

NADZOR RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO

Končno poročilo za leto 2011

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

IJS delovno poročilo

IJS-DP-10951

marec 2012

NADZOR RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NUKLEARNE ELEKTRARNE KRŠKO

Končno poročilo za leto 2011

Odgovorni za izdajo poročila: doc. dr. Matej Lipoglavšek

Koordinator za IJS: dr. Benjamin Zorko

Koordinator za NEK: mag. Borut Breznik

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

Izvajalci meritev in drugi sodelujoči

so navedeni na strani 3 v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2011, IJS-DP-10930*, ki je na priloženi zgoščenki.

Urednica: mag. Denis Glavič - Cindro

Lektoriral: dr. Jože Gasperič

poročilo (razen angleški prevod izvlečka) je lektorirano po mednarodnem standardu ISO 80000

Stavčni in računalniški prelom: mag. Denis Glavič - Cindro

Likovno in grafično uredila: mag. Denis Glavič - Cindro

Fotografije: dr. Benjamin Zorko

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

Založil: Institut "Jožef Stefan"

Prva izdaja: 31. marec 2012

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

Pogodba št.: POG-3644

Št. delovnega poročila: IJS-DP-10951

Redakcija je bila končana marca 2012.

Vse pravice pridržane. Noben del končnega poročila za leto 2011 ter obeh prilog h končnemu poročilu: Primerjava imisijskih meritev radioaktivnosti v okolici NEK in po Sloveniji in Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne ne sme biti reproduciran, shranjen ali prepisan v katerikoli obliki oziroma na katerikoli način, bodisi elektronsko, mehansko, s fotokopiranjem, snemanjem ali kako drugače, brez predhodnega privoljenja Nuklearne elektrarne Krško ©.

Naklada: 50 izvodov



NASLOV:

Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško

IJS-DP-10951

marec 2012

POVZETEK:

Sumarni rezultati meritev radioaktivnosti umetnih in naravnih radionuklidov v različnih nadzorovanih medijih in ekspozicijskih prenosnih poteh so podani z ocenami efektivnih doz. Konzervativne ocene doznih obremenitev posameznikov zaradi emisij jedrske elektrarne dajejo v letu 2011 za atmosferske emisije *efektivno dozo* 0,2 μSv na leto in za tekočinske emisije za referenčno skupino prebivalstva *efektivno dozo* manj kot 0,01 μSv na leto. Ta vrednost (0,2 μSv na leto) je 0,4 % avtorizirane mejne letne doze (50 μSv ; vsota prispevkov po vseh prenosnih poteh) za prebivalca na robu ožje varstvene cone. Iz meritev so bile ocenjene tudi izpostavitve naravnemu sevanju in prispevki zaradi splošne radioaktivne onesnaženosti okolja, ki so jo povzročile poskusne jedrske eksplozije in černobilska nesreča.

KLJUČNE BESEDE:

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

TITLE:

Off-site radiological monitoring of the Krško Nuclear Power Plant

IJS-DP-10951

March 2012

ABSTRACT:

Summarised results of radioactivity measurements of antropogenic and natural occurring radionuclides are presented by different transfer media and exposure pathways in the form of assessed effective doses. Conservatively estimated dose burdens received by members of general public as the result of NPP emissions amount in the year 2011 to a value of the *effective dose* of 0,2 μSv per year for atmospheric discharges and it is smaller than 0,01 μSv per year for liquid discharges received by members of the reference (critical) population group. This value, 0,2 μSv per year, presents 0,4 % of the authorized dose limit (50 μSv ; the sum of the contributions from all exposure pathways) to the member of the public received at the boundary of the exclusion area. From the measurements the exposure to the natural radiation and to the general radioactive contamination due to the nuclear test explosions and Chernobyl accident were assessed.

KEYWORDS:

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





VSEBINA

Uvod in upravne podlage	vii / xlvii
Izveček	xi / xlvii
Summary	xxv / xlvii
Neodvisni nadzor pooblaščenih izvajalcev	xxxix / xlvii

AVTORJI

Poročilo	mag. Denis Glavič - Cindro doc. dr. Matej Lipoglavšek dr. Benjamin Zorko
Izveček	mag. Matjaž Koželj, IJS
Neodvisni nadzor pooblaščenih izvajalcev	mag. Denis Glavič - Cindro

Primerjava imisijskih meritev radioaktivnosti v okolici NEK in po Sloveniji, ISBN 978-961-264-042-2

Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2011, IJS-DP-10930

Imisijske meritve (meritve v okolju jedrske elektrarne)	
Tabele merskih rezultatov	M-1 / M-110
Tabele interkomparacijskih rezultatov	
Mednarodne primerjalne meritve izvajalcev	M-89 / M-110

*Poročilo Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško –
Poročilo za leto 2011, IJS-DP-10930 je na priloženi zgoščenki.*





LETNO POROČILO

Po pogodbi POG-3644 z NE Krško, Vrbina 12, SI-8270 Krško obravnavamo v poročilu radiološko sliko v okolici NEK in širše. V ta namen v uvodu povzemamo ovrednotenja po posameznih sklopih, kot to zahtevata *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10)*, Ur. l. RS 20/2007, 2509, 6. 3. 2007 in *Pravilnik o spremembah in dopolnitvah pravilnika o monitoringu radioaktivnosti*, Ur. l. RS 97/2009, 12936, 30. 11. 2009 [2]. Uvod je povzetek prispevkov iz monografije "*Primerjava imisijskih meritev radioaktivnosti v okolici NEK in po Sloveniji*", kjer so ocene doz in drugi parametri obravnavani podrobno. Za potrebe poročila pa v strnjeni obliki podajamo ugotovitve za leto 2011.

Odgovorni za izdajo:

doc. dr. Matej Lipoglavšek





UVOD IN PRAVNE PODLAGE

Namen ovrednotenja je celovit in neodvisen izračun doz direktnega in indirektnega obseva zaradi majhne količine radioaktivnih snovi, ki jih v zrak in vodo med obratovanjem izpušča jedrska elektrarna Krško. Osnova za izvajanje obratovalnega nadzora je *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10)*, Ur. l. RS 20/2007, 2509, 6. 3. 2007 in *Pravilnik o spremembah in dopolnitvah pravilnika o monitoringu radioaktivnosti*, Ur. l. RS 97/2009, 12936, 30. 11. 2009 [2]. Program obsega meritve v okolju jedrske elektrarne (priloga 4, preglednica 3 iz pravilnika JV 10). Podroben program meritev je določen v Tehnični specifikaciji za izvedbo storitve obratovalnega monitoringa, Radiološki monitoring v okolici NEK za leta 2008, 2009 in 2010 v Republiki Sloveniji, NEK, TO.RZ, 15/2007, revizija: 0, priloga 14.1, NEK-RETS, Rev. 6, poglavje 3.12, stran 43 do 60.

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

- mesečna poročila NEK o tekočinskih in zračnih emisijah v letu 2011;
- mesečni izračuni zračnih razredčitvenih faktorjev Agencije Republike Slovenije za okolje za okolico NEK v letu 2011;
- mesečni izračuni zračnih razredčitvenih faktorjev MEIS, d. o. o., za okolico NEK v letu 2011;
- nekateri merski podatki iz "Programa nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju Republike Slovenije" in posebnih meritev IJS.

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

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

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

Institut "Jožef Stefan" (IJS) in Zavod za varstvo pri delu (ZVD) sta pooblaščenca za izvajanje merilnega nadzora radioaktivnosti na podlagi 123. in 124. člena Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (Ur. l. RS, št. 102/04 in 70/08) ter 11. in 12. člena Pravilnika o monitoringu radioaktivnosti (Ur. l. RS, št. 20/07) s pooblastiloma št. 35400-4/2009/4 z dne 4. 6. 2009 (IJS) in 3916-4/2007/8 z dne 4. 3. 2009 (ZVD), ki ju je izdala Uprave Republike Slovenije za jedrsko varnost (URSJV)



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

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

Uprava Republika 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 pogojev izpostavljenih delavcev, obsegu izvajanja ukrepov varstva pred sevanji na opazovanih in nadzorovanih območjih, preverjanju učinkovitosti teh ukrepov, rednem umerjanju merilne opreme ter preverjanju uporabnosti zaščitne opreme na področju izpostavljenosti prebivalcev zaradi izvajanja sevalnih dejavnosti, naslednje sodelavce Instituta "Jožef Stefan" in Zavoda za varstvo pri delu:

- mag. Denis Glavič - Cindro z odločbo 594-1/2006-5-04103
- mag. Matjaža Koželja z odločbo 594-11/2007-5 in 594-11/2007-7
- doc. dr. Mateja Lipoglavška z odločbo 1846-10/2010-5-04103
- dr. Gregorja Omahna z odločbo 594-14/2004-3-04103
- mag. Bogdana Puclja z odločbo 594-19/2007-4
- Matjaža Stepišnika, univ. dipl. fiz., z odločbo 594-10/2006-6-04103 ter
- dr. Benjamina Zorka z odločbo 1864-10/2008-3-04103

Institut "Jožef Stefan" (IJS), Ljubljana, je z odločbo Uprave RS za varstvo pred sevanji (URSVS) št. 594 18/2007-8 z dne 11. 4. 2007 na podlagi 30. in 138. člena Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (Ur. l. RS, št. 102/04) ter 11. člena Pravilnika o pooblaščenju izvajalcev strokovnih nalog s področja ionizirajočih sevanj (Ur. l. RS, št. 18/04) pooblaščen kot izvajalec dozimetrije za ugotavljanje izpostavljenosti zunanjemu obsevanju in dajanje strokovnih mnenj, ki temeljijo na meritvah in/ali izračunih na podlagi termoluminiscenčne dozimetrije sevanja gama, sevanja beta in rentgenske svetlobe.

Institut "Jožef Stefan" (IJS), Ljubljana, je s pooblastilom št. 594-21/2007-4 z dne 18. 6. 2007, ki ga je izdala Uprava RS za varstvo pred sevanji (URSVS) na podlagi 27. in 138. člena Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (Ur. l. RS, št. 102/04) ter 11. člena Pravilnika o pooblaščenju izvajalcev strokovnih nalog s področja ionizirajočih sevanj (Ur. l. RS, št. 18/04), pooblaščen kot izvedenec varstva pred sevanji za dajanje strokovnih mnenj, ki temeljijo na meritvah in/ali izračunih in za izvajanje nadzornih meritev na nadzorovanih in opazovanih območjih, pregledov virov sevanja in osebne varovalne opreme.

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

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



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

Na Institutu "Ruđer Bošković" ima Laboratorij za radioekologijo akreditacijo Hrvatske akreditacijske agencije za meritve določanja vsebnosti radionuklidov z visokoločljivostno spektrometrijo gama in za določanje vsebnosti Sr-90 po radiokemijski metodi v vzorcih iz okolja in proizvodih, vključno s hrano in pitno vodo, ter za določanje vsebnosti Fe-55 v vodnih vzorcih.

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

REFERENCI

- [1] Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško, Poročilo za leto 2010, Ljubljana, marec 2011, interna oznaka 12/2011
- [2] Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10), Ur. l. RS 20/2007, 2509, 6. 3. 2007 in Pravilnik o spremembah in dopolnitvah pravilnika o monitoringu radioaktivnosti, Ur. l. RS 97/2009, 12936, 30. 11. 2009





IZVLEČEK

UVOD

Podobno kot v svetu je prebivalstvo Slovenije izpostavljeno naravnemu ionizirajočemu sevanju in nekaterim antropogenim virom ionizirajočega sevanja, predvsem vplivom preostale černobilske kontaminacije in atmosferskih jedrskih poskusov. V letu 2011 so bili tem globalnim virom dodani tudi izpusti ob nesreči v elektrarni Fukušima na Japonskem, katerih vpliv je bilo mogoče zaznati omejen čas (od marca do maja) tudi pri nas.

Pri prebivalstvu okolice Nuklearne elektrarne Krško (NEK) so dodatno mogoče izpostavitve zaradi atmosferskih in tekočinskih izpustov radioaktivnih snovi iz NEK in zaradi neposrednega sevanja iz objektov znotraj njene ograje.

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

- a) za atmosferske izpuste:
 - I-131: 18,5 GBq na leto;
 - aerosoli (radionuklidi s $T_{1/2} > 8$ d): 18,5 GBq na leto;
 - žlahtni plini: letno mejo določa omejitev letne efektivne doze (50 μSv) na robu ožje varstvene cone;
 - H-3 in C-14: letne meje niso določene.
- b) za tekočinske izpuste:
 - vsi radionuklidi razen H-3, C-14 in raztopljenih žlahtnih plinov: 100 GBq na leto, 40 GBq na trimesečje;
 - H-3: 45 TBq na leto.

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

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

To poročilo podaja rezultate nadzora radioaktivnosti, ki so ga NEK kot zavezanec in pooblaščenji izvajalci nadzora radioaktivnosti opravili v letu 2011. V poročilu niso obravnavane izpostavitve prebivalstva



ionizirajočem sevanju zaradi medicinskih diagnostičnih preiskav, ki so v razvitem svetu in tudi pri nas za naravnim sevanjem drugi najpomembnejši vzrok izpostavitve.

ZNAČILNOSTI VZORČENJA IN MERITEV

Vzorčenje in meritve so v letu 2011 potekale v enakem obsegu in na enak način kot v preteklih letih, kar omogoča primerjavo rezultatov nadzora z rezultati iz preteklih let in določitev mogočih trendov. Značilnosti so naslednje:

1) Reka Sava:

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

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

2) Vodovodi in črpališča:

- a) enkratni četrletni vzorci vode iz vodovodov v Krškem, Brežicah in Ljubljani (referenčna lokacija);
- b) mesečni sestavljeni vzorci črpališč v Bregah, Drnovem, Brežicah ter vodovodov Spodnji Stari Grad in Brežice;
- c) vzorčenje podtalnice v neposredni okolici elektrarne (četrletni vzorci iz vrtine E1 znotraj ograje NEK in mesečni vzorci iz vrtine VOP-4, Vrbina) in dveh lokacijah na Hrvaškem (vrtina Medsave in črpališče Šibice).

Meritve so potekale na enak način, kot pri vzorcih iz reke Save.

3) Padavinski in suhi usedi:

- a) mesečni sestavljeni vzorci iz zbiralnikov padavin v Bregah, Krškem, Dobovi in Ljubljani (referenčna lokacija);
- b) mesečna menjava vazelinskih zbiralnikov suhega useda na osmih lokacijah v ožji in širši okolici NEK ter Ljubljani (referenčna lokacija).

Na vzorcih padavin so bile opravljene meritve z visokoločljivostno spektrometrijo gama, določena je bila še koncentracija tritija (H-3) s tekočinsko scintilacijsko spektrometrijo in koncentracija Sr-90/Sr-89 z radiokemično analizo. Na vazelinskih vzorcih so bile opravljene meritve z visokoločljivostno spektrometrijo gama.

4) Zrak:

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



- b) vzorčenje joda I-131 se opravlja s posebnimi črpalkami in filtri na istih lokacijah, kot poteka vzorčenje aerosolov (razen v Dobovi);
- c) vzorčenje za specifično meritev Sr-90/Sr-89 se opravlja s posebnimi črpalkami v Dobovi in Ljubljani;
- d) meritve emisij se opravijo na glavnem oddušniku NEK, pri čemer se odvzemajo vzorci za meritve joda, tritija (H-3), ogljika C-14, aerosolov ter opravljajo meritve žlahtnih plinov;
- e) zbiranje vzorcev zračnega ogljika C-14 v CO₂ je kontinuirno potekalo na dveh mestih na ograji NEK, pri čemer je v letu 2011 bilo skupno zbranih dvanajst vzorcev. Kontrolne meritve so potekale v Zagrebu.

Meritve filtrov za aerosole in posebnih filtrov za I-131 se opravljajo z visokoločljivostno spektrometrijo gama, specifična meritev Sr-90/Sr-89 pa se opravlja s scintilacijskim spektrometrom beta.

5) Zunanja izpostavljenost sevanju

Zunanje sevanje:

- a) doza zunanjega sevanja (sevanje gama in ionizirajoča komponenta kozmičnega sevanja) se meri s 57 TL-dozimetri v okolici NEK (nameščeni so krožno okoli NEK na razdaljah do 10 km) in devetimi TL-dozimetri na ograji NEK; dozimetri se odčitavajo v polletnih presledkih; referenčni dozimeter za vse meritve doze zunanjega sevanja je v Ljubljani; dodatnih 10 TL-dozimetrov je postavljenih na Hrvaškem;
- b) vzporedno potekajo meritve s TL-dozimetri na 50 lokacijah po državi;
- c) v okolici NEK je postavljenih 14 kontinuirnih merilnikov sevanja, ki delujejo v sklopu mreže zgodnjega obveščanja; poleg teh je v mrežo zgodnjega obveščanja v Sloveniji vključenih še dodatnih 79 kontinuirnih merilnikov.

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

Zemlja:

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

Meritve sevalcev gama se opravljajo z visokoločljivostno spektrometrijo gama, koncentracija stroncija pa se določa z radiokemijsko analizo.

6) Hrana:

- a) vzorčenje poteka na naslednjih mestih: sadovnjak ob NEK (sadje), Pesje (mleko), Spodnja in Zgornja Pohanca (sadje), Brege (zelenjava, žito, mleko, meso), Vihre (mleko), Vrbina (jajca, zelenjava), Spodnji Stari Grad (zelenjava, meso, jajca), Žadovinek (zelenjava, žito), Trnje (zelenjava), Drnovo (zelenjava), Ravne pri Zdolah (meso), Brežice (sadje), Krško – vinska klet (vino);
- b) pogostost vzorčenja je odvisna od vrste živila: mleko mesečno oz. trimesečno (za specifično meritev Sr-90/Sr-89), meso, jajca in žito letno, povrtnine, poljščine in sadje sezonsko;
- c) vzorčenje rastlinstva, poljščin in sadja za določanje vsebnosti C-14 je potekalo v letu 2011 dvakrat na 16 lokacijah v okolici NEK in v Dobovi.



- a) Meritve specifičnih aktivnosti sevalcev gama so bile izmerjene z visokoločljivostno spektrometrijo gama, vsebnost Sr-90/Sr-89 pa z radiokemijsko metodo.

REZULTATI MERITEV

1) Reka Sava

Meritve v savski vodi so, tako kot v preteklih letih, pokazale prirastek koncentracije H-3 zaradi tekočinskih efluentov NEK. Tako je bila izmerjena povprečna letna koncentracija H-3 v Brežicah ($1,4 \pm 0,2$) kBq/m³ dvakrat višja od povprečne izmerjene vrednosti na referenčnem mestu Krško ($0,75 \pm 0,04$) kBq/m³. Povprečna koncentracija v Brežicah je bila v letu 2011 znatno nižja kot v letu 2010, ko je bila izmerjena koncentracija ($5,9 \pm 2,0$) kBq/m³ kar osemkrat višja kot na referenčnem mestu v Krškem. Tudi najvišja mesečna vrednost ($3,3 \pm 0,3$) kBq/m³, ki je bila izmerjena v novembru, je bistveno nižja od najvišje lanskoletne (20 ± 2) kBq/m³ v juniju 2010. V Jesenicah na Dolenjskem je bilo izmerjeno letno povprečje ($1,1 \pm 0,1$) kBq/m³ z najvišjo vrednostjo ($2,4 \pm 0,3$) kBq/m³, prav tako v novembru. Letno povprečje v Brežicah je od letnega povprečja v Jesenicah na Dolenjskem v povprečju višje za faktor 1,3, kar je posledica dodatnega razredčenja vode reke Save zaradi pritokov Krke in Sotle, za katere predpostavljamo, da imata približno enako koncentracijo tritija kot Sava v Krškem oz. druge reke v Sloveniji (okoli 1 kBq/m³).

Izmerjene vsebnosti I-131, ki sicer ni bil zaznan v tekočinskih izpustih NEK in je posledica uporabe v medicinskih ustanovah, izrazito nihajo v enkratnih vzorcih in so večkrat tudi pod mejo detekcije. Povprečne letne vrednosti na vzorčevalnih mestih so bile med ($4,0 \pm 3,0$) Bq/m³ in ($4,5 \pm 3,0$) Bq/m³, pri čemer je bila najvišja v odvzemnem mestu v Krškem. Najvišja vrednost (15 ± 1) Bq/m³ je bila izmerjena na tej lokaciji v drugem četrtletju. Izmerjene povprečne letne vsebnosti v drugih rekah po Sloveniji so bile večinoma pod 5 Bq/m³. V sedimentih in vzorcih rib I-131 ni bil zaznan.

Cs-137 in Sr-90 sta v vzorcih vode, v filtrskih ostankih in sedimentih prisotna kot posledica globalne kontaminacije, so pa se tudi v tekočinskih efluentih NEK. Letno povprečje meritev vode v Brežicah (Cs-137: ($0,4 \pm 0,4$) Bq/m³, Sr-90: ($3,8 \pm 0,4$) Bq/m³) je podobno kot na referenčni točki v Krškem (Cs-137: <2 Bq/m³, Sr-90: ($2,1 \pm 0,3$) Bq/m³). Izmerjeno letno povprečje vsebnosti Cs-137 je v filtrskem ostanku v Brežicah ($0,04 \pm 0,2$) Bq/m³ in je nižje kot na referenčnem mestu Krško ($0,06 \pm 0,2$) Bq/m³. Izmerjene vrednosti v Jesenicah na Dolenjskem so bile pod mejo detekcije. Izmerjeno letno povprečje Sr-90 v filtrskem ostanku se giblje okrog 0,1 Bq/m³ in je bilo najvišje v Brežicah ($0,42 \pm 0,1$) Bq/m³.

Povprečne vsebnosti Cs-137 in Sr-90 v vodi drugih rek po Sloveniji so podobne kot jih lahko izmerimo v Savi v okolici NEK. Najvišja povprečna koncentracija Cs-137 v drugih rekah je bila izmerjena v reki Muri ($0,6 \pm 0,2$) Bq/m³, Sr-90 pa na lokaciji Ljubljana Laze ($3,4 \pm 1$) Bq/m³.

Meritve aktivnosti sedimentov dajo najvišjo vrednost za Cs-137 pod jezom NEK ($3,6 \pm 1,0$) Bq/kg, kar je približno polovica vrednosti izmerjene v letu 2010. Vrednost na referenčni točki Krško ($2,7 \pm 0,3$) Bq/kg je podobna lanskoletnim vrednostim in izmerjenim vrednostim na drugih merskih točkah, razen v Jesenicah na Dolenjskem, kjer je letno povprečje ($5,0 \pm 0,8$) Bq/kg, in Podsusedu ($0,6 \pm 0,3$) Bq/kg. Povprečne vsebnosti Sr-90 v sedimentih so bile okrog 0,15 Bq/kg, kar je primerljivo z vrednostmi iz preteklih let.

Izmerjene koncentracije Cs-137 in Sr-90 v ribah so za Cs-137 na meji kvantifikacije ($<0,1$ Bq/kg) oz. do ($0,22 \pm 0,05$) Bq/kg za Sr-90, kar je podobno kot v preteklih letih.

Drugi umetni radionuklidi, ki so prisotni v efluentih NEK (Mn-54, Cs-134, Co-58, Co-60, Ag-110m, Xe-133) v letu 2011 niso bil zaznani na nobeni lokaciji.

Izmed naravnih radionuklidov so izmerjeni radionuklidi iz uranove (U-238, Ra-226, Pb-210) in torijeve vrste (Ra-228 in Th-228). Vsebnosti U-238 v nefiltrirani vodi so bile okrog 20 Bq/m³ (v letu



2010 5 Bq/m^3) in Ra-228 okrog 1 Bq/m^3 . Koncentracije K-40 so bile približno sedemkrat višje. Izmerjen je tudi kozmogeni Be-7.

2) Vodovodi in črpališča

Najvišje vrednosti H-3 so bile v letu 2011 (podobno kot v letu 2010) izmerjene v črpališčih Brege, Drnovo in Spodnji Stari Grad. Letno povprečje v črpališču Brege je bilo $(1577 \pm 65) \text{ Bq/m}^3$, najvišja mesečna vrednost pa je bila izmerjena januarja $(1872 \pm 163) \text{ Bq/m}^3$ (v letu 2010 decembra $(1840 \pm 200) \text{ Bq/m}^3$). Izmerjena letna povprečja v črpališčih Drnovo in Spodnji Stari Grad sta bila $(1194 \pm 54) \text{ Bq/m}^3$ in $(1112 \pm 54) \text{ Bq/m}^3$.

Letno povprečje v vodovodu Brežice je bilo $(111 \pm 22) \text{ Bq/m}^3$, v črpališču Brežice – Glogov Brod pa $(85 \pm 22) \text{ Bq/m}^3$. V krškem vodovodu (bencinski servis Petrol) je bila izmerjena povprečna vrednost $(945 \pm 128) \text{ Bq/m}^3$, na bencinskem servisu Petrol v Brežicah pa je bila vrednost manjša od meje detekcije ($<128) \text{ Bq/m}^3$. Primerjalne meritve v ljubljanskem vodovodu so dale povprečno vrednost koncentracije H-3 $(848 \pm 108) \text{ kBq/m}^3$, kar je praktično enako vrednosti iz leta 2010.

Letno povprečje koncentracije H-3 v vrtini E1 je bilo $(1225 \pm 137) \text{ Bq/m}^3$, v vrtini VOP-4 v Vrbini pa $(1449 \pm 309) \text{ Bq/m}^3$, pri čemer so bile v vrtini E1 izmerjene najvišje vrednosti v zadnji četrtini leta, v vrtini VOP-4 pa februarja, septembra in decembra, in sicer $(1792 \pm 161) \text{ Bq/m}^3$, $(1692 \pm 162) \text{ Bq/m}^3$ in $(2089 \pm 124) \text{ Bq/m}^3$. Največji izpust H-3 iz NEK je bil v decembru, manjši pa v novembru in aprilu 2011, celotni letni izpust v letu 2011 pa 19,4 % letnega izpusta v letu 2010.

Primerjava z podatki iz leta 2010 pokaže, da je izmerjeno povprečje v vrtini E1 nižje za pribl. 20 %, v vrtini VOP-4 pa za velikostni red nižje.

Najvišje mesečne vrednosti (julij, avgust, september) v vzorcih iz vzorčevalnih mest Medsave in Šibice na Hrvaškem so podobne letni povprečni vrednosti iz vrtine E1, letna povprečja pa sta $(497 \pm 158) \text{ Bq/m}^3$ in $(360 \pm 115) \text{ Bq/m}^3$.

Specifične meritve Sr-90 so pokazale, da so najvišje povprečne letne specifične aktivnosti $(1,35 \pm 0,06) \text{ Bq/m}^3$ v Spodnjem Starem Gradu, v brežiških črpališčih in vodovodu pa so izmerjene vrednosti približno tretjina tiste v Spodnjem Starem Gradu. Izmerjena vsebnost v ljubljanskem vodovodu $(1,56 \pm 0,13) \text{ Bq/m}^3$ je bila višja kot v krškem in brežiškem vodovodu.

Nekoliko višje vrednosti letnega povprečja so bile izmerjene v vrtini E1 (znotraj ograje NEK) $(4,1 \pm 0,8) \text{ Bq/m}^3$ in na Hrvaškem, v Medsavi in Šibicah, kjer so bila izmerjena letna povprečja $(2,9 \pm 0,2) \text{ Bq/m}^3$ oziroma $(3,5 \pm 0,2) \text{ Bq/m}^3$. Nobena od teh vrednosti bistveno ne odstopa od podatkov iz leta 2010.

Cs-137 v vzorcih vode iz vodovodov in vrtin ni bil zaznan ali pa so bile zaznane le sledi, pogosto pod mejo detekcije. Podobno kot v preteklih letih I-131 ni bil zaznan v nobenem od vzorcev vode iz vodovodov in vrtin.

Izmed naravnih radionuklidov so bili v vzorcih vode iz vodovodov in vrtin izmerjeni K-40 (letna povprečja do 69 Bq/m^3 , razen v vrtini E1, kjer je letno povprečje 125 Bq/m^3), U-238 (letna povprečja do $4,9 \text{ Bq/m}^3$), Ra-226 (letna povprečja do $1,4 \text{ Bq/m}^3$), Pb-210 (letna povprečja do $8,8 \text{ Bq/m}^3$), Ra-228 (letna povprečja do $2,2 \text{ Bq/m}^3$), Th-228 (letna povprečja do $0,9 \text{ Bq/m}^3$) in Be-7 (najvišja mesečna vrednost aprila v zajetju Spodnji Stari Grad $4,5 \text{ Bq/m}^3$). Izmerjene vrednosti se ne odmikajo bistveno od rezultatov v letu 2010.

3) Padavinski in suhi usedi

V letu 2011 je bilo največ padavin v mesecu juliju, oktobru in decembru, najmanj pa v februarju, avgustu in novembru. Letne povprečne vsebnost H-3 v padavinah v Bregah in Krškem so bile $(1,8 \pm 0,2) \text{ kBq/m}^3$ in $(1,5 \pm 0,2) \text{ kBq/m}^3$, v Dobovi in Ljubljani (referenčna lokacija) pa $(1,2 \pm 0,1) \text{ kBq/m}^3$ in $(1 \pm 0,1) \text{ kBq/m}^3$, kar so približno enake vrednosti, kot jih izmerijo v drugih



državah. Najvišje mesečne koncentracije so bile izmerjene v Bregah in Krškem novembra ($(4,0 \pm 0,4)$ kBq/m³ in $(7,6 \pm 0,6)$ kBq/m³). Največji mesečni izpusti H-3 so bili v aprilu in decembru (okrog 0,65 TBq), vendar je vsebnost H-3 v padavinah bila nekoliko povečana samo aprila. Visoke koncentracije v mesecu novembru so tako posledica izjemno nizke količine padavin. Ker vzorci niso bili reprezentativni, te koncentracije niso bile vključene v letno povprečje in posledično tudi v oceno doz. Z izpusti jedrske elektrarne korelirajo le meritve H-3 v Krškem in Bregah.

Koncentracije Sr-90 v padavinah so bile pri 39 % vzorcev pod mejo kvantifikacije, najvišja vrednost pa je bila izmerjena v vzorcu iz Krškega v januarju. Vrednosti celotnega mesečnega padavinskega useda Sr-90 na posameznih lokacijah se gibljejo med nič in $(0,15 \pm 0,02)$ Bq/m² in kažejo korelacijo s količino padavin.

Meritve vsebnosti Cs-137 v padavinah kažejo nekoliko povišane vrednosti predvsem v Krškem februarja, aprila in avgusta, pri čemer sta bila februar in avgust meseca z majhno količino padavin, zato lahko povišanje pripišemo resuspenziji s tal. Celoten padavinski used Cs-137 pa kaže izrazito povišanje v mesecu aprilu na $0,05$ Bq/m² do $0,23$ Bq/m², pri čemer je druge mesece med nič in $0,05$ Bq/m², kar pripisujemo posledicam nesreče v Fukušimi.

V mesecu aprilu je bil v padavinah detektiran tudi Cs-134. Najvišja vsebnost v Dobovi je bila približno $4,1$ Bq/m³ in v Krškem približno $2,5$ Bq/m³, kar je zelo blizu vrednosti, izmerjene v Ljubljani. V mesecih marcu in aprilu je bil v padavinah izmerjen tudi I-131. Vrednosti marca v Dobovi, Bregah in Krškem so bile med 63 Bq/m³ in 77 Bq/m³, aprila pa med 15 Bq/m³ in 35 Bq/m³. Prisotnost obeh radionuklidov lahko pripišemo izpustom ob nesreči v Fukušimi.

4) Zrak

Rezultati meritev aerosolov so v letu 2011, poleg umetnih radionuklidov Cs-137 in Sr-90, ki sta del globalne kontaminacije in jih redno zaznavamo pri meritvah, pokazali tudi prisotnost umetnih radionuklidov Cs-134 in I-131, kar je posledica nesreče v Fukušimi.

Izmerjene letne povprečne vrednosti Cs-137 v okolici NEK ($3,6 \pm 0,6$) μBq/m³ so nekoliko višje, kot je povprečje preteklih let ($1,2$ μBq/m³ za obdobje 2007–2010), pri čemer so bile v mesecih marcu in aprilu izmerjene vrednosti nekajkrat višje, kot v drugih mesecih, ko so bile izmerjene podobne vrednosti kot prejšnja leta. Izmerjene vrednosti se dobro ujemajo z vrednostmi na drugih lokacijah v Sloveniji. Čeprav se Cs-137 v zelo nizkih koncentracijah pojavlja v izpustih iz NEK, je njegova izračunana vsebnost v zraku v okolju (imisije) več velikostnih redov pod detekcijsko mejo in emisije iz NEK ne prispevajo zaznavno izmerjenim vrednostim.

Specifične meritve Sr-90/Sr-89 v Dobovi so dale vrednosti med $0,57$ μBq/m³ in $4,8$ μBq/m³, ki so podobne vrednostim iz preteklega leta ($0,28$ – $7,8$ μBq/m³). Lahko sklepamo, da je prisotnost Sr-90 (Sr-89 ni bil zaznan v izpustih NEK) posledica resuspenzije z zemlje.

Rezultati meritev I-131 so bili nad detekcijsko mejo v marcu in aprilu 2011, kar lahko pripišemo nesreči v Fukušimi. Podobno velja tudi za Cs-134. Izmerjena povprečja v okolici NEK (I-131: (23 ± 7) μBq/m³, Cs-134: $(2 \pm 0,5)$ μBq/m³) se dobro ujemajo s kontrolnimi meritvami v Ljubljani.

Meritve naravnih radionuklidov v aerosolih kažejo prisotnost radionuklidov, ki jih izmerimo v okviru nadzornih meritev tudi na drugih mestih v Sloveniji. Pri tem velja, da se vrednosti Be-7 in Pb-210 dobro ujemajo na vseh merilnih mestih v okolici NEK in Ljubljani, ki je referenčno mesto, ter drugimi lokacijami po Sloveniji. Pri drugih naravnih radionuklidih so razlike med posameznimi merilnimi mesti v okolici NEK nekaj večje, a še vedno v okviru merilnih negotovosti in pričakovanih odmikov. Tako velja npr. za U-238, da pričakujemo odmike, ki so posledica večje resuspenzije na obdelovanih površinah.



5) Zunanja izpostavljenost sevanju

Zunanje sevanje

Letne doze zunanjega sevanja $H^*(10)$ v okolici NEK, kot so izmerjene s TL-dozimetri, se gibljejo med 0,652 mSv in 1,058 mSv, pri čemer je bila povprečna vrednost $(0,840 \pm 0,183)$ mSv na leto. Na ograji NEK so bile izmerjene vrednosti med 0,524 mSv in 0,649 mSv na leto in povprečna vrednost $(0,603 \pm 0,039)$ mSv na leto. Meritve s TL-dozimetri po Sloveniji so dale povprečno vrednost $(0,899 \pm 0,165)$ mSv na leto. Letne doze zaradi zunanjega sevanja v zadnjem desetletju v okolici NEK so povprečju enake in statistično fluktuirajo za $\pm 10\%$ v okviru merske negotovosti.

Dozimetri na Hrvaškem so v okviru natančnosti dali enako povprečno vrednost kot dozimetri v okolici NEK.

Meritev doz $H^*(10)$ s kontinuirnimi merilniki MFM je v letu 2011 dala povprečno vrednost $(0,68 \pm 0,07)$ mSv na leto, kar je 19 % pod vrednostjo, dobljeno s TL-dozimetri. Izmerjeno povprečje je za 3 % višje od vrednosti v letu 2010 in je v okviru merske negotovosti.

Zemlja

Razen Cs-137 in Sr-90, ki sta povsod prisotna zaradi globalne kontaminacije, meritve vzorcev zemlje niso pokazale drugih umetnih radionuklidov, ki bi jih lahko pripisali izpustom NEK. Izmerjene koncentracije Sr-90 so bile med 0,46 Bq/kg v Kusovi Vrbini in 2,3 Bq/kg v travi na neobdelani zemlji v Gmajnicah. Pri Cs-137 koncentracije kažejo močnejšo odvisnost od lokacije in globine vzorčenja, pri čemer se vrednosti gibljejo od 1,6 Bq/kg do 100 Bq/kg in kažejo značilno odvisnost koncentracije od globine, pri čemer je težišče nanosa že nekaj let na globini 5–15 cm ali globlje.

Povprečni used Cs-137 (do globine 15 cm), izmerjen v letu 2011 na treh lokacijah v okolici NEK, je bil med 0,51 kBq/m² in 7,8 kBq/m², kar je manj kot na dveh od treh lokacij po Sloveniji, izmerjenih v okviru nadzora radioaktivnosti (2,72 kBq/m² do 10,5 kBq/m²). Usedi Sr-90 so primerljivi z rezultati dobljenimi drugod po Sloveniji v okviru nadzora radioaktivnosti, in so med 0,08 kBq/m² in 0,19 kBq/m². Izmerjene vrednosti povprečnih usedov v letu 2011 se ne odmikajo zaznavno od vrednosti, izmerjenih v letu 2010.

Rezultati meritev koncentracij naravnih radionuklidov v zemlji (K-40, U-238, Ra-226, Ra-228, Th-228) se ujemajo s povprečnimi koncentracijami, ki jih za države južne Evrope navaja UNSCEAR [22]. Meritve tudi niso pokazale odvisnosti koncentracij radionuklidov od globine, razen za Pb-210 (višja koncentracija na površini je posledica spiranja iz atmosfere) in podobno za Be-7.

6) Hrana

Cs-137 in Sr-90 sta edina umetna radionuklida, ki sta bila izmerjena v vzorcih hrane. Cs-137 je bil izmerjen v vzorcih mesa in mleka ter v krompirju, kolerabi, rdeči pesi, radiču, zelju, peteršilju, fižolu v zrnju in koruzi. Povprečna izmerjena koncentracija v hrani je bila $(0,025 \pm 0,007)$ Bq/kg, pri čemer je bila najvišja izmerjena vrednost v svinjskem mesu $(0,12 \pm 0,03)$ Bq/kg, v hrani rastlinskega izvora pa v koruzi $(0,17 \pm 0,02)$ Bq/kg. Povprečna izmerjena specifična aktivnost Sr-90 v hrani v letu 2011 je bila $(0,14 \pm 0,01)$ Bq/kg, najvišje vrednosti pa so bile izmerjene v zelenjavi, predvsem v peteršilju $(0,50 \pm 0,03)$ Bq/kg, kolerabi $(0,49 \pm 0,03)$ Bq/kg in blitvi $(0,46 \pm 0,03)$ Bq/kg, najnižje pa v jabolkih in papriki ter mesu, kjer so bile vsebnosti pod mejo zaznavnosti.

V hrani je bila določena tudi specifična aktivnost naravnih radionuklidov, pri čemer so bile dobljene naslednje vrednosti: za K-40 (101 ± 37) Bq/kg, za Pb-210 $(0,32 \pm 0,33)$ Bq/kg, za U-238 $(0,32 \pm 0,44)$ Bq/kg, za Ra-226 $(0,07 \pm 0,55)$ Bq/kg in za Ra-228 $(0,08 \pm 0,03)$ Bq/kg.

Meritve specifične aktivnosti ogljika C-14 v hrani so bile opravljene samo pri vzorcih, ki so bili zbrani v juliju 2011. Izmerjene vrednosti se gibljejo od $(226,5 \pm 5,0)$ Bq/kg C do $(261,7 \pm 5,7)$ Bq/kg C, pri čemer je izmerjena vrednost za vzorce iz Dobove $(235,0 \pm 3,6)$ Bq/kg C.



DISKUSIJA

H-3

Podobno kot v preteklih letih je v tekočinskih izpustih v reko Savo po aktivnostih prevladoval H-3. Podatki o meritvah tekočih efluentov kažejo, da so tekoči izpusti H-3 v letu 2011 (4,23 TBq) bili najnižji v zadnjih devetih letih, ter samo 19 % izmerjenih izpustov v letu 2010. Višje mesečne vrednosti izpustov so bile dosežene aprila in novembra, najvišja pa decembra 2011. Izmerjene vrednosti drugih umetnih radionuklidov so bile vsaj za pet velikostnih redov nižje.

Izračun prirastka koncentracije H-3, ki so bili narejeni na osnovi podatkov o količini H-3 v tekočih efluentih, kažejo dobro ujemanje z merskimi podatki iz Brežic, tako po velikosti kot tudi časovni odvisnosti, pri čemer je bil izmerjeni povprečni letni prispevek koncentracije H-3 zaradi vpliva NEK na odvzemnem mestu v Brežicah ($0,65 \pm 0,2$) kBq/m³, kar je bistveno manj kot v letu 2010 in podobno letom 2008 in 2009. Ocenjeno razredčitveno razmerje *DR* v Brežicah je $0,7 \pm 2$ kar pomeni, da tam še ni prišlo do popolnega mešanja.

Neposredna povezava med izpusti H-3 in koncentracijo H-3 v podtalnici je razvidna pri podatkih iz vrtine VOP-4 in vrtine Medsave, kjer se najvišje izmerjene vrednosti skladajo z večjimi izpusti iz NEK. Izmerjene povprečne letne koncentracije H-3 v vodi iz črpališč, vodovodov in zajetij so neposredno primerljive z letom 2010 (ko je izpust bil petkrat večji) oz. preteklimi leti (slika 2.4, stran 24/106), kar pomeni, da vpliva NEK-a ni, ali pa je zanemarljivo majhen. To potrjujeta tudi primerjava korelacijskih koeficientov v tabeli 2.1 na strani 28/106 s podatki iz leta 2010, ki so bistveno drugačni od koeficientov v letu 2011.

I-131

Kratkoživi I-131 je občasno prisoten v tekočih izpustih NEK, vendar v tekočih izpustih v zadnjih dveh letih ni bil zaznan. Zato lahko izmerjene koncentracije v reki Savi, ki so podobne tistim v drugih rekah v Sloveniji, pripišemo uporabi I-131 v medicini.

Ločene meritve v zraku in padavinah so pokazale prisotnost I-131, ki je bil posledica nesreče v Fukušimi. Izmerjene vsebnosti v okolici NEK so primerljive z vrednostmi iz drugih meritev v Sloveniji in drugih državah. Vsebnosti I-131 v zraku in usedih so v maju in pozneje bile pod detekcijsko mejo tako kot vsa pretekla leta.

Cs-137, Sr-90/Sr-89, Cs-134

Aktivnosti Cs-137, Sr-90/Sr-89 so bile v letu 2011 v tekočih izpustih nižje (dejansko Sr-90, ker Sr-89 v izpustih ni bil zaznan) oziroma približno enake (Cs-137) kot v letu 2010. Ker gre za radionuklida, ki sta del globalne kontaminacije, sta povsod prisotna in ne moremo direktno dokazati njihovega porekla.

Tako iz meritev na reki Savi ne moremo ugotoviti prisotnosti Cs-137 ali Sr-90, ki bi izviral iz NEK. Meritve zadnjih let kažejo težnjo zmanjševanja vsebnosti, kar je naravna posledica radioaktivnega razpada radionuklidov.

Vpliva emisij Cs-137 na podtalnico z meritvami ni bilo mogoče zaznati, kar pa, podobno kot lansko leto, ne velja za Sr-90. Korelacijo med emisijami Sr-90, ki ga je NEK izpuščal celo leto, je možno zaslediti pri črpališču Brege, pri drugih črpališčih pa korelacije ne moremo potrditi. Tako so bile vsebnosti v črpališču Spodnji Stari Grad med celim letom podobne in so se gibale med ($1,1 \pm 0,2$) Bq/m³ in ($1,8 \pm 0,3$) Bq/m³, v vodovodih pa so bile pod 1 Bq/m³ (razen enega meseca v vodovodu Brežice, ko je bila izmerjena vsebnost ($1,44 \pm 0,3$) Bq/m³).

Mesečne vrednosti koncentracije Cs-137 in Sr-90 v padavinah ne kažejo izrazitejših odmikov od povprečij (razen povečanja januarja in februarja za Sr-90). Mesečne vrednosti padavinskega useda Sr-90 ne kažejo posebnosti, kar pa ne velja za padavinski in suhi used Cs-137, kjer je opazno povečanje v mesecu aprilu. Primerjava letnih povprečnih vsebnosti za oba radionuklida kaže tudi povečanje v letu 2011 glede na pretekla leta, kar pa je bolj izrazito za Cs-137 in ga lahko pripišemo nesreči v Fukušimi. Ne



glede na to lahko ugotovimo, da meritve ne presegajo vrednosti v letih 2002 in 2003 za Sr-90 oz. vrednosti pred letom 2004 za Cs-137. Prevladujoči vir Sr-90 in Cs-137, tako kot prejšnja leta, ostaja resuspenzija.

Izmerjene vrednosti Cs-137 in Sr-90 v zraku v okolici NEK so marca in aprila pokazale nekajkratno povečanje glede na povprečje prejšnjih let, druge mesece pa so bile vrednosti na ravni večletnih povprečij. Modelski izračun pokaže, da so koncentracije Cs-137 v zraku, ki so posledica zračnih emisij NEK, več velikostnih redov pod izmerjenimi koncentracijami in da z meritvami ne moremo določiti prispevka NEK.

Meritve aerosolov in meritve padavin so v mesecih marcu in aprilu pokazale tudi prisotnost Cs-134, ki ga sicer ne opazimo in za katerega lahko z gotovostjo trdimo, da izvira iz Fukušime.

Vzorčenje zemlje poteka na poplavnih področjih tako, da sta usedanje iz zraka in poplavljanje prenosne poti, po katerih lahko izpusti NEK dosežejo mesta vzorčenja. Primerjava s preteklimi leti za vse lokacije kaže opazno stresanje izmerkov, globinska porazdelitev Cs-137, kot tudi Sr-90 pa se zadnja leta skoraj ne spreminja.

Vsebnost Cs-137 in Sr-90/Sr-89 v hrani je posledica prisotnosti omenjenih radionuklidov v zemlji in delno useda na vegetacijo med rastjo. Koncentracije z leti sicer nihajo, vendar se po černobilski nesreči zmanjšujejo in so pri nekaterih vrstah hrane (npr. mleko) že na ravni pred nesrečo. Primerjava vrednosti iz okolice NEK s tistimi iz drugih krajev Slovenije pokaže, da so koncentracije tako Cs-137 kot Sr-90 v hrani živalskega porekla v nekaterih krajih tudi za velikostni red višje kot v okolici NEK. To velja na primer za mleko iz okolice NEK, ki ima podobno koncentracijo Cs-137 kot mleko v Ljubljani in za velikostni red nižjo kot v Kobaridu. Vsebnost Sr-90 v svinjskem mesu iz okolice NEK so pod mejo detekcije, ki pa je presežena v Dutovljah. Podobno velja tudi za Cs-137 in Sr-90 v hrani rastlinskega izvora in krmi, kjer so v nekaterih primerih koncentracije predvsem Cs-137, pa tudi Sr-90, na meji detekcije.

Naravni radionuklidi

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

C-14

C-14 je sicer kozmogeni radionuklid, vendar je tudi prisoten v plinastih efluentih NEK-a in prispeva k povečanju koncentracije C-14 v zraku. Od leta 2006 potekajo na ograji NEK meritve C-14 v atmosferskem CO₂, ki so pokazale, da je predvsem v času remonta vsebnost C-14 lahko višja tudi za več kot 200 %. V letu 2011 ni bilo remonta, primerjava meritev na dveh lokacijah v NEK z kontrolnimi meritvami v Zagrebu pa v okviru merilnih napak ne kaže povišanih vsebnosti C-14 v atmosferskem CO₂.

C-14 se predvsem vgrajuje v rastline in v tej obliki vstopa v prehrambno verigo. Meritve v vzorcih hrane so v preteklih letih pokazale (primerjava vzorcev iz okolice NEK in Dobove), da dodatni C-14 iz NEK poveča koncentracijo C-14 v rastlinah predvsem takrat, ko remont (večji izpusti) poteka neposredno pred oz. v času vegetacije. Ker je remont 2010 potekal v oktobru, v letu 2011 ga pa ni bilo, tudi na vzorcih, pridobljenih v prvi polovici leta 2011, ni mogoče z zanesljivostjo ugotoviti pomembnejših razlik v vsebnosti C-14 med neposredno okolico NEK in kontrolno lokacijo v Dobovi. Razlike med vzorci iz okolice NEK in kontrolno lokacijo so manjše od negotovosti meritve, ki je bila 2 %.



OCENA VPLIVOV

Tekočinski izpusti

Ob normalnem delovanju jedrske elektrarne so koncentracije izpuščenih radionuklidov v okolju znatno pod detekcijskimi mejami. Zato njihov vpliv na človeka in okolje posredno ovrednotimo iz podatkov o izpustih v ozračje in o tekočinskih izpustih. Z uporabo modelov, ki opisujejo razširjanje radionuklidov po raznih prenosnih poteh v okolju, pa se ocenjuje izpostavljenost prebivalstva.

Za tekočinske izpuste je bil razvit model, ki kot referenčno skupino prebivalstva upošteva ribiče, ki lovijo 350 m sotočno od jezca NEK in uživajo savske ribe. Modelski izračun, ki temelji na tekočinskih izpustih, podatkih o letnem pretoku reke Save in upoštevajoč značilnosti omenjene referenčne skupine, je pokazal, da najvišja efektivna doza zaradi izpustov v reko Savo v letu 2011 ni preseгла 1 E-5 mSv na leto. Pri tem so najpomembnejši prispevki Co-58 in Co-60 (zunanja izpostavitve, 92 %) ter H-3 in Cs-137 (ingestija rib, predvsem Cs-137). Pri pitju savske vode, kar je malo verjetna prenosna pot, bi bil dominanten prispevek H-3.

Atmosferski izpusti

Pri ovrednotenju vpliva atmosferskih izpustov upoštevamo naslednje skupine radionuklidov:

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

Tabela A prikazuje ovrednotenje emisij z modelskim izračunom razredčitvenih koeficientov v ozračju za leto 2011 in za posamezne skupine radionuklidov za najpomembnejše prenosne poti. Razredčitvene faktorje za zunanje sevanje iz oblaka in inhalacijo od leta 2007 ocenjujemo z Lagrangeevim modelom (ki je bolj realističen, upošteva značilnosti terena). Prispevek sevanja iz useda je bil do leta 2010 ocenjen z Gaussovimi modelom, v letu 2011 pa prav tako z Lagrangeevim modelom.

Ocena za imerzijo v letu 2011 je nižja kot v letu 2010 zaradi manjših emisij Ar-41 (ni bilo remonta!) in podobna kot v letu 2009, ocena za inhalacijo pa nekoliko višja (doza je predvsem posledica izpustov H-3).

Ingestijska doza zaradi C-14 je samo ocena za prvo poletje leta 2011 in je rezultat študije, ki poteka od leta 2006. Za vpliv NEK smo upoštevali mersko negotovost ocenjene letne doze zaradi naravnega C-14 na referenčni lokaciji Dobova ($14,93 \pm 0,23$) μ Sv. Primerjava s preteklimi leti pokaže, da celoletna doza (ko bo ocenjena) ne bo višja (v letu 2011 ni bilo remonta).

