregled ključnih okoljskih medijev in poti prenosa. Posamezna poglavja obravnavajo reko Savo, pitno in podzemno vodo, zrak, usede, zunanje sevanje in hrano. V vsakem od teh sklopov so merilni rezultati postavljeni v širši kontekst, saj so primerjani z referenčnimi lokacijami v Sloveniji, z rezultati iz preteklih let ter z modelskimi ocenami, kadar neposredna določitev prispevka izpustov iz NEK zgolj na podlagi meritev ni mogoča. S tem monografija ne podaja le pregleda posameznih podatkovnih nizov, temveč njihove pomene povezuje v enotno strokovno celoto.

Posebej pomembno mesto imajo matematično-fizikalni modeli, s katerimi ocenjujemo koncentracije radionuklidov v medijih, po katerih radioaktivnost doseže človeka ali bioto. Z upoštevanjem prehranskih navad, količine zaužite vode in hrane, prostornine vdihanega zraka, časa zadrževanja v okolju in drugih značilnosti referenčnih oseb iz različnih starostnih skupin lahko ocenimo letne efektivne doze in okoljski dozni ekvivalent. Tako dobimo podlago za vrednotenje učinkov zračnih in tekočinskih izpustov NEK na odrasle, otroke in malčke (dojenčke), ki živijo v bližini elektrarne.

Pomembna dodana razsežnost monografije je primerjava med neposredno izmerjenimi količinami in količinami, ocenjenimi z modeli. Prav ta primerjava omogoča preverjanje ustreznosti uporabljenih pristopov, prepoznavanje omejitev posameznih metod ter zanesljivejše vrednotenje učinkov. V monografiji je zato poudarjena kritična obravnava merilnih rezultatov in spremljajočih podatkov, dopolnjena tudi s statistično analizo, kadar je ta potrebna za pravilno razumevanje opaženih razlik ali podobnosti.

Avtorji poglavij, strokovnjaki s področij jedrske fizike, kemije, biologije, jedrske varnosti in sevalne zaščite, so prispevke pripravili izvirno kot znanstveno-strokovna dela. Vrednotenje podatkov je izvedeno neodvisno, v skladu z zakonodajo in z uveljavljenimi znanstveno-strokovnimi pristopi, pri čemer je v ospredju vprašanje, ali je mogoče morebitne spremembe v okolju povezati z obratovanjem jedrske elektrarne oziroma jih je treba razložiti z naravno radioaktivnostjo, splošnim onesnaženjem, medicinsko rabo radionuklidov ali drugimi vplivi.

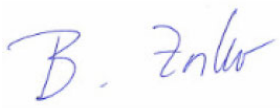
Iz obravnavanih podatkov izhaja, da prebivalci v okolici NEK niso bolj izpostavljeni ionizirajočemu sevanju kot prebivalci drugod po Sloveniji. Prispevek NEK zaradi nadzorovanih izpustov ostaja zelo majhen ter je z biološkega in statističnega vidika zanemarljiv. Monografija tako potrjuje, da je mogoče z usklajenim sistemom meritev, modelskih izračunov in strokovno-znanstvenega vrednotenja zanesljivo spremljati stanje radioaktivnosti v okolju ter dolgoročno podpirati varno obratovanje jedrskega objekta v

življenjskem prostoru. Obravnava ima podlago tudi v slovenski zakonodaji (Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti [9]).

Skupina za meritve ionizirajočega sevanja (ICMIS) Instituta "Jožef Stefan" (IJS) je močno vpeta v metrološko stroko, saj imamo edini v regionalnem področju v radiju nekaj 100 km potrjene in usklajene predloge najboljših merskih zmožnosti (CMC) na ravni regionalnih metroloških organizacij in Mednarodnega biroja za mere in uteži (BIPM) za aktivnosti (Bq/kg). S tem lahko dokazujemo visoko znanstveno-raziskovalno ter strokovno usposobljenost tako za izvedbo meritev kot tudi za njihovo objavo in ovrednotenje.

Recenzent prof. dr. Alojz Kodre, zaslužni profesor Univerze v Ljubljani, je diplomiral iz fizike leta 1966, magistriral leta 1971 in doktoriral leta 1974. Po diplomi se je zaposlil kot asistent na Oddelku za fiziko FNT in dopolnilno na IJS. Leta 1975 je bil habilitiran za docenta za fiziko, leta 1981 za rednega profesorja. Predaval je matematično fizikalne predmete (Matematična fizika I in II, Modelska analiza), kot raziskovalec se je ukvarjal z fiziko notranjih atomskih lupin. V domačem laboratoriju je razvijal absorpcijsko rentgensko spektroskopijo, leta 1989 pa so v skupini sodelavcev prvi v Sloveniji začeli z meritvami s sinhrotronsko svetlobo na sinhrotronu DESY v Hamburgu, pozneje tudi na sinhrotronih LURE v Orsayu in ESRF v Grenoblu ter Elettra v Bazovici pri Trstu. V letih 1977 in 1978 je kot »Fulbright research fellow« obiskal University of N. Carolina v Chapel Hillu, v letih 1989 in 1990 pa kot »Fulbright visiting professor« University of Oregon v Eugeneu. V času tega obiska je sodeloval v eksperimentih na sinhrotronih v Brookhavnu in Stanfordu. Njegova bibliografija obsega prek petsto enot, od tega prek dvesto osemdeset znanstvenih člankov. V soavtorstvu z I. Kuščerjem je objavil učbenik Mathematik in Physik und Technik (Springer-Verlag 1993) in v slovenščini Matematika v fiziki in tehniki (DMFA 1994).

Mag. Matjaž Koželj ima več kot tridesetletne izkušnje na področju jedrske tehnologije in varstva pred sevanji. Pri vrednotenju učinkov NE Krško na okolje in prebivalstvo sodeluje že več kot dvajset 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. Do upokojitve leta 2023 je bil predavatelj v Izobraževalnem centru za jedrsko tehnologijo Instituta "Jožef Stefan", kjer sodeluje pri izvedbi predavanj na področju varstva pred sevanji, jedrske in reaktorske fizike ter instrumentacije in regulacije. Mag. Matjaž Koželj je avtor ali soavtor več kot osemdeset izvirnih znanstvenih in strokovnih člankov, znanstvenih prispevkov na konferencah, samostojnih znanstvenih in strokovnih sestavkov, poročil in elaboratov. V preteklosti je kot ekspert in predavatelj sodeloval pri več tečajih, ki jih je organizirala Mednarodna agencija za atomsko energijo. Skoraj petnajst let je že član, zadnja leta pa tudi vodja ene izmed strokovnih skupin za oceno doz v skupini za obvladovanje izrednega dogodka pri Upravi RS za jedrsko varnost. Je tudi član Izvršilnega odbora Društva Slovenije za varstvo pred sevanji.



doc. dr. Benjamin Zorko, odgovorni urednik

1 RADIOAKTIVNOST V REKI SAVI

POVZETEK

V poglavju so predstavljeni in ovrednoteni rezultati meritev radioaktivnosti v reki Savi (rečna voda, sedimenti, ribe) in ocena učinkov na prebivalstvo tako iz meritev tekočinskih izpustov iz NEK v reko Savo in z uporabo modelov, kot tudi iz meritev koncentracij aktivnosti radionuklidov in okoljskih vzorcev. V letu 2025 je bila skupna aktivnost tekočinskih izpustov v okolje primerljiva s prejšnjimi leti. Največ je prispeval tritij, 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 učinek NEK v okolju nemerljiv oziroma nedoločljiv. Vsebnosti cezija in stroncija v okoljskih vzorcih nizvodno od NEK zelo verjetno nista posledica učinkov NEK na okolje, ampak posledica neenakomerne globalne kontaminacije. Prisotnost joda v reki Savi je posledica uporabe tega radionuklida v terapevtski in diagnostični rabi v bolnišnicah.

Izpostavitev prebivalstva smo ocenili iz neposrednih meritev izpustov (emisij) in z uporabo modela, ki je bil izdelan v letu 2003 in revidiran v letu 2009. Za modelno oceno obremenitev, ki bi jih lahko prinesle zgolj po Savi potekajoče prenosne poti, je bila kot referenca izbrana skupina brežiških športnih ribičev in članov njihovih družin, ki lovijo do 350 m nizvodno od jezu NEK. Letna efektivna doza zaradi zadrževanja na obrežju zaradi zunanjega sevanja in zaužitja rib za referenčno skupino prebivalstva po savski prenosni poti je nižja ali enaka 0,0162 µSv na leto.

Zaradi gradnje HE Brežice 7,2 km nizvodno od NEK in nastanka pretočnega akumulacijskega jezera je prišlo do sprememb pri načinih in poteh izpostavitve prebivalstva sevanju. Vpeljan je bil nov model, ki temelji na teoretični napovedi mešanja in redčenja z uporabo tridimenzionalnega hidrodinamičnega transportnega modela PCFLOW3. V okviru projektne naloge je bila izdelana tudi spletna platforma DOSENEK, po kateri se vnaša merske in druge podatke in se na podlagi računskih postopkov izračuna efektivne doze za tri različne starostne skupine ljudi in dve vrsti vodnih organizmov v pretočni akumulaciji HE Brežice. Pod jezom HE Brežice se efektivna doza za referenčno osebo oceni iz rezultatov analiz okoljskih vzorcev pod jezom in ocenjenih efektivnih doz nad jezom. Letna efektivna doza po petih obravnavanih prenosnih poteh za odraslo referenčno osebo v pretočni akumulaciji HE Brežice (obravnavane lokacije) po savski prenosni poti ocenjena po novem modelu je nižja ali enaka 0,0083 µSv na leto. Ocenjeni vrednosti po veljavnem modelu iz leta 2009 in novem modelu sta primerljivi po vrednosti. Novi model upošteva dodatne poti izpostavitve, nove porabe in čase zadrževanj na bregu in jezeru ter za računanje parametrov (koncentracija aktivnosti radionuklidov v pretočni akumulaciji) uporablja tridimenzionalni transportni model.

UVOD

Nadzorni program vzorčenj in meritev za ugotavljanje radioaktivnosti v reki Savi obsega analize vzorcev iz okolja (imisije) in meritve tekočinskih izpustov na samem viru v NEK (emisije). Meritve v okolju omogočajo splošno oceno stanja na območju okoli NEK, oceno morebitnih učinkov nizvodno od elektrarne in tudi učinkov zunanjih dogodkov, kot je bila černobilska nesreča. Program obsega vzorčenje in meritve vode, suspendiranih snovi v vodi, sedimentov in vodne biote. Lokacije vzorčenja so postavljene nizvodno in vzvodno od NEK, tako da je mogoče ločiti med drugimi zunanjimi vplivi in dejanskimi učinki elektrarne.

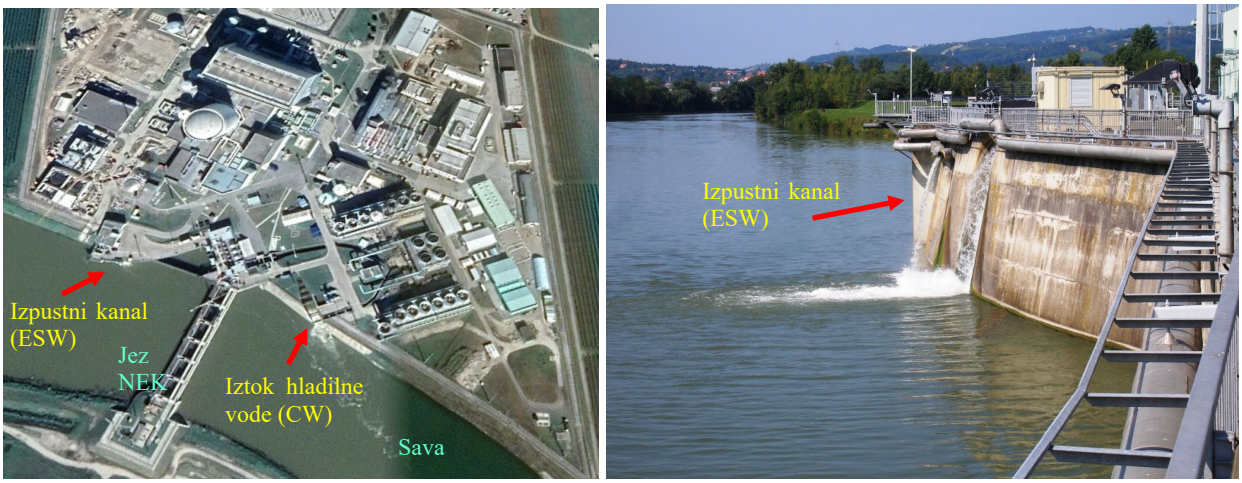
NEK pri normalnem obratovanju občasno kontrolirano izpušča v okolje tekočine iz izpustnih rezervoarjev. Tekočine z nizkimi aktivnostmi radionuklidov se izpuščajo v reko Savo skozi kanal bistvene oskrbne vode (ESW – Essential Service Water), ki je nad jezom jedrske elektrarne. Skozi kanal se tako izpuščajo radioaktivne tekočine iz odpadnih merilnih rezervoarjev (WMT) in sistema za kaluženje uparjalnikov (SGBD). Izpuščena radioaktivnost je zaradi redčenja s savsko vodo na lokacijah vzorčenja, razen za tritij, 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, ter tritij (H-3) in radioaktivni ogljik (C-14), ki

sta tako kozmogene kot antropogene narave. Poleg naravnih in kozmogenih radionuklidov sta zaradi globalne kontaminacije povsod v okolju tudi umetna radionuklida: stroncij (Sr-90) in cezij (Cs-137). Zaradi uporabe v medicini sta v reki Savi občasno še jod (I-131) in lutecij Lu-177.

Učinke na prebivalstvo ocenjujemo iz 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)* [30]. Model, ki temelji na enodimenzionalni projekciji rešitve parcialne diferencialne enačbe za opis transporta in razširitve oblaka izpuščenih tekočin, upošteva najpomembnejše prenosne poti in načine izpostavitve referenčne skupine iz prebivalstva (referenčne osebe). Ocena učinka na okolje ne vključuje ovrednotenja prejetih doz zaradi naravnih radionuklidov, saj ti niso del izpustov NEK.

Za primerjavo smo učinke na prebivalstvo ocenili tudi z uporabo modela, ki je natančneje opisan v poročilu *Program za računanje efektivnih doz zaradi tekočinskih izpustov iz NEK, verzija 3.0* [36]. Model PCFLOW3D ([34], [35]), ki temelji na tridimenzionalni simulaciji transporta in razširitve oblaka izpuščenih tekočin po reki Savi, upošteva najpomembnejše prenosne poti in načine izpostavitve referenčne skupine iz prebivalstva (referenčne osebe). Razvit je bil v skladu s tehnično specifikacijo *Dose Calculation and dilution modelling of run-of-river Brežice hydro plant accumulation* št. TO RZ-5/2020 [32]. Izdelana je bila programska oprema DOSENEK, ki omogoča izračun prejetih efektivnih doz na različne referenčne osebe in organizme za 7 lokacij na območju pretočne akumulacije HE Brežice. Potreba po novi metodologiji se je pokazala po izgradnji HE Brežice, ko so na tem območju Save nastopile nove hidravlične razmere, ki jih ne poznamo dobro. Tudi pri novem modelu ocena učinka na okolje ne vključuje ovrednotenja prejetih efektivnih doz zaradi naravnih radionuklidov, saj ti niso del izpustov NEK.



Slika 1.1: Izhod bistvene oskrbne vode (ESW), kjer se izpuščajo radioaktivne tekočine iz odpadnih merilnih rezervoarjev (WMT) in sistema za kaluženje uparjalnikov (SGBD). Fotografija na desni je posneta z jeza NEK.

V okviru projektne naloge je bila predlagana tudi eksperimentalna študija sledenja vsebnosti tritija v reki Savi nizvodno od jezu NEK, ki bi se uporabila za primerjavo med teoretičnimi napovedmi koncentracij aktivnosti tritija v reki Savi in izmerjenimi vrednostmi. Hidrodinamske in hidravlične razmere so bile razdelane v ločeni študiji s simulacijo širjenja toplotnega onesnaženja nizvodno od jezu NEK [37], hidravlične lastnosti reke Save pa so bile dodatno podkrepljene z batigrafskim slikanjem globine [38]. Študija sledenja tritija v reki je bila izvedena v letu 2025, vendar v času izdelave tega poročila projekt še ni v celoti zaključen.

Neodvisno od radiološkega nadzora NEK se izvaja tudi nadzor drugih rek po Sloveniji v okviru programa nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji [23]. Na Savi v Ljubljani, Krki, Savi pri Brežicah, Dravi, Muri in Kolpi se polletno jemljejo vzorci vode. Rezultati teh meritev se uporabljajo za splošno oceno stanja v Sloveniji, obenem pa jih uporabljamo kot referenčne vrednosti za oceno učinka NEK.

OKOLJSKI VZORCI

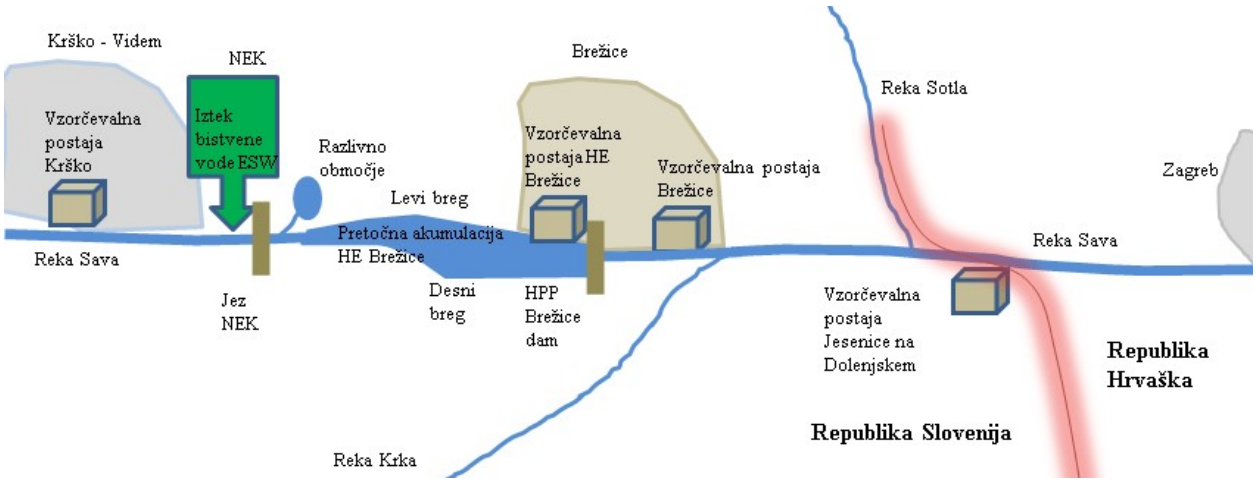
Značilnosti vzorčenja

Neprekinjeno vzorčenje reke Save je potekalo v rečni matici na štirih lokacijah (slika 1.2), in sicer v Krškem pred papirnico (3,2 km vzvodno od NEK), pri 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) in v Jesenicah na Dolenjskem (17,5 km nizvodno od NEK). Vzorčevalnik za neprekinjeno vzorčenje 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. Po izgradnji jeza HE Brežice je bila v letu 2017 zgrajena nova avtomatska vzorčevalna postaja HE Brežice, ki je na levem bregu Save 100 m nad jezom (sliki 1.2 in 1.3). Košara za zajem vode je na sredini jezu HE Brežice v najnižjem delu v rečni matici (na globini 10 m). Tudi vzorčevalna postaja v Brežicah je na levem bregu, rečna voda se neprekinjeno zajema iz rečne matice. Na vzorčevalnih postajah HE Brežice in Brežice delujeta enaka vzorčevalnika z avtomatskim dnevnim zajemom vode. Voda se črpa v prelivno zbirno posodo. Iz prelivne posode manjša črpalka neprekinjeno črpa vodo in jo naliva v eno izmed štirih zbirnih posod. Voda se pretaka prek 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 zbirajo mesečni vzorci. Postaja je tam na desnem bregu. Košara za zajem rečne vode blizu rečne matice je bližje desnemu bregu.

Vzorčenja na postajah je opravljal NEK, meritve vzorcev pa so opravljale pooblaščene organizacije ZVD, IRB in IJS. Neprekinjena vzorčenja sestavljenih dnevnih vzorcev savske vode so namenjena predvsem za ugotavljanje povprečne koncentracije aktivnosti dolgoživih radionuklidov. Pri tem se ločeno merita voda in filtrski ostanek, ki se kot groba suspendirana snov predhodno odstrani iz vode s filtriranjem.

Neprekinjeno vzorčenje ne omogoča ovrednotenja kratkoživih radionuklidov. Zato se neodvisno izvaja tudi kvartalno ali mesečno vzorčenje posamičnih vzorcev nefiltrirane vode (50-litrski vzorci). Iz rezultatov teh meritev lahko ugotavljamo koncentracije aktivnosti kratkoživega joda (I-131).

Ločen odvzem posamičnih vzorcev vode je tako potekal na osmih lokacijah in sicer v Krškem, v razlivnem območju ("nadomestni habitat" 1,7 km nizvodno od NEK), na levem in desnem bregu akumulacijskega jezera HE Brežice (4,5 km in 5,5 km od NEK), 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). Lokacija na razlivnem območju je namenjena spremljanju vode za zapornim jezom HE Brežice, ki je na levem bregu in omogoča razlivanje reke pri zelo visokih vodostajih. Vzorčenje posamičnih vzorcev vode sta opravila ZVD in IRB.



Slika 1.2: Shematski prikaz vseh vzorčevalnih postaj za neprekinjeno vzorčenje ob reki Savi po izgradnji akumulacijskega jezera HE Brežice

Slika 1.3: Avtomatska vzorčevalna postaja HE Brežice (7,2 km nizvodno od NEK), kjer poteka neprekinjen zajem vzorcev vode

Za ovrednotenje učinkov po savski prenosni poti se kvartalno in mesečno spremlja tudi radioaktivnost v sedimentih. Pri teh učinkih je pomemben dolgoletni časovni potek, povezan z globalno kontaminacijo. To je tudi informacija o ničelnem stanju v primeru, da bi prišlo do resnejših izpustov iz NEK. Vzorčenje 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. Vzorčenje sedimentov sta opravila ZVD in IRB. Opažamo, da se tri lokacije vzorčenja podvajajo in da je glede na obliko brežine akumulacijskega jezera HE Brežice težko pridobiti reprezentativni vzorec sedimenta na bregovih akumulacije.

Poleg spremljanja radioaktivnosti površinskih vod in sedimentov je pomemben indikator kontaminacije v Savi tudi vodna biota (ribe). Ulov rib je potekal na šestih lokacijah v Krškem, na akumulacijskem jezeru HE Brežice, v Brežicah, Jesenicah na Dolenjskem ter v Republiki Hrvaški v krajih Podsused in Otok. Četrtletno vzorčenje 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 sušenjem (izparevanje v sistemu s prisilno ventilacijo) in homogenizacijo. S tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo (LSC) je bila merjena koncentracija aktivnosti tritija (H-3) v destilatu savske vode. Z metodo LSC je bila merjena tudi vsebnost C-14. Aktivnost Sr-90 se je določala z radiokemijsko separacijo in štetjem na proporcionalnem števcu po postopku izvajalca meritve. Merska metoda za določanje stroncija ne omogoča ločenega merjenja radionuklidov Sr-90 in Sr-89, zato izmerek pomeni 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 je zaradi kratke razpolovne dobe Sr-89, ki bi bil posledica globalne kontaminacije, že v celoti razpadel.

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

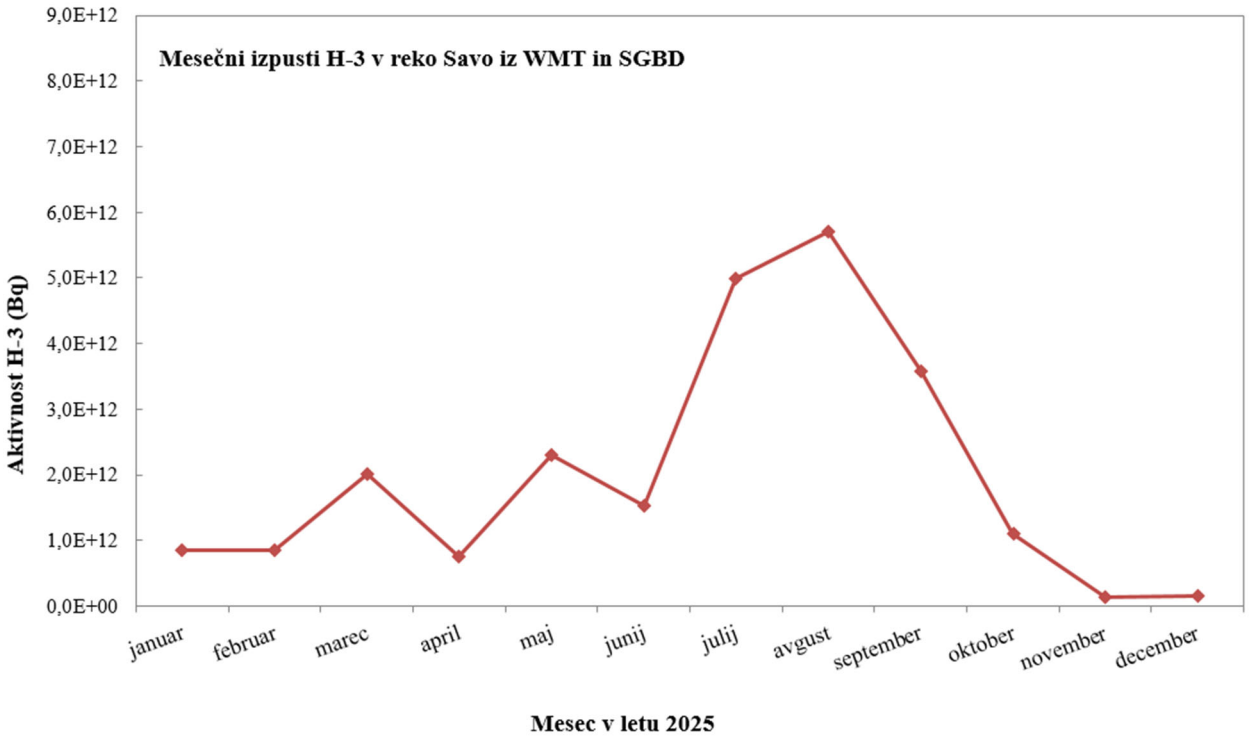
- vzorčenje vode skupaj z grobo suspendirano snovjo (količina vzorca vode je 50 litrov) in ločene meritve sušine vzorcev vode in filtrskega ostanka vode, ki se kot groba suspendirana snov predhodno odstrani iz vode s filtriranjem;
- vzorčenje talnih sedimentov, ki v glavnem vsebujejo fini pesek (količina vzorca od 67 g do 1118 g); vzorčenje gibljivih sedimentov, ki vsebujejo več organske snovi, se od leta 2005 ne izvaja več;
- vzorčenje in meritve rib vrst mrena, krap, podust, ščuka, klen, ogrica z maso od 338 g do 1190 g; pred pripravo vzorcev se odstranijo repi in glave rib.

REZULTATI MERITEV IN TIPIČNI ČASOVNI POTEKI

Seznam meritev, pogostost posameznih meritev, merski rezultati in izvajalci meritev so navedeni v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2025, IJS-DP-15403, marec 2026*, ki so na priloženi zgoščenki v poročilu. 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 1 (ZVD).

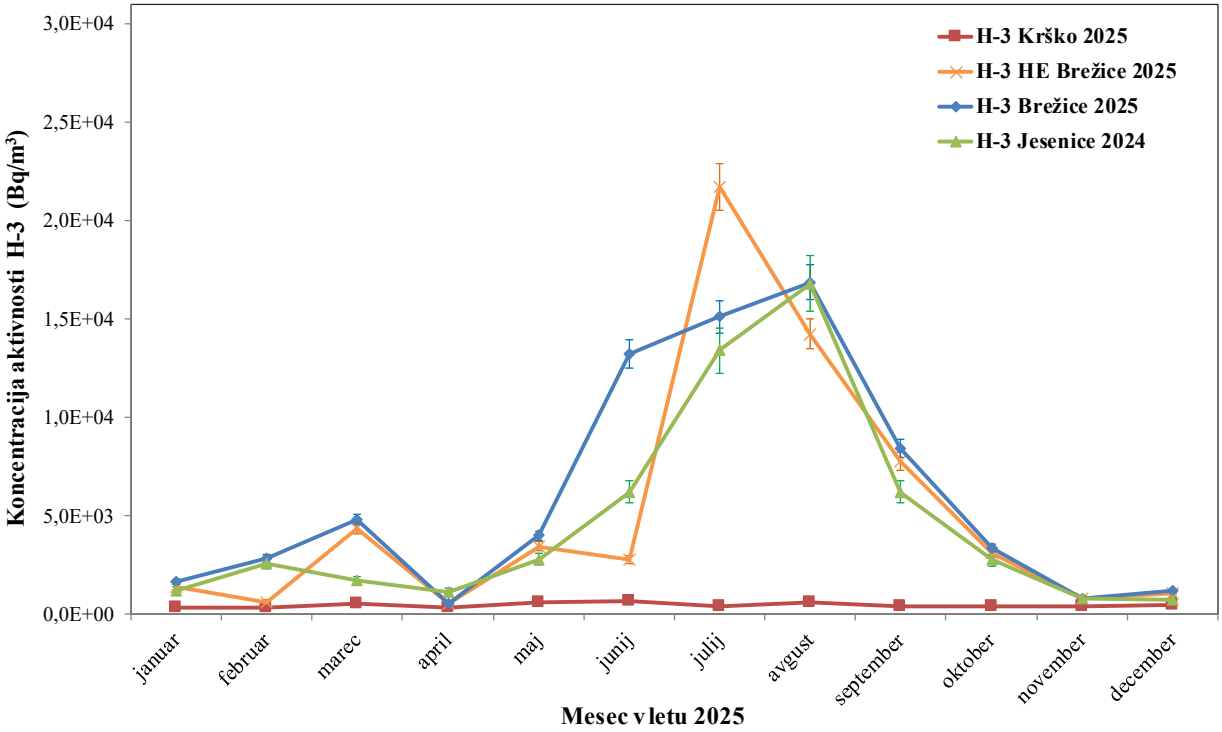
Tritij (H-3)

V vseh jedrskih elektrarnah je prisoten 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 z dušikom. 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 [27]. Do danes se je zaradi radioaktivnega razpada in prehoda v oceanske vode koncentracija aktivnosti H-3 v deževnici znižala na prvotnih 0,6 kBq/m^3. Tritij je edini radionuklid, ki ga je mogoče sistematično spremljati v okolju kot nedvomno posledico izpustov NEK. Zato je uporaben kot sledilec in z njegovo razredčitvijo ocenimo tudi koncentracije drugih radionuklidov, ki jih v okolju navadno ne zaznamo [30].



Slika 1.4: Mesečne aktivnosti tekočinskih izpustov H-3 iz NEK v letu 2025

Tritij je redno prisoten v tekočinskih efluentih NEK. Po podatkih NEK so bili največji mesečni tekočinski izpusti H-3 opravljeni v avgustu (5,71 TBq, slika 1.4). Skupni letni izpust v letu 2025, 24,0 TBq, je bil opazno višji od skupnega izpusta v letu 2024 (5,7 TBq) in višji od dolgoletnega povprečja letnih aktivnosti H-3 v tekočinskih izpustih od 1999 do 2024 (12,2 TBq). Na sliki 1.5 je prikazana primerjava koncentracij aktivnosti tritija v savski vodi na lokacijah Krško, nad jezom HE Brežice, Brežice in Jesenice na Dolenjskem v letu 2025.



Slika 1.5: Primerjava koncentracij aktivnosti tritija v savski vodi na lokacijah Krško, HE Brežice, Brežice in Jesenice na Dolenjskem. Lokacija Krško je v toku Save nad elektrarno in je zato referenčna. Na tej lokaciji je bilo v letu 2025 povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti H-3 0,45 kBq/m^3.

Povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti H-3 nad jezom HE Brežice (5,15 kBq/m^3) je višje od koncentracij aktivnosti na referenčnem odvzemnem mestu Krško (0,45 kBq/m^3) in višje od dolgoletnega povprečja med 2004 in 2024 (2,86 kBq/m^3). V Brežicah (za jezom HE Brežice) je povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti 6,07 kBq/m^3 višje od dolgoletnega povprečja 3,80 kBq/m^3 za zadnjih 21 let. Izmerjeno povprečje koncentracij aktivnosti v Jesenicah na Dolenjskem (letno povprečje 4,70 kBq/m^3) je zaradi vmesnega sotočja z reko Krko pričakovano nižje kot v Brežicah.

Izmed lokacij, kjer se voda vzorčuje neprekinjeno (filtriran vzorec), je bila nad jezom HE Brežice najvišja vrednost (21,7 ± 1,2) kBq/m^3 izmerjena v mesecu juliju, v Brežicah v mesecu avgustu (16,9 ± 0,9) kBq/m^3 in v Jesenicah na Dolenjskem prav tako v mesecu avgustu (16,8 ± 1,4) kBq/m^3. V Krškem je bila najvišja vrednost tritija (0,64 ± 0,09) kBq/m^3 izmerjena v juniju.

Tabela 1.1: Vrednosti korelacijskega koeficienta med koncentracijami aktivnostmi H-3 in aktivnostjo tekočinskih izpustov H-3 iz NEK

Vrednost korelacijskega koeficienta	Primerjava med izpusti in vzorčevalni lokacijami
0,57	levi breg pretočne akumulacije HE Brežice
0,52	desni breg pretočne akumulacije HE Brežice
0,91	nad jezom HE Brežice
0,87	Brežice
0,93	Jesenice na Dolenjskem

V tabeli 1.1 prikazujemo moč povezanosti mesečnih izmerjenih koncentracij aktivnosti na vzorčevalnih mestih nizvodno od jezu NEK in mesečnimi aktivnostmi H-3 v tekočinskih izpustih iz NEK. Merilo za korelacijo (povezanost med spremenljivkama) je vzorčni korelacijski (Pearsonov) koeficient [55], ki je predstavljen v tabeli 1.2.

Iz tabele 1.1 lahko ugotovimo, da je povezanost med izpuščenimi aktivnostmi H-3 ter izmerjenimi aktivnostmi na vzorčevalnih postajah nad jezom HE Brežice, Brežice in Jesenice na Dolenjskem močna oziroma zelo močna. Povezanost med izpuščenimi aktivnostmi H-3 ter izmerjenimi aktivnostmi na vzorčevalnih postajah na levem in desnem bregu pretočne akumulacije je zmerna. Nekoliko nižja povezanost je za te lokacije pričakovana, saj z enkratnim vzorčenjem vode ne ocenimo mesečnega povprečja, pač pa trenutno vrednost.

Tabela 1.2: Merila moči povezanosti spremenljivk[12] v odvisnosti od absolutne vrednosti korelacijskega koeficienta

Absolutna vrednost korelacijskega koeficienta	Moč povezanosti
0,00	ni povezanosti
0,01–0,19	neznatna povezanost
0,20–0,39	nizka/šibka povezanost
0,40–0,69	srednja/zmerna povezanost
0,70–0,89	visoka/močna povezanost
0,90–0,99	zelo visoka/zelo močna povezanost
1,00	popolna (funkcijska) povezanost

Tabela 1.3: Vrednosti korelacijskega koeficienta za primerjavo med koncentracijami aktivnostmi H-3 na vzorčevalnih lokacijah nizvodno od jezu NEK

Vrednost korelacijskega koeficienta	Primerjava med vzorčevalni lokacijami
0,90	levi breg – desni breg pretočne akumulacije HE Brežice
0,77	levi breg – nad jezom HE Brežice
0,71	levi breg – Brežice
0,66	levi breg – Jesenice na Dolenjskem
0,79	desni breg – nad jezom HE Brežice
0,59	desni breg – Brežice
0,57	desni breg – Jesenice na Dolenjskem
0,82	nad jezom HE Brežice – Brežice
0,89	nad jezom HE Brežice – Jesenice na Dolenjskem
0,94	Brežice – Jesenice na Dolenjskem

[12] Povzeto po https://sl.wikipedia.org/wiki/Pearsonov_koeficient_korelacije

V tabeli 1.3 prikazujemo moč povezanosti izmerjenih mesečnih koncentracij aktivnosti na vzorčevalnih mestih nizvodno od jezu NEK. Ugotavljamo, da so v splošnem korelacijski koeficienti med lokacijami z enakim vzorčenjem (kontinuirano – kontinuirano ali enkratno – enkratno) višji kot korelacijski koeficienti med lokacijami z različnim vzorčenjem (kontinuirano – enkratno). Tudi med vzorčevalnimi postajami z različnima načinoma vzorčenja je povezanost vsaj zmerna.

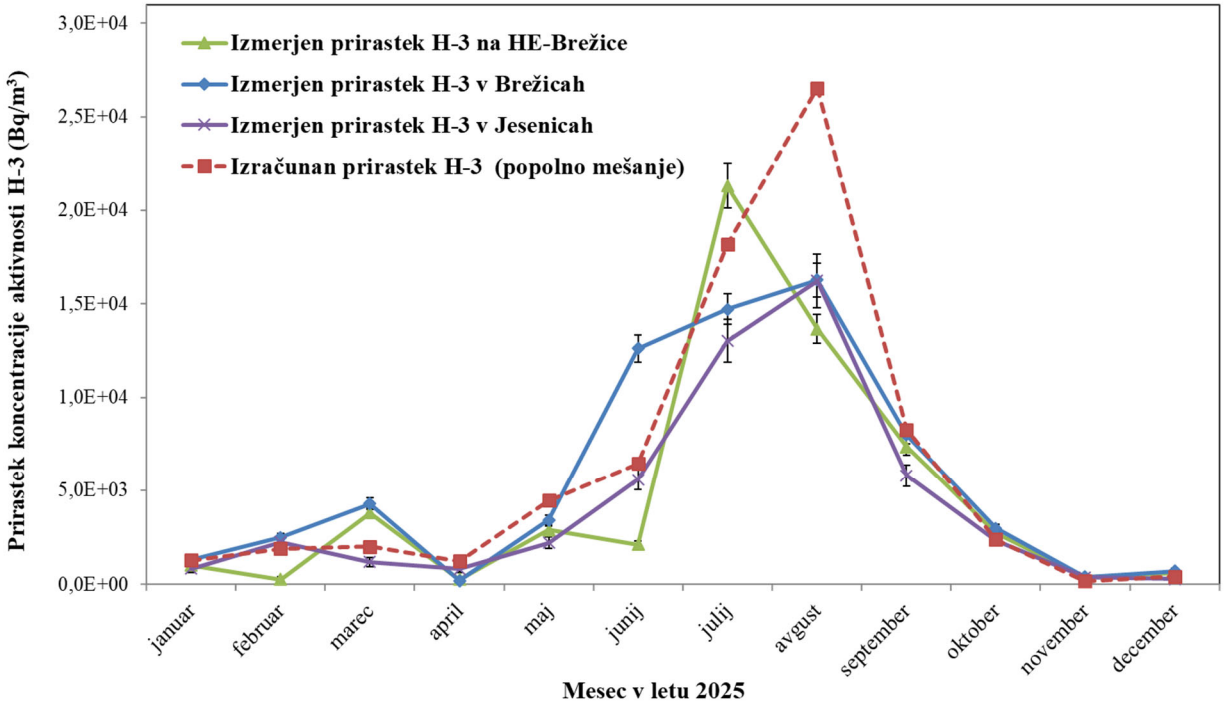
Pri tem je pomembno, da se na lokacijah največje razširitve v pretočni akumulaciji reka Sava vzorči enkratno mesečno. V nasprotju z vzorčevalnimi mesti, kjer se vzorči neprekinjeno (nad jezom HE Brežice, Brežice in Jesenice na Dolenjskem), lahko na levem in desnem bregu največje razširitve pretočne akumulacije HE Brežice predpostavimo možnost vpliva časovnega poteka dnevnih izpustov na izmerjene koncentracije aktivnosti H-3 v reki Savi.

Najvišja koncentracija aktivnosti H-3 na levem bregu je bila v letu 2025 izmerjena julija (1,13 ± 0,12) kBq/m^3. Tudi na desnem bregu pretočne akumulacije je bila navišja koncentracija tritija zaznana v juliju (2,87 ± 0,20) kBq/m^3. Koncentracija aktivnosti H-3 v razlivnem področju ("nadomestni habitat" 1,7 km nizvodno od NEK) je bila najvišja v tretjem četrtletju (8,2 ± 0,2) kBq/m^3. Površinska voda iz razlivnega območja ni neposredno povezana s tekočo vodo iz Save. Sklepamo, da so povišane koncentracije aktivnosti najverjetneje posledica preteklih izpustov.

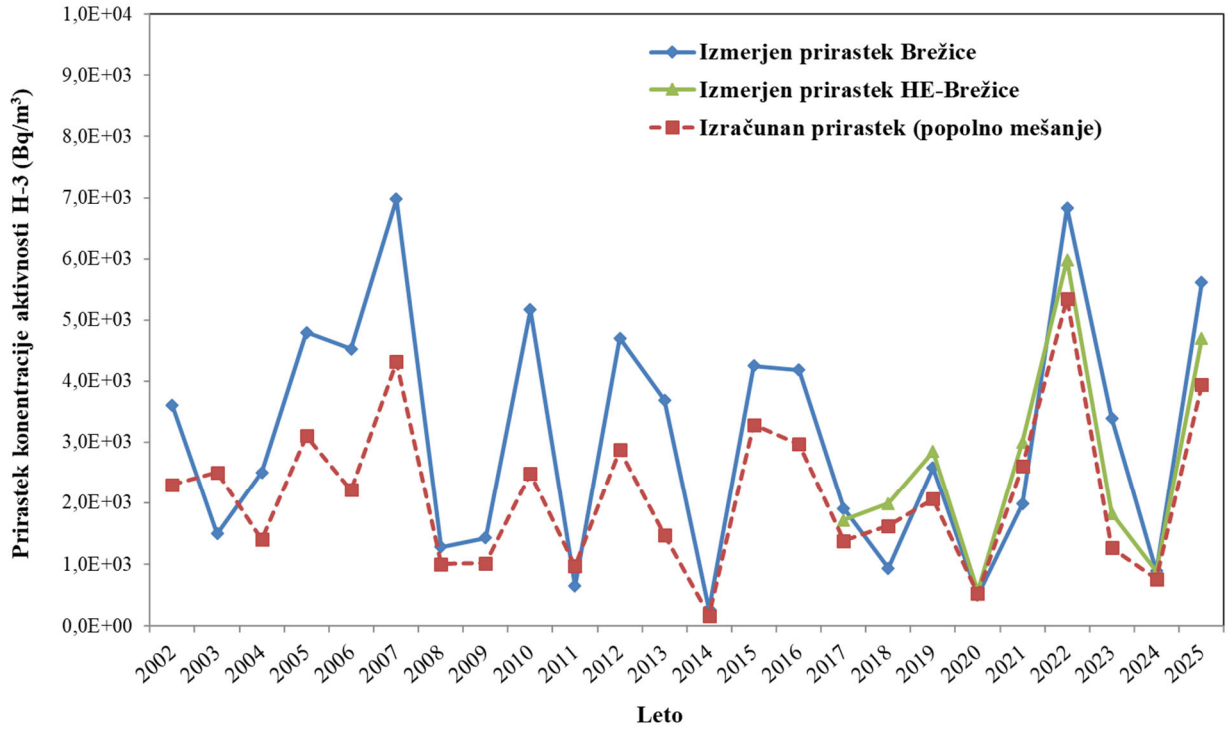
V drugih rekah v Sloveniji je bilo povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti H-3 kot v preteklih letih pod 1 kBq/m^3 [22]. Iz časovnega poteka na sliki 11 v [22] lahko opazimo zmanjševanje povprečja koncentracije aktivnosti H-3 v rekah. Pojavljajo se občasne anomalije, kot je bilo na primer v letih 2013, 2020, 2022 in 2025 v reki Savi pri Brežicah, kar je bila posledica tekočinskih izpustov iz NEK. Leti 2022 in 2025 v tem pogledu močno odstopata od preostalih let. V letih 2023 in 2024 so se izmerjene koncentracije aktivnosti H-3 vrnile na pričakovane vrednosti. Višje izmerjene koncentracije H-3 v letih 2022 in 2025 lahko neposredno povežemo z izpusti H-3 iz NEK, ki so bili v navedenih letih višji od dolgoletnega povprečja (tabela 1.4).

Na sliki 1.6 je prikazana primerjava med izmerjenimi mesečnimi prirastki koncentracije aktivnosti H-3 in izračunanimi koncentracijami aktivnosti H-3 na HE Brežice, v Brežicah in v Jesenicah na Dolenjskem. Prirastek koncentracije aktivnosti tritija 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.

Na sliki 1.7 je podana 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 od leta 2017. Dolgoletne težnje kažejo, da na mestu vzorčenja v Brežicah in tudi pri HE Brežice v preteklosti najverjetneje še ni prišlo do popolnega mešanja izpuščenih radionuklidov s savsko vodo. Izmerjeni povprečni letni prirastki koncentracije aktivnosti tritija v Brežicah so bili sistematično večji kot izračunani prirastki ob predpostavki popolnega mešanja vode. Po izgradnji jezu HE Brežice so se hidrodinamske razmere spremenile, kar smo že opisali v uvodu.



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



Slika 1.7: Primerjava med izmerjenima letnima povprečnima prirastkoma koncentracije aktivnosti H-3 v reki Savi na jezu HE Brežice ter za jezom v Brežicah in izračunanim prirastkom koncentracije aktivnosti H-3, dobljenim iz letnih tekočinskih izpustov in pretoka Save ob predpostavki popolnega mešanja.

Po prejšnji metodologiji ocenimo razredčitveno razmerje *DR (Dilution Ratio)* na različnih lokacijah pod jezom NEK kot razmerje med prirastkom koncentracije aktivnosti tritija na danem mestu pod izpustom (npr. v Brežicah) $C_{w,L}$ in prirastkom koncentracije aktivnosti tritija na mestu s popolnim mešanjem vode $C_{w,tot}$ [30]:

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

Prirastek koncentracije aktivnosti na mestu popolnega mešanja izračunamo iz izraza:

$$C_{w,\,tot} = \frac{A_{H\text{-}3}}{F \times t} \tag{1.2}$$

kjer je $A_{H\text{-}3}$ 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 več kot 1 na lokacijah, kjer se kontaminirana voda nepopolno meša s čisto, npr. na istem bregu neposredno pod izpustom. Pri popolnem mešanju je *DR* enak 1.

Iz razlike med povprečnimi letnimi koncentracijami aktivnosti tritija v Brežicah, Jesenicah na Dolenjskem in Krškem smo dobili izmerjen prirastek koncentracije aktivnosti $C_{w,L}$ v Brežicah 5,62 kBq/m^3, v Jesenicah na Dolenjskem pa 4,24 kBq/m^3. Izračunani prirastek koncentracije aktivnosti tritija na mestu popolnega mešanja $C_{w,tot}$ za lokacijo v Brežicah je bil 3,94 kBq/m^3, za lokacijo v Jesenicah na Dolenjskem pa 2,96 kBq/m^3. Razredčitveno razmerje za lokacijo v Brežicah je tako enako 1,43, za lokacijo v Jesenicah na Dolenjskem pa 1,44. Iz tega sledi, da na obeh omenjenih lokacijah izpusti še niso popolno premešani s savsko vodo. Razredčitvena razmerja za točke med jezom NEK in jezom HE Brežice so definirana drugače [95] in jih določimo s pomočjo novo razvite programske opreme DOSENEK (več v poglavju o ocenah učinkov).

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, te meritve je v letu 2025 opravil IRB.

Iz posameznih meritev aktivnosti in volumna izpuščene vode iz WMT (kvartalni izpusti) smo ocenili četrtletne aktivnosti C-14. Te so bile od 14,8 MBq v drugem četrtletju do 35,4 MBq v tretjem četrtletju, ko so bili tekočinski izpusti v reko Savo najvišji. Skupno letno izpuščeno aktivnost C-14 0,105 GBq smo izračunali kot vsoto četrtletnih vrednosti. Izpusti so precej nižji, kot je dolgoletno povprečje (1,17 GBq) od leta 2013. Ocenjeni izpusti so tudi nižji od grobe ocene, ki jo naredimo glede na obratovalno moč elektrarne (1,8 GBq na leto oziroma 2,6 GBq/GW(e)-leto [48]). Aktivnost izpuščenega C-14 je več kot 5 velikostnih redov nižja kot pri tritiju.

C-14 je bil v letu 2025 merjen tudi v savski vodi in v ribah [24]. Na lokacijah na levem in desnem bregu pretočne akumulacije HE Brežice so bili odvzeti sestavljeni četrtletni vzorci. Povprečni četrtletni koncentraciji aktivnosti C-14 na levem in desnem bregu akumulacijskega jezera sta bili 87 pMC[13] (9,8 Bq/m^3 vode), v obeh vzorcih enako, kar je primerljivo z naravnim, večinoma kozmogenim C-14 v okolju (okrog 11 Bq/m^3). Glede na letne izpuste v Savo in povprečni letni pretok Save je pričakovati, da bi povprečna koncentracija aktivnosti C-14 v Brežicah narasla za okrog 0,017 Bq/m^3, kar je bistveno manj od izmerjenih vrednosti. Vpliv NEK na koncentracijo C-14 v Savi je zato nemerljiv.

[13] pMC pomeni "odstotek modernega ogljika" ali relativna specifična aktivnost C-14. Relativna specifična aktivnost se izračuna glede na referenčni vzorec aktivnosti C-14 iz znanega standarda. Po definiciji je 100 pMC enak 226 Bq na kg ogljika. Pri pretvorbi rezultatov meritev C-14 v vodi upoštevamo, da je 100 pMC enako 11,3 Bq/m^3 vode [25].

Vnos radioaktivnega ogljika v ribe poteka prek vode in vodnih rastlin, s katerimi se ribe hranijo. Obstaja popolno ravnovesje med raztopljenim anorganskim ogljikom v vodi in v ribi [49]. Iz bioakumulacijskega faktorja C-14 in ocenjenega povprečnega prirastka C-14 v Savi (0,017 Bq/m^3) zaradi učinka NEK lahko ocenimo, da se relativna specifična aktivnost C-14 v ribah podobno kot v vodni bioti minimalno poveča (< 0,09 Bq/kg) in je pod mejo detekcije. Izmerjena sta bila tudi dva vzorca rib (klen in podust) v akumulacijskem jezeru HE Brežice.

Izmerjeni relativni specifični aktivnosti C-14 v ribah sta bili 95,6 pMC (214 Bq/kg C) in 98,1 pMC (220 Bq/kg C). Obe izmerjeni aktivnosti sta primerljivi s trenutno atmosfersko aktivnostjo (102 pMC). V primerjavi s prejšnjimi leti so specifične aktivnosti C-14 v reki Savi in ribah v okviru negotovosti meritev enake.

Jod (I-131)

Kratkoživi radioaktivni jod (I-131) občasno opazimo v tekočinskih efluentih NEK. V letu 2025 jod I-131 v izpustih NEK ni bil zaznan.

I-131 je redno prisoten v vodi na vseh vzorčevalnih mestih reke Save, tako vzvodno od elektrarne kot nizvodno v pretočni akumulaciji HE Brežice, v Brežicah in Jesenicah na Dolenjskem. Povišane koncentracije joda je bilo mogoče izmeriti takoj po černobilski nesreči. V nekaterih rekah v Sloveniji ga je mogoče najti zaradi uporabe tega radionuklida v medicini.

V letu 2025 koncentracija aktivnosti I-131 niha in je v večini enkratnih vzorcev pod mejo detekcije. V posamičnih vzorcih je bila v Brežicah izmerjena koncentracija do 2,9 Bq/m^3 (povprečno 1,2 Bq/m^3), na levem bregu pretočne akumulacije HE Brežice je bila izmerjena koncentracija do 12,6 Bq/m^3 (povprečno 1,5 Bq/m^3), na desnem bregu pa do 37,1 Bq/m^3 (povprečno 4,3 Bq/m^3). Na vseh ostalih lokacijah (Krško, Jesenice na Dolenjskem, nad jezom HE Brežice in v Nadomestnem habitatu) je bil jod I-131 v vseh odvzetih vzorcih pod mejo detekcije.

Če primerjamo rezultate meritev z ločenim nadzorom v življenjskem okolju v RS [22], so bile povprečne koncentracije na reki Savi v Brežicah (1,6 Bq/m^3) v okviru merilne negotovosti enake, kot jih izmerimo v Savi v Ljubljani (1,8 Bq/m^3). V Krki in Savinji so bile povprečne koncentracije aktivnosti I-131 0,57 Bq/m^3 in 0,31 Bq/m^3. V Dravi pri Mariboru je bila povprečna koncentracija I-131 1,2 Bq/m^3. V Muri pri Petanjcih je bila povprečna koncentracija I-131 0,61 Bq/m^3. V Soči in Kolpi v letu 2025 jod I-131 ni bil zaznan.

V talnem sedimentu se jod redkeje pojavlja in v letu 2025 ni bil zaznan.

V vzorcih rib iz referenčnega odvzema (v Krškem nad jezom) in v vzorcih iz nadzornih odvzemnih mest pod jezom NEK (meritve ZVD in IRB) v letu 2025 ni bila zaznana prisotnost I-131, kar je enako kot v preteklih letih. Glede na koncentracije aktivnosti joda v posamičnih vzorcih nefiltrirane vode (okrog 2 Bq/m^3) bi pričakovali, da je specifična aktivnost joda v ribah okrog 0,08 Bq/kg (upoštevajoč bioakumulacijski faktor B_r = 0,04 m^3/kg) [30]. Če upoštevamo še zamik med datumoma vzorčenja in analize ter način priprave vzorcev (sušenje ali sežig), se zaradi hitrega radioaktivnega razpada predvidena specifična aktivnost I-131 v ribi zmanjša pod mejo detekcije oziroma vsebnost ni merljiva.

Lutecij (Lu-177)

Lutecij Lu-177 se, podobno kot jod I-131, uporablja v medicini. V izpustih ga ne zaznavamo, saj v NEK ne nastaja. V enkratnih vzorcih rečne vode ga občasno zaznamo, sicer pa je v večini primerov njegova koncentracija pod mejo detekcije.

V Krškem so bile izmerjene koncentracije do 257 Bq/m^3, na desnem bregu pretočne akumulacije do 603 Bq/m^3, na levem bregu pretočne akumulacije do 383 Bq/m^3, nad jezom HE Brežice do 85 Bq/m^3, v Brežicah do 94 Bq/m^3, v Jesenicah na Dolenjskem pa do 31 Bq/m^3. V nadomestnem habitatu v letu 2025 lutecij ni bil zaznan v nobenem vzorcu.

Lutecij zaznavamo tudi v nekaterih preostalih slovenskih rekah (Savinji, Muri in Dravi). Najvišja koncentracija v posameznem vzorcu je bila v letu 2025 izmerjena v Savi pri Ljubljani (443 Bq/m^3).

Cezij (Cs-137)

Radioaktivni izotop cezija (Cs-137) je povsod v okolju in je posledica globalne in regionalne kontaminacije (jedrski poskusi in nesreča v Černobilu). Cs-137 izmerimo tudi v tekočinskih izlivih NEK.

Letni izpust Cs-137 v letu 2025 je bil 1,62 MBq, kar je v okviru razsutja podatkov primerljivo kot v letih 2013–2024 (povprečje 1,47 MBq) in nižje kot dolgoletno povprečje 13,0 MBq (2000–2024). Cezij se slabo (le v nekaj odstotkih) veže na grobo suspendirano snov [30]. 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 v filtrskem ostanku (v grobi suspendirani snovi).

Upoštevaje letni izpust (1,62 MBq) in povprečni pretok Save (193 m^3/s) ter ob privzetku razredčitvenega razmerja na levem bregu v Brežicah (1,4) lahko ocenimo prirastek koncentracije aktivnosti Cs-137 v Brežicah na okrog 3,8 E–4 Bq/m^3. Prirastek je tri velikostne rede nižji od izmerjenih vrednosti, zaradi česar ga ni mogoče ločiti od globalne kontaminacije.

Povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti v filtrirani vodi (suhi ostanek po izparevanju vzorca vode) je bilo na referenčnem mestu v Krškem 0,16 Bq/m^3, na odvzemnem mestu Jesenice na Dolenjskem pa 0,01 Bq/m^3. Nad jezom HE Brežice in v Brežicah cezij v filtrirani vodi v letu 2025 ni bil zaznan.

Cs-137 se je sicer v preteklosti navadno pojavljal v nekoliko višjih koncentracijah v filtrskem ostanku kot v vodni sušini, sedaj pa so rezultati praviloma na meji detekcije ali pod njo. Na referenčni lokaciji v Krškem in na lokaciji nad jezom HE Brežice v letu 2025 cezij ni bil zaznan v nobenem vzorcu. V Brežicah je bila najvišja izmerjena vrednost 0,65 Bq/m^3, povprečna pa 0,41 Bq/m^3. V Jesenicah na Dolenjskem je bila najvišja izmerjena vrednost 0,33 Bq/m^3, povprečna pa 0,10 Bq/m^3.

Izmerjene koncentracije aktivnosti Cs-137 v rekah po Sloveniji variirajo glede na lokacijo vzorčenja in so podobne ali višje od vrednosti, izmerjenih v reki Savi v okolici NEK. Povprečna koncentracija aktivnosti Cs-137 v letu 2025 je bila od 0,06 Bq/m^3 v Kolpi do 0,54 Bq/m^3 v Muri. V Soči, Savi (pri Ljubljani) in Krki Cs-137 v letu 2025 ni bil detektiran, ali pa je bil vsaj en rezultat meritve pod mejo kvantifikacije (velika merska negotovost) [22].

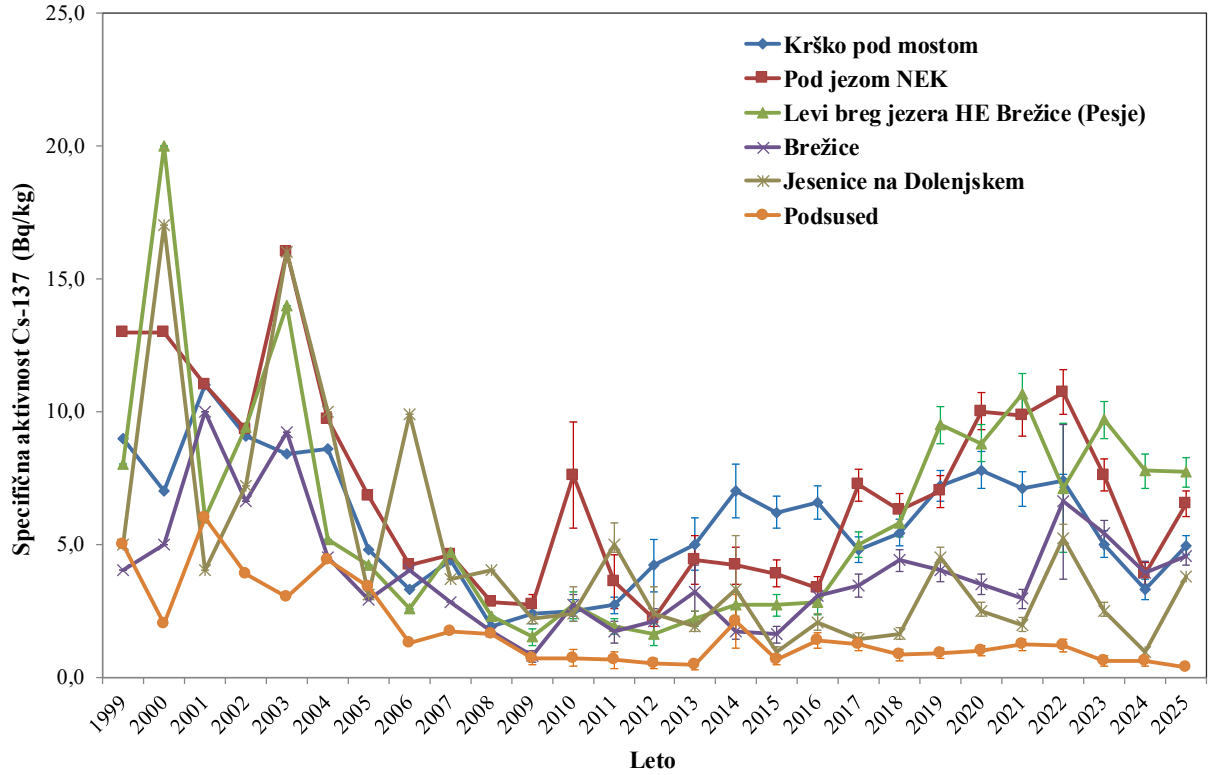
Povprečja izmerjenih specifičnih aktivnosti Cs-137 v sedimentih so od 0,4 Bq/kg v Podsusedu(HR) (meritve IRB) do 7,7 Bq/kg na levem bregu pretočne akumulacije HE Brežice pri Pesjah (meritve IRB). Na referenčnem mestu v Krškem je bilo povprečje 4,4 Bq/kg (meritve ZVD) oziroma 4,9 Bq/kg (meritve IRB).

Na sliki 1.8 smo primerjali dolgoletne poteke rezultatov meritev IRB. Opazne so razlike med meritvami na posameznih lokacijah. Na podlagi standardne deviacije (razsutja) posamičnih meritev vzorcev po lokacijah lahko to pripisujemo negotovosti vzorčenja. Pred letom 2010 se je specifična aktivnost Cs-137 v sedimentu na vseh lokacijah sistematično zmanjševala. To smo povezali z razpadom radionuklida iz globalne kontaminacije ter istočasno z izpiranjem talnega sedimenta. Specifične aktivnosti umetnih radionuklidov so v sedimentih zaradi izpiranja bistveno nižje kot v vrhnji plasti zemlje (običajna specifična aktivnost cezija v zemlji je namreč nekaj deset Bq/kg).

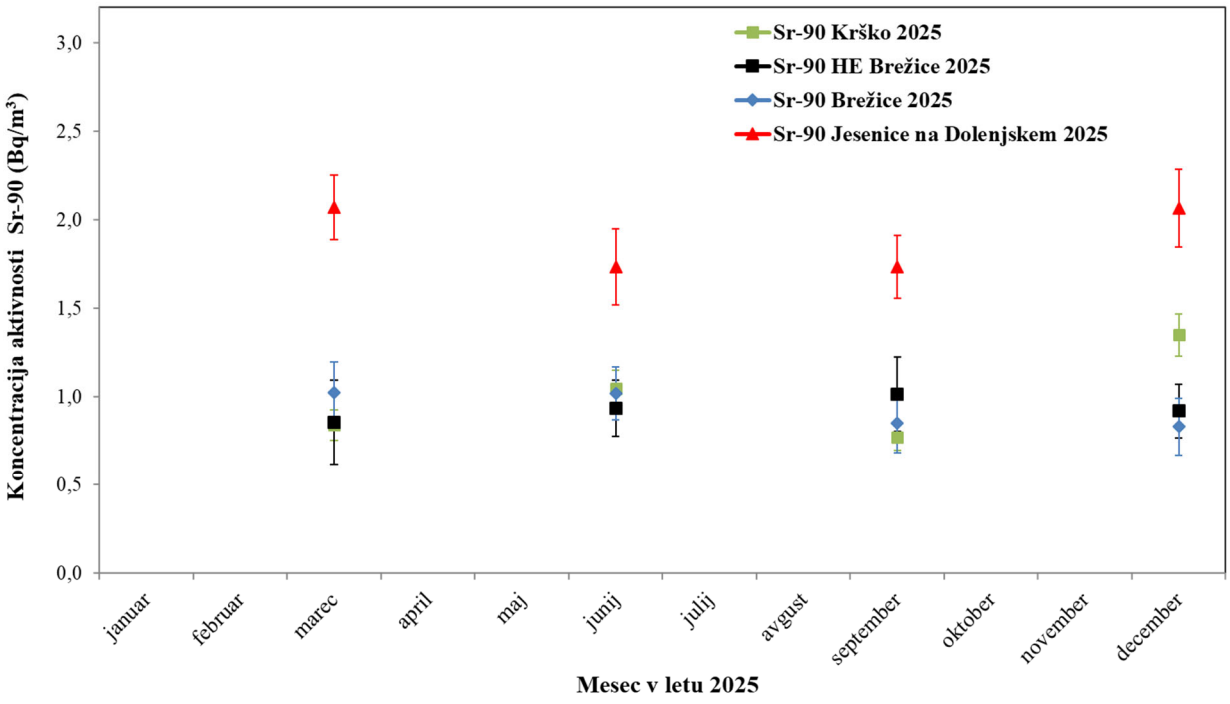
Iz rezultatov meritev na sliki 1.8 je razvidno, da je specifična aktivnost Cs-137 v letih od 2017 naprej na večini lokacij (tako na referenčni lokaciji kot v pretočni akumulaciji) naraščala, nato pa je od 2022 naprej zopet opazen upad. To je lahko posledica premikanja obrežnega sedimenta in morda tudi posledica posegov v okolje zaradi gradnje hidroelektrarn na spodnji Savi. Zaradi majhnih izpustov in razmeroma velikih vzorčevalnih in merskih negotovosti ugotavljamo, da učinka NEK v sedimentu ni mogoče zaznati.

Spektrometrične analize rib sta opravila ZVD in IRB. V meritvah rib, ki jih je opravil IRB, Cs-137 ni bil zaznan. V vzorcih rib, ki jih je meril ZVD je bil Cs-137 zaznan v vseh štirih vzorcih iz Brežic in sicer med 0,04 Bq/kg in 0,12 Bq/kg (povprečje 0,07 Bq/kg). V ostalih vzorcih rib ZVD cezija Cs-137 ni zaznal.

Glede na izpuste cezija iz NEK in posledično na povišanje koncentracije aktivnosti Cs-137 v vzorcih nefiltrirane vode (največ 0,0004 Bq/m^3) bi pričakovali, da je specifična aktivnost Cs-137 v ribah okrog 7,6 E-4 Bq/kg (upoštevajoč koncentracijski faktor B_r = 2,0 m^3/kg) [30], kar je približno dva reda velikosti nižje od izmerjenih specifičnih aktivnosti. Podobno kot pri sedimentu ugotovimo, da je specifična aktivnost cezija v ribah kot posledica učinka NEK nemerljiva in da je prisotnost Cs-137 predvsem posledica globalne kontaminacije.



Slika 1.8: Primerjava specifičnih aktivnosti Cs-137 v talnem sedimentu reke Save na lokacijah vzvodno in nizvodno od jezu NEK. Prikazane so povprečne specifične aktivnosti od 1999 do 2025. Meritve je izvedel IRB.



Slika 1.9: Primerjava četrtletnih povprečnih koncentracij aktivnosti Sr-90 v vodi (v suhem ostanku po izparevanju vzorca) reke Save na lokacijah Krško, nad jezom HE Brežice, Brežice in Jesenice na Dolenjskem. Meritve na lokacijah nad jezom HE Brežice, Brežice in Jesenice na Dolenjskem so mesečne, za primerjavo so izračunana četrtletna povprečja.

Stroncij (Sr-90)

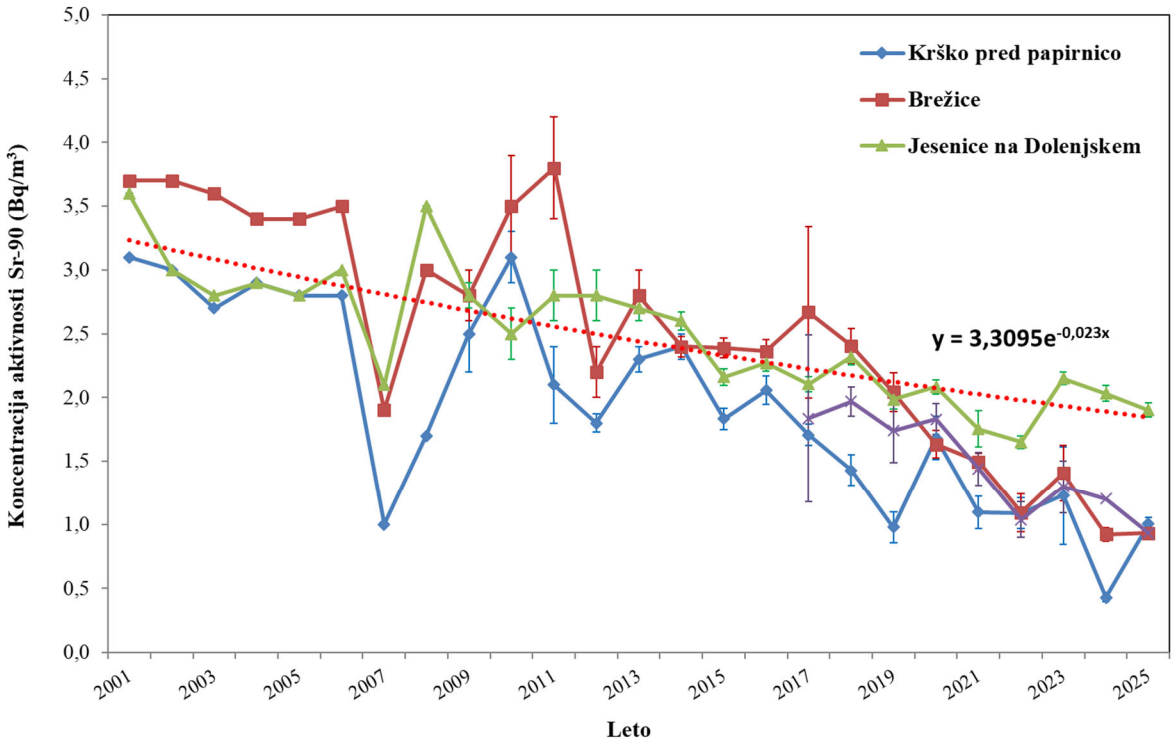
Sr-90 je podobno kot radionuklid Cs-137 prisoten povsod v okolju in je posledica globalne kontaminacije. V primerjavi s cezijem je bil delež stroncija v okolju zaradi učinka Černobila na področju Slovenije skoraj zanemarljiv. Kot posledica poskusnih jedrskih eksplozij pa je bil used obeh radionuklidov na naši geografski širini primerljiv.

Radioaktivni izotop stroncija Sr-90 je redno v tekočinskih izpustih NEK. V letu 2025 je bila v reko Savo izpuščena aktivnost 0,083 MBq.

Večina stroncija je raztopljena v vodi, koncentracija aktivnosti Sr-90 v vodi je vsaj 10-krat večja kot v filtrskem ostanku. Povprečne izmerjene koncentracije Sr-90 v filtrskem ostanku so 0,02 Bq/m^3 nad jezom HE Brežice, 0,05 Bq/m^3 v Krškem in 0,03 Bq/m^3 v Brežicah. V Jesenicah na Dolenjskem so bili vsi rezultati meritev pod mejo detekcije. Na splošno so koncentracije stroncija v vodi do 10-krat višje kot koncentracije Cs-137. Na sliki 1.9 je prikazana primerjava rezultatov meritev Sr-90 v vodi na različnih odvzemnih mestih v letu 2025.

Razlike med povprečji koncentracij aktivnosti Sr-90 na lokacijah, kjer se neprekinjeno vzorči, so v okviru negotovosti povprečij majhne, od 0,9 Bq/m^3 v Brežicah in nad jezom HE Brežice do 1,9 Bq/m^3 v Jesenicah na Dolenjskem. Tudi koncentracije aktivnosti Sr-90 v posamičnih (nefiltriranih) vzorcih vode v okviru merskih in vzorčevalnih negotovosti ne odstopajo od meritev neprekinjeno vzorčenih vzorcev filtrirane vode in so od 0,9 Bq/m^3 na levem bregu pretočne akumulacije do 1,3 Bq/m^3 nad jezom HE Brežice.

Povprečne koncentracije aktivnosti stroncija v drugih rekah po Sloveniji ne odstopajo od rezultatov meritev, izmerjenih v Savi v okolici NEK. Povprečna koncentracija, izmerjena v Savi na lokaciji Laze pri Ljubljani, je bila 1,9 Bq/m^3, v Dravi 0,9 Bq/m^3 in v Muri 1,3 Bq/m^3 [22]. Koncentracije aktivnosti Sr-90 v savski vodi so v okviru merskih in vzorčevalnih negotovosti podobne rezultatom iz zadnjih nekaj let (glej sliko 1.10). Opazen je trend upadanja, ustrezen razpolovni dobi stroncija (28,8 let). Primerjava rezultatov meritev na različnih lokacijah z upoštevanjem merskih negotovosti kaže, da je učinek NEK nemerljiv.



Slika 1.10: Primerjava povprečnih koncentracij aktivnosti Sr-90 v vodi reke Save in eksponentno upadanje zaradi radioaktivnega razpada; razpadna konstanta Sr-90 je 0,024 na leto in se v okviru negotovosti povprečij ujema z usmeritvijo na grafu (0,023 ± 0,02) na leto.

Specifične aktivnosti stroncija v obrežnih sedimentih so tipično do 10-krat nižje od specifičnih aktivnosti cezija. Na referenčni lokaciji v Krškem je bila povprečna letna izmerjena vrednost enaka 0,14 Bq/kg. Nad jezom HE Brežice je bil stroncij v vseh vzorcih pod mejo detekcije. Na ostalih lokacijah nizvodno od jezu NEK so bile povprečne specifične aktivnosti Sr-90 od 0,08 Bq/kg v Brežicah do 0,48 Bq/kg na levem bregu pretočne akumulacije. Specifična aktivnost stroncija v obrežnem sedimentu je tako primerljiva z rezultati meritev iz predhodnih let. V obrežnih sedimentih je učinek NEK nemerljiv.

Povprečja koncentracij stroncija Sr-90 v ribah so od 0,02 Bq/kg v Krškem do 0,06 Bq/kg v Brežicah. 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 vsebnosti tipično dva velikostna reda višje kot v mišicah. Glede na povprečno koncentracijo aktivnosti stroncija v vzorcih reke Save, 1,2 Bq/m^3, bi pričakovali, da je specifična aktivnost stroncija v ribah 0,07 Bq/kg (upoštevajoč koncentracijski faktor B_r = 0,06 m^3/kg) [30]. Povprečje izmerjenih specifičnih aktivnosti v ribah za vse lokacije skupaj je 0,04 Bq/kg (mišice in kosti ribe skupaj, meritve ZVD), kar se v okviru merilne negotovosti ujema s pričakovano vrednostjo glede na koncentracijo stroncija Sr-90 v vodi.

Drugi aktivacijski in fisijski produkti

Drugi fisijski in aktivacijski produkti (Co-58, Co-60, Cr-51, Mn-54, Ag-110m, Sb-125) se redno pojavljajo v tekočinskih izpustih NEK. V letu 2025 je bila skupna aktivnost teh radionuklidov vsaj šest velikostnih redov nižja od tritijeve. Cs-134 je bil v tekočinskih izpustih nazadnje izmerjen leta 2016. V zadnjih nekaj letih ni bil zaznan v okolju noben od naštetih radionuklidov. Nazadnje je bil detektiran Co-60 v letih 2003 in 2006 v vodi in sedimentu, Cs-134 pa v sedimentih leta 2002.

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 savski vodi so bile na vseh odvzemnih mestih (kontinuirano vzorčenje) povprečne koncentracije aktivnosti U-238 do 6,0 Bq/m^3 (Jesenice na Dolenjskem), Ra-226 do 2,5 Bq/m^3 (nad jezom HE Brežice), Pb-210 do 11,5 Bq/m^3 (Brežice), Ra-228 do 1,2 Bq/m^3 (nad jezom HE Brežice), Th-228 do 1,4 Bq/m^3 (Brežice) in Be-7 do 34 Bq/m^3 (Brežice).

Povprečne koncentracije aktivnosti K-40 so od 27 Bq/m^3 (Brežice) do 32 Bq/m^3 (Jesenice na Dolenjskem). Predvsem za K-40 je značilno izrazito nihanje, ki je povezano predvsem z onesnaženostjo rek, v manjši meri pa tudi z geološko sestavo tal. Koncentracije aktivnosti naravnih radionuklidov v vodi so tako podobne izmerjenim v rekah po Sloveniji. Koncentracija aktivnosti K-40 v rekah po Sloveniji variira, kot je to značilno za geološko raznovrstnost slovenskega ozemlja. Kalij je splošno razširjen v vrhnji plasti zemlje, njegove spojine pa so topne v vodi. Povprečna koncentracija aktivnosti kalija v rekah v letu 2025 je bila od 9,4 Bq/m^3 v reki Kolpi do 152 Bq/m^3 v Savinji. Najnižja izmerjena koncentracija aktivnosti K-40 je bila (6,2 ± 1,9) Bq/m^3 v Kolpi, najvišja pa je bila v Savinji (232,1 ± 8,1) Bq/m^3. Povišano vsebnost kalija lahko razlagamo s povišano sedimentacijo reke (mešanje vode in zemljine) na mestu odvzema (npr. po čistilni napravi v Laškem) [22].

V sedimentih so bile na vseh odvzemnih mestih povprečne specifične aktivnosti U-238 do 41 Bq/kg (Krško pod jezom NEK), Ra-226 do 36 Bq/kg (Krško pod jezom NEK), Pb-210 do 142 Bq/kg (levi breg pretočne akumulacije - Pesje), Ra-228 do 35 Bq/kg (Krško pod jezom NEK), Th-228 do 31 Bq/kg (Krško) in Be-7 do 80 Bq/kg (levi breg pretočne akumulacije - Pesje). Povprečne specifične aktivnosti K-40 so bile od 284 Bq/kg (Jesenice na Dolenjskem) do 478 Bq/kg (Krško pod jezom NEK).

V efluentih NEK naravni radionuklidi niso prisotni, zato ne ocenjujemo njihove obremenitve na okolje.

Tabela 1.4: Inventar tekočinskih izpustov v letih 2019–2025 [5].

Radionuklid	2019 [Bq/leto]	2020 [Bq/leto]	2021 [Bq/leto]	2022 [Bq/leto]	2023 [Bq/leto]	2024 [Bq/leto]	2025 [Bq/leto]
H-3	1,36E+13	2,95E+12	1,61E+13	2,43E+13	1,17E+13	5,73E+12	2,40E+13
C-14	8,76E+07	2,98E+08	1,31E+08	1,43E+08	4,11E+07	2,19E+08	1,05E+08
Na-24	–	–	–	–	–	–	–
Cr-51	–	–	–	4,02E+06	–	–	1,41E+06
Mn-54	4,01E+04	4,28E+05	9,07E+05	3,39E+04	3,16E+05	1,24E+05	–
Fe-55	4,25E+06	2,97E+06	3,86E+06	2,80E+06	2,28E+06	1,99E+06	1,58E+06
Fe-59	–	–	–	–	–	–	–
Co-57	–	–	–	–	–	–	–
Co-58	7,33E+06	1,18E+06	9,09E+06	4,98E+06	1,19E+07	2,97E+06	3,02E+06
Co-60	3,70E+06	2,37E+06	4,94E+06	2,43E+06	1,99E+06	2,26E+06	3,97E+06
Zn-65	–	–	–	–	–	6,55E+05	–
Se-75	–	–	–	–	–	–	–
Sr-85	–	–	–	–	–	–	–
Sr-89	–	–	–	–	–	–	–
Sr-90	7,80E+04	4,38E+04	4,34E+04	5,34E+04	1,05E+05	1,89E+05	8,27E+04
Y-92	–	–	–	–	–	–	–
Zr-95	–	–	–	–	–	1,24E+06	–
Nb-95	–	–	–	–	–	1,22E+06	–
Nb-97	–	–	–	–	–	–	–
Mo-99	–	–	–	–	–	–	–
Tc-99m	–	–	–	–	–	–	–
Kr-85	–	–	–	–	–	–	–
Kr-85m	–	–	–	–	–	–	–
Kr-87	–	–	–	–	–	–	–
Kr-88	–	–	–	–	–	–	–
Rb-88	–	–	–	–	–	–	–
Ru-103	–	–	–	–	–	–	–
Ru-106	–	–	–	–	–	–	–
Ag-110m	6,90E+06	1,97E+06	1,19E+07	1,84E+06	3,09E+06	1,27E+07	1,16E+07
Sn-113	–	–	–	–	–	–	–
Sb-124	–	–	–	–	–	–	–
Sb-125	–	–	2,10E+06	1,26E+06	–	6,28E+05	–
Te-123m	–	–	–	–	–	–	–
Te-125m	–	–	–	–	–	–	–
Te-127m	–	–	–	–	–	–	–
Te-129m	–	–	–	–	–	–	–
Te-132	–	–	–	–	–	–	–
I-129	–	–	–	–	–	–	–
I-131	1,92E+05	–	–	–	2,74E+05	–	–
I-132	–	–	–	–	–	–	–
I-133	–	–	–	–	–	–	–
I-134	–	–	–	–	–	–	–
Cs-134	–	–	–	–	–	–	–
Cs-137	2,17E+06	9,60E+05	1,81E+06	1,47E+06	1,23E+06	1,44E+06	1,62E+06
Cs-136	–	–	–	–	–	–	–
Cs-138	–	–	–	–	–	–	–
Xe-131m	–	–	–	–	–	–	–
Xe-133	–	–	–	–	3,67E+06	–	–
Xe-133m	–	–	–	–	–	–	–
Xe-135	–	–	–	–	–	–	–
Xe-135m	–	–	–	–	–	–	–
Ba-140	–	–	–	–	–	–	–
La-140	–	–	–	–	–	–	–
Ce-141	–	–	–	–	–	–	–
Ce-144	–	–	–	–	–	–	–
Hg-203	–	–	–	–	–	–	–

OCENA UČINKOV

Izpostavitev prebivalstva se ocenjuje iz neposrednih meritev izpustov (emisij) in z uporabo ustreznih modelov. Učinek na okolje po savski prenosni poti ocenjujemo iz primerjave rezultatov emisijskih meritev (meritev vzorcev iz odpadnih merilnih rezervoarjev – WMT in kalužuparjalnikov – 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 [29], revidirana pa v letu 2009 (*Izpostavitve referenčne skupine prebivalcev sevanju zaradi tekočinskih izpustov NEK v reko Savo – Nova referenčna lokacija* [30]). V metodologiji so prepoznane glavne prenosne poti, načini izpostavitve in referenčne osebe[14] za Slovenijo. Za modelno oceno obremenitev, ki bi jih lahko prinesle zgolj po Savi potekajoče prenosne poti, je bila izbrana kot referenca skupina brežiških športnih ribičev in članov njihovih družin. To so referenčne osebe, ki prejmejo dozo, značilno za bolj izpostavljene posameznike iz prebivalstva.

Enodimenzionalni (veljavni) model

V tabeli 1.4 je podan inventar letnih tekočinskih izpustov NEK za obdobje 2019–2025. Aktivnost izpuščenega tritija H-3 v letu 2025 (24,0 TBq) prevladuje nad aktivnostjo vseh preostalih radionuklidov. Čeprav tritij ni zelo radiotoksičen, velika izpuščena aktivnost še vedno pomeni, da je z vidika prejete efektivne doze na referenčne osebe pomemben radionuklid. Pomembni so aktivacijski produkti Cr-51, Co-58 in Co-60, Ag-110m in Sb-125 ter fisijska produkta Cs-137 in Sr-90. Pomemben je tudi C-14, ki sicer nima visoke radiotoksičnosti, vendar je po količini takoj za tritijem. Skupna izpuščena aktivnost vseh preostalih radionuklidov (poleg H-3 in C-14) je bila v letu 2025 23,3 MBq. Pri izračunu letne efektivne doze nismo upoštevali prispevka žlahtnih plinov in drugih zelo kratkoživih radionuklidov, ker za vnos v telo niso pomembni.

Za izračun letne efektivne doze v letu 2025 so bili uporabljeni naslednji vhodni podatki:

- letni izpust radionuklidov iz poročil NEK (tabela 1.4);
- povprečni pretok Save v Brežicah v tem obdobju (193 m^3/s);
- razredčitveno razmerje *DR* na lokaciji 350 m nizvodno od jeza NEK (3 ± 2) in v Brežicah (1,4 ± 0,6); to je dolgoletno povprečno razredčitveno razmerje od 2007 do vključno 2024, dobljeno iz primerjave meritev tritija v izpustih in v Brežicah;
- povprečna koncentracija suspendiranega sedimenta (8,16 g/m^3, povprečje meritev v Brežicah, nad jezom HE Brežice in Jesenice na Dolenjskem);
- predpostavka o maksimalno izpostavljenem posamezniku in ekstremni porabi (največja mogoča ocena izpostavitve).

Od številnih mogočih prenosnih poti za izpostavitev izpuščenih radionuklidov sta za prebivalce v okolici NEK najpomembnejši 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 realna podmena zaradi onesnaženosti reke. Vpliv reke Save na pitno vodo se obravnava v poglavju *Radioaktivnost v pitni in podzemni vodi*. Analizirano je tudi izpostavljanje pri kopanju v reki Savi. Ta prenosna pot se zdi malo verjetna, zato ni vključena v model.

V modelu je vključeno zadrževanje na bregu in uživanje rib, značilno za ribiče, ki so v našem primeru referenčne osebe. Podrobni podatki o navadah ribičev so bili dobljeni od gospodarja Ribiške družine Brestanica-Krško. Po njegovih informacijah morda tretjina ribičev uživa ujete ribe. Ti tvorijo referenčno skupino, ki šteje 36 ljudi. V tabeli 1.5 so podane značilnosti referenčne osebe, ki so bile uporabljene v metodologiji: čas, ki ga ribič in njegov otrok preživita na bregu, in letna poraba rib iz Save. Za oceno

[14] Za oceno obremenitve prebivalstva zaradi izpustov iz jedrskega objekta se uporablja referenčna oseba kot posameznik iz prebivalstva, ki prejema ali bi lahko prejel najvišje doze, pri čemer niso upoštevane osebe s skrajnimi in redkimi navadami [9].

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).

Ocenjena letna efektivna doza za referenčno osebo, narejena iz realnih izpustov NEK in ob predpostavkah največje izpostavitve (ekstremna poraba in maksimalni čas zadrževanja na obrežju, tabela 1.6), je za odraslo osebo v Brežicah 0,0076 μSv. Na bližji lokaciji (350 m nizvodno od NEK) pa je izračunana letna efektivna doza za odraslo osebo (maksimalna poraba) 0,0162 μSv (tabela 1.7). Če bi upoštevali povprečne navade referenčne osebe, bi bile prejete efektivne doze še nekajkrat nižje. Največja negotovost izračuna letnih efektivnih doz izvira iz negotovosti koncentracijskih faktorjev B_r za ribe, saj se privzeti faktorji lahko spreminjajo tudi za red velikosti. Podobno slabo so poznane tudi negotovosti doznih faktorjev, ki so bistveno večje od merskih negotovosti.

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 (odrasla referenčna oseba v Brežicah 0,044 μSv). V poročilu *IJS-DP-10114* [30] je bilo ugotovljeno, da je prenosna pot pitja rečne vode malo verjetna in je zato nismo upoštevali pri končnem vrednotenju izpostavljenosti.

Tabela 1.5: Značilnosti referenčne osebe in maksimalno izpostavljenega posameznika za Slovenijo, uporabljene v metodologiji

	Referenčna oseba (povprečne navade)	**Maksimalno izpostavljeni posameznik**
Čas, ki ga ribič preživi na bregu	200 h	**500 h**
Čas, ki ga ob ribiču preživi njegov otrok (10 let)	100 h	**250 h**
Letna poraba rib iz Save – ribič	10 kg	**45 kg**
Letna poraba rib iz Save – otrok (10 let)	3 kg	**10 kg**
Letna poraba rib iz Save – dojenček (1 leto)	0 kg	**0 kg**
Velikost referenčne (kritične) skupine	36 ljudi	**–**

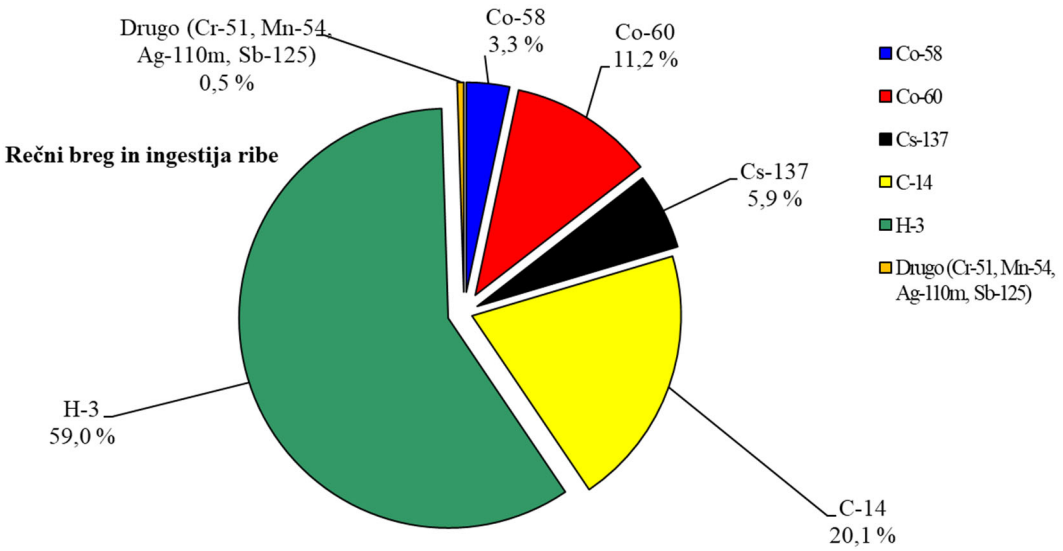
Tabela 1.6: Ocenjena efektivna letna doza posameznika iz prebivalstva v Brežicah. Zaradi primerjave s prejšnjimi leti smo upoštevali maksimalno izpostavljenega posameznika.

Lokacija	**Brežice**
Prenosne poti	Rečni breg in uživanje rib (zelo verjetna prenosna pot)
Starostna skupina referenčne osebe	**Letna efektivna doza (μSv)**
odrasli (> 17 let)	**0,0076 μSv** Prispevek zunanjega sevanja: 0,00110 μSv Prispevek zaužitja rib: 0,00648 μSv
otroci (od 7 do 12 let)	**0,0024 μSv** Prispevek zunanjega sevanja: 0,00055 μSv Prispevek uživanja rib: 0,00185 μSv
dojenčki (1 leto)	**0 μSv**

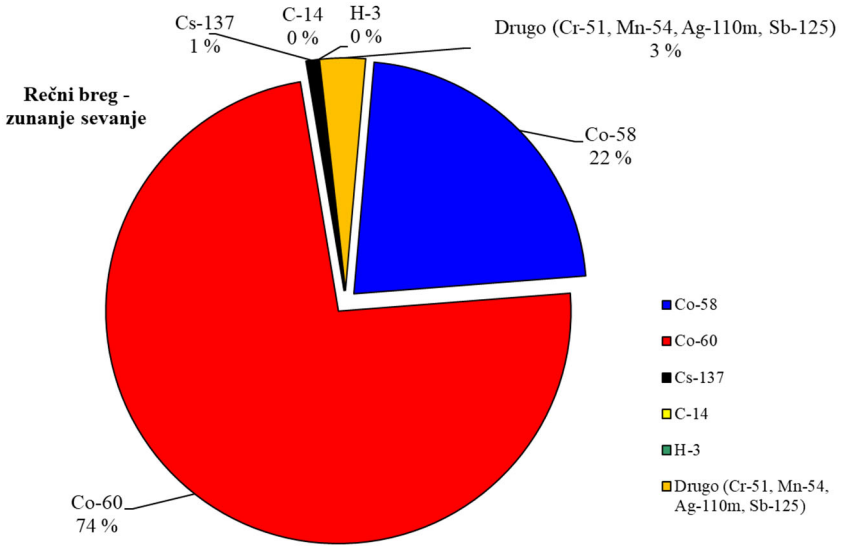
Tabela 1.7: Ocenjena efektivna letna doza posameznika iz prebivalstva na lokaciji 350 m pod jezom v letu 2025. Zaradi primerjave s prejšnjimi leti smo upoštevali maksimalno izpostavljenega posameznika.

Lokacija	**350 m pod jezom NEK**
Prenosne poti	Rečni breg in uživanje rib
Starostna skupina	**Letna efektivna doza (µSv)**
odrasli (> 17 let)	**0,0162 µSv** Prispevek zunanjega sevanja: 0,00235 µSv Prispevek zaužitja rib: 0,01389 µSv
otroci (od 7 do 12 let)	**0,0051 µSv** Prispevek zunanjega sevanja: 0,00117 µSv Prispevek uživanja rib: 0,00396 µSv
dojenčki (1 leto)	**0 µSv**

Na slikah 1.11 in 1.12 so deleži prispevkov posameznih radionuklidov, ki največ prispevajo k prejeti dozi pri zelo verjetni prenosni poti (zadrževanje na rečnem bregu in uživanje rib). H-3 največ prispeva k celotni dozi iz vseh prispevkov (59,0 %, dominanten je pri dozi zaradi zaužitja rib (68,9 %)). V prispevku zadrževanja na bregu je večina sevalne obremenitve zaradi Co-58 in Co-60, in sicer skupno 96 %. V prispevku pitja savske vode, ki je malo verjetna prenosna pot, postane dominantni prispevek H-3 skoraj 100 % in bi bila prejeta efektivna doza odraslega 350 m pod jezom NEK 0,176 µSv.



Slika 1.11: Prispevki posameznih radionuklidov k skupni dozi (zadrževanje na rečnem bregu in zaužitje rib na lokaciji 350 m nizvodno od NEK) v letu 2025. Največ prispeva H-3.



Slika 1.12: Prispevki posameznih radionuklidov k zunanji dozi pri zadrževanju na rečnem bregu 350 m nizvodno od NEK v letu 2025. Največ prispeva Co-60.

Tridimenzionalni (novi) model

V letu 2017 je bila zgrajena HE Brežice, ki je s svojim jezom in pretočno akumulacijo močno spremenila hidrodinamske razmere v Savi nizvodno od jedrske elektrarne Krško. Zaradi tega metodologija in model za oceno doz pri izpostavitvi prebivalcev, ki sta bila izdelana v letu 2003 [29] in revidirana v letu 2009 [30], nista bila več ustrezna. Za primerjavo je podana tudi ocena učinkov izračunana po novi metodologiji.

V začetku leta 2023 je bil zaključen projekt izdelave nove programske opreme DOSENEK [36]. Ta omogoča izračun ocene doz, ki temelji na novih hidrodinamskih razmerah v reki. Prvi korak k vzpostavitvi nove metodologije so bila modeliranja širjenja efluentov v reki, ki so bila opravljena s preizkušenim in uveljavljenim modelom PCFLOW3D ([33], [34], [35]). S pomočjo računalniških simulacij širjenja izpustov pri različnih pretokih Save so bili določeni razredčitveni koeficienti pri sedmih različnih točkah nizvodno od jezu NEK:

- T1: 350 m nizvodno od jezu NEK, levi breg
- T2: Razlivno območje – nadomestni habitat
- T3: dodatna lokacija 1, levi breg, 4 km od jezu NEK
- T4: levi breg pretočne akumulacije HE Brežice, 4,5 km od jezu NEK
- T5: dodatna lokacija 2, levi breg, 5,5 km od jezu NEK
- T6: desni breg pretočne akumulacije HE Brežice, 5,5 km od jezu NEK
- T7: nad jezom HE Brežice

Za izračun efektivnih doz za referenčno osebo na posamični lokaciji za različne starostne skupine iz prebivalstva v programu DOSENEK moramo med drugim vnesti podatke o izpustih:

- datum ter čas začetka in konca izpusta – trajanje izpusta (h)
- izpuščeni radionuklid in njegova aktivnost (Bq)
- prostornina izpuščenih odpadnih vod (m^3)
- pretok reke Save na dan izpusta (m^3/s)

Tabela 1.8: Značilnosti referenčne osebe na posamični lokaciji v pretočni akumulaciji HE Brežice, uporabljene v metodogiji za oceno letne efektivne doze [95]. Vse količine so za obdobje enega leta.

		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Čas zadrževanja na bregu (h)	**Dojenček**	0	10	10	10	10	10	0
	Otrok	0	100	100	100	100	100	0
	Odrasli	0	200	200	200	200	200	0
Količina zaužitih rib (kg)	**Dojenček**	0	0	0	0	0	0	0
	Otrok	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
	Odrasli	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6
Količina popite vode ob plavanju (m^3)	**Dojenček**	0	0	1,0E–06	1,0E–06	1,0E–06	1,0E–06	0
	Otrok	0	0	2,4E–04	2,4E–04	2,4E–04	2,4E–04	0
	Odrasli	0	0	1,9E–04	1,9E–04	1,9E–04	1,9E–04	0
Čas plavanja v reki (h)	**Dojenček**	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0
	Otrok	0	0	6	6	6	6	0
	Odrasli	0	0	12	12	12	12	0
Čas čolnarjenja v reki (h)	**Dojenček**	1	1	1	1	1	1	0
	Otrok	60	60	60	60	60	60	0
	Odrasli	120	120	120	120	120	120	0

Ob vsakem izpustu radioaktivnih snovi iz elektrarne se na posamični točki nizvodno od NEK koncentracija radionuklida v vodi najprej poveča, doseže maksimalno vrednost in nato pade. S pomočjo računalniških simulacij dobimo razredčitvene koeficiente, iz katerih izračunamo maksimalne koncentracije v reki za vsak izpust, poleg tega pa določimo tudi efektivni čas zadrževanja izpusta na določeni merilni točki. Iz teh podatkov lahko za vsako točko T1–T7 in za vsak radionuklid določimo povprečno mesečno koncentracijo v reki, natančneje prirastek k koncentraciji, ki je posledica izpustov iz NEK.

Iz teh podatkov lahko ocenimo efektivne doze za referenčne osebe in živali. V programu DOSENEK so tri starostne skupine referenčnih oseb: dojenček (< 1 leto), otrok (med 7 in 12 let) in odrasla oseba (> 17 let). Za navedene osebe so bile prepoznane naslednje možne prenosne poti: zadrževanje na rečnem bregu, plavanje v reki, čolnarjenje, uživanje rib in nenamerno pitje vode ob plavanju. Za vsako referenčno osebo so za posamezne točke T1–T7 določene značilnosti, oziroma tipični parametri vedenja, ki vplivajo na prejeto dozo: čas zadrževanja na bregu, čas plavanja v reki, čas čolnarjenja v reki, količina zaužitih rib in količina (nenamerno) popite vode ob plavanju v reki. Vsi ti parametri so bili za vse točke T1–T7 in vse referečne osebe ocenjeni na letni ravni, torej npr. letna količina zaužitih rib referenčne odrasle osebe na točki T2. Lastnosti referenčnih oseb za posamezne točke T1–T7 so predstavljene v tabeli 1.8.

Iz izračunanih povprečnih mesečnih koncentracij radionuklidov na posameznih točkah T1–T7 in ocenjenih značilnosti referenčnih oseb (tabela 1.8) se nato v skladu z metodologijo ocenijo prejete doze posameznih oseb na posameznih točkah v danem mesecu. Program ločeno poda efektivne doze, ki so posledica posamičnih izpuščenih radionuklidov.

Dodatno program omogoča izračun hitrosti absorbirane doze na bioto [95]. Referenčna organizma sta postrv (ves čas plava v reki) in žarkoplavutarice (pol časa plava v vodi, pol časa pa na meji med talnim sedimentom in vodo). Ocenjene hitrosti absorbirane doze za obe vrsti rib smo primerjali z izpeljanimi referenčnimi ravnmi, ki so v tabeli 6.2 v publikaciji ICRP [96]. Hitrosti absorbirane doze za postrv in žarkoplavutarico (mrena, linj, krap, som) so za vse lokacije v pretočni akumulaciji HE Brežice nizke in predstavljajo naravno ozadje. Več o računalniških modelih, načinu izračuna povprečnih mesečnih koncentracij radionuklidov in izračunu doz po posameznih prenosnih poteh je v dokumentu *Program za računanje efektivnih doz zaradi tekočinskih izpustov iz NEK* [95].

Ocenjene letne efektivne doze za referenčne osebe in živali za točke T1-T7 so navedene v tabeli 1.9. V splošnem so prejete efektivne doze na točkah blizu NEK večje kot na točkah bližje HE Brežice. To je posledica dejstva, da so pri bolj vzvodnih lokacijah izpusti še slabše premešani z rečno vodo in se zato na teh točkah doseže višja maksimalna koncentracija radionuklidov v vodi. Pri odraslih referenčnih osebah in otrocih je najvišja ocenjena doza pri točki T1 (350 m nizvodno od NEK). Doze v točki T2 (350 m nizvodno) so zgolj nekoliko manjše. Pri točki T2 so koncentracije radionuklidov v vodi sicer nižje kot pri točki T1, vendar pri točki T1 ni predvideno zadrževanje na bregu in plavanje v reki. Pri referenčnih osebah, mlajših od enega leta, so zato največje prejete efektivne doze pri točki T2, kjer je predvidenih vseh pet prenosnih poti.

Pri referenčnih vodnih organizmih smo predpostavili dve prenosni poti in sicer notranjo in zunanjo dozo. Ker referenčna organizma obe dozi prejemata ne glede na lokacijo, postrv in žarkoplavutarica največjo dozo prejmeta na točki T1 (točka z najslabše premešanimi izpusti).

Tabela 1.9: Ocenjene prejete letne doze referenčnih oseb po starostnih skupinah in dozne hitrosti za vodne organizme za vseh sedem lokacij (T1–T7).

		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Letna efektivna doza (µSv)	**Dojenček**	3,0E–08	1,1E–05	7,5E–06	6,5E–06	6,2E–06	6,5E–06	0,0E+00
	Otrok	5,2E–03	5,0E–03	2,8E–03	2,4E–03	2,3E–03	2,4E–03	2,0E–03
	Odrasli	8,3E–03	7,9E–03	4,3E–03	3,7E–03	3,5E–03	3,7E–03	3,1E–03
Hitrost absorbirane doze (µGy/dan)	**Postrv**	4,3E–03	4,0E–03	2,1E–03	1,8E–03	1,7E–03	1,8E–03	1,6E–03
	Mrena, linj, krap, som	4,3E–03	4,0E–03	2,1E–03	1,8E–03	1,7E–03	1,8E–03	1,6E–03

Oceno sevalnih učinkov delovanja NEK na prebivalstvo izvajamo pri točki T1, ker se ta ujema z lokacijo, za katero se efektivna doza izračuna z uporabo veljavnega modela. Za odraslo osebo so v tabelah 1.10 in 1.11 navedene prejete efektivne doze po posameznih prenosnih poteh za vse radionuklide na točki T1 in T3 v pretočni akumulaciji HE Brežice.

Slika 1.13 prikazuje prejete mesečne efektivne doze za tri referenčne osebe na lokaciji T3 v letu 2025. Lokacija T3 je izbrana, ker spada med točke z najvišjo prejeto efektivno dozo, ki jo referenčna oseba prejme po vseh petih prepoznanih prenosnih poteh. Za razliko od leta 2024 najvišje doze niso bile v času rednega remonta, pač pa v nekaj mesecih predtem. V poletnih mesecih so bili tudi največji izpusti v reko.

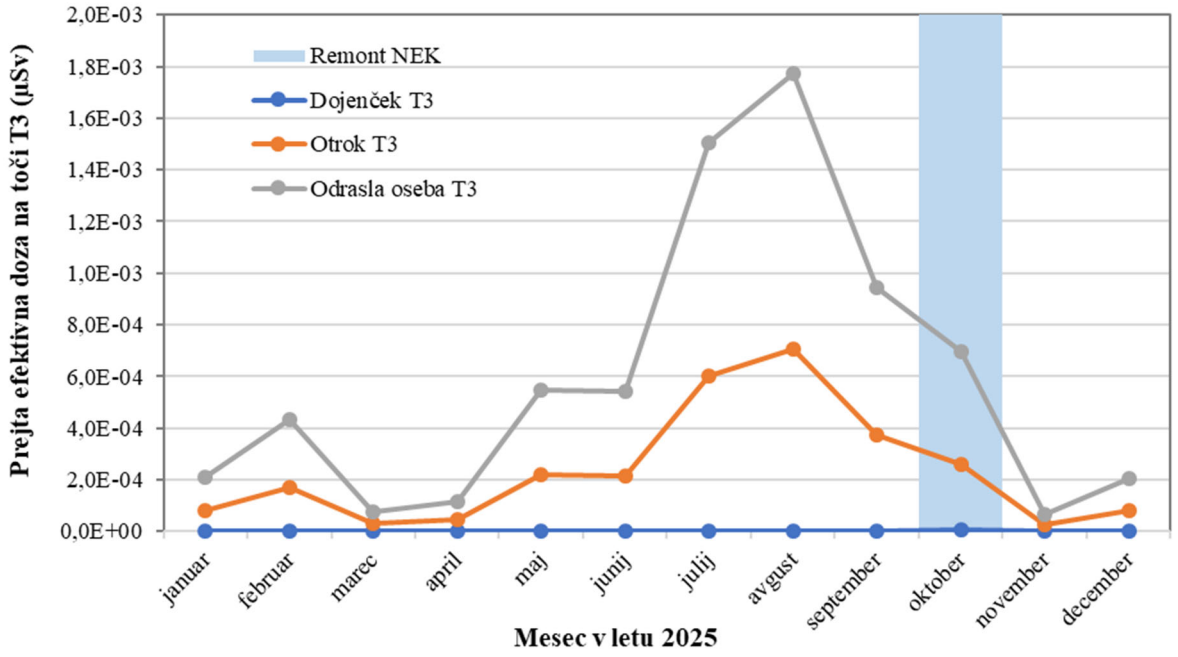
Slika 1.14 prikazuje deleže prejetih doz glede na radionuklid za vse referenčne osebe in organizme na lokaciji T3. Opazimo, da pri dojenčku prevladuje doza zaradi Co-60, Co-58 in H-3, pri otroku, odrasli osebi in ribah pa doza zaradi H-3 in C-14.

Tabela 1.10: Povprečne letne koncentracije radionuklidov (Bq/m^3) in letne prejete efektivne doze (µSv) za odraslo osebo po prenosnih poteh na točki T1 v pretočni akumulaciji HE Brežice. Najvišje doze pri vsaki prenosni poti so zapisane krepko.

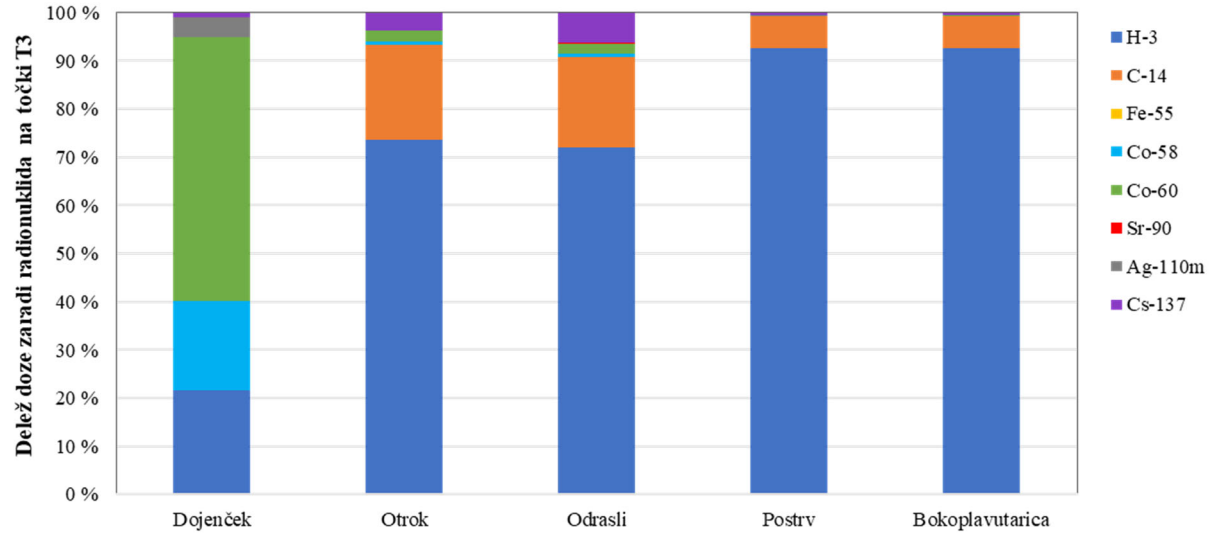
Radionuklid	Povprečna koncentracija aktivnosti v letu	Rečni breg	Zaužitje ribe	Zaužitje vode	Plavanje	Čolnarjenje	Skupna doza (radionuklid)
	(Bq/m^3)	(µSv)	(µSv)	(µSv)	(µSv)	(µSv)	(µSv)
H-3	**5,1E+04**	0,0E+00	**6,1E–03**	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	**6,1E–03**
C-14	1,9E–01	0,0E+00	1,6E–03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,6E–03
Fe-55	3,0E–03	0,0E+00	8,6E–07	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	8,6E–07
Co-58	6,9E–03	0,0E+00	5,0E–06	0,0E+00	0,0E+00	2,4E–07	5,3E–06
Co-60	8,2E–03	0,0E+00	2,7E–05	0,0E+00	0,0E+00	7,1E–07	2,8E–05
Sr-90	1,6E–04	0,0E+00	1,6E–06	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,6E–06
Ag-110m	2,7E–02	0,0E+00	1,1E–06	0,0E+00	0,0E+00	**2,6E–06**	3,7E–06
Cs-137	3,4E–03	0,0E+00	5,3E–04	0,0E+00	0,0E+00	7,1E–08	5,3E–04
Skupna doza (prenosna pot)		0,0E+00	8,2E–03	0,0E+00	0,0E+00	3,6E–06	8,3E–03

Tabela 1.11: Povprečne letne koncentracije radionuklidov (Bq/m^3) in letne prejete efektivne doze za odraslo osebo (µSv) po vseh petih prenosnih poteh na točki T3. Najvišje efektivne doze pri vsaki prenosni poti so zapisane krepko.

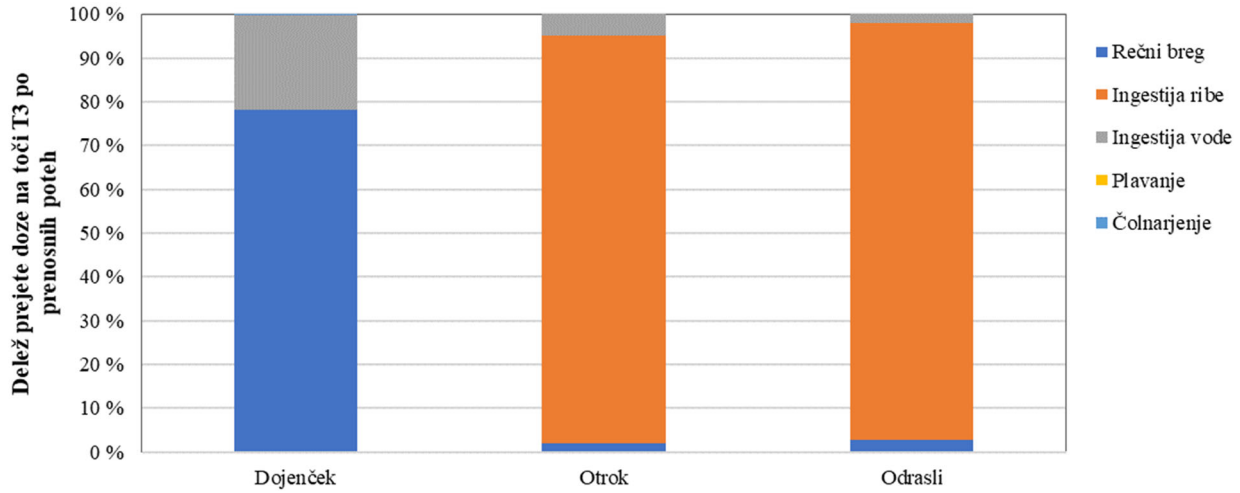
Radionuklid	Povprečna koncentracija aktivnosti v letu	Rečni breg	Zaužitje ribe	Zaužitje vode	Plavanje	Čolnarjenje	Skupna doza (radionuklid)
	(Bq/m^3)	(µSv)	(µSv)	(µSv)	(µSv)	(µSv)	(µSv)
H-3	**2,5E+04**	0,0E+00	**3,0E–03**	**8,7E–05**	0,0E+00	0,0E+00	**3,1E–03**
C-14	9,5E–02	2,4E–09	8,0E–04	1,1E–08	1,8E–12	0,0E+00	8,0E–04
Fe-55	1,5E–03	0,0E+00	4,5E–07	9,7E–11	0,0E+00	0,0E+00	4,5E–07
Co-58	3,4E–03	2,8E–05	2,5E–06	4,8E–10	1,5E–08	1,2E–07	3,0E–05
Co-60	4,0E–03	**8,3E–05**	1,4E–05	2,6E–09	4,8E–08	3,5E–07	9,7E–05
Sr-90	8,1E–05	1,4E–08	8,2E–07	4,3E–10	5,1E–14	0,0E+00	8,3E–07
Ag-110m	1,3E–02	6,0E–06	5,5E–07	7,0E–09	**1,7E–07**	**1,3E–06**	8,0E–06
Cs-137	1,7E–03	1,5E–06	2,6E–04	4,2E–09	4,6E–09	3,5E–08	2,7E–04
Skupna doza (prenosna pot)		1,2E–04	4,1E–03	8,7E–05	2,3E–07	1,8E–06	4,3E–03



Slika 1.13: Prikaz mesečnih prejetih efektivnih doz referenčne osebe po starostnih skupinah (dojenček, otrok in odrasla oseba) na lokaciji T3 v letu 2025. V mesecu oktobru 2025 je v NEK potekal redni remont. V poletnih mesecih pred remontom so bili izpusti močno povečani.



Slika 1.14: Deleži prejetih doz (glede na celotno prejeto letno dozo) po posameznih radionuklidih za referenčno osebo in vodna organizma na lokaciji T3. Pri referenčni osebi/organizmih se deleži močno razlikujejo, kar je posledica različnih navad oziroma značilnosti oseb in organizmov iz tabele 1.8.



Slika 1.15: Deleži prejetih efektivnih doz (glede na celotno letno prejeto dozo) po posameznih prenosnih poteh na lokaciji T3 za referenčno osebo po starostnih skupinah. Pri referenčnih organizmih (ribah) je efektivna doza zaradi notranje obsevanosti za tri velikostne rede višja od doze zaradi zunanje obsevanosti.

Prikazani deleži so v tesni odvisnosti z deleži po prenosnih poteh, ki jih prikazuje slika 1.15. Na tem grafu manjkata prikaza za ribi, saj je v njunem primeru notranja doza za tri velikostne rede večja od zunanje doze. Opazimo, da otrok in odrasla oseba dozo prejmeta predvsem preko uživanja rib. Ker za dojenčka ni predvideno prehranjevanje z ribami (tabela 1.8), je v njegovem primeru večina prejete doze posledica zadrževanja na rečnem bregu, eno petino doze pa prejme zaradi zaužitja rečne vode. Delež prejete doze zaradi ostalih dveh prenosnih poti (plavanje in čolnarjenje) je pri vseh treh referenčnih osebah manjši od 1 %.

V novem modelu so pri simulaciji tokov zajete samo točke T1–T7, ki so med NEK in HE Brežice. Za lokaciji Brežice in Jesenice na Dolenjskem torej v novi metodologiji nimamo določenih razredčitvenih koeficientov. Računanje doz bi sicer lahko opravili iz rezultatov meritev radioaktivnosti vzorcev, vendar lahko to naredimo neposredno le za tritij, za katerega lahko merimo prirastek h koncentraciji, ki je posledica NEK (slika 1.6). Posredno lahko iz izmerjenih koncentracij tritija izračunamo faktor razredčitve radioaktivnih snovi od HE Brežice do Brežic oziroma do Jesenic na Dolenjskem in grobo predpostavimo, da so za isti faktor manjše tudi prejete doze.

Za oceno prejetih doz referenčnih oseb na teh točkah lahko predpostavljamo, da so lastnosti teh oseb na lokacijah Brežice in Jesenice na Dolenjskem enake kot za osebe na lokacijah T3–T6. S tem zajamemo vseh pet prenosnih poti. Za potrebe računanja predpostavimo, da za točke T3–T6 ter lokaciji Brežice in Jesenice na Dolenjskem velja, da je razmerje med povprečnimi izmerjenimi koncentracijami tritija enako razmerju ocenjenih prejetih doz.

Povprečne koncentracije tritija na lokacijah nad jezom HE Brežice, v Brežicah in v Jesenicah na Dolenjskem so bile v letu 2025 5,15 kBq/m^3, 6,07 kBq/m^3 in 4,70 kBq/m^3. Če od teh koncentracij odštejemo še ozadje (povprečno meritev na referenčni točki v Krškem, 0,45 kBq/m^3), dobimo naslednje povprečne prirastke h koncentraciji aktivnosti tritija: 4,70 kBq/m^3 (nad jezom HE Brežice), 5,62 kBq/m^3 (Brežice) in 4,25 kBq/m^3 (Jesenice na Dolenjskem). Iz tega sledi, da je razredčitveni koeficient od lokacije nad jezom HE Brežice do lokacije Brežice enak 1,20, razredčitveni koeficient od lokacije nad jezom HE Brežice do lokacije Jesenice na Dolenjskem pa 0,90. Če prejete doze za lokacijo nad jezom HE Brežice množimo z naštetimi koeficienti, dobimo grobo oceno za prejete doze na preostalih dveh lokacijah.

Točka nad jezom HE Brežice dejansko sovpada s točko T7, vendar ta točka ne zajema vseh petih prenosnih poti, zato za prejeto dozo referenčnih oseb nad HE Brežice konservativno vzamemo kar povprečje na lokacijah T3–T6. To za dojenčka znaša 6,7E–06 µSv, za otroka 2,5E–03 µSv in za odraslo osebo 3,8E-03 µSv. Grobo ocenjene prejete doze na lokacijah Brežice in Jesenice na Dolenjskem za tri referenčne osebe v letu 2025 prikazuje tabela 1.12.

Tabela 1.12: Ocene prejetih efektivnih doz za referenčno osebo po starostnih skupinah (dojenček, otrok, odrasla oseba) na lokacijah Brežice in Jesenice na Dolenjskem v letu 2025. Vrednosti so podane v enotah µSv.

Lokacija	**Brežice**	**Jesenice na Dolenjskem**
Starostna skupina	Efektivna doza (µSv)	
Dojenček	8,0E–06	6,0E–06
Otrok	3,0E–03	2,3E–03
Odrasla oseba	4,6E–03	3,5E–03

Če primerjamo izračunane efektivne doze za referenčno osebo, ki se zadržuje 350 m nizvodno od jezu NEK, po različnih modelih ugotovimo, da je efektivna doza za odraslo osebo po veljavnem modelu skoraj dvakrat višja kot z uporabo novega modela. Razliko pripisujemo bolj realni porabi, ki jo upoštevamo v računih pri novem modelu. Prav tako pri starem enodimenzionalnem modelu upoštevamo konzervativne predpostavke, kar zvišuje ocenjeno vrednost. Pri otroku je ujemanje boljše, prejeti dozi, ocenjeni s starim in novim modelom se razlikujeta za manj kot 5 %. Zelo podobna stopnja ujemanja med novim in starim modelom je bila tudi v letu 2024.

SKLEPI

Tritij je edini radionuklid v okolju, ki ga lahko sistematično merimo v savski rečni vodi in je zagotovo vsaj delno posledica izpustov NEK. Tekočinski izpusti tritija v reko Savo so bili v letu 2025 višji kot v letu prej in tudi višji od dolgoletnega povprečja. Povprečne letne koncentracije aktivnosti H-3 v vodi so na odvzemnih mestih s kontinuiranim vzorčenjem nekaj kBq/m^3 (4,7–6,1 kBq/m^3), kar je za en red velikosti več od običajnega ozadja (okrog 0,6 kBq/m^3). Izmerjene koncentracije so precej višje od tistih v letu 2024, kar je posledica večjega skupnega izpusta v letu 2025. Tritij in C-14 sta glede na prispevek k prejeti dozi referenčnih oseb prevladujoča radionuklida. Sledijo še Co-60, Co-58 in Cs-137.

Učinek delovanja NEK zaradi izpustov drugih umetnih radionuklidov v reko Savo je v okolju zanemarljiv in tudi večinoma nemerljiv, saj so prispevki neločljivi od njihovih siceršnjih vrednosti v okolju (naravni vir, globalna kontaminacija). Iz podatkov o količini izpustov iz NEK in modelske ocene bi morali v okoljskih vzorcih takoj za tritijem zaznati C-14, Ag-110m, Cs-137, Co-58, in Co-60. Aktivnost naštetih radionuklidov v izpustih je pet do sedem velikostnih redov nižja od H-3. Izpusti Sr-90 pa so bili še bistveno nižji (devet redov velikosti).

Radionuklida C-14 zaradi razredčitve v Savi in glede na njegovo prisotnost v okolju navadno ne moremo ločiti od naravnega ozadja. C-14 je bil merjen v savski vodi in ribah. Izmerjene specifične aktivnosti v vzorcih so podobne značilnim okoljskim vrednostim. Prispevek C-14 iz tekočinskih izpustov iz NEK smo ocenili iz meritev v četrtletnih vzorcih WMT, ki jih je opravil IRB.

V letu 2025 jod I-131 ni bil zaznan v izpustih NEK, redno pa ga opazimo v vzorcih savske vode, tako na referenčni lokaciji nad NEK kot tudi na vseh vzorčevalnih mestih pod NEK. I-131 v okolju je posledica uporabe tega izotopa v terapevtske in diagnostične namene v bolnišnicah. V vzorcih vode smo v letu 2025 občasno zaznali tudi lutecij Lu-177, ki se uporablja v medicinske namene in ni del izpustov NEK.

Kobaltovih izotopov, ki so redno prisotni v izpustih, v okolju v letu 2025 nismo zaznali.

Meritve Cs-137 v vodi so na vseh lokacijah (tudi referenčni) večinoma pod mejo detekcije. Lažje se cezij zazna v rečnih sedimentih. Sr-90 v vodi se sicer pojavlja v nekoliko višjih koncentracijah aktivnosti kot Cs-137, vendar so njegove specifične aktivnosti v sedimentih bistveno nižje kot pri ceziju (blizu meje detekcije). Povečanih koncentracij aktivnosti Sr-90 in Cs-137 v savski vodi nizvodno od NEK, ki bi lahko bile povezene z izpusti NEK, nismo opazili. Spreminjanje specifične aktivnosti Sr-90 in Cs-137 v vzorcih obrežnih sedimentov zelo verjetno ni posledica delovanja NEK, temveč naravnega premikanja sedimentov in morda tudi posegov v okolje zaradi gradnje hidroelektrarn na spodnji Savi.

Ocena učinkov temelji na modelu, ki je bil izdelan v letu 2003 in revidiran v letu 2009. Iz izmerjenih izpustov NEK v letu 2025 in upoštevanja ustreznih razredčitev, ki smo jih uporabili v modelni oceni, lahko sklenemo, da je izračunana letna efektivna doza referenčne osebe na kateri koli lokaciji nizvodno od NEK zaradi savske prenosne poti zanemarljiva (nižja ali enaka 0,0162 μSv na leto; ocena velja za 350 m nizvodno od jezu NEK). Pri izračunu smo upoštevali maksimalno izpostavljenega posameznika.

Zaradi spremenjenih hidrodinamskih pogojev reke Save po izgradnji pretočne akumulacije HE Brežice je bila izvedena projektna naloga *Vpliv HE Brežice na NEK in Poročilo o vplivih na okolje za podaljšanje obratovalne dobe NEK* [31]. Če za oceno efektivnih doz za referenčne osebe na različnih lokacijah v pretočni akumulaciji HE Brežice in za njo uporabimo novi model, ki je bil dokončno izdelan v letu 2023, ugotovimo, da so izračunane efektivne doze na primerljivih lokacijah (350 m nizvodno od jezu NEK in Brežice) do dvakrat nižje, kot če uporabimo stari veljavni enodimenzionalni model. Razlike nastanejo zaradi konzervativnih predpostavk pri redčenju v savski vodi in porabah ali časih zadrževanj na bregu ali na vodi. Najvišja efektivna doza za odraslo osebo v pretočni akumulaciji, izračunana po novem modelu, je na točki T1 nižja ali enaka 0,0083 μSv na leto za odraslo osebo oziroma 0,0052 μSv za otroka, oziroma na točki T2 nižja ali enaka 1,1E–05 μSv za dojenčka – tabeli 1.8 in 1.9. Tudi hitrosti absorbirane doze za postrv in žarkoplavutarico so za vse lokacije v pretočni akumulaciji HE Brežice nizke in predstavljajo naravno ozadje. V poročilu podajamo pregledni tabeli z efektivnimi dozami za odraslo osebo na točkah T1 in T3 v pretočni akumulaciji. Na lokaciji T3 smo upoštevali vse možne prenosni poti.

2 RADIOAKTIVNOST V PITNI IN PODZEMNI VODI

POVZETEK

Podzemna voda krško-brežiškega polja se uporablja za pitje, namakanje in druge gospodarske namene. Vir vode so vodonosniki, ki so v večji ali manjši meri povezani s Savo in padavinami. Na podlagi merskih rezultatov v letu 2025 ter na podlagi rezultatov meritev iz preteklih let ugotavljamo učinek izpustov NEK na pitno vodo in podtalnico v občinah Krško in Brežice. V letu 2025 ni bilo sprememb vzorčevalnih mest, v okviru potrjenega letnega programa monitoringa je bilo zbranih 156 vzorcev vode na 15 lokacijah: vodovodi in črpališča v Brežicah in Krškem, vrtine znotraj ograje NEK, v neposredni bližini akumulacijskega jezera HE Brežice in na Hrvaškem. Za primerjavo je bil analiziran še vzorec na referenčni lokaciji v Ljubljani. V odvzetih vzorcih so bile izmerjene koncentracije aktivnosti naravnih in umetnih radionuklidov. Tako kot v prejšnjih letih sta bila tudi v letu 2025 med umetnimi radionuklidi največkrat zaznana H-3 in Sr-90. Cs-137 je bil večinoma pod mejo kvantifikacije, I-131 in drugi umetni radionuklidi niso bili zaznani v nobenem vzorcu. Iz izmerjenih povprečij mesečnih koncentracij aktivnosti radionuklidov je bila ocenjena letna efektivna doza za tri starostne skupine prebivalstva, ki uporabljajo vodo iz vzorčenih vodovodov in črpališč za pitje. Izračunane letne efektivne doze zaradi prispevka umetnih radionuklidov v pitni vodi so glede na celotno letno dozo zaradi umetnih in naravnih radionuklidov v pitni vodi kvečjemu 0,36 % *v brežiškem in 1,90 % v krškem vodovodu, ob tem da NEK ni vir vseh zaznanih umetnih radionuklidov. Na podlagi izračunanih letnih efektivnih doz umetnih in naravnih radionuklidov v vodovodih in črpališčih v okolici NEK lahko trdimo, da je v letu 2025 učinek delovanja NEK na pitno vodo zanemarljivo majhen.*

UVOD

Lokacije in obseg vzorčenja pitne vode in podtalnice so določeni v programu nadzora, ki ga pripravi upravni organ URSJV [9]. V letu 2025 ni bila spremenjena nobena lokacija vzorčenja. Vodovod Ljubljana je referenčna lokacija in se redno analizira v okviru republiškega nadzora radioaktivnosti v pitni vodi v Sloveniji [23]. Izračun izpeljanih vrednosti koncentracij (*IK*) umetnih radionuklidov v pitni vodi je v *Uredbi o mejnih dozah, referenčnih ravneh in radioaktivni kontaminaciji* [11] in *Pravilniku o monitoringu radioaktivnosti v pitni vodi* [10]. *Z* analizami ugotavljamo koncentracije aktivnosti naravnih in umetnih radionuklidov in iz njih sklepamo na morebitni prispevek k celotni letni efektivni dozi prebivalcev zaradi obratovanja NEK. V skladu z zahtevami *Pravilnika o monitoringu radioaktivnosti* [9] ovrednotimo sevalne obremenitve za tri starostne skupine, in sicer za dojenčka (do enega leta), otroka (7–10 let) in odraslo osebo, starejšo od 17 let. Pri izračunih upoštevamo dogovorjeno količino zaužite vode iz navedb v priporočilih Svetovne zdravstvene organizacije. Iz izsledkov ankete med prebivalci v okolici NEK je razvidno, da povprečen odrasel prebivalec letno zaužije 0,40 m^3 vode. Realne doze so torej lahko tudi do polovice manjše, vendar ohranjamo prvotne izračune zaradi kontinuitete in primerljivosti z drugimi študijami.

Kontrolirani izpusti iz jedrskih in sevalnih objektov ter uporaba virov v medicini so glavni viri antropogenih snovi v okolju in s tem tudi v pitni vodi. V letu 2025 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.

Med radionuklidi umetnega izvora v letu 2025 ni bilo sprememb v primerjavi s prejšnjimi leti: v vodi iz črpališč in vrtin smo poleg tritija izmerili le še Sr-90. I-131 ni bil zaznan v nobenem vzorcu iz črpališč oziroma vrtin. V petih vzorcih je bil zaznan tudi Cs-137, vrednosti so bile največkrat pod mejo kvantifikacije in zato obremenjene z veliko merilno negotovostjo.

NEK stoji tik ob reki Savi in uporablja savsko vodo za hlajenje. Med obratovanjem nadzorovano izpušča nekaj 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.

Tritij in C-14 sta naravna in antropogena radionuklida. Nastajata v zgornjih plasteh atmosfere, v nekaterih industrijskih panogah in med proizvodnjo električne energije v jedrskih elektrarnah. Sta edina merjena radionuklida v sklopu merilnega nadzora, ki se redno pojavljata v emisijskih, imisijskih in okoljskih merskih rezultatih. V izpustih NEK poleg H-3 zasledimo tudi merljive količine C-14, v vzorcih vod ga ne ugotavljamo.

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 uporabljanih 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 [50]. 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 vzorčenja

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

Vzorčenje vodovodov, črpališč in podtalnice (vrtine) je v letu 2025 potekalo v skladu s *Pravilnikom o monitoringu radioaktivnosti* in tehničnimi specifikacijami NEK *(Radiological Effluent Technical Specifications, RETS)* [5] 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, 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, levi breg Save, 3,2 km od Save; VT-1 in VT-2, globina 200 m.
2. *Posamični 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, levi breg Save.
3. *Posamični 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 (samo analiza tritija);
   - vrtina V-7/77, levi breg Save, približno 3 km nizvodno od jezu NEK in približno 600 m od struge Save (samo analiza tritija);
   - vrtina V-12/77, desni breg Save, približno 3,4 km nizvodno od jezu NEK in približno 300 m od struge Save (samo analiza tritija);
   - vrtina Medsave, Republika Hrvaška, desni breg Save, 23 km od NEK, 0,1 km od Save, kontrolna točka med Savo in črpališči na Hrvaškem;
   - vrtina Šibice, Republika Hrvaška, levi breg Save, 22 km od NEK, 2 km od Save, globina vrtine 10–15 m;
   - vrtina Petruševec, Republika Hrvaška, levi breg Save, 60 km od NEK, 1 km od Save, globina vrtine 80 m.

4. *Posamično letno vzorčenje na referenčni lokaciji*
   – vodovod Ljubljana: Osrednjeslovenska regija, republiški nadzor radioaktivnosti pitne vode [23].

V črpališčih Brege, Rore, Brežice – Glogov Brod in na odvzemnem mestu vodovoda 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 enem vzorčevalnem mestu pri uporabnikih (vodovod Brežice) se vzorčenje izvaja ročno, enkrat dnevno po 1,5 L vode. Na bencinskih servisih in iz vrtine E1 se odvzame posamični vzorec četrtletno. Iz vrtine VOP-4 se jemlje posamični mesečni vzorec na začetku tekočega meseca, enkrat mesečno so vzorčene tudi preostale tri vrtine v bližini NEK, na katerih se opravlja samo analiza tritija. Vzorčenje na Hrvaškem se opravlja na treh vzorčevalnih mestih v bližini Zagreba. Posamična mesečna vzorčenja na začetku meseca in spektroskopske analize opravijo na IRB. Rezultate z vseh treh hrvaških vzorčevalnih mest obravnavamo kot podtalnico.

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 radiokemijsko metodo za ugotavljanje Sr-90.

Kot določa *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti* [9], so metode vzorčenja, priprave vzorcev in meritev izbrane tako, da je detekcijska meja za posamezne radionuklide praviloma pod tridesetino mejnih vrednosti kontaminacije za pitno vodo. Metode vzorčenja, 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))*, *Vzorčenje in priprava vzorcev za ugotavljanje tritija (LSC-DN-06), Analiza in izračun vsebnosti tritija (LSC-DN-07)* in *Določanje tritija s tekočinskim scintilacijskim štetjem (SDN-O2-STC(02)).*

Pitna voda na vplivnem območju NEK in referenčnih lokacijah

Podjetje Kostak [52] upravlja s 13 vodnimi viri v 9 vodovodnih sistemih v občinah Krško in Kostanjevica ob Krki. V vodovodni sistem Krško sta redno vključena dva vodna vira; vodnjak Brege in vodarna Rore s tremi vrtinami. Tretji vir, vodnjak Drnovo, je samo občasen in rezervni vir pitne vode zaradi nekoliko višjih vrednosti pesticidov, njihovih metabolnih produktov in nitratov v bližnji preteklosti.

Oskrbo s pitno vodo v občini Brežice zagotavlja podjetje Komunala Brežice in je zasnovana na 7 javnih vodovodnih sistemih. Vodovodni sistem Brežice napaja šest zajetij: vodnjaka Glogov Brod in Brezina, dve vrtini Prilipe in dve zajetji oziroma izvira, Novaščk in Arnovo selo (Brezovec) [53]. Vrtini in vodnjaka zagotavljajo skoraj 98 % pitne vode, od tega dobro polovico, skoraj 52 % celote, vodnjak Glogov Brod.

Centralni vodovodni sistem Ljubljana sestavlja pet vodarn s 44 črpališči, področje je razdeljeno na devet vodooskrbnih območij [54].

V vseh vodovodnih sistemih izvajajo nadzor pitnih vod po ustaljenih postopkih na osnovi načrtov HACCP. Ti vsebujejo mesta vzorčenja, vrsto preskušanj in najmanjšo frekvenco vzorčenja. Le ta se določa na osnovi ocene tveganj za vsako oskrbovalno območje posebej.

V tem poročilu obravnavana oskrbovalna območja se med seboj zelo razlikujejo, število vzorcev in vrst analiz ni primerljivo, prav tako so poročila o kakovosti pitnih vod zelo različno zasnovana. V preteklih letih smo zasledili kvečjemu nekaj neskladnih vzorcev za mikrobiološka preskušanja, na kemijskih preskušanjih so bili vzorci skladni.

REZULTATI MERITEV IN TIPIČNI ČASOVNI POTEKI

V tabelah od T-28 do T-36 ter T-V1, T-V2, T-V3, T-V4, T-HE 12, T-HE 13, T-HE 14 v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2025, IJS-DP-15403, marec 2026,* so na priloženi zgoščenki zbrani merski rezultati koncentracij aktivnosti radionuklidov v vseh zgoraj omenjenih vrtinah, vodovodih in črpališčih.

Tritij (H-3)

Tritij zavzema največji delež aktivnosti plinastih in tekočinskih radioaktivnih izpustov iz NEK, ki lahko vplivajo na stanje v podtalnici. Kemijsko je HTO molekula vode, kar pomeni, da je idealni sledilec za gibanje podzemnih vod.

Na sliki 2.1 so prikazane koncentracije aktivnosti H-3 v mesečnih sestavljenih vzorcih vode iz črpališč in vodovodov v okolici NEK. Vodovodne vode krško-brežiškega polja lahko tudi v letu 2025 razdelimo v tri razrede. Tudi v letu 2025 so bile najnižje izmerjene vrednosti v vzorcih vod iz Vodovoda Brežice in črpališča Glogov Brod, s povprečno koncentracijo aktivnosti okrog 110 Bq/m^3, ki je glede na zeta test primerljiva za obdobje zadnjih šestih let. Vsebnost tritija v vzorcih iz črpališča Rore je tudi konstantna, le z nekoliko višjimi koncentracijami aktivnosti, reda velikosti 500 Bq/m^3. Tritijeve vsebnosti za vodovod Spodnji Stari Grad so tudi v letu 2025 spremenljive: večji del leta, od januarja do septembra ter novembra in decembra, se je vodovod večinoma napajal iz istega vodonosnika kot črpališče Brege, v pretežno poletnem času, od julija do oktobra, pa je bila voda mešana z vodo iz vira, ki napaja tudi črpališče Rore. Od leta 2023 je izrazito mešanje vod iz obeh virov prisotno dva do štiri mesece na leto, mesec do dva na leto pa je prevladujoč vodonosnik, ki napaja tudi črpališče Rore. Mešanja oziroma zamenjave virov se ne dogajajo vedno v istem letnem času. Vrednosti za tritij s črpališča Brege so najvišje v okolici NEK in tudi v Sloveniji nasploh, vendar še vedno dosegajo manj kot dva odstotka mejne vrednosti 100 Bq/L[15], ki je predpisana v *EU direktivi za pitne vode* [44] in *Pravilniku o monitoringu radioaktivnosti v pitni vodi* [10]. Od februarja 2024 dalje, ko je vsebnost tritija dosegla lokalni vrh zadnjih nekaj let in s tem tudi raven petletnega obdobja med letoma 2013 in 2018, opazujemo rahlo padajoče vrednosti.

Tabela 2.1 Srednja vrednost koncentracije aktivnosti H-3 v črpališčih in vodovodih v okolici NEK za petletno obdobje od leta 2021 do 2025

	2025	(Bq/m^3)	2024	(Bq/m3)	2023	(Bq/m^3)	2022	(Bq/m^3)	2021	(Bq/m^3)
ČRPALIŠČE BREGE	1478 ± 15		1796 ± 30		1559 ± 27		1026 ± 20		1401 ± 37	
ČRPALIŠČE RORE	476 ± 9		477 ± 17		490 ± 16		491 ± 11		573 ± 16	
VODOVOD SP. STARI GRAD	1131 ± 13		1429 ± 26		927 ± 20		897 ± 17		812 ± 21	
VODOVOD BREŽICE	118 ± 8		108 ± 14		100 ± 13		104 ± 5		118 ± 6	
ČRPALIŠČE BREŽICE	105 ± 7		128 ± 18		113 ± 12		117 ± 5		143 ± 40	

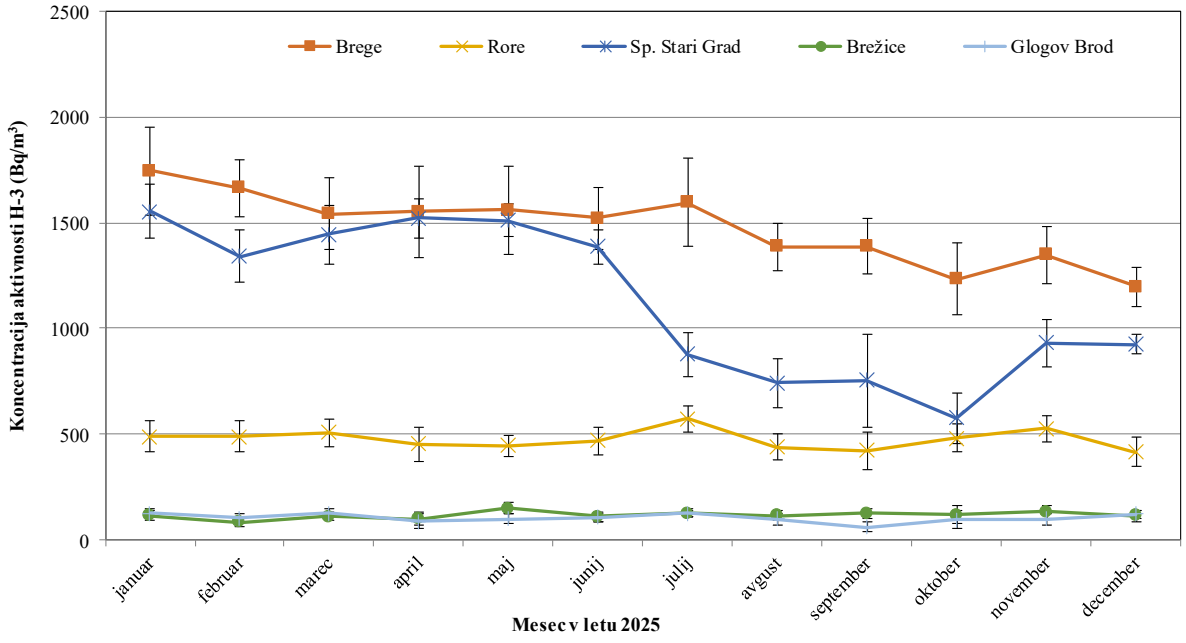
Povprečja mesečnih koncentracij aktivnosti tritija za mesečne vzorce z neprekinjenim vzorčenjem od leta 2021 do leta 2025 so zbrana v tabeli 2.1. Medtem ko se srednje vrednosti za črpališče Rore, črpališče Glogov Brod in vodovod Brežice v tem obdobju znatno ne spreminjajo, opazimo spremembo srednje vrednosti za črpališče Brege. Vrednosti v vodovodu Spodnji Stari Grad med letom najbolj zanihajo, na srednji vrednosti pa se to zaznavno vidi v letu 2024.

Poleg rednih mesečnih odvzemov vode na črpališčih in vodovodih v občinah Krško in Brežice je bila tudi v letu 2025 analizirana voda s po štirimi posamičnimi odvzemi na bencinskih servisih Petrol v Krškem in v Brežicah. Vrednosti za vodo iz brežiškega vodovoda so bile v letu 2025 pod mejo detekcije, ocena

[15] Parametrična vrednost je vrednost radioaktivnih snovi v pitni vodi, nad katero organ, pristojen za varstvo pred sevanji, preveri, ali prisotnost radioaktivnih snovi v pitni vodi predstavlja tveganje za zdravje ljudi, na katero se je treba odzvati, ter po potrebi sprejme sanacijske ukrepe za izboljšanje kakovosti vode do take stopnje, da bodo izpolnjene zahteve za varovanje zdravja ljudi z vidika varstva pred sevanjem [10].

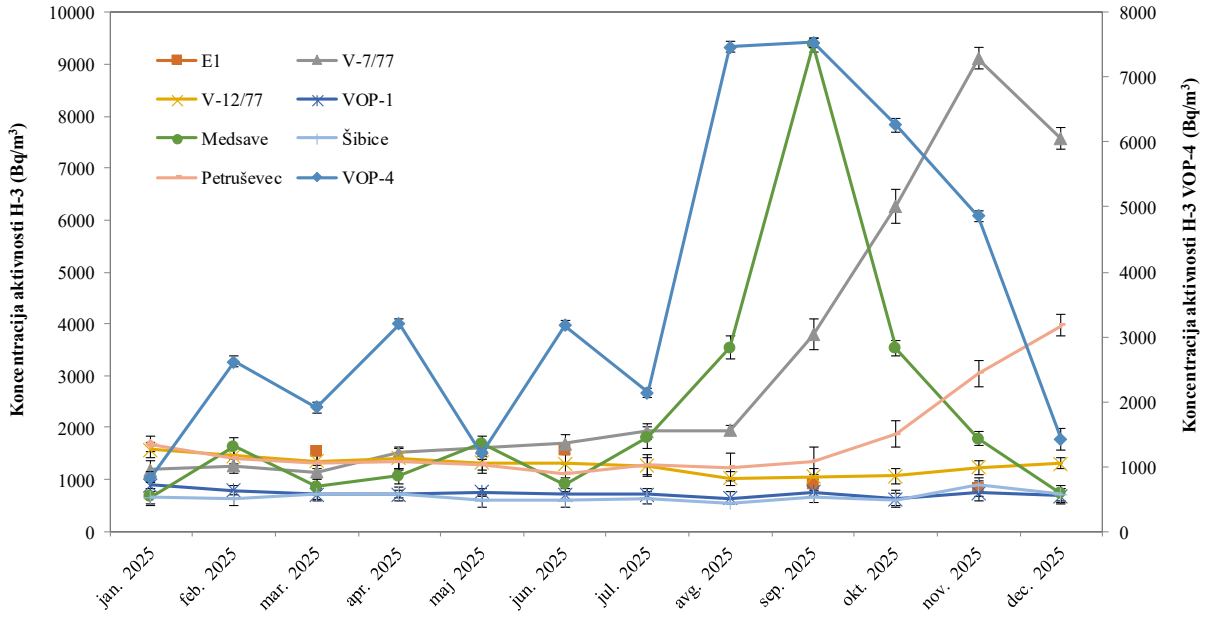
koncentracije aktivnosti je 54 Bq/m^3. Ocena je izpeljana po metodologiji, ki je opisana v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2025, IJS-DP-15403.* V vzorcih krškega vodovoda so vrednosti drugega velikostnega reda, v povprečju okrog (440 ± 44) Bq/m^3. Obe vrednosti sta za polovico manjši kot v letu 2024. Velikostni red povprečja za vzorčevalno mesto vodovoda Krško na Petrolu je v letu 2025 istega velikostnega razreda kot koncentracija aktivnosti tritija v ljubljanskem vodovodu ((487 ± 32) Bq/m^3) in povprečne vrednosti s črpališča Rore (476 ± 9) Bq/m^3. Krški Petrol je v dneh vzorčenja očitno prejel večino vode iz črpališča Rore.