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



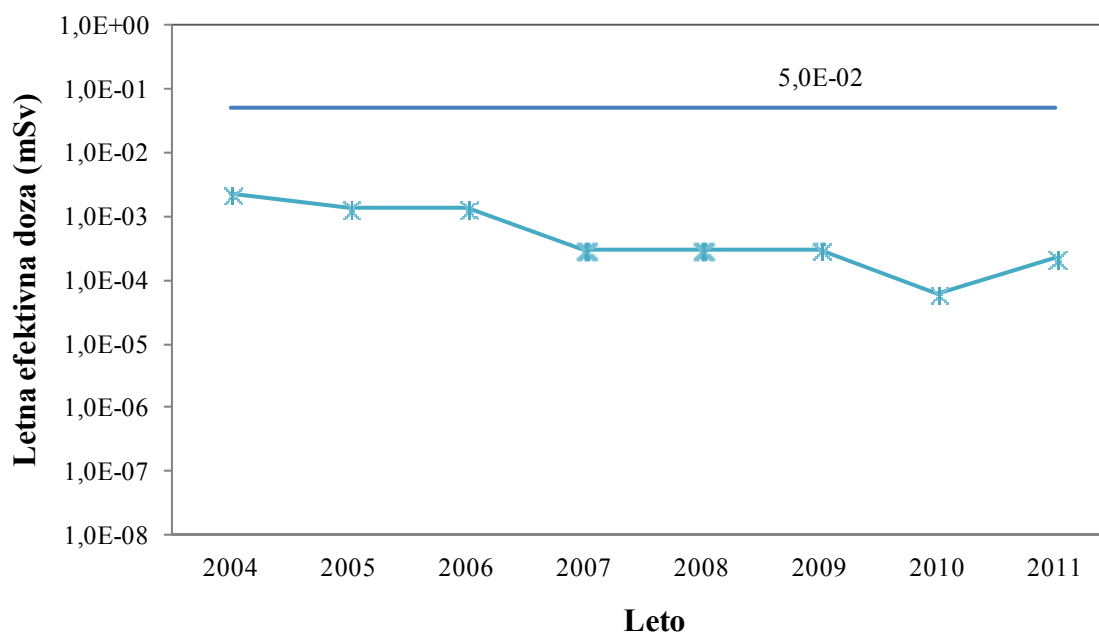
Tabela A: Izpostavitve sevanju prebivalstva (odrasla oseba) v naselju Spodnji Stari Grad zaradi atmosferskih izpustov iz NEK v letu 2011

Način izpostavitve	Prenosna pot	Najpomembnejši radionuklidi	Letna doza (mSv)
zunanje sevanje	– imerzija (oblak) – sevanje iz useda	– žlahtni plini (Ar-41, Xe-131m) – aerosoli (Cs-137, Co-58, Co-60)	3,6E-6 <4E-13
inhalacija	oblak	H-3	3,5E-6
ingestija	rastlinska hrana	C-14*	<2E-4

* Ocenjena doza iz vzorcev v prvi polovici leta 2011 v okviru merskih napak ne kaže razlike med okolico NEK in referenčno lokacijo Dobova, zato smo za oceno prevzeli mersko negotovost meritve na referenčni lokaciji Dobova (Poročilo IRB z dne 6. 2. 2011).

Primerjava s preteklimi leti

Na sliki A je predstavljen seštevek ocenjenih letnih učinkovitih doz posameznih referenčnih skupin zaradi emisij NEK od leta 2004 do leta 2011. Posebej je označena avtorizirana letna meja 50 μ Sv. Posamezni prispevki so predstavljeni v tabeli C, pri čemer je treba poudariti, da gre za različne skupine prebivalstva in je zato seštevek samo groba ocena letne učinkovite doze. S slike A pa je razvidno, da se vpliv izpustov iz NEK na prebivalstvo z leti znižuje. 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 nižje vrednosti izpostavitve, ter da so bile vrednosti prispevka dozi zaradi ingestije C-14 (iz atmosferskih izpustov) do leta 2006 ocenjene na osnovi izpustov in podatkov iz podobnih elektrarn. Ocenjena letna učinkovita doza je nekoliko višja kot v letu 2010 in je približno enaka kot v letih 2007-2009, pri čemer prestavlja največji delež doze ocena ingestijske doze zaradi C-14.



Slika A: Seštevek ocenjenih letnih učinkovitih doz posameznih referenčnih skupin zaradi emisij NEK od leta 2004 do leta 2011. Označena je tudi avtorizirana letna meja (50 μ Sv).



Naravno sevanje

Meritve zunanjega sevanja v okolici NEK so tudi v letu 2011 potrdile ugotovitve iz preteklosti, da gre za značilno naravno okolje, ki ga najdemo tudi drugje v Sloveniji in v svetu. Letna doza sevanja gama in ionizirajoče komponente kozmičnega sevanja $H^*(10)$ v okolici NEK je bila na prostem v povprečju 0,84 mSv, za zaprte prostore pa je bila leta 1998 letna efektivna doza ocenjena na 0,83 mSv. K temu je treba dodati še prispevek $H^*(10)$ nevtronskega kozmičnega sevanja, ki je za območje NEK 0,10 mSv na leto. Tako je bila skupna doza zunanjega sevanja $H^*(10)$ v letu 2011 v okolici NEK 0,94 mSv na leto. Ustrezna letna efektivna doza (ob upoštevanju pretvorbenih faktorjev iz publikacije Radiation Protection 106, EC, 1999) je 0,79 mSv na leto, kar je blizu podatka za svetovno povprečje (0,87 mSv na leto).

Meritev vsebnosti naravnih radionuklidov v hrani kaže vrednosti, ki so primerljive s povprečnimi vrednostmi v svetu. Zato za ingestijsko efektivno dozo privzemamo sklepe iz UNSCEAR 2000 [22].

Posamezni prispevki k dozi naravnega sevanja so zbrani v tabeli B. Skupna letna efektivna doza je ocenjena na 2,36 mSv, kar je zelo blizu svetovnega povprečja 2,4 mSv na leto [22].

Tabela B: Efektivne doze zaradi naravnih virov sevanja v okolici NEK v letu 2011

Vir	Letna efektivna doza (mSv)
– sevanje gama in neposredno ionizirajoče kozmično sevanje [#]	0,71
– kozmični nevtroni [22]	0,08
ingestija (K, U, Th) ([22], efektivna doza)	0,27
inhalacija (kratkoživi potomci Rn-222, efektivna doza) ^{##}	1,3
Skupaj	2,36

Opomba.[#] Ocena efektivne doze zunanjega sevanja iz okoliškega ekvivalenta doze $H^*(10)$ z upoštevanjem pretvorbenega faktorja $E/H^*(10) = 0,84$ za 600 keV fotone (Radiation Protection 106, EC, 1999). Pretvorbeni faktorji v območju 100 keV do 6 MeV so v območju med 0,84 in 0,89.

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

Černobilska kontaminacija, poskusne jedrske eksplozije in nesreča v Fukušimi

V letu 2011 sta bila, podobno kot v preteklih letih, od antropogenih radionuklidov v zemlji merljiva še Cs-137 in Sr-90, ki izvirata iz černobilske nesreče in poskusnih jedrskih eksplozij, ter dodatno Cs-134 in I-131 v aerosolih in padavinah, katerih prisotnost je posledica nesreče v japonski elektrarni Fukušima.

Prispevek Cs-137 k zunanjemu sevanju je bil ocenjen na 6 μ Sv do 111 μ Sv na leto, kar je manj kot 14 % povprečne letne zunanje doze zaradi naravnega sevanja v okolici NEK. Ocena je primerljiva s tistimi v preteklih letih.

Predvidena efektivna doza zaradi inhalacije radionuklidov, ki so posledica globalne kontaminacije, černobilske kontaminacije in nesreče v Fukušimi je za odraslega posameznika ocenjena na $(0,0058 \pm 0,0015)$ μ Sv na leto.

Cs-137 in Sr-90 iz jedrskih poskusov in černobilske nesreče sta bila izmerjena v sledih v posameznih vrstah hrane. Efektivna doza zaradi uživanja te hrane je bila za leto 2011 ocenjena na $(0,15 \pm 0,02)$ μ Sv na leto za Cs-137 in $(1,4 \pm 0,14)$ μ Sv na leto za Sr-90, kar je skupaj okrog 1 % letne efektivne doze zaradi naravnih radionuklidov (brez K-40) v hrani. Ocenjena doza je primerljiva s tistimi iz prejšnjih let.



SKLEPI

Povzetek izpostavitve prebivalstva v okolici NEK za leto 2011 je v tabeli C, kjer so navedeni prispevki naravnega sevanja, vplivi NEK in preostali vplivi černobilske kontaminacije, poskusnih jedrskih eksplozij in nesreče v Fukušimi.

Tabela C: Povzetek letnih izpostavitv prebivalstva v okolici NEK za leto 2011

Vir	Prenosna pot	Letna efektivna doza (mSv)
naravno sevanje	gama in ionizirajoče kozmično sevanje	0,71 ^{**}
	kozmični nevtroni	0,08
	ingestija (K, U, Th)	0,27
	inhalacija (kratkoživi potomci Rn-222)	1,30
	skupaj	2,36
NEK – neposredno sevanje	neposredno sevanje iz objektov NEK	zanemarljivo
NEK atmosferski izpusti*	zunanje sevanje iz oblaka	3,6E-6
	zunanje sevanje iz useda (Cs-137, Co-60, Co-58)	<4E-13
	inhalacija iz oblaka (H-3)	3,5E-6
	ingestija (C-14)	<2E-4
NEK tekočinski izpusti (Sava)*	referenčna skupina	<1 E-5
černobilska kontaminacija, jedrski poskusi in nesreča v Fukušimi	zunanje sevanje ^{**}	<0,093 ^{***}
	ingestija	1,5E-3
	inhalacija	6E-6

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

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

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

- v letu 2011 so bili vsi sevalni vplivi NEK-a na prebivalstvo v okolici ocenjeni na manj kot 0,2 μSv na leto;
- ocenjena vrednost je zanemarljiva v primerjavi z avtoriziranimi mejnima dozama za prebivalstvo v okolici NEK (efektivna doza 50 μSv na leto na razdalji 500 m za prispevke po vseh prenosnih poteh in doza zunanjega sevanja 200 μSv na leto na ograji NEK);
- ocenjena vrednost je približno 0,008 % značilnega neizogibnega naravnega ozadja.





S U M M A R Y

The population of Slovenia, like the rest of the world, is exposed to natural radioactivity and to certain anthropogenic sources of radioactivity. These anthropogenic sources are, primarily, the remaining Chernobyl contamination and the contamination due to nuclear tests. In 2011, to these global sources, were added the accident releases from Fukushima NPP. The consequences of this accident were also measurable in Slovenia for limited time, i.e., from March to May 2011.

For the local population around Krško NPP there is an additional possibility of exposure to atmospheric and liquid discharges of radioactive substances from Krško NPP and to direct radiation from certain facilities within the plant's perimeter.

The first radiation impact limitation of Krško NPP on the local population was established in the Location Permit, which required that the total annual effective dose to a reference person on the border of the restricted protective zone (500 m from the reactor axis) and beyond should not exceed 50 μSv per year. After the commissioning and the start of operations, this limit was supplemented with the requirement that the annual effective dose from external radiation at the Krško NPP perimeter fence should not exceed 200 μSv , and additional restrictions regarding liquid and atmospheric effluent emissions from Krško NPP. The imposed limits are as follows:

- a) For atmospheric releases:
 - I-131: 18.5 GBq per year,
 - Aerosols (radionuclides with $T_{1/2} > 8$ d): 18.5 GBq per year,
 - Noble gases: annual limit is calculated from the dose limit (50 μSv per year) on the border of the restricted protective zone according to adopted models,
 - H-3 and C-14: there were no explicit limits for released activities.
- b) For liquid effluents:
 - For all radionuclides except H-3, C-14 and dissolved gases: 100 GBq per year, 40 GBq per trimester,
 - H-3: 45 TBq per year.

The limits for liquid effluents have been in force since 2007, when the previous limits for liquid effluents were modified to allow for the longer (18 months, previously 12 months) fuel cycle in Krško NPP. The previous limits were lower for H-3 (20 TBq per year, 8 TBq per trimester) and higher for all the other radionuclides except H-3, C-14 and the dissolved noble gases (200 GBq per year and 80 GBq per trimester).

Krško NPP is required to comply with the listed *authorised limits* and other constraints regarding emissions, as well as other radiation impacts on the environment and the population. Krško NPP is required to provide evidence of compliance by performing operational monitoring in accordance with the "Regulation on radioactivity monitoring" (Official Gazette of the Republic Slovenia No. 20/2007) and "Regulation on changes and supplements to the regulation on radioactivity monitoring" (Official Gazette of the Republic Slovenia No. 97/2009). Operational monitoring includes measurements of the emissions on the premises, measurements of the emissions in the surroundings, dose-rate measurements in the environment, the evaluation of data and the dose estimation. The scope of the monitoring is defined in Annex 4 of the Regulation (Design of the operational radioactivity monitoring for a Nuclear Power Plant).

The regulation also defines the requirements that should be fulfilled by organisations involved in the monitoring implementation, the technical equipment requirements and the exposure pathways that must be considered in the dose evaluation. Apart from Krško NPP, which is in charge of emission measurements, the monitoring is performed by authorised organisations.



This report presents the operational monitoring results for 2011. The report does not include population medical exposure data, which represents the second main source of exposure after natural radiation in the developed world.

CHARACTERISTICS OF THE SAMPLING AND THE MEASUREMENTS

In 2011 the extent of the sampling and the measurements was not changed from that in previous years. Therefore, a trend determination and a direct comparison with the results from previous years are possible. The main characteristics were as follows:

1) Sava River:

- a) Continuous sampling at three locations: (Krško – 3.2 km upstream, Brežice – 8.2 km downstream and Jesenice na Dolenjskem – 17.4 km downstream) for long-lived radionuclides and single samples of unfiltered water in Krško, Brežice and Jesenice na Dolenjskem for short-lived radionuclides,
- b) Sediment samples at six locations (Krško upstream and under the Krško NPP dam, Pesje, Brežice, Jesenice na Dolenjskem and Podsused in Croatia – downstream of the NPP dam),
- c) Biota (fish) samples: Krško, Brežice, Jesenice na Dolenjskem, Podsused (Croatia) and Otok (Croatia).

The sample measurements involved a determination of the gamma emitters' concentration using high-resolution gamma-ray spectrometry, a tritium-concentration determination with liquid scintillation beta spectrometry and Sr-90/Sr-89 radiochemical separation and counting with a proportional counter.

2) Waterworks and pumping stations:

- a) Quarterly samples from waterworks in Krško, Brežice and Ljubljana (reference location),
- b) Monthly composite samples from the pumping stations in Brege, Drnovo, Brežice and waterworks in Spodnji Stari Grad and Brežice,
- c) Sampling of groundwater in the immediate vicinity of the NPP (quarterly samples from the E1 well inside the NPP perimeter fence and monthly samples from the VOP-4 well in Vrbina) and two wells in Croatia (Medsave and Šibice).

The measurements were performed using the same methodology as used for measurements of the Sava river sample.

3) Precipitations and dry fallouts:

- a) Monthly composite samples from precipitation collectors in Brege, Krško, Dobova and Ljubljana (reference location),
- b) Monthly exchange of Vaseline collecting plates for dry fallout at eight locations in the surroundings of Krško NPP, and in Ljubljana (reference location).

The precipitation sample measurements were performed using the same methodology as that of the Sava river sample measurements. The Vaseline samples were analysed with high-resolution gamma-ray spectrometry only.

4) Air:

- a) Aerosol sampling involved continuously pumping an air flow through aerosol filters, which were exchanged every two weeks. The pumps are located at eight locations in the



neighbourhood of Krško NPP (Spodnji Stari Grad, Krško – Stara vas, Leskovec, Brege, Vihre, Gornji Lenart, Spodnja Libna and Dobova) and in Ljubljana (control location).

- b) Iodine sampling was performed with special pumps and filters at the same locations as that of the aerosol sampling (except for the location Dobova).
- c) Sr-90/Sr-89 sampling was performed with the special pumps in Dobova and Ljubljana.
- d) Krško NPP emission measurements were performed at the Plant Vent, where samples for the measurement of iodine, tritium (H-3), carbon (C-14), aerosols and noble gases were collected.
- e) C-14 sampling was performed continuously at two locations on the Krško NPP perimeter fence. In 2011, seven separate samples were collected. The control measurements were performed in Zagreb (Croatia).

The aerosol filters and I-131 measurements were performed with high-resolution gamma-ray spectrometry, and the Sr-90/Sr-89 determination was performed with beta scintillation spectrometry.

5) External radiation:

- a) An ambient dose equivalent (gamma radiation and the ionising contribution of the cosmic radiation) was measured with 57 TL dosimeters in the vicinity of Krško NPP (locations surround the NPP up to a distance of 10 km) and 9 TL dosimeters on the NPP perimeter fence. The dosimeters were read every six months. Ljubljana was the reference location for all the external radiation measurements. An additional 10 dosimeters were located in Croatia.
- b) In parallel with the measurements in the vicinity of Krško NPP, measurements with 50 TL dosimeters at locations distributed over Slovenia were performed.
- c) Fourteen continuous detectors operate in the vicinity of Krško NPP as a part of the Early Warning Network. In addition to these, 79 other detectors are operating at other locations in Slovenia, also as a part of the Early Warning Network.

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

6) Soil:

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

The sample measurements were performed with high-resolution gamma-ray spectrometry, while the determination of the Sr-90/Sr-89 was performed with a radiochemical analysis.

7) Food:

- a) Sampling of food was performed at: an orchard near Krško NPP (fruits), Pesje (milk), Spodnja in Zgornja Pohanca (fruits), Brege (vegetables, cereals, milk, meat), Vihre (milk), Vrbina (eggs, vegetables), Spodnji Stari Grad (vegetables, meat, eggs), Žadovinec (vegetables, cereals), Trnje (vegetables), Drnovo (vegetables), Ravne pri Zdolah (meat), Brežice (fruits) and a Krško wine cellar (wine).
- b) The sampling frequency depends on the food type: milk was sampled monthly (quarterly for Sr-90/Sr-89 measurements), meat, eggs and cereals were sampled annually, vegetables, crops



and fruits once per season.

- c) Sampling of the vegetation, crops and fruits for the C-14 determination took place twice in 2010 at 5 locations in the vicinity of Krško NPP and in Dobova.

Specific activity measurements of the gamma emitters were performed with high-resolution gamma-ray spectrometry, while the Sr-90/Sr-89 determination was performed with a radiochemical analysis.

MEASUREMENT RESULTS

1) Sava river

Like in previous years, the river-water measurements have shown an increase in the H-3 concentration due to the liquid discharges from Krško NPP. The average annual concentration of H-3 in Brežice was (1.4 ± 0.2) kBq/m³, which is twice the concentration measured at the reference location in Krško (0.75 ± 0.04) kBq/m³. The average annual concentration in Brežice in 2011 was much lower than in 2010, when the measured value (5.9 ± 2.0) kBq/m³ was eight times the concentration at the reference location in Krško. Also, the highest monthly value (3.3 ± 0.3) kBq/m³ in November was considerably lower than the highest monthly value (20 ± 2) kBq/m³ in June 2010. In Jesenice na Dolenjskem the annual average (1.1 ± 0.1) kBq/m³ was measured with the highest monthly value, (2.4 ± 0.3) kBq/m³, also in November. The annual average in Brežice is higher than the annual average in Jesenice na Dolenjskem by a factor of 1.3, which is a consequence of the dilution effect in the Sava river due to the river affluent from Krka and Sotla. This conclusion holds, if we assume that the concentrations of tritium in these two rivers are similar to the concentrations in the other rivers in Slovenia (about 1 kBq/m³).

The measured values of I-131 concentrations in one-time samples of water from the Sava river were widely scattered and were often below the detection limit. The I-131 was not detected in Krško NPP effluents and the presence of the isotope in the Sava river is the consequence of its use in hospitals. The average annual I-131 concentrations on the sampling locations were between (4.0 ± 3.0) Bq/m³ and (4.5 ± 3.0) Bq/m³, with the highest value of (15 ± 1) Bq/m³ in Krško in the second quarter of the year. The average annual values measured in the other rivers in Slovenia were mostly below 5 Bq/m³. I-131 was not detected in river sediments and fish samples.

Cs-137 and Sr-90 were present in the samples of water, filter residues and sediments due to global contamination. They were also present in the liquid effluents of Krško NPP. The annual average of the water measurements in Brežice (Cs-137: (0.4 ± 0.4) Bq/m³, Sr-90: (3.8 ± 0.4) Bq/m³) were similar to the results at the reference location in Krško (Cs-137: <2 Bq/m³, Sr-90: (2.1 ± 0.3) Bq/m³). The measured values of Cs-137 in the filter residues in Brežice (0.04 ± 0.2) Bq/m³ were lower than in the reference location in Krško (0.06 ± 0.2) Bq/m³. The concentrations measured in Jesenice na Dolenjskem were below the detection limits. The measured annual averages of Sr-90 in the filter residues were around 0.1 Bq/m³ and the highest value was in Brežice (0.42 ± 0.1) Bq/m³.

The average concentrations of Cs-137 and Sr-90 in other rivers in Slovenia are similar to the values in the Sava river in the vicinity of Krško NPP. The highest average concentration of Cs-137 was measured in the Mura river (0.6 ± 0.2) Bq/m³, and the highest average concentration of Sr-90 in Ljubljana Laze (3.4 ± 1) Bq/m³.

The sediment activity measurements showed the highest value of Cs-137 (3.6 ± 1.0) Bq/kg just below the Krško NPP dam, which is half of the value measured in 2010. The value at the reference location Krško (2.7 ± 0.3) Bq/kg is similar to the previous years' values and the results from other locations, except in Jesenice na Dolenjskem (annual average (5.0 ± 0.8) Bq/kg) and Podsused (annual average (0.6 ± 0.3) Bq/kg). The average concentrations of Sr-90 in the sediments were about 0.15 Bq/kg, which is comparable with the results from previous years.



The measured values in fish samples for Cs-137 were at the detection limit (<0.1 Bq/kg) and up to (0.22 ± 0.05) Bq/kg for Sr-90, which is similar to previous years.

Other artificial radionuclides, which are present in the liquid effluents of Krško NPP (Mn-54, Cs-134, Co-58, Co-60, Ag-110m, Xe-133), were not detected at any sampling location.

Among the naturally occurring radionuclides the representatives of the uranium decay series (U-238, Ra-226, Pb-210) and the thorium decay series (Ra-228 and Th-228) were measured. The concentrations of U-238 in unfiltered water were about 20 Bq/m³ (in year 2010 5 Bq/m³) and for Ra-228 they were about 1 Bq/m³. The measured concentrations of K-40 were about seven times higher. The cosmogenic Be-7 was also measured.

2) Waterworks and groundwater

The highest concentrations of H-3 in 2011 (like in 2010) were measured in the pumping stations Brege, Drnovo and Spodnji Stari Grad. The annual average value in the Brege pumping station was (1557 ± 65) Bq/m³, while the highest monthly average (1873 ± 163) Bq/m³ was in January (in 2010 the highest average, (1840 ± 200) Bq/m³, was in December). The annual average of measurements in the pumping stations Drnovo and Spodnji Stari Grad were (1194 ± 54) Bq/m³ and (1112 ± 54) Bq/m³.

The annual averages in the Brežice waterworks and the pumping station Brežice–Glogov Brod were (111 ± 22) Bq/m³ and (85 ± 22) Bq/m³, respectively. In the Krško waterworks (Petrol gas station) the average annual value was (945 ± 128) Bq/m³, while the concentration in Brežice (Petrol gas station) was below the detection limit (<128 Bq/m³). The results of comparative measurements of H-3 in the Ljubljana waterworks gave an average value of (848 ± 108) kBq/m³, which is practically the same as in 2010.

The annual average H-3 concentration in the E1 well was (1225 ± 137) Bq/m³. In the VOP-4 well in Vrbina the annual average was (1449 ± 309) Bq/m³, with the highest values in the E1 well being in the last quarter of the year. In the VOP-4 well the highest values were in February, September and December, when the measured values were (1792 ± 161) Bq/m³, (1692 ± 162) Bq/m³ and (2089 ± 124) Bq/m³, respectively. The highest release of H-3 from the NPP was in December, while it was lower, but still significant, in November and April.

The total release in 2011 was 19.4 % of the annual release in 2010. A comparison with data from 2010 shows that the annual average in 2011 in the E1 well is lower by about 20 %, while the annual average in the VOP-4 well is lower by an order of magnitude.

The highest monthly average concentrations of H-3 in Medsave and Šibice in Croatia in July, August, and September were similar to the annual average in the E1 well. The annual average concentrations in these two locations were (497 ± 158) Bq/m³ and (360 ± 115) Bq/m³.

Specific measurements of Sr-90 have shown the highest annual average (1.35 ± 0.06) Bq/m³ in Spodnji Stari Grad, while the values measured in the Brežice pumping station and waterworks were approximately one-third of the value in Spodnji Stari Grad. The annual average in the Ljubljana waterworks (1.56 ± 0.13) Bq/m³ was higher than in the Krško and Brežice waterworks.

Higher annual averages were also measured in the E1 well (inside the Krško NPP perimeter fence, (4.1 ± 0.8) Bq/m³) and in the locations Medsave and Šibice in Croatia, with annual averages of (2.9 ± 0.2) Bq/m³ and (3.5 ± 0.2) Bq/m³. All these values are similar to the values in 2010.

Cs-137 was either not detected in the samples from the waterworks and wells, or traces were detected, which were often below the detection limit. Like in previous years, I-131 was not detected in any sample from the waterworks and wells.

Measurements of naturally occurring radionuclides have shown the presence of K-40 (annual averages up to 69 Bq/m³, except in the E1 well, where the annual average was 125 Bq/m³), U-238



(annual averages up to 4.9 Bq/m³), Ra-226 (annual averages up to 1.4 Bq/m³), Pb-210 (annual averages up to 8.8 Bq/m³), Ra-228 (annual averages up to 2.2 Bq/m³), Th-228 (annual averages up to 0.9 Bq/m³) and Be-7 (the highest monthly average in the Spodnji Stari Grad well was 4.5 Bq/m³ in April). The measured values and the averages do not differ substantially from the values in 2010.

3) Precipitations and dry fallouts

In 2011 the highest precipitations were in July, October and December, while the lowest precipitations occurred in February, August and November.

The annual average H-3 precipitation concentrations in Brege and Krško were (1.8 ± 0.2) kBq/m³ and (1.5 ± 0.2) kBq/m³, respectively. The annual average H-3 precipitation concentrations in Dobova and Ljubljana (reference location) were (1.2 ± 0.1) kBq/m³ and (0.99 ± 0.1) kBq/m³, which are approximately the same as the values measured in other countries. The highest monthly values were measured in Brege and Krško in November, (4.0 ± 0.4) kBq/m³ and (7.6 ± 0.6) kBq/m³. The highest atmospheric releases of H-3 were in April and December (about 0.65 TBq), but the elevated concentration in precipitation was measured only in April. High concentrations of H-3 in November were, therefore, the consequence of an extremely low quantity of precipitations. Since these samples were not representative, they were not included in the annual average, and consequently, in the dose estimate. Only measurements of H-3 in Krško and Brege seem to be correlated with the releases from Krško NPP.

The concentrations of Sr-89/Sr-90 in precipitations in 39% of the samples were below the detection limit, while the highest value was measured in the sample from Krško in January. Monthly averages of the Sr-90 precipitation fallout at particular locations were between zero and (0.15 ± 0.02) kBq/m² and were correlated with the quantity of precipitations.

Measurements of Cs-137 in the precipitations showed elevated values in Krško in February, April, and August. Since February and August were months with a low quantity of precipitations, the elevated values could be attributed to an increased re-suspension from the ground. The total precipitation fallout showed increased values in April, from 0.05 Bq/m² to 0.23 Bq/m², while during the rest of the year it was regularly between zero and 0.05 Bq/m². The increase in April was obviously the consequence of the accident in Fukushima.

In April 2011 Cs-134 was also detected in precipitations. The highest value in Dobova was approx. 4.1 Bq/m³, and in Krško it was approx. 2.5 Bq/m³, which is very close to the value measured in Ljubljana. In March and April I-131 was also measured in precipitations. The values in March in Dobova, Brege, and Krško were between 63 Bq/m³ and 77 Bq/m³, and in April they were between 15 Bq/m³ and 35 Bq/m³. The presence of these radionuclides was also a consequence of the accident in Fukushima.

4) Air

The aerosol measurements in 2011 showed the presence of Cs-137 and Sr-90, artificial radionuclides whose presence is the consequence of global contamination and which are regularly detected, and Cs-134 and I-131, which were the consequence of the accident in Fukushima.

The measured annual, average concentration of Cs-137 in the vicinity of Krško NPP was (3.6 ± 0.6) μBq/m³, which is higher than the averages in previous years (1.2 μBq/m³ in the period 2007–2010). The measured values in March and April were several times higher than in other months, when the values were similar to the measurements in previous years. The measured values are in good agreement with the measurements in other parts of Slovenia. Cs-137 is also present in very low concentrations in the Krško NPP emissions, but the calculated concentrations in the environment (immission) are a few orders of magnitude below the detection limit and could not contribute in an observable way to the measured values.



The measured values of Sr-90 (Sr-89 was not detected in the releases) in Dobova were between $0.57 \mu\text{Bq/m}^3$ and $4.8 \mu\text{Bq/m}^3$, which is similar to the values from 2010 ($0.28\text{--}7.8 \mu\text{Bq/m}^3$). We can conclude that the presence of Sr-90 was a consequence of re-suspension.

The concentrations of I-131 were also above the detection limit in March and April 2011, which is a consequence of the accident in Fukushima. A similar conclusion is also valid for the Cs-134. The measured averages in the vicinity of Krško NPP (I-131: $(23 \pm 7) \mu\text{Bq/m}^3$, Cs-134: $(2 \pm 0.5) \mu\text{Bq/m}^3$) are in good agreement with the control measurements in Ljubljana.

The measurements of naturally occurring radionuclides have shown the presence of radionuclides that are also detected at other locations in Slovenia. The values for Be-7 and Pb-210 were practically the same as in Ljubljana (reference location) and other locations in Slovenia, while the concentrations of other radionuclides showed more significant differences. But these differences are still within the measurement uncertainties and the expected variations. For example, it is expected that the concentrations of U-238 would differ significantly, since the source of U-238 is mostly resuspension from the ground, and higher concentrations are expected near cultivated land.

5) External radiation

Annual doses of external radiation $H^*(10)$ in the vicinity of Krško NPP measured with TL dosimeters were between 0.652 and 1.058 mSv per year, with an average value of (0.840 ± 0.183) mSv per year. The measured values at the Krško NPP perimeter fence were between 0.524 mSv and 0.649 mSv per year, with an annual average value of (0.603 ± 0.039) mSv per year. The results from the TL dosimeters distributed across Slovenia gave an average value of (0.899 ± 0.165) mSv per year. A comparison with the data from the past ten years reveals that the average annual doses of external radiation in the vicinity of Krško NPP are practically the same, with the statistical fluctuation being $\pm 10\%$ within the measurement uncertainty.

The annual doses of external radiation measured with TL dosimeters in Croatia were, within the measurement uncertainty, the same as the doses measured in the vicinity of Krško NPP.

The annual average of dose measurement $H^*(10)$ from the continuous detectors in the vicinity of Krško NPP in 2011 was (0.68 ± 0.07) mSv per year, which is 19 % below the value obtained with the TL dosimeters. The measured average is 3% higher than the results in 2010, which is within the measurement accuracy.

6) Soil

With the exception of Cs-137 and Sr-90, which are present everywhere due to global contamination, other artificial radionuclides that could be assigned to Krško NPP were not discovered.

The measured Sr-90 concentrations exhibited little dependency on the sampling depth (up to 30 cm); the values were between 0.46 Bq/kg and 2.3 Bq/kg. The measured Cs-137 concentrations exhibited a stronger dependency with the sampling depth, and also differences regarding the sampling locations. The values were from 1.6 Bq/kg to 100 Bq/kg, with a characteristic depth profile. The distribution peaked at depths of 5–15 cm, or even deeper.

The average Cs-137 deposit (up to 15 cm depth) measured in 2011 at three locations was between 0.51 kBq/m^2 and 7.8 kBq/m^2 . This is less than the results from two (out of three) other locations in Slovenia (where the results of the measurements were 2.72 kBq/m^2 and 10.5 kBq/m^2), which were evaluated within the Slovenian program for measurements of radioactivity in the environment. Sr-90 deposits (between 0.08 kBq/m^2 and 0.19 kBq/m^2) were comparable with the results from other parts of Slovenia. The measured average values of the deposits do not differ significantly from the values measured in 2010.

The measurement results of the naturally occurring radionuclides in the soil (K-40, U-238, Ra-226,



Ra-228, Th-228) were close to the average concentrations listed in the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) for South Europe. The values do not show any concentration dependency with sampling depth, except for Pb-210 (where higher surface concentrations are the result of atmospheric washout). Similar conclusions apply for Be-7.

7) Food

The only artificial radionuclides detected in the food samples were Cs-137 and Sr-90. Cs-137 was detected in meat and milk samples, and also in samples of potato, kohlrabi, red beet, chicory, cabbage, parsley, beans and corn. The average specific activity in the food was (0.025 ± 0.007) Bq/kg, with the highest measured value being (0.12 ± 0.03) Bq/kg in pork meat. If we consider only vegetables, the highest value was measured in corn (0.17 ± 0.02) Bq/kg. The average Sr-90 specific activity in food was (0.14 ± 0.01) Bq/kg, while the highest measured values were in vegetables, especially in parsley (0.50 ± 0.03) Bq/kg, in kohlrabi (0.49 ± 0.03) Bq/kg and in beet leaves (0.46 ± 0.03) Bq/kg. The lowest values were measured in apples, pears and meat, where the values were below the detection limit.

The measured concentrations of naturally occurring radionuclides were as follows: for K-40 (101 ± 37) Bq/kg, for Pb-210 (0.32 ± 0.33) Bq/kg, for U-238 (0.32 ± 0.44) Bq/kg, for Ra-226 (0.07 ± 0.55) Bq/kg and for Ra-228 (0.08 ± 0.03) Bq/kg.

The measurements of the carbon C-14 specific activity in food samples were completed only for samples collected in July 2011. The measured values were between (226.5 ± 5.2) Bq/kg and (261.7 ± 5.7) Bq/kg, with the reference value (samples from Dobova) being (235.0 ± 3.6) Bq/kg.

DISCUSSION

H-3

Like in previous years, the H-3 activity was prevailing over all the other radionuclides released in the Sava river. The data on liquid effluents show that the released H-3 activity in liquid effluents in 2011 (4.23 TBq) was the lowest in the past nine years, and only 19% of the released activity in 2010. Higher monthly values were measured in April and November, and the highest in December 2011. The measured values for all the other radionuclides were at least five orders of magnitude lower.

The calculated H-3 concentration increase, based on the NPP release data, shows a good agreement in terms of magnitude and time dependence with the measurement data from Brežice. The measured average annual concentration increase in the sampling location Brežice due to the influence of Krško NPP was (0.65 ± 0.2) kBq/m³, which is substantially lower than in 2010 and comparable to 2008 and 2009. The estimated dilution ratio in Brežice was 0.7 ± 0.2 , which indicates incomplete mixing of effluents with the water in the Sava river.

A direct connection between the H-3 releases and the H-3 concentration in the underground water is evident only for the data from the VOP-4 well and the Medsave well, where the highest measured values coincide with the higher releases from Krško NPP. The measured average annual concentrations of H-3 in the water from the pumping stations, the waterworks and the wells are comparable with the data from 2010 (when the released activity was five times higher) and recent years (Figure 2.4, page 24/106), which means that the influence of Krško NPP was negligibly low, or was not present. This also confirms the calculation of the correlation coefficients (Table 2.1 on page 28/106) and also the comparison with 2010, when the correlation coefficients were significantly different from the coefficients in 2011.

I-131

Short-lived I-131 is occasionally present in the liquid effluents of Krško NPP, but it was not detected in the past two years. The measured Sava river values were similar to the values measured in other rivers in



Slovenia. Therefore, we can attribute these values just to the medical use of I-131.

The presence of I-131 in the air was confirmed after the accident in Fukushima. The measured values were comparable with the values in other parts of Slovenia and in other countries. The concentrations of I-131 in the air and the deposits in May and the following months were below the detection limit.

Cs-137, Sr-90/Sr-89

In 2011 the activities of the released Cs-137 and Sr-90/Sr-89 in liquid effluents were lower (for Sr-90, while Sr-89 was not detected in the releases) or approximately equal (Cs-137) to the released activities in the 2010. Since these radionuclides are part of the global contamination, they are present everywhere and we cannot prove their origin directly. Therefore, our measurements cannot confirm that the measured Cs-137 or Sr-90 originate from Krško NPP. Measurements in recent years showed diminishing values, which is simply the consequence of radioactive decay.

While the influence of Cs-137 releases to underground water were not detectable, this is not true for Sr-90. Like in the past two years, releases of Sr-90 influenced the measured values in the pumping stations Brege, while we were not able to confirm the correlation in the other pumping stations. The measured activities in the pumping station Spodnji Stari Grad were similar throughout the whole year, i.e., between $(1.1 \pm 0.2) \text{ Bq/m}^3$ and $(1.8 \pm 0.3) \text{ Bq/m}^3$, and in waterworks below 1 Bq/m^3 (except one sample in Brežice waterworks with the value $(1.4 \pm 0.3) \text{ Bq/m}^3$).

The concentrations of Cs-137 and Sr-90 in precipitations do not show a significant deviation from the average and the other locations in Slovenia (except the increase in Sr-90 activity in January and February). The monthly values of precipitation fallout for Sr-90 do not show any specifics, which was not the case with the precipitation and dry fallout of Cs-137, which showed a significant increase in April 2011. A comparison with previous years for both radionuclides has shown increase in 2011. This is more significant for Cs-137 and the increase was a consequence of the accident in Fukushima. Nevertheless, we can conclude that the measured values do exceed those in 2002 and 2003 for Sr-90 and the values before 2004 for Cs-137. Therefore, the dominant source of Sr-90 and Cs-137 in 2011, like in previous years, was re-suspension.

The measured values of Cs-137 and Sr-90 in the air in the vicinity of Krško NPP in March and April have shown a significant increase over the other months, while the values in the remaining months in 2011 were close to the averages in recent years. The results of model calculations have shown that the concentration of Cs-137 released from Krško NPP was more orders of magnitude below the measured concentrations. Therefore, it is not possible to detect and prove the Krško NPP contribution to the measured Cs-137 and Sr-90 concentrations.

Measurements of the aerosols and precipitations in March and April have also shown the presence of Cs-134. Since there is no evidence for the emission, we can claim that the source is the accident in Fukushima.

Soil samples were taken on flood plains, which means that deposition from the air and flooding are possible transport mechanisms for radionuclides from Krško NPP. A comparison with measurements from previous years shows a visible scattering of results, while the depth distribution of Cs-137 (and also Sr-90) has remained fairly constant in the past few years.

The presence of Cs-137 and Sr-90 in food is due to the radionuclides in the soil, and partially the consequence of fallout to vegetation during the growth period. The radionuclide concentrations differ from year to year, but have been decreasing after the Chernobyl accident and for some food categories (e.g., milk) we can state that the concentrations are already at the pre-Chernobyl level. A comparison of samples from Krško NPP's surroundings and samples from other parts of Slovenia shows that the concentrations of Cs-137 and Sr-90 in animal products from other parts are even an order of magnitude higher than in the animal products from Krško NPP's surroundings. This applies to milk, which has a similar Cs-137 concentration to the milk in Ljubljana, but an order of magnitude lower concentration than the milk from Kobarid. This also applies to pork meat in the Krško area, where the concentration of Sr-90 is below the detection limit, while the limit was exceeded in Dutovlje. Similar conclusions also apply to



Cs-137 and Sr-90 in vegetables and pasture, where the concentrations in some cases are on the detection limits.

Natural radionuclides

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

C-14

C-14 is a cosmogenic radionuclide, but it is also present in the atmospheric releases of Krško NPP and contributes to the C-14 concentration increase in air. Since 2006 measurements of C-14 in atmospheric CO₂ at the NPP perimeter fence have shown that the concentration mainly increases over normal values during the outage, by up to 200 %.

Since there was no outage in 2011, the comparison of the results of the measurements on the NPP's fence (two locations) and the control location in Zagreb did not show any increase in C-14 concentration in atmospheric CO₂, within the measurement uncertainty.

In 2010, measurements have shown, like in previous years, an increase of the C-14 concentration at the measurement location (SW Krško NPP perimeter fence) with prevailing winds coming from the NPP's technological buildings.

C-14 is incorporated in the vegetation and enters the food chain. Measurements of the food samples (i.e., a comparison of the samples from the vicinity of Krško NPP and samples from Dobova) have shown in the previous years that the additional C-14 from Krško NPP increases the concentration in vegetation when the outage (releases) takes place just before, or during, the vegetation period. Since the outage in 2010 was in October, and there was no outage in 2011, samples collected in the first half of 2011 do not show any statistically significant difference in C-14 concentration between the immediate vicinity of Krško NPP and control location Dobova. The differences were below the measurement uncertainties, which were 2 %.

DOSE ESTIMATE

Liquid effluents

During normal operation of the NPP the concentrations of released radionuclides in the environment are well below the detection limits. Therefore, the influence on the population and the environment could be evaluated only indirectly from the data on released liquid and atmospheric effluents. The doses to the population could be estimated with models that describe the spreading of radionuclides in the environment and transfer to humans.

A model has been developed for liquid discharges, which takes into account a specific reference group, i.e., fishermen fishing 350m downstream of the Krško NPP dam and who eat fish from the Sava river. The model calculation, which takes into account releases from Krško NPP, river flow and other particularities of the group, has shown that the highest effective dose due to the liquid discharges in 2011 did not exceed 1 E-5 mSv per year. The most important radionuclides for this group were Co-58 and Co-60 (for external exposure, 92 % of total dose) and H-3 and Cs-137 (for the ingestion of fish, predominantly Cs-137). In the case of drinking water from the Sava river, which is a highly improbable exposure pathway, the contribution of H-3 would be dominant.

Atmospheric effluents

In the evaluation of the dose contribution of atmospheric effluents the following groups of radionuclides



are taken into account:

- **noble gasses**, which only cause external exposure and are important contributors to external exposure in the case of a radioactive cloud immersion or submersion,
- **Pure beta emitters** like H-3 and C-14, which are radiologically important as they get built into the body, mostly during inhalation and in case of C-14 due to vegetables and milk-ingestion exposure pathways,
- **beta/gamma emitters** present in aerosols (Co, Cs, Sr etc.), which are important for the inhalation exposure pathway, external exposure to deposited radionuclides, and ingestion of radionuclides deposited on vegetations,
- **Iodine isotopes** in different physical and chemical forms, which are important for inhalation exposure in the case of immersion in a radioactive cloud and due to their transport into milk and dairy products.

The evaluation of activity concentrations in the environment and the resulting model calculations using dilution factors based on actual meteorological data for 2011 demonstrated that for the individual above-mentioned groups of radionuclides, the exposure pathways listed in Table A were the most significant ones. From 2007, the evaluation of dilution factors is performed with the Lagrange model (which is more realistic, considers the terrain specifics). In 2011 the Lagrange model was also used for an estimate of the fallout exposure.

Estimates for the immersion in 2011 are lower in comparison with 2010 due to the lower emissions of Ar-41 (there was no outage in 2011) and the estimate for higher inhalation due to emissions of H-3.

The ingestion dose from C-14 is only estimated for the first half of 2011 and is a result of an ongoing study that started in 2006. For the contribution of Krško NPP the uncertainty of the estimated annual dose due to C-14 at the reference location Dobova, (14.93 ± 0.23) μSv per year, was taken. A comparison with previous years shows that the final dose for 2011 (when estimated) should not differ significantly from the current value (there was no outage in 2011).

We can conclude that all the different contributions to the radiation exposure of the general public are very low in comparison to the exposure from natural sources, authorised and legal limits.

Table A: General-public exposures at the settlement Spodnji Stari Grad due to atmospheric releases of the Krško NPP in 2011

Exposure type	Exposure pathway	Most significant radionuclides	Annual effective dose (mSv)
external	– cloud immersion – fallout exposure	– noble gases (Ar-41, Xe-131m) – aerosols (Cs-137, Co-58, Co-60)	3.6 E–6 <4 E–13
inhalation	radioactive cloud	H-3	3.5 E–6
ingestion	vegetal food	C-14	<2 E–4*

* Dose estimate from samples in the first half of 2011 within the measurement uncertainty did not show a difference between Krško NPP surroundings and the reference location in Dobova; therefore, the uncertainty of the dose estimate in Dobova was used (Report from Ruđer Bošković Institute from 6th February, 2012).

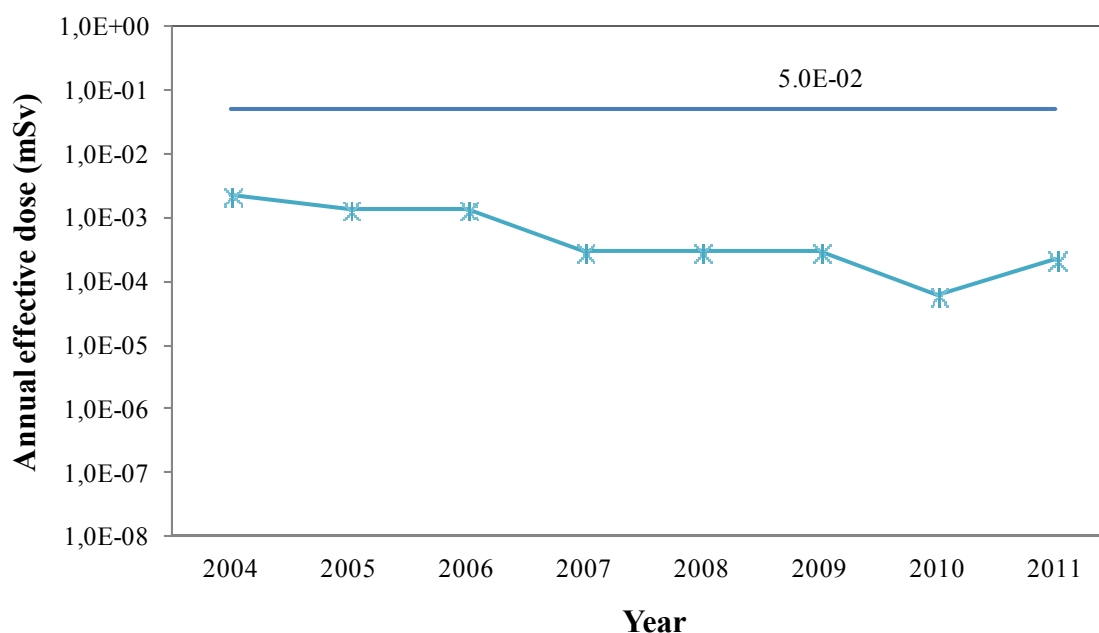


Figure A: Sum of estimated annual effective doses to reference groups due to Krško NPP emissions from 2004 to 2011. The straight line represents the authorised annual limit (50 μ Sv).

Comparison with previous years

Figure A presents a comparison of the sum of the estimated effective dose to reference groups due to Krško NPP emissions from 2004 to 2011. The authorised annual limit (50 μ Sv) is marked for reference. The data are presented in Table C. We must emphasize that contributions are related to different groups, and the sum is only a coarse estimate of the annual effective dose. It can be seen from Figure A that the influence of Krško NPP emissions is decreasing with years. When comparing the individual contributions, it must be taken into account that since 2007 the Lagrange model has been used for the calculation of the immersion dose and the inhalation dose. The Lagrange model typically provides lower dose values. Also, before 2006, the contribution of the atmospheric emissions to the ingestion dose (i.e., the contribution of C-14) was estimated based on available data about emissions and environmental measurements in the vicinity of similar power plants in other countries. The dose estimate for 2011 is higher than in 2010 and similar to doses in the period 2007-2009. The highest contribution to the dose represents the estimate of the C-14 ingestion dose.

Natural radioactivity

Measurements of the external exposure around the Krško NPP in 2011 showed that we are dealing with a typical natural environment, present elsewhere in Slovenia and the world, as far as natural radioactivity is concerned. The annual external effective dose $H^*(10)$ due to gamma radiation and the ionizing component of cosmic radiation in the vicinity of the Krško NPP amounted, on average, to 0.84 mSv per year in the open. In the dwellings the dose was estimated at 0.83 mSv per year. To this value the contribution $H^*(10)$ of the neutron component of the cosmic radiation needs to be added, which for the area of Krško amounts to 0.10 mSv per year. The total annual external dose $H^*(10)$ in the vicinity of the Krško NPP thus amounted to 0.94 mSv per year in 2011. The corresponding annual effective dose (using conversion factors from the publication Radiation Protection 106, EC, 1999) is 0.79 mSv per year, which is comparable to the average worldwide value.



Table B: Effective doses due to natural radioactivity around Krško in 2011

Source	Annual effective dose (mSv)
– external gamma radiation and the directly ionizing component of cosmic radiation [#]	0.71
– neutron component of cosmic radiation [22]	0.08
ingestion (K, U, Th) [22]	0.27
inhalation (Rn and daughters) ^{##}	1.3
Total	2.36

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

^{##} A typical contribution of radon short-lived daughter isotopes on the effective dose was discussed in the report 2000 (IJS-DP-8340, #3, page 7).

The measurements of natural radionuclide concentrations in foodstuffs yielded results comparable with the average worldwide data. The conclusions of UNSCEAR 2000 [22] have, therefore, been generically adopted for the estimation of the ingestion effective dose in this case.

Different contributions to the effective dose are shown in Table B. The total effective dose in 2011 was estimated to be **2.36 mSv per year**, which is very close to the average worldwide value of 2.4 mSv per year [22].

Chernobyl contamination and the nuclear weapons tests

In 2011 the main gamma-emitting remaining isotopes originating from the Chernobyl accident and nuclear test explosions measured in soil samples were Cs-137 and Sr-90. Additional contributions of Cs-134 and I-131 in aerosols and precipitations are a consequence of the accident in Fukushima.

The contribution of Cs-137 to the external background annual dose was estimated to be between 6 and 111 μSv per year, which is less than 14 % of the average external natural radiation dose in the vicinity of Krško NPP. The values are comparable with previous estimates.

The committed effective dose due to the inhalation of radionuclides, which are a consequence of global contamination, Chernobyl contamination and the accident in Fukushima, is estimated to be (0.0058 ± 0.0015) μSv per year.

Traces of Chernobyl- and weapons-tests-related Cs-137 and Sr-90 were detected in certain food samples. The effective dose due to the ingestion of such food was estimated to be (0.15 ± 0.02) μSv per year for Cs-137 and at (1.4 ± 0.14) μSv per year for Sr-90, which amounts in total to some 1 % of the annual effective dose due to the presence of naturally occurring radionuclides in foodstuffs (without K-40). The dose is comparable with the doses from previous years.

CONCLUSIONS

The summary of the results for the exposure of the general public to ionizing radiation in the vicinity of the Krško NPP for 2011 is presented in Table C, where the contributions of natural radiation, the Krško NPP and the Chernobyl, nuclear-weapons-tests and Fukushima contamination to the effective dose are listed.


Table C: Summary of the annual exposure of the general public around the Krško NPP in 2011.

Source	Exposure pathway	Annual effective dose (mSv)
natural radiation	– gamma radiation and the directly ionizing component of cosmic radiation	0.71
	– neutron component of cosmic radiation	0.08
	ingestion (K, U, Th)	0.27
	inhalation (Rn short-lived daughters)	1.30
	total	2.36
Krško NPP direct radiation	direct radiation from Krško-NPP	negligible
Krško NPP atmospheric discharges*	external dose (immersion)	3.6 E–6
	deposition	<4 E–13
	inhalation	3.5 E–6
	ingestion	<2 E–4
Krško NPP liquid discharges*	reference group	<1 E–5
Chernobyl accident, nuclear-weapons tests, and Fukushima accident	– external dose	≤0.093**
	– ingestion	1.5 E–3
	– inhalation	6 E–6

* The sum of contributions of the Krško NPP from different pathways is not given, since the exposures are not necessarily additive.

** This estimate is not based on the assumption that a person spends 20 % of time in the open area, and that the shielding factor in the house is 0.1

We can conclude that:

- In 2011 the impact of the Krško NPP on the exposure of the general public to ionizing radiation was estimated as being lower than 0.2 μSv per year.
- The estimated effective dose is negligible compared to the two authorized dose limits for the general public around the Krško NPP (effective dose 50 μSv per year at a distance of 500 m from the plant perimeter and external radiation 200 μSv per year at the perimeter fence).
- The value amounts to about 0.008 % of the natural background radiation dose.



NEODVISNI NADZOR POOBLAŠČENIH IZVAJALCEV

POVZETEK

Opravljen je bil pregled rezultatov meritev neodvisnega nadzora obratovalnega nadzora za leto 2011 za emisijske vzorce – tekočinski izpusti iz zadrževalnih hramov WMT in plinasti izpusti iz dimnika RM24, ter za vzorce iz okolja (imisije) med laboratoriji NEK, IJS in ZVD. Glede na kompleksnost postopkov lahko ocenimo, da so ujemanja med sodelujočimi laboratoriji zadovoljiva, saj gre tu za obravnavo različnih realnih vzorcev, ki so bili sicer odvzeti na istem mestu ob istem času po različnih postopkih vzorčenja, priprave vzorcev in meritev.

UVOD

Na podlagi sklepov verifikacijske komisije po 35. členu pogodbe EURATOM iz leta 2007 in v skladu z Zakonom o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (Ur. l. RS 102/04, ZVISJV-UPB2) [3] in Pravilnikom o monitoringu radioaktivnosti (JV10) (Ur. l. RS 20/07) [2] se izvaja neodvisni nadzor meritev obratovalnega nadzora NE Krško. Namen je zagotoviti neodvisni nadzor obratovalnega nadzora, ki ga razpiše in vodi upravni organ (URSVJ). Neodvisnost preverjanja je zagotovljena s tem, da izvajalec, ki izvaja meritve v sklopu obratovalnega nadzora, ne more izvajati enakih meritev v okviru neodvisnega nadzora. Projektna naloga *Neodvisni nadzor obratovalnega monitoringa NE Krško za leto 2011* obsega tri sklope. Sklopa 1 in 2 obravnavata emisije, medtem ko sklop 3 obravnava primerjavo imisijskih meritev (vzorci iz okolja). Program meritev v vseh treh sklopih je prikazan v tabelah 1–3.

Tabela 1: Program nadzora emisij – tekočinski izpusti (sklop 1) za leto 2011

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

Tabela 2: Program nadzora emisij – plinasti izpusti (sklop 2) za leto 2011

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


Tabela 3: Program nadzora imisij (sklop 3) za leto 2011

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

Pri neodvisnem nadzoru emisij – tekočinskih izpustov v letu 2011 sta sodelovala laboratorija NEK kot izvajalec obratovalnega nadzora in IJS kot izvajalec neodvisnega nadzora. V vnaprej dogovorjenih terminih je vzorčevalec IJS odvezel vzorec istočasno kot vzorčevalec NEK, vzorčevanje je potekalo pod nadzorstvom predstavnika URSJV. Oba izvajalca sta hkrati odvezla vzorec in v laboratoriju opravila meritve po svojih postopkih. Meritve z visokoločljivostno spektrometrijo gama na IJS so bile opravljene na Odseku F-2, meritve tritija pa na Odseku O-2.

Pri neodvisnem nadzoru emisij – plinastih izpustov v letu 2011 sta sodelovala laboratorija IJS kot izvajalec obratovalnega nadzora in ZVD kot izvajalec neodvisnega nadzora. Pri rednem obratovalnem nadzoru NEK mesečno pošilja filtre izvajalcu meritev (IJS), v mesecih, ko se je izvajal neodvisni nadzor, pa je NEK poslal filtre najprej na ZVD. Ko so na ZVD opravili meritve, so filtre poslali na IJS. V tem primeru so bile meritve opravljene zaporedoma na istih vzorcih. Primerjava meritev aktivnosti alfa v tem poročilu ni zajeta.

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

PRIMERJAVA REZULTATOV MERITEV

V tabelah od 4 do 9 so prikazani rezultati neodvisnih meritev izvajalcev obratovalnega nadzora in neodvisnih meritev ter njihova medsebojna primerjava. Rezultate smo med seboj primerjali z ζ -preskusom, ki je definiran kot:

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

Prednost ζ -preskusa je, da v medsebojni primerjavi poleg rezultatov posameznih laboratorijev upošteva tudi pripadajoče merilne negotovosti. Rezultate smo primerjali med seboj za vsak izotop posebej, pri



čemer smo primerjali le tiste rezultate meritev, o katerih sta poročala oba laboratorija. V primeru, ko je bil en rezultat poročan kot meja kvantifikacije ali detekcije ($<$ vrednost), smo ta rezultat obravnavali kot ($0 \pm$ vrednost). Pri ovrednotenju rezultatov smo uporabili ista merila, kot jih uporabljajo pri NPL za ovrednotenje rezultatov primerjalnih meritev (Tabela 4)

Tabela 4: Merila za ovrednotenje primerjave rezultatov meritev različnih izvajalcev

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

V naši primerjavi smo predpostavili, da so rezultati primerljivi, če je ζ -preskus $|\zeta| < 1,96$. V tabelah od 5 do 10 so z odebeljenim tiskom označene vse vrednosti ζ -preskusov, ki so po absolutni vrednosti večje od 1,96.

V tabeli 5 so podane primerjave med rezultati meritev vod iz izpustnih tankov WMT, poročani so bili le umetni radionuklidi, negotovosti pa so podane z 95-odstotno zanesljivostjo (faktor pokritja $k = 2$). Oba laboratorija (NEK in IJS) sta poročala o Mn-54, Co-58, Co-60, Ag-110m, Sb-125, Cs-137 in H-3, poleg teh radionuklidov pa je IJS poročal še o Co-57, Te-125m, Te-127m in Cs-134, ki so bili prisotni v manjših koncentracijah. Med vsemi rezultati, ki smo jih primerjali, se je malenkostno odmikal le en rezultat za Ag-110m.

V tabeli 6 so podane primerjave med rezultati meritev vsebnosti radionuklidov v aerosolnih filtrih iz dimnika RM24. Ravno tako so bili poročani le umetni radionuklidi, katerih vsebnost je bila v vseh primerih na meji detekcije, zaradi česar smo lahko primerjali le en rezultat, in sicer za Co-60 v prvem vzorcu. ZVD je za ključne radionuklide Co-60, Cs-134 in Cs-137 poročal tudi meje detekcije, IJS pa ne.

Iz tabele 7, kjer so prikazani rezultati meritev IJS in ZVD za vzorce reke Save v Krškem, je bilo med seboj primerjanih 16 rezultatov, od katerih je eden označen kot nesprejemljiv, in sicer K-40 pri prvem vzorčevanju, kar je lahko posledica samega vzorčevanja. Razhajanje pri K-40 lahko pripišemo nehomogenosti vzorčevanega materiala, saj so lahko na različnih mikrolokacijah vsebnosti radionuklidov precej drugačne. V tabeli 8 so prikazani rezultati meritev savske vode v Brežicah. V tem primeru je bilo primerjanih 16 rezultatov, od katerih sta se odmikala dva, in sicer U-238 in Ra-226, poročane so bile nizke vrednosti z relativno velikimi negotovostmi. Nabor poročenih radionuklidov je pri obeh laboratorijih zelo podoben.

V tabelah 9 in 10 so zbrani rezultati in primerjave meritev sevalcev gama v vzorcih sedimentov, vzorčevanih v Krškem in v Brežicah. Na lokaciji Krško je bilo med seboj primerjanih 16 rezultatov, od katerih so se odmikali štirje (Ra-228, Th-228, K-40 in Cs-137), in sicer vsi pri prvem vzorčevanju, pri drugem vzorčevanju pa so bili vsi rezultati primerljivi. Na lokaciji Brežice je bilo ravno tako primerjanih 16 rezultatov, od teh so imeli ζ -preskus po absolutni vrednosti večji od 1,96 štirje rezultati, in sicer za U-238, Ra-226, Be-7 in Cs-137 pri prvem vzorčenju ter za Ra-226 pri drugem. Ključni razlog za razhajanja so nizke negotovosti, morebiten vzrok je lahko tudi vpliv nehomogenosti vzorca na račun razlik v mikrolokacijah.



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

Vzorč. mesto Pooblaščenca organizacija	WMT												
	IJS				NEK				ζ-preskus				
	Datum vzor. Kol. vzorca (L) Koda vzorca	10. 3. 2011 0,2 K111WWM31	7. 6. 2011 0,2 K111WWM61	15. 9. 2011 0,2 K111WWM91	22. 12. 2011 0,2 K111WWMC1	10. 3. 2011	7. 6. 2011	15. 9. 2011	22. 12. 2011	Prvi vzorec	Drugi vzorec	Tretji vzorec	Četrti vzorec
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m³)												
Na-22													
Cr-51													
Mn-54	2,7E+03 ± 1E+02	1,2E+03 ± 2E+02	7,3E+02 ± 1E+02	1,1E+02 ± 8E+01	3,1E+03 ± 1E+03	< 3E+3	< 3E+3	< 3E+3	< 2E+3	0,36	0,40	0,28	0,06
Fe-59													
Co-57	4,4E+02 ± 9E+01	3,2E+02 ± 7E+01	4,4E+03 ± 3E+02	3,0E+02 ± 6E+01	6,3E+04 ± 5E+03	1,9E+04 ± 3E+3	< 4E+3	< 2E+3	0,88	0,78	1,13	0,13	
Co-58	5,8E+04 ± 3E+03	1,7E+04 ± 1E+03	5,3E+03 ± 4E+02	8,7E+02 ± 8E+01	7,5E+03 ± 2E+03	8,7E+03 ± 2E+3	< 5E+3	< 3E+3	0,23	0,81	1,14	0,33	
Co-60	7,9E+03 ± 4E+02	7,4E+03 ± 5E+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	7,2E+03 ± 4E+02	2,2E+04 ± 1E+03	2,4E+04 ± 1E+03	4,9E+03 ± 3E+02	7,8E+03 ± 1E+03	2,1E+04 ± 2E+3	3,0E+04 ± 3E+3	4,3E+03 ± 1E+3	0,42	0,22	2,06	0,59	
Sn-117m													
Sb-124													
Sb-125		6,1E+02 ± 3E+02	2,4E+03 ± 3E+02	4,8E+02 ± 1E+02	< 8E+03	< 9E+3	< 9E+3	< 6E+3		0,07	0,27	0,08	
Te-123m													
Te-125m	1,1E+04 ± 7E+02	3,6E+04 ± 3E+03	7,8E+03 ± 7E+02	3,8E+03 ± 5E+02									
Te-127m				9,6E+03 ± 1E+03									
Te-129m													
Te-132													
I-131													
I-133													
Cs-134		4,4E+02 ± 1E+02	5,8E+02 ± 1E+02										
Cs-137	1,1E+03 ± 2E+02	7,2E+03 ± 5E+02	7,2E+03 ± 6E+02	1,0E+03 ± 1E+02	2,6E+03 ± 1E+03	6,8E+03 ± 2E+3	6,8E+03 ± 2E+3	1,7E+03 ± 1E+3	1,03	0,19	0,19	0,50	
Ba-140													
La-140													
Ce-141													
Ce-144													
Fe-55													
H-3	6,5E+09 ± 1E+08	6,3E+09 ± 1E+08	7,5E+09 ± 2E+08	3,9E+10 ± 7E+08	6,8E+09 ± 1E+9	6,7E+09 ± 1E+9	7,7E+09 ± 1E+9	4,6E+10 ± 7E+9	0,30	0,37	0,16	0,90	

 * Negotovosti so podane s faktorjem pokritja $k = 2$ (interval s 95 % zanesljivostjo)



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

Vzorč. mesto Pooblaščenca organizacija	RM24											
	IJS				ZVD				ζ-preskus			
	Datum vzor.	1.2.2011 - 1.3.2011	29.3.2011 - 3.5.2011	2.8.2011 - 30.8.2011	1.11.2011 - 29.11.2011	1.2.2011 - 1.3.2011	29.3.2011 - 3.5.2011	2.8.2011 - 30.8.2011	1.11.2011 - 29.11.2011	Prvi vzorec	Drugi vzorec	Tretji vzorec
Kol. vzorca (m ³)	1572,0	1945,0	1551,0	1475,0	1572	1954	1551	1475				
Koda vzorca	K11AERM2421	K11AERM2441	K11AERM2481	K11AERM24B1	RV650311	RV1690511	RV3670911	RV5221211				
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)											
Na-22		5,7E-06 ± 6E-06										
Cr-51												
Mn-54												
Fe-59												
Co-57												
Co-58												
Co-60	2,7E-05 ± 4E-06				2,8E-5 ± 3E-6	< 3,7E-5	< 4,0E-5	4,3E-5 ± 5E-6	0,24			
Zn-65												
Sr-85												
Y-88												
Y-92												
Zr,Nb-95												
Zr-95												
Nb-95												
Nb-97												
Mo-99												
Tc-99m												
Ru-103												
Ru-106												
Ag-110m												
Sn-113												
Sn-117m												
Sb-124												
Sb-125												
Te-123m												
Te-125m		5,7E-05 ± 5E-06										
Te-127m												
Te-129m												
Te-132												
I-131												
I-133												
Cs-134					< 3,5E-5	< 4,1E-5	< 4,3E-5					
Cs-137					< 9,7E-6	< 3,6E-5	< 3,8E-6					
Ba-140												
La-140												
Ce-141												
Ce-144												
Fe-55				1,2E-04 ± 1E-04								

* Negotovosti so podane s faktorjem pokritja $k = 2$ (interval s 95 % zanesljivostjo)



Tabela 7: Primerjava rezultatov meritev za reko Savo v Krškem

Vzorč. mesto	Krško					
	IJS		ZVD		Prvi vzorec	Drugi vzorec
	10. 5. 2011	22. 9. 2011	10. 5. 2011	22. 9. 2011	10. 5. 2011	22. 9. 2011
	Kol. vzorca (L)				ζ-preskus	ζ-preskus
	46,63	47,29	44,56	43,66		
Koda vzorca	K111SN151	K111SN191	RSKRK211	RSKRK211		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)					
U-238	< 8E+00	3,4E+00 ± 1E+00	5,8E+00 ± 3E+00	6,3E+00 ± 1E+00	-0,72	-1,39
Ra-226	2,1E+00 ± 8E-01	3,4E+00 ± 2E+00	1,4E+00 ± 2E-01	3,4E+00 ± 3E-01	0,81	-0,02
Pb-210	< 6E+00	< 5E+00		2,1E-01 ± 2E+00		-0,04
Ra-228	1,1E+00 ± 6E-01	9,8E-01 ± 4E-01	2,0E+00 ± 5E-01	1,5E+00 ± 5E-01	-1,10	-0,87
Th-228	7,4E-01 ± 2E-01	8,5E-01 ± 3E-01	1,1E+00 ± 5E-01	1,9E+00 ± 5E-01	-0,65	-1,80
Th-230						
K-40	3,6E+01 ± 4E+00	5,0E+01 ± 6E+00	5,2E+01 ± 4E+00	6,1E+01 ± 5E+00	-2,52	-1,35
Be-7	2,5E+00 ± 1E+00	4,0E+00 ± 2E+00		8,4E+00 ± 1E+00		-1,74
I-131	1,3E+01 ± 6E-01	1,9E+00 ± 3E-01	1,5E+01 ± 1E+00		-1,27	
Cs-134						
Cs-137		3,1E-01 ± 1E-01	< 1E+00	1,2E-01 ± 2E-01		0,77
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
H-3	7,1E+02 ± 2E+02	< 4E+02	5,4E+02 ± 5E+01	6,0E+02 ± 6E+01	0,77	-1,44
Sr-90	-----	-----	-----	-----		

Tabela 8: Primerjava rezultatov meritev za reko Savo v Brežicah

Vzorč. mesto	Brežice					
	IJS		ZVD		Prvi vzorec	Drugi vzorec
	10. 5. 2011	22. 9. 2011	10. 5. 2011	22. 9. 2011	10. 5. 2011	22. 9. 2011
	Kol. vzorca (L)				ζ-preskus	ζ-preskus
	50,52	48,39	43,64	43,56		
Koda vzorca	K111SN351	K111SN391	RSBRK211	RSBRK311		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)					
U-238	3,7E+00 ± 2E+00	3,5E+00 ± 2E+00	6,2E+01 ± 1E+01	3,9E+00 ± 2E+00	-5,68	-0,16
Ra-226	2,3E+00 ± 5E-01	1,4E+00 ± 8E-01	1,5E+00 ± 2E-01	3,8E+00 ± 3E-01	1,34	-2,70
Pb-210	< 3E+00	< 6E+00		8,9E+00 ± 2E+00		-1,41
Ra-228	1,4E+00 ± 7E-01	1,2E+00 ± 4E-01	2,1E+00 ± 9E-01	1,4E+00 ± 8E-01	-0,61	-0,25
Th-228	2,6E-01 ± 2E-01	8,2E-01 ± 3E-01				
Th-230						
K-40	3,7E+01 ± 5E+00	4,7E+01 ± 6E+00	3,4E+01 ± 3E+00	4,9E+01 ± 6E+00	0,42	-0,27
Be-7		3,6E+00 ± 2E+00		3,5E+00 ± 1E+00		0,05
I-131	1,1E+01 ± 7E-01	1,7E+00 ± 5E-01	1,2E+01 ± 1E+00	< 8E+00	-0,50	0,22
Cs-134						
Cs-137	< 2E+00	3,7E-01 ± 2E-01	< 1E+00	< 2E+00	0,00	0,21
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
H-3	7,9E+02 ± 1E+02	8,0E+02 ± 2E+02	6,0E+02 ± 1E+02	6,2E+02 ± 1E+02	1,09	0,76
Sr-90	-----	-----	-----	-----		


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

Vzorč. mesto Pooblaščen organizacija Datum vzorčevanja Kol. vzorca (kg) Koda vzorca	Krško					
	IJS		ZVD		Prvi vzorec	Drugi vzorec
	10. 5. 2011	22. 9. 2011	10. 5. 2011	22. 9. 2011	10. 5. 2011	22. 9. 2011
	0,49	0,51	0,0709	0,0765	ζ-preskus	ζ-preskus
Koda vzorca	KI11SD151	KI10SD1A1	SDKRK211	SDKRK311		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)					
U-238	2,3E+01 ± 2E+00	2,6E+01 ± 3E+00	2,8E+01 ± 4E+00	2,7E+01 ± 3E+00	-1,28	-0,27
Ra-226	2,9E+01 ± 3E+00	3,8E+01 ± 4E+00	2,4E+01 ± 6E-01	2,8E+01 ± 5E-01	1,57	2,65
Pb-210	3,0E+01 ± 2E+00	3,1E+01 ± 1E+01	3,8E+01 ± 4E+00	3,9E+01 ± 3E+00	-1,59	-0,75
Ra-228	2,0E+01 ± 1E+00	2,3E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 1E+00	2,4E+01 ± 8E-01	-3,04	-0,80
Th-228	2,0E+01 ± 1E+00	2,4E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 1E+00	2,1E+01 ± 9E-01	-2,62	1,65
Th-230	2,9E+01 ± 7E+00					
K-40	2,4E+02 ± 2E+01	2,8E+02 ± 3E+01	3,0E+02 ± 1E+01	3,0E+02 ± 1E+01	-2,05	-0,55
Be-7	1,5E+01 ± 1E+00	1,3E+01 ± 2E+00	1,5E+01 ± 2E+00	1,3E+01 ± 1E+00	0,04	0,04
I-131	2,6E-01 ± 7E-02					
Cs-134						
Cs-137	2,4E+00 ± 1E-01	2,5E+00 ± 2E-01	3,7E+00 ± 3E-01	2,9E+00 ± 2E-01	-4,16	-1,61
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
Sr-90	-----	-----	-----	-----		

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

Vzorč. mesto Pooblaščen organizacija Datum vzorčevanja Kol. vzorca (kg) Koda vzorca	Brežice					
	IJS		ZVD		Prvi vzorec	Drugi vzorec
	10. 5. 2011	22. 9. 2011	10. 5. 2011	22. 9. 2011	10. 5. 2011	22. 9. 2011
	0,51	0,38	0,0758	0,0665	ζ-preskus	ζ-preskus
Koda vzorca	KI11SD351	KI11SD391	SDBRK211	SDBRK311		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)					
U-238	1,7E+01 ± 2E+00	2,5E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 3E+00	3,2E+01 ± 4E+00	-2,31	-1,43
Ra-226	3,1E+01 ± 3E+00	3,8E+01 ± 4E+00	2,0E+01 ± 5E-01	2,5E+01 ± 6E-01	3,70	3,55
Pb-210	2,6E+01 ± 6E+00	6,1E+01 ± 2E+01	2,6E+01 ± 4E+00	4,5E+01 ± 4E+00	-0,08	0,87
Ra-228	2,1E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 1E+00	2,2E+01 ± 9E-01	2,6E+01 ± 1E+00	-0,47	-0,23
Th-228	2,1E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 1E+00	1,9E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 9E-01	0,95	0,20
Th-230	3,5E+01 ± 2E+01					
K-40	2,6E+02 ± 3E+01	3,0E+02 ± 3E+01	3,0E+02 ± 2E+01	3,2E+02 ± 2E+01	-1,10	-0,49
Be-7	8,4E+00 ± 1E+00	3,2E+01 ± 2E+00	4,6E+00 ± 1E+00	3,6E+01 ± 3E+00	2,41	-1,14
I-131						
Cs-134						
Cs-137	2,0E+00 ± 1E-01	3,3E+00 ± 2E-01	3,1E+00 ± 2E-01	3,9E+00 ± 3E-01	-4,20	-1,46
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						
Sr-90	-----	-----	4,8E-01 ± 8E-02	2,9E-01 ± 5E-02		



DISKUSIJA

Pooblašчени laboratoriji redno sodelujejo na mednarodnih primerjalnih testih. Ti rezultati so zbrani na priloženi zgoščenci v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2011, IJS-DP-10930, februar 2012* v poglavju "Tabele rezultatov primerjalnih meritev". Ob rezultatih so podana tudi ovrednotenja in ocene uspešnosti, kot so jih podali izvajalci primerjalnih meritev. V skladu z zahtevami standarda ISO/IEC 17025:2005, po katerem so vsi izvajalci akreditirani za svoje dejavnosti, morajo izvajalci primerjalnih meritev svoje rezultate ovrednotiti ter v primeru razhajanj poiskati vzroke in uvesti ustrezne korektivne ukrepe in voditi zapise, kar strokovni ocenjevalci natančno pregledujejo ob obiskih akreditacijskih služb. Kakovost izvajanja primerjalnih meritev ocenjujejo akreditacijske službe in je pogoj za vzdrževanje obsega akreditacije.

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

Pri neodvisnem nadzoru emisijskih meritev je primerljivost rezultatov pri tekočinskih izpustih iz zadrževalnih hramov WMT zelo dobra, pri plinastih izpustih pa je bila vsebnost radionuklidov premajhna, da bi opravili dobro primerjavo. Pri teh vzorcih dodatne priprave ni bilo oziroma je bila minimalna.

Na drugi strani je primerjava vzorcev iz okolja zelo kompleksna in zahteva zelo podrobno obravnavo, če želimo ovrednotiti kvaliteto poročenih rezultatov meritev. Okoljski vzorci so nehomogeni oziroma je matrika slabo definirana. Po vzorčevanju se vzorci obdelajo v laboratorijih in pripravijo za analizo. Ker so postopki priprave vzorcev za analizo različni v pooblaščenih laboratorijih, lahko pričakujemo dodatno neujemanje med merskimi rezultati. Nato sledi še analiza vzorcev, kjer pa spet lahko pričakujemo odmike od poročenih vrednosti, saj so analizni postopki v laboratorijih različni.

Glede na kompleksnost postopkov lahko rečemo, da so ujemanja med izvajalci obratovalnega nadzora in neodvisnega nadzora zadovoljiva, saj gre tu za obravnavo različnih realnih vzorcev, ki so bili sicer odvzeti na istem mestu ob istem času, obdelana je bila različna količina vzorca (sediment), priprava za analizo je prav tako različna (izparevanje itd.), pa tudi postopki analize se razlikujejo v obeh laboratorijih. Opaziti je namreč, da se negotovosti rezultatov meritev razlikujejo tudi za faktor dve ali več. Poleg tega je poznano, da vzorčevanje in priprava vzorca navadno največ prispevata k merilni negotovosti.

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

SKLEPI

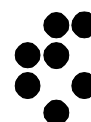
Neodvisni nadzor emisij je pokazal, da je primerljivost rezultatov meritev radionuklidov v tekočinskih emisijah zelo dobra, pri plinastih emisijah pa je bila vsebnost radionuklidov prenizka, da bi lahko opravili kvalitetno primerjavo. Opažena neskladja med poročanimi rezultati pooblaščenih izvajalcev pri neodvisnem nadzoru imisij v okolju so zadovoljivo majhna. Tako kot v preteklem letu sta bila v diskusiji vzorčevanje in obdelava vzorca poudarjena kot parametra, ki lahko bistveno vplivata na rezultat meritve, zato bi bilo v prihodnje tema komponentama meritev smiselno nameniti dodatno pozornost.



PRIMERJAVA IMISIJSKIH MERITEV RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NEK IN PO SLOVENIJI



Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija







PRIMERJAVA IMISIJSKIH MERITEV RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NEK IN PO SLOVENIJI

Odgovorni za izdajo: dr. Benjamin Zorko

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

Recenzija: mag. Bogdan Pucelj, dr. Ines Krajcar Bronić, mag. Borut Breznik

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

POGLAVJE

Površinske vode

Pitna voda in podtalnica

Usedi

Zračne emisije in imisije

Izpostavljenost zunanjemu sevanju

Vnos radionuklidov v prehrabeno verigo

AVTORJI

mag. Matjaž Stepišnik, IJS

mag. Toni Petrovič in
doc. dr. Matej Lipoglavšek, IJS

dr. Jasmina Kožar Logar, IJS

dr. Gregor Omahen, ZVD

mag. Branko Vodenik in dr. Benjamin Zorko, IJS

dr. Katarina Vogel - Mikuš, BF

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

Prva izdaja: marec 2012

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

539.16:504.064(497.4)
621.311.25(497.4Krško)

PRIMERJAVA imisijskih meritev radioaktivnosti v okolici NEK in
po Sloveniji / [urednika Denis Glavič-Cindro in Benjamin Zorko]. -
1. izd. - Ljubljana : Institut Jožef Stefan, 2012

ISBN 978-961-264-042-2

1. Glavič-Cindro, Denis

261076224

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

Naklada: 50 izvodov



VSEBINA

Predgovor urednika

1	Površinske vode	1 / 106
2	Pitna voda in podtalnica	19 / 106
3	Usedi	35 / 106
4	Zračne emisije in imisije	55 / 106
5	Izpostavljenost zunanjemu sevanju	71 / 106
6	Vnos radionuklidov v prehrambeno verigo	87 / 106
7	Pregled referenc	103 / 106





PREDGOVOR UREDNIKA

Monografija *Primerjava imisijskih meritev radioaktivnosti v okolici NEK in po Sloveniji* kritično razlaga in analizira izpuste iz NEK ter morebitni vpliv na ljudi, ki živijo v neposredni bližini jedrske elektrarne in splošno populacijo v Sloveniji. V evalvacijah se primerjajo merski podatki iz obratovalnega radiološkega nadzora NEK z radiološkim nadzorom življenjskega okolja v Republiki Sloveniji, radiološkim nadzorom krme v Republiki Sloveniji, neodvisnim preverjanjem obratovalnega nadzora NEK, nadzorom radioaktivnosti v okolici Centralnega skladišča RAO v Brinju in nadzorom pitne vode v Republiki Sloveniji. Pri tem so razdelane vse prenosne poti razširjanja umetnih radioaktivnih izotopov od izvira (NEK) do vnosa izotopov v telo. Za oceno celotne letne učinkovite doze se obravnava tudi transport naravnih radionuklidov v okolju. Tako se pokaže, da prebivalci, ki živijo v Krškem, Brežicah in vaseh v celotnem okrožju v okolici NEK, niso nič bolj izpostavljeni ionizirajočemu sevanju kot prebivalci drugod po Sloveniji. Avtorji monografije ugotavljajo, da smo vsakodnevno izpostavljeni naravnim in različnim umetnim virom ionizirajočega sevanja (globalno onesnaženje, medicinska diagnostika). Sam prispevek NEK k izpostavljenosti prebivalstva pa je pri tem zanemarljiv. Elektrarna ima večletni kontinuirni varni način obratovanja s kontroliranimi majhnimi izpusti v okolje. Leto 2011 je zaznamovala jedrska nesreča na Japonskem, ki pa v Sloveniji, razen trenutne nizke kontaminacije, ni pustila nobenih posledic v okolju. To ugotovitev izražajo imisijski merski rezultati, saj je bila dodatna prisotnost nekaterih umetnih radionuklidov v zračnih filtrih in deževnici omejena le na marec in april, sicer pa je bila radiološka slika enaka kot zadnjih nekaj let, ko se je stanje že približalo predčernobilskemu stanju.

Monografija je vsebinsko smiselno razdeljena na poglavja, kjer se obravnavajo značilne prenosne poti razširjanja radionuklidov po vodi, zraku, zemlji in z uživanjem hrane, pri čemer se poglavja tudi vsebinsko prepletajo. Avtorji uporabljajo različne modele in izvirne načine ovrednotenja merskih podatkov, kar kritično komentirajo (primerjave, reference) in ocenjujejo mogoč vpliv na posameznika iz prebivalstva. Tak način je pokazal tudi časovne težnje, ki jih pričakujemo za naravne in umetne radionuklide, ter omogoča podajanje sklepov.

Avtorji monografije so znanstveniki in strokovnjaki s področja jedrske fizike, kemije in biologije, poleg tega pa so tudi strokovnjaki s področij jedrske varnosti in zaščite pred ionizirajočimi sevanji.

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

Monografijo sta neodvisno recenzirala ("peer review") mag. Bogdan Pucelj in dr. Ines Krajcar Bronić.

Prvi recenzent, mag. Bogdan Pucelj, je mednarodno uveljavljen ekspert s področja jedrske varnosti, zaščite pred ionizirajočim sevanjem, okoljskega radiološkega nadzora in jedrske fizike. Od leta 1982 je bil programski vodja Ekološkega laboratorija z mobilno enoto (ELME), ki deluje v okviru Uprave RS za zaščito in reševanje. Leta 1986 je prevzel vodenje Službe za varstvo pred ionizirajočim sevanjem na IJS. V letu 1986 je intenzivno sodeloval pri Republiškem štabu za civilno zaščito ob spremljanju črnobilske nesreče. Svoje strokovno znanje na področju radiološke zaščite je dopolnjeval na različnih mednarodnih tečajih pod pokroviteljstvom IAEA in mednarodnih primerjalnih meritvah. Rednih letnih obhodov Ekološkega laboratorija z mobilno enoto (ELME) – ROMENEK pa se je udeleževal od leta 1991 dalje. Je avtor 25 recenziranih prispevkov v mednarodnih znanstvenih revijah, poleg tega pa je avtor več kot 100 strokovnih sestavkov, končnih poročil o rezultatih raziskav, elaboratov in študij. Svoja znanja uspešno posreduje mlajšim generacijam kot mentor in predavatelj na tečajih, mednarodnih konferencah ipd. Mednarodna atomska agencija (IAEA) ga je večkrat izbrala za eksperta na misijah v svetu. Od leta 1991 je član republiške komisije za varstvo pred ionizirajočim sevanjem in komisije za preizkus usposobljenosti operaterjev NE Krško, od leta 1993 pa je vodja ekspertne skupine za ocenjevanje doz v



primeru radiološke nesreče pri URSJV. Je član upravnega odbora Društva Slovenije za varstvo pred ionizirajočim sevanjem. Od leta 2007 ima pooblastilo izvedenca varstva pred sevanji.

Druga recenzentka, dr. Ines Krajcar Bronić, je mednarodno uveljavljena raziskovalka na področju fizike sevanja, meritev H-3, C-14 in stabilnih izotopov pri različnih interdisciplinarnih znanstvenih projektih (ekologija, arheologija, geologija itd.). Zaposlena je kot znanstvena svetnica na Institutu "Ruđer Bošković", Zagreb, Hrvaška. Doktorat znanosti iz fizike je pridobila leta 1993 na Univerzi v Zagrebu. Od leta 1982 dela v laboratoriju "Radiocarbon and Tritium Laboratory of the Department of Experimental Physics" na IRB. Bila je posebna svetovalka pri IAEA-projektu "Atomic and Molecular Data for Radiotherapy" in članica komiteja dveh poročil ICRU (International Commission on Radiation Units and Measurements): "Elastic Scattering of Electrons and Positrons", ICRU Report 77 in "Key Data for Measurement Standards in the Dosimetry of Ionizing Radiations". Bila je štipendistka sklada Alexander-von-Humboldt na PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt) v Braunschweigu, Nemčija, specializirala pa se je še na IJS v Ljubljani, na Argonne National Laboratory, ZDA, Univerzi Bern, Švica, v Veliki Britaniji, na Japonskem (Univerzi Waseda in Yamaguchi). Bila je "principal investigator" treh hrvaško-slovenskih projektov in koordinatorka projekta FP6 "AMS-14C" (2007–2008). Je članica "International Radiation Physics Society", "International Radiation Protection Association", "European Society for Isotope Research", "Croatian Physical Society", "Croatian Humboldtianer Club" in "Croatian Radiation Protection Association", katerega sekretarka je že od leta 2008. Dr. Ines Krajcar Bronić je avtorica 62 znanstvenih člankov v uglednih mednarodnih revijah in ima okoli 140 prispevkov v drugih revijah, knjigah itd.

dr. Benjamin Zorko, odgovorni urednik



1 POVRŠINSKE VODE

POVZETEK

V poglavju so predstavljeni rezultati meritev radioaktivnosti v reki Savi in ocena vplivov na okolje po savski prenosni poti v okviru nadzornega programa NEK. V letu 2011 so bili tekočinski izpusti v okolje nekoliko manjši kot v letu 2010 in primerljivi z letoma 2008 in 2009. Tritij je edini radionuklid, ki ga sistematično merimo v reki Savi in je zagotovo vsaj delno posledica tekočinskih izpustov NEK. Pri vseh umetnih radionuklidih, razen tritija je vpliv NEK v okolju nemerljiv. Vsebnosti cezija in stroncija sotočno od NEK zelo verjetno nista posledica vpliva NEK, ampak neenakomerne globalne kontaminacije. Prisotnost joda je posledica uporabe tega izotopa v terapevtske in diagnostične namene v bolnišnicah. Ocena dozne obremenitve za prebivalstvo po savski prenosni poti je manjša od 0,01 μSv na leto.

UVOD

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

NEK pri normalnem obratovanju občasno kontrolirano izpušča v okolje tekočine iz izpustnih rezervoarjev. Tekočine z razmeroma nizkimi aktivnostmi se izpuščajo v reko Savo skozi kanal bistvene oskrbne vode (ESW - Essential Service Water), ki je nad jezom elektrarne (slika 1.1). Izpuščena radioaktivnost je zaradi redčenja s savsko vodo na vzorčevalnih lokacijah razen pri tritiju večinoma pod detekcijsko mejo meritev v okolju.



Slika 1.1: Izhod bistvene oskrbne vode (ESW), kjer se izpuščajo radioaktivne tekočine iz WMT in SGBD

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



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

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

ZNAČILNOSTI VZORČEVANJA IN MERITEV

V letu 2011 ni bilo sprememb glede lokacij vzorčevanja reke Save. Kontinuirno vzorčevanje vode je potekalo na treh lokacijah, in sicer v Krškem pred papirnico (3,2 km protitočno od NEK na levem bregu), v Brežicah (8,2 km sotočno od NEK in 400 m sotočno od starega mostu na levem bregu) in v Jesenicah na Dolenjskem (17,5 km sotočno od NEK na desnem bregu). Na referenčnem odvzemnem mestu Krško (v črpalni postaji za tehnološko vodo papirnice Vipap) deluje kontinuirni vzorčevalnik. Meritve vzorcev s te lokacije se izvajajo kvartalno. Podobno poteka v Brežicah in Jesenicah na Dolenjskem kontinuirno vzorčevanje vode (slika 1.2), meritve vzorcev pa se izvajajo mesečno. Vzorčevanje je opravljal NEK, meritve vzorcev pa so opravljale neodvisne organizacije ZVD, IRB in IJS.



Slika 1.2: Kontinuirna vzorčevalna postaja reke Save pri Brežicah

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

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



in meritve enkratnih vzorcev vode je opravil ZVD.

Za ovrednotenje vplivov preko savske prenosne poti se spremlja tudi radioaktivnost v sedimentih. Pri sedimentih so pomembni dolgoletni trendi, povezani z globalno kontaminacijo, in tudi informacija o ničelnem stanju v primeru, da bi prišlo do resnejših izpustov iz NEK. Vzorčevanje sedimentov je potekalo na šestih lokacijah, in sicer protitočno od NEK pod mostom (na levem bregu), pod jezom v NEK (desni breg), pri Pesju (na levem bregu), pri Brežicah (na levem bregu), pri Jesenicah na Dolenjskem (na desnem bregu) in na Hrvaškem v kraju Podsused pri Zagrebu. Vzorcevanje in meritve sedimentov so se podvajali (ZVD in IRB) na lokacijah Krško (pod mostom), v Brežicah in v Jesenicah na Dolenjskem.

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

Na vzorcih ločeno potekajo meritve sevalcev gama in čistih sevalcev beta. Vsebnost sevalcev gama v vzorcih reke Save se je določala z visokoločljivostno spektrometrijo gama po postopku, ki vključuje sušenje in homogenizacijo. S tekočinsko scintilacijsko spektrometrijo je bila merjena vsebnost tritija (H-3) v vodnem destilatu savske vode, medtem ko se je vsebnost Sr-90/Sr-89 določala z radiokemično separacijo in štetjem na proporcionalnem števcu. Merska metoda za določanje stroncija ne omogoča ločenega merjenja obeh izotopov (Sr-90 in Sr-89), zato se poročata skupaj. Ker pa je bila koncentracija kratkoživega Sr-89 v tekočinskih izpustih NEK pod mejo detekcije, se vsebnost Sr-90/Sr-89 nanaša le na stroncij Sr-90.

Vzorčevanje reke Save in meritve ločimo glede na vrsto vzorcev:

- vzorcevanje vode skupaj s fino suspendirano snovjo (količina vzorca vode je 50 litrov) in ločene meritve sušine vzorcev vod in filtrskega ostanka reke Save, ki se kot groba suspendirana snov predhodno odstrani iz vode s filtriranjem;
- vzorcevanje talnih sedimentov, ki v glavnem vsebujejo fini pesek (količina vzorca okrog 180 g); vzorcevanje gibljevih sedimentov, ki vsebujejo več organske snovi, se od leta 2005 ne izvaja več;
- vzorcevanje in meritve rib vrst mrena, klen, podust, som, sivi tolstolobik, ščuka in krap s povprečno maso okrog 400 g (izmerjenih je bilo 20 rib); pred pripravo vzorcev se odstranijo repi in glave rib; dodatne meritve ribjih mladice in ločene meritve kosti in mišic odraslih rib se od leta 2006 ne izvajajo več.

REZULTATI MERITEV V OKOLJU

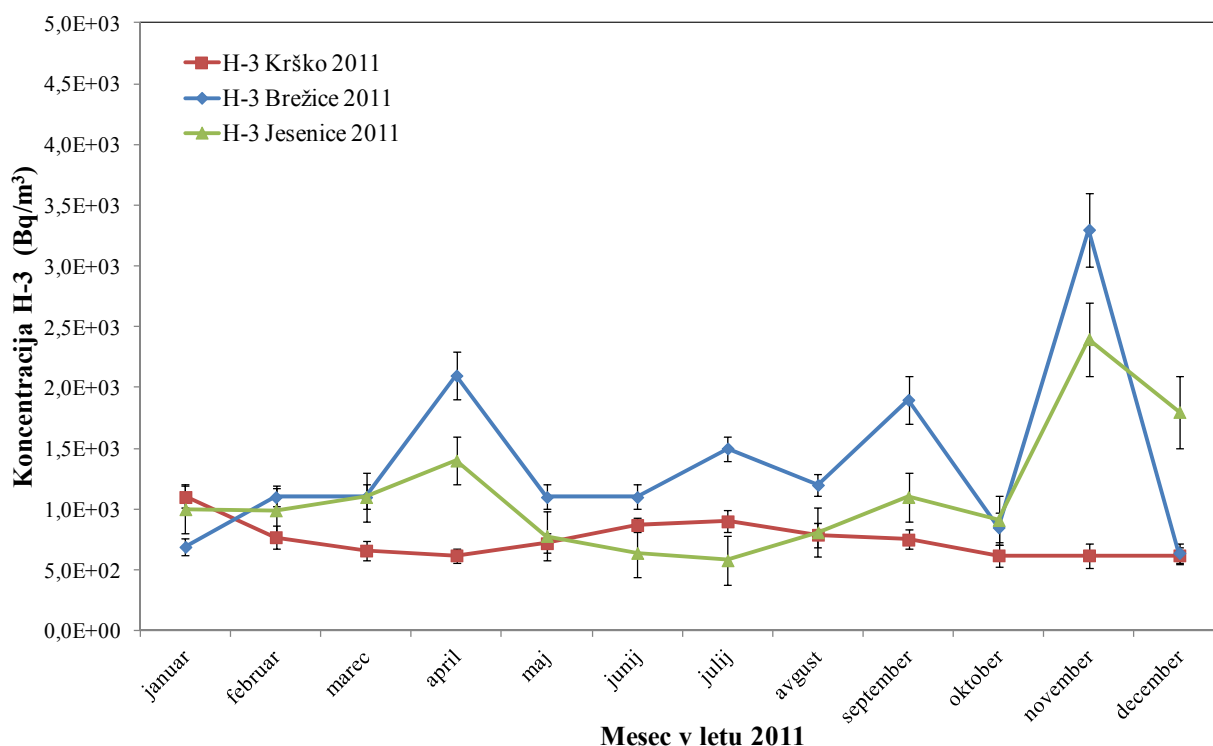
Tabele z merskimi rezultati so na priloženi zgoščenci v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2011, IJS-DP-10930, februar 2012*. Tabele z merskimi podatki o vodah in sedimentih so: T-1 do T-4 (ZVD, H-3 – IJS); T-5, T-6 (IRB); T-7, T-9, T-10, T-12, T-13, T-14 (ZVD, H-3 – IJS); T-11, T-15/p, T-16/p1, T-16/p2, T-16/p3, T-17/p, T-18 (IRB). Tabele z merskimi podatki o ribah so: T-19, T-21, T-22 (ZVD); T-22/p1, T-24, T-25 (IRB).

Tritij (H-3) je redno prisoten v tekočinskih efluentih NEK. Na sliki 1.3 so prikazane primerjave vsebnosti tritija v savski vodi na lokacijah Krško, Brežice in Jesenice na Dolenjskem v letu 2011. Povprečna letna koncentracija H-3 v Brežicah ($1,4 \pm 0,2$) kBq/m³ je dvakrat višja kot je na referenčnem odvzemnem mestu Krško (pred papirnico) ($0,75 \pm 0,04$) kBq/m³. Povprečna koncentracija je bila v letu 2011 znatno nižja kot v letu 2010. Tedaj je bila koncentracija v Brežicah osemkrat višja kot na referenčnem mestu v Krškem. Najvišja vrednost mesečnih povprečij v Brežicah je bila v novembru ($3,3 \pm 0,3$) kBq/m³, medtem ko je bila v tem obdobju vrednost na referenčnem odvzemu Krško ($0,62 \pm 0,1$) kBq/m³. Tudi najvišja izmerjena koncentracija v Brežicah je bila bistveno nižja kot v predhodnem letu, ko je bila v mesecu juniju 2010 (20 ± 2) kBq/m³. Meritve tritija na lokacijah Brežice in Krško je opravil IJS. V Jesenicah na Dolenjskem so meritve IRB pokazale letno povprečje ($1,1 \pm 0,1$) kBq/m³ z največjo vrednostjo ($2,4 \pm 0,3$) kBq/m³ prav tako v mesecu novembru.



V letu 2011 so bile koncentracije H-3 v Brežicah v primerjavi s tistimi v Jesenicah na Dolenjskem v povprečju pa višje za faktor 1,3. To je posledica dodatnega razredčenja vode zaradi pritokov Krke in Sotle, za kateri predpostavimo, da imata enako koncentracijo tritija kot Sava v Krškem. Pretok Save v Brežicah, pred izlivom reke Krke, je bil najvišji v mesecu januarju ($237 \text{ m}^3/\text{s}$) in najnižji v septembru ($70 \text{ m}^3/\text{s}$), letno povprečje je bilo $138 \text{ m}^3/\text{s}$. Na obeh vzorčevalnih lokacijah pod NEK je bilo mogoče opaziti manjše povečane koncentracije H-3. Vendar ni opaziti, podobno kot v preteklih letih, izrazite korelacije med mesečnimi izpusti NEK, višino vodostaja reke in povečanjem koncentracije na lokacijah pod NEK.

V drugih rekah v Sloveniji so bile povprečne letne koncentracije H-3 okrog $1 \text{ kBq}/\text{m}^3$ [5].



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

Kratkoživi radioaktivni jod ($I-131$) je občasno prisoten v tekočinskih efluentih NEK, v nekaterih rekah pa ga je mogoče najti zaradi aplikacije tega izotopa v medicini. Povišane koncentracije joda je bilo mogoče izmeriti takoj po černobilski nesreči. $I-131$ je redno prisoten na vseh nadzornih mestih reke Save, tako protitočno od elektrarne kot sotočno v Brežicah in Jesenicah na Dolenjskem. Realnejše ocene lahko temeljijo le na enkratnih odvzemih nefiltrirane vode (vzorčevanje na tri mesece) in ne na sestavljenih vzorcih, ki so bili zbrani v obdobju enega meseca ali v trimesečnem obdobju. Koncentracija joda zelo niha in je večkrat tudi pod mejo detekcije. Povprečna letna vsebnost $I-131$ v enkratnih vzorcih na vzorčevalnih mestih je bila od $(4,0 \pm 3,0) \text{ Bq}/\text{m}^3$ do $(4,5 \pm 3,0) \text{ Bq}/\text{m}^3$ in je bila najvišja na odvzemnem mestu v Krškem. Najvišja vrednost $(15 \pm 1) \text{ Bq}/\text{m}^3$ je bila izmerjena na tej lokaciji v drugem četrtletju. V drugih rekah v Sloveniji so bile povprečne letne koncentracije $I-131$ večinoma nižje do $5 \text{ Bq}/\text{m}^3$ [5]. Jod je bil zaznan v vseh rekah razen v reki Kolpi. V preteklosti so bile koncentracije joda višje predvsem v reki Savi pri Ljubljani, zaradi nekontroliranih izpustov iz Onkološkega inštituta Ljubljana, kjer se izvaja terapija z jodom.



V preteklosti (nazadnje v letu 2005 pod mostom v Krškem) je bil I-131 občasno prisoten v nizkih koncentracijah tudi v sedimentih, vendar ni bilo sistematskih razlik med lokacijami. V letu 2011 v sedimentu joda ni bil izmerjen na nobeni lokaciji.

V vzorcih celih rib iz referenčnega odvzema in tudi v vzorcih iz nadzornih odzernih mest (meritve ZVD in IRB) ni bila zaznana prisotnost I-131, kar je podobno kot v preteklih letih. Glede na koncentracije joda v enkratnih vzorcih nefiltrirane vode (okrog 10 Bq/m^3) bi teoretično pričakovali, da je koncentracija joda v ribah okrog $0,2 \text{ Bq/kg}$ (upoštevajoč bioakumulacijski faktor $Br = 0,02 \text{ m}^3/\text{kg}$), kar je pod mejo detekcije.

Radioaktivni izotop cezij je kot posledica globalne in regionalne kontaminacije (jedrski poskusi in nesreča v Černobilu) prisoten povsod v okolju. Najti ga je tudi v tekočinskih efluentih NEK. Rezultati meritev cezija v suhem ostanku po izparevanju vzorca vode na večini odzernih mest so bili na meji kvantifikacije. Letna povprečna vrednost v suhem ostanku po izparevanju vzorca vode je bila na referenčnem mestu v Krškem $<0,2 \text{ Bq/m}^3$, kar je v okviru negotovosti podobno kot v Brežicah ($0,4 \pm 0,4$) Bq/m^3 .

Cs-137 se je v preteklosti navadno pojavljal v nekoliko višjih koncentracijah v filtrskem ostanku kot v vodni sušini. Rezultati meritev filtrskega ostanka so bili na večini odzernih mest na meji kvantifikacije. Na sliki 1.4 je prikazana primerjava rezultatov meritev Cs-137 v filtrskem ostanku na različnih odzernih mestih v letu 2011. V letnem povprečju ($0,04 \pm 0,2$) Bq/m^3 je v Brežicah vsebnost nižja kot na referenčnem mestu Krško ($0,06 \pm 0,2$) Bq/m^3 . Izmerjene vrednosti cezija v Jesenicah na Dolenjskem so bile pod mejo detekcije.