Zaradi 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, kar je namenjeno sledenju izpustov iz NEK. Vrtinama E1 za izključitvenim območjem 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, v letu 2021 pa še vrtina s črpališča Petruševec v Zagrebu. Mesečne koncentracije aktivnosti so prikazane na sliki 2.2. Od januarja do julija so izmerjene vsebnosti tritija v vseh opazovanih vrtinah podobne, nekoliko izstopajo le vrednosti za vrtino VOP-4. Tudi v letu 2025 lahko rezultate razdelimo v dve skupini. V prvi skupini z med seboj primerljivimi in podobnimi vrednostmi čez celotno leto 2025 kot tudi z letoma 2024 in 2023 sta vrtini z rednim mesečnim vzorčenjem VOP-1 in Šibice, s povprečno koncentracijo aktivnosti 730 oziroma 668 Bq/m^3 in s precej konstantnimi vrednostmi, saj je bilo razmerje med najvišjo in najnižjo vrednostjo okrog 1,43 oziroma 1,62. Njuna skupna povprečna koncentracija aktivnosti je 699 Bq/m^3. V prvi skupini sta tudi še vrtini V-12/77 in E1 s V-12/77 s podobnim potekom koncentracije aktivnosti, le povprečna vrednost je višja, 1227 oziroma 1213 Bq/m^3. Razmerje med najvišjo in najnižjo vrednostjo je nekoliko višje za vrednosti vrtine E1, v kateri smo izmerili 1,7 krat višje vrednosti v prvi polovici leta. Ostale štiri vrtine se odzivajo na izpuste tritija iz NEK. Zaradi jesenskega remonta so bili mesečni izpusti najvišji od julija do septembra, kar se je najprej pokazalo v najvišjih vrednostih za vrtino VOP-4 v avgustu in septembru, Medsave v septembru, V-7/77 v novembru, v vrtini Petruševac pa smo najvišjo vrednost izmerili v decembru, vendar verjetno to še ni vrh, ki ga pričakujemo v začetku leta 2026. V vrtinah VOP-4, V-7/77, Medsave in Petruševec so v letu 2025 povprečne vrednosti za posamezne vrtine do 5-krat višje od povprečne vrednosti v vrtinah VOP-1 in Šibice. Tudi v letu 2025 velja trditev, da so zamiki med posameznimi vrhovi bolje korelirani z razdaljo od Save kot z razdaljo od NEK. Vsekakor pa razdalja od reke ni edini parameter, ki vpliva na rezultate. Rezultati za vrtine iz druge skupine so navezani na potek in količino tritija v izpustih.

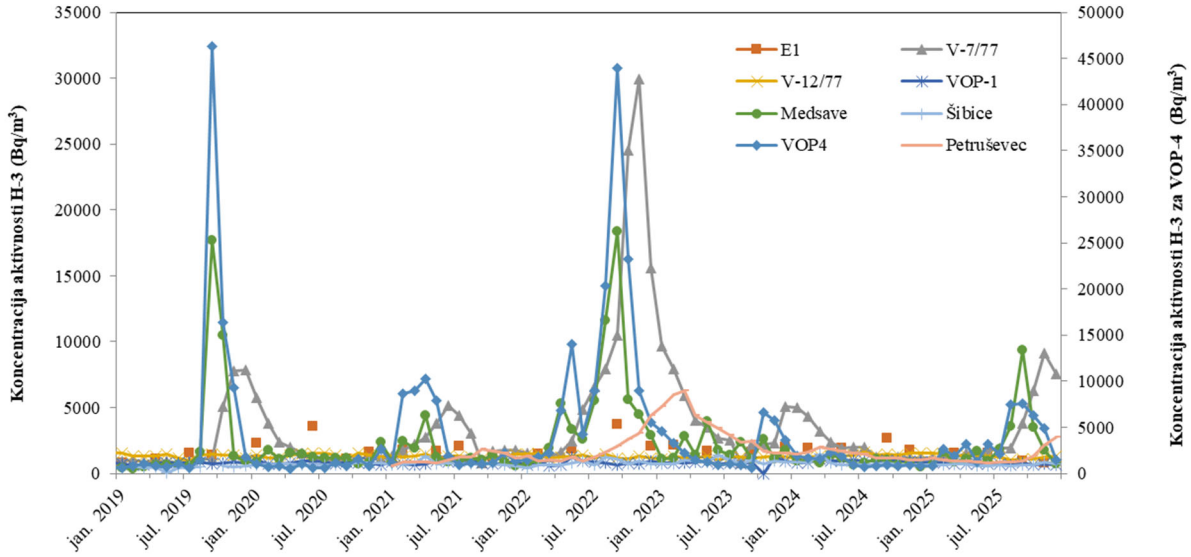


Slika 2.1: Mesečna koncentracija aktivnosti H-3 v vzorcih pitne vode iz črpališč in vodovodov krško – brežiškega polja za leto 2025

Delitev vrtin v dve skupini je lepo vidna tudi na sliki 2.3. s prikazom večletnega poteka vsebnosti tritija, kjer vrednosti ostajajo praktično konstantne za vrtine iz prve skupine, medtem ko je za drugo skupino značilen podoben odziv v vseh vrtinah in je lepo viden porast koncentracije aktivnosti v enakomernih razmikih, ki sovpadajo s periodo remontov oziroma večjih izpustov.

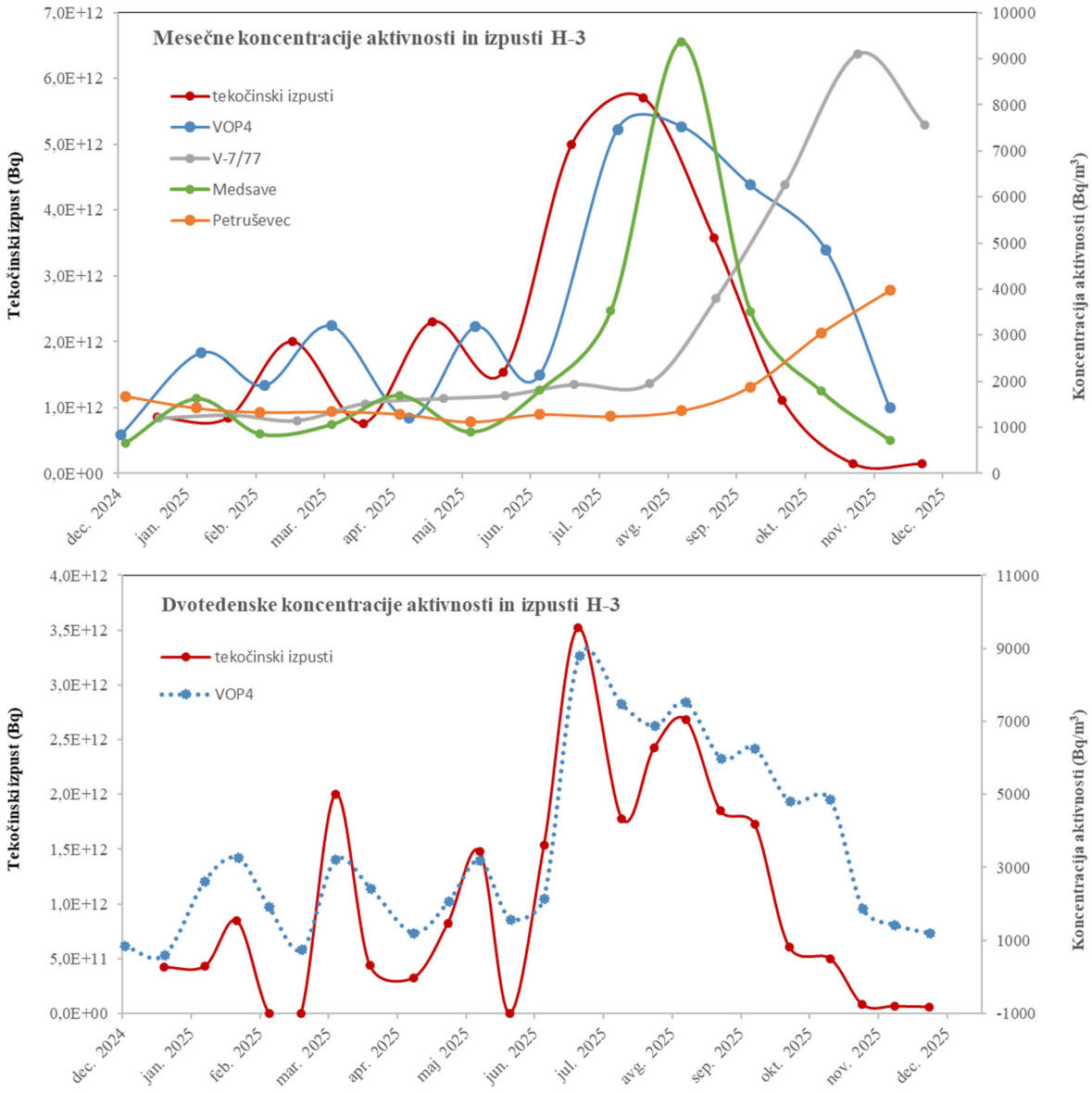


Slika 2.2: Koncentracija aktivnosti H-3 v mesečnih vzorcih vrtin



Slika 2.3: Koncentracije aktivnosti tritija za obdobje 2019–2025 za vse vrtine, vključene v nadzor.

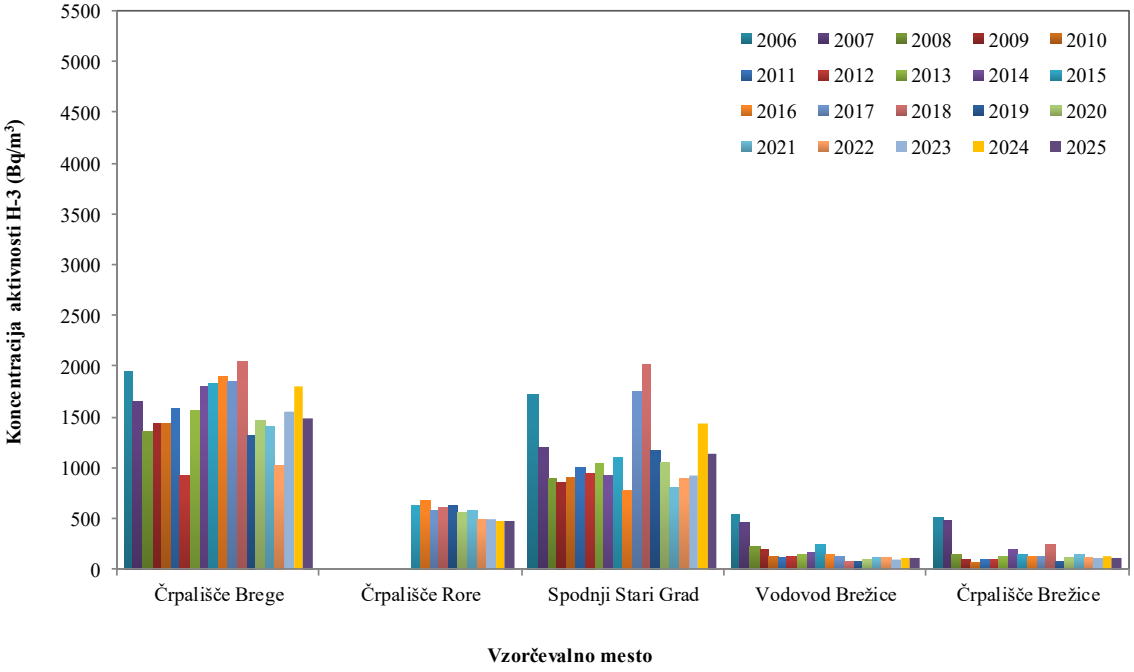
Na sliki 2.4. so prikazani rezultati koncentracije aktivnosti tritija za drugo skupino vrtin in aktivnosti tekočinskih izpustov. Pripravili smo dve različici: na zgornji so rezultati enkratnih vzorcev vrtin in mesečni seštevki izpustov (aktivnosti H-3), prikazani na sredini mesečnega intervala, medtem ko so na spodnji različici rezultati vzorcev iz vrtine VOP-4, ki jih vzorčujemo dvakrat mesečno ter seštevki izpuščenih aktivnosti H-3 v istih časovnih intervalih kot je razlika med dvema vzorčenjema vrtine. Vrtino VOP-4 namreč zaradi želje po boljšem razumevanju hidrogeološke dinamike podzemnih vod in vodonosnikov krško–brežiškega polja vzorčimo pogosteje. Dodatni vzorci niso del rednega programa nadzora radioaktivnosti v okolici NEK.



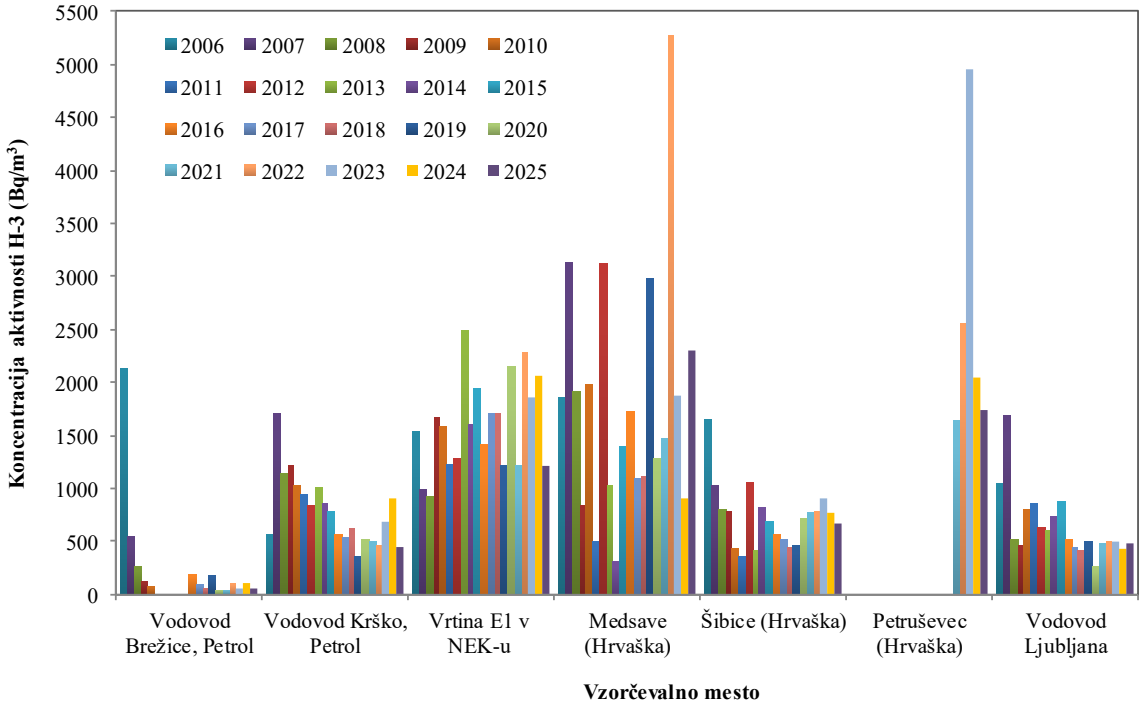
Slika 2.4: Koncentracije aktivnosti H-3 v vrtinah VOP-4, V-7/77, Medsave in Petruševec ter tekočinski izpust H-3 iz NEK: mesečne in dvotedenske vrednosti

Na zgornji različici slike 2.4. je jasno razvidna povezava med izpusti in koncentracijami aktivnosti ter časovni zamik med vrhom izpusta in vrhovi koncentracij aktivnosti za posamezne vrtine. Vrh za vrtino Medsave je ožji in bližji vrhu izpustov kot vrh rezultatov za vrtino V-7/77. Vrtina Medsave je globoka 20 m in oddaljena od Save 100 m, medtem ko je vrtina V-7/77 globoka 100 m in 600 m oddaljena od Save. Tudi pri vrtini VOP-4 je povsem očitno, da izpusti H-3 vplivajo na koncentracijo aktivnosti, kar je tudi pričakovano glede na lego in globino vrtine, ki je od Save oddaljena 50 m in je globoka 20 m, obenem pa je tudi sorazmerno blizu NEK-a dolvodno, približno 600 m. Obliki zadnjih, najvišjih vrhov izpusta in koncentracije aktivnosti pa se slabo ujemata in tudi ne potrjujeta pravila, da je vrh vrednosti za H-3 ožji za vrtine, ki jih izpust prej doseže. Situacija na spodnji različici slike 2.4. je veliko jasnejša: če dnevne izpuste seštejemo v intervalih, v katerih se vzorči za vrtino VOP-4, torej na približno 14 dni, je podobnost poteka obeh krivulj, ki povezujeta posamezne meritve oziroma seštevek izpustov, zelo dobra in izgledata čisto drugače kot podatki na zgornji različici slike.

Sliki 2.5. in 2.6 prikazujeta povprečja mesečnih koncentracij aktivnosti H-3 v vodovodih in podtalnici od leta 2006 do 2025 v Sloveniji in na Hrvaškem. Obe sliki sta v enakem merilu, da jasno vidimo razlike med pitnimi vodami in podzemnimi vodami iz vrtin. Vrednosti za leto 2025 so istega reda velikosti kot v zadnjih letih. Medtem ko pri ljubljanskem in brežiškem vodovodu ter vodi iz črpališča Rore opazimo padajoče oziroma stabilne vrednosti, je dogajanje v vrtinah v vplivnem območju NEK in drugih črpališčih oziroma vodovodih pestrejše in ne sledi globalnim trendom tritija, pač pa izpustom iz jedrske elektrarne.



Slika 2.5: Povprečja mesečnih koncentracij aktivnosti H-3 v vodovodih in črpališčih od leta 2006 do 2025 v okolici NEK



Slika 2.6: Povprečne letne koncentracije aktivnosti H-3 v vodovodih in podtalnici od leta 2006 do 2025 v Sloveniji in na Hrvaškem

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

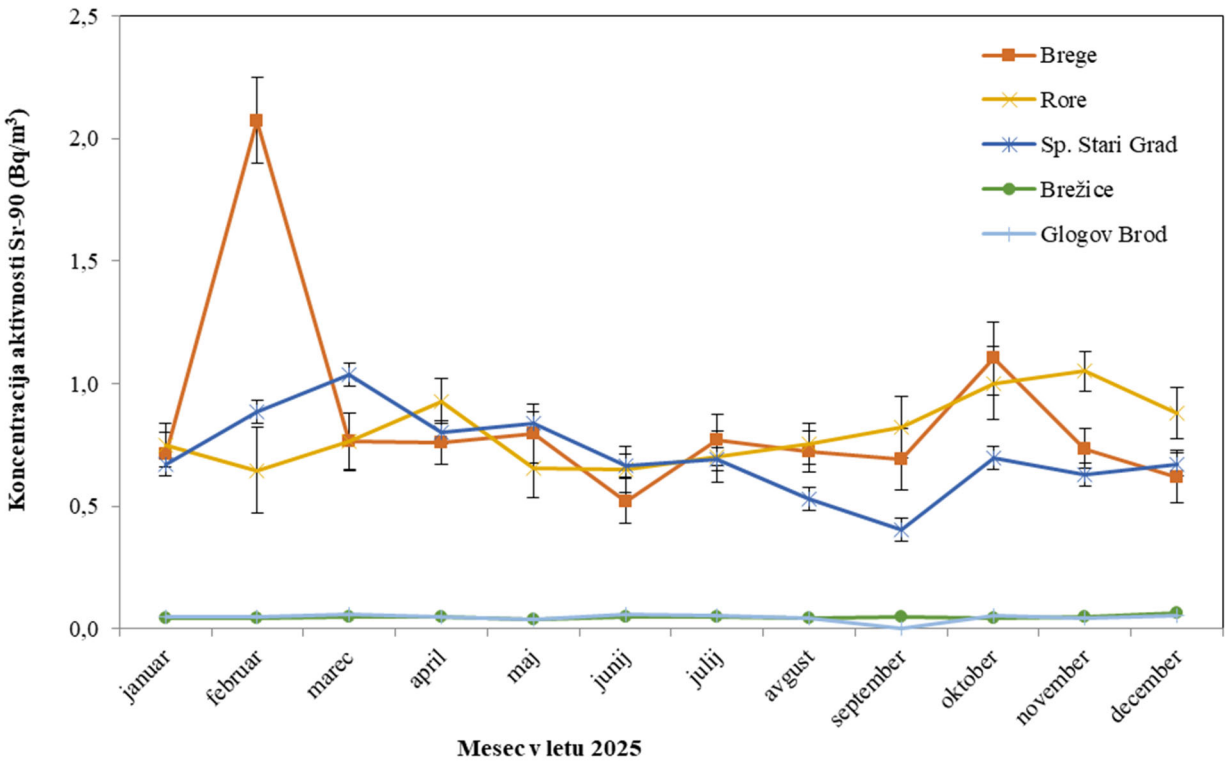
Med umetnimi radionuklidi smo pozorni predvsem na vsebnost cezija Cs-137 in stroncija Sr-90. Oba sta nehomogeno razširjena tudi na naših tleh, pripisujemo ju predvsem černobilski nesreči in nadzemnim jedrskim poskusom. V majhnih količinah se pojavljata tudi v izpustih NEK. Oba lahko uporabimo kot sledilca za študij transportnih procesov. V tabeli 2.2 so prikazani deleži vzorcev, v katerih sta bila radionuklida izmerjena. Cs-137 se pojavlja v 5 % vzorcev, kar je manj kot v letu 2024 in več kot štirikrat manj kot v letu 2022, ko je bila vsebnost Cs-137 ugotovljena v 19 % vzorcev. Stroncij je bil izmerjen v 75 % vzorcev, kar je primerljivo s prejšnjimi leti.

Rezultati za Sr-90 so prikazani na slikah od 2.7 do 2.10. Metodologija se v zadnjem letu ni spremenila. Na sliki 2.7 so prikazane koncentracije Sr-90 v mesečnih vzorcih vode črpališč in vodovodov za leto 2025. Rezultate na sliki 2.7 lahko razdelimo v dve skupini; v prvi so rezultati za črpališče Glogov Brod in vodovod Brežice in so pod mejo zaznavnosti. Vrednosti za ostale tri vodovode oziroma črpališča so med 0,40 in 1,1 Bq/m^3, ni posebnih odstopanj glede na letni čas, vrednosti so primerljive med seboj in z lanskimi rezultati. Izjema je februarska vrednost s črpališča Brege, ki je višja, (2,1 ± 0,2) Bq/m^3. Nazadnje je bila vrednost istega velikostnega razreda v katerem koli črpališču oziroma vodovodu, vključenem v Redni monitoring v okolici NEK, izmerjena oktobra 2011, prav tako v vzorcu iz črpališča Brege. Vse podatke smo preverili, pri meritvah ni bilo posebnosti. Vrednost je sicer podobna kot red velikosti povprečnih vrednosti v vrtinah Medsave, Šibice ter skoraj dvakrat manjša od povprečne vrednosti za vrtino E1.

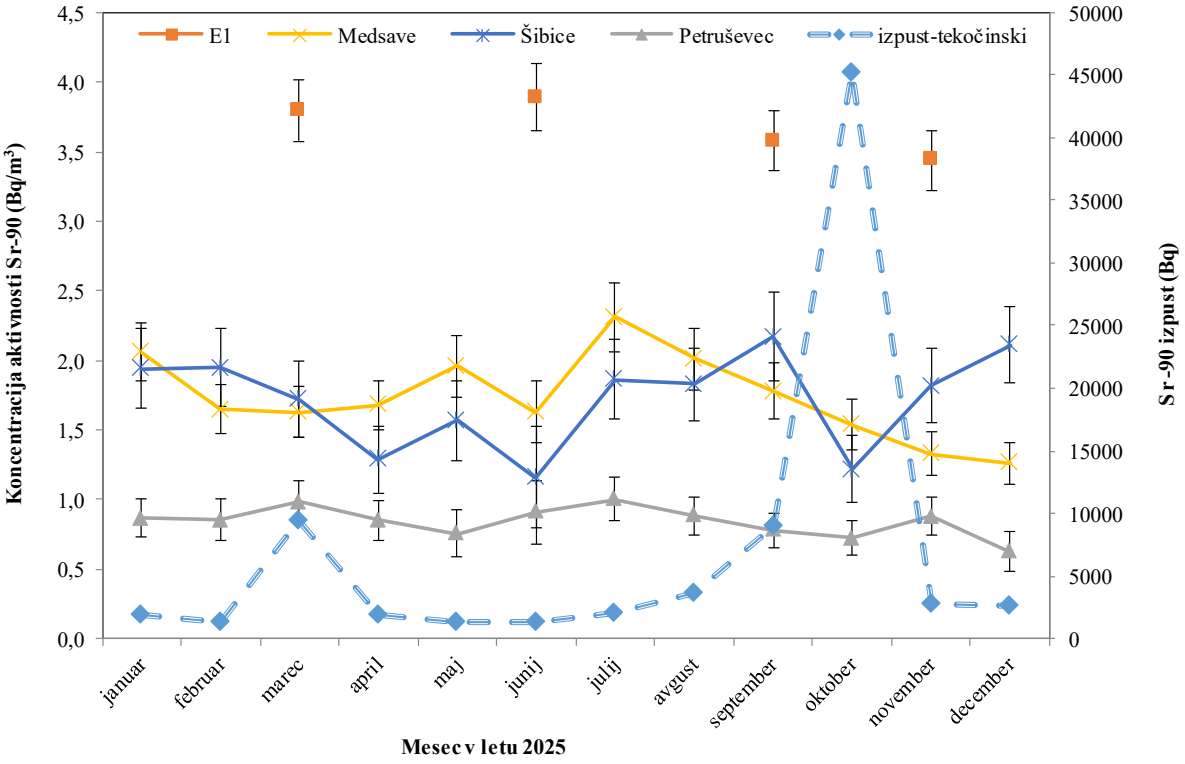
Na sliki 2.8 so prikazani mesečni tekoči izpusti Sr-90 iz NEK in koncentracija aktivnosti stroncija v hrvaških vrtinah in vrtini E1 znotraj ograje NEK. Tudi tu ni opaziti posebnosti, vrednosti za posamezno vzorčevalno mesto so čez celo leto primerljive, tudi vrednosti za vrtine so zelo podobne, predvsem to velja za vrtini Medsave in Šibice. Najnižje vrednosti so bile izmerjene v vzorcih iz vrtine Petruševec, ki je bila v nadzor vključena leta 2022. Vrednosti za vzorce iz vrtine E1 so primerljive tako za vsa štiri vzorčenja v 2025 kot z vrednostmi v lanskem letu. V primerjavi s hrvaškimi vrtinami so vrednosti koncentracije aktivnosti približno dvakrat višje.

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

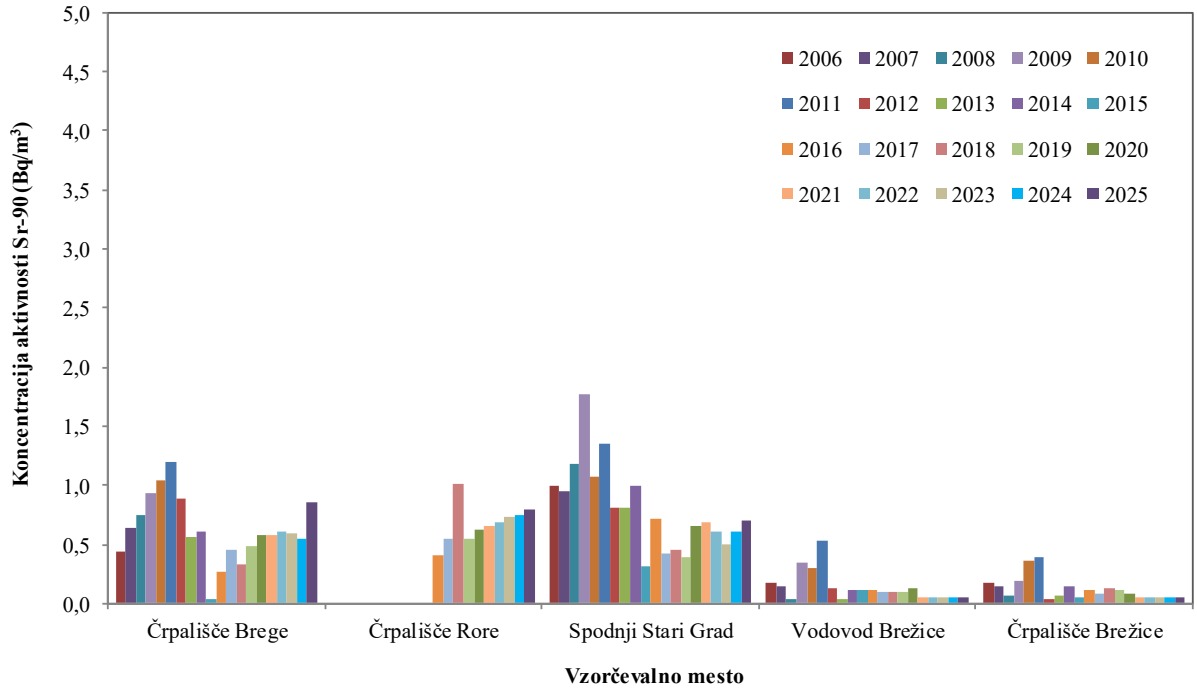
	št. mest	št vzorcev na leto	skupno število vzorcev	Cs-137	delež	Sr-90	delež
črpališča	5	12	60	10	0,17	36	0,60
vodovodi	2	4	8	1	0,13	5	0,63
	2	1	2	0	0,00	1	0,50
vrtine SLO	1	4	4	1	0,25	4	1,00
vrtine HR	3	12	36	9	0,25	36	1,00
skupaj	13		110	21	0,19	82	0,75



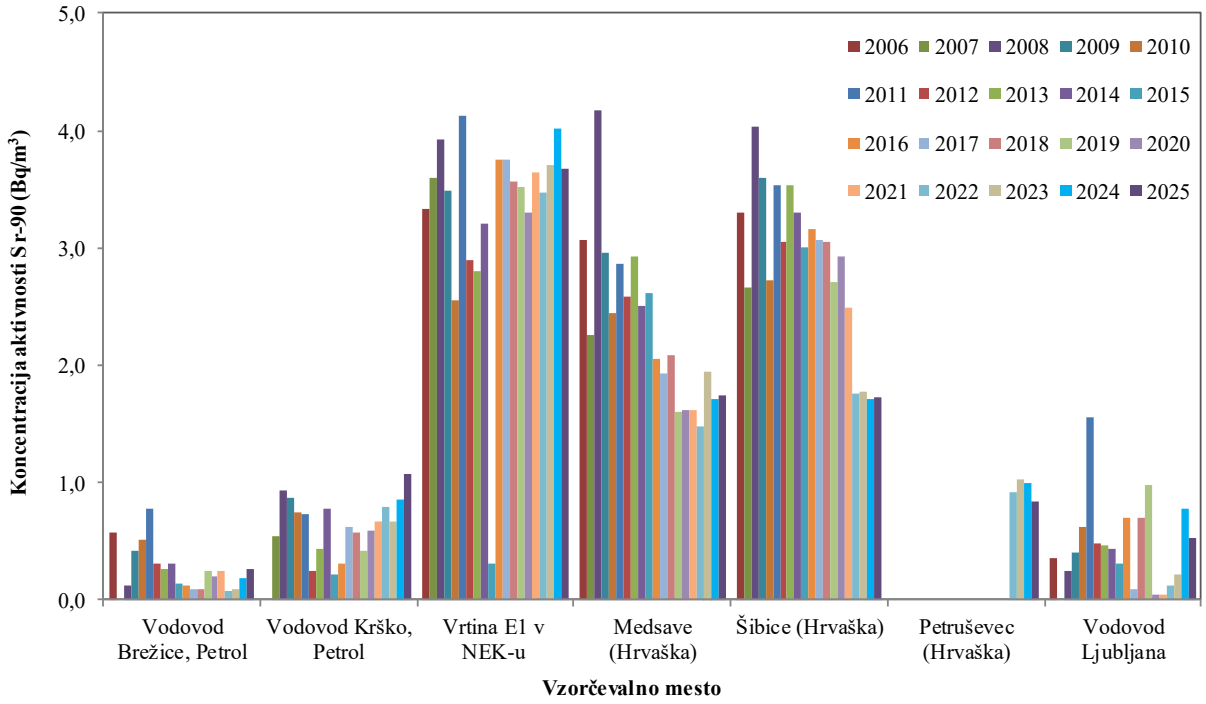
Slika 2.7: Koncentracija aktivnosti Sr-90 v mesečnih sestavljenih vzorcih iz črpališč in vodovodov v okolici NEK v letu 2025



Slika 2.8: Koncentracija aktivnosti Sr-90 v posamičnih mesečnih vzorcih vrtin ter mesečni tekočinski izpusti Sr-90 v Savo v letu 2025



Slika 2.9: Povprečne letne koncentracije aktivnosti Sr-90 v vodovodih in črpališčih v okolici NEK od leta 2006 do 2025



Slika 2.10: Povprečne letne koncentracije aktivnosti Sr-90 v vodovodih, črpališčih in podtalnici od leta 2006 do 2025 v Sloveniji in na Hrvaškem

Sliki 2.9 in 2.10 sta narisani v enakem merilu in tako jasno vidimo, da so koncentracije aktivnosti za vrtine višje od najvišjih vrednosti za pitne vode. Letno povprečje koncentracije aktivnosti Sr-90 v krških črpališčih in vodovodu je bilo 0,79 Bq/m^3, kar je nekoliko višje kot v prejšnjih letih. V brežiškem vodovodnem sistemu je bila večina izmerjenih vrednosti pod mejo kvantifikacije. Vrednost za brežiški vodovod 0,05 Bq/m^3 je izračunana iz detekcijskih mej in je enaka kot zadnja štiri leta. Za ljubljanski vodovod je bila v letu 2025 izmerjena vrednost 0,52 Bq/m^3, kar je manj kot lansko leto in več kot v letu 2023. Vrednosti za ljubljanski vodovod bolj nihajo kot za brežiški oziroma krški, res pa je, da se Sr-90 v okolici NEK ugotavlja mesečno in na dveh lokacijah, v povprečju je torej zajetih 24 rezultatov, medtem ko je za Ljubljano vsakoletno analiziran le en vzorec. V posamično odvzetih četrtletnih vzorcih vode iz vodovoda Brežice je bila ena vrednost pod mejo zaznavnosti, povprečje za 2025 je 0,25 Bq/m^3. V Krškem so vrednosti med seboj primerljive, v povprečju 1,07 Bq/m^3, kar je nekoliko več kot v letu 2024. V splošnem vrednosti padajo oziroma se počasi stabilizirajo, saj jih dandanes že v veliki meri določa občutljivost metode, kar lahko razberemo tudi iz slike 2.9 s povprečnimi letnimi koncentracijami za vodovode in črpališča. Povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti Sr-90 za leto 2025 na sliki 2.10 je v vseh treh vrtinah primerljivo z vrednostmi iz leta 2024.

Jod (I-131) in aktivacijski ter fisijski produkti

Jod I-131 in drugi aktivacijski in fisijski produkti v vzorcih vodovodov, črpališč in vrtin tudi v letu 2025 niso bili zaznani.

Naravni radionuklidi

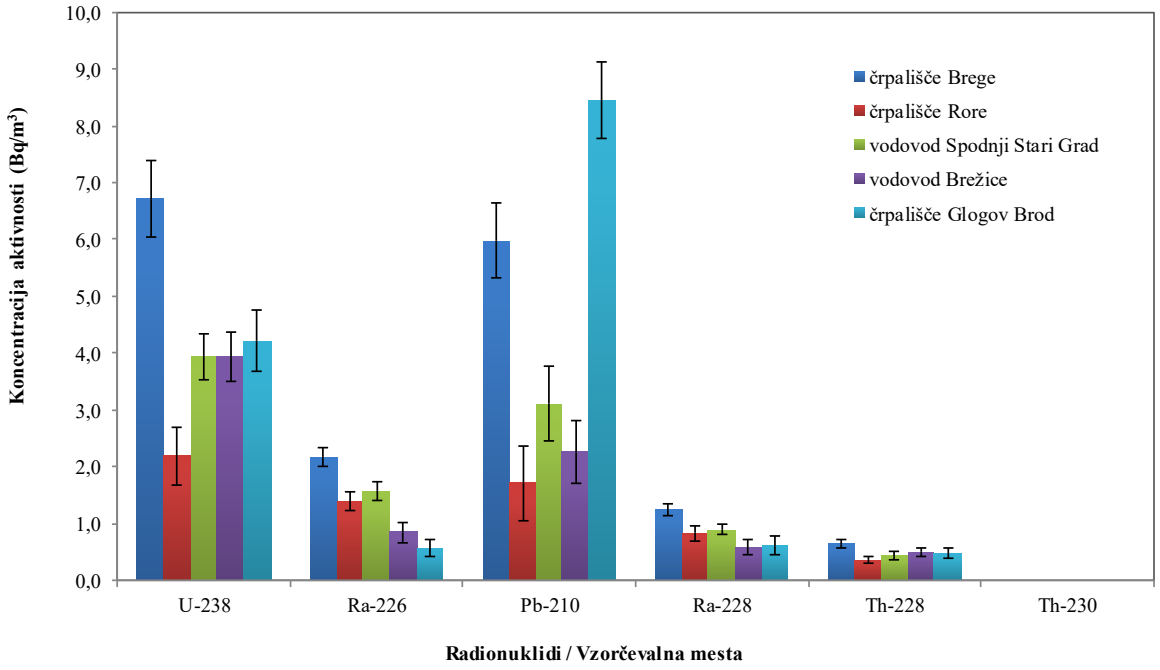
Koncentracije aktivnosti naravnega radionuklida K-40 so bile leta 2025 izmerjene na vseh vzorčevalnih mestih. Mesečne koncentracije aktivnosti K-40 so v vseh črpališčih in obeh vodovodih podobne vrednostim iz leta 2024. Delitev vodovodov in črpališč na dve skupini glede na K-40 je še vedno smiselna. V skupini treh vzorčevalnih mest Rore, Glogov Brod in Brežice vrednosti ostajajo na približno enaki ravni kot prejšnja leta, vrednosti so približno konstantne čez celo leto s povprečno vrednostjo okrog 24 Bq/m^3, kar je nekoliko več kot v prejšnjem letu. Vrednost za vzorčevalno mesto Spodnji Stari Grad je v prvi polovici primerljiva

z vrednostmi za vzorčevalno mesto Brege, v drugi polovici leta pa vrednostim prve skupine, kar je skladno z ugotovitvami pri tritiju. Najvišje vrednosti so še vedno ugotovljene za vzorčevalno mesto Brege, v povprečju okrog 70 Bq/m^3, kar je nekoliko višje kot lanska povprečna vrednost.

Na sliki 2.11 so povprečja mesečnih koncentracij aktivnosti nekaterih naravnih radionuklidov v krško-brežiških vodovodih in črpališčih. Vrednosti so v splošnem nekoliko višje kot lani, vsekakor pa v istem velikostnem razredu kot prejšnja leta. Pb-210 za črpališče Glogov Brod (črpališče Brežice) je tudi v letu 2025 precej višji kot na drugih vzorčevanih mestih, podobno kot zadnja štiri leta. V letu 2025 smo trikrat izmerili vrednost, višjo od 10 Bq/m^3. Najvišja vrednost je bila v letu 2025 ugotovljena v februarju (29,5 ± 2,3) Bq/m^3. Za razliko prejšnjih let, ko so bile najvišje vrednosti izmerjene v zimskih mesecih, so v letu 2024 in 2025 vrednosti precej konstantne, če seveda izzvamemo vrednosti za februar in marec. Preverili smo tudi tritij, Be-7 in prevodnost, vendar nismo našli posebnosti.

Če izvzamemo K-40, je tudi v letu 2025 v vzorcih ugotovljenega največ Pb-210 s povprečno vrednostjo okrog 4,3 Bq/m^3, kar je podobno kot zadnjih pet let. Sledijo mu U-238 s približno 4,2 Bq/m^3, Ra-226 z 1,3 Bq/m^3 in Be-7 s povprečno vrednostjo 0,9 Bq/m^3. Povprečne vrednosti so za malenkost višje kot v prejšnjem letu. Ra-228 in Th-228 smo zaznali nekoliko več kot prejšnje leto. Najvišje povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti za Pb-210 je bilo tudi v letu 2025 izračunano za črpališče Glogov Brod (8,45 ± 0,67) Bq/m^3, za U-238 pa (6,71 ± 0,68) Bq/m^3 za črpališče Brege. Povprečja mesečnih koncentracij aktivnosti Ra-226 se gibljejo od 0,56 Bq/m^3 (črpališče Glogov Brod) do 2,17 Bq/m^3 (črpališče Brege). Povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti Ra-228 za vodovod Brežice je (0,58 ± 0,12) Bq/m^3, za črpališče Brege pa (1,24 ± 0,11) Bq/m^3. Minimalne in maksimalne vrednosti so istega velikostnega razreda kot leto poprej, v letu 2025 se najvišje vrednosti večinoma pojavljajo v vzorcih s črpališča Brege.

Be-7 je bil izmerjen v vseh črpališčih in vodovodih v Krškem in Brežicah. Povprečje mesečnih koncentracij aktivnosti Be-7 je od 0,30 Bq/m^3 na črpališču Glogov Brod do 1,86 Bq/m^3 na črpališču Rore, v povprečju približno 0,91 Bq/m^3, kar je najmanj v zadnjih šestih letih.



Slika 2.11: Povprečne letne koncentracije aktivnosti naravnih radionuklidov v vodovodih in črpališčih v letu 2025

OCENA UČINKOV

V tekočih in plinastih izpustih NEK je največ H-3 v obliki vode ali vodne pare. Z določanjem vsebnosti umetnih radionuklidov v pitni vodi in podtalnici ugotavljamo učinek morebitnega onesnaževanja zaradi izpustov iz NEK. Iščemo torej korelacije med koncentracijami aktivnosti v okoljskih vzorcih in aktivnostmi izpustov iz NEK. Povezave s tekočinskimi izpusti v letu 2025 so zaznavne, ne pa zelo očitne, obravnavamo jih v podpoglavjih o tritiju in stronciju. V letu 2025 je bil tekočinski izpust H-3 eden najvišjih v zadnjih 23 letih in zelo podoben kot v letu 2022; letni izpust H-3 v Savo je dosegel približno 53 % letne omejitve izpusta, postavljenega na 45 TBq in bil več kot štirikrat višji kot v letu 2024. Največji tekočinski izpust H-3 je bil avgusta (5,7 TBq). V tretjem trimesečju, od julija do septembra, pred remontom NEK, je bilo izpuščeno 32 % celotne letne vrednosti.

Pomembno vlogo pri razjasnitvi morebitnega učinka 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 in Sr-90 v vzorcih vode iz črpališč in vodovodov v okolici NEK od leta 2006 do 2025 je prikazana na slikah 2.5, 2.6, 2.9 in 2.10. Vrednosti so tudi v letu 2025 enakega velikostnega reda kot v preteklih letih.

V tabelah 2.3 in 2.4 so prikazane izračunane letne efektivne doze zaradi vnosa umetnih in naravnih radionuklidov ter njihove vsote 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 (referenčna oseba[16]) 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. Te predpostavke so v rabi že vrsto let, povzete so po priporočilih Svetovne zdravstvene organizacije in privzete tudi pri pripravi dokumentov članic EU. Glede na anketo, izvedeno med prebivalci iz bližine NEK v letu 2017, bi lahko za količino zaužite vode za odraslega človeka uporabili skoraj polovico manjšo količino (0,50 m^3), kar pomeni, da bi bile tudi vse izračunane doze skoraj za polovico manjše. Ohranjamo dosedanje predpostavke in metodologijo, ki so skladne s priporočili Svetovne zdravstvene organizacije in dokumenti EU, s tem pa kontinuiteto in primerljivost z dosedanjimi podatki.

Letna efektivna doza za umetne radionuklide v pitni vodi je vsota prispevkov zaradi prisotnosti H-3, Sr-90 in Cs-137. Pri tem velja pripomniti, da je H-3 tudi kozmogenega izvora, le del je posledica izpustov iz jedrske elektrarne. Celoten izmerjen tritij prispeva le od 14,2 do 59,1 % k letni efektivni dozi za umetne radionuklide. Drugih umetnih radionuklidov ni bilo zaznati v izmerjenih vzorcih. Letna efektivna doza za naravne radionuklide v pitni vodi je vsota prispevkov radionuklidov iz uranove in torijeve razpadne vrste ter Be-7. K-40 ni vključen v izračun, saj ne prispeva k dozi zaradi homeostatskega uravnavanja količine kalija v telesu.

Poglejmo si nekaj povprečij za odraslo referenčno osebo. Zaradi prisotnosti umetnih radionuklidov v krškem vodooskrbnem sistemu prejme referenčna oseba 0,028 μSv, nekoliko manj kot v preteklem letu. V brežiškem vodovodnem sistemu je ocenjena povprečna letna efektivna doza v letu 2025 za referenčno osebo zaradi prisotnosti umetnih radionuklidov skupaj 0,003 μSv, enako kot lani. Celotna povprečna ocenjena letna doza za referenčno osebo zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov v pitni vodi je 3,3 μSv za krški in 3,6 μSv za brežiški vodooskrbni sistem. Obe vrednosti sta nekoliko višji kot v preteklem letu in bližje skupaj. Povprečji sta izračunani za mesečne sestavljene vzorce. Od naravnih radionuklidov k celotni dozi daleč največ prispeva Pb-210. Tudi v letu 2025 ga je bilo največ v v vzorcih iz Glogovega Broda, enako kot že v prejšnjih letih. V krškem vodovodnem sistemu je prispevek umetnih radionuklidov približno desetkrat višji kot v brežiškem, kar je podobno kot v preteklih letih. Razlog je črpanje krške pitne vode iz vodonosnika, ki se delno napaja iz Save in Krke. Skupna ocenjena doza za krški vodooskrbni sistem pa je nižja kot za brežiški sistem zaradi drugačnega prispevka naravnih radionuklidov. V ljubljanskem vodovodu je bil prispevek umetnih radionuklidov ocenjen na 0,017 μSv na leto za odraslo referenčno osebo, kar je

[16] Za oceno obremenitve prebivalstva zaradi izpustov iz jedrskega objekta se uporablja referenčna oseba kot posameznik iz prebivalstva, ki prejema ali bi lahko prejel najvišje doze pri pri čemer niso upoštevane osebe s skrajnimi in redkimi navadami [9].

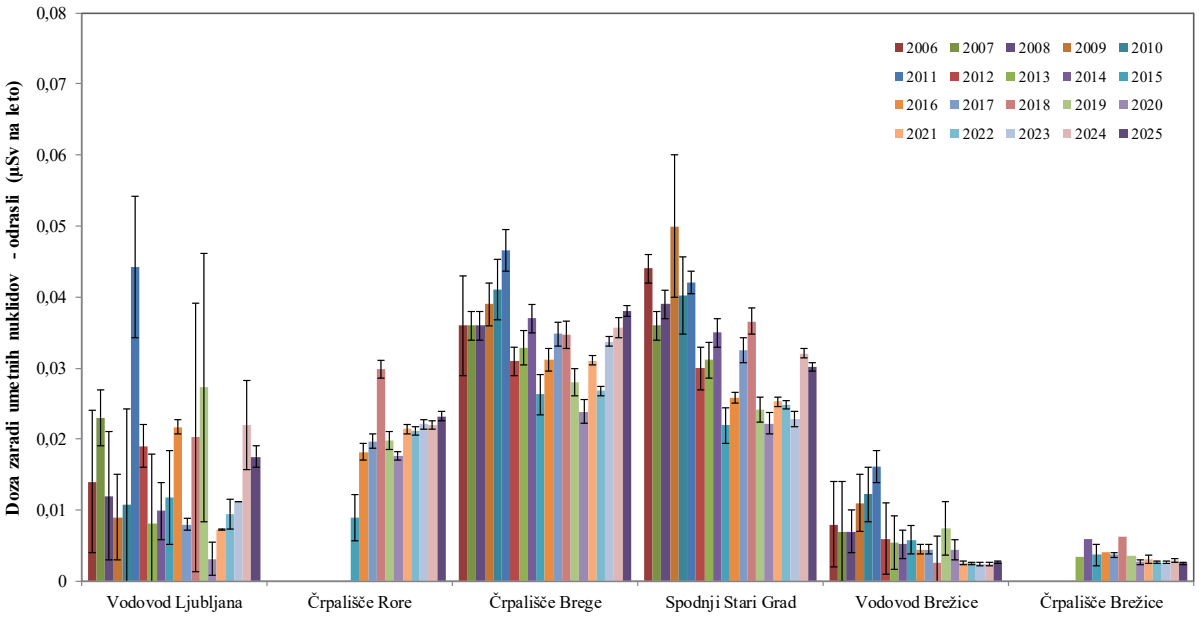
okrog 0,75 % celotne ocenjene letne doze zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov (2,3 μSv) v pitni vodi. Celotna ocenjena letna doza je bila v letu 2025 za Ljubljančane nižja kot za prebivalce Brežic in Krškega. Poudariti velja, da je letna efektivna doza za odraslo referenčno osebo zaradi vnosa naravnih radionuklidov pri pitju vodovodne vode, enako kot pri vnosu hrane, vključena v vsoti prispevkov k dozi naravnega sevanja (tabeli B in C v izvlečku).

Tabela 2.3: Izračunane letne efektivne doze ter njihove vsote za odraslo referenčno osebo, otroka in dojenčka zaradi umetnih in naravnih radionuklidov v vodovodih ter črpališčih pitne vode in podtalnice v letu 2025 za krške vodovode in črpališča.

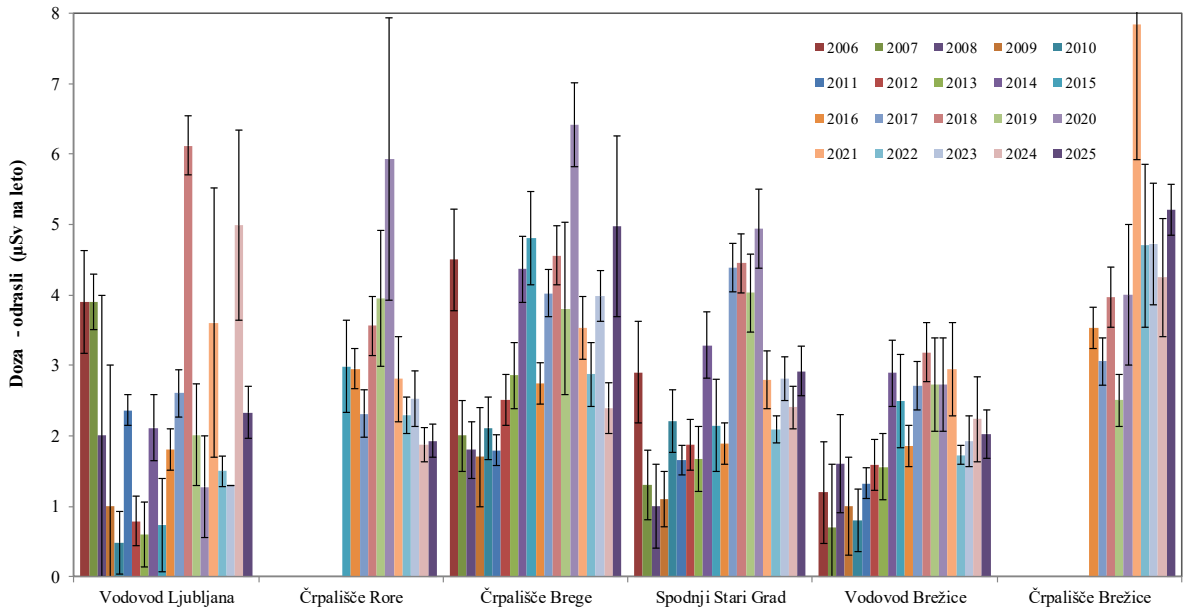
STAROSTNA SKUPINA	vrsta radionuklidov	vodovod Krško	Črpališče Brege	Črpališče Rore	Vodovod Krško (Spodnji Stari Grad)
		Letna efektivna doza (μSv)			
ODRASLI	umetni	0,028 ± 0,001	0,038 ± 0,001	0,023 ± 0,001	0,030 ± 0,001
	naravni	1,5 ± 0,2	4,9 ± 1,3	1,9 ± 0,2	2,9 ± 0,4
	Vsota	1,5 ± 0,2	5,0 ± 1,3	1,9 ± 0,2	2,9 ± 0,4
OTROCI	umetni	0,026 ± 0,001	0,030 ± 0,001	0,021 ± 0,001	0,024 ± 0,001
	naravni	2,2 ± 0,4	7,1 ± 1,7	3,0 ± 0,3	4,3 ± 0,5
	vsota	2,3 ± 0,4	7,1 ± 1,7	3,0 ± 0,3	4,3 ± 0,5
DOJENČKI	umetni	0,071 ± 0,003	0,076 ± 0,002	0,056 ± 0,002	0,061 ± 0,002
	naravni	10,4 ± 1,8	29,2 ± 5,5	13,6 ± 1,5	18,2 ± 1,7
	vsota	10,5 ± 1,8	29,2 ± 5,5	13,7 ± 1,5	18,3 ± 1,7

Tabela 2.4: Izračunane letne efektivne doze ter njihove vsote za odraslo referenčno osebo, otroka in dojenčka zaradi umetnih in naravnih radionuklidov v vodovodih ter črpališčih pitne vode in podtalnice v letu 2025 za brežiške vodovode in črpališča.

STAROSTNA SKUPINA	vrsta radionuklidov	vodovod Brežice	Vodovod Brežice (Volčanšek)	Črpališča Brežice (Glogov Brod)
		Letna efektivna doza (μSv)		
ODRASLI	umetni	0,0063 ± 0,0016	0,003 ± 0,0002	0,003 ± 0,000
	naravni	1,7 ± 0,4	2,0 ± 0,3	5,2 ± 0,4
	vsota	1,7 ± 0,4	2,0 ± 0,3	5,2 ± 0,4
OTROCI	umetni	0,0058 ± 0,0015	0,0020 ± 0,0001	0,002 ± 0,000
	naravni	2,3 ± 0,5	2,9 ± 0,5	7,0 ± 0,5
	vsota	2,3 ± 0,5	2,9 ± 0,5	7,1 ± 0,5
DOJENČKI	umetni	0,0162 ± 0,0043	0,005 ± 0,000	0,005 ± 0,000
	naravni	8,7 ± 2,1	12,8 ± 1,8	26,2 ± 2,0
	vsota	8,7 ± 2,1	12,8 ± 1,8	26,2 ± 2,0



Slika 2.12: Ocenjeni prispevek umetnih radionuklidov v pitni vodi k letni dozi za odraslo osebo od leta 2006 do 2025 na različnih vzorčevalnih lokacijah



Slika 2.13: Ocenjena letna doza zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov v pitni vodi za odraslo osebo od leta 2006 do 2025 na različnih vzorčevalnih lokacijah

Na sliki 2.12 je prikazana primerjava ocenjenih letnih efektivnih doz za odraslo referenčno osebo zaradi prisotnosti umetnih radionuklidov v vodi. Vključeni so podatki za črpališči Brege in Rore ter vodovodi Spodnji Stari Grad, Brežice in Ljubljana. V letu 2025 je ocenjena letna efektivna doza za vsa krško – brežiška vzorčevalna mesta istega reda velikosti kot v letu 2024. Slika 2.13 je podobna, le da gre za ocenjene letne efektivne doze za odraslo referenčno osebo zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov v pitni vodi. Čeprav so koncentracije aktivnosti naravnih radionuklidov v črpališčih in vodovodih v splošnem nizke, prispevajo naravni radionuklidi uranove in torijeve razpadne vrste največ k ocenjeni letni efektivni dozi. Zaradi visokih doznih faktorjev največ prispevajo k celotni ocenjeni dozi Pb-210, Ra-226 in Ra-228. Že iz velikostnega reda doz na slikah 2.12 in 2.13 razberemo, da je prispevek umetnih radionuklidov 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. Vrednosti za umetne in naravne radionuklide v splošnem ločujeta dva velikostna razreda.

SKLEPI

Med umetnimi radionuklidi sta bila v pitni vodi in podtalnici v letu 2025 izmerjena H-3 in Sr-90. Cs-137 je bil sicer večinoma zaznan, ne pa tudi izmerjen, ker so bile vrednosti pod mejo kvantifikacije. Izmerjen je bil samo še v 5 % vzorcev pitnih vod. I-131 v letu 2025 ni bil zaznan v nobenem vzorcu vodovodnih oziroma podzemnih vod.

Koncentracije aktivnosti tritija v pitni vodi v okolici NEK so istega velikostnega reda kot drugod po Sloveniji. Vrednosti na Bregah so najvišje v Sloveniji in so nedvomno posledica učinka delovanja NEK, vendar tudi najvišje vrednosti še vedno dosegajo manj kot 2 % parametrične vrednosti direktive EU za pitne vode in *Pravilnika o monitoringu radioaktivnosti v pitni vodi* [10].

V letu 2025 je bil izpust H-3 sorazmerno visok. Korelacije med vrtinami blizu reke Save in izpusti so tudi v letu 2025 nedvoumne. Letošnje meritve potrujejo opažanja zadnjih let, ko smo stopnjo korelacij povezovali s spremenjenim hidrološkim režimom na krško-brežiškem polju zaradi napolnitve akumulacije HE Brežice, količino in frekvenco izpustov.

Največja ocenjena letna efektivna doza v okolici NEK v letu 2025 zaradi pitja vodovodne vode je bila na krško-brežiškem polju izračunana za črpališče Brežice – Glogov Brod, in sicer 5,2 μSv za odraslo referenčno osebo, 7,1 μSv za otroke in 26 μSv za dojenčke. Vrednosti so nekoliko višje kot leta 2024. Praktično vsa obremenitev gre na račun naravnih radionuklidov, Pb-210 je glavni »krivec«, sledijo radijevi izotopi. Umetni radionuklidi prispevajo k obremenitvi manj kot 2 % (največji delež v enkratnih vzorcih vodovoda Krško, in sicer 1,90 %). Za otroke in dojenčke je ta delež še manjši (0,68 %).

Ocenjena letna doza v ljubljanskem vodovodu v letu 2025 je 2,3 μSv za odraslo referenčno osebo, 3,5 μSv za otroka in 17,0 μSv za dojenčka, kar je približno dvakrat manj kot v letu 2024, ko je bila ocenjena letna doza nenavadno visoka. Obremenitev z umetnimi radionuklidi iz ljubljanskega vodovoda je ocenjena na 0,75 % celotne izračunane letne doze zaradi radionuklidov v pitni vodi za odraslo referenčno osebo. V primerjavi s prebivalci Brežic in Krškega so Ljubljančani v letu 2025 prejeli nižjo letno efektivno dozo zaradi pitja vode, kar je ravno obratno kot v letu 2024.

Ocenjene letne efektivne doze zaradi umetnih radionuklidov v pitni vodi v brežiškem in krškem vodnooskrbnem sistemu so daleč pod avtorizirano mejno dozo (50 μSv), koncentracije aktivnosti pa pod izpeljanimi koncentracijami aktivnosti, ki so izračunane ob upoštevanju, da je vrednost mejne efektivne doze 100 μSv na leto za pitno vodo [11] in pod parametričnimi vrednostmi iz [10].

3 RADIOAKTIVNOST V USEDIH

POVZETEK

Pregledali smo merske rezultate s treh lokacij za padavine in z osmih mest za suhe usede v okolici NEK ter jih primerjali z vrednostmi z referenčne točke v Ljubljani. V letu 2025 je bilo izmerjenih po 48 padavinskih vzorcev (padavinski used) in vzorcev vazelinskih plošč (suhi used). 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, kot leta poprej, izmerjeni radionuklidi H-3, Be-7, Na-22, Cs-137, U-238, Ra-226, Ra-228, Pb-210, Th-228 in K-40. Radionuklid Sr-90 je bil zaznan v dveh vzorcih. Vzrok za prisotnost niso zračni izpusti iz NEK, pač pa vetrni nanos zemlje v lovilnike padavin, kjer je radionuklid prisoten zaradi splošne kontaminacije. Izmerjene koncentracije aktivnosti usedov se ne odmikajo bistveno od dolgoletnih povprečij. Študirali smo korelacije med parametri, kot so količina padavin, koncentracija aktivnosti radionuklidov, padavinski in suhi used in neposredni zračni izpusti iz jedrske elektrarne. Podatke smo primerjali z večletnimi nizi in iskali morebitne odmike od dolgoletnih povprečij. Na splošno ni opaziti korelacije med izpusti jedrske elektrarne in vsebnostjo radionuklidov v okolju, z izjemo občasnih primerov pri H-3. Pri tritiju je opazno, da je letna koncentracija aktivnosti H-3 na Bregah in v Krškem višja kot na referenčnih mestih v Ljubljani in Dobovi, kar lahko pripišemo izpustom iz NEK. Korelacijski koeficient med izmerjeno koncentracijo H-3 in zračnimi izpusti v letu 2025 za vsa vzorčevalna mesta ne kaže na korelacijo. Najverjetnejši razlog za to so majhne količine posameznih izpustov iz NEK.

Izračunali smo efektivno dozo zaradi zunanjega sevanja useda in zaradi zaužitja rastlin z usedlimi radionuklidi za referenčno osebo v okolici jedrske elektrarne in na referenčni točki v Ljubljani. Prispevek umetnih radionuklidov v okolici NEK k skupni dozi je zanemarljiv. Skupne doze v okolici NEK so primerljive z dozami na referenčni točki v Ljubljani.

UVOD

Za nadzor učinka zračnih izpustov na okolje vzorčimo zrak z aerosolnimi in oglenimi filtri (poglavje *Zrak*) ter vzorci padavin. Lovilniki padavin so postavljeni v bližini jedrskega objekta (Krško, Brege in Dobova) in na referenčni lokaciji v Ljubljani. 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 bistveni za določitev doznih obremenitev ljudi, ki živijo v okolici jedrskega objekta. Rezultate primerjamo z vrednostmi na referenčni lokaciji.

Usedle radioaktivne snovi s sevanjem prispevajo k izpostavitvi ljudi neposredno, vsrkane v rastline prek korenin ali listov pa se vnesejo z užitnimi deli v prehrambno verigo ljudi, kar se podrobneje obravnava v poglavju *Radionuklidi v hrani*. Padavine s pronicanjem skozi zemeljske plasti postanejo del podzemnih vod, ki jih nato črpamo na površje in uporabljamo kot pitno vodo (poglavje *Radioaktivnost v pitni in podzemni vodi*). Zato imajo 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 tolikšnih količinah, da jih lahko merimo tudi v okoljskih vzorcih. Del tritijevega inventarja v ozračju prispevajo tudi različne industrijske panoge, ki uporabljajo H-3 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. Vrednosti se dandanes počasi približujejo ravni iz predjedrske dobe. Tritij je tudi kozmogen radionuklid, ki nastaja v zgornjih plasteh ozračja ob interakciji kozmičnih žarkov z dušikom. 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 2025 so bili v vzorcih padavin in vazelinskih plošč izmerjeni H-3, umetna radionuklida Cs-137 in Sr-90, 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 vzorčenja

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

Lovilniki padavin so postavljeni v Krškem, Bregah, Dobovi in na referenčni lokaciji v Ljubljani (IJS, Jamova cesta 39). Instrument sestavljata lijak in dve 25-litrski plastični posodi, ki sta z lijakom povezani z 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 odčitava dnevno, 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 ter na referenčni lokaciji v Ljubljani.

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 IN TIPIČNI ČASOVNI POTEKI

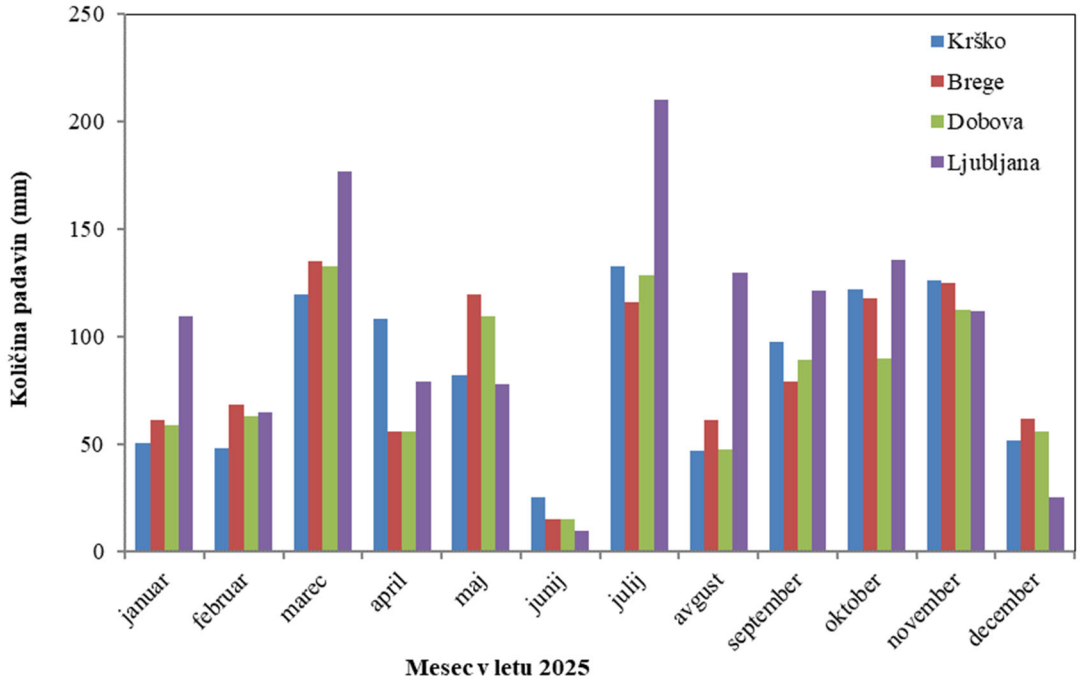
Padavine in padavinski used

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 2025, IJS-DP-15403*, marec 2026.

V vzorcih padavin so bili ugotovljeni H-3, Be-7, Na-22, K-40, Sr-90 in Cs-137 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 radionuklid v izpustih NEK v letu 2025, podobno kot v prejšnjih letih, ni bil zaznan. Vse izmerjene identifikacije Sr-90 so posledica vetrovne resuspenzije, kar je razvidno tudi iz dejstva, da je poleg Sr-90 zaznan tudi Cs-137, saj sta oba radionuklida prisotna v zemlji kot posledica splošne kontaminacije.

V tabeli 3.1 so izpisani meseci, v katerih smo izmerili maksimalno koncentracijo aktivnosti za posamezni radionuklid. Na vzorčevalnih mestih v okolici NEK je bil najvišji izmerek za tritij v mesecu decembru v Krškem, v mesecu oktobru v Bregah in v mesecu juniju v Dobovi in Ljubljani. Na vseh lokacijah so bile najvišje koncentracije aktivnosti Be-7 izmerjene v poletnem času; julija v Krškem in junija v Dobovi, v Bregah in v Ljubljani. Radioizotop Sr-90 je v letu 2025, kot tudi leta poprej, izvzet iz obravnave, saj so praktično vse izmerjene vrednosti pod mejo detekcije.

V letu 2025 je bila količina padavin na letni ravni na vseh vzorčevalnih mestih za približno 10 % do 20 % manjša kot v letu 2024. Največ dežja na vzorčevalnih mestih v okolici NEK je padlo v Bregah, najmanj v Dobovi. V celem letu je največ padavin padlo v Ljubljani (1 253 mm), kar je približno 26 % več od povprečja v okolici NEK. Mesečne količine padavin v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani so prikazane na sliki 3.1. Periode izračuna količin padavin so usklajene s termini vzorčenj.

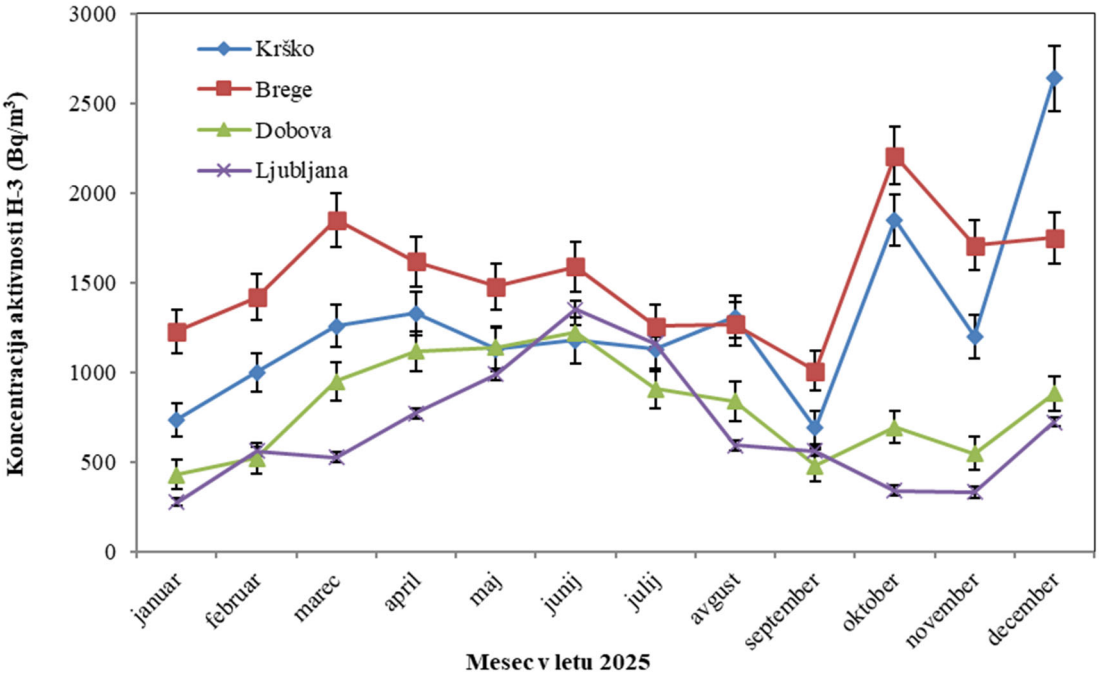


Slika 3.1: Mesečne količine padavin v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani

Tabela 3.1: Pojavljanje najvišjih izmerjenih mesečnih koncentracij aktivnosti za H-3, Cs-137, Be-7, K-40 in Pb-210 v vzorcih padavin na Bregah, v Krškem, Dobovi in Ljubljani v letu 2025

Radionuklid v padavinah	LJUBLJANA	BREGE	KRŠKO	DOBOVA
H-3	junij	oktober	december	junij
Cs-137	–[17]	junij	avgust	oktober
Be-7	junij	junij	julij	junij
K-40	junij	junij	junij	junij
Pb-210	junij	junij	junij	junij

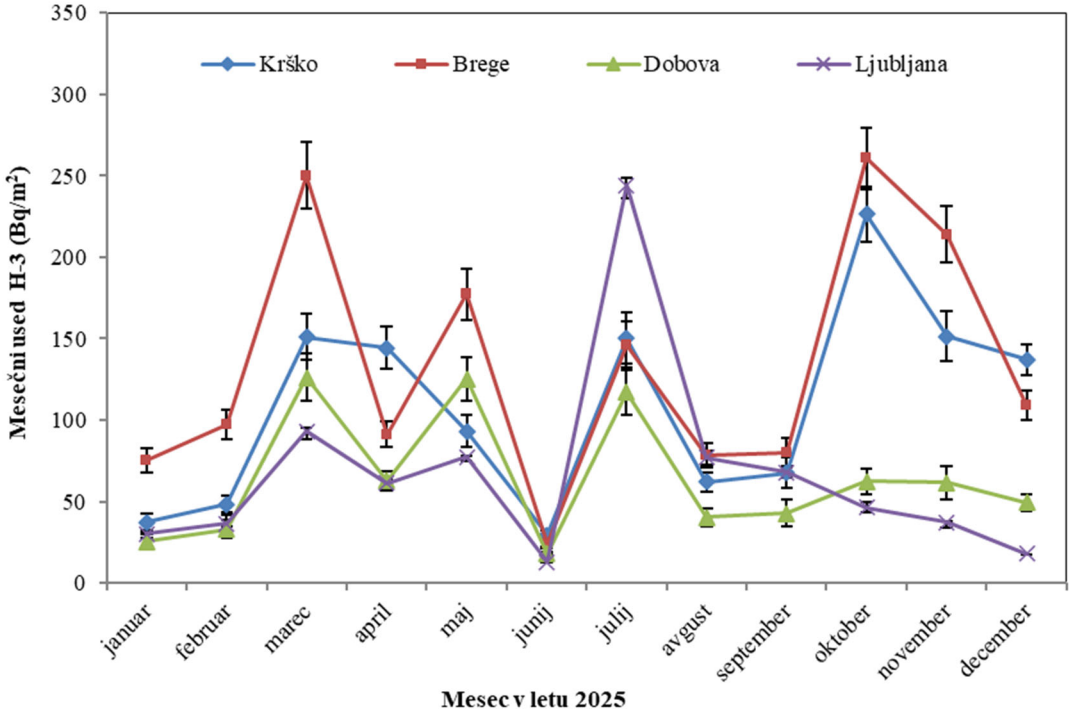
[17] Radionuklid Cs-137 v letu 2025 ni bil zaznan v nobenem vzorcu padavin na referenčni lokaciji v Ljubljani.



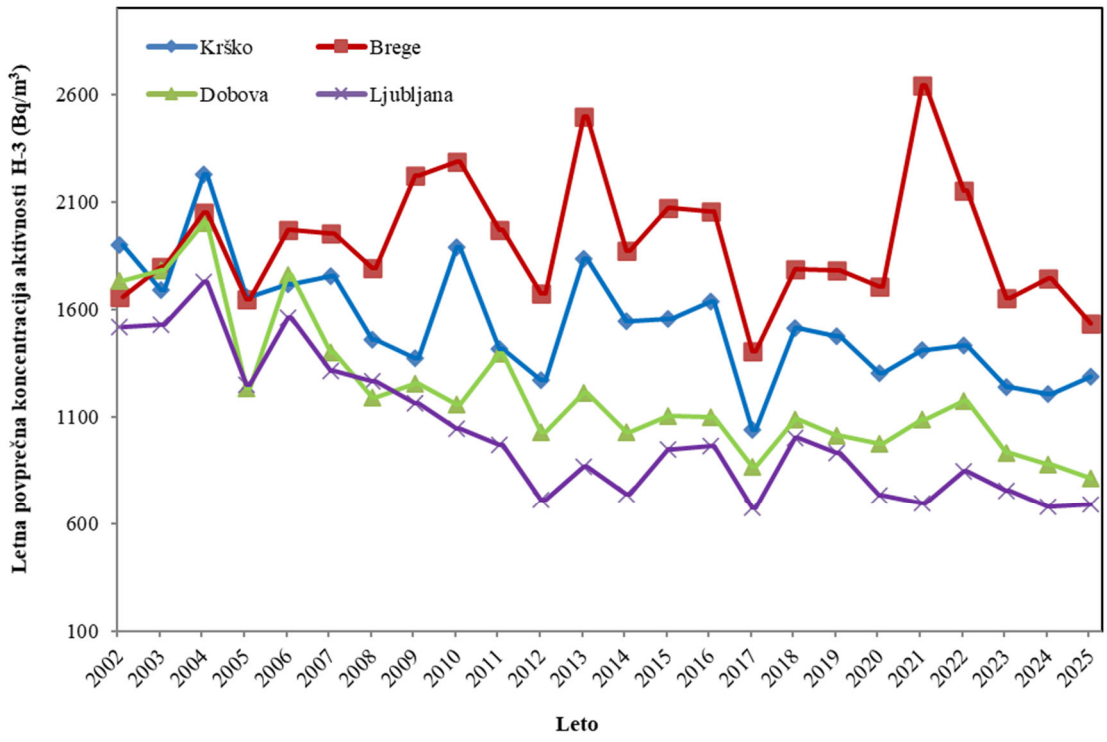
Slika 3.2: Mesečne koncentracije aktivnosti tritija v padavinah v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani.

Tritij (H-3)

Koncentracije aktivnosti tritija v padavinah so prikazane na sliki 3.2. Povprečja mesečnih koncentracij aktivnosti so primerljiva s povprečji mesečnih koncentracij v letu 2024. Koncentracija aktivnosti tritija v Krškem in na Bregah je v zimskem času povišana glede na ostala vzorčevalna mesta, kar se sklada tudi s količino zračnih izpustov iz NEK. Zračni izpusti v letu 2025 so bili za 45 % nižji kot v letu 2024 in za 20 % nižji kot v letu 2023. Največji mesečni izpust tritija je bil zabeležen januarja in je predstavljal 16 % celotnega letnega izpusta iz NEK, vendar je bil tudi ta premajhen, da bi se njegov vpliv odrazil v izmerjenih aktivnostih H-3 v okoljskih vzorcih v okolici NEK. Povezanost med zračnimi izpusti in izmerjenimi koncentracijami aktivnosti H-3 v danem letu tako ni bila detektirana. Vzorčni Pearsonov korelacijski koeficient [55] je na vseh mestih v okolici NEK bil pod 0,1, kar nakazuje, da ni odvisnosti med primerjanima parametroma. Najvišja mesečna koncentracija tritija v padavinskih vzorcih v okolici NEK je bila v mesecu decembru izmerjena v Krškem, najnižja pa januarja v Ljubljani. Koncentracije aktivnosti v grobem sledijo običajnim naravnim letnim gibanjem tritija v ozračju severne zemeljske poloble, kjer so vrednosti poleti v splošnem višje kot pozimi. Izjema so koncentracije aktivnosti na lokacijah na Bregah in v Krškem, kjer se nedvoumno pozna učinek delovanja NEK, saj so letna povprečja konstantno višja od referenčne lokacije v Ljubljani.



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 2002–2025

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.

Na Bregah je vzorec koncentracij aktivnosti tritija nekoliko drugačen kot v Krškem in Dobovi, kar je dobro razvidno iz dolgoletnih letnih povprečij na sliki 3.4. Povprečne mesečne koncentracije aktivnosti so bile v letu 2025 v Ljubljani in Krškem višje, medtem ko so bile v Dobovi in na Bregah nižje kot v preteklem letu. Najnižje vrednosti so bile izmerjene v Ljubljani, najvišje pa na Bregah, kar predstavlja že ustaljen večletni vzorec.

Vpliv obratovanja NEK na koncentracije aktivnosti tritija v neposredni okolici elektrarne je razviden iz letnih povprečnih vrednosti, ki so na merilnih mestih Brege in Krško vsako leto višje kot v Dobovi in Ljubljani. V obdobjih z manjšo količino padavin je korelacija med izpusti iz elektrarne in izmerjenimi koncentracijami aktivnosti še izrazitejša. Sušni meseci se pojavljajo skoraj vsako leto, vendar se ne pojavljajo vedno v istem delu leta.

Sezonska nihanja koncentracij tritija ponazarja tabela 3.2, ki prikazuje rezultate linearne regresije, in sicer smerne koeficiente ter korelacijske koeficiente (R^2) med količino padavin in mesečnimi padavinskimi usedi tritija. Iz rezultatov so razvidne precejšnje razlike med posameznimi obdobji, še posebej med letnimi časi. Višji vrednosti smernega koeficienta kažeta, da večja količina tritija iz zraka preide v padavine, s tem pa v padavinski used. Na lokacijah Ljubljana in Dobova, kjer je vpliv zračnih izpustov iz NEK nezaznaven (Ljubljana) oziroma minimalen (Dobova), so ti koeficienti poleti večinoma višji kot pozimi. To nakazuje, da v poletnih mesecih več tritija iz atmosfere preide v padavinski used. Drugače pa je na območjih, kjer je vpliv NEK izrazitejši. Na primer na lokacijah Krško in Brege, kjer je vpliv zračnih izpustov NEK opazen, je sezonski vzorec manj jasen oziroma moten zaradi umetnega vnosa tritija v atmosfero.

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 Cs-137 v Ljubljani in na lokacijah v okolici NEK pokaže, da so vrednosti usedov v Ljubljani praktično enake ali nekatera leta celo nekoliko višje kot v okolici NEK (slika 3.7).

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 2025.

	pomlad–poletje		jesen–zima	
	smerni koeficient	R^2	smerni koeficient	R^2
Ljubljana	0,9	0,7	0,3	0,5
Brege	1,6	0,9	2,5	0,8
Krško	1,2	1,0	1,4	0,5
Dobova	1,0	1,0	0,5	0,5

Berilij (Be-7)

Be-7 je kozmogeni radionuklid, kar pomeni, da nastaja v zgornjih plasteh ozračja pri reakcijah med kozmičnimi žarki in jedri dušika [56]. Od tam prehaja v nižje plasti zemeljskega ozračja in nato na zemeljsko površje.

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

Tabela 3.3: Povprečni letni padavinski used Be-7

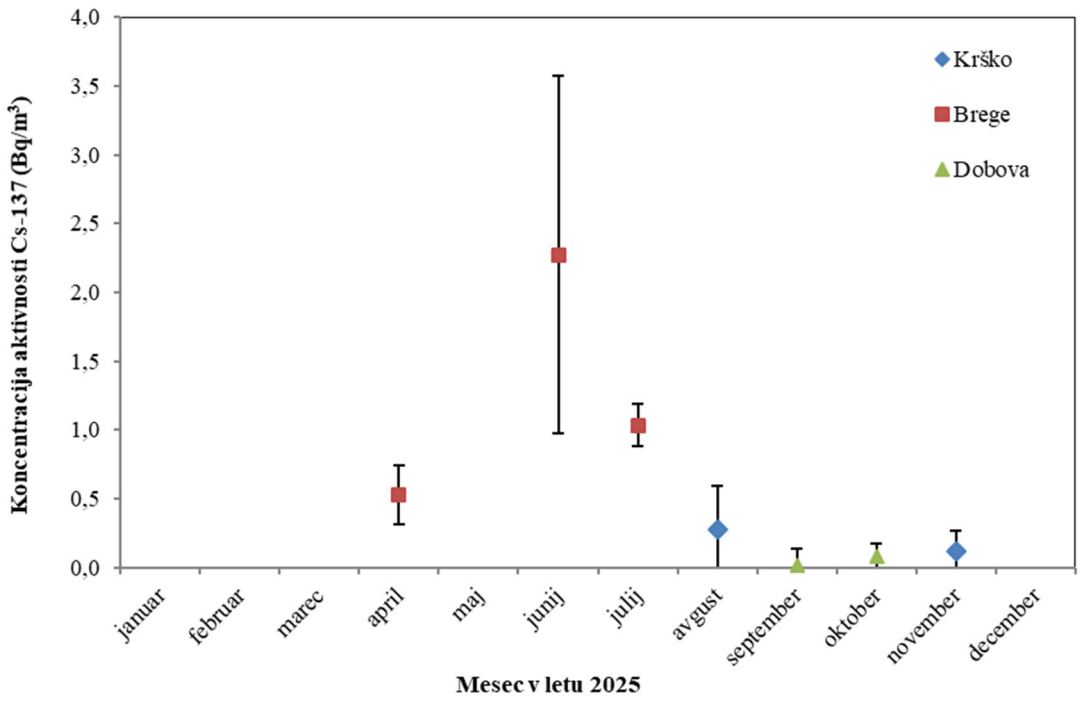
Vzorčevalno mesto	Letno povprečje padavinskega useda Be-7 (Bq/m^2)
Ljubljana	24 ± 1
Brege	17 ± 1
Krško	17 ± 1
Dobova	17 ± 1

Ogljik (C-14)

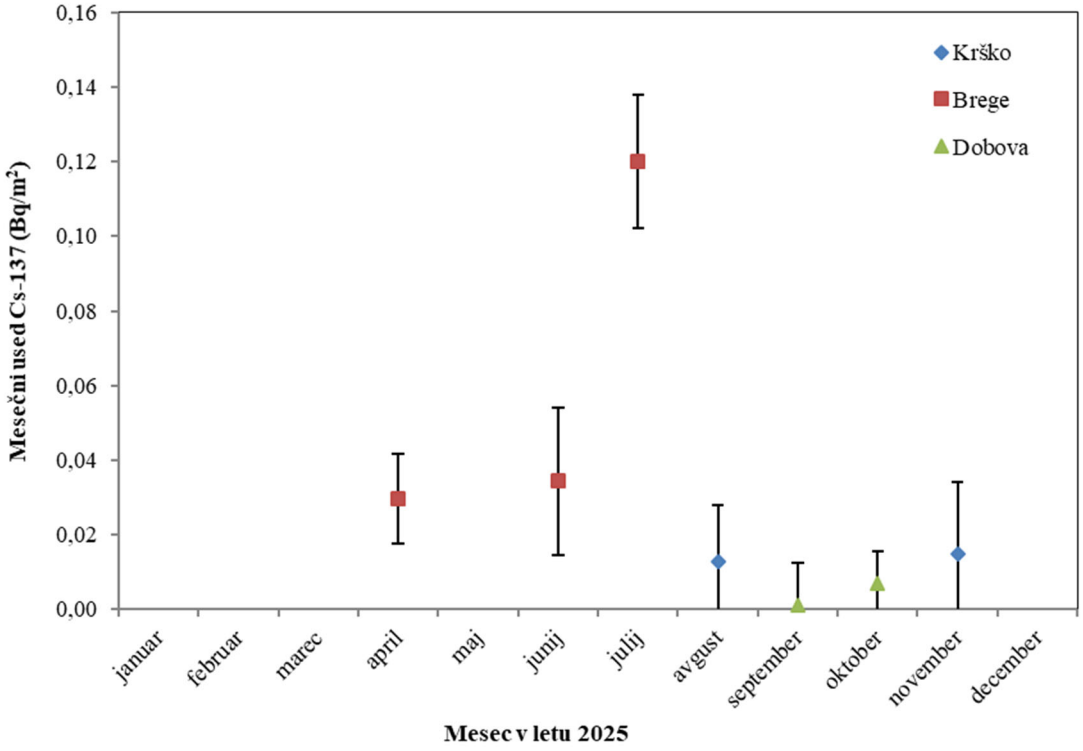
C-14 ni vključen v program meritev padavinskih vzorcev.

Cezij (Cs-137)

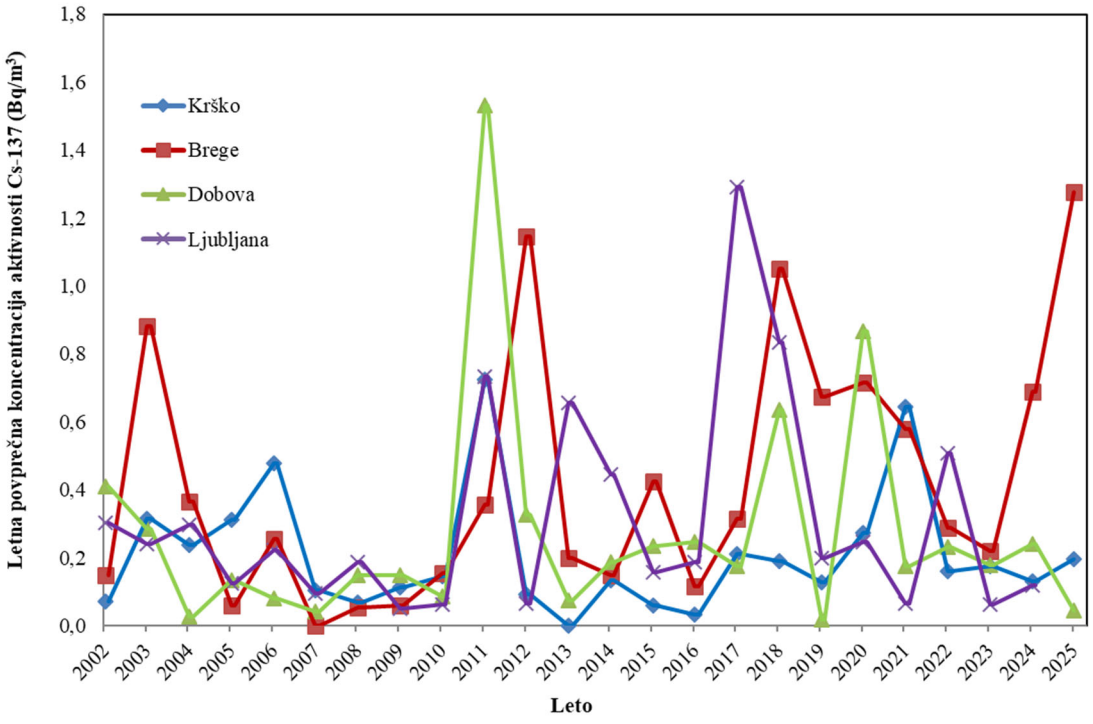
Mesečne koncentracije aktivnosti Cs-137 v padavinah v Krškem, Bregah in Dobovi so prikazane na sliki 3.5, padavinski used pa na sliki 3.6. Na vzorčevalnem mestu v Ljubljani radionuklid Cs-137 v padavinah ni bil zaznan. V letu 2025 so bile vse izmerjene vrednosti pod 1 Bq/m^3, razen pri junijski in julijski meritvi v Bregah, ki sta bili (2,3 ± 1,3) Bq/m^3 in (1,0 ± 0,2) Bq/m^3. V okviru negotovosti je večina vrednosti zelo podobnih. Na sliki 3.7 je prikazan večletni potek letnih padavinskih usedov za Cs-137. Vse vrednosti, ki jih izmerimo, so posledica vetrovne resuspenzije, lahko pa tudi posledica kurjenja s trdimi gorivi v zimskih mesecih [22]. Ker je koncentracija aktivnosti v primeru majhne količine vzorca zelo odvisna od števila prašnih delcev, vnešenih v deževnico zaradi resuspenzije, lahko te vrednosti močno nihajo in je težko razložiti letne spremembe. Izjema je leto 2011, kjer je izrazito povišanje posledica nesreče v Fukušimi, kar je vidno na vseh vzorčevalnih mestih (slika 3.7).



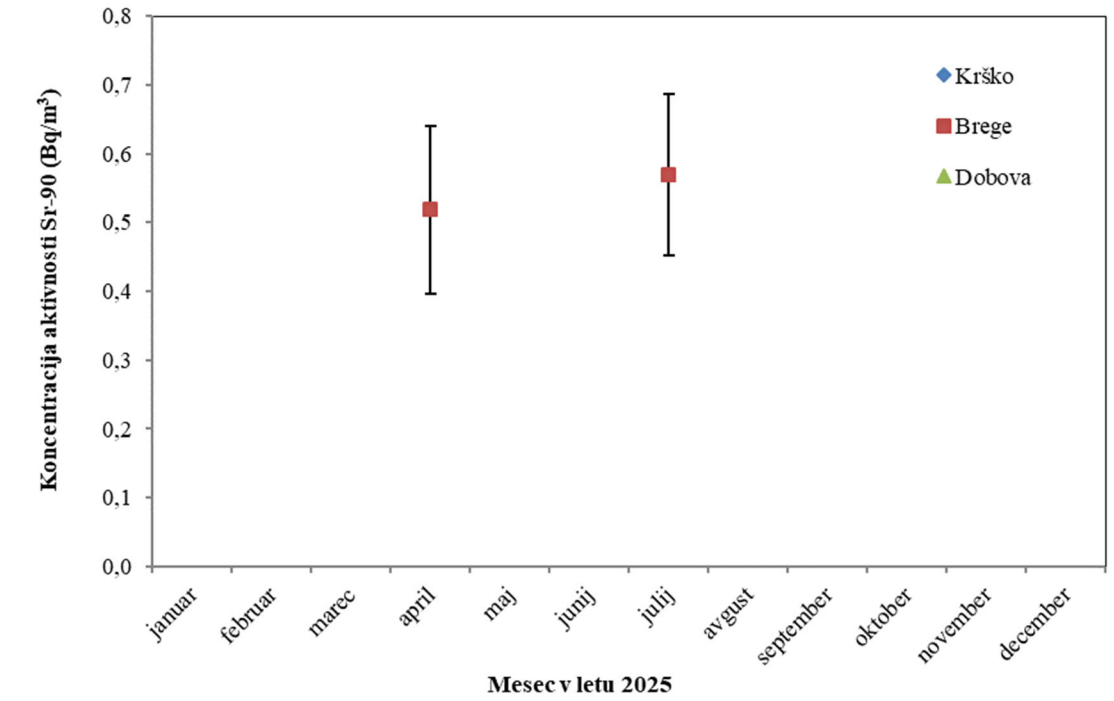
Slika 3.5: Mesečne koncentracije aktivnosti Cs-137 v padavinah v Krškem, Bregah in Dobovi. V Ljubljani Cs-137 ni bil zaznan.



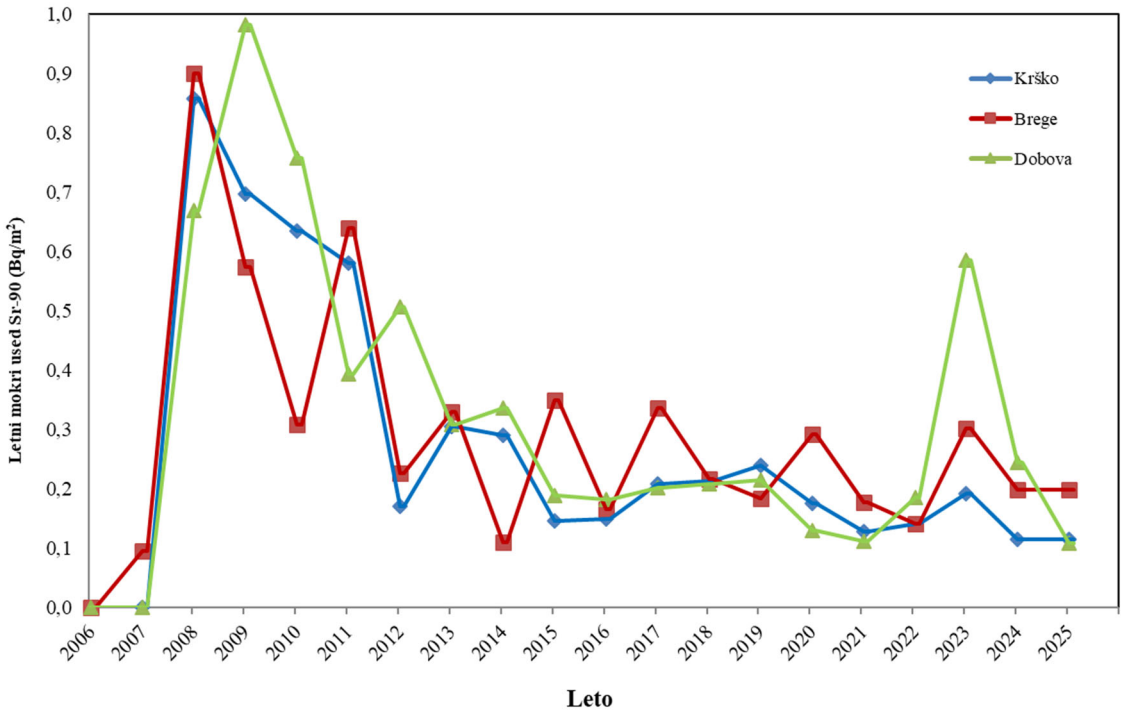
Slika 3.6: Mesečni padavinski used Cs-137 v Krškem, Bregah in Dobovi. V Ljubljani Cs-137 ni bil zaznan.



Slika 3.7: Letna koncentracija aktivnosti Cs-137 v padavinah za obdobje 2002–2025. Izrazito povišanje v letu 2011 na vseh vzorčevalnih mestih je posledica nesreče v Fukušimi.



Slika 3.8: Mesečne koncentracije aktivnosti Sr-90 v okolici NEK



Slika 3.9: Letni padavinski used Sr-90 za obdobje 2006–2025

Stroncij (Sr-90)

Mesečne koncentracije aktivnosti Sr-90 v padavinah v Krškem, Bregah in v Dobovi so prikazane na sliki 3.8, letni padavinski used pa na sliki 3.9. Za vzorčevalno mesto v Ljubljani, ki ni v sklopu rednega monitoringa NEK, se meritve aktivnosti Sr-90 ne izvajajo. Kot je razvidno iz slike, je bilo večino vrednosti za Sr-90 v letu 2025 pod mejo detekcije, v nekaterih vzorcih pa je bil Sr-90 zaznan v sledeh (blizu meje detekcije). Ker so bili zračni izpusti Sr-90 iz NEK v letu 2025 zanemarljivi, lahko prisotnost omenjenega radionuklida pripišemo samo vetrovni resuspenziji. Pri določenih mesecih je dodatna potrditev izvora, da je poleg Sr-90 zaznan tudi Cs-137. Oba omenjena radionuklida sta prisotna v zemlji kot posledica splošne kontaminacije.

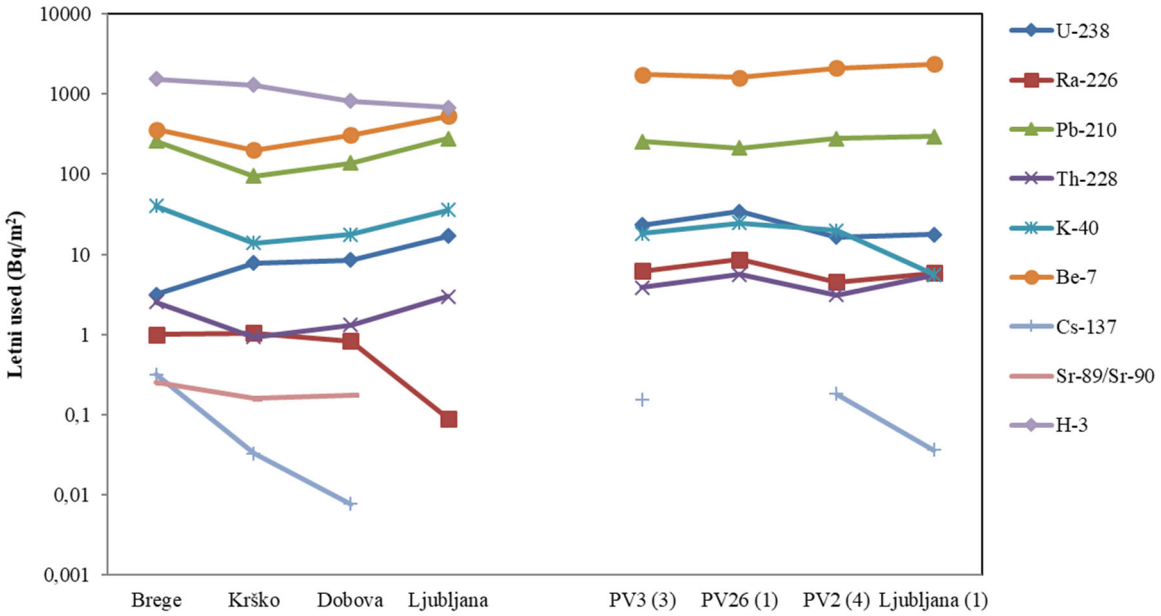
Vrednosti v tabelah za nezaznane mesečne aktivnosti so izpeljane iz detekcijskih mej, kjer predpostavimo vrednost četrtine detekcijske meje. Predpostavljene vrednosti so pomembne za izračun doznih obremenitev. Slika 3.9 prikazuje letne padavinske usede Sr-90 na vseh treh lokacijah v okolici NEK med letoma 2006 in 2025. Usedi oziroma njihove predvidene vrednosti so v letu 2025 primerljive z vrednostmi iz prejšnjih let.

Jod (I-131)

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

Suhi used

Rezultati meritev na vzorcih 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 2025, IJS-DP-15403,* marec 2026.

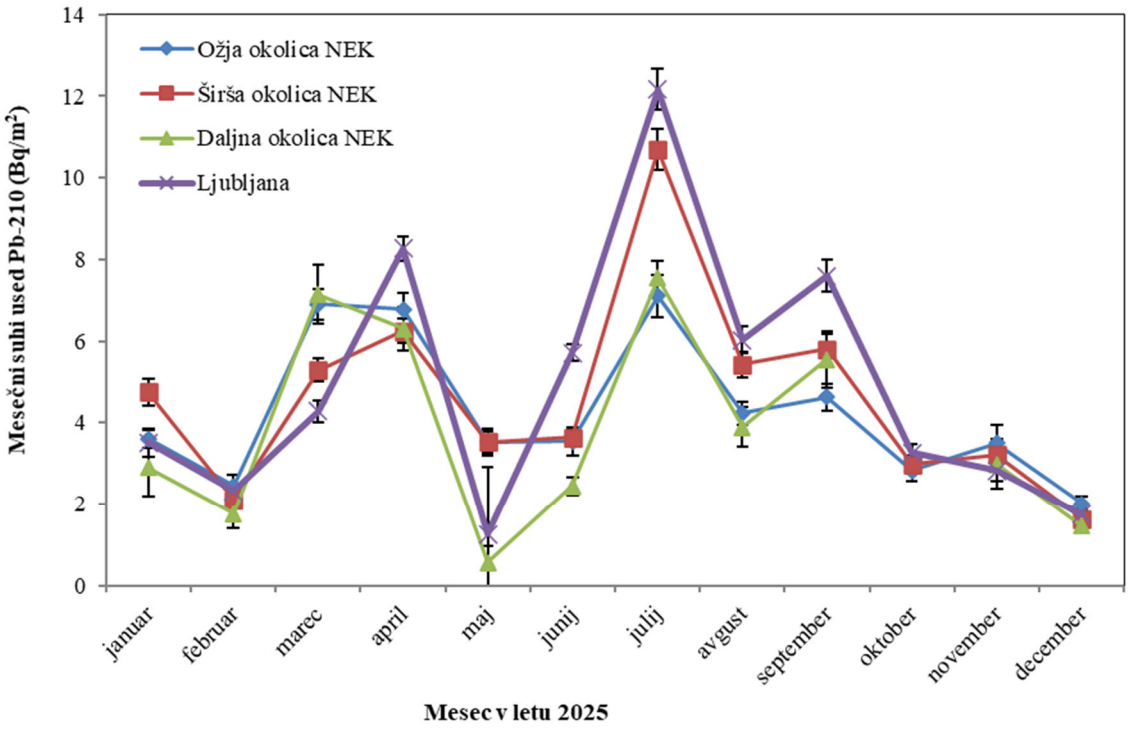


Slika 3.10: Letni usedi v padavinah, zbranih v lovilnikih deževnice (leva stran grafa) in na vazelinskih ploščah na različnih lokacijah okrog NEK (desna stran grafa) v letu 2025; PV2 (4): štiri vazelinske plošče v širši okolici NEK; PV26 (1): vazelinska plošča v daljni okolici NEK; PV (3): tri vazelinske plošče v ožji okolici NEK; Ljubljana (1): vazelinska plošča na dvorišču IJS.

V vzorcih suhega useda so bili v letu 2025 izmerjeni Be-7, K-40, Cs-137 in potomci uranove in torijeve razpadne vrste. Analiza 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.

Suhi used na vazelinskih ploščah v okolici NEK je primerljiv s suhim usedom v Ljubljani. Podobno velja tudi za padavinske usede.

Na sliki 3.11 je prikazan suhi used za Pb-210, ki zaradi velikega utežnega faktorja največ prispeva k izračunani letni dozi. Iz slike lahko ugotovimo zelo podoben časovni 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 v mesecu juliju.



Slika 3.11: Mesečni suhi used Pb-210 v Ljubljani, v širši in ožji okolici NEK ter na vzorčevalnem mestu, ki je najbolj oddaljeno od NEK (daljna okolica NEK)

OCENA UČINKOV

Letno efektivno dozo izračunamo iz mesečnega, četrtletnega ali polletnega povprečja ob predpostavki, da je vnos hrane, vode ali zraka v človeški organizem vse leto konstanten. Oceno učinkov radioaktivnega useda ovrednotimo z efektivno dozo zaradi zunanjega sevanja in zaužitja[18]. 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 največ prispeva kozmogeni Be-7, ki se s padavinami izpira iz ozračja, in sicer v okolici NEK 63 % in 73 % v Ljubljani. V letu 2025 je bila celotna efektivna doza zaradi zunanjega sevanja iz useda umetnih radionuklidov v okolici NEK za 45 % manjša kot v letu 2024 in za 7 % manjša kot v letu 2023.

[18] Za oceno obremenitve prebivalstva zaradi izpustov iz jedrskega objekta se uporablja referenčna oseba kot posameznik iz prebivalstva, ki prejema ali bi lahko prejel najvišje doze, pri čemer niso upoštevane osebe s skrajnimi in redkimi navadami [9].

Tabela 3.4: Efektivne doze zaradi zunanjega sevanja iz useda v letu 2025 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 referenčna oseba zadržuje 20 % časa na prostem in da je faktor ščitenja pri zadrževanju v hiši 0,1, kot je to v tem poglavju.

Starostna skupina	Radionuklidi	Okolica NEK (povprečje lokacij)	Ljubljana
		doza (μSv)	
ODRASLI OTROCI DOJENČKI	UMETNI	(11 ± 8) E–5	—[19]
	VSI	0,04 ± 0,01	0,04 ± 0,01

Tabela 3.5: Efektivne doze zaradi zaužitja rastlin z usedlimi radionuklidi v letu 2025 za odrasle, otroke in dojenčke.

Starostna skupina	Masa zaužitega rastlinja (kg)	Radionuklidi	Okolica NEK (povprečje lokacij)	Ljubljana
			doza (μSv)	
ODRASLI	25	UMETNI	0,011 ± 0,002	0,006 ± 0,0001
		VSI	28 ± 7	28 ± 1
OTROCI	15	UMETNI	0,009 ± 0,001	0,004 ± 0,00001
		VSI	46 ± 11	46 ± 1
DOJENČKI	2,5	UMETNI	0,026 ± 0,004	0,012 ± 0
		VSI	206 ± 48	205 ± 6

Efektivna doza zaradi zunanjega sevanja umetnih radionuklidov prispeva v okolici NEK približno 0,3 % k celotni zunanji dozi, enako za vse starostne skupine. V Ljubljani v letu 2025 umetni radionuklidi, ki bi prispevali k efektivni dozi zunanjega sevanja, niso bili zaznani. Tudi če vključimo v oceno izpuste iz NEK, so umetni radionuklidi pri računanju efektivnih doz zaradi zunanjega sevanja v letu 2025 zanemarljivi.

Efektivno dozo zaradi zaužitja rastlin z usedlimi radionuklidi 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], [11], [65]. Pri tem šteje le used na zeleni del rastlin in posledični vnos radionuklidov v rastlino, medtem ko prevladujoči transport radionuklidov iz zemlje ni vštet, ta del je obravnavan v poglavju *Radionuklidi v hrani*. V izračunu ni upoštevano, da vse rastlinje pred zaužitjem operemo ali olupimo in tako odstranimo tudi do 90 % vseh radionuklidov na površini. Vrednosti so zbrane v tabeli 3.5.

Skupna efektivna doza zaradi zaužitja rastlin v letu 2025 je primerljiva z letom 2024: prispevek umetnih radionuklidov v okolici NEK je približno 15 % manjši, prispevek naravnih radionuklidov pa približno 5 % manjši. Efektivna doza je bila v letu 2025 za umetne radionuklide v okolici NEK med 86 % in 119 % večja kot na lokaciji v Ljubljani in primerljiva za skupno efektivno dozo. K skupni efektivni dozi zaradi zaužitja rastlin tako v Ljubljani kot v okolici NEK največ prispeva naravni radionuklid Pb-210, in sicer kar do 99 % pri otrocih in odraslih in do 97 % pri dojenčkih. Efektivna doza od umetnih radionuklidov prispeva k celotni

[19] V Ljubljani v letu 2025 niso bili zaznani umetni radionuklidi, ki bi prispevali k efektivni dozi zaradi zunanjega sevanja.

efektivni dozi zaradi zaužitja rastlin z usedlimi radionuklidi za odraslo osebo v okolici NEK okrog 0,04 %, v Ljubljani pa 0,02 %, kar je primerljivo s prejšnjimi leti. Za otroka in dojenčka je prispevek še manjši. Umetni radionuklidi so torej pri računanju zunanjih doz v letu 2025 zaradi vnosa s hrano zanemarljivi.

SKLEPI

V letu 2025 v padavinah in suhih usedih niso bile zaznane posebnosti glede prisotnosti radionuklidov. Tritij ostaja edini radionuklid iz zračnih izpustov NEK, ki ga je mogoče neposredno zaznati v padavinah, predvsem na Bregah in v Krškem (Stara vas), vendar po splošno uporabljani metodologiji ne prispeva k doznih obremenitvam zaradi zunanjega sevanja.

Med umetnimi radionuklidi je bil v padavinah občasno ugotovljen Cs-137. Zaznan je bil v 15 % vzorcev padavin in v 17 % vazelinskih plošč. Letna povprečna koncentracija aktivnosti za Cs-137 je bila v letu 2025 v primerjavi z izmerjenimi vrednostmi iz leta 2024 višja na vseh vzorčevalnih mestih v okolici NEK, razen v Dobovi. V Ljubljani radionuklid ni bil zaznan v nobenem vzorcu. Vzrok za prisotnost Cs-137 v padavinah je najverjetneje talna resuspenzija in kurjenje trdih goriv v zimskih mesecih. Sr-90 je bil zaznan v 4 % vzorcev padavin, medtem ko se na vazelinskih ploščah meritve tega radionuklida ne izvajajo. Tudi tu je vzrok za detekcijo talna resuspenzija, saj sta tako Sr-90 kot tudi Cs-137 prisotna v tleh zaradi splošne kontaminacije.

Če primerjamo prispevek umetnih in naravnih radionuklidov k celotni efektivni dozi, ugotovimo, da večji delež prispevajo naravni radionuklidi. Obremenitev prebivalcev v okolici NEK in na referenčni točki v Ljubljani je primerljiva, vpliv izpustov iz NEK pa je zanemarljiv.

4 ZRAK

POVZETEK

V poglavju so predstavljeni in ovrednoteni rezultati meritev plinastih in aerosolnih vzorcev iz okolja ter aerosolnih filtrov za vzorčenje zraka na ventilacijskem izpustu NEK. Ocena učinka na prebivalstvo, izračunana za zračno prenosno pot, je bila narejena na podlagi meritev zračnih izpustov (emisij) in z uporabo razredčitvenih faktorjev Lagrangeevega modela, kjer iz izračunanih koncentracij radionuklidov in njihovih pretvorbenih faktorjev ocenimo dozo zaradi imisij NEK, t.i. imisijsko dozo. Modelna ocena daje oceno efektivne letne doze za odraslo osebo v naselju Spodnji Stari Grad 10 nSv, na ograji NEK (okvirno velja tudi za razdaljo 500 m od osi reaktorja) pa 20 nSv, in zajema vse izpuščene radionuklide. Lokacije vzorčenja imisij so bile v okviru rednega nadzora radioaktivnosti zraka v okolici NEK v letu 2025 enake kot prejšnja leta. Za primerjavo ocenjujemo tudi efektivne doze zaradi koncentracij aktivnosti radionuklidov v okolju, t.i. okoljsko dozo, bodisi naravnih bodisi umetnih radionuklidov, ki so posledica pretekle globalne kontaminacije zaradi jedrskih poskusov in nesreč. Ocenjene letne efektivne okoljske doze prebivalcev na podlagi meritev radioaktivnosti z aerosolnimi filtri zaradi inhalacije (vdihavanja) in imerzije (zunanjega sevanja) umetnih radionuklidov (0,05 nSv) so zanemarljive in več velikostnih redov nižje od letne efektivne doze, ki jo zaradi inhalacije povzročajo naravni radionuklidi (28 µSv). V dozah zaradi naravnih radionuklidov ni upoštevan prispevek kratkoživih potomcev radona. Efektivna doza, izračunana iz meritev v okolju, vključuje le globalna kontaminanta Cs-137 in Sr-90.

UVOD

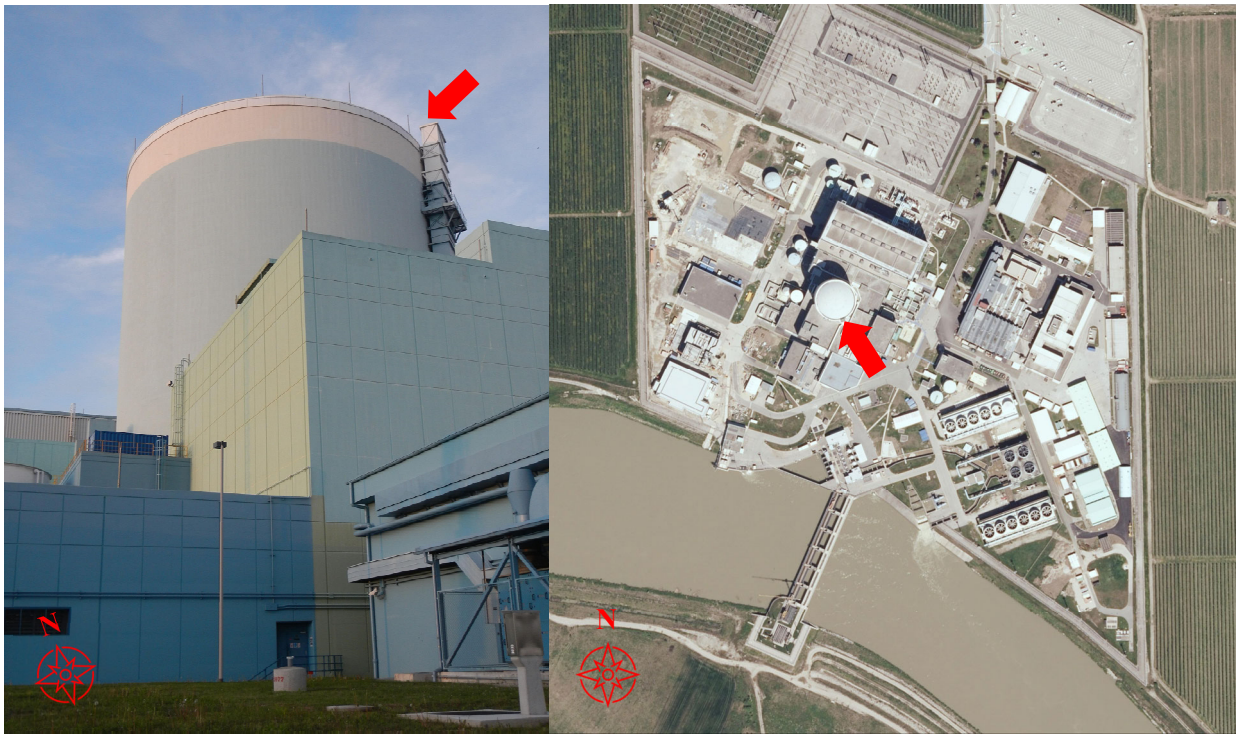
Zračni izpusti jedrske elektrarne imajo skupaj s tekočimi izpusti neposreden vpliv na okolje in ljudi, ki živijo v okolici takšnega objekta. Za nadzor zračnih izpustov opravljamo spektrometrske analize aerosolnih filtrov za vzorčenje zraka na glavnem ventilacijskem izpustu NEK tik pred izpustom v okolje (emisijske meritve) ter aerosolnih in oglenih filtrov za prečrpavanje zraka v okolju (okoljske meritve). Izmerjene emisije ali aktivnosti radionuklidov na izviru so vhodni podatki za modelne izračune, s katerimi napovedujemo porazdelitev in aktivnost radionuklidov v okolju na podlagi sodobnih modelov, ki najbolje upoštevajo sprotno izmerjene meteorološke parametre v preteklem letu, konfiguracijo terena in druge značilnosti v okolici obravnavanega objekta. Pri oceni doz zaradi okoljske radioaktivnosti se uporabljajo izmerjene koncentracije na okoliških zračnih črpalkah, medtem ko so pri oceni doz zaradi emisij NEK privzete modelsko določene koncentracije (imisije). Neodvisni laboratoriji vzorčijo okoljske vzorce in tako preverjajo vpliv elektrarne na okolje in ljudi.

VZORČENJE EMISIJ IN MODELIRANJE

Vzorčenje emisij NEK se opravlja na ventilacijskem izpustu z odvzemom reprezentativnega vzorca, ki se črpa skozi več merilnikov sevanja in vrača v ventilacijski izpust. Ločeno se vzorčijo tritij (H-3), ogljik (C-14) in Sr-90 za specifične analize s scintilacijskim spektrometrom beta ter aerosoli za izotopsko analizo sevalcev s spektrometrijo gama (aerosolni filtri v monitorju RM-24). Meritev žlahtnih plinov poteka neprekinjeno v posebnem merilnem zbiralniku. Vzorčenje in specifične analize tritija (H-3) in ogljika (C-14) je opravil IJS, meritve vzorcev filtrov za vzorčenje aerosolov na ventilacijskem izpustu pa NEK in IJS. V NEK so izvedene tudi meritve emisij joda ter žlahtnih plinov.

Koncentracije aktivnosti joda (I-131), tritija (H-3), ogljika (C-14) in aerosolov ter žlahtnih plinov na izbranih lokacijah v okolici NEK se ocenjujejo z uporabo Lagrangeevega disperzijskega modela Spray [58]–[61], saj ugotavljanje z meritvami na lokacijah zaradi razredčenja ni praktično mogoče, ker so koncentracije radioaktivnosti imisij zanemarljivo nizke v primerjavi s koncentracijami radioaktivnosti v okolju, ki so posledica globalne kontaminacije zaradi jedrskih poskusov in nesreč. 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 izpustov v vseh smereh (jod I-131 se v Dobovi ne vzorči). Poudariti je treba, da so v okolici NEK pogoste spremembe smeri vetra tudi večkrat na dan, hitrost vetra je nizka, prevladujoči smeri razširjanja sta zahod-jugozahod in vzhod-jugovzhod. Kontrolne meritve aerosolov v okolju so bile opravljene z vzorci, ki so bili pridobljeni z vzorčenjem na lokaciji v Ljubljani.



Slika 4.1: Lokacija glavnega ventilacijskega izpuha NE Krško (označena s puščico)

Efektivne doze zaradi zračnih emisij NEK so izračunane na podlagi modelskih izračunov (imisijske doze), ki jih za lažje razumevanje primerjamo še dozami iz izmerjenih koncentracij aktivnosti radionuklidov v okolju (efektivne okoljske doze[20]), in sicer na lokacijah, kjer so postavljene aerosolne črpalke. Metodologija računanja doz je predstavljena v postopku *Ocena sevalnih obremenitev* (*LMR-RP-01)*.

OKOLJSKI VZORCI

Značilnosti vzorčenja

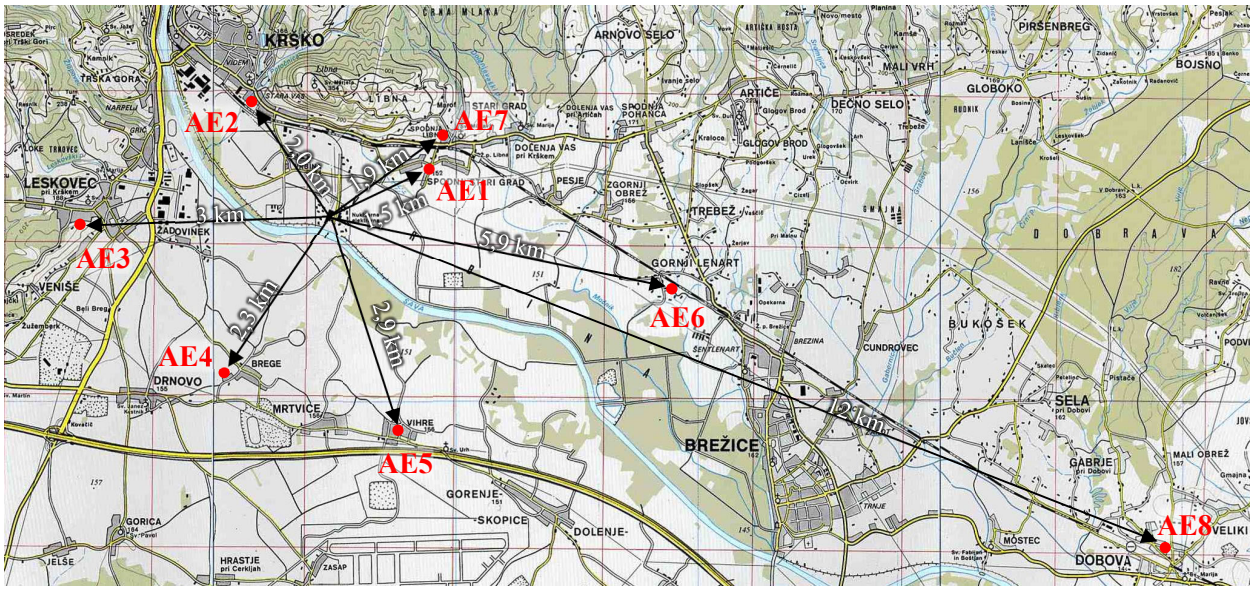
Vzorčenje in meritve radioaktivnosti zraka v okolici Nuklearne elektrarne Krško se izvajajo v okviru obratovalnega nadzora radioaktivnosti. Tega mora v skladu s 111. členom *Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti* (ZVISJV-1) [8] zagotavljati upravljalec jedrskega objekta. Podobno kot spremljamo radioaktivnost v okolju v Sloveniji, jo spremljajo tudi v drugih državah članicah EU, saj to zahteva 35. člen pogodbe EURATOM [66].

Vzorčenje radioaktivnosti v zraku - aerosolov in I-131 (radioaktivnost zraka v okolju)[21] je v letu 2025 potekalo na podoben način kot v preteklih letih, kar zagotavlja primerljivost z rezultati iz prejšnjih poročil oziroma evalvacij. Aerosole smo vzorčili na osmih mestih v okolici NEK (slika 4.2): Spodnji Stari Grad – AE1 (1,5 km), Krško - Stara vas – AE2 (2,0 km), Leskovec – AE3 (3 km), Brege – AE4 (2,3 km), Vihre – AE5 (2,9 km), Gornji Lenart – AE6 (5,9 km), Spodnja Libna – AE7 (1,7 km) in Dobova – AE8 (12 km). Na istih mestih kot vzorčenje aerosolov je potekalo vzorčenje I-131 z izjemo lokacije v Dobovi. Vzorčenje

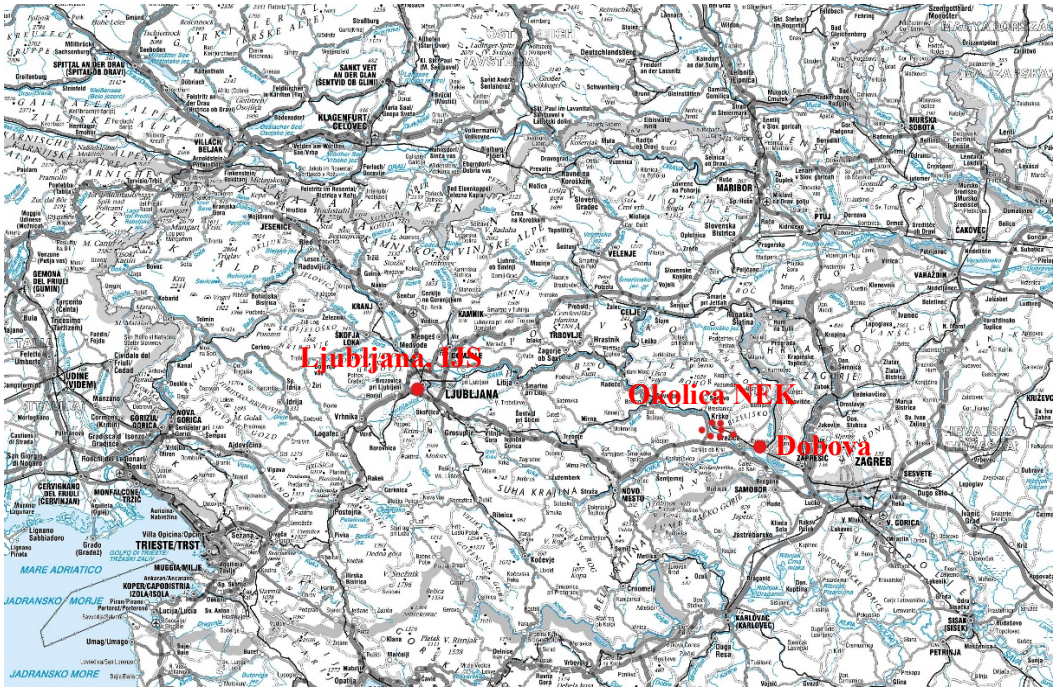
[20] Efektivna okoljska doza je izračunana iz izmerjenih koncentracij aktivnosti radionuklidov v okolju.
[21] Radioaktivnost zraka v okolju združuje prispevke imisij NEK, globalnega onesnaženja in naravnega ozadja.

za specifično meritev Sr-90 se je izvajalo v Stari vasi. Kontrolne meritve aerosolov so bile opravljene z vzorci, ki so bili pridobljeni z vzorčenjem na lokaciji v Ljubljani na dvorišču Instituta "Jožef Stefan" v okviru programa nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju v RS [22][19].

Vzorčenje aerosolov je potekalo z neprekinjenim prečrpavanjem zraka skozi aerosolne filtre. Ti se menjajo vsakih 15 dni, pri čemer se skoznje prečrpa najmanj 10 000 m^3 zraka mesečno. V Dobovi in na dvorišču IJS v Ljubljani (slika 4.3) poteka vzorčenje z visoko zmogljivimi 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 visoko ločljivo spektrometrijo gama. Vzorčenje in meritve vzorcev na vseh osmih mestih ter vzorčenje in meritev v Ljubljani je opravil IJS.



Slika 4.2: Načrt okolice NE Krško z vrisanimi okvirnimi lokacijami zračnih črpalk



Slika 4.3: Poleg zračnih črpalk v okolici NEK sta visoko zmogljivi črpalki v Ljubljani in v Dobovi

Zaradi specifičnih lastnosti I-131 in njegovih spojin je vzorčenje 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 neprekinjeno, filtri se menjajo vsakih 15 dni, skoznje se prečrpa od 1 000 m^3 do 1 400 m^3 zraka. Specifična meritev adsorbiranega I-131 se izvaja z visoko ločljivo spektrometrijo gama. Vzorčenje in specifične meritve joda je opravil IJS.

Značilnosti meritev okoljskih vzorcev

Aktivnosti sevalcev žarkov gama in rentgenskih žarkov (to so vsi radionuklidi, 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, ustrezajo kriterijem, ki so navedeni v *Pravilniku o monitoringu radioaktivnosti* [9]. 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 popravkov in hitrosti štetja na rezultate so upoštevani pri računu vseh aktivnosti. Negotovosti rezultatov so ocenjene v skladu z vodilom GUM [45] in postopkom *LMR-RP-05.*

Ugotavljanje stroncija v okoljskih vzorcih temelji na raztapljanju vzorca v ustreznih raztopinah, filtriranju, obarjanju in centrifugiranju. V radiokemijski separaciji ločimo stroncij od kalcija s kadečo se dušikovo kislino, po kateri nato sunke zaradi stroncija štejemo na proporcionalnem števcu. Izkoristek separacije določimo gravimetrično s tehtanjem oborine $SrCO_3$. 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 IN TIPIČNI ČASOVNI POTEKI

Rezultate 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) do T-51 (Dobova). V tabeli T-52 so prikazani rezultati meritev v Ljubljani, na dvorišču IJS, vzeti iz programa nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju v RS v letu 2025 [22]. 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 2025, IJS-DP-15403* marec 2026. Pokaže se, da letno dozo lahko ocenimo iz danega mesečnega, četrtletnega ali polletnega 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 2025 je bil redni remont NEK, ki je trajal od 28. 9. 2025 do 28. 10. 2025: tako je NEK v 35. gorivnem ciklu do predvidenega naslednjega remonta v aprilu 2027. V času med remontom in po njem 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 glavni oddušnik (45,4 m^3/s oziroma 163 583 m^3/h oziroma 3 926 000 m^3 na dan) so bile določene mesečne in letne emisije posameznih radionuklidov. Podatki so vzeti iz programa meritev plinastih efluentov (izvajalec IJS) [6] in podatkov o meritvah filtrov RM-24 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 ob ograji NEK, ki je v izključitvenem območju, 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) in stroncij (Sr-90)

Od umetnih radionuklidov je bil v letu 2025 v aerosolih, zbranih na filtrih zračnih črpalk, zaznan le Cs-137, medtem ko so bile koncentracije Sr-90 v vseh četrtletnih meritvah pod mejo detekcije. Njuna prisotnost v okolju je sicer posledica globalne kontaminacije, medtem ko je prispevek emisij NEK po modelni oceni nemerljiv. Izmerjene povprečne koncentracije aktivnosti Cs-137 v letu 2025 na posameznih merilnih mestih v okolici NEK, v Ljubljani in lokacijah v okviru nadzora radioaktivnosti v Republiki Sloveniji, so prikazane v tabeli 4.1. Za primerjavo je prikazano tudi 20-letno povprečje za posamezno lokacijo. Meritve aerosolov v okviru republiškega programa potekajo na lokacijah v Ljubljani (Institut "Jožef Stefan"), na Predmeji in v Murski Soboti (ZVD, Zavod za varstvo pri delu) ([18], [22]). Iz tabele 4.1 lahko razberemo, da so bile povprečne koncentracije aktivnosti Cs-137 na lokacijah v okolici NEK v letu 2025 nižje od dolgoletnih povprečij. Opažamo trend, da se na vzorčevalnih lokacijah kljub podobnim prečrpanim volumnom čedalje manjkrat izmerijo koncentracije Cs-137 nad mejo detekcije ali kvantifikacije. Povprečje po vseh lokacijah v okolici NEK za leto 2025 je bistveno nižje kot drugod po Sloveniji, kar je posledica manjših kapacitet črpalk in upoštevanja meje detekcije oziroma kvantifikacije v izračunu povprečnih letnih vrednosti. Večletno povprečje na Bregah (tabela 4.1) je za približno polovico višje od drugih lokacij v okolici NEK ali od vrednosti v Ljubljani in drugod po Sloveniji. Anomalijo lahko pripišemo okoljskim posebnostim na tej lokaciji. V letu 2025 so bile vse izmerjene koncentracije aktivnosti Cs-137 na Bregah in v Gornjem Lenartu pod mejo detekcije ali mejo kvantifikacije.

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 2025

Lokacija	Od 2005 do 2025	2025
	Koncentracija aktivnosti (Bq/m^3)	
Spodnji Stari Grad	1,3E–06 ± 2E–07	8,3E-09 ± 4E-08
Stara vas	1,2E–06 ± 2E–07	2,4E-07 ± 8E-08
Leskovec	1,3E–06 ± 1E–07	2,2E-07 ± 1E-07
Brege	2,0E–06 ± 2E–07	ni izmerjeno**
Vihre	1,1E–06 ± 3E–07	2,0E-07 ± 9E-08
Gornji Lenart	1,0E–06 ± 2E–07	1,3E-08 ± 3E-08
Spodnja Libna	1,1E–06 ± 3E–07	5,5E-08 ± 6E-08
Dobova	1,2E–06 ± 2E–07	5,0E-07 ± 4E-08
Povprečje NEK	1,1E–06 ± 2E–07	1,5E–07 ± 6E–08
Ljubljana	1,6E–06 ± 6E–08	7,5E-07 ± 7E-08
Murska Sobota	1,3E–06 ± 1E–06*	2,0E–6 ± 6E–7
Predmeja	2,1E–06 ± 9E–07	1,0E–6 ± 2E–7

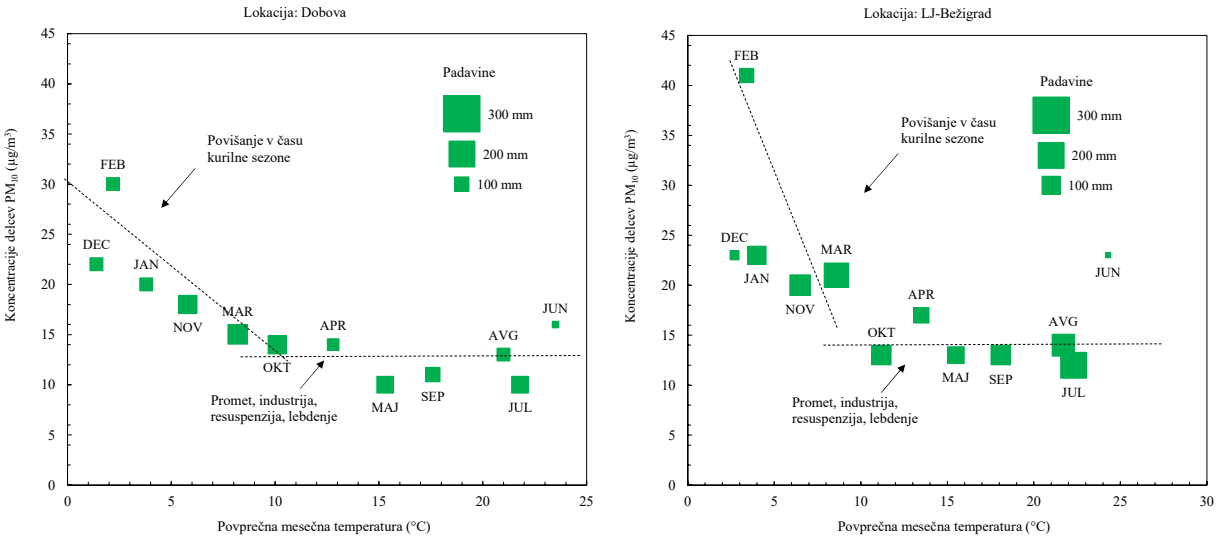
* *Samo od leta 2018 dalje*

** *Vse meritve so bile pod mejo detekcije ali mejo kvantifikacije*

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 2025

Vzorč.mesto	MURSKA SOBOTA*	PREDMEJA*	LJUBLJANA	POVPREČJE KRAJEV V OKOLICI NEK
IZOTOP	Povprečne mesečne koncentracije aktivnosti (Bq/m³)			
Na-22			2,1E-07 ± 3E-08	4,0E-08 ± 3E-08
U-238	6,1E-07 ± 6E-07	3,5E-06 ± 2E-06	1,3E-06 ± 5E-07	1,0E-05 ± 1E-06
Ra-226	3,5E-06 ± 8E-07	2,3E-06 ± 5E-07		5,5E-07 ± 8E-07
Pb-210	2,1E-03 ± 7E-04	7,5E-04 ± 2E-04	7,9E-04 ± 1E-05	4,9E-04 ± 7E-05
Ra-228	2,4E-06 ± 1E-06	7,2E-07 ± 4E-07	6,8E-08 ± 1E-07	4,6E-06 ± 6E-07
Th-230				
Th-228	3,0E-06 ± 1E-06	7,7E-07 ± 3E-07	2,1E-05 ± 5E-07	5,6E-06 ± 6E-07
K-40	5,8E-04 ± 1E-04	3,1E-04 ± 4E-05		2,6E-06 ± 3E-06
Be-7	9,8E-03 ± 3E-03	2,9E-03 ± 3E-04	3,3E-03 ± 5E-05	2,2E-03 ± 3E-04
I-131				
Cs-134				
Cs-137	2,0E-06 ± 6E-07	1,0E-06 2E-07	7,5E-07 ± 7E-08	1,5E-07 ± 6E-08
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-89/Sr-90	Meritev ni v programu	Meritev ni v programu	Meritev ni v programu	

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

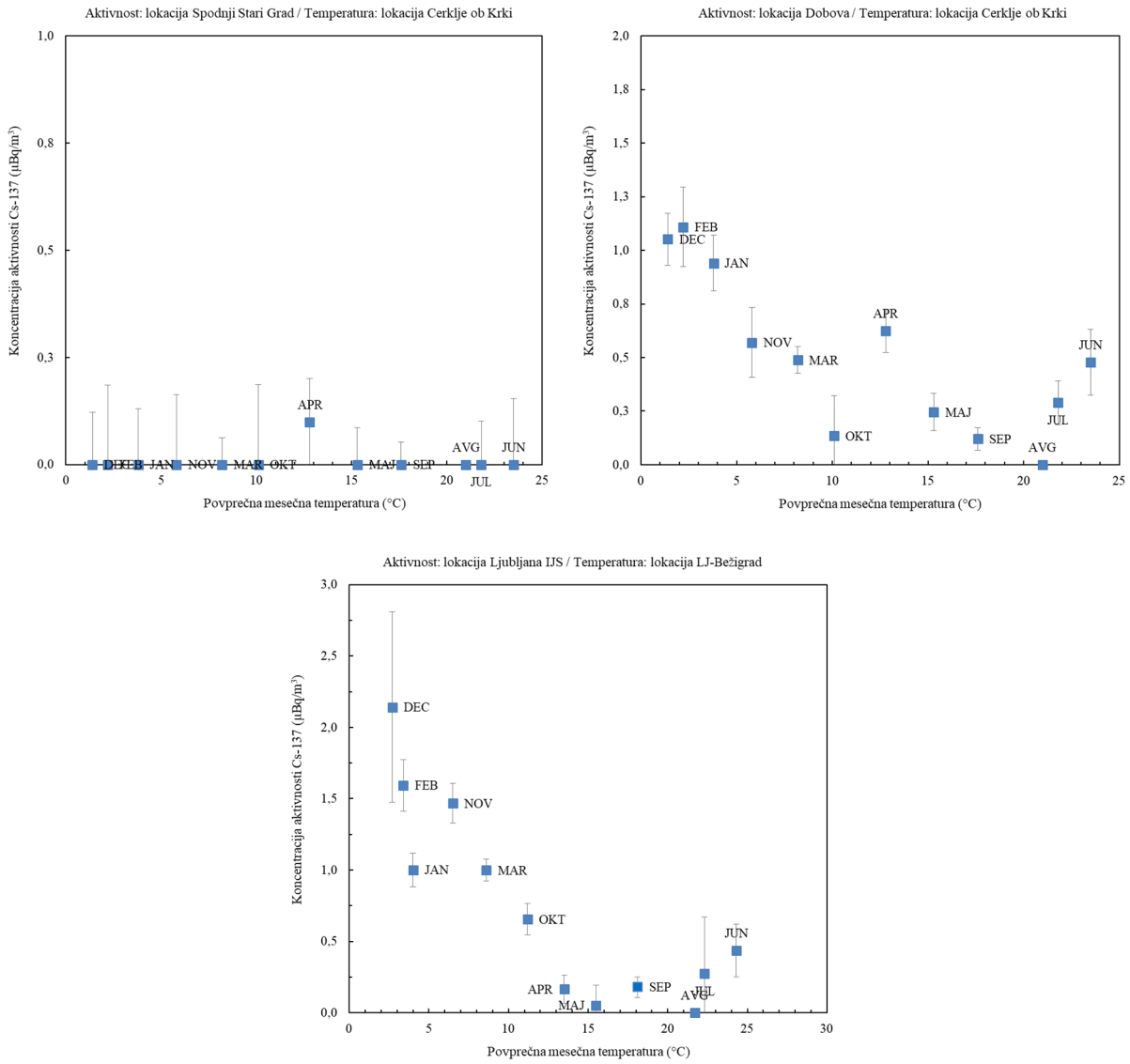


Slika 4.4: Korelacija koncentracije prašnih delcev PM_{10} v zraku s povprečnimi mesečnimi temperaturami – Dobova in Ljubljana. Izrazito povišanje koncentracij PM10 je prisotno v hladnejših mesecih.

V izmerjenih povprečnih koncentracijah aktivnosti Cs-137 na filtrih vzorčevalnih črpalk je samo majhen del posledica resuspenzije Cs-137 iz zemlje. Iz literature ([67], [68], [2]) lahko namreč sklenemo, da je prispevek h koncentraciji aktivnosti Cs-137 v zraku v hladnih mesecih v veliki meri posledica uporabe lesnih kuriv (predvsem drv, briketov in peletov), kar najbolje predstavljajo prašni delci PM_{10}, in posledičnega sproščanja v njih prisotnega černobilskega Cs-137 v okolje. V toplejših mesecih pa je prispevek kurjenja manj izrazit in je aktivnost najverjetneje posledica več dejavnikov: v največji meri resuspenzije s tal in lebdenja delcev v ozračju, v manjši meri pa prometa in industrije. Takšna odvisnost

prašnih delcev od temperature je prikazana za lokaciji Dobova in Ljubljana na sliki 4.4. Zaradi izpiranja prašnih delcev ima na koncentracijo PM10 velik vpliv tudi količina padavin, kjer površina točk na grafu predstavlja količino mesečnih padavin.

Zato lahko potrdimo tudi močno temperaturno korelacijo s koncentracijami Cs-137 v zraku, ki je lepo vidna na sliki 4.5 za lokaciji Ljubljana in Dobova (visoko zmogljive črpalke). V letu 2025 je bila na lokaciji Spodnji Stari Grad samo ena meritev nad mejo detekcije oziroma kvantifikacije, zato smiseln komentar ni možen. Vseeno lahko potrdimo, da so izmerjene koncentracije Cs-137 v Sloveniji in tudi v okolici NEK (meritve prejšnjih let) posledica okoljske radioaktivnosti zaradi černobilske nesreče.



Slika 4.5: 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 letu 2025 na lokaciji Spodnji Stari Grad samo ena meritev nad mejo), v Dobovi in Ljubljani vzorčenje poteka z visoko pretočnima črpalkama, zato je korelacija med koncentracijo in povprečno mesečno temperaturo izrazitejša.

V okviru rednega nadzora življenjskega okolja v RS v letu 2025 smo vzorčili domača drva, pelete oziroma brikete ([19]). Specifične aktivnosti Cs-137 so bile od 0,14 Bq/kg do 3,2 Bq/kg. Iz podatkov o vsebnosti Cs-137 v lesnih kurivih lahko informativno ocenimo koncentracijo aktivnosti Cs-137 v zraku v bližini kurišč (do 500 m). V Sloveniji se približno četrtina (23 %) od okrog 800 000 gospodinjstev ogreva z lesno biomaso. Pri letni porabi okrog 1 200 kt za celotno Slovenijo je povprečna poraba slovenskega gospodinjstva, ki se ogreva le z lesno biomaso, okrog 5 800 kg na leto. Na podlagi teh podatkov in ob upoštevanju povprečne specifične aktivnosti 1,4 Bq/kg za 8 vzorcev iz programa, ([19]) lahko ugotovimo, da je skupna letna izpuščena aktivnost Cs-137 v lesnih kurivih na gospodinjstvo 116 kBq. Ob zelo grobih predpostavkah, da se v okolje izpusti celotna količina Cs-137 pri zgorevanju lesa v peči, ob uporabi informativne vrednosti razredčitvenega faktorja na razdalji 500 m χ/Q=10^{-4} s/m^3 (talni izpust) [22] in konstantnega izpusta s hitrostjo aktivnosti 3,1 10^{-3} mBq/s (predpostavili smo, da se peleti skurijo v 4 mesecih), dobimo oceno za koncentracijo aktivnosti Cs-137 v zraku 1,13 µBq/m^3 v bližini hiše, kjer se za ogrevanje uporablja peč na trda goriva. Ta vrednost je primerljiva s povprečno koncentracijo aktivnosti Cs-137 v zraku v Dobovi za štiri zimske mesece v letu 2025, ki je 0,92 µBq/m^3.

Stroncij (Sr-90)

Meritve stroncija Sr-90 v okolju se izvajajo v trimesečnih sestavljenih vzorcih. V letu 2025 so bile meritve opravljene v Stari vasi, vsi izmerki pa so bili pod mejo kvantifikacije. Ocenjena povprečna koncentracija aktivnosti v letu 2025 je bila 0,12 µBq /m^3. Večletno povprečje koncentracije aktivnosti za Sr-90 v Dobovi (prejšnja lokacija vzorčenja) je 0,65 µBq/m^3. V zračnih izpustih NEK je bil v letu 2025 Sr-89/Sr-90 sicer zaznan.

Jod (I-131)

Mesečne koncentracije aktivnosti I-131 v zraku (ogleni filtri, tabela T-43) ali v aerosolih (tabele T-44 do T-51) v okolju so bile v letu 2025 pod mejo detekcije.

Drugi aktivacijski in fisijski produkti

Med obratovanjem so bili v izpuhu NEK v letu 2025 zaznani izpusti Cr-51, Mn-54, Fe-59, Co-57, Co-58, Co-60, Zn-65, Zr-95, Nb-95, Ag-110m, Te-125m, Te-127m, Cs-137, Ce-144, Fe-55 in Se-75, vendar teh radionuklidov, z izjemo Cs-137, nismo zaznali na nobenem od sedmih merilnih mest v okolici NEK, kjer so postavljene kombinirane črpalke, niti v Ljubljani. Cs-137 v zraku, izmerjen v zračnih filtrih, je posledica okoljske radioaktivnosti. Zračni izpusti so navedeni v tabeli 4.4.

Naravni radionuklidi

Rezultate meritev naravnih radionuklidov v aerosolih v okolju na posameznih mestih je težko povezati v smiselne sklepe (tabela 4.2), saj so koncentracije aktivnosti 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 2025 v okolici NEK je bila 2 212 µBq/m^3, Pb-210 pa 490 µBq/m^3. V Ljubljani sta bili ustrezni vrednosti 3 301 µBq/m^3 in 795 µBq/m^3, v Murski Soboti 9 797 µBq/m^3 in 2 138 µBq/m^3 in na Predmeji 2 900 µBq/m^3 in 749 µBq/m^3. Za kozmogeni Be-7 ugotavljamo, da je bila v okviru negotovosti povprečij na vseh vzorčevalnih mestih v okolici NEK, na Predmeji in v Ljubljani izmerjena primerljiva vrednost, odstopa le v Murski Soboti, kjer je vrednost višja. Podobno velja tudi za Pb-210, kjer so vrednosti primeljive na vseh lokacijah. Taka ugotovitev je pričakovana predvsem za lokacije s podobnim padavinskim režimom in ustrezno podobnim izpiranjem aerosolov iz ozračja ter prehajanjem zračnih mas iz višjih plasti atmosfere. Letna količina padavin v okolici NEK je tipično za okrog 31 % nižja kot v Ljubljani, kot kaže večletno povprečje [92]: v letu 2025 pa jih je bilo za okrog 25 % manj.

Pri drugih naravnih radionuklidih so razlike med posameznimi merilnimi mesti v okolici NEK, v Ljubljani in drugih lokacijah po Sloveniji večje (tabela 4.2). Neujemanje lahko pripišemo različni sestavi tal, bližini obdelovalnih polj in neupoštevanju izhajanja radona iz vzorca pri meritvah Ra-226 za vzorce iz Predmeje in Murske Sobote. Meritve koncentracije aktivnosti radionuklidov v aerosolih v Ljubljani se zaradi najbolj zmogljive črpalke v primerjavah uporabljajo kot referenčne. Zračna črpalka na vzorčevalnem mestu v Ljubljani prečrpa približno desetkrat več zraka kot črpalke v okolici NEK, razen v Dobovi, kjer je enaka črpalka 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 ([18], [19]).

Izvajalec meritev med izmerjenimi radionuklidi v okolju poroča tudi o Na-22 od leta 2008 dalje. Podobno kot Be-7 je Na-22 kozmogeni radionuklid, njegove koncentracije pa so navadno okrog 10 000-krat nižje od koncentracij Be-7. V letu 2025 je bila v Ljubljani povprečna koncentracija aktivnosti Na-22 0,21 $\mu Bq/m^3$.

OCENA UČINKOV

Ker so koncentracije aktivnosti radionuklidov v aerosolih, ki izvirajo iz drugih virov (globalno onesnaženje z umetnimi radionuklidi, naravna radioaktivnost), dosti večje od koncentracij aktivnosti radionuklidov v razredčenih zračnih izpustih NEK (imisijah) na lokacijah vzorčenja aerosolov, prispevka slednjih ni mogoče izolirati. Pri oceni koncentracij aktivnosti umetnih radionuklidov, ki so v zračnih izpustih iz NEK, si pomagamo z računskimi modeli, ki na posameznih lokacijah ocenijo razredčitev aktivnosti radionuklidov od točke izpusta. Za zahtevne razmere, kakršne nastopajo v okolici NE Krško, uporabljamo Lagrangeev model širjenja izpuščenih snovi v zraku, upoštevajoč konfiguracijo tal in dejanske meteorološke razmere. Model uporablja vse merjene podatke v sistemu ekološkega informacijskega sistema EIS, ki ga upravlja NEK. Za emisije je to pretok plinov skozi glavni izpuh. Model uporablja še temperaturo in druge meteorološke parametre ter hitrost izpuščenih plinov in presek ventilacijskega izpusta. Po posvetovanju z NEK je bila za temperaturo dimnih plinov določena temperatura 25 ºC.

Glavni izpust je v model postavljen z realnimi koordinatami: UTM33: X = 539944 Y = 5087290 in višina 60 m. Model ne vidi reaktorske zgradbe, ker ima ločljivost 250 m, področje opiše z uporabo terena "industrija", ki ima zelo veliko hrapavost terena [3].

Model s temi podatki in tridimenzionalno meteorologijo izpušča delčke na vsakih 10 sekund in jih usmerja glede na njihovo kinetično in toplotno energijo, ki jo imajo na izstopu iz ventilacijskega sistema, ter glede na vremenske razmere v prostoru, kjer so delci. Dimnega dviga model ne računa eksplicitno, temveč kot povprečje dvigov posameznih delčkov.

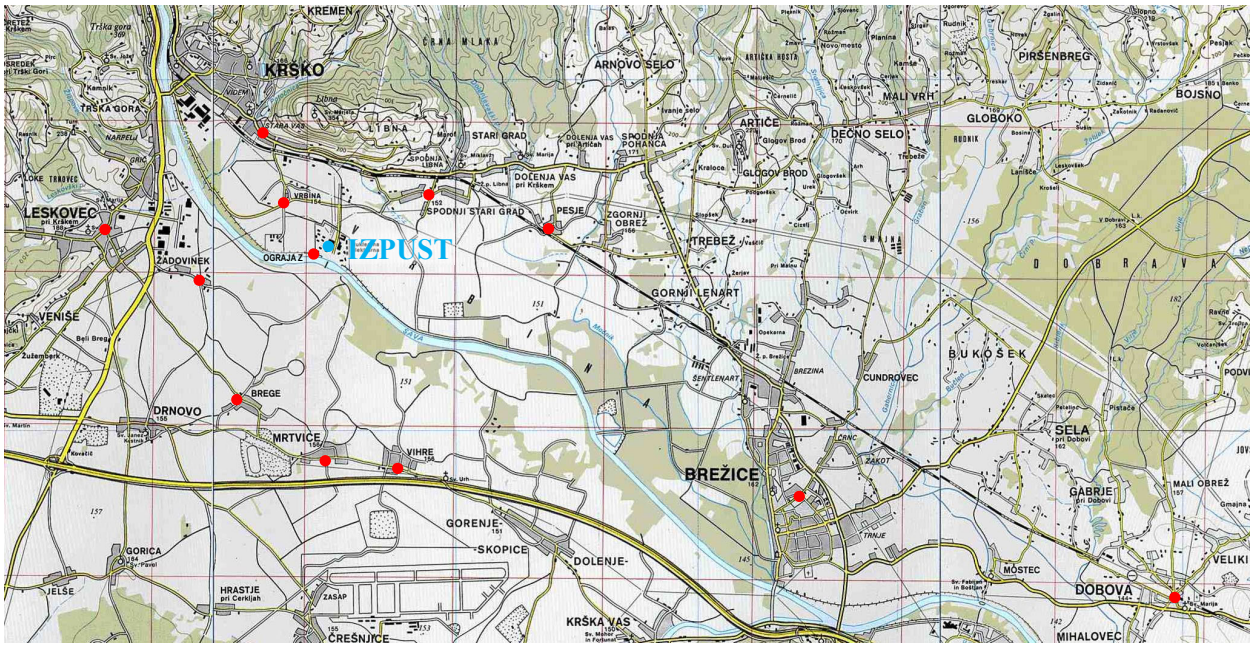
Koncentracije aktivnosti izpuščenih snovi v zunanjem zraku (imisije) na določeni lokaciji proč od izpusta ocenimo na podlagi razredčitvenih koeficientov (χ/Q) iz modela širjenja. Razredčitveni koeficient je normirano merilo za redčenje v ozračju in nam pove, kolikšna je koncentracija izpuščene snovi v obravnavani točki okolja pri enotski emisiji 1 Bq/s. Razredčitveni koeficient se izračuna iz meteoroloških podatkov za vsak polurni interval 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 konstantne emisije v tem časovnem intervalu.

Kot lokacije za izračun razredčitvenih faktorjev in kasneje tudi za oceno doz so bila izbrana nekatera naselja bodisi v neposredni bližini NEK bodisi z večjim številom prebivalcev. Lokacije so navedene v tabeli 4.3 in prikazane na sliki 4.6.

Tabela 4.3: Razredčitveni koeficienti (χ/Q)/(s/m^3)* v letu 2025 za naselja v okolici NEK, ki jih je izračunalo in posredovalo podjetje MEIS storitve za okolje z uporabo Lagrangeevega modela

2025	Sp. Stari Grad 1,5 km	Vrbina 0,8 km	Brežice 7,1 km	Vihre 3,1 km	Mrtvice 2,8 km	Brege 2,3 km	Žadovinek 1,7 km	Leskovec 2,9 km	Krško - Stara vas 1,7 km	Pesje 3,0 km	Dobova 12,1 km	Ograja NEK 0,2 km
Januar	3,19E-07	1,52E-07	4,55E-08	3,75E-08	5,67E-08	1,17E-07	2,36E-07	2,28E-07	1,02E-07	3,43E-07	4,39E-08	3,62E-07
Februar	2,04E-07	3,35E-07	4,92E-08	4,01E-08	6,15E-08	1,97E-07	4,99E-07	3,85E-07	1,88E-07	1,88E-07	8,50E-08	4,52E-07
Marec	2,74E-07	1,91E-07	7,74E-08	4,01E-08	6,52E-08	1,70E-07	2,71E-07	1,66E-07	8,87E-08	2,43E-07	2,56E-08	3,40E-07
April	3,10E-07	2,22E-07	8,10E-08	4,16E-08	7,49E-08	1,65E-07	2,38E-07	1,17E-07	1,06E-07	2,87E-07	1,83E-08	3,68E-07
Maj	3,03E-07	3,21E-07	9,62E-08	3,00E-08	4,44E-08	1,06E-07	3,06E-07	1,46E-07	1,39E-07	3,39E-07	2,45E-08	3,78E-07
Junij	2,82E-07	4,89E-07	1,21E-07	9,13E-08	1,17E-07	2,08E-07	5,35E-07	1,23E-07	1,06E-07	2,87E-07	2,41E-08	1,36E-06
Julij	4,00E-07	3,85E-07	1,39E-07	1,09E-07	1,42E-07	2,26E-07	2,61E-07	6,96E-08	9,48E-08	4,31E-07	1,28E-08	1,41E-06
Avgust	3,31E-07	4,97E-07	1,97E-07	1,03E-07	1,20E-07	3,15E-07	3,24E-07	1,32E-07	1,18E-07	3,09E-07	1,01E-08	1,31E-06
September	4,29E-07	4,71E-07	1,38E-07	5,55E-08	1,00E-07	2,09E-07	4,59E-07	2,53E-07	1,62E-07	3,84E-07	3,63E-08	1,15E-06
Oktober	5,82E-07	4,25E-07	7,97E-08	6,93E-08	9,02E-08	2,12E-07	3,75E-07	2,31E-07	2,56E-07	5,20E-07	1,23E-08	1,09E-06
November	4,99E-07	2,55E-07	9,94E-08	5,98E-08	7,18E-08	1,07E-07	2,38E-07	2,65E-07	1,77E-07	4,00E-07	4,49E-08	6,19E-07
December	4,44E-07	2,90E-07	1,17E-07	5,61E-08	6,26E-08	1,45E-07	4,40E-07	3,70E-07	2,15E-07	4,45E-07	2,56E-08	5,11E-07

* Drsniki v posameznih celicah pomenijo relativno velikost razredčitvenega faktorja, posebej za ograjo NEK (okvirno velja tudi za razdaljo 500 m od osi reaktorja) (rdeče), in za vse druge lokacije skupaj (sivo). Tako so hitro razvidne morebitne sezonske/meteorološke variacije. Oddaljenejše lokacije imajo jasno bistveno nižje faktorje.

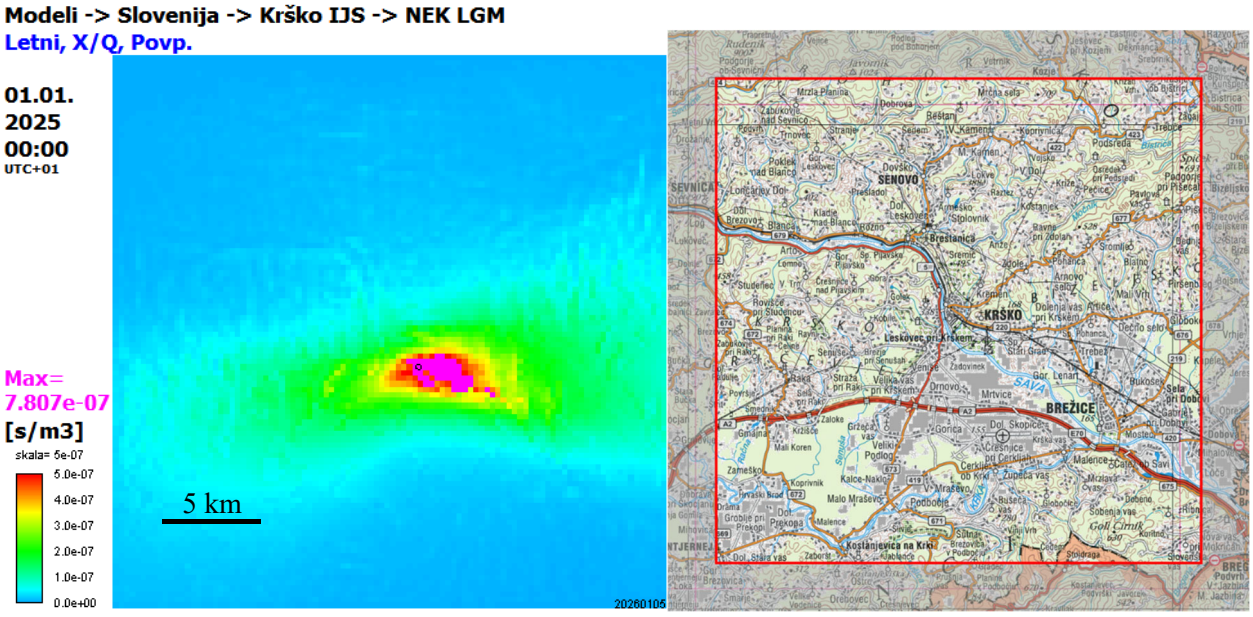


Slika 4.6: Načrt okolice NE Krško z vrisanimi okvirnimi lokacijami za bližnja naselja Brege, Vihre, Dobova, Gornji Lenart, Spodnja Libna, Stara vas in Leskovec, v katerih so izračunani razredčitveni faktorji in naknadno izračunane doze

Na slikah 4.7a in 4.7b so predstavljeni povprečni letni razredčitveni koeficienti (χ/Q), na osnovi izračunanih mesečnih koeficientov χ/Q, tako za leto 2025 (slika 4.7a) in za primerjavo še iz prejšnjih let od 2013 do 2024 (slika 4.7b). Na slikah je vidno, da sta prevladujoči smeri, v katerih se v povprečju gibljejo izpusti NEK, jugozahod in jugovzhod.

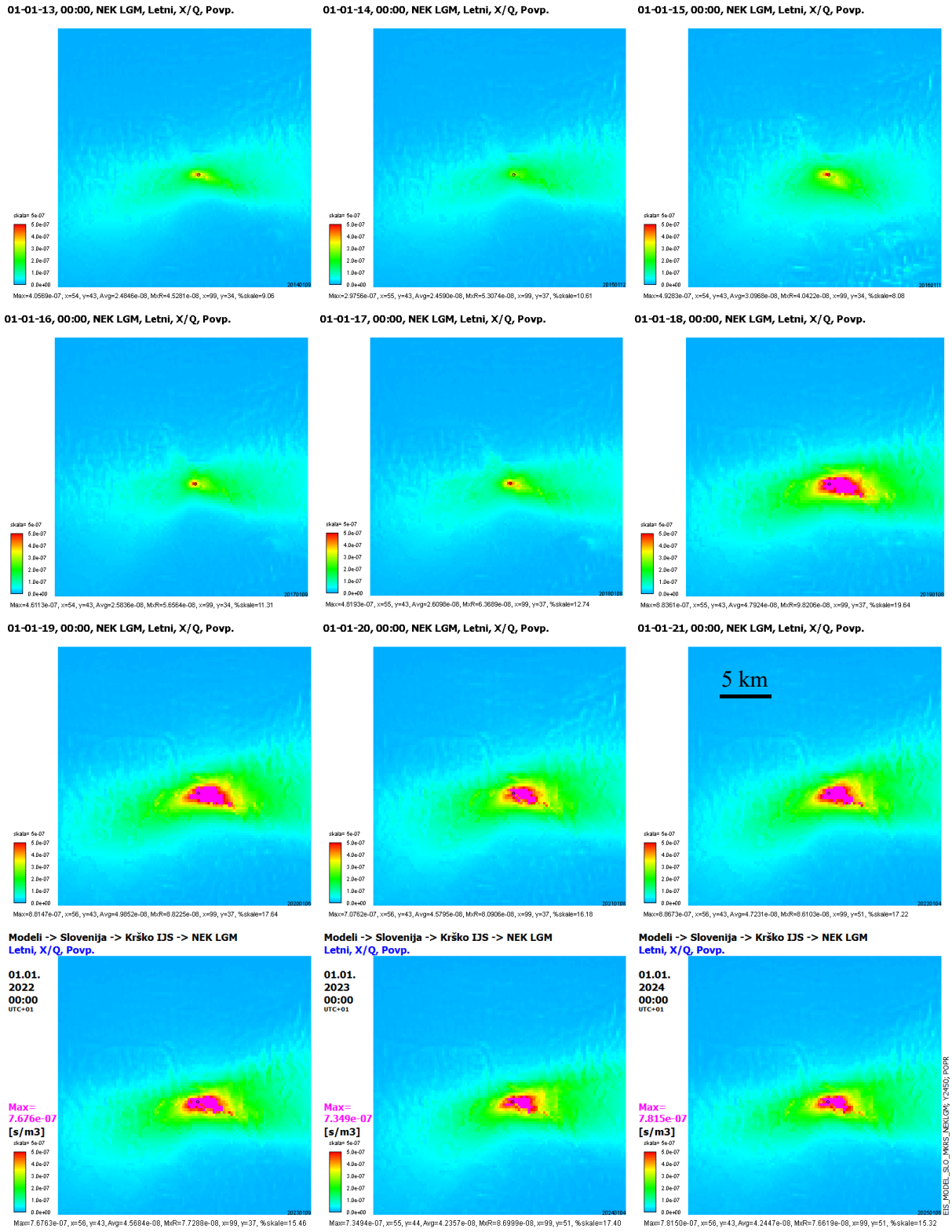
Na sliki 4.8 je prikazan časovni potek rezultatov modeliranja z Lagrangeevim modelom, kjer so prikazani mesečni povprečni razredčitveni koeficienti od leta 2013 dalje. Na zgornjem grafu je časovni potek za najbližjo lokacijo izpusta, in sicer na zahodni ograji NEK, na spodnjem grafu slike 4.8 pa časovni potek za bližnja naselja Spodnji Stari Grad, Vrbina, Krško – Stara vas in Žadovinek. Na zahodni ograji NEK je zelo močno viden vpliv stabilnega vremena in s tem manjšega redčenja, kjer so razredčitveni faktorji v poletnih mesecih zelo visoki v primerjavi z ostalimi meseci. Takšni vrhovi so bistveno manj izraziti na ostalih lokacijah Spodnji Stari Grad, Vrbina, Krško – Stara vas in Žadovinek, ki so bolj oddaljene od mesta izpusta.

V časovnem poteku povprečnih mesečnih razredčitvenih faktorjev je opazen dvig faktorjev od vključno leta 2018 dalje na lokacijah Spodnji Stari Grad, Vrbina in Žadovinek. Kakšnih posebnih pojasnil nimamo, najverjetneje so bile meteorološke razmere takšne, da je bilo vreme v povprečju stabilnejše in posledično razredčitveni faktorji višji.



a) Leto 2025

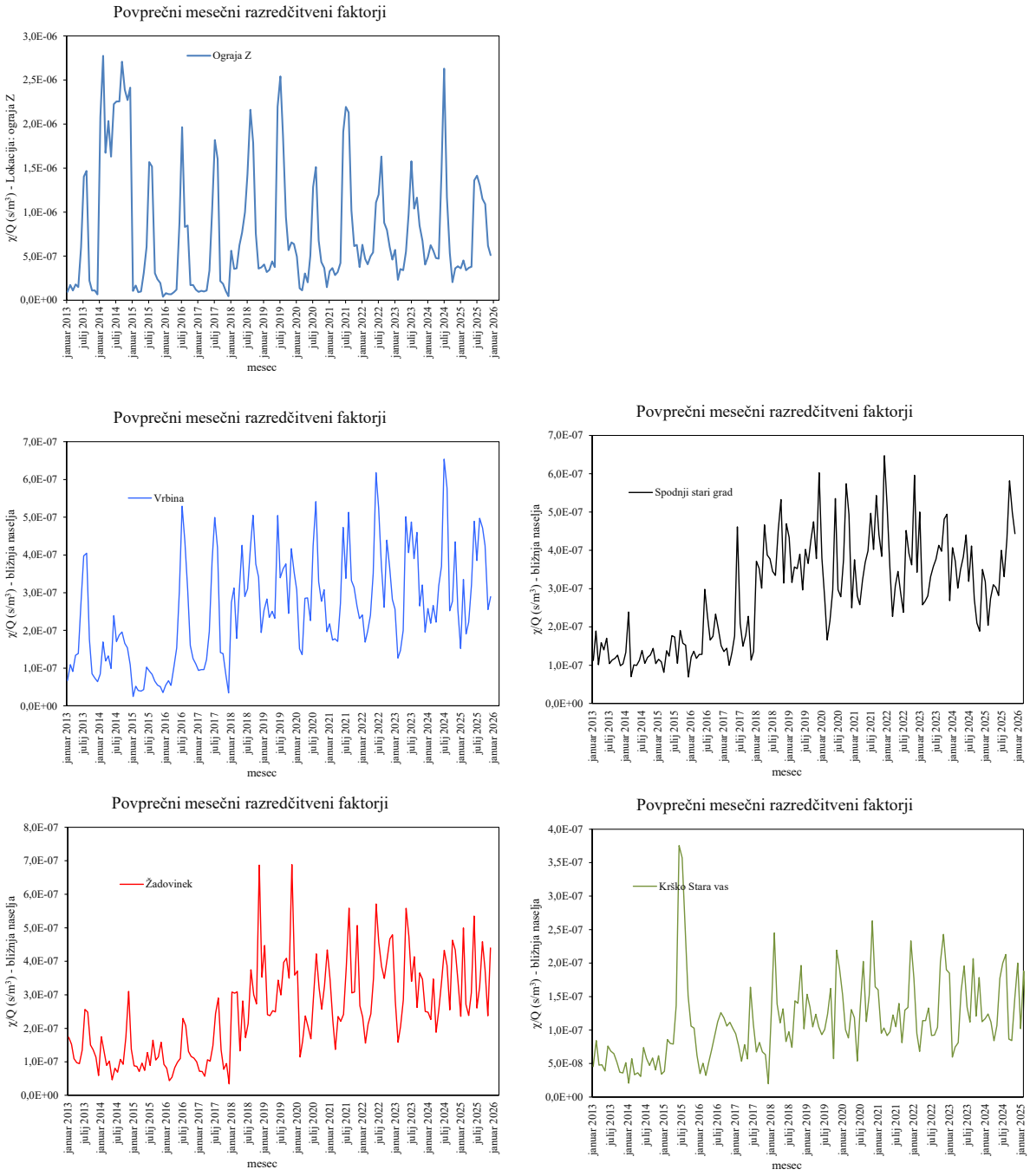
Slika 4.7a: Povprečni letni razredčitveni koeficienti (χ/Q) z enoto s/m^3, izračunani po Lagrangeevem modelu za izpust z višine 60 m za okolico NEK za leto 2025 (območje modeliranja je v rdečem okviru, 25 km × 25 km) [93]. Podatke je izračunal in posredoval MEIS storitve za okolje.



b) Leta od 2013 do 2024

Slika 4.7b: 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 2013–2024. Barvna skala je enaka na vseh slikah.

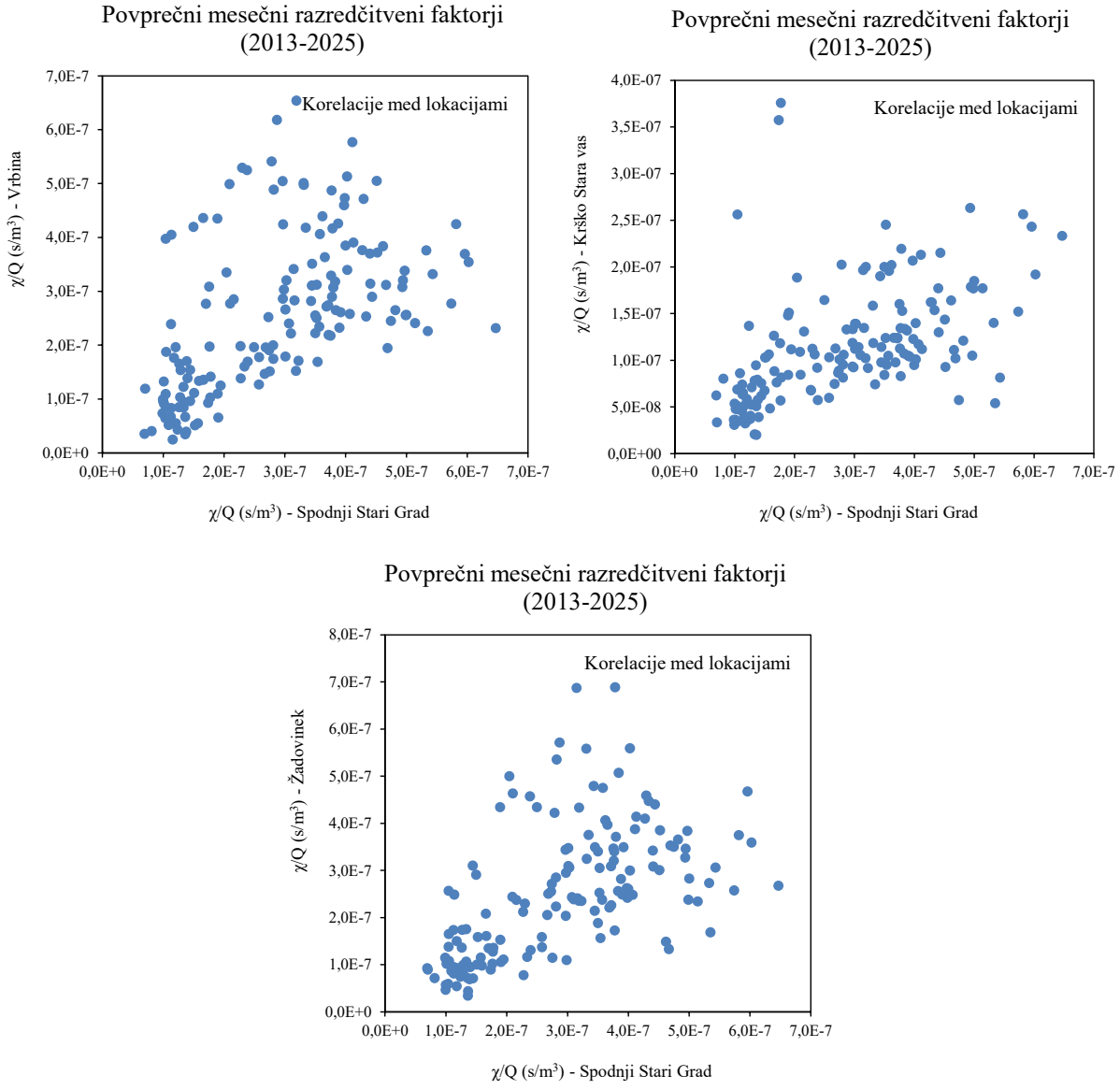
Podatke je izračunal in posredoval MEIS storitve za okolje.



Slika 4.8: Povprečni mesečni razredčitveni koeficienti (χ/Q) z enoto s/m^3, izračunani po Lagrangeevem modelu za izpust z višine 60 m za okolico NEK za leta 2013–2025.

Podatke je izračunal in posredoval MEIS storitve za okolje.

Kot je bilo ugotovljeno in je lepo vidno na slikah 4.7a in 4.7b, sta prevladujoči smeri, v katerih se v povprečju gibljejo izpusti NEK, jugozahod in jugovzhod. Zato smo preverili, ali so takšne smeri gibanja izpustov med seboj korelirane, oziroma antikorelirane. Na sliki 4.9 smo primerjali med seboj mesečne razredčitvene koeficiente na referenčni lokaciji in v bližnjih naseljih okrog NEK – Vrbina, Krško – Stara vas ter Žadovinek. Lokacije za prikaz na sliki 4.9 so izbrane v različnih smereh glede na točko izpusta. V primeru sezonsko prevladujočih smeri vetrov oziroma smeri razširjanja izpustov bi morali biti razredčitveni faktorji na različnih straneh od izpusta NEK antikorelirani, vendar na sliki 4.9 to ni opazno. Zato lahko privzamemo, da se vreme oziroma smer razširjanja v okolici NEK spreminja z urno ali dnevno periodo.



Slika 4.9: Korelacija povprečnih mesečnih razredčitvenih koeficientov (χ/Q) z enoto s/m^3, na referenčni lokacij Spodnji Stari Grad in v bližnjih naseljih za leta 2013–2025.

Podatke je izračunal in posredoval MEIS storitve za okolje.

Tabela 4.4: Zračni izpusti iz ventilacijskega izpusta NEK v letu 2025 na višini 60 m

	Radionuklid	Letni izpust (Bq)
Pare, plini	I-131	2,4E+05
	HTO	4,9E+12
	HT + CHT	9,3E+11
	C-14 v CO_2	4,6E+10
	C-14 v CH_4	9,3E+09
Aerosoli	Cr-51	1,6E+06
	Mn-54	7,0E+04
	Fe-59	2,9E+04
	Co-57	9,7E+03
	Co-58	2,1E+06
	Co-60	4,5E+05
	Zn-65	2,5E+04
	Zr-95	4,3E+05
	Nb-95	1,1E+06
	Ag-110m	3,5E+06
	Te-125m	4,2E+04
	Te-127m	3,4E+04
	Cs-137	6,8E+04
	Ce-144	1,9E+04
	Sr-89/Sr-90	3,2E+03
	Se-75	1,8E+05
Žlahtni plini	Xe-131m	4,7E+11
	Xe-133	3,1E+07
	Ar-41	1,6E+10
Skupna izpuščena aktivnost za pare, pline in aerosole		**5,9E+12**
Skupna izpuščena aktivnost žlahtnih plinov		**4,9E+11**
Skupna izpuščena aktivnost		**6,4E+12**

Meritve emisij na izpuhu NEK opravljata NEK in IJS. V tabeli 4.4 so pri aerosolih predstavljene vrednosti, ki so dobljene tako, da konservativno upoštevamo višjo vrednost od obeh izvajalcev. O aktivnosti žlahtnih plinov poroča le NEK. Iz teh meritev in podatkov o izračunanih povprečnih mesečnih razredčitvenih koeficientih (χ/Q) za posamezna mesta v okolici NEK (tabela 4.3) lahko izračunamo inhalacijski in imerzijski prispevek k letni efektivni dozi zaradi zračnih emisij NEK.

Pri tem je treba povedati, da se pri poročanju o merskih rezultatih v bližini meje detekcije uporablja priporočilo Evropske komisije [64], ki določa, da se navede četrtina meje detekcije (MDA) 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 in torej zelo konservativna. Na primer, v letu 2015 se je tako pokazalo, da je bil izpust Cs-137 precenjen za 72 %, Ru-103 za 42 %, Xe-131m za 59 % itd. Teoretično bi lahko le ob eni mesečni meritvi tik ob meji detekcije bila navedena letna aktivnost, ki je 3,75-krat višja od dejansko izmerjene ($11 \times 0{,}25\ MDA + 1\ MDA$). Tako sta tudi ocenjeni efektivni dozi zaradi vdihavanja in zunanjega sevanja žlahtnih plinov lahko precenjeni za nekaj odstotkov (v letu 2015 na primer 5 %), v ekstremnih primerih pa celo bistveno več. Tovrstno poročanje je pomanjkljivo tudi s stališča metrologije, saj se izgubi informacija o negotovosti rezultatov meritev in letne vsote [62].

Metodologija izračuna efektivne doze za referenčne osebe zaradi radioaktivnosti v zraku

Iz tabele 4.4 je razvidno, da skozi ventilacijski izpust uhaja največ tritija v obliki vodne pare (HTO). To je 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 je treba v tem primeru za modelsko oceno efektivne doze[22] upoštevati imerzijo oziroma zunanje sevanje, ki pa je za red velikosti nižja od efektivne doze zaradi vdihavanja hlapov, plinov in partikulatov z radionuklidi iz NEK, izračunane na lokacijah v okolici NEK (tabela 4.7).

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

$$a_{jl,\,\mathrm{mes}} \;=\; a_{j\mathrm{s},\,\mathrm{mes}} \cdot \Phi_{\mathrm{v}} \cdot \left(\chi / Q\right)_l \qquad (4.1)$$

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 v okolici NEK zaradi notranjega obsevanja (vdihavanje) in zunanjega obsevanja. Predvidena efektivna doza $E_{l,\mathrm{inh,mes}}$ (g), ki jo prejme referenčna oseba v starostni skupini prebivalstva g v enem mesecu na lokaciji l, se ugotavlja kot vsota vseh prispevkov zaradi vnosa različnih radionuklidov z vdihavanjem:

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

pri čemer je $h(g)_{j,\mathrm{inh}}$ efektivna doza na enoto vnosa j-tega radionuklida zaradi vdihavanja, izražena v Sv/Bq [11], 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 privzeli, da je hitrost dihanja enakomerna celo leto. Z upoštevanjem ustreznih doznih pretvorbenih faktorjev $h(g)_{j,\mathrm{inh}}$ ([11], [41]) za posamezne radionuklide in posamezno starostno skupino dobimo oceno za mesečni prispevek posameznega radionuklida k letni dozi. Letna efektivna doza zaradi vdihavanja za posamezno starostno skupino referenčne osebe je potem vsota mesečnih efektivnih doz, ki jih izračunamo iz enačbe (4.2).

Efektivno dozo zaradi imerzije (zunanjega sevanja) izračunamo ob predpostavki zanemarljivega prispevka inhalacije (vdihavanja) žlahtnih plinov v primerjavi z zunanjim sevanjem, ki ga povzroča polneskončni oblak žlahtnih plinov. Mesečno efektivno dozo zaradi imerzije na lokaciji l izračunamo kot:

$$E_{l,\mathrm{im,mes}} \;=\; \sum_j h_{\,j,\mathrm{im}}\, A_{jl,\mathrm{im,\,mes}} \qquad (4.4)$$

pri čemer je $h_{j,\mathrm{im}}$ efektivna doza $((\mathrm{Sv/d})/(\mathrm{Bq/m^3}))$ j-tega radionuklida, prejeta v enem dnevu na enoto koncentracije aktivnosti v zraku ([11], [41]). 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:

$$A_{jl,\mathrm{im,\,mes}} \;=\; A_{jS,\mathrm{mes}}\left(\chi / Q\right)_l \qquad (4.5)$$

kjer je $A_{jS,\,\mathrm{mes}}$ izpuščena mesečna aktivnost, pomnožena s pretokom in obdobjem izpuščanja, in $(\chi/Q)_l$ razredčitveni faktor na lokaciji l. Tu ne upoštevamo ščitenja pred zunanjim sevanjem in bivanja v zaprtih prostorih. Letna efektivna doza zaradi imerzije je potem za vse starostne skupine vsota mesečnih efektivnih doz, ki jih izračunamo iz enačbe (4.4).

[22] Za oceno obremenitve prebivalstva zaradi izpustov iz jedrskega objekta se uporablja referenčna oseba kot posameznik iz prebivalstva, ki prejema ali bi lahko prejel najvišje doze pri pri čemer niso upoštevane osebe s skrajnimi in redkimi navadami [9].

Tabela 4.5: Ocenjene letne efektivne doze zaradi inhalacije (vdihavanja) in imerzije (zunanjega sevanja) posameznih radionuklidov zaradi izpustov NEK za odraslega prebivalca (referenčne osebe) na lokaciji Spodnji Stari Grad (smer VSV, razdalja 1,5 km od osi reaktorja) in na najbližji lokaciji na ograji NEK, ki je v izključitvenem območju (0,5 km) – prispevki v letu 2025.

	Radionuklid	**Letna efektivna doza (µSv)**	
		Spodnji Stari Grad	**Ograja NEK** (okvirno velja tudi na razdalji 500 m od osi reaktorja)
Pare, plini (inhalacija - vdihavanje)	I–131	2,9E-07	5,4E-07
	HTO	9,0E-03	1,7E-02
	HT + CHT	1,4E-05	2,6E-05
	14CO2	3,9E-05	7,3E-05
	14CH4	6,6E-04	1,6E-03
Aerosoli (inhalacija – vdihavanje)	Cr-51	9,8E-09	1,8E-08
	Mn-54	1,7E-08	3,2E-08
	Fe-59	1,8E-08	3,4E-08
	Co-57	1,6E-09	3,0E-09
	Co-58	7,4E-07	1,4E-06
	Co-60	2,3E-06	4,3E-06
	Zn-65	8,5E-09	1,6E-08
	Zr-95	4,2E-07	7,8E-07
	Nb-95	3,3E-07	6,1E-07
	Ag-110m	6,9E-06	1,3E-05
	Te-125m	2,8E-08	5,3E-08
	Te-127m	4,9E-08	8,8E-08
	Cs-137	4,3E-07	8,1E-07
	Ce-144	1,4E-07	2,9E-07
	Sr-89/Sr-90	6,2E-08	8,7E-08
	Se-75	2,5E-08	5,9E-08
Žlahtni plini (imerzija - zunanje sevanje)	Xe–131m	6,8E-05	1,3E-04
	Xe–133	1,7E-08	4,3E-08
	Ar–41	3,6E-04	8,2E-04
Inhalacijska doza		**9,7E–03**	**1,9E–02**
Imerzijska doza		**4,3E–04**	**9,5E–04**
DOZA – SKUPAJ		**1,0E–02**	**2,0E–02**

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) razširjanja radioaktivnih emisij. Tako lahko ugotovimo na primeru tipično merljivega umetnega radionuklida Cs-137 v okolju, da izmerjene mesečne koncentracije aktivnosti, ki na aerosolnih filtrih v okolici NEK znašajo nekaj µBq/m^3, niso posledica imisij zaradi izpustov iz NEK, temveč posledica okoljske radioaktivnosti, tj. 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 2025 je bil tako med izpusti NEK radionuklid Cs-137 prisoten v majhni količini 68 kBq, meritve na filtrih v okolici NEK pa so pokazale

koncentracije, primerljive s preteklimi leti. Iz meritev izpustov v preteklih letih 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.

Imisijske doze NEK
(izračun iz emisij in modelsko ugotovljenih koncentracij aktivnosti radionuklidov na mestih vzorčenja)

Na podlagi zgoraj opisane metodologije je tako narejen izračun imisijskih doz, tj. preko radioaktivnih izpustov NEK z modelskimi preračuni dobljenih koncentracij radionuklidov v zraku in z upoštevanjem ustreznih pretvorbenih faktorjev. V tabelah 4.5 in 4.7 so izračunane inhalacijske in imerzijske doze v okolici NEK. Najvišje izračunane doze so bile v letu 2025 v Spodnjem Starem Gradu in nato v Pesju.

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 referenc [11] in [41] 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. Metodologija sledi priporočilom ICRP 101 [41] in daje konservativnejšo oceno doze kot določbe Uredbe o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih [11].

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 (referenčna oseba) na referenčni lokaciji Spodnji Stari Grad in na najbližji lokaciji na ograji NEK (okvirno tudi na razdalji 500 m od osi reaktorja) za zadnjih nekaj let

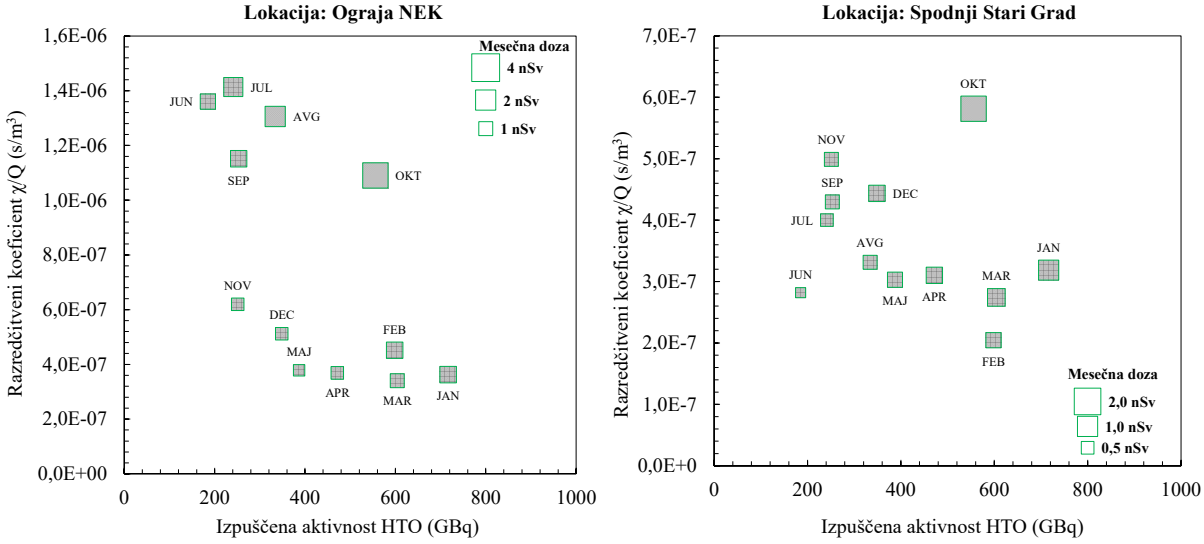
Leto	Spodnji Stari grad				Ograja NEK (okvirno tudi za razdaljo 500 m od osi reaktorja)			
	H-3	C-14	Letna inhalacijska doza (nSv)	Celotna letna doza (nSv)	H-3	C-14	Letna inhalacijska doza (nSv)	Celotna letna doza (nSv)
	Prispevek k celotni dozi (nSv)				Prispevek k celotni dozi (nSv)			
2011	3,5	0,01	3,5	3,7	10,5	0,05	11	11
2012^R	5,3	0,05	5,4	5,7	31	0,26	31	32
2013^R	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^R	3,9	0,02	4,0	4,8	15	0,05	15	16
2016^R	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^R	10	3,6	14	14	24	5,9	30	31
2019^R	5,1	1,2	6,3	6,8	13	3,0	16	17
2020	5,7	0,6	6,3	6,6	6,4	0,9	7,3	7,9
2021^R	11	0,7	11	12	17,8	0,8	19	19
2022^R	8,2	0,5	8,7	8,9	18,0	1,0	19	19
2023^R	12	0,3	12	13	22,5	0,6	23	24
2024^R	13	0,4	13	14	22	0,8	23	24
2025^R	9,0	0,7	9,7	10	17	1,7	19	20

Oznaka ^{R} pomeni, da je v tem letu potekal remont

Iz tabele 4.6 je razvidno, da je skoraj vsa inhalacijska doza za odrasle v letu 2025 posledica zračnih emisij tritija (~93%), preostanek pa prispeva C-14. Ocenjeni prispevki k skupni inhalacijski dozi vseh drugih umetnih radionuklidov so bistveno manjši. Mesečne vrednosti efektivne doze so sicer lahko visoke v poletnih mesecih zaradi neugodnih vremenskih razmer (visok razredčitveni faktor, ko je ta odvisnost močno poudarjena na ograji NEK zaradi manjše oddaljenosti) in v mesecih, ko lahko neugodne vremenske razmere sovpadejo z remontom in bistveno višjimi izpusti. Inhalacijska doza po mesecih v letu 2025 za posameznika iz prebivalstva skozi leto precej variira na lokacijah Spodnji Stari Grad in na ograji NEK (okvirno velja tudi za razdaljo 500 m od osi reaktorja). V poletnih vremensko neugodnih mesecih leta 2025 so bili izpusti tritija na nizki ravni v primerjavi z izpusti v času remonta ali izpusti v jesenskem času. Izjemoma so bile v letu 2025 tudi jeseni v času remonta relativno neugodne vremenske razmere. Mesečni izpusti HTO (z največjim prispevkom k inhalacijski dozi) in izračunani mesečni razredčitveni faktor so medsebojno prikazani na sliki 4.10 za lokaciji na ograji NEK in na referenčni lokaciji Spodnji Stari Grad, kjer je točka na sliki izrisana tako, da njena velikost (okvirna površina) približno predstavlja izračunano mesečno inhalacijsko dozo. Na tak način hitro pojasnimo, zakaj je pri nekaterih nižjih izpustih aktivnosti HTO lahko doza višja. Med remontom v letu 2025 so bile relativno neugodne vremenske razmere, zato inhalacijske doze v tem času odstopajo od doz med ostalimi meseci.

Na prispevek efektivne doze C-14 vpliva njegova kemijska oblika v izpustu, saj je pretvorbeni dozni faktor za CH_4 višji kot za CO_2. Zaradi izvedenih del med obratovanjem ali remontom in ustrezno večjimi izpusti v obliki CH_4 je prispevek C-14 k efektivni dozi zaradi inhalacije višji (na primer v letih 2013, 2017, 2018 in 2019) [70]. V letu 2025 so bili kljub remontu izpusti C-14 v obliki CH_4 majhni (podobno tudi v letih 2011, 2012, 2015, 2020, 2022, 2023 in 2024), kar je rezultiralo v nižjih vrednostih.

Prispevki obeh radionuklidov k letni inhalacijski dozi in celotni letni dozi v letih od 2011 do 2025 so prikazani v tabeli 4.6. Kot je razvidno iz tabele, so doze v preteklih letih v bližini NEK približno dva- do trikrat večje kot pa na referenčni lokaciji Spodnji Stari Grad. Izjema je leto 2020, ko so bili izpusti v vremensko neugodnih mesecih relativno nizki, zato je razlika v dozi na obeh lokacijah precej manjša.



Slika 4.10: Skupen prikaz izpuščene aktivnosti HTO v enotah GBq in povprečnega mesečnega razredčitvenega koeficienta (χ/Q) z enoto s/m^3 na ograji NEK in na referenčni lokacij Spodnji Stari Grad v letu 2025. Površina posamezne točke v danem mesecu približno kaže tudi izračunano mesečno dozo v enotah nSv.

V letu 2025 je bil v izpustih izmerjen zelo majhen prispevek joda (240 kBq med rednim remontom, ostale mesece ni bilo izpustov), kar kaže, da je bila integriteta goriva v 34. gorivnem ciklu (2024–2025) bistveno boljša kot v gorivnih ciklih 2012–2013, 2013–2015 (ko so nastale večje poškodbe gorivnih palic) in 2015–2016. Med gorivnimi cikli z dobro integriteto goriva v letu 2020 v izpustih ni bilo izmerjenega prispevka joda, sicer pa so bile izmerjene nizke aktivnosti joda v izpustih v letu 2024 (0,2 MBq), v letu 2023 (7,3 MBq), v letu 2022 (2,5 MBq), v letu 2021 (0,18 MBq), v letu 2019 (1 MBq), v letu 2018 (27 MBq) in letu 2017 (3,4 MBq), ki so za dva do tri velikostne rede nižje kot v ostalih gorivnih ciklih s slabšo integriteto ali poškodbami gorivnih palic (2016 8,0 GBq, 2015 200 GBq, 2014 4,6 GBq, 2013 90 GBq).

Zunanje sevanje zaradi radionuklidov v zraku (imerzijska doza) je v letu 2025 predvsem posledica izpustov žlahtnih plinov različnih izotopov ksenona in Ar-41. Celotna letna imerzijska doza za Spodnji Stari Grad za leto 2025 je bila 0,4 nSv, za ograjo NEK (in okvirno za razdaljo 500 m od osi reaktorja), pa 1,0 nSv: vrednosti so zelo nizke v primerjavi z inhalacijsko dozo na istih mestih (približno dva velikostna reda). Mesečne variacije imerzijskih doz so enake kot pri inhalacijskih dozah, visoke v poletnih mesecih, povišane v času med remontom in po njem (oktober).

Predvidene skupne letne efektivne doze za odraslega človeka so po modelskih ocenah na različnih lokacijah v razponu od 0,9 nSv (Dobova) do 20 nSv (ograja NEK, okvirno tudi na razdalji 500 m od osi reaktorja) (tabela 4.7). Razlike med lokacijami so posledica razredčitev, kar upoštevamo s povprečnimi mesečnimi razredčitvenimi koeficienti χ/Q [58]–[61].

Tabela 4.7: Ocene inhalacijskih in imerzijskih doz zaradi atmosferskih izpustov v okolici NEK v letu 2025 – imisijske doze NEK. Uporabljeni so podatki za dozne pretvorbene faktorje iz referenc [11] in [41] za odrasle in otroke.

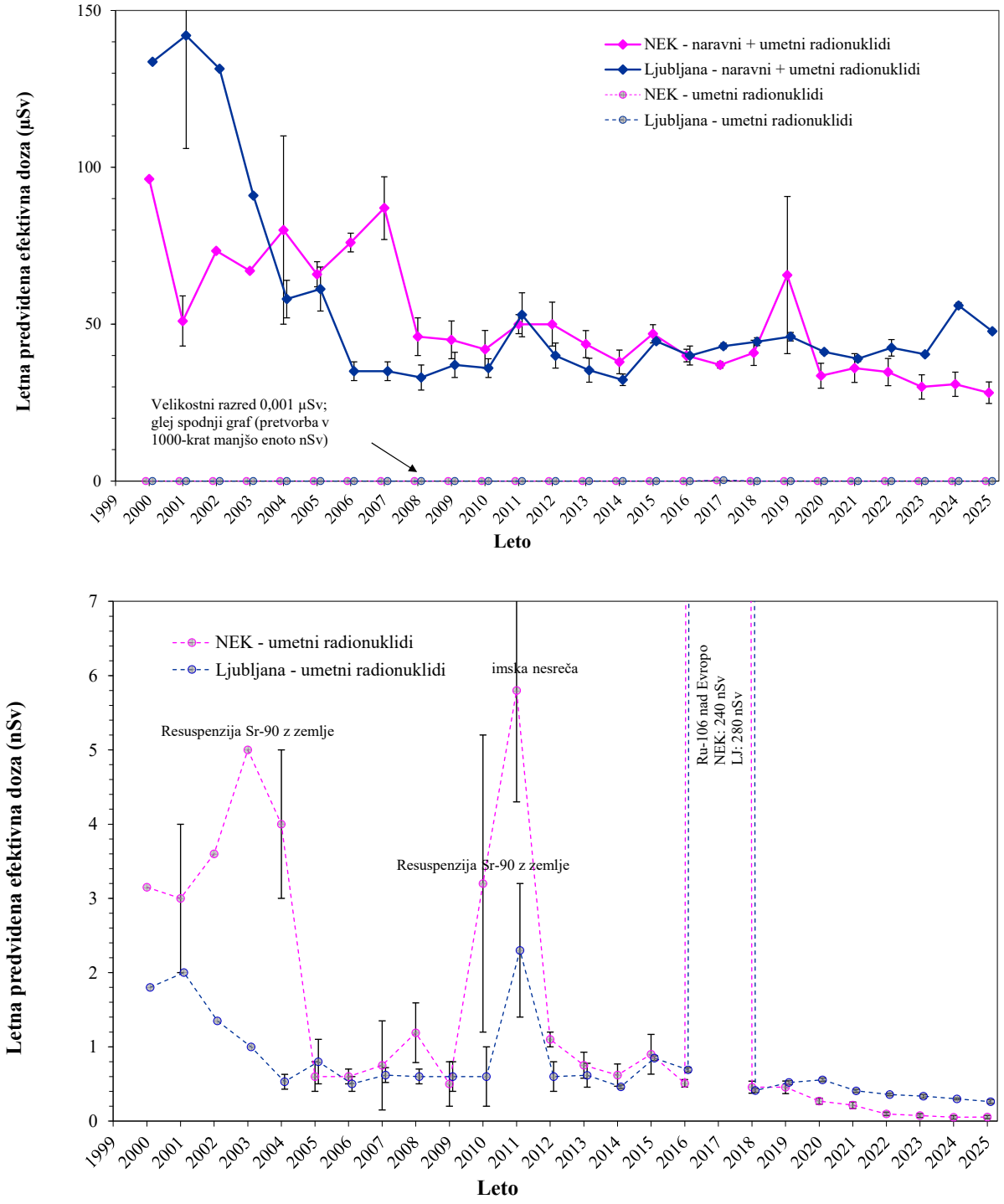
PREGLED SKUPNIH LETNIH DOZ								
Naselje	Razdalja od NEK [km]	Inhalacijska doza [μSv]			Imerzijska doza [μSv]	Skupna doza* [μSv]		
		Odrasli	Otroci	Dojenčki	Odrasli (otroci, dojenčki)	Odrasli	Otroci	Dojenčki
Spodnji Stari Grad	1,5	9,7E-03	7,8E-03	3,0E-03	4,3E-04	1,0E-02	7,8E-03	3,0E-03
Vrbina	0,8	8,5E-03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

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

Doze zaradi radioaktivnosti zraka v okolju (efektivne okoljske doze)

Efektivne okoljske doze za okoliške prebivalce izračunamo iz izmerjenih koncentracij radionuklidov v okolju, in sicer na aerosolnih filtrih zračnih črpalk v okolici NEK (glej sliko 4.2) ob upoštevanju pretvorbenih doznih faktorjev in značilnosti referenčne osebe. S seštevanjem predvidenih efektivnih doz posameznih radionuklidov dobimo predvideno efektivno dozo zaradi inhalacije (vdihavanja) umetnih radionuklidov in inhalacije vseh radionuklidov v aerosolih vključno z naravnimi, pri čemer pa niso všteti prispevki kratkoživih potomcev radona in torona. Rezultati izračunov so zbrani v tabeli 4.8.

Na sliki 4.11 so predstavljene letne predvidene efektivne okoljske doze zaradi naravnih (v enotah μSv) in umetnih radionuklidov (v enotah nSv) za odraslega človeka (referenčna oseba), izračunane iz koncentracij aktivnosti radionuklidov v okolju oziroma iz meritev aerosolnih filtrov v okolici NEK in v Ljubljani v letih od 2000 dalje. Kot je razvidno s slike, je prispevek umetnih radionuklidov v Ljubljani in okolici NEK zelo podoben in je bil v preteklih letih okoli 1 nSv ali manj.



Slika 4.11: Primerjava letnih predvidenih efektivnih okoljskih doz za leta 2000–2025 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 1000-krat manjši enoti **nSv** (spodnja slika). Vrisane negotovosti imajo faktor pokritja $k = 1$ (68-odstotna zanesljivost).

Radionuklida Cs-137 in Sr-90 sta sicer prisotna v globalni kontaminaciji zaradi jedrske nesreče v Černobilu in v manjši meri zaradi jedrske nesreče v Fukušimi ter jedrskih poskusov. Izračunana predvidena efektivna doza za odraslo referenčno osebo zaradi teh dveh umetnih radionuklidov v globalni kontaminaciji je bila v preteklih letih več kot 10 000-krat manjša od izračunane doze zaradi naravnih radionuklidov (z izjemo leta 2017 zaradi prispevka Ru-106, katerega vir je najverjetneje izpust med predelavo jedrskega goriva na jugu Urala [69]). Povprečna izračunana efektivna doza za odraslo osebo v okolici NEK zaradi umetnih radionuklidov je bila v obdobju 2007–2023 (1,0 ± 0,3) nSv (brez osamelca 2017). V letu 2025 je bil prispevek Cs-137 k letni dozi (0,05 ± 0,02) nSv, prispevka Sr-90 ni bilo, ker ni bil izmerjen na lokaciji vzorčenja v Stari vasi.

Tabela 4.8: Povzetek vsot predvidenih efektivnih okoljskih doz zaradi inhalacije (vdihavanja) za odrasle, otroke in dojenčke, ki so izračunane iz okoljskih koncentracij radionuklidov, izmerjenih na aerosolnih filtrih v letu 2025 v T-44 do T-55, ter doznih pretvorbenih faktorjev iz referenc [11] in [41].

STAROSTNA SKUPINA	VSOTA PRISPEVKOV PO VRSTAH RADIONUKLIDOV	LETNA EFEKTIVNA OKOLJSKA DOZA IZ KONCENTRACIJ AKTIVNOSTI NA AEROSOLNIH FILTRIH	
		OKOLICA NEK	LJUBLJANA
ODRASLI	umetni radionuklidi	(0,05 ± 0,02) nSv	(0,26 ± 0,03) nSv
	umetni in naravni radionuklidi	(28 ± 3) µSv	(48 ± 1) µSv
OTROCI	umetni radionuklidi	(0,04 ± 0,02) nSv	(0,20 ± 0,02) nSv
	umetni in naravni radionuklidi	(23 ± 3) µSv	(39 ± 1) µSv
DOJENČKI	umetni radionuklidi	(0,02 ± 0,01) nSv	(0,09 ± 0,01) nSv
	umetni in naravni radionuklidi	(11 ± 1) µSv	(19 ± 1) µSv

Na sliki 4.11 je vidnih nekaj odstopanj od sicer pretežno stalnih vrednosti. Visoka doza umetnih radionuklidov v letu 2003 je bila posledica prispevka Sr-90, ki je to leto prispeval kar tri četrtine doze, vendar 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 zaradi jedrske nesreče v Fukušimi. V letu 2017 je izračunana efektivna doza za odraslo osebo zaradi umetnih radionuklidov (240 ± 20) nSv 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 efektivne okoljske 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 efektivni dozi naravnih radionuklidov povzroča Pb-210, kar ni toliko posledica visokih koncentracij v zraku, temveč velikega doznega pretvorbenega faktorja, ki ga ima ta izotop [11]. Prispevek Pb-210 k letni predvideni efektivni dozi v okolici NEK za odraslega človeka je bil v letu 2025 (25 ± 3) µSv, kar je zelo podobno dozam iz preteklih let: (9–49 µSv na leto v obdobju 2005–2023). Drugi naravni radionuklid po prispevku k efektivni dozi v letu 2025 je Th-228 (2,0 ± 0,2) µSv. Iz meritev koncentracij aktivnosti na aerosolnih filtrih v letu 2025 v Ljubljani so prispevki k dozi v okviru variacij v preteklih letih podobni prispevkom v okolici NEK in sicer (40 ± 1) µSv na leto zaradi Pb-210 in (7,6 ± 0,2) µSv na leto zaradi Th-228. V splošnem lahko rečemo, da so na prostem v okolici NEK efektivne doze zaradi vdihavanja naravnih radionuklidov podobne kot drugod po Sloveniji in so nekaj 10 µSv na leto [18].

Izračunana predvidena letna efektivna okoljska doza zaradi inhalacije (vdihavanja) za referenčno osebo v okolici NEK za leto 2025 je v okviru negotovosti vsote vseh prispevkov primerljiva z dozo za prebivalca v Ljubljani. Prispevek umetnih radionuklidov globalne kontaminacije je tako v okolici NEK kot v Ljubljani zanemarljiv in za pet velikostnih redov nižji. Povzetek vsot predvidenih efektivnih okoljskih doz, izračunanih iz meritev aerosolnih filtrov, je pokazan v tabeli 4.8.

Primerjava imisijskih doz NEK zaradi umetnih nuklidov in efektivnih okoljskih doz zaradi naravnih radionuklidov

Ko primerjamo vrednosti iz tabel 4.7 in 4.8 ob upoštevanju tabele 4.5, lahko ugotovimo, da so ocenjene in modelsko izračunane imisijske doze (učinek NEK), zaradi vdihavanja izpuščenih umetnih radionuklidov in imerzije le-teh (10 nSv na referenčni lokaciji Spodnji Stari Grad), za približno 3-4 velikostne rede nižje od efektivnih okoljskih doz naravnih radionuklidov v okolju, preračunanih iz izmerjenih koncentracij v aerosolih v okolici NEK (28 μSv).

SKLEPI

Sedanji program vzorčenja 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.

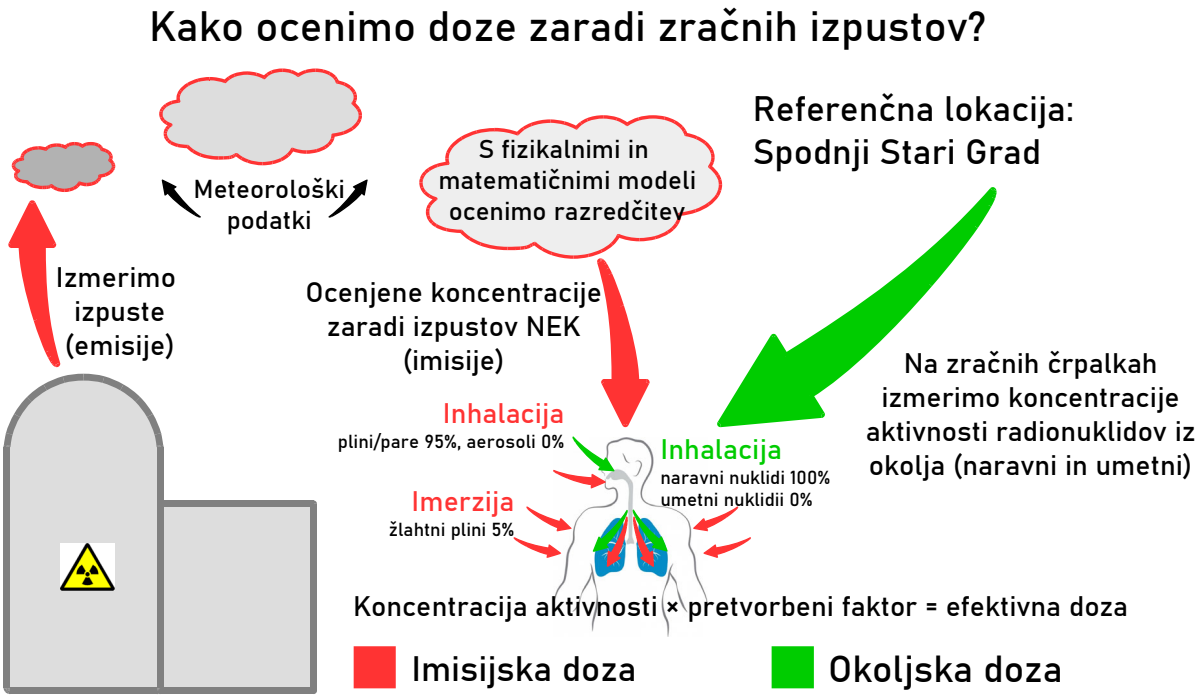
Ovrednotenje efektivnih okoljskih doz temelji na evalvaciji meritev aerosolnih filtrov v okolici NEK, imisijske doze NEK pa dobimo iz izmerjenih atmosferskih izpustov z modelnimi izračuni razredčitvenih koeficientov, ki temeljijo na dejanskih vremenskih podatkih. Tako za leto 2025 velja, da **izpusti hlapov in plinov, ki vsebujejo tritij oziroma C-14**, največ prispevajo k efektivni dozi zaradi **vdihavanja (inhalacijska doza).** Ta je v Spodnjem Starem Gradu za odraslega posameznika iz prebivalstva (referenčno osebo) 9,0 nSv oziroma 0,7 nSv na leto zaradi tritija oziroma C-14, ob ograji NEK (okvirno velja tudi za razdaljo 500 m od osi reaktorja) pa 17 nSv oziroma 1,7 nSv na leto. Prispevki drugih radionuklidov k inhalacijski dozi so bistveno manjši, vendar pri tem niso vključene posledice prehoda radionuklidov iz zraka v druge prenosne poti. **Izpusti žlahtnih plinov** iz NEK (izotopi Xe in Ar) povzročajo dozo predvsem zaradi **zunanjega sevanja (imerzijska doza)**, ki je za odraslega posameznika iz prebivalstva (naselje Spodnji Stari Grad) 0,4 nSv na leto; na ograji NEK pa 1,0 nSv na leto.

Ocenjena **skupna imisijska letna efektivna doza NEK** v 2025 za odraslega posameznika iz prebivalstva, ki je posledica inhalacije (vdihavanja) in imerzije (zunanjega sevanja) **zaradi izpustov NEK**, je v Spodnjem Starem Gradu 10 nSv, ob ograji NEK pa 20 nSv.

Predvidena **efektivna okoljska doza zaradi inhalacije** (vdihavanja) aerosolov v okolici NEK je predvsem posledica inhalacije **dolgoživih naravnih radionuklidov** in je za odraslega posameznika (28 ± 1) μSv na leto; doza je v okviru pričakovanj in na ravni povprečne vrednosti zadnjih let. Predvidena **efektivna okoljska 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 (0,05 ± 0,02) nSv na leto. Ocenjene in modelsko izračunane imisijske doze NEK zaradi umetnih radionuklidov so za nekaj velikostnih redov nižje od efektivnih okoljskih doz zaradi naravnih radionuklidov.

V letu 2008 je Evropska komisija izdala poročilo [71], 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 osebo 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 (rob izključitvenega območja) in manjša od 0,24 μSv na leto na razdalji 5 000 m. Kot je razvidno iz tabele 4.7, so za NEK ocenjene doze bistveno nižje: na razdaljah 200 m (ograja NEK) oziroma 800 m (Vrbina) od NEK (ekvivalent 500 m) sta dozi 0,020 μSv in 0,009 μSv na leto, na večjih razdaljah 3 000 m (Pesje) oziroma 7 100 m (Brežice) od NEK (ekvivalent 5 000 m) pa 0,010 μSv in 0,003 μSv na leto.

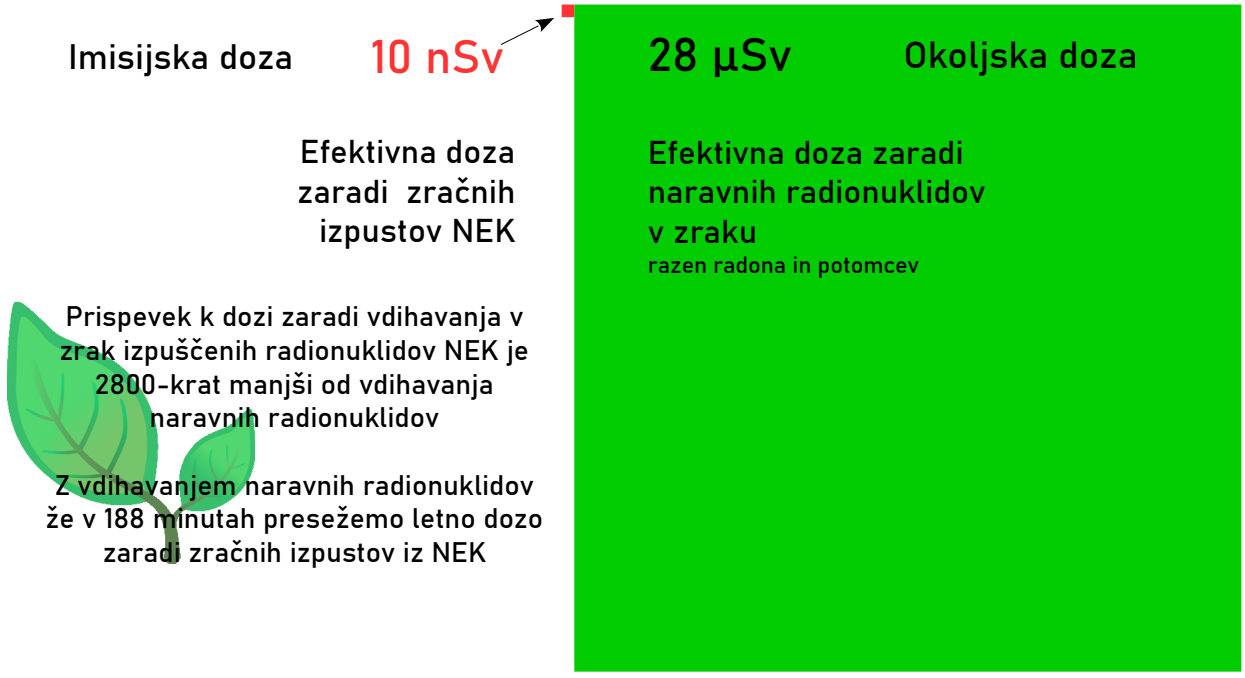
GRAFIČNI PRIKAZ PRISPEVKOV ZA OCENO EFEKTIVNE DOZE PO ZRAČNI PRENOSNI POTI



Kakšne so letne efektivne doze zaradi vdihavanja radionuklidov?

Efektivne doze zaradi zračnih izpustov NEK oziroma zaradi naravnih radionuklidov v okolju so označene z rdečim ■ oziroma zelenim ■ kvadratom

Površina kvadrata ustreza dozi!



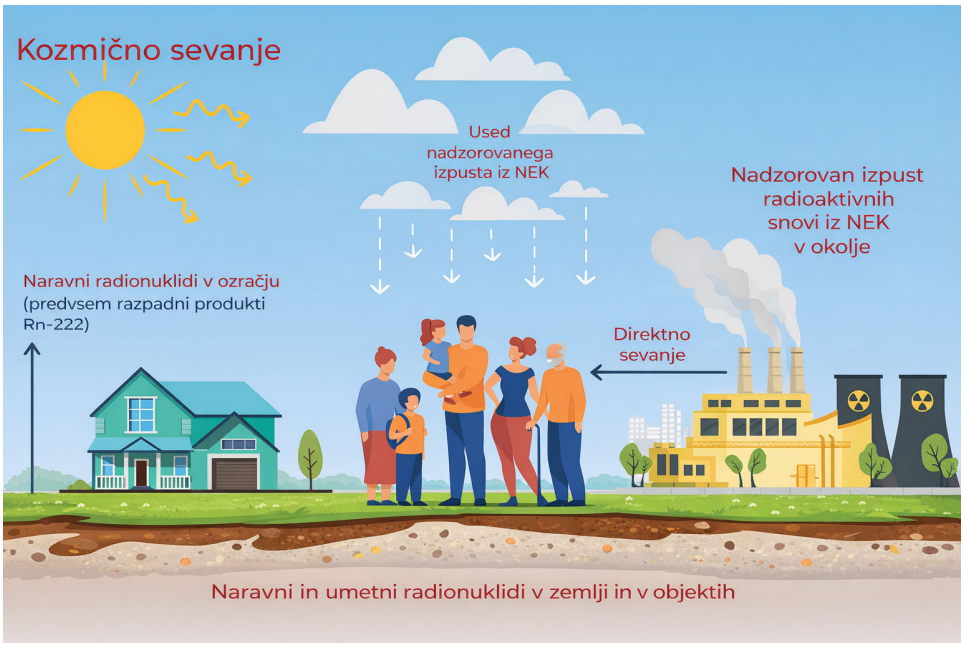
5 ZUNANJE SEVANJE

POVZETEK

Zunanje sevanje, ki mu je izpostavljeno prebivalstvo, vključuje kozmično sevanje, sevanje naravnih radionuklidov (predvsem potomcev radona) v ozračju, sevanje iz radioaktivnega oblaka ob izpustu radioaktivnih snovi iz NEK v okolje in zunanje sevanje zaradi useda, ki se odloži po prehodu oblaka, ter sevanje naravnih in umetnih radionuklidov v zemlji in v objektih. Ocena dozne obremenitve (okoljski dozni ekvivalent H(10)) zaradi zunanjega sevanja se izračuna iz ugotovoljene radioaktivnosti zemlje in zraka, neposredno pa se meri s termoluminiscenčnimi dozimetri in kontinuirnimi merilniki hitrosti doze.*

Za izračun prispevka k sevalni obremenitvi prebivalstva zaradi sevanja naravnih in umetnih radionuklidov v zemlji je v letu 2025 v okviru nadzora radioaktivnosti potekalo vzorčenje zemlje na treh lokacijah v okolici NEK. Rezultati meritev kažejo, da se specifične aktivnosti naravnih radionuklidov z globino ne spreminjajo, so pa manjše na Kusovi Vrbini, ki je največkrat poplavljena. Vrednosti H(10) zaradi radioaktivnosti v zemlji pri predpostavki enakomerne porazdelitve za naravne radionuklide in realne porazdelitve za Cs-137 so v letu 2025 v okolici NEK* (0,50 ± 0,02) mSv *za zemljo v Kusovi Vrbini*, (0,61 ± 0,03) mSv *za zemljo na Gmajnicah in* (0,66 ± 0,02) mSv *za zemljo v Ameriki. Iz meritev globinske odvisnosti specifične aktivnosti Cs-137 na posameznih lokacijah lahko sklepamo na kompleksnost delovanja površinske in podtalne vode.*

V letu 2025 so bile v teku obratovalnega nadzora radioaktivnosti NEK opravljene neodvisne meritve doze zunanjega sevanja s termoluminiscenčnimi dozimetri (TLD) in kontinuirnimi merilniki hitrosti doze (Envinet MIRA, AMES/MFM, Atomtex/MFM in Gihmm). Meritve s TLD in merilniki hitrosti doze 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* (0,74 ± 0,10) mSv, *na ograji NEK* (0,54 ± 0,04) mSv, *v okolici Zagreba na Hrvaškem pa* (0,71 ± 0,10) mSv. *Prispevki k zunanjemu sevanju zunaj ograje NEK zaradi sevanja iz objektov NEK in atmosferskih izpustov radioaktivnih snovi so bili, enako kot v prejšnjih letih, v letu 2025 nemerljivi. Posredno smo konservativno ocenili, da je bila letna efektivna doza zunanjega sevanja zaradi useda iz oblaka kot posledica izpustov iz NEK manjša od* 1,0 E-10 mSv.



Slika 5.1: Prispevki k okoljskemu doznemu ekvivalentu *H**(10) zaradi zunanjega sevanja. Direktno sevanje iz objektov NEK je nedoločljivo.

UVOD

Viri ionizirajočega sevanja v človekovem naravnem in bivalnem okolju so primarni kozmični žarki, zrak in zemlja. Primarni kozmični žarki izvirajo iz vesolja in Sonca, 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. Hitrost doze zaradi galaktičnih in izvengalaktičnih kozmičnih žarkov je odvisna od sončne aktivnosti, ker sončni veter odklanja primarne kozmične žarke, ki v stratosferi in zgornji troposferi povzročajo plazove sekundarnih kozmičnih žarkov, to je nabitih delcev, nevtronov in rentgenskih žarkov. Hitrost doze zaradi kozmičnih žarkov je zato odvisna od sončne aktivnosti, ki kaže 11-letni cikel [72].

Naravno sevanje iz zemlje izvira od členov razpadnih verig urana U-238 z razpolovno dobo 4,45·E+9 let, torija Th-232 z razpolovno dobo 1,41·E+10 let ter radioaktivnega izotopa kalija, K-40, z razpolovno dobo 1,28·E+9 let. Ti radionuklidi so nastali, ko je nastala snov, iz katere je zemeljska skorja. Časovna odvisnost hitrosti doze na določeni lokaciji zaradi radioaktivnosti v zemlji ni konstantna. Spreminja se zaradi atenuacije žarkov gama, ki je odvisna od vlage v zemlji in pozimi zaradi snega. Tudi po površini zemlje ni enakomerno porazdeljena, ker uran, torij in kalij niso porazdeljeni enakomerno.

Med členi uranove in torijeve razpadne verige je tudi žlahtni plin radon, ki z difuzijo prehaja iz zemlje, kjer je nastal, v zrak in tam razpada. Potomci radona ostanejo delno v zraku, delno pa se odlagajo na površino zemlje z izpiranjem in usedanjem. Ker so razpadni produkti radona, ki sevajo žarke gama, kratkoživi, časovna odvisnost te radioaktivnosti sledi vremenskim pogojem, v katerih so prehajanje iz zemlje ter izpiranje in usedanje iz ozračja posebej izraziti. V teh pogojih lahko hitrost doze na površini zemlje naraste tudi za red velikosti. Hitrost doze zaradi izpiranja in usedanja iz zraka je torej določena z vremenskimi pogoji, ki so v času neenakomerno porazdeljeni. Zato časovna odvisnost doze zaradi usedanja radonovih potomcev neurejeno niha.

Razen naravne radioaktivnosti so v zemlji prisotne tudi radioaktivne snovi zaradi kontaminacije ozračja, ki izvira iz človekove dejavnosti. Umetna radioaktivnost je posledica jedrskih eksplozij v ozračju, nesreč pri skladiščenju in predelavi radioaktivnih snovi, nesreč v jedrskih elektrarnah, načrtovanih izpustov radioaktivnih snovi v okolje ter neposrednega sevanja iz jedrskih objektov (jedrske elektrarne, raziskovalni reaktorji, predelovalni obrati…) in uporabnikov radioaktivnih snovi. Geografska porazdelitev usedov umetnih radioaktivnih snovi je določena z zračnimi tokovi v času izpusta radioaktivnosti. Ta globalna kontaminacija zemlje je nastala zaradi izpiranja radioaktivnosti iz zraka, hitrost doze zaradi te kontaminacije pa se s časom manjša zaradi radioaktivnega razpada in izpiranja kontaminacije v globje zemeljske sloje. Če želimo ločiti prispevke k zunanji dozi zaradi kozmičnega sevanja, izpiranja in usedanja naravne in umetne radioaktivnosti iz zraka ter radioaktivnosti zemlje, lahko to naredimo na podlagi časovnih odvisnosti doze ali njene hitrosti.

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)* [6] in *Pravilniku o monitoringu radioaktivnosti* [9]. Da bi ugotovili učinek delovanja NEK na okolje, izvajamo v okolici NEK neprekinjene meritve zunanjega sevanja, neprekinjena vzorčenja aerosolov v zraku in periodične meritve aerosolov ter periodična vzorčenja in meritve radioaktivnosti zemlje in suhega useda. Učinek jedrske elektrarne na zunanje sevanje ugotavljamo s primerjavo meritev v okolici NEK z meritvami, ki so bile izvedene na večjih oddaljenostih, učinek izpustov NEK v zrak in vodo pa z meritvami radioaktivnosti zraka, radioaktivnosti rečnega sedimenta in radioaktivnosti zemlje na lokacijah, kjer Sava poplavlja, in na lokacijah, kjer Sava ne poplavlja, ter suhega useda.

Za sprotne meritve zunanjega sevanja uporabljamo sistem kontinuirnih merilnikov hitrosti doze, ki so porazdeljeni v okolici jedrske elektrarne, in sistem merilnikov zunanjega sevanja, ki so razporejeni po Sloveniji (Envinet MIRA, AMES/MFM, Atomtex/MFM in Gihmm). Ta dva sistema se uporabljata tudi za zgodnje opozarjanje v primeru povišane radioaktivnosti v zraku.

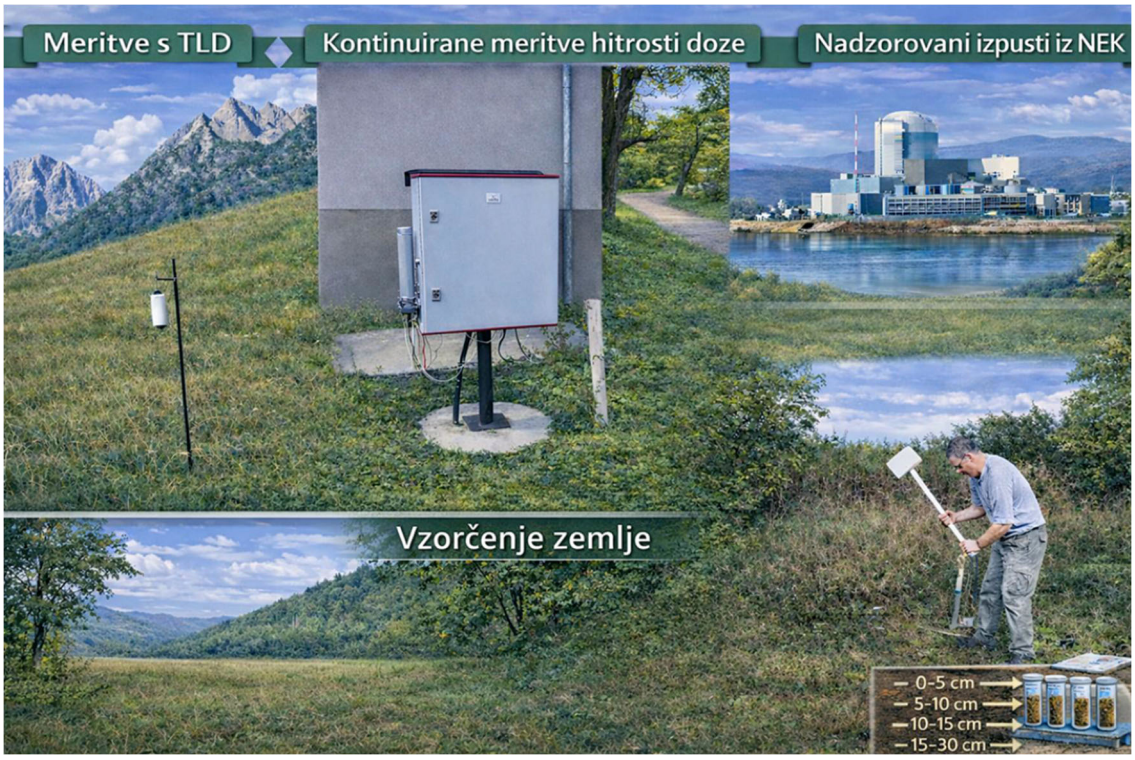
Meritve zunanjega sevanja izvajamo tudi s pasivnimi merilniki TLD (termoluminiscenčnimi dozimetri), ki merijo dozo v časovnem intervalu, ko so izpostavljeni. Tudi pri teh meritvah ugotavljamo učinek NEK s primerjavo med dozami, izmerjenimi s sistemom merilnikov, porazdeljenih v okolici NEK, in dozami, izmerjenimi s sistemom merilnikov, ki so razporejeni po Sloveniji.

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

NADZOR ZUNANJEGA SEVANJA V OKOLICI NEK

Značilnosti vzorčenja in meritev

Zunanje sevanje v okolici NEK se spremlja s pasivnimi merilniki TLD, kontinuiranimi merilniki hitrosti doze, ter z vzorčenjem vzorcev zemlje, kjer se določa specifične aktivnosti radionuklidov. Tak pristop omogoča neposredno merjenje skupne zunanje doze v okolju, vzorčenje zemlje pa identifikacijo in kvantifikacijo posameznih radionuklidov, ki k tej dozi prispevajo. Upošteva se tudi radionuklide, ki so posledica nadzorovanih izpustov iz NEK.



Slika 5.2: Nadzor zunanjega sevanja v okolici NEK.

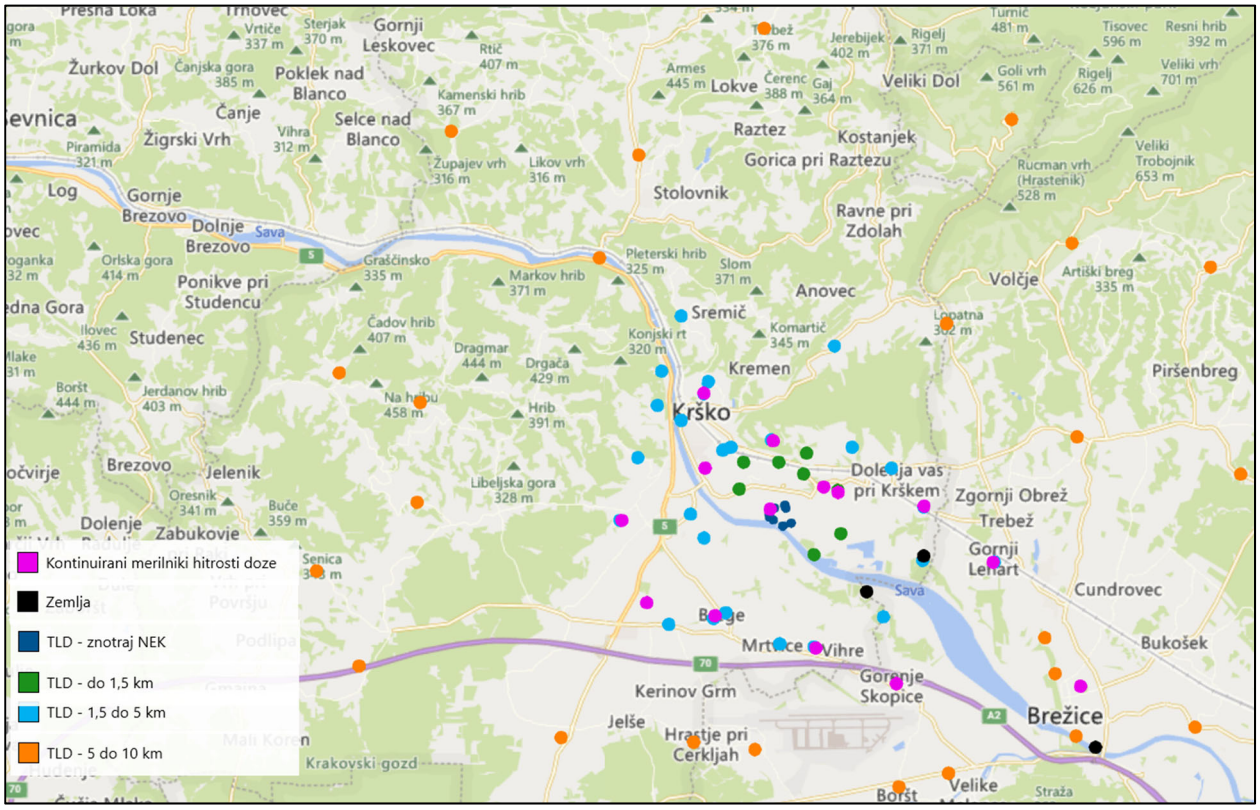
Zemljo vzorčimo na treh lokacijah na poplavnih področjih nizvodno od NEK. Najpogosteje je poplavljena lokacija Kusova Vrbina, navadno pri pretoku Save, ki je večji od 1 000 m^3/s. Na tej lokaciji je torej prisotnost umetnih radionuklidov v zemlji lahko posledica radioaktivnega useda iz zraka ali pa izpustov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

Lokacije, kjer vzorčujemo, so na neobdelanih površinah. Vzorčenje 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 vzorce 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:

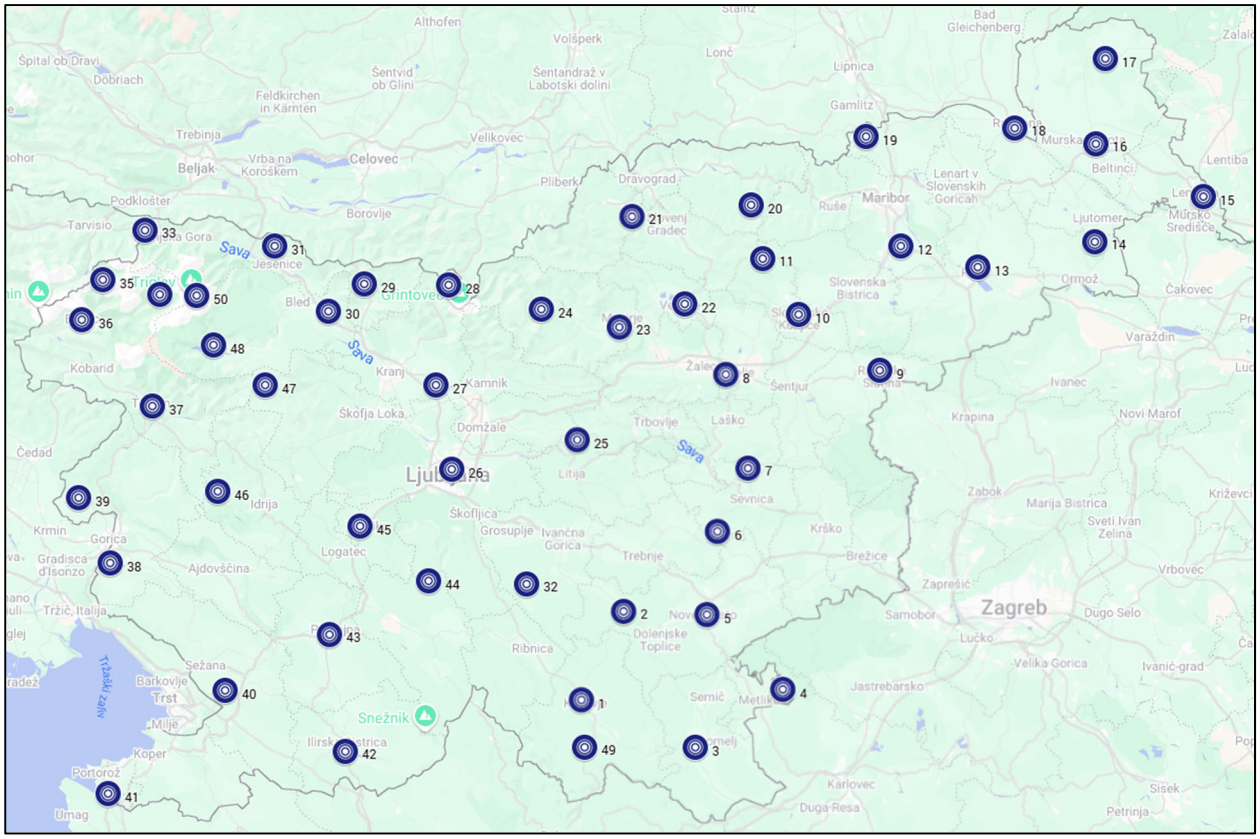
- Amerika, levi breg Save, nizvodna razdalja od NEK 3,5 km, tip zemlje je rjava naplavina;
- Gmajnice, desni breg Save, nizvodna razdalja od NEK 2,5 km, tip zemlje je mivkasta borovina;
- Kusova Vrbina – Trnje, levi breg Save, nizvodna razdalja od NEK 8,5 km, tip zemlje je mivkasta borovina.

Metoda vzorčenja je predpisana s *Pravilnikom o monitoringu radioaktivnosti* [9], postopek pa je opisan v navodilu *Zbiranje in priprava vzorcev zemlje (LMR-DN-07)*.



Slika 5.3: Prikaz razporeditve merilnih mest, ki se upoštevajo pri monitoringu zunanjega sevanja okolice NEK v tem poglavju. Na sliki so prikazane lokacije meritev zunanjega sevanja s 57 dozimetri v okolici NEK in z 9 dozimetri na ograji NEK, 14 kontinuirnih merilnikov hitrosti doze in 3 lokacije, kjer se vzorčuje zemlja.

Skladno z *Zakonom o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti* [8] in s *Pravilnikom o monitoringu radioaktivnosti* [9] 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 v urbanem in ruralnem okolju 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 dozimetrijo (TLD)* na IJS. S tem sistemom lahko merimo okoljske doze (okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$) v intervalu od 7,5 µSv do 5 Sv [75]. V okviru nadzornega programa NEK so na Hrvaškem postavljeni merilniki TLD LiF:Mg,Cu,P (MCP-N, Poljska), CaF_2 (IJS, Slovenija), OSL Al_2O_3:C (Rusija) in radiofotoluminiscentni merilniki FD-7 (Japonska) na desetih lokacijah.



Slika 5.4: Prikaz razporeditve 50 lokacij merilnih mest z okoljskimi dozimetri TLD po Sloveniji.

Neodvisno od programa nadzora zunanjega sevanja v okolici NEK poteka v Sloveniji meritev doze zunanjega sevanja z dozimetri TLD na 50 lokacijah po vsej državi, kot je prikazano na sliki 5.4. 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 [47]. Dozimetri, ki merijo dozo zunanjega sevanja na Hrvaškem, so bili kalibrirani v *Sekundarnem standardnem dozimetrijskem laboratoriju (SSDL)* na IRB v Zagrebu [75], [76].

V okolici NEK je postavljenih 15 kontinuirnih merilnikov hitrosti doze, od tega jih 14 nadzira NEK, en pa deluje v sklopu mreže URSJV. Ta mreža je del mreže URSJV – MOP za zgodnje zaznavanje sprememb zunanjega sevanja, v kateri deluje 73 merilnikov. Podatki o teh meritvah so sprotno dostopni na spletnem naslovu *http://www.radioaktivnost.si*.

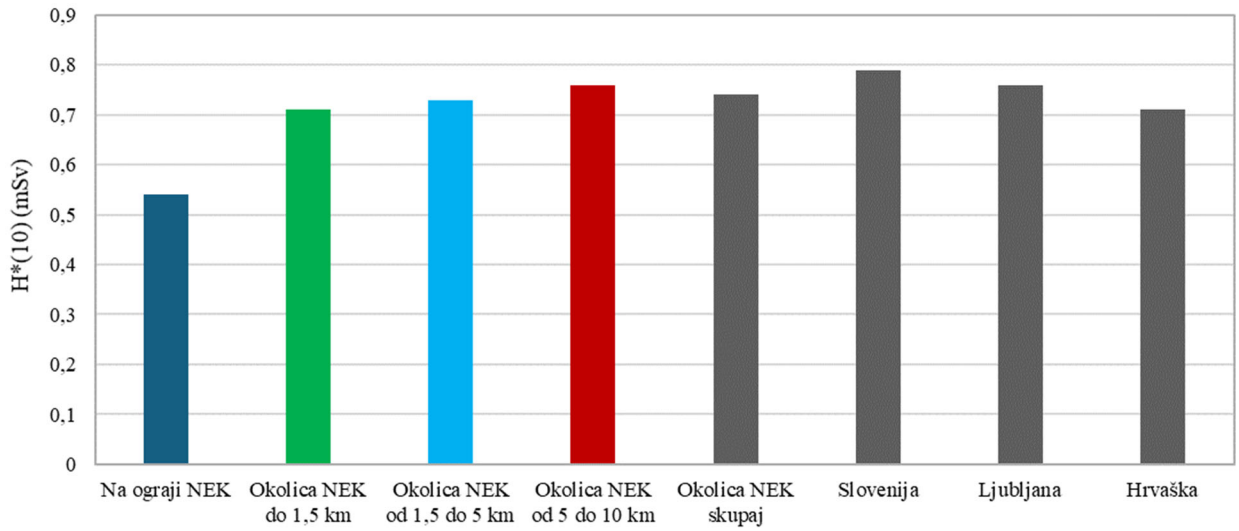
REZULTATI MERITEV IN ZNAČILNI ČASOVNI POTEKI

Meritve TLD

Rezultati meritev doze zunanjega sevanja (sevanja gama in ionizirajoče komponente kozmičnega sevanja) za leto 2025 so v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2025, IJS-DP-15403* v tabelah T-53/b in T-53/c za dozimetre v okolici NEK, za dozimetre na ograji NEK in okolici suhega skladišča NEK. Na sliki 5.3 prikazujemo mesta, kjer so postavljeni termoluminiscenčni dozimetri. V tabeli 5.1 in na sliki 5.5 so povzeti povprečni letni okoljski dozni ekvivalenti za okolico NEK, za ograjo NEK, za Slovenijo in za okolico Zagreba v letu 2025. V okviru merske negotovosti so letni okoljski dozni ekvivalenti v različnih oddaljenostih od NEK primerljivi s tistimi v preteklih letih.

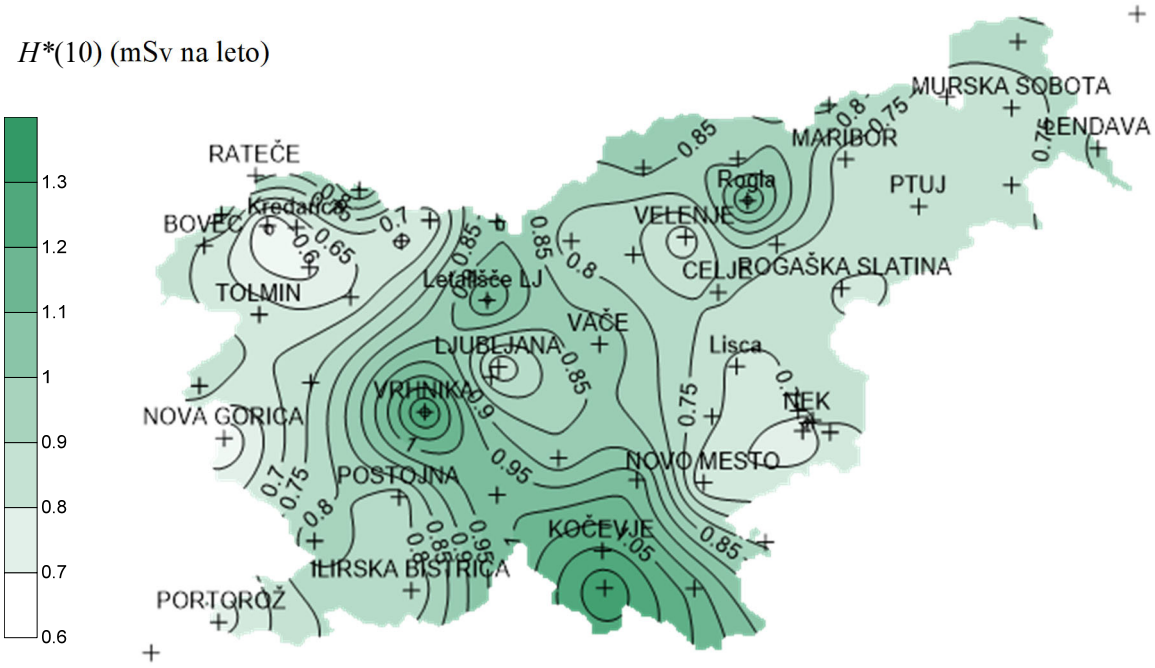
Tabela 5.1: Letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ na ograji NEK, v okolici NEK, v Sloveniji, Ljubljani in na Hrvaškem v letu 2025

Lokacija	Št. TLD	$H^*(10)$ (mSv)	Razpon $H^*(10)$ (mSv)
Na ograji NEK	9	0,54 ± 0,04	0,47–0,60
Suho skladišče NEK	7	0,58 ± 0,02	0,56–0,61
Okolica NEK skupaj	57	0,74 ± 0,10	0,57–1,02
Okolica NEK do 1,5 km	8	0,71 ± 0,15	0,58–1,02
Okolica NEK od 1,5 km do 5 km	25	0,73 ± 0,09	0,57–0,90
Okolica NEK od 5 km do 10 km	24	0,76 ± 0,10	0,60–0,95
Slovenija	50	0,79 ± 0,15	0,54–1,20
Ljubljana – referenčna lokacija	1	0,76 ± 0,08	–
Hrvaška	10	0,71 ± 0,10	0,61–0,90



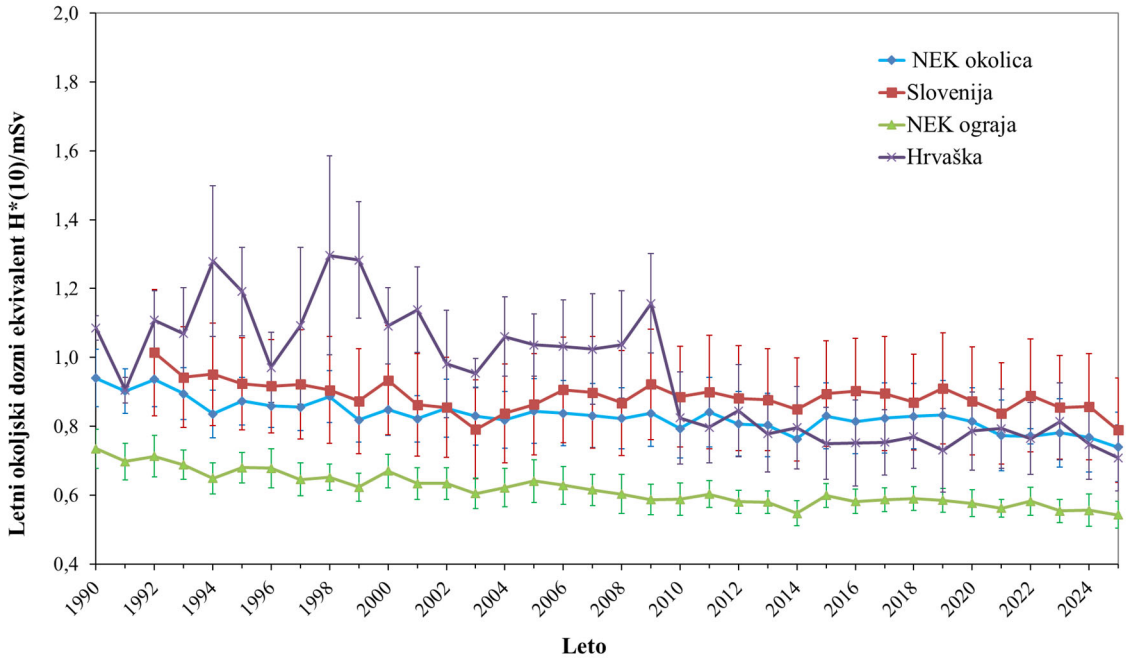
Slika 5.5: Primerjava med povprečnimi okoljskimi doznimi ekvivalenti $H^*(10)$, izmerjenimi v okolici NEK, na referenčni lokaciji v Ljubljani, povprečnimi ekvivalenti, izmerjenimi na Hrvaškem v okviru programa nadzora radioaktivnosti v okolici NEK, ter povprečnimi ekvivalenti, izmerjenimi v okviru meritev radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji v letu 2025.

Meritve v Sloveniji v letu 2025 (slika 5.6) [22] kažejo, da je povprečni letni okoljski dozni ekvivalent v okolici NEK sistematično nekoliko nižji kot v življenjskem okolju v Sloveniji. Iz tabele 5.1 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 z odstranjeno plastjo zemlje in zaščitnemu delovanju zgradb ter asfaltiranih površin znotraj ograje NEK, ki slabijo zunanje sevanje naravnih radionuklidov iz zemljišča. Tudi dodatni dozimetri ob zahodni ograji NEK, kjer je suho skladišče izrabljenega goriva, so pokazali povprečen letni dozni ekvivalent, ki je v okviru stresanja podatkov primerljivo z letnim doznim ekvivalentom, ki smo ga izmerili s TLD na ograji NEK. Neposredni učinek sevanja iz objektov NEK na ograji ni merljiv.

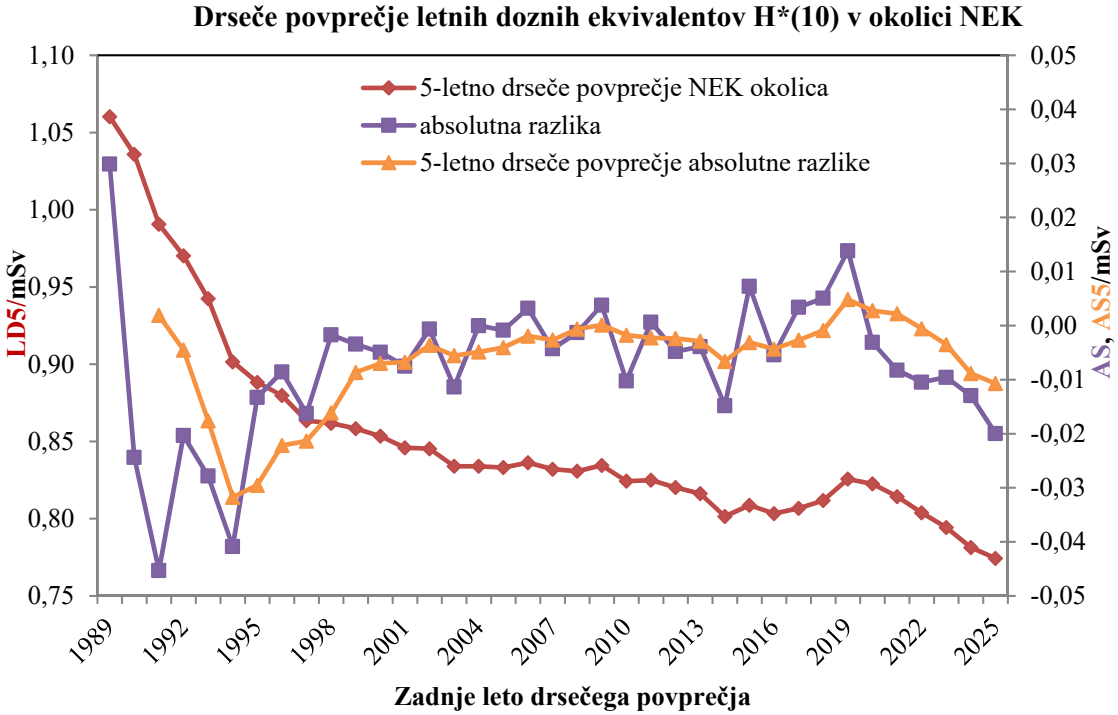


Slika 5.6: Povprečni letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ po Sloveniji v letu 2025 [22]

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, sedaj pa je okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ konstanten. Vzroka sta 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, je upadanje, ki ga lahko pripišemo radioaktivnemu razpadu Cs-137, izzvenelo, saj je njegov učinek na zmanjšanje letne doze manjši od razsutja izmerkov. Na sliki 5.8 je prikazano 5-letno drseče povprečje absolutnih sprememb letnih doz (AS5) v okolici NEK.



Slika 5.7: Povprečni letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ v okolici NEK, na ograji NEK, v Sloveniji ter na Hrvaškem od leta 1989 do 2025.

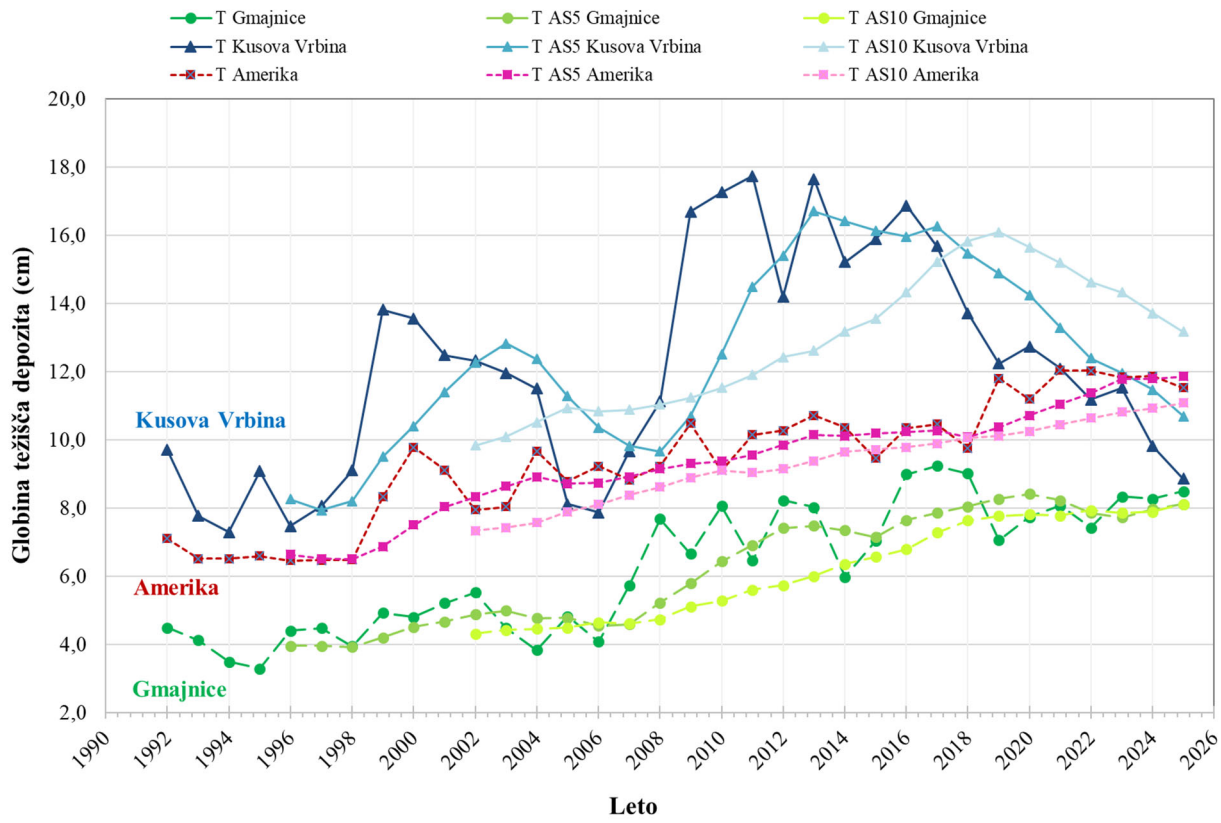


Slika 5.8: Petletno drseče povprečje letnih okoljskih doznih ekvivalentov $H^*(10)$ ($LD5$), absolutna sprememba 5-letnega drsečega povprečja (AS) in 5-letno drseče povprečje absolutne spremembe ($AS5$) v okolici NEK od 1989 do 2025. Zaradi boljše preglednosti negotovosti na sliki niso prikazane.

Meritve specifične aktivnosti radionuklidov v zemlji

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 2025, IJS-DP-15403*, marec 2026. 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 5.4, tekoči izpusti se obravnavajo v poglavju *Radioaktivnost v reki Savi*.

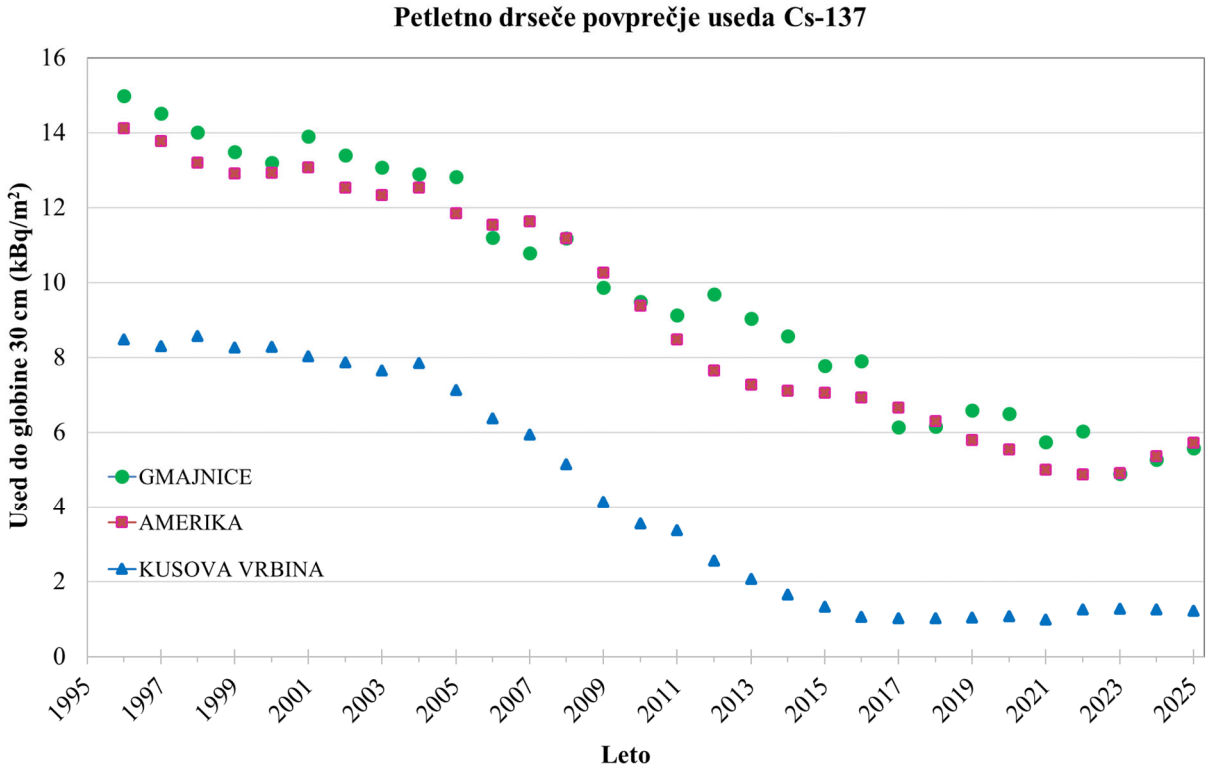
Specifične aktivnosti naravnih radionuklidov iz uranovega in torijevega razpadnega niza ter K-40 se pri spomladanskem in jesenskem vzorčenju praviloma ujemajo znotraj negotovosti in ne kažejo izrazite odvisnosti od globine. Izjema je Pb-210, ki se kot produkt Rn-222 iz atmosfere kopiči v zgornjih plasteh, zato sezonsko ujemanje ni pričakovano. Podobno velja za kozmogeni Be-7, ki je zaradi kratkega razpolovnega časa prisoten le v površinskem sloju. Vrednosti Cs-137 se lahko med vzorčenji razlikujejo zaradi prerazporeditve na mikrolokacijah. V torijevem nizu se aktivnosti Ra-228 in Th-228 ujemata, v uranovem pa je zaradi večje topnosti urana aktivnost U-238 nižja od Ra-226. Na poplavnih območjih so aktivnosti naravnih radionuklidov in K-40 nižje. Izmerjene aktivnosti K-40, U-238 in Ra-226 so primerljive s povprečji UNSCEAR [43] za južno Evropo. Slika 5.9 prikazuje časovno spreminjanje globine težišča nanosa Cs-137 od leta 1992 na lokacijah Gmajnice, Amerika in Kusova Vrbina.



Slika 5.9: Globina težišča nanosa Cs-137, izračunanega na podlagi letnih vzorčenj za lokacije Gmajnice, Kusova Vrbina in Amerika. Prikazana so tudi 5-letna (T AS5) in 10-letna (T AS10) drseča povprečja globine težišča depozita.

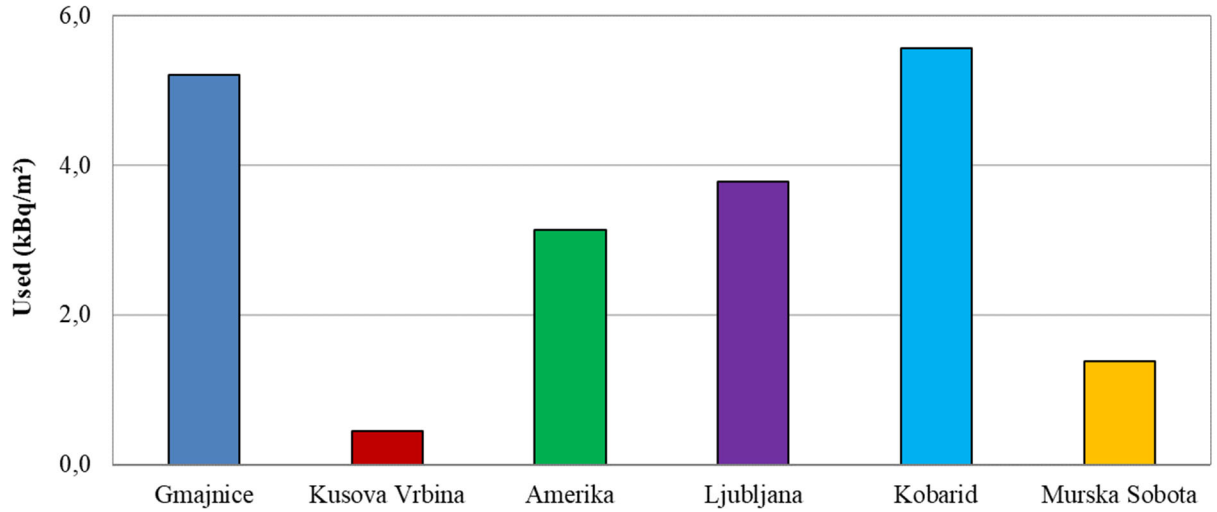
Opazno je precejšnje razsutje vrednosti, izračunanih iz rezultatov meritev specifičnih aktivnosti v posameznih letih. Vzroka sta lahko dva. Prvi je nehomogenost svežega nanosa po černobilski nesreči in vpliv prednostnih smeri toka vode v zemeljski ruši, ki lahko bistveno spremeni pričakovano porazdelitev radionuklidov v zemlji tudi na bližnjih lokacijah [43]. Drugi in bolj vpliven vzrok je prerazporeditev useda na mikrolokaciji. Prerazporeditev je posledica hidrogeoloških procesov, ki vplivajo na prodiranje Cs-137 v zemljino. Vpliv teh procesov je opazen na sliki 5.9, 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 kaže 10-letno drseče povprečje na sliki 5.9 za lokacijo Kusova Vrbina, navidezno hitrejše kot na drugih dveh lokacijah. Začetna globina težišča nanosa na lokaciji Kusova Vrbina, če upoštevamo podatke od leta 1992, je ustrezno večja. Iz slike je razvidno, da šele 10-letno drseče povprečje izpovpreči lokalno nehomogenost useda in vpliv hidrogeoloških procesov v zgornjih plasteh.

Globina težišča nanosa do globine 30 cm na lokaciji Kusova Vrbina je po letu 2010 približno 15 cm (slika 5.9), kar kaže na to, da je porazdelitev približno homogena. Iz tega sledi, da je naplavljena vsa plast zemlje, kjer poteka vzorčenje, in da izmerjena kontaminacija ne opisuje razmer v Kusovi Vrbini v času černobilske kontaminacije, ampak razmere na področju, od koder izvira naplavljeni material.



Slika 5.10: Petletno drseče povprečje useda Cs-137 do globine 30 cm za lokacije Gmajnice, Amerika in Kusova Vrbina.

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 5.10. Prikazano je petletno drseče povprečje useda do globine 30 cm za lokacije Gmajnice, Amerika in Kusova Vrbina. Velikost useda se zmanjšuje. Ocena pokaže, da je zmanjševanje v glavnem posledica radioaktivnega razpadanja Cs-137, saj je le-to okrog 2,3 % letno. Zanimivo je, da je časovna odvisnost useda na lokaciji Kusova Vrbina, ki je najpogosteje poplavljena, zelo različna od odvisnosti na lokacijah Gmajnice in Amerika, kar pomeni, da ima poplavljanje tukaj prevladujoč vpliv na preporazdelitev useda.



Slika 5.11: Primerjava med usedi Cs-137 na lokacijah, kjer je bila vzorčevana zemlja v okviru programa nadzora radioaktivnosti v okolici NEK in okviru meritev radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji v letu 2025.

V okviru nadzora radioaktivnosti v okolju v Republiki Sloveniji se meri used do globine 30 cm v Ljubljani, Kobaridu in Murski Soboti. V letu 2025 so bili na teh lokacijah izmerjeni povprečni usedi Cs-137 (3,78 ± 0,10) kBq/m^2, (5,56 ± 2,08) kBq/m^2 in (1,38 ± 0,06) kBq/m^2. Te vrednosti so v povprečju višje ali primerljive z vrednostmi (5,21 ± 0,12) kBq/m^2, (0,45 ± 0,02) kBq/m^2 in (3,14 ± 0,09) kBq/m^2, ki so bile izmerjene do globine 30 cm v Gmajnicah, Kusovi Vrbini in Ameriki. Primerjava med usedi na sliki 5.11 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.

V izpuhu NEK se, razen žlahtnih plinov, radionuklidov joda, C-14, Cr-51, Mn-54, Co-57, Co-58, Co-60, Fe-59, Zn-65, Zr-95, Nb-95, Ag-110m, Te-125m, Te-127m, Se-75, Ce-144, Sr-90, in Cs-137 v letu 2025 niso pojavili drugi sevalci gama. Tekočinski izpusti NEK so vsebovali aktivacijske in fisijske produkte, sevalce gama, H-3, C-14, Co-58, Co-60, Ag-110m, Fe-55, Sr-90, in Cs-137. Noben od teh radionuklidov, ki so bili prisotni v tekočinskih izpustih, ni bil izmerjen v vzorcih zemlje. Izjema je Cs-137, pri katerem 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.

Sevanje iz zemlje

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 (8) v [4]:

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

V enačbi smo s C_i označili specifične aktivnosti Ra-226, Th-232 (Ra-228, Th-228), K-40 in Cs-137 v zemlji, 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 po vrsti: 4,94, 6,56, 0,449 in 1,68, 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 učinkov*. Iz rezultatov meritev specifičnih aktivnosti radionuklidov v zemlji, ki so zbrani v tabelah T-57, T-59 in T-60, lahko povzamemo povprečne aktivnosti U-238, Ra-226, Ra-228, Th-228, K-40 in Cs-137 v globinah od 0 cm do 15 cm na lokacijah v Gmajnicah, Kusovi Vrbini in Ameriki. Rezultati spektrometrijskih analiz zemlje so 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 2025, IJS-DP-15403*, marec 2026.

Na lokacijah Gmajnice in Amerika se vzorči neobdelana zemlja, ki je podobna kot podlaga pri večini lokacij za TLD. Na lokaciji Kusova Vrbina pa se vzorči mešanica naplavin in zemlje, ki je podobna podlagi, na kateri stoji TLD v neposredni bližini. Iz povprečnih specifičnih aktivnosti Ra-226, Ra-228, Th-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 5.2.

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 [43]. Te vrednosti se dobro ujemajo z izmerjenimi vrednostmi v zemlji v okolici NEK, ki so navedene v tabeli 5.2. Iz tabele sledi, da se doza zaradi sevanja iz tal in ionizirajoče komponente kozmičnih žarkov ujema z dozo, izmerjeno z dozimetrom TLD v Kusovi Vrbini, kjer poteka vzorčenje zemlje v neposredni bližini dozimetra. Na lokacijah Amerika in Gmajnice ujemanja ni, kar pojasnjujemo s tem, da se lokacije vzorčenja zemlje ne ujemajo povsem z lokacijo, kjer je postavljen dozimeter TLD.

Tabela 5.2: Primerjava izračunanega in izmerjenega letnega okoljskega doznega ekvivalenta v letu 2025 za tri lokacije vzorčenja zemlje v okolici NEK. Prispevek sevanja žarkov gama in direktnega ionizirajočega kozmičnega sevanja 0,28 mSv je izračunan s pomočjo programa EXPACS ([77], [78], [79]).

	Gmajnice	**Kusova Vrbina**	**Amerika**
Radionuklid	**Povprečna specifična aktivnost (0−15 cm) (Bq/kg)**		
U-238	28,8 ± 2,8	24,8 ± 2,1	32,2 ± 2,2
Ra-226	39,6 ± 2,7	34,5 ± 2,0	45,2 ± 2,6
Ra-228	29,6 ± 1,0	25,7 ± 0,5	34,0 ± 0,7
Th-228	29,1 ± 0,7	25,0 ± 0,5	33,6 ± 0,7
K-40	370,6 ± 8,2	337,3 ± 7,5	418,5 ± 9,8
Cs-137	33,7 ± 1,1	2,7 ± 0,2	16,2 ± 0,7
	Letni okoljski dozni ekvivalent, H*(10)		
	Sevanje tal (mSv)		
	0,61 ± 0,03	0,50 ± 0,02	0,66 ± 0,02
	Sevanje tal in direktno ionizirajoče kozmično sevanje (mSv)		
	0,89 ± 0,03	0,78 ± 0,03	0,90 ± 0,03
	Letni okoljski dozni ekvivalent, H*(10) (TLD)		
	št. dozimetra 59	št. dozimetra 21	št. dozimetra 63
	0,70 ± 0,08	0,67 ± 0,08	0,72 ± 0,09

Z uporabo programa EXPACS ([77], [78], [79]) izračunamo, da je letni okoljski dozni ekvivalent kozmičnih žarkov v Krškem (nadmorska višina 155 m) 0,35 mSv, od tega odpade 0,07 mSv na dozo zaradi nevtronov, na katere dozimetri TLD niso občutljivi. V Velikem Trnu (nadmorska višina 434 m) pa je letni okoljski dozni ekvivalent 0,40 mSv, od česar odpade 0,09 mSv na nevtrone, kar pomeni, da je doza zaradi sevanja žarkov gama in direktne ionizirajoče komponente kozmičnega sevanja na nadmorski višini dozimetrov v okolici jedrskega objekta v Krškem enaka 0,28 mSv. Ionizirajočo komponento kozmičnega sevanja prištejemo prispevku sevanja tal, da ocenimo letni dozni ekvivalent v tabeli 5.2.

Iz tabele 5.2 lahko ocenimo, da je prispevek zemeljskega sevanja k letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu v okolici NEK v razponu od 0,50 mSv do 0,66 mSv. Izračunani prispevek kozmične komponente je približno eno tretjino celotne letne doze brez nevtronske komponente.

Hitrost doze v okolici NEK se meri s štirinajstimi kontinuirnimi merilniki hitrosti doze. Rezultati so v tabeli T-56/a na priloženi zgoščenki v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2025, IJS-DP-15403*. Pri rezultatih meritev s temi merilniki je lastno ozadje merilnikov upoštevano in odšteto od izmerkov. V letu 2025 je bil izmerjen povprečni letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ (0,77 ± 0,13) mSv v območju od 0,45 mSv do 0,96 mSv. Ta vrednost se v okviru negotovosti ujema s povprečnim letnim okoljskim doznim ekvivalentom, ki je bil izmerjen s TLD v okolici NEK (tabela 5.1). Povprečni letni okoljski dozni ekvivalent pri preostalih 58 kontinuirnih merilnikih v Sloveniji, ki so pod nadzorom URSJV, je bil v letu 2025 (0,72 ± 0,16) mSv v območju od 0,45 mSv do 1,15 mSv. Ta vrednost je v okviru negotovosti enaka povprečni vrednosti, določeni na podlagi meritev s TLD na območju Slovenije (tabela 5.1). Iz primerjave letnih okoljskih doznih ekvivalentov v tabeli T-56, izmerjenih s kontinuirnimi merilniki, 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 2025, IJS-DP-15403*), je mogoče ugotoviti, da se na posameznih lokacijah vrednosti, izmerjene s kontinuirnimi merilniki in TLD, lahko razlikujejo tudi za 30 %, kar je posledica različne podlage na mestih, kjer sta postavljena kontinuirani merilnik in TLD na določeni lokaciji. Na IJS, kjer sta oba merilnika postavljena v neposredni bližini, se vrednost (0,75 ± 0,02) mSv, določena s kontinuirnim merilnikom, ujema z vrednostjo (0,76 ± 0,08) mSv, določeno s TLD.

OCENA UČINKOV

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 omogočajo določitev prispevkov Cs-137 iz različnih globin [73]. Okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ je bil izračunan iz zveze $H^*(10) = w \cdot D$ po standardu ISO 4037-3:2019 [45], pri čemer je D absorbirana doza v zraku na letni ravni, $w = 1{,}21$ pa je konverzijski faktor za pretvorbo absorbirane doze v okoljski dozni ekvivalent za Cs-137. Iz tabele 5.3 je razvidno, da so ocenjeni letni okoljski dozni ekvivalenti zaradi Cs-137 na lokacijah v okolici NEK v območju med 0,004 mSv in 0,031 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 območju od 0,013 mSv do 0,056 mSv.

Tabela 5.3: Ocenjena letna vrednost $H^*(10)$ zaradi globalne kontaminacije s Cs-137 do globine 30 cm v letu 2025

LOKACIJA	$H^*(10)$ (mSv)	LOKACIJA	$H^*(10)$ (mSv)
Gmajnice	0,031 ± 0,006	Ljubljana	0,032 ± 0,006
Kusova Vrbina	0,004 ± 0,001	Kobarid	0,056 ± 0,011
Amerika	0,019 ± 0,004	Murska Sobota	0,013 ± 0,003

Kot je bilo ugotovljeno, prispevkov NEK k dozi zunanjega sevanja ni mogoče neposredno meriti z merilniki TLD in kontinuirnimi merilniki hitrosti doze. Mreža TLD meri skupno dozo sevanja gama naravnih radionuklidov v okolju, sevanja gama in direktne ionizirajoče komponente kozmičnega sevanja ter prispevka globalne kontaminacije s Cs-137. Povprečni izmerjeni letni okoljski dozni ekvivalent v okolici NEK je bil v letu 2025 (0,74 ± 0,10) mSv, kar se v okviru negotovosti ujema z vrednostjo (0,77 ± 0,05) mSv v letu 2024.

Ker okoljski TLD ne merijo doze nevtronske komponente kozmičnega sevanja, je bila le-ta izračunana z uporabo programa EXPACS ([77], [78], [79]). Program omogoča izračun doze, ki je posledica posameznih komponent kozmičnega sevanja vključno z nevtronsko komponento za poljubno geografsko dolžino in širino. Za leto 2025 je prispevek nevtronov k letnemu okoljskemu doznemu ekvivalentu 0,07 mSv. 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 [74]. 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 *Zrak* na podlagi podatkov o izpuščenih aktivnostih in ob upoštevanju razredčitvenih koeficientov, dobljenih iz Lagrangeevega modela.

Okoljskega doznega ekvivalenta zaradi usedanja iz oblaka ne moremo izmeriti, lahko pa ga računsko ocenimo na podlagi emisij iz NEK, razredčitvenih koeficientov in doznih pretvorbenih koeficientov. Used se računa za lokacije, na katerih poteka vzorčenje 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 2025 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, navpična dimenzija celice pa je spremenljiva in je odvisna od višine, v kateri je celica. Tabelirane vrednosti depozicijskih faktorjev in razredčitvenih koeficientov so v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2025, IJS-DP-15403,* marec 2026.

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, $(\chi/Q)_1$ razredčitveni koeficient prvega prizemnega nivoja, h_1 višina prvega prizemnega nivoja, k_{WDD} faktor mokrega in suhega nanosa, $(\chi/Q)_i$ razredčitveni koeficienti nivoja i, h_i višina nivoja i in N število nivojev v domeni.

Prispevki k letni efektivni dozi zaradi useda iz oblaka so zbrani v tabeli 5.4. 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* [80]. Ta 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. Iz rezultatov je razvidno, da je bila v letu 2025 letna efektivna doza največja na oddaljenosti 0,2 km od ventilacijskega izpusta NEK (zahodna ograja, okvirno velja tudi za razdaljo 500 m od osi reaktorja), vendar je tudi ta prispevek popolnoma zanemarljiv glede na druge prispevke zunanjega sevanja. Tega prispevka NEK ni mogoče izmeriti niti s TLD niti z merilniki, ki neprekinjeno merijo ionizirajoče sevanje v okolici NEK, saj je daleč pod mejo detekcije. Že same variacije letnih efektivnih doz na posameznih lokacijah zaradi različnosti naravnega sevanja daleč presegajo prispevek NEK.

Tabela 5.4: Ocena letne efektivne doze zunanjega sevanja zaradi useda radioaktivnih snovi za izbrane lokacije z značilnimi razdaljami od NEK za leto 2025

Lokacija			Ograja NEK	Vrbina	Spodnji Stari Grad	Žadovinek	Vihre	Brežice
Oddaljenost od ventilacijskega izpusta NEK (km)			**0,2**	**0,8**	**1,5**	**1,7**	**3,1**	**7,1**
Radionuklid	**Izpust (Bq na leto)**	**DCF (Sv na leto) / (Bq/m²)**	**Letna efektivna doza zunanjega sevanja zaradi useda radioaktivnih snovi (mSv)**					
I-131	2,36E+05	3,81E-16	2,56E–13	1,61E–14	1,80E–14	1,93E–14	2,57E-15	2,73E-15
H-3	5,88E+12	-	–	–	–	–	–	–
C-14	5,50E+10	1,61E-20	2,52E–12	1,59E–13	1,78E–13	1,90E–13	2,53E-14	2,69E-14
Cr-51	1,61E+06	3,11E-17	1,42E–13	8,95E–15	1,00E–14	1,07E–14	1,43E-15	1,52E-15
Mn-54	6,96E+04	8,12E-16	1,61E–13	1,01E–14	1,14E–14	1,21E–14	1,61E-15	1,72E-15
Co-57	9,71E+03	1,15E-16	3,18E–15	2,00E–16	2,24E–16	2,40E–16	3,19E-17	3,40E-17
Co-58	2,12E+06	9,50E-16	5,73E–12	3,60E–13	4,04E–13	4,32E–13	5,74E-14	6,11E-14
Co-60	4,51E+05	2,35E-15	3,02E–12	1,90E–13	2,13E–13	2,28E–13	3,03E-14	3,22E-14
Fe-59	2,92E+04	1,14E-15	9,52E–14	5,98E–15	6,71E–15	7,18E–15	9,55E-16	1,02E-15
Zn-65	2,54E+04	5,72E-16	4,13E–14	2,60E–15	2,91E–15	3,12E–15	4,14E-16	4,41E-16
Zr-95	4,27E+05	7,23E-16	8,79E–13	5,53E–14	6,20E–14	6,63E–14	8,82E-15	9,38E-15
Nb-95	1,09E+06	7,48E-16	2,32E–12	1,46E–13	1,64E–13	1,75E–13	2,33E-14	2,48E-14
Ag-110m	3,46E+06	2,65E-15	2,61E–11	1,64E–12	1,84E–12	1,97E–12	2,62E-13	2,79E-13
Te-125m	4,22E+04	1,71E-15	4,34E–15	2,73E–16	3,06E–16	3,27E–16	4,35E-17	4,63E-17
Te-127m	3,44E+04	3,61E-17	1,11E–15	6,96E–17	7,80E–17	8,34E–17	1,11E-17	1,18E-17
Cs-137	6,82E+04	1,13E-17	1,11E–13	6,98E–15	7,83E–15	8,38E–15	1,11E-15	1,19E-15
Se-75	1,77E+05	1,52E-15	1,92E–13	1,20E–14	1,35E–14	1,45E–14	1,92E-15	2,05E-15
Ce-144	1,88E+04	5,72E-16	9,72E–15	6,11E–16	6,85E–16	7,33E–16	9,74E-17	1,04E-16
Sr-90	3,23E+03	3,81E-16	2,61E–18	1,64E–19	1,84E–19	1,97E–19	2,62E-20	2,79E-20
VSOTA			4,16E-11	2,62E–12	2,94E–12	3,14E–12	4,18E–13	4,44E–13

Učinek usedanja in izpiranja iz ozračja umetne radioaktivnosti zaradi izpustov NEK je predstavljen v tabeli 5.4. Ocena vrednosti letnega okoljskega doznega ekvivalenta iz izpustov NEK je na lokacijah v okolici NEK večja od ocen vrednosti za leto 2024, ker so bili izpusti v atmosfero večji. Vredno je omeniti, da približno dve tretjini doze prispeva Ag-110m. Med preostalimi radinuklidi največ prispeva Co-58, in sicer 14 %, sledi Co-60, ki prispeva 7 %, nato C-14 6 %, ostali izotopi prispevajo približno 10 %.

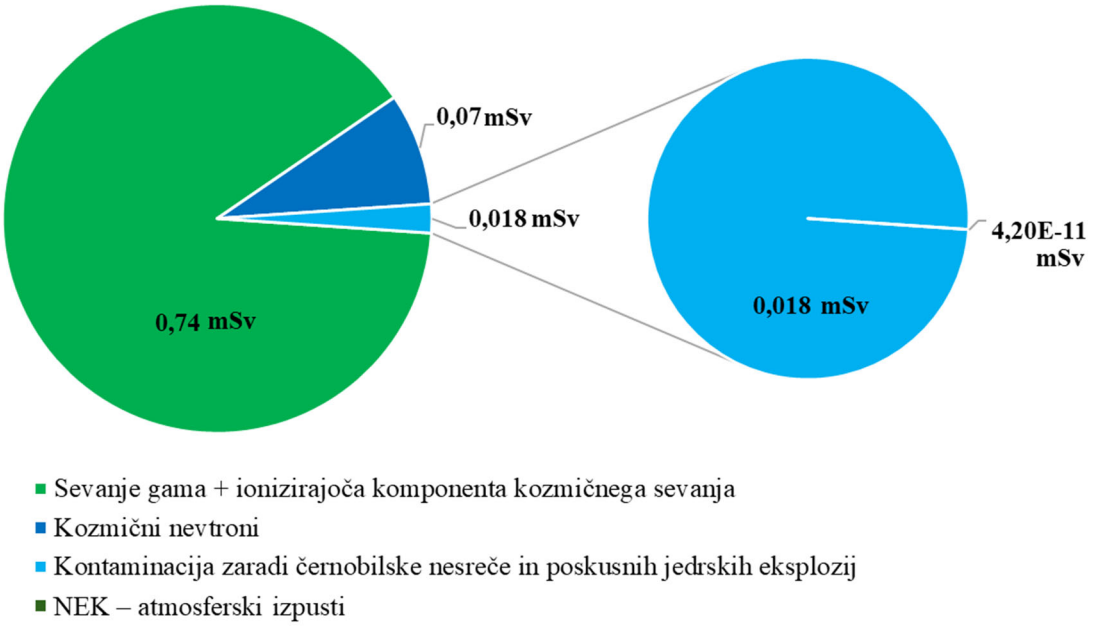
V tabeli 5.5 in na sliki 5.12 so povzete ocenjene letne vrednosti $H^*(10)$ za prebivalstvo[23] v okolici NEK. Prevladuje izpostavitev zaradi naravnega sevanja in useda Cs-137 zaradi globalne kontaminacije. Prispevek NEK je zanemarljiv.

[23] Za oceno obremenitve prebivalstva zaradi izpustov iz jedrskega objekta se uporablja referenčna oseba kot posameznik iz prebivalstva, ki prejema ali bi lahko prejel najvišje doze pri pri čemer niso upoštevane osebe s skrajnimi in redkimi navadami [9].

Tabela 5.5: Doze $H^*(10)$ zaradi zunanjega sevanja v letu 2025 za prebivalstvo v okolici NEK

Vir	**Podatki**	***H**(10) (mSv)**
sevanje gama + ionizirajoča komponenta kozmičnega sevanja	TLD	0,74 (91 %)
kozmični nevtroni	[43], [77], [78], [79]	0,07 (9 %)
naravno sevanje – skupaj		**0,81 (100 %)**
kontaminacija zaradi černobilske nesreče in poskusnih jedrskih eksplozij	Cs-137 v zemlji	0,018 (2,2 %)*
NEK – atmosferski izpusti	**used (model)**	4,2E–11
SKUPAJ		**0,81**

* Ocena deleža glede na naravno sevanje. V tej oceni ni upoštevano, da se prebivalec (referenčna oseba) 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 [73].



Slika 5.12: Doze $H^*(10)$ zaradi zunanjega sevanja v letu 2025 za prebivalstvo v okolici NEK

SKLEPI

Specifične aktivnosti naravnih radionuklidov v vzorcih zemlje v letu 2025 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 0,50 mSv in 0,66 mSv.

Prisotnost umetnih radionuklidov v okolju je posledica globalne kontaminacije zaradi jedrskih poskusov in černobilske nesreče. Učinka NEK tudi v letu 2025 ni bilo mogoče zaznati. Prispevek Cs-137 k letni dozi $H^*(10)$ je od 0,5 % do 6,9 % 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 ob predpostavki realne globinske porazdelitve Cs-137, je v območju med 0,004 mSv in 0,031 mSv, kar je v povprečju manj kot na lokacijah vzorčenja v okviru nadzora radioaktivnosti v Republiki Sloveniji. To je dodatna potrditev ugotovitve, da v okolju ni mogoče opaziti učinkov 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 letnega okoljskega doznega ekvivalenta, izmerjenega s TLD v okolici NEK, se ujema s povprečno vrednostjo, izmerjeno s kontinuirnimi merilniki hitrosti doze. Povprečji, izmerjeni z merilniki TLD (0,74 ± 0,10) mSv in kontinuirnimi merilniki hitrosti doze (0,77 ± 0,13) mSv sta v okviru negotovosti enaki. 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 2025 je bila za prebivalstvo v okolici NEK 0,81 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 mnogo redov velikosti nižji od drugih prispevkov in popolnoma zanemarljiv. Konservativno ocenjujemo, da je letna efektivna doza zaradi zunanjega sevanja izpustov iz NEK manjša od 1,0·E–4 nSv na robu izključitvenega območja in na večjih razdaljah, 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 izpustov NEK v ozračje. Omenjeno detekcijsko mejo bi seveda dosegli le ob večji pogostosti meritev, kot je dvakrat na leto.

6 RADIONUKLIDI V HRANI

POVZETEK

Z ugotavljanjem specifičnih aktivnosti radionuklidov v živilih, vzorčenih v okolici NEK, preverjamo učinek izpustov NEK na hrano in ocenjujemo sevalno obremenitev prebivalstva zaradi uživanja hrane, pridelane na krško-brežiškem polju. Specifične aktivnosti radionuklidov v živilih, vzorčenih v okolici NEK, smo primerjali s specifičnimi aktivnostmi radionuklidov v živilih, vzorčenih drugod po Sloveniji.

V hrani je vsebnost umetnih radionuklidov Cs-137 in Sr-90, ki izvirata iz globalne kontaminacije okolja, povečala sevalno obremenitev odrasle referenčne osebe iz okolice NEK še za 0,9 µSv*, kar je le* 1,2 % *celotne izračunane letne efektivne doze zaradi zaužitja hrane brez upoštevanja K-40. To je z biološkega vidika zanemarljivo. Sevalna obremenitev prebivalcev drugod po Sloveniji zaradi zaužitja hrane, kontaminirane s Cs-137 in Sr-90, je* 0,6 µSv, kar je 0,6% *celotne izračunane letne efektivne doze. V primerjavi merskih rezultatov za hrano iz okolice NEK in iz Republike Slovenije se upoštevajo le živila, ki so v skupnem naboru. V letu 2025 k dozi splošnih kontaminantov Cs-137 in Sr-90 v okolici NEK največ prispeva Sr-90 v podzemni zelenjavi, pri oceni efektivne doze drugod po Sloveniji pa Cs-137 v mesu. Od povprečnih vrednosti so značilno odstopale vrednosti Cs-137 (9,1 ± 0,6) Bq/kg, izmerjene v borovnicah drugod po Sloveniji.*

V zračnih izpustih NEK za tritijem prevladuje radionuklid C-14. Ta se, enako kot ogljik C-12, v procesu fotosinteze vgrajuje v rastline in s hrano prehaja v živali in ljudi. Ocenjena efektivna doza referenčne osebe, prejeta zaradi zaužitja hrane, ki vsebuje C-14, je v okolici NEK – na robu izključitvenega območja in navzven od njega – (14,8 ± 0,2) µSv*, v krajih, kjer vpliva NEK v letu 2025 ni bilo mogoče zaznati (Dobova), pa* (14,7 ± 0,6) µSv. *Med obema vrednostnima ni statistično značilne razlike (ob veliki negotovosti ocenjene vrednosti), doza* 0,07 µSv *pa je primerljiva z ocenami iz prejšnjih let in je z biološkega vidika zanemarljiva.*

UVOD

Izpusti radionuklidov v okolje, bodisi zaradi normalnega obratovanja jedrskih objektov ali izrednih dogodkov, potencialno izpostavljajo okoliško prebivalstvo ionizirajočemu sevanju. Radionuklidi najpogosteje prehajajo v okolje prek izpustov v atmosfero ali v vodne sisteme, pri čemer prihaja do kontaminacije zraka, vode, tal, rastlinstva in živalstva. Poti vnosa radionuklidov v človeški organizem sta predvsem inhalacija in zaužitje, 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, delno 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 zaznamo. Stopnja privzema radionuklidov v rastline prek koreninskega sistema je v največji meri odvisna od biorazpoložljivosti posameznih radionuklidov v tleh, na kar poleg topnosti radionuklidov vplivajo predvsem abiotski in biotski talni dejavniki [81]. Na absorpcijo radionuklidov v rastline prek listne površine vplivajo morfološke značilnosti rastlin (velikost površine, strukture na listih) in okoljski dejavniki, kot sta količina padavin in vetrovnost. Rastlinski organi se z radionuklidi površinsko kontaminirajo tudi zaradi neposrednega stika z zemljo, kar velja predvsem za gomolje, korenike, čebule ter liste in plodove, ki uspevajo pri tleh [82]. 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, zlasti organizma rastlinojedov, v veliki meri vpliva preferenca prehranjevanja z določenimi vrstami rastlinske hrane [82], 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 [82].

V okviru nadzora radioaktivnosti v okolici NEK smo analizirali vzorce hrane ter s tem preverjali učinek izpustov NEK na vsebnost radionuklidov v hrani. Na podlagi rezultatov meritev in z upoštevanjem prehranskih navad referenčne osebe smo lahko ocenili efektivno dozo referenčne osebe zaradi zaužitja hrane na krško-brežiškem polju.

OKOLJSKI VZORCI

Značilnosti vzorčenja

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. V Vrbini, Bregah in Spodnjem Starem Gradu se hrana na primer prideluje le za potrebe radiološkega nadzora. Odvzemna mesta vzorcev hrane v letu 2025, ki so označena na priloženem zemljevidu na koncu poročila, so bila: sadovnjak ob NEK (sadje), Pesje (mleko, zelenjava, sadje), Brege (mleko, zelenjava, žito), Vihre (zelenjava), Vrbina (sadje), Spodnji Stari Grad (jajca, meso), Žadovinek (žito), Trnje (žito), Leskovec (meso, sadje), Gornji Lenart (jajca), Sevnica (meso) in Dolenja vas (žito), Velika vas pri Krškem (mleko, zelenjava). V letu 2025 je bilo v okolici NEK skupno vzorčenih 32 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. Vzorčenje, meritve in analize vseh vzorcev živil so bile opravljene na IJS in ZVD. Rastlinski vzorci živil, razen žit, so bili pred analizo 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 zaznamo v izpustih NEK, je v hrani C-14, ki se pojavlja v okolju tudi naravno. Meritve vsebnosti C-14 v rastlinskih vzorcih, vzorčenih v juliju in septembru 2025 v bližnji okolici NEK in na kontrolni točki v Dobovi, so bile opravljene na IRB v Zagrebu. Specifična aktivnost C-14 je bila izmerjena v koruzi, ajdi, travi, jabolkih in hruškah.

REZULTATI MERITEV IN ZNAČILNI ČASOVNI POTEKI

Tabele z merskimi rezultati so na priloženi zgoščenki v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2025, IJS-DP-15403,* marec 2026.

Rezultati meritev vzorcev hrane so prikazani v tabelah T-61 (mleko - Pesje), T-62 (mleko – Velika vas pri Krškem), T-63 (mleko - Brege), T-64 (I-131 v vzorcih mleka), T-65 do T-67 (sadje – jabolka, hruške, jagode), T-68 (rdeče in belo grozdje, šipek, bezeg), T-69 do T-72 (podzemna zelenjava: krompir, korenje, rdeča pesa, por, čebula; listna zelenjava – solata, zelje, peteršilj (listi), blitva; plodovke – fižol, paprika, paradižnik, feferoni, kumare; žita –koruza (2 vzorca), oves, ječmen), T-73 in T-74 (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 Cs-137 in Sr-90/Sr-89. Ker Sr-89 ni bil izmerjen v zračnih izpustih NEK, se vsi merski rezultati nanašajo na Sr-90.

V nadaljevanju so rezultati vsebnosti radionuklidov v živilih v okolici NEK podani primerjalno glede na vsebnosti radionuklidov v skupinah živil (meso in jajca, mleko, podzemna zelenjava, listna zelenjava, plodovke, žita in sadje), vzorčenih drugod po Sloveniji. Slednje meritve je izvedel ZVD [18]. Vzorčena so bila naslednja živila: mleko; sadje – banane, marelice, borovnice, slive, jagode, grozdje; podzemna zelenjava – korenje, koleraba; listna zelenjava –solata, šparglji, cvetača; plodovke – leča; žita – pšenica, ječmen; in meso (kokošja jajca, kokošje, svinjsko in goveje meso ter divjačina), skupno 20 vrst živil.