Podobno so bili rezultati meritev enkratnih vzorcev vode na skoraj vseh odzernih mestih pod mejo kvantifikacije: v Brežicah $<0,8 \text{ Bq/m}^3$ in v Jesenicah na Dolenjskem $<0,6 \text{ Bq/m}^3$, letna povprečna vrednost na referenčnem mestu v Krškem pa je bila ($0,03 \pm 0,6$) Bq/m^3 .

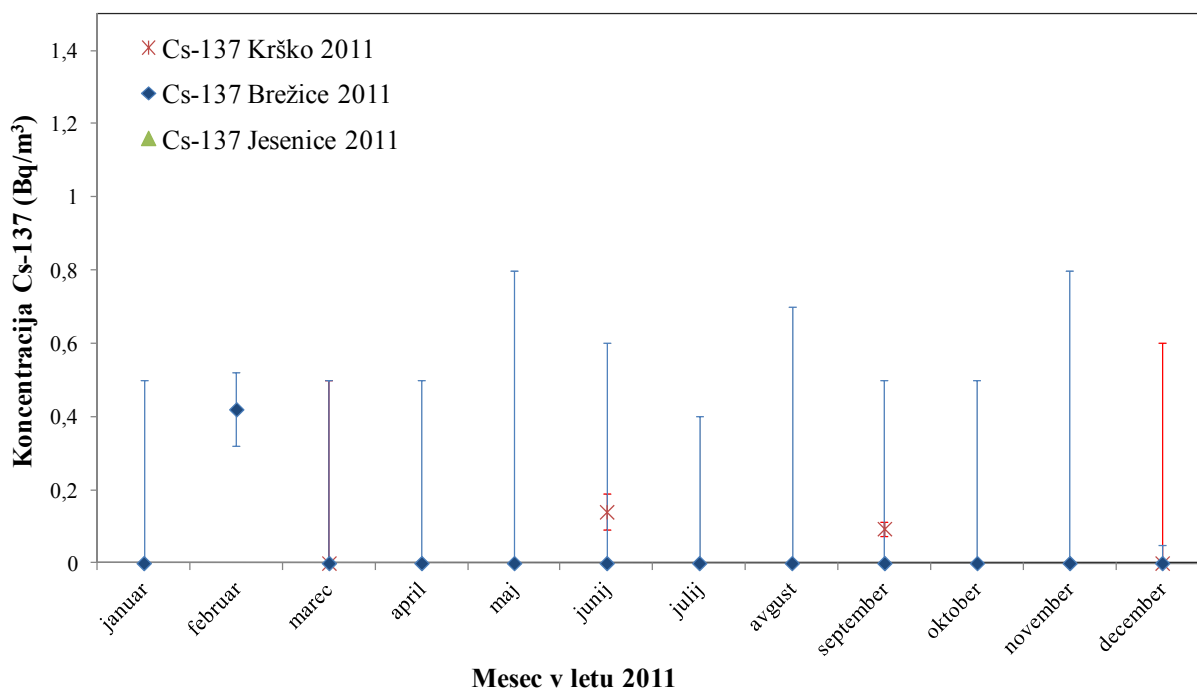
Povprečne koncentracije cezija v drugih rekah po Sloveniji so podobne, kot jih lahko izmerimo v Savi v okolici NEK. Najvišja povprečna koncentracija na drugih rekah je bila izmerjena v reki Muri ($0,6 \pm 0,2$) Bq/m^3 [5]. Primerjava vrednosti z upoštevanjem merskih negotovosti kaže, da je vpliv NEK nemerljiv.

Povprečna aktivnost cezija v talnih sedimentih (IRB) je v Krškem (pod mostom) ($2,7 \pm 0,3$) Bq/kg (z največjo vrednostjo ($3,4 \pm 0,5$) Bq/kg), pod jezom NEK ($3,6 \pm 1,0$) Bq/kg (z največjo vrednostjo ($6,9 \pm 0,9$) Bq/kg), v Pesju ($1,9 \pm 0,3$) Bq/kg (z največjo vrednostjo ($2,6 \pm 0,7$) Bq/kg), v Brežicah ($1,7 \pm 0,4$) Bq/kg (z največjo vrednostjo ($2,8 \pm 0,5$) Bq/kg), v Jesenicah na Dolenjskem ($5,0 \pm 0,8$) Bq/kg (z največjo vrednostjo ($6,0 \pm 1,0$) Bq/kg) in v Podsusedu ($0,6 \pm 0,3$) Bq/kg (z največjo vrednostjo ($1,5 \pm 0,4$) Bq/kg). Rezultati meritev sedimentov, ki jih je izvedel ZVD, so v okviru merske negotovosti primerljivi meritvam IRB. Najvišja povprečna koncentracija je bila izmerjena pod jezom NEK.

Analize celih rib, ulovljenih na lokacijah, od katerih je referenčna v Krškem, druge pa pod izpustom NEK, kažejo povprečne vsebnosti Cs-137 na meji kvantifikacije od $<0,1 \text{ Bq/kg}$ (meritve ZVD), IRB v ribah ni zaznal prisotnosti cezija.

Radioaktivni izotop stroncija je podobno kot cezij prisoten povsod v okolju in je posledica globalne kontaminacije. Delež stroncija v primerjavi s cezijem je bil zaradi vpliva Černobila na področju Slovenije skoraj zanemarljiv. Kot posledica poskusnih jedrskih eksplozij pa je bil used obeh radionuklidov na naši geografski širini primerljiv. Merska metoda za določanje stroncija ne omogoča ločenega merjenja obeh izotopov (Sr-90 in Sr-89), zato se poročata skupaj. Zaradi kratke razpolovne dobe je delež Sr-89, ki bi bil posledica globalne kontaminacije, zanemarljiv.

Večina stroncija se nahaja v sami vodi. V vodi (suhi ostanek po izparevanju vzorca vode) je v 10-krat višjih koncentracijah kot cezij. Na sliki 1.5 je prikazana primerjava rezultatov meritev Sr-90 v vodi na različnih odzernih mestih v letu 2011.



Slika 1.4: Primerjava mesečnih vsebnosti Cs-137 v filtrskem ostanku (groba suspendirana snov) reke Save na lokacijah Krško, Brežice in Jesenice na Dolenjskem. Meritve v Jesenicah na Dolenjskem so bile pod mejo detekcije.

Sr-90 se pojavlja v vodi na referenčnem mestu Krško v podobni povprečni koncentraciji ($2,1 \pm 0,3$) Bq/m³ kot v nadzornem mestu v Brežicah ($3,8 \pm 0,4$) Bq/m³ in v Jesenicah na Dolenjskem ($2,8 \pm 0,2$) Bq/m³. V grobi suspendirani snovi (filtrskem ostanku) je vsebnost Sr-90 navadno vsaj 10-krat nižja kot v vodi (suhi ostanek po izparevanju vzorca vode) in se giblje okrog 0,1 Bq/m³. Vsebnosti so podobne kot pri ceziju. Najvišja povprečna vsebnost v filtrskem ostanku je bila izmerjena v Brežicah ($0,42 \pm 0,1$) Bq/m³.

Vrednosti v enkratnih vzorcih so zelo podobne kot v vzorcih filtrirane vode. Letna povprečja so od ($2,7 \pm 0,3$) Bq/m³ do ($3,2 \pm 0,3$) Bq/m³. Najvišja posamična izmerjena vrednost je bila v Krškem ($3,7 \pm 0,2$) Bq/m³. Vrednosti so približno 10-krat višje, kot so koncentracije cezija v enkratnih vzorcih nefiltrirane vode.

Povprečne koncentracije stroncija v drugih rekah po Sloveniji so podobne, kot jih lahko izmerimo v Savi v okolici NEK. Najvišja povprečna koncentracija je bila izmerjena na Savi, vendar na lokaciji Ljubljana Laze ($3,4 \pm 1$) Bq/m³ [5]. Primerjava meritev z upoštevanjem merskih negotovosti kaže, da je vpliv NEK nemerljiv.

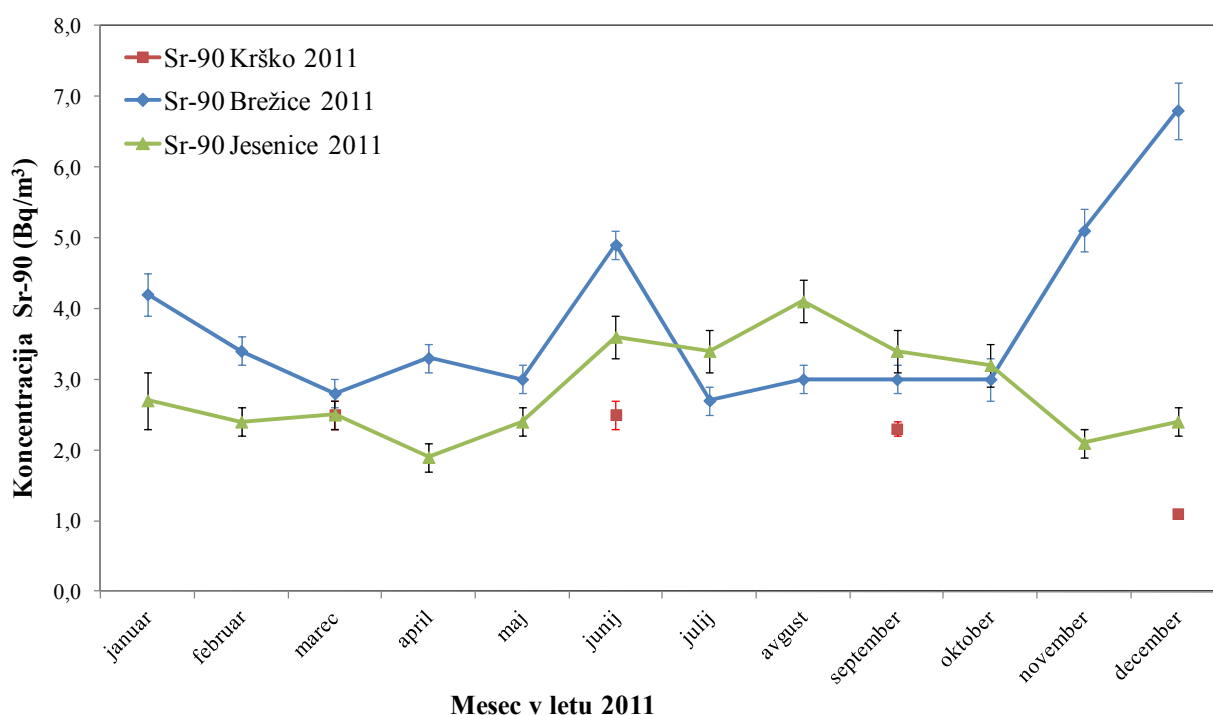
Pri meritvah IRB stroncij v talnih sedimentih ni bil merjen, razen na lokaciji Podsused pri Zagrebu, kjer je bila povprečna vrednost $<0,5$ Bq/kg. Povprečne vrednosti, ki jih je izmeril ZVD, so se gibale okrog 0,15 Bq/kg. Vrednosti so primerljive z rezultati iz predhodnih let. Vsebnosti stroncija v talnih sedimentih so 10-krat nižje kot vsebnosti cezija.

Stroncij je bil izmerjen v vseh vzorcih rib. V meritvah ZVD (cele ribe) se gibljejo povprečja po lokacijah od ($0,17 \pm 0,03$) Bq/kg do ($0,22 \pm 0,05$) Bq/kg, kar je v okviru negotovosti podobno kot v preteklih letih. Laboratorij IRB v ribah ni meril stroncija.



Drugi aktivacijski in fisijski produkti kot npr.: Mn-54, Cs-134, Co-58, Co-60, Ag-110m, Xe-133 v letu 2011 niso bili detektirani na nobeni lokaciji v okolju.

V vseh vzocih vod so bili redno detektirani naravni radionuklidi uranove (U-238, Ra-226 in Pb-210) in torijeve (Ra-228 in Th-228) razpadne vrste. V nefiltrirani vodi so bile na vseh odvzemnih mestih koncentracije U-238 okrog 20 Bq/m^3 in Ra-228 okrog 1 Bq/m^3 . Koncentracije K-40 so nekoliko višje, saj je bila največja izmerjena vrednost v Krškem ($130 \pm 7 \text{ Bq/m}^3$). Redno je bil merjen tudi kozmogeni radionuklid Be-7. V sedimentih so bile na vseh odvzemnih mestih koncentracije U-238 in Ra-228 okrog 25 Bq/kg . Koncentracije naravnih radionuklidov so primerljive z vrednostmi v drugih rekah po Sloveniji. Predvsem za K-40 je značilno izrazito nihanje, ki je povezano predvsem z onesnaženostjo rek, v manjši meri pa tudi z geološko sestavo tal. Najvišja povprečna koncentracija K-40 je bila izmerjena v Savinji za čistilno napravo ($314 \pm 31 \text{ Bq/m}^3$) [5].



Slika 1.5: Primerjava mesečnih vsebnosti Sr-90 v suhem ostanku po izparevanju vzorca vode reke Save na lokacijah Krško, Brežice in Jesenice na Dolenjskem

DISKUSIJA

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

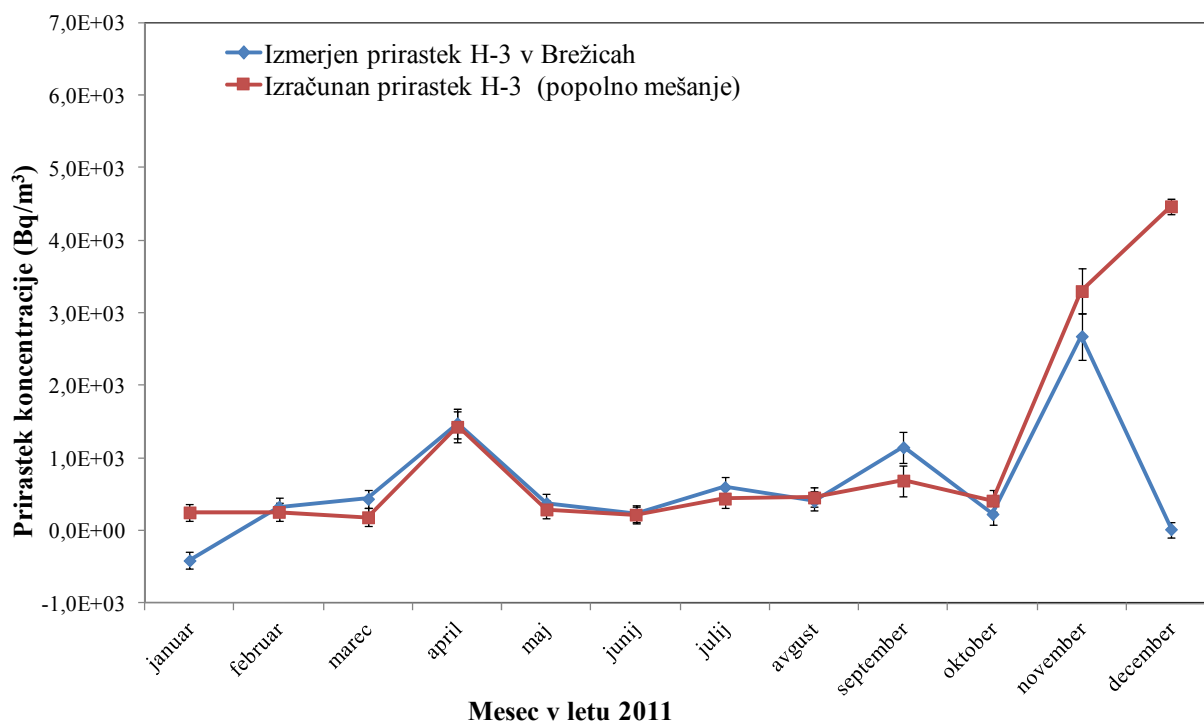
Vpliv na okolje po savski prenosni poti ocenjujemo na podlagi primerjave rezultatov emisijskih meritev (meritev vzorcev iz izpustnih tankov – WMT in kaluže uparjalnikov – SGBD), ki jih izvaja NEK, in rezultatov meritev vzorcev reke Save.



Po podatkih NEK so bili največji izpusti H-3 opravljani v zimskih mesecih, posebej v decembru (deloma v novembru), ko je bil mesečni izpust H-3 okrog 1,9 TBq (letni izpust 4,2 TBq). Izpusti so bili 5-krat manjši kot v letu 2010, ko je bil letni izpust 22 TBq. V zimskih mesecih (v novembru) je bila izmerjena tudi najvišja koncentracija tritija v Savi v Brežicah ($3,3 \pm 0,3$) kBq/m³, kar pa je bistveno manj kot predhodno leto v juniju (20 ± 2) kBq/m³. Nekoliko povišana je bila tudi koncentracija tritija v vrtini VOP-4 v decembru ($2,1 \pm 0,1$) kBq/m³ v času nekoliko večjih izpustov tritija v Savo. Opazno je povišana tudi koncentracija H-3 v črpališču vodovoda Brege, kjer je bila največja koncentracija izmerjena v januarju ($1,9 \pm 0,2$) kBq/m³. Povišana koncentracija v tem črpališču je lahko posledica izpustov še iz leta 2010. V drugih črpališčih povišana vsebnost tritija ni bila zaznana. Vpliv reke Save na pitno vodo se podrobneje obravnava v poglavju "Pitna voda in podtalnica".

Tritij je edini radionuklid, ki ga je mogoče sistematično spremljati v okolju in je nedvomno posledica izpustov NEK. Tritij zato lahko uporabljamo kot sledilec in z njegovo razredčitvijo ocenimo tudi koncentracije drugih radionuklidov, ki jih navadno ne zaznavamo v okolju. Zaradi manjših izpustov so razlike v povprečni letni koncentraciji med referenčno lokacijo Krško in lokacijami sotočno od NEK manj opazne kot v preteklih letih.

Na sliki 1.6 je prikazana primerjava med izmerjenimi mesečnimi prirastki koncentracije H-3 in izračunanimi prirastki koncentracije H-3 v Brežicah. Izračunane koncentracije so dobljene tako, da smo mesečni izpust H-3 delili z mesečno količino pretečene savske vode. Tako predpostavimo, da je prišlo do popolnega mešanja vode na omenjeni lokaciji. Pri izmerjenih koncentracijah smo vzeli prirastek koncentracije v Brežicah v primerjavi z referenčnim mestom v Krškem.



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



S slike 1.6 je razvidno, da obstaja korelacija med izpusti in prirastkom koncentracije H-3 v Savi v Brežicah. Enaka ugotovitev velja tudi za Jesenice na Dolenjskem. Do podobnih ugotovitev smo prihajali že v preteklih letih. Zelo dobro so vidni dejanski povečani izpusti v aprilu in novembru. Decembrskega odmika še ne moremo pojasniti, saj so bili najintenzivnejši izpusti iz NEK v zadnjem tednu decembra. Obstaja možnost, da se bo vpliv v okolju pokazal šele v začetku leta 2012.

Dolgoletni trendi kažejo, da v Brežicah najverjetneje še ne pride do popolnega mešanja izpuščenih radionuklidov s savsko vodo. To je vidno na sliki 1.7, kjer so izmerjeni povprečni prirastki koncentracije tritija sistematično večji kot izračunani prirastki ob predpostavki popolnega mešanja vode. Iz meritev lahko ocenimo razredčitveno razmerje DR (*Dilution Ratio*) v Brežicah. Razredčitveno razmerje DR je razmerje med prirastkom koncentracije tritija na nekem mestu pod izpustom (npr. v Brežicah) in prirastkom koncentracije tritija na mestu s popolnim mešanjem vode:

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

kjer sta $C_{w,L}$ prirastek koncentracije tritija na določeni lokaciji (Bq/m^3) in $C_{w,tot}$ prirastek koncentracije tritija na mestu popolnega mešanja (Bq/m^3). Prirastek koncentracije na mestu popolnega mešanja izračunamo iz izraza (2):

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

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

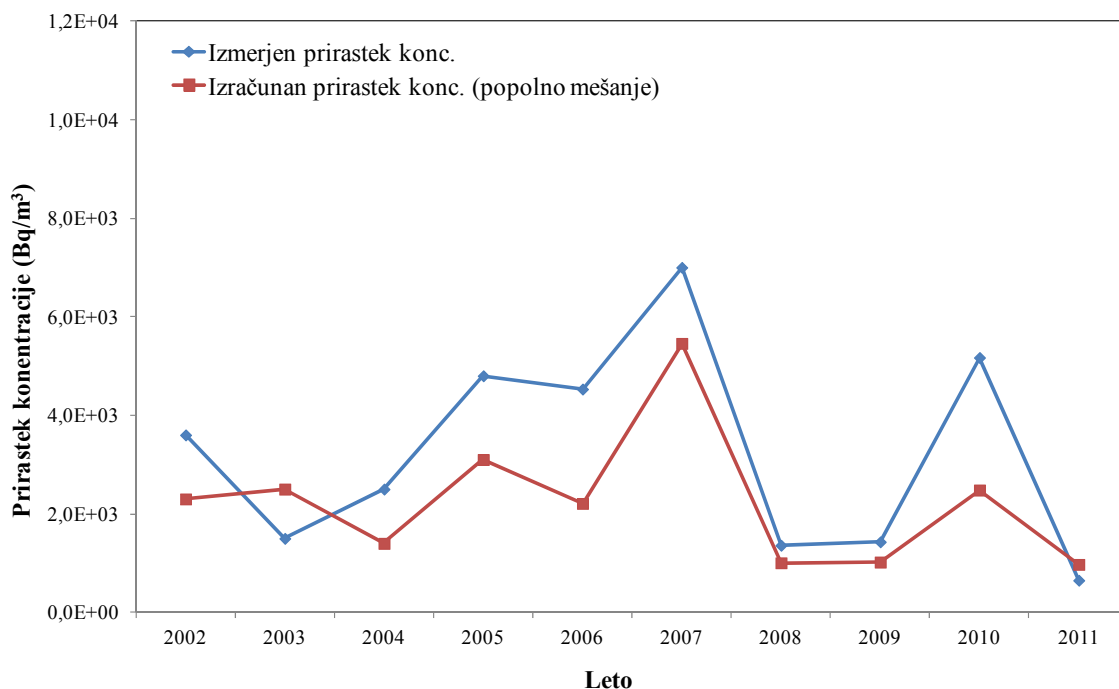
Vrednosti DR so lahko 0 na lokacijah, kjer še ni prišlo do mešanja, med 0 in 1 na lokacijah, kjer se čista voda le delno meša s kontaminirano (npr. na nasprotnem bregu pod izpustom) ali pa $DR > 1$ na lokacijah, kjer je mešanje kontaminirane vode s čisto nepopolno (npr. na istem bregu neposredno pod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

Na sliki 1.7 je narejena primerjava med izmerjenimi letnimi prirastki koncentracije in izračunanimi koncentracijami H-3 v Brežicah od leta 2002. Izračunane koncentracije tritija v Brežicah, dobljene iz celoletnega izpusta in povprečnega letnega pretoka Save, so v povprečju nekoliko nižje od izmerjenih letnih povprečnih vrednosti, kar pomeni, da do popolnega mešanja dejansko še ni prišlo. Razmerje obeh vrednosti je razredčitveno razmerje DR .

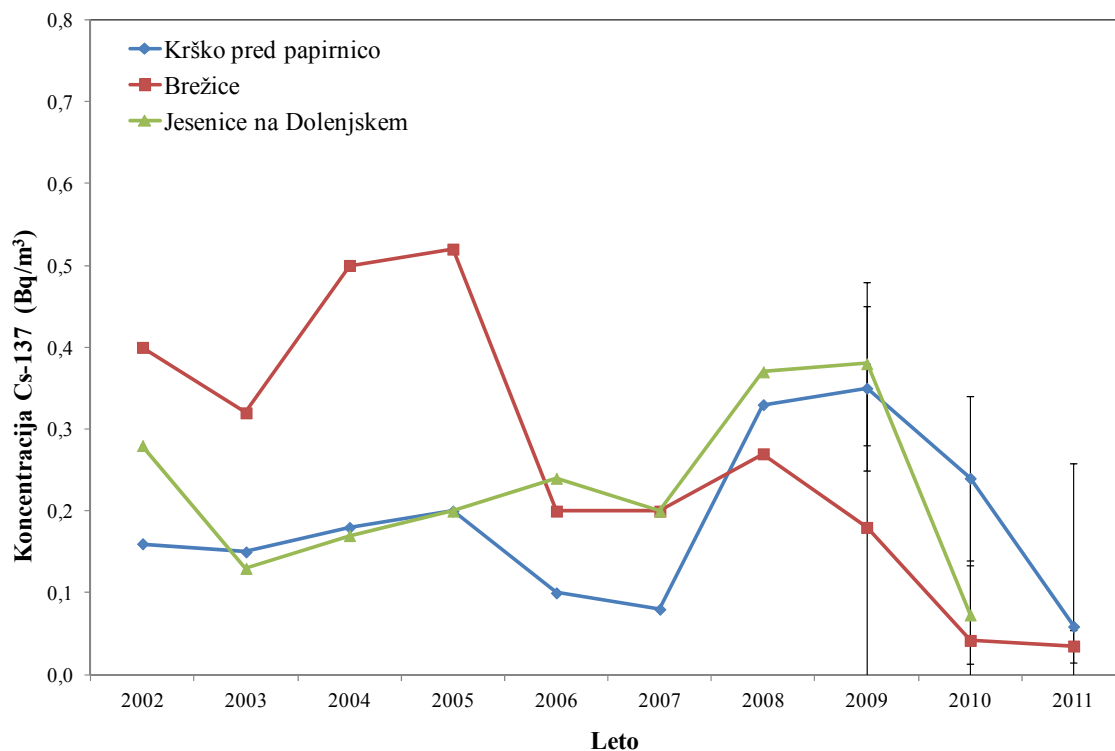
Izmerjen povprečni letni prispevek koncentracije tritija v savski vodi zaradi vpliva NEK na odvzemnem mestu Brežice je bil $(0,65 \pm 0,2)$ kBq/m³, kar je bistveno manj kot v predhodnem letu (slika 1.7), vendar podobno kot v letih 2008 in 2009.

Izračunan prirastek koncentracije tritija na mestu popolnega mešanja $C_{w,tot}$ je bil 0,97 kBq/m³. Tako je bilo v letu 2011 razredčitveno razmerje DR v Brežicah $(0,7 \pm 0,2)$. Dolgoletno povprečno razredčitveno razmerje DR (od 2002 do 2011) na vzorčevalni lokaciji ob levem bregu v Brežicah je $(1,4 \pm 0,5)$.

Letni izpust cezija Cs-137 je bil 5,2 MBq, kar je podobno kot v letu 2010. Cezij se slabo veže na grobo suspendirano snov (le nekaj odstotkov). V primeru, da bi prišlo do večjega izpusta NEK, bi to najprej zaznali v povečani koncentraciji v vodi (suhi ostanek po izparevanju vzorca vode) in le manjši delež bi zaznali v filtrskem ostanku (v grobi suspendirani snovi). Cezij se je v večini vzorcev vode pojavljal v zelo nizkih koncentracijah, na meji kvantifikacije. Pri tem opažamo, da je bil cezij na kontinuirnem vzorčevalnem mestu v Jesenicah na Dolenjskem v celotnem obdobju celo pod mejo detekcije, tako v vodi kot v filtrskem ostanku. V preteklih letih se je pojavljal v nekoliko višjih koncentracijah tako v filtrskem ostanku kot v vodni sušini. Zaradi velikih merskih negotovosti ni mogoče ovrednotiti dolgoročnih teženj (slika 1.8). Iz merskih rezultatov vode, kjer je bil Cs-137 detektiran, lahko povzamemo le, da je povprečna koncentracija v okviru merske negotovosti na vseh odvzemnih mestih primerljiva in da je vpliv NEK nemerljiv.



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



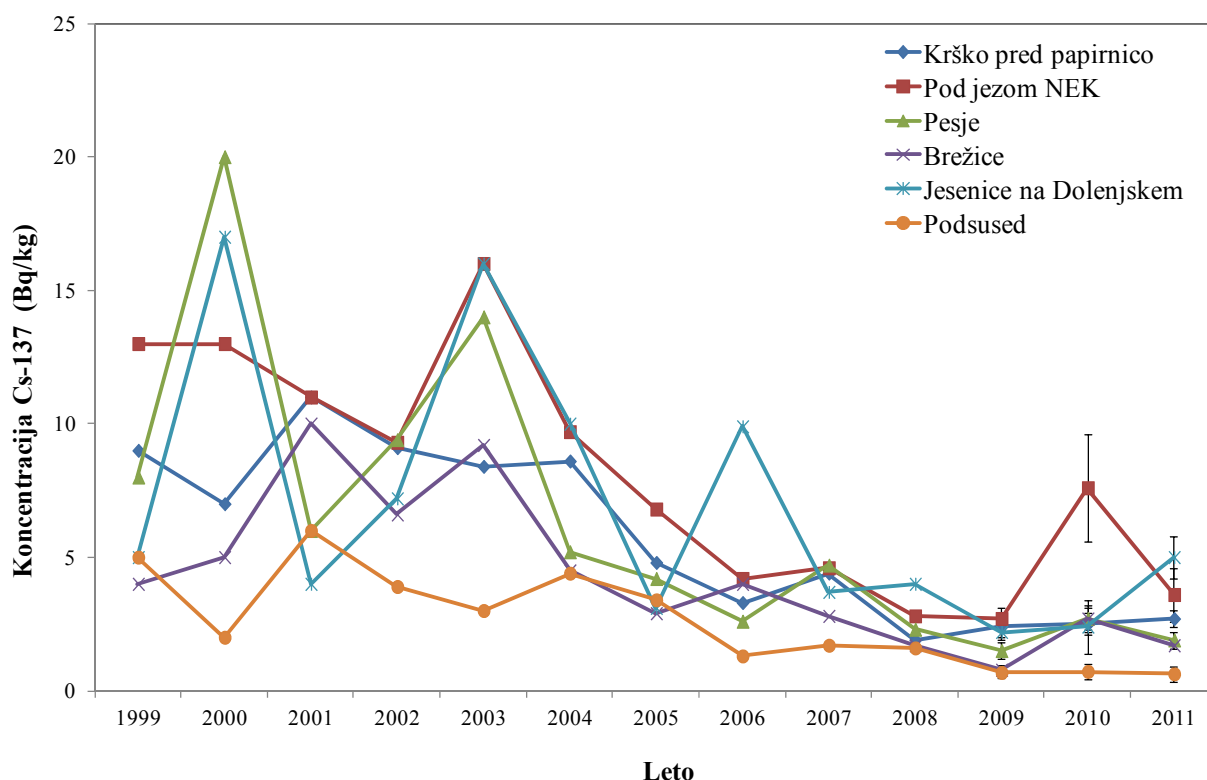
Slika 1.8: Primerjava povprečnih letnih vsebnosti Cs-137 v filtrskem ostanku (groba suspendirana snov) reke Save na lokacijah Krško, Brežice in Jesenice na Dolenjskem. Negotovosti povprečnih vrednosti so od 0,1 Bq/m³ do 0,2 Bq/m³.



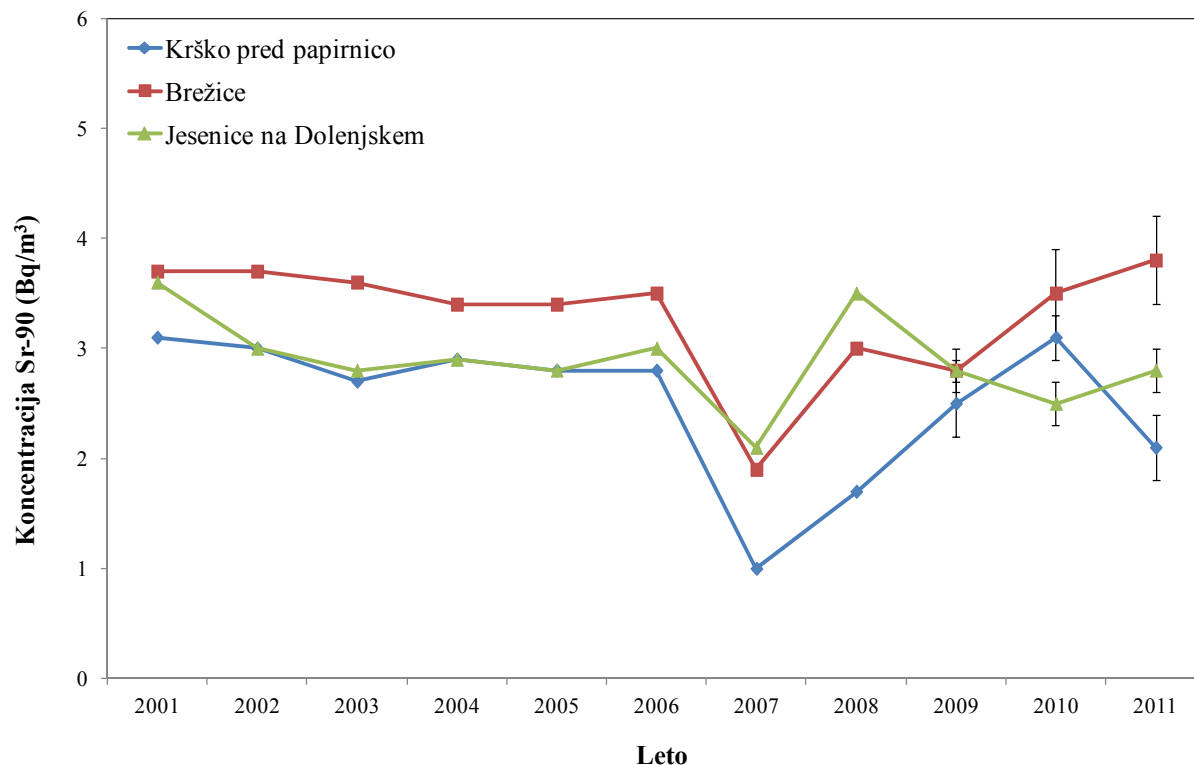
Vsebnosti cezija v sedimentih kažejo najvišje povprečne koncentracije v Jesenicah na Dolenjskem (slika 1.9). S slike je razvidno, da se vsebnost cezija v sedimentu na vseh lokacijah z leti sistematično zmanjšuje. To je povezano z razpadom izotopa iz globalne kontaminacije ter z izpiranjem talnega sedimenta. Koncentracije umetnih radionuklidov so v sedimentih zaradi izpiranja bistveno nižje kot v vrhnji plasti zemlje (običajna koncentracija cezija v zemlji je namreč nekaj deset bekerelov na kilogram). Zaradi razmeroma velikih vzorčevalnih in merskih negotovosti vpliva NEK v sedimentu ni mogoče ovrednotiti. Lahko tudi ugotovimo, da je prisotnost cezija v ribah kot posledica vpliva NEK prav tako nemerljiva.

Stroncij je redno prisoten v tekočinskih izpustih NEK, vendar so aktivnosti izpustov okrog 100-krat nižje od izpustov cezija. Kot je razvidno iz poročila *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2011, IJS-DP-10930*, je večina stroncija v sami vodi (vodni sušini). Koncentracije Sr-90 so v okviru merske negotovosti podobne rezultatom iz zadnjih nekaj let (glej sliko 1.10). Ugotavljamo tudi, da je prisotnost stroncija v ribah (vodni bioti), ki bi bila lahko posledica vpliva NEK, prav tako nemerljiva. Ločeno merjenje kosti in mišic rib se ne izvaja od leta 2005, zato primerjava med koncentracijami stroncija v vzorcih mišic in kosti rib ni mogoča. Stroncij se namreč v glavnem zadržuje v kosteh, kjer so navadno vsebnosti dva velikostna reda višje kot v mišicah.

Fisijski in aktivacijski produkti Mn-54, Co-58, Co-60, Sr-90, Ag-110m, Cs-134, Cs-137, Xe-133 se redno pojavljajo v izpustih NEK. Njihova skupna izpuščena aktivnost v letu 2011 je bila vsaj šest velikostnih redov nižja kot pri tritiju. V zadnjih nekaj letih razen Cs-137 in Sr-90, ki sta del globalne kontaminacije, ni bil noben zaznan v okolju. Nazadnje je bil detektiran Co-60 v letih 2003 in 2006.



Slika 1.9: Primerjava vsebnosti Cs-137 v talnem sedimentu reke Save. Merske negotovosti so v zadnjih letih od 0,3 Bq/kg do 2 Bq/kg.



Slika 1.10: Primerjava povprečnih vsebnosti Sr-90 v vodi reke Save

Izredne meritve v preteklih letih so potrdile tudi prisotnost C-14 v tekočinskih efluentih. Aktivnost C-14 je vsaj 4 velikostne rede nižja kot pri tritiju. Vpliva C-14, ki je posledica tekočih efluentov NEK, na referenčno skupino prebivalstva ne moremo ovrednotiti, ker se meritve C-14 v okviru obratovalnega nadzora izvajajo samo v plinastih efluentih. Podobno prakso imajo tudi druge jedrske elektrarne po Evropi.

Aktivnosti naravnih radionuklidov so primerljive z rezultati meritev v drugih rekah po Sloveniji. V efluentih NEK naravni radionuklidi niso prisotni, zaradi tega ne ocenjujemo njihove obremenitve na okolje. Aktivnosti naravnih radionuklidov so znatno pod izpeljanimi koncentracijami za pitno vodo, kot jih določa *Uredba o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih (UV2)* [4].

OCENA VPLIVOV

Izpostavitve prebivalstva se ocenjuje na podlagi neposrednih meritev izpustov (emisij) in z uporabo ustreznih modelov. V letu 2003 je bila izdelana metodologija in model za oceno doz pri izpostavitvi prebivalcev [7]. V začetku leta 2009 je bila opravljena revizija tega modela z naslovom *Izpostavitve referenčne skupine prebivalcev sevanju zaradi tekočinskih izpustov NEK v reko Savo – Nova referenčna lokacija, IJS-DP-10114 (2009)* [8]. V metodologiji so identificirane glavne prenosne poti, načini izpostavitve in referenčne skupine za Slovenijo in Hrvaško. Za modelno oceno obremenitev, ki bi jih lahko prinesle zgolj prenosne poti, ki potekajo po Savi, je bila izbrana kot referenčna skupina brežiških športnih ribičev in članov njihovih družin (to je tista skupina, ki potencialno prejme najvišje doze). Za oceno vplivov izpuščenih radioaktivnosti v okolje ob normalnem obratovanju jedrskega objekta smo upoštevali tri starostne skupine: <1 leto, 7–12 let in odrasli >17 let, ki smo jih privzeli tudi v tej metodologiji. Metodologija računanja letne efektivne doze je uporabna le za celoletno vrednotenje vplivov, ne pa tudi pri ocenjevanju večletnega vpliva, saj večletni nanos in radioaktivni razpad nista



upoštevana v modelu. Prvotne ocene, ki so bile narejene v letu 2003, so predpostavljale, da so referenčna skupina ribiči, ki ribarijo pri Brežicah, kjer naj bi bilo popolno mešanje izpuščenih radioaktivnosti v reko Savo. Kasnejša analiza v letu 2009 je ugotovila, da ribiči pogosto ribarijo znatno bližje NEK, kjer je mešanje še nepopolno. V revidiranem modelu je dodana nova referenčna lokacija za ribiče (levi del struge, 350 m pod jezom NEK), ki je prikazana na sliki 1.11. Za to skupino se upošteva drugo razredčitveno razmerje DR , saj na tem mestu ne prihaja do popolnega mešanja s savsko vodo. V študiji [8] je ocenjeno, da je koncentracija izpuščenih radionuklidov na tem mestu trikrat večja ($DR = 3 \pm 2$) od koncentracije na mestu popolnega mešanja reke. Revizija modela je prav tako pokazala, da tudi na stari referenčni lokaciji v Brežicah še ne pride do popolnega mešanja Save, kjer naj bi bilo razredčitveno razmerje DR okrog 1,5.

V tabeli 1.1 je prikazan inventar letnih tekočinskih izpustov NEK v obdobju zadnjih devet let, ki so vhodni podatki pri oceni letne efektivne doze. V tabeli 1.1 so navedeni tudi vsi pomembni radionuklidi, ki bi potencialno lahko bili v izpustnih vodah. Iz tabele je razvidno, da je največ izpuščenega H-3 (tritija), vendar je z vidika radiotoksičnosti nepomemben. Pomembna sta aktivacijska produkta Co-60 in Co-58 ter fisijski produkti Cs-134, Cs-137 in Sr-90. Pri izračunu letne efektivne doze nismo upoštevali prispevka žlahtnih plinov Xe-131m, Xe-133, Xe-133m, Xe-135, Kr-85m in drugih zelo kratkoživih radionuklidov, ker pri ingestiji niso pomembni.

Za izračun letne efektivne doze v letu 2011 so bili uporabljeni naslednji vhodni podatki:

- podatki o letnem izpustu radionuklidov iz poročil NEK (tabela 1.1);
- povprečni pretok Save v Brežicah v tem obdobju ($138 \text{ m}^3/\text{s}$);
- razredčitveno razmerje DR na novi referenčni lokaciji (350 m sotočno od jeza NEK) je (3 ± 2) in v Brežicah ($1,4 \pm 0,5$); dolgoletno povprečno razredčitveno razmerje od 2002 do 2011, dobljeno iz primerjave meritev tritija v izpustih in v Brežicah (slika 1.7);
- povprečna koncentracija suspendiranega sedimenta ($0,02 \text{ kg/m}^3$);
- predpostavimo maksimalno izpostavljenega posameznika in ekstremno porabo (največja možna ocena izpostavitve).

Od številnih mogočih prenosnih poti vnosa izpuščenih radionuklidov so za prebivalce v okolici NEK kot najverjetnejše evidentirane tiste, ki so navedene v tabeli 1.2. Analiza izpostavitve je pokazala, da do najvišjih izpostavitve pride zaradi zadrževanja na bregu in uživanja rečnih rib. Po dostopnih informacijah napajanje živine in zalivanje pridelkov z rečno vodo nista značilnosti tega področja, zato ju nismo podrobneje analizirali. Pitje rečne vode prav tako ni realno zaradi onesnaženosti reke. Vpliv reke Save na pitno vodo se obravnava v poglavju "*Pitna voda in podtalnica*". Analizirana je tudi izpostavitve pri plavanju v reki Savi. Ta prenosna pot se zdi malo verjetna, saj je savski breg pod NEK težko dostopen in neprijazen, zato plavanje ni upoštevano v modelu. Mnogo verjetnejše je kopanje v reki Krki. V modelu je upoštevano zadrževanje na bregu in uživanje rib, značilno za ribiče, ki so v našem primeru referenčna (kritična) skupina. Podrobni podatki o navadah ribičev so bili dobljeni od gospodarja Ribiške družine Brestanica-Krško. Ta družina šteje 150 članov, od tega je bilo v letu 2002 aktivnih 120. Po informacijah gospodarja ribiške družine morda tretjina ribičev uživa ujete ribe. Ti ribiči so referenčna skupina, ki šteje 36 ljudi. V tabeli 1.3 so podane značilnosti referenčne skupine ribičev, ki so bile uporabljene v metodologiji, kot so: čas, ki ga ribič in njegov otrok preživita na bregu in letna praba rib iz Save. Za oceno izpostavljenosti pri pitju savske vode (malo verjetna prenosna pot) so uporabljeni podatki za letno porabo Evropske unije in slovenske zakonodaje po starostnih skupinah: 260 L (<1 leto), 350 L (otroci 7–12 let) in 750 L (odrasli >17 let).



Tabela 1.1: Inventar tekočinskih izpustov od leta 2003 do 2011
Emisijske vrednosti so vzete iz meritev NEK.

Radio-nuklid	2003 (Bq na leto)	2004 (Bq na leto)	2005 (Bq na leto)	2006 (Bq na leto)	2007 (Bq na leto)	2008 (Bq na leto)	2009 (Bq na leto)	2010 (Bq na leto)	2011 (Bq na leto)
H-3	1,03E+13	1,1E+13	1,9E+13	1,27E+13	2,18E+13	7,03E+12	7,33E+12	2,18E+13	4,23E+12
Na-24	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cr-51	-	-	-	-	-	6,72E+04	-	-	-
Mn-54	5,62E+5	7,2E+04	-	1,11E+06	1,13E+06	2,51E+06	6,87E+05	2,64E+05	2,35E+05
Fe-55	1,03E+8	7,0E+07	3,9E+06	2,48E+06	1,39E+07	1,66E+06	1,06E+07	5,91E+06	4,12E+06
Fe-59	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Co-57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Co-58	7,16E+7	1,3E+08	1,3E+07	1,26E+08	5,24E+07	5,29E+07	2,48E+07	1,40E+07	5,09E+06
Co-60	1,27E+8	3,6E+07	3,5E+07	3,99E+07	2,29E+07	8,44E+06	1,03E+07	5,07E+06	3,81E+06
Zn-65	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Se-75	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sr-85	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sr-89	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sr-90	2,46E+5	1,1E+05	1,4E+05	1,09E+05	1,56E+05	8,50E+03	5,16E+05	1,59E+05	4,14E+04
Y-92	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zr-95	2,84E+6	7,0E+05	-	1,26E+06	1,55E+06	1,50E+05	4,68E+04	1,69E+05	-
Nb-95	2,84E+6	7,0E+05	5,9E+04	1,26E+06	1,55E+06	-	-	3,84E+05	-
Nb-97	2,00E+6	-	-	-	-	-	-	-	-
Mo-99	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tc-99m	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kr-85	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kr-85m	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kr-87	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kr-88	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rb-88	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ru-103	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ru-106	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ag-110m	2,77E+6	-	2,8E+05	8,02E+05	1,03E+07	1,74E+06	6,04E+06	8,64E+06	9,77E+06
Sn-113	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sb-124	-	-	-	-	-	-	-	8,27E+04	-
Sb-125	3,35E+7	1,5E+05	5,3E+05	-	-	-	-	2,34E+05	-
Te-123m	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Te-125m	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Te-127m	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Te-129m	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Te-132	-	-	-	-	-	-	-	-	-
I-129	-	-	-	-	-	-	-	-	-
I-131	-	6,6E+05	-	-	1,67E+06	8,43E+04	4,30E+05	-	-
I-132	-	-	-	-	-	-	-	-	-
I-133	-	-	-	-	8,42E+04	5,00E+05	-	-	-
I-134	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cs-134	1,91E+5	-	7,9E+04	2,79E+05	6,73E+05	1,58E+05	7,46E+05	5,78E+04	1,07E+05
Cs-137	1,49E+7	7,7E+07	6,0E+06	1,89E+07	2,89E+07	5,90E+06	9,20E+06	5,91E+06	5,24E+06
Cs-136	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cs-138	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Xe-131m	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Xe-133	-	2,5E+08	2,4E+07	4,95E+08	1,92E+08	6,79E+05	1,46E+07	6,82E+06	1,28E+07
Xe-133m	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Xe-135	-	-	-	-	-	1,20E+06	-	8,87E+04	-
Xe-135m	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ba-140	-	-	-	-	-	-	-	-	-
La-140	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ce-141	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ce-144	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hg-203	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Slika 1.11: Nova in stara referenčna lokacija za ribolov. Stara lokacija je 7,7 km sotočno od jezua NEK, nova pa 350 m od jezua.

Tabela 1.2: Načini in poti izpostavitve v okolici NEK – savska prenosna pot

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

Tabela 1.3: Značilnosti referenčne skupine in maksimalno izpostavljenega posameznika za Slovenijo, uporabljene v metodologiji

	Referenčna skupina	Maksimalno izpostavljeni posameznik
čas, ki ga ribič preživi na bregu	200 h	500 h
čas, ki ga ob ribiču preživi njegov otrok (7–12 let)	100 h	250 h
letna poraba rib iz Save – ribič	10 kg	45 kg
letna poraba rib iz Save – otrok (7–12 let)	3 kg	10 kg
letna poraba rib iz Save – dojenček (<1 leto)	0 kg	0 kg
velikost referenčne (kritične) skupine	36 ljudi	–



Tabela 1.4: Efektivna letna doza posameznika iz referenčne skupine prebivalstva v Brežicah, pri čemer upoštevamo maksimalno izpostavljenega posameznika (ekstremna poraba)

Starostna skupina	Brežice	
	Rečni breg in ingestija rib (zelo verjetna prenosna pot)	Pitje savske vode (malo verjetna prenosna pot)
	Doza (μSv na leto)	
odrasli (>17 let)	0,005 μSv	0,02 μSv
otroci (od 7 do 12 let)	0,001 μSv	0,01 μSv
dojenčki (<1 leto)	0 μSv	0,02 μSv

Tabela 1.5: Efektivna letna doza posameznika iz referenčne skupine prebivalstva na novi referenčni lokaciji 350 m pod jezo za leto, pri čemer upoštevamo maksimalno izpostavljenega posameznika (ekstremna poraba)

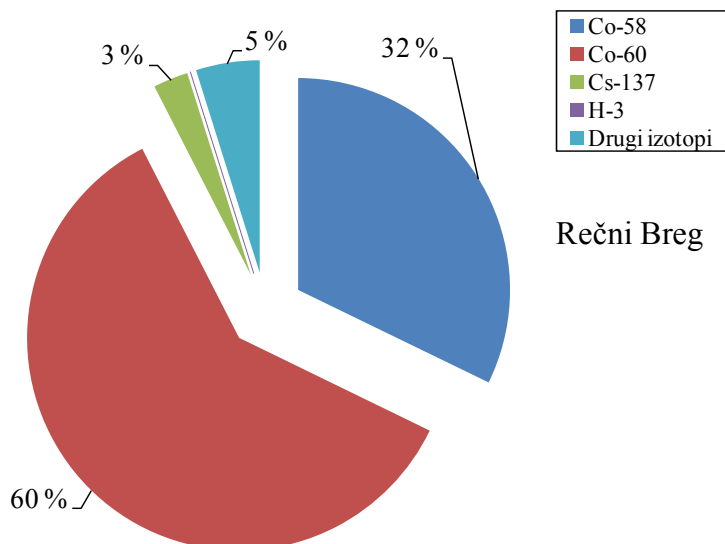
Starostna skupina	350 m pod jezo NEK	
	Rečni breg in ingestija rib (zelo verjetna prenosna pot)	Pitje savske vode (malo verjetna prenosna pot)
	Doza (μSv na leto)	
odrasli (>17 let)	0,010 μSv	0,04 μSv
otroci (od 7 do 12 let)	0,003 μSv	0,02 μSv
dojenčki (<1 leto)	0 μSv	0,05 μSv

Ocena letnih efektivnih doz za posamezno skupino, narejenih na podlagi realnih izpustov NEK in ob predpostavkah največje izpostavitve (ekstremna poraba in maksimalni čas zadrževanja na obrežju), da za odraslo osebo ($0,005 \pm 0,002$) μSv na leto na stari referenčni lokaciji v Brežicah (tabela 1.4). Na novi referenčni lokaciji (350 m sotočno od NEK) pa je izračunana letna efektivna doza za odraslo osebo ($0,01 \pm 0,01$) μSv (tabela 1.5). Druge starostne skupine (otroci in dojenčki) prejmejo še bistveno nižjo efektivno dozo. Vzporedno je narejena tudi ocena efektivne letne doze ob predpostavki pitja rečne vode. V poročilu *IJS-DP-10114* [8] je bilo ugotovljeno, da je prenosna pot pitja rečne vode malo verjetna.