Tritij (H-3)

Tritij se v okviru rednega merilnega nadzora NEK v hrani sicer ne ugotavlja. V letu 2025 je bilo analiziranih 10 vzorcev rastlinskega izvora in sicer jabolka in koruza v okolici NEK (n=8) in na kontrolni točki v Dobovi (n=2). Povprečne izmerjene vrednosti v okolici NEK znašajo (3,8 ± 1,5 Bq/kg), na kontrolni točki v Dobovi pa (0,45 ± 0,1 Bq/kg). Najvišja vrednost (11 ± 1 Bq/kg) je bila izmerjena v jabolkih na lokaciji J. Ob predpostavki, da prebivalci pojedo 70 kg hrane iz te lokacije na leto in da ta vsebuje 10 % vodikove frakcije, je ocenjena efektivna letna doza 0,003 μSv na leto, kar je z biološkega vidika zanemarljivo.

Jod (I-131)

V vzorcih hrane I-131 ni bil prisoten.

Ogljik (C-14)

Naravni radionuklid ogljik C-14 nastaja v Zemljini atmosferi kot produkt jedrskih reakcij med jedri dušika N-14 in nevtroni iz kozmičnega sevanja [83]. Skupaj z drugimi ogljikovimi izotopi kot CO_2 vstopa v ogljikov cikel Zemlje, kjer se v procesu fotosinteze asimilira v hrano rastlinskega izvora. Izmerjena aktivnost C-14 v enoletnih rastlinah ali drevesnih letnicah tako pove povprečno vsebnost C-14 v atmosferskem CO_2 med rastno sezono. C-14 vstopa v prehranjevalno verigo, s tem pa se lahko poveča dozna obremenitev lokalnega prebivalstva zaradi zaužitja.

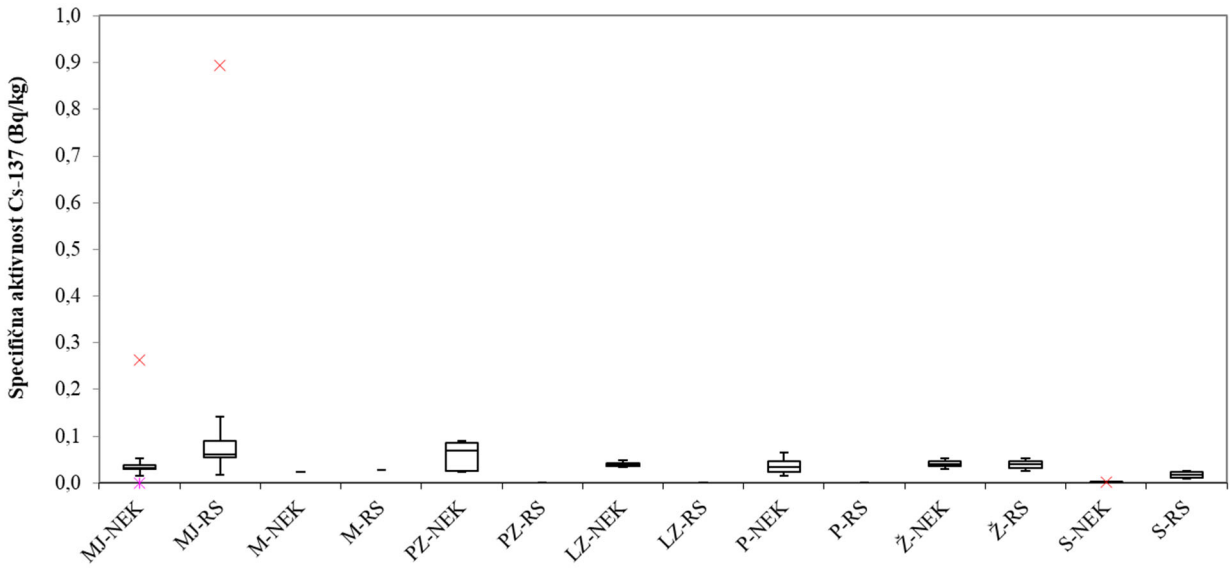
Jedrski objekti, še posebej jedrske elektrarne, lahko vplivajo na povišanje radioaktivnosti tako v atmosferi v svoji neposredni okolici kot tudi v rastlinju, ki tam uspeva. C-14 je merljiv tudi v izpustih NEK. Učinek jedrske elektrarne na povišanje aktivnosti C-14 v rastlinstvu oziroma hrani se ugotavlja tako, da se aktivnosti C-14 v rastlinju iz neposredne okolice NEK primerjajo s tistimi s kontrolnega področja (Dobova), kjer neposrednih učinkov ni več mogoče pričakovati.

Izračunana letna efektivna doza referenčne osebe zaradi zaužitja C-14 izhaja iz predpostavke, da letno zaužijemo okrog 330 kg hrane, ki vsebuje 30 % ogljika (~100 kg ogljika letno). Atomi C-14 so namreč strukturni del organskih molekul v organizmih, medtem ko drugi radionuklidi, kot so Cs-137, K-40, Sr-90 itd., ne spadajo med strukturne elemente, zato sta postopka računanja letne efektivne doze različna.

Specifična aktivnost C-14 je bila v bližnji okolici NEK v letu 2025 izmerjena v koruzi, ajdi, travi, jabolkih in hruškah in sicer v juliju in septembru. Vrednosti so zbrane v tabeli 6.1. Med povprečnimi vsebnostmi C-14 v hrani in rastlinju, merjenih v juliju in septembru na istih lokacijah, ni statistično značilnih razlik. Najvišja izmerjena specifična aktivnost C-14, (268 ± 5) Bq na kilogram ogljika, je bila izmerjena v jabolkih (lokacija C) v septembru. Lokacije so označene na sliki 1 v poročilu [23]. V letu 2025 je bil C-14 izmerjen tudi v vzorcih rib (klen, podust). Povprečna aktivnost je (217 ± 9) Bq/kgC suhe ribe.

Tabela 6.1: Specifične aktivnosti C-14 v rastlinju v okolici NEK v letu 2025 (povprečje ± standardna deviacija)

Območje v okolici NEK	Julij 2025	September 2025
	Bq na kilogram ogljika	
Ograja NEK (notranji krog) (n = 12)	(228 ± 13)	(247 ± 11)
Rob izključitvenega območja – 500 m od osi reaktorja (zunanji krog) (n = 20)	(239 ± 16)	(240 ± 15)
Dobova (n = 4)	(222± 9)	(241 ± 7)



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 posamično vzorčenih živil v letu 2025 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 (Pesje, Brege in Velika vas pri Krškem), 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 2025. 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 vzorčijo. Če je bilo odvzetih več vzorcev iste vrste, je v tabeli poročana aritmetična sredina. Z znakom – so označene posamične meritve, z znakom x pa ubežniki (angl. *outliers*). V letu 2025 je značilno odstopala meritev Cs-137 v borovnicah (9,1 ± 0,6) Bq/kg vzorčenih drugod po Sloveniji, zato na grafu ni prikazana.

Cezij (Cs-137)

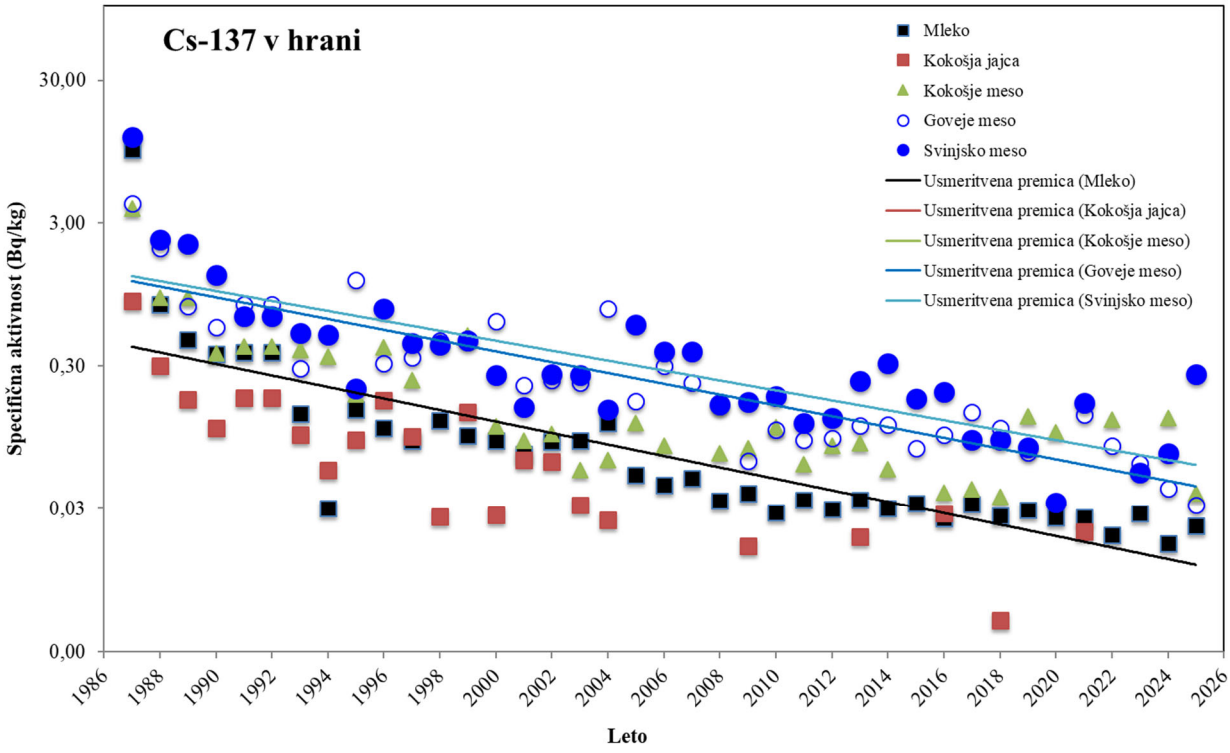
Radionuklid Cs-137 je bil v letu 2025 tako v okolici NEK kot drugod po Sloveniji detektiran v vseh skupinah vzorčenih živil. Meritve drugod po Sloveniji je izvedel ZVD.

Specifična aktivnost Cs-137 v živilih v okolici NEK je od 0 Bq/kg do 0,26 Bq/kg in je primerljiva s specifično aktivnostjo Cs-137 v živilih, vzorčenih drugod po Sloveniji, to je od 0 Bq/kg do 0,9 Bq/kg ([13], [18]). Podatki so prikazani na sliki 6.1. V divjačini (zajec in srnjak; Leskovec, Škofja Loka) je bila specifična aktivnost Cs-137 (0,03 ± 0,07) Bq/kg in (0,90 ± 0,03) Bq/kg, kar je primerljivo z ostalimi živili. V letu 2025 značilno odstopa meritev Cs-137 v borovnicah iz Tržiča (9,1 ± 0,6) Bq/kg.

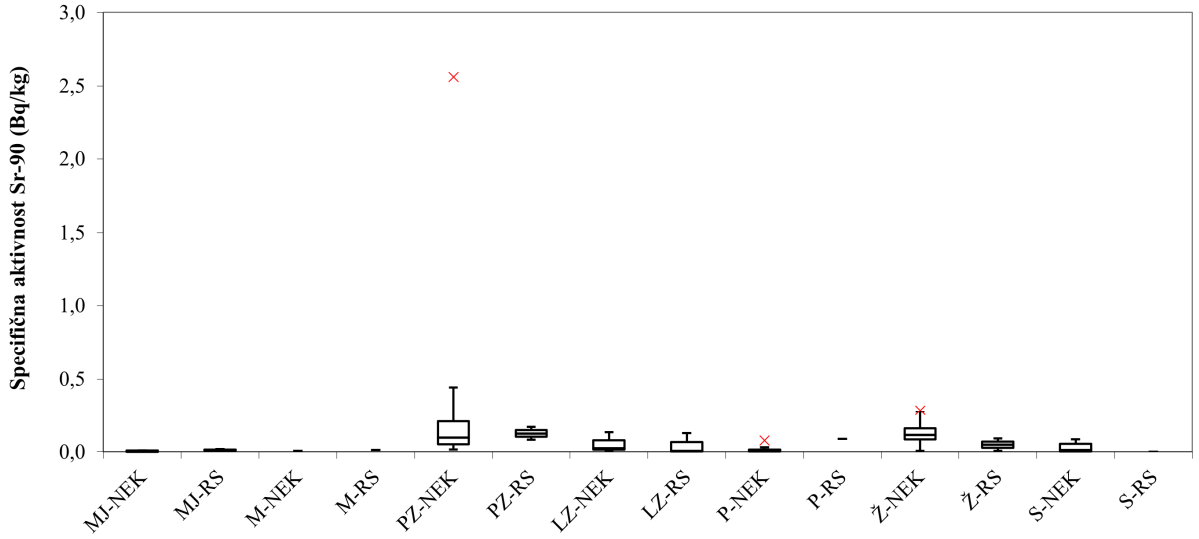
V posameznih živilih v okolici NEK je bila najvišja specifična aktivnost Cs-137 izmerjena v govejem mesu (0,26 ± 0,02) Bq/kg, medtem ko je bila specifična aktivnost Cs-137 v jabolkih in hruškah, vzorčenih v sadovnjaku v neposredni bližini NEK, < 0,001 Bq/kg. Največja izmerjena specifična aktivnost Cs-137 v hrani, vzorčeni drugod po Sloveniji, je bila, poleg borovnic, izmerjena v divjačini (0,90 ± 0,03) Bq/kg.

S slike 6.1 je razvidno, da največjo vsebnost Cs-137 v letu 2025 v okolici NEK in drugod po Sloveniji najdemo v mesu, najmanj pa v sadju in mleku (okolica NEK), podzemni in listni zelenjavi (drugod po Sloveniji).

Kljub omenjenim težnjam pa v živilih, vzorčenih v gozdnih ekosistemih po Sloveniji, še vedno lahko ugotavljamo značilno višje specifične aktivnosti Cs-137 v primerjavi z živili, vzorčenimi v agrikulturnih ekosistemih. Nekatere vrste gob, kot je pšenična koprenka (*Cortinarius caperatus*) je v 2025, nabrana v Velikih Laščah, vsebovala (2433 ± 133 Bq Cs-137/kg) (Meritve IJS).



Slika 6.2: Izmerjene specifične aktivnosti Cs-137 v mleku, kokošjih jajcih ter kokošjem, govejem in svinjskem mesu, vzorčenih v okolici NEK, od leta 1987 do 2025. 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 vzorčeno.



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 posamično vzorčenih živil v letu 2025 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 (Pesje, Brege in Velika vas pri Krškem), 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 2025. 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, mlečni izdelki itd., ki se v okviru obratovalnega nadzora radioaktivnosti v okolici NEK ne vzorčujejo. Če je bilo odvzetih več vzorcev iste vrste, je v tabeli vpisana aritmetična sredina. Z znakom – so označene posamične meritve, z znakom × pa ubežniki (angl. *outliers*). V letu 2025 odstopa meritev Sr-90 v čebuli v okolici NEK (2,56 ± 0,21) Bq/kg.

Stroncij (Sr-90)

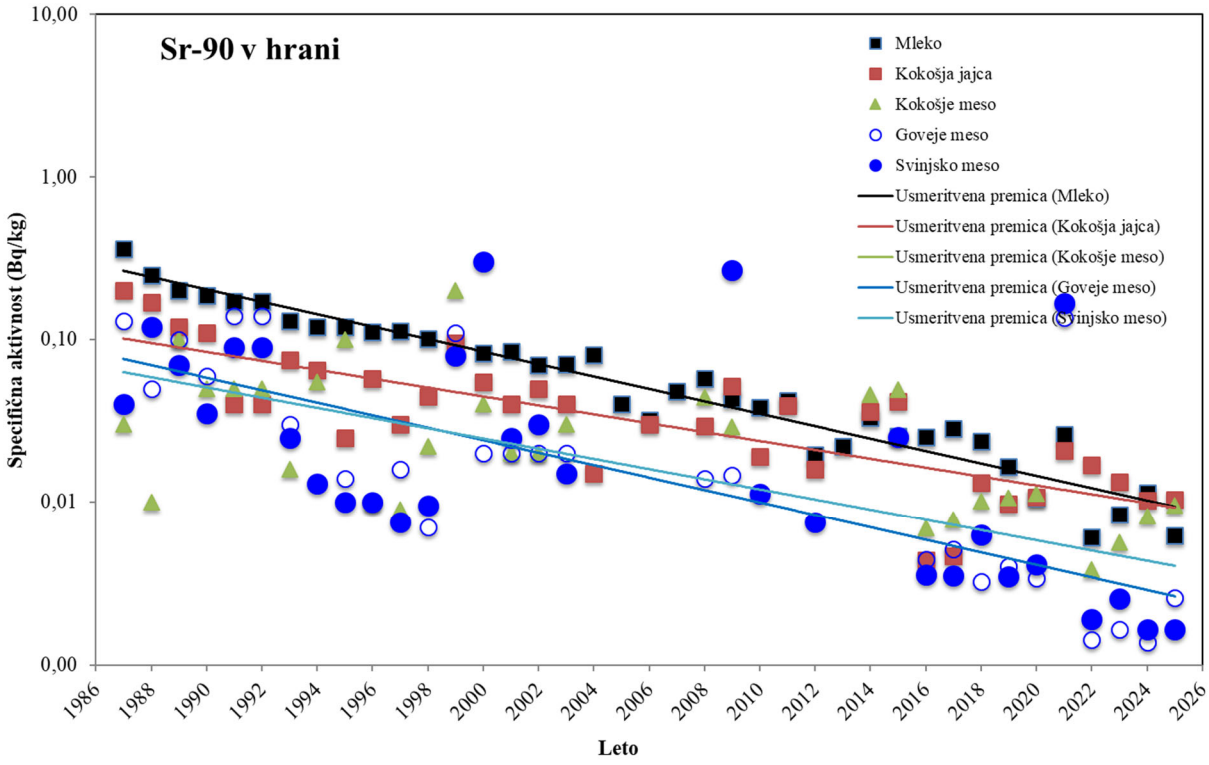
Radionuklid Sr-90 je bil v okolici NEK v letu 2025 detektiran v vseh skupinah živil (slika 6.3). Specifična aktivnost Sr-90 v živilih v okolici NEK je od 0 Bq/kg do 2,56 Bq/kg, specifična aktivnost Sr-90 v živilih, vzorčenih drugod po Sloveniji, pa od 0 Bq/kg do 0,17 Bq/kg.

V okolici NEK v skupino živil z večjo vsebnostjo Sr-90 spada hrana rastlinskega izvora, predvsem podzemna zelenjava. Povprečna specifična aktivnost Sr-90 je najnižja v mleku. Pri vzorčenju drugod po Sloveniji smo največje vsebnosti Sr-90 detektirali v podzemni in listni zelenjavi.

V okolici NEK so bile najvišje vrednosti detektirane v čebuli (2,56 ± 0,21) Bq/kg, drugod po Sloveniji pa v korenju (0,17 ± 0,02) Bq/kg.

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 400-krat, specifična aktivnost Sr-90 pa se je v mleku v enakem obdobju 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). S pobiranjem pridelka iz agrikulturnih ekosistemov konstantno odnašamo tako mineralna hranila kot radionuklide, zato se s časom koncentracije teh v tleh manjšajo. Poleg tega 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 [82]. Ta proces in pronicanje atomov Cs-137 globlje v zemljo z leti zmanjšujeta dostopnost Cs-137 rastlinam. Tako ta v manjši meri vstopa v prehransko verigo človeka. To lahko podkrepimo, če povprečnim specifičnim aktivnostim Cs-137 v živilih živalskega izvora po letih narišemo usmeritvene premice[24]. 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 razsutje 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 krajši od fizikalnega razpolovnega časa Sr-90 28,8 let.

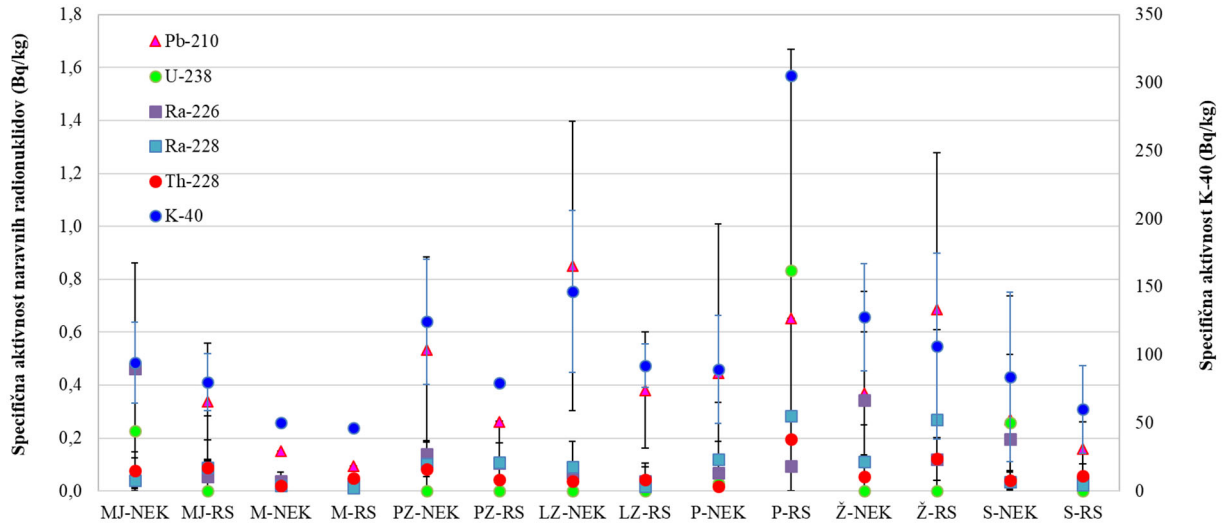


Slika 6.4: Izmerjene specifične aktivnosti Sr-90 od leta 1987 do 2025 v mleku, kokošjih jajcih ter kokošjem, govejem in svinjskem mesu, vzorčenih v okolici NEK. V letih 2004–2007 in 2011–2013 so bile izmerjene specifične aktivnosti v kokošjem, govejem in svinjskem mesu pod mejo detekcije, v svinjskem mesu pa tudi leta 2008. V kokošjih jajcih je bila izmerjena specifična aktivnost Sr-90 pod mejo detekcije v letih 2005, 2007 in 2013.

[24] Podatkom smo prilagajali eksponentne krivulje $\sim e^{-\frac{t \cdot ln2}{t_{1/2}}}$. Ker so vrednosti na ordinatni osi v logaritemski skali, na sliki vidimo premice, katerih naklon je obratno sorazmeren z efektivnim razpolovnim časom $t_{1/2}$.

Jod (I-131)

Jod I-131 v letu 2025 v vzorcih hrane ni bil detektiran.



Slika 6.5: Izmerjene povprečne specifične aktivnosti naravnih radionuklidov (Bq/kg) v vzorčenih skupinah živilih v letu 2025 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 odmik.

Naravni radionuklidi

Med naravnimi radionuklidi v hrani, prenesenimi po različnih poteh iz zemlje, umetnih gnojil in zraka, je najmočneje zastopan K-40, prisotni pa so tudi radionuklidi iz razpadnih vrst U-238 in Th-232. Njihove specifične aktivnosti v posameznih živilih, vzorčenih v okolici NEK in drugod po Sloveniji (RS), so prikazane na sliki 6.5.

V letu 2025 je bila specifična aktivnost K-40 v hrani, pridelani na krško-brežiškem polju, od 38 Bq/kg (jagode) do 202 Bq/kg (šipek), v hrani, vzorčeni drugod po Sloveniji, pa od 16 Bq/kg (borovnice) do 305 Bq/kg (leča). V okolici NEK v skupino z večjo specifično aktivnostjo K-40 spada listna zelenjava, med živila z manjšo aktivnostjo K-40 pa mleko. Drugod po Sloveniji v skupino z večjo specifično aktivnostjo K-40 spadajo plodovke, med živila z manjšo aktivnostjo K-40 pa prav tako mleko.

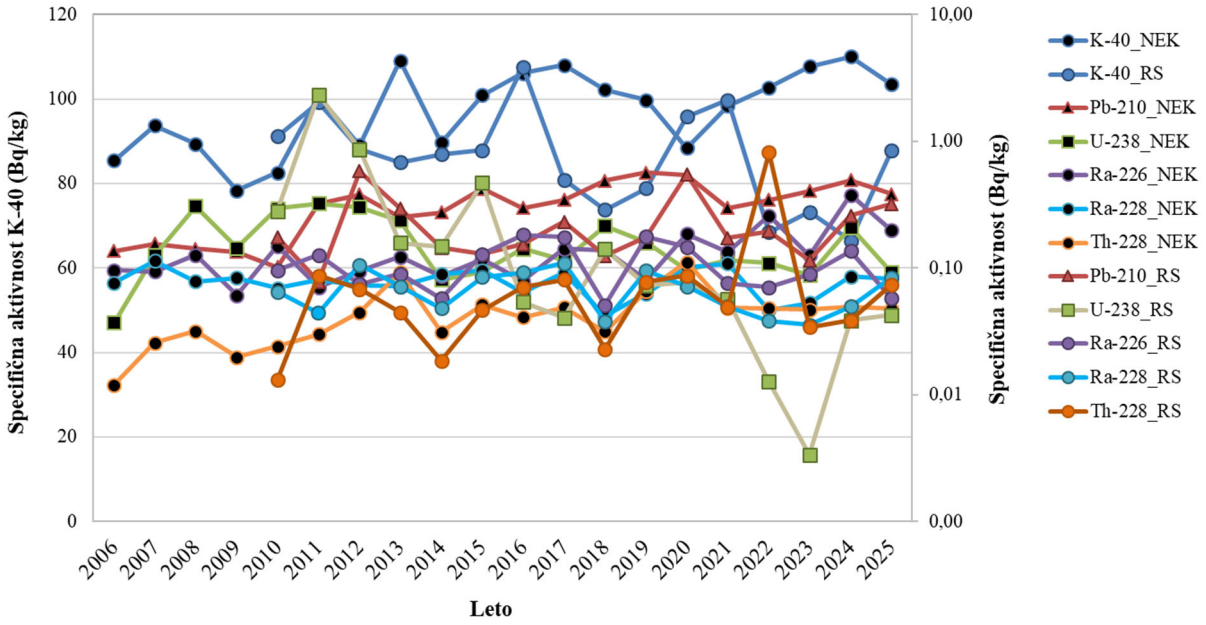
Od naravnih radionuklidov (brez K-40) k letni efektivni dozi zaradi zaužitja hrane v okolici NEK in drugod po Sloveniji največ prispeva Pb-210 (73 % in 71 %). V letu 2025 je bilo v okolici NEK največ Pb-210 v listni zelenjavi, drugod po Sloveniji pa v žitu in plodovkah. Najmanjše specifične aktivnosti so bile izmerjene v mesu in jajcih (okolica NEK) in mleku (drugod po Sloveniji). V posameznih živilih v okolici NEK je bila najvišja specifična aktivnost Pb-210 izmerjena v bezgu (1,8 ± 0,2) Bq/kg, v živilih, vzorčenih po Sloveniji, pa v ječmenu (1,1 ± 0,3) 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

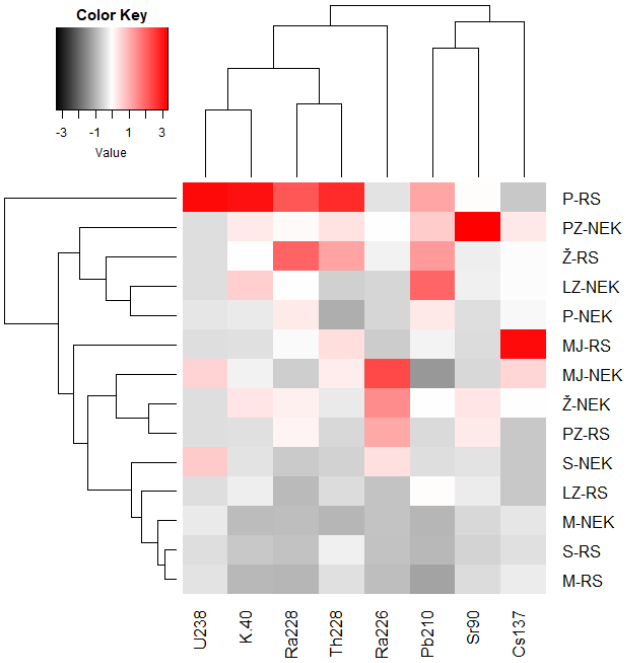
Radionuklid	NEK	Slovenija
	Specifična aktivnost (Bq/kg)	
U-238	do 0,8 (goveje meso)	do 0,8 (leča)
Ra-226	do 1,1 (kokošje meso)	do 0,2 (pšenica)
Ra-228	do 0,5 (bob)	do 0,5 (ječmen)
Th-228	do 0,2 (kokošje meso)	do 0,2 (goveje meso)

Vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov v hrani z leti nihajo. V letu 2025 so izmerjene specifične aktivnosti naravnih radionuklidov v hrani iz okolice NEK v okviru merske negotovosti primerljive s tistimi iz preteklih let in pa s tistimi, izmerjenimi v letih od 2010 do 2025 drugod po Sloveniji (slika 6.6).

S programsko opremo »R« [90] smo statistično obdelali podatke specifičnih aktivnosti merjenih radionuklidov v 2025 za živila, vzorčena v okolici NEK in drugod po Sloveniji (RS). Z analizo gruč na podlagi evklidskih razdalj ([90]) smo med seboj primerjali z-transformirane 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 6.7) prikazuje, da relativno največ radionuklidov vsebujejo plodovke iz drugih območij Slovenije (U-238, K-40, Ra-228 in Th-228), meso in jajca iz drugih območij Slovenije (Cs-137) ter listna zelenjava v okolici NEK (Sr-90 in v manjši meri Pb-210). Povišane relativne vrednosti naravnih radionuklidov so zaznane tudi v žitih iz drugih območij Slovenije (Ra-228 in Th-228) ter v mesu in jajcih iz okolice NEK (Ra-226). Najmanj radionuklidov vsebuje mleko (tako v okolici NEK kot drugod po Sloveniji), sadje iz drugih območij Slovenije ter listna zelenjava iz drugih območij Slovenije. Razlik v vsebnosti radionuklidov med živili iz okolice NEK in živili iz drugih območij Slovenije v večini primerov ni zaznati.



Slika 6.6: Povprečne izmerjene specifične aktivnosti (Bq/kg) naravnih radionuklidov v hrani, vzorčeni v okolici NEK, po letih od 2006 do 2025, ter drugod po Sloveniji v letih od 2010 do 2025 (specifične aktivnosti K-40 so na levi ordinati, specifične aktivnosti drugih radionuklidov pa na desni).



Slika 6.7: Barvni diagram z dvodimenzionalno analizo gruč na podlagi z-transformiranih povprečnih specifičnih aktivnosti radionuklidov v skupinah živil, vzorčenih v 2025 v okolici NEK in drugod po Sloveniji (RS) (MJ – meso in jajca, M – mleko, PZ – podzemna zelenjava, Z – zelenjava, LZ – listnata zelenjava, P – plodovke, S – sadje in grozdje). Črna barva pomeni vrednosti pod povprečjem, bela povprečne vrednosti, rdeča pa nad povprečjem za posamezni radionuklid.

Tabela 6.3: Okvirna poraba živil po skupinah na člana gospodinjstva glede na podatke NIJZ ([87], [88])

Živilo	**SI.Menu 2017/2018 Populacijske skupine**			
	Malčki (dojenčki)	**Mladostniki**	**Odrasli**	**Starejši odrasli (nad 65 let)**
	Povprečje (kg/leto)			
Jajca in meso	23	56	68	58
Mleko (samo mleko)	46	41	23	20
Podzemna zelenjava (krompir)	17	28	29	30
Listna zelenjava	2,9	6,7	14	13
Plodovke	7,2	12	19	18
Žito (nepredelani žitni izdelki, moka in kruh)	24	47	49	52
Sadje in vino	72	77	82	101

OCENA UČINKOV

Oceno doznih obremenitev prebivalstva[25] zaradi zaužitja 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)*):

$$E_{50-70,\,i} = a_i\, h(g)_i\, m_i \ \ (\mu\text{Sv}) \qquad (6.1)$$

Celotna predvidena efektivna doza pri uživanju hrane je vsota prispevkov doz ob zaužitju posamezne vrste hrane. Podatki za letno porabo posamezne skupine živil glede na starostne skupine (dojenčki, mladostniki, odrasli, starejši odrasli) so prikazani v tabeli 6.3. Temeljijo na povprečni količini porabljenih živil in pijač na člana gospodinjstva, ki jo je pripravil NIJZ za 2017/2018.

Pri oceni sevalne obremenitve referenčne osebe v okolici NEK smo privzeli, da le-ta uživa hrano, pridelano na krško-brežiškem področju, pri oceni sevalne obremenitve referenčne osebe iz drugih območij v Sloveniji pa smo privzeli, da oseba uživa hrano s celotnega območja Slovenije.

Pri oceni sevalne obremenitve prebivalcev v okolici NEK in drugod po Sloveniji smo upoštevali podatke porabe posameznih skupin živil po starostnih skupinah, predstavljenih v tabeli 6.3.

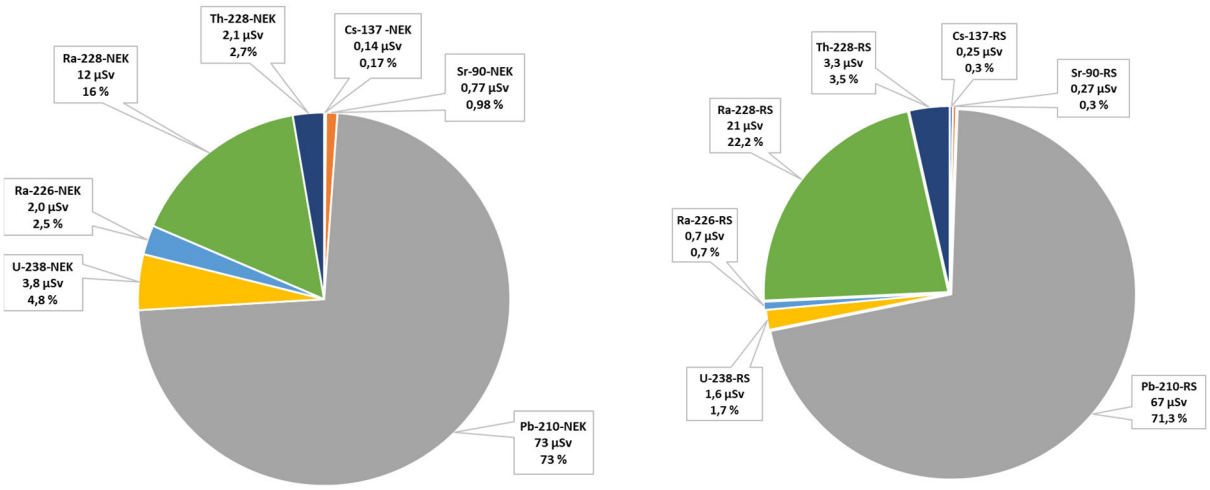
Republiški program nadzora radionuklidov v hrani predvideva vzorčenje hrane, pridelane v Sloveniji, medtem ko hrana, ki prihaja iz uvoza, ni natančneje kontrolirana, tako da podatki o vsebnosti radionuklidov niso znani in je zato težko oceniti dejanske doze, ki jih prebivalci prejmejo zaradi zaužitja hrane. Zato je letna efektivna doza zaradi zaužitja hrane izračunana ob privzetku, da prebivalci uživajo le hrano, pridelano na krško-brežiškem področju. Pri izračunu doze, prejete zaradi C-14, pa privzamemo, da prebivalci uživajo hrano iz notranjega kroga NEK (ograja NEK) in zunanjega kroga (rob izključitvenega območja) dva meseca v letu, drugih 10 mesecev pa hrano od drugod (Dobova).

Efektivna 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. Tako ima tudi hrana živalskega izvora enako specifično aktivnost, če se živali prehranjujejo z rastlinami iz okolice NEK. C-14 je namreč 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 referenčne osebe ob zaužitju vseh vrst vzorčene hrane zaradi prisotnosti radionuklidov Cs-137, Sr-90, Pb-210, U-238, Ra-226, Ra-228 in Th-228 v letu 2025 v okolici NEK (79 ± 36) μSv, skupaj s K-40 pa (253 ± 69) μSv. Razlike v skupnih dozah po letih se pojavljajo predvsem zaradi razlik v dozah, prejetih zaradi naravnih radionuklidov, kot so K-40, Pb-210, U-238 in Ra-228, ki so odvisne od specifične aktivnosti teh radionuklidov in porabe živil iz posameznih skupin. Drugod po Sloveniji je bila efektivna doza odrasle osebe zaradi zaužitja brez K-40 (94 ± 45) μSv, s K-40 pa (255 ± 73) μSv. V nadaljevanju obravnavamo doze za odrasle referenčne osebe, izračunane po skupinah živil.

Prispevki posameznih radionuklidov k efektivni dozi za odraslo osebo v letu 2025 v okolici NEK in drugod po Sloveniji so prikazani na sliki 6.8 levo, pri čemer ni upoštevana efektivna doza, prejeta zaradi K-40. K skupni efektivni dozi brez K-40 je v okolici NEK največ prispeval Pb-210 (73 %), najmanj pa Cs-137 (0,2%) in Sr-90 (1,0 %). Drugod po Sloveniji (slika 6.8 desno) je k skupni efektivni dozi brez K-40 največ prispeval Pb-210 (71 %), najmanj pa Cs-137 (0,3%) in Sr-90 (0,3 %). Deleži radionuklidov so primerljivi z vzorčenji iz preteklih let.

[25] Za oceno obremenitve prebivalstva zaradi izpustov iz jedrskega objekta se uporablja referenčna oseba kot posameznik iz prebivalstva, ki prejema ali bi lahko prejel najvišje doze pri pri čemer niso upoštevane osebe s skrajnimi in redkimi navadami [9].



Slika 6.8: Prispevki posameznih radionuklidov k skupni efektivni dozi (µSv), izračunani za odraslo osebo zaradi radionuklidov v hrani, po anketi porabe člana gospodinjstva, izvedeni v okolici NEK, in po podatkih SURS drugod po Sloveniji. *Levo:* v okolici NEK v letu 2025; *desno:* drugod po Sloveniji v letu 2025. Efektivne 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 2025 79 µSv, drugod po Sloveniji pa 94 µSv.

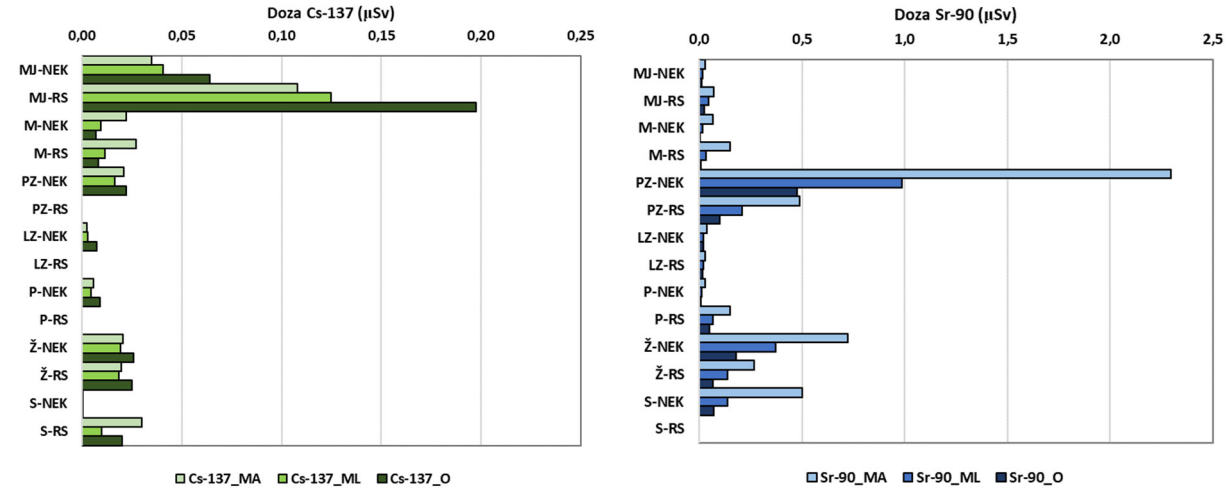
Umetni radionuklidi

Skupna letna efektivna doza za odraslo referenčno osebo, malčke (dojenčke) in mladostnike zaradi vsebnosti Cs-137 v hrani je bila v letu 2025 v okolici NEK okrog 0,1 µSv in drugod po Sloveniji 0,3 µSv. Skupna efektivna doza za odraslo referenčno osebo zaradi vsebnosti Sr-90 v hrani pa je bila v letu 2025 v okolici NEK 0,8 µSv in drugod po Sloveniji 0,3 µSv, za malčke (dojenčke) 3,7 µSv in 1,2 µSv, za mladostnike pa 1,6 µSv in 0,5 µSv. V okolici NEK je bil delež letne efektivne doze zaradi umetnih radionuklidov Cs-137 in Sr-90 pri uživanju hrane za odraslo referenčno osebo 1,2 % (0,2 % od Cs-137 in 1 % od Sr-90) od celotne prejete efektivne doze (79 µSv brez K-40). Drugod po Sloveniji je bil delež letne efektivne doze zaradi umetnih radionuklidov Cs-137 in Sr-90 pri uživanju hrane 0,6 % (0,3 % od Cs-137 in 0,3 % od Sr-90) glede na celotno prejeto efektivno dozo (94 µSv brez K-40), kar je z biološkega vidika zanemarljivo.

K letni dozi, prejeti zaradi umetnih radionuklidov Cs-137 in Sr-90 v hrani v okolici NEK (0,9 µSv in drugod po Sloveniji 0,6 µSv), je največ prispevalo prehranjevanje z mesom in žiti (Cs-137) ter podzemno zelenjavo in žiti (Sr-90) (slika 6.9).

V zračnih izpustih, ki jih v okolje spušča NEK, sta bili v letu 2025 aktivnosti Cs-137 in Sr-90 zelo majhni (1,1 MBq, 0,6 kBq). V vzorcih jabolk in hrušk iz neposredne bližine NEK (sadovnjak ob ograji) je bila vsebnost Cs-137 v letu 2025 manj kot 0,001 Bg/kg, vsebnost Sr-90 pa manj kot 0,1 Bq/kg, kar je primerljivo z vsebnostmi v drugih živilih, vzorčenih v okolici NEK in po Sloveniji.

V zračnih in tekočinskih izpustih NEK smo v letu 2025 zaznali tudi naslednje umetne radionuklide, ki niso del globalne kontaminacije: Mn-54, Co-57, Co-58, Co-60, Se-75, I-131, I-133 in Te-127m. Vendar so bile koncentracije aktivnosti teh radionuklidov v okolju tako nizke, da tudi v letu 2025 ti radionuklidi v živilih niso bili detektirani.



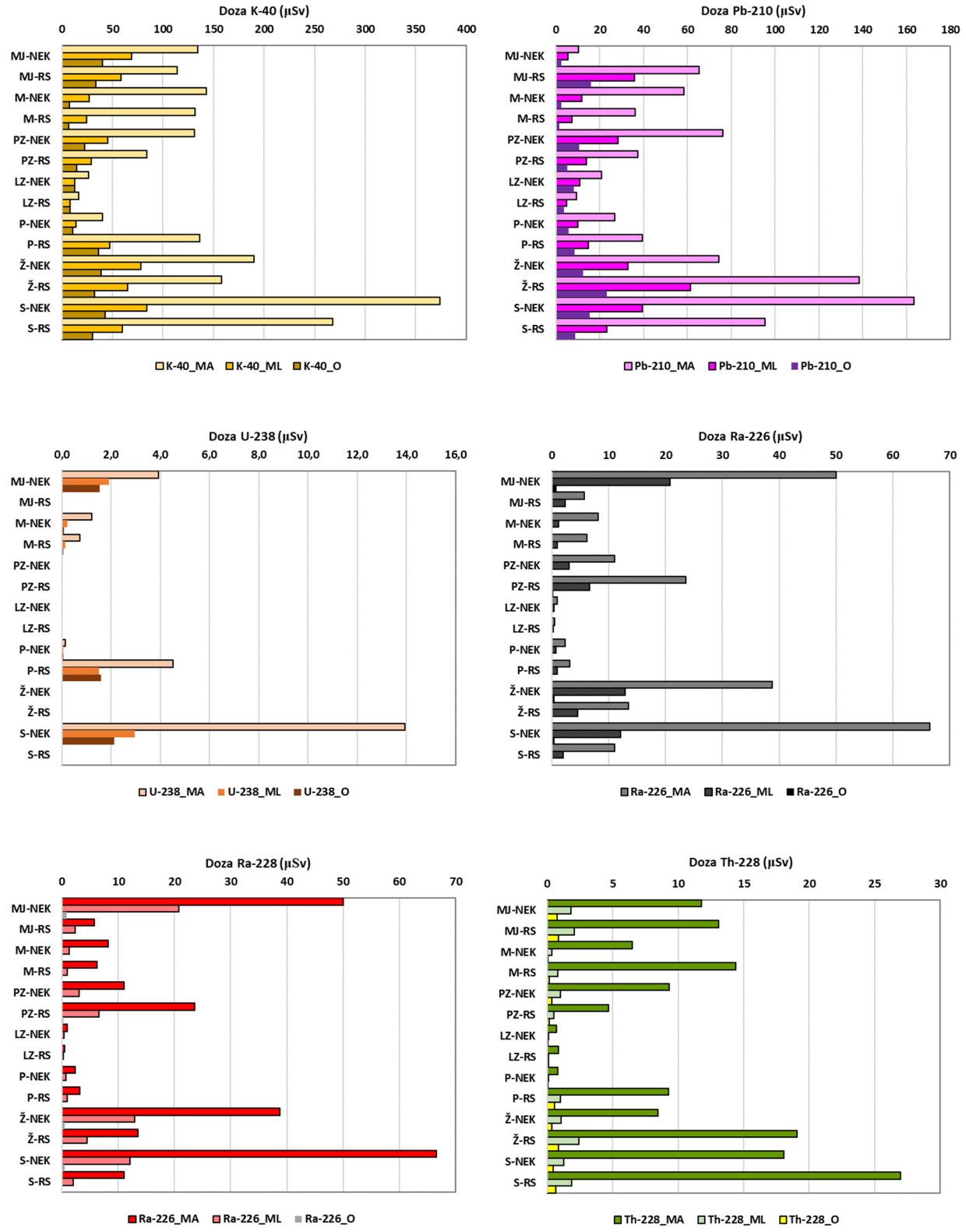
Slika 6.9: Izračunane efektivne doze (µSv) za malčke (dojenčke) (MA), mladostnike (ML) in odraslo osebo (O) zaradi Cs-137 in Sr-90 v različnih skupinah živil, vzorčenih v okolici NEK in drugod po Sloveniji. Skupna efektivna doza zaradi Cs-137 in Sr-90 v hrani je bila v okolici NEK v letu 2025 za odraslo referenčno osebo 0,9 µSv (Cs-137: 0,1 µSv, Sr-90: 0,8 µSv), drugod po Sloveniji pa 0,6 µSv (Cs-137: 0,3 µSv, Sr-90: 0,3 µSv). Za malčke (dojenčke) v okolici NEK 3,8 µSv (Cs-137: 0,1 µSv, Sr-90: 3,7 µSv) in drugod po Sloveniji 1,4 µSv (Cs-137: 0,2 µSv, Sr-90: 1,2 µSv), za mladostnike v okolici NEK 1,7 µSv (Cs-137: 0,1 µSv, Sr-90: 1,6 µSv) in drugod po Sloveniji 0,7 µSv (Cs-137: 0,2 µSv, Sr-90: 0,5 µSv).

Naravni radionuklidi

V splošnem k skupni efektivni dozi zaradi vsebnosti naravnih radionuklidov v 2025 v okolici NEK največ prispeva prehranjevanje s sadjem (slika 6.10), najmanj pa z mlekom, drugod po Sloveniji pa največ z žiti, najmanja pa prav tako z mlekom..

Skupna letna efektivna doza zaradi K-40 je bila za referenčno odraslo osebo v letu 2025 v okolici NEK 174 µSv in drugod po Sloveniji 161 µSv, za malčke (dojenčke) 1038 µSv in 908 µSv, za mladostnike pa 329 µSv in 292 µSv. Količina kalija v telesu se uravnava homeostatsko, pri čemer se odvečne količine izločijo prek 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 2025 največ prispevalo prehranjevanje z mesom, žiti in sadjem, najmanj K-40 pa je bilo v listni zelenjavi in plodovkah (slika 6.10).

Skupna letna efektivna doza zaradi Pb-210 v hrani je bila za referenčno odraslo osebo v letu 2025 v okolici NEK 57 µSv in drugod po Sloveniji 67 µSv, za malčke (dojenčke) 430 µSv in 422 µSv in za mladostnike 139 µSv in 161 µSv, kar je v okviru razsutja podatkov primerljivo z referenčno vrednostjo UNSCEAR [43] in meritvami iz preteklih let. Prejeta efektivna doza v okolici NEK zaradi Pb-210 se z leti močno spreminja, od 6,8 µSv v letu 2006 do 67 µSv v letu 2025. Pb-210 lahko prehaja iz tal v rastline prek koreninskega sistema, vendar se večina zadrži v koreninah in le slabo prehaja v nadzemne dele, sploh pa v semena in plodove [86]. Vsebnost Pb-210 v nadzemnih delih je tako večinoma posledica usedanja Pb-210 iz zraka. Usedline z rastlinskih organov lahko odstranimo s pranjem (predvsem zelenjave in sadja), v primeru trave (krme) in žit, ki jih pred uporabo ne peremo, pa je vsebnost povezana z različnimi okoljskimi dejavniki, kot so količina padavin, vetrovnost itd. Iz meritev v letu 2025 je razvidno, da je k letni dozi zaradi Pb-210 v hrani v okolici NEK največ prispevalo zaužitje sadja, drugod po Sloveniji pa zaužitje žit (slika 6.10).



Slika 6.10: Izračunane efektivne doze za malčke (dojenčke) (MA), mladostnike (ML) in odrasle osebe (O) zaradi K-40, Pb-210, Ra-226, Ra-228, U-238 in Th-228 (µSv) v različnih skupinah živil, vzorčenih v okolici NEK in drugod po Sloveniji v letu 2025

Efektivna doza zaradi vsebnosti U-238 v hrani je bila za referenčno odraslo osebo v letu 2025 v okolici NEK 3,8 μSv, drugod po Sloveniji pa 1,6 μSv, za malčke (dojenčke) 19,2 μSv in 5,2 μSv, za mladostnike pa 5,1 μSv in 1,6 μSv. K tej dozi je največ prispevalo prehranjevanje z sadjem in plodovkami (slika 6.10). Efektivna doza zaradi vsebnosti Ra-226 v hrani je bila za referenčno odraslo osebo v okolici NEK 2,0 μSv, drugod po Sloveniji 0,7 μSv, za malčke (dojenčke) 178 μSv in 64 μSv, za mladostnike pa 51 μSv in 18 μSv. Zaradi vsebnosti Ra-228 je bila efektivna doza v okolici NEK 12 μSv in drugod po Sloveniji 21 μSv, za malčke (dojenčke) 299 μSv in 441 μSv, za mladostnike pa 62 μSv in 103 μSv. K letni dozi, prejeti zaradi Ra-226 in Ra-228, je največ prispevalo prehranjevanje z mesom, žiti in podzemno zelenjavo (slika 6.10). 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 za referenčno odraslo osebo 2,1 μSv, drugod po Sloveniji pa 3,3 μSv, za malčke (dojenčke) 56 μSv (okolica NEK) in 88 μSv (drugod po Sloveniji), za mladostnike pa 5,7 μSv (okolica NEK) in 8,7 μSv (drugod po Sloveniji), 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 največ prispevalo prehranjevanje z mesom in žiti (slika 6.10).

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 v jedrskih reakcijah zaradi kozmičnega sevanja. C-14 se v rastline vgrajuje v procesu fotosinteze, v živalski in človeški organizem pa prehaja z uživanjem predvsem rastlinske hrane. V letih od 2006 do 2025 so potekale meritve C-14 tako v izpustih kot bioloških vzorcih, zbranih v okolici NEK, analize so bile opravljene na IRB v Zagrebu. Vzorčenje koruze, ajde, trave, jabolk in hrušk je bilo opravljeno v juliju in septembru. Efektivna doza zaradi prisotnosti C-14 v hrani je bila ob ograji NEK ocenjena na (15,1 ± 0,3) μSv, v okolici NEK (na razdalji do 1 km od osi reaktorja) (15,2 ± 0,2) μSv. Ocenjena efektivna doza za okolico NEK je (14,8 ± 0,2) μSv, kjer upoštevamo, da prebivalci uživajo hrano iz neposredne bližine NEK (blizu roba izključitvenega območja) dva meseca v letu, drugih 10 mesecev pa hrano od drugod (Dobova). Na kontrolni točki v Dobovi, kjer učinka NEK ni, pa je ocenjena efektivna doza (14,7 ± 0,6) μSv, kar je primerljivo v okviru relativne merske negotovosti (5,5 %) in naravne variabilnosti. Ocenjena doza (14,7 μSv) je prispevek naravnega C-14 in C-14 zaradi jedrskih poskusov v preteklosti, v razmerju 40 % proti 60 % [91]. Ocenjena letna efektivna doza zaradi C-14 iz NEK je (0,07 ± 0,01) μSv.

Efektivni dozi v okolici NEK in v Dobovi sta izračunani glede na podatek, da povprečen prebivalec (referenčna oseba) v Sloveniji porabi 330 kg hrane na leto, kar je več, kot predvideva 29. člen *Uredbe o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih* [11], kjer je privzeto 250 kg, če masa in sestava zaužite hrane za referenčno osebo ni znana. Ocena deleža ogljika v hrani je 30 %, kar pri porabi 330 kg pomeni, da se v organizem s hrano vnese 100 kg ogljika letno. V omenjenem modelu tudi predpostavimo, 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 efektivne doze zaradi C-14 privzamemo, da prebivalci uživajo hrano, pridelano na krško-brežiškem področju (od ograje NEK in navzven 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 utežno povprečje specifične aktivnosti C-14 glede na lokacijo vzorčenja, za druge radionuklide pa zaradi različnega načina vzorčenja to ni mogoče. Efektivna 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 sledi razmerju med izotopoma v atmosferi.

SKLEPI

V letu 2025 je bilo opravljenih 32 meritev različnih vrst hrane iz okolice NEK. Zelenjavo, žita in sadje smo vzorčili od maja do novembra, odvzem mesa in jajc je bil v februarju, mleko pa je bilo vzorčeno mesečno. Nadzor vsebnosti v hrani drugod po Sloveniji so izvedli na ZVD v okviru programa nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji v letu 2025, kjer je bilo opravljenih 20 meritev različnih vrst hrane [18].

Ocenili smo, da je bila letna efektivna doza za odraslo referenčno osebo v okolici NEK zaradi vsebnosti umetnih in naravnih radionuklidov v hrani, pridelani na krško-brežiškem polju v letu 2025, brez upoštevanja K-40 79 μSv, z upoštevanjem K-40 pa 253 μSv. Največji delež k skupni efektivni dozi zaradi zaužitja hrane, brez upoštevanja K-40, prispevajo naravni radionuklidi (98,8 %): Pb-210 (73 %), Ra-228 (15,9 %), U-238 (4,82 %), Ra-226 (2,6 %) in Th-228 (2,7 %). Največji delež k celotni dozi 79 μSv je prispevalo prehranjevanje z žiti, sadjem in mesom. Glavni vir vnosa Cs-137 in Sr-90 je bilo v letu 2025 meso in sadje.

Deleža letnih efektivnih doz glede na celotno prejeto efektivno dozo pri uživanju hrane zaradi radionuklidov sta bila za umetna radionuklida Cs-137 in Sr-90 0,1 % in 0,8 % (0,9 % skupne doze), kar je z biološkega vidika zanemarljivo [94]. Iz grafov, predstavljenih v tem poglavju, lahko ugotovimo, da se vsebnosti obeh radionuklidov v vseh hranilih, ki se vzorčujejo na krško-brežiškem polju, še naprej zmanjšujeta. Zmanjševanje vsebnosti Cs-137 je, glede na rezultate meritev specifične aktivnosti v hrani po Sloveniji v prejšnjih letih in glede na podatke iz diplomskega dela [85], manj izrazito v gozdnih ekosistemih.

Med detektiranimi radionuklidi v zračnih izpustih NEK so tudi drugi umetni radionuklidi, ki pa jih v hrani v letu 2025 nismo detektirali, zato učinek zračnih izpustov NEK v hrani ni neposredno določljiv. Izračuni letnih efektivnih doz zaradi zaužitja hrane, ki vsebuje umetne in naravne radionuklide, so pokazali, da je delež efektivne doze v letu 2025 v okolici NEK zaradi umetnih radionuklidov glede na celotno efektivno dozo zaradi vseh radionuklidov v hrani 0,9-odstoten, po Sloveniji pa 0,51-odstoten, kar je z biološkega vidika zanemarljivo. Od tod izhaja, da je prejeta efektivna doza zaradi zaužitja hrane v glavnem posledica vnosa naravnih radionuklidov.

Izračunane efektivne doze v letu 2025 veljajo pri pogoju, da referenčna oseba uživa 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 sledi razmerju v atmosferi. Pri oceni letne efektivne doze bi bilo treba upoštevati delež samooskrbe prebivalcev, saj je iz podatkov o samooskrbi 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 vzorčenje hrane, pridelane v Sloveniji, medtem ko hrana, ki prihaja iz uvoza, ni analizirana na vsebnost radionuklidov. Tako podatki o vsebnosti radionuklidov v hrani iz uvoza niso znani in je težko oceniti dejanske doze, ki jih prebivalci dobijo zaradi zaužitja hrane. Kot kažejo rezultati primerjave vsebnosti radionuklidov v hrani s krško-brežiškega območja s tistimi drugod po Sloveniji, učinka delovanja NEK na vsebnost radionuklidov v hrani ni zaznati, oziroma je zanemarljivo majhen.

Edini radionuklid, ki ga sistematično merimo v okolju in je zagotovo vsaj delno posledica plinastih in tekočinskih izpustov NEK, je tritij (H-3), ki je bil v 2025 določen v vzorcih jabolk in koruze v okolivi NEK in na kontrolni točki v Dobovi. Specifična aktivnost se je gibala med 0,45 Bq/kg in 11 Bq/kg, ocenjena doza zaradi uživalnja hrane pa je 0,003 μSv, kar je z biološkega stališča zanemarljivo.

7 REFERENCE

[1] Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško, Poročilo za leto 2024, interna oznaka 15/2025, Ljubljana, april 2025

[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. 14, Table 5.9.1, 2016–2025

[6] Poročilo o meritvah plinastih efluentov v letu 2025, št. poročila 5/2026, IJS, februar 2026

[7] Poročilo o izvajanju monitoringa radioaktivnosti v okolici NEK Krško v letu 2025, ZVD Zavod za varstvo pri delu, LMSAR-20240006-10-AŽ, februar 2026

[8] Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (ZVISJV-1), Uradni list RS, št. 76/17, 26/19, 172/21 in 18/23

[9] Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti, Uradni list RS, št. 27/18

[10] Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti v pitni vodi, Uradni list RS, št. 74/15, 76/17 in 104/20

[11] Uredba o mejnih dozah, referenčnih ravneh in radioaktivni kontaminaciji, Uradni list RS, št. 18/18

[12] Uredba o območjih omejene rabe prostora zaradi jedrskega objekta in o pogojih gradnje objektov na teh območjih (UV3), Uradni list RS, št. 78/19

[13] Pravilnik o posebnih zahtevah varstva pred sevanji in načinu ocene doz, Uradni list RS, št. 47/18 in 30/21

[14] Projektna naloga Neodvisni nadzor obratovalnega monitoringa NE Krško za leto 2025, URSJV, št. 430-1/2025/2 z dne 6. 1. 2025

[15] Poročilo o izvajanju neodvisnega nadzora obratovalnega monitoringa v NE Krško za leto 2025 – 2. faza, LMSAR-20250012-2-MŠ, januar 2026

[16] Letno poročilo o opravljenih meritvah aktivnosti sevalcev gama in beta, Neodvisni nadzor obratovalnega monitoringa NE Krško za leto 2025, IJS, 4/2026, januar 2026

[17] Letna doza v Sloveniji zaradi sevanja naravnega ozadja, ZVD, Zavod za varstvo pri delu, LMSAR-20230024-AŽ-rev1, 2023

[18] Poročilo o izpostavljenosti prebivalcev Slovenije umetni radioaktivnosti v letu 2025, ZVD, Zavod za varstvo pri delu, LMSAR-20260004-MG, marec 2026

[19] Poročilo o izvajanju monitoringa radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji v obdobju januar–december 2025, ZVD Zavod za varstvo pri delu, LMSAR-20250005-D-MG, januar 2026

[20] Poročilo o izvajanju monitoringa radioaktivnosti živil v Republiki Sloveniji v obdobju januar – december 2025 – 3. faza (sklop 1), ZVD Zavod za varstvo pri delu, LMSAR-20250008-3-MŠ, januar 2026

[21] Letno poročilo o opravljenih meritvah aktivnosti sevalcev gama in beta, Monitoring radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji za leto 2025, IJS, 3/2026, januar 2026

[22] Ovrednotenje merskih podatkov o radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji v letu 2025, IJS-DP-15401, januar 2026

[23] Poročilo o meritvah radioaktivnosti pitne vode v letu 2025, št. poročila 79/2025, IJS, november 2025

[24] J. Barešić, Izvještaj o mjerenjima aktivnosti ^{14}C u okolišu Nuklearne elektrane Krško tijekom 2025. godine, LNA-6/2026, Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, Zagreb, Hrvaška, 27. 2. 2026

[25] J. Barešić, Izvještaj o mjerenjima aktivnosti ^{14}C u Savi i ribi tijekom 2025. godine, LNA-5/2026, Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, Zagreb, Hrvaška, 266. 2. 2026

[26] J. Barešić, Izvještaj o mjerenjima aktivnosti ^{14}C u vodi WMT2, kvartalni uzorci 2025, LNA-4/2026, Institut Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, Zagreb, Hrvaška, 26. 2. 2026

[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] Cinelli, G., De Cort, M. & Tollefsen, T. (Eds.), European Atlas of Natural Radiation, Publication Office of the European Union, Luxembourg, 2019

[29] Izpostavitve prebivalcev sevanju zaradi tekočinskih izpustov NE Krško v reko Savo, IJS-DP-8801 (2003)

[30] Izpostavitve referenčne skupine prebivalcev sevanju zaradi tekočinskih izpustov NEK v reko Savo – Nova referenčna lokacija, IJS-DP-10114 (2009)

[31] Samo Škrlec, Hidroelektrarne na Spodnji Savi, d.o.o., sporočilo po elektronski pošti, 9. 4. 2020

[32] Dose calculation and dilution modelling of run-of-river Brežice hydro plant accumulation št. TO.RZ-5/2020

[33] M. Četina, Tridimenzionalni matematični baroklini model za izračun tokov v jezerih in morju, doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani, Fakulteta gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za gradbeništvo, Hidrotehnična smer, Ljubljana, 1992

[34] M. Četina, R. Rajar, A. Širca, D. Ţagar, PCFLOW3D, User's Manual, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za mehaniko tekočin, Ljubljana,1999

[35] J. Kovšca, 2007, Dopolnitve modela PCFLOW3D za simulacijo tokov in širjenja polutantov., diplomska naloga, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za gradbeništvo, Hidrotehnična smer, Ljubljana, 2007

[36] B. Zorko, R. Rajar, G. Omahen, A, Širca, M. Četina, V. Hatič, Program za računanje efektivnih doz zaradi tekočinskih izpustov iz NEK št. 164/2022

[37] M. Mihalina, Vpliv tekočinskih izpustov NE Krško na najbolj izpostavljeno skupino, Poročilo številka NEK ESD-TR-05/08, Rev. 0, maj 2008

[38] HE Brežice / Sanacija vplivov na NEK - Verifikacija in morebitne analize povratnih tokov v profilu NEK po vzpostavitvi zajezitve HE Brežice, IBE in FGG, april 2019

[39] R. Rajar, Verifikacija numeričnega modela PCFLOW3D, julij 2021

[40] ICRP Publication 124, Protection of the Environment under Different Exposure Situations, Ann. ICRP 43(1), 2014

[41] 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

[42] IAEA Safety Guide 427, Prospective Radiological Environmental Impact Assessment for Facilities and Activities, Draft safety guide DS427, 2016

[43] 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

[44] 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

[45] ISO/IEC Guide 98-3 2008 - Uncertainty of measurement -- Part 3, Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM, 1995)

[46] ISO/IEC 17043:2010 Conformity assessment – General requirements for proficiency testing

[47] ISO 4037-3:2019 - Radiological protection — X and gamma reference radiation for calibrating dosemeters and doserate meters and for determining their response as a function of photon energy — Part 3: Calibration of area and personal dosemeters and the measurement of their response as a function of energy and angle of incidence

[48] C. Kunz, Carbon-14 discharges at three light-water reactors, Health Physics, 49 (1985), 25–35

[49] Delavnica z naslovom C-14 u okolišu (C-14 v okolju), organizirana na IJS dne 9. 12. 2015, predavateljici: I. Krajcar Bronić in J. Barešić

[50] T. Petrovič, Določitev referenčnih aktivnosti radionuklida K-40 v različnih vzorcih, magistrsko delo, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, Ljubljana, avgust 2010

[51] A. Kovačič et al., Strokovne podlage za razglasitev ogroženosti podzemne vode v Republiki Sloveniji, 2002

[52] https://www.kostak.si/images/1-2022/voda2021.pdf

[53] https://www.komunala-brezice.si/datoteke/navigacija/zu7qah12-porocilo-o-kakovosti-2021.pdf]

[54] https://www.vokasnaga.si/sites/www.jhl.si/files/dokumenti/voka_snaga_letno_porocilo_2021_s_podpisi_010422.pdf

[55] R. Jamnik, Matematična statistika, Državna založba Slovenije, 1980

[56] M. Yoshimori, Production and behavior of beryllium 7 radionuclide in the upper atmosphere, Advances in Space Research, 36 (2005), 922–926

[57] 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

[58] 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

[59] 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

[60] 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

[61] 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

[62] 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 threshold for radioactivity measurements in the environment, Journal of Environmental Radioactivity, 158−159 (2016), 119−128

[63] S. Širca, Verjetnost v fiziki, DMFA – založništvo, Ljubljana 2016

[64] European Commission recommendation on standardized information on radioactive airborne and liquid discharges into the environment from nuclear power reactors and reprocessing plants in normal operation. Euratom Off. J. Eur. Union., 2004, pp L2:32

[65] 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

[66] Treaty establishing the European Atomic Energy Community (Euratom)

[67] 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

[68] 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

[69] Bossew, P & Gering, F & Petermann, Eric & Hamburger, T & Katzlberger, Christian & Hernández Ceballos, Miguel Ángel & De Cort, Marc & Gorzkiewicz, Krzysztof & Kierepko, Renata & Mietelski, J. (2019). An episode of Ru-106 in air over Europe, September–October 2017 – Geographical distribution of inhalation dose over Europe. Journal of Environmental Radioactivity. 205-206. 79-92. 10.1016/j.jenvrad.2019.05.004.

[70] A. Volčanšek, komunikacija po elektronski pošti dne 3. 4. 2018

[71] 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

[72] B. Zorko, M. Korun, B. Črnič, B. Vodenik, S. Gobec, Influence of solar activity on ambient dose equivalent H*(10) measured with thermoluminiscent dosimeters in Slovenia, Arh. Hig. Rada Toksikol. 72 (2021) 23–28, doi:10.2478/aiht-2021-72-3475

[73] A. Likar, T. Vidmar, B. Pucelj, Monte Carlo Determination of Gamma-ray Dose Rate with the GEANT System, Health Physics, 75 (1998), 165–169

[74] Matjaž Korun, osebno sporočilo, 2003

[75] 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

[76] 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

[77] T. Sato, Analytical Model for Estimating the Zenith Angle Dependence of Terrestrial Cosmic Ray Fluxes, PLOS ONE, 11(8): e0160390 (2016)

[78] T. Sato, Analytical model for estimating terrestrial cosmic ray fluxes nearly anytime and anywhere in the world: Extension of PARMA/EXPACS, PLOS ONE, 10(12): e0144679. (2015)

[79] Program EXPACS, http://phits.jaea.go.jp/expacs/

[80] FRMAC, Assessment manual Tables, Charts, Worksheets, Glossary, references, Volume 2, SAND2003-1072P, Table 3.5

[81] 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

[82] F. W. Whicker, Radionuclide transport processes in terrestrial ecosystems. Radiation research, 94 (1983), 135–150

[83] 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

[84] 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

[85] P. Zakrajšek, Vsebnost kovin in radionuklidov v gobah na izbranih področjih v Sloveniji, diplomsko delo, Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta, Biotehniška fakulteta, 2014

[86] 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

[87] M. Gregorič, U. Blaznik, N. Delfar, M. Zaletel, D. Lavtar, B. Koroušić Seljak, P. Golja, K. Zdešar Kotnik, I. Pravst, N. Fidler Mis, S. Kostanjevec, M. Pajnkihar, T. Poklar Vatovec, A. Hočevar Grom, Slovenian national food consumption survey in adolescents, adults and elderly, National Institute of Public Health (NIJZ), EFSA supporting publication 2019:EN-1729, 2019, doi:10.2903/sp.efsa.2019.EN-1729

[88] U. Blaznik, M. Gregorič, N. Delfar, M. Zaletel, D. Lavtar, B. Koroušić Seljak, N. Fidler Mis, P. Golja, K. Zdešar Kotnik, I. Pravst, A. Hočevar Grom, Slovenian national food consumption survey on children (infants and toddlers), National Institute of Public Health (NIJZ), EFSA supporting publication 2019:EN-1728, 2019, doi:10.2903/sp.efsa.2019.EN-1728

[89] European Commision, Radiation Protection 106, Technical recommendations on measurements of external environmental gamma radiation doses, A report of EURADOS Working Group 12, EURADOS report 1999

[90] https://www.r-project.org/

[91] https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon-14

[92] ARSO podatki, http://meteo.arso.gov.si/met/sl/archive/, 2024

[93] Javne informacije Slovenije, Geodetska uprava Republike Slovenije, Državna pregledna karta Republike Slovenije DPK250 1: 250000 – 2005

[94] J. F. Diehl, Radioactivity in food, Encycl. Food Sci. Nutr., Academic Press, 2003, 4903–4911, doi:10.1016/b0-12-227055-x/00997-4

[95] Program za računanje efektivnih doz zaradi tekočinskih izpustov iz NEK, verzija 3.0, IJS 9/2023

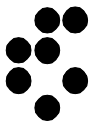
[96] ICRP Publication 108, Environmental Protection: the Concept and Use of Reference Animals and Plants, Ann. ICRP 38 (4-6), 2008

IJS delovno poročilo
IJS-DP-15403
marec 2026

MERSKI REZULTATI – NADZOR RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO

POROČILO ZA LETO 2025

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. Pot k izviru 6, SI-1260 Ljubljana - Polje Institut Ruđer Bošković Bijenička 54, HR-10000 Zagreb, Hrvatska
Pogodbe štev.:	Pogodba IJS št. 3240052 in ZVD št. 3240174 Obratovalni monitoring radioaktivnosti v okolici NEK (pitne vode, zraka, hrane, reke Save, padavin, zemlje in sevanja v okolju skupaj z oceno doz prebivalstva) v Republiki Sloveniji za leta 2024–2028) z dne 24. 1. 2024 (za IJS in ZVD) Pogodba št. 3211884 z dne 13. 12. 2021 (za IRB)
Odgovorni nosilec:	doc. dr. Benjamin Zorko
Naslov poročila:	Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2025
Poročilo uredili:	mag. Denis Glavič – Cindro in dr. Helena Fajfar
Avtorji poročila:	*Avtorji na IJS:* M. Centrih, dipl. inž. fiz., B. Črnič, mag. med. fiz., mag. D. Glavič - Cindro, S. Gobec, dr. U. Gradišar Centa, dr. J. Kožar Logar, dr. M. Nečemer, P. Prem, prof. biol., dr. T. Petrovič, K. Poiškruh, mag. med. fiz., R. Roš Opaškar, dr. L. Rovan Stiplošek, B. Svetek, inž. kem. tehnol., doc. dr. M. Štrok, mag. B. Vodenik, doc. dr. B. Zorko *Avtorji na ZVD:* A. M. Črešnar mag. kem. teh., dr. M. Giacomelli, A. Ivanc, D. Konda, M. Levstek, dr. G. Omahen, L. Peršin, M. Škrlep, mag. prof. fiz., J. Žnidaršič, dr. A. Žohar, mag. jed. teh. *Avtorji na IRB:* I. Balinović, dr. J. Barešić, mag. D. Borković, dr. I. Coha, dr. Ž. Grahek, mag. M. Horvat, M. Ivković, mag. kem., G. Karanović, dipl. inž., dr. Ž. Knežević, dr. K. Magdić Košićek, dr. I. Lovrenčić Mikelić, dr. M. Majer,, dr. M. Nodilo, A. Rajtarić, dr. A. Sironić, V. Trputec, dr. I. Tucaković, D. Žilić *Avtorji na MEIS:* dr. B. Grašič, dr. P. Mlakar, dr. M. Z. Božnar
Štev. del. poročila:	IJS-DP-15403

Izvedba projekta je usklajena z zahtevami programov za zagotovitev kakovosti pri posameznih izvajalcih.

NASLOV POROČILA:
Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti
v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2025

IJS-DP-15403
marec 2026

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 2025. Osnova za izvajanje obratovalnega nadzora je Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti JV10 (Ur. l. RS 27/2018, 5. 5. 2018). Program obsega meritve v okolju jedrske elektrarne (imisije – priloga 4, preglednica 3 iz pravilnika JV10). Podroben program meritev je določen v Tehnični specifikaciji za obratovalni monitoring radioaktivnosti v okolici NEK (pitne vode, zraka, hrane, reke Save, padavin, zemlje in sevanja v okolju skupaj z oceno doz prebivalstva) v Republiki Sloveniji za leta 2024–2028, NEK, TS št. TO.RZ, 2/2023, Revizija 0, in dodatno v Radiological Effluent Technical Specifications (RETS) with Offsite Dose Calculation Manual (ODCM) and Process Control Program (PCP), NEK-RETS, Rev. 16, poglavje 3.12.

REPORT TITLE:
Measurement results – surveillance of radioactivity
in the environment of Krško NPP - yearly report for 2025

IJS-DP-15403
March 2026

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, intercomparison measurements

ABSTRACT:

In the report all measurement results provided by JSI, ZVD and IRB for radioactivity surveillance in the year 2025 in the environment of Krško NPP are presented. The legal basis for radioactivity monitoring is given in Rules on the monitoring of radioactivity (JV10) (Ur. l. RS 27/2018, 5. 5. 2018). The programme comprises measurements in the environment of NPP (imission measurements, Appendix 4, table 3 in regulation JV10). Detailed programme is determined in Technical specification for accomplishment of execution of environmental radioactovity monitoring of Krško NPP (drinking water, air, food, Sava river, precepitation, soil and external exposure to radiation with dose assessment) for years 2024–2028 in Republic of Slovenia, NEK, TS No. TO.RZ, 2/2023, Revision 0, and additionally in Radiological Effluent Technical Specifications (RETS) with Offsite Dose Calculation Manual (ODCM) and Process Control Program (PCP), NEK-RETS, Rev. 16, chapter 3.12.

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 F-2)
M. Centrih, dipl. inž. fiz., B. Črnič, mag. med. fiz., S. Gobec, dr. U. Gradišar Centa, dr. J. Kožar Logar, dr. M. Nečemer, P. Prem, prof. biol., dr. T. Petrovič, K. Poiškruh, mag. med. fiz., R. Roš Opaškar, mag. B. Vodenik, doc. dr. B. Zorko

Odsek za znanosti o okolju (Odsek O-2)
dr. L. Rovan Stiplošek, B. Svetek, inž. kem. tehnol., doc. dr. M. Štrok

ZAVOD ZA VARSTVO PRI DELU (ZVD), LJUBLJANA

Koordinator projekta za ZVD: dr. Gregor Omahen

Izvajalci na ZVD:
A. M. Črešnar mag. kem. teh., dr. M. Giacomelli, A. Ivanc, D. Konda, M. Levstek, dr. G. Omahen, L. Peršin, M. Škrlep, mag. prof. fiz., J. Žnidaršič, dr. A. Žohar, mag. jed. teh.

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):
I. Balinović, dr. I. Coha, dr. Ž. Grahek, M. Ivković, mag. kem., G. Karanović, dipl. inž., dr. K. Magdić Košićek, dr. I. Tucaković, D. Žilić

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

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

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

Nosilec projekta za NE Krško: Daniel Novak, prof. fiz.

Izvajalci v NEK:
D. Mešiček, tehnik RZ, M. Urbanč, tehnik spec. RZ, M. Pavlin, dipl. str., M. Simončič, univ. dipl. kem., E. Kovačević, univ. dipl. kem., B. Vene, kem. tehnik, A. Volčanšek, univ. dipl. kem., R. Libenšek, tehnik RZ

IZVAJALCI IZRAČUNOV RAZREDČITVENIH IN DEPOZICIJSKIH KOEFICIENTOV SEVANJA IZ OBLAKA PO LAGRANGEEVEM MODELU, MEIS STORITVE ZA OKOLJE (MEIS), MALI VRH PRI ŠMARJU

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

PROGRAM REDNEGA NADZORA RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NE KRŠKO ZA LETO 2025

Osnova za izvajanje obratovalnega nadzora je *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti JV10* (pravilnik Ur. l. RS 27/18, 5. 5. 2018).

(i) Program obsega **meritve v okolju jedrske elektrarne (imisije – priloga 4, preglednica 3 iz pravilnika JV 10).**

V juliju 2017 se je poleg tedanjega rednega Obratovalnega monitoringa radioaktivnosti v okolici NEK začel izvajati tudi obratovalni monitoring radioaktivnosti v okolici NEK zaradi HE Brežice. Podroben program vseh radioloških meritev je določen v *Tehnični specifikaciji za obratovalni monitoring radioaktivnosti v okolici NEK (pitne vode, zraka, hrane, reke Save, padavin, zemlje in sevanja v okolju skupaj z oceno doz prebivalstva) v Republiki Sloveniji za leta 2024–2028,* NEK, TS št. TO.RZ, 2/2023, Revizija 0. Program teh meritev je skladen s programom, navedenim v *Radiological Effluent Technical Specifications (RETS) with Offsite Dose Calculation Manual (ODCM) and Process Control Program (PCP), NEK-RETS, Rev. 16, poglavje 3.12.*

Poleg imisijskih meritev so v poročilu obravnavane tudi **meritve tekočinskih in atmosferskih izpustov (emisije priloga 4, preglednici 1 in 2 iz pravilnika JV10)** v obsegu, ki omogoča vrednotenje imisijskih meritev in doz.

(ii) Označba Sr-90/Sr-89 pomeni, da ni bila narejena analiza na Y-90. Ločitev za Y-90 se izvede samo v primerih, ko iz ponovitev meritev Sr-90/Sr-89 ugotovimo, da je izmerjena hitrost štetja res manjša od predhodno določene in je ta razlika hitrosti štetja posledica radioaktivnega razpada Sr-89.

PROGRAM RADIOLOŠKIH MERITEV V OKOLICI NE KRŠKO ZA LETO 2025

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, neprekinjeno 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, neprekinjeno 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, neprekinjeno 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	1. Obala 0,5 km vzvodno od NEK, levi breg	posamični vzorci voda + suspendirana snov sedimenti ribe	1-krat na 92 dni	1-krat na 92 dni	12
	2. Obala pri Brežicah, 4–7,8 km, nizvodno od NEK, levi breg		1-krat na 92 dni	1-krat na 92 dni	12
	3. Nad jezom HE Brežice, 7,2 km nizvodno od NEK*		1-krat na 92 dni	1-krat na 92 dni	12
	4. Obala pri Jesenicah na Dolenjskem, 17,5 km nizvodno od NEK, desni breg		1-krat na 92 dni	1-krat na 92 dni	12
	5. 2 vzorca na obeh bregovih akumulacije med rečnima profiloma 120 in 121*	posamični vzorci voda	1-krat na 31 dni	1-krat na 31 dni	24
		posamični vzorci voda	1-krat na 31 dni	1-krat na 31 dni	24
	6. Nadomestni habitat NH1*	posamični vzorci voda	1-krat na 92 dni	1-krat na 92 dni	4
	7. Akumulacija HE Brežice*	ribe	1-krat na 182 dni	1-krat na 182 dni	2
	8. Podsused	posamični vzorci sedimenti	1-krat na 92 dni	1-krat na 92 dni	4
		ribe (2 vzorca)	1-krat na 182 dni	1-krat na 182 dni	2
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	1. Obala 0,5 km vzvodno od NEK, levi breg	posamični vzorci voda + suspendirana snov sedimenti ribe	1-krat na 92 dni	1-krat na 92 dni	12
	2. Obala pri Brežicah, 4–7,8 km, nizvodno od NEK, levi breg		1-krat na 92 dni	1-krat na 92 dni	12
	3. Nad jezom HE Brežice, 7,2 km nizvodno od NEK*		1-krat na 92 dni	1-krat na 92 dni	12

Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	4. Obala pri Jesenicah na Dolenjskem, 17,5 km nizvodno od NEK, desni breg	posamični vzorci voda + suspendirana snov sedimenti ribe	1-krat na 92 dni	1-krat na 92 dni	12
	5. 2 vzorca na obeh bregovih akumulacije med rečnima profiloma 120 in 121*	posamični vzorci voda	1-krat na 31 dni	1-krat na 31 dni	24
		posamični vzorci voda	1-krat na 31 dni	1-krat na 31 dni	24
	6. Nadomestni habitat NH1*	posamični vzorci voda	1-krat na 92 dni	1-krat na 92 dni	4
	7. Akumulacija HE Brežice*	ribe	1-krat na 182 dni	1-krat na 182 dni	2
	8. Podsused	posamični vzorci sedimenti	1-krat na 92 dni	1-krat na 92 dni	4
Tritij (H-3), specifična analiza s scintilacijskim spektrometrom	1. Obala 0,5 km vzvodno od NEK, levi breg	vodni destilat	1-krat na 92 dni	1-krat na 92 dni	4
	2. Obala pri Brežicah, 4–7,8 km, nizvodno od NEK, levi breg		1-krat na 92 dni	1-krat na 92 dni	4
	3. Nad jezom HE Brežice, 7,2 km nizvodno od NEK*		1-krat na 92 dni	1-krat na 92 dni	4
	4. Obala pri Jesenicah na Dolenjskem, 17,5 km nizvodno od NEK, desni breg		1-krat na 92 dni	1-krat na 92 dni	4
	5. 2 vzorca na obeh bregovih akumulacije med rečnima profiloma 120 in 121*		1-krat na 31 dni	1-krat na 31 dni	24
	6. Nadomestni habitat NH1*		1-krat na 92 dni	1-krat na 92 dni	4
	7. Podsused		1-krat na 182 dni	1-krat na 182 dni	2
C-14	2 vzorca na obeh bregovih akumulacije med rečnima profiloma 120 in 121*	posamični vzorec, voda + suspendirana snov	1-krat na 92 dni	1-krat na 92 dni	8
	Akumulacija HE Brežice*	posamični vzorec, ribe	1-krat na 182 dni	1-krat na 182 dni	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 (0071) znotraj ograje NEK	posamično vzeti vzorec vode	1-krat na 92 dni (VLG in Sr)	1-krat na 92 dni (VLG in Sr)	4 4 4
	4. Vrtina Medsave (RH) 5. Vrtina Šibice (RH)	posamično vzeti vzorec vode	1-krat na 31 dni	1-krat na 31 dni	12 12
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	1. Krško (vodovod) 2. Brežice (vodovod) 3. Vrtina E1 (0071) znotraj ograje NEK	posamično vzeti vzorec vode	1-krat na 92 dni (VLG in Sr)	1-krat na 92 dni (VLG in Sr)	4 4 4
	4. Vrtina Medsave (RH) 5. Vrtina Šibice (RH)	posamično vzeti vzorec vode	1-krat na 31 dni	1-krat na 31 dni	12 12
Tritij (H-3), specifična analiza s scintilacijskim spektrometrom	1. Krško (vodovod)	posamično vzeti vzorec vode	1-krat na 92 dni	1-krat na 92 dni	4
	2. Brežice (vodovod)		1-krat na 92 dni	1-krat na 92 dni	4
	3. Vrtina E1 (0071) znotraj ograje NEK		1-krat na 92 dni	1-krat na 92 dni	4
	4. Podtalnica v bližini NEK na levem bregu Save VOP-4 (samo H-3)		1-krat na 31 dni	1-krat na 31 dni	12
	5. Vrtina VOP-1/06 (samo H-3)		1-krat na 31 dni	1-krat na 31 dni	12
	6. Vrtina V-7/77 (samo H-3)		1-krat na 31 dni	1-krat na 31 dni	12
	7. Vrtina V-12/77 (samo H-3)		1-krat na 31 dni	1-krat na 31 dni	12
	8. Vrtina Medsave (RH)		1-krat na 31 dni	1-krat na 31 dni	12
	9. Vrtina Šibice (RH)		1-krat na 31 dni	1-krat na 31 dni	12

4. ČRPALIŠČA, ZAJETJA

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	1. Črpališče vod. Krško - Rore 2. Črpališče vod. Krško - Brege 3. Zajetje Dolenja vas 4. Črpališče vod. Brežice VT1 5. Črpališče vod. Brežice 481 6. črpališče Petrušac (RH)	sestavljeni vzorci vode	1-krat na dan	1-krat na 31 dni	6 × 12
Tritij (H-3), specifična analiza s scintilacijskim spektrometrom			1-krat na dan	1-krat na 31 dni	6 × 12
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza			1-krat na dan	1-krat na 31 dni	6 × 12

Pripomba: V Brežicah se vzorčijo 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. Stara vas 2. Brege 3. Dobova	sestavljen vzorec, neprekinjeno 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 ali celomesečni vzorec iz posamezne lokacije pri povišanih vrednostih	neprekinjeno 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	neprekinjeno črpanje skozi filter iz steklenih vlaken in skozi oglen filter (15 dni)	1-krat na 15 dni	1-krat na 15 dni	7 × 24
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	1. Libna ali Stara vas *ZR* = 1,4 km oz. 1,8 km	ostanek na filtru neprekinjeno 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	neprekinjeno 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	2 lokaciji 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
Meritev doz sevanja gama z okoljskimi dozimetri v pasu okrog elektrarne	58 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 182 dni	1-krat na 182 dni	116 v Sloveniji 20 na Hrvaškem
Meritev doz sevanja gama z okoljskimi dozimetri na ograji	7 lokacij na zahodni ograji in 9 po celotni ograji	pasivni dozimeter sevanja gama	polletno	polletno (16)	32
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	posamični vzorec zemlje iz 4 globin 0–5 cm, 5–10 cm, 10–15 cm, 15–30 cm posamični 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. Velika vas pri Krškem 3. Brege	posamični vzorec vsakih 31 dni	1-krat na 31 dni	1-krat na 31 dni	3 × 12
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza		posamični vzorec vsakih 31 dni			3 × 12
I-131, specifična analiza		posamični 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: sadovnjaki pri NEK, Sremič, Leskovec	posamični sezonski vzorci raznega sadja: jabolka, hruške, ribez, jagode, grozdje (vino)	1-krat na 365 dni	1-krat na 365 dni	10
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza					10

12. HRANA – POVRTNINE IN POLJŠČINE

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	izbrani kraji na krško-brežiškem polju: Brege, Žadovinek, Vrbina, Sp. Stari Grad, Trnje	posamični 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

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	posamični vzorci raznega mesa in jajc	1-krat na 365 dni	1-krat na 365 dni	6
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza					6

13. HRANA – MERITVE C-14

VRSTA IN OPIS MERITEV	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
C-14	Izbrani kraji na krško-brežiškem polju: sadovnjaki pri NEK, Vrbina, Žadovinek, Brege, Spodnji Stari Grad, Dobova* (17 lokacij)	sezonski vzorci povrtnine, poljščine in razno sadje	2-krat na 365 dni	2-krat na 365 dni	35

* Dobova je referenčno mesto vzorčenja.

PROGRAM PRIMERJALNIH MERITEV V LETU 2025

Program primerjalnih 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 mednarodnih 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 oziroma 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
cerij	Ce-141	32,50 dni
cerij	Ce-144	284,9 dni
lutecij	Lu-177	6,647 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 radionuklidov v okolju se merijo s specifičnimi metodami, ki omogočajo njihovo kvalitativno in kvantitativno ugotavljanje. Uporaba nespecifičnih metod je dopustna le v primeru, ko je sestava radionuklidov dobro znana in se s časom ne spreminja. Metode morajo omogočiti določitev radionuklidov, ki povzročijo manj kot tretjino avtorizirane mejne doze. Detekcijske meje metod, s katerimi se določajo posamezne koncentracije 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 radionuklide. Navadno se v vzorcih iz okolja radionuklidi določajo s spektrometri gama, kjer so aktivnosti posameznih radionuklidov določene z intenziteto vrhov v spektru, njihova identifikacija pa z energijo. Aktivnosti radionuklidov, ki ne sevajo žarkov gama, se določajo z metodami, ki vključujejo njihovo radiokemično separacijo. V okviru meritev radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško se po kemijski separaciji določajo aktivnosti tritija H-3 in stroncijevih izotopov Sr-90/Sr-89 oziroma Sr-89 in Sr-90, če bi bil Sr-89 prisoten. V emisijah iz jedrske elektrarne se radiokemična separacija uporablja tudi za določanje C-14.

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 s številko akreditacije LP-022 na področju preskušanja (SIST EN ISO/IEC 17025). Laboratorijske meritve aktivnosti sevalcev gama in rentgenskih žarkov opravljamo z visokoločljivostno spektrometrijo gama v energijskem območju od 5 keV do 3000 keV v cilindričnih vzorcih z največjim premerom 12 cm in največjo debelino 6 cm. Vzorci morajo biti 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.

Institut "Jožef Stefan", Laboratorij za tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo, je od oktobra 2008 akreditiran pri Slovenski akreditaciji s številko akreditacije LP-022 na področju preskušanja (SIST EN ISO/IEC 17025). Laboratorijske meritve tritija opravljamo s tekočinskoscintilacijsko spekrometrijo v vzorcih vode in urina po direktni metodi in metodi z elektrolitsko obogatitvijo. Od leta 2018 je laboratorij akreditiran tudi za ugotavljanje aktivnosti C-14 v tekočih, plinastih in trdnih vzorcih.

Institut "Jožef Stefan", Laboratorij za dozimetrijo je od julija 2005 akreditiran pri Slovenski akreditaciji s številko akreditacije LP-022 na področju preskušanja (SIST EN ISO/IEC 17025) za meritve doz $H_p(10)$, $H^*(10)$, kerme v zraku in $H_p(0{,}07)$ s termoluminiscenčnimi dozimetri TLD-400 (CaF_2:Mn) in TLD-100H/MCPN (LiF:Mg,Cu,P) 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 na IJS v okviru pogodbe NEK št. 3240052 z dne 24. 1. 2024, napisano v skladu z zahtevami standarda SIST EN ISO/IEC 17025:2017, smo izdali ločeno pod zaporedno številko 6/2026. En izvod tega poročila je poslan naročniku, en izvod pa arhiviran na IJS. V tem poročilu ob posameznih rezultatih nista podani 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 od junija 2009 dalje akreditiran pri Slovenski akreditaciji s številko akreditacije LP-090 na področju preskušanja (SIST EN ISO/IEC

17025) za meritve stroncija, tritija in C-14. Sr-90, Sr-89 ali Sr-90/Sr-89 se lahko določa v tekočinah, trdnem stanju ali usedlinah na zračnem filtru. Specifična aktivnost tritija v vodi se ugotavlja z direktno metodo ali z elektrolitsko obogatitvijo. Specifična aktivnost C-14 se določa v bazični raztopini. Specifične aktivnosti navedenih radionuklidov v prinesenih vzorcih so izražene v Bq/kg ali Bq/g.

a) VISOKOLOČLJIVOSTNA SPEKTROMETRIJA GAMA (Odsek F-2)

Aktivnosti sevalcev žarkov gama in rentgenskih žarkov (to so vsi radionuklidi, navedeni v tabelah, razen H-3, C-14, 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 primarnem laboratoriju 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 [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	DEŽEVNICA	ZEMLJA	SEDIMENT	MESO	MLEKO	SADJE	SOLATA
Enota	Bq/m^3		Bq/kg					
Količina vzorca (*)	10 000 m^3	0,05 m^3	0,5 kg	0,1 kg	1 kg	4 kg	2 kg	4 kg
Be-7	1,93E–05	2,05E+00	1,58E+00	4,37E+00	3,96E–01	1,04E–01	2,48E–01	2,31E–01
Na-22	1,69E–06	3,28E–01	2,46E01	2,06E–01	8,68E–02	2,26E–02	2,62E–02	2,57E–02
K-40	3,87E–04	3,79E+00	2,80E+00	3,04E+00	7,42E–01	1,60E–01	2,07E–01	9,34E–02
Cr-51	8,96E–06	2,16E+00	1,51E+00	1,85E+00	3,76E–01	8,77E–02	1,05E–01	8,77E–02
Mn-54	1,19E–06	1,47E–01	4,30E–01	2,35E–01	5,39E–02	1,21E–02	1,77E–02	2,05E–02
Co-57	6,48E–06	6,82E–02	6,92E–01	3,06E–01	2,42E–02	7,94E–03	1,67E–02	1,15E–02
Co-58	1,35E–06	1,63E–01	2,57E–01	1,98E–01	5,92E–02	1,30E–02	1,83E–02	1,56E–02
Fe-59	3,17E–06	3,40E–01	6,24E–01	6,17E–01	2,19E–01	2,88E–02	5,44E–02	3,73E–02
Co-60	1,46E–06	3,00E–01	1,95E–01	1,55E–01	6,80E–02	1,58E–02	2,36E–02	1,67E–02
Zn-65	1,03E–05	1,42E+00	7,97E–01	1,12E+00	6,64E–01	2,13E–01	1,80E–01	1,23E–01
Zr-95	3,13E–06	2,39E–01	5,12E–01	3,05E–01	8,23E–02	1,71E–02	2,50E–02	3,04E–02
Nb-95	1,77E–06	2,59E–01	2,22E–01	2,66E–01	6,96E–02	2,18E–02	1,93E–02	1,64E–02
Ru-103	4,49E–06	6,22E–01	3,46E–01	5,04E–01	1,60E–01	1,18E–02	3,92E–02	3,77E–02
Ru-106	1,38E–05	1,90E+00	2,13E+00	1,67E+00	5,45E–01	1,02E–01	1,60E–01	1,40E–01
Sb-124	1,66E–06	1,70E–01	2,33E–01	1,98E–01	4,95E–02	1,22E–02	1,69E–02	1,36E–02
Sb-125	1,65E–06	1,04E–01	3,88E–01	4,27E–01	5,93E–02	1,55E–02	1,99E–02	8,00E–03
I-131	4,76E–06	1,25E+00	8,02E–01	4,26E+00	1,16E–01	2,27E–02	3,12E–02	2,56E–02
Cs-134	1,11E–06	1,24E–01	1,42E–01	1,52E–01	3,58E–02	7,85E–03	1,64E–02	9,59E–03
Cs-137	2,77E–06	2,77E–01	7,68E–01	9,38E–01	1,23E–01	1,67E–02	1,75E–02	1,39E–02
Ba-140	1,03E–05	1,39E+00	2,34E+00	2,23E+00	3,13E–01	4,85E–02	7,03E–02	5,26E–02
Pb-210	5,03E–05	2,57E+00	7,41E+00	7,70E+00	4,08E–01	1,55E–01	2,58E–01	2,47E–01
Ra-226	1,25E–04	1,55E+00	4,51E+00	4,70E+00	6,33E–01	3,33E–01	4,17E–01	4,70E–01
Ra-228	1,01E–05	6,62E–01	2,79E+00	1,72E+00	1,56E–01	3,51E–02	4,91E–02	3,32E–02
Th-228	1,39E–05	3,97E–01	3,38E+00	7,66E+00	1,13E–01	1,57E–02	2,88E–02	2,46E–02
U-238	3,63E–05	4,58E+00	9,21E+00	1,05E+01	1,00E+00	1,68E–01	2,66E–01	1,70E–01

(*) Količina vzorca, podana v enotah druge vrstice, velja za sveže vzorce, razen pri zemlji in sedimentih, kjer velja za suhi vzorec.

Tabelirane orientacijske spodnje detekcijske meje z intervalom zaupanja 95 % za identificirane radionuklide so izračunane iz rezultatov analize vrhov po postopkih, opisanih v:

– M. Korun, B. Vodenik, B. Zorko, *Calculation of decision thresholds in gamma-ray spectrometry*, Appl. Radiat. Isot. 94 (2014) 221–229

- M. Korun, B. Vodenik, B. Zorko, *Calculation of decision thresholds for radionuclides identified in gamma-ray spectra by post-processing peak analysis results*, Nucl. Instr. And Meth. A, 813 (2016) 102–110
- D. Glavič-Cindro, M. Korun, B. Vodenik, B. Zorko, *Calculation of the detection limits by explicit expressions*, Appl. Radiat. Isot. 126 (2017) 267–269
- M. Korun, B. Vodenik, B. Zorko, *Calculation of detection limits for radionuclides identified in gamma-ray spectra based on post-processing peak analysis results*, Appl. Radiat. Isot. 133 (2018) 22–30
- M. Korun, T. Petrovič, B. Vodenik, B. Zorko, *Calculation of the decision threshold and detection limit in high-resolution gamma-ray spectrometry*, Nucl. Instr. and Meth. 1014 (2021) 165684

Detekcijske meje za neidentificirane radionuklide so izračunane s prilagoditvijo pričakovanega odziva spektrometra na žarke gama z energijo, ki jo seva neidentificirani sevalec gama.

Reference:

[i] Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10), Uradni list RS 20 (2007) 2509
[ii] *Visokoločljivostna spektrometrija gama v laboratoriju (LMR-DN-10*), izdaja 14, dec. 2021, IJS
[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 04, maj 2021, IJS

b) RADIOKEMIJSKA ANALIZA Sr-90/Sr-89 (Odsek O-2)

Določanje 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 izmerimo na proporcionalnem števcu beta s pretokom plina, mešanice 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), 11. izdaja, jun. 2023, IJS
[vii] *Navodilo za uporabo proporcionalnega števca FHT 770T-6, Eberline*, DP-O2-STC(01), 5. izdaja, feb. 2020, IJS

c) RADIOKEMIJSKA 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), 11. izdaja, jun. 2023, IJS
[ix] *Navodilo za uporabo tekočinsko scintilacijskega števca TRICARB 3170 TR/SL*, DP-O2-STC(02), 6. izdaja, feb. 2020, IJS
[x] *Navodilo za uporabo tekočinsko scintilacijskega števca Quantulus 1220*, DP-O2-STC(04), 2. izdaja, feb. 2020, IJS

č) RADIOKEMIJSKA ANALIZA H-3 (Odsek F-2)

Na *Odseku F-2* poteka določitev tritija v vzorcih vod z elektrolitsko obogatitvijo in tekočinsko-scintilacijskim 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 03, dec. 2019, IJS
[xii] *Vzorčenje in priprava vzorcev za določitev tritija (LSC-DN-06),* izdaja 06, jun. 2021, IJS
[xiii] *Analiza in izračun vsebnosti tritija (LSC-DN-07),* izdaja 08, apr. 2023, IJS
[xiv] *Meritve vsebnosti radionuklidov s tekočinskoscintilacijskim števcem Quantulus (LSC-DN-08)*, izdaja 02, jun. 2020, IJS

d) RADIOKEMIJSKA 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), 11. izdaja, jun. 2023 , IJS
[xvii] *Navodilo za uporabo tekočinsko scintilacijskega števca TRICARB 3170 TR/SL*, D-O2-STC(02), 6. izdaja, feb. 2020, IJS
[xviii] *Navodilo za uporabo tekočinsko scintilacijskega števca Quantulus 1220*, DP-O2-STC(04), 2. izdaja, feb. 2020, IJS

e) RADIOKEMIJSKA ANALIZA C-14 (Odsek F-2)

Ogljik C-14 v bioloških vzorcih določamo po postopku LSC-DN-13 [xix]. Biološke vzorce posušimo na 60 °C do konstantne teže, homogeniziramo in zmeljemo. Tako pripravljen vzorec sežgemo v sežigalni napravi ob dodatku kisika in nastali CO_2 vežemo na zmes CarbonTrap-a in CarbonCount-a (Meridian). Aktivnost C-14 merimo z tekočinskoscintilacijskim števcem Quantulus 1220 (PerkinElmer) [xx]. Za kalibracijo števca uporabljamo certificiran standard proizvajalca Eckert&Ziegler Analytics, za dodatno kontrolo pa certificirane pripravke Perkin Elmerja.

Reference:

[xix] *Določitev vsebnosti C-14 (LSC-DN-13)*, izdaja 03, dec. 2022, IJS
[xx] *Meritve vsebnosti radionuklidov s tekočinskoscintilacijskim števcem Quantulus(LSC-DN-08)*, izdaja 02, jun. 2020, IJS

f) TERMOLUMINISCENČNA DOZIMETRIJA (Odsek F-2)

Sistem za termoluminiscenčno (TL) dozimetrijo sestavljajo računalniško kontroliran merilni sistem MR 200 C, veliko število dozimetrov in pečica za brisanje dozimetrov. Sistem omogoča enostavno, hitro in natančno merjenje doz sevanja v okolju in osebni dozimetriji. Za okoljske dozimetre uporabljamo dozimetre tipa TLD-IJS-05 (iz CaF_2: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* [xxiii]. Karakteristike sistema za TL-dozimetrijo so podrobno opisane v delovnih poročilih IJS [xxi, xxii].

Reference:

[xxi] *Validacija termoluminiscenčnega sistema TLD IJS MR 200 C po standardu IEC/CEI 61066*, IJS-DP-10126, feb. 2009
[xxii] *Validacija termoluminiscenčnega sistema TLD IJS MR 200 C po standardu IEC/CEI 62387*, IJS-DP-11217, jan. 2013
[xxiii] *Čitanje (merjenje) termoluminiscenčnih dozimetrov (TLD) (TLD-DN-02)*, izdaja 12, apr. 2020 in izdaja 13, maj 2025, IJS

INSTITUT RUĐER BOŠKOVIĆ

Institut Ruđer Bošković, *Laboratorij za radioekologijo* je novembra 2008 prejel prvo akreditacijo po standardu HRN EN ISO/IEC 17025:2007 pod številko 1162 pri Hrvatski akreditacijski agenciji (HAA). Novembra 2020 je potrdil usposobljenost skladno z novo izdajo standarda HRN EN ISO/IEC 17025:2017 pod isto zaporedno številko 1162 za določanje vsebnosti radionuklidov z visokoločljivostno spektrometrijo gama in vsebnosti Sr-89/Sr-90 po radiokemijski metodi v vzorcih iz okolja in proizvodih, vključno s hrano in pitno vodo ter za določanje tritija, skupne aktivnosti sevalcev alfa in beta ter Fe-55 v vodnih vzorcih.

Referenca:

[xxiv] Priručnik sustava upravljanja kvalitetom PK (izdaja 2), Institut Ruđer Bošković, 2021

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 7.2/1 [xxv]. Izkoristke detektorjev merimo s certificiranim standardi ČMI, ANALYTICS in LEA-CERCA, skladno z zahtevami, predpisanimi v postopkih in delovnih navodilih PS 7.2/1 in RU 7.2/1-1 [xxv, xxvi] ali matematično z uporabo programske opreme ISOX/LABSOCS. Meritve so bile opravljene po postopku, opisanem v PS 7.2/1 in RU 7.2/1-1. Negotovosti rezultatov so ocenjene v skladu s postopkoma PS 7.6/1 [xxvii] in PS 7.2/1 [xxv].

Spodnja meja detekcije in minimalna aktivnost, ki so določene z intervalom zaupanja 95 %, je za izmerjene vzorce opisana v PS 7.2/1, izdaji 1, in RU 7.2/1-1, izdaji 2.

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:

[xxv] SUK PS 7.2/1, Gama spektrometrijska određivanja, Institut Ruđer Bošković, izdaja 1, 2020
[xxvi] SUK RU 7.2/1-1, Gama spektrometrijska određivanja, Institut Ruđer Bošković, izdaja 2, 2022
[xxvii] SUK PS 7.6/1, Vrednovanje mjerne nesigurnosti, izdaja 1, 2020

b) RADIOKEMIJSKA ANALIZA Sr-90/Sr-89

Določanje stroncija v okoljskih vzorcih (voda, hrana in krma, tla in sedimenti) temelji na raztapljanju vzorca v ustreznih raztopinah in uporabi ionskih izmenjevalcev [xxviii, xxix]. Radiokemična separacija temelji na ločitvi stroncija od kalcija na koloni, napolnjeni z anionskim izmenjevalcem Serdolite CG-400, Dowex1x8 ali drugim primernim in raztopino 0,25 M HNO_3 v metanolu [xxx]. Izkoristek separacije določimo gravimetrično s tehtanjem oborine $SrCO_3$. Aktivnosti beta izmerimo 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 postopku PS 7.2/2 [xxxi] in v delovnem navodilu RU 7.2/2-1 [xxxii], izračun merilne negotovosti pa je opisan v PS 7.2/2 in PS 7.6/1 [xxxi, xxvii].

Reference:

[xxviii] IAEA, Technical Reports Series No. 295, Measurement of radionuclides in food and the environment, 1989
[xxix] Ž. Grahek, K. Košutić, M. Rožmarić - Mačefat, *Strontium isolation from natural samples with Sr resin and subsequent determination of Sr-90*, Journal of Radioanalytical & Nuclear Chemistry, 268 (2006), 179–190
[xxx] Ž. Grahek et al, *Improved methods for the radioactive strontium determination*, Journal Radioanal. Nucl. Chem., 242 (1999), 33–40
[xxxi] SUK PS 7.2/2, Određivanje ^{89,90}Sr, Institut Ruđer Bošković, izdaja 2, 2023
[xxxii] SUK RU 7.2/2-1, Određivanje ^{89,90}Sr, Institut Ruđer Bošković, izdaja 2, 2023

c) RADIOKEMIJSKA ANALIZA H-3

Tritij določamo v zračnih izpustih in v vodnih vzorcih po postopkih, ki so natančno opisani v referencah [xxxiii–xxxvii]. 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 ali QuantulusTM GCT 6220 (Perkin Elmer). Ozadje je nižje od 3 sunkov na minuto. Izkoristek določamo z uporabo certificiranih "quench" standardov H-3 (Perkin Elmer).

Reference:

[xxxiii] Reference Manual TRI-CARB Liquid Scintillation Analyzer, Model 3180 TR/SL Series, Perkin Elmer, 2011; Model QuantulusTM GCT 6220, Perkin Elmer, 2019
[xxxiv] IAEA, Technical Reports Series No. 295, Measurement of radionuclides in food and the environment, 1989
[xxxv] SUK PS 7.6/1, Vrednovanje mjerne nesigurnosti, izdaja 1, 2020
[xxxvi] SUK PS 7.2/3, Određivanje tritija, Institut Ruđer Bošković, izdaja 2, 2023
[xxxvii] SUK RU 7.2/3-1, Određivanje tritija, Institut Ruđer Bošković, izdaja 2, 2022

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 7.2/4 in delovnem navodilu RU 7.2/4-1 [xxxviii, xxxix]. Aktivnost Fe-55 v vzorcih se izmeri s spektrometrom Liquid Scintilation Spectrometra TriCarb 3180 TR/SL ali QuantulusTM GCT 6220 (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 7.2/4, RU 7.2/4-1 ter v referencah [xl, xli].

Reference:
[xxxviii] SUK PS 7.2/4, Određivanje ^{55}Fe, Institut Ruđer Bošković, izdaja 2, 2023
[xxxix] SUK RU 7.2/4-1, Određivanje ^{55}Fe, Institut Ruđer Bošković, izdaja 2, 2023
[xl] 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
[xli] 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 IN RADIOFOTOLUMINISCENČNA DOZIMETRIJA

Meritve zunanje doze na 10 lokacijah na Hrvaškem so opravljene s termoluminiscenčnimi (TLD) in radiofotoluminiscenčnimi (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), ki je bila umerjena avgusta 2021 v dozimetričnem laboratoriju PTB z meroslovno sledljivosjo k primarnom standardu. Hitrost doze je izmerjena v enotah kerma v zraku ter preračunana v enote $H^*(10)$ v skladu s standardom ISO 4037 (2019). Umerjanje se izvaja skladno s standardom *IAEA SRS 16:2000.*

Reference:
[xlii] IEC 62387:2020, *Radiation Protection Instrumentation – Dosimetry Systems with Integrating Passive Detectors for Individual, Workplace and Environmental Monitoring of Photon and Beta Radiation,* International Electrotechnical Commission, Geneva
[xliii] M. Ranogajec Komor, *Passive solid state dosimeters in environmental monitoring,* G. A. Aycik (Ed.), New Techniques for the Detection of Nuclear and Radioactive Agents, NATO Security through Science Series B: Physics and Biophysics, 2009
[xliv] Ž. Knežević, M. Majer, Z. Baranowska, O. Ciraj Bjelac, G. Iurlaro, N. Kržanović, F. Mariotti, M. Nodilo, S. Neumaier, K.Wołoszczuk, M. Živanović, *Investigations into the basic properties of different passive dosimetry systems used in environmental radiation monitoring in the aftermath of a nuclear or radiological event,* 146 (2021) 106615 doi:10.1016/j.radmeas.2021.106615

e) RADIOKEMIJSKA ANALIZA C-14

Radiokemijsko analizo ogljika C-14 opravlja *Laboratorij za mjerenje niskih radioaktivnosti, Zavod za eksperimentalnu fiziku*, IRB. *Laboratorij* je v juliju 2021 pridobil akreditacijo pri Hrvatski akreditacijski agenciji (HAA) v skladu s standardom HRN EN ISO/IEC 17025:2017 pod zaporedno številko 1667 za določanje relativne specifične aktivnosti C-14 in datiranje z uporabo C-14 [xlv].

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) [xlvi–l]. 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 C-14, ki jo lahko izmerimo preko meritve absorbiranega CO_2, je 4,9 pMC. Skupna merilna negotovost je okoli 4,9 pMC.

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 [xlv, xlvi, li, lii]. 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 C-14 se kontrolira čistoča vzorca z meritvijo SQP-parametra (SQP = Standard Quench Parameter), s katerim se opravi korekcija zaradi dušenja. Najniža aktivnost C-14, ki jo lahko določimo v vzorcih benzena, je 0,29 pMC, skupna merilna negotovost za vzorce iz okolja pa je 0,5 pMC.

Reference:

[xlv] LNA-PS 7.2/1 Određivanje relativne specifične aktivnosti ^{14}C/starosti tehnikom LSC, Izdanje 5, Institut Ruđer Bošković, 2024

[xlvi] 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

[xlvii] 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

[xlviii] 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

[xlix] LNA-RU 7.2/1-3 Spaljivanje organskog uzorka, Izdanje 2, Institut Ruđer Bošković, 2023.

[l] LNA-RU 7.2/1-5 Apsorpcija CO_2, Izdanje 3, Institut Ruđer Bošković, 2026.

[li] 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

[lii] LNA-RU 7.2/1-6 Sinteza benzena, Izdanje 2, Institut Ruđer Bošković, 2023.

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 17025:2017 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 o izvajanju monitoringa radioaktivnosti v okolici NE Krško v letu 2025* z oznako LMSAR-20240006-10-AŽ z dne 13. 2. 2026 o vseh meritvah, opravljenih na ZVD v okviru pogodb NEK št. 3240174 z dne 24. 1. 2024 ter napisano v skladu z zahtevami standarda SIST EN ISO/IEC 17025:2017, 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-1.01, 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 threshold for ionizing radiation measurements

Sledljivost rezultatov dosegamo s kalibracijskimi standardi specifičnih geometrij in matrik, ki so podobne vzorcem, ki jih merimo za naše naročnike. Te standarde naročamo pri organizacijah, ki so akreditirane za pripravo teh standardov (npr. Eckert Ziegler Analytics iz ZDA in AEA Technology QSA GmbH iz Nemčije).

Vse sistematske vplive, kot so razlike v gostoti vzorcev, parametri, 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-0.02)
- Priprava bioloških in nebioloških vzorcev za gamaspektrometrično in radiokemično analizo (DP-LMSAR-0.03)
- 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-5.01)
- Kalibracija beta števca za določitev specifične aktivnosti I-131 (DP-LMSAR-5.02)

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-5.02.

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 2013/59/EURATOM z dne 5. decembra 2013 o določitvi temeljnih varnostnih standardov za varstvo pred nevarnostmi zaradi ionizirajočega sevanja, 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 posamično odvzetih vzorcih so preračunane na datum vzorčevanja.

   Specifične aktivnosti sevalcev gama pri neprekinjeno 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:

$$A\,/\,(\mathrm{Bq}) = \int_0^T \dot{V}\,/\,(\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{s}})\cdot a(t)\,/\,(\frac{\mathrm{Bq}}{\mathrm{m}^3})\cdot \mathrm{d}t\,/\,(\mathrm{s}) = \left(\dot{V}\cdot T\right)\frac{1}{T}\int_0^T a(t)\cdot \mathrm{d}t = V_T\cdot\left\langle a(t)\right\rangle = V_T\cdot a_T$$

   kjer sta $V_T = \left(\dot{V}\cdot T\right)$ v času T vnesena količina (volumen) medija v organizem in $\left\langle a(t)\right\rangle = a_T$ 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 neprekinjenega vzorčevanja vzorcev reke Save, saj se vzorec zbira dnevno, meritev sestavljenega vzorca pa je opravljena le enkrat mesečno. S takšnim načinom vzorčevanja in periode izvajanja meritev lahko izgubimo informacijo o morebitnih izpustih iz opazovanega objekta. Res je, da neprekinjeno 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), 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 se je treba zavedati, da gre za letno vsoto obdobnih specifičnih aktivnosti, deljeno s številom meritev.

Program nadzora radioaktivnosti v mediju mora 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:

$$a_T = \frac{1}{N \cdot \nu} \cdot \sum_{j=1}^{N} \nu \cdot a_j = \langle a \rangle$$

Kadar računamo vneseno aktivnost za neko obdobje (npr. leto) iz zaporedja ločenih (diskretnih) meritev (npr. mesečnih sestavljenih vzorcev; T = mesec), nadomestimo zgornji izraz z vsoto:

$$A_{\text{leto}} = \sum_{i=1}^{12} V_{\text{mes}} \cdot a_{\text{mes},i} = V_{\text{mes}} \sum_{i=1}^{12} a_{\text{mes},i} = \left(V_{\text{mes}} \cdot 12\right) \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} a_{\text{mes},i}$$

$$A_{\text{leto}} = V_{\text{leto}} \cdot \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} a_{\text{mes},i}$$

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.):

$$\left(E\right)_j = h(g)_{j,\text{ing, inh}} \cdot V_{\text{leto}} \cdot \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} \left(a_{\text{mes},i}\right)_j$$

kjer je $h(g)_{j,\text{ing, inh}}$ 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:

$$\frac{\left(\delta E_{\text{mes}}\right)_j}{\left(E_{\text{mes}}\right)_j} = \sqrt{\left(\frac{\delta h(g)_{j,\text{ing, inh}}}{h(g)_{j,\text{ing, inh}}}\right)^2 + \left(\frac{\delta V_{\text{mes}}}{V_{\text{mes}}}\right)^2 + \left(\frac{\delta\left(a_{\text{mes}}\right)_j}{\left(a_{\text{mes}}\right)_j}\right)^2}$$

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:

$$\Delta E = \sqrt{\sum_j \frac{\sum_{\text{mes}} \left(E_{\text{mes}} - E\right)_j^2}{11}}$$

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:

$\overline{a}_{\text{leto},\,j} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} a_{i,j}$, 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, določimo iz faktorja za izhajanje radona iz vzorca 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 – posamični 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 – posamični 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 – posamični ali sestavljeni mesečni vzorci
– izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3

MEDSAVE (R Hrvaška)	T – V3	M–27
ŠIBICE (R Hrvaška)	T – V4	M–28
PETRUŠEVEC (R Hrvaška)	T – 36	M–29

5. PADAVINE – mesečni vzorci
– izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3

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

6. SUHI USEDI – mesečni vzorci
– izotopska analiza sevalcev gama

SUHI USED – vazelinske plošče	T – 42	M–41

*) Meritve iz lastne raziskovalne dejavnosti, ki niso bile financirane iz programov nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju RS ali NEK

7. ZRAK – zračni jod ter aerosoli
– izotopska analiza sevalcev gama

PREGLED MERITEV JODA V ZRAKU	T – 43	M–46
SPODNJI STARI GRAD	T – 44	M–47
STARA VAS	T – 45	M–48
LESKOVEC	T – 46	M–49
BREGE	T – 47	M–50
VIHRE	T – 48	M–51
GORNJI LENART	T – 49	M–52
LIBNA	T – 50	M–53
DOBOVA	T – 51	M–54
STARA VAS (Sr-89/Sr-90)	T – 45	M–55
LJUBLJANA *)	T – 52	M–56

8. DOZA ZUNANJEGA SEVANJA

TL-dozimetri v okolici NEK in na ograji NEK	T – 53	M–58
TL-dozimetri v Republiki Sloveniji	T – 54	M–62
TL-dozimetri v Republiki Hrvaški	T – 55	M–64
Merilniki hitrosti doze z neprekinjenim zbiranjem	T – 56	M–65
Izračun razredčitvenih in depozicijskih koeficientov po Lagrangeevem modelu (MEIS storitve za okolje)		M–69

9. ZEMLJA – posamični vzorci
– izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89

GMAJNICE – neobdelana zemlja	T – 57	M–72
KUSOVA VRBINA – neobdelana zemlja	T – 59	M–74
AMERIKA – neobdelana zemlja	T – 60	M–76

10. MLEKO – posamični ali sestavljeni mesečni vzorci
– izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90 in I-131

PESJE	T – 61	M–80
VELIKA VAS PRI KRŠKEM	T – 62	M–81
BREGE	T – 63	M–82
PESJE, VELIKA VAS PRI KRŠKEM, BREGE (I-131)	T – 64	M–83

11. SADJE – posamični vzorci
– izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89

JABOLKA	T – 65	M–83
HRUŠKE	T – 66	M–84
JAGODE	T – 67	M–84
RDEČE IN BELO GROZDJE, ŠIPEK TER BEZEG	T – 68	M–85

*) Iz programa nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju RS

12. POVRTNINE IN POLJŠČINE – posamični vzorci
– izotopska analiza sevalcev gama in
specifična analiza Sr-90/Sr-89

BUČKE, FEFERONI, BLITVA, KORENJE IN PARADIŽNIK	T – 69	M–85
ČESEN, ČEBULA, PAPRIKA, BOB IN ZELJE	T – 70	M–86
KROMPIR, KUMARE, MELANCANI, ZELENA IN POR	T – 71	M–86
KORUZA, PŠENICA, PŠENICA, JEČMEN IN OVES	T – 72	M–87

13. MESO IN KOKOŠJA JAJCA – posamični vzorci
– izotopska analiza sevalcev gama in
specifična analiza Sr-90/Sr-89

KOKOŠJE MESO IN JAJCA	T – 73	M–87
SVINJSKO, GOVEJE IN DIVJAČINSKO MESO	T – 74	M–88

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–90

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–92
HE BREŽICE, desni breg	T – HE 4	M–93

1. REKA SAVA – posamični vzorci nefiltrirane vode
– izotopska analiza sevalcev gama in
specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3

HE BREŽICE, nad jezom	T – HE 5	M–94
HE BREŽICE, nadomestni habitat NH1	T – HE 6	M–94

2. REKA SAVA – sedimenti
– izotopska analiza sevalcev gama in
specifična analiza Sr-90/Sr-89

HE BREŽICE, nad jezom	T – HE 7	M–96
HE BREŽICE, levi breg	T – HE 8	M–97
HE BREŽICE, desni breg	T – HE 9	M–98

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–99
HE BREŽICE, nad jezom v akumulaciji	T – HE 11	M–99

3. PODTALNICA – posamični vzorci vode
specifična analiza H-3

Vrbina - vrtina VOP-1/06	T – HE 12	M–100
Amerika - vrtina V-12/77	T – HE 13	M–100
Gmajnice - vrtina V-7/77	T – HE 14	M–100

TABELE REZULTATOV PRIMERJALNIH MERITEV M–101

1. VODA - REKA SAVA

VODA - SESTAVLJENI MESEČNI VZORCI
VODA - POSAMIČNI VZORCI

2. SEDIMENTI
VODNA BIOTA – RIBE

LETO 2025 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)	142,20	146,95	148,08	153,40	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Pretok(m^3/s)	274,0	177,0	118,0	205,0	
Oznaka vzorca	NEKVKKK125	NEKVKKK225	NEKVKKK325	NEKVKKK425	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)				
U-238	3,7E+00 ± 7E-01	2,2E+00 ± 5E-01	1,4E+00 ± 1E+00	1,7E+00 ± 6E-01	2,3E+00 ± 4E-01
Ra-226	1,1E+00 ± 6E-02	7,0E-01 ± 6E-02	7,0E-01 ± 1E-01	1,6E+00 ± 2E-01	1,0E+00 ± 6E-02
Pb-210	5,9E+00 ± 5E-01	7,3E-01 ± 3E-01	2,7E+00 ± 9E-01	6,4E+00 ± 1E+00	3,9E+00 ± 4E-01
Ra-228	1,1E+00 ± 9E-02		8,9E-01 ± 3E-01	4,1E-01 ± 1E-01	5,9E-01 ± 9E-02
Th-228	4,6E-01 ± 1E-01	3,6E-01 ± 1E-01	6,4E-01 ± 3E-01	4,4E-01 ± 1E-01	4,7E-01 ± 9E-02
Th-230					
K-40	3,0E+01 ± 2E+00	2,3E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 2E+00	2,7E+01 ± 1E+00
Be-7	2,2E+01 ± 9E-01	3,1E+00 ± 5E-01	1,6E+01 ± 2E+00	4,5E+01 ± 4E+00	2,2E+01 ± 1E+00
I-131	1,9E+00 ± 9E-02				4,8E-01 ± 2E-02
Cs-134					
Cs-137	1,5E-01 ± 2E-02	1,1E-01 ± 4E-02	2,8E-01 ± 1E-01	1,0E-01 ± 3E-02	1,6E-01 ± 3E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Lu-177	3,9E+00 ± 4E-01				9,8E-01 ± 9E-02
Sr-90	8,4E-01 ± 9E-02	1,1E+00 ± 1E-01	7,8E-01 ± 8E-02	1,4E+00 ± 1E-01	1,0E+00 ± 5E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2025 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)	145,60	145,60	147,20	147,20	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Susp. snov (g/m^3)	9,84	12,45	25,20	7,35	
Oznaka vzorca	NEKFKKK125	NEKFKKK225	NEKFKKK325	NEKFKKK425	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)				
U-238					
Ra-226	3,9E-01 ± 5E-02	5,4E-01 ± 3E-01	4,8E-01 ± 1E-01	8,9E-01 ± 2E-01	5,7E-01 ± 1E-01
Pb-210	9,0E-01 ± 2E-01	2,1E+00 ± 9E-01	1,8E+00 ± 8E-01	8,0E+00 ± 3E+00	3,2E+00 ± 9E-01
Ra-228				5,6E-01 ± 5E-01 ‡	1,4E-01 ± 1E-01
Th-228			3,9E+00 ± 1E+00		9,9E-01 ± 3E-01
Th-230					
K-40	1,2E+00 ± 6E-01				3,1E-01 ± 1E-01
Be-7			2,3E+00 ± 9E-01		5,8E-01 ± 2E-01
I-131					
Cs-134					
Cs-137					
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,2E-01 ± 5E-02	2,6E-02 ± 1E-02	4,7E-02 ± 4E-02	2,5E-02 ± 1E-02	5,4E-02 ± 2E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2025 T - 1b

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Slovenija

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

Specifična analiza H-3 (**)

Vzorč. mesto	Krško						
Datum vzor.	1. 1. 2025 - 31. 1. 2025	1. 2. 2025 - 28. 2. 2025	1. 3. 2025 - 31. 3. 2025	1. 4. 2025 - 30. 4. 2025	1. 5. 2025 - 31. 5. 2025	1. 6. 2025 - 30. 6. 2025	
Datum meritve	5. 3. 2025	27. 3. 2025	24. 4. 2025	12. 6. 2025	18. 6. 2025	21. 7. 2025	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	
Oznaka vzorca	NEKVKK0125	NEKVKK0225	NEKVKK0325	NEKVKK0425	NEKVKK0525	NEKVKK0625	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
H-3	3,5E+02 ± 8E+01	3,6E+02 ± 8E+01	5,3E+02 ± 9E+01	3,1E+02 ± 8E+01	5,8E+02 ± 9E+01	6,4E+02 ± 9E+01	4,6E+02 ± 4E+01

Vzorč. mesto	Krško						
Datum vzor.	1. 7. 2025 - 31. 7. 2025	1. 8. 2025 - 31. 8. 2025	1. 9. 2025 - 30. 9. 2025	1. 10. 2025 - 31. 10. 2025	1. 11. 2025 - 30. 11. 2025	1. 12. 2025 - 31. 12. 2025	
Datum meritve	20. 8. 2025	8. 10. 2025	22. 10. 2025	12. 11. 2025	18. 12. 2025	20. 1. 2026	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	
Oznaka vzorca	NEKVKK0725	NEKVKK0825	NEKVKK0925	NEKVKK1025	NEKVKK1125	NEKVKK1225	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
H-3	3,9E+02 ± 9E+01	5,8E+02 ± 9E+01	4,2E+02 ± 9E+01	4,1E+02 ± 8E+01	4,2E+02 ± 9E+01	4,7E+02 ± 8E+01	4,5E+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 2025 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	
Kol. vzorca (L)	246,53	249,90	246,89	243,89	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Susp. snov (g/m³)	9,31	5,95	7,20	9,75	
Oznaka vzorca	NEKFBRK125	NEKFBRK225	NEKFBRK325	NEKFBRK425	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)				
Sr-90	4,8E-02 ± 5E-02	1,3E-02 ± 1E-02	2,5E-02 ± 3E-02	1,4E-02 ± 1E-02	2,5E-02 ± 1E-02

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

LETO 2025 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)	49,1	44,4	48,9	47,8	48,0	47,4	
Pretok(m^3/s)	256	171	385	238	199	92	
Oznaka vzorca	NEKVBR0125	NEKVBR0225	NEKVBR0325	NEKVBR0425	NEKVBR0525	NEKVBR0625	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
U-238			3,4E+00 ± 3E+00				5,6E-01 ± 5E-01
Ra-226	1,2E+00 ± 3E-01		9,3E-01 ± 4E-01	4,5E+00 ± 3E-01	1,1E+00 ± 6E-01	2,5E+00 ± 7E-01	1,7E+00 ± 2E-01
Pb-210	1,2E+01 ± 3E+00	7,8E+00 ± 3E+00	6,5E+00 ± 2E+00	1,9E+01 ± 2E+00	1,3E+01 ± 3E+00	3,6E+00 ± 3E+00	1,0E+01 ± 1E+00
Ra-228	2,3E+00 ± 7E-01	1,4E+00 ± 8E-01	3,1E+00 ± 1E+00	5,4E-01 ± 5E-01 ‡	1,3E+00 ± 7E-01		1,4E+00 ± 3E-01
Th-228			1,3E+01 ± 4E+00	1,2E+00 ± 5E-01		1,1E+00 ± 8E-01	2,5E+00 ± 7E-01
Th-230							
K-40	3,8E+01 ± 5E+00	7,0E+00 ± 4E+00	1,5E+01 ± 5E+00	2,5E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 5E+00	2,1E+01 ± 5E+00	2,2E+01 ± 2E+00
Be-7	2,8E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 2E+00	1,6E+01 ± 3E+00	3,8E+01 ± 2E+00	2,4E+01 ± 3E+00		2,3E+01 ± 9E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137							
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Lu-177				2,2E+01 ± 5E+00			3,7E+00 ± 8E-01
Sr-90	9,1E-01 ± 2E-01	1,1E+00 ± 2E-01	1,1E+00 ± 2E-01	1,1E+00 ± 2E-01	1,4E+00 ± 2E-01	6,1E-01 ± 2E-01	1,0E+00 ± 7E-02
H-3	1,7E+03 ± 1E+02	2,9E+03 ± 2E+02	4,8E+03 ± 3E+02	5,1E+02 ± 9E+01	4,0E+03 ± 3E+02	1,3E+04 ± 7E+02	4,5E+03 ± 1E+02

(*) 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.

LETO 2025 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)	78,33	84,62	83,58	86,64	82,28	80,98	
Susp. snov (g/m^3)	0,22	1,06	1,01	0,46	0,46	0,57	
Oznaka vzorca	NEKFBR0125	NEKFBR0225	NEKFBR0325	NEKFBR0425	NEKFBR0525	NEKFBR0625	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
U-238			2,3E+00 ± 2E+00		6,1E+00 ± 3E+00		1,4E+00 ± 6E-01
Ra-226	6,6E-01 ± 2E-01	1,8E+00 ± 1E-01	4,6E+00 ± 3E-01		5,5E-01 ± 5E-01		1,3E+00 ± 1E-01
Pb-210	3,8E+00 ± 2E+00	2,0E+00 ± 8E-01	9,7E+00 ± 4E+00	3,2E+00 ± 1E+00	1,4E+01 ± 6E+00	7,6E+00 ± 6E+00	6,7E+00 ± 2E+00
Ra-228		3,9E-01 ± 2E-01	1,0E+00 ± 4E-01			9,2E-01 ± 6E-01	3,9E-01 ± 1E-01
Th-228		2,9E-01 ± 2E-01	7,1E-01 ± 4E-01	5,2E-01 ± 3E-01			2,5E-01 ± 9E-02
Th-230							
K-40		2,9E+00 ± 1E+00	1,2E+01 ± 2E+00				2,4E+00 ± 5E-01
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	3,7E-01 ± 1E-01	1,9E-01 ± 8E-02	4,3E-01 ± 1E-01	3,1E-01 ± 1E-01	6,5E-01 ± 3E-01	6,5E-01 ± 3E-01	4,3E-01 ± 7E-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).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2025 T - 3b
1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrirane vode (voda + fina susp. snov)

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

Vzorč. mesto	Brežice						
Datum vzor.	julij	avgust	september	oktober	november	december	
Kol. vzorca (L)	46,8	51,0	47,3	48,2	47,2	49,5	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Pretok(m^3/s)	106	83	167	179	305	135	
Oznaka vzorca	NEKVBR0725	NEKVBR0825	NEKVBR0925	NEKVBR1025	NEKVBR1125	NEKVBR1225	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
U-238							2,8E-01 ± 2E-01
Ra-226	1,5E+00 ± 2E-01	3,3E+00 ± 1E+00	9,5E-01 ± 3E-01	1,2E+00 ± 8E-01	2,3E+00 ± 5E-01		1,6E+00 ± 2E-01
Pb-210	9,9E+00 ± 1E+00	3,3E+01 ± 4E+00	1,4E+01 ± 3E+00	1,3E+01 ± 3E+00	3,7E+00 ± 2E+00	2,6E+00 ± 3E+00 ‡	1,2E+01 ± 8E-01
Ra-228		2,4E+00 ± 6E-01	8,1E-01 ± 6E-01	1,2E+00 ± 8E-01			1,1E+00 ± 2E-01
Th-228					1,2E+00 ± 8E-01		1,4E+00 ± 4E-01
Th-230							
K-40	2,7E+01 ± 3E+00	4,3E+01 ± 5E+00	3,8E+01 ± 6E+00	3,9E+01 ± 6E+00	3,0E+01 ± 6E+00	1,2E+01 ± 4E+00	2,7E+01 ± 1E+00
Be-7	4,3E+01 ± 3E+00	1,1E+02 ± 5E+00	7,4E+01 ± 7E+00	2,0E+01 ± 3E+00	8,7E+00 ± 3E+00	1,4E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 1E+00
I-131							
Cs-134							
Cs-137							
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Lu-177							1,8E+00 ± 4E-01
Sr-90	7,5E-01 ± 1E-01	8,1E-01 ± 1E-01	1,0E+00 ± 2E-01	9,1E-01 ± 1E-01	1,1E+00 ± 1E-01	4,7E-01 ± 2E-01	9,3E-01 ± 5E-02
H-3	1,5E+04 ± 8E+02	1,7E+04 ± 9E+02	8,4E+03 ± 5E+02	3,4E+03 ± 2E+02	8,2E+02 ± 1E+02	1,2E+03 ± 1E+02	6,1E+03 ± 1E+02

(*) 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.

LETO 2025 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)	78,13	79,91	88,85	84,48	80,09	79,32	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Susp. snov (g/m^3)	0,50	0,56	0,72	0,54	1,10	0,73	
Oznaka vzorca	NEKFBR0725	NEKFBR0825	NEKFBR0925	NEKFBR1025	NEKFBR1125	NEKFBR1225	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
U-238							7,0E-01 ± 3E-01
Ra-226	1,0E+00 ± 2E-01	7,1E-01 ± 2E-01	4,9E-01 ± 2E-01	2,2E+00 ± 3E-01		3,2E+00 ± 4E-01	1,3E+00 ± 7E-02
Pb-210	5,4E+00 ± 4E+00	4,1E+00 ± 2E+00	1,0E+01 ± 4E+00	3,6E+00 ± 1E+00	2,4E+00 ± 1E+00	3,2E+00 ± 1E+00	5,7E+00 ± 9E-01
Ra-228	5,4E-01 ± 4E-01		6,4E-01 ± 6E-01	7,1E-01 ± 4E-01			3,5E-01 ± 9E-02
Th-228	7,9E-01 ± 4E-01	8,0E-01 ± 4E-01	5,9E-01 ± 5E-01				3,1E-01 ± 8E-02
Th-230							
K-40	7,4E+00 ± 2E+00			1,3E+01 ± 3E+00			2,9E+00 ± 4E-01
Be-7	2,5E+00 ± 6E-01						2,1E-01 ± 5E-02
I-131							
Cs-134							
Cs-137	3,0E-01 ± 1E-01	5,3E-01 ± 2E-01	4,4E-01 ± 2E-01	3,5E-01 ± 1E-01	2,6E-01 ± 1E-01	3,8E-01 ± 2E-01	4,1E-01 ± 5E-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).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2025 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	
Kol. vzor. (L)	279,00	252,00	279,00	270,00	279,00	270,00	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Pretok (m^3/s)	345,0	225,0	542,0	337,0	280,0	112,0	
Oznaka vzorca	JFV01-25	JFV02-25	JFV03-25	JFV04-25	JFV05-25	JFV06-25	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
U-238	6,4E+00 ± 1E+00	7,9E+00 ± 2E+00	7,3E+00 ± 1E+00	5,7E+00 ± 1E+00	4,5E+00 ± 1E+00	5,6E+00 ± 1E+00	6,2E+00 ± 5E-01
Ra-226	1,0E+00 ± 3E-01	5,3E-01 ± 2E-01	1,3E+00 ± 3E-01	1,5E+00 ± 3E-01	1,5E+00 ± 3E-01	1,5E+00 ± 3E-01	1,2E+00 ± 1E-01
Pb-210							
Ra-228	9,8E-01 ± 4E-01	1,2E+00 ± 5E-01	1,4E+00 ± 5E-01	5,7E-01 ± 3E-01	1,5E+00 ± 5E-01	1,2E+00 ± 5E-01	1,1E+00 ± 2E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	1,6E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 4E+00	2,2E+01 ± 4E+00	2,7E+01 ± 4E+00	3,3E+01 ± 5E+00	2,4E+01 ± 2E+00
Be-7	2,0E+00 ± 9E-01			1,9E+00 ± 1E+00	1,8E+00 ± 1E+00	1,1E+00 ± 6E-01	1,1E+00 ± 3E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,1E-01 ± 7E-02						1,9E-02 ± 1E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Lu-177							
Sr-90	2,1E+00 ± 2E-01	2,1E+00 ± 2E-01	2,1E+00 ± 2E-01	1,9E+00 ± 2E-01	1,7E+00 ± 2E-01	1,6E+00 ± 2E-01	1,9E+00 ± 8E-02
H-3	1,2E+03 ± 2E+02	2,6E+03 ± 3E+02	1,7E+03 ± 2E+02	1,1E+03 ± 2E+02	2,8E+03 ± 3E+02	6,2E+03 ± 5E+02	2,6E+03 ± 1E+02

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

LETO 2025 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	
Kol. vzor. (L)	279,00	252,00	279,00	270,00	279,00	270,00	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Susp. snov (g/m^3)	6,5	2,7	10,5	3,9	5,6	5,7	
Oznaka vzorca	JST01-25	JST02-25	JST03-25	JST04-25	JST05-25	JST06-25	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
U-238	2,1E+00 ± 8E-01	8,3E-01 ± 7E-01					4,8E-01 ± 2E-01
Ra-226			5,0E-01 ± 2E-01	3,3E-01 ± 2E-01	6,7E-01 ± 2E-01	6,0E-01 ± 2E-01	3,5E-01 ± 7E-02
Pb-210							
Ra-228	6,6E-01 ± 4E-01		7,5E-01 ± 4E-01		7,0E-01 ± 4E-01	5,2E-01 ± 4E-01	4,4E-01 ± 1E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	2,6E+00 ± 2E+00		7,7E+00 ± 2E+00			3,2E+00 ± 2E+00	2,3E+00 ± 6E-01
Be-7			1,3E+00 ± 8E-01		3,0E+00 ± 1E+00	1,8E+00 ± 1E+00	1,0E+00 ± 3E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,4E-01 ± 7E-02	1,3E-01 ± 8E-02	2,3E-01 ± 8E-02	1,4E-01 ± 7E-02		1,2E-01 ± 7E-02	1,2E-01 ± 3E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

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

LETO 2025 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	
Kol. vzor. (L)	279,00	279,00	270,00	279,00	270,00	279,00	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Pretok (m^3/s)	128,0	98,0	202,0	232,0	412,0	174,0	
Oznaka vzorca	JFV07-25	JFV08-25	JFV09-25	JFV10-25	JFV11-25	JFV12-25	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
U-238	4,9E+00 ± 1E+00	5,5E+00 ± 1E+00	5,8E+00 ± 1E+00	6,2E+00 ± 1E+00	6,5E+00 ± 1E+00	5,5E+00 ± 1E+00	6,0E+00 ± 4E-01
Ra-226	2,0E+00 ± 4E-01	1,2E+00 ± 3E-01	1,4E+00 ± 3E-01	9,7E-01 ± 3E-01	1,0E+00 ± 3E-01	1,1E+00 ± 3E-01	1,3E+00 ± 8E-02
Pb-210							
Ra-228	1,6E+00 ± 5E-01	4,8E-01 ± 3E-01	9,6E-01 ± 4E-01	1,2E+00 ± 5E-01	1,1E+00 ± 5E-01	1,1E+00 ± 5E-01	1,1E+00 ± 1E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	4,5E+01 ± 6E+00	4,4E+01 ± 6E+00	3,2E+01 ± 5E+00	6,0E+01 ± 7E+00	3,3E+01 ± 5E+00	3,2E+01 ± 5E+00	3,2E+01 ± 1E+00
Be-7	2,5E+00 ± 1E+00		3,7E+00 ± 1E+00	2,8E+00 ± 1E+00	1,6E+00 ± 9E-01		1,4E+00 ± 2E-01
I-131			3,3E+00 ± 1E+00			2,3E+00 ± 8E-01	4,6E-01 ± 1E-01
Cs-134							
Cs-137							9,3E-03 ± 6E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Lu-177							
Sr-90	1,5E+00 ± 2E-01	1,8E+00 ± 2E-01	2,0E+00 ± 2E-01	2,5E+00 ± 2E-01	2,2E+00 ± 2E-01	1,6E+00 ± 2E-01	1,9E+00 ± 6E-02
H-3	1,3E+04 ± 1E+03	1,7E+04 ± 1E+03	6,2E+03 ± 6E+02	2,8E+03 ± 3E+02	8,0E+02 ± 1E+02	7,4E+02 ± 1E+02	4,7E+03 ± 2E+02

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

LETO 2025 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	
Kol. vzor. (L)	279,00	279,00	270,00	279,00	270,00	279,00	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Susp. snov (g/m^3)	3,7	1,9	5,0	5,3	14,4	1,8	
Oznaka vzorca	JST07-25	JST08-25	JST09-25	JST10-25	JST11-25	JST12-25	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
U-238		6,6E-01 ± 5E-01		1,7E+00 ± 1E+00	7,3E-01 ± 6E-01	7,3E-01 ± 6E-01	5,6E-01 ± 2E-01
Ra-226	2,8E-01 ± 2E-01	2,7E-01 ± 2E-01	1,3E+00 ± 3E-01		5,4E-01 ± 2E-01		3,8E-01 ± 5E-02
Pb-210							
Ra-228	4,4E-01 ± 3E-01				1,4E+00 ± 5E-01		3,8E-01 ± 8E-02
Th-228							
Th-230							
K-40				2,9E+00 ± 2E+00	1,1E+01 ± 3E+00		2,3E+00 ± 4E-01
Be-7	2,3E+00 ± 1E+00		2,0E+00 ± 7E-01		2,7E+00 ± 9E-01		1,1E+00 ± 2E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137				1,5E-01 ± 7E-02	3,3E-01 ± 1E-01		1,0E-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 2025 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/m^3)	6,7	5,1	3,5	7,1	
Oznaka vzorca	JST-I-25	JST-II-25	JST-III-25	JST-IV-25	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)				
Sr-90	2,3E-03	2,2E-03	2,2E-03	2,1E-03	2,2E-03 ± 5E-05 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(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 2025 T - 7
1. REKA SAVA – VODA - posamični vzorci nefiltrirane vode

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

Vzorč. mesto	Krško				
Datum vzor.	11. 2. 2025	16. 5. 2025	17. 9. 2025	28. 11. 2025	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	45,80	46,40	48,12	48,30	
Oznaka vzorca	RSKKK125	RSKKK225	RSKKK325	RSKKK425	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)				
U-238	4,2E+00 ± 2E+00	2,0E+01 ± 5E+00		8,2E+00 ± 3E+00	8,1E+00 ± 1E+00
Ra-226	1,7E+00 ± 2E-01		2,5E+00 ± 6E-01	4,1E+00 ± 5E-01	2,1E+00 ± 2E-01
Pb-210	3,8E+00 ± 2E+00	6,3E+00 ± 3E+00	1,3E+01 ± 3E+00	1,5E+01 ± 3E+00	9,6E+00 ± 1E+00
Ra-228	1,6E+00 ± 4E-01		1,5E+00 ± 9E-01	5,2E+00 ± 6E-01	2,1E+00 ± 3E-01
Th-228		1,2E+00 ± 8E-01		3,5E+00 ± 6E-01	1,2E+00 ± 2E-01
Th-230					
K-40	1,4E+01 ± 3E+00	1,8E+01 ± 5E+00	4,1E+01 ± 8E+00		1,8E+01 ± 2E+00
Be-7			1,3E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 3E+00	9,5E+00 ± 1E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	3,3E-01 ± 1E-01	9,9E-01 ± 4E-01	4,5E-01 ± 2E-01	1,0E+00 ± 1E-01	7,0E-01 ± 1E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Lu-177		2,6E+02 ± 8E+00			6,4E+01 ± 2E+00
Sr-90	6,0E-01 ± 2E-01	6,3E-01 ± 1E-01	2,2E+00 ± 3E-01	1,1E+00 ± 2E-01	1,1E+00 ± 1E-01
H-3*	5,2E+02 ± 3E+01	5,6E+02 ± 3E+01	6,3E+02 ± 3E+01	4,9E+02 ± 3E+01	5,5E+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 radiokemijska analiza Sr-90/Sr-89 sta bili opravljeni na ZVD, analiza H-3 pa na IJS na Odseku F-2.

LETO 2025 T - 9

1. REKA SAVA – VODA - posamični vzorci nefiltrirane vode

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

Vzorč. mesto	Brežice				
Datum vzor.	11. 2. 2025	16. 5. 2025	17. 9. 2025	28. 11. 2025	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	50,30	51,50	51,10	51,05	
Oznaka vzorca	RSBRK125	RSBRK225	RSBRK325	RSBRK425	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)				
U-238	3,3E+00 ± 2E+00	6,8E+00 ± 2E+00	3,6E+00 ± 3E+00 ‡		3,4E+00 ± 1E+00
Ra-226	1,2E+00 ± 3E-01	8,3E-01 ± 3E-01		8,4E-01 ± 3E-01	7,2E-01 ± 1E-01
Pb-210	3,3E+00 ± 3E+00	5,3E+00 ± 2E+00	4,6E+00 ± 2E+00	5,2E+00 ± 2E+00	4,6E+00 ± 1E+00
Ra-228	2,1E+00 ± 6E-01	1,0E+00 ± 7E-01	1,1E+00 ± 1E+00 ‡		1,1E+00 ± 3E-01
Th-228		9,3E-01 ± 6E-01			2,3E-01 ± 1E-01
Th-230					
K-40	1,9E+01 ± 4E+00	2,8E+01 ± 4E+00	3,9E+01 ± 7E+00	2,4E+01 ± 4E+00	2,7E+01 ± 2E+00
Be-7			3,9E+00 ± 2E+00		9,9E-01 ± 4E-01
I-131		2,0E+00 ± 3E-01	2,9E+00 ± 5E-01		1,2E+00 ± 2E-01
Cs-134					
Cs-137					
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Lu-177		9,4E+01 ± 4E+00	6,0E+00 ± 2E+00	1,5E+01 ± 4E+00	2,9E+01 ± 1E+00
Sr-90	8,8E-01 ± 2E-01	1,1E+00 ± 2E-01	9,0E-01 ± 2E-01	7,5E-01 ± 1E-01	9,2E-01 ± 7E-02
H-3*	7,8E+02 ± 3E+01	6,7E+02 ± 3E+01	2,3E+04 ± 7E+02	5,9E+02 ± 4E+01	6,4E+03 ± 2E+02

(*) 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.

LETO 2025 T - 10

1. REKA SAVA – VODA - posamični vzorci nefiltrirane vode

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

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Datum vzor.	11. 2. 2025	16. 5. 2025	17. 9. 2025	28. 11. 2025	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	43,55	44,60	44,00	44,65	
Oznaka vzorca	RSJEK125	RSJEK225	RSJEK325	RSJEK425	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)				
U-238		6,4E+00 ± 3E+00			1,6E+00 ± 8E-01
Ra-226	3,5E+00 ± 3E-01		1,6E+00 ± 4E-01	3,3E+00 ± 6E-01	2,1E+00 ± 2E-01
Pb-210	3,6E+00 ± 2E+00	5,6E+00 ± 2E+00	3,7E+00 ± 3E+00	1,2E+01 ± 3E+00	6,3E+00 ± 1E+00
Ra-228	4,8E+00 ± 5E-01		1,3E+00 ± 7E-01	2,9E+00 ± 1E+00	2,2E+00 ± 4E-01
Th-228	7,5E-01 ± 6E-01	1,4E+00 ± 8E-01		8,9E-01 ± 6E-01	7,7E-01 ± 3E-01
Th-230					
K-40	3,6E+01 ± 4E+00	2,7E+01 ± 5E+00	3,0E+01 ± 5E+00	1,8E+01 ± 5E+00	2,8E+01 ± 2E+00
Be-7	4,1E+00 ± 2E+00		1,7E+01 ± 2E+00	4,7E+00 ± 2E+00	6,5E+00 ± 8E-01
I-131					
Cs-134					
Cs-137					
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Lu-177		3,1E+01 ± 4E+00			7,7E+00 ± 1E+00
Sr-90	1,2E+00 ± 2E-01	5,6E-01 ± 2E-01	8,6E-01 ± 1E-01	1,4E+00 ± 2E-01	1,0E+00 ± 9E-02
H-3*	5,9E+02 ± 3E+01	5,8E+02 ± 3E+01	2,0E+04 ± 6E+02	5,9E+02 ± 3E+01	5,3E+03 ± 1E+02

(*) 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.

LETO 2025 T - 11
1. REKA SAVA – VODA - posamični 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-25	PO-II-25	PO-III-25	PO-IV-25	(za celo leto) (*)
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m3)				
H-3	2,2E+03 ± 2E+02	5,3E+02 ± 1E+02	9,5E+02 ± 2E+02	5,8E+02 ± 1E+02	1,1E+03 ± 9E+01

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

LETO 2025 T - 12
2. REKA SAVA – SEDIMENTI - posamični vzorci sedimentov

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Krško				
Datum vzor.	11. 2. 2025	16. 5. 2025	17. 9. 2025	28. 11. 2025	Četrtletno povprečje
Kol. vzor. (g)	439,60	270,40	407,80	566,10	(za celo leto) (*)
Oznaka vzorca	SDKKK125	SDKKK225	SDKKK325	SDKKK425	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	3,6E+01 ± 7E+00	3,6E+01 ± 8E+00	3,1E+01 ± 6E+00	3,2E+01 ± 8E+00	3,4E+01 ± 4E+00
Ra-226	3,3E+01 ± 8E-01	3,3E+01 ± 8E-01	3,1E+01 ± 6E-01	3,4E+01 ± 3E+00	3,3E+01 ± 7E-01
Pb-210	6,5E+01 ± 7E+00	7,2E+01 ± 7E+00	6,6E+01 ± 5E+00	7,2E+01 ± 1E+01	6,9E+01 ± 4E+00
Ra-228	3,3E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 1E+00	3,5E+01 ± 3E+00	3,3E+01 ± 9E-01
Th-228	3,0E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 1E+00	3,5E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 1E+00
Th-230					
K-40	4,0E+02 ± 2E+01	4,3E+02 ± 2E+01	4,1E+02 ± 2E+01	4,2E+02 ± 4E+01	4,2E+02 ± 1E+01
Be-7	1,5E+01 ± 2E+00	2,4E+01 ± 3E+00	3,2E+01 ± 2E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 1E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	4,7E+00 ± 3E-01	4,7E+00 ± 3E-01	4,3E+00 ± 2E-01	4,1E+00 ± 5E-01	4,4E+00 ± 2E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,4E-01 ± 1E-01 ‡	2,2E-01 ± 1E-01	1,3E-01 ± 1E-01	5,5E-02 ± 2E-02	1,4E-01 ± 5E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2025 T - 13
2. REKA SAVA – SEDIMENTI - posamični vzorci sedimentov

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Brežice				
Datum vzor.	11. 2. 2025	16. 5. 2025	17. 9. 2025	28. 11. 2025	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	136,00	200,20	341,10	400,90	
Oznaka vzorca	SDBRK125	SDBRK225	SDBRK325	SDBRK425	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,3E+01 ± 5E+00	2,5E+01 ± 6E+00	8,4E+01 ± 3E+01	1,5E+01 ± 5E+00	3,7E+01 ± 7E+00
Ra-226	3,0E+01 ± 7E-01	3,1E+01 ± 8E-01	2,8E+01 ± 7E-01	2,0E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 5E-01
Pb-210	4,6E+01 ± 5E+00	8,3E+01 ± 8E+00	6,0E+01 ± 6E+00	3,6E+01 ± 6E+00	5,6E+01 ± 3E+00
Ra-228	2,7E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 1E+00	1,6E+01 ± 2E+00	2,6E+01 ± 7E-01
Th-228	2,4E+01 ± 1E+00	2,9E+01 ± 2E+00	2,4E+01 ± 1E+00	1,6E+01 ± 2E+00	2,3E+01 ± 7E-01
Th-230					
K-40	3,2E+02 ± 2E+01	4,4E+02 ± 3E+01	3,5E+02 ± 2E+01	2,3E+02 ± 3E+01	3,3E+02 ± 1E+01
Be-7	1,5E+01 ± 2E+00	6,1E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 2E+00	2,7E+01 ± 4E+00	3,4E+01 ± 1E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	1,4E+00 ± 2E-01	2,5E+00 ± 4E-01	3,3E+00 ± 2E-01	8,0E-01 ± 3E-01	2,0E+00 ± 1E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	5,3E-02 ± 2E-02	7,7E-02 ± 3E-02	5,9E-02 ± 2E-02	1,4E-01 ± 9E-02	8,1E-02 ± 2E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2025 T - 14
2. REKA SAVA – SEDIMENTI - posamični vzorci sedimentov

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Datum vzor.	11. 2. 2025	16. 5. 2025	17. 9. 2025	28. 11. 2025	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	188,50	303,10	238,70	1.118,00	
Oznaka vzorca	SDJEK125	SDJEK225	SDJEK325	SDJEK425	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,6E+01 ± 5E+00	3,1E+01 ± 7E+00	2,5E+01 ± 5E+00	2,9E+01 ± 8E+00	2,8E+01 ± 3E+00
Ra-226	2,6E+01 ± 5E-01	3,5E+01 ± 8E-01	2,4E+01 ± 5E-01	3,0E+01 ± 2E+00	2,9E+01 ± 6E-01
Pb-210	3,6E+01 ± 3E+00	6,8E+01 ± 7E+00	4,0E+01 ± 4E+00	4,1E+01 ± 7E+00	4,6E+01 ± 3E+00
Ra-228	2,0E+01 ± 7E-01	3,0E+01 ± 1E+00	2,1E+01 ± 7E-01	2,5E+01 ± 2E+00	2,4E+01 ± 7E-01
Th-228	1,8E+01 ± 8E-01	2,7E+01 ± 1E+00	1,9E+01 ± 8E-01	2,1E+01 ± 2E+00	2,1E+01 ± 7E-01
Th-230					
K-40	2,8E+02 ± 1E+01	3,2E+02 ± 2E+01	2,4E+02 ± 1E+01	2,9E+02 ± 3E+01	2,8E+02 ± 1E+01
Be-7	4,9E+00 ± 8E-01	3,4E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 1E+00	4,4E+00 ± 2E+00	1,8E+01 ± 9E-01
I-131					
Cs-134					
Cs-137	2,0E+00 ± 1E-01	5,4E+00 ± 3E-01	3,7E+00 ± 2E-01	4,4E+00 ± 5E-01	3,9E+00 ± 2E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	9,8E-02 ± 8E-02 ‡	1,9E-01 ± 1E-01	8,2E-02 ± 3E-02	4,3E-02 ± 2E-02	1,0E-01 ± 3E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2025 T - 15/p
2. REKA SAVA – SEDIMENTI

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Krško pod mostom				
Datum vzor.	13. 2. 2025	15. 5. 2025	3. 9. 2025	11. 11. 2025	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	169,2	183,0	170,4	162,8	
Oznaka vzorca	SIZ02-25	SIZ05-25	SIZ09-25	SIZ11-25	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	3,5E+01 ± 9E+00	3,5E+01 ± 8E+00	4,2E+01 ± 9E+00	3,8E+01 ± 9E+00	3,7E+01 ± 4E+00
Ra-226	3,5E+01 ± 4E+00	3,4E+01 ± 4E+00	3,3E+01 ± 4E+00	3,5E+01 ± 4E+00	3,4E+01 ± 2E+00
Pb-210	6,1E+01 ± 1E+01	6,1E+01 ± 1E+01	7,4E+01 ± 1E+01	7,4E+01 1E+01	6,8E+01 ± 5E+00
Ra-228	3,4E+01 ± 5E+00	3,4E+01 ± 5E+00	3,2E+01 ± 4E+00	3,3E+01 ± 4E+00	3,3E+01 ± 2E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	4,4E+02 ± 5E+01	4,8E+02 ± 5E+01	3,9E+02 ± 4E+01	4,3E+02 ± 5E+01	4,3E+02 ± 2E+01
Be-7		2,6E+01 ± 7E+00	4,3E+01 ± 8E+00	5,7E+01 ± 9E+00	4,2E+01 ± 9E+00 x
I-131					
Cs-134					
Cs-137	5,1E+00 ± 7E-01	4,9E+00 ± 7E-01	4,7E+00 ± 7E-01	5,1E+00 ± 8E-01	4,9E+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).
(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 2025 T - 16/p1
2. REKA SAVA – SEDIMENTI

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Krško pod jezom NEK				
Datum vzor.	13. 2. 2025	15. 5. 2025	3. 9. 2025	11. 11. 2025	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	151,8	154,6	176,5	149,6	
Oznaka vzorca	SIS02-25	SIS05-25	SIS09-25	SIS11-25	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	3,6E+01 ± 9E+00	4,2E+01 ± 1E+01	3,3E+01 ± 8E+00	5,4E+01 ± 1E+01	4,1E+01 ± 5E+00
Ra-226	3,8E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 4E+00	4,0E+01 ± 5E+00	3,6E+01 ± 2E+00
Pb-210	6,6E+01 ± 1E+01	7,8E+01 ± 1E+01	4,3E+01 ± 8E+00	1,1E+02 ± 2E+01	7,4E+01 ± 6E+00
Ra-228	3,2E+01 ± 5E+00	3,6E+01 ± 5E+00	3,2E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 5E+00	3,5E+01 ± 2E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	4,8E+02 ± 5E+01	4,5E+02 ± 5E+01	4,4E+02 ± 5E+01	5,4E+02 ± 6E+01	4,8E+02 ± 3E+01
Be-7		4,4E+01 ± 9E+00		1,6E+01 ± 6E+00	1,5E+01 ± 3E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	6,9E+00 ± 1E+00	5,9E+00 ± 8E-01	4,3E+00 ± 8E-01	9,1E+00 ± 1E+00	6,5E+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 2025 T - 16/p2
2. REKA SAVA – SEDIMENTI

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Pesje				
Datum vzor.	13. 2. 2025	15. 5. 2025	3. 9. 2025	11. 11. 2025	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	102,8	125,1	105,0	107,7	
Oznaka vzorca	SPE02-25	SPE05-25	SPE09-25	SPE11-25	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	4,2E+01 ± 1E+01	3,2E+01 ± 9E+00	2,3E+01 ± 1E+01	3,6E+01 ± 1E+01	3,3E+01 ± 5E+00
Ra-226	3,5E+01 ± 4E+00	3,4E+01 ± 4E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,8E+01 ± 4E+00	3,0E+01 ± 2E+00
Pb-210	1,8E+02 2E+01	1,3E+02 2E+01	1,2E+02 ± 2E+01	1,4E+02 ± 2E+01	1,4E+02 ± 1E+01
Ra-228	3,4E+01 ± 5E+00	3,3E+01 ± 5E+00	2,2E+01 ± 4E+00	2,9E+01 ± 5E+00	3,0E+01 ± 2E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	4,7E+02 ± 5E+01	4,5E+02 ± 5E+01	2,9E+02 ± 4E+01	3,9E+02 ± 5E+01	4,0E+02 ± 2E+01
Be-7	5,4E+01 ± 2E+01	8,2E+01 ± 1E+01	1,1E+02 ± 2E+01	7,4E+01 ± 1E+01	8,0E+01 ± 9E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	9,7E+00 ± 1E+00	8,4E+00 ± 1E+00	5,7E+00 ± 9E-01	7,2E+00 ± 1E+00	7,7E+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 2025 T - 16/p3
2. REKA SAVA – SEDIMENTI

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Brežice				
Datum vzor.	13. 2. 2025	15. 5. 2025	3. 9. 2025	11. 11. 2025	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	175,0	204,3	180,2	167,6	
Oznaka vzorca	SBR02-25	SBR05-25	SBR09-25	SBR11-25	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,8E+01 ± 7E+00	3,3E+01 ± 7E+00	4,0E+01 ± 9E+00	3,6E+01 ± 9E+00	3,4E+01 ± 4E+00
Ra-226	3,2E+01 ± 4E+00	2,4E+01 ± 3E+00	3,3E+01 ± 4E+00	3,5E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 2E+00
Pb-210	4,9E+01 ± 9E+00	4,2E+01 ± 7E+00	6,3E+01 ± 1E+01	7,7E+01 1E+01	5,8E+01 ± 5E+00
Ra-228	3,0E+01 ± 4E+00	2,1E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 4E+00	3,5E+01 ± 5E+00	2,9E+01 ± 2E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	3,6E+02 ± 4E+01	2,4E+02 ± 3E+01	3,4E+02 ± 4E+01	4,0E+02 ± 4E+01	3,3E+02 ± 2E+01
Be-7		1,5E+01 ± 4E+00	2,7E+01 ± 6E+00	4,2E+01 ± 8E+00	2,1E+01 ± 3E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	3,7E+00 ± 7E-01	1,9E+00 ± 4E-01	5,9E+00 ± 8E-01	6,9E+00 ± 9E-01	4,6E+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 2025 T - 17/p
2. REKA SAVA – SEDIMENTI

Institut Ruđer Bošković

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Datum vzor.	13. 2. 2025	15. 5. 2025	3. 9. 2025	11. 11. 2025	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	178,8	196,5	193,0	172,6	
Oznaka vzorca	SJE02-25	SJE05-25	SJE09-25	SJE11-25	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	4,0E+01 ± 9E+00	4,0E+01 ± 8E+00	3,0E+01 ± 8E+00	4,7E+01 ± 1E+01	3,9E+01 ± 4E+00
Ra-226	3,0E+01 ± 4E+00	3,3E+01 ± 4E+00	2,6E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 2E+00
Pb-210	4,2E+01 ± 8E+00	6,6E+01 ± 1E+01	4,0E+01 ± 8E+00	8,2E+01 ± 1E+01	5,7E+01 ± 5E+00
Ra-228	2,4E+01 ± 4E+00	2,6E+01 ± 3E+00	1,9E+01 ± 3E+00	2,8E+01 ± 4E+00	2,4E+01 ± 2E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	2,9E+02 ± 3E+01	2,9E+02 ± 3E+01	2,6E+02 ± 3E+01	3,3E+02 ± 4E+01	2,9E+02 ± 2E+01
Be-7		2,2E+01 ± 5E+00	3,0E+01 ± 6E+00	3,5E+01 ± 8E+00	2,2E+01 ± 3E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	2,9E+00 ± 6E-01	4,6E+00 ± 6E-01	3,1E+00 ± 6E-01	4,5E+00 ± 7E-01	3,8E+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 2025 T - 18
2. REKA SAVA – SEDIMENTI

Institut Ruđer Bošković

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Podsused (R Hrvaška)				
Datum vzor.	13. 2. 2025	15. 5. 2025	3. 9. 2025	11. 11. 2025	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	190,8	207,6	193,0	198,8	
Oznaka vzorca	SPO02-25	SPO05-25	SPO09-25	SPO11-25	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,0E+01 ± 7E+00	2,8E+01 ± 7E+00	2,7E+01 ± 7E+00	2,9E+01 ± 7E+00	2,6E+01 ± 3E+00
Ra-226	2,1E+01 ± 3E+00	1,7E+01 ± 2E+00	1,9E+01 ± 2E+00	1,6E+01 ± 2E+00	1,9E+01 ± 1E+00
Pb-210	2,3E+01 ± 5E+00	1,9E+01 ± 5E+00	2,6E+01 ± 6E+00	2,0E+01 ± 5E+00	2,2E+01 ± 3E+00
Ra-228	1,5E+01 ± 2E+00	1,6E+01 ± 2E+00	1,3E+01 ± 2E+00	1,3E+01 ± 2E+00	1,4E+01 ± 1E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	1,6E+02 ± 2E+01	1,8E+02 ± 2E+01	1,6E+02 ± 2E+01	1,8E+02 ± 2E+01	1,7E+02 ± 1E+01
Be-7			7,1E+00 ± 3E+00	6,7E+00 ± 2E+00	3,4E+00 ± 1E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	4,9E-01 ± 3E-01		6,0E-01 ± 3E-01	3,9E-01 ± 3E-01	3,7E-01 ± 1E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	< 1,7E-01	< 1,6E-01	< 1,6E-01	< 1,4E-01	1,5E-01 ± 7E-03 x

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(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 2025 T - 19
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Krško				
Vrsta vzorca	Krap	Mrena	Mrena	Krap	Povprečje za vzorčevalno mesto (*)
Datum vzor.	14. 2. 2025	8. 5. 2025	1. 10. 1901	1. 12. 2025	
Masa vzorca (g)	414	398	588	696	
Oznaka vzorca	RIKKK125	RIKKK225	RIKKK325	RIKKK425	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238				7,2E-01 ± 3E-01	1,8E-01 ± 8E-02
Ra-226	8,2E-01 ± 8E-02			1,0E-01 ± 4E-02	2,3E-01 ± 2E-02
Pb-210	4,0E-01 ± 4E-01 ‡	4,5E-01 ± 3E-01	8,7E-01 ± 4E-01	4,0E-01 ± 2E-01	5,3E-01 ± 2E-01
Ra-228		4,0E-01 ± 1E-01		1,7E-01 ± 1E-01	1,4E-01 ± 4E-02
Th-228	1,3E-01 ± 1E-01 ‡			1,2E-01 ± 9E-02	6,2E-02 ± 3E-02
Th-230					
K-40	8,8E+01 ± 7E+00	1,3E+02 ± 9E+00	7,8E+01 ± 5E+00	6,1E+01 ± 7E+00	9,0E+01 ± 4E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137					
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,7E-02 ± 7E-03	1,7E-02 ± 7E-03	1,7E-02 ± 1E-02 ‡	3,3E-02 ± 3E-02 ‡	2,1E-02 ± 9E-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 2025 T - 21
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Brežice				
Vrsta vzorca	Mrena	Mrena	Krap	Podust	Povprečje za vzorčevalno mesto (*)
Datum vzor.	14. 2. 2025	8. 5. 2025	5. 8. 2025	1. 12. 2025	
Masa vzorca (g)	748	658	490	650	
Oznaka vzorca	RIBRK125	RIBRK225	RIBRK325	RIBRK425	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238					
Ra-226	3,3E-01 ± 3E-02	7,9E-02 ± 3E-02	1,8E-01 ± 4E-02		1,5E-01 ± 2E-02
Pb-210					
Ra-228		6,5E-02 ± 6E-02 ‡		1,5E-01 ± 6E-02	5,4E-02 ± 2E-02
Th-228		2,0E-01 ± 6E-02		1,8E-01 ± 6E-02	9,5E-02 ± 2E-02
Th-230					
K-40	8,0E+01 ± 4E+00	9,0E+01 ± 5E+00	5,4E+01 ± 4E+00	6,8E+01 ± 8E+00	7,3E+01 ± 3E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	5,7E-02 ± 2E-02	6,5E-02 ± 3E-02	1,2E-01 ± 5E-02	3,5E-02 ± 1E-02	6,9E-02 ± 2E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	8,6E-03 ± 3E-03	2,5E-02 ± 2E-02	1,8E-01 ± 4E-02	3,7E-02 ± 2E-02	6,1E-02 ± 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.

LETO 2025 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	Krap	Krap	Podust	
Datum vzor.	14. 2. 2025	8. 5. 2025	5. 8. 2025	1. 12. 2025	Povprečje za vzorčevalno mesto (*)
Masa vzorca (g)	474	624	640	710	
Oznaka vzorca	RIJEK125	RIJEK225	RIJEK325	RIJEK425	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238					
Ra-226	2,1E-01 ± 2E-02	1,1E-01 ± 4E-02	5,7E-02 ± 4E-02		9,5E-02 ± 2E-02
Pb-210					
Ra-228	1,5E-01 ± 4E-02		6,3E-01 ± 1E-01	3,5E-01 ± 1E-01	2,8E-01 ± 5E-02
Th-228	1,0E-01 ± 4E-02	7,7E-02 ± 7E-02 ‡		1,2E-01 ± 6E-02	7,6E-02 ± 3E-02
Th-230					
K-40	4,7E+01 ± 3E+00	8,3E+01 ± 5E+00	5,2E+01 ± 3E+00	7,6E+01 ± 8E+00	6,4E+01 ± 3E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137					
Co-58					
Co-60	1,5E-02 ± 6E-03	2,0E-02 ± 2E-02 ‡	6,5E-02 ± 4E-02	1,9E-02 ± 1E-02	3,0E-02 ± 1E-02
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,5E-02 ± 6E-03	2,0E-02 ± 2E-02 ‡	6,5E-02 ± 4E-02	1,9E-02 ± 1E-02	3,0E-02 ± 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.

LETO 2025 T - 22/p1
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Vrsta vzorca	Štuka	Šaran	Klen	Podust	
	Esox lucius	*Cyprinus carpio*	*Leuciscus cephalus*	*Chondrostoma nasus*	
Datum vzor.	19. 6. 2025	19. 6. 2025	24. 11. 2025	24. 11. 2025	Povprečje za vzorčevalno mesto (*)
Kol. vzor. (kg)	0,510	0,444	0,490	0,453	
Odstotek suhe snovi	21,70	24,52	25,73	25,33	
Oznaka vzorca	JE0625R1	JE0625R2	JE1125R1	JE1125R2	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238					
Ra-226	4,0E-01 ± 3E-01				1,0E-01 7E-02
Pb-210					
Ra-228			4,7E-01 ± 4E-01		1,2E-01 ± 1E-01
Th-228					
Th-230					
K-40	1,0E+02 ± 1E+01	9,0E+01 ± 1E+01	1,2E+02 ± 1E+01	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).

LETO 2025 T - 24
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Otok (R Hrvaška)				
Vrsta vzorca	Klen	Podust	Mrena	Nosara	
	Leuciscus cephalus	*Chondrostoma nasus*	*Barbus barbus*	*Vimba vimba*	
Datum vzor.	19. 6. 2025	19. 6. 2025	24. 11. 2025	24. 11. 2025	Povprečje za vzorčevalno mesto (*)
Kol. vzor. (kg)	0,449	0,423	0,478	0,490	
Odstoteksuhe snovi	22,68	24,87	26,48	25,18	
Oznaka vzorca	OT0625R1	OT0625R2	OT1125R1	OT1125R2	
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	1,1E+02 ± 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 2025 T - 25
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Podsused (R Hrvaška)				
Vrsta vzorca	Mrena	Podust	Štuka	Podust	
	Barbus barbus	*Chondrostoma nasus*	*Esox lucius*	*Chondrostoma nasus*	
Datum vzor.	19. 6. 2025	19. 6. 2025	24. 11. 2025	24. 11. 2025	Povprečje za vzorčevalno mesto (*)
Kol. vzor. (kg)	0,483	0,338	0,565	0,470	
Odstoteksuhe snovi	20,98	28,89	21,61	28,06	
Oznaka vzorca	PO0625R1	PO0625R2	PO1125R1	PO1125R2	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238			3,1E+00 ± 2E+00		7,7E-01 ± 4E-01
Ra-226	3,9E-01 3E-01				9,7E-02 ± 8E-02
Pb-210					
Ra-228					
Th-228					
Th-230					
K-40	8,3E+01 ± 1E+01	9,9E+01 ± 1E+01	1,2E+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. POSAMIČNI VZORCI PITNE VODE PODTALNICE

4. ČRPALIŠČA VODOVODA KRŠKO IN BREŽICE

LETO 2025 T - 28
3. VODOVOD KRŠKO – posamični 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.	19. 3. 2025	19. 6. 2025	18. 9. 2025	24. 11. 2025	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	52,90	47,87	49,84	48,19	
Oznaka vzorca	K25VD131	K25VD161	K25VD191	K25VD1B1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)				
U-238	2,4E+00 ± 1E+00	4,0E+00 ± 2E+00	2,0E+00 ± 2E+00 ‡	4,7E+00 ± 1E+00	3,3E+00 ± 8E-01
Ra-226	1,8E+00 ± 5E-01	1,2E+00 ± 4E-01	1,4E+00 ± 5E-01	2,1E+00 ± 1E+00	1,6E+00 ± 3E-01
Pb-210	4,4E-01 †	1,2E+00 ± 2E+00 ‡	1,6E+00 ± 2E+00 ‡	2,7E-01 †	8,7E-01 ± 3E-01 x
Ra-228	9,5E-01 ± 4E-01	3,6E-01 ± 4E-01 ‡	5,5E-01 ± 4E-01	4,4E-01 ± 5E-01 ‡	5,7E-01 ± 2E-01
Th-228	6,5E-01 ± 1E-01	3,1E-01 ± 3E-01 ‡	5,4E-01 ± 2E-01		3,8E-01 ± 1E-01
Th-230					
K-40	3,1E+01 ± 2E+00	3,2E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 3E+00	3,6E+01 ± 3E+00	3,3E+01 ± 1E+00
Be-7			3,3E+00 ± 1E+00	8,9E-01 ± 1E+00 ‡	1,0E+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	9,1E-01 ± 1E-01	9,9E-01 ± 1E-01	1,1E+00 ± 1E-01	1,2E+00 ± 1E-01	1,1E+00 ± 5E-02
H-3	5,0E+02 ± 9E+01	3,9E+02 ± 9E+01	3,5E+02 ± 9E+01	5,2E+02 ± 9E+01	4,4E+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 2025 T - 29
3. VODOVOD BREŽICE – posamični 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.	19. 3. 2025	19. 6. 2025	18. 9. 2025	24. 11. 2025	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	52,91	49,77	49,44	50,30	
Oznaka vzorca	K25VD331	K25VD361	K25VD391	K25VD3B1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)				
U-238	4,1E+00 ± 2E+00	1,8E+00 ± 5E-01	2,1E+00 ± 2E+00 ‡	3,1E+00 ± 7E-01	2,8E+00 ± 7E-01
Ra-226		1,1E+00 ± 4E-01	2,7E-01 ± 4E-01 ‡	4,3E-01 ± 3E-01	4,5E-01 ± 2E-01
Pb-210	2,4E+00 ± 2E+00	1,6E+00 ± 8E-01	3,1E+00 ± 2E+00	2,8E+00 ± 5E-01	2,5E+00 ± 7E-01
Ra-228		1,7E-01 ± 3E-01 ‡	6,7E-01 ± 7E-01 ‡		2,1E-01 ± 2E-01
Th-228	2,1E-01 ± 3E-01 ‡	1,6E-01 ± 1E-01		1,8E-01 ± 7E-02	1,4E-01 ± 8E-02
Th-230					
K-40	2,6E+01 ± 4E+00	1,8E+01 ± 2E+00	3,1E+01 ± 6E+00	2,0E+01 ± 2E+00	2,4E+01 ± 2E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	8,9E-02 ± 2E-01 ‡				2,2E-02 ± 4E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	4,1E-02 †	3,1E-01 ± 6E-02	3,5E-01 ± 7E-02	3,1E-01 ± 7E-02	2,5E-01 ± 7E-02 x
H-3	5,3E+01 †	5,5E+01 †	5,8E+01 †	5,3E+01 †	5,4E+01 ± 1E+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 2025 T - V1
3. VRTINA E1 V NEK – posamični vzorci

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Slovenija

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

Vzorč. mesto	NEK - vrtina E1				
Datum vzor.	19. 3. 2025	19. 6. 2025	18. 9. 2025	24. 11. 2025	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	49,50	47,75	47,22	48,47	
Oznaka vzorca	K25VRE131	K25VRE161	K25VRE191	K25VRE1B1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)				
U-238	3,7E+00 ± 2E+00	6,8E+00 ± 2E+00	2,3E+00 ± 7E-01	5,0E+00 ± 1E+00	4,4E+00 ± 8E-01
Ra-226		3,0E+00 ± 7E-01	2,6E+00 ± 5E-01	2,0E-01 ± 5E-01 ‡	1,5E+00 ± 2E-01
Pb-210	6,1E+00 ± 1E+00	6,8E-01 †	2,0E+00 ± 9E-01	3,3E-01 ± 9E-01 ‡	2,3E+00 ± 1E+00 x
Ra-228	1,2E+00 ± 2E-01	2,0E+00 ± 5E-01	1,7E+00 ± 3E-01	1,1E+00 ± 2E-01	1,5E+00 ± 2E-01
Th-228	1,1E+00 ± 2E-01	5,0E-01 ± 3E-01	3,0E-01 ± 2E-01	1,5E-01 ± 3E-01 ‡	5,0E-01 ± 1E-01
Th-230					
K-40	9,9E+01 ± 4E+00	1,0E+02 ± 5E+00	7,7E+01 ± 3E+00	9,7E+01 ± 4E+00	9,4E+01 ± 2E+00
Be-7	3,0E+00 ± 1E+00		1,6E+00 ± 2E+00 ‡	2,6E+00 ± 9E-01	1,8E+00 ± 5E-01
I-131					
Cs-134					
Cs-137					
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	3,8E+00 ± 2E-01	3,9E+00 ± 2E-01	3,6E+00 ± 2E-01	3,4E+00 ± 2E-01	3,7E+00 ± 1E-01
H-3	1,5E+03 ± 1E+02	1,6E+03 ± 1E+02	9,2E+02 ± 1E+02	8,2E+02 ± 1E+02	1,2E+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 2025 T - V2
3. VRTINA VOP-4 V VRBINI – posamični vzorci

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Slovenija

Specifična analiza H-3 (**)

Vzorč. mesto	Vrbina - vrtina VOP-4						
Datum vzor.	30. 12. 2024	3. 2. 2025	3. 3. 2025	1. 4. 2025	5. 5. 2025	3. 6. 2025	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oznaka vzorca	K25VRP411	K25VRP421	K25VRP431	K25VRP441	K25VRP451	K25VRP461	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
H-3	8,4E+02 ± 9E+01	2,6E+03 ± 2E+02	1,9E+03 ± 2E+02	3,2E+03 ± 2E+02	1,2E+03 ± 1E+02	3,2E+03 ± 2E+02	2,2E+03 ± 7E+01

Vzorč. mesto	Vrbina - vrtina VOP-4						
Datum vzor.	1. 7. 2025	4. 8. 2025	1. 9. 2025	1. 10. 2025	3. 11. 2025	1. 12. 2025	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oznaka vzorca	K25VRP471	K25VRP481	K25VRP491	K25VRP4A1	K25VRP4B1	K25VRP4C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
H-3	2,1E+03 ± 2E+02	7,5E+03 ± 4E+02	7,5E+03 ± 4E+02	6,3E+03 ± 4E+02	4,9E+03 ± 3E+02	1,4E+03 ± 1E+02	3,6E+03 ± 7E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na IJS na Odseku F-2.

LETO 2025 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						
Datum vzor.	16. 12. 2024 - 16. 1. 2025	16. 1. 2025 - 17. 2. 2025	17. 2. 2025 - 17. 3. 2025	17. 3. 2025 - 16. 4. 2025	16. 4. 2025 - 20. 5. 2025	19. 5. 2025 - 16. 6. 2025	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	44,59	47,05	43,05	44,66	46,45	42,50	
Oznaka vzorca	K25VC3111	K25VC3121	K25VC3131	K25VC3141	K25VC3151	K25VC3161	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
U-238	6,1E+00 ± 7E-01	1,2E+00 ± 5E-01	3,9E+00 ± 2E+00	2,2E+00 ± 6E-01	5,4E+00 ± 2E+00	6,7E+00 ± 2E+00	4,3E+00 ± 5E-01
Ra-226	1,1E+00 ± 6E-01	7,4E-01 ± 4E-01	4,2E-01 ± 1E+00 ‡	2,2E+00 ± 8E-01	2,9E+00 ± 6E-01		1,2E+00 ± 3E-01
Pb-210	7,4E+00 ± 6E-01	1,4E+00 ± 5E-01	5,6E-01 †	5,6E+00 ± 6E-01	1,9E+00 ± 2E+00 ‡	5,9E-01 †	2,9E+00 ± 1E+00 x
Ra-228	4,1E-01 ± 5E-01 ‡	3,4E-01 ± 2E-01	7,7E-01 ± 6E-01	4,5E-01 ± 4E-01 ‡			3,3E-01 ± 1E-01
Th-228	2,0E-01 ± 1E-01	3,6E-01 ± 1E-01	5,9E-01 ± 3E-01	5,7E-01 ± 1E-01	8,9E-01 ± 2E-01	4,1E-01 ± 4E-01 ‡	5,0E-01 ± 1E-01
Th-230							
K-40	2,4E+01 ± 1E+00	2,4E+01 ± 1E+00	1,5E+01 ± 3E+00	6,9E+00 ± 5E+00	2,9E+01 ± 4E+00	2,4E+01 ± 4E+00	2,0E+01 ± 1E+00
Be-7	1,4E+00 ± 1E+00						2,3E-01 ± 2E-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	4,3E-02 †	4,2E-02 †	4,7E-02 †	4,7E-02 †	4,0E-02 †	4,9E-02 †	4,5E-02 ± 1E-03 x
H-3	1,2E+02 ± 2E+01	8,5E+01 ± 2E+01	1,1E+02 ± 2E+01	1,0E+02 ± 3E+01	1,5E+02 ± 2E+01	1,1E+02 ± 2E+01	1,1E+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 2025 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						
Datum vzor.	16. 6. 2025 - 16. 7. 2025	16. 7. 2025 - 18. 8. 2025	18. 8. 2025 - 16. 9. 2025	16. 9. 2025 - 16. 10. 2025	16. 10. 2025 - 17. 11. 2025	17. 11. 2025 - 16. 12. 2025	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	45,76	49,18	45,78	45,25	41,88	38,88	
Oznaka vzorca	K25VC3171	K25VC3181	K25VC3191	K25VC31A1	K25VC31B1	K25VC31C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
U-238	1,6E+00 ± 2E+00 ‡	1,6E+00 ± 3E-01	3,1E+00 ± 2E+00	2,3E+00 ± 2E+00	5,2E+00 ± 2E+00	7,7E+00 ± 2E+00	3,9E+00 ± 4E-01
Ra-226	1,1E+00 ± 1E+00 ‡	5,5E-01 ± 2E-01		1,0E+00 ± 4E-01	9,0E-03 ± 8E-02 ‡	8,0E-02 ± 4E-01 ‡	8,4E-01 ± 2E-01
Pb-210	5,1E-01 ± 3E+00 ‡	2,1E+00 ± 4E-01	6,4E-01 †	3,8E+00 ± 1E+00	1,9E+00 ± 2E+00 ‡	5,7E-01 †	2,2E+00 ± 6E-01 x
Ra-228		5,5E-01 ± 2E-01	1,6E+00 ± 9E-01	1,5E+00 ± 5E-01	8,1E-01 ± 3E-01	5,4E-01 ± 5E-01 ‡	5,8E-01 ± 1E-01
Th-228	2,1E-01 ± 2E-01 ‡	1,8E-01 ± 9E-02	9,0E-01 ± 5E-01	6,6E-01 ± 4E-01	5,1E-01 ± 2E-01	5,1E-01 ± 2E-01	5,0E-01 ± 8E-02
Th-230							
K-40	2,3E+01 ± 3E+00	9,7E+00 ± 9E-01	2,6E+01 ± 5E+00	2,5E+01 ± 4E+00	3,0E+01 ± 3E+00	1,9E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 1E+00
Be-7			1,4E+00 ± 1E+00 ‡	1,7E+00 ± 1E+00			3,7E-01 ± 2E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137			1,5E-01 ± 2E-01 ‡				1,2E-02 ± 1E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	4,7E-02 †	4,4E-02 †	4,7E-02 †	4,3E-02 †	4,6E-02 †	6,5E-02 †	4,7E-02 ± 2E-03 x
H-3	1,3E+02 ± 2E+01	1,2E+02 ± 2E+01	1,3E+02 ± 3E+01	1,2E+02 ± 4E+01	1,3E+02 ± 3E+01	1,1E+02 ± 3E+01	1,2E+02 ± 8E+00

(*) 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 2025 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.	16. 12. 2024 - 16. 1. 2025	16. 1. 2025 - 17. 2. 2025	17. 2. 2025 - 17. 3. 2025	17. 3. 2025 - 16. 4. 2025	16. 4. 2025 - 20. 5. 2025	19. 5. 2025 - 16. 6. 2025	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	51,53	25,42	41,84	46,56	48,79	41,43	
Oznaka vzorca	K25VC1111	K25VC1121	K25VC1131	K25VC1141	K25VC1151	K25VC1161	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
U-238	4,8E+00 ± 2E+00	3,1E+01 ± 3E+00	5,0E+00 ± 1E+00	3,4E+00 ± 1E+00	2,1E+00 ± 2E+00 ‡	1,5E+00 ± 2E+00 ‡	7,9E+00 ± 8E-01
Ra-226	2,0E+00 ± 7E-01	6,3E+00 ± 9E-01		3,4E+00 ± 5E-01	2,4E+00 ± 4E-01	1,1E+00 ± 4E-01	2,5E+00 ± 2E-01
Pb-210	5,6E+00 ± 3E+00	3,2E+01 ± 2E+00	1,0E+01 ± 1E+00	4,5E+00 ± 6E-01	3,2E+00 ± 4E+00 ‡	5,7E-01 †	9,3E+00 ± 5E+00 x
Ra-228	1,9E+00 ± 3E-01	2,4E+00 ± 4E-01	9,4E-01 ± 4E-01	1,6E+00 ± 3E-01	1,4E+00 ± 4E-01	6,7E-01 ± 5E-01	1,5E+00 ± 2E-01
Th-228	6,3E-01 ± 2E-01	1,4E+00 ± 3E-01	4,9E-01 ± 3E-01	3,6E-01 ± 8E-02	4,0E-01 ± 2E-01	4,8E-01 ± 3E-01	6,3E-01 ± 1E-01
Th-230							
K-40	7,3E+01 ± 3E+00	5,4E+01 ± 3E+00	6,8E+01 ± 3E+00	7,5E+01 ± 4E+00	8,4E+01 ± 3E+00	7,3E+01 ± 3E+00	7,1E+01 ± 1E+00
Be-7		1,2E+00 ± 1E+00 ‡		4,4E-01 ± 1E+00 ‡	3,6E+00 ± 1E+00	8,4E-01 ± 2E+00 ‡	1,0E+00 ± 5E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137							
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	7,1E-01 ± 9E-02	2,1E+00 ± 2E-01	7,6E-01 ± 1E-01	7,6E-01 ± 9E-02	8,0E-01 ± 1E-01	5,2E-01 ± 9E-02	9,4E-01 ± 5E-02
H-3	1,7E+03 ± 5E+01	1,7E+03 ± 5E+01	1,5E+03 ± 5E+01	1,6E+03 ± 6E+01	1,6E+03 ± 5E+01	1,5E+03 ± 5E+01	1,6E+03 ± 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 2025 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.	16. 6. 2025 - 16. 7. 2025	16. 7. 2025 - 18. 8. 2025	18. 8. 2025 - 16. 9. 2025	16. 9. 2025 - 16. 10. 2025	16. 10. 2025 - 17. 11. 2025	17. 11. 2025 - 16. 12. 2025	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	45,61	52,20	46,22	51,44	52,17	50,94	
Oznaka vzorca	K25VC1171	K25VC1181	K25VC1191	K25VC11A1	K25VC11B1	K25VC11C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
U-238	7,2E+00 ± 2E+00	5,3E+00 ± 2E+00	3,3E+00 ± 3E+00 ‡	8,0E+00 ± 8E-01	5,2E+00 ± 5E+00 ‡	4,1E+00 ± 8E-01	6,7E+00 ± 7E-01
Ra-226	2,4E+00 ± 5E-01	1,7E+00 ± 1E+00		3,6E+00 ± 5E-01	1,6E+00 ± 7E-01	1,5E+00 ± 3E-01	2,2E+00 ± 2E-01
Pb-210	3,9E+00 ± 2E+00	7,1E-01 †	1,9E-01 †	5,7E+00 ± 6E-01	1,5E+00 ± 1E+00 ‡	4,1E+00 ± 1E+00	6,0E+00 ± 2E+00 x
Ra-228		9,5E-01 ± 6E-01	3,4E-01 ± 4E-01 ‡	2,0E+00 ± 2E-01	1,4E+00 ± 5E-01	1,3E+00 ± 2E-01	1,2E+00 ± 1E-01
Th-228	2,1E+00 ± 5E-01	2,5E-01 ± 2E-01 ‡	3,9E-01 ± 3E-01	4,5E-01 ± 1E-01	1,2E-01 ± 2E-01 ‡	4,7E-01 ± 1E-01	6,3E-01 ± 8E-02
Th-230							
K-40	6,6E+01 ± 6E+00	8,2E+01 ± 6E+00	5,9E+01 ± 3E+00	7,9E+01 ± 3E+00	8,7E+01 ± 4E+00	4,1E+01 ± 2E+00	7,0E+01 ± 1E+00
Be-7			1,9E+00 ± 1E+00	1,5E+00 ± 1E+00			7,9E-01 ± 3E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137					7,3E-02 ± 2E-01 ‡		6,1E-03 ± 2E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	7,7E-01 ± 1E-01	7,2E-01 ± 8E-02	6,9E-01 ± 1E-01	1,1E+00 ± 1E-01	7,4E-01 ± 8E-02	6,2E-01 ± 1E-01	8,6E-01 ± 3E-02
H-3	1,6E+03 ± 5E+01	1,4E+03 ± 5E+01	1,4E+03 ± 5E+01	1,2E+03 ± 6E+01	1,3E+03 ± 5E+01	1,2E+03 ± 5E+01	1,5E+03 ± 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 2025 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.	16. 12. 2024 - 16. 1. 2025	16. 1. 2025 - 17. 2. 2025	17. 2. 2025 - 17. 3. 2025	17. 3. 2025 - 16. 4. 2025	16. 4. 2025 - 20. 5. 2025	19. 5. 2025 - 16. 6. 2025	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	51,49	51,82	45,29	46,43	51,40	34,72	
Oznaka vzorca	K25VC1411	K25VC1421	K25VC1431	K25VC1441	K25VC1451	K25VC1461	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
U-238	2,2E+00 ± 7E-01	2,7E+00 ± 2E+00	4,2E+00 ± 2E+00	5,0E+00 ± 2E+00	1,1E+00 ± 6E-01	1,2E+00 ± 5E-01	2,7E+00 ± 5E-01
Ra-226	1,8E+00 ± 4E-01	1,0E+00 ± 5E-01	5,0E-01 ± 5E-01 ‡	1,8E+00 ± 8E-01	1,9E+00 ± 3E-01	2,2E+00 ± 4E-01	1,5E+00 ± 2E-01
Pb-210	2,4E+00 ± 4E-01	4,8E-01 †	3,1E+00 ± 2E+00	6,1E-01 †	2,2E+00 ± 5E-01	8,3E-01 ± 2E+00 ‡	1,6E+00 ± 4E-01 x
Ra-228	6,0E-01 ± 2E-01	5,0E-01 ± 4E-01 ‡	1,6E+00 ± 4E-01	6,2E-01 ± 4E-01	7,7E-01 ± 2E-01	3,4E-01 ± 4E-01 ‡	7,5E-01 ± 1E-01
Th-228	3,4E-01 ± 6E-02	6,0E-01 ± 2E-01	2,6E-01 ± 3E-01 ‡	6,9E-01 ± 2E-01	1,9E-01 ± 1E-01	4,4E-01 ± 2E-01	4,2E-01 ± 8E-02
Th-230							
K-40	2,8E+01 ± 2E+00	2,1E+01 ± 2E+00	3,4E+01 ± 4E+00	2,7E+01 ± 2E+00	2,3E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 2E+00	2,7E+01 ± 1E+00
Be-7					1,4E+00 ± 6E-01	8,5E-01 ± 1E+00 ‡	3,8E-01 ± 2E-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	7,5E-01 ± 8E-02	6,5E-01 ± 1E-01	7,6E-01 ± 1E-01	9,3E-01 ± 1E-01	6,6E-01 ± 7E-02	6,5E-01 ± 1E-01	7,3E-01 ± 4E-02
H-3	4,9E+02 ± 3E+01	4,9E+02 ± 3E+01	5,1E+02 ± 3E+01	4,5E+02 ± 4E+01	4,5E+02 ± 3E+01	4,7E+02 ± 3E+01	4,8E+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 2025 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.	16. 6. 2025 - 16. 7. 2025	16. 7. 2025 - 18. 8. 2025	18. 8. 2025 - 16. 9. 2025	16. 9. 2025 - 16. 10. 2025	16. 10. 2025 - 17. 11. 2025	17. 11. 2025 - 16. 12. 2025	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	30,83	36,83	32,50	41,06	50,89	42,66	
Oznaka vzorca	K25VC1471	K25VC1481	K25VC1491	K25VC14A1	K25VC14B1	K25VC14C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
U-238	2,7E-01 ± 1E+00 ‡	2,0E+00 ± 2E+00 ‡	2,0E+00 ± 3E+00 ‡	1,5E+00 ± 8E-01	3,8E+00 ± 2E+00	3,3E-01 ± 2E+00 ‡	2,2E+00 ± 5E-01
Ra-226	1,5E+00 ± 4E-01	1,4E-01 ± 7E-01 ‡	9,3E-01 ± 1E+00 ‡	1,5E+00 ± 3E-01	1,5E+00 ± 4E-01	1,9E+00 ± 5E-01	1,4E+00 ± 2E-01
Pb-210	5,2E-01 ± 6E-01 ‡	6,0E-01 †	1,3E+00 ± 3E+00 ‡	4,6E+00 ± 6E-01	3,7E+00 ± 3E+00 ‡	1,4E-01 ± 3E+00 ‡	1,7E+00 ± 4E-01 x
Ra-228	9,3E-01 ± 3E-01	8,2E-01 ± 5E-01	1,3E+00 ± 1E+00 ‡	4,6E-01 ± 3E-01	9,6E-01 ± 5E-01	9,6E-01 ± 4E-01	8,3E-01 ± 1E-01
Th-228	2,2E-01 ± 2E-01 ‡	6,3E-01 ± 3E-01	1,3E-01 ± 3E-01 ‡	7,2E-02 ± 7E-02 ‡	4,1E-01 ± 3E-01	1,7E-01 ± 3E-01 ‡	3,5E-01 ± 6E-02
Th-230							
K-40	2,4E+01 ± 2E+00	1,8E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 4E+00	3,0E+01 ± 2E+00	3,2E+01 ± 3E+00	3,2E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 8E-01
Be-7		6,0E+00 ± 1E+00	7,6E+00 ± 2E+00	5,7E+00 ± 1E+00		7,1E-01 ± 1E+00 ‡	1,9E+00 ± 2E-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	7,0E-01 ± 1E-01	7,5E-01 ± 1E-01	8,2E-01 ± 1E-01	1,0E+00 ± 1E-01	1,0E+00 ± 1E-01	8,8E-01 ± 1E-01	8,0E-01 ± 3E-02
H-3	5,7E+02 ± 3E+01	4,4E+02 ± 3E+01	4,2E+02 ± 3E+01	4,8E+02 ± 5E+01	5,3E+02 ± 3E+01	4,2E+02 ± 3E+01	4,8E+02 ± 9E+00

(*) 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 2025 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.	16. 12. 2024 - 16. 1. 2025	16. 1. 2025 - 17. 2. 2025	17. 2. 2025 - 17. 3. 2025	17. 3. 2025 - 16. 4. 2025	16. 4. 2025 - 20. 5. 2025	19. 5. 2025 - 16. 6. 2025	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	46,98	49,03	43,00	46,07	51,40	40,55	
Oznaka vzorca	K25VC211	K25VC221	K25VC231	K25VC241	K25VC251	K25VC261	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
U-238	3,4E-01 ± 2E+00 ‡	4,5E+00 ± 1E+00	8,6E+00 ± 2E+00	2,2E+00 ± 5E-01	8,5E+00 ± 1E+00	1,6E+00 ± 5E-01	4,3E+00 ± 6E-01
Ra-226	4,3E+00 ± 1E+00		2,9E+00 ± 5E-01	2,9E+00 ± 7E-01	1,8E+00 ± 3E-01	1,9E+00 ± 4E-01	2,3E+00 ± 3E-01
Pb-210	1,2E+00 ± 3E+00 ‡	5,7E+00 ± 1E+00	1,6E+00 ± 4E+00 ‡	3,4E+00 ± 6E-01	7,2E-01 ± 4E+00 ‡	5,8E+00 ± 7E-01	3,1E+00 ± 1E+00
Ra-228	9,4E-01 ± 4E-01		1,6E+00 ± 4E-01	1,2E+00 ± 3E-01	1,4E+00 ± 5E-01	1,5E+00 ± 3E-01	1,1E+00 ± 1E-01
Th-228	8,3E-01 ± 4E-01	6,4E-01 ± 3E-01	2,0E-01 ± 1E-01	3,5E-01 ± 1E-01	3,4E-01 ± 2E-01	4,1E-01 ± 1E-01	4,6E-01 ± 9E-02
Th-230							
K-40	4,8E+01 ± 3E+00	5,5E+01 ± 3E+00	8,2E+01 ± 4E+00	6,2E+01 ± 2E+00	7,9E+01 ± 3E+00	5,6E+01 ± 2E+00	6,4E+01 ± 1E+00
Be-7		5,6E+00 ± 1E+00	1,9E+00 ± 1E+00		1,4E-01 ± 1E+00 ‡	1,5E+00 ± 9E-01	1,5E+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	6,7E-01 ± 8E-02	8,9E-01 ± 1E-01	1,0E+00 ± 1E-01	8,0E-01 ± 8E-02	8,4E-01 ± 1E-01	6,6E-01 ± 1E-01	8,2E-01 ± 4E-02
H-3	1,6E+03 ± 5E+01	1,3E+03 ± 4E+01	1,4E+03 ± 5E+01	1,5E+03 ± 6E+01	1,5E+03 ± 5E+01	1,4E+03 ± 5E+01	1,5E+03 ± 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.

LETO 2025 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.	16. 6. 2025 - 16. 7. 2025	16. 7. 2025 - 18. 8. 2025	18. 8. 2025 - 16. 9. 2025	16. 9. 2025 - 16. 10. 2025	16. 10. 2025 - 17. 11. 2025	17. 11. 2025 - 16. 12. 2025	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	45,05	49,73	43,48	45,09	48,34	43,85	
Oznaka vzorca	K25VC271	K25VC281	K25VC291	K25VC2A1	K25VC2B1	K25VC2C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
U-238	3,8E+00 ± 1E+00	4,4E+00 ± 2E+00	9,0E-01 ± 8E-01 ‡	4,0E+00 ± 7E-01	4,3E+00 ± 1E+00	4,0E+00 ± 1E+00	3,9E+00 ± 4E-01
Ra-226	1,9E+00 ± 5E-01	8,5E-01 ± 3E-01	8,7E-01 ± 5E-01	9,5E-01 ± 2E-01	6,1E-01 ± 8E-01 ‡		1,6E+00 ± 2E-01
Pb-210	4,7E-01 †	1,7E+00 ± 2E+00 ‡	3,3E+00 ± 6E-01	7,8E+00 ± 2E+00	3,8E+00 ± 1E+00	1,9E+00 ± 1E+00	3,1E+00 ± 7E-01 x
Ra-228	1,3E+00 ± 4E-01	1,7E-01 ± 1E-01	4,9E-01 ± 3E-01	4,0E-01 ± 5E-01 ‡	1,0E+00 ± 5E-01	6,5E-01 ± 3E-01	9,0E-01 ± 1E-01
Th-228	5,6E-01 ± 2E-01	3,2E-01 ± 3E-01 ‡	6,6E-02 ± 1E-01 ‡	1,1E-01 ± 8E-02	3,3E-01 ± 2E-01	1,0E+00 ± 5E-01	4,3E-01 ± 7E-02
Th-230							
K-40	4,0E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 2E+00	2,6E+01 ± 2E+00	2,9E+01 ± 2E+00	2,9E+01 ± 2E+00	4,7E+01 ± 8E-01
Be-7			1,1E+00 ± 1E+00 ‡	3,6E+00 ± 1E+00	1,2E+00 ± 2E+00 ‡		1,2E+00 ± 3E-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	6,9E-01 ± 9E-02	5,3E-01 ± 7E-02	4,0E-01 ± 5E-02	7,0E-01 ± 1E-01	6,3E-01 ± 1E-01	6,7E-01 ± 1E-01	7,1E-01 ± 3E-02
H-3	8,8E+02 ± 3E+01	7,4E+02 ± 4E+01	7,6E+02 ± 4E+01	5,8E+02 ± 5E+01	9,3E+02 ± 4E+01	9,3E+02 ± 4E+01	1,1E+03 ± 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 2025 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.	16. 12. 2024 - 16. 1. 2025	16. 1. 2025 - 17. 2. 2025	17. 2. 2025 - 17. 3. 2025	17. 3. 2025 - 16. 4. 2025	16. 4. 2025 - 20. 5. 2025	19. 5. 2025 - 16. 6. 2025	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	42,75	44,16	38,51	41,26	46,98	36,93	
Oznaka vzorca	K25VC3211	K25VC3221	K25VC3231	K25VC3241	K25VC3251	K25VC3261	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
U-238	3,8E+00 ± 2E+00	5,8E+00 ± 2E+00	5,8E+00 ± 2E+00	6,2E+00 ± 2E+00	1,9E+00 ± 1E+00	3,2E+00 ± 2E+00	4,4E+00 ± 7E-01
Ra-226	6,3E-01 ± 5E-01		4,1E-01 ± 1E+00 ‡	1,4E+00 ± 7E-01	1,7E+00 ± 6E-01		6,9E-01 ± 3E-01
Pb-210	6,7E-01 ± 3E+00 ‡	3,0E+01 ± 2E+00	1,5E+01 ± 4E+00	4,6E+00 ± 2E+00	6,3E+00 ± 1E+00	5,7E+00 ± 3E+00	1,0E+01 ± 1E+00
Ra-228	8,8E-01 ± 5E-01	7,6E-01 ± 5E-01		5,8E-01 ± 1E+00 ‡	4,3E-01 ± 4E-01 ‡	7,4E-01 ± 7E-01 ‡	5,6E-01 ± 2E-01
Th-228	2,8E-01 ± 2E-01	1,8E-01 ± 2E-01 ‡	7,0E-01 ± 2E-01	2,8E-01 ± 5E-01 ‡	2,4E-01 ± 3E-01 ‡	5,3E-01 ± 4E-01 ‡	3,7E-01 ± 1E-01
Th-230							
K-40	2,4E+01 ± 2E+00	2,3E+01 ± 5E+00	2,2E+01 ± 2E+00	2,9E+01 ± 5E+00	2,1E+01 ± 2E+00	2,5E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 1E+00
Be-7	4,1E-01 ± 2E+00 ‡		2,6E-01 ± 9E-01 ‡				1,1E-01 ± 3E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137			1,2E-01 ± 8E-02				2,0E-02 ± 1E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	4,7E-02 †	4,6E-02 †	6,1E-02 †	5,0E-02 †	3,9E-02 †	5,7E-02 †	5,0E-02 ± 3E-03 x
H-3	1,3E+02 ± 2E+01	1,0E+02 ± 2E+01	1,3E+02 ± 2E+01	9,0E+01 ± 3E+01	9,9E+01 ± 2E+01	1,1E+02 ± 2E+01	1,1E+02 ± 9E+00

(*) 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 2025 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.	16. 6. 2025 - 16. 7. 2025	16. 7. 2025 - 18. 8. 2025	18. 8. 2025 - 16. 9. 2025	16. 9. 2025 - 16. 10. 2025	16. 10. 2025 - 17. 11. 2025	17. 11. 2025 - 16. 12. 2025	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	41,08	45,31	39,83	41,33	44,24	39,91	
Oznaka vzorca	K25VC3271	K25VC3281	K25VC3291	K25VC32A1	K25VC32B1	K25VC32C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
U-238	5,8E+00 ± 2E+00	2,2E+00 ± 5E-01	6,0E+00 ± 2E+00	5,9E+00 ± 3E+00	2,9E+00 ± 6E-01	1,2E+00 ± 9E-01	4,2E+00 ± 5E-01
Ra-226	1,0E+00 ± 4E-01	1,4E-01 ± 3E-01 ‡		1,5E-01 ± 4E-01 ‡	4,9E-01 ± 3E-01	7,4E-01 ± 6E-01 ‡	5,6E-01 ± 2E-01
Pb-210	5,4E+00 ± 2E+00	6,0E+00 ± 5E-01	6,1E+00 ± 3E+00	1,1E+01 ± 3E+00	5,4E+00 ± 7E-01	6,4E+00 ± 9E-01	8,4E+00 ± 7E-01
Ra-228	9,8E-01 ± 8E-01 ‡	2,7E-01 ± 2E-01	1,5E+00 ± 9E-01		3,9E-01 ± 4E-01 ‡	7,2E-01 ± 4E-01	6,0E-01 ± 2E-01
Th-228	8,9E-01 ± 6E-01	2,6E-01 ± 1E-01	7,1E-01 ± 3E-01	2,0E-01 ± 2E-01 ‡	2,4E-01 ± 1E-01	1,2E+00 ± 2E-01	4,8E-01 ± 9E-02
Th-230							
K-40	3,1E+01 ± 6E+00	2,3E+01 ± 1E+00	1,8E+01 ± 7E+00	2,8E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 2E+00	2,5E+01 ± 2E+00	2,4E+01 ± 1E+00
Be-7		2,9E+00 ± 7E-01					3,0E-01 ± 2E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137							9,8E-03 ± 7E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	5,3E-02 †	4,1E-02 †	4,7E-02 †	5,3E-02 †	4,2E-02 †	5,5E-02 †	4,9E-02 ± 2E-03 x
H-3	1,3E+02 ± 2E+01	9,8E+01 ± 2E+01	6,2E+01 ± 2E+01	9,7E+01 ± 4E+01	9,8E+01 ± 3E+01	1,2E+02 ± 2E+01	1,0E+02 ± 7E+00

(*) 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 2025 T – V3a
4. PODTALNICA – R HRVAŠKA - posamični 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. 1. 2025	3. 2. 2025	4. 3. 2025	10. 4. 2025	7. 5. 2025	5. 6. 2025	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	58,17	55,87	60,22	59,53	60,64	60,52	
Oznaka vzorca	MED01-25	MED02-25	MED03-25	MED04-25	MED05-25	MED06-25	
	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
U-238	7,8E+00 ± 2E+00	7,4E+00 ± 2E+00	7,7E+00 ± 2E+00	8,1E+00 ± 2E+00	6,1E+00 ± 2E+00	6,9E+00 ± 2E+00	7,3E+00 ± 9E-01
Ra-226					1,1E+00 ± 4E-01		1,9E-01 ± 7E-02
Pb-210							
Ra-228		9,9E-01 ± 7E-01					1,7E-01 ± 1E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	2,2E+01 ± 6E+00	2,7E+01 ± 6E+00	2,1E+01 ± 5E+00	1,9E+01 ± 5E+00	1,9E+01 ± 5E+00	3,6E+01 ± 7E+00	2,4E+01 ± 2E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137							
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,1E+00 ± 2E-01	1,7E+00 ± 2E-01	1,6E+00 ± 2E-01	1,7E+00 ± 2E-01	2,0E+00 ± 2E-01	1,6E+00 ± 2E-01	1,8E+00 ± 8E-02
H-3	6,7E+02 ± 1E+02	1,6E+03 ± 2E+02	8,6E+02 ± 2E+02	1,1E+03 ± 2E+02	1,7E+03 ± 2E+02	9,1E+02 ± 2E+02	1,1E+03 ± 7E+01

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

LETO 2025 T – V3b
4. PODTALNICA – R HRVAŠKA - posamični vzorci nefiltrirane vode

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

Vzorč. mesto	MEDSAVE (R Hrvaška)						
Datum vzor.	1. 7. 2025	6. 8. 2025	3. 9. 2025	7. 10. 2025	11. 11. 2025	2. 12. 2025	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	60,02	56,01	59,71	60,15	60,16	60,31	
Oznaka vzorca	MED07-25	MED08-25	MED09-25	MED10-25	MED11-25	MED12-25	
	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
U-238	6,9E+00 ± 2E+00	6,3E+00 ± 2E+00	6,1E+00 ± 2E+00	5,7E+00 ± 2E+00	8,8E+00 ± 2E+00	4,7E+00 ± 2E+00	6,9E+00 ± 6E-01
Ra-226		6,2E-01 ± 4E-01	5,3E-01 ± 4E-01				1,9E-01 ± 6E-02
Pb-210							
Ra-228			8,0E-01 ± 6E-01				1,5E-01 ± 8E-02
Th-228							
Th-230							
K-40	4,7E+01 ± 8E+00	4,4E+01 ± 8E+00	5,4E+01 ± 8E+00	4,1E+01 ± 7E+00	3,3E+01 ± 6E+00	2,3E+01 ± 5E+00	3,2E+01 ± 2E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137							
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,3E+00 ± 3E-01	2,0E+00 ± 2E-01	1,8E+00 ± 2E-01	1,5E+00 ± 2E-01	1,3E+00 ± 2E-01	1,3E+00 ± 1E-01	1,7E+00 ± 6E-02
H-3	1,8E+03 ± 2E+02	3,5E+03 ± 4E+02	9,4E+03 ± 8E+02	3,5E+03 ± 4E+02	1,8E+03 ± 2E+02	7,3E+02 ± 2E+02	2,3E+03 ± 9E+01

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

LETO 2025 T – V4a
4. PODTALNICA – R HRVAŠKA - posamični 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. 1. 2025	3. 2. 2025	4. 3. 2025	10. 4. 2025	7. 5. 2025	5. 6. 2025	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	57,69	58,24	58,73	60,68	60,04	60,38	
Oznaka vzorca	SIB01-25	SIB02-25	SIB03-25	SIB04-25	SIB05-25	SIB06-25	
	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
U-238	9,7E+00 ± 3E+00	1,1E+01 ± 3E+00	1,0E+01 ± 3E+00	8,9E+00 ± 3E+00	8,2E+00 ± 2E+00	8,5E+00 ± 2E+00	9,4E+00 ± 1E+00
Ra-226			8,2E-01 ± 4E-01		1,5E+00 ± 5E-01	1,1E+00 ± 5E-01	5,8E-01 ± 1E-01
Pb-210							
Ra-228	9,4E-01 ± 7E-01	1,8E+00 ± 9E-01	1,9E+00 ± 9E-01	1,2E+00 ± 8E-01	1,4E+00 ± 8E-01	1,5E+00 ± 9E-01	1,4E+00 ± 3E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	7,3E+01 ± 1E+01	9,1E+01 ± 1E+01	8,6E+01 ± 1E+01	8,7E+01 ± 1E+01	1,0E+02 ± 1E+01	8,0E+01 ± 1E+01	8,6E+01 ± 5E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137							
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	1,9E+00 ± 3E-01	2,0E+00 ± 3E-01	1,7E+00 ± 3E-01	1,3E+00 ± 2E-01	1,6E+00 ± 3E-01	1,2E+00 ± 4E-01	1,6E+00 ± 1E-01
H-3	6,6E+02 ± 1E+02	6,4E+02 ± 1E+02	7,1E+02 ± 2E+02	7,3E+02 ± 2E+02	6,0E+02 ± 1E+02	6,0E+02 ± 1E+02	6,6E+02 ± 6E+01

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

LETO 2025 T – V4b
4. PODTALNICA – R HRVAŠKA - posamični vzorci nefiltrirane vode

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

Vzorč. mesto	ŠIBICE (R Hrvaška)						
Datum vzor.	1. 7. 2025	6. 8. 2025	3. 9. 2025	7. 10. 2025	11. 11. 2025	2. 12. 2025	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	59,91	58,67	59,36	60,13	60,28	59,45	
Oznaka vzorca	SIB07-25	SIB08-25	SIB09-25	SIB10-25	SIB11-25	SIB12-25	
	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
U-238	7,2E+00 ± 2E+00	7,4E+00 ± 2E+00	7,6E+00 ± 2E+00	9,8E+00 ± 3E+00	1,1E+01 ± 3E+00	1,1E+01 ± 3E+00	9,2E+00 ± 7E-01
Ra-226	2,4E+00 ± 6E-01	1,9E+00 ± 6E-01	2,0E+00 ± 6E-01	1,2E+00 ± 5E-01	1,1E+00 ± 5E-01		1,0E+00 ± 1E-01
Pb-210							
Ra-228	1,8E+00 ± 9E-01	1,7E+00 ± 9E-01	7,3E-01 ± 7E-01	1,5E+00 ± 9E-01	2,4E+00 ± 1E+00	2,1E+00 ± 1E+00	1,6E+00 ± 2E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	9,8E+01 ± 1E+01	8,2E+01 ± 1E+01	8,6E+01 ± 1E+01	6,2E+01 ± 9E+00	9,5E+01 ± 1E+01	8,2E+01 ± 1E+01	8,5E+01 ± 3E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137				3,0E-01 ± 2E-01			2,5E-02 ± 1E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	1,9E+00 ± 3E-01	1,8E+00 ± 3E-01	2,2E+00 ± 3E-01	1,2E+00 ± 2E-01	1,8E+00 ± 3E-01	2,1E+00 ± 3E-01	1,7E+00 ± 8E-02
H-3	6,4E+02 ± 1E+02	5,6E+02 ± 2E+02	6,7E+02 ± 1E+02	6,1E+02 ± 2E+02	9,0E+02 ± 2E+02	7,1E+02 ± 1E+02	6,7E+02 ± 4E+01

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

LETO 2025 T - 36a
4. PODTALNICA – R HRVAŠKA - posamični vzorci nefiltrirane vode

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

Vzorč. mesto	Petruševec						
Datum vzor.	januar	februar	marec	april	maj	junij	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	114,96	121,59	113,13	114,32	119,19	118,94	
Oznaka vzorca	PET01-25	PET02-25	PET03-25	PET04-25	PET05-25	PET06-25	
	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
U-238	5,8E+00 ± 1E+00	5,2E+00 ± 1E+00	4,6E+00 ± 1E+00	3,5E+00 ± 1E+00	4,8E+00 ± 1E+00	4,1E+00 ± 1E+00	4,6E+00 ± 5E-01
Ra-226				4,7E-01 ± 2E-01			7,8E-02 ± 4E-02
Pb-210							
Ra-228		3,7E-01 ± 3E-01		3,8E-01 ± 3E-01	4,6E-01 ± 4E-01	5,6E-01 ± 4E-01	2,9E-01 ± 1E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	9,7E+00 ± 3E+00	3,2E+01 ± 5E+00	1,0E+01 ± 3E+00	1,4E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 4E+00	2,0E+01 ± 4E+00	1,8E+01 ± 1E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137							
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	8,7E-01 ± 1E-01	8,5E-01 ± 2E-01	9,9E-01 ± 1E-01	8,5E-01 ± 1E-01	7,6E-01 ± 2E-01	9,1E-01 ± 2E-01	8,7E-01 ± 7E-02
H-3	1,7E+03 ± 2E+02	1,4E+03 ± 2E+02	1,3E+03 ± 2E+02	1,3E+03 ± 2E+02	1,3E+03 ± 2E+02	1,1E+03 ± 2E+02	1,4E+03 ± 8E+01

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

LETO 2025 T - 36b
4. PODTALNICA – R HRVAŠKA - posamični vzorci nefiltrirane vode

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

Vzorč. mesto	Petruševec						
Datum vzor.	julij	avgust	september	oktober	november	december	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	116,87	119,02	120,07	120,27	119,85	119,13	
Oznaka vzorca	PET07-25	PET08-25	PET09-25	PET10-25	PET11-25	PET12-25	
	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
U-238	3,1E+00 ± 1E+00	2,4E+00 ± 8E-01	1,9E+00 ± 9E-01	4,7E+00 ± 1E+00	2,5E+00 ± 1E+00	3,8E+00 ± 1E+00	3,8E+00 ± 3E-01
Ra-226	4,6E-01 ± 2E-01	7,9E-01 ± 2E-01	8,6E-01 ± 3E-01				2,1E-01 ± 4E-02
Pb-210							
Ra-228	8,2E-01 ± 4E-01		4,4E-01 ± 4E-01	8,2E-01 ± 4E-01		5,3E-01 ± 4E-01	3,6E-01 ± 9E-02
Th-228							
Th-230							
K-40	2,4E+01 ± 4E+00	2,1E+01 ± 4E+00	2,6E+01 ± 4E+00	2,6E+01 ± 4E+00	2,4E+01 ± 4E+00	2,1E+01 4E+00	2,1E+01 ± 1E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137							
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	1,0E+00 ± 2E-01	8,9E-01 ± 1E-01	7,8E-01 ± 1E-01	7,2E-01 ± 1E-01	8,8E-01 ± 1E-01	6,3E-01 ± 1E-01	8,4E-01 ± 4E-02
H-3	1,3E+03 ± 2E+02	1,2E+03 ± 2E+02	1,4E+03 ± 2E+02	1,9E+03 ± 2E+02	3,0E+03 ± 3E+02	4,0E+03 ± 4E+02	1,7E+03 ± 7E+01

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

5. PADAVINE IN USEDI

6. USEDI – VAZELINSKE PLOŠČE

LETO 2025 T - 37a
5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Slovenija

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

Vzorč. mesto	Brege						
Datum vzor.	30. 12. 2024 - 3. 2. 2025	3. 2. 2025 - 3. 3. 2025	3. 3. 2025 - 1. 4. 2025	1. 4. 2025 - 5. 5. 2025	5. 5. 2025 - 3. 6. 2025	3. 6. 2025 - 1. 7. 2025	
Kol. vzorca (L)	17,47	15,66	32,66	25,46	31,48	2,76	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Padavine (mm)***	61,30	68,50	135,30	56,30	119,80	15,10	
Oznaka vzorca	K25PD211	K25PD221	K25PD231	K25PD241	K25PD251	K25PD261	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
Na-22				2,4E-01 ± 1E-01			4,0E-02 ± 2E-02
U-238	1,5E+00 ± 5E+00 ‡	6,4E+00 ± 4E+00	2,3E-01 ± 7E-01 ‡	4,2E-01 ± 6E-01 ‡	5,1E+00 ± 2E+00		2,3E+00 ± 1E+00
Ra-226			3,2E-02 ± 7E-01 ‡	2,1E+00 ± 4E-01		6,8E+00 ± 4E+00	1,5E+00 ± 7E-01
Pb-210	9,0E+01 ± 5E+00	4,9E+01 ± 5E+00	5,5E+01 ± 3E+00	2,5E+02 ± 1E+01	8,4E+01 ± 1E+01	1,7E+03 ± 8E+01	3,7E+02 ± 1E+01
Ra-228		3,7E+00 ± 2E+00		1,4E+00 ± 5E-01		6,6E+00 ± 4E+00	1,9E+00 ± 7E-01
Th-230							
Th-228	1,9E+00 ± 7E-01	4,9E-01 ± 8E-01 ‡	9,3E-01 ± 1E-01	1,2E+00 ± 2E-01	8,6E-01 ± 4E-01	1,2E+01 ± 2E+00	2,9E+00 ± 4E-01
K-40	3,7E+00 ± 3E+00	8,6E+00 ± 1E+01 ‡	6,9E+00 ± 1E+00	2,4E+01 ± 4E+00	1,3E+01 ± 3E+00	1,9E+02 ± 2E+01	4,2E+01 ± 3E+00
Be-7	8,3E+01 ± 7E+00	4,6E+01 ± 4E+00	8,8E+01 ± 6E+00	3,8E+02 ± 2E+01	1,1E+02 ± 6E+00	2,4E+03 ± 1E+02	5,1E+02 ± 2E+01
I-131							
Cs-134							
Cs-137				5,3E-01 ± 2E-01		2,3E+00 ± 1E+00	4,7E-01 ± 2E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	1,5E-01 †	1,6E-01 †	7,5E-02 †	5,2E-01 ± 1E-01	7,3E-02 †	8,2E-01 †	3,0E-01 ± 1E-01 x
H-3	1,2E+03 ± 1E+02	1,4E+03 ± 1E+02	1,9E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 1E+02	1,5E+03 ± 1E+02	1,6E+03 ± 1E+02	1,5E+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.	30. 12. 2024 - 3. 2. 2025	3. 2. 2025 - 3. 3. 2025	3. 3. 2025 - 1. 4. 2025	1. 4. 2025 - 5. 5. 2025	5. 5. 2025 - 3. 6. 2025	3. 6. 2025 - 1. 7. 2025	
Kol. vzorca (L)	17,5	15,7	32,7	25,5	31,5	2,8	Polletni used (*)
Padavine (mm)***	61,3	68,5	135,3	56,3	119,8	15,1	
Oznaka vzorca	K25PD211	K25PD221	K25PD231	K25PD241	K25PD251	K25PD261	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)						
Na-22				1,3E-02 ± 8E-03			1,3E-02 ± 8E-03
U-238	9,1E-02 ± 3E-01 ‡	4,4E-01 ± 2E-01	3,2E-02 ± 1E-01 ‡	2,4E-02 ± 3E-02 ‡	6,1E-01 ± 3E-01		1,2E+00 ± 5E-01
Ra-226			4,4E-03 ± 9E-02 ‡	1,2E-01 ± 2E-02		1,0E-01 ± 6E-02	2,2E-01 ± 1E-01
Pb-210	5,5E+00 ± 3E-01	3,4E+00 ± 3E-01	7,5E+00 ± 4E-01	1,4E+01 ± 6E-01	1,0E+01 ± 2E+00	2,6E+01 ± 1E+00	6,6E+01 ± 2E+00
Ra-228		2,5E-01 ± 1E-01		7,8E-02 ± 3E-02		1,0E-01 ± 6E-02	4,3E-01 ± 1E-01
Th-230							
Th-228	1,1E-01 ± 4E-02	3,3E-02 ± 5E-02 ‡	1,3E-01 ± 2E-02	6,6E-02 ± 1E-02	1,0E-01 ± 4E-02	1,8E-01 ± 3E-02	6,3E-01 ± 9E-02
K-40	2,2E-01 ± 2E-01	5,9E-01 ± 8E-01 ‡	9,3E-01 ± 2E-01	1,3E+00 ± 2E-01	1,5E+00 ± 4E-01	2,9E+00 ± 2E-01	7,5E+00 ± 1E+00
Be-7	5,1E+00 ± 4E-01	3,2E+00 ± 3E-01	1,2E+01 ± 8E-01	2,1E+01 ± 9E-01	1,4E+01 ± 7E-01	3,6E+01 ± 1E+00	9,1E+01 ± 2E+00
I-131							
Cs-134							
Cs-137				3,0E-02 ± 1E-02		3,4E-02 ± 2E-02	6,4E-02 ± 2E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	9,0E-03 †	1,1E-02 †	1,0E-02 †	2,9E-02 ± 7E-03	8,8E-03 †	1,2E-02 †	8,0E-02 ± 7E-03 x
H-3	7,5E+01 ± 7E+00	9,7E+01 ± 9E+00	2,5E+02 ± 2E+01	9,1E+01 ± 8E+00	1,8E+02 ± 2E+01	2,4E+01 ± 2E+00	7,2E+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.
*** 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.

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

Vzorč. mesto	Brege						
Datum vzor.	1. 7. 2025 - 4. 8. 2025	4. 8. 2025 - 1. 9. 2025	1. 9. 2025 - 1. 10. 2025	1. 10. 2025 - 3. 11. 2025	3. 11. 2025 - 1. 12. 2025	1. 12. 2025 - 29. 12. 2025	
Kol. vzorca (L)	30,78	11,59	29,25	33,55	28,27	12,38	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Padavine (mm)***	116,10	61,60	79,40	117,90	125,20	62,30	
Oznaka vzorca	K25PD271	K25PD281	K25PD291	K25PD2A1	K25PD2B1	K25PD2C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
Na-22							2,0E-02 ± 1E-02
U-238	2,5E+00 ± 9E-01	8,2E+00 ± 7E+00 ‡	2,2E+00 ± 4E+00 ‡	3,3E+00 ± 2E+00	1,7E+00 ± 4E+00 ‡	6,4E+00 ± 1E+01 ‡	3,2E+00 ± 1E+00
Ra-226	3,2E+00 ± 5E-01						1,0E+00 ± 3E-01
Pb-210	4,3E+02 ± 2E+01	2,8E+02 ± 2E+01	3,6E+01 ± 5E+00	7,6E+01 ± 6E+00	1,5E+01 ± 1E+00	4,8E+01 ± 9E+00	2,6E+02 ± 7E+00
Ra-228	2,3E+00 ± 4E-01	1,1E+00 ± 4E+00 ‡		4,0E-01 ± 8E-01 ‡		6,9E-01 ± 2E+00 ‡	1,3E+00 ± 5E-01
Th-230	1,0E+01 ± 6E+00						8,5E-01 ± 5E-01
Th-228	2,4E+00 ± 2E-01	3,5E+00 ± 1E+00	2,4E+00 ± 7E-01	2,5E-01 ± 4E-01 ‡	1,8E+00 ± 1E+00	2,7E+00 ± 8E-01	2,5E+00 ± 2E-01
K-40	5,6E+01 ± 3E+00	8,8E+01 ± 2E+01	4,4E+01 ± 1E+01	2,5E+01 ± 6E+00	9,1E+00 ± 2E+00	9,2E+00 ± 8E+00 ‡	4,0E+01 ± 3E+00
Be-7	4,9E+02 ± 3E+01	4,7E+02 ± 2E+01	8,5E+01 ± 7E+00	1,4E+02 ± 7E+00	3,3E+01 ± 3E+00	7,1E+01 ± 6E+00	3,6E+02 ± 9E+00
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,0E+00 ± 2E-01						3,2E-01 ± 1E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	5,7E-01 ± 1E-01	2,3E-01 †	7,8E-02 †	6,4E-02 †	1,0E-01 †	1,9E-01 †	2,5E-01 ± 7E-02 x
H-3	1,3E+03 ± 1E+02	1,3E+03 ± 1E+02	1,0E+03 ± 1E+02	2,2E+03 ± 2E+02	1,7E+03 ± 1E+02	1,8E+03 ± 1E+02	1,5E+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.
*** 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.	1. 7. 2025 - 4. 8. 2025	4. 8. 2025 - 1. 9. 2025	1. 9. 2025 - 1. 10. 2025	1. 10. 2025 - 3. 11. 2025	3. 11. 2025 - 1. 12. 2025	1. 12. 2025 - 29. 12. 2025	
Kol. vzorca (L)	30,8	11,6	29,3	33,6	28,3	12,4	Letni used (*)
Padavine (mm)***	116,1	61,6	79,4	117,9	125,2	62,3	
Oznaka vzorca	K25PD271	K25PD281	K25PD291	K25PD2A1	K25PD2B1	K25PD2C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^2)						
Na-22							1,3E-02 ± 8E-03
U-238	2,9E-01 ± 1E-01	5,1E-01 ± 4E-01 ‡	1,7E-01 ± 3E-01 ‡	3,9E-01 ± 3E-01	2,2E-01 ± 5E-01 ‡	4,0E-01 ± 7E-01 ‡	3,2E+00 ± 1E+00
Ra-226	3,7E-01 ± 5E-02						5,9E-01 ± 1E-01
Pb-210	5,0E+01 ± 3E+00	1,7E+01 ± 1E+00	2,8E+00 ± 4E-01	8,9E+00 ± 7E-01	1,9E+00 ± 2E-01	3,0E+00 ± 6E-01	1,5E+02 ± 4E+00
Ra-228	2,6E-01 ± 4E-02	7,0E-02 ± 2E-01 ‡		4,7E-02 ± 1E-01 ‡		4,3E-02 ± 1E-01 ‡	8,5E-01 ± 3E-01
Th-230	1,2E+00 ± 6E-01						1,2E+00 ± 6E-01
Th-228	2,8E-01 ± 2E-02	2,1E-01 ± 6E-02	1,9E-01 ± 6E-02	3,0E-02 ± 5E-02 ‡	2,3E-01 ± 1E-01	1,7E-01 ± 5E-02	1,7E+00 ± 2E-01
K-40	6,5E+00 ± 4E-01	5,4E+00 ± 1E+00	3,5E+00 ± 1E+00	2,9E+00 ± 7E-01	1,1E+00 ± 2E-01	5,7E-01 ± 5E-01 ‡	2,8E+01 ± 2E+00
Be-7	5,6E+01 ± 4E+00	2,9E+01 ± 1E+00	6,7E+00 ± 6E-01	1,6E+01 ± 8E-01	4,1E+00 ± 4E-01	4,4E+00 ± 4E-01	2,1E+02 ± 5E+00
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,2E-01 ± 2E-02						1,8E-01 ± 3E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	6,6E-02 ± 1E-02	1,4E-02 †	6,2E-03 †	7,6E-03 †	1,3E-02 †	1,2E-02 †	2,0E-01 ± 2E-02 x
H-3	1,5E+02 ± 1E+01	7,8E+01 ± 7E+00	8,0E+01 ± 9E+00	2,6E+02 ± 2E+01	2,1E+02 ± 2E+01	1,1E+02 ± 9E+00	1,6E+03 ± 4E+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 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 KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN

Vzorč. mesto	Krško						
Datum vzor.	30. 12. 2024 - 3. 2. 2025	3. 2. 2025 - 3. 3. 2025	3. 3. 2025 - 1. 4. 2025	1. 4. 2025 - 5. 5. 2025	5. 5. 2025 - 3. 6. 2025	3. 6. 2025 - 1. 7. 2025	
Kol. vzorca (L)	16,93	11,91	30,73	22,96	23,10	4,23	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Padavine (mm)	50,80	48,30	119,90	108,40	82,40	24,90	
Oznaka vzorca	K25PD311	K25PD321	K25PD331	K25PD341	K25PD351	K25PD361	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
Na-22							
U-238	1,4E+01 ± 2E+01 ‡	1,3E+01 ± 8E+00	1,6E+00 ± 3E+00 ‡	8,8E+00 ± 3E+00	5,2E+00 ± 2E+00	3,4E+01 ± 1E+01	1,3E+01 ± 4E+00
Ra-226				2,6E-01 ± 1E+00 ‡	6,4E+00 ± 4E+00		1,1E+00 ± 8E-01
Pb-210	1,9E+01 ± 1E+00	8,5E+01 ± 1E+01	1,7E+01 ± 5E+00	1,1E+02 ± 8E+00	1,1E+02 ± 1E+01	2,6E+02 ± 4E+01	1,0E+02 ± 8E+00
Ra-228	6,2E-01 ± 6E-01 ‡		4,3E-01 ± 9E-01 ‡	1,5E+00 ± 8E-01	9,2E-01 ± 9E-01 ‡	5,9E+00 ± 4E+00	1,6E+00 ± 7E-01
Th-230							
Th-228	4,7E-01 ± 3E-01	1,5E+00 ± 1E+00 ‡	1,0E+00 ± 3E-01	6,5E-01 ± 3E-01	2,0E-01 ± 2E-01 ‡	2,6E+00 ± 2E+00	1,1E+00 ± 4E-01
K-40	2,6E+00 ± 5E+00 ‡	7,3E+00 ± 2E+01 ‡	3,8E+00 ± 4E+00 ‡	2,6E+01 ± 4E+00	2,3E+01 ± 4E+00	4,8E+01 ± 1E+01	1,8E+01 ± 4E+00
Be-7	4,9E+01 ± 3E+00	1,0E+02 ± 9E+00	8,4E+01 ± 5E+00	2,0E+02 ± 9E+00	1,7E+02 ± 7E+00	4,6E+02 ± 3E+01	1,8E+02 ± 5E+00
I-131							
Cs-134							
Cs-137							
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	1,3E-01 †	2,2E-01 †	8,0E-02 †	1,0E-01 †	9,6E-02 †	5,2E-01 †	1,9E-01 ± 7E-02 x
H-3	7,4E+02 ± 9E+01	1,0E+03 ± 1E+02	1,3E+03 ± 1E+02	1,3E+03 ± 1E+02	1,1E+03 ± 1E+02	1,2E+03 ± 1E+02	1,1E+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.	30. 12. 2024 - 3. 2. 2025	3. 2. 2025 - 3. 3. 2025	3. 3. 2025 - 1. 4. 2025	1. 4. 2025 - 5. 5. 2025	5. 5. 2025 - 3. 6. 2025	3. 6. 2025 - 1. 7. 2025	
Kol. vzorca (L)	16,9	11,9	30,7	23,0	23,1	4,2	Polletni used (*)
Padavine (mm)	50,8	48,3	119,9	108,4	82,4	24,9	
Oznaka vzorca	K25PD311	K25PD321	K25PD331	K25PD341	K25PD351	K25PD361	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)						
Na-22							
U-238	6,9E-01 ± 1E+00 ‡	6,1E-01 ± 4E-01	2,0E-01 ± 3E-01 ‡	9,6E-01 ± 3E-01	4,3E-01 ± 2E-01	8,5E-01 ± 3E-01	3,7E+00 ± 1E+00
Ra-226				2,9E-02 ± 2E-01 ‡	5,2E-01 ± 4E-01		5,5E-01 ± 4E-01
Pb-210	9,5E-01 ± 7E-02	4,1E+00 ± 5E-01	2,0E+00 ± 6E-01	1,2E+01 ± 9E-01	8,9E+00 ± 9E-01	6,5E+00 ± 1E+00	3,4E+01 ± 2E+00
Ra-228	3,2E-02 ± 3E-02 ‡		5,2E-02 ± 1E-01 ‡	1,6E-01 ± 9E-02	7,6E-02 ± 8E-02 ‡	1,5E-01 ± 1E-01	4,7E-01 ± 2E-01
Th-230							
Th-228	2,4E-02 ± 1E-02	7,0E-02 ± 7E-02 ‡	1,2E-01 ± 3E-02	7,0E-02 ± 4E-02	1,6E-02 ± 2E-02 ‡	6,5E-02 ± 5E-02	3,6E-01 ± 1E-01
K-40	1,3E-01 ± 3E-01 ‡	3,5E-01 ± 8E-01 ‡	4,6E-01 ± 5E-01 ‡	2,8E+00 ± 4E-01	1,9E+00 ± 4E-01	1,2E+00 ± 4E-01	6,8E+00 ± 1E+00
Be-7	2,5E+00 ± 1E-01	4,9E+00 ± 4E-01	1,0E+01 ± 6E-01	2,1E+01 ± 9E-01	1,4E+01 ± 6E-01	1,2E+01 ± 7E-01	6,4E+01 ± 1E+00
I-131							
Cs-134							
Cs-137							
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	6,5E-03 †	1,1E-02 †	9,5E-03 †	1,1E-02 †	7,9E-03 †	1,3E-02 †	5,8E-02 x
H-3	3,7E+01 ± 5E+00	4,8E+01 ± 5E+00	1,5E+02 ± 1E+01	1,4E+02 ± 1E+01	9,3E+01 ± 1E+01	2,9E+01 ± 3E+00	5,0E+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.

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

Vzorč. mesto	Krško						
Datum vzor.	1. 7. 2025 - 4. 8. 2025	4. 8. 2025 - 1. 9. 2025	1. 9. 2025 - 1. 10. 2025	1. 10. 2025 - 3. 11. 2025	3. 11. 2025 - 1. 12. 2025	1. 12. 2025 - 29. 12. 2025	
Kol. vzorca (L)	39,20	12,15	26,38	38,09	29,49	11,72	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Padavine (mm)	133,00	47,30	97,50	122,40	126,20	51,90	
Oznaka vzorca	K25PD371	K25PD381	K25PD391	K25PD3A1	K25PD3B1	K25PD3C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
Na-22							
U-238	8,9E-01 ± 2E+00 ‡		6,1E+00 ± 3E+00	9,6E-01 ± 2E+00 ‡	7,4E+00 ± 2E+00	2,7E+00 ± 7E+00 ‡	7,8E+00 ± 2E+00
Ra-226	8,6E-01 ± 4E-01	4,4E+00 ± 2E+00		8,6E-02 ± 5E-01 ‡	1,4E-01 ± 7E-01 ‡	5,0E-01 ± 1E+00 ‡	1,1E+00 ± 4E-01
Pb-210	1,6E+02 ± 8E+00	2,5E+02 ± 1E+01	3,8E+01 ± 3E+00	4,0E+01 ± 3E+00	3,0E+01 ± 4E+00	2,6E+01 ± 2E+00	9,5E+01 ± 4E+00
Ra-228	7,0E-01 ± 5E-01	2,2E+00 ± 1E+00				1,2E+00 ± 8E-01	1,1E+00 ± 4E-01
Th-230							
Th-228	2,6E-01 ± 2E-01 ‡	2,1E+00 ± 5E-01	2,8E-01 ± 7E-01 ‡		5,5E-01 ± 2E-01	1,6E+00 ± 4E-01	9,4E-01 ± 2E-01
K-40	1,4E+01 ± 3E+00	1,3E+01 ± 3E+00	1,8E+01 ± 7E+00	8,0E+00 ± 3E+00	3,0E+00 ± 3E+00 ‡		1,4E+01 ± 2E+00
Be-7	6,0E+02 ± 3E+01	3,6E+02 ± 2E+01	1,1E+02 ± 6E+00	1,0E+02 ± 6E+00	7,5E+01 ± 6E+00	8,2E+01 ± 5E+00	2,0E+02 ± 4E+00
I-131							
Cs-134							
Cs-137		2,7E-01 ± 3E-01 ‡			1,2E-01 ± 2E-01 ‡		3,3E-02 ± 3E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	5,8E-02 †	2,2E-01 †	8,4E-02 †	5,6E-02 †	8,9E-02 †	2,5E-01 †	1,6E-01 ± 4E-02 x
H-3	1,1E+03 ± 1E+02	1,3E+03 ± 1E+02	6,9E+02 ± 1E+02	1,9E+03 ± 1E+02	1,2E+03 ± 1E+02	2,6E+03 ± 2E+02	1,3E+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	Krško						
Datum vzor.	1. 7. 2025 - 4. 8. 2025	4. 8. 2025 - 1. 9. 2025	1. 9. 2025 - 1. 10. 2025	1. 10. 2025 - 3. 11. 2025	3. 11. 2025 - 1. 12. 2025	1. 12. 2025 - 29. 12. 2025	
Kol. vzorca (L)	39,2	12,2	26,4	38,1	29,5	11,7	Letni used (*)
Padavine (mm)	133,0	47,3	97,5	122,4	126,2	51,9	
Oznaka vzorca	K25PD371	K25PD381	K25PD391	K25PD3A1	K25PD3B1	K25PD3C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)						
Na-22							
U-238	1,2E-01 ± 3E-01 ‡		6,0E-01 ± 3E-01	1,2E-01 ± 3E-01 ‡	9,4E-01 ± 2E-01	1,4E-01 ± 4E-01 ‡	5,6E+00 ± 1E+00
Ra-226	1,1E-01 ± 6E-02	2,1E-01 ± 9E-02		1,1E-02 ± 6E-02 ‡	1,7E-02 ± 9E-02 ‡	2,6E-02 ± 7E-02 ‡	9,3E-01 ± 4E-01
Pb-210	2,1E+01 ± 1E+00	1,2E+01 ± 6E-01	3,7E+00 ± 3E-01	4,9E+00 ± 4E-01	3,8E+00 ± 5E-01	1,3E+00 ± 1E-01	8,0E+01 ± 2E+00
Ra-228	9,3E-02 ± 7E-02	1,0E-01 ± 5E-02				6,1E-02 ± 4E-02	7,2E-01 ± 2E-01
Th-230							
Th-228	3,5E-02 ± 3E-02 ‡	1,0E-01 ± 2E-02	2,7E-02 ± 7E-02 ‡		6,9E-02 ± 3E-02	8,5E-02 ± 2E-02	6,8E-01 ± 1E-01
K-40	1,9E+00 ± 4E-01	6,1E-01 ± 2E-01	1,7E+00 ± 7E-01	9,8E-01 ± 3E-01	3,8E-01 ± 4E-01 ‡		1,2E+01 ± 1E+00
Be-7	8,0E+01 ± 4E+00	1,7E+01 ± 8E-01	1,1E+01 ± 6E-01	1,2E+01 ± 7E-01	9,4E+00 ± 7E-01	4,2E+00 ± 3E-01	2,0E+02 ± 5E+00
I-131							
Cs-134							
Cs-137		1,3E-02 ± 1E-02 ‡			1,5E-02 ± 2E-02 ‡		2,8E-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-03 †	1,1E-02 †	8,2E-03 †	6,8E-03 †	1,1E-02 †	1,3E-02 †	1,2E-01 x
H-3	1,5E+02 ± 2E+01	6,2E+01 ± 6E+00	6,7E+01 ± 9E+00	2,3E+02 ± 2E+01	1,5E+02 ± 2E+01	1,4E+02 ± 9E+00	1,3E+03 ± 4E+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.

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

Vzorč. mesto	Dobova						
Datum vzor.	30. 12. 2024 - 3. 2. 2025	3. 2. 2025 - 3. 3. 2025	3. 3. 2025 - 1. 4. 2025	1. 4. 2025 - 5. 5. 2025	5. 5. 2025 - 3. 6. 2025	3. 6. 2025 - 1. 7. 2025	
Kol. vzorca (L)	17,51	18,41	34,78	15,78	28,96	2,43	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Padavine (mm)	59,00	63,00	133,00	56,00	109,90	14,80	
Oznaka vzorca	K25PD411	K25PD421	K25PD431	K25PD441	K25PD451	K25PD461	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
Na-22					3,0E-01 ± 2E-01		5,0E-02 ± 3E-02
U-238			3,2E+00 ± 2E+00		2,2E+00 ± 4E+00 ‡	6,9E+01 ± 4E+01	1,2E+01 ± 6E+00
Ra-226	2,4E+00 ± 2E+00 ‡			7,3E-01 ± 8E-01 ‡			5,2E-01 ± 4E-01
Pb-210	6,5E+01 ± 2E+01	2,1E+01 ± 3E+00	4,5E+01 ± 3E+00	5,7E+01 ± 7E+00	5,1E+01 ± 3E+00	7,7E+02 ± 8E+01	1,7E+02 ± 1E+01
Ra-228			5,9E-01 ± 7E-01 ‡	1,4E+00 ± 9E-01		7,3E+00 ± 1E+01 ‡	1,6E+00 ± 2E+00
Th-230							
Th-228	1,1E+00 ± 6E-01	1,3E-01 ± 5E-01 ‡	4,8E-01 ± 3E-01	5,3E-02 ± 2E-01 ‡	1,1E-01 ± 3E-01 ‡	8,2E+00 ± 4E+00	1,7E+00 ± 7E-01
K-40	1,2E+01 ± 6E+00		4,1E+00 ± 5E+00 ‡	2,5E+01 ± 5E+00	4,9E+00 ± 2E+00	1,1E+02 ± 5E+01	2,7E+01 ± 8E+00
Be-7	1,3E+02 ± 9E+00	4,0E+01 ± 4E+00	1,8E+02 ± 8E+00	1,5E+02 ± 9E+00	2,1E+02 ± 9E+00	1,4E+03 ± 7E+01	3,5E+02 ± 1E+01
I-131							
Cs-134							
Cs-137							
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	1,3E-01 †	1,4E-01 †	7,2E-02 †	1,4E-01 †	7,8E-02 †	8,5E-01 †	2,4E-01 ± 1E-01 x
H-3	4,3E+02 ± 8E+01	5,2E+02 ± 9E+01	9,5E+02 ± 1E+02	1,1E+03 ± 1E+02	1,1E+03 ± 1E+02	1,2E+03 ± 4E+01	9,0E+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.

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

Vzorč. mesto	Dobova						
Datum vzor.	30. 12. 2024 - 3. 2. 2025	3. 2. 2025 - 3. 3. 2025	3. 3. 2025 - 1. 4. 2025	1. 4. 2025 - 5. 5. 2025	5. 5. 2025 - 3. 6. 2025	3. 6. 2025 - 1. 7. 2025	
Kol. vzorca (L)	17,5	18,4	34,8	15,8	29,0	2,4	Polletni used (*)
Padavine (mm)	59,0	63,0	133,0	56,0	109,9	14,8	
Oznaka vzorca	K25PD411	K25PD421	K25PD431	K25PD441	K25PD451	K25PD461	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^2)						
Na-22					3,3E-02 ± 2E-02		3,3E-02 ± 2E-02
U-238			4,2E-01 ± 2E-01		2,4E-01 ± 5E-01 ‡	1,0E+00 ± 5E-01	1,7E+00 ± 8E-01
Ra-226	1,4E-01 ± 1E-01 ‡			4,1E-02 ± 4E-02 ‡			1,8E-01 ± 1E-01
Pb-210	3,8E+00 ± 1E+00	1,3E+00 ± 2E-01	6,0E+00 ± 4E-01	3,2E+00 ± 4E-01	5,6E+00 ± 3E-01	1,1E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 2E+00
Ra-228			7,9E-02 ± 1E-01 ‡	7,9E-02 ± 5E-02		1,1E-01 ± 2E-01 ‡	2,7E-01 ± 2E-01
Th-230							
Th-228	6,7E-02 ± 4E-02	8,4E-03 ± 3E-02 ‡	6,4E-02 ± 4E-02	2,9E-03 ± 9E-03 ‡	1,2E-02 ± 4E-02 ‡	1,2E-01 ± 6E-02	2,8E-01 ± 9E-02
K-40	6,8E-01 ± 3E-01		5,4E-01 ± 7E-01 ‡	1,4E+00 ± 3E-01	5,4E-01 ± 2E-01	1,7E+00 ± 7E-01	4,8E+00 ± 1E+00
Be-7	7,5E+00 ± 6E-01	2,5E+00 ± 3E-01	2,4E+01 ± 1E+00	8,5E+00 ± 5E-01	2,3E+01 ± 1E+00	2,1E+01 ± 1E+00	8,6E+01 ± 2E+00
I-131							
Cs-134							
Cs-137							
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	7,9E-03 †	8,6E-03 †	9,6E-03 †	8,0E-03 †	8,6E-03 †	1,3E-02 †	5,5E-02 x
H-3	2,5E+01 ± 5E+00	3,3E+01 ± 6E+00	1,3E+02 ± 1E+01	6,3E+01 ± 6E+00	1,3E+02 ± 1E+01	1,8E+01 ± 5E-01	3,9E+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.

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

Vzorč. mesto	Dobova						
Datum vzor.	1. 7. 2025 - 4. 8. 2025	4. 8. 2025 - 1. 9. 2025	1. 9. 2025 - 1. 10. 2025	1. 10. 2025 - 3. 11. 2025	3. 11. 2025 - 1. 12. 2025	1. 12. 2025 - 29. 12. 2025	
Kol. vzorca (L)	41,50	15,48	24,73	37,52	23,87	12,12	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Padavine (mm)	128,50	48,00	89,50	90,00	112,50	55,80	
Oznaka vzorca	K25PD471	K25PD481	K25PD491	K25PD4A1	K25PD4B1	K25PD4C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
Na-22	7,0E-02 ± 1E-01 ‡						3,1E-02 ± 2E-02
U-238	9,6E-01 ± 2E+00 ‡	1,1E+01 ± 6E+00	7,3E+00 ± 3E+00	4,4E-01 ± 6E-01 ‡	7,8E+00 ± 3E+00	8,5E-02 ± 7E-01 ‡	8,5E+00 ± 3E+00
Ra-226	6,9E-01 ± 4E-01	3,3E+00 ± 2E+00	2,3E+00 ± 1E+00	4,7E-01 ± 2E-01			8,3E-01 ± 3E-01
Pb-210	4,7E+01 ± 2E+00	4,0E+02 ± 2E+01	8,8E+01 ± 6E+00	5,3E+01 ± 3E+00	1,9E+01 ± 6E+00	2,8E+01 ± 8E+00	1,4E+02 ± 7E+00
Ra-228						2,2E+00 ± 3E+00 ‡	9,6E-01 ± 1E+00
Th-230							
Th-228	1,1E+00 ± 6E-01	2,3E+00 ± 6E-01	8,6E-01 ± 4E-01	4,2E-02 ± 8E-02 ‡	5,4E-01 ± 3E-01	8,2E-01 ± 1E+00 ‡	1,3E+00 ± 4E-01
K-40	4,3E+00 ± 9E-01	3,0E+01 ± 7E+00		3,4E+00 ± 1E+00	7,0E+00 ± 4E+00	9,6E+00 ± 1E+01 ‡	1,8E+01 ± 4E+00
Be-7	2,3E+02 ± 1E+01	7,0E+02 ± 3E+01	2,0E+02 ± 9E+00	1,2E+02 ± 8E+00	9,2E+01 ± 5E+00	2,6E+02 ± 2E+01	3,1E+02 ± 6E+00
I-131							
Cs-134							
Cs-137			1,3E-02 ± 1E-01 ‡	7,9E-02 ± 9E-02 ‡			7,7E-03 ± 1E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	6,1E-02 †	1,9E-01 †	7,8E-02 †	5,2E-02 †	1,1E-01 †	2,1E-01 †	1,8E-01 ± 6E-02 x
H-3	9,1E+02 ± 1E+02	8,4E+02 ± 1E+02	4,8E+02 ± 9E+01	7,0E+02 ± 9E+01	5,5E+02 ± 9E+01	8,8E+02 ± 1E+02	8,1E+02 ± 3E+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.	1. 7. 2025 - 4. 8. 2025	4. 8. 2025 - 1. 9. 2025	1. 9. 2025 - 1. 10. 2025	1. 10. 2025 - 3. 11. 2025	3. 11. 2025 - 1. 12. 2025	1. 12. 2025 - 29. 12. 2025	
Kol. vzorca (L)	41,5	15,5	24,7	37,5	23,9	12,1	Letni used (*)
Padavine (mm)	128,5	48,0	89,5	90,0	112,5	55,8	
Oznaka vzorca	K25PD471	K25PD481	K25PD491	K25PD4A1	K25PD4B1	K25PD4C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)						
Na-22	9,0E-03 ± 1E-02 ‡						4,2E-02 ± 2E-02
U-238	1,2E-01 ± 3E-01 ‡	5,5E-01 ± 3E-01	6,5E-01 ± 3E-01	4,0E-02 ± 6E-02 ‡	8,7E-01 ± 3E-01	4,7E-03 ± 4E-02 ‡	3,9E+00 ± 1E+00
Ra-226	8,8E-02 ± 5E-02	1,6E-01 ± 1E-01	2,1E-01 ± 1E-01	4,2E-02 ± 2E-02			6,8E-01 ± 2E-01
Pb-210	6,1E+00 ± 3E-01	1,9E+01 ± 9E-01	7,9E+00 ± 5E-01	4,8E+00 ± 3E-01	2,1E+00 ± 6E-01	1,5E+00 ± 5E-01	7,3E+01 ± 2E+00
Ra-228						1,2E-01 ± 2E-01 ‡	3,9E-01 ± 3E-01
Th-230							
Th-228	1,4E-01 ± 7E-02	1,1E-01 ± 3E-02	7,7E-02 ± 3E-02	3,7E-03 ± 7E-03 ‡	6,0E-02 ± 3E-02	4,6E-02 ± 6E-02 ‡	7,1E-01 ± 1E-01
K-40	5,6E-01 ± 1E-01	1,4E+00 ± 3E-01		3,1E-01 ± 1E-01	7,9E-01 ± 5E-01	5,3E-01 ± 6E-01 ‡	8,4E+00 ± 1E+00
Be-7	3,0E+01 ± 1E+00	3,3E+01 ± 1E+00	1,8E+01 ± 8E-01	1,1E+01 ± 7E-01	1,0E+01 ± 5E-01	1,5E+01 ± 8E-01	2,0E+02 ± 3E+00
I-131							
Cs-134							
Cs-137			1,1E-03 ± 1E-02 ‡	7,1E-03 ± 8E-03 ‡			8,3E-03 ± 1E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	7,8E-03 †	8,9E-03 †	7,0E-03 †	4,6E-03 †	1,3E-02 †	1,2E-02 †	1,1E-01 x
H-3	1,2E+02 ± 1E+01	4,0E+01 ± 5E+00	4,3E+01 ± 8E+00	6,3E+01 ± 8E+00	6,2E+01 ± 1E+01	4,9E+01 ± 5E+00	7,6E+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 2025 T - 40 a
5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Slovenija

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

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS						
Datum vzor.	30. 12. 2024 - 3. 2. 2025	3. 2. 2025 - 3. 3. 2025	3. 3. 2025 - 1. 4. 2025	1. 4. 2025 - 5. 5. 2025	5. 5. 2025 - 3. 6. 2025	3. 6. 2025 - 1. 7. 2025	
Kol. vzorca (L)	30,50	18,38	48,29	20,38	21,14	0,51	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Padavine (mm)***	109,60	65,00	177,00	79,20	78,10	9,60	
Oznaka vzorca	L25PD111	L25PD121	L25PD131	L25PD141	L25PD151	L25PD161	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
Na-22							
U-238	3,0E+00 ± 4E+00 ‡	5,7E+00 ± 3E+00	1,6E+00 ± 8E-01	3,8E+00 ± 3E+00	6,6E+00 ± 3E+00	1,6E+02 ± 2E+02 ‡	3,1E+01 ± 3E+01
Ra-226			7,0E-02 ± 4E-01 ‡				1,2E-02 ± 6E-02
Pb-210	1,7E+01 ± 2E+00	2,9E+01 ± 9E+00	1,7E+01 ± 1E+00	2,5E+02 ± 1E+01	4,2E+01 ± 7E+00	2,6E+03 ± 2E+02	5,0E+02 ± 4E+01
Ra-228		8,4E-01 ± 1E+00 ‡		1,4E+00 ± 1E+00			3,7E-01 ± 3E-01
Th-230							
Th-228	6,9E-01 ± 6E-01 ‡	1,2E+00 ± 4E-01		5,3E-01 ± 4E-01 ‡	2,6E-01 ± 5E-01 ‡	2,7E+01 ± 2E+01 ‡	5,0E+00 ± 4E+00
K-40	1,2E+00 ± 1E+00 ‡	1,1E+01 ± 5E+00	3,0E+00 ± 1E+00	1,0E+02 ± 6E+00	1,4E+01 ± 8E+00	2,4E+02 ± 2E+02 ‡	6,1E+01 ± 4E+01
Be-7	1,0E+02 ± 5E+00	8,9E+01 ± 5E+00	1,0E+02 ± 7E+00	4,1E+02 ± 2E+01	1,4E+02 ± 1E+01	4,3E+03 ± 4E+02	8,5E+02 ± 6E+01
I-131							
Cs-134							
Cs-137							
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
H-3	2,8E+02 ± 2E+01	5,6E+02 ± 2E+01	5,3E+02 ± 3E+01	7,7E+02 ± 3E+01	9,9E+02 ± 3E+01	1,4E+03 ± 5E+01	7,5E+02 ± 1E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize H-3 pa na Odseku O-2. Ker je bilo v februarju premalo vzorca (dežja), meritev H-3 ni bila opravljena.
*** 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.	30. 12. 2024 - 3. 2. 2025	3. 2. 2025 - 3. 3. 2025	3. 3. 2025 - 1. 4. 2025	1. 4. 2025 - 5. 5. 2025	5. 5. 2025 - 3. 6. 2025	3. 6. 2025 - 1. 7. 2025	
Kol. vzorca (L)	30,5	18,4	48,3	20,4	21,1	0,5	Polletni used (*)
Padavine (mm)***	109,6	65,0	177,0	79,2	78,1	9,6	
Oznaka vzorca	L25PD111	L25PD121	L25PD131	L25PD141	L25PD151	L25PD161	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)						
Na-22							
U-238	3,3E-01 ± 4E-01 ‡	3,7E-01 ± 2E-01	2,8E-01 ± 1E-01	3,0E-01 ± 2E-01	5,1E-01 ± 2E-01	1,6E+00 ± 2E+00 ‡	3,4E+00 ± 2E+00
Ra-226			1,2E-02 ± 6E-02 ‡				1,2E-02 ± 6E-02
Pb-210	1,9E+00 ± 2E-01	1,9E+00 ± 6E-01	3,1E+00 ± 2E-01	2,0E+01 ± 1E+00	3,2E+00 ± 5E-01	2,5E+01 ± 2E+00	5,5E+01 ± 3E+00
Ra-228		5,5E-02 ± 7E-02 ‡		1,1E-01 ± 8E-02			1,6E-01 ± 1E-01
Th-230							
Th-228	7,6E-02 ± 6E-02 ‡	7,9E-02 ± 3E-02		4,2E-02 ± 3E-02 ‡	2,0E-02 ± 4E-02 ‡	2,6E-01 ± 2E-01 ‡	4,8E-01 ± 2E-01
K-40	1,3E-01 ± 1E-01 ‡	7,1E-01 ± 4E-01	5,3E-01 ± 2E-01	8,0E+00 ± 5E-01	1,1E+00 ± 6E-01	2,3E+00 ± 2E+00 ‡	1,3E+01 ± 2E+00
Be-7	1,1E+01 ± 5E-01	5,8E+00 ± 3E-01	1,8E+01 ± 1E+00	3,3E+01 ± 1E+00	1,1E+01 ± 9E-01	4,1E+01 ± 4E+00	1,2E+02 ± 4E+00
I-131							
Cs-134							
Cs-137							
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
H-3	3,0E+01 ± 2E+00	3,6E+01 ± 2E+00	9,3E+01 ± 5E+00	6,1E+01 ± 2E+00	7,7E+01 ± 2E+00	1,3E+01 ± 4E-01	3,1E+02 ± 7E+00

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize H-3 pa na Odseku O-2. Ker je bilo v februarju premalo vzorca (dežja), meritev H-3 ni bila opravljena.
*** 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 KOLIČINO TEKOČIH PADAVIN

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS						
Datum vzor.	1. 7. 2025 - 4. 8. 2025	4. 8. 2025 - 1. 9. 2025	1. 9. 2025 - 1. 10. 2025	1. 10. 2025 - 3. 11. 2025	3. 11. 2025 - 1. 12. 2025	1. 12. 2025 - 29. 12. 2025	
Kol. vzorca (L)	58,10	33,69	39,84	34,82	29,86	6,40	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Padavine (mm)***	210,20	129,90	121,30	135,90	112,20	24,90	
Oznaka vzorca	L25PD171	L25PD181	L25PD191	L25PD1A1	L25PD1B1	L25PD1C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
Na-22	4,4E-01 ± 9E-02						3,7E-02 ± 7E-03
U-238				4,8E+00 ± 2E+00		1,4E+01 ± 1E+01 ‡	1,7E+01 ± 2E+01
Ra-226	3,9E-01 ± 2E-01	4,6E-01 ± 3E-01		1,5E-01 ± 8E-01 ‡			8,9E-02 ± 8E-02
Pb-210	4,4E+01 ± 2E+00	1,0E+02 ± 5E+00	6,0E+01 ± 3E+00	8,4E+01 ± 6E+00	4,1E+01 ± 4E+00	3,4E+01 ± 2E+01	2,8E+02 ± 2E+01
Ra-228	5,5E-01 ± 2E-01	6,7E-01 ± 3E-01			5,1E-01 ± 7E-01 ‡	2,8E+00 ± 6E+00 ‡	5,6E-01 ± 5E-01
Th-230							
Th-228	3,4E-01 ± 9E-02	4,4E-01 ± 2E-01		4,4E-01 ± 2E-01	9,5E-01 ± 4E-01	3,5E+00 ± 1E+00	3,0E+00 ± 2E+00
K-40	5,5E+00 ± 7E-01	1,3E+01 ± 1E+00	6,0E+00 ± 2E+00	1,8E+01 ± 3E+00	8,7E+00 ± 4E+00	1,0E+01 ± 3E+01 ‡	3,6E+01 ± 2E+01
Be-7	2,0E+02 ± 8E+00	4,8E+02 ± 2E+01	1,4E+02 ± 8E+00	2,3E+02 ± 1E+01	1,2E+02 ± 8E+00	6,2E+01 ± 8E+00	5,3E+02 ± 3E+01
I-131							
Cs-134							
Cs-137							
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
H-3	1,2E+03 ± 4E+01	5,9E+02 ± 3E+01	5,6E+02 ± 2E+01	3,4E+02 ± 3E+01	3,3E+02 ± 3E+01	7,2E+02 ± 3E+01	6,8E+02 ± 9E+00

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize H-3 pa na Odseku O-2.
*** Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

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

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS						
Datum vzor.	1. 7. 2025 - 4. 8. 2025	4. 8. 2025 - 1. 9. 2025	1. 9. 2025 - 1. 10. 2025	1. 10. 2025 - 3. 11. 2025	3. 11. 2025 - 1. 12. 2025	1. 12. 2025 - 29. 12. 2025	
Kol. vzorca (L)	58,1	33,7	39,8	34,8	29,9	6,4	Letni used (*)
Padavine (mm)***	210,2	129,9	121,3	135,9	112,2	24,9	
Oznaka vzorca	L25PD171	L25PD181	L25PD191	L25PD1A1	L25PD1B1	L25PD1C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^2)						
Na-22	9,3E-02 ± 2E-02						9,3E-02 ± 2E-02
U-238				6,6E-01 ± 3E-01		3,6E-01 ± 3E-01 ‡	4,4E+00 ± 2E+00
Ra-226	8,2E-02 ± 5E-02	6,0E-02 ± 4E-02		2,0E-02 ± 1E-01 ‡			1,7E-01 ± 1E-01
Pb-210	9,2E+00 ± 5E-01	1,3E+01 ± 6E-01	7,2E+00 ± 4E-01	1,1E+01 ± 9E-01	4,6E+00 ± 4E-01	8,5E-01 ± 5E-01	1,0E+02 ± 3E+00
Ra-228	1,2E-01 ± 4E-02	8,7E-02 ± 4E-02			5,7E-02 ± 8E-02 ‡	7,0E-02 ± 2E-01 ‡	4,9E-01 ± 2E-01
Th-230							
Th-228	7,1E-02 ± 2E-02	5,7E-02 ± 2E-02		5,9E-02 ± 3E-02	1,1E-01 ± 4E-02	8,6E-02 ± 3E-02	8,6E-01 ± 2E-01
K-40	1,2E+00 ± 1E-01	1,7E+00 ± 2E-01	7,2E-01 ± 3E-01	2,4E+00 ± 4E-01	9,7E-01 ± 4E-01	2,6E-01 ± 7E-01 ‡	2,0E+01 ± 3E+00
Be-7	4,2E+01 ± 2E+00	6,3E+01 ± 3E+00	1,7E+01 ± 9E-01	3,2E+01 ± 1E+00	1,4E+01 ± 9E-01	1,6E+00 ± 2E-01	2,9E+02 ± 5E+00
I-131							
Cs-134							
Cs-137							
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
H-3	2,4E+02 ± 8E+00	7,7E+01 ± 4E+00	6,8E+01 ± 3E+00	4,6E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 3E+00	1,8E+01 ± 7E-01	8,0E+02 ± 1E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2, radiokemijske analize H-3 pa na Odseku O-2.
*** Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2025 T - 41

5. PREGLED SPECIFIČNIH ANALIZ H-3 V DEŽEVNICI V LETU 2025

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Slovenija

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

Vzorč. mesto	Krško			Brege			Dobova			Ljubljana - ZVD				Ljubljana - IJS			
Mesec vzorčevanja	Padavine***	Koncentracija aktivnosti		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	mm	kBq/m³		kBq/m²
Januar	50,8	7,4E-01	3,7E-02	61,3	1,23E+00	7,5E-02	59,0	4,3E-01	2,5E-02	107,8	2,3E-01	7,7E-02	2,5E-02	109,6	2,8E-01	2,1E-02	3,0E-02
Februar	48,3	1,0E+00	4,8E-02	68,5	1,42E+00	9,7E-02	63,0	5,2E-01	3,3E-02	66,8	5,9E-01	9,0E-02	4,0E-02	65,0	5,6E-01	2,4E-02	3,6E-02
Marec	119,9	1,3E+00	1,5E-01	135,3	1,85E+00	2,5E-01	133,0	9,5E-01	1,3E-01	177,0	5,5E-01	9,2E-02	9,8E-02	177,0	5,3E-01	2,8E-02	9,3E-02
April	108,4	1,3E+00	1,4E-01	56,3	1,62E+00	9,1E-02	56,0	1,1E+00	6,3E-02	74,5	8,7E-01	1,1E-01	6,5E-02	79,2	7,7E-01	2,9E-02	6,1E-02
Maj	82,4	1,1E+00	9,3E-02	119,8	1,48E+00	1,8E-01	109,9	1,1E+00	1,3E-01	82,8	1,1E+00	1,1E-01	9,1E-02	78,1	9,9E-01	3,2E-02	7,7E-02
Junij	24,9	1,2E+00	2,9E-02	15,1	1,59E+00	2,4E-02	14,8	1,2E+00	1,8E-02					9,6	1,4E+00	4,5E-02	1,3E-02
Julij	133,0	1,1E+00	1,5E-01	116,1	1,26E+00	1,5E-01	128,5	9,1E-01	1,2E-01	194,9	7,3E-01	9,9E-02	1,4E-01	210,2	1,2E+00	3,8E-02	2,4E-01
Avgust	47,3	1,3E+00	6,2E-02	61,6	1,27E+00	7,8E-02	48,0	8,4E-01	4,0E-02	145,7	8,5E-01	1,1E-01	1,2E-01	129,9	5,9E-01	3,1E-02	7,7E-02
September	97,5	6,9E-01	6,7E-02	79,4	1,01E+00	8,0E-02	89,5	4,8E-01	4,3E-02	121,3	4,2E-01	8,8E-02	5,1E-02	121,3	5,6E-01	2,3E-02	6,8E-02
Oktober	122,4	1,9E+00	2,3E-01	117,9	2,21E+00	2,6E-01	90,0	7,0E-01	6,3E-02	123,1	3,6E-01	7,5E-02	4,4E-02	135,9	3,4E-01	2,7E-02	4,6E-02
November	126,2	1,2E+00	1,5E-01	125,2	1,71E+00	2,1E-01	112,5	5,5E-01	6,2E-02	125,0	4,5E-01	8,5E-02	5,6E-02	112,2	3,3E-01	3,0E-02	3,7E-02
December	51,9	2,6E+00	1,4E-01	62,3	1,75E+00	1,1E-01	55,8	8,8E-01	4,9E-02	24,9	8,5E-01	9,6E-02	2,1E-02	24,9	7,2E-01	2,7E-02	1,8E-02
Mesečno povprečje (za celo leto) (kBq/m³)	1,29	±	3,6E-02	1,53E+00	±	3,9E-02	8,12E-01	±	2,8E-02	5,83E-01	±		2,6E-02	6,83E-01	±		8,7E-03
Celotna vrednost	1013		1,3E+00	1019		1,6E+00	960		7,6E-01	1244			7,6E-01	1253			8,0E-01
	mm		kBq/m²	mm		kBq/m²	mm		kBq/m²	mm			kBq/m²	mm			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 2025 T - 42/1a
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	širša okolica NEK (mesto 2-5)							
Datum vzor.	30. 12. 2024 - 3. 2. 2025	3. 2. 2025 - 3. 3. 2025	3. 3. 2025 - 1. 4. 2025	1. 4. 2025 - 5. 5. 2025	5. 5. 2025 - 3. 6. 2025	3. 6. 2025 - 1. 7. 2025	Polletna vsota	Polletni used (*)
Kol. vzorca (g)	113,1	117,5	74,3	81,8	87,2	103,0		
Padavine (mm)***	56,1	58,4	127,6	82,4	101,1	20,0		
Oznaka vzorca	K25PV211	K25PV221	K25PV231	K25PV241	K25PV251	K25PV261		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)							
Na-22								
U-238	1,4E+00 ± 3E-01	4,8E-02 ± 9E-02 ‡	5,1E-02 ± 2E-01 ‡	2,2E-02 ± 8E-02 ‡	2,7E-01 ± 2E-01	1,3E-02 ± 7E-02 ‡	1,8E+00 ± 4E-01	8,9E+00 ± 2E+00
Ra-226	4,1E-02 ± 2E-01 ‡		5,5E-02 ± 6E-02 ‡	4,2E-01 ± 3E-01	4,2E-02 ± 3E-02	5,2E-02 ± 1E-01 ‡	6,0E-01 ± 4E-01	3,0E+00 ± 2E+00
Pb-210	4,8E+00 ± 3E-01	2,1E+00 ± 1E-01	5,3E+00 ± 3E-01	6,2E+00 ± 3E-01	3,5E+00 ± 3E-01	3,6E+00 ± 2E-01	2,6E+01 ± 6E-01	1,3E+02 ± 3E+00
Ra-228	9,7E-02 ± 1E-01 ‡		1,4E-02 ± 2E-02 ‡	5,2E-02 ± 3E-02	8,4E-02 ± 4E-02		2,5E-01 ± 1E-01	1,2E+00 ± 6E-01
Th-230								
Th-228	5,6E-02 ± 2E-02	3,0E-02 ± 1E-02	7,5E-02 ± 2E-02	2,2E-01 ± 2E-02	2,3E-02 ± 2E-02	3,6E-02 ± 1E-02	4,4E-01 ± 4E-02	2,2E+00 ± 2E-01
K-40	6,5E-01 ± 4E-01	5,0E-02 ± 7E-02 ‡	1,5E-01 ± 7E-02	7,1E-01 ± 9E-02	4,4E-01 ± 2E-01	4,7E-01 ± 1E-01	2,5E+00 ± 5E-01	1,2E+01 ± 2E+00
Be-7	1,4E+01 ± 6E-01	5,8E+00 ± 3E-01	4,2E+01 ± 2E+00	6,3E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 1E+00	2,7E+01 ± 1E+00	1,8E+02 ± 4E+00	8,9E+02 ± 2E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137				2,2E-02 ± 8E-03		9,7E-03 ± 7E-03	3,2E-02 ± 1E-02	1,6E-01 ± 5E-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 2025 T - 42/1b
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	širša okolica NEK (mesto 2-5)							
Datum vzor.	1. 7. 2025 - 4. 8. 2025	4. 8. 2025 - 1. 9. 2025	1. 9. 2025 - 1. 10. 2025	1. 10. 2025 - 3. 11. 2025	3. 11. 2025 - 1. 12. 2025	1. 12. 2025 - 29. 12. 2025	Letna vsota	Letni used (*)
Kol. vzorca (g)	126,1	56,6	88,8	96,1	108,0	89,5		
Padavine (mm)***	124,6	54,5	88,5	120,2	125,7	57,1		
Oznaka vzorca	K25PV271	K25PV281	K25PV291	K25PV2A1	K25PV2B1	K25PV2C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)							
Na-22								
U-238	2,9E-01 ± 5E-01 ‡	3,4E-01 ± 1E-01	2,5E-01 ± 1E-01	2,2E-01 ± 2E-01 ‡	2,0E-01 ± 2E-01 ‡	2,5E-01 ± 2E-01	3,3E+00 ± 8E-01	1,7E+01 ± 4E+00
Ra-226	3,7E-02 ± 3E-02 ‡	1,1E-01 ± 5E-02	5,9E-02 ± 5E-02 ‡		6,4E-02 ± 4E-02	2,4E-02 ± 6E-02 ‡	9,0E-01 ± 4E-01	4,5E+00 ± 2E+00
Pb-210	1,1E+01 ± 5E-01	5,4E+00 ± 3E-01	5,8E+00 ± 4E-01	3,0E+00 ± 2E-01	3,2E+00 ± 3E-01	1,6E+00 ± 3E-01	5,5E+01 ± 1E+00	2,8E+02 ± 5E+00
Ra-228	5,0E-02 ± 3E-02		3,9E-02 ± 4E-02 ‡		4,6E-02 ± 5E-02 ‡	3,6E-02 ± 5E-02 ‡	4,2E-01 ± 1E-01	2,1E+00 ± 7E-01
Th-230								
Th-228	4,5E-02 ± 2E-02	4,3E-02 ± 1E-02	5,5E-02 ± 2E-02	1,0E-02 ± 2E-02 ‡	1,1E-02 ± 2E-02 ‡	2,1E-02 ± 2E-02 ‡	6,3E-01 ± 6E-02	3,1E+00 ± 3E-01
K-40	3,6E-01 ± 1E-01	4,3E-01 ± 2E-01	2,2E-01 ± 2E-01 ‡	1,7E-01 ± 8E-02	2,8E-01 ± 2E-01	2,9E-02 ± 4E-01 ‡	4,0E+00 ± 8E-01	2,0E+01 ± 4E+00
Be-7	9,7E+01 ± 5E+00	5,8E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 1E+00	1,8E+01 ± 7E-01	1,1E+00 ± 2E-01	4,2E+02 ± 7E+00	2,1E+03 ± 3E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	4,3E-03 ± 6E-03 ‡						3,7E-02 ± 1E-02	1,8E-01 ± 6E-02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

(*) Ocena je narejena ob upoštevanju 20-odstotnega zbiralnega izkoristka vazelinskih plošč.
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.
*** Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2025 T - 42/2a
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	daljna okolica NEK (mesto 6)							
Datum vzor.	30. 12. 2024 - 3. 2. 2025	3. 2. 2025 - 3. 3. 2025	3. 3. 2025 - 1. 4. 2025	1. 4. 2025 - 5. 5. 2025	5. 5. 2025 - 3. 6. 2025	3. 6. 2025 - 1. 7. 2025	Polletna vsota	Polletni used (*)
Kol. vzorca (g)	37,0	17,2	21,3	21,9	29,0	21,6		
Padavine (mm)	59,0	63,0	133,0	56,0	109,9	14,8		
Oznaka vzorca	K25PV2611	K25PV2621	K25PV2631	K25PV2641	K25PV2651	K25PV2661		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)							
Na-22								
U-238	1,1E+00 ± 3E-01	2,9E-01 ± 4E-01 ‡	6,8E-01 ± 4E-01	5,0E-01 ± 4E-01	1,3E+00 ± 1E+00 ‡		3,9E+00 ± 1E+00	1,9E+01 ± 7E+00
Ra-226		4,8E-02 ± 1E-01 ‡	1,2E-01 ± 1E-01 ‡	8,2E-02 ± 3E-01 ‡	1,3E+00 ± 8E-01		1,5E+00 ± 9E-01	7,6E+00 ± 4E+00
Pb-210	2,9E+00 ± 7E-01	1,8E+00 ± 4E-01	7,1E+00 ± 7E-01	6,3E+00 ± 5E-01	5,6E-01 ± 2E+00 ‡	2,4E+00 ± 2E-01	2,1E+01 ± 3E+00	1,1E+02 ± 1E+01
Ra-228		6,2E-02 ± 6E-02 ‡	1,8E-01 ± 2E-01 ‡			1,5E-01 ± 7E-02	3,9E-01 ± 2E-01	2,0E+00 ± 9E-01
Th-230								
Th-228	1,5E-01 ± 5E-02	5,2E-02 ± 4E-02	3,0E-01 ± 5E-02	1,3E-01 ± 5E-02	2,2E-01 ± 7E-02	1,5E-01 ± 3E-02	1,0E+00 ± 1E-01	5,0E+00 ± 6E-01
K-40	1,0E+00 ± 9E-01 ‡	2,6E-01 ± 3E-01 ‡		7,4E-01 ± 5E-01	8,3E-01 ± 5E-01	4,6E-01 ± 2E-01	3,3E+00 ± 1E+00	1,7E+01 ± 6E+00
Be-7	8,7E+00 ± 6E-01	4,4E+00 ± 3E-01	4,2E+01 ± 2E+00	5,8E+01 ± 3E+00	3,0E+01 ± 1E+00	1,9E+01 ± 8E-01	1,6E+02 ± 4E+00	8,1E+02 ± 2E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137								
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

(*) Ocena je narejena ob upoštevanju 20-odstotnega zbiralnega izkoristka vazelinskih plošč.
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2025 T - 42/2b
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	daljna okolica NEK (mesto 6)							
Datum vzor.	1. 7. 2025 - 4. 8. 2025	4. 8. 2025 - 1. 9. 2025	1. 9. 2025 - 1. 10. 2025	1. 10. 2025 - 3. 11. 2025	3. 11. 2025 - 1. 12. 2025	1. 12. 2025 - 29. 12. 2025	Letna vsota	Letni used (*)
Kol. vzorca (g)	19,4	12,6	21,2	18,3	30,5	23,7		
Padavine (mm)	128,5	48,0	89,5	90,0	112,5	55,8		
Oznaka vzorca	K25PV2671	K25PV2681	K25PV2691	K25PV26A1	K25PV26B1	K25PV26C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)							
Na-22								
U-238	2,0E-01 ± 1E-01	1,3E+00 ± 2E+00 ‡	6,5E-01 ± 3E-01		8,9E-01 ± 3E-01		6,9E+00 ± 2E+00	3,4E+01 ± 1E+01
Ra-226					1,9E-01 ± 1E-01	1,8E-02 ± 4E-02 ‡	1,7E+00 ± 9E-01	8,7E+00 ± 4E+00
Pb-210	7,5E+00 ± 4E-01	3,9E+00 ± 5E-01	5,6E+00 ± 7E-01	1,3E-01 †	3,0E+00 ± 6E-01	1,5E+00 ± 2E-01	4,3E+01 ± 3E+00 x	2,1E+02 ± 1E+01 x
Ra-228		2,6E-01 ± 1E-01			1,8E-01 ± 2E-01 ‡	6,5E-03 ± 8E-02 ‡	8,4E-01 ± 3E-01	4,2E+00 ± 1E+00
Th-230								
Th-228	5,9E-03 ± 9E-03 ‡	4,6E-02 ± 4E-02 ‡	2,5E-02 ± 7E-02 ‡		1,9E-02 ± 4E-02 ‡	1,9E-02 ± 3E-02 ‡	1,1E+00 ± 2E-01	5,6E+00 ± 8E-01
K-40		1,4E+00 ± 4E-01	1,9E-01 ± 4E-01 ‡				4,9E+00 ± 1E+00	2,5E+01 ± 6E+00
Be-7	6,3E+01 ± 4E+00	4,3E+01 ± 2E+00	3,2E+01 ± 2E+00	1,3E+01 ± 1E+00	8,2E+00 ± 6E-01	7,7E-01 ± 4E-01	3,2E+02 ± 6E+00	1,6E+03 ± 3E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137								
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

(*) Ocena je narejena ob upoštevanju 20-odstotnega zbiralnega izkoristka vazelinskih plošč.
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.
(‡) 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 2025 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.	30. 12. 2024 - 3. 2. 2025	3. 2. 2025 - 3. 3. 2025	3. 3. 2025 - 1. 4. 2025	1. 4. 2025 - 5. 5. 2025	5. 5. 2025 - 3. 6. 2025	3. 6. 2025 - 1. 7. 2025	Polletna vsota	Polletni used (*)
Kol. vzorca (g)	105,1		57,2	59,4	72,8	78,4		
Padavine (mm)	50,8	48,3	119,9	108,4	82,4	24,9		
Oznaka vzorca	K25PV311	K25PV321	K25PV331	K25PV341	K25PV351	K25PV361		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)							
Na-22								
U-238	8,7E-02 ± 5E-02	4,2E-01 ± 2E-01	8,3E-02 ± 9E-02 ‡	1,4E-01 ± 2E-01 ‡	5,2E-01 ± 2E-01	1,7E+00 ± 7E-01	3,0E+00 ± 8E-01	1,5E+01 ± 4E+00
Ra-226	1,6E-01 ± 5E-02			3,1E-01 ± 3E-01 ‡	4,5E-01 ± 3E-01	1,9E-01 ± 2E-01 ‡	1,1E+00 ± 5E-01	5,6E+00 ± 2E+00
Pb-210	3,6E+00 ± 2E-01	2,5E+00 ± 3E-01	6,9E+00 ± 4E-01	6,8E+00 ± 4E-01	3,5E+00 ± 3E-01	3,5E+00 ± 4E-01	2,7E+01 ± 8E-01	1,3E+02 ± 4E+00
Ra-228	9,4E-03 ± 2E-02 ‡			1,5E-01 ± 1E-01	5,2E-03 ± 4E-02 ‡	1,2E-01 ± 1E-01 ‡	2,9E-01 ± 2E-01	1,4E+00 ± 8E-01
Th-230								
Th-228	4,7E-02 ± 7E-03	2,4E-02 ± 2E-02	3,6E-02 ± 2E-02	1,5E-01 ± 2E-02	3,0E-01 ± 4E-02	6,2E-02 ± 3E-02	6,1E-01 ± 6E-02	3,1E+00 ± 3E-01
K-40	1,2E-01 ± 9E-02	1,9E-01 ± 2E-01 ‡	1,1E-01 ± 1E-01 ‡	3,2E-01 ± 2E-01	9,2E-01 ± 5E-01		1,7E+00 ± 6E-01	8,3E+00 ± 3E+00
Be-7	1,2E+01 ± 8E-01	5,6E+00 ± 3E-01	4,7E+01 ± 3E+00	6,2E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 1E+00	2,0E+01 ± 9E-01	1,8E+02 ± 4E+00	8,8E+02 ± 2E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137			7,1E-03 ± 8E-03 ‡	2,0E-02 ± 1E-02	9,7E-04 ± 1E-02 ‡		2,8E-02 ± 2E-02	1,4E-01 ± 9E-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 2025 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.	1. 7. 2025 - 4. 8. 2025	4. 8. 2025 - 1. 9. 2025	1. 9. 2025 - 1. 10. 2025	1. 10. 2025 - 3. 11. 2025	3. 11. 2025 - 1. 12. 2025	1. 12. 2025 - 29. 12. 2025	Letna vsota	Letni used (*)
Kol. vzorca (g)	89,3	37,5	57,2	64,7	73,2	71,7		
Padavine (mm)	133,0	47,3	97,5	122,4	126,2	51,9		
Oznaka vzorca	K25PV371	K25PV381	K25PV391	K25PV3A1	K25PV3B1	K25PV3C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)							
Na-22								
U-238	3,3E-01 ± 3E-01 ‡	3,6E-01 ± 1E-01	2,9E-01 ± 3E-01 ‡	1,6E-01 ± 5E-01 ‡	4,6E-01 ± 2E-01	9,1E-02 ± 3E-01 ‡	4,7E+00 ± 1E+00	2,3E+01 ± 6E+00
Ra-226		1,5E-02 ± 2E-02 ‡		3,2E-02 ± 3E-02 ‡	8,1E-02 ± 8E-02 ‡		1,2E+00 ± 5E-01	6,2E+00 ± 2E+00
Pb-210	7,1E+00 ± 5E-01	4,2E+00 ± 3E-01	4,6E+00 ± 3E-01	2,8E+00 ± 3E-01	3,5E+00 ± 4E-01	2,0E+00 ± 2E-01	5,1E+01 ± 1E+00	2,6E+02 ± 6E+00
Ra-228	3,6E-02 ± 8E-02 ‡		7,7E-03 ± 2E-02 ‡	7,7E-03 ± 8E-02 ‡			3,4E-01 ± 2E-01	1,7E+00 ± 1E+00
Th-230								
Th-228	6,3E-02 ± 6E-02 ‡	3,6E-02 ± 1E-02	2,6E-03 ± 2E-02 ‡	3,2E-02 ± 2E-02	2,2E-02 ± 3E-02 ‡		7,7E-01 ± 9E-02	3,8E+00 ± 5E-01
K-40	1,0E+00 ± 6E-01	2,9E-01 ± 3E-01 ‡	7,8E-02 ± 2E-01 ‡	3,1E-01 ± 2E-01	1,2E-01 ± 2E-01 ‡	1,7E-01 ± 2E-01 ‡	3,7E+00 ± 1E+00	1,8E+01 ± 5E+00
Be-7	6,0E+01 ± 2E+00	4,4E+01 ± 2E+00	3,1E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 1E+00	1,3E+01 ± 6E-01	1,1E+00 ± 2E-01	3,5E+02 ± 5E+00	1,7E+03 ± 3E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137		2,9E-03 ± 1E-02 ‡					3,1E-02 ± 2E-02	1,5E-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 2025 T - 42/4a
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS							
Datum vzor.	30. 12. 2024 - 3. 2. 2025	3. 2. 2025 - 3. 3. 2025	3. 3. 2025 - 1. 4. 2025	1. 4. 2025 - 5. 5. 2025	5. 5. 2025 - 3. 6. 2025	3. 6. 2025 - 1. 7. 2025	Polletna vsota	Polletni used
Kol. vzorca (g)	33,9		19,6	19,3	28,5	33,3		
Padavine (mm)***	109,6	65,0	177,0	79,2	78,1	9,6		
Oznaka vzorca	L25PV111	L25PV121	L25PV131	L25PV141	L25PV151	L25PV161		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)							
Na-22								
U-238	1,9E-01 ± 5E-01 ‡	5,7E-01 ± 3E-01	4,6E-01 ± 9E-01 ‡	2,2E-01 ± 4E-01 ‡	2,4E-01 ± 6E-01 ‡	2,4E-02 ± 6E-01 ‡	1,7E+00 ± 1E+00	8,6E+00 ± 7E+00
Ra-226	1,2E-01 ± 8E-02			6,6E-01 ± 9E-01 ‡	4,5E-02 ± 1E-01 ‡	3,1E-01 ± 3E-01 ‡	1,1E+00 ± 9E-01	5,7E+00 ± 5E+00
Pb-210	3,5E+00 ± 7E-01	2,3E+00 ± 3E-01	4,3E+00 ± 5E-01	8,3E+00 ± 6E-01	1,2E+00 †	5,7E+00 ± 6E-01	2,5E+01 ± 1E+00 x	1,3E+02 ± 6E+00 x
Ra-228	4,2E-02 ± 6E-02 ‡	8,8E-02 ± 8E-02 ‡	1,2E-01 ± 2E-01 ‡	2,0E-01 ± 2E-01 ‡	4,3E-02 ± 1E-01 ‡		5,0E-01 ± 3E-01	2,5E+00 ± 1E+00
Th-230								
Th-228	3,9E-02 ± 4E-02 ‡	9,5E-02 ± 4E-02	3,9E-02 ± 5E-02 ‡	3,8E-01 ± 9E-02	1,6E-01 ± 1E-01	1,2E-01 ± 6E-02	8,3E-01 ± 2E-01	4,1E+00 ± 8E-01
K-40	4,1E-01 ± 3E-01 ‡	1,1E-02 ± 1E-01 ‡	9,9E-02 ± 1E+00 ‡	1,3E-01 ± 8E-01 ‡	2,5E-02 ± 4E-01 ‡	3,3E-01 ± 6E-01 ‡	1,0E+00 ± 2E+00	5,0E+00 ± 9E+00
Be-7	2,5E+01 ± 1E+00	5,0E+00 ± 3E-01	3,3E+01 ± 2E+00	6,9E+01 ± 3E+00	3,0E+01 ± 1E+00	5,2E+01 ± 3E+00	2,1E+02 ± 5E+00	1,1E+03 ± 2E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137								
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

(*) Ocena je narejena ob upoštevanju 20-odstotnega zbiralnega izkoristka vazelinskih plošč.
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.
*** Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).
(‡) 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 2025 T - 42/4b
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS							
Datum vzor.	1. 7. 2025 - 4. 8. 2025	4. 8. 2025 - 1. 9. 2025	1. 9. 2025 - 1. 10. 2025	1. 10. 2025 - 3. 11. 2025	3. 11. 2025 - 1. 12. 2025	1. 12. 2025 - 29. 12. 2025	Letna vsota	Letni used
Kol. vzorca (g)	29,6	15,2	17,8	23,5	31,0	24,1		
Padavine (mm)***	210,2	129,9	121,3	135,9	112,2	24,9		
Oznaka vzorca	L25PV171	L25PV181	L25PV191	L25PV1A1	L25PV1B1	L25PV1C1		
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)							
Na-22								
U-238	1,8E-01 ± 2E-01 ‡	1,9E-01 ± 4E-01 ‡	3,6E-01 ± 2E-01	1,4E-01 ± 1E-01 ‡	5,4E-01 ± 3E-01	3,9E-01 ± 3E-01	3,5E+00 ± 2E+00	1,8E+01 ± 8E+00
Ra-226	3,1E-02 ± 1E-01 ‡				8,4E-03 ± 6E-02 ‡		1,2E+00 ± 9E-01	5,9E+00 ± 5E+00
Pb-210	1,2E+01 ± 6E-01	6,0E+00 ± 5E-01	7,6E+00 ± 6E-01	3,3E+00 ± 3E-01	2,8E+00 ± 8E-01	1,7E+00 ± 2E-01	5,9E+01 ± 2E+00 x	2,9E+02 ± 9E+00 x
Ra-228	1,0E-01 ± 6E-02		3,6E-02 ± 1E-01 ‡				6,3E-01 ± 3E-01	3,2E+00 ± 1E+00
Th-230								
Th-228	5,0E-02 ± 4E-02	7,6E-02 ± 5E-02	3,0E-02 ± 3E-02 ‡	1,8E-02 ± 2E-02 ‡	1,0E-01 ± 6E-02		1,1E+00 ± 2E-01	5,5E+00 ± 1E+00
K-40	4,8E-02 ± 2E-01 ‡	7,4E-02 ± 4E-01 ‡					1,1E+00 ± 2E+00	5,6E+00 ± 9E+00
Be-7	1,0E+02 ± 4E+00	7,2E+01 ± 4E+00	4,1E+01 ± 2E+00	2,9E+01 ± 2E+00	1,4E+01 ± 7E-01	1,9E+00 ± 1E+00	4,7E+02 ± 8E+00	2,4E+03 ± 4E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137					7,2E-03 ± 3E-02 ‡		7,2E-03 ± 3E-02	3,6E-02 ± 1E-01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

(*) Ocena je narejena ob upoštevanju 20-odstotnega zbiralnega izkoristka vazelinskih plošč.
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.
*** Meritve količine padavin je opravila in posredovala Agencija RS za okolje (ARSO).
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.
(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.