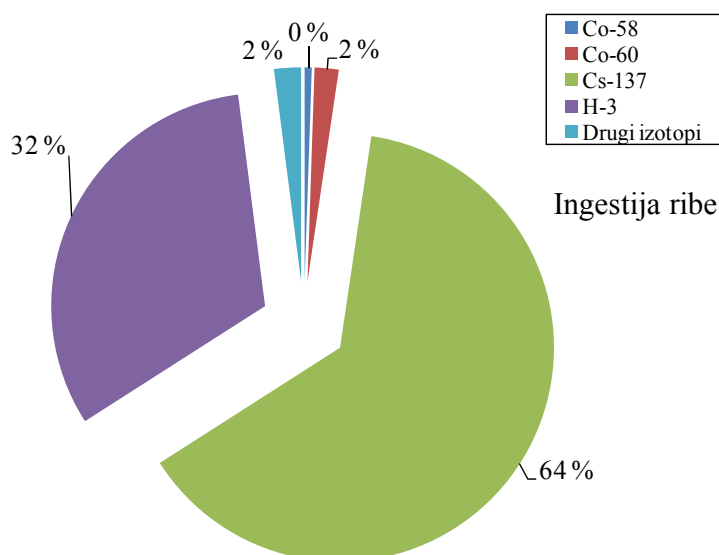
Negotovosti izračunanih letnih efektivnih doz smo ocenili iz negotovosti razredčitvenega razmerja. Letna efektivna doza za standardno prenosno pot je podobna, kot smo jo ocenili v letu 2010. Na slikah 1.12 in 1.13 so deleži prispevkov posameznih radionuklidov, ki največ prispevajo k prejeti dozi pri standardni



prenosni poti (zadrževanje na rečnem bregu in ingestija rib). Pri zadrževanju na bregu je praktično celotna obremenitev referenčne skupine zaradi Co-60 in Co-58 (92 %). K prejeti efektivni dozi pri ingestiji rib največ prispeva Cs-137 (64 %), medtem ko je prispevek H-3 v tem primeru 32 %. Pri pitju savske vode, ki je malo verjetna prenosna pot, postane dominanten prispevek H-3 (100 %).



Slika 1.12: Prispevki posameznih radionuklidov k zunanji dozi pri zadrževanju na rečnem bregu. Največ prispevata Co-58 in Co-60.



Slika 1.13: Prispevki posameznih radionuklidov k efektivni dozi zaradi ingestije rib. Največ prispevata H-3 in Cs-137.

SKLEPI

Tritij se v okolju pojavlja kot kozmogeni radionuklid, saj nastaja v višjih plasteh ozračja in se s



padavinami spira na tla, prav tako pa je tudi v izpustu iz WMT-jev in SGBD-jev iz NEK. V letu 2011 so bili izpusti tritija iz NEK manjši kot v letu 2010 in primerljivi z letom 2008 in 2009. Tritij je edini radionuklid v okolju, ki ga lahko sistematično merimo v savski rečni vodi, in je zagotovo vsaj delno posledica izpustov NEK.

Vpliv NEK zaradi izpustov drugih radionuklidov v reko Savo je v okolju nemerljiv. Glede na podatke o količini izpustov NEK bi takoj za tritijem morali zaznati v okoljskih vzorcih Co-58, Co-60 in Cs-137. Kobaltovih izotopov v letu 2011 nismo zaznali. Vsebnosti cezija in stroncija v vzorcih sotočno od NEK zelo verjetno nista posledica vpliva NEK, ampak neenakomerne globalne kontaminacije. Prisotnost joda v okolju je posledica uporabe tega izotopa v terapevtske in diagnostične namene v bolnišnicah.

Na podlagi izmerjenih izpustov NEK za leto 2011 in upoštevanja ustreznih razredčitev, ki smo jih uporabili v modelski oceni, lahko sklenemo, da je izračunana efektivna doza referenčne skupine na kateri koli referenčni lokaciji sotočno od NEK zaradi savske prenosne poti nižja od 0,01 μSv na leto.

REFERENCE

- [3] ZVISJV – Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (Uradno prečiščeno besedilo UPB-2, Uradni list RS 102/2004, 12306) in Zakon o spremembah in dopolnitvah zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (ZVISJV-C), Ur. l. RS št. 60/2011 z dne 13. 8. 2011
- [4] Uredba o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih (UV2), Uradni list RS 49/2004, 2843
- [5] Ovrednotenje merskih podatkov o radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji v letu 2011, IJS-DP-10921, januar 2012
- [6] 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
- [7] Izpostavitve prebivalcev sevanju zaradi tekočinskih izpustov NE Krško v reko Savo, IJS DP 8801 (2003)
- [8] Izpostavitve referenčne skupine prebivalcev sevanju zaradi tekočinskih izpustov NEK v reko Savo – Nova referenčna lokacija, IJS-DP-10114 (2009)



2 PITNA VODA IN PODTALNICA

POVZETEK

V letu 2011 so bili vzorčevani viri vodovodne vode in črpališč v Brežicah in Krškem, vrtine znotraj ograje NEK (vrtina E1) ter podtalnica in pitna voda na Hrvaškem. V odvzetih vzorcih so bile določene vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov (H-3, Sr-90 in Cs-137, I-131 ni bil zaznan). Vpliv tritija iz NEK je bil zaznan predvsem v vrtini VOP-4 in Medsave na Hrvaškem. Na podlagi izmerjenih vrednosti je bila ocenjena letna efektivna doza za tri referenčne skupine prebivalstva, ki uporabljajo vodo iz vodovodov in črpališč za pitje, poleg tega je bila ocenjena doza, če bi vodo iz vrtine E1 v NEK uporabljali kot pitno vodo. Izračunane letne efektivne doze zaradi prispevka umetnih radionuklidov v brežiškem in krškem vodovodu k celotni efektivni dozi so podobne kot v prejšnjih letih in so 1,2 % celotne izračunane letne doze zaradi vsebnosti vseh radionuklidov, tako umetnih kot naravnih. Četudi bi za pitje uporabljali vodo iz podtalnice v neposredni okolici NEK, je letna doza zaradi prispevka umetnih radionuklidov približno 1,8 % celotne izračunane doze. Celotne izračunane doze zaradi uporabe teh vodnih virov za pitje so znatno pod mejnimi vrednostmi, kot jih navaja uredba UV2 [4]. Na podlagi opravljenih meritev in iz teh izračunanih povprečnih letnih vsebnosti umetnih radionuklidov v vodovodih in črpališčih v okolici NEK lahko rečemo, da je v letu 2011 vpliv NEK zanemarljivo majhen.

UVOD

V reaktorju Nuklearne elektrarne Krško prihaja do cepitve uranovih in plutonijevih jeder in zaradi zajetja nevtronov posledično tudi do aktivacije elementov v hladilni vodi. Ti se nato prenašajo po celotnem primarnem hladilnem krogu. Voda vsebuje produkte korozije, ki se lahko po aktivaciji odlagajo po cevovodih ter povzročajo, da se iz njih širi sevanje žarkov gama. Med svojim obratovanjem NEK nadzorovano izpušča majhne količine radioaktivnih snovi v zrak in vodo. Radioaktivni izotopi iz NEK se delijo na dva tipa, ločena glede na njihov izvor:

- fisijski produkti (npr. I-131, Sr-90, Cs-137) in
- aktivacijski produkti (npr. H-3, Co-60).

Vpliv le-teh se nadzira z merjenjem izpuščene radioaktivnosti (emisije) in z merjenjem vnosa radioaktivnih snovi v okolje (imisije). V okviru nadzora NEK opravljajo neodvisne institucije iz Slovenije (IJS in ZVD) in Hrvaške (IRB) obsežne meritve zraka, zemlje, vode, krmil in hranil na več kot tridesetih lokacijah v okolici elektrarne. V tem poglavju bomo analizirali vplive NEK na onesnaženost pitne vode in podtalnice. Na samem viru merimo emisije, to je vsebnost radionuklidov in njihovo aktivnost v tekočih izpušnih v reko Savo, po drugi strani pa z neposrednimi meritvami v okolici NEK ugotavljamo imisije, to je vnos radionuklidov v podzemne vode oziroma podtalnice in vodovodne vode iz zajetij in črpališč v okolici NEK, kar omogoča neposredno ocenjevanje izpostavljenosti prebivalstva. Vodotoki so najpomembnejša transportna pot radionuklidov v tekočih izpušnih NEK do človeka, saj rečna voda lahko vstopa v sistem podzemnih vod ter vpliva na vire pitne vode v okolici NEK.

Namen vzorčevanja in analiz mesečnih sestavljenih vzorcev vode iz črpališč in zajetij je nadzor najpomembnejših virov pitne vode v okolici NEK. Z analizami ugotavljamo vsebnost naravnih in umetnih radionuklidov ter s tem sklepamo na morebitni prispevek k celotni letni efektivni dozi zaradi obratovanja NEK. Študije v preteklih letih so pokazale, da lahko z naravnimi radionuklidi posredno opazujemo tudi zunanje vplive na okolje (prekomerno gnojenje kmetijskih površin nad vodonosniki, poplave, ...) [9].

Lokacije in obseg so določene v letnem programu nadzora za pitno vodo, ki ga pripravi upravni organ (JV10, URSJV) [2]. Vzorčevalna mesta so izbrana tako, da so vključena črpališča vodovodov, za katera ni izključena možnost, da se napajajo iz reke Save, v katero NEK izpušča tekoče izpuste. Za primerjavo je



bil odvzet in analiziran tudi vzorec vode na referenčni lokaciji (vodovod Ljubljana).

Od sredine preteklega stoletja je prebivalstvo izpostavljeno antropogenim virom, ki so zašli v okolje zaradi nadzemnih jedrskih poskusov in černobilske kontaminacije, tako da so umetni radionuklidi prisotni v našem okolju tudi brez vpliva NEK. V skladu z zahtevami pravilnika *JV10* [2] ovrednotimo sevalne obremenitve za tri starostne skupine, in sicer za enoletnega otroka, desetletnega otroka in odraslo osebo. Pri tem upoštevamo dozne pretvorbene faktorje (predvidena efektivna doza na enoto vnosa zaradi zaužitja $h(g)_{j,ing}$ za posameznike iz prebivalstva) iz tabele 1 v uredbi *UV2* [4] za starostne skupine do 1 leta, od 7 do 12 let ter starejše od 17 let. Pri izračunih upoštevamo, da odrasla oseba letno zaužije $0,75 \text{ m}^3$ vode, desetletni otrok $0,35 \text{ m}^3$ vode in enoletni otrok $0,26 \text{ m}^3$ vode.

ZNAČILNOSTI VZORČEVANJA IN MERITEV

Obseg, način in pogostost vzorčevanja ter zahteve za merilne postopke in opremo pri nadzoru določa *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10)* [2]. V prilogi, ki določa zasnovo letnega programa nadzora radioaktivnosti v okolju jedrske elektrarne, so za pitno vodo predpisane kontrolne meritve z visokoločljivostno spektrometrijo gama ter specifični analizi na vsebnost stroncija (Sr-90/Sr-89) in tritija (H-3).

Izpeljane vrednosti koncentracij (IK) posameznih radionuklidov v pitni vodi so navedene v *Uredbi o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih (UV2)* [4], *Tabela 4*, in povzete v *Meritve radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2008 (Tabela 2.1)* [54].

Kot določa *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10)* [2], so metode vzorčevanja, priprave vzorcev in meritev izbrane tako, da je za sevalce beta in gama detekcijska meja pod tridesetino mejnih vrednosti kontaminacije za pitno vodo, ki so določene v *Uredbi o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih (UV2)* [4]. Metode vzorčevanja, meritev in analiz so podrobno opisane v naslednjih dokumentih: *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 določitev tritija (LSC-DN-06)* in *Meritev, analiza in izračun vsebnosti tritija (LSC-DN-07)*.

Vzorčevanje vodovodov, črpališč in podtalnice je v letu 2011 potekalo v skladu s postopkom *Izvedba programov Rednega nadzora radioaktivnosti v okolici NE Krško in v Republiki Sloveniji (LMR-OP-02)*. V letu 2011 se je vzorčevanje izvajalo na naslednjih lokacijah:

1. Enkratni četrtletni vzorci:

- vodovod Krško (bencinski servis Petrola, Krško)
- vodovod Brežice (bencinski servis Petrola, Brežice)
- vodovod Ljubljana (referenčna lokacija – enkratno vzorčevanje)

2. Mesečni sestavljeni vzorci črpališč vodovodov:

- črpališče Brege, 1,4 km od jeza NEK, 1,1 km od Save (globina vrtine je 17,5 m)
- črpališče Drnovo, 3,1 km od jeza NEK, 2,3 km od Save (globina vrtine je 18 m)
- vodovod Spodnji Stari Grad, levi breg Save, 2,8 km od Save
- vodovod Brežice, levi breg Save, 2,5 km od Save
- črpališče Brežice – Glogov Brod VT1, 3,2 km od Save (globina vrtine je 200 m)

V črpališčih Brege, Drnovo in Brežice – Glogov Brod VT1 ter na odvzemnem mestu vodovod Spodnji Stari Grad so nameščeni avtomatski vzorčevalniki (slika 2.1). Avtomatski vzorčevalniki na vsake tri ure dodajo približno 190 mL vzorca pitne vode v 50-litrski sod. Tako dobimo povprečno mešanico vzorca pitne vode, ki predstavlja celotno mesečno obdobje.



Slika 2.1: Primer avtomatskega vzorčevalnika

Vzorčevanje vode iz vodovoda Spodnji Stari Grad poteka iz hiše Spodnji Stari Grad 14. Dnevni nadzor so opravljali nadzorniki črpališč ali uporabniki pitne vode.

3. Podtalnica

Vzorčevanje podtalnice v neposredni okolici elektrarne je potekalo na dveh mestih:

- vrtina E1 znotraj vzhodne ograje NEK (četrletni vzorci)
- vrtina VOP-4 na levem bregu Save, Vrbina, približno 600 m nizvodno od jezua NEK in približno 50 m od struge Save (mesečno vzorčevanje, samo analiza tritija)

Vzorčevanje na Hrvaškem se opravlja na dveh vzorčevalnih mestih v bližini Zagreba:

- Medsave, vrtina, 22 km od NEK, 0,1 km od Save, kontrolna točka med Savo in črpališčem;
- Šibice, črpališče, 22 km od NEK, 1 km od Save.

REZULTATI MERITEV

Tabele z merskimi rezultati so na priloženi zgoščenki v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2011*, IJS-DP-10930, februar 2012.

Rezultati meritev vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov (H-3 in Sr-90) v vodovodih, črpališčih in podtalnicah so predstavljeni v tabelah (T-28 do T-36). Predstavljeni so rezultati meritev vsebnosti



radionuklidov v enkratnih četrletnih vzorcih pitne vode v Krškem in Brežicah, sledijo rezultati mesečnih sestavljenih vzorcev iz črpališč vodovodov v Krškem, razvrščenih po oddaljenosti od NEK, rezultati mesečnih sestavljenih vzorcev črpališč vodovodov v Brežicah ter rezultati za podtalnico in pitno vodo na Hrvaškem.

Na sliki 2.2 so prikazane koncentracije H-3 v mesečnih sestavljenih vzorcih vode iz črpališč in vodovodov, na sliki 2.3 pa koncentracije H-3 v mesečnih vzorcih podtalnice v neposredni okolici NEK in v Medsavi na Hrvaškem v primerjavi z mesečnimi tekočimi izpusti H-3 v Savo. Vzorčevanje v vrtini VOP-4 in Medsavi je bilo opravljeno v začetku meseca, vzorčevanje sestavljenih vzorcev pa v sredini meseca.

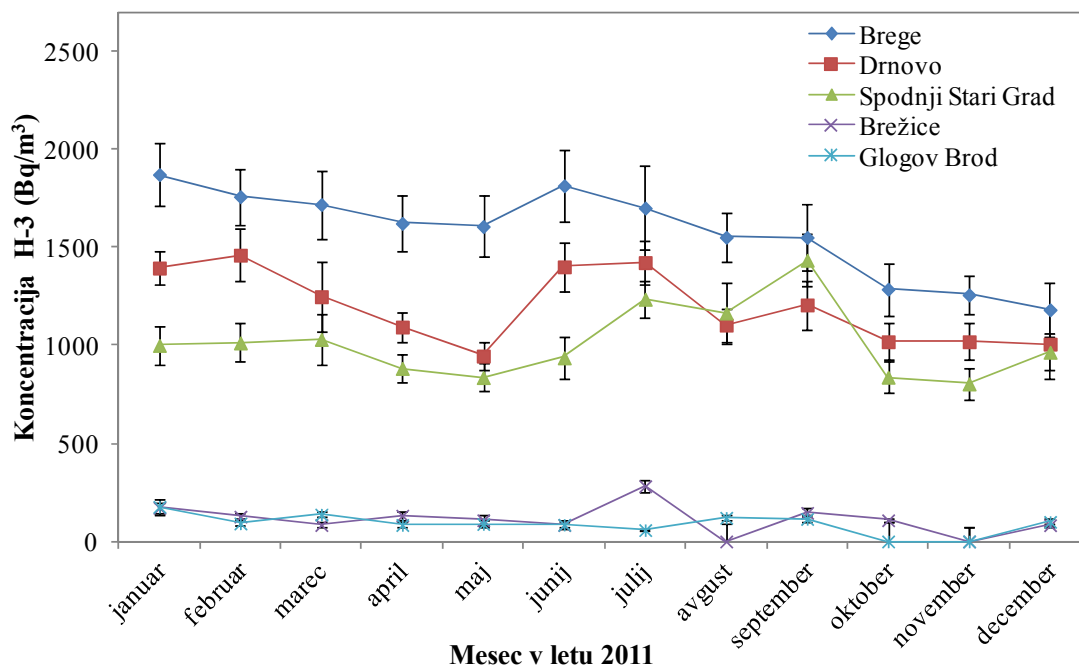
Najvišje koncentracije H-3 so bile v letu 2011 izmerjene v črpališčih Brege, Drnovo in Spodnji Stari Grad, kot je predstavljeno na sliki 2.2. Najvišje mesečno povprečje H-3 je bilo izmerjeno januarja v črpališču Brege (1872 ± 163) Bq/m³, kar se sklada z lanskim trendom, kjer je bila koncentracija tritija v decembru 2010 (1840 ± 200) Bq/m³. Izračunano letno povprečje v črpališču Brege (1577 ± 65) Bq/m³ je višje od letnega povprečja v črpališču Drnovo (1194 ± 54) Bq/m³ ter od letnega povprečja v Spodnjem Starem Gradu (1112 ± 54) Bq/m³. Zanimiva je razlika med povprečjem H-3 na črpališčih Brege in Drnovo, kajti obe črpališči sta nad istim vodonosnikom, ki ga napajata reki Sava in Krka. Tu bi lahko razliko pripisali oddaljenosti črpališča Brege od reke Save. To črpališče je bližje reki in je večja možnost lokalnega mešanja Save z vodonosnikom na mikrolokaciji.

Najmanjša mesečna povprečja H-3 so bila izmerjena junija v vodovodu Brežice (84 ± 12) Bq/m³ in v črpališču Brežice – Glogov Brod (85 ± 22) Bq/m³. Posledično so tudi izračunana letna povprečja H-3 na teh lokacijah nizka. Izračunano letno povprečje H-3 v vodovodu Brežice je (111 ± 22) Bq/m³, v črpališču Brežice – Glogov Brod pa (88 ± 15) Bq/m³. Razlog manjših koncentracij H-3 je globlja vrtina na črpališču Brežice – Glogov Brod, ki je globoka okoli 200 metrov (vrtini Drnovo in Brege okoli 18 m), kar pomeni, da je vir v črpališču Brežice dobro ločen od reke Save, njen vpliv pa je mogoče le občasno zaznati. Vodovod Brežice ima podobno koncentracijo H-3, ker je večino časa napajana ravno iz črpališča Brežice – Glogov Brod.

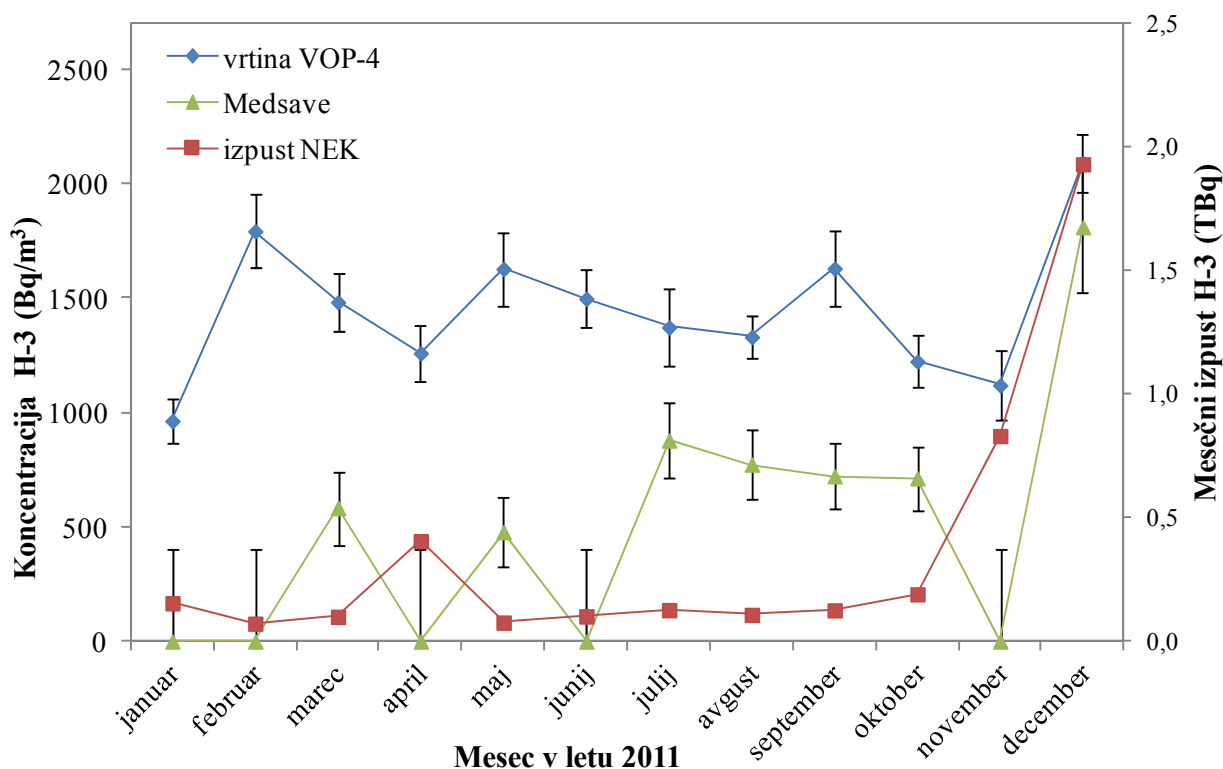
Izračunano letno povprečje H-3 v četrletnih vzorcih vodovoda na bencinskem servisu Petrol v Krškem je (945 ± 128) Bq/m³, na bencinskem servisu Petrol v Brežicah pa je bila koncentracija H-3 manjša od meje detekcije <128 Bq/m³. Najvišja koncentracija H-3 v četrletnih vzorcih je bila izmerjena v tretjem četrletju na bencinskem servisu v Krškem (1260 ± 210) Bq/m³. Na bencinskem servisu v Brežicah je bila koncentracija celo leto pod mejo detekcije, največja vrednost pa je bila ocenjena v zadnjem četrletju <470 Bq/m³. Izračunana povprečja četrletnih vzorcev so istega velikostnega reda in se skladajo z izračunanimi vrednostmi letnega povprečja H-3 v črpališčih, iz katerih naj bi bili vodovodi napajani.

V ljubljanskem vodovodu je koncentracija H-3 (848 ± 108) Bq/m³ in je desetkrat višja od pitne vode v Brežicah, kar še dodatno potrjuje, da v Brežicah ni zaznanega vpliva tekočinskih izpustov H-3 iz NEK.

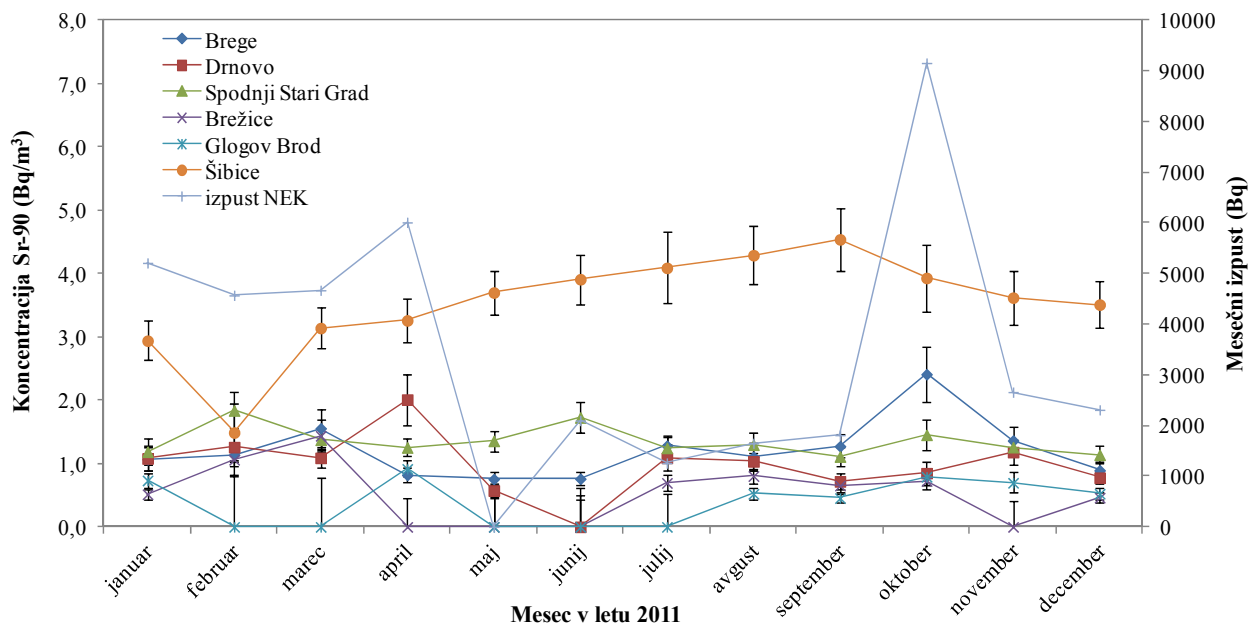
Letno povprečje meritev H-3 v vzorcih vrtine E1 v NEK je (1225 ± 137) Bq/m³. Najvišja koncentracija H-3 je bila izmerjena v vzorcu iz zadnje četrtine leta (1460 ± 210) Bq/m³. Na sliki 2.3 je predstavljena primerjava koncentracij H-3 v mesečnih vzorcih vrtine VOP-4 in Medsave na Hrvaškem s tekočimi izpusti H-3 iz NEK (mesečni izpusti so predstavljeni na desni osi). Na sliki se opazi trend višjih koncentracij tritija ob večjih koncentracijah tekočinskih izpustov z mesečnim zamikom, kajti vzorci vrtin so odvzeti v začetku meseca. Najvišje koncentracije H-3 v vrtini VOP-4 v Vrbinu so bile izmerjene v februarju, spetembru in decembru, in sicer (1792 ± 161) Bq/m³, (1692 ± 162) Bq/m³ in (2089 ± 124) Bq/m³, medtem ko je letno povprečje odvzemov (1449 ± 309) Bq/m³. V podtalnici na področju Republike Hrvaške so bile na vzorčevalnem mestu Medsave izmerjene najvišje koncentracije H-3 v juliju, avgustu in decembru, in sicer (1372 ± 165) Bq/m³, (1330 ± 151) Bq/m³ in (2089 ± 283) Bq/m³. Vrednosti v vrtini Šibice so nižje, najvišje mesečno povprečje je bilo izmerjeno v aprilu (922 ± 132) Bq/m³. Letni povprečni vrednosti H-3 sta (497 ± 158) Bq/m³ v Medsavah in (360 ± 115) Bq/m³ v Šibicah.



Slika 2.2: Koncentracija H-3 v mesečnih sestavljenih vzorcih iz črpališč in vodovodov za leto 2011



Slika 2.3: Koncentracija H-3 v mesečnih vzorcih podtalnice v neposredni okolici NEK (vrtina VOP-4) in v vrtini Medsave na Hrvaškem ter mesečni tekoči izpusti H-3 v Savo (predstavljeni na desni osi) za leto 2011



Slika 2.4: Koncentracija Sr-90 v mesečnih sestavljenih vzorcih iz črpališč in vodovodov ter mesečni izpusti Sr-90 v Savo (predstavljeni na desni osi)

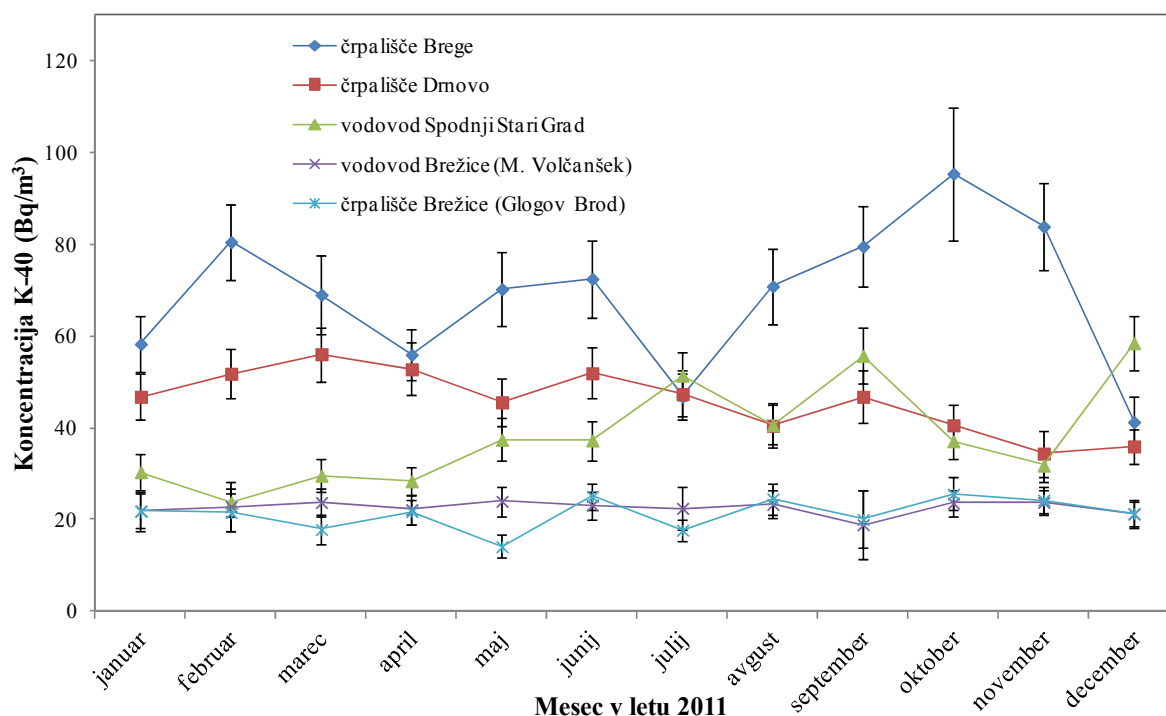
V tabelah meritev stroncija v vzorcih črpališč in vodovodov, ki so priložene na zgoščenki, se poročane specifične aktivnosti Sr-90/Sr-89 nanašajo na aktivnosti Sr-90, saj v poročanih izpustih iz NEK Sr-89 ni bil zaznan. V mesečno sestavljenih vzorcih v črpališčih krškega vodovoda je bilo največje izračunano letno povprečje Sr-90 v Spodnjem Starem Gradu, in sicer $(1,35 \pm 0,06)$ Bq/m³. V brežiškem črpališču in vodovodu so letna povprečja Sr-90 nižja, in sicer $(0,53 \pm 0,14)$ Bq/m³ v vodovodu Brežice in $(0,39 \pm 0,11)$ Bq/m³ v črpališču Brežice – Glogov Brod.

V enkratno odvzetih četrletnih vzorcih je bilo izračunano letno povprečje Sr-90 $(0,74 \pm 0,10)$ Bq/m³ na bencinskem servisu Petrol v Krškem in $(0,77 \pm 0,06)$ Bq/m³ na bencinskem servisu Petrol v Brežicah. V ljubljanskem vodovodu je bilo izračunano povprečje koncentracije Sr-90 večje kot v Krškem in Brežicah, in sicer $(1,56 \pm 0,13)$ Bq/m³. Na sliki 2.4 so prikazane koncentracije Sr-90 v mesečnih vzorcih vode črpališč in vodovodov ter mesečni tekoči izpusti Sr-90 iz NEK (slednji so predstavljeni na desni osi). Tu je najbolj opaženo črpališče Šibice na Hrvaškem, kjer je bilo izračunano povprečje $(3,5 \pm 0,2)$ Bq/m³, pri čemer se ne odmika od trenda prejšnjih let (slika 2.8).

Nekoliko višje letno povprečje Sr-90 je bilo določeno v vzorcih iz vrtine E1 NEK $(4,1 \pm 0,8)$ Bq/m³, kjer je bila najvišja koncentracija Sr-90 izmerjena v drugi četrtini leta $(6,2 \pm 0,5)$ Bq/m³. Višje koncentracije Sr-90 so bile izmerjene tudi v podtalnici na Hrvaškem, kjer sta bili izračunani letni povprečji $(2,9 \pm 0,2)$ Bq/m³ v Medsavi in $(3,5 \pm 0,2)$ Bq/m³ v Šibicah, najvišja pa je bila septembra, in sicer $(4,5 \pm 0,5)$ Bq/m³.

V mesečnih ali četrletnih vzorcih Cs-137 na večini vzorčenih mest v Krškem in Brežicah ni bil zaznan ali pa so bile zaznane le sledi, pogosto pod mejo kvantifikacije. V vzorcih vrtine E1 NEK so bile zaznane le sledi. Podobno kot v prejšnjih letih Cs-137 ni bil zaznan niti v vzorcih iz vrtin Medsave in Šibice na Hrvaškem.

Podobno kot v prejšnjih letih I-131 ni bil zaznan v nobenem izmed vzorcev iz krškega in brežiškega vodovoda ali črpališč, kot tudi ne v vzorcih vrtine E1 NEK ali vrtin na Hrvaškem.

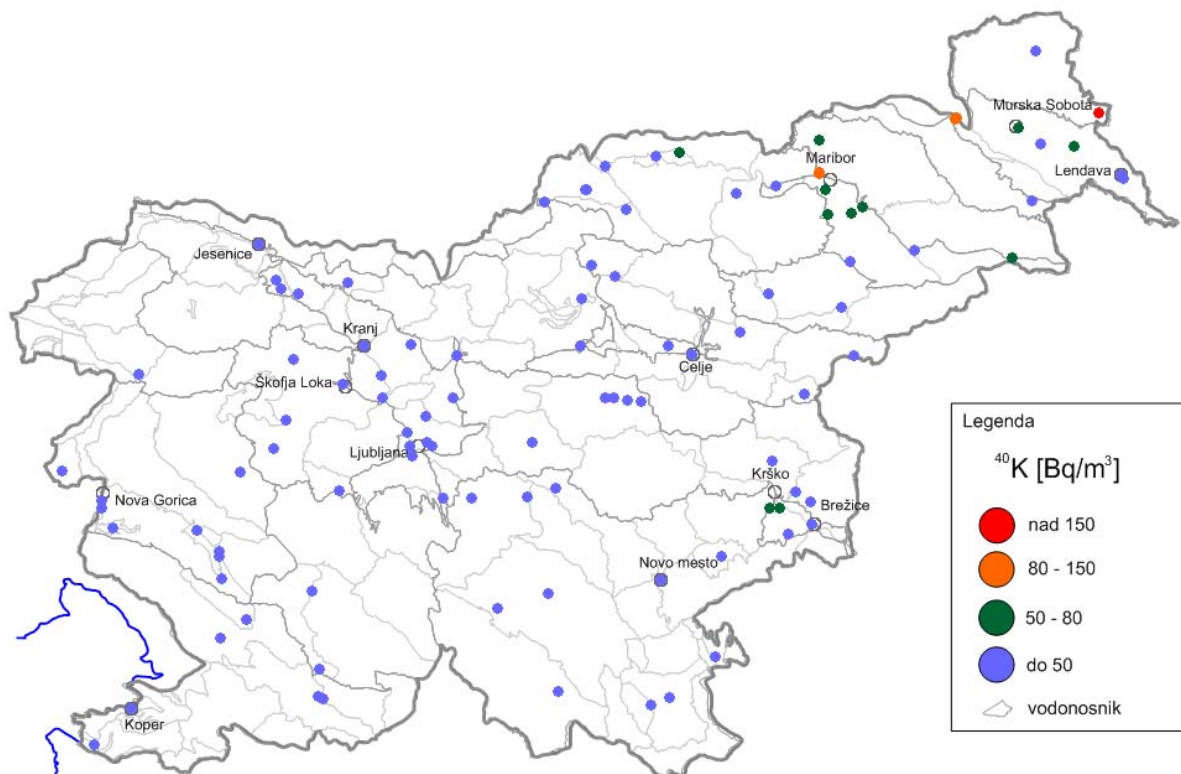


Slika 2.5: Povprečne mesečne koncentracije K-40 v vodovodih in črpališčih za leto 2011

Vsebnosti naravnega izotopa K-40 so bile izmerjene na vseh vzorčevalnih mestih, letna povprečja se gibljejo od 38 Bq/m^3 (Spodnji Stari Grad) do 68 Bq/m^3 (Brege) v črpališčih in vodovodu v Krškem, v Brežicah pa od 21 Bq/m^3 (črpališče Brežice – Glogov Brod) do 23 Bq/m^3 (vodovod Brežice) (slika 2.5). Stabilnost trenda koncentracije K-40 nakazuje, da sta črpališči Brege in Drnovo bolj pod vplivom zunanjih sprememb v okolju (poplave, močno deževje, itd.) [9].

Povprečna letna koncentracija K-40 v vrtini E1 NEK je $(125 \pm 7) \text{ Bq/m}^3$. Pri tem je mogoče smiselno poudariti, da je prispevek K-40 k dozi konstanten, saj organizem homeostatsko uravnava kalij v telesu in odvečnega izloči.

Na sliki 2.6 je prikazana koncentracija K-40 v podzemni in pitni vodi po Sloveniji. Večina meritev je bila opravljenih v okviru republiškega programa nadzora radioaktivnosti v pitni vodi po Sloveniji. Iz slike 2.6 je razvidno, da je koncentracija K-40 malo višja na območju krškega vodonosnika in dosti bolj povečana v predelu severovzhodne Slovenije. Višjo koncentracijo K-40 razlagamo z večjim vnosom kalija ob gnojenju kmetijskih površin nad območji vodonosnikov [A. Kovačič et al., Strokovne podlage za razglasitev ogroženosti podzemne vode v Republiki Sloveniji, 2002].



Slika 2.6: Koncentracija K-40 v pitnih in podzemnih vodah ter meje vodonosnikov (Agencija RS za okolje: <http://gis.arso.gov.si/atlasokolja>) po Sloveniji od 2005 do 2011. Na sliki so podatki obratovalnega nadzora NEK in republiškega programa nadzora radioaktivnosti v pitni vodi po Sloveniji.

Za vsa vzorčevalna mesta krškega in brežiškega vodovoda ter vrtino E1 NEK velja, da so letna povprečja naravnega U-238 nizka, najvišje letno povprečje je bilo izmerjeno v Spodnjem Starem Gradu, in sicer $(4,9 \pm 0,6) \text{ Bq/m}^3$. Povprečne letne koncentracije Ra-226 na istih lokacijah se gibljejo od $1,4 \text{ Bq/m}^3$ (vodovod Brežice in črpališče Brežice – Glogov Brod) do $3,1 \text{ Bq/m}^3$ (črpališče Drnovo), medtem ko je letno povprečje v vrtini E1 NEK $(3,9 \pm 0,7) \text{ Bq/m}^3$. Pb-210 najdemo le v sledovih, najvišja izmerjena povprečna vsebnost Pb-210 je $(8,8 \pm 2,0) \text{ Bq/m}^3$ v črpališču Brežice – Glogov Brod. Za Ra-228 se letna povprečja gibljejo med $0,37 \text{ Bq/m}^3$ (vodovod Brežice) do $2,2 \text{ Bq/m}^3$ (vrtina E1 NEK). Koncentracije Th-228 se gibljejo med $0,2 \text{ Bq/m}^3$ (črpališče Drnovo) in $0,9 \text{ Bq/m}^3$ (vrtina E1 NEK). Be-7 je bil detektiran v črpališču Brege, vodovodu Spodnji Stari Grad in vodovodu Brežice v enkratnih in posameznih sestavljenih mesečnih vzorcih, najvišja vrednost je bila izmerjena aprila v vodovodu Spodnji Stari Grad $(4,5 \pm 2,2) \text{ Bq/m}^3$. Be-7 nastaja v atmosferi in se spira na tla z deževnico, kar nakazuje na mešanje deževnice z vodo v vodonosniku.



DISKUSIJA

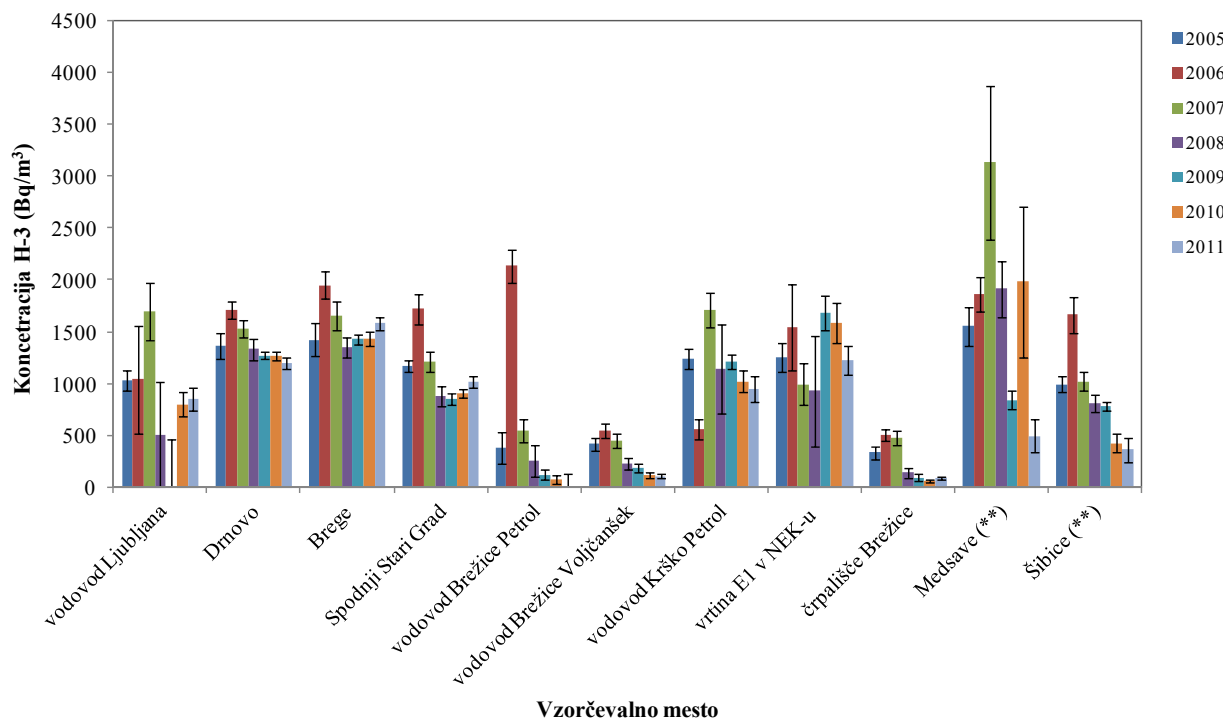
Z analizami radionuklidov v pitnih in podzemnih vodah v okolici NEK ugotavljamo morebitni vpliv NEK na onesnaženje podzemne in posledično pitne vode v okolici NEK. Pri analizi vzorcev izmerimo koncentracije tako umetnih kot tudi naravnih radionuklidov. Koncentracije naravnih radionuklidov uporabimo za izračun primerjave prispevka naravnih in umetnih radionuklidov k letni dozi. Poleg primerjave pa lahko naravne radionuklide uporabimo kot indikatorje nenadnih sprememb v okolju.

V eni od šudij se je izkazalo, da je lahko naravni radionuklid K-40 indikator za prekomerno gnojenje kmetijskih površin, ki so nad vodonosniki [9] in s tem posledično tudi mogoč indikator za povečanje koncentracije nitratov v zemlji in podtalnici in s tem v pitni vodi. Za kvalitetnejšo rast pridelkov v kmetijstvu se kalij uporablja kot mineralno gnojilo kmetijskih površin, pri čemer je gnojenje eden izmed razlogov za povečanje koncentracije nitratov v podzemnih vodah.

Z določanjem vsebnosti umetnih radionuklidov v pitni vodi in podtalnici pa ugotavljamo vpliv morebitnega onesnaževanja zaradi izpustov iz NEK. V tekočih izpustih NEK je največ H-3, ki se prenaša kot voda ali vodna para. Tekoči izpusti H-3 v letu 2011 so bili na podlagi meritev NEK 4,2 TBq, kar je približno petkrat manj kot v preteklem letu (21,8 TBq v 2010) in skoraj polovico manj kot v letih 2009 in 2008 (7,3 TBq v 2009, 7,0 TBq v 2008).

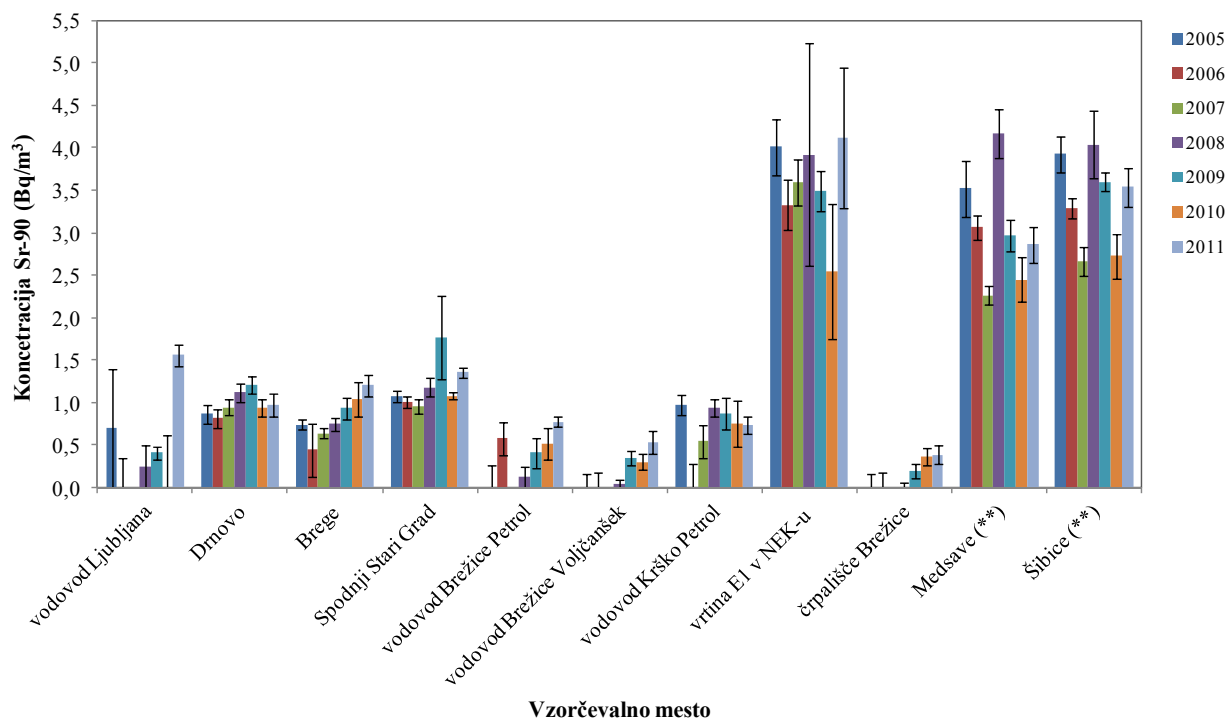
Največji tekočinski izpust H-3 je bil v letu 2011 v mesecu decembru (1,9 TBq), kar je skoraj polovico letne vrednosti izpusta H-3.

Tekoči izpusti Sr-90 v letu 2011 so bili (4,1E+4) Bq in so bili nižji kot v letu 2010 (1,6E+5) Bq in letih poprej, kjer so bile letne vrednosti (3,3E+5) Bq v 2009, (8,5E+3) Bq v 2008, (1,1E+5) v 2007, (1,1E+5) Bq v 2006, (1,4E+5) Bq v 2005 in (1,1E+5) Bq v letu 2004).



Slika 2.7: Povprečne letne koncentracije H-3 v vodovodih, črpališčih in podtalnici od leta 2005 do 2011 na različnih vzorčevalnih mestih.**

** vzorčevanje in meritve izvaja IRB iz Zagreba



Slika 2.8: Povprečne letne koncentracije Sr-90 v vodovodih, črpališčih in podtalnici od leta 2005 do 2011.**

Primerjave povprečnih letnih koncentracij H-3 in Sr-90 v vzorcih vode iz črpališč, vodovodov in podtalnic v okolici NEK od leta 2005 do 2011 so prikazane na slikah 2.7 in 2.8. V letu 2011 je bilo mogoče zaznati, enako kot v letih poprej, vpliv tekočih izpustov iz NEK. Izračunane povprečne letne koncentracije umetnih radionuklidov tritija in stroncija v vodovodih in črpališčih v okolici NEK pa so bile v letu 2011 kljub temu nižje ali v okviru negotovosti primerljivega velikostnega reda kot v preteklih letih.