7. ZRAK

I-131 V ZRAKU
AEROSOLI

7. ZRAK - PREGLED MERITEV JODA I-131 V ZRAKU V LETU 2025

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Slovenija

Specifična analiza I-131 v zraku (aerosolni, atomski, CH_3I) (**)

Vzorč. mesto		Spodnji Stari Grad		Stara vas		Leskovec		Brege		Brege		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
30. 12. 2024	16. 1. 2025	1267,4	< 2E-05	1584,1	< 2E-05	1381,9	< 7E-05	1295,0	< 3E-05	1518,2	< 4E-05	1385,5	< 1E-05	1345,3	< 2E-05
16. 1. 2025	3. 2. 2025	1337,1	< 3E-05	1665,1	< 4E-05	1489,8	< 3E-05	1321,7	< 2E-05	1562,3	< 2E-05	1470,6	< 2E-05	1447,7	< 5E-05
3. 2. 2025	17. 2. 2025	1010,2	< 4E-05	1290,2	< 5E-05	1140,1	< 4E-05	1120,0	< 1E-05	1221,2	< 2E-05	1182,4	< 3E-05	1129,4	< 1E-04
17. 2. 2025	3. 3. 2025	1067,0	< 3E-05	1220,2	< 3E-05	1119,3	< 2E-05	1136,3	< 1E-05	1182,9	< 4E-05	1167,7	< 2E-05	1101,4	< 9E-05
3. 3. 2025	17. 3. 2025	1057,5	< 2E-05	1288,6	< 6E-05	1150,4	< 5E-05	1075,9	< 2E-05	1165,2	< 4E-05	1199,0	< 3E-05	1106,3	< 8E-05
17. 3. 2025	1. 4. 2025	1122,0	< 4E-05	1365,7	< 1E-05	1208,9	< 8E-06	1145,0	< 4E-05	1222,2	< 1E-05	1251,8	< 1E-05	955,7	< 3E-05
1. 4. 2025	16. 4. 2025	1085,5	< 1E-05	1387,8	< 1E-05	1197,2	< 7E-05	1160,4	< 3E-05	1265,1	< 4E-05	1293,3	< 2E-05	1153,6	< 2E-05
16. 4. 2025	5. 5. 2025	1455,7	< 2E-05	1689,7	< 4E-05	1572,5	< 7E-05	1460,3	< 5E-05	1574,8	< 3E-05	1658,4	< 3E-05	1495,1	< 7E-06
5. 5. 2025	20. 5. 2025	1119,1	< 2E-05	1392,6	< 3E-05	1258,9	< 2E-05	1114,1	< 2E-05	1258,4	< 2E-05	1293,8	< 3E-05	1139,3	< 4E-05
20. 5. 2025	3. 6. 2025	1078,4	< 2E-05	1223,1	< 4E-05	1144,1	< 2E-05	1063,0	< 3E-05	1137,2	< 1E-05	1211,6	< 7E-06	1028,4	< 3E-05
3. 6. 2025	16. 6. 2025	995,3	< 2E-05	1136,6	< 3E-05	1078,7	< 2E-05	922,7	< 3E-05	1056,6	< 2E-05	1106,0	< 4E-05	899,6	< 7E-05
16. 6. 2025	1. 7. 2025	1195,7	< 2E-05	1354,1	< 2E-05	1198,0	< 6E-05	1127,0	< 3E-05	1194,3	< 2E-05	1230,2	< 4E-05	1048,4	< 3E-05
1. 7. 2025	16. 7. 2025	1135,6	< 9E-06	1337,6	< 2E-05	1223,7	< 8E-05	1112,8	< 2E-05	1189,7	< 4E-05	1255,8	< 6E-06	1036,5	< 1E-05
16. 7. 2025	4. 8. 2025	1489,8	< 3E-05	1610,8	< 4E-05	1625,5	< 2E-05	1492,4	< 1E-05	1597,2	< 2E-05	1486,5	< 2E-05	1307,4	< 2E-05
4. 8. 2025	18. 8. 2025	1100,0	< 4E-05	1241,1	< 9E-05	1150,8	< 3E-05	1070,3	< 2E-05	1114,7	< 2E-05	1239,5	< 4E-05	871,1	< 9E-05
18. 8. 2025	1. 9. 2025	1112,7	< 3E-05	1192,4	< 6E-05	1162,6	< 1E-05	1095,3	< 1E-05	1181,8	< 5E-05	1219,9	< 2E-05	884,8	< 4E-05
1. 9. 2025	16. 9. 2025	1199,6	< 4E-05	1383,8	< 3E-05	1272,2	< 2E-05	1216,1	< 2E-05	1237,7	< 2E-05	1316,0	< 8E-05	987,8	< 5E-05
16. 9. 2025	1. 10. 2025	1160,9	< 4E-05	1383,9	< 2E-05	1251,0	< 1E-05	1083,1	< 3E-05	1227,2	< 2E-05	1382,1	< 7E-06	1260,6	< 6E-05
1. 10. 2025	16. 10. 2025	1180,5	< 3E-05	1402,5	< 1E-05	1231,7	< 5E-06	1164,3	< 1E-05	1290,5	< 6E-05	1177,1	< 3E-05	1233,5	< 7E-05
16. 10. 2025	3. 11. 2025	1404,8	< 5E-05	1689,1	< 2E-05	1664,7	< 7E-06	1425,7	< 4E-05	1401,3	< 5E-05	1446,6	< 2E-05	1490,0	< 2E-05
3. 11. 2025	17. 11. 2025	1076,4	< 2E-05	1345,1	< 2E-05	1358,2	< 9E-06	1117,9	< 1E-05	1082,4	< 6E-05	1158,8	< 5E-05	1181,1	< 3E-05
17. 11. 2025	1. 12. 2025	1064,8	< 2E-05	1320,0	< 3E-05	1323,3	< 4E-05	1154,4	< 5E-05	1098,9	< 5E-05	1120,7	< 1E-05	1204,3	< 1E-05
1. 12. 2025	16. 12. 2025	1143,2	< 3E-05	1183,8	< 1E-04	1269,6	< 4E-05	1227,1	< 4E-05	1180,7	< 2E-05	1214,3	< 3E-05	1268,0	< 4E-05
16. 12. 2025	29. 12. 2025	918,6	< 8E-05	1025,3	< 4E-05	1075,4	< 6E-06	1065,4	< 3E-05	1011,1	< 2E-05	1043,1	< 1E-04	1194,0	< 8E-05

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

LETO 2025 T - 44a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Spodnji Stari Grad						
Datum vzor.	30. 12. 2024 - 3. 2. 2025	3. 2. 2025 - 3. 3. 2025	3. 3. 2025 - 1. 4. 2025	1. 4. 2025 - 5. 5. 2025	5. 5. 2025 - 3. 6. 2025	3. 6. 2025 - 1. 7. 2025	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (m³)	11499,69	9302,63	9733,48	11513,27	9791,82	9355,64	
Oznaka vzorca	K25AE11S	K25AE12S	K25AE13S	K25AE14S	K25AE15S	K25AE16S	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
Na-22							
U-238	5,3E-06 ± 9E-06 ‡	3,0E-06 ± 7E-06 ‡		1,8E-08 ± 6E-06 ‡	5,1E-06 ± 3E-05 ‡	8,2E-06 ± 1E-05 ‡	3,6E-06 ± 5E-06
Ra-226							
Pb-210	5,6E-04 ± 3E-05	5,9E-04 ± 4E-05	2,6E-04 ± 1E-05	3,1E-04 ± 2E-05	2,4E-04 ± 1E-05	4,4E-04 ± 4E-05	4,0E-04 ± 1E-05
Ra-228	4,5E-06 ± 2E-06	8,4E-06 ± 3E-06	1,7E-06 ± 2E-06 ‡	6,7E-06 ± 2E-06	7,6E-06 ± 3E-06	1,2E-06 ± 5E-06 ‡	5,0E-06 ± 1E-06
Th-230							
Th-228	7,1E-06 ± 2E-06	6,3E-06 ± 2E-06	8,2E-06 ± 3E-06	5,1E-06 ± 1E-06	8,5E-06 ± 2E-06	4,9E-06 ± 3E-06	6,7E-06 ± 9E-07
K-40							
Be-7	1,4E-03 ± 5E-05	1,6E-03 ± 1E-04	1,8E-03 ± 8E-05	2,6E-03 ± 1E-04	2,5E-03 ± 1E-04	3,2E-03 ± 1E-04	2,2E-03 ± 4E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137				1,0E-07 ± 4E-07 ‡			1,7E-08 ± 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.

LETO 2025 T - 44b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Spodnji Stari Grad						
Datum vzor.	1. 7. 2025 - 4. 8. 2025	4. 8. 2025 - 1. 9. 2025	1. 9. 2025 - 1. 10. 2025	1. 10. 2025 - 3. 11. 2025	3. 11. 2025 - 1. 12. 2025	1. 12. 2025 - 29. 12. 2025	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (m³)	11337,73	9210,83	9689,19	11127,12	9382,90	9156,53	
Oznaka vzorca	K25AE17S	K25AE18S	K25AE19S	K25AE1AS	K25AE1BS	K25AE1CS	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
Na-22							
U-238	1,5E-05 ± 1E-05	7,2E-06 ± 9E-06 ‡	1,5E-05 ± 1E-05	1,2E-05 ± 2E-05 ‡		2,8E-05 ± 1E-05	8,3E-06 ± 3E-06
Ra-226	7,1E-06 ± 3E-05 ‡			6,0E-06 ± 3E-05 ‡			1,1E-06 ± 4E-06
Pb-210	3,8E-04 ± 3E-05	5,0E-04 ± 3E-05	4,5E-04 ± 7E-05	4,1E-04 ± 2E-05	4,7E-04 ± 3E-05	8,2E-04 ± 4E-05	4,5E-04 ± 1E-05
Ra-228	4,8E-06 ± 2E-06	5,0E-06 ± 2E-06	9,5E-06 ± 7E-06	2,3E-06 ± 3E-06 ‡	3,5E-07 ± 5E-06 ‡	2,6E-06 ± 3E-06 ‡	4,6E-06 ± 1E-06
Th-230							
Th-228	6,9E-06 ± 2E-06	8,2E-06 ± 1E-06	6,0E-06 ± 3E-06	5,9E-06 ± 2E-06	3,0E-06 ± 3E-06 ‡	3,7E-06 ± 2E-06	6,2E-06 ± 7E-07
K-40							
Be-7	2,4E-03 ± 9E-05	2,5E-03 ± 2E-04	1,9E-03 ± 7E-05	1,4E-03 ± 8E-05	1,0E-03 ± 6E-05	7,0E-04 ± 4E-05	1,9E-03 ± 3E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137							8,3E-09 ± 4E-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.

LETO 2025 T - 45a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Stara vas						
Datum vzor.	30. 12. 2024 - 3. 2. 2025	3. 2. 2025 - 3. 3. 2025	3. 3. 2025 - 1. 4. 2025	1. 4. 2025 - 5. 5. 2025	5. 5. 2025 - 3. 6. 2025	3. 6. 2025 - 1. 7. 2025	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (m³)	14590,24	11705,71	12061,53	13737,29	11578,52	10714,08	
Oznaka vzorca	K25AE21S	K25AE22S	K25AE23S	K25AE24S	K25AE25S	K25AE26S	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
Na-22							
U-238	2,1E-05 ± 7E-06	2,9E-06 ± 9E-06 ‡	9,0E-07 ± 1E-05 ‡	3,7E-06 ± 7E-06 ‡	2,8E-05 ± 1E-05	2,2E-05 ± 1E-05	1,3E-05 ± 4E-06
Ra-226							
Pb-210	7,9E-04 ± 7E-05	9,3E-04 ± 4E-05	4,4E-04 ± 2E-05	5,4E-04 ± 3E-05	4,7E-04 ± 3E-05	5,7E-04 ± 3E-05	6,2E-04 ± 2E-05
Ra-228	6,1E-06 ± 2E-06	4,7E-06 ± 2E-06	6,7E-06 ± 3E-06	4,1E-06 ± 3E-06	3,5E-06 ± 5E-06 ‡	8,1E-06 ± 2E-06	5,5E-06 ± 1E-06
Th-230							
Th-228	3,0E-06 ± 1E-06	4,2E-06 ± 2E-06	3,6E-06 ± 2E-06	4,5E-06 ± 1E-06	4,5E-06 ± 2E-06	8,1E-06 ± 2E-06	4,6E-06 ± 7E-07
K-40							
Be-7	1,9E-03 ± 7E-05	2,7E-03 ± 1E-04	2,9E-03 ± 2E-04	4,3E-03 ± 2E-04	4,5E-03 ± 2E-04	4,9E-03 ± 2E-04	3,5E-03 ± 6E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137						5,2E-07 ± 5E-07 ‡	8,7E-08 ± 8E-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.

LETO 2025 T - 45b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Stara vas						
Datum vzor.	1. 7. 2025 - 4. 8. 2025	4. 8. 2025 - 1. 9. 2025	1. 9. 2025 - 1. 10. 2025	1. 10. 2025 - 3. 11. 2025	3. 11. 2025 - 1. 12. 2025	1. 12. 2025 - 29. 12. 2025	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (m³)	13118,68	10802,51	11905,41	13550,35	11469,47	11440,55	
Oznaka vzorca	K25AE27S	K25AE28S	K25AE29S	K25AE2AS	K25AE2BS	K25AE2CS	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
Na-22							
U-238	1,3E-05 ± 1E-05 ‡	2,1E-05 ± 1E-05	3,1E-05 ± 3E-05 ‡	8,1E-06 ± 1E-05 ‡	7,9E-06 ± 1E-05 ‡		1,3E-05 ± 4E-06
Ra-226							
Pb-210	4,1E-04 ± 8E-05	8,7E-04 ± 5E-05	7,3E-04 ± 5E-05	6,5E-04 ± 3E-05	7,9E-04 ± 4E-05	1,1E-03 ± 4E-05	6,9E-04 ± 1E-05
Ra-228	7,7E-06 ± 4E-06	4,6E-06 ± 5E-06 ‡	5,9E-06 ± 2E-06	3,9E-06 ± 2E-06	2,8E-06 ± 3E-06 ‡	1,6E-06 ± 1E-06 ‡	5,0E-06 ± 9E-07
Th-230							
Th-228	3,4E-06 ± 2E-06	6,3E-06 ± 2E-06	7,3E-06 ± 2E-06	3,5E-06 ± 2E-06	4,8E-06 ± 2E-06	3,9E-06 ± 2E-06	4,8E-06 ± 5E-07
K-40							
Be-7	3,6E-03 ± 2E-04	4,1E-03 ± 2E-04	3,2E-03 ± 2E-04	2,3E-03 ± 1E-04	1,8E-03 ± 9E-05	1,1E-03 ± 5E-05	3,1E-03 ± 4E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137				1,5E-06 ± 7E-07		9,3E-07 ± 5E-07	2,4E-07 ± 8E-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.

LETO 2025 T - 46a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Leskovec						
Datum vzor.	30. 12. 2024 - 3. 2. 2025	3. 2. 2025 - 3. 3. 2025	3. 3. 2025 - 1. 4. 2025	1. 4. 2025 - 5. 5. 2025	5. 5. 2025 - 3. 6. 2025	3. 6. 2025 - 1. 7. 2025	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (m^3)	12951,44	10315,88	10744,15	12359,16	10634,50	10207,30	
Oznaka vzorca	K25AE31S	K25AE32S	K25AE33S	K25AE34S	K25AE35S	K25AE36S	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
Na-22						5,8E-07 ± 4E-07	9,7E-08 ± 7E-08
U-238	3,6E-05 ± 2E-05	1,5E-05 ± 6E-05 ‡	2,4E-06 ± 6E-06 ‡	4,4E-06 ± 9E-06 ‡	4,9E-06 ± 7E-06 ‡	9,9E-06 ± 7E-06	1,2E-05 ± 1E-05
Ra-226							
Pb-210	7,6E-04 ± 4E-05	8,4E-04 ± 2E-04	4,2E-04 ± 2E-05	5,4E-04 ± 3E-05	4,0E-04 ± 2E-05	5,5E-04 ± 2E-05	5,8E-04 ± 3E-05
Ra-228	7,4E-06 ± 3E-06	3,1E-06 ± 4E-06 ‡	4,9E-06 ± 2E-06	8,0E-06 ± 3E-06	6,1E-06 ± 2E-06	7,7E-06 ± 1E-06	6,2E-06 ± 1E-06
Th-230							
Th-228	4,5E-06 ± 2E-06	9,2E-06 ± 3E-06	4,1E-06 ± 1E-06	1,8E-06 ± 2E-06 ‡	9,0E-06 ± 1E-06	7,3E-06 ± 1E-06	6,0E-06 ± 8E-07
K-40							
Be-7	2,1E-03 ± 1E-04	2,7E-03 ± 1E-04	2,8E-03 ± 2E-04	4,4E-03 ± 2E-04	4,1E-03 ± 2E-04	4,8E-03 ± 2E-04	3,5E-03 ± 7E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	7,8E-07 ± 6E-07 ‡	4,6E-07 ± 1E-06 ‡					2,1E-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 2025 T - 46b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Leskovec						
Datum vzor.	1. 7. 2025 - 4. 8. 2025	4. 8. 2025 - 1. 9. 2025	1. 9. 2025 - 1. 10. 2025	1. 10. 2025 - 3. 11. 2025	3. 11. 2025 - 1. 12. 2025	1. 12. 2025 - 29. 12. 2025	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (m^3)	12372,38	10164,54	10979,73	12239,53	10573,45	10439,92	
Oznaka vzorca	K25AE37S	K25AE38S	K25AE39S	K25AE3AS	K25AE3BS	K25AE3CS	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
Na-22							4,9E-08 ± 3E-08
U-238	5,9E-08 ± 2E-05 ‡	2,5E-05 ± 1E-05	1,5E-05 ± 1E-05	1,4E-05 ± 1E-05	7,2E-06 ± 1E-05 ‡	5,7E-06 ± 4E-06	1,2E-05 ± 6E-06
Ra-226							
Pb-210	4,7E-04 ± 5E-05	6,5E-04 ± 3E-05	7,7E-04 ± 4E-05	6,6E-04 ± 6E-05	6,8E-04 ± 3E-05	1,2E-03 ± 6E-05	6,6E-04 ± 2E-05
Ra-228	3,2E-06 ± 3E-06 ‡	7,7E-06 ± 2E-06	4,9E-06 ± 3E-06	6,7E-06 ± 3E-06	4,6E-06 ± 7E-06 ‡	1,1E-06 ± 1E-06 ‡	5,5E-06 ± 9E-07
Th-230							
Th-228	5,9E-06 ± 1E-06	6,9E-06 ± 1E-06	6,2E-06 ± 2E-06	4,3E-06 ± 2E-06	2,0E-06 ± 1E-06	2,5E-06 ± 1E-06	5,3E-06 ± 5E-07
K-40							
Be-7	3,6E-03 ± 2E-04	3,9E-03 ± 2E-04	3,2E-03 ± 2E-04	2,4E-03 ± 1E-04	1,7E-03 ± 7E-05	1,1E-03 ± 7E-05	3,1E-03 ± 4E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137					5,3E-07 ± 1E-06 ‡	8,1E-07 ± 5E-07	2,2E-07 ± 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 2025 T - 47a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Brege						
Datum vzor.	30. 12. 2024 - 3. 2. 2025	3. 2. 2025 - 3. 3. 2025	3. 3. 2025 - 1. 4. 2025	1. 4. 2025 - 5. 5. 2025	5. 5. 2025 - 3. 6. 2025	3. 6. 2025 - 1. 7. 2025	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (m^3)	12410,35	9801,64	10108,31	11368,44	9324,33	9053,11	
Oznaka vzorca	K25AE41S	K25AE42S	K25AE43S	K25AE44S	K25AE45S	K25AE46S	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
Na-22							
U-238	8,4E-06 ± 5E-06		2,1E-05 ± 1E-05	2,4E-05 ± 1E-05	3,1E-05 ± 2E-05	1,4E-05 ± 1E-05	1,6E-05 ± 5E-06
Ra-226							
Pb-210	4,5E-04 ± 3E-05	5,0E-04 ± 3E-05	2,9E-04 ± 2E-05	3,8E-04 ± 2E-05	2,4E-04 ± 1E-05	3,6E-04 ± 2E-05	3,7E-04 ± 9E-06
Ra-228	2,8E-06 ± 2E-06	1,0E-05 ± 2E-06	9,5E-06 ± 3E-06	1,6E-06 ± 4E-06 ‡	6,3E-06 ± 2E-06	3,4E-06 ± 2E-06	5,6E-06 ± 1E-06
Th-230							
Th-228	6,5E-06 ± 1E-06	8,6E-06 ± 2E-06	9,1E-06 ± 1E-06	4,1E-06 ± 2E-06	6,4E-06 ± 2E-06	1,3E-05 ± 4E-06	8,0E-06 ± 9E-07
K-40							
Be-7	1,2E-03 ± 8E-05	1,3E-03 ± 8E-05	1,8E-03 ± 7E-05	2,8E-03 ± 1E-04	2,4E-03 ± 1E-04	2,8E-03 ± 1E-04	2,0E-03 ± 4E-05
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).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2025 T - 47b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Brege						
Datum vzor.	1. 7. 2025 - 4. 8. 2025	4. 8. 2025 - 1. 9. 2025	1. 9. 2025 - 1. 10. 2025	1. 10. 2025 - 3. 11. 2025	3. 11. 2025 - 1. 12. 2025	1. 12. 2025 - 29. 12. 2025	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (m^3)	11111,67	9170,05	9871,28	11321,87	9684,52	9617,22	
Oznaka vzorca	K25AE47S	K25AE48S	K25AE49S	K25AE4AS	K25AE4BS	K25AE4CS	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
Na-22							
U-238	2,2E-05 ± 1E-05	3,8E-06 ± 6E-06 ‡	1,5E-05 ± 1E-05	9,6E-06 ± 1E-05 ‡	6,5E-06 ± 1E-05 ‡	3,2E-06 ± 4E-06 ‡	1,3E-05 ± 3E-06
Ra-226							
Pb-210	2,8E-04 ± 2E-05	4,9E-04 ± 3E-05	4,5E-04 ± 3E-05	3,3E-04 ± 2E-05	4,5E-04 ± 2E-05	7,0E-04 ± 3E-05	4,1E-04 ± 7E-06
Ra-228	6,7E-06 ± 3E-06	8,6E-06 ± 3E-06	9,3E-06 ± 3E-06	3,7E-06 ± 2E-06	4,8E-06 ± 4E-06 ‡	2,5E-06 ± 1E-06	5,8E-06 ± 8E-07
Th-230							
Th-228	8,9E-06 ± 2E-06	8,9E-06 ± 2E-06	9,0E-06 ± 2E-06	6,8E-06 ± 1E-06	5,1E-06 ± 2E-06	2,8E-06 ± 1E-06	7,5E-06 ± 6E-07
K-40							
Be-7	2,0E-03 ± 8E-05	2,2E-03 ± 1E-04	1,7E-03 ± 7E-05	1,3E-03 ± 6E-05	1,0E-03 ± 6E-05	6,1E-04 ± 3E-05	1,8E-03 ± 3E-05
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)
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2025 T - 48a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Vihre						
Datum vzor.	30. 12. 2024 - 3. 2. 2025	3. 2. 2025 - 3. 3. 2025	3. 3. 2025 - 1. 4. 2025	1. 4. 2025 - 5. 5. 2025	5. 5. 2025 - 3. 6. 2025	3. 6. 2025 - 1. 7. 2025	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (m^3)	13175,42	10537,77	10587,01	12249,88	10295,58	9755,61	
Oznaka vzorca	K25AE51S	K25AE52S	K25AE53S	K25AE54S	K25AE55S	K25AE56S	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
Na-22							
U-238	1,9E-05 ± 8E-06	2,3E-05 ± 9E-06			1,7E-05 ± 1E-05	2,7E-05 ± 9E-06	1,4E-05 ± 3E-06
Ra-226		2,6E-06 ± 3E-05 ‡			1,9E-05 ± 4E-05 ‡		3,7E-06 ± 8E-06
Pb-210	2,5E-04 ± 2E-05	2,7E-04 ± 2E-05	1,5E-04 ± 1E-05	1,5E-04 ± 9E-06	1,5E-04 ± 2E-05	1,6E-04 ± 2E-05	1,9E-04 ± 7E-06
Ra-228	4,8E-06 ± 2E-06	3,5E-06 ± 3E-06	8,2E-06 ± 2E-06	8,0E-06 ± 2E-06	8,2E-06 ± 5E-06	8,0E-06 ± 5E-06	6,8E-06 ± 1E-06
Th-230							
Th-228	6,9E-06 ± 2E-06	6,9E-06 ± 1E-06	8,7E-06 ± 2E-06	7,8E-06 ± 2E-06	7,4E-06 ± 3E-06	6,4E-06 ± 2E-06	7,4E-06 ± 8E-07
K-40							
Be-7	7,1E-04 ± 3E-05	6,5E-04 ± 3E-05	9,2E-04 ± 4E-05	1,4E-03 ± 6E-05	1,2E-03 ± 5E-05	1,2E-03 ± 1E-04	1,0E-03 ± 3E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	3,9E-07 ± 6E-07 ‡	1,6E-06 ± 7E-07		3,7E-07 ± 4E-07 ‡			3,9E-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 2025 T - 48b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Vihre						
Datum vzor.	1. 7. 2025 - 4. 8. 2025	4. 8. 2025 - 1. 9. 2025	1. 9. 2025 - 1. 10. 2025	1. 10. 2025 - 3. 11. 2025	3. 11. 2025 - 1. 12. 2025	1. 12. 2025 - 29. 12. 2025	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (m^3)	11896,46	9752,97	10632,85	12047,43	10368,90	10404,59	
Oznaka vzorca	K25AE57S	K25AE58S	K25AE59S	K25AE5AS	K25AE5BS	K25AE5CS	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)						
Na-22							
U-238	5,5E-06 ± 6E-06 ‡		1,7E-05 ± 1E-05	6,6E-06 ± 7E-06 ‡	2,0E-05 ± 2E-05 ‡	3,8E-06 ± 2E-05 ‡	1,1E-05 ± 3E-06
Ra-226							1,8E-06 ± 4E-06
Pb-210	1,2E-04 ± 8E-06	1,7E-04 ± 9E-06	1,9E-04 ± 2E-05	2,0E-04 ± 1E-05	1,7E-04 ± 1E-05	3,0E-04 ± 2E-05	1,9E-04 ± 5E-06
Ra-228	7,3E-06 ± 2E-06	8,9E-06 ± 2E-06	3,6E-06 ± 4E-06 ‡	5,4E-06 ± 3E-06		1,9E-06 ± 2E-06 ‡	5,6E-06 ± 8E-07
Th-230							
Th-228	7,4E-06 ± 2E-06	1,2E-05 ± 2E-06	7,5E-06 ± 2E-06	6,2E-06 ± 1E-06	2,4E-06 ± 1E-06	3,1E-06 ± 2E-06	6,9E-06 ± 5E-07
K-40							
Be-7	8,2E-04 ± 4E-05	8,3E-04 ± 4E-05	7,0E-04 ± 3E-05	7,5E-04 ± 3E-05	4,1E-04 ± 2E-05	3,1E-04 ± 2E-05	8,3E-04 ± 1E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137							2,0E-07 ± 9E-08
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2025 T - 49a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Gornji Lenart						
Datum vzor.	30. 12. 2024 - 3. 2. 2025	3. 2. 2025 - 3. 3. 2025	3. 3. 2025 - 1. 4. 2025	1. 4. 2025 - 5. 5. 2025	5. 5. 2025 - 3. 6. 2025	3. 6. 2025 - 1. 7. 2025	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (m³)	12057,65	9682,66	10058,63	11716,11	9972,73	9110,85	
Oznaka vzorca	K25AE61S	K25AE62S	K25AE63S	K25AE64S	K25AE65S	K25AE66S	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
Na-22							
U-238	1,1E-06 ± 4E-06 ‡	9,6E-06 ± 1E-05 ‡	1,9E-05 ± 1E-05	3,2E-05 ± 2E-05	5,6E-06 ± 8E-06 ‡	7,2E-06 ± 1E-05 ‡	1,2E-05 ± 5E-06
Ra-226			6,4E-07 ± 3E-05 ‡				1,1E-07 ± 6E-06
Pb-210	2,7E-04 ± 1E-05	3,5E-04 ± 2E-05	2,2E-04 ± 2E-05	2,2E-04 ± 2E-05	1,5E-04 ± 1E-05	2,2E-04 ± 1E-05	2,4E-04 ± 7E-06
Ra-228	6,3E-06 ± 1E-06	8,5E-06 ± 3E-06	6,8E-06 ± 4E-06	5,9E-06 ± 3E-06	6,0E-06 ± 5E-06 ‡	7,7E-06 ± 3E-06	6,9E-06 ± 1E-06
Th-230							
Th-228	7,3E-06 ± 1E-06	7,5E-06 ± 3E-06	4,7E-06 ± 2E-06	5,8E-06 ± 2E-06	8,7E-06 ± 2E-06	6,9E-06 ± 2E-06	6,8E-06 ± 8E-07
K-40							
Be-7	7,4E-04 ± 3E-05	1,0E-03 ± 6E-05	1,2E-03 ± 5E-05	1,7E-03 ± 9E-05	1,5E-03 ± 6E-05	1,7E-03 ± 8E-05	1,3E-03 ± 3E-05
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).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2025 T - 49b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Gornji Lenart						
Datum vzor.	1. 7. 2025 - 4. 8. 2025	4. 8. 2025 - 1. 9. 2025	1. 9. 2025 - 1. 10. 2025	1. 10. 2025 - 3. 11. 2025	3. 11. 2025 - 1. 12. 2025	1. 12. 2025 - 29. 12. 2025	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (m³)	10415,15	8875,82	11058,15	12876,22	11158,52	11002,84	
Oznaka vzorca	K25AE67S	K25AE68S	K25AE69S	K25AE6AS	K25AE6BS	K25AE6CS	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
Na-22							
U-238	2,2E-05 ± 9E-06		9,3E-06 ± 7E-06	1,6E-05 ± 7E-06	1,4E-05 ± 1E-05 ‡	1,0E-05 ± 6E-06	1,2E-05 ± 3E-06
Ra-226							5,3E-08 ± 3E-06
Pb-210	2,4E-04 ± 2E-05	3,2E-04 ± 2E-05	3,1E-04 ± 2E-05	2,3E-04 ± 2E-05	2,9E-04 ± 3E-05	4,2E-04 ± 4E-05	2,7E-04 ± 6E-06
Ra-228	5,3E-06 ± 5E-06 ‡	1,0E-05 ± 4E-06	7,7E-06 ± 2E-06	6,5E-06 ± 4E-06	1,7E-06 ± 3E-06 ‡		6,1E-06 ± 1E-06
Th-230							
Th-228	9,9E-06 ± 2E-06	9,5E-06 ± 2E-06	9,4E-06 ± 2E-06	4,9E-06 ± 2E-06	2,4E-07 ± 1E-06 ‡	2,7E-06 ± 1E-06	6,5E-06 ± 5E-07
K-40							
Be-7	1,5E-03 ± 6E-05	1,6E-03 ± 7E-05	1,2E-03 ± 4E-05	7,9E-04 ± 3E-05	6,1E-04 ± 4E-05	3,5E-04 ± 3E-05	1,2E-03 ± 2E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137					1,5E-07 ± 4E-07 ‡		1,3E-08 ± 3E-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.

LETO 2025 T - 50a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Libna						
Datum vzor.	30. 12. 2024 - 3. 2. 2025	3. 2. 2025 - 3. 3. 2025	3. 3. 2025 - 1. 4. 2025	1. 4. 2025 - 5. 5. 2025	5. 5. 2025 - 3. 6. 2025	3. 6. 2025 - 1. 7. 2025	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (m³)	13751,79	10962,84	9990,68	12671,62	10624,44	9430,94	
Oznaka vzorca	K25AE71S	K25AE72S	K25AE73S	K25AE74S	K25AE75S	K25AE76S	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
Na-22							
U-238	1,5E-06 ± 5E-06 ‡	3,1E-05 ± 1E-05	6,3E-06 ± 2E-05 ‡	1,5E-05 ± 2E-05 ‡	1,1E-05 ± 1E-05 ‡	1,7E-06 ± 1E-05 ‡	1,1E-05 ± 6E-06
Ra-226				6,5E-06 ± 3E-05 ‡			1,1E-06 ± 5E-06
Pb-210	5,6E-04 ± 2E-05	8,1E-04 ± 4E-05	3,8E-04 ± 2E-05	5,0E-04 ± 4E-05	4,0E-04 ± 2E-05	5,4E-04 ± 3E-05	5,3E-04 ± 1E-05
Ra-228	5,0E-06 ± 1E-06	8,5E-06 ± 3E-06	1,6E-06 ± 3E-06 ‡	4,4E-06 ± 3E-06	5,3E-06 ± 3E-06	6,6E-06 ± 4E-06	5,2E-06 ± 1E-06
Th-230							
Th-228	5,8E-06 ± 1E-06	7,7E-06 ± 1E-06	5,7E-06 ± 2E-06	7,3E-06 ± 2E-06	7,9E-06 ± 3E-06	6,4E-06 ± 3E-06	6,8E-06 ± 9E-07
K-40							
Be-7	1,8E-03 ± 8E-05	2,3E-03 ± 9E-05	2,4E-03 ± 1E-04	4,2E-03 ± 2E-04	3,8E-03 ± 2E-04	4,5E-03 ± 2E-04	3,2E-03 ± 6E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	3,0E-07 ± 4E-07 ‡						5,0E-08 ± 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.

LETO 2025 T - 50b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Libna						
Datum vzor.	1. 7. 2025 - 4. 8. 2025	4. 8. 2025 - 1. 9. 2025	1. 9. 2025 - 1. 10. 2025	1. 10. 2025 - 3. 11. 2025	3. 11. 2025 - 1. 12. 2025	1. 12. 2025 - 29. 12. 2025	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (m³)	11155,66	8376,28	10803,18	13009,14	11351,64	10998,92	
Oznaka vzorca	K25AE77S	K25AE78S	K25AE79S	K25AE7AS	K25AE7BS	K25AE7CS	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
Na-22					1,1E-07 ± 1E-06 ‡		9,0E-09 ± 9E-08
U-238	8,5E-06 ± 1E-05 ‡	1,1E-05 ± 1E-05 ‡		6,9E-06 ± 6E-06 ‡	7,0E-06 ± 9E-06 ‡	9,4E-06 ± 7E-06	9,1E-06 ± 3E-06
Ra-226							5,4E-07 ± 3E-06
Pb-210	4,3E-04 ± 2E-05	7,0E-04 ± 5E-05	5,5E-04 ± 3E-05	5,7E-04 ± 3E-05	6,3E-04 ± 6E-05	8,7E-04 ± 1E-04	5,8E-04 ± 1E-05
Ra-228		3,0E-06 ± 4E-06 ‡	5,6E-06 ± 2E-06	3,6E-06 ± 2E-06		8,1E-07 ± 2E-06 ‡	3,7E-06 ± 7E-07
Th-230							
Th-228	6,6E-06 ± 2E-06	9,8E-06 ± 2E-06	6,2E-06 ± 1E-06	5,6E-06 ± 1E-06	1,7E-06 ± 3E-06 ‡	1,8E-06 ± 5E-06 ‡	6,0E-06 ± 7E-07
K-40							
Be-7	3,2E-03 ± 2E-04	4,5E-03 ± 2E-04	2,7E-03 ± 1E-04	2,1E-03 ± 1E-04	1,4E-03 ± 6E-05	8,7E-04 ± 3E-05	2,8E-03 ± 4E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137						3,6E-07 ± 6E-07 ‡	5,5E-08 ± 6E-08
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2025 T - 51a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Dobova						
Datum vzor.	30. 12. 2024 - 3. 2. 2025	3. 2. 2025 - 3. 3. 2025	3. 3. 2025 - 1. 4. 2025	1. 4. 2025 - 5. 5. 2025	5. 5. 2025 - 3. 6. 2025	3. 6. 2025 - 1. 7. 2025	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (m³)	153763,6	116976,6	132081,4	182817,9	143553,3	127127,9	
Oznaka vzorca	K25AE811	K25AE821	K25AE831	K25AE841	K25AE851	K25AE861	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
Na-22			3,5E-07 ± 6E-08	3,3E-07 ± 1E-07	6,2E-07 ± 1E-07		2,2E-07 ± 3E-08
U-238				1,4E-07 ± 3E-06 ‡		2,7E-07 ± 3E-06 ‡	6,8E-08 ± 7E-07
Ra-226					1,1E-05 ± 4E-06		1,8E-06 ± 7E-07
Pb-210	8,3E-04 ± 5E-05	8,2E-04 ± 3E-05	3,8E-04 ± 2E-05	4,4E-04 ± 2E-05	4,1E-04 ± 2E-05	7,1E-04 ± 4E-05	6,0E-04 ± 1E-05
Ra-228				5,6E-07 ± 5E-07 ‡	2,9E-06 ± 3E-07	1,0E-06 ± 9E-07 ‡	7,5E-07 ± 2E-07
Th-230							
Th-228	1,6E-06 ± 4E-07	1,4E-06 ± 5E-07	1,9E-06 ± 3E-07	1,8E-06 ± 4E-07	3,2E-06 ± 3E-07	3,2E-06 ± 5E-07	2,2E-06 ± 2E-07
K-40					2,5E-04 ± 9E-06		4,1E-05 ± 2E-06
Be-7	2,4E-03 ± 2E-04	2,6E-03 ± 1E-04	2,9E-03 ± 1E-04	4,1E-03 ± 2E-04	4,2E-03 ± 2E-04	5,3E-03 ± 3E-04	3,6E-03 ± 8E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	9,4E-07 ± 1E-07	1,1E-06 ± 2E-07	4,9E-07 ± 6E-08	6,2E-07 ± 1E-07	2,5E-07 ± 9E-08	4,8E-07 ± 2E-07	6,5E-07 ± 5E-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.

LETO 2025 T - 51b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Dobova						
Datum vzor.	1. 7. 2025 - 4. 8. 2025	4. 8. 2025 - 1. 9. 2025	1. 9. 2025 - 1. 10. 2025	1. 10. 2025 - 3. 11. 2025	3. 11. 2025 - 1. 12. 2025	1. 12. 2025 - 29. 12. 2025	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (m³)	155487,5	127359,0	136849,5	153314,1	129498,6	96675,1	
Oznaka vzorca	K25AE871	K25AE881	K25AE891	K25AE8A1	K25AE8B1	K25AE8C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
Na-22	6,0E-07 ± 4E-07	6,5E-07 ± 3E-07	4,1E-07 ± 1E-07	1,5E-07 ± 1E-07	3,4E-08 ± 1E-07 ‡		2,6E-07 ± 5E-08
U-238	1,1E-06 ± 2E-06 ‡	6,3E-06 ± 3E-06				7,3E-06 ± 3E-06	1,3E-06 ± 5E-07
Ra-226							8,8E-07 ± 3E-07
Pb-210	5,2E-04 ± 3E-05	8,3E-04 ± 3E-05	6,6E-04 ± 3E-05	6,3E-04 ± 3E-05	6,8E-04 ± 3E-05	1,2E-03 ± 1E-04	6,7E-04 ± 1E-05
Ra-228	5,1E-07 ± 6E-07 ‡	8,3E-07 ± 1E-06 ‡					4,9E-07 ± 1E-07
Th-230							
Th-228	2,3E-06 ± 3E-07	2,5E-06 ± 5E-07	1,4E-06 ± 3E-07	4,7E-07 ± 4E-07 ‡	1,7E-06 ± 5E-07	2,4E-06 ± 5E-07	2,0E-06 ± 1E-07
K-40							2,1E-05 ± 8E-07
Be-7	3,7E-03 ± 2E-04	3,5E-03 ± 1E-04	3,1E-03 ± 1E-04	2,3E-03 ± 9E-05	1,7E-03 ± 7E-05	1,0E-03 ± 4E-05	3,1E-03 ± 5E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	2,9E-07 ± 1E-07		1,2E-07 ± 5E-08	1,3E-07 ± 2E-07 ‡	5,7E-07 ± 2E-07	1,1E-06 ± 1E-07	5,0E-07 ± 4E-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.

LETO 2025 T - 45a, 45b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Slovenija

Specifična analiza Sr-90/Sr-89 (**)

Vzorč. mesto	Stara vas				
Datum vzor. Kol. vzorca (m^3) Oznaka vzorca	30. 12. 2024 - 1. 4. 2025 38357,5 K25AE2D1	1. 4. 2025 - 1. 7. 2025 36029,9 K25AE2E1	1. 7. 2025 - 1. 10. 2025 35826,6 K25AE2F1	1. 10. 2025 - 29. 12. 2025 36460,4 K25AE2G1	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
IZOTOP:	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m^3)				
Sr-89/Sr-90	7,7E-08 ± 8E-08 ‡ #	1,9E-07 ± 2E-07 ‡ #	9,6E-08 ± 1E-07 ‡ #	9,3E-08 ± 9E-08 ‡ #	1,2E-07 ± 6E-08 #

(*) 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 kvantifikacije.

LETO 2025 T - 52a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS						
Datum vzor.	30. 12. 2024 - 3. 2. 2025	3. 2. 2025 - 3. 3. 2025	3. 3. 2025 - 1. 4. 2025	2. 9. 2024 - 20. 9. 2024	5. 5. 2025 - 3. 6. 2025	3. 6. 2025 - 1. 7. 2025	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (m³)	143014,2	113837,3	123070,4	207015,6	125009,0	122057,3	
Oznaka vzorca	RP25AE111	RP25AE121	RP25AE131	RP25AE141	RP25AE151	RP25AE161	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
Na-22			2,3E-07 ± 1E-07		6,5E-07 ± 1E-07	1,1E-06 ± 3E-07	3,2E-07 ± 5E-08
U-238		5,6E-06 ± 4E-06			9,3E-07 ± 2E-06 ‡		1,1E-06 ± 8E-07
Ra-226							
Pb-210	7,3E-04 ± 7E-05	1,2E-03 ± 5E-05	5,0E-04 ± 2E-05	7,7E-04 ± 3E-05	4,9E-04 ± 3E-05	8,0E-04 ± 4E-05	7,5E-04 ± 2E-05
Ra-228					1,3E-07 ± 7E-07 ‡		2,2E-08 ± 1E-07
Th-230							
Th-228	2,8E-06 ± 5E-07	1,5E-06 ± 5E-07	1,6E-06 ± 4E-07	2,3E-04 ± 6E-06	1,7E-06 ± 4E-07	2,0E-06 ± 4E-07	4,1E-05 ± 1E-06
K-40							
Be-7	2,0E-03 ± 8E-05	3,2E-03 ± 1E-04	2,9E-03 ± 1E-04	3,8E-03 ± 1E-04	4,2E-03 ± 3E-04	5,3E-03 ± 3E-04	3,5E-03 ± 8E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,0E-06 ± 1E-07	1,6E-06 ± 2E-07	1,0E-06 ± 8E-08	1,7E-07 ± 1E-07	5,1E-08 ± 1E-07 ‡	4,4E-07 ± 2E-07	7,1E-07 ± 6E-08
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Visokoločljivostna spektrometrija gama je bila opravljena na Odseku F-2.
(‡) Rezultat meritve je pod mejo kvantifikacije.

LETO 2025 T - 52b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS						
Datum vzor.	1. 7. 2025 - 4. 8. 2025	4. 8. 2025 - 1. 9. 2025	1. 9. 2025 - 1. 10. 2025	1. 10. 2025 - 3. 11. 2025	3. 11. 2025 - 1. 12. 2025	1. 12. 2025 - 29. 12. 2025	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (m³)	145560,2	112790,2	130691,8	150742,4	120402,4	95453,6	
Oznaka vzorca	RP25AE171	RP25AE181	RP25AE191	RP25AE1A1	RP25AE1B1	RP25AE1C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
Na-22	5,9E-07 ± 1E-07				2,5E-08 ± 2E-07 ‡		2,1E-07 ± 3E-08
U-238	4,4E-06 ± 3E-06		4,7E-06 ± 3E-06				1,3E-06 ± 5E-07
Ra-226							
Pb-210	5,8E-04 ± 3E-05	8,6E-04 ± 5E-05	7,9E-04 ± 4E-05	5,6E-04 ± 2E-05	8,5E-04 ± 4E-05	1,4E-03 ± 7E-05	7,9E-04 ± 1E-05
Ra-228		1,1E-07 ± 8E-07 ‡	3,2E-07 ± 7E-07 ‡			2,6E-07 ± 1E-06 ‡	6,8E-08 ± 1E-07
Th-230							
Th-228	1,3E-06 ± 4E-07	1,5E-06 ± 4E-07	1,6E-06 ± 3E-07	1,5E-06 ± 4E-07	2,0E-06 ± 5E-07	2,6E-06 ± 5E-07	2,1E-05 ± 5E-07
K-40							
Be-7	3,7E-03 ± 1E-04	5,4E-03 ± 4E-04	3,3E-03 ± 1E-04	2,5E-03 ± 1E-04	2,2E-03 ± 9E-05	1,3E-03 ± 9E-05	3,3E-03 ± 5E-05
I-131							
Cs-134							
Cs-137	2,7E-07 ± 4E-07 ‡		1,8E-07 ± 7E-08	6,6E-07 ± 1E-07	1,5E-06 ± 1E-07	2,1E-06 ± 7E-07	7,5E-07 ± 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°55'49" / 15°33'10"	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°55'11" / 15°29'50"	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

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°59'13" / 15°27'59"	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

DOZIMETRI, RAZPOREJENI NA OGRAJI SUHO SKLADIŠČE NEK

št.	Oznaka	Smer	Geografske koordinate	Kraj postavitve
S1	TLD 1		45°56'19" / 15°30'47"	zahodna stran ograje, v bližini 54
S2	TLD 2		45°56'19" / 15°30'47"	zahodna stran ograje, v bližini 54
S3	TLD 3		45°56'19" / 15°30'47"	zahodna stran ograje, v bližini 54
S4	TLD 4		45°56'20" / 15°30'47"	zahodna stran ograje, v bližini 54
S5	TLD 5		45°56'20" / 15°30'47"	zahodna stran ograje, v bližini 54
S6	TLD 6		45°56'20" / 15°30'47"	zahodna stran ograje, v bližini 54
S7	TLD 7		45°56'21" / 15°30'47"	zahodna stran ograje, v bližini 54

LETO 2025 T - 53/b

8. DOZA ZUNANJEGA SEVANJA – TL-DOZIMETRI

Krajevna porazdelitev doz zunanjega sevanja *H(10) (mSv) v posameznih obdobjih v letu 2025**

Obdobje ekspozicije	od 1. 1. 2025 do 1. 7. 2025	od 1. 7. 2025 do 1. 1. 2026	Letna doza	od 1. 1. 2025 do 1. 7. 2025	od 1. 7. 2025 do 1. 1. 2026	Letna doza	od 1. 1. 2025 do 1. 7. 2025	od 1. 7. 2025 do 1. 1. 2026	Letna doza	od 1. 1. 2025 do 1. 7. 2025	od 1. 7. 2025 do 1. 1. 2026	Letna doza	od 1. 1. 2025 do 1. 7. 2025	od 1. 7. 2025 do 1. 1. 2026	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 0,287	0,311	0,598	1 0,322	0,368	0,690	2 0,414	0,434	0,848	0,341	0,371	0,712
NNE 2	67 0,247	0,265	0,512	3 0,367	0,390	0,757	5 0,324	0,340	0,664	6 0,329	0,398	0,727	0,374	0,418	0,792
				4 0,475	0,544	1,019									
NE 3	55 0,272	0,299	0,571				61 0,415	0,457	0,872	7 0,342	0,353	0,695	0,364	0,389	0,753
										8 0,335	0,358	0,693			
ENE 4				9 0,339	0,389	0,727	62 0,415	0,470	0,886	10 0,395	0,436	0,831	0,383	0,440	0,822
										11 0,382	0,463	0,845			
E 5				12 0,294	0,337	0,631	13 0,348	0,387	0,735	15 0,359	0,376	0,735	0,338	0,374	0,713
							14 0,353	0,398	0,751						
ESE 6	51 0,265	0,286	0,551	16 0,305	0,312	0,617	63 0,333	0,389	0,722	17 0,278	0,325	0,603	0,334	0,369	0,703
										18 0,367	0,378	0,745			
										19 0,387	0,443	0,830			
SE 7							59 0,326	0,373	0,699	20 0,384	0,438	0,822	0,341	0,391	0,732
										21 0,312	0,362	0,674			
SSE 8	52 0,223	0,244	0,467				22 0,359	0,377	0,736	58 0,427	0,460	0,887	0,393	0,418	0,811
S 9										23 0,454	0,461	0,915	0,419	0,429	0,848
							24 0,383	0,397	0,780						
SSW 10							26 0,358	0,402	0,760	57 0,439	0,512	0,952	0,399	0,457	0,856
SW 11	53 0,249	0,272	0,521				25 0,287	0,331	0,618	28 0,341	0,393	0,734	0,320	0,360	0,680
							27 0,332	0,357	0,689						
WSW 12	65 0,262	0,305	0,567				29 0,310	0,350	0,660	30 0,333	0,366	0,699	0,321	0,358	0,679
W 13	54 0,304	0,296	0,600				31 0,284	0,326	0,610	33 0,374	0,423	0,797	0,349	0,384	0,734
	66 0,274	0,289	0,563				32 0,389	0,400	0,789	34 0,350	0,389	0,739			
WNW 14							35 0,349	0,357	0,706	36 0,337	0,355	0,692	0,353	0,373	0,725
										37 0,372	0,406	0,778			
NW 15	56 0,255	0,274	0,529	39 0,370	0,422	0,792	38 0,288	0,310	0,597	43 0,341	0,287	0,628	0,319	0,331	0,651
							40 0,267	0,299	0,566	44 0,291	0,320	0,611			
							41 0,317	0,346	0,663						
							42 0,362	0,336	0,698						
NNW 16				45 0,273	0,303	0,575	46 0,404	0,448	0,852	50 0,321	0,347	0,668	0,362	0,410	0,772
							47 0,393	0,456	0,849						
							48 0,410	0,493	0,903						
							49 0,370	0,413	0,783						
Povprečje po pasovih	(9) 0,261 ± 0,022	0,281 0,019	0,542 0,039	(8) 0,339 ± 0,066	0,376 0,081	0,714 0,146	(25) 0,348 ± 0,043	0,383 0,051	0,731 0,092	(24) 0,361 ± 0,044	0,395 0,054	0,756 0,095	(57) 0,352 ± 0,047	0,387 0,057	0,739 0,101
Ljubljana			0,600 0,467			1,019 0,575			0,903 0,566			0,952 0,603	št. 64 0,363	0,397	0,760

Suho skladišče NEK - doze zunanjega sevanja *H(10) (mSv)**

v posameznih obdobjih v letu 2025

Obdobje ekspozicije				od 1. 1. 2025 do 1. 7. 2025	od 1. 7. 2025 do 1. 1. 2026	Letna doza
Pas	**ograja znotraj NEK**					
	št.					
W 13	S1	TLD 1	G-N4-30-J	0,298	0,308	0,606
	S2	TLD 2	G-N4-20-J	0,289	0,309	0,598
	S3	TLD 3	G-N4-10-J	0,284	0,299	0,583
	S4	TLD 4	G-N4	0,280	0,299	0,579
	S5	TLD 5	G-N4-10-S	0,273	0,291	0,564
	S6	TLD 6	G-N4-20-S	0,262	0,301	0,563
	S7	TLD 7	G-N4-30-S	0,272	0,293	0,565
Povprečje po pasovih				(7) 0,280	0,300	0,580
				± 0,012	0,007	0,017

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 2025 T - 53/c

8. DOZA ZUNANJEGA SEVANJA – TL-DOZIMETRI

Povprečna mesečna doza *H(10) (mSv na mesec) za 6-mesečni obdobji in povprečna mesečna doza *H**(10) (mSv na mesec) v letu 2025**

Obdobje ekspozicije	od 1. 1. 2025 do 1. 7. 2025	od 1. 7. 2025 do 1. 1. 2026	v 2025	od 1. 1. 2025 do 1. 7. 2025	od 1. 7. 2025 do 1. 1. 2026	v 2025	od 1. 1. 2025 do 1. 7. 2025	od 1. 7. 2025 do 1. 1. 2026	v 2025	od 1. 1. 2025 do 1. 7. 2025	od 1. 7. 2025 do 1. 1. 2026	v 2025	od 1. 1. 2025 do 1. 7. 2025	od 1. 7. 2025 do 1. 1. 2026	v 2025
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 0,048	0,051	0,050	1 0,054	0,061	0,057	2 0,070	0,072	0,071	0,057	0,061	0,059
NNE 2	67 0,042	0,044	0,043	3 0,062	0,064	0,063	5 0,054	0,056	0,055	6 0,055	0,066	0,061	0,063	0,069	0,066
				4 0,080	0,090	0,085									
NE 3	55 0,046	0,049	0,048				61 0,070	0,075	0,073	7 0,057	0,058	0,058	0,061	0,064	0,063
										8 0,056	0,059	0,058			
ENE 4				9 0,057	0,064	0,061	62 0,070	0,078	0,074	10 0,066	0,072	0,069	0,064	0,073	0,069
										11 0,064	0,077	0,070			
E 5				12 0,049	0,056	0,053	13 0,058	0,064	0,061	15 0,060	0,062	0,061	0,057	0,062	0,059
							14 0,059	0,066	0,063						
ESE 6	51 0,045	0,047	0,046	16 0,051	0,052	0,051	63 0,056	0,064	0,060	17 0,047	0,054	0,050	0,056	0,061	0,059
										18 0,062	0,062	0,062			
										19 0,065	0,073	0,069			
SE 7							59 0,055	0,062	0,058	20 0,065	0,072	0,068	0,059	0,066	0,061
										21 0,053	0,060	0,056			
SSE 8	52 0,037	0,040	0,039				22 0,060	0,062	0,061	58 0,072	0,076	0,074	0,066	0,069	0,068
S 9										23 0,076	0,076	0,076	0,070	0,071	0,071
							24 0,064	0,066	0,065						
SSW 10							26 0,060	0,066	0,063	57 0,074	0,085	0,079	0,067	0,076	0,071
SW 11	53 0,042	0,045	0,043				25 0,048	0,055	0,051	28 0,057	0,065	0,061	0,054	0,060	0,057
							27 0,056	0,059	0,057						
WSW 12	65 0,044	0,050	0,047				29 0,052	0,058	0,055	30 0,056	0,061	0,058	0,054	0,059	0,057
W 13	54 0,051	0,049	0,050				31 0,048	0,054	0,051	33 0,063	0,070	0,066	0,059	0,064	0,061
	66 0,046	0,048	0,047				32 0,065	0,066	0,066	34 0,059	0,064	0,062			
WNW 14							35 0,059	0,059	0,059	36 0,057	0,059	0,058	0,059	0,062	0,060
										37 0,063	0,067	0,065			
NW 15	56 0,043	0,045	0,044	39 0,062	0,070	0,066	38 0,048	0,051	0,050	43 0,057	0,048	0,052	0,054	0,055	0,054
							40 0,045	0,049	0,047	44 0,049	0,053	0,051			
							41 0,053	0,057	0,055						
							42 0,061	0,056	0,058						
NNW 16				45 0,046	0,050	0,048	46 0,068	0,074	0,071	50 0,054	0,057	0,056	0,061	0,068	0,064
							47 0,066	0,075	0,071						
							48 0,069	0,081	0,075						
							49 0,062	0,068	0,065						
Povprečje po pasovih	(9) 0,044	0,046	0,045	(8) 0,057	0,062	0,060	(25) 0,058	0,063	0,061	(24) 0,061	0,065	0,063	(57) 0,059	0,064	0,062
	± 0,004	0,003	0,003	± 0,011	0,013	0,012	± 0,007	0,008	0,008	± 0,007	0,009	0,008	± 0,008	0,009	0,008
			1			1			1			1	št.		
Ljubljana			0			1			1			1	64 0,061	0,066	0,063

Suho skladišče NEK - povprečna mesečna doza H*(10) (mSv na mesec) za 6-mesečni obdobji in povprečna mesečna doza H*(10) (mSv na mesec) v letu 2025

Obdobje ekspozicije			od 1. 1. 2025 do 1. 7. 2025	od 1. 7. 2025 do 1. 1. 2026	v 2025
Pas (km)			**ograja znotraj NEK**		
	št.				
W 13	S1	TLD 1 G-N4-30-J	0,050	0,051	0,050
	S2	TLD 2 G-N4-20-J	0,049	0,051	0,050
	S3	TLD 3 G-N4-10-J	0,048	0,049	0,049
	S4	TLD 4 G-N4	0,047	0,049	0,048
	S5	TLD 5 G-N4-10-S	0,046	0,048	0,047
	S6	TLD 6 G-N4-20-S	0,044	0,050	0,047
	S7	TLD 7 G-N4-30-S	0,046	0,048	0,047
Povprečje po pasovih		(7)	0,047	0,050	0,048
		±	0,002	0,001	0,001

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 2025 T - 54/a

8. SEZNAM TL-DOZIMETROV V REPUBLIKI SLOVENIJI

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Slovenija

Št.	KRAJ	GPS-KOORDINATE
1	DOLENJA VAS	45°42'52" / 14°44'44"
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 AERODROM	46° 28' 46" / 15° 40' 54"
13	PTUJ	46°25'48" / 15°52'58"
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	GORNJI PETROVCI	46°48'13" / 16°12'53"
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°21'37" / 15°06'42"
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 VRBNJE	46°21'04" / 14°11'31"
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°46'21" / 14°30'42"
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 2025 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. 2025 do 1. 7. 2025	od 1. 7. 2025 do 1. 1. 2026	v 2025	od 1. 1. 2025 do 1. 7. 2025	od 1. 7. 2025 do 1. 1. 2026	v 2025
1	DOLENJA VAS	0,517 ± 0,103	0,590 ± 0,118	1,107 ± 0,157	0,087 ± 0,017	0,098 ± 0,020	0,092 ± 0,026
2	DVOR PRI ŽUŽEMBERKU	0,471 ± 0,094	0,510 ± 0,102	0,981 ± 0,139	0,079 ± 0,016	0,084 ± 0,017	0,082 ± 0,023
3	DOBLIČE ČRNOMELJ	0,477 ± 0,095	0,549 ± 0,110	1,025 ± 0,145	0,080 ± 0,016	0,091 ± 0,018	0,085 ± 0,024
4	DRAŠIČI METLIKA	0,381 ± 0,076	0,407 ± 0,081	0,788 ± 0,112	0,064 ± 0,013	0,067 ± 0,013	0,066 ± 0,019
5	NOVO MESTO	0,302 ± 0,060	0,349 ± 0,070	0,651 ± 0,092	0,051 ± 0,010	0,058 ± 0,012	0,054 ± 0,015
6	MALKOVEC MOKRONOG	0,336 ± 0,067	0,377 ± 0,075	0,713 ± 0,101	0,057 ± 0,011	0,062 ± 0,012	0,059 ± 0,017
7	LISCA	0,323 ± 0,065	0,362 ± 0,072	0,686 ± 0,097	0,054 ± 0,011	0,060 ± 0,012	0,057 ± 0,016
8	CELJE	0,343 ± 0,069	0,417 ± 0,083	0,760 ± 0,108	0,058 ± 0,012	0,069 ± 0,014	0,063 ± 0,018
9	ROGAŠKA SLATINA	0,345 ± 0,069	0,351 ± 0,070 *	0,696 ± 0,098	0,058 ± 0,012	0,058 ± 0,012 *	0,058 ± 0,016
10	SLOVENSKE KONJICE	0,375 ± 0,075	0,388 ± 0,078	0,763 ± 0,108	0,063 ± 0,013	0,064 ± 0,013	0,064 ± 0,018
11	ROGLA	0,499 ± 0,100	0,524 ± 0,105	1,024 ± 0,145	0,084 ± 0,017	0,087 ± 0,017	0,085 ± 0,024
12	MARIBOR AERODROM	0,330 ± 0,066	0,384 ± 0,077	0,714 ± 0,101	0,055 ± 0,011	0,064 ± 0,013	0,060 ± 0,017
13	PTUJ	0,334 ± 0,067	0,372 ± 0,074	0,706 ± 0,100	0,056 ± 0,011	0,062 ± 0,012	0,059 ± 0,017
14	JERUZALEM ORMOŽ	0,330 ± 0,066	0,406 ± 0,081	0,736 ± 0,105	0,056 ± 0,011	0,067 ± 0,013	0,061 ± 0,017
15	LENDAVA	0,386 ± 0,077	0,428 ± 0,086	0,814 ± 0,115	0,065 ± 0,013	0,071 ± 0,014	0,068 ± 0,019
16	MURSKA SOBOTA	0,324 ± 0,065	0,375 ± 0,075	0,699 ± 0,099	0,054 ± 0,011	0,062 ± 0,012	0,058 ± 0,017
17	GORNJI PETROVCI	0,352 ± 0,070	0,437 ± 0,087	0,788 ± 0,112	0,059 ± 0,012	0,072 ± 0,014	0,066 ± 0,019
18	GORNJA RADGONA	0,334 ± 0,067	0,385 ± 0,077	0,719 ± 0,102	0,056 ± 0,011	0,064 ± 0,013	0,060 ± 0,017
19	SVEČINA PLAČ	0,402 ± 0,080	0,460 ± 0,092	0,862 ± 0,122	0,068 ± 0,014	0,076 ± 0,015	0,072 ± 0,020
20	RIBNICA NA POHORJU	0,385 ± 0,077	0,441 ± 0,088	0,826 ± 0,117	0,065 ± 0,013	0,073 ± 0,015	0,069 ± 0,019
21	KOTLJE	0,404 ± 0,081	0,461 ± 0,092	0,865 ± 0,123	0,068 ± 0,014	0,076 ± 0,015	0,072 ± 0,020
22	VELENJE	0,325 ± 0,065	0,330 ± 0,066 *	0,656 ± 0,093	0,055 ± 0,011	0,055 ± 0,011 *	0,055 ± 0,015
23	NAZARJE MOZIRJE	0,360 ± 0,072	0,408 ± 0,082	0,767 ± 0,109	0,060 ± 0,012	0,067 ± 0,013	0,064 ± 0,018
24	LUČE OB SAVINJI	0,353 ± 0,071	0,407 ± 0,081	0,760 ± 0,108	0,059 ± 0,012	0,067 ± 0,013	0,063 ± 0,018
25	VAČE	0,444 ± 0,089	0,451 ± 0,090 *	0,895 ± 0,127	0,075 ± 0,015	0,075 ± 0,015 *	0,075 ± 0,021
26	LJUBLJANA BEŽIGRAD	0,327 ± 0,065	0,370 ± 0,074	0,697 ± 0,099	0,055 ± 0,011	0,061 ± 0,012	0,058 ± 0,016
27	BRNIK AERODROM	0,460 ± 0,092	0,554 ± 0,111	1,015 ± 0,144	0,077 ± 0,015	0,092 ± 0,018	0,085 ± 0,024
28	JEZERSKO	0,424 ± 0,085	0,482 ± 0,096	0,905 ± 0,128	0,071 ± 0,014	0,080 ± 0,016	0,075 ± 0,021
29	PODLJUBELJ	0,313 ± 0,063	0,345 ± 0,069	0,658 ± 0,093	0,053 ± 0,011	0,057 ± 0,011	0,055 ± 0,016
30	LESCE VRBNJE	0,301 ± 0,060	0,337 ± 0,067	0,638 ± 0,090	0,051 ± 0,010	0,056 ± 0,011	0,053 ± 0,015
31	PLANINA POD GOLICO	0,416 ± 0,083	0,487 ± 0,097	0,903 ± 0,128	0,070 ± 0,014	0,081 ± 0,016	0,075 ± 0,021
32	ZDENSKA VAS	0,396 ± 0,079	0,465 ± 0,093	0,861 ± 0,122	0,066 ± 0,013	0,077 ± 0,015	0,072 ± 0,020
33	RATEČE	0,397 ± 0,079	0,426 ± 0,085	0,824 ± 0,117	0,067 ± 0,013	0,070 ± 0,014	0,069 ± 0,019
34	TRENTA	0,251 ± 0,050	0,285 ± 0,057	0,537 ± 0,076	0,042 ± 0,008	0,047 ± 0,009	0,045 ± 0,013
35	LOG POD MANGARTOM	0,358 ± 0,072	0,419 ± 0,084	0,777 ± 0,110	0,060 ± 0,012	0,069 ± 0,014	0,065 ± 0,018
36	BOVEC	0,328 ± 0,066	0,364 ± 0,073	0,692 ± 0,098	0,055 ± 0,011	0,060 ± 0,012	0,058 ± 0,016
37	TOLMIN	0,304 ± 0,061	0,381 ± 0,076	0,684 ± 0,097	0,051 ± 0,010	0,063 ± 0,013	0,057 ± 0,016
38	BILJE NOVA GORICA	0,237 ± 0,047	0,311 ± 0,062	0,549 ± 0,078	0,040 ± 0,008	0,051 ± 0,010	0,046 ± 0,013
39	VEDRIJAN KOJSKO	0,346 ± 0,069	0,393 ± 0,079	0,739 ± 0,105	0,058 ± 0,012	0,065 ± 0,013	0,062 ± 0,017
40	LOKEV PRI LIPICI	0,384 ± 0,077	0,461 ± 0,092	0,845 ± 0,120	0,065 ± 0,013	0,076 ± 0,015	0,070 ± 0,020
41	SEČOVLJE AERODROM	0,293 ± 0,059	0,328 ± 0,066	0,621 ± 0,088	0,049 ± 0,010	0,054 ± 0,011	0,052 ± 0,015
42	KOSEZE IL. BISTRICA	0,358 ± 0,072	0,399 ± 0,080	0,757 ± 0,107	0,060 ± 0,012	0,066 ± 0,013	0,063 ± 0,018
43	ZALOG POSTOJNA	0,361 ± 0,072	0,411 ± 0,082	0,772 ± 0,109	0,061 ± 0,012	0,068 ± 0,014	0,064 ± 0,018
44	NOVA VAS NA BLOKAH	0,471 ± 0,094	0,526 ± 0,105	0,997 ± 0,141	0,079 ± 0,016	0,087 ± 0,017	0,083 ± 0,024
45	VRHNIKA	0,539 ± 0,108	0,637 ± 0,127	1,176 ± 0,167	0,091 ± 0,018	0,105 ± 0,021	0,098 ± 0,028
46	VOJSKO	0,345 ± 0,069	0,400 ± 0,080	0,745 ± 0,106	0,058 ± 0,012	0,066 ± 0,013	0,062 ± 0,018
47	SORICA	0,310 ± 0,062	0,346 ± 0,069	0,656 ± 0,093	0,052 ± 0,010	0,057 ± 0,011	0,055 ± 0,015
48	STARA FUŽINA	0,258 ± 0,052	0,329 ± 0,066	0,587 ± 0,084	0,043 ± 0,009	0,054 ± 0,011	0,049 ± 0,014
49	JELENJA VAS ISKRBA	0,528 ± 0,106	0,667 ± 0,133	1,195 ± 0,170	0,089 ± 0,018	0,110 ± 0,022	0,100 ± 0,028
50	KREDARICA	0,304 ± 0,061	0,309 ± 0,062 *	0,614 ± 0,087	0,051 ± 0,010	0,051 ± 0,010 *	0,051 ± 0,014
	Število merilnih mest	50 št.	50 št.	50 št.	50 št.	50 št.	50 št.
	Povprečje - merilna mesta	0,369 ± 0,075	0,420 ± 0,086	0,789 ± 0,152	0,062 ± 0,013	0,069 ± 0,014	0,066 ± 0,019
	Najvišja doza	0,539 ± 0,108 (45)	0,667 ± 0,133 (49)	1,195 ± 0,170 (49)	0,091 ± 0,018 (45)	0,110 ± 0,022 (49)	0,100 ± 0,028 (49)
	Najnižja doza	0,237 ± 0,047 (38)	0,285 ± 0,057 (34)	0,537 ± 0,076 (34)	0,040 ± 0,008 (38)	0,047 ± 0,009 (34)	0,045 ± 0,013 (34)

(**) Meritve doze zunanjega sevanja s TL-dozimetri so opravljene na Odseku F-2. Negotovost rezultatov meritev so podane z intervalom zaupanja 95 % .

* Dozimeter je bil izgubljen, ukraden, oz. do priprave tega poročila še ni bil vrnjen v odčitavanje; če so bili podatki na voljo, so navedene vrednosti dobljene z ekstrapolacijo iz podatkov za prvo oz. drugo polletje.

8. DOZA ZUNANJEGA SEVANJA – TL-DOZIMETRI (HRVAŠKA) *

	Polletne doze		Letna doza
	14. 1. 2025 - 8. 7. 2025	8. 7. 2025 – 13. 1. 2026	
Vzorč. mesto	H*(10) (mSv)		
Bistra	0,37	0,38	0,75
Bregana	0,35	0,37	0,72
Harmica	0,40	0,50	0,90
Jastrebarsko	0,31	0,36	0,67
Klanjec	0,28	0,33	0,61
Novaki	0,29	0,36	0,65
Oroslavlje	0,38	0,45	0,83
Samobor	0,35	0,35	0,70
Zagreb (IRB)	0,31	0,33	0,64
Zaprešić	0,30	0,31	0,61

LETO 2025 T - 56/a

8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA ZA LETO 2025 V REPUBLIKI SLOVENIJI – 1. polovica / 1. polletje

2025		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		
Lendava	Lendava	79 ± 7		62	148	79 ± 6		51	116	78 ± 6		61	121	78 ± 5		62	120	81 ± 6		63	138	83 ± 7		66	157	79,4 ± 2,5	0,36 ± 0,01
Muta	Muta	84 ± 6		50	126	84 ± 7		57	131	83 ± 7		51	121	82 ± 7		63	126	83 ± 6		55	126	84 ± 6		57	133	83,4 ± 2,6	0,38 ± 0,01
Rakičan	MS-Rakičan	77 ± 7		43	124	77 ± 7		43	122	77 ± 7		35	115	78 ± 6		51	120	80 ± 7		51	161	81 ± 9		47	174	78,1 ± 2,9	0,35 ± 0,01
Gornja Radgona	Gornja Radgona	81 ± 5		61	109	81 ± 5		50	104	81 ± 5		56	106	80 ± 5		48	116	81 ± 6		62	123	81 ± 6		59	127	80,8 ± 2,2	0,36 ± 0,01
Krvavec	Krvavec	71 ± 9		40	174	65 ± 7		40	123	64 ± 8		23	109	71 ± 12		37	115	86 ± 7		59	157	83 ± 6		55	122	74,9 ± 3,1	0,34 ± 0,01
Dvor	Dvor	74 ± 9		49	153	74 ± 10		53	168	74 ± 8		39	115	72 ± 7		55	131	72 ± 7		36	130	76 ± 16		47	703	73,1 ± 3,5	0,33 ± 0,02
Hrastje	Hrastje	55 ± 8		38	133	55 ± 9		40	144	54 ± 7		38	105	53 ± 11		37	453	53 ± 6		38	103	54 ± 6		39	108	53,9 ± 3,0	0,24 ± 0,01
Bovec	Bovec	62 ± 14		32	137	60 ± 8		42	132	62 ± 12		44	136	59 ± 9		42	121	60 ± 11		45	138	58 ± 7		43	146	59,6 ± 3,8	0,27 ± 0,02
Postojna	Postojna	83 ± 9		55	147	82 ± 9		58	153	83 ± 9		63	138	82 ± 9		58	139	82 ± 17		54	705	86 ± 8		59	128	83,3 ± 3,8	0,38 ± 0,02
Ljubljana-Bezigrad	Ljubljana (Bežigrad)	77 ± 9		58	186	78 ± 9		47	177	77 ± 8		56	130	76 ± 12		42	628	76 ± 6		47	125	81 ± 6		60	139	77,9 ± 3,1	0,35 ± 0,01
Levec	Levec	79 ± 7		56	140	79 ± 7		52	137	79 ± 8		55	123	78 ± 6		61	130	79 ± 14		59	668	81 ± 8		65	155	79,0 ± 3,1	0,36 ± 0,01
Rateče	Rateče	94 ± 9		68	144	101 ± 8		84	154	105 ± 10		85	166	103 ± 6		85	134	105 ± 8		85	167	109 ± 8		84	171	103,0 ± 3,2	0,46 ± 0,01
Krsko-Videm	Krško-Videm	70 ± 7		60	132	69 ± 6		60	115	70 ± 4		61	89	70 ± 5		61	112	70 ± 5		62	108	70 ± 5		61	132	69,9 ± 2,1	0,32 ± 0,01
Podbočje	Podbočje	68 ± 7		51	134	68 ± 7		38	127	68 ± 7		50	107	67 ± 6		34	105	66 ± 6		46	112	67 ± 6		46	117	67,2 ± 2,6	0,30 ± 0,01
Sevno	Sevno	84 ± 8		64	151	84 ± 9		64	163	85 ± 7		52	120	83 ± 7		64	134	82 ± 8		56	142	81 ± 17		44	689	83,5 ± 3,4	0,38 ± 0,02
Brežice	Brežice	83 ± 5		73	125	83 ± 5		67	118	79 ± 5		67	100	79 ± 4		72	115	79 ± 5		72	119	79 ± 4		72	116	80,1 ± 1,9	0,36 ± 0,01
Velenje	Velenje	80 ± 8		37	219	78 ± 8		56	168	79 ± 7		54	123	78 ± 6		59	118	79 ± 15		44	726	82 ± 7		58	150	79,3 ± 3,1	0,36 ± 0,01
Idrija	Idrija	90 ± 10		54	136	91 ± 11		64	158	91 ± 9		67	137	89 ± 9		56	151	88 ± 15		66	699	94 ± 9		71	170	90,8 ± 4,1	0,41 ± 0,02
Maribor-Vrbanski plato	MB-Vrbanski plato	97 ± 7		69	146	96 ± 9		69	152	97 ± 9		57	145	97 ± 6		78	133	98 ± 7		69	150	102 ± 7		74	176	98,0 ± 3,0	0,44 ± 0,01
Maribor-Slivnica	MB-Slivnica	78 ± 8		60	131	78 ± 9		59	148	79 ± 8		60	125	78 ± 6		62	138	79 ± 7		63	148	80 ± 8		64	170	78,6 ± 3,1	0,35 ± 0,01
Vnajnarje	Vnajnarje	105 ± 11		59	328	105 ± 12		28	177	110 ± 11		54	170	110 ± 11		69	165	111 ± 13		59	182	120 ± 14		67	213	109,6 ± 4,8	0,49 ± 0,02
Ptuj	Ptuj	82 ± 7		49	137	83 ± 9		48	157	83 ± 8		51	130	83 ± 6		65	128	84 ± 7		67	161	87 ± 10		68	215	83,4 ± 3,1	0,38 ± 0,01
Rudno polje	Rudno polje	70 ± 7		42	106	67 ± 7		48	119	64 ± 8		26	101	78 ± 7		53	113	80 ± 9		51	173	77 ± 6		54	116	72,8 ± 2,9	0,33 ± 0,01
Kum	Kum	57 ± 8		40	126	57 ± 8		38	122	58 ± 7		41	92	57 ± 7		43	91	57 ± 6		38	103	54 ± 6		39	110	56,5 ± 2,8	0,25 ± 0,01
Lesce	Lesce	74 ± 8		58	135	71 ± 10		25	184	71 ± 8		45	129	69 ± 7		42	116	70 ± 9		47	145	71 ± 8		50	141	70,9 ± 3,3	0,32 ± 0,02
Iskrba	Iskrba MIRA	126 ± 10		89	212	128 ± 13		92	204	130 ± 10		89	191	129 ± 11		86	175	129 ± 10		85	198	137 ± 21		90	725	128,8 ± 4,6	0,58 ± 0,02
Lisca	Lisca	70 ± 8		37	145	71 ± 8		41	128	73 ± 7		34	123	72 ± 7		46	115	72 ± 7		40	132	72 ± 6		39	117	71,8 ± 2,9	0,32 ± 0,01
Krsko-NEK	NEK-URSJV	72 ± 9		52	165	72 ± 7		54	136	72 ± 6		56	108	71 ± 7		56	139	72 ± 7		55	119	74 ± 9		32	184	72,0 ± 3,0	0,33 ± 0,01
Brege	Brege	100 ± 8		84	177	99 ± 8		83	144	100 ± 7		86	140	100 ± 7		85	166	100 ± 7		84	142	102 ± 7		89	172	100,2 ± 3,0	0,45 ± 0,01
Loče	Loče	78 ± 7		41	131	76 ± 6		60	112	75 ± 6		59	122	76 ± 6		49	115	77 ± 6		39	150	79 ± 7		45	142	76,7 ± 2,6	0,35 ± 0,01
Dolenje	Dolenje	58 ± 7		34	103	57 ± 6		37	96	56 ± 6		38	93	53 ± 7		39	145	53 ± 5		40	95	53 ± 5		38	98	54,7 ± 2,4	0,25 ± 0,01
iška vas	iška Vas	63 ± 12		37	155	62 ± 11		32	166	61 ± 8		33	123	59 ± 12		43	583	59 ± 7		41	124	61 ± 5		45	100	60,7 ± 3,2	0,27 ± 0,01
Krsko	Krško	94 ± 6		78	136	94 ± 6		79	127	94 ± 6		82	119	94 ± 6		81	123	94 ± 6		82	125	93 ± 6		82	140	93,8 ± 2,4	0,42 ± 0,01
Dobliče	Dobliče	118 ± 12		83	330	123 ± 12		90	221	121 ± 10		77	167	119 ± 9		82	175	119 ± 10		65	196	129 ± 10		97	187	121,5 ± 4,2	0,55 ± 0,02
Sečovlje	Sečovlje	69 ± 12		45	126	60 ± 8		43	161	63 ± 7		36	117	65 ± 6		49	120	66 ± 7		50	134	68 ± 7		51	143	64,9 ± 3,0	0,29 ± 0,01
Koper	Koper	66 ± 6		48	113	65 ± 6		52	109	71 ± 9		34	268	72 ± 6		53	115	73 ± 6		58	140	76 ± 6		60	134	70,4 ± 2,6	0,32 ± 0,01
Kamnik	Kamnik	79 ± 9		62	193	79 ± 9		60	177	78 ± 10		49	519	77 ± 7		58	134	78 ± 7		60	130	81 ± 6		62	134	78,8 ± 3,1	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.
Podatki o kontinuirnih meritvah hitrosti doze v okolici NEK, so poudarjene z zeleno barvo.

LETO 2025 T - 56/b

8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA ZA LETO 2025 V REPUBLIKI SLOVENIJI – 1. polovica / 2. polletje

2025		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				
Lendava	Lendava	84 ± 7		65	148	87 ± 16		69	696	82 ± 8		65	145	81 ± 7		66	132	81 ± 8		61	151	82 ± 7		65	136	80,5 ± 2,0		0,70 ± 0,02	
Muta	Muta	85 ± 9		64	178	86 ± 16		52	696	86 ± 11		54	205	84 ± 6		57	131	85 ± 7		63	142	87 ± 6		61	124	84,2 ± 2,0		0,74 ± 0,02	
Rakičan	MS-Rakičan	81 ± 9		47	153	85 ± 9		48	166	79 ± 11		30	153	79 ± 7		48	128	79 ± 8		43	149	80 ± 9		50	143	79,0 ± 2,2		0,69 ± 0,02	
Gornja Radgona	Gornja Radgona	82 ± 6		51	221	81 ± 6		36	174	81 ± 7		56	138	81 ± 5		58	117	82 ± 6		59	139	84 ± 6		57	125	81,3 ± 1,6		0,71 ± 0,01	
Krvavec	Krvavec	86 ± 15		56	701	85 ± 7		56	136	86 ± 12		48	259	87 ± 9		61	144	83 ± 10		46	141	73 ± 6		40	106	77,7 ± 2,3		0,68 ± 0,02	
Dvor	Dvor	76 ± 8		44	141	76 ± 8		43	132	75 ± 16		46	300	75 ± 8		44	150	75 ± 9		45	133	79 ± 9		44	134	74,5 ± 2,5		0,65 ± 0,02	
Hrastje	Hrastje	56 ± 10		38	131	56 ± 9		40	118	56 ± 12		38	173	54 ± 8		39	130	56 ± 9		38	119	58 ± 7		40	108	54,8 ± 2,3		0,48 ± 0,02	
Bovec	Bovec	60 ± 12		42	155	60 ± 10		43	135	61 ± 14		44	173	60 ± 13		44	158	60 ± 13		43	166	58 ± 5		40	84	59,3 ± 2,6		0,52 ± 0,02	
Postojna	Postojna	87 ± 10		60	162	87 ± 10		55	160	84 ± 10		60	174	84 ± 10		55	149	82 ± 8		58	123	85 ± 9		63	132	83,9 ± 2,7		0,74 ± 0,02	
Ljubljana-Bezigrad	Ljubljana (Bežigrad)	81 ± 9		60	146	81 ± 9		56	140	79 ± 13		53	204	78 ± 8		53	154	79 ± 9		47	139	81 ± 7		63	122	78,8 ± 2,3		0,69 ± 0,02	
Levec	Levec	82 ± 9		59	177	83 ± 8		62	162	83 ± 17		44	265	80 ± 7		50	129	82 ± 7		51	136	83 ± 7		65	121	80,4 ± 2,2		0,70 ± 0,02	
Rateče	Rateče	109 ± 18		88	736	108 ± 8		84	161	106 ± 10		87	197	105 ± 9		86	169	103 ± 9		85	161	101 ± 7		60	132	103,7 ± 2,4		0,91 ± 0,02	
Krsko-Videm	Krško-Videm	73 ± 7		63	129	73 ± 6		63	109	73 ± 8		65	175	72 ± 7		64	117	72 ± 6		62	107	74 ± 7		63	115	70,9 ± 1,7		0,62 ± 0,01	
Podbočje	Podbočje	68 ± 7		48	116	70 ± 17		53	721	68 ± 8		45	151	67 ± 7		43	133	69 ± 7		46	112	73 ± 8		53	124	67,9 ± 2,0		0,59 ± 0,02	
Sevno	Sevno	84 ± 9		62	139	84 ± 9		62	170	85 ± 16		58	269	85 ± 8		60	138	85 ± 8		64	124	87 ± 8		65	134	84,2 ± 2,5		0,74 ± 0,02	
Brežice	Brežice	81 ± 6		72	125	82 ± 5		72	112	81 ± 6		72	140	81 ± 7		72	135	81 ± 6		72	118	84 ± 7		66	123	80,7 ± 1,5		0,71 ± 0,01	
Velenje	Velenje	83 ± 11		52	194	82 ± 9		59	203	83 ± 19		40	290	79 ± 7		53	136	81 ± 8		61	133	83 ± 7		60	139	80,2 ± 2,3		0,70 ± 0,02	
Idrija	Idrija	93 ± 9		70	155	93 ± 11		71	255	92 ± 16		67	348	92 ± 10		54	153	92 ± 12		64	167	96 ± 11		66	141	91,7 ± 3,1		0,80 ± 0,03	
Maribor-Vrbanski plato	MB-Vrbanski plato	103 ± 11		83	204	106 ± 8		78	178	104 ± 30		75	731	97 ± 8		76	154	99 ± 10		57	186	100 ± 14		50	219	99,0 ± 2,4		0,87 ± 0,02	
Maribor-Slivnica	MB-Slivnica	82 ± 10		64	175	82 ± 10		64	194	81 ± 18		62	644	79 ± 7		60	143	81 ± 9		61	163	83 ± 9		61	145	79,6 ± 2,4		0,70 ± 0,02	
Vnajnarje	Vnajnarje	121 ± 15		66	196	117 ± 14		56	200	114 ± 16		61	292	112 ± 14		55	219	111 ± 13		65	179	112 ± 15		54	182	111,5 ± 3,7		0,98 ± 0,03	
Ptuj	Ptuj	88 ± 10		69	184	91 ± 16		34	626	86 ± 12		44	201	83 ± 7		66	151	84 ± 8		68	145	86 ± 8		67	153	84,1 ± 2,4		0,74 ± 0,02	
Rudno polje	Rudno polje	80 ± 16		56	625	78 ± 7		51	162	79 ± 10		56	163	78 ± 9		49	137	76 ± 8		37	121	67 ± 6		42	99	73,5 ± 2,2		0,64 ± 0,02	
Kum	Kum	57 ± 10		43	173	57 ± 8		41	135	57 ± 13		42	220	57 ± 8		42	113	57 ± 7		40	97	57 ± 8		41	106	56,7 ± 2,2		0,50 ± 0,02	
Lesce	Lesce	73 ± 12		47	178	72 ± 8		51	195	73 ± 14		48	187	71 ± 10		38	152	72 ± 12		32	154	73 ± 10		33	141	71,4 ± 2,6		0,63 ± 0,02	
Iskrba	Iskrba MIRA	136 ± 13		92	196	137 ± 16		91	315	133 ± 16		105	331	132 ± 12		86	193	131 ± 13		90	205	135 ± 12		104	189	130,9 ± 3,5		1,15 ± 0,03	
Lisca	Lisca	74 ± 16		24	682	74 ± 8		49	144	74 ± 10		43	162	73 ± 8		44	133	72 ± 7		43	113	71 ± 9		43	123	72,2 ± 2,2		0,63 ± 0,02	
Krsko-NEK	NEK-URSJV	75 ± 9		54	145	76 ± 9		49	146	74 ± 9		47	205	73 ± 9		47	138	72 ± 9		24	135	76 ± 9		39	130	72,9 ± 2,3		0,64 ± 0,02	
Brege	Brege	105 ± 9		87	169	99 ± 8		81	145	92 ± 9		77	197	91 ± 8		76	159	90 ± 8		74	140	92 ± 9		69	146	97,8 ± 2,3		0,86 ± 0,02	
Loče	Loče	80 ± 8		46	152	82 ± 8		15	203	82 ± 11		54	210	79 ± 6		54	123	80 ± 7		58	125	82 ± 6		53	130	78,4 ± 1,9		0,69 ± 0,02	
Dolenje	Dolenje	54 ± 7		40	145	54 ± 7		38	105	54 ± 7		37	101	55 ± 10		41	117	54 ± 7		37	112	55 ± 6		35	85	54,5 ± 1,8		0,48 ± 0,02	
Iška vas	Iška Vas	62 ± 8		45	113	63 ± 8		46	153	62 ± 11		43	170	64 ± 8		47	140	64 ± 9		47	120	67 ± 8		48	122	62,1 ± 2,3		0,54 ± 0,02	
Krsko	Krško	96 ± 7		80	142	97 ± 6		81	130	93 ± 8		77	166	91 ± 7		72	134	91 ± 7		77	122	93 ± 7		80	140	93,8 ± 1,9		0,82 ± 0,02	
Dobliče	Dobliče	134 ± 15		106	278	133 ± 16		50	304	129 ± 21		103	374	125 ± 12		92	200	127 ± 15		88	248	132 ± 12		101	199	124,3 ± 3,4		1,09 ± 0,03	
Sečovlje	Sečovlje	70 ± 7		52	139	69 ± 9		53	160	66 ± 9		49	136	67 ± 11		49	181	65 ± 8		51	128	65 ± 5		51	97	65,8 ± 2,1		0,58 ± 0,02	
Koper	Koper	77 ± 7		61	150	76 ± 8		58	141	73 ± 9		56	179	73 ± 9		55	131	72 ± 7		57	134	73 ± 5		56	107	72,0 ± 1,9		0,63 ± 0,02	
Kamnik	Kamnik	82 ± 11		63	195	81 ± 9		62	186	81 ± 16		57	304	79 ± 9		62	152	80 ± 9		46	131	83 ± 8		59	138	79,7 ± 2,4		0,70 ± 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.
Podatki o kontinuirnih meritvah hitrosti doze v okolici NEK, so poudarjene z zeleno barvo.

LETO 2025 T - 56/c

8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA ZA LETO 2025 V REPUBLIKI SLOVENIJI – 2. polovica / 1. polletje

2025		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				
Ilirska Bistrica	Ilirska Bistrica	83	±	8	55	188	84	±	7	32	128	83	±	7	67	121	83	±	6	63	129	88	±	8	69	163	90	±	6	48	186	85,3	± 2,8	0,38	± 0,01
Ljubljana-Brinje-IJS	Brinje (IJS MFM)	87	±	9	67	166	87	±	9	69	162	87	±	8	66	124	86	±	8	67	134	86	±	8	67	124	92	±	8	75	165	87,5	± 3,4	0,39	± 0,02
Park Škocjanske jame	Park Škocjanske jame	75	±	8	44	126	75	±	7	55	115	74	±	7	57	119	74	±	7	55	121	74	±	6	59	128	77	±	6	59	109	74,9	± 2,7	0,34	± 0,01
Todraz	Todraž	104	±	9	81	168	104	±	11	74	201	104	±	8	67	158	103	±	8	79	157	103	±	8	76	163	110	±	17	80	745	103,9	± 3,8	0,47	± 0,02
Skopice	Skopice	109	±	8	93	178	108	±	7	96	149	114	±	7	98	156	115	±	6	99	160	114	±	7	101	157	113	±	6	85	173	112,5	± 2,7	0,51	± 0,01
Zbilje	Zbilje	89	±	8	53	164	91	±	10	60	174	92	±	7	72	130	91	±	7	72	145	91	±	7	73	126	96	±	7	76	154	91,9	± 3,1	0,41	± 0,01
Trbovlje	Trbovlje	84	±	9	32	334	84	±	8	53	154	85	±	7	55	192	83	±	6	43	154	84	±	6	51	169	86	±	8	47	187	84,2	± 2,9	0,38	± 0,01
Malkovec	Malkovec	74	±	8	53	152	73	±	8	55	143	74	±	7	56	126	72	±	6	57	118	73	±	8	52	360	75	±	6	36	122	73,5	± 2,9	0,33	± 0,01
Brinje	Brinje	86	±	9	57	170	87	±	9	59	175	86	±	8	47	138	86	±	14	45	646	86	±	7	52	141	92	±	7	66	159	87,6	± 3,4	0,40	± 0,02
Brestanica-Sv.Mohor	Sv.Mohor	52	±	7	33	108	51	±	6	26	102	51	±	5	36	74	50	±	6	38	82	51	±	6	37	94	51	±	5	38	110	51,0	± 2,3	0,23	± 0,01
Ravne na Koroskem	Ravne na Koroškem	87	±	6	51	133	86	±	7	70	150	86	±	6	62	119	84	±	6	64	115	84	±	7	65	148	85	±	7	65	141	85,4	± 2,6	0,39	± 0,01
Ljubljana-Vič	LJ-Vič	84	±	8	42	149	84	±	9	61	182	84	±	7	62	130	83	±	16	5	666	83	±	6	56	127	87	±	6	67	133	84,5	± 3,0	0,38	± 0,01
Jesenice na Dolenjskem	Jesenice na Dol.	52	±	7	36	115	52	±	7	36	134	52	±	6	37	92	51	±	5	37	83	51	±	6	37	96	51	±	5	38	93	51,4	± 2,4	0,23	± 0,01
Hrastnik	Hrastnik	66	±	7	42	125	65	±	8	26	136	65	±	7	45	100	64	±	6	39	111	64	±	6	43	111	64	±	7	48	156	64,6	± 2,7	0,29	± 0,01
Gačnik	Gačnik	95	±	6	79	141	94	±	8	66	142	95	±	8	67	141	95	±	6	55	135	97	±	7	62	142	101	±	7	72	170	96,2	± 2,8	0,43	± 0,01
Pesje	Pesje	125	±	8	109	193	125	±	7	109	172	125	±	7	108	151	125	±	7	109	161	124	±	7	107	159	128	±	7	111	183	125,3	± 2,9	0,57	± 0,01
Krajinski park Goričko	Krajinski park Goričko	81	±	7	62	124	80	±	6	56	107	80	±	6	61	128	81	±	6	64	120	82	±	6	63	126	84	±	8	65	181	81,1	± 2,6	0,37	± 0,01
Boršt	Boršt	109	±	9	76	184	108	±	11	80	204	110	±	8	74	174	109	±	7	82	157	109	±	8	73	163	114	±	16	82	691	109,4	± 3,6	0,49	± 0,02
Novo mesto	Novo mesto	59	±	9	29	126	60	±	9	31	139	59	±	7	26	107	58	±	7	29	102	58	±	8	26	119	60	±	9	25	157	58,9	± 3,3	0,27	± 0,01
Bilje	Bilje	59	±	10	39	132	58	±	7	36	113	58	±	11	35	553	57	±	8	40	105	57	±	6	28	98	57	±	7	40	139	57,5	± 3,1	0,26	± 0,01
Podčetrtek	Podčetrtek	78	±	8	60	174	79	±	7	64	127	78	±	7	59	148	78	±	7	60	139	78	±	7	62	136	82	±	7	61	139	78,9	± 2,9	0,36	± 0,01
Libna	Libna	88	±	5	77	128	87	±	5	78	120	88	±	4	79	106	88	±	4	78	123	87	±	4	79	114	87	±	4	77	130	87,5	± 1,7	0,39	± 0,01
Suha	Suha	66	±	6	51	108	67	±	8	52	139	66	±	6	51	97	65	±	6	50	105	66	±	5	51	95	68	±	14	40	636	66,0	± 2,6	0,30	± 0,01
Šostanj	Šoštanj	84	±	7	67	158	82	±	9	64	169	83	±	7	67	124	82	±	6	64	124	84	±	12	65	658	88	±	7	72	143	83,8	± 3,0	0,38	± 0,01
Gornji Lenart	Gor. Lenart	107	±	8	90	166	105	±	7	88	141	107	±	6	90	133	107	±	7	91	144	107	±	7	93	151	112	±	7	93	159	107,5	± 2,8	0,48	± 0,01
Krsko-NEK	Krško-NEK	85	±	7	74	144	85	±	6	75	122	85	±	5	72	106	84	±	5	76	117	85	±	5	76	119	87	±	5	75	144	85,2	± 2,2	0,38	± 0,01
Cerklje	Cerklje	82	±	8	67	141	81	±	8	69	142	82	±	8	69	126	83	±	7	69	129	85	±	7	71	129	91	±	6	76	143	84,7	± 2,9	0,38	± 0,01
Brnik	Brnik	107	±	8	88	179	108	±	10	88	223	108	±	8	89	165	108	±	8	88	148	109	±	8	88	164	114	±	7	92	173	109,3	± 3,3	0,49	± 0,01
Leskovec	Leskovec	84	±	5	73	127	84	±	5	75	116	84	±	4	74	102	83	±	5	75	121	84	±	4	76	112	84	±	4	78	132	83,9	± 1,8	0,38	± 0,01
Drnovo	Drnovo (aerosoli)	83	±	7	75	149	83	±	6	74	128	83	±	5	74	115	83	±	6	76	149	83	±	6	75	126	85	±	5	77	145	83,4	± 2,3	0,38	± 0,01
Spodnji Stari Grad	Sp. Stari Grad	96	±	7	86	158	96	±	6	86	136	96	±	5	85	120	97	±	6	87	132	97	±	6	88	137	100	±	5	89	168	97,2	± 2,3	0,44	± 0,01
Vihre	Vihre	96	±	6	84	146	96	±	6	81	122	97	±	5	84	115	96	±	5	83	116	97	±	6	77	131	98	±	5	86	134	96,7	± 2,2	0,44	± 0,01
Slovenj Gradec	Sl. Gradec	104	±	7	73	164	105	±	7	65	177	106	±	8	78	160	105	±	7	80	147	107	±	8	77	164	113	±	7	92	175	106,7	± 3,0	0,48	± 0,01
Rogla	Rogla	71	±	8	50	114	71	±	6	45	103	73	±	9	51	109	74	±	8	50	123	73	±	6	46	118	70	±	6	46	135	71,8	± 2,8	0,32	± 0,01
Celje	Celje	79	±	8	51	152	79	±	7	53	139	79	±	7	56	122	78	±	6	61	123	78	±	14	49	678	80	±	7	61	167	78,9	± 3,0	0,36	± 0,01
Kredarica	Kredarica	99	±	7	66	139	97	±	7	59	142	97	±	8	66	142	95	±	7	65	133	94	±	8	57	159	91	±	6	57	138	95,2	± 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.
Podatki o kontinuirnih meritvah hitrosti doze v okolici NEK, so poudarjene z zeleno barvo.

LETO 2025 T - 56/d

8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA ZA LETO 2025 V REPUBLIKI SLOVENIJI – 2. polovica / 2. polletje

2025		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		
Ilirska Bistrica	Ilirska Bistrica	91 ±	8	61	163	91 ±	8	52	154	87 ±	9	58	175	86 ±	9	66	153	84 ±	6	66	128	86 ±	6	66	117	86,1 ± 2,0	0,75 ± 0,02
Ljubljana-Brinje-IJS	Brinje (IJS MFM)	89 ±	13	55	153	313 ±	4805	58	########	84 ±	17	56	323	89 ±	10	69	169	89 ±	10	69	154	90 ±	8	68	128	88,0 ± 2,8	0,77 ± 0,02
Park Škocjanske jame	Park Škocjanske jame	76 ±	7	60	126	77 ±	9	56	151	75 ±	7	57	122	76 ±	10	54	144	74 ±	6	54	115	76 ±	6	54	108	75,2 ± 2,0	0,66 ± 0,02
Todraz	Todraž	109 ±	9	81	166	109 ±	10	74	197	108 ±	14	75	252	107 ±	11	76	175	107 ±	11	85	187	107 ±	8	82	152	105,7 ± 2,8	0,93 ± 0,02
Skopice	Skopice	115 ±	9	93	182	106 ±	12	0	151	101 ±	8	86	185	101 ±	8	86	163	100 ±	8	84	144	102 ±	9	82	157	109,2 ± 2,2	0,96 ± 0,02
Zbilje	Zbilje	95 ±	12	73	244	96 ±	8	76	172	94 ±	13	73	221	93 ±	8	75	153	94 ±	9	73	160	96 ±	7	76	134	93,1 ± 2,3	0,82 ± 0,02
Trbovlje	Trbovlje	87 ±	15	53	599	87 ±	8	59	176	86 ±	11	58	258	84 ±	7	43	145	85 ±	7	48	133	86 ±	6	49	128	84,8 ± 2,1	0,74 ± 0,02
Malkovec	Malkovec	78 ±	10	61	177	77 ±	7	59	128	77 ±	8	61	167	76 ±	8	59	135	76 ±	9	57	153	78 ±	8	59	120	75,0 ± 2,2	0,66 ± 0,02
Brinje	Brinje	92 ±	12	62	174	92 ±	12	63	258	89 ±	12	54	197	87 ±	9	59	165	89 ±	10	45	159	91 ±	7	56	142	88,6 ± 2,6	0,78 ± 0,02
Brestanica-Sv.Mohor	Sv.Mohor	54 ±	15	36	611	54 ±	7	35	107	54 ±	9	40	202	53 ±	7	37	107	53 ±	7	37	104	56 ±	8	34	100	52,0 ± 1,9	0,46 ± 0,02
Ravne na Koroskem	Ravne na Koroškem	85 ±	11	63	170	88 ±	15	68	716	88 ±	11	56	169	87 ±	7	56	130	89 ±	7	56	135	90 ±	6	72	125	86,5 ± 2,1	0,76 ± 0,02
Ljubljana-Vič	LJ-Vič	87 ±	8	59	140	87 ±	8	59	140	86 ±	12	56	256	85 ±	8	54	149	85 ±	8	61	131	87 ±	7	64	123	85,3 ± 2,2	0,75 ± 0,02
Jesenice na Dolenjskem	Jesenice na Dol.	54 ±	15	38	639	54 ±	7	38	104	54 ±	9	19	196	53 ±	12	18	145	51 ±	7	36	84	54 ±	8	34	128	51,9 ± 2,0	0,45 ± 0,02
Hrastnik	Hrastnik	66 ±	18	26	701	66 ±	7	43	137	67 ±	10	32	194	65 ±	7	41	119	66 ±	7	50	107	68 ±	6	39	99	65,4 ± 2,1	0,57 ± 0,02
Gačnik	Gačnik	101 ±	10	74	177	102 ±	9	70	186	101 ±	22	72	327	97 ±	7	74	148	99 ±	8	65	164	99 ±	11	66	182	97,3 ± 2,3	0,85 ± 0,02
Pesje	Pesje	132 ±	8	113	181	130 ±	8	111	172	128 ±	12	110	318	127 ±	8	110	177	126 ±	8	107	168	128 ±	8	110	173	126,7 ± 2,2	1,11 ± 0,02
Krajinski park Goričko	Krajinski park Goričko	85 ±	8	66	145	85 ±	8	65	168	85 ±	10	67	194	83 ±	7	66	140	83 ±	8	56	138	83 ±	10	62	152	82,2 ± 2,1	0,72 ± 0,02
Boršt	Boršt	114 ±	9	87	178	113 ±	10	93	256	111 ±	13	80	214	111 ±	10	87	182	110 ±	10	79	176	112 ±	8	76	149	110,6 ± 2,7	0,97 ± 0,02
Novo mesto	Novo mesto	62 ±	10	27	130	63 ±	14	28	552	62 ±	12	18	193	62 ±	10	24	143	63 ±	10	26	122	67 ±	11	26	126	60,4 ± 2,6	0,53 ± 0,02
Bilje	Bilje	59 ±	9	39	143	59 ±	12	41	270	59 ±	14	28	178	61 ±	14	41	162	59 ±	11	33	151	59 ±	6	38	91	58,1 ± 2,4	0,51 ± 0,02
Podčetrtek	Podčetrtek	85 ±	9	65	155	87 ±	9	67	156	83 ±	18	60	699	80 ±	8	58	139	81 ±	9	50	146	83 ±	7	64	133	80,5 ± 2,3	0,71 ± 0,02
Libna	Libna	89 ±	5	80	124	89 ±	4	80	115	89 ±	5	74	154	88 ±	6	73	120	83 ±	5	73	105	85 ±	6	72	118	87,5 ± 1,3	0,77 ± 0,01
Suha	Suha	69 ±	6	42	119	70 ±	6	40	129	68 ±	10	40	151	68 ±	7	52	118	68 ±	7	46	105	71 ±	7	45	114	67,5 ± 1,9	0,59 ± 0,02
Šostanj	Šoštanj	88 ±	11	67	189	88 ±	8	70	164	88 ±	17	68	306	84 ±	7	67	131	85 ±	8	69	138	87 ±	7	69	132	84,9 ± 2,3	0,74 ± 0,02
Gornji Lenart	Gor. Lenart	116 ±	9	99	171	116 ±	8	94	175	115 ±	10	98	222	112 ±	9	97	169	110 ±	8	95	163	112 ±	8	95	169	109,8 ± 2,2	0,96 ± 0,02
Krsko-NEK	Krško-NEK	86 ±	6	73	126	88 ±	6	77	122	88 ±	7	78	168	87 ±	7	76	134	87 ±	7	76	126	90 ±	8	77	139	86,1 ± 1,7	0,75 ± 0,02
Cerklje	Cerklje	92 ±	8	79	138	93 ±	7	76	133	89 ±	8	74	162	86 ±	8	71	157	85 ±	7	69	123	87 ±	10	64	142	86,6 ± 2,2	0,76 ± 0,02
Brnik	Brnik	114 ±	12	86	203	114 ±	10	90	195	112 ±	19	90	312	109 ±	10	89	181	109 ±	10	88	190	112 ±	8	92	162	110,1 ± 2,6	0,96 ± 0,02
Leskovec	Leskovec	87 ±	5	76	126	87 ±	5	76	116	86 ±	6	77	157	86 ±	6	76	127	85 ±	5	76	117	88 ±	6	73	123	84,9 ± 1,4	0,74 ± 0,01
Drnovo	Drnovo (aerosoli)	88 ±	8	78	140	89 ±	7	79	144	87 ±	9	78	202	86 ±	7	78	151	85 ±	7	76	141	87 ±	8	73	140	84,7 ± 1,9	0,74 ± 0,02
Spodnji Stari Grad	Sp. Stari Grad	102 ±	7	91	150	103 ±	6	93	144	101 ±	8	90	210	100 ±	8	90	159	99 ±	6	87	144	102 ±	7	89	147	98,8 ± 1,8	0,87 ± 0,02
Vihre	Vihre	99 ±	5	81	120	101 ±	6	86	123	101 ±	6	86	158	101 ±	6	87	130	101 ±	6	84	136	102 ±	6	86	130	98,6 ± 1,6	0,86 ± 0,01
Slovenj Gradec	Sl. Gradec	110 ±	13	80	274	112 ±	15	89	667	109 ±	15	63	264	107 ±	7	78	158	108 ±	8	81	163	110 ±	6	85	146	107,6 ± 2,3	0,94 ± 0,02
Rogla	Rogla	73 ±	8	44	172	73 ±	15	42	644	74 ±	13	52	212	74 ±	7	44	120	72 ±	8	47	134	70 ±	6	47	112	72,0 ± 2,1	0,63 ± 0,02
Celje	Celje	81 ±	9	52	168	82 ±	8	54	141	81 ±	12	51	207	79 ±	7	36	143	80 ±	7	52	130	82 ±	7	49	122	79,8 ± 2,2	0,70 ± 0,02
Kredarica	Kredarica	95 ±	16	13	447	92 ±	7	53	138	92 ±	8	58	143	95 ±	8	67	137	90 ±	8	56	126	87 ±	8	66	134	93,6 ± 2,2	0,82 ± 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.
Podatki o kontinuirnih meritvah hitrosti doze v okolici NEK, so poudarjene z zeleno barvo.

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	1,95E-07	1,90E-07	3,62E-07	3,19E-07	1,52E-07	4,55E-08	3,75E-08	5,67E-08	1,17E-07	2,36E-07	2,28E-07	1,02E-07	3,43E-07	4,39E-08
Februar	3,60E-07	3,85E-07	4,52E-07	2,04E-07	3,35E-07	4,92E-08	4,01E-08	6,15E-08	1,97E-07	4,99E-07	3,85E-07	1,88E-07	1,88E-07	8,50E-08
Marec	1,76E-07	1,61E-07	3,40E-07	2,74E-07	1,91E-07	7,74E-08	4,01E-08	6,52E-08	1,70E-07	2,71E-07	1,66E-07	8,87E-08	2,43E-07	2,56E-08
April	1,84E-07	1,64E-07	3,68E-07	3,10E-07	2,22E-07	8,10E-08	4,16E-08	7,49E-08	1,65E-07	2,38E-07	1,17E-07	1,06E-07	2,87E-07	1,83E-08
Maj	2,23E-07	2,18E-07	3,78E-07	3,03E-07	3,21E-07	9,62E-08	3,00E-08	4,44E-08	1,06E-07	3,06E-07	1,46E-07	1,39E-07	3,39E-07	2,45E-08
Junij	1,09E-06	1,19E-06	1,36E-06	2,82E-07	4,89E-07	1,21E-07	9,13E-08	1,17E-07	2,08E-07	5,35E-07	1,23E-07	1,06E-07	2,87E-07	2,41E-08
Julij	1,34E-06	1,10E-06	1,41E-06	4,00E-07	3,85E-07	1,39E-07	1,09E-07	1,42E-07	2,26E-07	2,61E-07	6,96E-08	9,48E-08	4,31E-07	1,28E-08
Avgust	1,13E-06	1,01E-06	1,31E-06	3,31E-07	4,97E-07	1,97E-07	1,03E-07	1,20E-07	3,15E-07	3,24E-07	1,32E-07	1,18E-07	3,09E-07	1,01E-08
September	8,46E-07	6,67E-07	1,15E-06	4,29E-07	4,71E-07	1,38E-07	5,55E-08	1,00E-07	2,09E-07	4,59E-07	2,53E-07	1,62E-07	3,84E-07	3,63E-08
Oktober	7,35E-07	6,08E-07	1,09E-06	5,82E-07	4,25E-07	7,97E-08	6,93E-08	9,02E-08	2,12E-07	3,75E-07	2,31E-07	2,56E-07	5,20E-07	1,23E-08
November	3,35E-07	3,07E-07	6,19E-07	4,99E-07	2,55E-07	9,94E-08	5,98E-08	7,18E-08	1,07E-07	2,38E-07	2,65E-07	1,77E-07	4,00E-07	4,49E-08
December	3,23E-07	3,13E-07	5,11E-07	4,44E-07	2,90E-07	1,17E-07	5,61E-08	6,26E-08	1,45E-07	4,40E-07	3,70E-07	2,15E-07	4,45E-07	2,56E-08

Depozicijski koeficienti

Lokacija	NEK - plant vent	NEK - ograja zahod	NEK - ograja vzhod	Spodnji Stari Grad	Vrbina	Brežice	Vihre	Mrtvice	Brege	Žadovinek	Leskovec	Krško - Stara vas	Pesje	Dobova
Mesec	Povprečni mesečni $(D/Q)/(s/m^2)$													
Januar	2,44E-06	1,33E-06	1,14E-06	2,11E-07	1,15E-07	1,80E-08	1,47E-08	1,90E-08	4,99E-08	2,14E-07	9,38E-08	4,42E-08	1,25E-07	2,09E-08
Februar	3,01E-06	2,91E-06	7,26E-07	1,22E-07	2,60E-07	1,62E-08	2,21E-08	2,97E-08	9,86E-08	4,62E-07	1,93E-07	9,45E-08	7,02E-08	4,42E-08
Marec	2,66E-06	1,54E-06	1,11E-06	1,91E-07	1,47E-07	2,64E-08	2,09E-08	2,63E-08	1,02E-07	2,18E-07	8,60E-08	5,57E-08	1,05E-07	1,62E-08
April	2,43E-06	1,08E-06	1,17E-06	2,29E-07	1,50E-07	2,55E-08	2,10E-08	2,59E-08	6,04E-08	1,53E-07	6,66E-08	5,90E-08	1,17E-07	1,01E-08
Maj	2,20E-06	1,01E-06	9,04E-07	1,47E-07	1,56E-07	2,29E-08	1,62E-08	2,07E-08	5,56E-08	1,45E-07	6,07E-08	7,07E-08	1,10E-07	1,37E-08
Junij	1,92E-06	1,07E-06	7,59E-07	1,06E-07	1,39E-07	3,12E-08	2,55E-08	3,05E-08	5,38E-08	1,61E-07	5,25E-08	5,35E-08	8,47E-08	1,45E-08
Julij	2,65E-06	8,27E-07	1,29E-06	1,96E-07	1,31E-07	4,21E-08	4,70E-08	5,41E-08	8,52E-08	1,13E-07	4,59E-08	4,79E-08	1,40E-07	8,87E-09
Avgust	2,67E-06	1,04E-06	1,15E-06	1,67E-07	1,86E-07	4,69E-08	4,42E-08	4,74E-08	8,84E-08	1,32E-07	6,22E-08	6,88E-08	1,16E-07	9,64E-09
September	3,20E-06	1,59E-06	1,31E-06	1,86E-07	2,06E-07	3,47E-08	2,67E-08	3,64E-08	9,20E-08	2,46E-07	9,90E-08	8,90E-08	1,19E-07	2,76E-08
Oktober	3,92E-06	1,74E-06	1,71E-06	2,94E-07	3,19E-07	2,88E-08	3,51E-08	4,42E-08	9,14E-08	2,10E-07	1,16E-07	1,17E-07	1,64E-07	1,18E-08
November	3,33E-06	1,66E-06	1,40E-06	2,83E-07	1,75E-07	3,33E-08	3,20E-08	3,48E-08	6,67E-08	2,44E-07	1,04E-07	7,35E-08	1,54E-07	1,89E-08
December	3,77E-06	1,82E-06	1,72E-06	2,72E-07	1,71E-07	3,79E-08	3,64E-08	4,77E-08	1,02E-07	3,02E-07	1,19E-07	6,98E-08	1,85E-07	1,73E-08

Koeficientov sevanja iz oblaka

Lokacija	NEK - plant vent	NEK - ograja zahod	NEK - ograja vzhod	Spodnji Stari Grad	Vrbina	Brežice	Vihre	Mrtvice	Brege	Žadovinek	Leskovec	Krško - Stara vas	Pesje	Dobova
Mesec	Povprečni mesečni (D/Q)/(s/m^2)													
Januar	2,00E-07	1,93E-07	3,65E-07	3,18E-07	1,52E-07	4,53E-08	3,74E-08	5,64E-08	1,17E-07	2,35E-07	2,27E-07	1,02E-07	3,41E-07	4,38E-08
Februar	3,65E-07	3,90E-07	4,53E-07	2,04E-07	3,35E-07	4,90E-08	4,01E-08	6,14E-08	1,96E-07	4,99E-07	3,84E-07	1,88E-07	1,87E-07	8,46E-08
Marec	1,82E-07	1,65E-07	3,43E-07	2,73E-07	1,91E-07	7,72E-08	4,01E-08	6,50E-08	1,69E-07	2,71E-07	1,66E-07	8,85E-08	2,42E-07	2,55E-08
April	1,91E-07	1,68E-07	3,72E-07	3,09E-07	2,22E-07	8,07E-08	4,15E-08	7,47E-08	1,64E-07	2,38E-07	1,17E-07	1,05E-07	2,86E-07	1,83E-08
Maj	2,30E-07	2,21E-07	3,81E-07	3,02E-07	3,20E-07	9,58E-08	3,00E-08	4,42E-08	1,06E-07	3,05E-07	1,45E-07	1,38E-07	3,38E-07	2,44E-08
Junij	1,10E-06	1,19E-06	1,36E-06	2,81E-07	4,87E-07	1,20E-07	9,10E-08	1,17E-07	2,08E-07	5,33E-07	1,22E-07	1,05E-07	2,86E-07	2,41E-08
Julij	1,35E-06	1,10E-06	1,41E-06	3,99E-07	3,83E-07	1,38E-07	1,09E-07	1,42E-07	2,25E-07	2,60E-07	6,94E-08	9,45E-08	4,29E-07	1,28E-08
Avgust	1,14E-06	1,01E-06	1,31E-06	3,30E-07	4,95E-07	1,97E-07	1,03E-07	1,20E-07	3,14E-07	3,23E-07	1,32E-07	1,18E-07	3,07E-07	1,01E-08
September	8,56E-07	6,71E-07	1,15E-06	4,28E-07	4,70E-07	1,38E-07	5,54E-08	9,97E-08	2,09E-07	4,57E-07	2,52E-07	1,61E-07	3,82E-07	3,62E-08
Oktober	7,42E-07	6,11E-07	1,09E-06	5,80E-07	4,24E-07	7,95E-08	6,91E-08	9,00E-08	2,11E-07	3,74E-07	2,30E-07	2,55E-07	5,18E-07	1,22E-08
November	3,41E-07	3,10E-07	6,20E-07	4,98E-07	2,55E-07	9,91E-08	5,96E-08	7,16E-08	1,07E-07	2,37E-07	2,64E-07	1,76E-07	3,99E-07	4,47E-08
December	3,30E-07	3,16E-07	5,14E-07	4,43E-07	2,89E-07	1,16E-07	5,60E-08	6,25E-08	1,45E-07	4,39E-07	3,69E-07	2,14E-07	4,44E-07	2,55E-08

9. ZEMLJA

LETO 2025 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.	28. 5. 2025							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzor. (kg/m²)	0,4	37,8	50,8	60,3	192,6	148,9	+ trava	341,6
Oznaka vzorca	K25ZN11T51	K25ZN11AB51	K25ZN11C51	K25ZN11D51	K25ZN11E51			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)							
U-238		8,5E+02 ± 2E+02	1,8E+03 ± 3E+02	1,8E+03 ± 2E+02	4,6E+03 ± 8E+02	4,4E+03 ± 4E+02	4,4E+03 ± 4E+02	9,0E+03 ± 9E+02
Ra-226	2,0E+00 ± 1E+00	1,5E+03 ± 1E+02	2,1E+03 ± 2E+02	2,5E+03 ± 2E+02	6,4E+03 ± 6E+02	6,1E+03 ± 3E+02	6,1E+03 ± 3E+02	1,3E+04 ± 7E+02
Pb-210	2,3E+01 ± 1E+00	3,5E+02 †	2,0E+03 ± 7E+02	3,0E+03 ± 2E+02	1,5E+03 †	5,4E+03 ± 7E+02 x	5,4E+03 ± 7E+02 x	7,0E+03 ± 7E+02 x
Ra-228	5,3E-01 ± 2E-01	1,1E+03 ± 4E+01	1,7E+03 ± 6E+01	2,0E+03 ± 7E+01	4,8E+03 ± 2E+02	4,7E+03 ± 1E+02	4,7E+03 ± 1E+02	9,5E+03 ± 2E+02
Th-228	1,5E-01 ± 8E-02	1,0E+03 ± 4E+01	1,5E+03 ± 5E+01	1,9E+03 ± 6E+01	4,8E+03 ± 2E+02	4,4E+03 ± 9E+01	4,4E+03 ± 9E+01	9,2E+03 ± 2E+02
Th-230				2,1E+03 ± 1E+03		2,1E+03 ± 1E+03	2,1E+03 ± 1E+03	2,1E+03 ± 1E+03
K-40	1,8E+02 ± 6E+00	1,3E+04 ± 5E+02	1,9E+04 ± 7E+02	2,2E+04 ± 8E+02	5,7E+04 ± 2E+03	5,5E+04 ± 1E+03	5,5E+04 ± 1E+03	1,1E+05 ± 2E+03
Be-7	1,0E+02 ± 4E+00						1,0E+02 ± 4E+00	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	2,5E-02 ± 6E-02 ‡	1,2E+03 ± 4E+01	1,9E+03 ± 7E+01	2,0E+03 ± 1E+02	7,6E+02 ± 5E+01	5,0E+03 ± 1E+02	5,0E+03 ± 1E+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	1,1E-01 ± 2E-02	2,6E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 3E+00	4,5E+01 ± 5E+00	8,7E+01 ± 1E+01	9,8E+01 ± 6E+00	9,8E+01 ± 6E+00	1,8E+02 ± 2E+01

Vzorč. mesto	Gmajnice						
Datum vzor.	28. 5. 2025						
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo povprečje	Uteženo povprečje
Kol vzorca (kg)	0,12	0,28	0,32	0,35	0,41	0-15	0-30
Kol. (kg/m²)	0,4	37,8	50,8	60,3	192,6		
Oznaka vzorca	K25ZN11T51	K25ZN11AB51	K25ZN11C51	K25ZN11D51	K25ZN11E51		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)						
U-238		2,3E+01 ± 5E+00	3,5E+01 ± 5E+00	2,9E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 4E+00	2,9E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 3E+00
Ra-226	4,6E+00 ± 2E+00	4,0E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 4E+00	4,1E+01 ± 4E+00	3,3E+01 ± 3E+00	4,1E+01 ± 2E+00	3,7E+01 ± 2E+00
Pb-210	5,1E+01 ± 3E+00	9,2E+00 †	4,0E+01 ± 1E+01	5,0E+01 ± 4E+00	8,0E+00 †	3,6E+01 ± 4E+01 x	2,0E+01 ± 2E+01 x
Ra-228	1,2E+00 ± 4E-01	2,9E+01 ± 1E+00	3,3E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 9E-01	3,2E+01 ± 7E-01	2,8E+01 ± 6E-01
Th-228	3,4E-01 ± 2E-01	2,7E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 9E-01	3,0E+01 ± 6E-01	2,7E+01 ± 6E-01
Th-230				3,4E+01 ± 2E+01		1,4E+01 ± 7E+00	6,1E+00 ± 3E+00
K-40	4,0E+02 ± 1E+01	3,4E+02 ± 1E+01	3,8E+02 ± 1E+01	3,7E+02 ± 1E+01	3,0E+02 ± 1E+01	3,7E+02 ± 8E+00	3,3E+02 ± 7E+00
Be-7	2,3E+02 ± 1E+01						
I-131							
Cs-134							
Cs-137	5,7E-02 ± 1E-01 ‡	3,1E+01 ± 1E+00	3,7E+01 ± 1E+00	3,3E+01 ± 2E+00	4,0E+00 ± 2E-01	3,4E+01 ± 9E-01	1,7E+01 ± 4E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	2,4E-01 ± 5E-02	6,9E-01 ± 7E-02	5,3E-01 ± 7E-02	7,4E-01 ± 8E-02	4,5E-01 ± 7E-02	6,6E-01 ± 4E-02	5,4E-01 ± 5E-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 2025 T – 57b

9. ZEMLJA - OBDELANA - poplavno področje ob Savi - 7D (rjava naplavina, normalno oranje)

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Gmajnice							
Datum vzor.	15. 10. 2025							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzor. (kg/m²)	0,2	41,1	54,4	64,3	194,3	159,9	+ trava	354,2
Oznaka vzorca	K25ZN11TA1	K25ZN11ABA1	K25ZN11CA1	K25ZN11DA1	K25ZN11EA1			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)							
U-238	1,9E-01 ± 1E-01	1,4E+03 ± 2E+02	9,6E+02 ± 4E+02	2,1E+03 ± 2E+02	5,4E+03 ± 5E+02	4,5E+03 ± 5E+02	4,5E+03 ± 5E+02	9,9E+03 ± 7E+02
Ra-226	1,3E+00 ± 4E-01	1,7E+03 ± 2E+02	2,0E+03 ± 2E+02	2,3E+03 ± 4E+02	7,2E+03 ± 7E+02	6,1E+03 ± 5E+02	6,1E+03 ± 5E+02	1,3E+04 ± 8E+02
Pb-210	1,8E+01 ± 1E+00	1,8E+03 ± 5E+02	2,9E+02 †	3,0E+03 ± 3E+02	5,0E+03 ± 4E+02	5,0E+03 ± 6E+02 x	5,1E+03 ± 6E+02 x	1,0E+04 ± 8E+02 x
Ra-228	5,9E-01 ± 7E-02	1,2E+03 ± 4E+01	1,2E+03 ± 2E+02	2,0E+03 ± 8E+01	5,2E+03 ± 2E+02	4,4E+03 ± 2E+02	4,4E+03 ± 2E+02	9,5E+03 ± 2E+02
Th-228	3,0E-01 ± 3E-02	1,1E+03 ± 4E+01	1,5E+03 ± 8E+01	1,9E+03 ± 7E+01	5,2E+03 ± 2E+02	4,6E+03 ± 1E+02	4,6E+03 ± 1E+02	9,8E+03 ± 2E+02
Th-230				2,3E+03 ± 2E+03	7,2E+03 ± 3E+03	2,3E+03 ± 2E+03	2,3E+03 ± 2E+03	9,5E+03 ± 3E+03
K-40	8,2E+01 ± 4E+00	1,6E+04 ± 6E+02	2,0E+04 ± 8E+02	2,4E+04 ± 9E+02	6,1E+04 ± 2E+03	6,0E+04 ± 1E+03	6,0E+04 ± 1E+03	1,2E+05 ± 3E+03
Be-7	9,1E+01 ± 6E+00	3,0E+02 ± 4E+01				3,0E+02 ± 4E+01	3,9E+02 ± 4E+01	3,0E+02 ± 4E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	3,2E-01 ± 3E-02	1,4E+03 ± 5E+01	1,9E+03 ± 2E+02	2,1E+03 ± 8E+01	1,9E+03 ± 7E+01	5,4E+03 ± 2E+02	5,4E+03 ± 2E+02	7,3E+03 ± 2E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	1,1E-01 ± 1E-02	3,9E+01 ± 5E+00	4,0E+01 ± 5E+00	3,7E+01 ± 4E+00	8,0E+01 ± 1E+01	1,2E+02 ± 8E+00	1,2E+02 ± 8E+00	2,0E+02 ± 2E+01

Vzorč. mesto	Gmajnice						
Datum vzor.	15. 10. 2025						
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo povprečje	Uteženo povprečje
Kol vzorca (kg)	0,15	0,35	0,37	0,42	0,42	0-15	0-30
Kol. (kg/m²)	0,2	41,1	54,4	64,3	194,3		
Oznaka vzorca	K25ZN11TA1	K25ZN11ABA1	K25ZN11CA1	K25ZN11DA1	K25ZN11EA1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)						
U-238	7,8E-01 ± 6E-01	3,4E+01 ± 4E+00	1,8E+01 ± 7E+00	3,3E+01 ± 4E+00	2,8E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 3E+00	2,8E+01 ± 2E+00
Ra-226	5,5E+00 ± 1E+00	4,2E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 4E+00	3,6E+01 ± 6E+00	3,7E+01 ± 4E+00	3,8E+01 ± 3E+00	3,8E+01 ± 2E+00
Pb-210	7,4E+01 ± 4E+00	4,3E+01 ± 1E+01	5,4E+00 †	4,6E+01 ± 4E+00	2,6E+01 ± 2E+00	3,2E+01 ± 3E+01 x	2,8E+01 ± 3E+01 x
Ra-228	2,4E+00 ± 3E-01	2,9E+01 ± 9E-01	2,2E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 1E+00	2,7E+01 ± 8E-01	2,7E+01 ± 1E+00	2,7E+01 ± 7E-01
Th-228	1,2E+00 ± 1E-01	2,8E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 1E+00	2,7E+01 ± 8E-01	2,9E+01 ± 7E-01	2,8E+01 ± 5E-01
Th-230				3,6E+01 ± 3E+01	3,7E+01 ± 1E+01	1,4E+01 ± 1E+01	2,7E+01 ± 9E+00
K-40	3,3E+02 ± 2E+01	3,8E+02 ± 1E+01	3,8E+02 ± 1E+01	3,7E+02 ± 1E+01	3,1E+02 ± 1E+01	3,7E+02 ± 8E+00	3,4E+02 ± 7E+00
Be-7	3,7E+02 ± 2E+01	7,3E+00 ± 1E+00				1,9E+00 ± 3E-01	8,4E-01 ± 1E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,3E+00 ± 1E-01	3,3E+01 ± 1E+00	3,5E+01 ± 3E+00	3,3E+01 ± 1E+00	9,6E+00 ± 4E-01	3,4E+01 ± 1E+00	2,1E+01 ± 6E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	4,6E-01 ± 5E-02	9,5E-01 ± 1E-01	7,4E-01 ± 9E-02	5,7E-01 ± 6E-02	4,1E-01 ± 7E-02	7,3E-01 ± 5E-02	5,5E-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.
(†) 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 2025 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.	28. 5. 2025							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzor. (kg/m²)	0,3	51,9	65,8	34,7	212,8	152,3	+ trava	365,1
Oznaka vzorca	K25ZN2T51	K25ZN2AB51	K25ZN2C51	K25ZN2D51	K25ZN2E51			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)							
U-238	9,1E-01 ± 2E+00 ‡	1,6E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 2E+02	7,0E+02 ± 1E+02	5,9E+03 ± 8E+02	3,8E+03 ± 3E+02	3,8E+03 ± 3E+02	9,7E+03 ± 9E+02
Ra-226	3,2E-01 ± 5E-01 ‡	1,9E+03 ± 2E+02	2,1E+03 ± 2E+02	1,0E+03 ± 1E+02	6,9E+03 ± 7E+02	5,0E+03 ± 3E+02	5,0E+03 ± 3E+02	1,2E+04 ± 7E+02
Pb-210	4,7E+00 ± 1E+00	3,2E+03 ± 2E+02	3,5E+03 ± 3E+02	2,9E+02 †	8,9E+02 ± 4E+03 ‡	7,0E+03 ± 4E+02 x	7,0E+03 ± 4E+02 x	7,9E+03 ± 4E+03 x
Ra-228	2,5E-01 ± 2E-01 ‡	1,5E+03 ± 5E+01	1,7E+03 ± 6E+01	7,2E+02 ± 3E+01	5,6E+03 ± 2E+02	4,0E+03 ± 9E+01	4,0E+03 ± 9E+01	9,5E+03 ± 3E+02
Th-228	1,0E-01 ± 1E-01 ‡	1,4E+03 ± 5E+01	1,6E+03 ± 7E+01	7,4E+02 ± 2E+01	5,4E+03 ± 2E+02	3,8E+03 ± 8E+01	3,8E+03 ± 8E+01	9,2E+03 ± 2E+02
Th-230		1,1E+03 ± 1E+03 ‡				1,1E+03 ± 1E+03	1,1E+03 ± 1E+03	1,1E+03 ± 1E+03
K-40	1,9E+02 ± 6E+00	1,9E+04 ± 7E+02	2,2E+04 ± 9E+02	9,7E+03 ± 4E+02	7,1E+04 ± 3E+03	5,1E+04 ± 1E+03	5,1E+04 ± 1E+03	1,2E+05 ± 3E+03
Be-7	4,5E+01 ± 2E+00	2,3E+02 ± 5E+01	2,6E+01 ± 9E+01 ‡			2,6E+02 ± 1E+02	3,0E+02 ± 1E+02	2,6E+02 ± 1E+02
I-131								
Cs-134								
Cs-137		2,6E+02 ± 2E+01	1,7E+02 ± 2E+01	4,8E+01 ± 4E+00	6,6E+02 ± 7E+01	4,8E+02 ± 2E+01	4,8E+02 ± 2E+01	1,1E+03 ± 8E+01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	----------	2,1E+01 ± 3E+00	1,1E+01 ± 3E+00	6,1E+00 ± 2E+00	6,0E+01 ± 1E+01	3,8E+01 ± 5E+00	3,8E+01 ± 5E+00	9,8E+01 ± 1E+01

Vzorč. mesto	Kusova Vrbina						
Datum vzor.	28. 5. 2025						
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo	Uteženo
Kol vzorca (kg)	0,09	0,36	0,37	0,38	0,35	povprečje	povprečje
Kol. (kg/m²)	0,3	51,9	65,8	34,7	212,8	0-15	0-30
Oznaka vzorca	K25ZN2T51	K25ZN2AB51	K25ZN2C51	K25ZN2D51	K25ZN2E51		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)						
U-238	3,6E+00 ± 6E+00 ‡	3,0E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,0E+01 ± 4E+00	2,8E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 2E+00	2,7E+01 ± 2E+00
Ra-226	1,3E+00 ± 2E+00 ‡	3,7E+01 ± 4E+00	3,2E+01 ± 3E+00	2,9E+01 ± 3E+00	3,2E+01 ± 3E+00	3,3E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 2E+00
Pb-210	1,8E+01 ± 5E+00	6,2E+01 ± 4E+00	5,3E+01 ± 4E+00	8,3E+00 †	4,2E+00 ± 2E+01 ‡	4,6E+01 ± 5E+01 x	2,2E+01 ± 2E+01 x
Ra-228	9,6E-01 ± 9E-01 ‡	3,0E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 1E+00	2,1E+01 ± 8E-01	2,6E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 6E-01	2,6E+01 ± 7E-01
Th-228	4,1E-01 ± 4E-01 ‡	2,8E+01 ± 9E-01	2,5E+01 ± 1E+00	2,1E+01 ± 7E-01	2,5E+01 ± 8E-01	2,5E+01 ± 6E-01	2,5E+01 ± 5E-01
Th-230		2,1E+01 ± 2E+01 ‡				7,2E+00 ± 7E+00	3,0E+00 ± 3E+00
K-40	7,3E+02 ± 2E+01	3,7E+02 ± 1E+01	3,4E+02 ± 1E+01	2,8E+02 ± 1E+01	3,3E+02 ± 1E+01	3,4E+02 ± 8E+00	3,3E+02 ± 8E+00
Be-7	1,8E+02 ± 9E+00	4,5E+00 ± 1E+00	3,9E-01 ± 1E+00 ‡			1,7E+00 ± 7E-01	7,1E-01 ± 3E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137		4,9E+00 ± 3E-01	2,6E+00 ± 2E-01	1,4E+00 ± 1E-01	3,1E+00 ± 3E-01	3,1E+00 ± 2E-01	3,1E+00 ± 2E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	----------	4,1E-01 ± 7E-02	1,7E-01 ± 5E-02	1,8E-01 ± 5E-02	2,8E-01 ± 7E-02	2,5E-01 ± 3E-02	2,7E-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.
(†) 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 2025 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.	15. 10. 2025							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzor. (kg/m²)	0,1	48,5	61,1	69,8	200,1	179,3	+ trava	379,4
Oznaka vzorca	K25ZN2TA1	K25ZN2ABA1	K25ZN2CA1	K25ZN2DA1	K25ZN2EA1			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)							
U-238	6,0E-01 ± 2E-01	1,5E+03 ± 2E+02	1,2E+03 ± 2E+02	1,7E+03 ± 3E+02	4,1E+03 ± 5E+02	4,4E+03 ± 4E+02	4,4E+03 ± 4E+02	8,5E+03 ± 7E+02
Ra-226	6,9E-01 ± 3E-01	2,1E+03 ± 2E+02	2,2E+03 ± 2E+02	2,2E+03 ± 2E+02	6,4E+03 ± 6E+02	6,5E+03 ± 4E+02	6,5E+03 ± 4E+02	1,3E+04 ± 7E+02
Pb-210	5,8E+00 ± 4E-01	2,7E+03 ± 2E+02	1,3E+03 ± 9E+02	3,2E+02 †	3,7E+03 ± 5E+02	4,3E+03 ± 9E+02 x	4,3E+03 ± 9E+02 x	8,1E+03 ± 1E+03 x
Ra-228	2,2E-01 ± 5E-02	1,5E+03 ± 5E+01	1,6E+03 ± 6E+01	1,5E+03 ± 6E+01	4,4E+03 ± 2E+02	4,6E+03 ± 1E+02	4,6E+03 ± 1E+02	8,9E+03 ± 2E+02
Th-228	2,2E-01 ± 2E-02	1,5E+03 ± 5E+01	1,5E+03 ± 5E+01	1,5E+03 ± 5E+01	4,5E+03 ± 1E+02	4,5E+03 ± 9E+01	4,5E+03 ± 9E+01	8,9E+03 ± 2E+02
Th-230								
K-40	5,2E+01 ± 2E+00	1,9E+04 ± 7E+02	2,1E+04 ± 8E+02	2,1E+04 ± 8E+02	5,9E+04 ± 2E+03	6,1E+04 ± 1E+03	6,1E+04 ± 1E+03	1,2E+05 ± 3E+03
Be-7	3,0E+01 ± 1E+00	3,2E+02 ± 7E+01				3,2E+02 ± 7E+01	3,5E+02 ± 7E+01	3,2E+02 ± 7E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	3,9E-02 ± 2E-02	1,9E+02 ± 1E+01	1,5E+02 ± 2E+01	7,6E+01 ± 2E+01	1,8E+02 ± 4E+01	4,2E+02 ± 3E+01	4,2E+02 ± 3E+01	6,0E+02 ± 5E+01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	----------	1,7E+01 ± 5E+00	1,7E+01 ± 4E+00	2,8E+00 †	3,4E+01 ± 1E+01	3,7E+01 ± 6E+00 x	3,7E+01 ± 6E+00 x	7,1E+01 ± 1E+01 x

Vzorč. mesto	Kusova Vrbina						
Datum vzor.	15. 10. 2025						
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo	Uteženo
Kol vzorca (kg)	0,14	0,40	0,44	0,44	0,43	povprečje	povprečje
Kol. (kg/m²)	0,1	48,5	61,1	69,8	200,1	0-15	0-30
Oznaka vzorca	K25ZN2TA1	K25ZN2ABA1	K25ZN2CA1	K25ZN2DA1	K25ZN2EA1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)						
U-238	7,3E+00 ± 2E+00	3,1E+01 ± 3E+00	1,9E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 4E+00	2,0E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 2E+00	2,2E+01 ± 2E+00
Ra-226	8,3E+00 ± 4E+00	4,3E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 3E+00	3,2E+01 ± 3E+00	3,6E+01 ± 2E+00	3,4E+01 ± 2E+00
Pb-210	7,0E+01 ± 5E+00	5,5E+01 ± 4E+00	2,2E+01 ± 1E+01	4,6E+00 †	1,9E+01 ± 2E+00	2,4E+01 ± 5E+00	2,1E+01 ± 3E+00
Ra-228	2,7E+00 ± 6E-01	3,1E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 9E-01	2,1E+01 ± 9E-01	2,2E+01 ± 8E-01	2,5E+01 ± 5E-01	2,4E+01 ± 5E-01
Th-228	2,6E+00 ± 3E-01	3,1E+01 ± 1E+00	2,4E+01 ± 8E-01	2,1E+01 ± 7E-01	2,2E+01 ± 7E-01	2,5E+01 ± 5E-01	2,4E+01 ± 5E-01
Th-230							
K-40	6,2E+02 ± 2E+01	3,9E+02 ± 1E+01	3,4E+02 ± 1E+01	3,0E+02 ± 1E+01	3,0E+02 ± 1E+01	3,4E+02 ± 7E+00	3,2E+02 ± 7E+00
Be-7	3,6E+02 ± 1E+01	6,6E+00 ± 1E+00				1,8E+00 ± 4E-01	8,4E-01 ± 2E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	4,7E-01 ± 2E-01	3,9E+00 ± 2E-01	2,5E+00 ± 4E-01	1,1E+00 ± 3E-01	8,9E-01 ± 2E-01	2,3E+00 ± 2E-01	1,6E+00 ± 1E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	----------	3,6E-01 ± 1E-01	2,8E-01 ± 6E-02	4,0E-02 †	1,7E-01 ± 5E-02	2,1E-01 ± 2E-01 x	1,9E-01 ± 2E-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 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 2025 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.	28. 5. 2025							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzor. (kg/m²)	0,3	58,9	71,9	74,6	244,0	205,4	+ trava	449,4
Oznaka vzorca	K25ZN3T51	K25ZN3AB51	K25ZN3C51	K25ZN3D51	K25ZN3E51			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)							
U-238	1,8E+00 ± 1E+00	1,5E+03 ± 1E+02	1,9E+03 ± 4E+02	2,7E+03 ± 4E+02	9,1E+03 ± 2E+03	6,1E+03 ± 5E+02	6,1E+03 ± 5E+02	1,5E+04 ± 2E+03
Ra-226	1,6E+00 ± 1E+00	2,3E+03 ± 2E+02	2,9E+03 ± 3E+02	3,2E+03 ± 3E+02	9,0E+03 ± 9E+02	8,4E+03 ± 5E+02	8,4E+03 ± 5E+02	1,7E+04 ± 1E+03
Pb-210	6,7E+00 ± 2E+00	4,7E+03 ± 4E+02	4,6E+03 ± 1E+03	4,0E+02 †	2,2E+03 †	9,7E+03 ± 1E+03 x	9,7E+03 ± 1E+03 x	1,2E+04 ± 1E+03 x
Ra-228	5,1E-01 ± 3E-01	1,9E+03 ± 8E+01	2,4E+03 ± 9E+01	2,4E+03 ± 1E+02	6,8E+03 ± 3E+02	6,7E+03 ± 2E+02	6,7E+03 ± 2E+02	1,3E+04 ± 3E+02
Th-228	7,9E-01 ± 1E-01	1,9E+03 ± 7E+01	2,3E+03 ± 8E+01	2,2E+03 ± 8E+01	6,8E+03 ± 3E+02	6,5E+03 ± 1E+02	6,5E+03 ± 1E+02	1,3E+04 ± 3E+02
Th-230		2,3E+03 ± 1E+03				2,3E+03 ± 1E+03	2,3E+03 ± 1E+03	2,3E+03 ± 1E+03
K-40	2,3E+02 ± 8E+00	2,4E+04 ± 1E+03	2,9E+04 ± 1E+03	2,9E+04 ± 1E+03	8,5E+04 ± 3E+03	8,2E+04 ± 2E+03	8,2E+04 ± 2E+03	1,7E+05 ± 4E+03
Be-7	6,0E+01 ± 3E+00	2,4E+02 ± 8E+01				2,4E+02 ± 8E+01	3,0E+02 ± 8E+01	2,4E+02 ± 8E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,8E-01 ± 7E-02	8,0E+02 ± 4E+01	1,2E+03 ± 7E+01	1,6E+03 ± 1E+02	3,4E+03 ± 1E+02	3,6E+03 ± 2E+02	3,6E+03 ± 2E+02	6,9E+03 ± 2E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	----------	2,9E+01 ± 4E+00	3,2E+01 ± 5E+00	4,2E+01 ± 4E+00	1,4E+02 ± 2E+01	1,0E+02 ± 8E+00	1,0E+02 ± 8E+00	2,5E+02 ± 2E+01

Vzorč. mesto	Amerika						
Datum vzor.	28. 5. 2025						
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo povprečje	Uteženo povprečje
Kol vzorca (kg)	0,11	0,33	0,38	0,34	0,36		
Kol. (kg/m²)	0,3	58,9	71,9	74,6	244,0	0-15	0-30
Oznaka vzorca	K25ZN3T51	K25ZN3AB51	K25ZN3C51	K25ZN3D51	K25ZN3E51		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)						
U-238	5,3E+00 ± 3E+00	2,6E+01 ± 2E+00	2,7E+01 ± 5E+00	3,6E+01 ± 5E+00	3,7E+01 ± 6E+00	3,0E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 4E+00
Ra-226	4,6E+00 ± 3E+00	3,9E+01 ± 4E+00	4,0E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 4E+00	4,1E+01 ± 2E+00	3,9E+01 ± 2E+00
Pb-210	2,0E+01 ± 5E+00	7,9E+01 †	6,4E+01 †	5,4E+00 †	9,1E+00 †	4,7E+01 ± 5E+01 x	2,6E+01 ± 3E+01 x
Ra-228	1,5E+00 ± 8E-01	3,3E+01 ± 1E+00	3,3E+01 ± 1E+00	3,3E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 1E+00	3,3E+01 ± 7E-01	3,0E+01 ± 7E-01
Th-228	2,3E+00 ± 4E-01	3,3E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 7E-01	3,0E+01 ± 7E-01
Th-230		3,9E+01 ± 2E+01				1,1E+01 ± 7E+00	5,1E+00 ± 3E+00
K-40	6,8E+02 ± 2E+01	4,1E+02 ± 2E+01	4,0E+02 ± 1E+01	3,9E+02 ± 1E+01	3,5E+02 ± 1E+01	4,0E+02 ± 9E+00	3,7E+02 ± 8E+00
Be-7	1,7E+02 ± 8E+00	4,0E+00 ± 1E+00				1,2E+00 ± 4E-01	5,3E-01 ± 2E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	5,4E-01 ± 2E-01	1,4E+01 ± 8E-01	1,7E+01 ± 9E-01	2,1E+01 ± 2E+00	1,4E+01 ± 5E-01	1,7E+01 ± 7E-01	1,5E+01 ± 4E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	----------	4,9E-01 ± 6E-02	4,5E-01 ± 7E-02	5,6E-01 ± 6E-02	5,9E-01 ± 9E-02	5,0E-01 ± 4E-02	5,5E-01 ± 5E-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 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 2025 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.	15. 10. 2025							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzor. (kg/m²)	0,1	49,6	64,9	66,6	234,5	181,1	+ trava	415,6
Oznaka vzorca	K25ZN3TA1	K25ZN3ABA1	K25ZN3CA1	K25ZN3DA1	K25ZN3EA1			
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m²)							
U-238	9,9E-02 ± 9E-02 ‡	1,7E+03 ± 1E+02	2,3E+03 ± 2E+02	2,3E+03 ± 2E+02	7,5E+03 ± 6E+02	6,2E+03 ± 3E+02	6,2E+03 ± 3E+02	1,4E+04 ± 6E+02
Ra-226	2,5E-01 ± 2E-01	2,4E+03 ± 2E+02	3,1E+03 ± 3E+02	3,5E+03 ± 3E+02	1,1E+04 ± 1E+03	9,0E+03 ± 5E+02	9,0E+03 ± 5E+02	2,0E+04 ± 1E+03
Pb-210	6,8E+00 ± 4E-01	3,7E+03 ± 2E+02	3,4E+03 ± 2E+02	2,8E+03 ± 2E+02	8,2E+03 ± 6E+02	9,9E+03 ± 4E+02	9,9E+03 ± 4E+02	1,8E+04 ± 7E+02
Ra-228	2,1E-01 ± 4E-02	1,8E+03 ± 7E+01	2,2E+03 ± 7E+01	2,4E+03 ± 7E+01	7,8E+03 ± 2E+02	6,4E+03 ± 1E+02	6,4E+03 ± 1E+02	1,4E+04 ± 2E+02
Th-228	1,8E-01 ± 2E-02	1,8E+03 ± 8E+01	2,3E+03 ± 7E+01	2,4E+03 ± 7E+01	8,4E+03 ± 2E+02	6,5E+03 ± 1E+02	6,5E+03 ± 1E+02	1,5E+04 ± 3E+02
Th-230		1,6E+03 ± 6E+02	1,2E+03 ± 1E+03 ‡			2,8E+03 ± 1E+03	2,8E+03 ± 1E+03	2,8E+03 ± 1E+03
K-40	7,0E+01 ± 2E+00	2,2E+04 ± 1E+03	2,8E+04 ± 1E+03	3,0E+04 ± 1E+03	1,0E+05 ± 3E+03	8,0E+04 ± 2E+03	8,0E+04 ± 2E+03	1,8E+05 ± 4E+03
Be-7	4,8E+01 ± 2E+00	3,8E+02 ± 5E+01				3,8E+02 ± 5E+01	4,3E+02 ± 5E+01	3,8E+02 ± 5E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	6,4E-02 ± 1E-02	7,1E+02 ± 5E+01	9,3E+02 ± 6E+01	1,1E+03 ± 8E+01	4,0E+03 ± 2E+02	2,7E+03 ± 1E+02	2,7E+03 ± 1E+02	6,7E+03 ± 2E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	----------	3,0E+01 ± 3E+00	3,8E+01 ± 5E+00	5,1E+01 ± 5E+00	2,3E+02 ± 3E+01	1,2E+02 ± 8E+00	1,2E+02 ± 8E+00	3,4E+02 ± 3E+01

Vzorč. mesto	Amerika						
Datum vzor.	15. 10. 2025						
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo	Uteženo
Kol vzorca (kg)	0,14	0,36	0,39	0,42	0,45	povprečje	povprečje
Kol. (kg/m²)	0,1	49,6	64,9	66,6	234,5	0-15	0-30
Oznaka vzorca	K25ZN3TA1	K25ZN3ABA1	K25ZN3CA1	K25ZN3DA1	K25ZN3EA1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)						
U-238	1,1E+00 ± 1E+00 ‡	3,4E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 3E+00	3,2E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 2E+00
Ra-226	2,7E+00 ± 2E+00	4,8E+01 ± 5E+00	4,8E+01 ± 4E+00	5,3E+01 ± 5E+00	4,6E+01 ± 5E+00	5,0E+01 ± 3E+00	4,8E+01 ± 3E+00
Pb-210	7,4E+01 ± 4E+00	7,4E+01 ± 5E+00	5,2E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 3E+00	3,5E+01 ± 3E+00	5,5E+01 ± 2E+00	4,3E+01 ± 2E+00
Ra-228	2,2E+00 ± 4E-01	3,6E+01 ± 1E+00	3,5E+01 ± 1E+00	3,5E+01 ± 1E+00	3,3E+01 ± 9E-01	3,5E+01 ± 7E-01	3,4E+01 ± 6E-01
Th-228	1,9E+00 ± 2E-01	3,6E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 1E+00	3,6E+01 ± 1E+00	3,6E+01 ± 1E+00	3,6E+01 ± 7E-01	3,6E+01 ± 6E-01
Th-230		3,2E+01 ± 1E+01	1,9E+01 ± 2E+01 ‡			1,5E+01 ± 7E+00	6,7E+00 ± 3E+00
K-40	7,6E+02 ± 3E+01	4,5E+02 ± 2E+01	4,3E+02 ± 2E+01	4,4E+02 ± 2E+01	4,3E+02 ± 1E+01	4,4E+02 ± 1E+01	4,3E+02 ± 9E+00
Be-7	5,2E+02 ± 2E+01	7,7E+00 ± 1E+00				2,1E+00 ± 3E-01	9,2E-01 ± 1E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	6,9E-01 ± 1E-01	1,4E+01 ± 9E-01	1,4E+01 ± 9E-01	1,6E+01 ± 1E+00	1,7E+01 ± 8E-01	1,5E+01 ± 6E-01	1,6E+01 ± 5E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	----------	6,1E-01 ± 6E-02	5,9E-01 ± 8E-02	7,6E-01 ± 8E-02	9,6E-01 ± 1E-01	6,6E-01 ± 4E-02	8,3E-01 ± 8E-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 2025 T - 61a
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)	5,4	5,4	5,5	6,2	5,3	5,6	
Oznaka vzorca	MLPE0125	MLPE0225	MLPE0325	MLPE0425	MLPE0525	MLPE0625	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)						
U-238							
Ra-226	5,3E-02 ± 1E-02	6,7E-01 ± 2E-01		8,0E-02 ± 5E-02	2,6E-02 ± 2E-02 ‡	1,2E-02 ± 1E-02	1,4E-01 ± 4E-02
Pb-210	1,0E-01 ± 8E-02	1,7E-01 ± 7E-02	1,5E-01 ± 6E-02	2,0E-01 ± 8E-02	2,0E-01 ± 8E-02	1,7E-01 ± 7E-02	1,7E-01 ± 3E-02
Ra-228	1,1E-01 ± 3E-02		1,7E-02 ± 1E-02 ‡			5,6E-02 ± 4E-02	3,1E-02 ± 8E-03
Th-228	5,6E-02 ± 2E-02		3,6E-02 ± 1E-02		1,0E-01 ± 9E-02 ‡	6,3E-02 ± 2E-02	4,2E-02 ± 2E-02
Th-230							
K-40	4,9E+01 ± 3E+00	4,8E+01 ± 3E+00	4,9E+01 ± 2E+00	4,9E+01 ± 2E+00	5,0E+01 ± 2E+00	4,9E+01 ± 3E+00	4,9E+01 ± 1E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,6E-02 ± 5E-03	1,7E-02 ± 7E-03	3,9E-02 ± 4E-03	3,8E-02 ± 5E-03	3,4E-02 ± 6E-03	2,8E-02 ± 6E-03	2,9E-02 ± 2E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	3,2E-03 ± 2E-03	7,9E-03 ± 3E-03	4,2E-03 ± 3E-03	2,7E-02 ± 4E-03	1,4E-02 ± 3E-03	1,3E-02 ± 3E-03	1,1E-02 ± 1E-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 2025 T - 61b
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)	5,3	5,4	5,3	5,3	5,0	5,0	
Oznaka vzorca	MLPE0725	MLPE0825	MLPE0925	MLPE1025	MLPE1125	MLPE1225	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)						
U-238					8,2E-02 ± 5E-02	1,9E-01 ± 1E-01	2,3E-02 ± 1E-02
Ra-226	3,6E-02 ± 1E-02	1,9E-02 ± 8E-03	9,0E-03 ± 7E-03	9,0E-03 ± 8E-03 ‡			7,6E-02 ± 2E-02
Pb-210	1,2E-01 ± 5E-02	2,0E-01 ± 8E-02	1,5E-01 ± 6E-02	1,1E-01 ± 6E-02	1,2E-01 ± 5E-02	2,0E-01 ± 8E-02	1,6E-01 ± 2E-02
Ra-228	1,6E-02 ± 1E-02 ‡						1,7E-02 ± 4E-03
Th-228	2,3E-02 ± 1E-02	3,5E-02 ± 2E-02					2,6E-02 ± 8E-03
Th-230							
K-40	5,1E+01 ± 3E+00	4,6E+01 ± 2E+00	4,5E+01 ± 5E+00	4,9E+01 ± 5E+00	4,6E+01 ± 3E+00	7,0E+01 ± 7E+00	5,0E+01 ± 1E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	3,0E-02 ± 3E-03	2,3E-02 ± 9E-03	1,5E-02 ± 5E-03	2,1E-02 ± 5E-03	2,0E-02 ± 4E-03	3,5E-02 ± 1E-02	2,6E-02 ± 2E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	7,8E-03 ± 3E-03	7,0E-03 ± 3E-03	5,8E-03 ± 3E-03	9,8E-03 ± 3E-03	5,5E-03 ± 2E-03	1,2E-02 ± 4E-03	9,7E-03 ± 9E-04

(*) 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 2025 T - 62a
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Velika vas pri Kršem						
Datum vzor.	januar	februar	marec	april	maj	junij	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (kg)	5,1	5,3	5,5	6,1	6,0	4,9	
Oznaka vzorca	MLVV0125	MLVV0225	MLVV0325	MLVV0425	MLVV0525	MLVV0625	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)						
U-238							
Ra-226	3,4E-02 ± 9E-03		1,8E-02 ± 6E-03	4,6E-02 ± 1E-02	2,3E-02 ± 2E-02 ‡	4,5E-02 ± 1E-02	2,8E-02 ± 5E-03
Pb-210	1,8E-01 ± 7E-02	1,9E-01 ± 8E-02	1,2E-01 ± 5E-02	1,1E-01 ± 8E-02		2,6E-01 ± 1E-01	1,4E-01 ± 3E-02
Ra-228	9,5E-02 ± 4E-02	2,7E-02 ± 2E-02 ‡	2,7E-02 ± 2E-02				2,5E-02 ± 8E-03
Th-228	5,9E-02 ± 2E-02	1,9E-02 ± 2E-02 ‡		2,8E-02 ± 2E-02		3,0E-02 ± 3E-02	2,3E-02 ± 7E-03
Th-230							
K-40	4,8E+01 ± 3E+00	5,1E+01 ± 3E+00	4,8E+01 ± 3E+00	5,2E+01 ± 2E+00	5,6E+01 ± 3E+00	5,9E+01 ± 3E+00	5,2E+01 ± 1E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,7E-02 ± 5E-03	2,4E-02 ± 1E-02	1,6E-02 ± 4E-03	1,6E-02 ± 4E-03	3,4E-02 ± 1E-02	3,2E-02 ± 1E-02	2,3E-02 ± 4E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	1,6E-03 ± 7E-04	2,2E-03 ± 9E-04	1,8E-03 ± 7E-04	1,6E-03 ± 6E-04	1,3E-02 ± 4E-03	1,7E-03 ± 7E-04	3,6E-03 ± 7E-04

(*) 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 2025 T - 62b
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Velika vas pri Kršem						
Datum vzor.	julij	avgust	september	oktober	november	december	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (kg)	5,4	6,0	5,4	6,1	5,4	6,0	
Oznaka vzorca	MLVV0725	MLVV0825	MLVV0925	MLVV1025	MLVV1125	MLVV1225	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)						
U-238		1,3E-01 ± 8E-02			1,0E-01 ± 6E-02	1,2E-01 ± 7E-02	2,9E-02 ± 1E-02
Ra-226	3,0E-02 ± 6E-03		2,4E-02 ± 8E-03				1,8E-02 ± 3E-03
Pb-210	1,2E-01 ± 5E-02	2,1E-01 ± 9E-02	8,8E-02 ± 7E-02	1,4E-01 ± 6E-02	1,3E-01 ± 5E-02	1,4E-01 ± 8E-02	1,4E-01 ± 2E-02
Ra-228	1,6E-02 ± 1E-02 ‡			1,2E-02 ± 1E-02 ‡	7,1E-02 ± 2E-02		2,1E-02 ± 5E-03
Th-228	2,1E-02 ± 1E-02					3,8E-02 ± 1E-02	1,6E-02 ± 4E-03
Th-230							
K-40	5,5E+01 ± 3E+00	4,6E+01 ± 2E+00	5,2E+01 ± 5E+00	5,2E+01 ± 5E+00	4,5E+01 ± 3E+00	5,0E+01 ± 5E+00	5,1E+01 ± 1E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,4E-02 ± 6E-03	2,4E-02 ± 1E-02	1,4E-02 ± 6E-03	1,3E-02 ± 3E-03	1,1E-02 ± 5E-03	1,6E-02 ± 6E-03	1,9E-02 ± 2E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	8,9E-03 ± 3E-03	5,1E-03 ± 3E-03	5,3E-03 ± 3E-03	6,2E-03 ± 3E-03	1,5E-03 ± 6E-04	1,3E-03 ± 5E-04	4,2E-03 ± 6E-04

(*) 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 2025 T - 63a
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)	5,1	5,1	5,1	5,6	5,3	5,6	
Oznaka vzorca	MLBG0125	MLBG0225	MLBG0325	MLBG0425	MLBG0525	MLBG0625	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)						
U-238				2,1E-01 ± 1E-01			3,5E-02 ± 2E-02
Ra-226			5,6E-02 ± 1E-02	4,9E-02 ± 1E-02		1,4E-02 ± 1E-02	2,0E-02 ± 4E-03
Pb-210	1,2E-01 ± 5E-02	2,2E-01 ± 9E-02	1,6E-01 ± 6E-02	2,5E-01 ± 1E-01	1,8E-01 ± 7E-02	2,1E-01 ± 8E-02	1,9E-01 ± 3E-02
Ra-228		4,4E-02 ± 2E-02	4,7E-02 ± 2E-02		6,8E-02 ± 4E-02		2,7E-02 ± 9E-03
Th-228	6,8E-02 ± 1E-02		4,4E-02 ± 2E-02	9,0E-02 ± 2E-02			3,4E-02 ± 5E-03
Th-230							
K-40	5,1E+01 ± 3E+00	5,3E+01 ± 2E+00	4,9E+01 ± 3E+00	5,2E+01 ± 3E+00	4,7E+01 ± 3E+00	5,2E+01 ± 2E+00	5,1E+01 ± 1E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,2E-02 ± 3E-03	4,4E-02 ± 6E-03	3,3E-02 ± 5E-03	2,9E-02 ± 7E-03	2,9E-02 ± 6E-03	1,8E-02 ± 8E-03	2,8E-02 ± 2E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	1,4E-03 ± 6E-04	1,6E-03 ± 6E-04	5,6E-03 ± 3E-03	1,5E-03 ± 6E-04	1,8E-03 ± 7E-04	5,9E-03 ± 3E-03	3,0E-03 ± 6E-04

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2025 T - 63b
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)	5,4	5,2	5,3	5,5	5,4	6,1	
Oznaka vzorca	MLBG0725	MLBG0825	MLBG0925	MLBG1025	MLBG1125	MLBG1225	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)						
U-238		1,9E-01 ± 8E-02			1,1E-01 ± 5E-02	1,5E-01 ± 8E-02	5,4E-02 ± 1E-02
Ra-226	1,8E-02 ± 5E-03	2,6E-02 ± 8E-03	6,7E-02 ± 1E-02				1,9E-02 ± 2E-03
Pb-210	1,1E-01 ± 5E-02	1,1E-01 ± 6E-02	7,6E-02 ± 6E-02	1,5E-01 ± 6E-02	8,7E-02 ± 4E-02	2,0E-01 ± 8E-02	1,6E-01 ± 2E-02
Ra-228	9,6E-02 ± 1E-02		3,3E-02 ± 2E-02				2,4E-02 ± 5E-03
Th-228	1,6E-02 ± 9E-03	3,2E-02 ± 2E-02				2,0E-02 ± 2E-02	2,3E-02 ± 4E-03
Th-230							
K-40	5,0E+01 ± 2E+00	4,9E+01 ± 3E+00	4,9E+01 ± 5E+00	4,9E+01 ± 5E+00	4,6E+01 ± 4E+00	4,4E+01 ± 5E+00	4,9E+01 ± 1E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,1E-02 ± 2E-03	1,8E-02 ± 5E-03	1,6E-02 ± 6E-03	2,0E-02 ± 7E-03	1,8E-02 ± 3E-03	2,4E-02 ± 1E-02	2,3E-02 ± 2E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	1,5E-03 ± 6E-04	8,8E-03 ± 4E-03	2,9E-03 ± 1E-03	8,3E-03 ± 3E-03	1,1E-02 ± 3E-03	6,9E-03 ± 3E-03	4,8E-03 ± 6E-04

(*) 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 2025 T - 64
10. MLEKO – posamični vzorci (I-131)

Specifična analiza I-131 (*)

Datum vzorčenja	Datum meritve	Vzorčevalno mesto		
		Pesje	Velika vas pri Krškem	Brege
		KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI I-131 [Bq/kg]		
3.06.2025	4.06.2025	< 5,81E-03	< 4,16E-03	< 5,41E-03
17.06.2025	19.06.2025	< 4,76E-03	< 5,31E-03	< 4,81E-03
1.07.2025	2.07.2025	< 4,78E-03	< 6,20E-03	< 4,39E-03
22.07.2025	24.07.2025	< 5,20E-03	< 4,05E-03	< 4,12E-03
31.07.2025	1.08.2025	< 5,77E-03	< 5,01E-03	< 3,80E-03
19.08.2025	22.08.2025	< 6,43E-03	< 7,30E-03	< 4,84E-03
23.09.2025	25.09.2025	< 5,45E-03	< 4,56E-03	< 4,58E-03
1.10.2025	2.10.2025	< 5,53E-03	< 5,86E-03	< 5,42E-03

LETO 2025 T - 65
11. HRANILA – SADJE - jabolka

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (**)

Vzorč. mesto	Evrosad Krško - sadovnjak okoli NEK	Evrosad Krško - sadovnjak okoli NEK	Evrosad Krško - sadovnjak okoli NEK	Evrosad Krško - Vrbina	Evrosad Krško - Vrbina	Povprečje - jabolka (*)
Vrsta vzorca	Jabolka - Zlati Delišes	Jabolka - Braeburh	Jabolka - Cripps Pink	Jabolka - Elstar	Jabolka - Gala Royal	
Datum vzor.	1. 10. 2025	6. 11. 2025	6. 11. 2025	25. 8. 2025	25. 8. 2025	
Kol. vzorca (kg)	0,24	0,29	0,26	0,28	0,30	
Odstoteksuhe snovi	15,80	14,40	15,00	13,80	14,20	
Oznaka vzorca	K25HSJB1A1	K25HSJB14B1	K25HSJB15B1	K25HSJB581	K25HSJB781	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)					
U-238			7,0E-01 ± 2E-01		2,9E-01 ± 1E-01	2,0E-01 ± 5E-02
Ra-226				4,0E-01 ± 2E-01	3,3E-01 ± 2E-01	1,5E-01 ± 5E-02
Pb-210	2,1E-02 †	9,7E-03 †	7,7E-02 †	1,8E-02 †	1,3E-01 ± 4E-01 ‡	5,1E-02 ± 2E-02 x
Ra-228	4,1E-02 ± 3E-02		9,7E-03 ± 5E-02 ‡	7,3E-02 ± 5E-02	3,7E-02 ± 3E-02 ‡	3,2E-02 ± 2E-02
Th-228	7,1E-02 ± 2E-02	1,3E-02 ± 9E-03	5,4E-02 ± 2E-02	1,2E-02 ± 1E-02 ‡	3,9E-02 ± 1E-02	3,8E-02 ± 7E-03
Th-230						
K-40	5,2E+01 ± 2E+00	4,0E+01 ± 1E+00	4,1E+01 ± 1E+00	4,3E+01 ± 1E+00	3,3E+01 ± 1E+00	4,2E+01 ± 6E-01
Be-7	5,3E-01 ± 1E-01	5,1E-02 ± 6E-02 ‡	2,9E-01 ± 1E-01	3,6E-01 ± 9E-02	2,2E-01 ± 5E-02	2,9E-01 ± 4E-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	6,8E-03 ± 2E-03 #	1,3E-03 †#	1,3E-03 †#	1,1E-03 †#	4,1E-03 ± 1E-03 #	2,9E-03 ± 1E-03 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 2025 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 - Leskovec	Evrosad Krško - Vrbina	Povprečje - hruške (*)
Vrsta vzorca	Hrušle - Conferans	Hrušle - Viljamovka	
Datum vzor.	1. 9. 2025	25. 8. 2025	
Kol. vzorca (kg)	0,28	0,40	
Odstoteksuhe snovi	20,10	14,70	
Oznaka vzorca	K25HSHR191	K25HSHR781	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)		
U-238	3,5E-01 ± 2E-01	4,2E-02 ± 6E-02 ‡	2,0E-01 ± 1E-01
Ra-226		9,0E-02 ± 7E-02	4,5E-02 ± 3E-02
Pb-210	2,7E-01 ± 4E-01 ‡	7,4E-04 ± 4E-02 ‡	1,4E-01 ± 2E-01
Ra-228	4,6E-02 ± 4E-02 ‡		2,3E-02 ± 2E-02
Th-228	4,5E-02 ± 2E-02	1,5E-02 ± 6E-03	3,0E-02 ± 1E-02
Th-230			
K-40	5,5E+01 ± 2E+00	4,9E+01 ± 3E+00	5,2E+01 ± 2E+00
Be-7	1,1E+00 ± 1E-01	2,8E-01 ± 4E-02	6,7E-01 ± 7E-02
I-131			
Cs-134			
Cs-137		3,0E-04 ± 4E-03 ‡	1,5E-04 ± 2E-03
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
Sr-89/Sr-90	1,0E-02 ± 2E-03	6,2E-03 ± 2E-03	8,3E-03 ± 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.

LETO 2025 T - 67
11. HRANILA – SADJE – jagode

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (**)

Vzorč. mesto	Evrosad Krško - sadovnjak okoli NEK	Pesje	Povprečje - jagode (*)
Vrsta vzorca	Jagode	Jagode	
Datum vzor.	12. 5. 2025	12. 5. 2025	
Kol. vzorca (kg)	0,19	0,23	
Odstoteksuhe snovi	7,00	7,80	
Oznaka vzorca	K25HSJG351	K25HSJG951	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)		
U-238	4,0E-02 ± 6E-02 ‡	1,1E-02 ± 7E-02 ‡	2,5E-02 ± 5E-02
Ra-226	4,8E-02 ± 4E-02 ‡	7,9E-02 ± 5E-02	6,4E-02 ± 3E-02
Pb-210	1,8E-02 †	1,2E-02 †	1,5E-02 ± 3E-03 x
Ra-228			
Th-228	4,1E-03 ± 8E-03 ‡	5,1E-03 ± 1E-02 ‡	4,6E-03 ± 7E-03
Th-230			
K-40	3,7E+01 ± 2E+00	3,8E+01 ± 1E+00	3,8E+01 ± 1E+00
Be-7		2,5E-02 ± 1E-01 ‡	1,3E-02 ± 5E-02
I-131			
Cs-134			
Cs-137		2,5E-03 ± 5E-03 ‡	1,2E-03 ± 2E-03
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
Sr-89/Sr-90	1,5E-02 ± 2E-03	1,9E-02 ± 2E-03	1,7E-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 podajajo z apriorno negotovostjo, temveč z aposteriorno negotovostjo.

LETO 2025 T - 68
11. HRANILA – SADJE – rdeče in belo grozdje, šipek ter bezeg

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (**)

Vzorč. mesto	Leskovec	Leskovec	Vrbina	Vrbina
Vrsta vzorca	Rdeče grozdje	Belo grozdje	Šipek	Bezeg
Datum vzor.	1. 9. 2025	1. 9. 2025	25. 8. 2025	12. 5. 2025
Kol. vzorca (kg)	0,29	0,37	0,17	0,07
Odstotek suhe snovi	25,70	21,20	55,50	16,80
Oznaka vzorca	K25HSGR191	K25HSGR291	K25HSSP281	K25HSBZ351
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)			
U-238	5,9E-01 ± 4E-01		5,4E-01 ± 5E-01 ‡	9,9E-02 ± 1,3E-01 ‡
Ra-226	2,4E-01 ± 2E-01 ‡	4,8E-02 ± 6E-02 ‡	6,4E-01 ± 5E-01	3,5E-01 ± 3,1E-01 ‡
Pb-210	1,3E-01 †	6,8E-02 ± 6E-02 ‡	1,2E+00 ± 5E-01	1,8E+00 ± 2,0E-01
Ra-228	1,1E-01 ± 1E-01 ‡	4,5E-02 ± 2E-02		
Th-228	3,0E-02 ± 5E-02 ‡	3,2E-02 ± 2E-02	9,6E-02 ± 4E-02	5,6E-02 ± 1,9E-02
Th-230				
K-40	1,0E+02 ± 3E+00	6,8E+01 ± 2E+00	2,0E+02 ± 1E+01	1,5E+02 ± ######
Be-7	9,3E-01 ± 2E-01	8,7E-01 ± 8E-02	5,8E+00 ± 6E-01	1,1E+01 ± 7,9E-01
I-131				
Cs-134				
Cs-137				3,1E-02 ± 2,2E-02
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-89/Sr-90	8,6E-02 ± 8E-03	6,7E-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 2025 T - 69
12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE – bučke, feferoni, blitva, korenje in paradižnik

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Vrbina (Krško)		Brege (Leskovec pri Krškem)		Vihre (Leskovec pri Krškem)		Pesje (Krško)		Pesje (Krško)	
Vrsta vzorca	Bučke		Feferoni		Blitva		Korenje		Paradižnik	
Datum vzor.	22. 7. 2025		22. 7. 2025		22. 7. 2025		22. 7. 2025		22. 7. 2025	
Masa vzorca (kg)	5,86		2,69		3,51		1,81		3,19	
Oznaka vzorca	SZNEK010725		SZNEK020725		SZNEK030725		SZNEK040725		SZNEK050725	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)									
U-238										
Ra-226	2,4E-2	2E-02	3,5E-2	3E-02	1,0E-1	2E-02	1,2E-1	1E-02	2,8E-2	1E-02
Pb-210	2,2E-1	9E-02	2,6E-1	2E-01	9,3E-1	2E-01	1,9E-1	8E-02	2,9E-1	1E-01
Ra-228			3,8E-1	8E-02	1,9E-1	4E-02	2,2E-1	2E-02		
Th-228			7,9E-2	5E-02	7,5E-2	3E-02	5,9E-2	2E-02		
Th-230										
K-40	6,8E+1	4E+00	8,7E+1	5E+00	1,7E+2	8E+00	1,3E+2	7E+00	6,1E+1	3E+00
Be-7			1,2E+0	2E-01	7,0E+0	3E-01	4,4E-1	6E-02		
I-131										
Cs-134										
Cs-137	3,6E-2	7E-03	6,5E-2	3E-02	3,6E-2	1E-02	2,3E-2	1E-02	4,0E-2	2E-02
Co-58										
Co-60										
Cr-51										
Mn-54										
Zn-65										
Nb-95										
Ru-106										
Sb-125										
Sr-90	2,7E-2	5E-03	7,1E-3	3E-03	2,5E-2	1E-02	2,1E-1	2E-02	1,2E-2	9E-03

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

LETO 2025 T - 70

12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE – česen, čebula, paprika, bob in zelje

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Brege (Leskovec pri Krškem)		Vrbina (Krško)		Brege (Leskovec pri Krškem)		Vihre (Leskovec pri Krškem)		Brege (Leskovec pri Krškem)	
Vrsta vzorca	Česen		Čebula		Paprika		Bob		Zelje	
Datum vzor.	22. 7. 2025		22. 7. 2025		22. 7. 2025		22. 7. 2025		22. 7. 2025	
Masa vzorca (kg)	1,55		2,87		2,57		1,33		2,52	
Oznaka vzorca	SZNEK060725		SZNEK070725		SZNEK080725		SZNEK090725		SZNEK100725	
IZOTOP	**SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)**									
U-238					1,2E-1	8E-02				
Ra-226	2,2E-1	5E-02	1,6E-1	4E-02					4,9E-2	1E-02
Pb-210	1,0E+0	4E-01	5,7E-1	2E-01	9,1E-2	7E-02	6,1E-1	2E-01	2,7E-1	1E-01
Ra-228			7,0E-2	7E-02			5,4E-1	1E-01		
Th-228	1,1E-1	8E-02	1,1E-1	7E-02						
Th-230										
K-40	1,9E+2	9E+00	6,7E+1	4E+00	5,8E+1	3E+00	1,5E+2	7E+00	7,9E+1	4E+00
Be-7					4,0E-1	7E-02				
I-131										
Cs-134										
Cs-137	9,0E-2	4E-02	8,5E-2	3E-02	2,6E-2	1E-02	6,3E-2	3E-02	3,5E-2	1E-02
Co-58										
Co-60										
Cr-51										
Mn-54										
Zn-65										
Nb-95										
Ru-106										
Sb-125										
Sr-90	5,3E-2	3E-02	2,6E+0	2E-01	5,4E-3	3E-03	7,7E-2	2E-02	8,0E-3	4E-03

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

LETO 2025 T - 71

12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE – krompir, kumare, melancani, zelena in por

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Velika vas pri Krškem (Leskovec pri Krškem)		Brege (Leskovec pri Krškem)		Brege (Leskovec pri Krškem)		Vihre (Leskovec pri Krškem)		Vihre (Leskovec pri Krškem)	
Vrsta vzorca	Krompir		Kumare		Melancani		Zelena		Por	
Datum vzor.	22. 7. 2025		19. 8. 2025		19. 8. 2025		23. 9. 2025		23. 9. 2025	
Masa vzorca (kg)	3,72		3,17		2,60		1,55		2,63	
Oznaka vzorca	SZNEK110725		SZNEK120825		SZNEK130825		SZNEK140925		SZNEK150925	
IZOTOP	**SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)**									
U-238										
Ra-226	9,3E-2	1E-02	6,5E-2	8E-03	4,9E-2	6E-03	5,6E-2	2E-02	1,0E-1	2E-02
Pb-210	2,0E-1	8E-02	1,8E-1	7E-02	1,2E-1	5E-02	1,4E+0	2E-01	6,7E-1	2E-01
Ra-228	5,9E-2	2E-02	2,9E-2	3E-02			8,5E-2	3E-02	1,6E-1	4E-02
Th-228	5,0E-2	2E-02					3,9E-2	3E-02	9,1E-2	4E-02
Th-230										
K-40	1,2E+2	6E+00	5,1E+1	3E+00	8,9E+1	5E+00	1,9E+2	2E+01	1,1E+2	1E+01
Be-7					6,9E-2	2E-02	9,6E+0	8E-01	4,1E+0	3E-01
I-131										
Cs-134										
Cs-137	2,5E-2	5E-03	1,4E-2	4E-03	1,8E-2	7E-03	4,8E-2	1E-02	6,9E-2	1E-02
Co-58										
Co-60										
Cr-51										
Mn-54										
Zn-65										
Nb-95										
Ru-106										
Sb-125										
Sr-90	1,5E-2	1E-02	6,1E-3	4E-03	3,0E-3	1E-03	1,3E-1	2E-02	9,7E-2	2E-02

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

LETO 2025 T - 72
12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE – koruza, pšenica, pšenica, ječmen in oves

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Trnje (Brežice)		Trnje (Brežice)		Dolenja vas		Žadovinek (Leskovec pri Krškem)		Brege (Leskovec pri Krškem)	
Vrsta vzorca	Koruza		Pšenica		Pšenica		Ječmen		Oves	
Datum vzor.	23. 9. 2025		23. 9. 2025		23. 9. 2025		23. 9. 2025		23. 9. 2025	
Masa vzorca (kg)	1,01		1,01		0,07		0,18		0,05	
Oznaka vzorca	SZNEK160925		SZNEK170925		SZNEK180925		SZNEK190925		SZNEK200925	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)									
U-238										
Ra-226			7,0E-2	2E-02	3,2E-1	3E-02	9,4E-1	9E-02	2,4E-1	2E-02
Pb-210	3,1E-1	1E-01	3,8E-1	2E-01	1,9E-1	1E-01	7,1E-1	3E-01	1,7E-1	7E-02
Ra-228			2,2E-1	6E-02	3,3E-1	4E-02			1,7E-1	3E-02
Th-228	6,0E-2	3E-02					1,3E-1	7E-02	2,5E-2	2E-02 ‡
Th-230										
K-40	8,2E+1	8E+00	1,5E+2	2E+01	1,2E+2	1E+01	1,8E+2	2E+01	1,2E+2	1E+01
Be-7	2,1E-1	7E-02	3,6E-1	1E-01	2,7E-1	7E-02	1,8E+0	2E-01	1,0E+0	1E-01
I-131										
Cs-134										
Cs-137	2,9E-2	1E-02	4,8E-2	2E-02	2,7E-2	1E-02	5,2E-2	2E-02	4,4E-2	9E-03
Co-58										
Co-60										
Cr-51										
Mn-54										
Zn-65										
Nb-95										
Ru-106										
Sb-125										
Sr-90	6,8E-3	3E-03	1,4E-1	2E-02	1,0E-1	2E-02	1,1E-1	8E-02	2,9E-1	3E-02

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

LETO 2025 T - 73
13. HRANILA – KOKOŠJE MESO IN JAJCA

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (**)

Vzorč. mesto	Spodnji Stari Grad	Gornji Lenart		Spodnji Stari Grad
Vrsta vzorca	Kokošja jajca	Kokošja jajca		Kokošje meso
Datum vzor.	3. 2. 2025	17. 2. 2025	Povprečje - jajca (*)	3. 2. 2025
Kol. vzorca (kg)	0,25	0,24		0,07
Odstotek suhe snovi	23,60	24,80		25,50
Oznaka vzorca	K25HJ121	K25HJ1021		K25HMK121
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)			
U-238	3,7E-01 ± 2E-01		1,9E-01 ± 1E-01	
Ra-226	2,1E-01 ± 2E-01 ‡	4,9E-01 ± 2E-01	3,5E-01 ± 1E-01	1,1E+00 ± 7E-01
Pb-210	1,2E-02 ± 5E-01 ‡	1,6E-02 †	1,4E-02 ± 2E-03 x	6,0E-02 †
Ra-228	2,2E-01 ± 1E-01	1,7E-01 ± 3E-02	1,9E-01 ± 7E-02	
Th-228	5,3E-02 ± 4E-02	2,8E-02 ± 2E-02	4,0E-02 ± 2E-02	1,9E-01 ± 7E-02
Th-230				
K-40	4,0E+01 ± 1E+00	4,5E+01 ± 2E+00	4,2E+01 ± 1E+00	9,9E+01 ± 4E+00
Be-7				
I-131				
Cs-134				
Cs-137				3,8E-02 ± 5E-02 ‡
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-89/Sr-90	2,2E-03 †	1,8E-02 ± 4E-03	1,0E-02 ± 8E-03 x	9,6E-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.

13. HRANILA – SVINJSKO, GOVEJE IN DIVJAČINSKO MESO

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (**)

Vzorč. mesto	Sevnica (rejec: Kalce-Naklo)	Sevnica (rejec: Veliki Podlog)	Povprečje - svinjsko meso (*)	Sevnica (rejec: Globoko)	Leskovec
Vrsta vzorca	Svinjsko meso	Svinjsko meso		Goveje meso	Zajec - divjačina
Datum vzor.	6. 2. 2025	6. 2. 2025		6. 11. 2025	19. 2. 2025
Kol. vzorca (kg)	0,41	0,39		0,33	0,25
Odstoteksuhe snovi	27,00	27,40		23,70	25,40
Oznaka vzorca	K25HMS721	K25HMS821		K25HMG1B1	K25HMD821
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST SVEŽE SNOVI (Bq/kg)				
U-238	1,3E-01 ± 1E-01 ‡	1,7E-01 ± 1E-01	1,5E-01 ± 9E-02	8,0E-01 ± 3E-01	
Ra-226	1,1E-01 ± 2E-01 ‡		5,4E-02 ± 1E-01	2,3E-01 ± 2E-01 ‡	6,0E-01 ± 3E-01
Pb-210	4,8E-02 †	2,9E-02 †	3,9E-02 ± 1E-02 x	1,2E-01 †	3,5E-02 †
Ra-228				5,8E-03 ± 1E-01 ‡	
Th-228	1,9E-02 ± 2E-02 ‡	1,3E-02 ± 1E-02 ‡	1,6E-02 ± 1E-02	4,3E-02 ± 3E-02	1,0E-01 ± 2E-02
Th-230					
K-40	1,1E+02 ± 5E+00	1,1E+02 ± 5E+00	1,1E+02 ± 4E+00	1,2E+02 ± 4E+00	1,1E+02 ± 4E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	1,2E-02 ± 1E-02 ‡	5,2E-02 ± 1E-02	3,2E-02 ± 9E-03	2,6E-01 ± 2E-02	2,9E-02 ± 2E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	3,5E-03 †	1,6E-03 †	2,6E-03 ± 9E-04 x	1,7E-03 †	2,1E-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.

OBRATOVALNI MONITORING RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NEK ZARADI HE BREŽICE

1. VODA – REKA SAVA

VODA – SESTAVLJENI MESEČNI VZORCI
VODA – POSAMIČNI VZORCI

2. SEDIMENTI
VODNA BIOTA – RIBE

3. PODTALNICA
VODA - POSAMIČNI VZORCI

LETO 2025 T – HE 1a
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.	januar	februar	marec	april	maj	junij	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	50,80	45,60	49,00	47,75	49,30	47,70	
Oznaka vzorca	NEKVHEJ0125	NEKVHEJ0225	NEKVHEJ0325	NEKVHEJ0425	NEKVHEJ0525	NEKVHEJ0625	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
U-238				3,8E+00 ± 3E+00			6,3E-01 ± 5E-01
Ra-226	1,5E+00 ± 5E-01		6,2E-01 ± 2E-01	1,5E+01 ± 6E-01		1,6E+00 ± 7E-01	3,2E+00 ± 2E-01
Pb-210	2,1E+01 ± 3E+00	3,1E+00 ± 6E-01	1,7E+01 ± 2E+00	9,9E+00 ± 2E+00	4,8E+00 ± 3E+00	5,8E+00 ± 3E+00	1,0E+01 ± 9E-01
Ra-228	3,7E+00 ± 1E+00		1,3E+00 ± 6E-01		8,6E-01 ± 5E-01	1,4E+00 ± 6E-01	1,2E+00 ± 2E-01
Th-228		7,0E-01 ± 3E-01		3,2E+00 ± 8E-01	2,3E+00 ± 4E-01	1,2E+00 ± 7E-01	1,2E+00 ± 2E-01
Th-230							
K-40	2,4E+01 ± 5E+00	3,8E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 5E+00	2,4E+01 ± 4E+00	4,4E+01 ± 5E+00	2,9E+01 ± 2E+00
Be-7	8,5E+01 ± 5E+00	2,8E+00 ± 7E-01	7,0E+01 ± 3E+00	1,7E+01 ± 3E+00	1,1E+01 ± 2E+00		3,1E+01 ± 1E+00
I-131							
Cs-134							
Cs-137							
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Lu-177						6,0E+01 ± 6E+00	9,9E+00 ± 1E+00
Sr-90	8,6E-01 ± 2E-01	1,2E+00 ± 2E-01	5,4E-01 ± 2E-01	9,0E-01 ± 2E-01	1,2E+00 ± 2E-01	7,4E-01 ± 2E-01	9,0E-01 ± 8E-02
H-3*	1,4E+03 ± 1E+02	6,3E+02 ± 9E+01	4,3E+03 ± 3E+02	5,7E+02 ± 9E+01	3,5E+03 ± 2E+02	2,8E+03 ± 2E+02	2,2E+03 ± 7E+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.

LETO 2025 T – HE 2a
1. REKA SAVA – VODA - sestavljeni vzorci filtrskega ostanka (groba susp. snov)

Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	HE Brežice, nad jezom						
Datum vzor.	januar	februar	marec	april	maj	junij	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	76,97	70,51	78,30	70,52	72,74	71,03	
Susp. snov (g/m³)	8,34	17,44	8,26	15,68	4,81	11,73	
Oznaka vzorca	NEKFHEJ0125	NEKFHEJ0225	NEKFHEJ0325	NEKFHEJ0425	NEKFHEJ0525	NEKFHEJ0625	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
U-238				4,3E+00 ± 2E+00			7,2E-01 ± 4E-01
Ra-226	2,3E+00 ± 3E-01	3,2E+00 ± 2E-01	1,0E+01 ± 4E-01	6,4E-01 ± 5E-01		3,4E-01 ± 2E-01	2,8E+00 ± 1E-01
Pb-210	2,2E+00 ± 2E+00	2,8E+00 ± 1E+00	2,5E+00 ± 1E+00	4,5E+00 ± 2E+00	4,3E+00 ± 2E+00	4,2E+00 ± 2E+00 ‡	3,4E+00 ± 6E-01
Ra-228	2,9E+00 ± 9E-01	4,2E-01 ± 4E-01	9,5E-01 ± 2E-01		1,3E+00 ± 4E-01		9,2E-01 ± 2E-01
Th-228		6,2E-01 ± 4E-01	1,2E+00 ± 2E-01	8,7E-01 ± 5E-01			4,4E-01 ± 1E-01
Th-230							
K-40	6,8E+00 ± 3E+00	4,1E+00 ± 2E+00	2,7E+00 ± 2E+00		9,3E+00 ± 3E+00		3,8E+00 ± 8E-01
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137							
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2025 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)	47,95	50,85	47,90	49,30	47,55	49,10	
Oznaka vzorca	NEKVHEJ0725	NEKVHEJ0825	NEKVHEJ0925	NEKVHEJ1025	NEKVHEJ1125	NEKVHEJ1225	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
U-238				1,8E+00 ± 2E+00		2,3E+00 ± 2E+00	6,6E-01 ± 3E-01
Ra-226		1,4E+00 ± 4E-01	2,7E+00 ± 5E-01	2,4E-01 ± 2E-01	1,6E+00 ± 4E-01	4,9E+00 ± 6E-01	2,5E+00 ± 1E-01
Pb-210	2,1E+00 ± 9E-01	7,7E+00 ± 3E+00	6,5E+00 ± 3E+00	1,9E+01 ± 3E+00	7,1E+00 ± 3E+00	3,5E+00 ± 3E+00	8,9E+00 ± 7E-01
Ra-228		2,7E+00 ± 9E-01		1,3E+00 ± 7E-01	1,6E+00 ± 7E-01	1,6E+00 ± 7E-01	1,2E+00 ± 2E-01
Th-228					1,5E+00 ± 7E-01		7,4E-01 ± 1E-01
Th-230							
K-40	1,6E+01 ± 2E+00	3,6E+01 ± 5E+00	4,7E+01 ± 7E+00	1,5E+01 ± 4E+00	3,8E+01 ± 6E+00	2,2E+01 ± 5E+00	2,9E+01 ± 1E+00
Be-7	4,3E+00 ± 1E+00	5,2E+01 ± 4E+00		4,7E+01 ± 5E+00		9,4E+00 ± 2E+00	2,5E+01 ± 8E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137							
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Lu-177							5,0E+00 ± 5E-01
Sr-90	4,8E-01 ± 1E-01	1,2E+00 ± 2E-01	1,4E+00 ± 2E-01	1,0E+00 ± 2E-01	1,1E+00 ± 1E-01	6,4E-01 ± 2E-01	9,3E-01 ± 5E-02
H-3*	2,2E+04 ± 1E+03	1,4E+04 ± 8E+02	7,8E+03 ± 4E+02	3,1E+03 ± 2E+02	7,9E+02 ± 1E+02	1,1E+03 ± 1E+02	5,1E+03 ± 1E+02

(*) 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.

LETO 2025 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)	74,91	79,19	68,25	79,13	83,01	91,78	
Susp. snov (g/m³)	2,26	10,86	16,41	3,02	21,60	10,27	
Oznaka vzorca	NEKFHEJ0725	NEKFHEJ0825	NEKFHEJ0925	NEKFHEJ1025	NEKFHEJ1125	NEKFHEJ1225	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
U-238				2,1E+00 ± 2E+00 ‡	5,5E+00 ± 3E+00	5,3E+00 ± 3E+00	1,4E+00 ± 4E-01
Ra-226	4,5E-01 ± 7E-02	6,9E-01 ± 2E-01	6,9E-01 ± 2E-01	2,1E+00 ± 4E-01	5,3E-01 ± 3E-01	1,3E+00 ± 3E-01	1,9E+00 ± 8E-02
Pb-210	5,2E-01 ± 2E-01	3,7E+00 ± 1E+00	2,6E+00 ± 2E+00	3,4E+00 ± 2E+00	1,0E+01 ± 7E+00	1,3E+01 ± 5E+00 ‡	4,5E+00 ± 8E-01
Ra-228		9,5E-01 ± 3E-01			1,8E+00 ± 1E+00		6,9E-01 ± 1E-01
Th-228		7,7E-01 ± 4E-01					2,8E-01 ± 6E-02
Th-230							
K-40		1,2E+01 ± 3E+00	5,4E+00 ± 3E+00		9,0E+00 ± 4E+00		4,1E+00 ± 6E-01
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137							
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2025 T – HE 3a
1. REKA SAVA – VODA - posamični 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.	6. 1. 2025	3. 2. 2025	4. 3. 2025	1. 4. 2025	5. 5. 2025	3. 6. 2025	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	42,25	42,70	43,15	44,10	43,90	45,00	
Oznaka vzorca	RSHEL0125	RSHEL0225	RSHEL0325	RSHEL0425	RSHEL0525	RSHEL0625	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
U-238		4,2E+00 ± 3E+00				5,4E+00 ± 3E+00	1,6E+00 ± 6E-01
Ra-226	5,4E+00 ± 5E-01	5,8E-01 ± 4E-01	1,7E+00 ± 5E-01			7,8E-01 ± 6E-01	1,4E+00 ± 2E-01
Pb-210	2,0E+01 ± 3E+00	8,8E+00 ± 2E+00	5,5E+00 ± 2E+00	1,2E+01 ± 2E+00	6,8E+00 ± 3E+00	4,4E+00 ± 2E+00	9,7E+00 ± 1E+00
Ra-228	4,1E+00 ± 1E+00	7,1E+00 ± 9E-01				2,8E+00 ± 8E-01	2,3E+00 ± 3E-01
Th-228	2,2E+00 ± 9E-01						3,7E-01 ± 1E-01
Th-230							
K-40	5,2E+01 ± 6E+00	3,2E+01 ± 4E+00	3,3E+01 ± 5E+00	1,7E+01 ± 4E+00	2,6E+01 ± 5E+00	2,3E+01 ± 5E+00	3,1E+01 ± 2E+00
Be-7	4,8E+01 ± 3E+00	1,7E+01 ± 2E+00			7,9E+00 ± 2E+00		1,2E+01 ± 7E-01
I-131						5,0E+00 ± 7E-01	8,3E-01 ± 1E-01
Cs-134							
Cs-137							
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Lu-177						1,9E+01 ± 3E+00	3,1E+00 ± 6E-01
Sr-90	5,0E-01 ± 2E-01	1,4E+00 ± 2E-01	5,7E-01 ± 2E-01	8,6E-01 ± 1E-01	6,3E-01 ± 2E-01	1,1E+00 ± 1E-01	8,3E-01 ± 7E-02
H-3*	5,4E+02 ± 8E+01	4,4E+02 ± 8E+01	4,7E+02 ± 9E+01	5,2E+02 ± 9E+01	2,9E+02 ± 8E+01	7,4E+02 ± 1E+02	5,0E+02 ± 4E+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.

LETO 2025 T – HE 3b
1. REKA SAVA – VODA - posamični 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.	1. 7. 2025	1. 8. 2025	1. 9. 2025	1. 10. 2025	3. 11. 2025	1. 12. 2025	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	45,60	44,20	45,40	44,80	44,60	42,70	
Oznaka vzorca	RSHEL0725	RSHEL0825	RSHEL0925	RSHEL1025	RSHEL1125	RSHEL1225	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
U-238			1,6E+01 ± 4E+00		3,5E+00 ± 2E+00		2,4E+00 ± 5E-01
Ra-226	8,3E-01 ± 3E-01	2,2E+00 ± 4E-01	5,5E-01 ± 5E-01	8,3E-01 ± 4E-01		8,1E-01 ± 6E-01	1,1E+00 ± 1E-01
Pb-210	1,2E+01 ± 3E+00	6,4E+00 ± 3E+00	1,5E+01 ± 3E+00	4,3E+00 ± 2E+00	1,5E+01 ± 3E+00	4,6E+00 ± 3E+00	9,6E+00 ± 8E-01
Ra-228	2,9E+00 ± 2E+00		1,3E+00 ± 6E-01		7,7E-01 ± 6E-01	8,5E-01 ± 7E-01	1,6E+00 ± 2E-01
Th-228	1,9E+00 ± 7E-01			1,9E+00 ± 1E+00			5,0E-01 ± 1E-01
Th-230							
K-40	3,1E+01 ± 5E+00	4,0E+01 ± 5E+00	2,9E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 8E+00	2,0E+01 ± 4E+00	1,3E+01 ± 5E+00	3,0E+01 ± 1E+00
Be-7	1,1E+01 ± 2E+00	1,5E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 2E+00		7,6E+01 ± 7E+00		1,7E+01 ± 8E-01
I-131			1,3E+01 ± 9E-01				1,5E+00 ± 9E-02
Cs-134							
Cs-137							
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Lu-177			3,8E+02 ± 1E+01				3,3E+01 ± 1E+00
Sr-90	8,8E-01 ± 2E-01	5,0E-01 ± 1E-01	1,2E+00 ± 3E-01	9,6E-01 ± 1E-01	1,1E+00 ± 1E-01	1,0E+00 ± 2E-01	8,8E-01 ± 5E-02
H-3*	1,1E+03 ± 1E+02	6,3E+02 ± 1E+02	5,8E+02 ± 9E+01	3,3E+02 ± 9E+01	4,6E+02 ± 8E+01	5,0E+02 ± 9E+01	5,5E+02 ± 3E+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.

LETO 2025 T – HE 4a
1. REKA SAVA – VODA – posamični vzorci filtrirane vode (voda + fina susp. snov)

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

Vzorč. mesto	HE Brežice, desni breg						
Datum vzor.	6. 1. 2025	3. 2. 2025	4. 3. 2025	1. 4. 2025	5. 5. 2025	3. 6. 2025	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	43,60	43,50	40,90	43,65	43,65	45,20	
Oznaka vzorca	RSHED0125	RSHED0225	RSHED0325	RSHED0425	RSHED0525	RSHED0625	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
U-238		2,0E+00 ± 2E+00	2,6E+00 ± 2E+00	5,8E+00 ± 2E+00	3,7E+00 ± 2E+00		2,3E+00 ± 7E-01
Ra-226	6,3E-01 ± 5E-01		2,8E+00 ± 3E-01	6,0E-01 ± 3E-01	1,8E+00 ± 2E-01		9,6E-01 ± 1E-01
Pb-210	4,2E+00 ± 3E+00	2,8E+00 ± 2E+00	5,8E+00 ± 2E+00	6,1E+00 ± 2E+00	7,2E+00 ± 2E+00	2,2E+00 ± 9E-01	4,7E+00 ± 9E-01
Ra-228	2,6E+00 ± 1E+00	1,8E+00 ± 5E-01	1,7E+00 ± 6E-01		1,8E+00 ± 5E-01		1,3E+00 ± 3E-01
Th-228	1,7E+00 ± 7E-01			1,0E+00 ± 5E-01	1,3E+00 ± 5E-01		6,7E-01 ± 2E-01
Th-230							
K-40	2,1E+01 ± 5E+00	3,0E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 4E+00	1,0E+01 ± 4E+00	4,1E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 2E+00
Be-7	1,4E+01 ± 2E+00	8,9E+00 ± 1E+00	6,9E+00 ± 1E+00	9,4E+00 ± 1E+00	2,1E+01 ± 2E+00	4,3E+00 ± 9E-01	1,1E+01 ± 6E-01
I-131		3,4E+00 ± 3E-01				3,7E+01 ± 1E+00	6,8E+00 ± 2E-01
Cs-134							
Cs-137							
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Lu-177						2,9E+01 ± 2E+00	4,9E+00 ± 3E-01
Sr-90	5,3E-01 ± 2E-01	1,6E+00 ± 2E-01	3,7E-01 ± 2E-01	6,7E-01 ± 2E-01	8,9E-01 ± 1E-01	3,2E+00 ± 3E-01	1,2E+00 ± 8E-02
H-3*	5,6E+02 ± 8E+01	5,1E+02 ± 9E+01	3,7E+02 ± 8E+01	5,6E+02 ± 9E+01	4,0E+02 ± 9E+01	1,1E+03 ± 1E+02	5,7E+02 ± 4E+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.

LETO 2025 T – HE 4b
1. REKA SAVA – VODA - posamični vzorci filtrirane vode (voda + fina susp. snov)

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

Vzorč. mesto	HE Brežice, desni breg						
Datum vzor.	1. 7. 2025	1. 8. 2025	1. 9. 2025	1. 10. 2025	3. 11. 2025	1. 12. 2025	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	44,90	42,80	43,72	45,15	44,40	44,60	
Oznaka vzorca	RSHED0725	RSHED0825	RSHED0925	RSHED1025	RSHED1125	RSHED1225	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
U-238	3,5E+00 ± 3E+00	3,3E+00 ± 3E+00	2,8E+01 ± 6E+00			3,8E+00 ± 2E+00	4,4E+00 ± 7E-01
Ra-226	1,4E+00 ± 4E-01	4,7E+00 ± 4E-01		2,4E+00 ± 6E-01		2,0E+00 ± 4E-01	1,3E+00 ± 1E-01
Pb-210	7,9E+00 ± 2E+00	7,3E+00 ± 3E+00	9,3E+00 ± 3E+00	1,2E+01 ± 3E+00	5,7E+00 ± 3E+00	2,8E+00 ± 2E+00	6,1E+00 ± 7E-01
Ra-228	1,7E+00 ± 8E-01	2,9E+00 ± 7E-01	2,3E+00 ± 7E-01	1,5E+00 ± 1E+00 ‡	1,6E+00 ± 9E-01	2,9E+00 ± 9E-01	1,7E+00 ± 2E-01
Th-228						6,8E+00 ± 2E+00	9,0E-01 ± 2E-01
Th-230							
K-40	3,2E+01 ± 5E+00	3,0E+01 ± 5E+00	6,2E+01 ± 6E+00	5,8E+01 ± 9E+00	1,7E+01 ± 5E+00		2,9E+01 ± 1E+00
Be-7	8,3E+00 ± 2E+00		1,6E+01 ± 2E+00	1,7E+01 ± 3E+00	6,4E+00 ± 2E+00		9,3E+00 ± 5E-01
I-131			1,1E+01 ± 8E-01				4,3E+00 ± 1E-01
Cs-134							
Cs-137							
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Lu-177			6,0E+02 ± 2E+01				5,3E+01 ± 2E+00
Sr-90	4,5E-01 ± 2E-01	6,3E-01 ± 2E-01	1,4E+00 ± 2E-01	1,2E+00 ± 1E-01	1,3E+00 ± 2E-01	8,1E-01 ± 2E-01	1,1E+00 ± 5E-02
H-3*	2,9E+03 ± 2E+02	5,5E+02 ± 9E+01	6,9E+02 ± 1E+02	6,0E+02 ± 1E+02	4,4E+02 ± 8E+01	4,1E+02 ± 9E+01	7,5E+02 ± 3E+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 kvantifikacije.

LETO 2025 T – HE 5
1. REKA SAVA – VODA - posamični 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.	11. 2. 2025	16. 5. 2025	17. 9. 2025	28. 11. 2025	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	43,90	44,20	46,01	45,55	
Oznaka vzorca	RSHEJK125	RSHEJK225	RSHEJK325	RSHEJK425	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)				
U-238		9,4E+00 ± 3E+00			2,4E+00 ± 8E-01
Ra-226		8,8E-01 ± 3E-01		7,4E-01 ± 4E-01	4,0E-01 ± 1E-01
Pb-210	2,0E+00 ± 8E-01	6,3E+00 ± 3E+00	6,6E+00 ± 2E+00	6,6E+00 ± 3E+00	5,4E+00 ± 1E+00
Ra-228		9,3E-01 ± 7E-01	2,2E+00 ± 1E+00	4,7E+00 ± 2E+00	1,9E+00 ± 5E-01
Th-228	8,0E+00 ± 2E+00	1,5E+00 ± 6E-01		2,1E+00 ± 8E-01	2,9E+00 ± 5E-01
Th-230					
K-40	1,5E+01 ± 2E+00	3,9E+01 ± 5E+00	3,2E+01 ± 5E+00	3,5E+01 ± 7E+00	3,0E+01 ± 2E+00
Be-7			1,1E+01 ± 1E+00		2,7E+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					
Lu-177		8,5E+01 ± 4E+00			2,1E+01 ± 1E+00
Sr-90	8,1E-01 ± 2E-01	1,8E+00 ± 2E-01	1,2E+00 ± 2E-01	1,3E+00 ± 2E-01	1,3E+00 ± 9E-02
H-3*	6,1E+02 ± 3E+01	5,3E+02 ± 3E+01	1,2E+04 ± 3E+02	5,8E+02 ± 4E+01	3,4E+03 ± 9E+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.

LETO 2025 T – HE 6a
1. REKA SAVA – VODA - posamični vzorci filtrirane vode (voda + fina susp. snov)

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

Vzorč. mesto	HE Brežice, nadomestni habitat NH1				
Datum vzor.	11. 2. 2025	16. 5. 2025	17. 9. 2025	28. 11. 2025	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	53,45	51,50	52,17	52,95	
Oznaka vzorca	RSNHK125	RSNHK225	RSNHK325	RSNHK425	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)				
U-238				3,4E+00 ± 3E+00	8,4E-01 ± 6E-01
Ra-226	1,4E+00 ± 4E-01	3,0E+00 ± 1E+00	1,4E+00 ± 4E-01	2,5E+00 ± 5E-01 ‡	2,1E+00 ± 4E-01
Pb-210	6,7E+00 ± 2E+00	3,9E+00 ± 2E+00	5,8E+00 ± 2E+00	4,2E+00 ± 2E+00	5,1E+00 ± 1E+00
Ra-228			7,8E-01 ± 7E-01	9,2E-01 ± 7E-01	4,3E-01 ± 2E-01
Th-228		8,1E-01 ± 6E-01	6,0E-01 ± 6E-01		3,5E-01 ± 2E-01
Th-230					
K-40	5,4E+01 ± 5E+00	4,4E+01 ± 5E+00	4,8E+01 ± 7E+00	4,6E+01 ± 7E+00	4,8E+01 ± 3E+00
Be-7		7,5E+00 ± 2E+00		3,5E+00 ± 1E+00 ‡	2,8E+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					
Lu-177					
Sr-90	1,0E+00 ± 2E-01	9,2E-01 ± 2E-01	1,2E+00 ± 2E-01	1,8E+00 ± 2E-01	1,2E+00 ± 9E-02
H-3*	1,4E+03 ± 5E+01	2,2E+03 ± 6E+01	8,2E+03 ± 2E+02	3,6E+03 ± 1E+02	3,9E+03 ± 7E+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.

LETO 2025 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	
Kol. vzorca (L)	225,78	214,29	222,35	253,92	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Susp. snov (g/m³)	11,16	10,68	9,66	11,72	
Oznaka vzorca	NEKFHEJK125	NEKFHEJK225	NEKFHEJK325	NEKFHEJK425	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)				
Sr-90	2,7E-02 ± 3E-02	2,4E-02 ± 2E-02	2,4E-02 ± 2E-02	2,1E-02 ± 2E-02 ‡	2,4E-02 ± 1E-02

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

LETO 2025 T – HE 2d

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

Specifična analiza H-3

Vzorč. mesto	HE Brežice, nad jezom				
Datum vzorčevanja	11. 2. 2025	16. 5. 2025	17. 9. 2025	28. 11. 2025	
Datum meritve	13. 3. 2025	21. 6. 2025	1. 11. 2025	16. 1. 2026	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	
Oznaka vzorca	RSHEJK125	RSHEJK225	RSHEJK325	RSHEJK425	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m³)				
H-3	6,1E+02 ± 3E+01	5,3E+02 ± 3E+01	1,2E+04 ± 3E+02	5,8E+02 ± 4E+01	3,4E+03 ± 9E+01

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

LETO 2025 T – HE 6b

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

Specifična analiza H-3

Vzorč. mesto	HE Brežice, nadomestni habitat				
Datum vzorčevanja	11. 2. 2025	16. 5. 2025	17. 9. 2025	28. 11. 2025	
Datum meritve	13. 3. 2025	21. 6. 2025	1. 11. 2025	16. 1. 2026	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	
Oznaka vzorca	RSNHK125	RSNHK225	RSNHK325	RSNHK425	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m³)				
H-3	1,4E+03 ± 5E+01	2,2E+03 ± 6E+01	8,2E+03 ± 2E+02	3,6E+03 ± 1E+02	3,9E+03 ± 7E+01

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

LETO 2025 T – HE 7

2. REKA SAVA – SEDIMENTI - posamični vzorci sedimentov

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	HE Brežice, nad jezom				
Datum vzor.	11. 2. 2025	16. 5. 2025	17. 9. 2025	28. 11. 2025	Četrtletno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	154,90	167,40	268,40	210,90	
Oznaka vzorca	SDHEJK125	SDHEJK225	SDHEJK325	SDHEJK425	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,6E+01 ± 6E+00	4,1E+01 ± 8E+00	2,6E+01 ± 5E+00	3,7E+01 ± 9E+00	3,2E+01 ± 4E+00
Ra-226	2,8E+01 ± 8E-01	3,4E+01 ± 8E-01	2,7E+01 ± 5E-01	3,4E+01 ± 2E+00	3,1E+01 ± 7E-01
Pb-210	8,1E+01 ± 8E+00	8,7E+01 ± 8E+00	5,6E+01 ± 5E+00	6,4E+01 ± 1E+01	7,2E+01 ± 4E+00
Ra-228	2,5E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 7E-01	2,7E+01 ± 2E+00	2,7E+01 ± 8E-01
Th-228	2,3E+01 ± 1E+00	2,7E+01 ± 1E+00	2,4E+01 ± 9E-01	2,5E+01 ± 2E+00	2,5E+01 ± 8E-01
Th-230					
K-40	3,3E+02 ± 2E+01	3,5E+02 ± 2E+01	3,1E+02 ± 2E+01	3,2E+02 ± 3E+01	3,3E+02 ± 1E+01
Be-7	5,4E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 3E+00	3,5E+01 ± 1E+00	5,4E+00 ± 1E+00	3,2E+01 ± 1E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	2,8E+00 ± 3E-01	6,2E+00 ± 4E-01	1,6E+00 ± 1E-01	5,0E+00 ± 6E-01	3,9E+00 ± 2E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90					

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2025 T – HE 8a
2. REKA SAVA – SEDIMENTI - posamični vzorci sedimentov

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	HE Brežice, levi breg						
Datum vzor.	6. 1. 2025	3. 2. 2025	4. 3. 2025	1. 4. 2025	5. 5. 2025	3. 6. 2025	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzor. (g)	84,40	75,20	73,90	90,90	160,00	113,40	
Oznaka vzorca	SDHEL0125	SDHEL0225	SDHEL0325	SDHEL0425	SDHEL0525	SDHEL0625	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)						
U-238	3,2E+01 ± 7E+00	3,6E+01 ± 6E+00	3,0E+01 ± 6E+00	3,5E+01 ± 7E+00	2,8E+01 ± 5E+00	3,4E+01 ± 8E+00	3,3E+01 ± 3E+00
Ra-226	3,3E+01 ± 8E-01	3,3E+01 ± 6E-01	3,2E+01 ± 7E-01	3,4E+01 ± 7E-01	3,2E+01 ± 7E-01	3,1E+01 ± 8E-01	3,2E+01 ± 3E-01
Pb-210	2,1E+02 ± 2E+01	1,6E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 9E+00	9,2E+01 ± 8E+00	7,5E+01 ± 7E+00	1,3E+02 ± 5E+00
Ra-228	3,0E+01 ± 1E+00	3,4E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 1E+00	3,4E+01 ± 1E+00	3,3E+01 ± 1E+00	3,7E+01 ± 1E+00	3,3E+01 ± 5E-01
Th-228	3,3E+01 ± 2E+00	3,1E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 1E+00	2,9E+01 ± 1E+00	3,3E+01 ± 2E+00	3,1E+01 ± 6E-01
Th-230							
K-40	4,1E+02 ± 2E+01	4,5E+02 ± 2E+01	4,3E+02 ± 2E+01	4,2E+02 ± 2E+01	4,5E+02 ± 2E+01	4,9E+02 ± 2E+01	4,4E+02 ± 9E+00
Be-7	2,9E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 2E+00	1,7E+01 ± 1E+00	1,9E+01 ± 2E+00	1,7E+01 ± 2E+00	1,7E+01 ± 2E+00	2,2E+01 ± 8E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	8,5E+00 ± 5E-01	7,3E+00 ± 3E-01	5,5E+00 ± 4E-01	6,2E+00 ± 3E-01	6,8E+00 ± 3E-01	6,1E+00 ± 4E-01	6,7E+00 ± 1E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	7,5E-01 ± 1E-01	8,1E-01 ± 2E-01	3,7E-01 ± 1E-01	2,0E-01 ± 1E-01	2,0E-01 ± 1E-01	3,1E-01 ± 9E-02	4,4E-01 ± 5E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2025 T – HE 8b
2. REKA SAVA – SEDIMENTI - posamični vzorci sedimentov

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	HE Brežice, levi breg						
Datum vzor.	1. 7. 2025	1. 8. 2025	1. 9. 2025	1. 10. 2025	3. 11. 2025	1. 12. 2025	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	148,00	163,90	98,10	66,70	163,50	139,10	
Oznaka vzorca	SDHEL0725	SDHEL0825	SDHEL0925	SDHEL1025	SDHEL1125	SDHEL1225	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)						
U-238	3,3E+01 ± 6E+00	1,8E+01 ± 5E+00	2,6E+01 ± 6E+00	2,1E+01 ± 6E+00	2,9E+01 ± 8E+00	3,2E+01 ± 8E+00	3,0E+01 ± 2E+00
Ra-226	3,5E+01 ± 7E-01	2,3E+01 ± 6E-01	3,8E+01 ± 9E-01	1,9E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 3E-01
Pb-210	5,4E+01 ± 5E+00	5,0E+01 ± 6E+00	1,0E+02 ± 9E+00	1,3E+02 ± 2E+01	1,0E+02 ± 1E+01	7,3E+01 ± 1E+01	1,1E+02 ± 3E+00
Ra-228	3,5E+01 ± 1E+00	2,1E+01 ± 9E-01	4,3E+01 ± 1E+00	2,3E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 5E-01
Th-228	3,0E+01 ± 1E+00	1,9E+01 ± 1E+00	3,5E+01 ± 2E+00	1,8E+01 ± 2E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 3E+00	2,8E+01 ± 5E-01
Th-230							
K-40	4,3E+02 ± 2E+01	2,4E+02 ± 1E+01	5,3E+02 ± 3E+01	3,1E+02 ± 3E+01	3,5E+02 ± 4E+01	2,9E+02 ± 3E+01	4,0E+02 ± 8E+00
Be-7		2,9E+01 ± 2E+00	5,8E+01 ± 3E+00	1,4E+02 ± 1E+01	1,5E+01 ± 3E+00	5,6E+00 ± 4E+00	3,2E+01 ± 1E+00
I-131							
Cs-134							
Cs-137	6,1E+00 ± 3E-01	1,5E+00 ± 2E-01	8,9E+00 ± 4E-01	5,6E+00 ± 6E-01	3,8E+00 ± 5E-01	7,1E+00 ± 8E-01	6,1E+00 ± 1E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	1,5E-01 ± 8E-02	3,0E-01 ± 1E-01	2,0E-01 ± 1E-01	1,4E+00 ± 2E-01	9,9E-01 ± 1E-01	8,3E-02 ± 3E-02	4,8E-01 ± 4E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2025 T – HE 9a
2. REKA SAVA – SEDIMENTI - posamični vzorci sedimentov

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	HE Brežice, desni breg						
Datum vzor.	6. 1. 2025	3. 2. 2025	4. 3. 2025	1. 4. 2025	5. 5. 2025	3. 6. 2025	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzor. (g)	125,90	95,00	146,70	116,60	106,60	104,70	
Oznaka vzorca	SDHED0125	SDHED0225	SDHED0325	SDHED0425	SDHED0525	SDHED0625	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)						
U-238	2,9E+01 ± 5E+00	3,0E+01 ± 6E+00	3,4E+01 ± 6E+00	3,1E+01 ± 6E+00	2,9E+01 ± 7E+00	3,9E+01 ± 7E+00	3,2E+01 ± 3E+00
Ra-226	3,2E+01 ± 6E-01	3,4E+01 ± 8E-01	3,8E+01 ± 7E-01	3,3E+01 ± 6E-01	4,1E+01 ± 1E+00	3,4E+01 ± 7E-01	3,6E+01 ± 3E-01
Pb-210	1,2E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 1E+01	6,8E+01 ± 6E+00	4,7E+01 ± 5E+00	9,5E+01 ± 9E+00	6,7E+01 ± 6E+00	8,6E+01 ± 3E+00
Ra-228	2,7E+01 ± 8E-01	3,4E+01 ± 1E+00	3,5E+01 ± 9E-01	3,2E+01 ± 9E-01	4,5E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 1E+00	3,5E+01 ± 5E-01
Th-228	2,4E+01 ± 9E-01	3,2E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 1E+00	3,7E+01 ± 2E+00	2,9E+01 ± 1E+00	3,0E+01 ± 5E-01
Th-230							
K-40	3,4E+02 ± 2E+01	4,3E+02 ± 2E+01	4,3E+02 ± 2E+01	3,7E+02 ± 2E+01	5,7E+02 ± 3E+01	4,4E+02 ± 2E+01	4,3E+02 ± 9E+00
Be-7	6,1E+01 ± 2E+00	5,0E+01 ± 3E+00	6,4E+00 ± 9E-01	1,3E+01 ± 1E+00	2,2E+01 ± 3E+00	4,4E+00 ± 1E+00	2,6E+01 ± 9E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	4,3E+00 ± 2E-01	7,1E+00 ± 4E-01	9,8E+00 ± 3E-01	5,0E+00 ± 2E-01	1,0E+01 ± 6E-01	7,1E+00 ± 3E-01	7,3E+00 ± 1E-01
Co-58							
Co-60	3,5E-01 ± 1E-01	6,3E-01 ± 1E-01	2,2E-01 ± 1E-01	9,8E-02 ± 4E-02	2,1E-01 ± 1E-01	5,5E-02 ± 2E-02	2,6E-01 ± 4E-02
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	3,5E-01 ± 1E-01	6,3E-01 ± 1E-01	2,2E-01 ± 1E-01	9,8E-02 ± 4E-02	2,1E-01 ± 1E-01	5,5E-02 ± 2E-02	2,6E-01 ± 4E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2025 T – HE 9b
2. REKA SAVA – SEDIMENTI - posamični vzorci sedimentov

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	HE Brežice, desni breg						
Datum vzor.	1. 7. 2025	1. 8. 2025	1. 9. 2025	1. 10. 2025	3. 11. 2025	1. 12. 2025	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzor. (g)	179,60	126,00	307,90	97,40	117,40	290,00	
Oznaka vzorca	SDHED0725	SDHED0825	SDHED0925	SDHED1025	SDHED1125	SDHED1225	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)						
U-238	3,1E+01 ± 7E+00	4,0E+01 ± 9E+00	2,9E+01 ± 6E+00	2,5E+01 ± 6E+00	1,9E+01 ± 7E+00	3,0E+01 ± 8E+00	3,0E+01 ± 2E+00
Ra-226	3,4E+01 ± 8E-01	3,1E+01 ± 1E+00	2,7E+01 ± 6E-01	2,2E+01 ± 2E+00	2,3E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 2E+00	3,2E+01 ± 3E-01
Pb-210	7,5E+01 ± 7E+00	1,1E+02 ± 1E+01	7,8E+01 ± 7E+00	8,7E+01 ± 1E+01	1,1E+02 ± 2E+01	5,0E+01 ± 8E+00	8,5E+01 ± 3E+00
Ra-228	3,2E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 2E+00	2,3E+01 ± 9E-01	2,2E+01 ± 2E+00	2,1E+01 ± 2E+00	2,6E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 5E-01
Th-228	3,3E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 2E+00	2,1E+01 ± 9E-01	2,0E+01 ± 2E+00	2,1E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 3E+00	2,8E+01 ± 5E-01
Th-230							
K-40	4,0E+02 ± 2E+01	4,4E+02 ± 3E+01	2,8E+02 ± 2E+01	3,0E+02 ± 3E+01	3,0E+02 ± 3E+01	3,5E+02 ± 4E+01	3,9E+02 ± 8E+00
Be-7		9,8E+01 ± 6E+00	1,5E+02 ± 5E+00	2,2E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 4E+00	1,9E+01 ± 3E+00	3,9E+01 ± 9E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	7,6E+00 ± 5E-01	6,6E+00 ± 5E-01	1,4E+00 ± 1E-01	5,7E+00 ± 6E-01	5,4E+00 ± 7E-01	4,8E+00 ± 5E-01	6,3E+00 ± 1E-01
Co-58							
Co-60	3,6E-01 ± 1E-01	6,5E-01 ± 1E-01	4,3E-01 ± 1E-01	7,3E-01 ± 2E-01	9,8E-01 ± 2E-01	8,3E-02 ± 3E-02	4,0E-01 ± 3E-02
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	3,6E-01 ± 1E-01	6,5E-01 ± 1E-01	4,3E-01 ± 1E-01	7,3E-01 ± 2E-01	9,8E-01 ± 2E-01	8,3E-02 ± 3E-02	4,0E-01 ± 3E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2025 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	Mrena	Krap	Povprečje za vzorčevalno mesto (*)
Datum vzor.	14. 2. 2025	8. 5. 2025	5. 8. 2025	1. 12. 2025	
Masa vzorca (g)	414	482	712	538	
Oznaka vzorca	RIHEJK125	RIHEJK225	RIHEJK325	RIHEJK425	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238					
Ra-226	2,8E-01 ± 1E-02	6,4E-02 ± 4E-02		# ± 4,6E-02	1,0E-01 ± 1E-02
Pb-210	1,2E-01 ± 5E-02	5,3E-01 ± 2E-01	2,8E-01 ± 1,2E-01	# ± 2,1E-01	3,2E-01 ± 8E-02
Ra-228	2,0E-01 ± 2E-02				5,1E-02 ± 5E-03
Th-228	1,1E-01 ± 2E-02				2,6E-02 ± 5E-03
Th-230					
K-40	4,5E+01 ± 3E+00	1,1E+02 ± 8E+00	9,0E+01 ± 5,6E+00	# ± 6,1E+00	7,8E+01 ± 3E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137					
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	2,0E-02 ± 8E-03	8,7E-02 ± 4E-02	2,8E-02 ± 1,6E-02	# ± 6,0E-03	3,7E-02 ± 1E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2025 T – HE 11
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE

Izotopska analiza sevalcev gama (**) in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	HE Brežice, nad jezom v akumulaciji		
Vrsta vzorca	Mrena	Krap	Povprečje za vzorčevalno mesto (*)
Datum vzor.	14. 2. 2025	5. 8. 2025	
Masa vzorca (g)	618	1190	
Oznaka vzorca	RIHEAP125	RIHEAP225	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)		
U-238			
Ra-226	1,3E-01 ± 3E-02	1,3E-01 ± 4E-02	1,3E-01 ± 4E-02
Pb-210	6,0E-01 ± 2E-01	5,6E-01 ± 2E-01	5,8E-01 ± 2E-01
Ra-228			
Th-228			
Th-230			
K-40	8,6E+01 ± 6E+00	6,9E+01 ± 4E+00	7,7E+01 ± 4E+00
Be-7			
I-131			
Cs-134			
Cs-137			
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
Sr-90	1,3E-02 ± 5E-03	4,7E-02 ± 2E-02	3,0E-02 ± 2E-02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Izhajanje radona iz posodice pri izračunu aktivnosti ni upoštevano.

LETO 2025 T – HE 12
3. VRTINA VOP-1 – posamični vzorci

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Slovenija

Specifična analiza H-3 (**)

Vzorč. mesto	Vrbina - vrtina VOP-1/06						
Datum vzor.	16. 1. 2025	17. 2. 2025	17. 3. 2025	16. 4. 2025	20. 5. 2025	16. 6. 2025	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oznaka vzorca	K25VRP111	K25VRP121	K25VRP131	K25VRP141	K25VRP151	K25VRP161	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
H-3	9,0E+02 ± 4E+01	7,9E+02 ± 3E+01	7,1E+02 ± 3E+01	7,2E+02 ± 4E+01	7,5E+02 ± 3E+01	7,2E+02 ± 3E+01	7,6E+02 ± 1E+01

Vzorč. mesto	Vrbina - vrtina VOP-1/06						
Datum vzor.	16. 7. 2025	18. 8. 2025	18. 9. 2025	16. 10. 2025	17. 11. 2025	16. 12. 2025	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oznaka vzorca	K25VRP171	K25VRP181	K25VRP191	K25VRP1A1	K25VRP1B1	K25VRP1C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
H-3	7,1E+02 ± 3E+01	6,4E+02 ± 3E+01	7,6E+02 ± 4E+01	6,3E+02 ± 5E+01	7,4E+02 ± 4E+01	6,8E+02 ± 3E+01	7,3E+02 ± 1E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na IJS na Odseku F-2.

LETO 2025 T – HE 13
3. VRTINA V-12/77 – posamični vzorci

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Slovenija

Specifična analiza H-3 (**)

Vzorč. mesto	Amerika - vrtina V-12/77						
Datum vzor.	16. 1. 2025	17. 2. 2025	17. 3. 2025	16. 4. 2025	20. 5. 2025	16. 6. 2025	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oznaka vzorca	K25VRP127711	K25VRP127721	K25VRP127731	K25VRP127741	K25VRP127751	K25VRP127761	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
H-3	1,6E+03 ± 5E+01	1,5E+03 ± 5E+01	1,4E+03 ± 4E+01	1,4E+03 ± 5E+01	1,3E+03 ± 5E+01	1,3E+03 ± 4E+01	1,4E+03 ± 2E+01

Vzorč. mesto	Amerika - vrtina V-12/77						
Datum vzor.	16. 7. 2025	18. 8. 2025	16. 9. 2025	14. 11. 2025	17. 11. 2025	16. 12. 2025	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oznaka vzorca	K25VRP127771	K25VRP127781	K25VRP127791	K25VRP1277A1	K25VRP1277B1	K25VRP1277C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
H-3	1,3E+03 ± 4E+01	1,0E+03 ± 4E+01	1,1E+03 ± 5E+01	1,1E+03 ± 5E+01	1,2E+03 ± 5E+01	1,3E+03 ± 5E+01	1,3E+03 ± 1E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja (apriorna negotovost).
(**) Radiokemijske analize H-3 so bile opravljene na IJS na Odseku F-2.

LETO 2025 T – HE 14
3. VRTINA V-7/77 – posamični vzorci

Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Slovenija

Specifična analiza H-3 (**)

Vzorč. mesto	Gmajnice						
Datum vzor.	16. 1. 2025	17. 2. 2025	17. 3. 2025	16. 4. 2025	20. 5. 2025	16. 6. 2025	Mesečno povprečje (za 1. polletje) (*)
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oznaka vzorca	K25VRP77711	K25VRP77721	K25VRP77731	K25VRP77741	K25VRP77751	K25VRP77761	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
H-3	1,2E+03 ± 4E+01	1,3E+03 ± 4E+01	1,1E+03 ± 4E+01	1,5E+03 ± 5E+01	1,6E+03 ± 5E+01	1,7E+03 ± 5E+01	1,4E+03 ± 2E+01

Vzorč. mesto	Gmajnice						
Datum vzor.	16. 7. 2025	18. 8. 2025	16. 9. 2025	17. 11. 2025	17. 11. 2025	16. 12. 2025	Mesečno povprečje (za celo leto) (*)
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oznaka vzorca	K25VRP77771	K25VRP77781	K25VRP77791	K25VRP777A1	K25VRP777B1	K25VRP777C1	
IZOTOP	KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI (Bq/m³)						
H-3	1,9E+03 ± 6E+01	2,0E+03 ± 6E+01	3,8E+03 ± 1E+02	6,3E+03 ± 2E+02	9,1E+03 ± 2E+02	7,6E+03 ± 2E+02	3,3E+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.

TABELE
REZULTATOV
PRIMERJALNIH MERITEV

REZULTATI PREVERJANJA

IAEA-TERC-2025-01 World Wide Proficiency Test Exercise on the determination of anthropogenic and natural radionuclides in water, soil, vegetation and simulated contaminated surface samples ALMERA, IAEA, Terrestrial Environment Radiochemistry Laboratory (TERC)

Junija 2025 je Terrestrial Environment Radio-Chemistry Laboratory z IAEA razposlal po en vzorec umetno kontaminirane vode, mineralne vode, zemlje, vegetacije ter vzorec simulirane kontaminirane površine za določanje vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov. Vzorec mineralne vode je bil namenjen določitvi naravnih radionuklidov v nizkih koncentracijah z radiokemijskimi metodami (ICP-MS, alfa spektrometrija, LSC). Vzorec simulirane kontaminirane površine je vseboval Ba-133 in Sr-90. Pri tem preverjanju je sodeloval IJS, Odsek F-2 pri določitvi sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama in tritija s tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo, IJS, Odsek O-2 je določal vsebnost H-3 in Sr-90 v vzorcu vode in Sr-90 v vzorcu simulirane kontaminirane površine s spektrometrijo beta. IRB je določil vsebnost sevalcev gama, stroncija Sr-90 in tritija, ZVD pa je določil sevalce gama in Sr-90. Končne individualne rezultate smo prejeli januarja 2026 *[IAEA-TERC-2025-01 World Wide Proficiency Test Exercise, Individual Evaluation Report for Labcode No. 227 (IJS, Odsek F-2), Individual Evaluation Report for Laboratory No. 33 (IJS, Odsek O-2) for the World-Wide Open Proficiency Test IAEA-TERC-2025-01, Individual Evaluation Report for Laboratory No. 382 (IRB)* in *Individual Evaluation Report for Laboratory No. 127 (ZVD) for the World-Wide Open Proficiency Test IAEA-TERC-2025-01, IAEA, Terrestrial Environment Radio-Chemistry Laboratory, Seibersdorf, januar 2026]*.

V prvih 4 tabelah so zbrani rezultati analiz IJS (koda laboratorija 227 za Odsek F-2) in primerjave rezultatov z referenčnimi vrednostmi IAEA. Odsek F-2 vzorca mineralne vode ni analiziral. Sledita dve tabeli z rezultati analiz IJS (Odsek O-2, koda laboratorija 33). V naslednjih štirih tabelah so zbrani rezultati analiz IRB (koda laboratorija 382), nato pa so v zadnjih štirih tabelah zbrani rezultati ZVD (koda laboratorija 127). V vseh tabelah so tudi primerjave rezultatov z referenčnimi vrednostmi IAEA.

IAEA je rezultate meritev ovrednotila na podlagi določitve relativnega odstopanja *Bias*:

$$Bias = \frac{Value_{reported} - Value_{target}}{Value_{target}} \cdot 100\ \%$$

Le-tega so primerjali z največjim dopustnim odstopanjem (*MARB*), ki je bil določen individualno za vsak posamezen radionuklid. Kadar je vrednost relativnega odstopanja manjša ali enaka MARB, je rezultat sprejemljiv glede na točnost (accuracy).

$$P = \sqrt{\left(\frac{U_{target}}{Value_{target}}\right)^2 + \left(\frac{U_{reported}}{Value_{reported}}\right)^2} \cdot 100\ \%$$

$$|Bias| \leq k \cdot P, \quad k = 2{,}58$$

kjer je k je faktor pokritja in je 2,58 za interval zaupanja 99 %. 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-test:

$$Z = \left|\frac{Value_{reported} - Value_{target}}{\sigma_{PT}}\right|$$

kjer je σ_{PT} standardna deviacija rezultatov interkomparacije brez outlierjev. Kriteriji za ovrednotenje so:

Z < 2: acceptable, 2 ≤ Z ≤ 3: warning, Z > 3: not acceptable

REZULTATI IJS (Odsek F-2):

IAEA-TERC-2025-01
Sample 01, Spiked Water
analize IJS opravljene ***avgusta in septembra 2025,*** individualni rezultati objavljeni ***januarja 2026***

IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 227	Rel. odmik (%)	Z-test	P-test (%)	Končna ocena
	(Bq/kg)					
H-3	46,8 ± 2,4	49,7 ± 0,8	6,2	0,62	5,37	A
Na-22	19,9 ± 1,2	19,4 ± 0,6	–2,5	–0,38	6,78	A
Co-60	35,6 ± 1,5	35,1 ± 1,1	–1,4	–0,21	5,25	A
Ba-133	34,3 ± 2,1	32,8 ± 1,0	–4,4	–0,66	6,48	A
Cs-134	24,6 ± 1,0	23,5 ± 0,8	–4,5	–0,67	5,30	A
Cs-137	17,1 ± 0,7	16,7 ± 0,5	–2,3	–0,35	5,07	A
Pb-210	29,4 ± 1,2	32,2 ± 1,6	9,5	0,95	6,43	A

IAEA-TERC-2025-01
Sample 03, Soil
analize IJS opravljene ***avgusta in septembra 2025,*** individualni rezultati objavljeni ***januarja 2026***

IZOTOP*	IAEA	IJS Lab. No. 227	Rel. odmik (%)	Z-test	P-test (%)	Končna ocena
	(Bq/kg)					
K-40	485 ± 11	525 ± 20	8,2	1,24	4,43	A
Cs-137	10,3 ± 0,3	11,6 ± 0,4	12,6	1,89	4,51	W
Tl-208	12,9 ± 0,4	14,1 ± 0,5	9,3	1,40	4,71	A
Pb-210	43,4 ± 1,7	43,4 ± 2,4	0,0	0,00	6,78	A
Pb-212	36,8 ± 1,1	40,2 ± 1,3	9,2	1,39	4,40	A
Ra-226	47,9 ± 1,3	54,5 ± 1,7	13,8	2,07	4,13	W
U-235	1,24 ± 0,02	1,4 ± 0,2	12,9	1,94	14,38	A
U-238	27,0 ± 0,4	29,9 ± 2,3	10,7	1,61	7,83	A

IAEA-TERC-2025-01
Sample 04, Vegetation
analize IJS opravljene ***avgusta in septembra 2025,*** individualni rezultati objavljeni ***januarja 2026***

IZOTOP	IAEA	IJS Lab. No. 227	Rel. odmik (%)	Z-test	P-test (%)	Končna ocena
	(Bq/kg)					
K-40	2029 ± 69	2180 ± 70	7,4	1,12	4,68	A

IAEA-TERC-2025-01 Sample 05, "Simulated contaminated surface sample" analize IJS opravljene ***julija in septembra 2025,*** individualni rezultati objavljeni ***januarja 2026***						
IZOTOP	**IAEA**	**IJS Lab. No. 227**	**Rel. odmik (%)**	**Z-test**	**P-test (%)**	**Končna ocena**
	(Bq/filter)					
Ba-133	10,1 ± 0,51	9,32 ± 0,29	–7,7	–0,42	5,93	A

REZULTATI IJS (Odsek O-2)

IAEA-TERC-2025-01 Sample 01, Spiked Water analize IJS opravljene ***julija in avgusta 2025,*** individualni rezultati objavljeni ***januarja 2026***						
IZOTOP	**IAEA**	**IJS Lab. No. 33**	**Rel. odmik (%)**	**Z-test**	**P-test (%)**	**Končna ocena**
	(Bq/kg)					
H-3	46,8 ± 2,4	47,8 ± 2,2	2,1	0,21	6,89	A
Sr-90	39,5 ± 2,0	39,1 ± 2,1	–1,0	–0,10	7,38	A

IAEA-TERC-2025-01 Sample 05, "Simulated contaminated surface sample" analize IJS opravljene ***julija in avgusta 2025,*** individualni rezultati objavljeni ***januarja 2026***						
IZOTOP*	**IAEA**	**IJS Lab. No. 33**	**Rel. odmik (%)**	**Z-test**	**P-test (%)**	**Končna ocena**
	(Bq/kg)					
Sr-90	3,22 ± 0,16	3,15 ± 0,16	–2,2	–0,22	7,11	A

REZULTATI IRB

IAEA-TERC-2025-01 Sample 01, Spiked Water analize IRB opravljene ***avgusta in septembra 2025,*** individualni rezultati objavljeni ***januarja 2026***						
IZOTOP	**IAEA**	**IRB Lab. No. 382**	**Rel. odmik (%)**	**Z-test**	**P-test (%)**	**Končna ocena**
	(Bq/kg)					
H-3	46,8 ± 2,4	42 ± 2,4	–10,3	–1,03	7,68	A
Na-22	19,9 ± 1,2	20,69 ±1,17	4,0	0,60	8,27	A
Co-60	35,6 ± 1,5	36,63 ± 1,56	2,9	0,43	5,99	A
Sr-90	39,5 ± 2,0	38 ± 1,9	–3,8	–0,38	7,12	A
Ba-133	34,3 ± 2,1	35,1 ± 2,22	2,3	0,35	8,80	A
Cs-134	24,6 ± 1,0	24,73 ± 1,44	0,5	0,08	7,10	A
Cs-137	17,1 ± 0,7	17,19 ± 1,03	0,5	0,08	7,26	A
Pb-210	29,4 ± 1,2	32 ± 4,75	8,8	0,88	15,39	A

IAEA-TERC-2025-01 Sample 03, Soil analize IRB opravljene ***avgusta in septembra 2025,*** individualni rezultati objavljeni ***januarja 2026***						
IZOTOP*	**IAEA**	**IRB Lab. No. 382**	**Rel. odmik (%)**	**Z-test**	**P-test (%)**	**Končna ocena**
	(Bq/kg)					
K-40	485 ± 11	56 ± 23	6,4	0,96	5,00	A
Cs-137	10,3 ± 0,3	10,8 ± 0,7	4,9	0,73	7,11	A
Tl-208	12,9 ± 0,4	13,58 ± 0,87	5,3	0,80	7,11	A
Pb-210	43,4 ± 1,7	42,93 ± 4,72	–1,1	–0,16	11,67	A
Bi-212	39,6 ± 1,7	37,46 ± 2,61	–5,4	–0,81	8,18	A
Pb-212	36,8 ± 1,1	37,46 ± 2,61	1,8	0,27	7,58	A
Bi-214	47,9 ± 1,3	46,52 ± 3,25	–2,9	–0,43	7,49	A
Pb-214	47,9 ± 1,3	46,52 ± 3,25	–2,9	–0,43	7,49	A
Ra-226	47,9 ± 1,3	46,52 ± 3,25	–2,9	–0,43	7,49	A
Ac-228	36,4 ± 1,7	37,46 ± 2,61	2,9	0,44	8,39	A
Th-232	36,4 ± 1,7	37,46 ± 2,61	2,9	0,44	8,39	A
Th-234	27,0 ± 0,4	39,23 ± 6,65	6,65	6,79	18,22	N
U-238	27,0 ± 0,4	39,23 ± 6,65	6,65	6,79	18,22	N

IAEA-TERC-2025-01 Sample 04, Vegetation analize IRB opravljene ***avgusta in septembra 2025,*** individualni rezultati objavljeni ***januarja 2026***						
IZOTOP	**IAEA**	**IRB Lab. No. 382**	**Rel. odmik (%)**	**Z-test**	**P-test (%)**	**Končna ocena**
	(Bq/kg)					
K-40	2029 ± 69	2336 ± 104	15,1	2,27	5,60	W

IAEA-TERC-2025-01 Sample 05, "Simulated contaminated surface sample" analize IRB opravljene ***avgusta in septembra 2025,*** individualni rezultati objavljeni ***januarja 2026***						
IZOTOP	**IAEA**	**IRB Lab. No. 382**	**Rel. odmik (%)**	**Z-test**	**P-test (%)**	**Končna ocena**
	(Bq/filter)					
Sr-90	3,22 ± 0,16	3,35 ± 0,33	4,0	0,40	11,03	A
Ba-133	10,1 ± 0,51	9,65 ± 0,66	–4,5	–0,45	8,50	A

REZULTATI ZVD

IAEA-TERC-2025-01 Sample 01, Spiked Water analize ZVD opravljene ***od junija do avgusta 2025,*** individualni rezultati objavljeni ***januarja 2026***						
IZOTOP	**IAEA**	**ZVD Lab. No. 127**	**Rel. odmik (%)**	**Z-test**	**P-test (%)**	**Končna ocena**
	(Bq/kg)					
Na-22	19,9 ± 1,2	20,81 ± 1,88	4,6	0,69	10,84	A
Co-60	35,6 ± 1,5	37,40 ± 2,96	5,1	0,76	8,97	A
Sr-90	39,5 ± 2,0	8,7 ± 0,7	–78,0	–7,80	9,51	N
Ba-133	34,3 ± 2,1	37,36 ± 3,54	8,9	1,34	11,28	A
Cs-134	24,6 ± 1,0	25,55 ± 2,21	3,9	0,58	9,56	A
Cs-137	17,1 ± 0,7	17,91 ± 1,92	4,7	0,71	11,48	A
Pb-210	29,4 ± 1,2	30,36 ± 4,22	3,3	0,33	14,48	A

IAEA-TERC-2025-01
Sample 03, Soil

analize ZVD opravljene ***od junija do avgusta 2025,*** individualni rezultati objavljeni ***januarja 2026***

IZOTOP*	IAEA	ZVD Lab. No. 127	Rel. odmik (%)	Z-test	P-test (%)	Končna ocena
	(Bq/kg)					
K-40	485 ± 11	504 ± 15	3,9	0,59	3,74	A
Cs-137	10,3 ± 0,3	10,9 ± 0,4	5,8	0,87	4,69	A
Pb-210	43,4 ± 1,7	45,1 ± 3,7	3,9	0,59	9,09	A
Ra-226	47,9 ± 1,3	43,1 ± 2,6	–10,0	–1,50	6,61	A
U-235	1,24 ± 0,02	2,46 ± 0,47	98,4	14,76	19,17	N
U-238	27,0 ± 0,4	25,3 ± 2	–5,9	–0,89	8,01	A

IAEA-TERC-2025-01
Sample 04, Vegetation

analize ZVD opravljene ***od junija do avgusta 2025,*** individualni rezultati objavljeni ***januarja 2026***

IZOTOP	IAEA	ZVD Lab. No. 127	Rel. odmik (%)	Z-test	P-test (%)	Končna ocena
	(Bq/kg)					
K-40	2029 ± 69	2068 ± 180	1,9	0,29	9,34	A

IAEA-TERC-2025-01
Sample 05, "Simulated contaminated surface sample"

analize ZVD opravljene ***od junija do avgusta 2025,*** individualni rezultati objavljeni ***januarja 2026***

IZOTOP	IAEA	ZVD Lab. No. 127	Rel. odmik (%)	Z-test	P-test (%)	Končna ocena
	(Bq/filter)					
Sr-90	3,22 ± 0,16	2,96 ± 0,24	–8,1	–0,81	9,51	A
Ba-133	10,1 ± 0,51	10,1 ± 0,7	0,0	0,00	8,58	A

KONČNI REZULTATI MEDNARODNE PRIMERJAVE

ENVIRONMENTAL RADIOACTIVITY COMPARISON EXERCISE 2024/25
National Physical Laboratory (NPL), Združeno kraljestvo
GH, AB, B1 – kontaminirane vodne raztopine

Septembra 2025 je bilo izdano končno poročilo za mednarodne primerjalne meritve *"Environmental Radioactivity Proficiency Exercise 2024-25" [NPL REPORT RR10 PTE 24-25, E.M. van Es and A. K. Pearce, September 2025]*, kjer sta sodelovala Odsek F-2 z IJS (koda laboratorija 205.1) pri meritvah vzorca kontaminirane vodne raztopine z višjimi koncentracijami sevalcev gama GH z visokoločljivostno spektrometrijo gama in Odsek O-2 z IJS (koda laboratorija 106) pri meritvah vzorcev kontaminiranih vodnih raztopin B1 in AB. V teh vodnih raztopinah B1 in AB smo določili vsebnosti H-3, C-14 in Sr-90. Vzorce smo prejeli aprila 2025. 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 F-2

	NPL – GH / Lab Code 205.1 **kontaminirana vodna raztopina s sevalci gama višjih aktivnosti** analize IJS opravljene ***aprila in maja 2025***, končni rezultati objavljeni ***septembra 2025***					
IZOTOP	**NPL**	**IJS Lab. No. 205.1**	**Rel. odmik (%)**	**ζ-preskus**	***z*-preskus**	**Končna ocena**
	(Bq/kg)					
Mn-54	3,89 ± 0,10	3,99 ± 0,12	2,6	0,64	0,44	A
Co-57	12,35 ± 0,33	12,64 ± 0,38	2,3	0,58	0,40	A
Zn-65	10,68 ± 0,26	10,93 ± 0,33	2,3	0,60	0,40	A
Ba-133	34,4 ± 1,4	34,4 ± 1,1	0,0	0,00	0,00	A
Cs-137	6,99 ± 0,10	7,34 ± 0,22	1,45	1,45	0,86	A

REZULTATI IJS, Odsek O-2

NPL – AB / Lab Code 106 **kontaminirana vodna raztopina** analize IJS, Odsek O-2, opravljene ***od aprila do junija 2025*** končno poročilo objavljeno ***septembra 2025***					
IZOTOP	**NPL**	**IJS Lab. No. 106**	**Rel.odmik (%)**	**ζ-preskus**	**Z-preskus**
	(Bq/kg)				
H-3	12,55 ± 0,18	12,27 ± 0,11	–2,2	–1,33	–0,38
Sr-90	2,6067 ± 0,0091	2,53 ± 0,26	–2,9	–0,29	–0,51

NPL – B1 / Lab Code 106 **kontaminirana vodna raztopina** analize IJS, Odsek O-2, opravljene ***od aprila do junija 2025*** končno poročilo objavljeno ***septembra 2025***					
IZOTOP	**NPL**	**IJS Lab. No. 106**	**Rel.odmik (%)**	**ζ-preskus**	**Z-preskus**
	(Bq/kg)				
H-3	0,5175 ± 0,0078	0,5059 ± 0,0060	–2,2	–1,18	–0,38
C-14	0,1557 ± 0,0012	0,159 ± 0,011	2,1	0,30	0,36

REZULTATI PREVERJANJA

IARMA ERAD-PT-2025
Environmental Radioactivity Proficiency Test on the Determination of Natural and Anthropogenic Radionuclides in Hay and Water
International Atomic Reference Material Agency (IARMA), United Kingdom

V letu 2025 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 sena določiti vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov. Pri tem preverjanju je sodeloval IJS, Odsek F-2 pri določitvi sevalcev gama v vzorcih vod in sena z visokoločljivostno spektrometrijo gama. Individualna poročila smo prejeli januarja 2026. *[IARMA ERAD-PT-2025, Environmental Radioactivity Proficiency Test on the Determination of Natural and Anthropogenic Radionuclides in Hay and Water, Individual Evaluation Report for Laboratory Code 01 (IJS, Odsek F-2), International Atomic Reference Material Agency (IARMA), Thurso, Highland, United Kingdom, januar 2026]*.

IARMA je rezultate meritev ovrednotila na podlagi določitve relativnega odstopanja *Bias*:

$$\text{Rel. odmik} = \frac{Value_{reported} - Value_{ref}}{Value_{ref}} \cdot 100\ \%$$

Če je $|\text{Rel. odmik}| \leq 20$, je rezultat sprejemljiv, če je $|\text{Rel. odmik}| > 30$, pa ni sprejemljiv. V vmesnem območju je sprejemljiv z opozorilom.

Poleg tega so informativno uporabili tudi *Z*-preskus, ki je definiran kot:

$$Z\text{-preskus} = \frac{Value_{reported} - Value_{ref}}{\sigma}$$

kjer je $\sigma = 0{,}10 * Value_{Ref}$. Rezultati so ustrezni, če je |Z-preskus| ≤ 2.

V naslednjih 4 tabelah so zbrani rezultati analiz IJS (koda laboratorija 014 za Odsek F-2), primerjave z referenčnimi vrednostmi IARMA za umetne in naravne radionuklide v 3 vzorcih kontaminirane vode in enem vzorcu sena. Sledijo jim 4 tabele z rezultati analiz IRB (koda laboratorija 015).

REZULTATI IJS (Odsek F-2):

IARMA ERAD-PT-2025
Sample IARMA-198, Water Sample
analize IJS opravljene ***novembra 2025,***
končni rezultati objavljeni ***januarja 2025***

IZOTOP	IARMA	IJS Lab. No. 01	Rel. odmik (%)	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)				
Co-60	4,00 ± 0,13	4,09 ± 0,12	2,3	0,2	A
Cs-137	4,00 ± 0,15	3,98 ± 0,17	–0,5	–0,1	A
Eu-152	9,00 ± 0,11	8,37 ± 0,25	–7,0	–0,7	A
Pb-210	90,00 ± 4,90	96,50 ± 4,60	7,2	0,7	A
Ra-226	40,00 ± 1,50	42,22 ± 1,74	5,6	0,6	A
Am-241	5,00 ± 0,12	5,15 ± 0,27	3,0	0,3	A

IARMA ERAD-PT-2025
Sample IARMA-199, Water Sample

analize IJS opravljene ***novembra 2025,***
končni rezultati objavljeni ***januarja 2025***

IZOTOP	IARMA	IJS Lab. No. 01	Rel. odmik (%)	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)				
Co-60	6,50 ± 0,20	6,68 ± 0,20	2,8	0,3	A
Cs-137	4,00 ± 0,13	4,09 ± 0,17	2,3	0,2	A
Eu-152	2,00 ± 0,06	1,80 ± 0,11	–10,0	–1,0	A
Pb-210	40,00 ± 2,50	45,90 ± 3,52	14,8	1,5	A
Ra-226	20,00 ± 1,30	19,30 ± 2,25	–3,5	–0,4	A
Am-241	2,50 ± 0,90	2,47 ± 0,13	–1,2	–0,1	A

IARMA ERAD-PT-2025
Sample IARMA-200, Water Sample

analize IJS opravljene ***novembra 2025,***
končni rezultati objavljeni ***januarja 2025***

IZOTOP	IARMA	IJS Lab. No. 01	Rel. odmik (%)	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)				
Co-60	20,50 ± 0,60	20,13 ± 0,60	–1,8	–0,2	A
Cs-137	14,50 ± 0,36	14,67 ± 0,44	1,2	0,1	A
Eu-152	9,00 ± 0,30	7,54 ± 0,23	–16,2	–1,6	A
Pb-210	88,00 ± 6,00	100,65 ± 3,02	14,4	1,4	A
Ra-226	40,00 ± 3,50	43,39 ± 2,13	8,5	0,8	A
Am-241	5,00 ± 0,20	5,20 ± 0,24	4,0	0,4	A

IARMA ERAD-PT-2025
Sample IARMA-197, Hay

analize IJS opravljene ***novembra 2025,***
končni rezultati objavljeni ***januarja 2025***

IZOTOP	IARMA	IJS Lab. No. 01	Rel. odmik (%)	Z-preskus	Končna ocena
	(Bq/kg)				
K-40	221,0 ± 8,0	250,72 ± 7,82	13,4	1,3	A
Co-60	36,20 ± 1,01	38,72 ± 1,16	7,0	0,7	A
Cs-137	383,00 ± 15,00	409,97 ± 12,30	7,0	0,7	A
Eu-152	19,00 ± 0,80	20,74 ± 0,62	9,2	0,9	A
Pb-210	100,00 ± 6,00	102,25 ± 3,92	2,3	0,2	A
Ra-226	60,00 ± 3,50	60,34 ± 8,62	0,6	0,1	A
Am-241	15,00 ± 0,60	15,53 ± 0,67	3,5	0,4	A

REZULTATI PREVERJANJA

IARMA ETRIT-PT-2025
Environmental Radioactivity Proficiency Test on the Determination of Tritium in Water, International Atomic Reference Material Agency (IARMA), Thurso, Highland, United Kingdom

V letu 2025 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 sta sodelovala IJS, Laboratorij za tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo z Odseka F-2 in IRB. Individualna poročila so prejeli januarja 2026 *[IARMA ETRIT-PT-2025, Environmental Radioactivity Proficiency Test on the Determination of Tritium in Water, Individual Evaluation Report for Laboratory Code 010 za IJS, Odsek F-2* in *Individual Evaluation Report for Laboratory Code 06 za IRB, International Atomic Reference Material Agency (IARMA), Thurso, Highland,United Kingdom, januar 2026]*.

V naslednjih dveh tabelah so zbrani rezultati analiz IJS (koda laboratorija 010 za *Odsek F-2*) in IRB (koda laboratorija 06) ter primerjave z referenčnimi vrednostmi IARMA za določitev vsebnosti tritija v šestih vzorcih kontaminirane vode.

REZULTATI IJS (Odsek F-2)

IARMA ETRIT-PT-2025
Tritium in Water

analize IJS opravljene ***oktobra in novembra 2025,*** končni rezultati objavljeni ***januarja 2026***

VZOREC	IARMA	IJS Lab. No. 010	Rel. odmik (%)	*Z*-preskus	Končna ocena
	(TU)				
IARMA-201	<5	<2,12	–	–	A
IARMA-202	10,00 ± 1,00	10,20 ± 3,50	2,0	0,20	A
IARMA-203	65,0 ± 4,50	65,10 ± 4,80	0,2	0,02	A
IARMA-204	200,0 ± 10,0	205.30 ± 7,80	2,7	0,27	A
IARMA-205	300,0 ± 15,0	300,40 ± 10,40	0,1	0,01	A
IARMA-206	200,0 ± 10,0	204,40 ± 7,90	2,2	0,22	A

REZULTATI IRB

IARMA ETRIT-PT-2025
Tritium in Water

analize IRB opravljene ***septembra in oktobra 2025,*** končni rezultati objavljeni ***januarja 2026***

VZOREC	IARMA	IRB Lab. No. 06	Rel. odmik (%)	*Z*-preskus	Končna ocena
	(TU)				
IARMA-201	<5	<2,37	–	–	A
IARMA-202	10,00 1,00	8,33 ± 1,36	–16,7	–1,67	A
IARMA-203	65,0 ± 4,50	60,14 ± 4,59	–7,5	–0,75	A
IARMA-204	200,0 ± 10,0	191,52 ± 10,85	–4,2	–0,42	A
IARMA-205	300,0 ± 15,0	276,65 ± 15,04	–7,8	–0,78	A
IARMA-206	200,0 ± 10,0	182,20 ± 9,83	–8,9	–0,89	A

REZULTATI PREVERJANJA

IARMA ECARB-PT-2025
Environmental Radioactivity Proficiency Test on the Determination of C-14 in Water
International Atomic Reference Material Agency (IARMA), Thurso, Highland, United Kingdom

V letu 2025 je IARMA, International Atomic Reference Material Agency iz Združenega kraljestva, priredila primerjalne meritve, kjer je bilo treba v 4 vzorcih umetno kontaminirane vode določiti vsebnosti C-14. Pri tem preverjanju je sodeloval IJS, Laboratorij za tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo z Odseka F-2. Individualna poročila so prejeli januarja 2026 *[IARMA ECARB-PT-2025, Environmental Radioactivity Proficiency Test on the Determination of C-14 in Water, Individual Evaluation Report for Laboratory Code 010, International Atomic Reference Material Agency (IARMA), Thurso, Highland,United Kingdom, januar 2025]*.

V naslednji tabeli so zbrani rezultati analiz IJS (koda laboratorija 010 za *Odsek F-2*), primerjave z referenčnimi vrednostmi IARMA za določitev vsebnosti C-14 v 4 vzorcih kontaminirane vode.

REZULTATI IJS (Odsek F-2):

IARMA ECARB-PT-2025
Carbon 14 in Water

analize IJS opravljene ***oktobra in novembra 2025,*** končni rezultati objavljeni ***januarja 2026***

VZOREC	IARMA	IJS Lab. No. 010	Rel. bias (%)	*Z*-preskus	Končna Ocena
	(Bq/kg)				
IARMA-213	25,00 ± 1,00	19,56 ± 1,06	–21,8	–2,18	W
IARMA-214	<3	<0,7	–	–	A
IARMA-215	38,00 ±1,35	24,59 ± 1,47	–9,0	–0,90	A
IARMA-216	38,00 ±1,35	35,02 ± 1,07	–7,8	–0,78	A

REZULTATI
MEDNARODNIH PRIMERJALNIH MERITEV

Study MRAD-43
ERA (Environmental Resource Associates), ZDA

Decembra 2025 so bili objavljeni končni rezultati primerjalnih meritev MRAD-43 *[Proficiency testing performance report, Multi-media Radiochemistry PT Scheme, Round 43, 22 September 2025 through 21 November 2025, 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 tri vzorce (vzorec zemlje in dva vzorca vode, od katerih je bil eden za določitev tritija in eden za določitev drugih radionuklidov).

Rezultati analiz IRB ter primerjave s pripisanimi vrednostmi (assigned values) so zbrane v naslednjih 3 preglednicah.

Za ovrednotenje rezultatov primerjalnih meritev uporablja ERA z-preskus, ki je definiran kot:

$$z\text{-preskus} = \frac{Value_{reported} - Value_{ref}}{\sigma}$$

Rezultati so ustrezni, če je |z-preskus| ≤ 2, vprašljiv, če je med 2 in 3 in neustrezen, če je večji od 3.

REZULTATI IRB

ERA, Study MRAD-43
Soil Radionuclides

analize opravljene ***od septembra do novembra 2025***, končni rezultati objavljeni ***decembra 2025***

IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Satisfactory Range	IRB	z-preskus	Končna ocena
	(pCi/kg)				
Ac-228	1150 ± 58	806–1520	1220	0,326	Satisfactory
Am-241	1550 ± 16	1060–1790	1347	–0,453	Satisfactory
Bi-212	1150 ± 58	451–1820	1239	0,295	Satisfactory
Bi-214	2880 ± 68	1370–3440	2855	0,873	Satisfactory
Cs-134	3340 ± 36	2230–3710	3166	0,522	Satisfactory
Cs-137	7190 ± 72	5470–8700	6838	–0,304	Satisfactory
Co-60	1190 ± 8	971–1490	1177	–0,402	Satisfactory
Pb-212	1150 ± 58	708–1730	1291	0,292	Satisfactory
Pb-214	3020 ± 71	1510–3630	2973	0,762	Satisfactory
K-40	34100 ± 1705	28600–39500	34112	0,0232	Satisfactory
Sr-90	9490 ± 95	3070–13600	8716	0,145	Satisfactory
Th-234	4200 ± 42	2770–4800	4448	1,31	Satisfactory
U-238	4200 ± 42	2680–4940	4470	1,16	Satisfactory
Zn-65	3820 ± 40	3000–4740	3558	–0,709	Satisfactory

ERA, Study MRAD-43
Water Radionuclides

analize opravljene ***od septembra do novembra 2025***, končni rezultati objavljeni ***decembra 2025***

IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Satisfactory Range	IRB	z-preskus	Končna ocena
	(pCi/L)				
Am-241	68,6 ± 0,7	59,7–79,1	80	2,19	Warning
Cs-134	765 ± 8	622–802	775	1,41	Satisfactory
Cs-137	1670 ± 17	1530–1830	1708	0,355	Satisfactory
Co-60	2080 ± 14	1920–2290	2126	0,218	Satisfactory
Fe-55	399 ± 4	247–472	400	0,722	Satisfactory
Sr-90	699 ± 7	541–818	558	–1,75	Satisfactory
Zn-65	463 ± 5	451–558	486	–0,682	Satisfactory

ERA, Study MRAD-43
Water Tritium

analize opravljene ***od septembra do novembra 2025***, končni rezultati objavljeni ***decembra 2025***

IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Satisfactory Range	IRB	z-preskus	Končna ocena
	(pCi/L)				
H-3	28300 ± 439	22300–29600	27027	0,568	Satisfactory

REZULTATI
MEDNARODNE PRIMERJALNE MERITVE

Radiochemistry PT Scheme, Round 143
ERA (Environmental Resource Associates), ZDA

Decembra 2025 so bili objavljeni končni rezultati radiokemijske primerjave RAD-143 za določitev vsebnosti stroncija v vodnih vzorcih *[Radiochemistry PT Scheme, Round 143, 03 October 2025 through 17 November 2025, ERA, Environmental Resource Associates, ERA Customer Number: R460987 (za IRB), ZDA, December 2025]* za en vzorec vode, ki ga je razposlala ERA, Environmental Resource Associates, ZDA.

IRB je v okviru te interkomparacije opravil meritve vsebnosti stroncija. Rezultati IRB ter primerjave s pripisanimi vrednostmi (assigned values) so zbrani v naslednji tabeli.

Za ovrednotenje rezultatov primerjalnih meritev uporablja ERA z-preskus, ki je definiran kot:

$$z\text{-preskus} = \frac{Value_{reported} - Value_{ref}}{\sigma}$$

Rezultati so ustrezni, če je |z-preskus| ≤ 2, vprašljiv, če je med 2 in 3 in neustrezen, če je večji od 3.

REZULTATI IRB

ERA, RAD-143
Water Radionuclides

analize opravljene ***od oktobra do novembra 2025***, končni rezultati objavljeni ***decembra 2025***

IZOTOP	ERA Certified value	ERA Satisfactory Range	IRB	z-preskus	Končna ocena
	(pCi/L)				
Sr-89	64,2 ± 0,7	44,6–81,9	69,7	0,694	Satisfactory
Sr-90	43,8 ± 0,4	30,8–53,4	41,9	–0,0417	Satisfactory

Meritve opravljene z doma razvito LSC metodo s čerenkovim štetjem (in house LSC Cherenkov)

ERA, RAD-143
Water Radionuclides

analize opravljene ***od oktobra do novembra 2025***, končni rezultati objavljeni ***decembra 2025***

IZOTOP	ERA Certified value	ERA Satisfactory Range	IRB	z-preskus	Končna ocena
	(pCi/L)				
Sr-89	64,2 ± 0,7	44,6–81,9	67,3	0,436	Satisfactory
Sr-90	43,8 ± 0,4	30,8–53,4	40,5	–0,289	Satisfactory

Meritve opravljene z doma razvito metodo s proporcionalnim štetjem (in house PC)

REZULTATI PREVERJANJA

"Fortluft 2024" sevalci gama v aerosolnem filtru
BfS, Bundesamt für Strahlenschutz in PTB, Nemčija

V letu 2024 je ZVD sodeloval pri primerjalnih meritvah simuliranih aerosolnih filtrov – *46. Ringversuch "Fortluft 2024", Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken (Fortluft) [BfS-UR 3–102/2025, H. Schöllnberger, A. Deller, A. Heckel, C. Strobl, S. Hennig, O. Nähle, BfS, Berlin, Nemčija, junij 2025]*, ki jih je organiziral Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) v sodelovanju s PTB iz Nemčije. Koda laboratorija ZVD je bila 2024-1359b (65). Meritve ZVD so bile opravljene od decembra 2024 do januarja 2025, končni rezultati so bili objavljeni junija 2025. Rezultati in primerjave z referenčnimi vrednostmi so zbrane v spodnji tabeli.

Za ovrednotenje rezultatov primerjalnih meritev uporablja BfS z-preskus in ζ-preskus, ki sta definirana kot:

$$z\text{-preskus} = \frac{Value_{reported} - Value_{sollwert}}{\sigma}$$

$$\zeta\text{-preskus} = \frac{Value_{reported} - Value_{Sollwert}}{\sqrt{u_{reported}{}^2 + u_{Sollwert}{}^2}}$$

Rezultati so ustrezni, če sta |z-preskus| in |ζ-preskus| ≤ 2, vprašljiv, če sta med 2 in 3 in neustrezen, če sta večja od 3.

REZULTATI ZVD

IZOTOP	BfS PTB-Sollwert (Bq/g)	ZVD * (vzorec št. 2024-1359b, koda laboratorija 65) (Bq/g)	Rel. odmik (%)	z-preskus	ζ-preskus	Končna ocena
Co-57	5,48 ± 0,06	5,730 ± 0,164	4,56	0,21	1,54	A
Co-60	2,06 ± 0,03	2,132 ± 0,055	3,49	0,32	1,42	A
Ba-133	4,14 ± 0,06	4,156 ± 0,115	0,38	0,03	0,23	A
Eu-152	4,35 ± 0,05	4,438 ± 0,110	2,02	0,17	0,89	A

* Podano je povprečje posameznih poročanih rezultatov in pripadajoča varianca.

REZULTATI PREVERJANJA
RINGVERSUCH 2/2024

Ringversuch 2/2024 zur Bestimmung des Radionuklidgehaltes in Wasserproben
BfS, Bundesamt für Strahlenschutz, Nemčija

Julija 2025 je BfS, Bundesamt für Strahlenschutz, iz Nemčije poročal o primerjalnih meritvah vsebnosti radionuklidov v dveh vzorcih kontaminirane vode (Modelwasser in Reales Wasser), kjer je sodeloval IJS, Odsek O-2 (koda laboratorija 47-1) *[Bericht, Ringversuch 2/2024 zur Bestimmung des Radionuklidgehaltes in Wasserproben, Ringversuch 2/2024, C. Scholtysik, BfS, Bundesamt für Strahlenschutz, Nemčija, julij 2025]*. Meritve so bile opravljene od novembra 2024 do januarja 2025. Rezultati meritev IJS, Odsek O-2, in primerjave z referenčnimi vrednostmi so v spodnjih dveh tabelah.

REZULTATI IJS, Odsek O-2:

Probe 1 – Modelwasser

analize opravljene ***od novembra 2024 do januarja 2025***, končni rezultati objavljeni ***julija 2025***

IZOTOP	Sollwert	IJS, Odsek O-2 * (koda laboratorija 47-1)	z-preskus	ζ-preskus	Končna ocena
	(Bq/L)				
H-3	1,57E+01	1,60E+01	0,179	0,193	A
Sr-89	3,03E+01	2,89E+01	0,236	1,06	A
Sr-90	6,86E+00	6,21E+00	0,474	2,05	A

* podano je povprečje posameznih poročanih rezultatov

Probe 2 – Reales Wasser

analize opravljene ***od novembra 2024 do januarja 2025***, končni rezultati objavljeni ***julija 2025***

IZOTOP	Gesamt-mittelwert	IJS, Odsek O-2 * (koda laboratorija 47-1)	z-preskus	ζ-preskus	Končna ocena
	(Bq/L)				
H-3	3,71E+01	3,98E+01	0,702	0,942	A
Sr-90	3,33E+00	3,11E+00	0,343	0,904	A

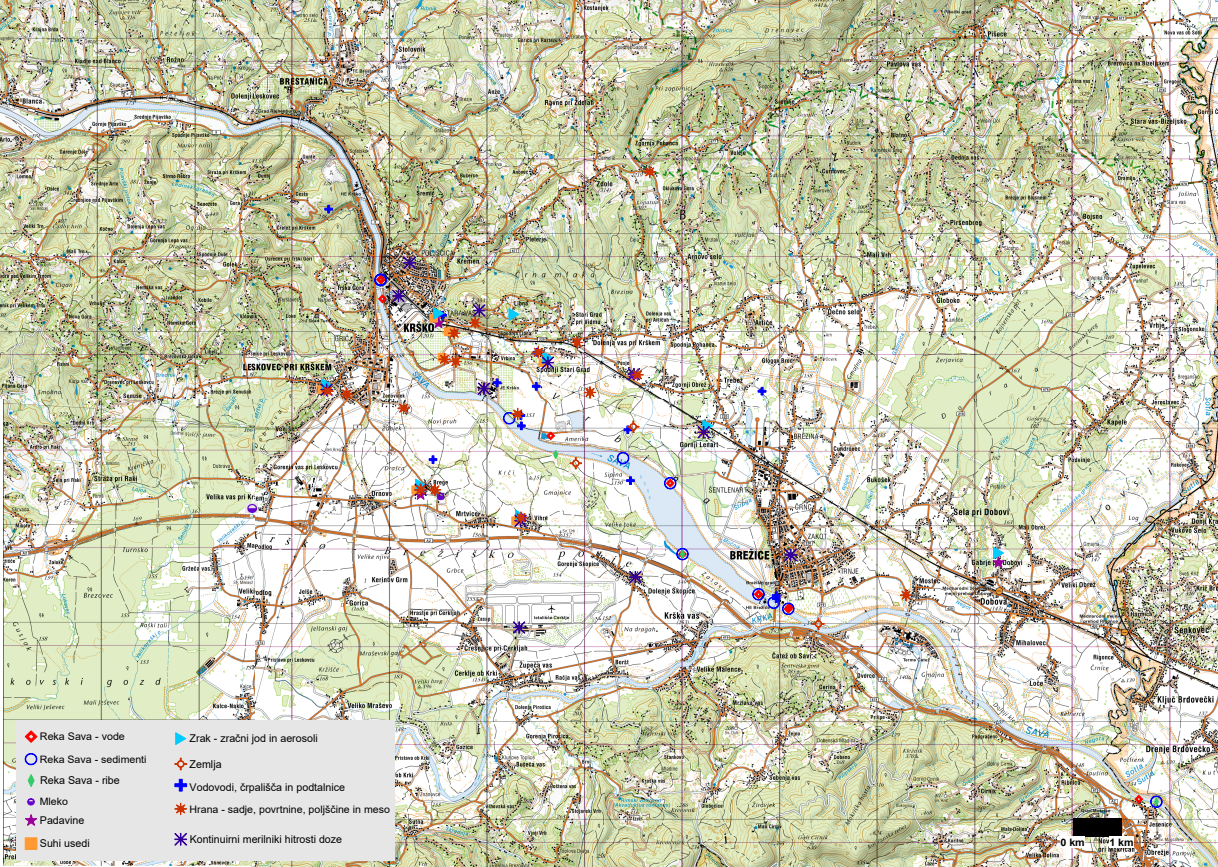
* podano je povprečje posameznih poročanih rezultatov

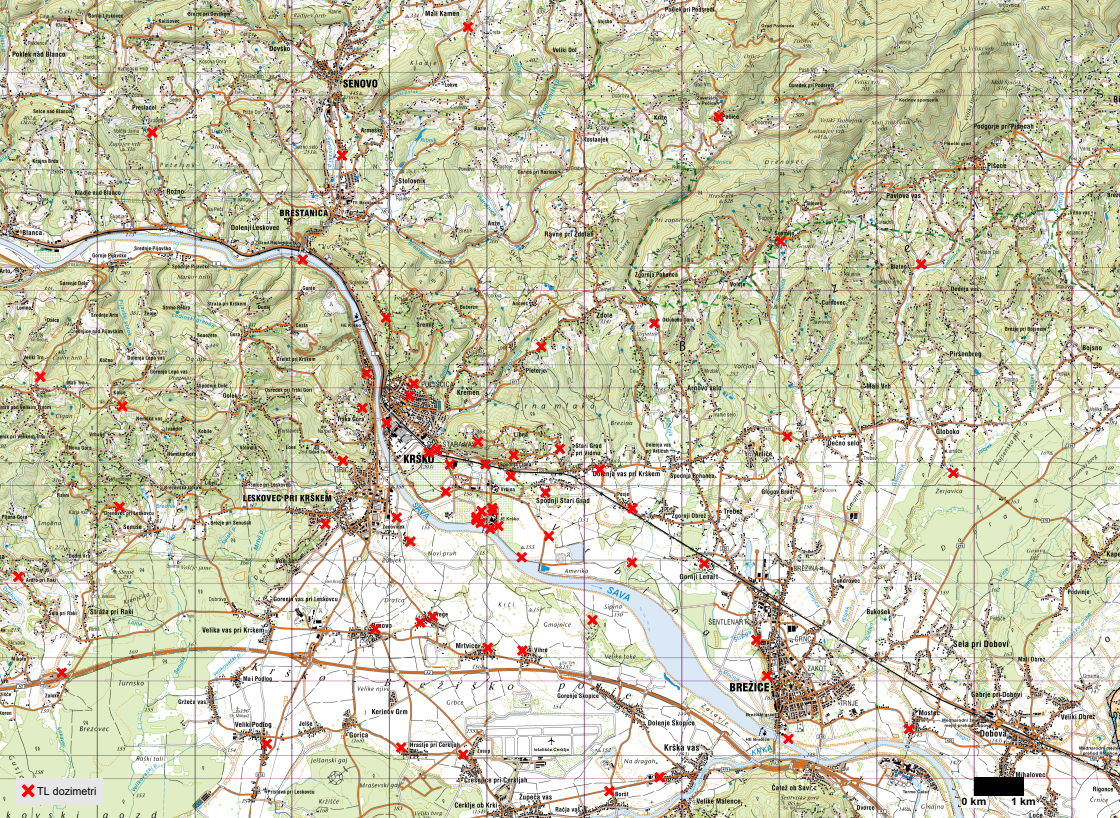
REZULTATI PREVERJANJA
OBT in Wheat
PROCORAD, Francija

V letu 2025 je IJS (Odsek F-2 s kodo 73) sodeloval pri primerjalnih meritvah vsebnosti organsko vezanega tritija v vzorcu žitaric, ki jih je organiziral Procorad iz Francije. Vzorci so bili poslani marca 2025, analize so bile opravljene v aprilu 2025, končno poročilo pa je bilo objavljeno avgusta 2025 (*Inter-Laboratory Comparaison, OBT in Wheat*, Procorad 2025, Fontenay-aux-Roses, Francija, avgust 2025).

REZULTATI IJS (Odsek F-2)

Wheat sample					
IZOTOP	**PROCORAD** certificirana ref. vrednost (interval zaupanja je 95%)	**IJS, Odsek F-2 (koda laboratorija 73)**	**ζ–preskus**	**Z-preskus**	**Bias (%)**
	(Bq/L)				
25OBT-G: H-3 combustion water	30,6 ± 5,91	25,9 ± 1,13	–1,56	–0,60	–15
25OBT-H: H-3 dehydrated wheat	19,9 ± 5,11	15,1 ± 1,33	–1,83	–0,65	–24


Reka Sava - vode
Reka Sava - sedimenti
Reka Sava - ribe
Mleko
Padavine
Suhi usedi
Zrak - zračni jod in aerosoli
Zemlja
Vodovodi, črpališča in podtalnice
Hrana - sadje, povrtnine, poljščine in meso
Kontinuirni merilniki hitrosti doze
BREŠTANICA
KRŠKO
LESKOVEC PRI KRŠKEM
BREZICE
Krška vas
Dobova
Sela pri Dobovi
Kljuc Brdovečki
Dolenje Brdovečko
0 km
1 km


SENOVO
BRESTANICA
KRŠKO
LESKOVEC PRI KRŠKEM
BREZICE
SAVA
Velika vas pri Krškem
Sela pri Dobovi
Dobova
Krška vas
Cerklje ob Krki
Zupeča vas
Gorenji Lenart
Spodnji Stari Grad
Brezovec
Mali Podlog
Veliki Podlog
Gorica
Jelša
Gorica
Hrvaška
TL dozimetri
0 km
1 km

VZDRŽEVANJE PRIPRAVLJENOSTI IZREDNEGA MONITORINGA RADIOAKTIVNOSTI

Center za fizikalne meritve
Laboratorij za meritve specifičnih aktivnosti radionuklidov

Št. poročila: LMSAR-39/2025-MŠ
Datum: 06.05.2025

Poročilo o obhodu mobilnih enot

Naročnik:: Nuklearna elektrarna Krško d.o.o.
Vrbina 12
8270 Krško

Sodelujoči: ZVD, IJS, NEK

Naročilo: Pogodba št. 3240326 za Mobilno enoto za terenske meritve za leta 2024, 2025, 2026 in 2027

Poročilo vsebuje skupaj **12** strani in ga je dovoljeno reproducirati samo v celoti.

Poslano: Naročnik (e-pošta na danijel.novak@nek.si; petra.rozic@nek.si, marjan.pavlin@nek.si);
IJS (e-pošta na tinkara.bucar@ijs.si; miha.mihovilovic@ijs.si);
1 × arhiv ZVD

Poročilo izdelal: Matija Škrlep, mag. prof. fiz. ZVD
podpis
elektronsko podpisano
Matija Škrlep, mag. prof. fiz.

Dopolnitve poročila: dr. Tinkara Bučar, univ. dipl. fiz IJS
podpis
TINKARA BUČAR
2025.05.06 08:29:55 +02'00'

Poročilo odobril: dr. Gregor Omahen, univ. dipl. fiz. ZVD
podpis
elektronsko podpisano
dr. Gregor Omahen, univ.dipl.fiz.

Poročilo odobril: doc. dr. Miha Mihovilovič, univ. dipl. fiz. IJS
podpis
Digitally signed by MIHA MIHOVILOVIČ
Date: 2025.05.06 10:08:51 +02'00'

1. Program obhoda

16. 4. 2025 so bile mobilne enote za posredovanje v primeru nesreče v Jedrski elektrarni Krško v okviru vaje NEK2025-1 (ConvEx-2e) preko CORS in sistema KID obveščene o potresu v okolici Krškega ter posledični poškodbi goriva. Prišlo je do izpusta žlahtnih plinov iz elektrarne. Posebej je bilo poudarjeno, da gre za vajo. Mobilne enote so v skladu z navodili odšle na teren in pričele z izvajanjem meritev.

Spomladanska vaja ROMENEK 2025 je trajala 2 dni, 16. in 17. 4. 2025. Opravili smo redni obhod mobilnih enot za posredovanje v primeru nesreče v jedrski elektrarni, in sicer ZVD (MERZ – Mobilna enota radiološke zaščite), IJS (ELME – Ekološki laboratorij z mobilno enoto) ter NEK (TO.RZ). Program obhoda je določen v Preglednici 3 Priloge 8 Pravilnika o monitoringu radioaktivnosti (JV10, Uradni list RS št. 27/2018) in obsega:

- Meritve hitrosti doz na izbranih točkah, kjer se sicer izvajajo meritve v sklopu obratovalnega monitoringa
- Meritve kontaminacije površin
- Meritve hitrosti doz iz vozečega vozila s kartiranjem
- Spektrometrijo gama in-situ
- Vzorčenje in meritev aktivnosti vzorcev v mobilnem laboratoriju
- Meritve »vročih« vzorcev
- Pozicioniranje vzorčevalnih točk (GPS)
- Meritve meteoroloških parametrov
- Meritve osebnih doz
- Vzpostavitev kontrolne točke z meritvami
- Meritev vsebnosti joda v ščitnici
- Meritev radionuklidov v telesu (WBC)
- Poročanje rezultatov in komunikacijo s terena

Program je bil deloma izpolnjen in prilagojen scenariju vaje ConvEx-2e. Posamezne aktivnosti so podrobneje opisane v naslednjih poglavjih. V jesenski izvedbi obhoda mobilnih enot bo program izpolnjen v celoti. Vodje ekip so bili Andrej Žohar (ZVD, MERZ), Tinkara Bučar (IJS,ELME) in Miroslav Urbanč (NEK, TO.RZ). Udeleženci vaje po posameznih dneh so našteti v poglavju 1.1. Poročila o obhodu izmenjaje pripravljata ZVD in IJS. V zaključku so podana morebitna opažanja in predlagane izboljšave, bodisi podana s strani ZVD bodisi IJS. Opažanja in predlogi so lahko smiselni in koristni za vse ekipe mobilnih enot.

1.1. Ekipe mobilnih enot

Prvi dan (16.04.2025)

MERZ ZVD – Andrej Žohar (vodja), Matija Škrlep, Marko Giacomelli
ELME IJS – Tinkara Bučar (vodja), Helena Fajfar, Anže Jazbec, Mitja Eržen, Sandi Gobec, Branko Vodenik, Miha Mihovilovič
TO.RZ NEK – Mihec Romih (vodja), Matej Kozole, Silvo Kostrevc

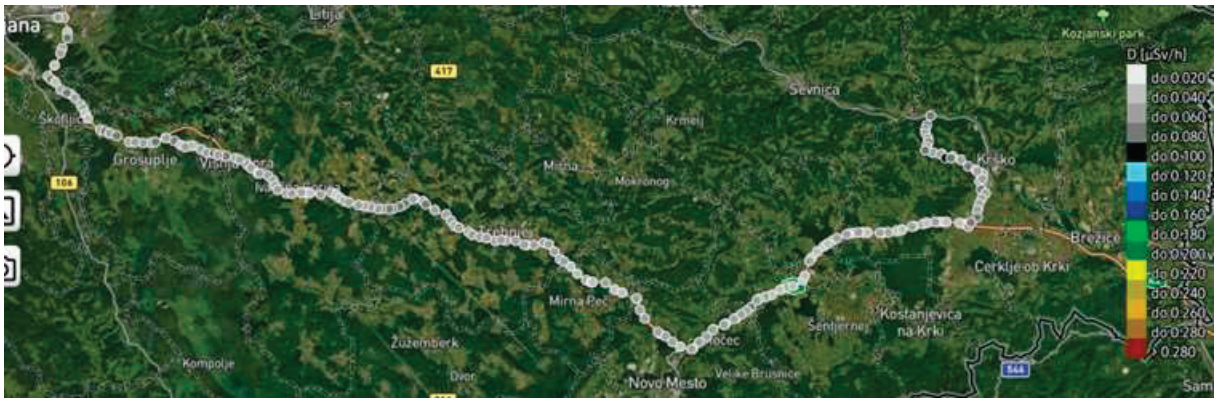
Drugi dan (17.04.2025)
MERZ ZVD – Andrej Žohar (vodja), Matija Škrlep, Andraž Koritnik
ELME IJS – Tinkara Bučar (vodja), Helena Fajfar, Anže Jazbec, Mitja Eržen, Sandi Gobec, Branko Vodenik
TO.RZ NEK – Miro Urbanč (vodja), Mihec Romih

2. Meritve na terenu

2.1. Meritve hitrosti doz iz vozečega vozila

Mobilni enoti MERZ in ELME za kartiranje hitrosti doz uporabljata različna merilnika, ki preko brezžične povezave pošiljata podatke na Android tablični računalnik, podatke pa nato obdeluje aplikacija Route Monitoring.

Aplikacija meritve beleži v podatkovno bazo in izriše v obliki karte hitrosti doz, kot je prikazano na slikah 1 in 2. Meritve smo izvajali na poti iz Ljubljane do Krškega ter na krožnih poteh po vzorčevalnih mestih okrog NEK. Izmerjene vrednosti so na ravni pričakovanega nivoja ozadja.



Slika 1: Izmerjene hitrosti doze iz vozečega vozila (MERZ, relacija Ljubljana – Krško).

Slika 2: Izmerjene hitrosti doze iz vozečega vozila (ELME, okolica Krškega).

Tabela 1: Rezultati meritev hitrosti doze na krožni poti v okolici NEK mobilne enote MERZ (ZVD). Rezultati meritev (izmerki hitrosti doze) so bili vnaprej določeni s scenarijem skladno z dogovorom vaje NEK2025-1 (ConvEx-2e) in ne odražajo realnih sevalnih razmer na danih merilnih mestih.

Lokacija	GPS koordinate		Čas meritve	Izmerjena hitrost doze [µSv/h]
Drnovo	45,917640	15,476891	18:14	0,2
Leskovec pri Krškem	45,937092	15,480216	18:23	2
Osredek pri Trški gori	45,957944	15,457444	18:38	5
Golek	45,958490	15,444850	18:55	5
Spodnje Dule	45,962499	15,429296	19:00	1
Gorenja Lepa vas	45,969206	15,428125	19:05	0,5
Ženje	45,980513	15,426314	19:12	0,2
Srednje Pijavško	45,987513	15,430036	19:18	0,5

Tabela 2: Rezultati meritev hitrosti doze na krožni poti v okolici NEK mobilne enote ELME (IJS). Rezultati meritev (izmerki hitrosti doze) so bili vnaprej določeni s scenarijem skladno z dogovorom vaje NEK2025-1 (ConvEx-2e) in ne odražajo realnih sevalnih razmer na danih merilnih mestih.

Lokacija	GPS koordinate		Čas meritve	Izmerjena hitrost doze [µSv/h]
Leskovec pri Krškem	45,935380	15,484524	18:35	2
Drnovo	45,917539	15,483813	18:45	0,2
Vihre	45,911768	15,527367	18:52	0,2
Krška vas	45,891316	15,570533	19:05	0,2
Čatež ob Savi	45,892799	15,602031	19:09	0,2
Brežice	45,907586	15,601967	19:19	0,2
Gornji Lenart	45,930939	15,579982	19:29	0,2
Pesje	45,940496	15,553737	19:38	0,2

V sklopu vaje NEK2025-1 (ConvEx-2e) sta mobilni enoti izvedli meritve hitrosti doze na vnaprej določeni krožni poti v okolici NEK. Rezultati meritev so prikazani v tabelah 1 in 2. Predstavljeni rezultati meritev hitrosti doze so bili vnaprej določeni v scenariju vaje in ne odražajo realnih sevalnih razmer na danih merilnih mestih.

3. Meritve v mobilnem laboratoriju

Drugi dan obhoda mobilnih enot (17.04.2025) smo na lokaciji Nuklearne elektrarne Krško izvajali meritve vročih vzorcev (slika 3). Nekatere vroče vzorce smo merili v svinčenih ščitih v mobilnem laboratoriju MERZ in ELME ter TO.RZ NEK. Po končanih meritvah smo na lokaciji NEK opravili krajši sestanek s preliminarnim poročanjem rezultatov meritev.

Slika 3: Viri, uporabljeni pri meritvah. Po vrsti z leve proti desni: Barijev vir (Ba-133, imitacija I-131), ogleni filter, bris in beta-alfa vir.

3.1. Meritev »vročih« vzorcev

V mobilnih laboratorijih ZVD, IJS in NEK smo izmerili dva vzorca s povišanimi aktivnostmi, in sicer ogleni filter ter bris. Rezultati meritev so prikazani v tabelah 3 in 4 ter v prilogah 2, 4 in 7. Pri oglenem filtru so vse mobilne enote upoštevale referenčni datum 1. 4. 2024, pri brisu pa datum 17.4.2025. V tabeli 3 so navedene tudi referenčne vrednosti aktivnosti oglenega filtra iz certifikata vira (priloga 9), preračunane na referenčni datum.

Slika 4: Izvajanje meritev vzorcev v mobilnih laboratorijih na območju NEK.

Odstopanja rezultatov med mobilnimi enotami so večinoma manj od 20 %. Odstopanja izmerjenih vrednosti od referenčne vrednosti v nobenem primeru ne presežejo 25 %. Vzrok za nekoliko večja odstopanja laboratorija MERZ (ZVD) od referenčnih vrednosti pri oglenem filtru (med 15 % in 22 % prenizke vrednosti) so najverjetneje v tem, da so se meritve izvajale z vzorcem neposredno na detektorju. Zaradi razmeroma visokih aktivnosti bi bilo primerneje, da bi meritve oglenega filtra izvajali na razdalji 5 cm.

3.2. Meritev vsebnosti joda v ščitnici

Za določevanje oziroma simulacijo notranje kontaminacije ščitnice z I-131 smo izvedli primerjalne meritve z virom Ba-133 brez uporabe fantoma. Dogovorili smo se, da poročamo samo aktivnosti I-131, torej da zanemarimo/ignoriramo dejstvo, da uporabljamo vir Ba-133. Meritve smo opravili laboratoriji MERZ, ELME in TO.RZ, rezultati meritev pa so prikazani v prilogah 3, 5 in 8 ter v tabeli 5. Poročali smo aktivnosti določene na podlagi umerjenih pretvorbenih faktorjev merilnikov hitrosti doze. Odstopanja rezultatov med mobilnimi enotami so manjša od 40 %.

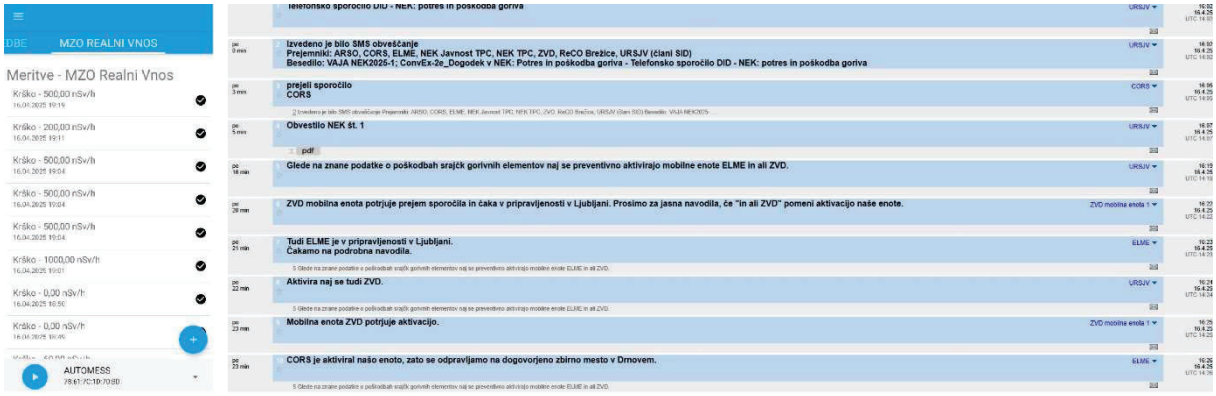
3.3. Meritev skupne aktivnosti beta

V mobilnih laboratorijih ZVD, IJS in NEK smo izvedli primerjalne meritve s filtrom, ki je vseboval sevalce beta in sevalce alfa. Določili smo skupno aktivnost beta in skupno aktivnost alfa. Rezultati meritev so prikazani v tabeli 6. Odstopanja rezultatov mobilnih enot od vrednosti iz certifikata (za beta sevanje) so do 20 %. Odstopanja izmerjenih aktivnosti alfa so med laboratoriji nekoliko večja, vendar podatek o referenčni vrednosti aktivnosti alfa sevalcev ni na voljo. Odstopanja od povprečja meritev vseh ekip so do 53 %. Meritve površinske kontaminacije so običajno najbolj nezanesljive, oziroma so negotovosti največje, zato so nekoliko večja odstopanja pričakovana oziroma dopustna.

4. Posebna opravila in meritve različnih parametrov

4.1. Poročanje rezultatov in komunikacija s terena

Prvi dan obhoda (16.04.2025) smo tudi preverili komunikacijo na terenu in izmenjavo informacij preko mobilnih telefonov, aplikacije URSJV in spletne platforme KID (slika 5). V sklopu vaje NEK2025-1 (ConvEx-2e) je bila predvidena komunikacija preko telefonov, aplikacije URSJV in interneta, zato tokrat po medsebojnem dogovoru nismo testirali komunikacij preko sistema ZARE in ZARE+.



Slika 5: Uporaba mobilne aplikacije URSJV-Prod-2.0.1 za poročanje rezultatov meritev hitrosti doz s terena (levo) in spletne platforme KID za komunikacijo v času izrednega dogodka (desno).

Uporaba zgoraj navedenih komunikacijskih kanalov je bila uspešna, prav tako je bilo uspešno obveščanje dežurnih vodij mobilnih enot preko CORS. Več podrobnosti o komunikacijskih povezavah ter sami vaji NEK2025-1 (ConvEx-2e) bodo mobilne enote poslale v ločenih poročilih, vezanih na samo vajo.

5. Zaključne ugotovitve

V okviru obhoda mobilnih enot ZVD in IJS (MERZ in ELME) smo izvedli večino aktivnosti, ki so predpisane po programu iz pravilnika JV10. Po medsebojnem dogovoru bodo preostale vsebine, določene s pravilnikom JV10, del jesenskega obhoda ROMENEK.

Skupaj z mobilno enoto TO.RZ NEK smo izvedli primerjalne meritve vročih vzorcev, skupne aktivnosti beta in aktivnosti I-131 v ščitnici. Ugotavljamo, da se merski rezultati vseh laboratorijev zadovoljivo ujemajo. Praktično ni večjih oziroma zaskrbljujočih odstopanj, še posebej če primerjamo rezultate laboratorijev pri meritvah referenčnih vzorcev. To pomeni, da so laboratoriji usklajeni, da imajo dobre metode in ustrezno znanje.

Ugotovitve, vezane na prvi dan obhoda (državna vaja NEK2025-1, ConvEx-2e), bodo zajete v ločenih poročilih posameznih mobilnih enot. Posebnih predlogov in ugotovitev, vezanih na drugi dan obhoda, ni.

6. Priloge

Originalna poročila o meritvah so priloge tega poročila:

1. Poročilo o meritvah sevalnih razmer, ZVD številka LMSAR-34-2025-MŠ
2. Poročilo o meritvah radioaktivnosti, ZVD številka LMSAR-35-2025-MŠ
3. Poročilo o meritvah radioaktivnosti, ZVD številka LMSAR-36-2025-MŠ
4. Poročilo o rezultatih meritev aktivnosti sevalcev gama, IJS številka 22/2025
5. Poročilo o meritvah ionizirajočega sevanja, IJS številka 23/2025
6. Poročilo o meritvah aktivnosti alfa in beta, NEK-TO.RZ številka AB005-25
7. Poročilo o spektrometriji gama, NEK-TO.RZ številka 361-25
8. Meritve kontaminacije oseb, NEK-TO.RZ, datum 17.04.2025
9. Calibration Certificate D-K-19023-01-00, 002718, 10.07.2024

Tabela 3: Meritve koncentracije radionuklidov v oglenem zračnem filtru.

Izvajalec priprave: NEK RZ
Datum vzorčevanja: 01.04.2024
Vzorčevalno mesto: NEK RZ
Vrsta vzorca: Ogleni filter (130722)

Izvajalec	ZVD	IJS	NEK	Certifikat	Odstopanje od referenčne vrednosti					
Datum analize*	17.04.2025	17.04.2025	17.04.2025	Vrednosti iz certifikata D-K-19023-01-00 002379, preračunane na datum 01.04.2024.	ZVD		IJS		NEK	
Količina mer. vzorca	1 vzorec	1 vzorec	1 vzorec							
Oznaka vzorca	IS-CCP-20250417	E25-JD-41	262-25							
Radionuklid***	Aktivnost [Bq]				D_{rel}	|z|	D_{rel}	|z|	D_{rel}	|z|
Co-57	1543 ± 186	1800 ± 200	1950 ± 113	1931 ± 68	-20,1%		-6,8%		1,0%	
Co-60	2593 ± 269	3000 ± 300	3240 ± 174	3220 ± 126	-19,5%		-6,8%		0,6%	
Y-88	10659 ± 1126	11000 ± 1000	12100 ± 695	11915 ± 441	-10,5%		-7,7%		1,6%	
Cd-109	66599 ± 9599	69000 ± 9000	81000 ± 5100	77260 ± 3245	-13,8%		-10,7%		4,8%	
Sn-113	5530 ± 726	6300 ± 700	6860 ± 425	6886 ± 282	-19,7%		-8,5%		-0,4%	
Cs-137	1505 ± 176	1800 ± 200	1930 ± 114	1920 ± 79	-21,6%		-6,2%		0,5%	
Ce-139	3089 ± 396	3400 ± 400	3690 ± 224	3641 ± 135	-15,2%		-6,6%		1,4%	
Hg-203	15798 ± 2038	17000 ± 2000	21300 ± 2320	18668 ± 653	-15,4%		-8,9%		14,1%	

OPOMBE: *vrednosti specifičnih aktivnosti morajo biti preračunane na datum vzorčenja; **vrednost za znakom "±" je standardna negotovost meritve (k=1); ***vrednost za znakom "<" je spodnja meja detekcije aktivnosti izotopa pri danih pogojih meritve

STATISTIČNA OBDELAVA: Za medsebojno primerjavo izmerkov uporabljamo dva statistična parametra, in sicer relativno odstopanje od povprečja D_{rel} ter oceno **z**. Barvna skala parametra D_{rel} upošteva naslednji kriterij — odstopanje od srednje vrednosti vseh izmerkov je: **0—15%** zelena barva, **15—30%** rumena barva in **>30%** rdeča barva. Pri oceni **z** upoštevamo naslednji kriterij: **|z|≤2** sprejemljiv rezultat (zelena barva), **2<|z|≤3** vprašljiv rezultat (rumena barva) in **|z|>3** nesprejemljiv rezultat (rdeča barva).

Tabela 4: Meritve koncentracije radionuklidov v brisu.

Izvajalec priprave: NEK RZ
Datum vzorčevanja: 17.04.2025
Vzorčevalno mesto: NEK RZ
Vrsta vzorca: Bris

Izvajalec	ZVD	IJS	NEK	Odstopanje od povprečja					
Datum analize*	17.04.2025	17.04.2025	17.04.2025						
Količina mer. vzorca	1 vzorec	1 vzorec	1 vzorec						
Oznaka vzorca	IS1-BRIS-20250417	E25-BR-41	361-25	ZVD		IJS		NEK	
Radionuklid***	Aktivnost [Bq]			D_{rel}	|z|	D_{rel}	|z|	D_{rel}	|z|
Mn-54	9 ± 1	9,8 ± 1,2	9,19 ± 2,59	-3,5%		5,0%		-1,5%	
Co-60	163 ± 17	160 ± 20	152 ± 11	2,9%		1,1%		-4,0%	

OPOMBE: *vrednosti specifičnih aktivnosti morajo biti preračunane na datum vzorčenja; **vrednost za znakom "±" je standardna negotovost meritve (k=1); ***vrednost za znakom "<" je spodnja meja detekcije aktivnosti izotopa pri danih pogojih meritve

STATISTIČNA OBDELAVA: Za medsebojno primerjavo izmerkov uporabljamo dva statistična parametra, in sicer relativno odstopanje od povprečja D_{rel} ter oceno **z**. Barvna skala parametra D_{rel} upošteva naslednji kriterij — odstopanje od srednje vrednosti vseh izmerkov je: **0—15%** zelena barva, **15—30%** rumena barva in **>30%** rdeča barva. Pri oceni **z** upoštevamo naslednji kriterij: **|z|≤2** sprejemljiv rezultat (zelena barva), **2<|z|≤3** vprašljiv rezultat (rumena barva) in **|z|>3** nesprejemljiv rezultat (rdeča barva).

Tabela 5: Meritve aktivnosti simulacije vira I-131. Dejanski radionuklid v uporabljenem viru je Ba-133. Meritve so bile opravljene brez fantoma ščitnice.

Izvajalec priprave: NEK RZ
Datum vzorčevanja: 17.04.2025
Vzorčevalno mesto: NEK RZ
Vrsta vzorca: ščitnica - simulacija, merjeno brez fantoma

Izvajalec	ZVD	IJS	NEK	Odstopanje od povprečja					
Datum analize*	17.04.2025	17.04.2025	17.04.2025						
Količina mer. vzorca	1 vzorec	1 vzorec	1 vzorec						
Oznaka vzorca	20250417-04	/	/	ZVD		IJS		NEK	
Radionuklid***	Aktivnost [kBq]			D_{rel}	|z|	D_{rel}	|z|	D_{rel}	|z|
I-131	165 ± 30	128 ± 32	185 ± 37	3,6%		-19,7%		16,1%	

OPOMBE: *vrednosti specifičnih aktivnosti morajo biti preračunane na datum vzorčenja; **vrednost za znakom "±" je standardna negotovost meritve (k=1); ***vrednost za znakom "<" je spodnja meja detekcije aktivnosti izotopa pri danih pogojih meritve

STATISTIČNA OBDELAVA: Za medsebojno primerjavo izmerkov uporabljamo dva statistična parametra, in sicer relativno odstopanje od povprečja D_{rel} ter oceno **z**. Barvna skala parametra D_{rel} upošteva naslednji kriterij — odstopanje od srednje vrednosti vseh izmerkov je: **0—15%** zelena barva, **15—30%** rumena barva in **>30%** rdeča barva. Pri oceni **z** upoštevamo naslednji kriterij: **|z|≤2** sprejemljiv rezultat (zelena barva), **2<|z|≤3** vprašljiv rezultat (rumena barva) in **|z|>3** nesprejemljiv rezultat (rdeča barva).