V krškem vodovodu je prispevek umetnih radionuklidov višji kot v brežiškem vodovodu, kar je bilo opaženo tudi v preteklih letih. Razlog za to je, da je krška pitna voda črpana iz vodonosnika, ki je napajana iz rek Save in Krke. V letu 2011 je bilo, podobno kot v lanskem letu, mogoče zaslediti vpliv izpustov H-3 iz NEK na vrtino VOP-4. Pri obravnavi je treba upoštevati, da so podani izpusti za ves mesec, vzorčevanje vod pa poteka od sredine enega meseca do sredine naslednjega meseca (za februar od sredine januarja 2011 do sredine februarja 2011). Vzorčevanje v vrtini VOP-4 (enkratni vzorec) se opravi v začetku meseca. Posledica je navidezni časovni zamik med emisijo in pojavom H-3 v črpališčih in vrtini VOP-4, zaradi česar smo pri izračunu korelacije za enkratno odvzete vzorce (VOP-4, Medsave) upoštevali enomesečni časovni zamik. V tabeli 2.1 so predstavljeni korelacijski koeficienti, izračunani za izmerjene mesečne koncentracije H-3 in Sr-90 v črpališčih Brege in Drnovo, v vodovodu Spodnji Stari Grad, v črpališču Šibice in izmerjene mesečne koncentracije H-3 v vrtinah VOP-4 in Medsave, ter mesečnimi tekočimi izpusti H-3 in Sr-90 iz NEK. Merilo za korelacijo je vzorčni korelacijski (Pearsonov) koeficient [10]. Iz tabele 2.1 je razvidno, da je korelacija za H-3 v črpališčih negativna, kar pomeni, da ni direktnega stika med črpališči in izpusti iz NEK, pri VOP-4 in Medsave pa je močna in se ujema z značilnostmi vzorčevanja. Vrtini VOP-4 in Medsave sta namenjeni za analizo podtalnice, kar pomeni, da se voda iz teh vrtin ne uporablja za pitje.

** vzorčevanje in meritve izvaja IRB iz Zagreba

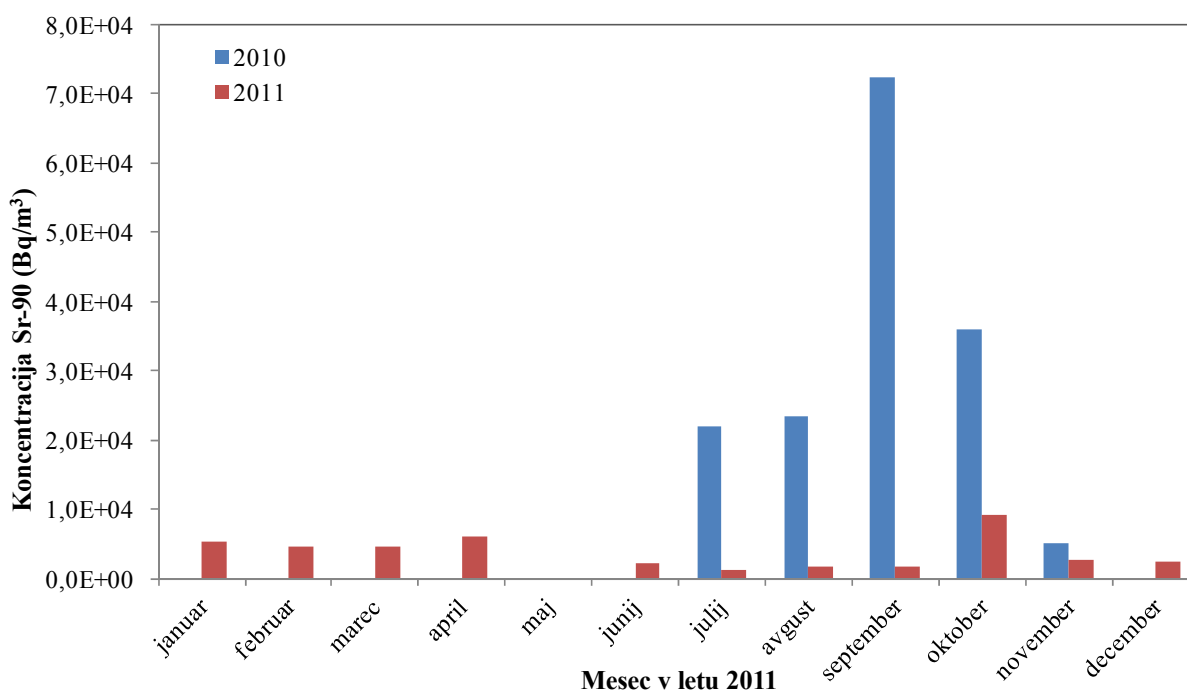


Tabela 2.1: Korelacijski koeficienti, izračunani med izmerjenimi mesečnimi koncentracijami H-3 in Sr-90 v črpališčih in vodovodih in mesečnimi koncentracijami H-3 v vrtinah VOP-4 in Medsave na Hrvaškem z mesečnimi tekočimi izpusti H-3 in Sr-90 iz NEK.

Korelacija z mesečnimi izpusti	Brege	Drnovo	Spodnji Stari Grad	VOP-4	Medsave	Šibice
H-3	-0,71	-0,45	-0,24	0,71	0,79	–
Sr-90	0,65	0,40	0,18	–	–	-0,45

Letno povprečje H-3 v vrtini VOP-4 v letu 2011 je (1450 ± 90) Bq/m³ in je precej manjše kot prejšnja leta (6080 ± 1960) Bq/m³ v letu 2010, (1650 ± 160) Bq/m³ v 2009, (3200 ± 390) Bq/m³ v letu 2008 in (5170 ± 2400) Bq/m³ v letu 2007. Vzrok manjših izmerjenih vrednosti je približno petkrat manjši letni izpust H-3 iz NEK. V letu 2011 sta bili najvišji koncentraciji H-3 v vrtini VOP-4 izmerjeni v mesecu februarju (1792 ± 161) Bq/m³ in decembru (2089 ± 124) Bq/m³, kar se tudi ujema z mesečnimi izpusti H-3 iz NEK, ki so bili največji v mesecu novembru in decembru (0,83 TBq in 1,9 TBq). Vrtina VOP-4 leži približno 600 m nizvodno od jedrske elektrarne, na levem bregu približno 50 m od struge. Pri visokem vodostaju pronica rečna voda v podtalnico, pri nizkem vodostaju pa se podtalnica cedi v reko. Ker se vrtina VOP-4 vzorčuje na začetku vsakega meseca, je potrebno upoštevati zamik pri korelaciji in iz tega lahko ugotovimo, da je koncentracija H-3 korelirana z izpusti H-3. Povečani izpusti v novembru se kažejo v povečani koncentraciji H-3 v decembrskem izmerjenem vzorcu VOP-4.

Vpliv izpustov H-3 iz NEK na vrtino VOP-4 je mogoče opaziti v novembru in decembru, ko so bili tudi mesečni izpusti iz NEK veliko višji od letnega povprečja. Izpeljana vrednost koncentracije (IK) za H-3 v pitni vodi za odrasle osebe je 10^5 Bq/m³, kar pomeni da je najvišja izmerjena koncentracija H-3 v VOP-4 zelo majhna in pod predpisano mejo ($\approx 2\%$ IK), pri čemer pa je potrebno povedati, da ni verjetno, da bi vodo iz VOP-4 pili. V povprečju se v rekah po Sloveniji koncentracija H-3 v okviru merske negotovosti giblje okoli 1000 Bq/m³ [5].



Slika 2.9: Tekočinski mesečni izpusti Sr-90 iz NEK v letih 2010 in 2011



Tekoči izpusti Sr-90 so bili v letu 2011 približno štirikrat manjši kot v prejšnjem letu. Kljub temu pa so povprečne letne koncentracije Sr-90 v vzorcih vodovodov, črpališč in podtalnic primerljivega velikostnega reda kot v preteklih letih. Višje koncentracije Sr-90 so bile izmerjene le v aprilu na črpališču Drnovo ($2,0 \pm 0,4$) Bq/m³ in v oktobru v Bregah ($2,4 \pm 0,4$) Bq/m³. Nasprotno od lanskega leta, ko je NEK izpuščal Sr-90 koncentrirano in razdeljeno le pet mesecev, so v letu 2011 tekočinske izpuste Sr-90 razdelili skoraj preko vsega leta (slika 2.9).

Kljub temu je bilo mogoče vpliv izpustov Sr-90 iz NEK zaslediti v oktobru na črpališču Brege, kjer so vrednosti tudi najbolj korelirane s tekočinskimi izpusti Sr-90 iz NEK (tabela 2.1). V zajetju Spodnji Stari Grad so bile koncentracije Sr-90 skozi vse leto podobne in so se gibale od 1,1 Bq/m³ do 1,84 Bq/m³. V vodovodu Brežice je bila koncentracija Sr-90 povečana samo v mesecu marcu ($1,44 \pm 0,3$) Bq/m³, drugače pa so bile vrednosti podobne izmerjenim nizkim koncentracijam na črpališču Brežice (pod 1 Bq/m³). Koncentracije Sr-90 v črpališčih in vodovodih Krško in Brežice so bile tudi v tem letu znatno nižje od izpeljane vrednosti koncentracije (IK) za Sr-90 v pitni vodi, ki je za odrasle osebe 4800 Bq/m³.

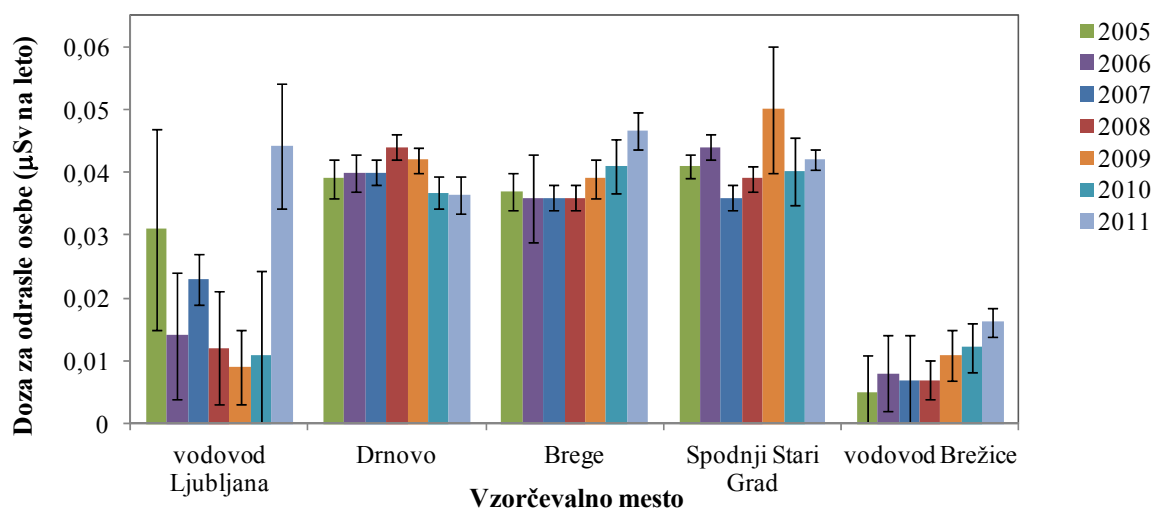
OCENA VPLIVOV

V tabelah 2.2 in 2.3 so izračunane letne efektivne doze za referenčne skupine prebivalstva, ki uporabljajo to vodo za pitje. Za primerjavo so podane tudi vrednosti, izračunane na osnovi meritev na referenčni lokaciji (vodovod Ljubljana).

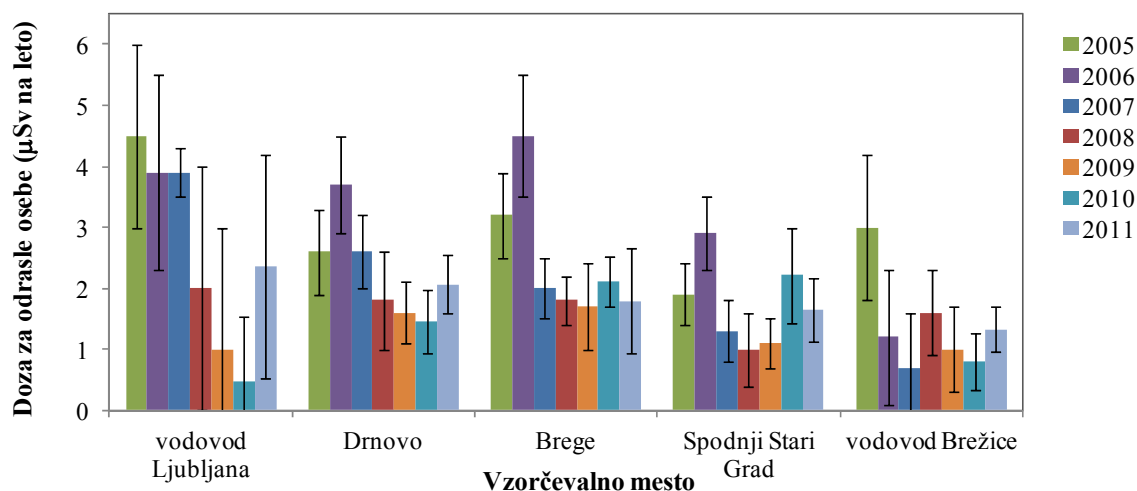
Prispevek umetnih radionuklidov zaradi globalne kontaminacije okolja ocenjujemo iz vsebnosti radionuklidov iz brežiškega vodovoda. V letu 2011 je ocenjena letna efektivna doza za odraslo osebo zaradi prisotnosti umetnih radionuklidov v brežiškem vodovodu ($0,013 \pm 0,002$) μSv, medtem ko je celotna ocenjena letna doza za odraslo osebo zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov ($1,4 \pm 0,36$) μSv. Od naravnih radionuklidov prispeva k dozi največ Th-230 ($0,11 \pm 0,04$) μSv.

Čeprav je v krškem vodovodu prispevek umetnih radionuklidov nekoliko višji kot v Brežicah, ni opaziti korelacije med ocenjeno letno dozo zaradi prisotnosti umetnih radionuklidov in razdaljo od točke tekočinskih izpustov iz NEK. Čeprav je črpališče Brege najbližje točki izpustov iz NEK oziroma Savi, je ocenjena letna doza zaradi prisotnosti umetnih radionuklidov v Bregah celo manjša od ocenjene letne doze na Drnovem in primerljiva z ocenjeno dozo v Spodnjem Starem Gradu. Prispevek umetnih radionuklidov k obremenitvi referenčnega človeka v krškem vodovodu je ($0,03 \pm 0,003$) μSv na leto, medtem ko je celotna ocenjena letna doza za odraslo osebo ($2,3 \pm 0,9$) μSv. Med naravnimi radionuklidi k dozi v krškem vodovodu največ prispevajo Ra-228 in Th-230.

V ljubljanskem vodovodu je bil prispevek umetnih radionuklidov ocenjen na ($0,04 \pm 0,01$) μSv na leto za odraslo osebo, kar je 2 % celotne ocenjene letne doze zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov ($2,4 \pm 1,8$) μSv. Zanimivo je, da je prispevek umetnih radionuklidov k skupni dozi za leto 2011 v Ljubljani višji kot v okolici NEK, kar še dodatno dokazuje, da je vpliv tekočinskih izpustov iz NEK na okolje zanemarljiv. Četudi bi za pitje uporabljali vodo iz podtalnice znotraj ograje NEK (vrtina E1 v NEK), bi bila prejeta doza zaradi prispevka umetnih radionuklidov ocenjena na ($0,10 \pm 0,02$) μSv na leto za odraslo osebo, medtem ko je celotna ocenjena letna doza zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov ($5,95 \pm 1,85$) μSv.



Slika 2.10: Ocenjeni prispevek umetnih radionuklidov k letni dozi za odraslo osebo v zadnjih sedmih letih na različnih vzorčevalnih lokacijah.



Slika 2.11: Ocenjena letna doza zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov za odraslo osebo v zadnjih sedmih letih na različnih vzorčevalnih lokacijah.

Če podrobno pogledamo sliki 2.10 in 2.11 ugotovimo, da je ordinatna os na sliki 2.9 v primerjavi z ordinatno osjo na sliki 2.11 za faktor sto manjša in je prispevek umetnih radionuklidov k letni dozi za odraslo osebo zaradi izpustov NEK zanemarljiv v primerjavi s prispevkom k letni dozi zaradi naravnega sevanja.



Preglednica 2.2a: Vodovodi in črpališča pitne vode in podtalnice v letu 2011 (meritve IJS). Povzetek prispevka umetnih in naravnih radionuklidov za dojenčka, otroka (7–12 let) in odraslega*, izračunanega iz merskih podatkov ter doznih pretvorbenih faktorjev iz reference [4].

Starostna skupina	Radionuklidi	Enkratni četrtletni vzorci			Mesečni sestavljeni vzorci					Enkratni vzorec
		VODOVOD LJUBLJANA (**)	VODOVOD BREŽICE	VODOVOD KRŠKO	VODOVOD BREŽICE	ČRPALIŠČE DRNOVO	ČRPALIŠČE BREGE	VODOVOD SPODNJI STARI GRAD	ČRPALIŠČE BREŽICE Glogov brod	VRTINA E1 V NEK (***)
Doza (μSv na leto)										
DOJENČKI (do 1 leta)	Umetni radionuklidi	0,11 \pm 0,01	0,046 \pm 0,004	0,06 \pm 0,01	0,03 \pm 0,01	0,08 \pm 0,01	0,10 \pm 0,01	0,098 \pm 0,004	0,02 \pm 0,01	0,27 \pm 0,05
	Umetni in naravni radionuklidi	21,46 \pm 9,28	10,60 \pm 3,17	16,80 \pm 4,15	8,97 \pm 2,78	14,91 \pm 2,35	15,43 \pm 4,01	12,96 \pm 2,49	17,22 \pm 3,32	39,44 \pm 8,08
OTROCI (od 7 do 12 let)	Umetni radionuklidi	0,040 \pm 0,004	0,016 \pm 0,002	0,023 \pm 0,002	0,012 \pm 0,003	0,030 \pm 0,003	0,038 \pm 0,003	0,037 \pm 0,001	0,009 \pm 0,002	0,10 \pm 0,02
	Umetni in naravni radionuklidi	3,95 \pm 2,46	2,20 \pm 0,64	3,51 \pm 1,15	2,00 \pm 0,59	3,24 \pm 0,64	3,11 \pm 1,13	2,72 \pm 0,68	4,22 \pm 0,86	8,93 \pm 2,39
ODRASLI (od 17 leta)	Umetni radionuklidi	0,04 \pm 0,01	0,016 \pm 0,002	0,028 \pm 0,003	0,013 \pm 0,003	0,037 \pm 0,003	0,047 \pm 0,003	0,042 \pm 0,002	0,010 \pm 0,002	0,10 \pm 0,02
	Umetni in naravni radionuklidi	2,36 \pm 1,83	1,32 \pm 0,37	2,27 \pm 0,87	1,40 \pm 0,36	2,07 \pm 0,48	1,79 \pm 0,86	1,65 \pm 0,51	2,90 \pm 0,62	5,95 \pm 1,85

(*) ob predpostavki, da referenčni odrasel človek zaužije na leto 0,75 m³ vode, desetletni otrok 0,35 m³ vode in enoletni otrok 0,26 m³ vode

(**) meritev iz programa nadzora radioaktivnosti v RS (enkratni vzorec)

(***) vzorčevanje in meritve izvaja IRB iz Zagreba



Preglednica 2.2b : Podtalnica v letu 2011 (meritve IRB). Povzetek prispevka umetnih in naravnih radionuklidov za dojenčka, otroka (7–12 let) in odraslega*, izračunanega iz merskih podatkov ter doznih pretvorbeneh faktorjev iz reference [4].

Starostna skupina	Radionuklidi	MEDSAVE doza (μSv na leto)	ŠIBICE doza (μSv na leto)
DOJENČKI (do 1 leta)	Umetni radionuklidi	$0,18 \pm 0,01$	$0,22 \pm 0,01$
	Umetni in naravni radionuklidi	$5,51 \pm 1,63$	$14,54 \pm 1,82$
OTROCI (od 7 do 12 let)	Umetni radionuklidi	$0,064 \pm 0,005$	$0,077 \pm 0,005$
	Umetni in naravni radionuklidi	$1,40 \pm 0,29$	$3,03 \pm 0,32$
ODRASLI (od 17 leta)	Umetni radionuklidi	$0,067 \pm 0,005$	$0,08 \pm 0,01$
	Umetni in naravni radionuklidi	$0,93 \pm 0,11$	$1,61 \pm 0,13$

(*) ob predpostavki, da referenčni odrasel človek zaužije na leto $0,75 \text{ m}^3$ vode, desetletni otrok $0,35 \text{ m}^3$ vode in enoletni otrok $0,26 \text{ m}^3$ vode

Na slikah 2.10 in 2.11 je prikazana primerjava ocenjenih letnih doz zaradi prisotnosti umetnih radionuklidov ter celotnih ocenjenih letnih doz (zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov) za odraslo osebo v črpališčih (Brege in Drnovo) in vodovodu Spodnji Stari Grad, ki so blizu NEK, v primerjavi z vodovodom Ljubljana in vodovodom Brežice v zadnjih sedmih letih (za porabo pitne vode $0,75 \text{ m}^3$ na leto).

Čeprav so koncentracije naravnih radionuklidov v črpališčih in vodovodih v splošnem nizke, naravni radionuklidi uranove in torijeve razpadne vrste prispevajo največ k ocenjeni letni efektivni dozi. Zaradi visokih doznih faktorjev največ prispevata k celotni ocenjeni dozi sevalca alfa Ra-226 in Th-230 ter sevalca beta Pb-210 in Ra-228. Izpeljane mejne vrednosti koncentracije naravnih radionuklidov v pitni vodi v tabeli 4 v *Uredbi o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih (UV2)* [4] so 480 Bq/m^3 za Ra-226, 190 Bq/m^3 za Pb-210 in 190 Bq/m^3 za Ra-228, medtem ko je iz doznih faktorjev izračunana izpeljana koncentracija Th-230 enaka 640 Bq/m^3 . Vse izmerjene koncentracije naravnih radionuklidov v vzorcih črpališč, vodovodov in podtalnic so veliko nižje od mejnih vrednosti.

SKLEPI

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

Celotna ocenjena letna doza v letu 2011 zaradi prisotnosti umetnih in naravnih radionuklidov v brežiškem vodovodu je za odraslo osebo ($1,32 \pm 0,37$) μSv . Obremenitev z umetnimi radionuklidi iz brežiškega vodovoda je približno 1,2 % celotne izračunane letne doze za odraslo osebo.

Celotna ocenjena letna doza v krškem vodovodu v letu 2011 je za odraslo osebo ($2,27 \pm 0,87$) μSv . Obremenitev z umetnimi radionuklidi je približno 1,2 % celotne izračunane letne doze za odraslo osebo.



Celotna ocenjena letna doza v ljubljanskem vodovodu v letu 2011 je $(2,36 \pm 1,83)$ μSv za odraslo osebo, kar je celo višje kot v okolici NEK. Obremenitev z umetnimi radionuklidi iz ljubljanskega vodovoda je približno 1,7 % celotne izračunane letne doze za odraslo osebo.

Celotne izračunane letne doze zaradi umetnih in naravnih radionuklidov v pitni vodi so daleč pod letno mejno dozo 100 μSv oziroma avtorizirano mejno dozo, kot jo navaja uredba UV2 [4]. Delež doze v primerjavi z letno mejno dozo v brežiškem vodovodu je 1,3 %, v krškem vodovodu pa 2,3 %, pri čemer je v obeh primerih prispevek umetnih radionuklidov še veliko nižji.

LITERATURA

- [9] Toni Petrovič, Določitev referenčnih aktivnosti radionuklida K-40 v različnih vzorcih, magistrsko delo, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, Ljubljana, avgust 2010
R. Jamnik, Matematična statistika, Državna založba Slovenije, 1980



3 U S E D I

POVZETEK

Padavinski in suhi usedi vplivajo na dozno obremenitev prebivalcev preko sevanja usedlih radionuklidov, skupaj z deževnico si utirajo pot do podtalnic, ki so vir pitne vode, neposredno se odložijo na rastlinske liste in na zemljo, od koder rastline črpajo snovi za svojo rast.

V poglavju "Usedi" smo pregledali merske rezultate s treh lokacij za padavine in z osmih mest za suhe usede ter jih primerjali z vrednostmi z referenčne točke. Študirali smo korelacije med parametri, kot so količina padavin, koncentracija radionuklidov, padavinski in suhi used, neposredni zračni izpusti jedrske elektrarne, vsebnost radionuklidov v padavinah, travi in zemlji. Izračunali smo efektivno zunanjo in ingestijsko dozo ter ocenili obremenjenost prebivalstva v okolici jedrske elektrarne in na referenčni točki.

V 2011 je bilo pomejenih 48 padavinskih vzorcev s tremi različnimi analiznimi tehnikami in 48 vazelinskih plošč. Zaznali smo Cs-134 in I-131, ki sta prišla do nas iz Japonske, kjer se je marca 2011 zgodila jedrska nesreča v Fukušimi. Prispevka k efektivni dozi sta zanemarljiva.

V splošnem ni opaziti korelacije med izpusti elektrarne in vsebnostjo radionuklidov v okolju. Izjema je tritij, ki pa bistveno ne vpliva na dozo. V padavinskih vzorcih in vazelinskih ploščah so bili izmerjeni še Na-22, Cs-137, Sr-90 ter U-238, Ra-226, Ra-228, Pb-210, Th-228, Th-230, K-40 in Be-7. Kljub sušnemu letu izmerjene se vrednosti usedov bistveno ne odmikajo od dolgoletnih povprečij.

UVOD

Ozračje je mešanica plinov, aerosolov in vode v različnih pojavnih oblikah. Aerosoli lebdijo v zraku in so lahko v vseh agregatnih stanjih. Nastanejo pri kondenzacijskih ali disperzijskih procesih. So naravnega in antropogenega izvora. Ena od skupin aerosolov so tudi radioaktivne snovi. V ozračje pridejo iz različnih virov.

V letu 2011 so bili vsaj sporadično izmerjeni umetni radioizotopi Cs-137, Cs-134, I-131, Sr-90, kozmogeni H-3, Be-7 in Na-22 ter naravni radioizotopi K-40, U-238, Th-228, Th-230, Ra-226, Ra-228 in Pb-210. Izotop H-3 je tudi antropogenega izvora in nastaja pri termonuklearnih eksplozijah, v jedrskih reaktorjih in nekaterih industrijskih panogah.

Radioaktivni izotopi cezija so antropogeni, nastajajo pri obratovanju jedrskih elektrarn kot fisijski produkt. Izdelujejo jih tudi zaradi uporabe v medicini in industriji. Glavni vir Cs-137 v zraku so bili v preteklosti izvajani nadzemni jedrski poskusi, ob černobilski nesreči je bil dodatno opažen tudi Cs-134. V letu 2011 smo Cs-134 zaznali zaradi jedrske nesreče v Fukušimi, prav tako kot I-131, ki je sicer pomemben radioaktivni vir v medicini, farmaciji in geologiji.

Od 31 znanih stroncijevih izotopov so trije stabilni, največkrat uporabljana sintetična radioizotopa sta Sr-89 v medicini in Sr-90 pri industrijskih aplikacijah in nekdanji pri termoelektričnih generatorjih. V jedrskih reaktorjih nastajata kot fisijska produkta, v ozračju sta zaradi nadzemnih jedrskih poskusov in obratovanja jedrskih elektrarn.

Tritij, radioaktivni izotop vodika, je kozmogen element in nastaja v zgornjih plasteh ozračja z interakcijo kozmičnih žarkov in dušika. Je tudi produkt pri redki ternarni fisiji in pri nekaterih jedrskih reakcijah v hladilu reaktorjev in se pojavlja v izpustih jedrskih elektrarn. Proizvaja se ga zaradi jedrskega orožja, uporablja se ga v urarski industriji in drugih panogah, kjer je zanimiv kot samosvetilni material in nadomešča radij. Uporablja se kot gorivo v eksperimentalnih fuzijskih reaktorjih in kot radiosledilec v analitski in biokemiji. Tritijeva vsebnost v zraku se je na severni hemisferi v času nadzemnih jedrskih poskusov povečala za tri velikostne rede. Dandanes se je njegova koncentracija že približala na ravni izpred jedrske ere. Kot sestavni del vodne molekule je prisoten v naravnem kroženju vode.



Večina natrijevih radioizotopov ima zelo kratek razpadni čas, najdaljšega ima kozmogen Na-22. Uporablja se v medicini in kot radiosledilec v bioloških znanostih.

Kalij se v večjih koncentracijah pojavlja v umetnih gnojilih. K-40 je dolgoživ naravni izotop in največji vir radioaktivnosti v ljudeh in živalih.

Poznamo šest izotopov urana, od katerih so trije naravni in prisotni v majhnih koncentracijah v kamninah, zemlji in vodi. Vsi so radioaktivni, najpogostejša sta U-238 in U-235. Uran se predvsem uporablja v jedrski industriji.

Torij je naraven radioaktiven element s 26 znanimi izotopi, šest je naravnih. Večina torija je v obliki Th-232. V majhnih količinah je prisoten v večini kamnin in zemelj v obliki različnih spojin. V zemeljski skorji je tri do štirikrat pogostejši kot uran, zato je zanimiv za jedrsko industrijo. Uporablja se ga v plinskih svetilkah, kot antirefleksijski material pri optičnih premazih, mikrovalovnih pečicah, keramiki, ... V zrak pride med vulkanskimi izbruhi in pri rudarjenju, industrijski predelavi in izdelavi umetnih gnojil, pa tudi kot sestavni del prašnih zemeljskih delcev in saj. Th-230 je razpadni produkt U-238, Th-228 pa Th-232.

Radij je naravna radioaktivna kovina in je prisoten v kamninah, zemlji in vodi v najrazličnejših spojinah. V preteklosti so ga uporabljali kot luminiscenten material, prisoten je v medicini ter industrijski radiografiji. Ra-226 je razpadni produkt v razpadni vrsti U-238, medtem ko je Ra-228, najbolj pogost radijev izotop, člen v razpadni vrsti Th-232. V zraku se znajde ob izgorevanju fosilnih goriv, in predelavi rud.

Pb-210 je razpadni produkt uranove vrste, prisoten v kamninah, zemlji in vodi. V ozračje pride tudi kot potomec Rn-222, ki se sprošča iz zemeljskih plasti po razpadu urana.

Berilij poznamo v eni stabilni obliki in treh radioaktivnih izotopih. Radioaktivni Be-7 je kozmogen, njegova koncentracija v ozračju je povezana z aktivnostjo sončnih peg [11, 12].

Depozicija vseh omenjenih radionuklidov iz zraka na zemljino površino poteka s suhim in mokrim usedom.

Padavine so nepogrešljiv element pri kroženju vode in transportno sredstvo za pline in aerosole iz ozračja na površino Zemlje. Ker poznamo veliko virov radioaktivnih snovi v ozračju, so lovilniki postavljeni tako v bližini jedrskih objektov kot na referenčnih lokacijah. Za oceno prispevka k letni učinkoviti dozi zaradi obratovanja jedrskega objekta moramo namreč poznati tudi učinkovito dozo naravnega ozadja, ki je običajno veliko višja od doprinosa obratujočih jedrskih objektov.

Del aerosolov se predvsem zaradi gravitacije usede na Zemljino površino. To je suhi used. Zbiramo ga lahko na več načinov, v okviru nadzora NEK uporabljamo vazelinske plošče. Postavljene so v okolici jedrske elektrarne in na referenčni lokaciji v Ljubljani. Usedle radioaktivne snovi s sevanjem neposredno prispevajo k izpostavitvi ljudi, vsrkane v rastline prek korenin ali listov pa pridejo z užalnimi deli v prehranbo verigo ljudi, kar se podrobneje obravnava v poglavju "*Vnos radionuklidov v prehranbeno verigo*". Padavine s pronicanjem skozi zemeljske plasti postanejo del podzemnih vod, ki jo potem uporabljamo kot pitno vodo (poglavje "*Pitna voda in podtalnice*"), zato igrajo padavine pomembno vlogo pri prenosu radioaktivnih onesnaževalcev iz zraka v živa bitja.

ZNAČILNOSTI VZORČEVANJA IN MERITEV

Vzorčevanje padavin in suhega useda poteka kontinuirno s periodo enega meseca.

Lovilec padavin sestavlja lijak iz polirane nerjavne pločevine in neprozoren temen plastični sod, ki sta povezana z neprozorno plastično cevjo. Lijak prestreže padavine na učinkoviti površini 0,25 m² in je oblikovan tako, da so izgube padavin zaradi pršenja vode iz lijaka minimalne. Opremljen je s kovinsko mrežico, ki prestreže listje in druge večje predmete. Zbiralni sod ima prostornino 50 L. Vzorčevalci v času obilnih padavin po potrebi zamenjajo sod pred iztekom enega meseca po postopku *Zbiranje vzorcev*



deževnice in talnega useda (LMR-DN-04). Ob lovilniku padavin je vedno tudi dežemer, ki se ga dnevno odčitava. Lovilniki padavin so v Krškem, Bregah, Dobovi in na referenčni lokaciji v Ljubljani (park IJS).

Zbrani tekočinski vzorec padavin razdelimo na dva dela: en liter vzorca odlijemo za analizo tritija, iz preostalega vzorca se pripravi vodno sušino po postopku *Priprava sušine vzorcev vod (LMR-DN-06)*, na kateri se opravijo analize sevalcev gama in stroncija.

Vsebnost tritija določimo s tekočinsko scintilacijskim števcem po elektrolitski obogatitvi po postopku *Vzorčenje in priprava vzorcev za določitev tritija (LSC-DN-06)*. Za določitev specifičnih aktivnosti sevalcev gama uporabljamo visokoločljivostno spektrometrijo gama. Analizo stroncija opravimo po radiokemičnem postopku *Določanje stroncija z beta štetjem (SDN-O2-STC(01))*. Dodatna separacija in analiza itrija ni del rutinske procedure.

Prestrezanje suhega talnega useda poteka na vazelinskih ploščah površine 0,3 m², izdelane iz poliakrilata (pleksi stekla). Postavljene so od 1,8 m do 2 m nad površino tal in premazane s tanko plastjo farmacevtske vazeline. Zbiralniki suhega useda lovijo tudi prašne delce, ki so v zraku zaradi resuspenzije. Zbiralniki suhega useda – vazelinske plošče so na osmih vzorčevalnih mestih v ožji in širši okolici NEK. Za vzorčenje suhega useda je v *Pravilniku o monitoringu radioaktivnosti (JV10)* [2] predvideno 12 vzorčevalnih mest v treh razdaljah od nuklearke (4 na ograji, 3 v bližnji in 5 v širši okolici). V programu NEK je bilo do leta 2005 vseh 12 vzorčevalnih mest, nato pa so bila vzorčevalna mesta na ograji NEK opuščena. Preostala vzorčevalna mesta so združena takole: ožja okolica NEK (vzorčevalna mesta 1, 7 in 8 na razdalji ≈1 km), širša okolica NEK (vzorčevalna mesta od 2 do 5 na razdalji ≈3 km) in daljna okolica (vzorčevalno mesto 6, najdlje od NEK, na razdalji ≈4,5 km). Vazelinske plošče so namenjene predvsem hitrim meritvam useda v primeru izrednih nezgodnih izpustov radioaktivnih snovi v ozračje, zato je priprava vzorca hitra in enostavna: postrgano vazelino s plošč le rahlo segrejemo, da se enakomerno porazdeli po merski posodici. Vazelino z osmih lokacij združimo v tri vzorce in v njih določimo le sevalce gama s spektrometrijo gama. Referenčno mesto za suhi used je v Ljubljani.

REZULTATI MERITEV

Tabele z merskimi rezultati so na priloženi zgoščenki v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2011*, IJS-DP-10930, februar 2012. Rezultati meritev vzorcev padavin in suhih usedov so prikazani v tabelah T-37 (Padavine – Brege), T-38 (Padavine – Krško), T-39 (Padavine – Dobova), T-40 (Padavine – Ljubljana), T-42/1 (Vazelinske plošče – širša okolica NEK), T-42/2 (Vazelinske plošče –vzorčevalno mesto 6), T-42/3 (Vazelinske plošče – ožja okolica NEK) in T-42/4 (Vazelinske plošče – Ljubljana). Vse meritve je opravil IJS.

Mesečne količine padavin v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani so prikazane na sliki 3.1. Padavinski režimi so si med seboj zelo podobni. Največ padavin je padlo v Ljubljani (988 mm), najmanj v Dobovi (604 mm).

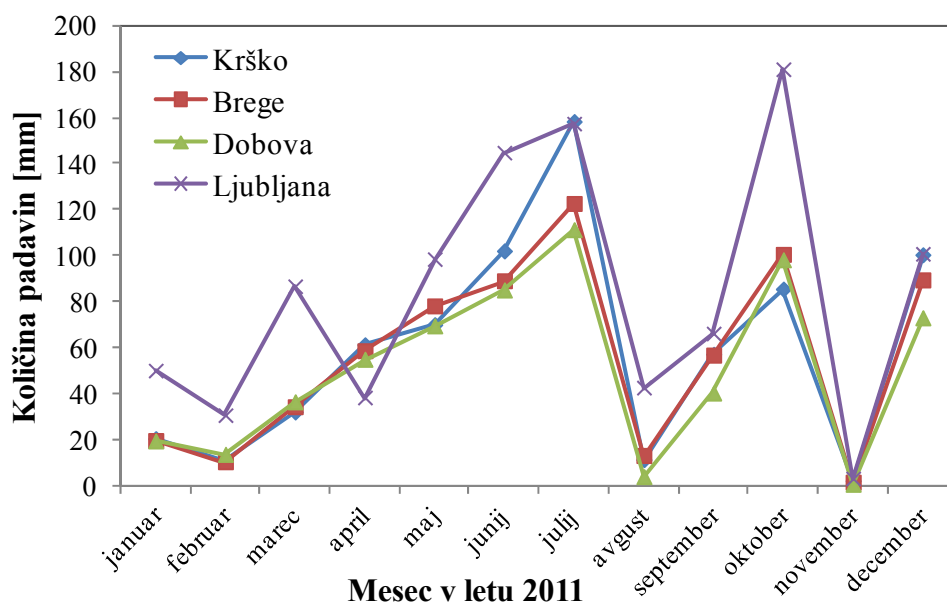
V vzorcih padavin so bili v letu 2011, enako kot v desetletju 2000–2010, prisotni H-3, Be-7, Na-22, K-40, Cs-137, Sr-90 ter potomci uranove in torijeve razpadne vrste. V merskih tabelah so podane koncentracije Sr-89/Sr-90, kar pomeni, da analiza Y-90 ni bila opravljena. Teoretično bi bilo torej mogoče, da bi bil v vzorcu prisoten tudi Sr-89, praktično pa ne, saj kratkoživi Sr-89 v izpustih NEK v letu 2011 in tudi v prejšnjih letih ni bil zaznan, Sr-89 iz črnobilskega reaktorja pa je že zdavnaj razpadel. Kot posledica jedrske nesreče v Fukušimi marca 2011 sta bila v padavinskih vzorcih izmerjena tudi Cs-134 in I-131.

V tabeli 3.1 so zbrani podatki o najvišjih izmerjenih specifičnih aktivnostih ter povprečna letna specifična aktivnost za H-3, Sr-90, Cs-137, Be-7, K-40 in Pb-210 v vzorcih padavin v Bregah, Krškem, Dobovi in Ljubljani. Koncentracije stroncija v ljubljanskih vzorcih padavin niso bile določene, kar je v skladu s predpisanim programom. Najvišje koncentracije radionuklidov se najpogosteje pojavljajo v novembru in avgustu, ko je bilo najmanj padavin. Izjema je Ljubljana, kjer padavinski minimum v avgustu ni bil izrazit.

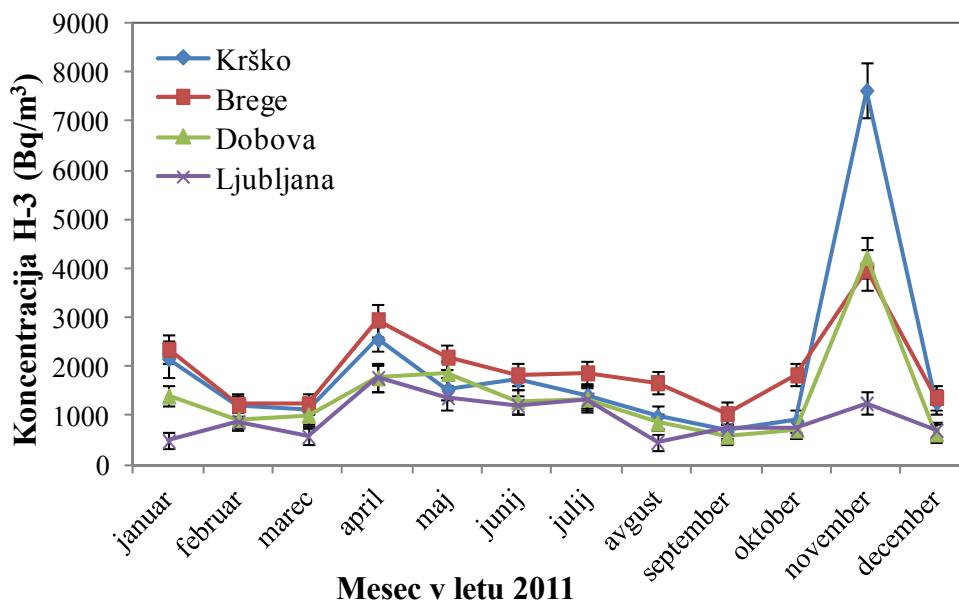
Koncentracije tritija v padavinskih vzorcih so prikazane na sliki 3.2 in so se v letu 2011 gibale med



najnižjo izmerjeno vrednostjo 470 Bq/m³ v Ljubljani in najvišjo vrednostjo 7600 Bq/m³ v Krškem. Povprečna letna koncentracija za leto 2011 je bila najnižja v Ljubljani. Potek oziroma režim je v splošnem enak na vseh štirih lokacijah z izjemo v mesecu novembru, ko so specifične aktivnosti v Krškem, Bregah in Dobovi od tri do šestkrat višje kot v Ljubljani. Lokalni maksimumi v aprilu in novembru sse skladajo z nizkimi količinami padavin, medtem ko v avgustu ni opaziti podobne povezave. Avgustovske in novembrske vrednosti so sicer izpuščene iz izračuna letnih povprečij, saj zaradi izredno majhnih količin vzorci niso reprezentativni.



Slika 3.1: Mesečne količine padavin v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani v letu 2011

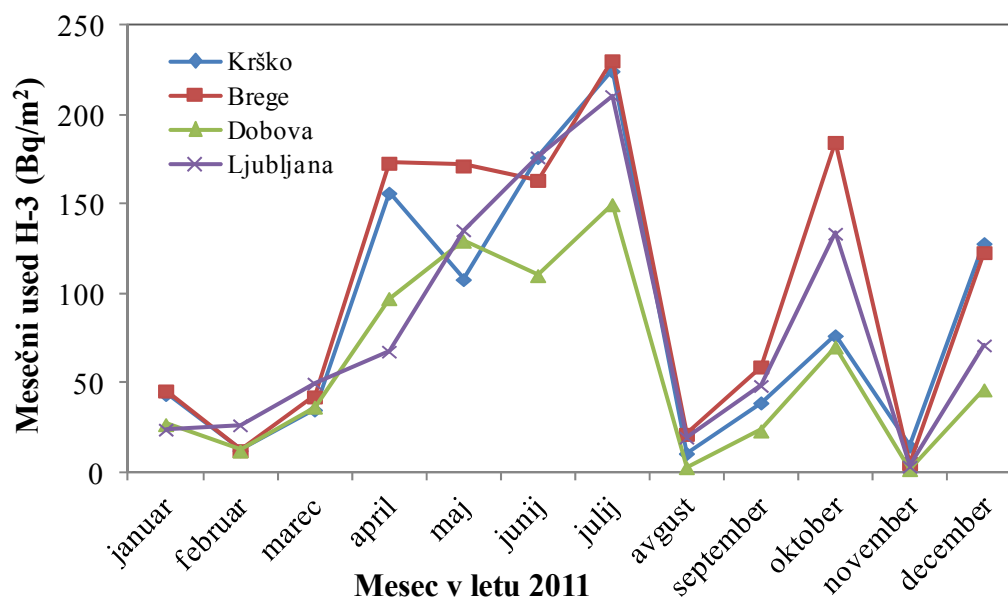


Slika 3.2: Mesečne koncentracije tritija v padavinah v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani

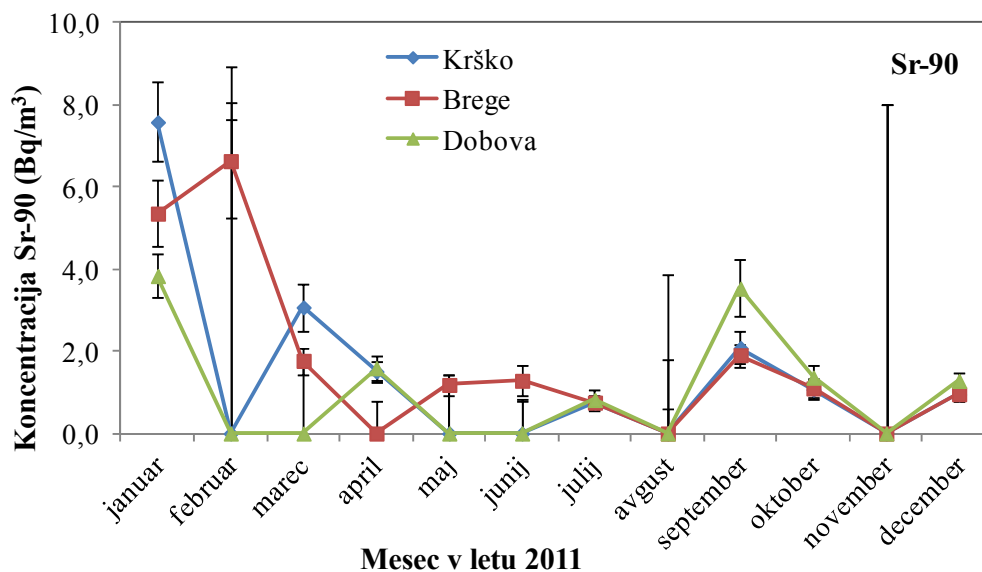


Tabela 3.1: Letne povprečne in najvišje izmerjene mesečne specifične aktivnosti za H-3, Sr-90, Cs-137, Be-7, K-40 in Pb-210 v vzorcih padavin v Bregah, Krškem, Dobovi in Ljubljani v letu 2011. V oklepaju je letna količina padavin.

Radionuklid v padavinah	BREGE (673 mm)			KRŠKO (710 mm)		
	Povprečna koncentracija (Bq/m ³)	Najvišja koncentracija (Bq/m ³)	Mesec z najvišjo koncentracijo	Povprečna koncentracija (Bq/m ³)	Najvišja koncentracija (Bq/m ³)	Mesec z najvišjo koncentracijo
H-3	1,8E+03 ± 2E+02	4,0E+03 ± 4E+02	november	1,5E+03 ± 2E+02	7,6E+03 ± 6E+02	november
Sr-90	2,1E+00 ± 7E-01	6,6E+00 ± 1,4E+00	februar	1,7E+00 ± 7E-01	7,6E+00 ± 1,0E+00	januar
Cs-137	2,1E-01 ± 2E-01	2,2E+00 ± 2E+00	avgust	6,5E-01 ± 4E-01	3,9E+00 ± 2E+00	februar
Be-7	4,1E+02 ± 6E+01	2,1E+03 ± 4E+02	avgust	6,9E+02 ± 2E+02	4,1E+03 ± 2E+03	november
K-40	2,5E+01 ± 5E+00	9,6E+01 ± 4E+00	avgust	1,7E+01 ± 5E+00	3,3E+02 ± 4E+01	avgust
Pb-210	1,1E+02 ± 4E+01	4,7E+02 ± 4E+01	avgust	1,2E+02 ± 2E+01	6,9E+02 ± 9E+01	avgust
	DOBOVA (604 mm)			LJUBLJANA (998 mm)		
	Povprečna koncentracija (Bq/m ³)	Najvišja koncentracija (Bq/m ³)	Mesec z najvišjo koncentracijo	Povprečna koncentracija (Bq/m ³)	Najvišja koncentracija (Bq/m ³)	Mesec z najvišjo koncentracijo
H-3	1,2E+03 ± 1E+02	4,2E+03 ± 4E+02	november	9,9E+02 ± 1E+02	1,8E+03 ± 3E+02	april
Sr-90	1,2E+00 ± 5E-01	3,8E+00 ± 0,5E-01	januar	–	–	–
Cs-137	6,4E-01 ± 4E-01	1,2E+01 ± 9E-00	avgust	8,3E-01 ± 4E-01	4,5E+00 ± 1E+00	april
Be-7	8,1E+02 ± 2E+02	9,1E+03 ± 5E+02	avgust	6,6E+02 ± 1E+02	1,4E+03 ± 7E+01	april
K-40	7,2E+00 ± 5E+00	3,4E+02 ± 2E+02	avgust	1,2E+01 ± 9E+00	9,2E+01 ± 2E+01	april
Pb-210	1,3E+02 ± 3E+01	3,4E+03 ± 3E+02	avgust	9,4E+01 ± 2E+01	2,6E+02 ± 2E+01	april



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



Slika 3.4: Mesečne koncentracije stroncija v padavinah v Krškem, Bregah in Dobovi. V ljubljanskih vzorcih se stroncija ne določa.

Na sliki 3.3 so predstavljeni mesečni padavinski usedi H-3 za vsa štiri vzorčevalna mesta. Najvišje vrednosti so bile izmerjene v Bregah, najnižje pa v Dobovi. Potek je podoben za vse štiri lokacije. Najvišje vrednosti se skladajo z največjimi količinami padavin v juliju in oktobru.

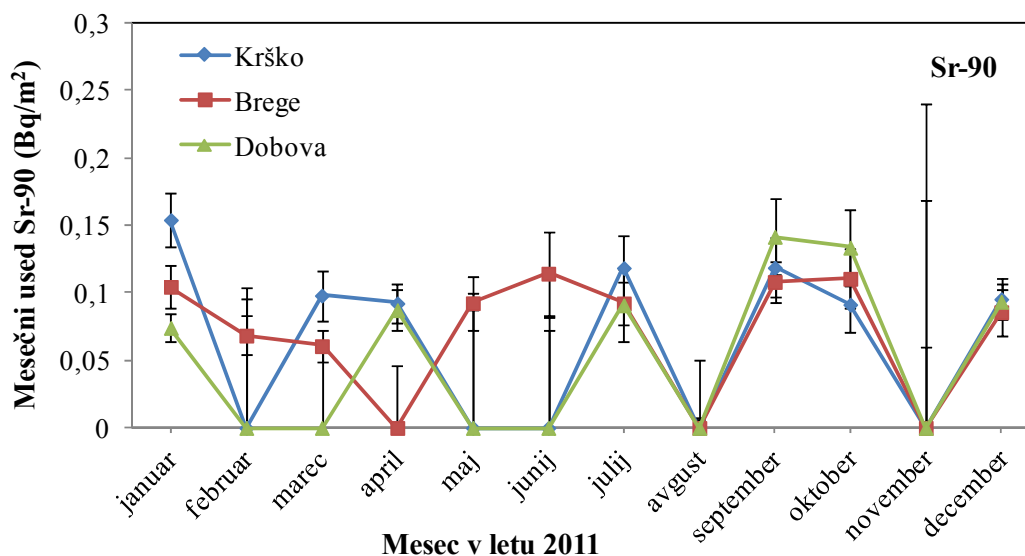
Slika 3.4 prikazuje mesečne koncentracije stroncija v padavinah. Najvišja vrednost je bila izmerjena v vzorcu iz Krškega, v 14 vzorcih oziroma v 39 % primerov so bile izmerjene vrednosti pod mejo kvantifikacije. Februarja, avgusta in novembra so merske negotovosti oziroma meje kvantifikacije bistveno višje kot v preostalih mesecih, kar gre na račun količinsko izredno pičlih vzorcev v sušnih mesecih.

Na sliki 3.5 so predstavljeni padavinski usedi stroncija Sr-90. Nihanja so tu manjša kot pri koncentracijah in se gibljejo med nič in $(0,15 \pm 0,02)$ Bq/m². Najnižji letni used je bil namerjen v Dobovi, najvišji v Bregah. Tudi pri suhih usedih so novembrske vrednosti zaradi izredno majhnih količin vzorca najbolj nezanesljive.

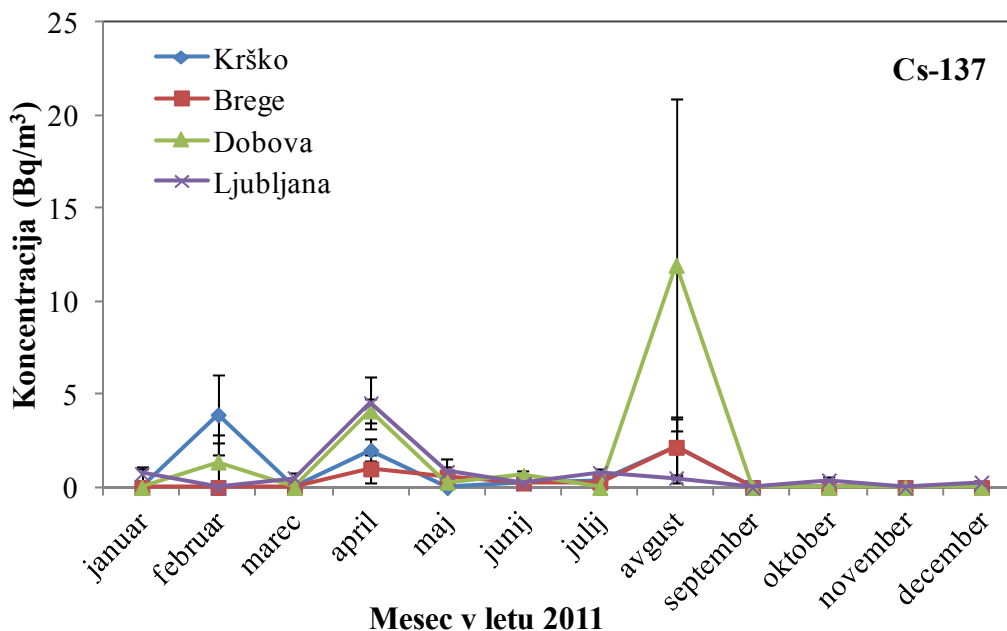
Mesečne koncentracije Cs-137 v padavinah v Krškem, Bregah, Dobovi in v Ljubljani so prikazane na sliki 3.6. Najvišja vrednost je bila ugotovljena za avgustovski vzorec v Dobovi, vendar je treba poudariti, da je tudi negotovost meritve zelo visoka zaradi majhne količine vzorca. Avgustovske in novembrske vrednosti so sicer izpuščene iz izračuna letnih povprečij.

Najvišje vrednosti padavinskega useda za Cs-137 na sliki 3.7. so bile izmerjene v aprilu 2011 na vseh štirih lokacijah in so posledica nesreče v Fukušimi. Podatki o plinskih izpustih iz NEK v tem času ne kažejo prisotnosti cezija. Najvišji letni used je bil zaznan v Ljubljani. Od drugega najvišjega v Dobovi je večji skoraj za faktor 2.

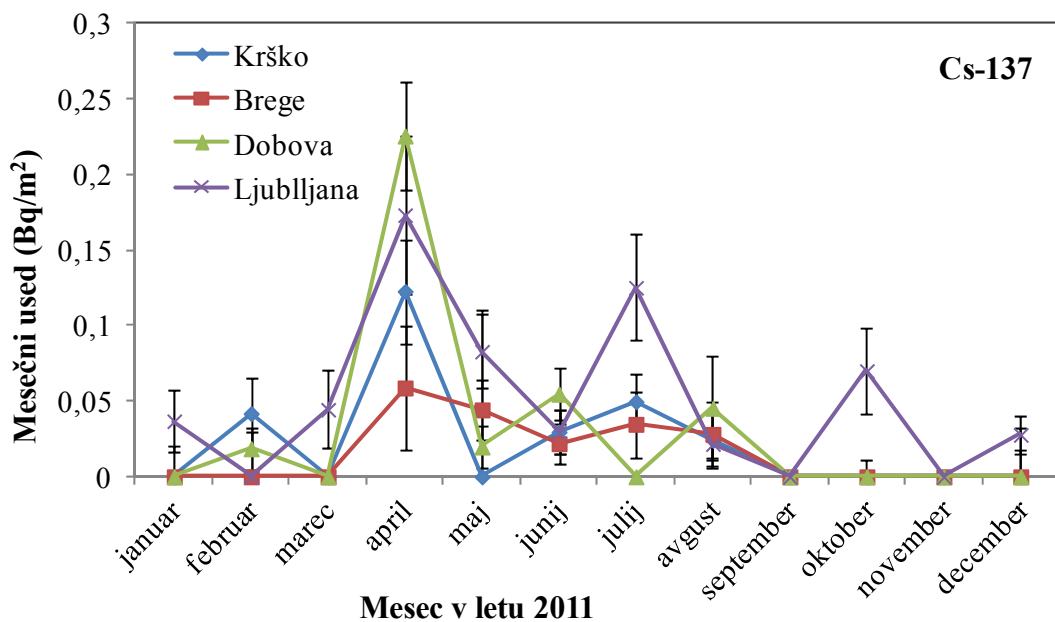
V letu 2011 sta se v vzorcih padavin pojavila tudi Cs-134 in I-131, in sicer v marcu in aprilu (sliki 3.8 in 3.9). Pojavnost obeh umetnih izotopov v padavinskih vzorcih pripisujemo globalnemu onesaženju po nesreči v Fukušimi. I-131 je dosegel približno 18 krat višje koncentracije kot Cs-134.



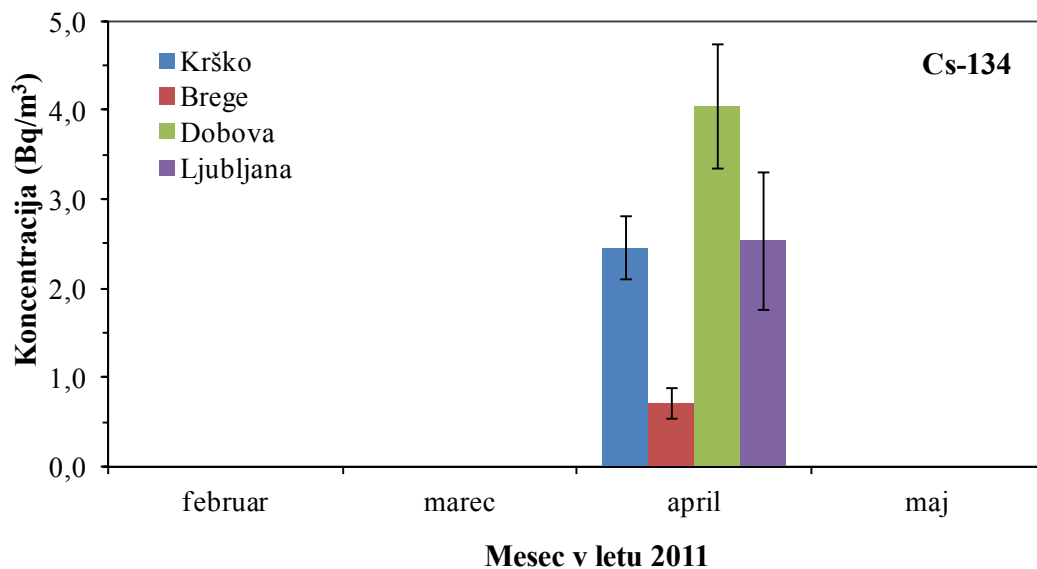
Slika 3.5: Mesečni padavinski used stroncija v padavinah v Krškem, Bregah in Dobovi. V ljubljanskih vzorcih se stroncija ne določa.



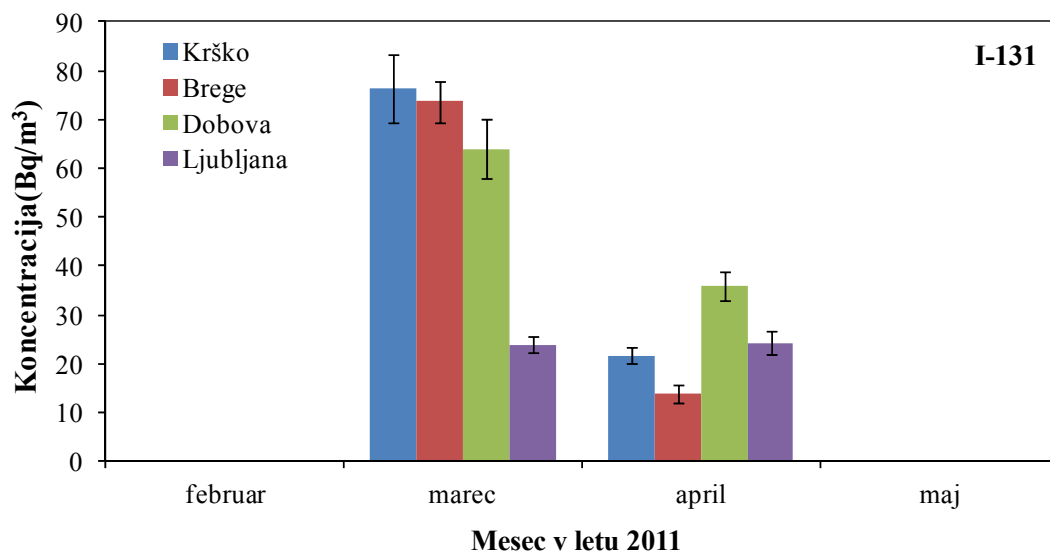
Slika 3.6: Mesečne koncentracije Cs-137 v letu 2011 v padavinah v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani



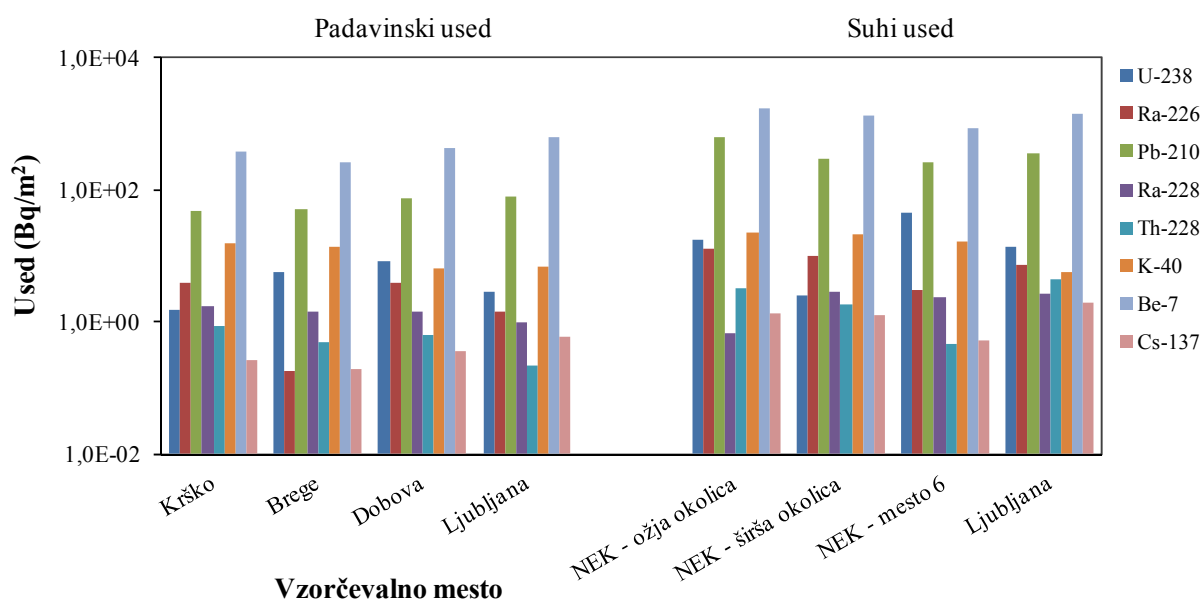
Slika 3.7: Padavinski used Cs-137 v letu 2011 v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani



Slika 3.8: Koncentracija Cs-134 v letu 2011 v padavinah v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani



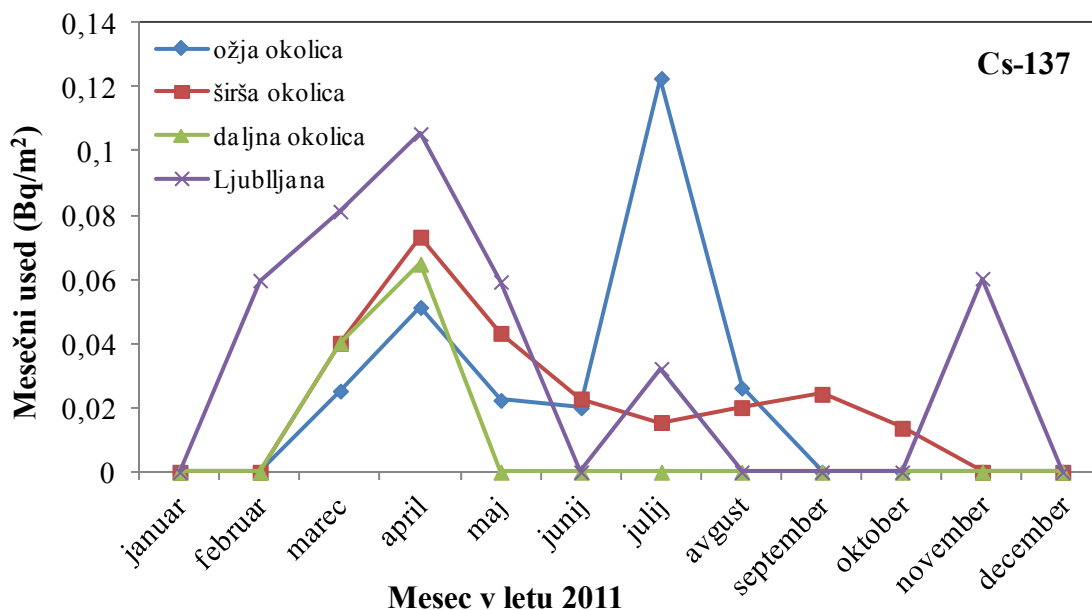
Slika 3.9: Koncentracija I-131 za 2011 v padavinah v Krškem, Bregah, Dobovi in Ljubljani



Slika 3.10: Letni usedi Cs-137 in naravnih radionuklidov na različnih lokacijah okrog NEK in v Ljubljani v letu 2011

V vzorcih suhega useda so bili v letu 2011 prisotni Be-7, K-40, Cs-137 in potomci uranove in torijeve razpadne vrste. V povprečju so letne vrednosti za suhe usede nekoliko višje od vrednosti za padavinske usede (slika 3.10).

Mesečni suhi usedi Cs-137 v Ljubljani in okolici NEK so prikazani na sliki 3.11. Največji used je bil izmerjen julija v ožji okolici NEK, ko je padlo največ dežja. Za vse druge lokacije so bile najvišje vrednosti izmerjene v marcu in aprilu in se skladajo z nesrečo v Fukušimi. Tudi najvišje vrednosti so nizke, reda velikosti 0,1 Bq/m².



Slika 3.11: Mesečni suhi used Cs-137 v Ljubljani, v širši in ožji okolici NEK ter na vzorčevalnem mestu, ki je najdlje od NEK

DISKUSIJA

Leto 2011 je bilo v primerjavi z letom 2010 in dolgoletnimi letnimi povprečji sušno leto: v Ljubljani je v 2011 padlo 73 % tridesetletnega povprečja [13], v Dobovi pa le 47 % padavin glede na 2010. Avgust in november sta bila v okolici Krškega izrazito sušna meseca. S padavinami relativno bogat je bil mesec julij, ko je v povprečju padlo za okrog 70 % več dežja kot julija 2010 na istih lokacijah. Količina ljubljanskih padavin v juliju 2010 je bila sicer zelo blizu tridesetletnega povprečja.

Korelacija padavinskega useda za H-3 s količinami padavin je zelo dobra (tabela 3.2), medtem ko za koncentracije in količine padavin ni ujemanja. Za korelacijski koeficient smo uporabili vzorčni korelacijski koeficient R , ki ga izračunamo po naslednji enačbi [10]:

$$R(X,Y) = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2 \sum(y - \bar{y})^2}} \quad (3)$$

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

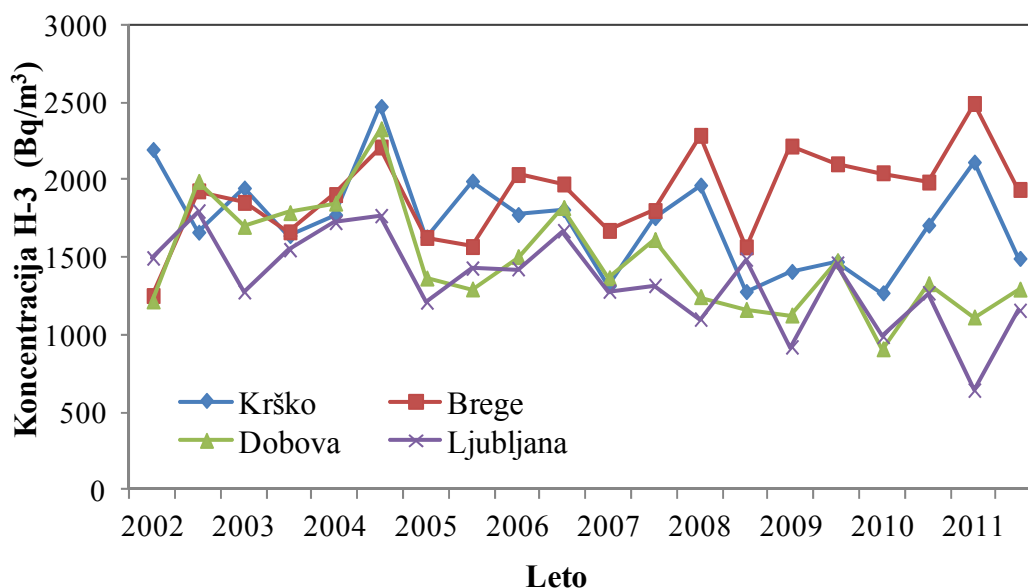
Tabela 3.2: Kvadrati korelacijskih koeficientov R^2 za tritij med količino padavin in padavinskim usedom

R^2	KRŠKO	BREGE	DOBOVA	LJUBLJANA
pomlad-poletje	0,79	0,79	0,85	0,91
jesen-zima	0,90	0,95	0,94	0,97

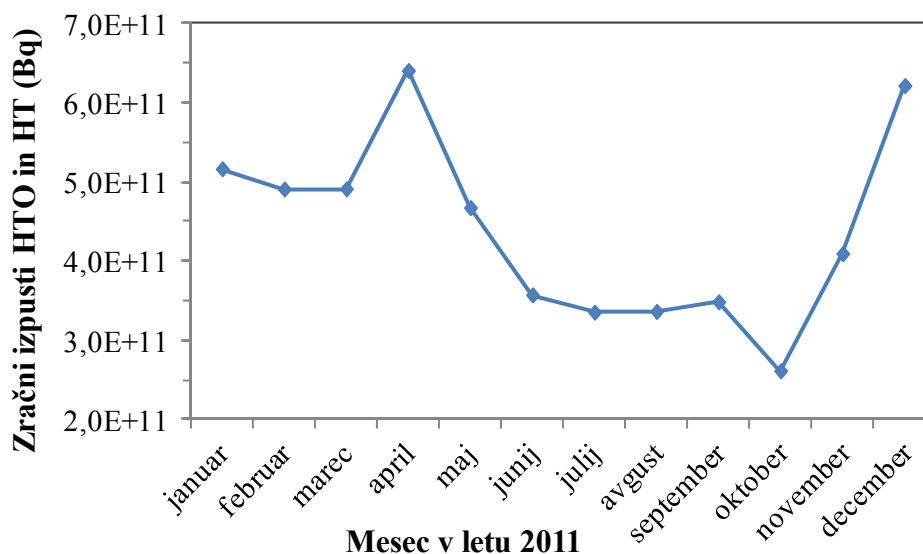


Sezonska variabilnost tritija zaradi njegovega nastajanja v zgornjih plasteh atmosfere je precejšnja (slika 3.12), nesporno pa se trend padanja koncentracije H-3 še nadaljuje, kar se lepo vidi predvsem za referenčno lokacijo v Ljubljani. Zmanjševanje koncentracije tritija v ozračju je posledica razpada antropogenega tritija iz obdobja nadzemnih jedrskih poskusov in njegovega odlaganja v oceane in površinske vode. Vrednosti in trend so primerljivi z rezultati za Dunaj, Zagreb in druga bližnja mesta [14]. Medtem ko Dobova dokaj dobro sledi referenčnim vrednostim, v Krškem in Bregah opazimo nepravilen vzorec in naraščanje koncentracij tritija (slika 3.12).

Primerjava letnih povprečnih vrednosti tritija na vseh štirih lokacijah pokaže večje vrednosti za lokacije okrog NEK kot za referenčno Ljubljano: z u-preskusom potrdimo, da se vrednosti statistično razlikujejo.



Slika 3.12: Polletne sezonske povprečne koncentracije H-3 za zadnjih 10 let (april–september; oktober–marec).



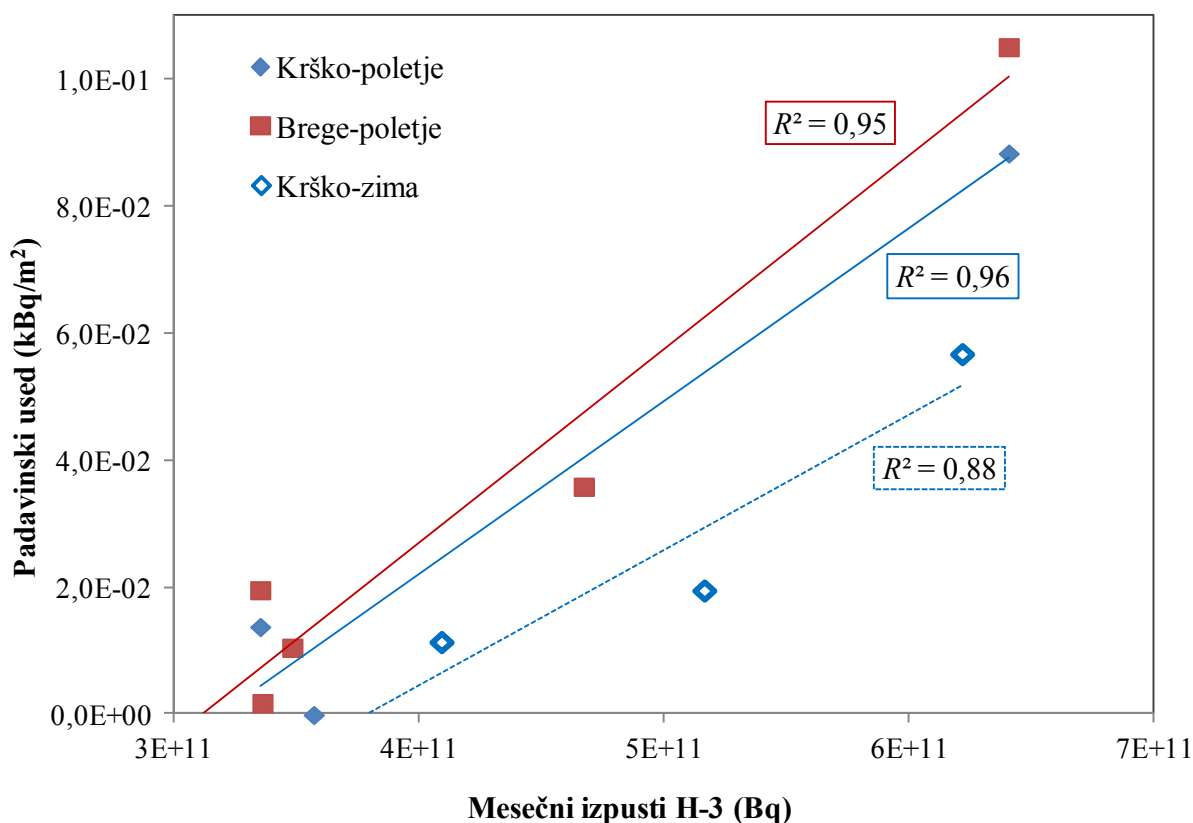
Slika 3.13: Mesečni atmosferski izpusti tritija iz NEK v letu 2011



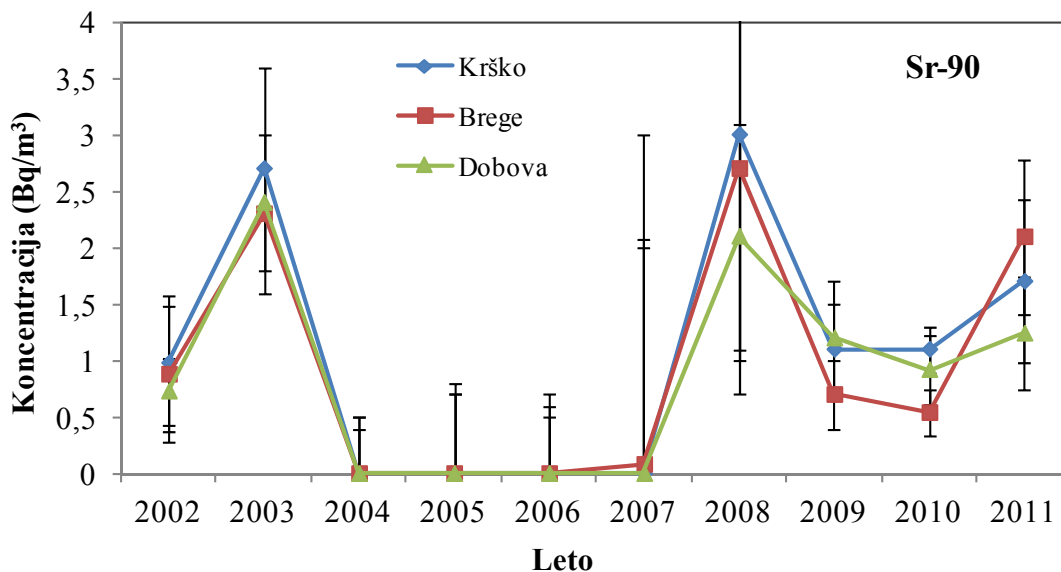
Edini v okolju merljivi izpust iz NEK ob njenem normalnem delovanju je tritij v obliki HTO, HT in CHT in je predstavljen na sliki 3.13. Korelacija med izpusti H-3 (slika 3.14) in okoljskimi vrednostmi na mesečni ravni na prvi pogled ni očitna; potrdimo jo lahko za Krško in Brege, če od padavinskega useda odštejemo referenčni ljubljanski used. Prispevek tritija iz elektrarne je namreč istega velikostnega reda kot tritij, ki je že itak v zraku in je potrebno upoštevati njegovo sezonsko variabilnost in ga obravnavati kot ozadje.

Medtem ko interpretacija trenda letnih gibanj pri tritiju zahteva pazljivo ravnanje, ker na globalni ravni (še) nimamo (ponovnih) stabilnih naravnih vrednosti, je situacija pri drugih radionuklidih nekoliko drugačna.

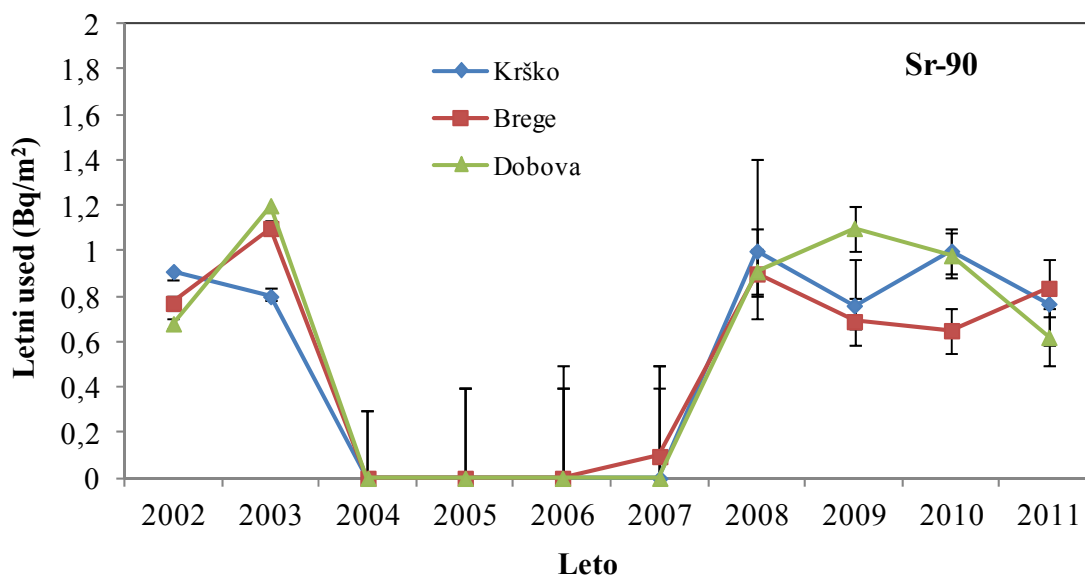
Slika 3.15 prikazuje letne povprečne koncentracije Sr-90 na vseh treh lokacijah v okolici NEK, slika 3.16 pa letne padavinske usede. Krivulje za posamezne lokacije so si med seboj zelo podobne, vrednosti pa zelo nizke, nižje od 3 Bq/m^3 . Velikih odmikov v zadnjih desetih letih ni bilo; pri večjih povprečnih koncentracijah leta 2003 in 2008 so bile tudi negotovosti oziroma raztrosi mesečnih vrednosti tako veliki, da ne moremo govoriti o statistično signifikantnih razlikah. Obdobje med letoma 2004 in 2007 je bilo za stroncij relativno „sušno“, vendar so bile takrat meje detekcije za razred višje od današnjih.



Slika 3.14: Korelacija med izpustom NEK in padavinskim usedom za Krško in Brege. Od izmerjenih padavinskih usedov smo odšeli vrednosti na referenčni lokaciji Ljubljana.

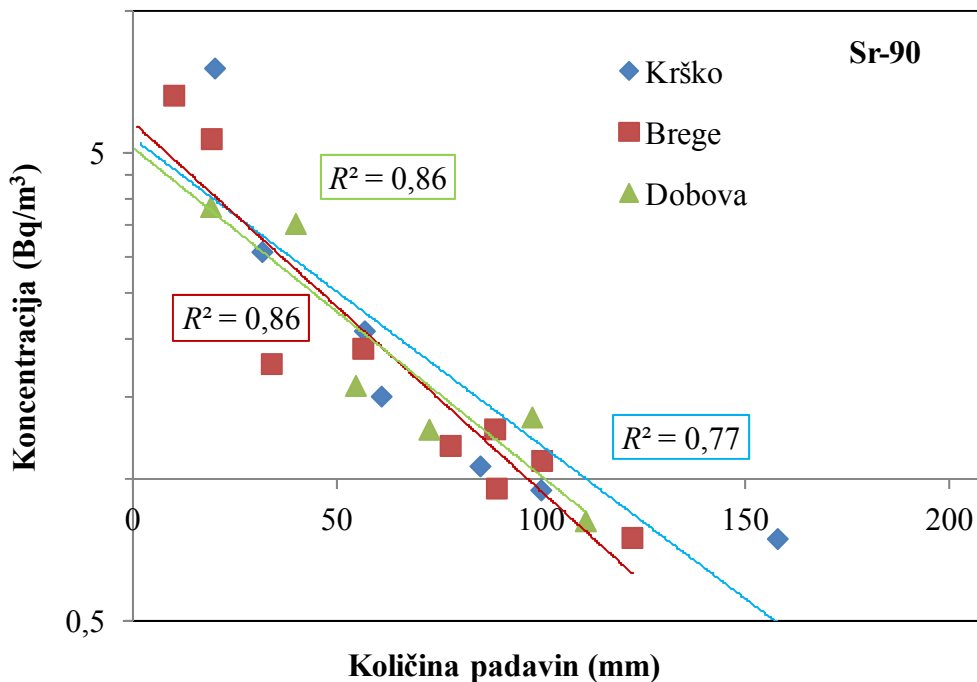


Slika 3.15: Letne povprečne koncentracije Sr-90 za zadnjih 10 let



Slika 3.16: Letni padavinski used Sr-90 za zadnjih 10 let

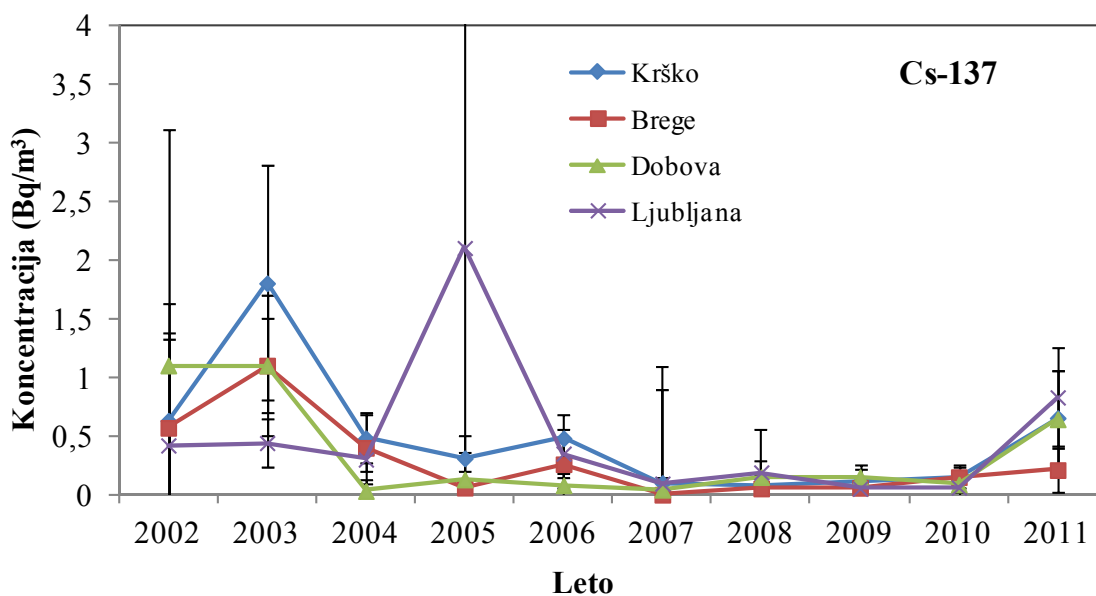
Bežen pogled na potek koncentracij, usedov in količin padavin za stroncij nas ne napelje na jasno misel o koreliranih vrednostih, kot je bilo to pri tritiju. Slika 3.17 nam razkriva, da vseeno obstaja jasna korelacija med koncentracijo stroncija in količino padavin, povezava pa ni linearna, ampak eksponentna. Pri morebitnih nenavadnih ekstremnih koncentracijah moramo torej najprej preveriti količino padavin. Izmerjene koncentracije stroncija tako niso nujno posledica izpustov iz jedrske elektrarne. Na referenčni točki v Ljubljani se stroncija ne meri.



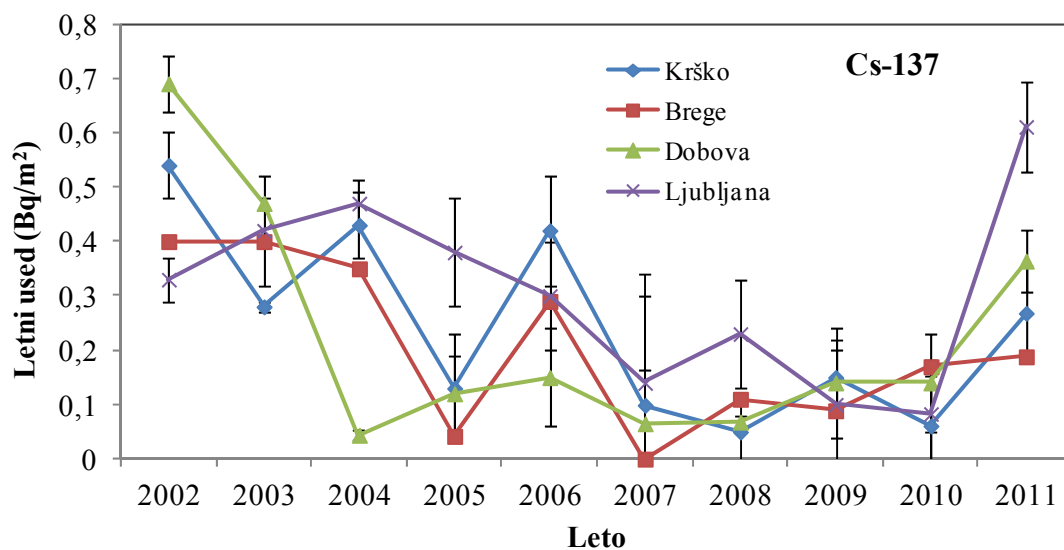
Slika 3.17: Eksponentna korelacija med količino padavin in koncentracijo stroncija v padavinskem vzorcu

Na slikah 3.18 in 3.19 sta desetletna poteka letnih koncentracij in padavinskih usedov za Cs-137. Rahlo povečanje C-137 v letu 2011 gre na račun nesreče v Fukušimi.

Letne vrednosti za suhe usede so primerljive z rezultati v letu 2010. Pri pregledu mesečnih suhih usedov in izračunu korelacijskih faktorjev med suhim usedom in padavinskim usedom za Ljubljano se je pokazalo, da so korelacije bolj izjema kot pravilo; kvadrat korelacijskega koeficienta je samo v primeru Be-7 večji od 0,60, v povprečju pa je blizu nič (0,17). Letne vrednosti za suhi in mokri used se v okviru statistike dobro ujemajo, saj *u*-preskus nikoli ne preseže vrednosti 2, v povprečju je $-0,017$.



Slika 3.18: Letne povprečne koncentracije Cs-137 v padavinah za zadnjih 10 let



Slika 3.19: Letni padavinski used Cs-137 za zadnjih 10 let

Uničujoč cunami po potresu v bližini Japonske je 11. marca 2011 povzročil nesrečo v jedrski elektrarni Fukušima. Ob tem je prišlo do izpustov radioaktivnih snovi tako v morje kot v zrak. Izpusti so bili dovolj visoki, da smo široko po svetu lahko določali koncentracije I-131, Cs-134, Cs-137 v vzorcih padavin in usedov.

I-131 je bil prisoten v vseh padavinskih vzorcih v marcu in aprilu 2012 v razponu med $(13,7 \pm 1,9)$ Bq/m³ v aprilu v Bregah in $(76,3 \pm 7,1)$ Bq/m³ v marcu v Krškem. Vrednosti za I-131 v padavinskih vzorcih niso padali tako hitro kot pri aerosolnih filtrih. Maja 2011 so bile koncentracije I-131 že pod detekcijsko mejo (<3 Bq/m³).

Tudi prisotnost Cs-134 in Cs-137 pripisujemo nekontroliranim izpustom v Fukušimi. Radionuklida sta bila v Sloveniji detektirana v drugi polovici marca in v aprilu. Maja sta se že vrnila na vrednosti izpred fukušimskih časov, kar potrjuje hipotezo, da po prvih izpustih ni bilo več dodatnih novih radioaktivnih oblakov.

Izmerjene vrednosti so bile primerljive z rezultati drugih laboratorijev [17, 18] in v skladu z izračunanimi napovedmi modelnih izračunov [17]. Glede na vsebnosti fukušimskih radionuklidov v zraku in trajanje njihove prisotnosti v Sloveniji je bila dozna obremenitev prebivalstva zanemarljiva.

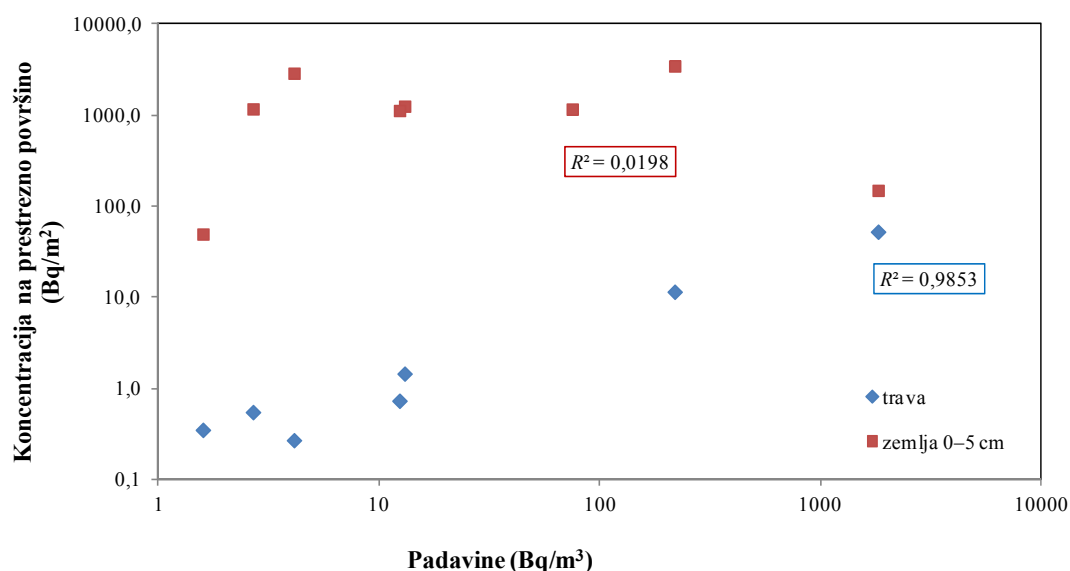
Padavine - trava

Za študij oziroma potrditev prenosnih poti iz padavinskih vzorcev na zemljo oziroma travo smo najprej preverili, kako so razmerja med radionuklidi v vzorcih aprilskih in septembrskih padavin primerljiva glede na različne lokacije, saj vzorčevalna mesta za padavine in zemljo niso na isti lokaciji. Pokazalo se je, da so razmerja za Krško, Brege in Dobovo med seboj zelo podobna (kvadrati korelacijskega faktorja 0,99 za vsaj 5 obravnavanih parov rezultatov v nizu), medtem ko so ljubljanska opazno drugačna (R^2 okrog 0,55).



Tabela 3.3: Koncentracije radionuklidov v aprilskih padavinah in aktivnosti na površino prestrezne površine za trave in zgornjo plast zemlje (od 0 cm do 5 cm), vzorčene prve dni maja ter kvadrati korelacijskih koeficientov

zemlja, trava (Bq/m ²)	PADAVINE (Bq/m ³)				Gmajnice- neobdelano		Gmajnice- obdelano		Kusova Vrbina		Amerika	
	Ljubljana	Brege	Krško	Dobova	trava	zemlja	trava	zemlja	trava	zemlja	trava	zemlja
Na-22	0	1,13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U-238	0	4,89	0	74,9	0	1159	3784	3475	0	1832	0	1408
Ra-226	0	0	0	13,1	1,45	1249	5341	4460	0,91	2365	1,1	1772
Pb-210	256	59,2	67	218	11,5	3453	6142	4951	3,77	2164	2,65	2294
Ra-228	0	3,36	0	12,4	0,73	1119	4346	3644	0	1267	0	1192
Th-230	0	0	0	58,9	0	0	7445	5955	0	1353	0	1268
Th-228	0	1,00		2,68	0,55	1166	4282	3643	0,19	1357	0,09	1190
Be-7	1387	665	966	1824	52,4	149	152	241	20,3	123	16,7	136
I-131	24,3	13,7	22	35,8	0	0	0	0	0	0	0	0
Cs-134	2,54	0,72	2	4,05	0,053	0	0	0	0	0	0	0
Cs-137	4,53	1,01	2	4,12	0,27	2876	2512	2006	0	93		983
Sr-90	1780		1,51	1,59	0,35	49,43				37,78	0,00	39,32
KVADRATI KORELACIJSKIH KOEFICIENTOV												
Brege			1,00	1,00	0,98	0,03	0,11	0,11	0,99	0,07	0,99	0,08
Krško				1,00	0,98	0,03	0,12	0,11	0,98	0,06	0,99	0,07
Dobova					0,99	0,02	0,09	0,09	0,99	0,04	0,99	0,04
Ljubljana			0,32		0,31	0,07	0,09	0,09	1,00	0,13	0,30	0,15
Trava- zemlja					0,00		1,00		0,06		0,03	



Slika 3.20: Razmerja med radionuklidi: vsaka točka (par z ordinate in abcise) pomeni posamezen radionuklid iz tabele 3.3. Zajeti so vsi radionuklidi, za katere je bila vsaj ena vrednost med obravnavanimi vzorci nad detekcijsko mejo. Padavine Dobova in trava ter zemlja z neobdelane njive na Gmajnicah. K-40 je iz analize izpuščen. Točka za trave, ki se najbolj odmika (4,05; 0,05) pripada Cs-134.



Analiza (tabela 3.3) je pokazala izjemno dobro ujemanje padavin iz predhodnega meseca in specifičnih aktivnosti trav tako za spomladansko kot jesensko vzorčevanje (slika 3.20). K-40 smo pri analizi izpustili, saj ga rastline dobijo iz zemlje in ne iz zraka. Ujemanja padavinskih vzorcev in površinske plasti zemlje ni. Na obdelani zemlji najdemo dobro ujemanje med zemljo in travo, medtem ko na neobdelani med vzorcema v splošnem ni ujemanj. Ugotovitve držijo za vse tri lokacije za vzorčevanje zemlje (Gmajnice, Amerika, Kusova Vrbina). Kontrolni računi z ljubljanskimi padavinami so dali zelo nizke korelacijske koeficiente, ujemanj ni.

OCENA VPLIVOV

Oceno vplivov radioaktivnega useda ovrednotimo z zunanjo in ingestijsko dozo. Efektivne zunanje doze ocenimo s produktom letnega useda in doznega faktorja [12] za posamezen radionuklid ob predpostavki štiriurnega zadrževanja na prostem. V tabeli 3.4 so povzete sumarne vrednosti zunanjih doz.

Tabela 3.4: Zunanje doze zaradi letnega useda v letu 2011 ob predpostavki zadrževanja na prostem 4 ure na dan

Starostna skupina	Radionuklidi	Okolica NEK	Ljubljana
		doza (μSv)	doza (μSv)
ODRASLI OTROCI DOJENČKI	UMETNI	0,00086 \pm 0,0002	0,0012 \pm 0,0002
	VSI	0,061 \pm 0,008	0,081 \pm 0,004

Zunanja doza za umetne radionuklide je v letu 2011 štiri- do devetkrat večja od zunanjih doz v letu 2010, skupna pa je celo nekoliko manjša kot leto poprej in gre v večjem delu na račun Be-7 in Ra-226. Pb-210 je bilo namreč v 2011 izmerjenega manj kot 2010. Kljub vsemu zunanja doza zaradi umetnih radionuklidov prispeva le slabih 1,4 % k celotni zunanji dozi. Iz tabele 3.4 je razvidno, da je zunanja doza tako za umetne kot naravne radionuklide višja za prebivalce Ljubljane kot za prebivalce v okolici NEK.

Predvidene efektivne ingestijske doze zaradi useda radionuklidov na rastlinje ocenimo z naslednjim izrazom:

$$Doza = C_{v,d} \cdot f_d \cdot m \quad (4)$$

kjer je $C_{v,d}$ koncentracija radionuklidov v masi 1 kg sveže rastline, ki jo zaužije človek, f_d dozni faktor za posamezen radionuklid in m masa zaužitega rastlinja. Privzete vrednosti za maso letno zaužitega rastlinja, ki smo jih uporabili v izračunu ingestijske doze, so navedene v tabeli 3.6.

Vsebnost radionuklidov v rastlinju zaradi useda radionuklidov v primeru dolgotrajnega odlaganja ocenimo z izrazom [16]:

$$C_{v,d} = \frac{d \cdot \alpha \cdot [1 - \exp(-\lambda_e \cdot t_e)]}{\lambda_e} \exp(-\lambda \cdot t_h) \quad (5)$$

kjer je $C_{v,d}$ koncentracija radionuklidov v masi 1 kg sveže rastline, ki jo zaužije človek, d hitrost nanosa, α delež površine, ki jo zavzema 1 kg pridelka, λ_e efektivna razpadna konstanta za zmanjševanje aktivnosti v pridelku, ki je enaka $\lambda_e = \lambda + \lambda_w$, λ razpadna konstanta izotopa, t_e čas izpostavitve rastline



nanosu, λ_w hitrost zmanjševanja radioaktivnosti na površini zaradi raznih efektov in t_h čas med pobiranjem rastline in njenim zaužitjem. Izhodiščne vrednosti parametrov so podane v tabeli 3.5.