Tabela 6: Meritve aktivnosti alfa/beta vira. Izmerjene aktivnosti beta so primerjane z referenčno vrednostjo za aktivnost, kot jo podaja RZ NEK. Ker referenčne alfa aktivnosti ni, so izmerjene vrednosti primerjane s povprečjem meritev vseh treh mobilnih enot (44 Bq ± 22 Bq).

Izvajalec priprave: NEK RZ
Datum vzorčevanja: 17.04.2025
Vzorčevalno mesto: NEK RZ
Vrsta vzorca: Filter papir, skupna alfa in skupna beta aktivnost

Izvajalec	ZVD	IJS	NEK	Certifikat	Odstopanje od referenčne vrednosti					
					ZVD		IJS		NEK	
Datum analize*	17.04.2025	17.04.2025	17.04.2025	Vrednosti, ki jo kot referenčno podaja NEK RZ.						
Količina mer. vzorca	1 vzorec	1 vzorec	1 vzorec							
Oznaka vzorca	20250417-03	/	363-25							
Radionuklid***	Aktivnost beta [Bq]				D_{rel}	|z|	D_{rel}	|z|	D_{rel}	|z|
Skupna alfa aktivnost	48 ± 14	64 ± 26	21 ± 2	/	8,3%		44,4%		-52,6%	
Skupna beta aktivnost	197 ± 59	139 ± 56	178 ± 12	170 ± 8	15,9%		-18,2%		4,7%	

OPOMBE: *vrednosti specifičnih aktivnosti morajo biti preračunane na datum vzorčenja; **vrednost za znakom "±" je standardna negotovost meritve (k=1); ***vrednost za znakom "<" je spodnja meja detekcije aktivnosti izotopa pri danih pogojih meritve

STATISTIČNA OBDELAVA: Za medsebojno primerjavo izmerkov uporabljamo dva statistična parametra, in sicer relativno odstopanje od povprečja D_{rel} ter oceno **z**. Barvna skala parametra D_{rel} upošteva naslednji kriterij — odstopanje od srednje vrednosti vseh izmerkov je: **0—15%** zelena barva, **15—30%** rumena barva in **>30%** rdeča barva. Pri oceni **z** upoštevamo naslednji kriterij: **|z|≤2** sprejemljiv rezultat (zelena barva), **2<|z|≤3** vprašljiv rezultat (rumena barva) in **|z|>3** nesprejemljiv rezultat (rdeča barva).

IJS delovno poročilo
IJS-DP-15248
Oktober 2025

R O M E N E K 2/25

MOBILNI RADIOLOŠKI LABORATORIJ

Poročilo o meritvah po programu vzdrževanja pripravljenosti za primer izrednega dogodka v NEK

Ljubljana, oktober 2025

Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija
Ekološki laboratorij z mobilno enoto

Naročnik:	NE Krško
Izvajalca:	Institut "Jožef Stefan", Ljubljana (IJS), Ekološki laboratorij z mobilno enoto (ELME) Zavod za varstvo pri delu d.o.o. (ZVD)
Naslov pogodbe:	Vzdrževanje pripravljenosti izrednega monitoringa radioaktivnosti za leta 2024, 2025, 2026 in 2027
Številka pogodbe:	št. 3240324 z dne 28. 3. 2024 (za IJS) št. 3240326 z dne 26. 2. 2024 (za ZVD)
Nosilec naloge:	doc. dr. Benjamin Zorko (za IJS) dr. Gregor Omahen (za ZVD)
Naslov poročila:	ROMENEK 2/25 - Poročilo o meritvah po programu vzdrževanja pripravljenosti za primer izrednega dogodka v NEK
Avtorji poročila:	dr. Toni Petrovič, Klara Poiškruh, mag. med. fiz., mag. Branko Vodenik, Rok Roš Opaškar, dr. Tilen Brecelj, dr. Gregor Omahen, Aleš Ivanc, dr. Andrej Žohar, mag. Boštjan Drolc, Damjan Mešiček in Miroslav Urbanč
Štev.del.por. IJS:	IJS-DP-15248
Kopije:	Nuklearna elektrarna Krško ZVD ZIC (knjižnica IJS) arhiv enote
Datum obhoda:	od 8. 9. 2025 do 10. 9. 2025

Izvedba meritev je usklajena z zahtevami programov IJS in ELME za zagotovitev kakovosti.

	Ime in priimek	*Datum*	*Podpis*
Pripravil	dr. Toni Petrovič	22. 10. 2025	Digitally signed by TONI PETROVIČ Date: 2025.10.22 14:16:02 +02'00'
Pregledala	dr. Helena Fajfar dr. Andrej Žohar	22. 10. 2025	Digitally signed by HELENA FAJFAR Date: 2025.10.22 14:19:54 +02'00' dr. Andrej Žohar, mag. jedr. teh.
Odobrila	doc. dr. Miha Mihovilovič dr. Gregor Omahen	22. 10. 2025	Digitally signed by MIHA MIHOVILOVIČ Date: 2025.10.23 10:10:08 +02'00'

Slika na naslovni strani: In-situ meritve na točki T-1, drugi dan obhoda mobilnih enot.

NASLOV POROČILA: IJS-DP-15248
ROMENEK 2/25 - Poročilo o meritvah po programu vzdrževanja pripravljenosti za primer izrednega dogodka v NEK oktober 2025

Toni Petrovič, Klara Poiškruh, Branko Vodenik, Rok Roš Opaškar, Tilen Brecelj, Gregor Omahen, Aleš Ivanc, Andrej Žohar, Boštjan Drolc, Damjan Mešiček, Miroslav Urbanč, Tamara Gregorčič

IZVLEČEK:
V poročilu so zbrani rezultati meritev hitrosti okoljskega doznega ekvivalenta $\dot{H}^*(10)$ sevanja gama in površinske kontaminacije na izbranih lokacijah v okolici NEK, rezultati primerjalnih meritev hitrosti okoljskega doznega ekvivalenta in aktivnih vzorcev, in sicer filtrskega papirja, oglenega filtra in filtrskega papirja za meritev skupne aktivnosti β, I-131 v ščitnici na fantomu, meritve spektrometrije gama in-situ in rezultati meritev aktivnosti okoljskih vzorcev. Poleg tega so navedene tudi druge rutinske meritve, izvedene med terenskim usposabljanjem intervencijskih ekip.

KLJUČNE BESEDE:
zagotavljanje pripravljenosti, urjenje, radioaktivno onesnaženje okolja, zračne in tekoče radioaktivne izteke, umetni in naravni radionuklidi, specifična aktivnost radionuklidov, meritve in-situ, gama spektrometrija, primerjalne meritve, meritve hitrosti okoljskega doznega ekvivalenta in površinske kontaminacije, meritve radionuklidov v telesu

---

REPORT TITLE: IJS-DP-15248
ROMENEK 2/25 - Report on regular emergency preparedness exercise in the vicinity of Nuclear Power Plant Krško October 2025

Toni Petrovič, Klara Poiškruh, Branko Vodenik, Rok Roš Opaškar, Tilen Brecelj, Gregor Omahen, Aleš Ivanc, Andrej Žohar, Boštjan Drolc, Damjan Mešiček, Miroslav Urbanč, Tamara Gregorčič

ABSTRACT:
Results of gamma-ray ambient dose equivalent rate $\dot{H}^*(10)$ measurements and surface contamination measurements at selected locations in the vicinity of Krško NPP, results of intercomparison measurements of IJS ELME, ZVD and NEK radiological mobile units of ambient dose equivalent rate and active samples, namely filter paper, charcoal filter and filter paper for activity measurement of β total are presented. Results of a whole-body counting readout and results of a measurement of activity in thyroid simulated by phantom measurement, an in situ gamma spectrometry measurement as well as results of activity measurements of environmental samples are given. Other routine measurements performed during the field drill of intervention teams are reported, as well.

KEYWORDS:
Emergency preparedness, training, radioactive contamination of the environment, airborne and liquid radioactive effluents, man-made and natural radionuclides, specific activities of radionuclides, in-situ measurements, gamma spectrometry, intercomparison measurements, ambient dose equivalent rate and surface contamination measurements, whole-body counting

VSEBINA

1 SODELUJOČE EKIPE 5

2 PROGRAM OBHODA 6

3 PREGLED MERITEV IN ANALIZ 7

3.1 PRIMERJALNE MERITVE VZORCEV S POVIŠANO AKTIVNOSTJO 7
3.2 DRUGE PRIMERJALNE TERENSKE MERITVE IN MERITVE V STACIONARNIH LABORATORIJIH 7
3.3 POSEBNE MERITVE IN RUTINSKE MERITVE NA TERENU 7

4 KOMENTAR MERITEV IN ANALIZ 8

4.1 SPLOŠNO 8
4.2 PRIMERJALNE MERITVE VZORCEV S POVIŠANO AKTIVNOSTJO 8
a Primerjalna meritev aktivnosti *oglenega filtra* 8
b Primerjalna meritev aktivnosti *bris filter papirja* 8
c Primerjalna meritev skupne aktivnosti β filtrskega papirja 8
4.3 DRUGE PRIMERJALNE TERENSKE MERITVE IN MERITVE V STACIONARNIH LABORATORIJIH 8
a Meritev hitrosti okoljskega doznega ekvivalenta na terenu 8
b Meritev aktivnosti s spektrometrijo gama in-situ 10
c Meritev specifičnih aktivnosti radionuklidov v vzorcu zemlje 10
d Primerjalna meritev aktivnosti *aerosolnega filtra* 11
e Meritev aktivnosti vzorca *pšenice* 11
4.4 POSEBNE MERITVE IN RUTINSKE MERITVE NA TERENU 12
a Meritve hitrosti okoljskega doznega ekvivalenta in površinske kontaminacije, meritve geografskih koordinat, kartiranje hitrosti doze 12
b Meritve aktivnosti joda v ščitnici 14
c Meritev radionuklidov v telesu 14
d Meteorološki parametri 14
e Osebna dozimetrija 14
4.5 PREVERJANJE ZAŠČITNE OPREME 15
4.6 TEST KOMUNIKACIJ 15
4.7 TEST OPREME IN NAVODIL 15
4.8 TEHNIČNE OPOMBE 15
4.9 ZAKLJUČKI IN PRIPOROČILA 16
a IJS ELME 16
b ZVD 16
d SPLOŠNI ZAKLJUČEK 16
5.1 NEGOTOVOSTI MERITEV 17
5.1 STATISTIČNO OVREDNOTENJE REZULTATOV MERITEV 17
5.2 PRIMERJALNE MERITVE VZORCEV S POVIŠANO AKTIVNOSTJO 18
5.3 DRUGE PRIMERJALNE TERENSKE MERITVE 20
5.4 POSEBNE MERITVE IN RUTINSKE MERITVE NA TERENU 23

5 PRILOGE 25

1 SODELUJOČE EKIPE

Ekipa IJS ELME:

- dr. Toni Petrovič, *vodja obhoda*
- mag. Branko Vodenik
- Klara Poiškruh, mag. med. fiz.
- dr. Tilen Brecelj
- Rok Roš Opaškar

Ekipa ZVD:

- dr. Gregor Omahen, *vodja obhoda*
- Aleš Ivanc
- dr. Andrej Žohar
- mag. Boštjan Drolc

Ekipa NEK:

- Miroslav Urbanč, *vodja obhoda*
- Damjan Mešiček

Ekipa Uprave republike Slovenije za jedrsko varnost - URSJV (kontakt na daljavo):

- Tamara Gregorčič, višja svetovalka

2 PROGRAM OBHODA

Obhod mobilnih enot IJS ELME in ZVD v okolici NEK je potekal od 8. 9. 2025 do 10. 9. 2025. Prvi dan obhoda smo po navodilih URSJV izvedli obhod okoli NEK. Drugi in tretji dan obhoda je sodelovala tudi mobilna enota NEK.

Prvi dan:

1. Obhod 10 merilnih mest (lokacije so bile določene iz strani URSJV):
    a. meritve hitrosti okoljskega doznega ekvivalenta $\dot{H}^*(10)$ z ionizacijsko celico in merilniki hitrosti okoljskega doznega ekvivalenta
    b. meritve površinske kontaminacije
    c. meritve geografskih koordinat
2. Kartiranje hitrosti okoljskega doznega ekvivalenta $\dot{H}^*(10)$ na poti Ljubljana - Krško
3. Kartiranje hitrosti okoljskega doznega ekvivalenta $\dot{H}^*(10)$ med obhodom merskih točk
4. Osebna dozimetrija

Drugi dan:

1. Meritev spektrometrije gama in-situ
2. Meritev aktivnosti vzorca zemlje
3. Meritev aktivnosti vzorca hrane
4. Meritev aktivnosti vzorca aerosolov v zraku – vzorčenje zraka preko aerosolnega filtra
5. Primerjalne meritve hitrosti okoljskega doznega ekvivalenta $\dot{H}^*(10)$
6. Meritve meteoroloških parametrov
7. Pregled in primerjava osnovne zaščitne opreme mobilnih enot ter postavitev vstopno/izstopne točke z dekontaminacijskimi conami na meji blokiranega območja
8. Testiranje postopkov in uporabe radijskih postaj za komunikacijo med mobilnimi enotami
9. Testiranje postopkov in uporabe radijskih postaj za komunikacijo z regijskim klicnimi centrom URSZR Brežice
10. Testiranje postopkov in uporabe radijskih postaj za komunikacijo z URSJV
11. Testiranje komunikacij z NEK
12. Testiranje delovanja opreme
13. Osebna dozimetrija

Tretji dan:

1. Primerjalne meritve aktivnosti vzorcev s povišano aktivnostjo v NEK
2. Meritev skupne aktivnosti β na filtru
3. Meritev aktivnosti joda I-131 v ščitnici – simulacija meritve na fantomu
4. Meritev aktivnosti radionuklidov v telesu (WBC)
5. Testiranje delovanja opreme
6. Osebna dozimetrija

OPOMBA:
*Drugi dan so meritve potekale na nasipu Save, merilna točka T-1, za NEK v smeri toka (*N 45,933217° E 15,521480°*).*

3 PREGLED MERITEV IN ANALIZ

3.1 PRIMERJALNE MERITVE VZORCEV S POVIŠANO AKTIVNOSTJO

Primerjalne meritve aerosolnega filtra in oglenega filtra z dodanimi umetni radionuklidi.

Vzorec	Referenčni datum	Vrsta analize	REZULTATI
Ogleni filter	1. 7. 2024 18:00	G	T1 *(prilogi 6 in 7)*
Bris	10. 9. 2025 8:00	G	T2 *(prilogi 6 in 7)*
Filtrski papir	6. 6. 2023 12:00	PK	T3 *(prilogi 5 in 8)*

3.2 DRUGE PRIMERJALNE TERENSKE MERITVE IN MERITVE V STACIONARNIH LABORATORIJIH

Oznake meritev	Merilno mesto	REZULTATI Tabela/Slika
GIS, HD	Travnik pri T-1	T4, T7, S1 *(priloge 1, 2, 3, 4, 7, 9 in 10)*
G	Zemlja – T-1/ IJS	T4 *(priloga 4)*
G	Aerosolni filter – T-1/ IJS in ZVD	T5 *(priloga 4 in 7)*
G	Vzorec Pšenice – T-1/ IJS	T6 *(priloga 3)*

3.3 POSEBNE MERITVE IN RUTINSKE MERITVE NA TERENU

Rutinske nespecifične meritve sevanja v okolju, posebne meritve radioaktivnosti na terenu, meritve osebnih doz in meteoroloških parametrov na terenu

Oznake meritev	Merilno mesto	REZULTATI Tabela/Slika
HD, HDIC, PK, HDK	Merilne točke v okolici NEK, določene s strani URSJV	S4a, S4b *(prilogi 1 in 9)*
HDIC, HD , HDK	Ljubljana–Krško	S5
THY	Ščitnica – fantom – NEK	T8
WBC	Radionuklidi v telesu – NEK	T9
MP	Meteorološki parametri, IJS ELME in ZVD (meritve opravljene na točki T-1)	T10a, T10b
OS	Osebne doze v času trajanja obhoda	T11

Oznake meritev in analiz:

B	meritev sevalcev β
G	spektrometrija gama izbranega vzorca
GIS	spektrometrija gama in-situ
H	meritev vsebnosti H-3
HD	meritev hitrosti okoljskega doznega ekvivalenta $\dot{H}^*(10)$
HDIC	meritev hitrosti okoljskega doznega ekvivalenta $\dot{H}^*(10)$ z ionizacijsko celico RSS-131
HDK	kartiranje hitrosti okoljskega doznega ekvivalenta $\dot{H}^*(10)$
HDKON	meritve hitrosti okoljskega doznega ekvivalenta $\dot{H}^*(10)$ in kontaminacije za opustitev nadzora
MP	meteorološki parametri
OS	meritve osebnih doznih ekvivalentov Hp(10)
PK	meritev površinske kontaminacije s sevalci α, β in γ
S	meritev aktivnosti Sr-89/Sr-90
THY	meritev aktivnosti joda I-131 v ščitnici
WBC	meritev aktivnosti radionuklidov v telesu

4 KOMENTAR MERITEV IN ANALIZ

4.1 SPLOŠNO

Meritve so potekale brez večjih težav.

4.2 PRIMERJALNE MERITVE VZORCEV S POVIŠANO AKTIVNOSTJO

a Primerjalna meritev aktivnosti *oglenega filtra*

V okviru primerjalnih meritev smo izmerili tudi aktivnost *oglenega filtra* Eckert & Ziegler *#130722*. Primerjalni rezultati so v tabeli T1. Rezultati ζ-testa so sprejemljivi za vse tri laboratorije.

b Primerjalna meritev aktivnosti *bris filter papirja*

V okviru primerjalnih meritev smo izmerili aktivnost *bris filter papirja,* ki je bil odvzet s strani NEK. Primerjava rezultatov med mobilnimi radiološkimi laboratoriji NEK, ZVD in IJS ELME je v tabeli T2. Rezultati ζ-testa so sprejemljivi za vse tri laboratorije.

c Primerjalna meritev skupne aktivnosti β filtrskega papirja

V okviru primerjalnih meritev smo določili tudi skupno aktivnost β filtrskega papirja #701. Primerjava rezultatov med mobilnimi laboratoriji NEK, IJS ELME in ZVD je v tabeli T3. Rezultati ζ-testa so sprejemljivi za vse tri laboratorije.

4.3 DRUGE PRIMERJALNE TERENSKE MERITVE IN MERITVE V STACIONARNIH LABORATORIJIH

a Meritev hitrosti okoljskega doznega ekvivalenta na terenu

Na terenu so člani mobilnih enot IJS ELME, NEK in ZVD na merilni točki T-1, ki se nahaja na levem bregu Save (gledano v smeri njenega toka) pod NEK, izmerili hitrosti okoljskega doznega ekvivalenta $\dot{H}^*(10)$ na 10 označenih merilnih mestih v območju, ki je prikazano na sliki S1, rezultati pa podani v tabeli T7. Rezultati vseh treh ekip se v okviru merilnih negotovosti, deklariranih za posamezne merilnike, ujemajo. Meritve so bile narejene na višini 1 m od tal. Na točki št. 9 smo postavili šibek točkasti kontrolno vir Ti-

44, kar se vidi tudi v povečanem ozadju. Povišane vrednosti na točki 8 pa so naravno povišanje ozadja. Na točki »Ozadje« smo izvedli tudi test merilnikov MiniTrace Saphymo. Merilnika iz obeh enot sta uspešno izmerila hitrost okoljskega doznega ekvivalenta. Merilnik enote IJS ELME je uspešno poslal podatke na strežnik NEK in bil viden v mobilnem kombiju NEK, medtem ko merilnik ZVD zaradi okvare podatkov ne pošilja.

Slika S1: Prikaz območja na točki T-1, kjer so potekale meritve spektrometrije gama in-situ (točka 4), vzorčenje zemlje na terenu, primerjalne meritve aktivnosti ter hitrosti okoljskega doznega ekvivalenta na 10 merilnih mestih in meritve meteoroloških parametrov (posnetek IJS ELME).

b Meritev aktivnosti s spektrometrijo gama in-situ

Za meritve in-situ z visokoločljivostnim spektrometrom gama smo izbrali travnik ob nasipu Save ob točki T-1 (slika S1, točka št. 4). IJS ELME in ZVD sta izmerila aktivnosti naravnih radionuklidov in Cs-137, ki so značilne za naravno okolje v Republiki Sloveniji. Rezultati meritve in-situ so bili izračunani ob predpostavki enakomerne porazdelitve radionuklidov v zemlji, za Be-7 in Cs-137 pa tudi aktivnost ob predpostavki površinske porazdelitve radionuklidov v zemlji. Takšna geometrija bi bila uporabljena za analizo v primeru svežega useda. Rezultati so v tabeli T4 in se v okviru negotovosti ujemajo.

c Meritev specifičnih aktivnosti radionuklidov v vzorcu zemlje

Ekipi IJS ELME in ZVD sta na terenu vzorčili vsaka svoj vzorec zemlje, ki se je potem združil. Iz skupne zmesi sta pripravili dva vzorca zemlje na katerih sta izvedli meritev specifične aktivnosti sevalcev gama v vzorcu. Končni vzorec zemlje IJS ELME in ZVD je bil sestavljen iz več posameznih vzorcev, odvzetih na globini 0–10 cm v bližnji okolici meritev in-situ. Tudi v vzorcu zemlje smo zaznali le naravne radionuklide in Cs-137. Rezultati meritev so podani v tabeli T4 primerjalno z rezultati meritev in-situ ter z laboratorijskima meritvama vzorca na IJS v Laboratoriju za meritve radioaktivnosti (LMR). Rezultati se v okviru merilnih negotovosti ujemajo. Primerjava med rezultati talnih vzorcev in in-situ meritvami kaže dobro skladnost; izjema sta specifični aktivnosti K-40 in Cs-137, ki sta pri in-situ približno za faktor dva nižji. Verjeten razlog je majhna debelina zemeljskega sloja na lokaciji, saj gre za nasip, ki je pretežno iz proda.

Rezultati meritev so podani v tabeli T4 primerjalno z rezultati meritev in-situ ter z laboratorijskima meritvama vzorca na IJS v Laboratoriju za meritve radioaktivnosti (LMR). Rezultati se v okviru napak skladajo. Primerjava med rezultati zemlje in in-situ meritvami so tudi skladni, le rezultat specifične aktivnosti K-40 in Cs-137 je pri in-situ za faktor dva manjši. Razlog za to je verjetno majhna plast zemlje, saj smo bili na nasipu, ki je po večini iz proda.

Ekipa mobilne enote NEK meritve vzorca zemlje v mobilnem laboratoriju ni izvedla.

Slika S2: Meritve in-situ na točki T-1

d **Primerjalna meritev aktivnosti *aerosolnega filtra***

V okviru drugih primerjalnih meritev na terenu smo izmerili aktivnost *aerosolnega filtra*, s katerim smo pred tem vzorčili zrak na terenu. Rezultati mobilnih laboratorijev IJS ELME in ZVD so v tabeli T5.

Ekipa mobilne radiološke enote NEK ni opravila analize zračnega filtra.

e **Meritev aktivnosti vzorca *pšenice***

Izvedli smo tudi primerjalno meritev specifične aktivnosti sevalcev gama v vzorcu iz prehrambne verige. Tokrat smo analizirali vzorec *pšenice*. Zaradi kratkega časa meritve radionuklid Cs-137 pri meritvah v mobilnih laboratorijih ni bil zaznan, zato smo poročali spodnje meje aktivnosti. Vzorec smo naknadno pomerili tudi v stacionarnem laboratoriju LMR na IJS. Primerjava rezultatov meritev med mobilnim radiološkim laboratorijem IJS ELME in ZVD ter LMR je v tabeli T6.

Vsi rezultati, razen za Ra-226, se ujemajo v okviru merilnih negotovosti. Specifična aktivnost omenjenega radionuklida je bila preračunana iz energijskih vrhov pri 295 keV in 352 keV, ki pripadata plinu radonu (Rn-222). Ta je najverjetneje ostal ujet v zaščitni vrečki in med prenosi med laboratoriji izhlapel.

Ekipa mobilne radiološke enote NEK ni opravila omenjene meritve in analize.

4.4 POSEBNE MERITVE IN RUTINSKE MERITVE NA TERENU

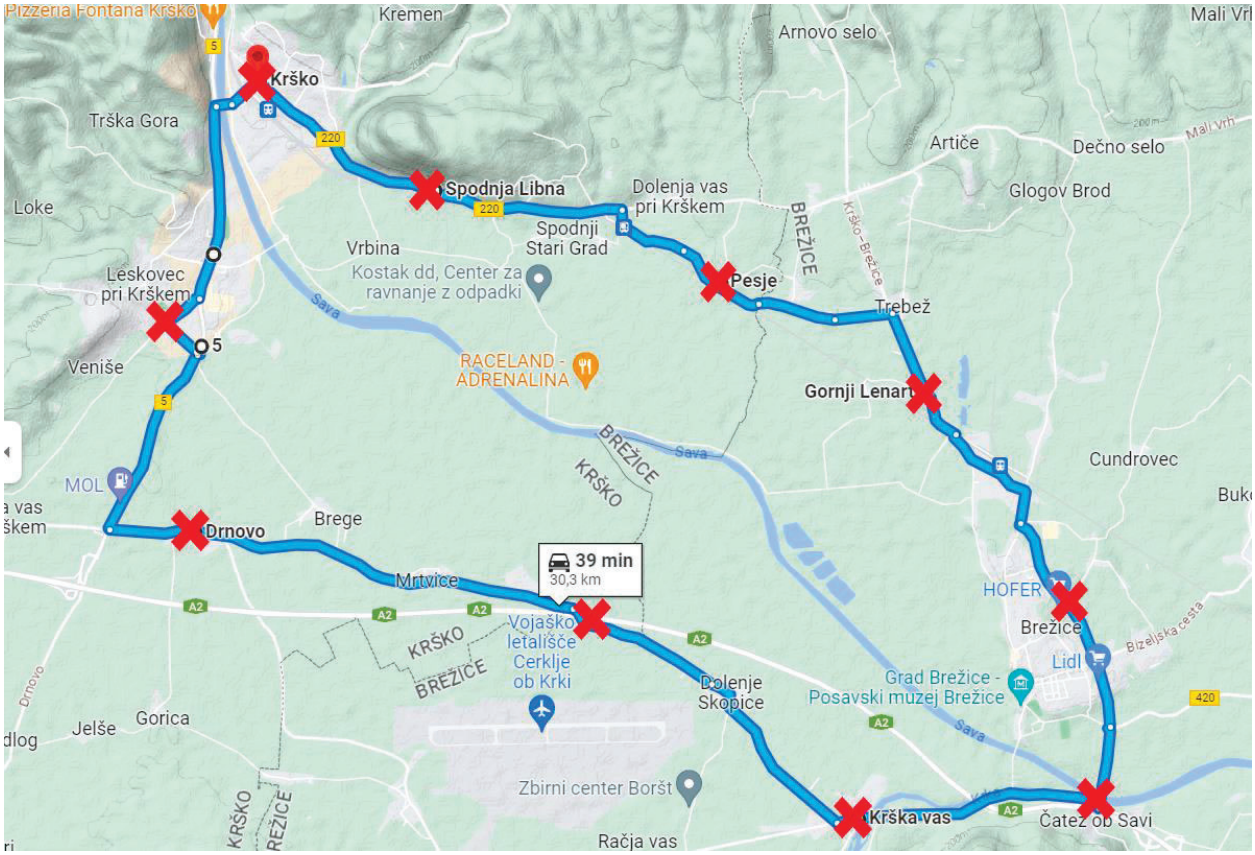
a Meritve hitrosti okoljskega doznega ekvivalenta in površinske kontaminacije, meritve geografskih koordinat, kartiranje hitrosti doze

Prvi dan obhoda smo ekipi IJS ELME in ZVD izvajali obhod po navodilih URSJV. Ekipi je URSJV poslal zemljevid in načrt poti, imenovane »Ožja (3 km) pot okoli NEK« (slika S4a). Vsaka skupina je te meritve poročala preko aplikacije URSJV, poleg tega pa smo na 10 mestih izmerili hitrosti okoljskega doznega ekvivalenta in površinsko kontaminacijo (slika S3) ter rezultate vpisovali v tabele ter beležili rezultate preko aplikacije Route Monitoring . Rezultati meritev IJS ELME so v prilogi 1, rezultati ZVD pa v prilogi 9.

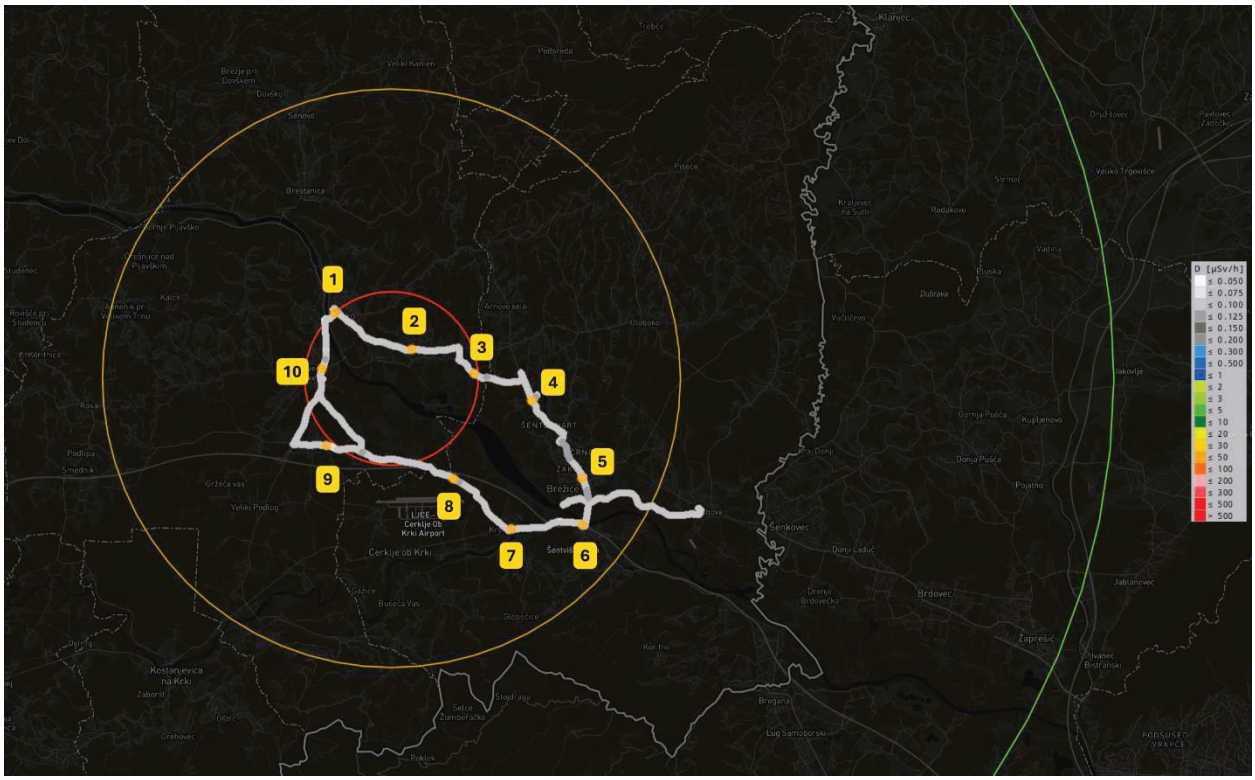
Slika S3: Primer meritve površinske kontaminacije na eni izmed lokacij.

Meritve hitrosti okoljskega doznega ekvivalenta smo izvajali na višini 1 m od tal. IJS ELME 1 je meritve z ionizacijsko celico RSS-131 opravljal na površinah, kjer je bilo parkirano vozilo, na katerem je bila pritrjena celica. Na vseh merilnih mestih so bile izmerjene pričakovane vrednosti naravnega ozadja. Na vseh merilnih mestih smo določili tudi geografske koordinate. Podlaga tal na merilnih mestih je bila trava, beton ali asfalt.

Od Ljubljane do Krškega in med obhodom 10. merilnih mest smo izvajali tudi kartiranje hitrosti okoljskega doznega ekvivalenta (IJS ELME z ionizacijsko celico RSS-131 in merilnikom Automess s scintilacijsko sondo, ZVD z merilnikom Automess s scintilacijsko sondo). Rezultati IJS ELME meritev so prikazani na slikah S4b in S5.



Slika S4a: Zemljevid - Ožja (3 km) pot okoli NEK, sta ekipi IJS in ZVD izvajali meritve in jih poročali URSJV.



Slika S4b: Označene geografske točke, kjer so bile izvedene meritve po navodilih URSJV.

Slika S5: Kartiranje hitrosti okoljskega doznega ekvivalenta na poti od Ljubljane do okolice Krškega (meritve IJS ELME, merilnik ionizacijska celica RSS-131 2).

b Meritve aktivnosti joda v ščitnici

Meritev aktivnosti joda I-131 v ščitnici smo izvedli z merilniki hitrosti okoljskega doznega ekvivalenta na fantomu, s katerim simuliramo ščitnico, pri čemer smo namesto joda I-131 uporabili radioaktivni vir Ba-133. Pri izračunu aktivnosti smo upoštevali različne koeficiente radionuklidov. Ba-133 seva fotone podobnih energij kot I-131, razpolovni čas pa je veliko daljši in je zaradi tega primernejši za kontinuirano testno uporabo.

Rezultati ζ-testa so sprejemljivi za IJS ELME in ZVD, medtem ko so bili za laboratorij NEK nekoliko nad vrednostjo 2. Po merilih testa to nakazuje na vprašljivost rezultata, vendar ga še ne zavrača. Rezultati so prikazani v tabeli T8.

c Meritev radionuklidov v telesu

IJS ELME je poslal svojega člana na meritve aktivnosti radionuklidov v telesu s pomočjo števca celotne aktivnosti WBC StandFast. Meritve so pokazale samo prisotnost K-40. Rezultat meritve je v tabeli T9.

d Meteorološki parametri

Drugi dan obhoda smo izvedli meritev meteoroloških parametrov na točki T-1. Rezultati meritev IJS ELME so v tabeli T10a, rezultati meritev ZVD pa v tabeli T10b.

e Osebna dozimetrija

Člani radiološke intervencijske ekipe IJS ELME niso prejeli doz sevanja, višjih od naravnega ozadja. Rezultati odčitkov osebnih doznih ekvivalentov so v tabeli T11.

4.5 PREVERJANJE ZAŠČITNE OPREME

Drugi dan obhoda smo vadili uporabo zaščitne opreme enot IJS ELME in ZVD. Vadili smo tudi postavitev kontrolne točke s conami na meji blokiranega območja in preverjanje kontaminacije oseb in opreme pri izstopu iz blokiranega območja. Na vaji je bilo nazorno prikazano tudi optimalno pritrjevanje rokavic na zaščitno obleko Tyvek, z namenom čim lažje odstranitve po končani uporabi.

Slika S6: Vaja uporabe zaščitne opreme in postavitev kontrolne točke s conami.

4.6 TEST KOMUNIKACIJ

Drugi dan obhoda smo v Krškem preko radijskega omrežja ZARE vzpostavili zvezo z Regijskim centrom za obveščanje Brežice. Zaprosili smo za rezervacijo simpleksnega delovnega kanala za povezavo med člani radioloških mobilnih enot IJS ELME in ZVD. Vzpostavitev zvez je potekala uspešno med člani obeh mobilnih enot. Med mobilno enoto IJS ELME in NEK smo uspešno vzpostavili povezavo preko digitalne radijske postaje, ki pa je enota ZVD nima. Na enak način je IJS ELME uspešno vzpostavil povezavo tudi z URSJV v Ljubljani. Poleg tega je IJS ELME uspešno preveril delovanje radijske zveze med ročno digitalno postajo in digitalno postajo, vgrajeno v vozilo mobilnega laboratorija.

4.7 TEST OPREME IN NAVODIL

Vsa oprema, razen merilnika MiniTrace Saphymo, ki je v lasti ZVD, je bila brezhibna. Merilnik MiniTrace Saphymo od ZVD zaradi okvare podatkov ne pošilja.

4.8 TEHNIČNE OPOMBE

Pošiljanje podatkov iz MiniTrace Saphymo na strežnik v NEK

Urediti popravilo merilnika MiniTrace Saphymo, da bo pošiljal izmerjene podatke na strežnik v NEK.

4.9 ZAKLJUČKI IN PRIPOROČILA

a IJS ELME

Potrebno je pripraviti podrobno strategijo usmerjanja mobilnih enot v primeru nesreče, zlasti glede ravnanja ekip, če se znajdejo v radioaktivnem oblaku.

b ZVD

Člani imajo naslednje zaznamke:

- Revizija OB-LMSAR-2.02.
- ZARE deluje le na območju KRŠKO.
- Namesto nitrilnih rokavic damo gumijaste – kirurške.
- Dati v avto dolge obujke.
- Dati v avto več tyvekov.

d SPLOŠNI ZAKLJUČEK

Delo na terenu je vse tri dni potekalo brez težav. Člani vseh treh ekip so bili motivirani za delo in so medsebojno dobro sodelovali. Tudi komunikacija med ekipama in URSJV je potekala gladko in brez težav.

Primerjave zahtevnejših spektroskopskih meritev so prikazale dobro ujemanje med ekipami, kar potrjuje dobro usposobljenost ekip ZVD, NEK in ELME za delo na terenu.

Predlagamo, da se ekipe v prihodnje pred obhodi natančno dogovorijo o strategiji obhoda desetih točk, ki običajno poteka prvi dan. Načeloma je potrebno prvi dan obhoda uskladiti z URSJV vsaj štirinajst dni pred odhodom.

REZULTATI MERITEV

5.1 NEGOTOVOSTI MERITEV

Vse negotovosti rezultatov meritev so podane s stopnjo zaupanja 68 % oziroma faktorjem pokritja k = 1 za IJS ELME in ZVD ter s stopnjo zaupanja 95 % oziroma faktorjem pokritja k = 2 za laboratorij NEK.

5.1 STATISTIČNO OVREDNOTENJE REZULTATOV MERITEV

Za ovrednotenje rezultatov meritev smo uporabili dva različna statistična testa, ζ-test in *z*-test.

V primeru, da je znana referenčna vrednost, smo uporabili ζ test:

$$\zeta - \text{test} = \frac{x_i - x_{ref}}{\sqrt{\text{u}(x_i)^2 + \text{u}(x_{ref})^2}},$$

pri čemer je x_i poročana izmerjena vrednost z negotovostjo $\text{u}(x_i)$ in x_{ref} referenčna vrednost z negotovostjo $\text{u}(x_{ref})$.

V primeru, da smo primerjali samo izmerjene rezultate, smo uporabili *z* test:

$$z - test = \frac{x_i - \bar{x}}{\delta},$$

pri čemer je x_i poročana izmerjena vrednost, $\bar{x}$ povprečna vrednost, izračunana iz izmerjenih rezultatov in δ standardna deviacija brez signifikantno odstopajočih izmerkov.

Pri obeh testih se upošteva naslednji kriterij:

$\|z\|,\|\zeta\| \leq 2$	sprejemljiv rezultat
$2 < \|z\|,\|\zeta\| \leq 3$	vprašljiv rezultat
$\|z\|,\|\zeta\| > 3$	nesprejemljiv rezultat

5.2 PRIMERJALNE MERITVE VZORCEV S POVIŠANO AKTIVNOSTJO

Tabela T1: ***Primerjava rezultatov meritev oglenega filtra***

Vzorčevalno mesto: *E. & Z. 130722* *Geometrija:* Φ 45×1
Vrsta vzorca: ogleni filter *Enota:* filter
Datum vzorčenja: / *Aktivnost dne:* 1. 7. 2024 18:00

Izotop	Specifična aktivnost (Bq/filter)				Primerjava z referenčno vrednostjo ζ-test		
	IJS ELME	NEK	ZVD	Referenčna aktivnost	IJS ELME	ZVD	NEK
Co-57	(1,4 ± 0,3) E+3	(1,4 ± 0,3) E+3	(1,5 ± 0,2) E+3	(1,5 ± 0,1) E+3	0,43	0,31	0,30
Co-60	(3,0 ± 0,6) E+3	(2,9 ± 0,6) E+3	(2,8 ± 0,3) E+3	(3,1 ± 0,1) E+3	0,19	0,98	0,30
Y-88	(6,1 ± 1,2) E+3	(6,3 ± 1,2) E+3	(6,0 ± 0,6) E+3	(6,6 ± 0,2) E+3	0,41	0,83	0,28
Cd-109	(6,3 ± 1,4) E+4	(6,4 ± 1,4) E+4	(6,7 ± 1,0) E+4	(6,7 ± 0,3) E+4	0,31	0,09	0,22
Sn-113	(3,8 ± 0,8) E+3	(3,7 ± 0,8) E+3	(3,7 ± 0,5) E+3	(4,0 ± 0,2) E+3	0,22	0,54	0,34
Cs-137	(1,8 ± 0,4) E+3	(1,8 ± 0,4) E+3	(1,7 ± 0,2) E+3	(1,9 ± 0,1) E+3	0,27	1,10	0,24
Ce-139	(2,3 ± 0,4) E+3	(2,2 ± 0,4) E+3	(2,2 ± 0,3) E+3	(2,3 ± 0,1) E+3	0,01	0,38	0,35
Hg-203	(5,9 ± 1,5) E+3	(4,4 ± 1,9) E+3	(5,1 ± 1,1) E+3	(4,9 ± 0,2) E+3	0,68	0,17	0,27

Oznake: IJS ELME – terenska meritev in terenska analiza
NEK – terenska meritev in terenska analiza
ZVD – terenska meritev in terenska analiza

Tabela T2: ***Primerjava rezultatov meritev brisa***

Vzorčevalno mesto: *NEK* *Geometrija:* Φ 45 x 1
Vrsta vzorca: bris *Enota:* bris
Datum vzorčenja: 10. 9. 2025 *Aktivnost dne:* 10. 9. 2025 8:00

Izotop	Specifična aktivnost (Bq/bris)				Primerjava z uteženim povprečjem ζ-test		
	IJS ELME	NEK	ZVD	UTEŽENO POVPREČJE	IJS ELME	NEK	ZVD
Co-60	(1,7 ± 0,4) E+2	(1,8 ± 1,1) E+2	(1,8 ± 0,2) E+2	(1,8 ± 0,2) E+2	0,19	0,00	0,07
Nb-94	(7,1 ± 1,5) E+0	(6,9 ± 4,8) E+0	(6,7 ± 1,0) E+0	(6,8 ± 0,8) E+0	0,16	0,02	0,10
Sb-125	(5,3 ± 1,7) E+0	-	-	(5,3 ± 1,7) E+0	0,00	-	-
Cs-137	(6,0 ± 1,4) E+0	(6,0 ± 4,5) E+0	(6,5 ± 1,1) E+0	(6,3 ± 0,8) E+0	0,18	0,07	0,15
Hg-203	(2,1 ± 0,5) E+0	-	(2,2 ± 0,5) E+0	(2,2 ± 0,4) E+0	0,08	-	0,08

Oznake: IJS ELME – terenska meritev in terenska analiza
NEK - terenska meritev in terenska analiza
ZVD - terenska meritev in terenska analiza

Tabela T3: ***Primerjava rezultatov meritev skupne aktivnosti β filtrskega papirja***

Vzorčevalno mesto: *Filtrski papir #795* *Geometrija:* Φ 54
Vrsta vzorca: filtrski papir *Enota:* filter
Datum vzorčenja: / *Aktivnost dne:* 6. 6. 2023

Filtrski papir #795				Primerjava z referenčno vrednostjo ζ-test		
Skupna aktivnost beta (Bq)				IJS ELME	NEK	ZVD
IJS ELME	NEK	ZVD	Referenčna aktivnost			
(1,3 ± 0,3) E+2	(1,4 ± 0,3) E+2	(1,3 ± 0,4) E+2	(1,3 ± 0,1) E+2	0,10	0,43	0,11

Oznake: IJS ELME – terenska meritev in terenska analiza
NEK – laboratorijska meritev v NEK
ZVD - terenska meritev in terenska analiza

5.3 DRUGE PRIMERJALNE TERENSKE MERITVE

Tabela T4: ***Primerjava rezultatov meritev in-situ in meritev vzorca zemlje Φ 82 × 57***

Vzorčevalno mesto: T-1 *Geometrija:* *Površinska in enakomerna* Φ 200 m, Φ 82 × 57 (IJS ELME)

Vrsta vzorca: in-situ, zemlja *Enota:* m^2, kg

Datum vzorčevanja: 9. 9. 2025 *Aktivnost dne:* 9. 9. 2025

	In-situ / površinska porazdelitev	
Izotop	**Koncentracija aktivnosti (Bq/m^2)**	**Koncentracija aktivnosti (Bq/m^2)**
	IJS ELME	**ZVD**
Be-7	(1,8 ± 0,6) E+2	–
Cs-137	(5,2 ± 0,8) E+1	(4,7 ± 0,6) E+1

	In-situ / enakomerna porazdelitev		**Vzorec zemlje Φ 82 × 57**		
Izotop	**Specifična aktivnost (Bq/kg)**	**Specifična aktivnost (Bq/kg)**	**Specifična aktivnost (Bq/kg)**		
	IJS ELME	**ZVD**	**IJS LMR**	**IJS ELME**	**ZVD**
Be-7	(6,0 ± 3,1) E+0	(8,5 ± 1,4) E+0	(5,4 ± 0,9) E+0	–	–
K-40	(1,5 ± 0,2) E+2	(1,5 ± 0,2) E+2	(3,1 ± 0,1) E+2	(2,9 ± 0,7) E+2	(3,5 ± ,5) E+2
Cs-137	(1,4 ± 0,2) E+0	(1,3 ± 0,2) E+0	(3,1 ± 0,2) E+0	< 6,6 E+0	< 5,3 E+0
Ra-226	(3,5 ± 0,4) E+1	(3,7 ± 0,4) E+1	(3,2 ± 0,3) E+1	(3,6 ± 0,8) E+1	
Pb-210	–	–	(1,2 ± 0,8) E+1	–	< 40
Ra-228	(1,2 ± 0,1) E+1	(1,1 ± 0,1) E+1	(2,5 ± 0,1) E+1	(1,9 ± 0,5) E+1	(1,8 ± 0,2) E+1
Th-228	(1,1 ± 0,1) E+1	(1,2 ± 0,1) E+1	(2,3 ± 0,1) E+1	(2,8 ± 0,6) E+1	(1,8 ± 0,2) E+1

Oznake: IJS ELME – terenska meritev in terenska analiza, IJS LMR – laboratorijska meritev na IJS v LMR, ZVD – terenska meritev in terenska analiza, ZVD

Tabela T5: ***Primerjava rezultatov meritev aerosolnega filtra***

Vzorčevalno mesto:	T-1	*Geometrija:*	Φ 43×0,4
Vrsta vzorca:	aerosolni filter	*Enota:*	filter
Datum vzorčenja:	14. 9. 2022	*Aktivnost dne:*	9. 9. 2025

Volumen p. zraka: 2,96 m^3 (IJS ELME), 28,35 m^3 (ZVD)

Izotop	Specifična aktivnost (Bq/m^3)		
	IJS ELME	**NEK**	**ZVD**
K-40	(1,5 ± 1,0) E+0	–	< 1,7
Cs-137	< 0,2	–	< 0,13
Ra-226	–	–	(5,2 ± 0,5) E+0

Oznake: IJS ELME – terenska meritev in terenska analiza
NEK – laboratorijska meritev v NEK
ZVD – laboratorijska meritev na ZVD

Opomba: Število za znakom < je številska vrednost spodnje meje aktivnosti, določljive za dan izotop, in se nanaša na interval zaupanja z 68 % zanesljivostjo (k = 1).

Tabela T6: ***Primerjava rezultatov meritev vzorca žita***

Vzorčevalno mesto:	Veliki Kamen	*Geometrija:*	Φ 82 × 57
Vrsta vzorca:	hrana, žito	*Enota:*	kg
Datum vzorčevanja:	9. 9. 2025	*Aktivnost dne:*	9. 9. 2025

Izotop	Specifična aktivnost (Bq/kg)		
	IJS LMR	**IJS ELME**	**ZVD**
K-40	(9,8 ± 0,4) E+1	(7,7 ± 3,9) E+1	(8,3 ± 2,0) E+1
Cs-137	(7,2 ± 0,5) E-1	< 6,9	< 3,5
Pb-210	< 0,2	< 57,6	< 23,9
Ra-226	< 0,7	(3,1 ± 0,7) E+1	(7,3 ± 1,2) E+0

Oznake: IJS ELME – terenska meritev in terenska analiza, IJS LMR – laboratorijska meritev na IJS v LMR, ZVD – terenska meritev in terenska analiza, ZVD

Opomba: Število za znakom < je številska vrednost spodnje meje aktivnosti, določljive za dan izotop, in se nanaša na interval zaupanja z 68 % zanesljivostjo (k = 1).

Tabela T7: ***Primerjalne meritve hitrosti okoljskega doznega ekvivalenta na terenu***

Datum meritev: 9. 9. 2025
Lokacija: T-1

Merska točka	Geografske koordinate	Čas	IJS ELME [µSv/h]	ZVD [µSv/h]	NEK [µSv/h]	Razmerja		
			Automess 6150 AD (s scintilacijsko sondo)	Automess 6150 AD (s scintilacijsko sondo)	FH40G	IJS ELME / NEK	ZVD / NEK	IJS ELME / ZVD
1	N 45,9328 ° E 15,5216 °	9:37	0,064	0,06	0,1	0,64	0,60	1,07
2	N 45,9330 ° E 15,5214 °	9:40	0,067	0,06	0,13	0,52	0,46	1,12
3	N 45,9331 ° E 15,5214 °	9:42	0,089	0,08	0,14	0,64	0,57	1,11
4	N 45,9332 ° E 15,5211 °	9:44	0,071	0,06	0,10	0,71	0,60	1,18
5	N 45,9333 ° E 15,5212 °	9:47	0,070	0,07	0,11	0,64	0,64	1,00
6	N 45,9335 ° E 15,5211 °	9:51	0,074	0,07	0,11	0,67	0,64	1,06
7	N 45,9333 ° E 15,5213 °	9:53	0,091	0,08	0,08	1,14	1,00	1,14
8	N 45,9332 ° E 15,5215 °	9:55	0,127	0,11	0,13	0,98	0,85	1,15
9	N 45,9330 ° E 15,5216 °	9:58	0,116	0,11	0,18	0,64	0,61	1,05
10	N 45,9329 ° E 15,5218 °	10:00	0,082	0,08	0,09	0,91	0,89	1,03

Opomba: V tabeli so pri vsaki ekipi rezultati meritev samo za en izbrani merilnik. Meritve so bile narejene na višini 1 m od tal. Merilna negotovost rezultatov IJS ELME je 25 % (k = 1) in ZVD 45 % (k = 2). Merilna negotovost za merilnik NEK je tipično <5 % in največ 20 % (k=1).

5.4 POSEBNE MERITVE IN RUTINSKE MERITVE NA TERENU

Tabela T8: ***Meritve aktivnosti Ba-133 v fantomu s simulirano ščitnico***
Certificirana aktivnost je preračunana na 10. 9. 2025

Datum aktivnosti: 10. 09. 2025 10:00

Izotop	Aktivnost (Bq)			
	IJS ELME	NEK	ZVD	CERTIFIKAT
Ba-133	(1,12 ± 0,25) E+5	(1,46 ± 0,20) E+5	(1,21 ± 0,15) E+5	(1,03 ± 0,04) E+5

Razmerja med laboratoriji			Primerjava s certificirano vrednostjo ζ test		
IJS ELME / NEK	ZVD / NEK	IJS ELME / ZVD	IJS ELME	NEK	ZVD
0,77	0,83	0,92	0,36	2,12	1,16

Oznake: IJS ELME – terenska meritev in terenska analiza
ZVD – terenska meritev in terenska analiza
NEK – laboratorijska meritev.

Tabela T9: ***Meritve radionuklidov v telesu***

Datum meritve: 10. 9. 2025

Oseba: Tilen Brecelj

Izotop	WBC StandFast
	Aktivnost (Bq)
K-40	(2,3 ± 0,5) E+3

Tabela T10a: ***Meteorološke meritve – meritve IJS ELME***

Lokacija: T-1 *Datum:* 9. 9. 2025
GPS koordinate: N 45,933217°, E 15,521480°
Količina padavin v času meritev: Brez padavin

ČAS (hh:mm)	VETER		ZRAK		ZRAČNI TLAK (hPa)
	HITROST (m/s)	SMER	TEMP. (°C)	REL.VLAGA (%)	
10:00	3,0	Z	18,8	73	1033
10:20	0,0	-	19,4	72	1033
10:30	0,0	-	20,0	70	1033
10:45	0,5	SV	20,5	69	1033
11:00	0,0	-	21,0	69	1033
11:15	2,3	SV	21,9	64	1033
11:30	8,0	S	22,4	63	1032
11:45	6,0	S	22,8	62	1032
12:00	0,5	SV	22,9	62	1032
12:15	2,5	SV	23,9	61	1032

Tabela T10b: ***Meteorološke meritve – meritve ZVD***

Lokacija: T-1 *Datum:* 9. 9. 2025
GPS koordinate: N 45,933217°, E 15,521480°
Količina padavin v času meritev: Brez padavin

ČAS (hh:mm)	VETER		ZRAK		ZRAČNI TLAK (hPa)
	HITROST (m/s)	SMER	TEMP. (°C)	REL.VLAGA (%)	
09:29	0	SZ	17,4	85	1027
09:59	8	SZ	19,4	81	1028
10:29	0	SZ	20,7	77	1028
10:59	0	SZ	22,2	73	1027
11:29	2	JJV	24,3	68	1027
11:59	0	JJV	24,9	66	1027
12:29	0	JJV	27,0	62	1027
12:50	0	JJV	26,9	61	1026

Tabela T11: ***Prejeti dodatni osebni dozni ekvivalenti članov ekipe IJS ELME med obhodom, zabeleženi z elektronskimi dozimetri MGP, model DMC2000S***

Člani	Datum	Doza (mSv)	Datum	Doza (mSv)	Datum	Doza (mSv)
Toni Petrovič	8. 9. 2025	0	9. 9. 2025	0	10. 9. 2025	0
Klara Poiškruh	8. 9. 2025	0	9. 9. 2025	0	10. 9. 2025	0
Branko Vodenik	8. 9. 2025	0	9. 9. 2025	0	10. 9. 2025	0
Rok Roš Opaškar	8. 9. 2025	0	9. 9. 2025	0	10. 9. 2025	0
Tilen Brecelj	8. 9. 2025	0	9. 9. 2025	0	10. 9. 2025	0

5 PRILOGE[1]

1. *Poročilo o meritvah ionizirajočega sevanja, poročilo št. 53/2025* za meritve hitrosti doze in površinske kontaminacije – IJS ELME
2. *Poročilo o meritvah ionizirajočega sevanja, poročilo št. 54/2025* za meritve hitrosti doze in površinske kontaminacije – IJS ELME
3. *Poročilo o rezultatih meritev aktivnosti sevalcev gama, poročilo št. 55a/2022* za meritve kontaminacije tal s spektrometrijo gama in-situ – IJS ELME
4. *Poročilo o rezultatih meritev aktivnosti sevalcev gama, poročilo št. 56/2025* za meritve vsebnosti radionuklidov z visokoločljivostno spektrometrijo gama v Mobilnem radiološkem laboratoriju (MRL) – IJS ELME
5. *Poročilo o rezultatih meritev aktivnosti joda v ščitnici in aktivnosti vira beta, poročilo št. 57/2025* – IJS ELME
6. *Poročilo o rezultatih meritev aktivnosti sevalcev gama, poročilo št. 58/2025* za meritve vsebnosti radionuklidov z visokoločljivostno spektrometrijo gama v Mobilnem radiološkem laboratoriju (MRL) – IJS ELME
7. *Poročilo o meritvah radioaktivnosti, poročilo št. LMSAR-76/2025-GO, rev 1,* za meritve vsebnosti radionuklidov s spektrometrijo gama – ZVD
8. *Poročilo o meritvah radioaktivnosti, poročilo št. LMSAR-77/2025-GO* za meritve meritev aktivnosti joda v ščitnici in aktivnosti vira beta – ZVD
9. *Poročilo o meritvah sevalnih razmer, poročilo št. LMSAR-78/2025-GO* za meritve hitrosti doze in površinske kontaminacije – ZVD
10. *Poročilo o meritvah radioaktivnosti, poročilo št. LMSAR-79/2025-GO* za meritve kontaminacije tal s spektrometrijo gama in-situ – ZVD
11. *Poročilo o spektrometriji gama, poročilo št. 771-25* za meritve vsebnosti radionuklidov s spektrometrijo gama – NEK
12. *Poročilo o spektrometriji gama, poročilo št. 772-25* za meritve vsebnosti radionuklidov s spektrometrijo gama – NEK
13. *Poročilo o spektrometriji gama, poročilo št. 082-25* za meritve vsebnosti radionuklidov v telesu / interne kontaminacije – NEK

[1] Vse dodatne podrobnosti o obhodu za IJS ELME so zbrane v Dnevniku ELME in v arhivu ELME, za ZVD v arhivu ZVD in za NEK v arhivu NEK.

IJS Delovno poročilo
IJS-DP-15424
Ljubljana, marec 2026

Vzdrževanje pripravljenosti izrednega monitoringa radioaktivnosti v NEK

POROČILO ZA LETO 2025

Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija

Naročnik:	Nuklearna elektrarna Krško, d. o. o., Vrbina 12, 8270 Krško
Izvajalec:	Institut "Jožef Stefan", Ljubljana Ekološki laboratorij z mobilno enoto Jamova cesta 39, 1000 Ljubljana
Pogodba štev.:	*Vzdrževanje pripravljenosti izrednega monitoringa radioaktivnosti ELME 2024–2027*, NEK št. 3240324, z dne 28. 3. 2024
Odgovorni nosilec:	doc. dr. Benjamin Zorko
Namen:	Vzdrževanje pripravljenosti ELME za izredni monitoring radioaktivnosti v NEK
Naslov poročila:	**Vzdrževanje pripravljenosti izrednega monitoringa radioaktivnosti v NEK, Poročilo za leto 2025**
Poročilo uredila:	Boštjan Črnič, mag. med. fiz. in dr. Helena Fajfar
Avtorji poročila:	Boštjan Črnič, mag. med. fiz., dr. Helena Fajfar, doc. dr. Miha Mihovilovič, doc. dr. Benjamin Zorko, dr. Toni Petrovič, mag. Branko Vodenik, mag. Matjaž Stepišnik, dr. Tilen Brecelj, Klara Poiškruh, mag. med. fiz., Rok Roš Opaškar, Petra Prem, prof. biol., Thomas Breznik, dipl. inž. rad., Tanja Murn, mag. prof. pouč. bio. in kem., dr. Tinkara Bučar, Sandi Gobec, Mitja Eržen, univ. dipl. fiz., dr. Anže Jazbec, dr. Matej Lipoglavšek
Štev. del. poročila:	IJS-DP-15424
Kopije:	NE Krško 1 izvod ZIC (Znanstveno informativni center IJS) 1 izvod arhiv ELME 1 izvod

Izvedba projekta je usklajena z zahtevami programov IJS, F-2 in ELME za zagotovitev kakovosti.

	Ime in priimek	*Datum in podpis*
Pripravila	Boštjan Črnič, mag. med. fiz. dr. Helena Fajfar	5. 3. 2026 Digitally signed by HELENA FAJFAR Date: 2026.03.05 13:53:38 +01'00'
Pregledala	doc. dr. Benjamin Zorko doc. dr. Miha Mihovilovič	BENJAMIN ZORKO '00'01+ 13:57:39 2026.03.05 Digitally signed by MIHA MIHOVILOVIČ Date: 2026.03.05 14:32:11 +01'00'
Odobril	prof. dr. Leon Cizelj	Digitalni podpis: CIZELJ LEON Podpisano: 06.03.2026 ob 11:43:31

NASLOV POROČILA:
Vzdrževanje pripravljenosti izrednega monitoringa radioaktivnosti v NEK, Poročilo za leto 2025

IJS-DP-15424
marec 2026

B. Črnič, H. Fajfar, M. Mihovilovič, B. Zorko, T. Petrovič, B. Vodenik, M. Stepišnik, T. Brecelj, K. Poiškruh, R. Roš Opaškar, P. Prem, T. Breznik, T. Murn, T. Bučar, S. Gobec, M. Eržen, A. Jazbec, M. Lipoglavšek

KLJUČNE BESEDE:
izredni dogodek, jedrski, radiološki, pripravljenost na izredni dogodek, radiološka mobilna enota, zunanje sevanje, radioaktivno onesnaženje, vzorčenje, meritve sevanja, identifikacija radionuklidov, dozimetrija, urjenje, vaje, primerjalne meritve, intervencije

POVZETEK:
V poročilu je opisano delovanje Ekološkega laboratorija z mobilno enoto (ELME) v letu 2025. V uvodnem delu je opisana podlaga za delovanje ELME in pojasnjena organiziranost ELME ter stopnja opremljenosti. Delovanje v letu 2025 je podano v treh sklopih. Najprej je opisano vzdrževanje pripravljenosti. Sledi mu opis vzdrževanja usposobljenosti, ki obravnava referenčne in nadzorne meritve v okolici NE Krško, primerjalne meritve z laboratoriji NE Krško in ZVD ter druge primerjalne meritve. Tretji sklop opisuje vzdrževanje opremljenosti. Sledi poročilo o opravljenih aktivnostih v letu 2025. V zaključkih so povzete pridobljene izkušnje in predlogi za izboljšanje oziroma dopolnitve pripravljenosti in delovanja ELME.

REPORT TITLE:
Maintenance of radioecological emergency preparedness - Yearly Report for 2025

IJS-DP-15424
March 2026

B. Črnič, H. Fajfar, M. Mihovilovič, B. Zorko, T. Petrovič, B. Vodenik, M. Stepišnik, T. Brecelj, K. Poiškruh, R. Roš Opaškar, P. Prem, T. Breznik, T. Murn, T. Bučar, S. Gobec, M. Eržen, A. Jazbec, M. Lipoglavšek

KEYWORDS:
Emergency, nuclear, radiological, emergency preparedness, emergency organization, mobile unit, stationary laboratories, equipment, external radiation, radioactive contamination, sampling, measurements, radionuclide identification, dosimetry, training, exercises, intercomparison measurements, interventions

ABSTRACT:
This document reports on the annual activities of the Ecological Laboratory with a Mobile Unit (ELME) for the year 2025. The introductory part describes formal basis for the operation of ELME and explains the organisation of ELME and the level of equipment. The operation in 2025 is presented in three sections. First, the maintenance of readiness is described. This is followed by a description of the maintenance of competence, which covers reference and monitoring measurements in the vicinity of NPP Krško as well as national and international intercomparison measurements. The third section describes the maintenance of equipment. This is followed by a report on the activities carried out in 2025. In the last part of the report gained experience and lessons learned are discussed, together with the suggestions for further improvements.

VSEBINA

IZHODIŠČE **4**

1. PODROČJE POOBLASTITVE ELME **4**

2. ORGANIZIRANOST RADIOLOŠKE ENOTE ELME **5**

2.1. KADROVSKA STRUKTURA 6
2.1.1. Mobilna enota 6
2.1.2. Stacionarni laboratoriji 7
2.2. OPREMLJENOST 8

3. DELOVANJE RADIOLOŠKEGA DELA ELME V 2025 ..... **8**

3.1. VZDRŽEVANJE PRIPRAVLJENOSTI 8
3.1.1. Dežurstvo intervencijske ekipe 8
3.1.2. Testi pripravljenosti in odzivnosti članov ELME 9
3.2. VZDRŽEVANJE USPOSOBLJENOSTI 9
3.2.1. Strokovno izpopolnjevanje članov intervencijskih ekip 10
3.2.2. Redno urjenje članov intervencijskih ekip 10
3.2.3. Strokovno usposabljanje ekip v stacionarnih laboratorijih 13
3.2.4. Primerjalne meritve 13
3.3. VZDRŽEVANJE OPREMLJENOSTI 21
3.3.1. Mobilni radiološki laboratorij - MRL 21
3.3.2. Stacionarni laboratoriji 22
3.3.3. Programska oprema, postopki in arhivi 22
3.4. ZAGOTAVLJANJE KAKOVOSTI 22

4. AKTIVNOSTI V LETU 2025 ..... **23**

4.1. MERITVE IN ANALIZE OB RADIOLOŠKIH NESREČAH 23
4.1.1. Radiološke intervencije 23
4.1.2. Ostale meritve 23
4.2. OSTALE AKTIVNOSTI 23
4.2.1. Strokovna mnenja za ostale naročnike 23
4.2.2. Pregled ostalih aktivnosti 23

5. FINANČNO POROČILO **24**

6. SKLEPI **24**

Priloga 1: Operativno vodstvo ELME v letu 2025 ..... **27**

Priloga 2: Seznam članov radioloških intervencijskih ekip v letu 2025 ..... **28**

Priloga 3: Seznam članov v stacionarnih laboratorijih v letu 2025 ..... **29**

IZHODIŠČE

Pripravljenost na odziv v sili oziroma nezgodna pripravljenost predstavlja enega od ključnih elementov varnostne infrastrukture. Cilj nezgodne pripravljenosti je zagotovitev vseh pogojev za pravočasen, strokoven, usklajen in učinkovit odziv v primeru izrednih dogodkov. Dobra nezgodna pripravljenost zagotavlja tudi višjo stopnjo zaupanja prebivalstva v institucije, ki so zadolžene za odziv v sili, ter s tem posredno prispeva h kredibilnosti oblasti.

Eden od pomembnih sestavnih elementov nezgodne pripravljenosti za ukrepanje ob izrednem dogodku z nevarnimi snovmi je usposobljenost za meritve in analize onesnaženja (kontaminacije) okolja v najširšem pomenu besede. Le z meritvami in analizami lahko realno ocenimo stanje in morebitno ogroženost prebivalstva in okolja, sočasno pa ti podatki omogočajo ustrezno ukrepanje za omilitev in sanacijo posledic dogodka.

Začetki nezgodne pripravljenosti v Sloveniji segajo v leto 1981 (pred zagonom NEK), ko je bila z mednarodno finančno pomočjo *United Nations Development Programme* (UNDP) na Institutu "Jožef Stefan" organizirana strokovno in tehnično dobro opremljena skupina pod imenom *Ekološki laboratorij z mobilno enoto (ELME)*, ki je že takrat ustrezala navedenim zahtevam standarda. Tako že več kot 40 let v okviru ELME delujejo in se vzdržujejo vsi potrebni laboratoriji, merilna oprema in znanje za učinkovit odziv v sili.

Od leta 1987 je ELME del državnega sistema zaščite in reševanja ob naravnih in drugih nesrečah. *Zakon o varstvu pred naravnimi in drugimi nesrečami ZVNDN* (Uradni list RS št. 51/06, 97/10 in 21/18 – ZNOrg in 117/22) je to samo še potrdil. V primeru nesreče z nevarnimi snovmi je ELME neposredno podrejen Štabu Civilne zaščite Republike Slovenije.

Podatki o operativnem vodstvu ELME so v prilogi 1, podatki o sodelavcih, usposobljenih za delo v intervencijskih ekipah, pa v prilogah 2 in 3.

V tem dokumentu je poročilo o vzdrževanju pripravljenosti, delovanju in opremljanju radiološkega dela ELME za leto 2025, skladno s pogodbo z NEK št. 3240324 z dne 28. 3. 2024.

1. PODROČJE POOBLASTITVE ELME

Institut "Jožef Stefan" (IJS), Ljubljana, je s pooblastilom št. 1864-20/2022-4 z dne 31. 1. 2023, ki ga je izdala Uprava RS za varstvo pred sevanji (URSVS) na podlagi 42. in 43. člena Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (Uradni list RS, št. 76/17, 26/19 in 172/21) in 5. člena Pravilnika o pooblaščanju izvedencev varstva pred sevanji (Uradni list RS, št. 47/18), pooblaščen kot izvedenec varstva pred sevanji za svetovanje glede izvajanja sevalnih dejavnosti, izdelavo ocen varstva pred sevanji in dajanje strokovnih mnenj, ki temeljijo na meritvah in/ali izračunih ter za izvajanje nadzornih meritev na nadzorovanih in opazovanih območjih, pregledov virov sevanja in osebne varovalne opreme.

Institut "Jožef Stefan" (IJS), Ljubljana, je z odločbo Uprave Republike Slovenije za jedrsko varnost (URSJV) št. 35400-4/2024/3 z dne 14. 6. 2024, izdane v soglasju z Upravo RS za varstvo pred sevanji (URSVS), pooblaščen za izvajanje monitoringa radioaktivnosti na podlagi 139. in 159. člena Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (ZVISJV-1, Ur. l. RS, št. 76/17, 26/19, 172/21 in 18/23) ter 8. in 10. člena Pravilnika o monitoringu radioaktivnosti (JV10, Ur. l. RS, št. 27/18).

Institut "Jožef Stefan" (IJS), Ljubljana, je z odločbo Uprave RS za varstvo pred sevanji (URSVS) št. 1864-5/2022-4 z dne 29. 3. 2022 na podlagi 46. člena Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (Uradni list RS, št. 76/17, 26/19 in 172/21) in 3. člena Pravilnika o pooblaščanju izvajalcev strokovnih nalog s področja ionizirajčcih sevanj (Uradni list RS, st. 39/18) 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 in rentgenske svetlobe ter za ugotavljanje izpostavljenosti notranjemu obsevanju pri delu z odprtimi viri in dajanje strokovnih mnenj, ki temeljijo na meritvah in/ali izračunih na podlagi meritev specifične aktivnosti v bioloških vzorcih ali zraku oziroma specifične površinske aktivnosti kontaminiranih površin. Z odločbo Uprave RS za varstvo pred sevanji (URSVS) št. 1864-17/2022-4 z dne 11. 11. 2022 se je pooblastilo razširilo še na ugotavljanje izpostavljenosti zaradi radona in torona ter dajanje strokovnih mnenj, ki temeljijo na meritvah oziroma izračunih.

Institut "Jožef Stefan" (IJS), Ljubljana, je s pooblastilom št. 3571-1/2022/2 z dne 11. 3. 2022, ki ga je izdala Uprava RS za jedrsko varnost (URSJV) na podlagi 2. in 3. odstavka 88. člena Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (Uradni list RS, st. 76/17, 26/19 in 172/21) ter 4. člena Pravilnika o pooblaščenih izvedencih za sevalno in jedrsko varnost (Uradni list RS, st. 50/16 in 76/17 - ZVISJV-1) pooblaščen za izvajanje del pooblaščenega izvedenca za sevalno in jedrsko varnost za vse dejavnosti, ki so določene v tabeli v pooblastilu.

Institut "Jožef Stefan" (IJS), Ljubljana, je s pooblastilom št. 1864-24/2019-3 z dne 25. 5. 2021, ki ga je izdala Uprava RS za varstvo pred sevanji (URSVS) na podlagi 71. člena Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (Ur. l. RS, št. 76/17 in 26/19) in 10. člena Pravilnika o pooblaščanju izvajalcev strokovnih nalog s področja ionizirajočih sevanj (Ur. l. RS, št. 39/18), pooblaščen za izvajanje enostavnih in kompleksnih meritev koncentracij radona, oceno doz in dajanje strokovnih mnenj, ki temeljijo na meritvah oziroma izračunih.

Mobilna enota ekološkega laboratorija ELME je pooblaščena za opravljanje radioloških meritev v primeru jedrske ali radiološke nesreče ter v primeru drugih izrednih dogodkov, pri katerih obstaja nevarnost vpliva radioaktivnih snovi na okolje in prebivalstvo. Formalno podlago za delovanje ELME, ki je od leta 1987 del državnega sistema zaščite in reševanja, predstavljajo Sklep Vlade RS o ustanovitvi republiških specializiranih enot za zaščito in reševanje (štev.: 8 04/92-7/1-8, z dne 12. 3. 1992), Zakon o varstvu pred naravnimi in drugimi nesrečami (Uradni list RS, št. 51/06 – uradno prečiščeno besedilo, 97/10 in 21/18 – ZNOrg in 117/22) ter Uredba o organiziranju, opremljanju in usposabljanju sil za zaščito, reševanje in pomoč (Uradni list RS, št. 78/25).

2. ORGANIZIRANOST RADIOLOŠKE ENOTE ELME

Ekološki laboratorij z mobilno enoto (ELME) je organizirana struktura strokovnjakov, ki v primeru radiološkega ali kemijskega izrednega dogodka na poziv upravnih organov s svojo opremo in metodami opravijo meritve in analize prisotnosti nevarnih snovi v okolju. Sestavljata ga dva mobilna laboratorija, opremljena za hitre meritve in analize na terenu - mobilni radiološki laboratorij (MRL) in mobilni kemijski laboratorij (MKL).

Mobilno radiološko enoto danes sestavljajo številni strokovnjaki Instituta »Jožef Stefan«, ki so razporejeni v intervencijske ekipe, mobilni radiološki laboratorij (MRL) ter vozilo za vzorčenje in meritev hitrosti doz na poti. V primeru resnega izrednega dogodka in 24-urnega neprekinjenega dela bi ekipe delovale v izmenah po osem ur: ena ekipa deluje na terenu, ena je v pripravljenosti in ena počiva.

Delo mobilnega radiološkega laboratorija na terenu podpirajo stacionarni laboratoriji Infrastrukturnega centra za meritve ionizirajočega sevanja Instituta »Jožef Stefan«, ki s svojim strokovnim znanjem in sodobno raziskovalno-merilno opremo omogočajo celovito in kompleksno analizo radionuklidov v izbrani okoljski matriki. Mednje sodijo: Laboratorij za meritve radioaktivnosti (LMR), Laboratorij za tekočinsko-scintilacijsko spektrometrijo (LSC), Laboratorij za termoluminiscenčno dozimetrijo (TLD), Laboratorij za dozimetrične standarde (NDS) ter Laboratorij za radiokemijo Odseka O-2.

2.1. KADROVSKA STRUKTURA

Radiološki del ELME sestavlja 20 strokovnjakov Instituta »Jožef Stefan«, ki se redno usposabljajo za delo v radioloških intervencijskih ekipah. Od tega se trije dodatno usposabljajo za vodje ekip, dva sodelavca sta tudi v operativnem vodstvu ELME, en sodelavec pa je svetovalec za radiološko področje. Za potrebe izvajanja izrednega monitoringa ob morebitnem izrednem dogodku v NEK skladno s pogodbo z NEK in pripadajočo tehnično dokumentacijo vzdržujemo pripravljenost treh vodenih ekip (skupaj 8 članov). Pri tem je vseeno treba poudariti, da z nacionalnega vidika pripravljenosti na jedrsko nesrečo samo osem usposobljenih članov ELME za posredovanje v NEK ne zadošča.

Izobrazbeno strukturo v letu 2025 prikazuje naslednja preglednica.

	Stopnja izobrazbe*				
	10	9	8	5	skupaj
Radiološki del	9	2	7	2	20

*Klasifikacija po ZSOK

Seznam članov, ki imajo ustrezna strokovna znanja, navedena v postopku *Organiziranost Ekološkega laboratorija z mobilno enoto (ELME) (ELME-OP-06)*, in so skladno z *Merili za organiziranje, usposabljanje in opremljanje ELME (ELME-OP-01)* usposobljeni za delo v radioloških intervencijskih ekipah ELME, je skupaj z njihovimi zadolžitvami prikazan v prilogi 2. Posebej so označeni tudi člani, ki so se v minulem letu udeležili obeh vaj ROMENEK. Osnovni seznam interventnih delavcev v stacionarnih laboratorijih, ki niso člani ELME, je v prilogi 3.

2.1.1. Mobilna enota

Člani intervencijskih ekip so usposobljeni za opravljanje različnih nalog, ki jih mobilna enota izvaja na terenu. Zaradi širokega obsega opravil ni mogoče, da bi vsi člani intervencijskih ekip obvladovali vsa potrebna opravila, zato so ta razdeljena v sedem sklopov. Za vsak sklop so določeni izvajalci, ki morajo ta opravila obvladati (glej prilogo 2). Skupni sklop del in nalog morajo obvladati vsi člani intervencijskih ekip. V okviru internih usposabljanj načrtujemo širitev usposobljenosti za izvajanje posameznih sklopov s ciljem doseči čim bolj univerzalno usposobljenost kar največ članov.

V ekipi na terenu mora vsaj eden obvladati spektrometrijo gama in znati tolmačiti rezultate. Ekipa mora biti sposobna izmeriti večji obseg hitrosti doz v okolju (od 0,1 μSv/h do 1 Sv/h) ter vzorčiti zrak in ugotoviti prisotnost radioaktivnih aerosolov, partikulatov, posebno še izotopov joda.

Sklopi in zahtevana opravila po postopku *Organiziranost Ekološkega laboratorija z mobilno enoto (ELME) (ELME-OP-06)*:

Sklop	**Opravila**
1. sklop	spektrometrija gama v MRL, spektrometrija gama in-situ
2. sklop	ocena aktivnosti joda v ščitnici
3. sklop	kontinuirne meritve hitrosti doze z ionizacijsko celico in sprotnim kartiranjem
4. sklop	meteorologija
5. sklop	vzorčenje in priprava vzorcev
6. sklop	
(skupni sklop)	meritev hitrosti doze in kontaminacije z vsemi merilniki (osebna kontaminacija, kontaminacija opreme in površin), vzorčenje zraka, uporaba osebne zaščitne opreme, vodenje evidenc prejetih osebnih doz z elektronskim dozimetrom, komunikacije (telefon, fax, radijske postaje ZARE, radijska postaja NEK), nastavitev (preverjanje) alarmov (vsi merilniki), kartiranje hitrosti doze (Route Monitoring) z ustreznimi ročnimi merilniki
7. sklop	poznavanje organiziranosti Ekološkega laboratorija z mobilno enoto, razumevanje poteka obveščanja in aktiviranja ELME, priprava in izvedba intervencije in rednega obhoda okolice NE Krško, komunikacija preko sistema KID, sprejem naročila in priprava poročila o opravljenih meritvah ionizirajočega sevanja.

Treba je poudariti, da večina članov mobilne enote med svojim rednim delom v stacionarnih laboratorijih izvaja vsaj enega izmed navedenih sklopov, kar je dodatno zagotovilo za visok nivo usposobljenosti in pripravljenosti za primer intervencije. Sestava intervencijskih ekip je namreč takšna, da ekipa v polni sestavi pokriva vse sklope, navedene v razpredelnici.

2.1.2. Stacionarni laboratoriji

Število sodelavcev IJS v stacionarnih laboratorijih, ki niso člani ELME, je bilo v lanskem letu 8. Ti redno izvajajo merske in analizne metode, ki so ključnega pomena za podporo mobilne enote. V tem smislu tudi osebje, ki dela samo v stacionarnih laboratorijih, ohranja pripravljenost za učinkovito in strokovno delovanje v primeru izrednega dogodka. Pri tem velja opozoriti, da ob resni jedrski nesreči in 24-urnem neprekinjenem delovanju njihovo trenutno število ne bi zadoščalo za kvalitetno podporo delovanja mobilne enote.

2.2. OPREMLJENOST

Ustrezna opremljenost je eden od predpogojev za učinkovito izvedbo meritev, ki so osnova za realno oceno dejanskega stanja in pričakovanih posledic izrednega dogodka ter posledično za odločitve o potrebnih zaščitnih ukrepih. Opremljenost ELME vzdržujemo in nadgrajujemo tako, da lahko nenehno zagotavljamo najvišji nivo kvalitete meritev in analiz, s tem pa zanesljivo oceno stanja in ogroženosti v primeru jedrske ali radiološke nesreče. Podporo ELME z zagotavljanjem najvišjega nivoja kvalitete meritev in analiz nudijo tudi stacionarni laboratoriji na IJS, ki pa niso del ELME in ki svojo opremljenost vzdržujejo ter nadgrajujejo skladno z lastnimi načrti in razpoložljivimi sredstvi.

Opremljenost Mobilne enote je skladna s Pravilnikom o monitoringu radioaktivnosti (Uradni list RS, št. 27/18) in strategijo meritev ob izrednem dogodku ter z *Merili za organiziranje, usposabljanje in opremljanje ELME (ELME-OP-01)*. Podroben seznam opreme je zbran v *Kontrolnem seznamu opreme (ELME-SO-01).*

Oprema, ki smo jo v letu 2025 kupili s sredstvi URSZR, je navedena v poglavju 3.3.1.

Stacionarni laboratoriji IJS, ki nudijo podporo ELME, so glede na njihov namen ob izrednem dogodku ustrezno opremljeni. Podrobni seznami opreme so na razpolago v posameznih laboratorijih.

3. DELOVANJE RADIOLOŠKEGA DELA ELME V 2025

Vzdrževanje pripravljenosti ELME za ukrepanje ob jedrskem ali radiološkem izrednem dogodku je sestavljeno iz vzdrževanja in nadgrajevanja ustrezne opremljenosti ter usposobljenosti osebja.

V letu 2025 je ELME od NEK prejel sredstva, ki so zadoščala za vzdrževanje pripravljenosti treh intervencijskih ekip z dvema oziroma tremi člani, skladno s pogodbo z NEK št. 3240324 z dne 28. 3. 2024. Z dvema od treh razpoložljivih radioloških intervencijskih ekip smo izvedli dve strokovni izpopolnjevanji v okviru enega obhoda v okviru vaje NEK2025-1 in enega rednega obhoda mobilnih enot v okolici NEK (ROMENEK). Zagotavljali smo ustrezno opremljenost članov mobilne enote v skladu z merili za organiziranje, usposabljanje in opremljanje. Na osnovi izkušenj, pridobljenih na vajah in primerjalnih meritvah, smo posodobili in izboljšali pet postopkov za delo na terenu. Hkrati so člani ELME v letu 2025 redno skrbeli za servisiranje, umerjanje in preverjanje brezhibnosti merilne opreme, za vzdrževanje osebne in skupne opreme ter vozil. Skladno z načrtom so bila opravljena vsa testiranja, servisiranje ter kalibracije merilne in druge opreme.
Ekološki laboratorij z mobilno enoto je deloval po programu delovanja za leto 2025. V nadaljevanju podajamo kratek povzetek glavnih aktivnosti.

3.1. VZDRŽEVANJE PRIPRAVLJENOSTI

3.1.1. Dežurstvo intervencijske ekipe

Radiološka intervencijska ekipa je imela vzpostavljeno 24-urno dežurstvo, s katerim zagotavljamo stalno pripravljenost za aktiviranje in operativno sposobnost članov enote za zaščito, reševanje in pomoč ob radioloških nesrečah. Dežurstvo radiološkega dela ELME v letu 2025 je bilo določeno v organizacijskem postopku *Letni načrt dežurstev radioloških intervencijskih ekip ELME (ELME-OP-05)*, izdaja 23, dec. 2024.

3.1.2. Testi pripravljenosti in odzivnosti članov ELME

REDNI MESEČNI TESTI POZIVNIKOV

Ekipe ELME so opremljene s pozivniki ZARE, ki omogočajo alarmiranje in aktiviranje enote tudi v primeru izpada telefonskega/mobilnega omrežja. V letu 2025 smo dodatno uvedli aktiviranje članov ELME z aplikacijo FireApp za mobilne telefone, ki omogoča sočasno aktiviranje tako z SMS kot s sporočilom direktno v aplikcijo FireApp, naloženo na mobilni telefon.

Delovanje pozivnikov in aplikacije FireApp ter odziv članov ELME smo preverjali z nenapovedanimi mesečnimi testnimi alarmiranji, ki jih je izvajal CORS.

Cilj testov je bil doseči, da se na poziv odzove vsaj en član dežurne ekipe (najbolje vodja), ki lahko nato o prejetem pozivu obvesti svoje člane. Čase odzivov in rezultate testov je beležil Operativni vodja MRL.

Analiza odzivnosti članov ELME pri obveščanju po pozivnikih in aplikaciji FireApp je prikazana v naslednji tabeli.

	Mesec											
	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AVG	SEP	OKT	NOV	DEC
Odziv*	11	8	3	8	–	6	5	9	10	11	9	10

*V vrstici Odziv navajamo število članic/članov ELME, ki so sporočili aktivacijo po pozivniku v roku 10 minut in pripravljenost na prihod na IJS v roku nadaljnjih 30 minut.

Testi so pokazali, da so se vsak mesec, razen v maju, ko je testiranje zaradi stavke zaposlenih v CORS odpadlo, v roku 10 minut na poziv odzvali najmanj trije člani ELME, ki bi bili na IJS v času skupno manj kot 40 minut od aktivacije. To je dovolj za nadaljnje obveščanje ostalih članov ELME in formiranje intervencijske ekipe, ki bi bila pravočasno v bližini NEK.

Iz tabele je razvidno, da se odziv v različnih mesecih zelo razlikuje. Najmanjši je bil marca, junija in julija. Glede majhnega odziva marca bomo izvedli popravni ukrep in opozorili dežurno ekipo, da morajo njeni člani ves čas dežurstva imeti pozivnike pri sebi, pri čemer morajo člani, ki so službeno ali drugače odsotni, poiskati ustrezno zamenjavo, ki bo prav tako v tem času imela pri sebi pozivnik.

ZAKLJUČKI TESTA POZIVNIKOV

Na podlagi rezultatov testa pozivnikov ocenjujemo, da je obveščanje članov ELME po pozivnikih in aplikaciji FireApp zelo uspešno, vendar želimo z ustreznimi ukrepi odziv v prihodnje še izboljšati.

3.2. VZDRŽEVANJE USPOSOBLJENOSTI

Vzdrževanje usposobljenosti ELME poteka na treh nivojih:

- strokovno izpopolnjevanje in redno urjenje članov intervencijskih ekip;

- strokovno izpopolnjevanje ekip v stacionarnih laboratorijih in
- preverjanje usposobljenosti (primerjalne meritve).

3.2.1. Strokovno izpopolnjevanje članov intervencijskih ekip

Bistveni del izpopolnjevanja predstavlja raziskovalno delo v laboratorijih ter udeležba osebja na specializiranih seminarjih in mednarodnih konferencah. Vsako leto je pripravljen program izpopolnjevanja. O izpopolnjevanju in urjenju posameznih sodelavcev ELME vodimo podrobne evidence.

Člani ELME smo se v letu 2025 udeležili naslednjih strokovnih srečanj in konferenc, povezanih z delom na področju pooblastitve:

- Udeležba na strokovni delavnici posvečeni pripravljenosti in odzivu na KBRJ dogodke v okviru evropskega mehanizma civilne zaščite, Bruselj, Belgija, 10. 6. 2025.
- Srečanje *EURAMET Ionizing Radiation Contact Person Meeting*, EURAMET, Teddington, Anglija, 1. 4.–3. 4. 2025.
- Sestanek, *Annual Meeting EURADOS*, EURADOS, Bukarešta, 24. 2.–27. 2. 2025.
- Spletni seminar, *CCRI Webinar KCDB 2.0*, BIPM, 6. 2. 2025.
- Delavnica, *CCRI Webinar: Updates on X-ray imaging Dosimetry Practices*, STUK, Finska, 24. 4. 2025.
- Delavnica, *MEREIA Webinar, Radon Risk and Safety: Assesment, Exposure and Health Impacts*, IAEA, 6. 5. 2025
- Delavnica za udeležence IAEA: *Training Course on Radiation Monitoring in Emergency Situations*, IJS, Ljubljana, 12. 5.–16. 5. 2025
- Konferenca ICRM 2025, *24th International Conference on Radionuclide Metrology and its Aplications*, Pariz, Francija 18. 5.–23. 5. 2025
- Dan meroslovja 2025, *Meritve za vse čase, za vse ljudi*, Portorož, 20. 5. 2025
- Delavnica, *Metrology Training Workshop, EURAMET*, Nemčija, 16. 5. 2025.
- Delavnica, *National Workshop on the Comprehensive Off-site Environmental Monitoring Programme*, Varšava, Poljska, 26. 5.–31. 5. 2025
- Sestanek, *"Improving Environmental Monitoring and Assessment for Radiation Protection in Europe and Central Asia"*, Istanbul, Turčija, 31. 8.–6. 9. 2025
- Delavnica, *Regional training Course on Train the Trainer for radiation Protection Officers*, Sofija, Bulgarija, 17. 11.–21. 11. 2025
- *Delavnica, Radium-226: From Legacy Waste to Life-saving Isotope – Global Collaboration in Action*.

3.2.2. Redno urjenje članov intervencijskih ekip

3.2.2.1. Redni obhodi Mobilne enote v okolici NE Krško - ROMENEK

Intervencijska ekipa se za terensko delo usposablja na rednih usposabljanjih ter na rednih obhodih NE Krško in okolice (ROMENEK).

Letni načrt in udeleženci posameznih obhodov so za vsako posamezno koledarsko leto določeni v organizacijskem postopku *Letni načrt obhodov okolice NE Krško (ELME-OP-02)*. Od leta 2018 skladno s pravilnikom JV10 in pogodbo z NEK št. 3240324 z dne 28. 3. 2024 opravljamo dva obhoda letno.

Namen obhodov okolice NEK je:

- zagotavljanje pripravljenosti radiološkega dela ELME za primer izrednega dogodka v NEK;
- urjenje članov radioloških intervencijskih ekip ELME;
- testiranje terenske merilne opreme in merilnih postopkov;
- testiranje komunikacijske opreme in zvez;
- primerjalne meritve z laboratoriji NEK in ZVD ter
- skupno urjenje z mobilnima enotama NEK in ZVD.

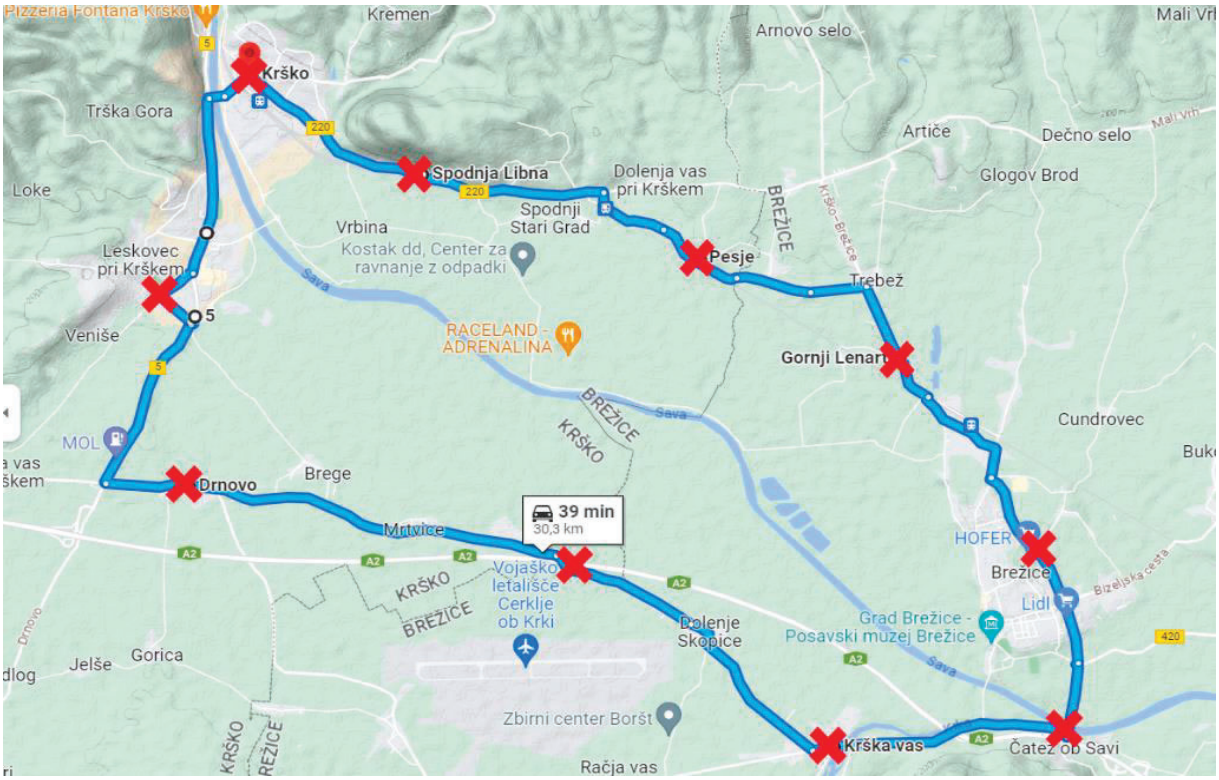
V času obhoda intervencijska ekipa obišče merilne točke v okolici NEK ter s prenosnimi merilniki izmeri hitrost doze in površinsko kontaminacijo s sevalci alfa in beta. Merilne točke so na lokacijah, kjer poteka redno vzorčenje, ali pa jih pred obhodom določi URSJV. Med obhodom ekipa vadi uporabo germanijevega detektorja pri meritvah aktivnosti sevalcev gama in-situ in v mobilnem radiološkem laboratoriju ter preveri postopke vzorčenja, terenske (hitre) priprave vzorcev in postopke meritev. V NEK opravi primerjalne meritve vsebnosti radionuklidov - sevalcev gama s spektrometrijo gama - z laboratoriji NEK in mobilno enoto ZVD v vzorcih, pripravljenih v NEK. V sodelovanju z mobilnima enotama NEK in ZVD izvede tudi primerjalno meritev in-situ in primerjalne meritve vzorcev iz okolja. Sestavni del urjenja je tudi meritev aktivnosti I-131 v ščitnici z merilniki hitrosti doze. Podroben program obhoda je opisan v postopku *Priprava in izvedba rednega obhoda okolice NE Krško (ROMENEK) (ELME-DN-11)*.

V letu 2025 sta bila po načrtu izvedena dva obhoda mobilne enote v okolici NEK, pri čemer je bil spomladanski obhod del vaje NEK2025-1 (ConvEx-2e). Z izvedenimi usposabljanji smo se poskušali kar najbolje pripraviti na odziv na nesrečo v NEK. Preverili smo delovanje celotnega mobilnega radiološkega laboratorija in usposobljenost članov intervencijskih ekip. Po vsakem obhodu je bila izvedena analiza in izdelano poročilo, ki vsebuje tako strokovni del (rezultati meritev in analiz), kot tudi analizo samega obhoda s priporočili za učinkovitejše posredovanje ob morebitnih izrednih dogodkih.

Prvi obhod, ki je bil del vaje NEK2025-1, je potekal od 16. 4. do 17. 4. 2025. Na obhodu so sodelovali Tinkara Bučar (vodja obhoda), Helena Fajfar, Anže Jazbec, Mitja Eržen, Sandi Gobec ter Branko Vodenik in Miha Mihovilovič kot opazovalca. Prvi dan obhoda so bile opravljene meritve hitrosti doze na dveh vnaprej določenih krožnih poteh v okolici NEK. IJS je meritve izvedel na krožni poti okoli NEK, ZVD pa na zahodni poti. Na vsaki poti je posamezna mobilna enota izmerila hitrosti doze na 8 različnih vnaprej določenih točkah, pri čemer so bili poročani rezultati meritev hitrosti doze vnaprej določeni v scenariju vaje in niso odražali realnih sevalnih razmer na danih merilnih mestih. Drugi dan smo izvedli primerjalne meritve v NEK. Mobilni laboratoriji ZVD, IJS in NEK so izmerili dva vzorca s povišanimi aktivnostmi radionuklidov in sicer ogleni filter ter bris. Odstopanja rezultatov meritev med mobilnimi enotami so bila večinoma manj kot 20 %. Odstopanja izmerjenih vrednosti od referenčne vrednosti v nobenem primeru niso presegla 25 %. Izvedena je bila tudi primerjalna meritev aktivnosti joda v ščitnici, in sicer z meritvijo na fantomu ter meritev skupne aktivnosti beta na filtru, ki je vseboval tako sevalce beta kot sevalce alfa. Podrobnosti o aktivnostih na rednem usposabljanju so navedene v poročilu LMSAR-39/2025-MŠ, *maj 2025*. V NEK je IJS posredoval še dodatne komentarje v zvezi z izvedbo vaje NEK2025-1 v dopisu IJS št. QA 32/25 z dne 5. 5. 2025.

Drugi obhod je bil izveden v času od 8. 9. do 10. 9. 2025. Obhoda so se udeležili Toni Petrovič (vodja obhoda), Klara Poiškruh, Tilen Brecelj, Rok Roš Opaškar in Branko Vodenik kot opazovalec. Prvi dan obhoda je URSJV ekipama IJS in ZVD preko komunikacijskega portala KID poslal sezname z imeni merilnih mest, na katerih je bilo potrebno izvesti meritve okoljskega doznega ekvivalenta, ekipe pa so rezultate meritev poročale po aplikaciji URSJV. Od Ljubljanje do Krškega ter med obhodom vzorčevalnih lokacij v okolici NEK smo kartirali hitrost doze z

uporabo RSS-131. Drugi dan smo na terenu opravili primerjalne meritve hitrosti okoljskega doznega ekvivalenta, meritve in-situ ter meritve aktivnosti radionuklidov v vzorcu zemlje in pšenice. Potekale so tudi meritve meteoroloških parametrov. Izvedli smo tudi testiranje delovanja opreme. Izvedeno je bilo tudi urjenje v uporabi osnovne zaščitne opreme in postavitvi vstopno/izstopne točke z dekontaminacijskimi conami na meji blokiranega območja. Podrobno smo testirali zveze med enotami v sistemu ZARE+ in opredelili omejitve in pogoje za dobro povezavo. Tretji dan obhoda so bile v NEK v sodelovanju z mobilnima enotama NEK in ZVD opravljene primerjalne meritve aktivnih vzorcev, in sicer aerosolnega in oglenega filtra ter brisa. Izvedena je bila tudi primerjalna meritev aktivnosti joda v ščitnici, in sicer z meritvijo na fantomu ter meritev skupne aktivnosti beta na filtru. Narejena je bila tudi meritev aktivnosti radionuklidov v telesu (WBC) za enega člana ELME. Vsak dan obhoda so bile izvedene tudi meritve osebnih doz članov intervencijske ekipe, ki so jih tisti dan prejeli med vajo. Vse podrobnosti so opisane v poročilu *ROMENEK 2/25,* IJS-DP-15248*, oktober 2025,* kjer so zbrani tudi vsi rezultati.



Slika 1: Zemljevid - Ožja (3 km) pot okoli NEK, kjer sta ekipi IJS in ZVD izvajali meritve in jih poročali URSJV med obhodom ROMENEK 2/25.

3.2.2.2. Redna usposabljanja Mobilne enote RUME

Redno usposabljanje mobilne enote ELME (RUME) je potekalo od 6. do 8. 10. 2025 na gasilskem regijskem vadbenem poligonu v Ormožu. Tokrat smo se člani ELME posvetili usposabljanju za izvajanje intervencije in meritev v pogojih izpusta iz jedrskega objekta vključno z uporabo osebne zaščitne opreme. Zasnovali smo protokol vzorčenja in priprave vzorcev v pogojih kontaminacije zaradi radioaktivnega useda. Poleg tega smo kritično pregledali postopek aktiviranja ELME (*ELME-DN-02*) ter izvedli vajo v komunikaciji z uporabo radijskih postaj.

Ključni cilji vaje RUME 2025 so bili:

- osvežitev postopka aktiviranja ELME,

- urjenje uporabe komunikacijskih kanalov (elektronska sporočila in radijske postaje),
- usposabljanje za izvajanje intervencije v pogojih radioaktivnega oblaka in radioaktivne kontaminacije zaradi izpusta iz jedrskega objekta,
- pravilna uporaba osebne zaščitne opreme vključno s protokolom oblačenja in slačenja,
- zasnova protokola vzorčenja in priprave vzorcev v pogojih radioaktivne kontaminacije.

Vaje RUME 2025 so se udeležili naslednji člani ELME: Miha Mihovilovič, Toni Petrovič, Boštjan Črnič, Benjamin Zorko, Klara Poiškruh, Rok Roš Opaškar, Petra Prem, Tanja Murn, Sandi Gobec, Mitja Eržen, Anže Jazbec, Urška Gradišar Centa, Kristina Benko, Karin Rajh, Jan Krneta in Branko Vodenik.

Slika 2: Utrinki z vaje RUME 2025

Tridnevno strokovno izpopolnjevanje RUME smo ocenili kot zelo uspešno, saj je omogočilo celovito usposabljanje za izvajanje spektrometrije gama. Vaje RUME nameravamo tudi v prihodnje izvajati v obliki tridnevnega usposabljanja, saj takšna oblika omogoča najboljši izkoristek časa in maksimalno osredotočenost na izvajanje nalog ELME ter bistveno prispeva k izboljšanju pripravljenosti na odziv. Vse podrobnosti o vaji so zbrane v poročilu *RUME 2025 - Poročilo o rednem usposabljanju MRL ELME, IJS-DP-15293, december 2025.*

3.2.3. Strokovno usposabljanje ekip v stacionarnih laboratorijih

Člani stacionarnih laboratorijev se strokovno usposabljajo pri delu na raziskovalnih projektih ter z udeležbo na konferencah, delavnicah in strokovnih srečanjih. Podrobni podatki o usposabljanju osebja v posameznih laboratorijih so na razpolago pri nosilcu programa zagotovitve kakovosti.

3.2.4. Primerjalne meritve

Primerjalne meritve so eden od ključnih pokazateljev usposobljenosti in kakovosti laboratorijev. Zato se radiološki laboratorij ELME redno udeležuje primerjalnih meritev. S sodelovanjem pri lokalnih in mednarodnih primerjalnih meritvah zagotavljamo strokovno usposobljenost članov enote za opravljanje nalog, za katere so zadolženi. Mobilni radiološki laboratorij je v letu 2025 sodeloval pri primerjalnih meritvah PRIMER GAMA 2025 in PRIMER DOZA 2025, pri

primerjalnih meritvah hitrosti doze nemškega organizatorja Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) iz Berlina v Nemčiji ter pri primerjalnih meritvah spektrometrije gama, ki sta jih organizirala IAEA in NPL.

Mednarodnih primerjalnih meritev se udeležujejo tudi stacionarni laboratoriji IJS, ki sodelujejo z ELME. Ti so v letu 2025 sodelovali v programu naslednjih organizatorjev mednarodnih primerjalnih meritev in testov usposobljenosti: IAEA iz Avstrije, IARMA iz Združenega kraljestva ter MRI iz Nemčije. Podrobni opisi teh meritev in ovrednotenje rezultatov so v internih poročilih posameznih stacionarnih laboratorijev.

3.2.4.1. PRIMER GAMA in PRIMER DOZA – Primerjalne meritve spektrometrije gama in primerjalne meritve hitrosti doze

Zaradi pričakovanega velikega števila udeležencev in lažje organizacije izvedbe primerjalnih meritev hitrosti doze in spektrometrije gama smo se odločili, da v letu 2025 primerjalne meritve razdelimo v dva dela. Tako smo na območju Reaktorskega centra na Brinju s podporo Instituta "Jožef Stefan" 9. 4. 2025 najprej organizirali 12. primerjalne meritve spektrometrije gama PRIMER GAMA, nato pa na isti lokaciji 19. 11. 2025 organizirali še 12. primerjalne meritve hitrosti doze PRIMER DOZA. Namen obeh dogodkov je bil omogočiti organizacijam in skupinam strokovnjakov v Sloveniji in v ostalih državah v regiji, ki z merilniki radioaktivnega sevanja opravljajo meritve sevanja, da preizkusijo svoje znanje in opremo pri različnih nalogah s področja detekcije radioaktivnih virov. Pomemben del primerjalnih meritev je bila tudi izmenjava izkušenj ter nadgradnja znanja in postopkov na podlagi medsebojne primerjave rezultatov. V primeru posredovanja zaradi jedrske ali radiološke nesreče so tovrstne meritve osnova za vse nadaljnje ukrepe, praksa in izkušnje pa prispevajo k hitrim in strokovnim odločitvam intervencijskih ekip v kritičnih razmerah. Poleg tega je za uspešno intervencijo bistveno tudi dobro medsebojno poznavanje intervencijskih ekip, ki se gradi tudi na dogodkih, kot je PRIMER.

Slika 3: PRIMER GAMA 2025 - meritve in-situ.

Kriterij dobrega ujemanja je bil določen s pogojem, da se povprečna izmerjena vrednost od referenčne vrednosti razlikuje za največ 25 %.

Ujemanje rezultatov pri spektrometriji gama je bilo za referenčne vzorce večinoma znotraj 25 % od referenčne vrednosti.

Ujemanje rezultatov pri spektrometriji gama in-situ in ob predpostavki enakomerne porazdelitve depozita je bilo večinoma znotraj 25 % od povprečja. Ujemanje rezultatov ob predpostavki površinske porazdelitve depozita je bilo pričakovano nekoliko slabše, saj je negotovost izračunov večja.

Slika 4: PRIMER DOZA 2025 – iskanje virov, skritih v sodih.

Primerjava rezultatov meritev hitrosti doze kaže večinoma dobro ujemanje (pri hitrosti doze nad 1 µSv/h ustreza kriteriju več kot 80 % merilnikov) in ponovljivost odziva, meritve hitrosti doze naravnega ozadja pa so pokazale, da več kot polovica merilnikov ni primerna za natančne meritve hitrosti 0,1 µSv/h ali manj.

Rezultati meritev ekip ELME na PRIMER GAMA in PRIMER DOZA so bili v okviru merskih negotovosti konsistentni z referenčnimi vrednostmi.

Primerjalne meritve z mednarodno udeležbo so tudi v letu 2025 pokazale nujnost redne izvedbe takšnih meritev s čim večjo udeležbo vseh enot, ki so ustrezno opremljene in usposobljene za izvajanje meritev hitrosti doze in spektrometrije gama. Ostale podrobnosti primerjalnih meritev so v poročilih *PRIMER GAMA 2025 – Primerjalne meritve spektrometrije gama 2025 (IJS-DP 15412), februar 2026,* in *PRIMER DOZA 2025 – Primerjalne meritve hitrosti doze 2025 (IJS-DP 15413), februar 2026*.

3.2.4.2. Primerjalne meritve hitrosti doze v rudniku Wismut 2025

V času od 24. do 25. 6. 2025 smo se udeležili mednarodnih primerjalnih meritev (interkomparacije) hitrosti doze na poligonu na območju opuščenega rudnika urana Wismut pri Ronneburgu, Nemčija. Primerjalne meritve je organiziral Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), Berlin, Nemčija, ki je pripravil tudi končno poročilo o primerjalnih meritvah.

Meritve hitrosti doze so bile izvedene s šestimi merilniki in so potekale na višini 1 m na treh različnih podlagah oziroma lokacijah (slika 5):

- na betonu (naravno ozadje, hitrost doze < 0.1 µSv/h)
- na rudniškem drobirju (hitrost doze okoli 0.2 µSv/h) in
- na prekriti rudniški jalovini (hitrost doze okoli 0.9 µSv/h)

Primerjalne meritve so potrdile zanesljivost petih merilnikov, s katerimi izvajamo meritve hitrosti doze, saj so bili rezultati glede na referenčne vrednosti znotraj sprejemljivih mej. Od teh merilnikov je samo en merilnik pokazal večje odstopanje, vendar zgolj na nivoju hitrosti doze naravnega ozadja, saj popravka odziva za sekundarno kozmično sevanje za ta merilnik še ne poznamo. Za oceno popravka odziva za sekundarno kozmično sevanje bi morali ponovno izvesti meritve hitrosti doze na morju. Do takrat pa ta merilnik ni primeren za meritve tako nizkih hitrosti doze. Šesti merilnik, ionizacijska celica RSS-131, pa je pokazal veliko odstopanje rezultatov meritev od referenčne vrednosti na vseh površinah. Takšen rezultat je potrdil predhodne sume, da celica ne deluje pravilno in ni primerna za nadaljnjo uporabo, dokler ne bo servisirana.
Primerjalne meritve kljub ugotovljenim odstopanjem lahko ovrednotimo kot uspešne, saj so nam pomagale identificirati dve pomembni vrzeli pri opremi, ki ju bomo lahko z ustreznimi ukrepi odpravili.

Podrobnosti o rezultatih meritev ELME so navedene v poročilu *Primerjalne meritve hitrosti doze 2025 (Ronneburg, Nemčija), IJS-DP-15330, januar 2026*.

Slika 5: Satelitski posnetek lokacije poligona na opuščenem rudniku (vir slike: google.com).

3.2.4.3. Primerjalne meritve IAEA-TERC-2025-01

Primerjalne meritve, ki jih organizira Terrestrial Environment Radio-Chemistry Laboratory IAEA, so v letu 2025 obsegale vzorec umetno kontaminirane vode, en vzorec vode kontaminirane z radionuklidi iz okolja, vzorca zemlje in vegetacije, ki sta kontaminirana z radionuklidi, ki so prisotni v okolju, ter tri simulirane kontaminirane površinske vzorce. Pri tem preverjanju smo sodelovali pri določitvi sevalcev gama in beta z visokoločljivostno spektrometrijo gama in ročnimi merilniki kontaminacije. Končne individualne rezultate smo prejeli januarja 2026 v obliki poročila z naslovom *IAEA-TERC-2025-01 Worldwide Proficiency Test Exercise Individual Evaluation Report for Labcode 206*.

IAEA je rezultate meritev ovrednotila na podlagi določitve relativnega odstopanja *Bias*:

$$Bias = \frac{Value_{reported} - Value_{target}}{Value_{target}} \cdot 100\ \%.$$

Le-tega so primerjali z največjim dopustnim odstopanjem (*MARB*), ki je bil določen individualno za vsak posamezen radionuklid. Kadar je vrednost relativnega odstopanja manjša ali enaka MARB, je rezultat sprejemljiv glede na točnost (accuracy).

$$P = \sqrt{\left(\frac{U_{target}}{Value_{target}}\right)^2 + \left(\frac{U_{reported}}{Value_{reported}}\right)^2} \cdot 100\ \%.$$

$$|Bias| \leq k \cdot P, \quad k = 2{,}58$$

Če je $|Bias| \leq k \cdot P$ in $P \leq MARB$, pri čemer je vrednost k 2.58, je rezultat interkomparacije sprejemljiv glede na preciznost (precision). Dodaten kriterij, ki ga IAEA uporablja za primerjavo rezultatov, je Z-test:

$$Z = \left|\frac{Value_{reported} - Value_{target}}{roboustSD}\right|.$$

kjer je *roboustSD* standardna deviacija rezultatov interkomparacije brez outlierjev. Kriteriji za ovrednotenje so: (z < 2) - acceptable, (2 ≤ z ≤ 3) - warning, (z > 3) - not acceptable. Poleg tega smo sami naredili še ζ-test:

$$\zeta\text{-test} = \frac{Value_{reported} - Value_{target}}{\sqrt{{u_{reported}}^2 + {u_{target}}^2}}.$$

Rezultati so sprejemljivi, če je ζ-test < 2. Vrednosti ζ-testov smo sami določili za vse vzorce.

V naslednjih tabelah so zbrani rezultati analiz IJS in primerjave rezultatov z referenčnimi vrednostmi IAEA.

	IAEA-TERC-2025-01 Sample 01, Spiked Water analize ELME opravljene ***oktobra 2025,*** individualni rezultati objavljeni ***januarja 2026***					
IZOTOP	**IAEA**	**IJS, ELME Lab. No. 206**	**Rel. odmik (%)**	**ζ-test**	**P-test (%)**	**Končna ocena**
	(Bq/kg)					
Na-22	19,0 ± 1,2	20,6 ± 2,3	3,5	-0,27	0,53	A
Co-60	35,6 ± 1,5	34,0 ± 3,6	-4,5	0,41	-0,67	A
Ba-133	34,3 ± 2,1	32,9 ± 3,8	-4,1	0,32	-0,61	A
Cs-134	24,6 ± 1,0	22,7 ± 2,5	-7,7	0,71	-1,16	A
Cs-137	17,1 ± 0,7	16,8 ± 2,0	-1,8	0,14	-0,26	A
Pb-210	29,4 ± 1,2	37,8 ± 7,6	28,6	-1,09	2,86	A

	IAEA-TERC-2025-01 Sample 03, Soil analize ELME opravljene ***oktobra 2025,*** individualni rezultati objavljeni ***januarja 2026***					
IZOTOP*	**IAEA**	**IJS, ELME Lab. No. 206**	**Rel. odmik (%)**	**ζ-test**	**P-test (%)**	**Končna ocena**
	(Bq/kg)					
K-40	485 ± 11	421 ± 47	-13,2	1,33	-1,98	A
Cs-137	10,3 ± 0,3	9,0 ± 1,2	-12,6	1,05	-1,89	A
Th-232	36,4 ± 1,7	33 ± 3	-9,3	0,99	-1,40	A
U-238	27,0 ± 1,8	40 ± 3	48,1	-3,72	7,22	N

	IAEA-TERC-2025-01 Sample 04, Vegetation analize ELME opravljene ***oktobra 2025,*** individualni rezultati objavljeni ***januarja 2026***					
IZOTOP	**IAEA**	**IJS Lab. No. 206**	**Rel. Bias %**	**ζ-test**	**Z-score**	**Final score**
	(Bq/kg)					
K-40	2029 ± 69	1881± 205	-7,3	0,68	-1,09	A

	IAEA-TERC-2025-01 Sample 05, Printed surface analize ELME opravljene ***oktobra 2025,*** individualni rezultati objavljeni ***januarja 2026***					
IZOTOP	**IAEA**	**IJS Lab. No. 206**	**Rel. Bias %**	**ζ-test**	**Z-score**	**Final score**
	(Bq/filter)					
Sr-90	3,22 ± 0,16	4,4 ± 1,7	36,6	-0,69	3,66	N
Ba-133	10,1 ± 0,51	10,0 ± 1,2	–1,0	0,08	-0,10	A

Rezultati primerjalnih meritev so dobri. V okviru negotovosti smo pravilno določili aktivnosti vseh umetnih radionuklidov, kar je naša primarna naloga. Neskladnost v ocenjeni aktivnosti Sr-90 v vzorcu 5 je posledica velike merske negotovosti meriteve s kontaminacijskim detektorjem. Glede na uporabljeno metodo ne moremo pričakovati bolj natančnega rezultata - ta je poročan skladno s postopkom. V okviru ζ-testa je rezultat konsistenten z referenčno vrednostjo, zato smo z njim lahko zadovoljni. Neujemanje med poročano in dejansko aktivnostjo U-238 v vzorcu 3 pa je posledica nenatančne meritve nizkoenergijskih žarkov gama. Z določevanjem aktivnosti U-238 smo imeli precej težav, a rezultati so bili konsistentni s tezo, da je uran v ravnovesju s potomci – čeprav, sodeč po referenčnih vrednostih, ni bil. Zato smo poročali tudi samo U-238, brez navedbe potomcev. To je bila napaka. Aktivnosti potomcev naravnega urana smo določili dobro, a jih nismo ločeno poročali.

Iz tabel je razvidno, da so vrednosti ζ-testa sprejemljive tudi za radionuklide, ki so bili v končnem ovrednotenju organizatorja interkomparacije označeni z N, torej kot neustrezni. Končni rezultat N organizatorja interkomparacije je namreč posledica drugih kriterijev, ki so relevantni predvsem za stacionarne laboratorije, kjer ustrezno dolge meritve zagotavljajo točno ovrednotenje tudi nizkih

aktivnosti in sicer z majhno relativno negotovostjo. Meritve v mobilnem radiološkem laboratoriju ELME (MRL) so tipično kratke, ker v akcidentalnih razmerah pričakujemo znatno višje aktivnosti posameznih radionuklidov. Posledica tega so večje merilne negotovosti pri meritvah vzorcev z nizkimi aktivnostmi, kar posredno zagotavlja sprejemljivost ζ-testa. V tem smislu ζ-test potrjuje primernost meritev za izbran namen, saj ta vpliva tudi na velikost negotovosti, ki jih dopuščamo.

Z rezultati primerjalnih meritev smo lahko zadovoljni. Dodatni ukrepi pri meritvi Sr-90 s kontaminacijskim detektorjem niso potrebni. Glede na ugotovljene napake pri določevanju aktivnosti U-238 v vzorcu 3, pa predlagamo, da pri poročanju naravnih radionuklidov iz uranove in torijeve verige ne poročamo samo aktivnostih primarnih jeder, pač pa individualno poročamo raje aktivnosti posameznih radionuklidov-potomcev.

3.2.4.4. Primerjalne meritve NPL Environmental Radioactivity Proficiency Test Exercise 2024-25

Ker je pri interkomparacijah, kot je IAEA TERC, potrebno vzorce meriti zelo dolgo, da bi zagotovili dovolj dobro statistično negotovost, kar ni skladno s strategijo in namenom meritev v MRL, smo se v preteklosti odločili za udeležbo pri interkomparacijah, pri katerih bo aktivnost radionuklidov v vzorcih znatno višja in primerljiva z aktivnostmi, ki jih pričakujemo v akcidentalnih razmerah. Primerjalne meritve, ki jih organizira National Physical Laboratory (NPL), Velika Britanija, so v letu 2025 obsegale vzorec umetno kontaminirane vode, pri čemer so bile specifične aktivnosti radionuklidov približno tri velikostne rede večje kot pri primerjalnih meritvah IAEA TERC. Pri tem preverjanju smo sodelovali pri določitvi sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama. Končne individualne rezultate smo prejeli septembra 2025 v obliki poročila z naslovom *Environmental Radioactivity Proficiency Test Exercise 2024-25, Final Report*, koda laboratorija 205.2.

NPL je rezultate meritev ovrednotil na podlagi treh kriterijev:

- ζ-testa:

$$\zeta\text{-test} = \frac{Value_{reported} - Value_{target}}{\sqrt{{u_{reported}}^2 + {u_{target}}^2}}.$$

  Rezultati so sprejemljivi, če je ζ-test < 2,576.

- določitve relativnega odstopanja *Bias*:

$$Bias = \frac{Value_{reported} - Value_{target}}{Value_{target}} \cdot 100\ \%.$$

Le-tega so primerjali z največjim dopustnim odstopanjem (*MARB*) 15 %. Kadar je vrednost relativnega odstopanja manjša ali enaka MARB, je rezultat sprejemljiv glede na točnost (accuracy).

$$P = \sqrt{\left(\frac{U_{target}}{Value_{target}}\right)^2 + \left(\frac{U_{reported}}{Value_{reported}}\right)^2} \cdot 100\ \%.$$

$$|Bias| \leq k \cdot P,\ \ k = 2{,}576$$

Če je $|Bias| \leq k \cdot P$ in $P \leq MARB$, pri čemer je vrednost k = 2,576, je rezultat interkomparacije sprejemljiv glede na preciznost (precision).

- Z-testa:

$Z = \left|\frac{Value_{reported} - Value_{target}}{0{,}05823\ Value_{target}}\right|$.

Kriteriji za ovrednotenje so: (Z < 2,576) - acceptable, (Z > 2,576) - not acceptable.

Končni rezultat je sprejemljiv, če je rezultat sprejemljiv po vseh treh kriterijih.

V tabeli so zbrani rezultati analize IJS in primerjave rezultatov z referenčnimi vrednostmi NPL.

	NPL-PTE 2024-25 Sample Gamma High, Water analize ELME opravljene ***avg. 2025,*** individualni rezultati objavljeni ***sept. 2025***					
IZOTOP*	**NPL**	**IJS, ELME Lab. No. 205.2**	**Rel. odmik (%)**	**ζ-test**	**Z-test**	**Končna ocena**
	(Bq/g)					
Mn-54	3,89 ± 0,10	3,83 ± 0,33	-1,5	-0,17	-0,26	A
Co-57	12,35 ± 0,33	11,65 ± 0,84	-5,7	-0,78	-0,97	A
Zn-65	10,68 ± 0,26	10,35 ± 0,83	-3,1	-0,38	-0,53	A
Ba-133	34,4 ± 1,4	33,4 ± 1,4	-2,9	-0,51	-0,50	A
Cs-137	6,99 ± 0,10	6,86 ± 0,59	-1,9	-0,22	-0,32	A

Rezultati primerjalnih meritev so odlični. V okviru negotovosti smo pravilno določili aktivnosti vseh umetnih radionuklidov, kar je naša primarna naloga.

3.3. VZDRŽEVANJE OPREMLJENOSTI

Vzdrževanje opremljenosti je sestavljeno iz naslednjih elementov:

- vzdrževanje opreme Mobilnega radiološkega laboratorija (MRL);
- vzdrževanje programske opreme, postopkov in arhivov in
- vzdrževanje opreme v stacionarnih laboratorijih.

3.3.1. Mobilni radiološki laboratorij - MRL

K vzdrževanju opremljenosti mobilne enote sodi redno testiranje, servisiranje in kalibriranje terenske opreme, vzdrževanje vozil in osebne zaščitne opreme ter servisiranje strojne opreme. Hkrati v okviru danih sredstev skrbimo tudi za posodabljanje stare in iztrošene opreme ter nadomeščanje z novo.

V okviru financiranja URSZR smo v letu 2025 kupili nov prenosni računalnik za izvajanje meritev in analiz v okviru rednih aktivnosti ELME ter nov prenosnik za radiološki spektrometer za hitre meritve vzorcev iz okolja.

Nabavili smo tudi nov merilnik hitrosti doze, ki bo sestavni del kovčka APRS za avtomatsko pošiljanje vrednosti hitrosti doze s terena.

Zaradi zagotavljanja varnosti pri delu smo zaščitno opremo dopolnili z nakupom dodatnih celoobraznih mask s filtri, za večjo varnost pa smo poskrbeli tudi z novim merilnikom nevarnih plinov.

Nov laserski merilnik razdalje bo omogočal natančno oceno oddaljenosti do aktivnih virov, ki se jim zaradi varnosti med meritvijo ne želimo preveč približati.

Zmogljivosti ELME za primer radiološke ali jedrske nesreče smo bistveno okrepili z nakupom detektorja za brezpilotnik, s katerim bo mogoče hitro prostorsko kartiranje, pregled in skeniranje radiološkega stanja obsežnih območij.

Pomembna nova pridobitev je tudi portalni monitor, ki bo v primeru nesreče omogočil meritve kontaminacije velikega števila posameznikov v zelo kratkem času.

Zmogljivosti glede komunikacije med IJS in enotami na terenu smo nadgradili z novo radijsko postajo, ki deluje v sistemu ZARE+ in je poivezljiva z NEK.

3.3.2. Stacionarni laboratoriji

Stacionarni laboratoriji se za redno delo opremljajo in vzdržujejo v okviru raziskovalnih programov in projektov. Opremo kalibrirajo v akreditiranih kalibracijskih laboratorijih v vnaprej predvidenih intervalih. Poleg tega preverjajo umeritvene krivulje spektrometrov s certificiranimi referenčnimi materiali, delovanje pa redno nadzorujejo s kontrolnimi viri ter izvajajo različne meritve za preverjanje in zagotavljanje kakovosti meritev. Po potrebi obnavljajo potrošna sredstva kot so kemikalije, tekoči dušik, kalibracijski viri in rezervni deli.

3.3.3. Programska oprema, postopki in arhivi

Med vzdrževanje opremljenosti spada tudi vzdrževanje obstoječe programske opreme in na osnovi izkušenj razvoj nove (manjši ekspertni sistemi in baze podatkov za učinkovitejše delo v izrednih razmerah), vzdrževanje obstoječih in razvoj novih postopkov ter vzdrževanje arhivov.

V letu 2025 smo kupili novo izdajo programskega paketa za analizo meritev s spektrometrijo gama *Genie 4.0*, ki jo bomo v letu 2026 nadgradili še z modulom za izračun izkoristkov detektorjev gama *ISOCS*.

V letu 2025 smo dopolnjevali in posodabljali digitalni arhiv dokumentov ELME, kjer zbiramo prvenstveno poročila intervencij in usposabljanj.

3.4. ZAGOTAVLJANJE KAKOVOSTI

Sistem zagotovitve kakovosti pri meritvah in delu ELME je usklajen s sistemom zagotovitve kakovosti na Odseku za fiziko nizkih in srednjih energij F-2, ki je podrobno opisan v *Poslovniku kakovosti Odseka za fiziko nizkih in srednjih energij F-2 (F2-PK)* in pripadajočih postopkih in navodilih. Sistem zagotovitve kakovosti je usklajen s standardom *Splošne zahteve za usposobljenost preskuševalnih in kalibracijskih laboratorijev SIST EN ISO/IEC 17025:2017*. Meritve vsebnosti radionuklidov z visokoločljivostno spektrometrijo gama v laboratoriju so akreditirane od marca 2003 dalje, termoluminiscenčna dozimetrija pa od leta 2005 dalje. V letu 2007 smo prejeli novo akreditacijsko listino LP-022 z razširjenim obsegom akreditacije na merjenje hitrosti doze s prenosnimi merilniki ionizirajočega sevanja in za neposredne meritve površinske kontaminacije s sevalci alfa, beta in nizkoenergijskimi sevalci gama. V letu 2019 smo obseg akreditacije razširili še na spektrometrijo gama v mobilnem radiološkem laboratoriju in na kontinuirne meritve radona-222 z aktivnimi merilniki. To smo v letu 2021 razširili še na meritve radonovih potomcev. Ocenjevanje akreditiranih method opravlja Slovenska akreditacija periodično vsakih 15 mesecev. Zadnje ocenjevanje je potekalo 25. 9. in 26. 9. 2025. Naslednje ocenjevanje pričakujemo konec leta 2026.

4. AKTIVNOSTI V LETU 2025

4.1. MERITVE IN ANALIZE OB RADIOLOŠKIH NESREČAH

4.1.1. Radiološke intervencije

- V letu 2025 Ekološki laboratorij z mobilno enoto ni posredoval na nobeni radiološki intervenciji.

4.1.2. Ostale meritve

- Meritev gasilskih zaščitnih oblek ter oblek za posredovanje ob kemijskih nesrečah, GO Lab by Mehurček, 30. 6. 2025.

4.2. OSTALE AKTIVNOSTI

4.2.1. Strokovna mnenja za ostale naročnike

- Ekološki laboratorij z mobilno enoto v letu 2025 ni bil zadolžen za pripravo strokovnih mnenj za ostale naročnike.

4.2.2. Pregled ostalih aktivnosti

- 9. 1.–10. 1. 2025: četrto strokovno usposabljanje ELME v okviru TC projekta IAEA.
- 17. 2.–20. 2. 2025: sodelovanje na Uvajalnem in temeljnem usposabljanju pripadnikov enot za radiološko, kemično in biološko zaščito.
- 12. 3. 2025: sodelovanje na Temeljnem usposabljanju poveljnikov CZ, njihovih namestnikov, članov štabov CZ in poverjenikov za CZ ter njihovih namestnikov v gospodarskih družbah, zavodih in drugih organizacijah.
- 25. 3. 2025: predstavitev enote ELME dijakom Srednje tehniške in poklicne šole Trbovlje
- 29. 3. 2025: predstavitev enote ELME obiskovalcem ob dnevu odprtih vrat IJS.
- 20. 3. 2025: izvedba interne vaje KID v sodelovanju z URSJV.
- 5. 3., 6. 3., 20. 3., 21. 3., 22. 4., 23. 4., 8.9., 9. 9., 16. 9., in 17.9. 2025: sodelovanje pri vajah z gasilci v sklopu dopolnilnega usposabljanja poklicnih gasilcev s področja nevarnih snovi v ICZR na Igu.
- 3. 4.–5. 4. 2025: sodelovanje na Izobraževanju za ukrepanje služb NMP v nesrečah z nevarnimi snovmi v Novem mestu.
- 24. 5. 2025: predstavitev enote ELME na prireditvi OŠ Dragomelj.
- 2. 6. 2025: udeležba na sestanku URSZR v zvezi s predvideno prenovo sistema radijskih zvez ZARE.
- 5. 7. 2025: predstavitev enote ELME na poletnem taboru MORS in mladi v Bohinjski Beli.
- 3. 9.–4. 9. 2025: sodelovanje na vaji ConvEx-2b 2025 – nudenje pomoči tuji državi.
- 8. 9.–12. 9. 2025: sodelovanje na mednarodni vaji LV EU MODEX 202', ki jo je v okviru evropskega mehanizma civilne zaščite organiziral mednarodni konzorcij pod vodstvom romunskih sil za civilno zaščito. Vaja je bila vse dni zelo intenzivna in je bila osredotočena na posredovanje ob nesrečah z nevarnimi snovmi (KBRJ).
- 22. 9. 2025: Predstavitev ELME na delavnici »Znanost na razpotju – od popularizacije do manipulacije: Poletna šola BF 2025«

- 25. 9.–27. 9. 2025: sodelovanje na mednarodnem sejmu SOBRA v Gornji Radgoni.
- 18. 10. 2025: predstavitev enote ELME na prireditvi GZ Zagorje.
- 8. 12. 2025 in 10. 12. 2025: peto strokovno usposabljanje ELME v okviru TC projekta IAEA in sodelovanja z URSZR.

5. FINANČNO POROČILO

Od 1. 1. do 31. 12. 2025 smo sredstva, ki jih za delovanje ELME dobimo po pogodbi NEK št. 3240324 z dne 28. 3. 2024, namenili za izvedbo dveh obhodov ter izdelavo poročil, za usposabljanje članov ELME ter za servisiranje in vzdrževanje opreme.

Specifikacija stroškov od 1. 1. 2025 do 31. 12. 2025:

Vzdrževanje opreme (testiranje, servisiranje, kalibriranje)	28.558,55 EUR
Vzdrževanje pripravljenosti (redni obhod, usposabljanja)	73.569,45 EUR
Priprava letnega poročila	3.872,00 EUR
SKUPAJ	**106.000,00 EUR**

6. SKLEPI

Mobilni radiološki laboratorij (MRL), ki nastopa v okviru enot Civilne zaščite, skupaj s stacionarnimi laboratoriji IJS ostaja ena ključnih slovenskih kapacitet za posredovanje ob jedrski ali radiološki nesreči. Enota bi v primeru izrednega dogodka s sodobno merilno opremo in usposobljenimi strokovnjaki prispevala ključne informacije o prisotnosti radioaktivnih snovi v okolju. Podatki, zbrani v okolici NEK, bi krojili strategijo posredovanja sil Zaščite in reševanja.

Da bi v primeru nesreče lahko zagotovili hiter odziv, je organizirana 24-urna pripravljenost enote ELME. To omogočajo tri ekipe, ki periodično opravljajo mesečna dežurstva. Enoto ELME aktivira Center za obveščanje Republike Slovenije in poteka skladno z njihovimi standardnimi operativnimi postopki in letnim načrtom dežurstev ELME *(ELME-OP-05)*. Odzivnost ekip preverjamo z nenapovedanimi mesečnimi testi odziva preko odzivnikov in od lani tudi preko mobilne aplikacije *FireApp*. Ti testi so pokazali, da sicer lahko skladno s pogodbo z NEK zagotovimo navzočnost dveh polno operativnih ekip v neposredni okolici NEK v manj kot treh urah in pol, vendar pa smo identificirali tudi nekaj vrzeli (slabši odziv v določenih mesecih), za katere smo sprejeli korektivne ukrepe, da bi jih odpravili.

Tudi v letu 2025 so člani MRL veliko časa posvetili usposabljanju za delo na terenu. Predvsem velja poudariti pozitivno izkušnjo rednega usposabljanja Mobilnega radiološkega laboratorija (RUME), ki jo izvajamo kot tridnevno vajo. Tokrat je bila namenjena usposabljanju za izvajanje intervencije in meritev v pogojih izpusta iz jedrskega objekta vključno z uporabo osebne zaščitne

opreme. V treh dneh smo lahko celovito obdelali različna področja uporabe osebne zaščitne opreme med intervencijo in izzive, povezane s tem. Kot največji izziv smo identificirali, kako ustrezno vzorčiti vzorce v kontaminiranem območju za nadaljnjo analizo. Na podlagi teh ugotovitev smo prilagodili načrt usposabljanja članic in članov ELME in bomo poseben poudarek dali usposabljanju za vzorčenje v kontaminiranem območju. S sprotnim izboljševanjem in posodabljanjem načrta usposabljanja pa bomo dolgoročno zagotovili polno usposobljenost večine članic in članov za izvajanje aktivnosti v okviru vseh sklopov del in opravil, ki jih izvaja ELME.

V letu 2025 smo izvedli en obhod v okviru vaje NEK2025-1 in en redni obhod mobilnih enot v okolici NEK (ROMENEK). Rezultati primerjalnih meritev z mobilnima enotama NEK in ZVD so ponovno potrdili vrhunsko usposobljenost mobilnega radiološkega laboratorija. Navedena usposabljanja smo tudi letos nadgradili s primerjalnimi meritvami PRIMER ter s primerjalnimi meritvami hitrosti doze v Ronneburgu, ki so prav tako pokazale dobro usposobljenost ekip za izvajanje meritev ter ustreznost opreme, ki jo uporabljamo v ELME. Svoje znanje smo delili tudi pri praktičnih vajah na poligonu Gasilske šole na Igu, kjer smo se skupaj z gasilci urili za posredovanje ob manjših radioloških dogodkih. Takšna skupna usposabljanja so ključnega pomena za učinkovito in usklajeno delo v primeru posredovanja, ki bi v primeru izrednega dogodka potekalo v sodelovanju z drugimi intervencijskimi enotami.

Sodelovali smo tudi v mednarodnih primerjalnih meritvah vzorcev s povišano aktivnostjo s spektrometrijo gama. Pri zelo aktivnih vzorcih, ki jih lahko pričakujemo v primeru večje nesreče v NEK z vplivi na okolje, so bili naši rezultati odlični, pri nizkoaktivnih vzorcih pa smo identificirali nekaj načinov, kako naše rezultate še izboljšati.

Rezultati kritičnih analiz, ki sledijo rednim vajam, ter novo pridobljena znanja omogočajo nenehno posodabljanje naših navodil in postopkov za delo na terenu. Tudi lani smo nova znanja in izkušnje vključevali v redno delo ter v posameznih primerih načrtovali ustrezne korektivne ukrepe, ki bodo zagotovili dodatno izboljšanje pripravljenosti za posredovanje v izrednih razmerah. Z implementacijo predlogov, ki so zbrani v poročilih vaj ROMENEK in RUME, ter ugotovitev, ki so rezultat kritičnega ovrednotenja primerjalnih meritev, smo skrbeli za dviganje nivoja usposobljenosti mobilne enote.

V letu 2025 smo nabavili detektor za brezpilotnik (spektrometer in merilnik hitrosti doze) in v začetku leta 2026 v sodelovanju s skupino operaterjev za brezpilotnike Civilne zaščite tudi izvedli usposabljanje za delo s tem detektorjem. Vendar pa se zavedamo, da bi se v primeru izrednega dogodka v NEK verjetno soočili s težavo, kako izvajati meritve z brezpilotnikom v območju omejenega oz. prepovedanega letenja. Reševanje te težave vidimo kot izziv za leto 2026.

ELME se tudi redno vključuje v pripravo strateških vsebin, povezanih z vzdrževanjem pripravljenosti in usposobljenosti za odziv v primeru jedrske ali radiološke nesreče na različnih nivojih, kar potrjuje visoko strokovno raven kadra, ki deluje v okviru ELME ter široko vpetost ELME v navedene aktivnosti.

V bodoče načrtujemo nadaljnjo nadgradnjo usposobljenosti ELME in nova vlaganja v opremo, ki je pogoj za učinkovito delo na terenu. V ta namen želimo pridobiti tudi sredstva za nakup novega vozila, ki bo nadomestil dosedanje, ki ga uporabljamo kot mobilni radiološki laboratorij.

Posebno pomemben strateški cilj ELME je tudi priključitev novih članic in članov v ELME in pomladitev ekip, saj bo v naslednjih desetih letih vsaj pet dosedanjih članov izpolnilo pogoje za upokojitev.

Predstavljeno poročilo o vzdrževanju pripravljenosti izrednega monitoringa radioaktivnosti v NEK povzema dejavnosti radiološkega dela ELME v letu 2025. Izvedene aktivnosti potrjujejo visok nivo operativne pripravljenosti za interventno posredovanje skladno s pogoji pogodbe

št. 3240324 in pripadajočo tehnično specifikacijo št TO.RZ-4/2023 Rev.0. Ne glede na to, da izpolnjujemo vse pogoje za pravočasen in učinkovit odziv v sili bomo tudi v prihodnje stremeli k še boljši operativni pripravljenosti. Temu so poleg rednih usposabljanj, ki so opisana v poročilu, namenjena tudi izobraževanja v okviru drugih programov in projektov. V letu 2025 so bila temu posvečena še posebej strokovna usposabljanja ELME v okviru TC projekta IAEA, ki ga je izvajal IJS in je bil namenjen prav nadgradnji vsebin, ključnih za ustrezno pripravljenost ekip in za učinkovit odziv na jedrsko nesrečo ali teroristični napad z radioaktivnimi snovmi. Ta projekt se je z iztekom leta 2025 zaključil, vendar bi bilo smiselno nadaljevanje s projektom usposabljanja novih pripradnikov ne samo v ELME, temveč tudi v ostalih enotah zaščite in reševanja.

Kljub temu, da ELME izpolnjuje vse zahteve pogodbe z NEK, pa se je potrebno zavedati, da bi za primer resne nesreče v NEK z vplivom na okolje potrebovali vsaj tri bolj številčne ekipe (z vsaj po štirimi člani), ki bi bile polno operativne za meritve na terenu, in večjo bazo sodelavcev v stacionarnih laboratorijih, zato bi bilo skladno z ugotovitvami v elaboratu *Ocena materialnih in kadrovskih zmogljivosti, potrebnih za vzpostavitev izrednega monitoringa ob jedrski nesreči, IJS-DP-13733, januar 2022*, ki je bil narejen za pripravo strateških dokumentov pri Upravi RS za jedrsko varnost, na nivoju države potrebno urediti tako finančne, materialne kot organizacijske pogoje za vzpostavitev zadostnih kapacitet.

Priloga 1: Operativno vodstvo ELME v letu 2025

Ime in priimek	Naloge (področje)	Organizacija / Org. enota	Naslov stanovanja	Telefon doma/pozivnik	Telefon služba
doc. dr. Miha MIHOVILOVIČ	**V o d j a ELME**	**IJS/F-2**	**Ulica Molniške čete 11 1000 LJUBLJANA**	**041 894 749**	**01 4773 561**
mag. Branko VODENIK	**O p e r a t i v n i v o d j a radiološko področje**	**IJS/F-2**	**Drenov grič 45a 1360 VRHNIKA**	**01 423 3842 041 758 845**	**01 477 3539 01 477 3446**
doc. dr. Tea ZULIANI	**O p e r a t i v n i v o d j a področje kemijskih snovi**	**IJS/O-2**	**Kamnik ppod Krimom 68e 1351 PRESERJE**	**01 477 3542 031 255 916**	**01 477 3464**
izr. prof. dr. Matej LIPOGLAVŠEK	**Svetovalec za radiološko področje**	**IJS/F-2**	**Tomažičeva 40 1000 LJUBLJANA**	**01 256 7311 041 622 707**	**01 477 3493 041 622 707**

Klic preko pozivnikov:
Kliči Center za obveščanje R Slovenije na telefonsko številko 01 471 3261 in prosi za aktiviranje dežurne ekipe ELME (oba pozivnika se aktivirata sočasno). Sporočilo na pozivniku naj bo kratko in jedrnato.

Telefonska številka Mobilnega radiološkega laboratorija (avtomobil ELME 01) je: 051 622 702

Sestava radiološke intervencijske ekipe:
ELME je organizirana tako, da lahko v vsakem trenutku aktivira radiološko intervencijsko ekipo. Ekipo sestavljajo vodja in vsaj trije člani. Sestava radiološke intervencijske ekipe je vnaprej določena na podlagi priloge 1 iz sodelavcev v prilogi 3. V primeru obsežnejše intervencije se intervencijsko ekipo razširi s člani preostalih dveh ekip.

Priloga 2: Seznam članov radioloških intervencijskih ekip v letu 2025

Ime in priimek	Zadolžitve	Ekipa	Status v ekipi	Org. enota	Naslov prebivališča	Telefon	
						doma	služba
dr. Toni PETROVIČ #	*1., 2., 3., 4., 7. sklop*	**EKIPA 1**	**vodja ekipe 1**	IJS/F-2	Cesta na Vrhovce 61 1000 LJUBLJANA	041 342 096	01 477 3285
mag. Matjaž STEPIŠNIK	*1., 2., 3. sklop*		**namestnik vodje**	IJS/SVPIS	Ižanska 42a 1000 LJUBLJANA	01 427 1098 031 378 356	01 588 5254
dr. Tilen BRECELJ #	*3., 4. sklop*		**skrbnik opreme**	IJS/F-2	Ilovški štradon 23 1000 LJUBLJANA	040 815 671	–
Klara POIŠKRUH, mag. med. fiz. #	*2., 3., 4., 5. sklop*		**član**	IJS/F-2	Tirosek 29a 3342 GORNJI GRAD	03 584 7612	031 594 501
Rok ROŠ OPAŠKAR #	*2., 3., 4., 5. sklop*		**član**	IJS/F-2	Glonarjeva 4 1000 LJUBLJANA	–	041 310 807
Boštjan ČRNIČ, mag. med. fiz.	*1., 2., 3., 4., 7. sklop*	**EKIPA 2**	**vodja ekipe 2**	IJS/F-2	Ulica bratov Učakar 82 1000 LJUBLJANA	01 507 3301 040 282 495	01 477 3790 031 638 622
doc. dr. Benjamin ZORKO	*1., 2., 3., 4., 7. sklop*		**namestnik vodje**	IJS/F-2	Šišenska 5 1000 LJUBLJANA	041 832 565	01 477 3416
Petra PREM, prof. biol.	*2., 3., 4., 5. sklop*		**skrbnik opreme**	IJS/F-2	Breg 1 1332 STARA CERKEV	041 973 529	01 477 3539 01 477 3320
Thomas BREZNIK, dipl. inž. rad.	*1., 2., 3., 4. sklop*		**član**	IJS/SVPIS	Lunačkova 8 1000 LJUBLJANA	041 354 749	01 588 5396
Tanja MURN, mag. prof. pouč. bio. in kem.	*1., 2., 3., 4. sklop*		**član**	IJS/SVPIS	Trebča vas 28 8361 DVOR	–	031 291 595
dr. Urška GRADIŠAR	*2., 3., 4. sklop*		**član**	IJS/F-2	Škamevec 2 1314 ROB	031 403 555	031 403 555
dr. Tinkara BUČAR #	*1., 2., 3., 7. sklop*	**EKIPA 3**	**vodja ekipe 3**	IJS/SVPIS	Adamičeva cesta 19 1290 GROSUPLJE	051 649 299	01 588 5207
Sandi GOBEC #	*2., 3., 4., 5. sklop*		**namestnik vodje in skrbnik opreme**	IJS/F-2	Pot na Fužine 37 1000 LJUBLJANA	040 333 018	01 477 3476
dr. Helena FAJFAR #	*3., 4., 5., 7. sklop*		**član**	IJS/F-2	Dragarjeva 20, Rodica 1230 DOMŽALE	040 235 423	01 477 3325
Mitja ERŽEN, univ. dipl. fiz. #	*2., 3., 4. sklop*		**član**	IJS/SVPIS	Blegoška ulica 16 4224 GORENJA VAS	031 349 077	01 5885 207
dr. Anže JAZBEC #	*2., 3., 4. sklop*		**član**	RIC	Bognarjeva pot 74 1000 LJUBLJANA	031 360 358	01 5885 228
Karin RAJH, dipl. fiz. (UN)	*2., 3., 4. sklop*		**član**	IJS/SVPIS	Selce 10 3203 NOVA CERKEV	051 244 480	051 244 480

* V tabeli so navedeni sodelavci IJS, ki imajo ustrezna strokovna znanja in so usposobljeni za sodelovanje v radioloških intervencijskih ekipah ELME. Dodatno so z # označeni tisti sodelavci, ki so se udeležili vaj ROMENEK v letu 2025.

Priloga 3: Seznam članov v stacionarnih laboratorijih v letu 2025

Ime in priimek	Zadolžitve	Org. enota	Telefon Služba
Laboratorij za meritve radioaktivnosti (LMR)			
dr. Marijan NEČEMER	spektrometrist	IJS/F2	01 4773 391, 01 4773 687
Laboratorij za tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo (LSC)			
dr. Jasmina KOŽAR-LOGAR	meritve sevalcev beta	IJS/F2	01 4773 970, 01 4773 293
Mitja Centrih dipl. ing. fiz.	meritve sevalcev beta	IJS/F2	01 4773 841
Laboratorij za radiokemijo (Odsek O-2)			
doc. dr. Marko ŠTROK	meritve sevalcev beta in alfa	IJS/O2	01 5885 243
dr. Leja Rovan	meritve sevalcev beta	IJS/O2	01 5885 444
Barbara SVETEK, inž. kem.tehnol.	meritve sevalcev beta	IJS/O2	01 5885 258
dr. Polona VREČA	nosilka programa zagotovitve kakovosti na O-2	IJS/O2	01 5885 304
Laboratorij za dozimetrijo (TLD)*			
Laboratorij za dozimetrične standarde (NDS) *			

* Vsi člani *Laboratorija za dozimetrijo* in *Laboratorija za dozimetrične standarde* (B. Črnič, mag. med. fiz., S. Gobec in K. Poiškruh, mag. med. fiz) so tudi člani ELME. V primeru izrednega dogodka bi določili dežurne v stacionarnih laboratorijih.