Tabela 3.5: Izhodiščne vrednosti parametrov

Parameter	Vrednosti parametrov [16]	enote
α	0,3	m ² /kg
λ_w	0,05	d ⁻¹
t_e	60	d
t_h	14	d

Rezultati ocenjenih ingestijskih doz zaradi usedov radionuklidov na rastlinje so zbrani v tabeli 3.6, iz katere je razvidno, da sta dozi za umetne radionuklide, ki ju odrasli in otroci v okolici NEK prejmejo zaradi uživanja rastlinske hrane, približno dvakrat višji od vrednosti za odrasle in otroke v Ljubljani. V primerjavi z letom 2010 so vrednosti ingestijske doze za umetne radionuklide od 8 % do 20 % višje na vseh lokacijah in jih pripisujemo nesreči v Fukušimi. Najbolj so se spremenile za dojenčke. Delež, ki ga prispevajo umetni nuklidi, je zanemarljiv v primerjavi s prispevkom naravnih radionuklidov. Skupna ingestijska doza je občutno nižja od lanskih vrednosti, predvsem zaradi manjših aktivnosti Pb-210. Pri tem se upošteva le used na zeleni del rastlin in posledični vnos radionuklidov v rastlino, medtem ko prevladujoči transport radionuklidov iz zemlje ni upoštevan. Zajet je v poglavju "*Vnos radionuklidov v prehrambeno verigo*".

Tabela 3.6: Ingestijske doze zaradi letnega useda v letu 2011 za odrasle, otroke in dojenčke

Starostna skupina	Masa zaužitega rastlinja (kg)	Radionuklidi	Okolica NEK	Ljubljana
			doza (μSv)	doza (μSv)
ODRASLI (od 17 leta)	25	UMETNI	0,025 ± 0,003	0,014 ± 0,001
		VSI	17 ± 3	22 ± 0,8
OTROCI (od 7 do 12 let)	15	UMETNI	0,027 ± 0,004	0,011 ± 0,001
		VSI	28 ± 4	36 ± 1
DOJENČKI (do 1 leta)	2,5	UMETNI	0,096 ± 0,01	0,033 ± 0,001
		VSI	130 ± 20	160 ± 7

V skupni letni efektivni dozi, ki je vsota zunanje in ingestijske doze, je zunanja doza zanemarljiva. Za prebivalce v okolici NEK je v letu 2011 zaradi umetnih radionuklidov v usedu ocenjena na (0,025 ± 0,003) μSv za odrasle, (0,027 ± 0,004) μSv za otroke ter (0,096 ± 0,01) μSv za dojenčke in se bistveno ne razlikuje od vrednosti iz prejšnjih let. V primerjavi z dozo, ki jo prejmejo prebivalci zaradi naravnih radionuklidov, ne glede na to, ali je ta nizka, so prispevki umetnih radionuklidov nedvomno zanemarljivi.



SKLEPI

V poročilu NEK-a med zračnimi izpusti zasledimo H-3, C-14, Co-58, Co-60, Fe-55, Na-22, Te-125m, T-127m, Cs-137 in Sr-90/89. Količine izpustov Co-58, Co-60, Te-125m, T-127m so tako majhne, da jih tudi na najbližjih opazovalnih lokacijah ne zaznavamo in so vedno pod mejami detekcije. V okoljskih vzorcih so bili v letu 2011 izmerjeni H-3, Na-22, Cs-134, Cs-137, I-131, Sr-90 in naravni radionuklidi uranove in torijeve verige.

Leto 2011 je bilo sorazmerno sušno leto z zelo malo padavinami v avgustu in novembru. Zaradi majhne količine vzorca so rezultati lahko popačeni. Razloga sta najmanj dva: analizne metode ne dosegajo enake občutljivosti in natančnosti, pa tudi koncentracija oziroma padavinski used sta korelirana s količino padavin. V letnih povprečjih oziroma vsotah so tako rezultati za avgust in november izvzeti.

Z izpusti jedrske elektrarne korelirajo le meritve H-3 v Krškem in Bregah. Trend globalnega upadanja koncentracij tritija v ozračju je tako v okolici NEK nekoliko zabrisan, sezonska nihanja pa so opazna. Tritij sicer po obče uporabljani metodologiji praktično sploh ne vpliva k dozni obremenjenosti.

Na-22 je bil nekajkrat izmerjen oziroma zaznan v padavinskih vzorcih tako na lokacijah v okolici NEK kot na referenčni lokaciji. Časovne povezave med izpustom in pojavnostjo na opazovanih lokacijah ni. C-14 in Fe-55 se v vzorcih padavin ne določata.

Cs-137 v padavinskih vzorcih in vazelinskih ploščah se ne sklada z izpusti NEK. V 2011 je bila vsebnost Cs-137 nekoliko višja kot v preteklih letih, vendar gre povečanje na račun jedrske nesreče v Fukušimi. V marcu je bil zaznan Cs-134, v aprilu in maju pa tudi I-131, oba kot posledica nesreče na Japonskem.

Sr-90 v 2011 ne kaže posebnosti.

K zunanji in ingestijski dozi prispevajo predvsem naravni radionuklidi, prebivalci na referenčni točki so celo bolj obremenjeni kot prebivalci v okolici jedrske elektrarne. V 2011 sta se efektivna zunanja in ingestijska doza zaradi manjših količin Pb-210 v padavinah oziroma vazelinskih ploščah celo zmanjšali. Nesreča v Fukušimi ni bistveno prispevala k doznim obremenitvam.

REFERENCE

- [10] Spletne strani U. S. Environmental Protection Agency, www.epa.gov/radiation/radionuclides
- [11] Spletne strani Argonne National Laboratory, EVS, www.ead.anl.gov
- [12] Spletne strani SURS, Statistični urad Republike Slovenije, www.stat.Database/Okolje/podnebnikazalniki
- [13] GNIP, spletne strani IAEA, http://www-naweb.iaea.org/napc/ih/IHS_resources_gnip.html#1
- [14] F. Keith, Eckerman and Jeffrey C. Ryman, External Exposure to Radionuclides in Air, Water and Soil, Federal Guidance Report No. 12, EPA-402-R-93-081, Washington, 1993
- [15] 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
- [16] A. Giussani, D. Nosske, U. Gerstmann, Activities conducted in Germany by BfS after the Fukushima accident, Conference "25 years after the Chernobyl accident: studies, remarks and recent findings", June 21–23, 2011, Videm, Italija
- [17] M. Garavaglia, M. Giovani, M. Godeassi, P. Di Marco, L. Piccini, S. Pividore, E. Scruzzi, Measurement of isotopes at long distances from Fukushima: the case of Friuli Venezia Giulia region (NE Italy), Conference "25 years after the Chernobyl accident: studies, remarks and recent findings", June 21–23, 2011, Videm, Italija





4 ZRAČNE EMISIJE IN IMISIJE

POVZETEK

Nadzor radioaktivnosti zraka v okolici NEK je v letu 2011 potekal v enakem obsegu kot prejšnja leta. Iz meritev ocenjene letne učinkovite doze prebivalcev zaradi inhalacije in imerzije umetnih radionuklidov, ki so posledica izpustov iz NEK, so zanemarljive in več velikostnih redov nižje od letne učinkovite doze, ki jo zaradi inhalacije povzročajo naravni radionuklidi. Še največji prispevek k dozi lahko potencialno prejmejo prebivalci v okolici NEK zaradi izpustov C-14, ki se vgradi v rastline in ga zaužijejo s hrano. Ocenjena letna učinkovita doza zaradi ingestije C-14 je 0,17 μSv . V letu 2011 je prišlo do jedrske nesreče v Fukušimi, kar je imelo za posledico globalno onesnaženje ozračja z izotopi Cs-137, Cs-134 in I-131. Onesnaženje smo zaznali tudi v Sloveniji. Izmerjene vrednosti neznatno vplivajo na izračun doze zaradi umetnih radionuklidov, ki pa kljub vsemu ostaja zanemarljiva (0,17 μSv).

UVOD

Vzorčevanje in meritve radioaktivnosti zraka v okolici Nuklearne elektrarne Krško se izvaja v okviru obratovalnega nadzora radioaktivnosti. Tega mora v skladu s 124. členom Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (Ur. l. RS št. 102/2004) 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 o ustanovitvi Evropske skupnosti za atomsko energijo [19].

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

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

Kontrolne meritve aerosolov so bile opravljene z vzorci, ki so bili pridobljeni z vzorčevanjem na lokaciji v Ljubljani na dvorišču Instituta "Jožef Stefan".

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

ZNAČILNOSTI VZORČEVANJA IN MERITEV

Vzorčevanje zračnih emisij in imisij je v letu 2011 potekalo na podoben način kot v preteklih letih, kar zagotavlja primerljivost z rezultati iz prejšnjih poročil.

Vzorčevanje aerosolov je potekalo s kontinuirnim prečrpavanjem zraka skozi aerosolne filtre. Filtri se menjajo vsakih 15 dni, pri čemer se skozi filtre prečrpa najmanj 10 000 m³ zraka mesečno. V Dobovi in na dvorišču IJS v Ljubljani je potekalo vzorčevanje z zračnimi črpalkami, ki skozi filtre prečrpajo od 100 000 m³ do 150 000 m³ zraka. Izotopska analiza aerosolov se izvaja na sestavljenih mesečnih vzorcih z visokoločljivostno spektrometrijo gama. Vzorčevanje in meritve vzorcev na vseh osmih mestih ter vzorčevanje in meritev v Ljubljani (program nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju RS) je opravil IJS.



Zaradi specifičnih lastnosti I-131 in njegovih spojin je vzorčevanje I-131 potekalo ločeno s črpalkami z manjšim pretokom in s posebnimi filtri iz steklenih mikrovlaknen in aktivnega oglja, prepojenega s TEDA – trietilendiaminom. Filtri zbirajo atomski in molekularni jod (I , I_2), metiljodid (CH_3I), HI, HOI in jod, vezan na aerosole. Črpanje je kontinuirno, filtri se menjajo vsakih 15 dni, pri čemer se skozi filtre prečrpa od 1 000 m³ do 1 400 m³ zraka. Specifična meritev adsorbiranega I-131 in izotopska analiza aerosolov se izvaja z visokoločljivostno spektrometrijo gama. Vzorcevanje in specifične meritve joda je opravil IJS.

Vzorčevanje emisij NEK se opravlja na glavnem oddušniku z odvzemom reprezentativnega vzorca, ki se črpa skozi več merilnikov sevanja in vrača v oddušnik. Posebej se vzorčujejo tritij ($H-3$), ogljik C-14, Sr-90/Sr-89 (specifične analize s scintilacijskim spektrometrom beta) ter aerosoli za izotopsko analizo sevalcev s spektrometrijo gama. Meritev žlahtnih plinov poteka kontinuirno v posebnem merilnem zbiralniku. Vzorcevanje in specifične analize tritija ($H-3$) in ogljika C-14 je opravil IJS, meritve vzorcev filtrov za vzorcevanje aerosolov na ventilacijskem kanalu pa NEK in IJS. NEK je opravil tudi meritve emisij joda ter žlahtnih plinov.

REZULTATI MERITEV

V letu 2011 ni bilo remonta v NEK. Navadno so sicer izpusti med remontom večji kot med rednim obratovanjem, predvsem jodov in žlahtnih plinov. Tabele z merskimi rezultati so na priloženi zgoščenci v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2011*, IJS-DP-10930, februar 2012.

Rezultati meritev **I-131** (tabela T-43 (IJS)) so bili nad mejo detekcije $1E-4$ Bq/m³ v obdobju med 16. 3.–3. 5. 2011. Izmerjene vrednosti so posledica globalnega onesenjenja ob nesreči v japonski jedrski elektrarni v Fukušimi. V tem obdobju so iz vsega sveta poročali o izmerjenih specifičnih aktivnostih I-131 v zraku. Vrednosti so bile zelo nizke, a jih je bilo mogoče z občutljivo merilno opremo zaznati. V preostalem obdobju leta so bile izmerjene koncentracije I-131 pod mejo detekcije. Zato lahko sklenemo, da jod, ki bi bil posledica izpustov iz NEK, ni bil detektiran na nobenem od sedmih merilnih mest.

Rezultati meritev naravnih radionuklidov v **aerosolih** (tabele od T-44 do T-51 in T-52 (IJS - program nadzora radioaktivnosti v RS) na posameznih mestih kažejo dokaj dobro ujemanje, kar velja še posebej za kozmogeni Be-7, za katerega ugotavljamo, da je bila v okviru merilne negotovosti na vseh vzorčevalnih mestih v okolici NEK in Ljubljani izmerjena enaka vrednost. Podobno velja tudi za meritve Pb-210 v okolici NEK. Pri drugih naravnih radionuklidih so razlike med posameznimi merilnimi mesti v okolici NEK nekaj večje, a še vedno v okviru merilnih negotovosti in pričakovanih odmikov. Izmerjene vrednosti naravnih radionuklidov v aerosolih so zelo podobne vrednostim, izmerjenim v okviru nadzora radioaktivnosti v Republiki Sloveniji (tabela 4.1). Meritve aerosolov v okviru tega programa potekajo na lokacijah v Ljubljani (Institut "Jožef Stefan"), v Predmeji in na Jareninskem vrhu (ZVD Zavod za varstvo pri delu [20]).

Med lokacijami je najbolj zaznavna lokacija v Ljubljani, ki se v primerjavah uporablja kot referenčna lokacija. Ob primerjavi vrednosti z lokacij v okolici NEK in v Ljubljani je treba upoštevati, da zračna črpalka na vzorčevalnem mestu v Ljubljani prečrpa približno desetkrat več zraka kot črpalke v okolici NEK, razen v Dobovi, kjer je črpalka enaka kot v Ljubljani, kar zniža mejo detekcije. Ob upoštevanju teh dejstev lahko sklenemo, da so vrednosti naravnih radionuklidov v zraku v okolici NEK podobne tistim, ki jih izmerimo v okviru nadzornih meritev radioaktivnosti v Republiki Sloveniji [20]. Razlike v koncentracijah U-238 med posameznimi lokacijami v okolici NEK so verjetno posledica samih značilnosti lokacij, kot so npr. bližina objektov, ki povzročajo zaklanjanje, prevetrenost lokacije, bližina obdelovanih polj itd. U-238 v zraku je posledica resuspenzije iz zemlje in na lokacijah, kjer so v bližini obdelovalna polja in več mešanja zemlje, lahko pričakujemo večje koncentracije U-238 in potomcev.


Tabela 4.1: Primerjava izmerjenih povprečnih vrednosti radionuklidov v aerosolih v okviru nadzorov radioaktivnosti v okolici NEK in v Republiki Sloveniji za leto 2011

Vzorč.mesto	JARENINSKI VRH	PREDMEJA	LJUBLJANA	POVPREČJE KRAJEV NEK
IZOTOP	A (Bq/m ³)	A (Bq/m ³)	A (Bq/m ³)	A (Bq/m ³)
U-238	1,4E-05 ± 3E-06	1,5E-05 ± 4E-06	5,2E-07 ± 5E-07	1,1E-05 ± 2E-06
Ra-226	4,8E-06 ± 3E-07	2,6E-06 ± 7E-07	< 2E-06	< 2E-06
Pb-210	8,6E-04 ± 6E-05	6,1E-04 ± 3E-05	9,0E-04 ± 9E-05	9,7E-04 ± 6E-05
Ra-228	3,4E-06 ± 7E-07	1,2E-06 ± 4E-07	< 3E-07	1,5E-06 ± 6E-07
Th-230			4,7E-06 ± 5E-06	< 9E-07
Th-228	1,9E-06 ± 1E-06	1,8E-06 ± 3E-07	9,7E-06 ± 8E-06	1,1E-06 ± 3E-07
K-40	4,3E-04 ± 9E-06	2,8E-04 ± 5E-06		< 8E-06
Be-7	3,4E-03 ± 7E-05	2,9E-03 ± 8E-05	4,5E-03 ± 4E-04	4,4E-03 ± 2E-04
I-131	1,7E-05 ± 1E-08	1,6E-05 ± 6E-09	1,5E-05 ± 1E-05	2,3E-05 ± 7E-06
Cs-134	1,9E-06 ± 0E+00	1,2E-06 ± 2E-10	1,7E-06 ± 1E-06	2,0E-06 ± 5E-07
Cs-137	4,4E-06 ± 2E-07	3,1E-06 ± 9E-08	3,0E-06 ± 1E-06	3,6E-06 ± 6E-07
Sr-89/Sr-90	-----	-----	-----	1,8E-06 ± 1E-06

Izvajalec meritev od leta 2008 dalje med izmerjenimi radionuklidi poroča tudi o Na-22. Podobno kot Be-7 je Na-22 kozmogeni radionuklid, njegove koncentracije pa so navadno več 1000-krat nižje od koncentracij Be-7. Izvajalec meritev je v letu 2008 povečal občutljivost meritev in poročal tudi o Na-22. Radionuklid je bil občasno zaznan tudi v preteklih letih, a se vrednosti v tabelah niso navajale.

Izmed umetnih radionuklidov so bili v letu 2011 v aerosolih zaznani Cs-137, Sr-90 in nasprotno od preteklih let tudi I-131 in Cs-134. Prisotnost Cs-137 in Sr-90 v okolju je posledica globalne kontaminacije, medtem ko je prispevek NEK nemerljiv glede na modelske ocene. Izmerjene povprečne vsebnosti Cs-137 na posameznih merilnih mestih v okolici NEK so v letu 2011 nekaj višje kot je letno povprečje v obdobju 2007–2010 (1,2 µBq/m³). Višje vrednosti so bile izmerjene v marcu in aprilu 2011 in so bile nekajkrat višje kot v drugih mesecih. Izmerjene vrednosti v drugih mesecih so na ravni vrednosti iz prejšnjih let. Povečane vrednosti Cs-137 v zraku so posledica nesreče v Fukušimi. Radioaktivno onesnaženje se je iznad Fukušime razširilo po vsem svetu. Izmerjene vrednosti Cs-137 so primerljive z vrednostmi na lokacijah v okviru nadzora radioaktivnosti v Republiki Sloveniji (tabela 4.1).

Prav tako so posledica nesreče v Fukušimi izmerjene vrednosti I-131 in Cs-134. Oba izotopa sta bila zaznana le v marcu in aprilu 2011, torej v mesecih po nesreči v Fukušimi, ki se je zgodila 11. 3. 2011. Izmerjene vrednosti I-131 in Cs-134 v okolici NEK in na drugih lokacijah v Sloveniji so podobne, zato izmerjenih vrednosti ne moremo pripisati morebitnim izpustom iz NEK.

Specifične meritve Sr-90/Sr-89 so potekale v Dobovi. Izmerjene aktivnosti so nizke (0,57–4,8 µBq/m³). V izpustih NEK v 2011 so bile vrednosti Sr-89 pod mejo detekcije 1E-4 Bq/m³. Zato lahko sklenemo, da Sr-89 ni bil detektiran v izpustih NEK.

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

Podatki o izmerjenih vsebnostih aerosolov za vseh osem vzorčevalnih mest v okolici NEK so v tabelah od



T-44 do T-51, podatki o izmerjenih vsebnostih radionuklidov v aerosolih na dvorišču IJS v Ljubljani pa so v tabeli T-52. Za vsa vzorčevalna mesta in vse merjene radionuklide so določena letna povprečja.

Iz povprečnih vsebnosti za okolico NEK ter vsebnosti za Ljubljano so določene predvidene učinkovite doze $E(50)$ in $E(70)$ za tri starostne skupine: 1) odrasle, starejše od 17 let, 2) otroke, stare od 7 do 12 let, in 3) dojenčke, stare do enega leta. Pri tem smo upoštevali dozne pretvorbene faktorje $h(g)_{j,inh}$ (predvidena učinkovita doza na enoto vnosa) iz reference [4] in hitrosti dihanja 17 L/min (9000 m³ na leto) za odraslega posameznika, 10,6 L/min za otroka (5585 m³ na leto) in 2,0 L/min (1044 m³ na leto) za dojenčka. S seštevanjem predvidenih učinkovitih doz za posamezne radionuklide dobimo predvideno učinkovito dozo zaradi inhalacije umetnih radionuklidov ter za inhalacijo vseh radionuklidov v aerosolih, vključno z naravnimi. Rezultati izračunov so zbrani v preglednici 4.1.

Iz podatkov o meritvah vsebnosti plinov v izpuhu NEK, ki sta jih opravila NEK in IJS, ter iz podatka o nominalnem dnevnem izpuhu skozi oddušnik (42 m³/s oziroma 3 628 800 m³ na dan) so določene mesečne in letne emisije posameznih radionuklidov.

Modeliranje širjenja emitiranih snovi v zraku je postopek, s katerim z ustreznimi modeli, realiziranimi v obliki programske opreme, ocenimo koncentracije emitirane snovi v zunanjem zraku. Z modelom izračunamo razredčitvene koeficiente $(\chi/Q)/(s/m^3)$. Razredčitveni koeficient je normirano merilo za redčenje v ozračju in nam pove, kolikšna je koncentracija emitirane snovi v obravnavani točki okolja, če je emisija enotska (enaka 1).

Razredčitveni koeficient se za podano mrežo celic nad obravnavano domeno izračuna za vsak polurni interval v obravnavanem letu posebej. Časovno povprečenje pa se izvrši nad vsako celico posebej. Metodologija privzema, da je emisija v obravnavanih intervalih za povprečenje konstantna.

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

Iz podatkov o meritvah mesečnih emisij posameznih radionuklidov, ki sta jih opravila NEK in IJS, ter iz izračunanih povprečnih mesečnih razredčitvenih koeficientov $(\chi/Q)/(s/m^3)$ (tabela 4.2), ki jih je za posamezne mesece ter mesta v okolici NEK pripravilo podjetje MEIS, so bile izračunane povprečne mesečne vsebnosti posameznih radionuklidov na posameznih mestih.

Na sliki 4.1 so podane izračunane povprečne mesečne koncentracije Cs-137 za različna naselja v odvisnosti od razdalje od NEK z uporabo razredčitvenih koeficientov Lagrangeevega modela.

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

$$A_{jl} = A_{js} \cdot \Phi_v \cdot N \cdot (\chi/Q)_l \quad (6)$$

pri čemer je A_{jl} povprečna mesečna koncentracija j -tega radionuklida na lokaciji l , A_{js} povprečna mesečna specifična koncentracija radionuklida j na točki izpusta, Φ_v pretok oziroma hitrost izpusta (m³/s) in $(\chi/Q)_l$ razredčitveni faktor na lokaciji l .

Iz predstavljenih podatkov na sliki 4.1 je razvidno, da so izračunane povprečne koncentracije Cs-137 tudi v primeru najvišje izračunane mesečne koncentracije več velikostnih razredov pod orientacijsko detekcijsko mejo (približno 1E-6 Bq/m³), ki jo dosežemo pri meritvah aerosolov. Iz tega lahko sklenemo, da izmerjene povprečne mesečne koncentracije Cs-137, nekaj $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$, na aerosolnih filtrih v okolici NEK (tabele T-44 do T-53) niso posledica izpustov iz NEK, temveč posledica resuspenzije Cs-137 iz zemlje, ki je posledica černobilske nesreče in poskusnih jedrskih eksplozij v 50. in 60. letih dvajsetega



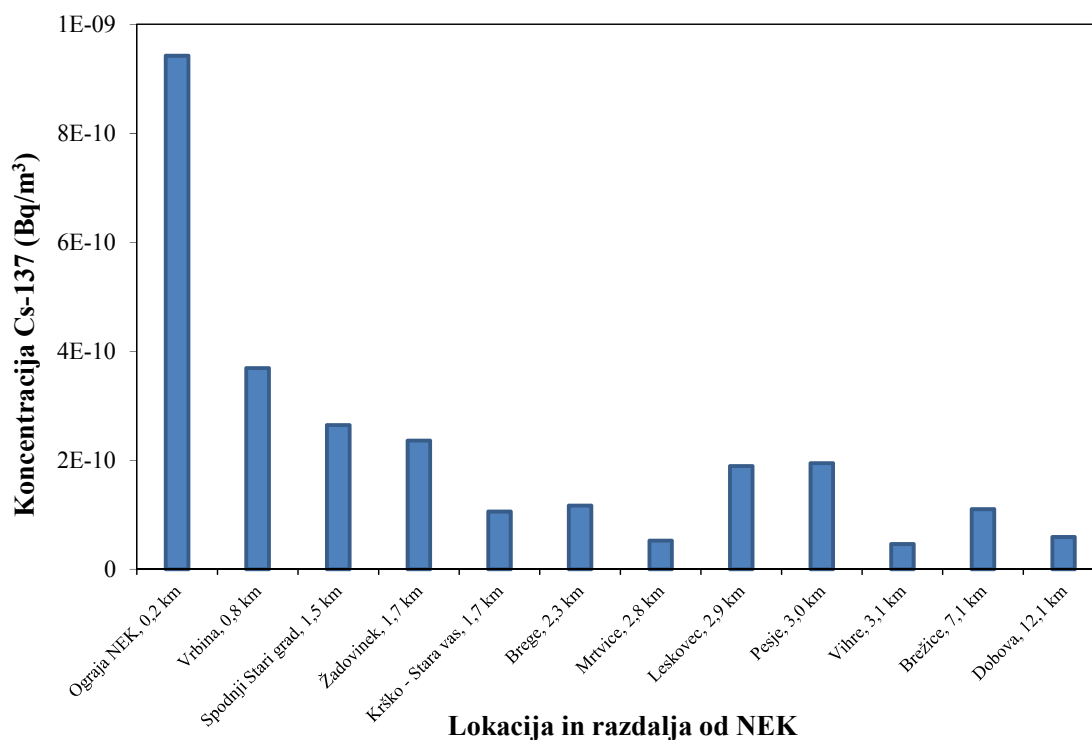
stoletja ter v letu 2011 tudi zračnih izpustov ob nesreči v Fukušimi. Podobno velja za I-131 v letu 2011.



Tabela 4.2: Povprečni mesečni razredčitveni koeficienti $\chi Q/(s/m^3)$ v letu 2011 za naselja v okolici NEK, ki jih je pripravilo podjetje MEIS z uporabo Lagrangeevega modela.

2011	Spodnji Stari Grad	Vrbina	Brežice	Vihre	Mrtvice	Brege	Žadovinec	Leskovec	Krško - Stara vas	Pesje	Dobova	Ograja NEK
januar	9,0E-08	5,5E-08	5,1E-08	2,2E-08	2,5E-08	4,4E-08	7,7E-08	8,6E-08	3,9E-08	9,7E-08	1,7E-08	9,1E-08
februar	6,5E-08	4,8E-08	1,4E-08	9,7E-09	1,6E-08	3,1E-08	1,3E-07	1,8E-07	3,1E-08	4,5E-08	7,7E-09	7,4E-08
marec	1,4E-07	7,0E-08	4,9E-08	2,0E-08	1,9E-08	4,1E-08	8,6E-08	7,4E-08	3,6E-08	9,6E-08	2,2E-08	2,7E-07
april	1,2E-07	1,5E-07	6,0E-08	2,1E-08	2,8E-08	6,2E-08	1,1E-07	1,1E-07	4,6E-08	5,3E-08	3,5E-08	1,7E-07
maj	2,4E-07	4,0E-07	9,3E-08	3,6E-08	4,7E-08	1,2E-07	1,7E-07	1,0E-07	1,2E-07	1,1E-07	5,2E-08	6,6E-07
junij	2,3E-07	2,9E-07	7,0E-08	4,8E-08	5,0E-08	1,3E-07	1,5E-07	6,0E-08	9,0E-08	1,9E-07	3,1E-08	9,4E-07
julij	2,2E-07	4,4E-07	6,5E-08	3,2E-08	3,2E-08	8,7E-08	1,9E-07	7,4E-08	7,8E-08	1,4E-07	3,0E-08	1,7E-06
avgust*	1,4E-07	1,9E-07	6,1E-08	2,6E-08	3,0E-08	6,5E-08	1,3E-07	1,1E-07	5,9E-08	1,1E-07	3,2E-08	4,7E-07
september	1,2E-07	3,7E-07	1,0E-07	3,7E-08	3,4E-08	5,8E-08	1,6E-07	8,9E-08	4,5E-08	1,2E-07	5,6E-08	9,3E-07
oktober	1,1E-07	1,2E-07	8,3E-08	2,4E-08	3,1E-08	7,3E-08	1,4E-07	7,1E-08	5,0E-08	9,4E-08	5,3E-08	3,3E-07
november	8,4E-08	1,1E-07	6,6E-08	1,5E-08	2,1E-08	4,0E-08	1,4E-07	1,6E-07	5,2E-08	1,1E-07	3,4E-08	1,4E-07
december	1,9E-07	8,6E-08	2,4E-08	1,8E-08	2,0E-08	3,3E-08	8,2E-08	1,5E-07	5,9E-08	1,7E-07	1,6E-08	7,9E-08

* Povprečna letna vrednost preostalih mesečnih meritev, ker je bil avgusta SODAR v okvari.



Slika 4.1: Primerjava izračunanih letnih povprečnih specifičnih aktivnosti Cs-137 v različno oddaljenih naseljih



Na sliki 4.2 so predstavljeni povprečni letni razredčitveni koeficienti $(\chi/Q)/(s/m^3)$ za izpust z višine 60 m za okolico elektrarne. Porazdelitev je narejena na osnovi izračunanih mesečnih koeficientov χ/Q , kar je naredil MEIS.

S slike 4.2 je razvidno, da sta prevladujoči smeri, v katere se v poprečju gibljejo izpusti NEK, proti jugozahodu in proti severovzhodu. Zato so tudi izračunane koncentracije radionuklidov v naseljih severovzhodno in jugozahodno od NEK višje za faktor štiri ali več od tistih v smeri severozahodno in jugovzhodno od NEK na približno isti oddaljenosti.

DISKUSIJA

Namen spremljanja radioaktivnosti v vzorcih zraka je ocena doz, ki jih prejmejo prebivalci, ki živijo v okolici NEK. Človek z vdihavanjem zraka v telo vnese določeno količino radionuklidov, ki so v zraku. Radionuklidi se nato iz pljuč razširjajo v druge dele telesa in povzročajo obsevanost človeka. Prejeta doza je odvisna od koncentracije posameznih radionuklidov v zraku, vrste radionuklidov in hitrosti dihanja. Efektivna doza E , ki jo prejme posameznik v starostni skupini prebivalstva ali skupini izpostavljenih delavcev g , se ugotavlja kot vsota vseh prispevkov zaradi vnosa različnih radionuklidov z vdihavanjem:

$$E = \sum_j h(g)_{j,\text{inh}} A_{j,\text{inh}} \quad (7)$$

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

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

$$A_{j,\text{inh}} = A_j V_d t \quad (8)$$

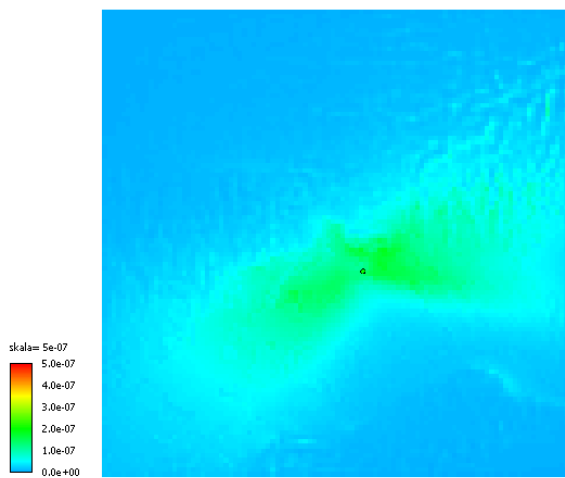
kjer je A_j koncentracija j -tega radionuklida iz enačbe 5, V_d hitrost dihanja in t trajanje vdihavanja.

Ob upoštevanju privzetih hitrosti dihanja za določeno starostno skupino [4] in podatkov o povprečnih mesečnih emisijah posameznih radionuklidov lahko ocenimo vnos posameznega radionuklida v telo zaradi vdihavanja. Z upoštevanjem ustreznih doznih pretvorbenih faktorjev $h(g)_{j,\text{inh}}/(Sv/Bq)$ [4] za posamezne radionuklide in posamezno starostno skupino dobimo oceno za mesečne prispevke posameznega izotopa k letni dozi. V preglednici 4.2 podajamo ocenjene letne efektivne doze zaradi inhalacije in imerzije za odraslega prebivalca (starost >17 let) na lokaciji Spodnji Stari Grad, ocenjene na osnovi meritev mesečnih izpustov tritija (H-3), ogljika C-14 ter meritev aerosolov. Izračun je narejen ob upoštevanju povprečnih mesečnih razredčitvenih koeficientov χ/Q , izračunanih na podlagi Lagrangeevega modela za naselje Spodnji Stari Grad, izbrano kot referenčno naselje z najvišjo izračunano dozo.

Na sliki 4.3 so predstavljene predvidene letne efektivne doze zaradi umetnih radionuklidov (μSv na leto) za odraslega človeka, izračunane iz meritev aerosolnih filtrov v okolici NEK in v Ljubljani v letih od 2000 do 2011.

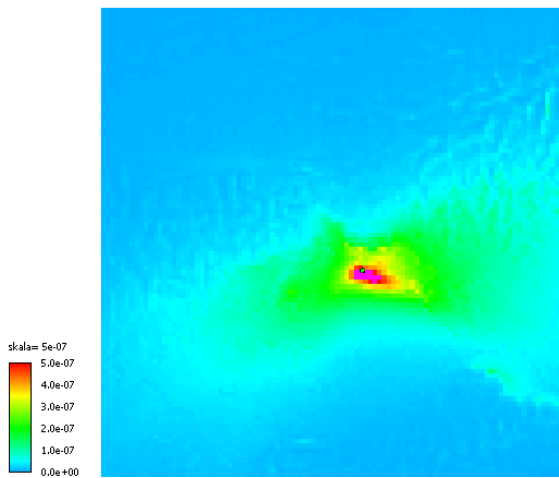


01-01-07, 00:00, NEK LGM, Yearly, X/Q, Avg.



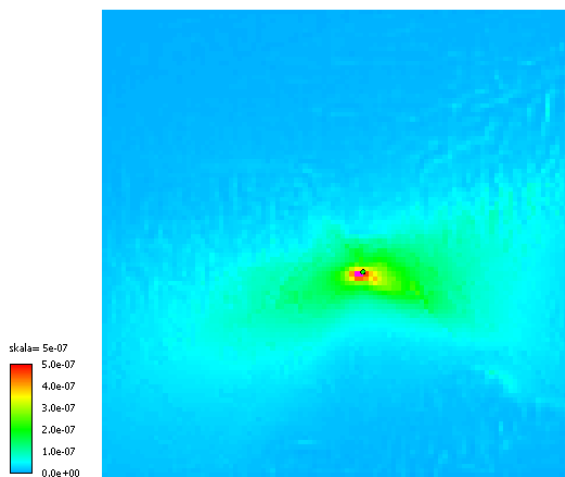
Max = 1.8202e-07, x = 60, y = 48, Avg = 2.9380e-08

01-01-08, 00:00, NEK LGM, Yearly, X/Q, Avg.



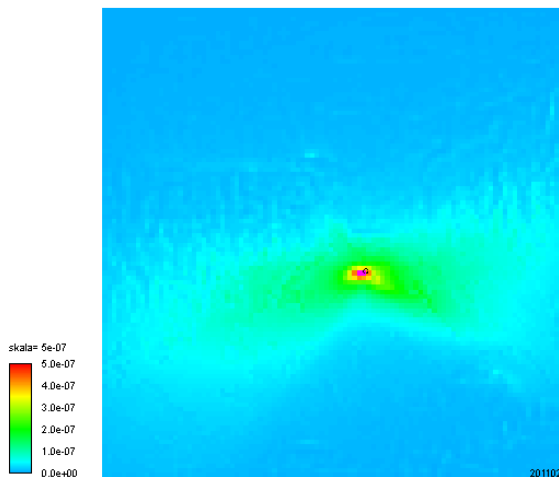
Max = 8.0147e-07, x = 55, y = 43, Avg = 3.9043e-08

01-01-09, 00:00, NEK LGM, Yearly, X/Q, Avg.



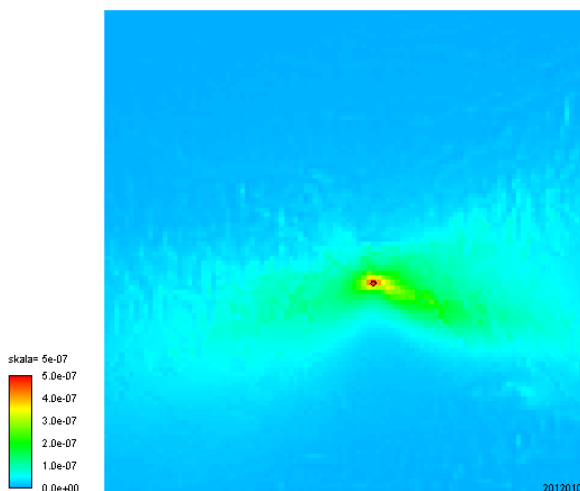
Max = 5.6802e-07, x = 55, y = 43, Avg = 3.0323e-08

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



Max=5.7721e-07, x=55, y=43, Avg=2.7704e-08, MxR=3.9010e-08, x=99, y=53, %skale=7.80

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



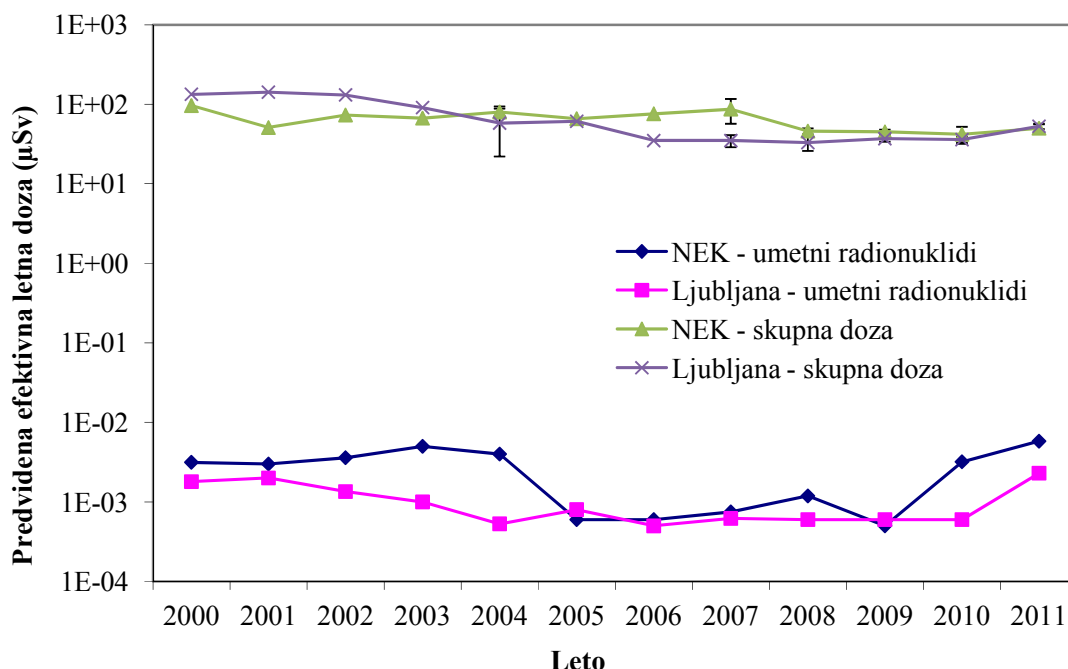
Slika 4.2: Povprečni letni razredčitveni koeficienti $(\chi/Q)/(s/m^3)$ za izpust z višine 60 m za okolico NEK za leta 2007–2011 (Lagrangeev model)



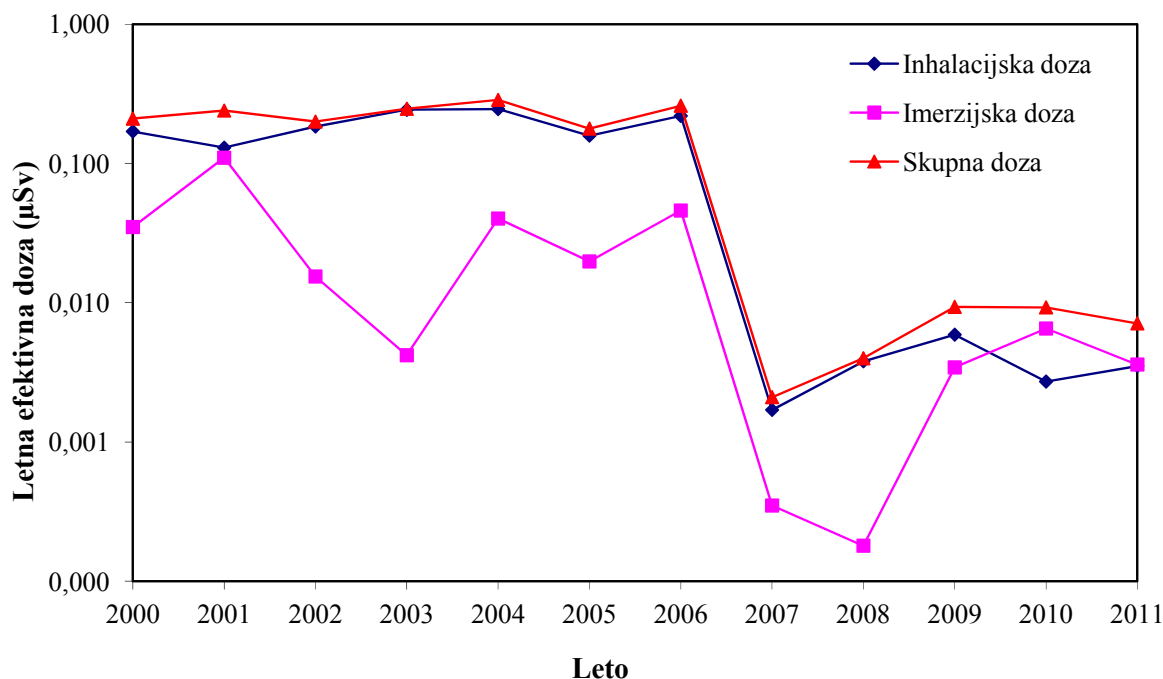
Kot je razvidno s slike 4.3, je prispevek umetnih radionuklidov v Ljubljani in okolici NEK zelo podoben in je v zadnjih letih okoli ali manj od $0,001 \mu\text{Sv}$. Visoka doza umetnih radionuklidov v letu 2003 je bila posledica prispevka Sr-90, ki je to leto prispeval kar $\frac{3}{4}$ doze. Vendar pa poročilo o meritvah radioaktivnosti v okolici NEK za leto 2003 ugotavlja, da prispevek ni posledica izpustov iz NEK, temveč resuspenzije z zemlje. Podobno velja za celotno obdobje 2000–2004 in leto 2010. Tudi v letu 2011 je prispevek stroncija k dozi podoben kot v letu 2010, vendar je skupna doza v letu 2011 večja kot v letu 2010. Višja doza zaradi umetnih radionuklidov je opazna tako v Ljubljani kot okolici NEK. To je posledica izmerjenih vrednosti Cs-137, Cs-134 in I-131 v marcu in aprilu 2011 oziroma nesreče v Fukušimi. Skupni prispevek Cs-137, Cs-134 in I-131 k dozi v letu 2011 zaradi umetnih radionuklidov je približno tako velik kot prispevek Sr-90, medtem ko je bil prispevek teh radionuklidov v letu 2010 zanemarljiv oziroma nekajkrat manjši od prispevka Sr-90.

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

Za doze naravnih radionuklidov je značilno, da variirajo po letih, kar velja tako za lokacije v okolici NEK kot za lokacijo v Ljubljani. Poleg tega je bil v letu 2006 v Ljubljani spremenjen način vzorčevanja. Nekaj višja doza zaradi naravnih radionuklidov v letu 2007 je bila posledica previsoko ocenjenih koncentracij Th-228. Le-te so bile določene iz meritev kratkoživih razpadnih produktov Rn-220, ki niso bili v ravnovesju s Th-228. Pri izračunu doz ni bil upoštevan prispevek naravnega radionuklida Po-210, ki ga v okviru nadzora radioaktivnosti ne merimo. Prispevek Po-210 k inhalacijski dozi je sicer zelo pomemben, saj ima izotop velik dozni pretvorbeni faktor [4]. V splošnem lahko rečemo, da so v okolici NEK učinkovite doze zaradi inhalacije naravnih radionuklidov enake kot drugod po Sloveniji in so nekaj $10 \mu\text{Sv}$ na leto [20].



Slika 4.3: Primerjava predvidenih letnih učinkovnih doz v okolici NEK in Ljubljani za odrasle osebe iz meritev aerosolov za naravne in umetne radionuklide (μSv na leto). Ordinarna os je v logaritemski skali. Ocena negotovosti je zaradi logaritemске skale slabo vidna. Ocenjene negotovosti doz so okoli 10 % pri faktorju pokritja 68 %.



Slika 4.4: Ocena inhalacijskih, imerzijskih in skupnih doz za odrasle za Spodnji Stari Grad v letih 2000–2011 (μSv na leto). Ordinarna os je v logaritemski skali. Ocenjene negotovosti izračuna doz so več 10 % pri faktorju pokritja 68 %.

Na sliki 4.4 je povzetek ocen inhalacijskih in imerzijskih doz od leta 2000 dalje, izračunanih iz podatkov o plinskih emisijah iz NEK in iz povprečnih mesečnih razredčitvenih koeficientov χ/Q , ki so jih za Spodnji Stari Grad izračunali na Agenciji RS za okolje (do vključno leta 2006) in MEIS (od leta 2007 dalje). Razvidno je, da se z uporabo Lagrangeevega modela za izračun razredčitvenih koeficientov oziroma razširjanja efluentov (aerosoli, partikulati, molekule) v zraku, izračunana doza bistveno zmanjša (preglednica 4.3). Gaussov model je primeren predvsem za preproste ravninske geometrije in je zelo verjetno, da so bile vrednosti učinkovitih doz za inhalacijo in imerzijo zaradi plinskih emisij iz NEK v določeni meri precenjene v letih pred 2007. Sedanja ocenjena letna učinkovita doza, ki temelji na izračunanih razredčitvenih koeficientih po Lagrangeevem modelu, je kar za okrog faktor 100 manjša od tistih pred 2007. Izračunane doze zaradi vdihavanja zračnih delcev iz podatkov o zračnih emisijah in razredčitvenih koeficientov iz Lagrangeevega modela so v 2011 na ravni povprečja v obdobju 2007–2011. To kaže na stabilne pogoje obratovanja jedrske elektrarne in na podobnost letnih vremenskih razmer.

Med zračnimi izpusti je tudi izotop C-14. Prispevek C-14 k inhalacijski dozi je majhen, le nekaj desetink odstotka skupne inhalacijske doze, v letu 2011 le 0,005 μSv ali le 0,14 % celotne inhalacijske doze. Prispevek C-14 k inhalacijski dozi v 2009 in 2010 je bil 0,7 %.

C-14 se vgrajuje v rastline, ki jih uživajo ljudje in živali. Pri prispevku k dozi zaradi izpustov C-14 je tako treba upoštevati predvsem ingestijsko dozo. V letih 2009 [24], 2010 [25] in 2011 [26] je Institut "Ruđer Bošković" izdelal študije, v katerih je bila ocenjena letna učinkovita doza zaradi ingestije C-14 iz zračnih izpustov NEK. V študijah se primerja doza zaradi uživanja jabolok iz neposredne okolice NEK in kontrolne lokacije v Dobovi, kar pa ne daje merodajne ocene doze C-14 zaradi prehranjevanja. Pravilna ocena doze temelji na obravnavi izmerkov C-14 v raznovrstni hrani v okolici NEK (glej poglavje "*Vnos radionuklidov v prehranjevalno verigo*"). Učinkovita letna doza je izračunana ob predpostavki, da človek poje vsak dan 0,3 kg jabolok, pri čemer jabolka iz lokacije, ki je znotraj kroga približno 750 m od NEK,



uživa dva meseca v letu, drugih 10 mesecev pa uživa jabolka s kontrolne lokacije v Dobovi. Ocenjena letna učinkovita doza zaradi zauživanja C-14 na kontrolni lokaciji v Dobovi je okoli 15 μSv , dodatna doza zaradi prispevka C-14 iz NEK pa je 1–2 % (0,3 μSv). V letu 2009 je bila ta doza ocenjena na 0,17 μSv . V letu 2010 je doza zaradi ingestije C-14 v [24, 25] ocenjena na 0,07 μSv letno. Zaradi letnih variacij v koncentracij C-14 ter merilne negotovosti je prispevek NEK k povečanju koncentracije v hrani težko določiti. Razlike med referenčno lokacijo v Dobovi in lokacijo v bližini NEK so namreč v okviru merilne negotovosti. V 2011 je prispevek NEK k letni dozi zaradi ingestije C-14 ocenjen na 0,07 μSv [26].

OCENA VPLIVOV

Meritve koncentracije I-131 v zraku (tabela T-43) kažejo, da je bila merilna meja $1\text{E}-4 \text{ Bq/m}^3$ v letu 2011 presežena v obdobju 16. 3.–3. 5. 2011. Obdobje se ujema z nesrečo v jedrski elektrarni v Fukušimi (11. 3. 2011) in zračnimi izpusti efluentov I-131, Cs-137 in Cs-134. Izmerjene vrednosti I-131 v Sloveniji so primerljive z vrednostmi, ki so jih izmerili drugod po Evropi, to je 0,01–0,1 mBq/m^3 v aerosolnih filtrih in 0,1–1 mBq/m^3 v v ogljenih filtrih [27]. Večje izmerjene koncentracije v ogljenih filtrih dokazujejo, da se je I-131 širil kot plin in se je v manjši meri vezal na prašne delce v zraku. Vsekakor izmerjenih vrednosti ne moremo pripisati izpustom iz NEK. Navsezadnje nadzor nad emisijami v 2011 ni zaznal izpustov I-131 (tabela T-43). Dozo zaradi prispevka I-131 ocenjujemo tako, da za koncentracijo privzamemo merilno mejo $1\text{E}-4 \text{ Bq/m}^3$. Letne predvidene učinkovite doze, ki jih tako izračunamo, so za odraslega človeka 0,007 μSv , za dojenčka pa 0,011 μSv .

Meritve na aerosolnih filtrih v okolici NEK kažejo, da je med naravnimi radionuklidi najpomembnejši prispevek k letni predvideni učinkoviti dozi za odraslega človeka prispevek naravnega izotopa Pb-210, in sicer $(49 \pm 3) \mu\text{Sv}$ na leto, kar je zelo podobno dozam iz preteklih let (37–44 μSv na leto v obdobju 2005–2010). Prispevek Pb-210 k celotni dozi je največji, ker ima radionuklid zelo visok dozni pretvorbni faktor [4].

Drugi po prispevku k celotni dozi v letu 2011 je U-238 (0,8 μSv), vendar je ta prispevek zelo majhen. Podoben je bil npr. v letu 2010 (0,5 μSv). Radionuklid Th-230, ki je v preteklih letih prispeval nekaj μSv na leto, v letu 2011 ne prispeva k dozi, saj ni bilo izmerjenih vrednosti nad mejo detekcije. To samo potrjuje dejstvo, da so koncentracije Th-230 na meji zaznavanja in izmerjenih vrednosti oziroma prispevkov k dozi, ki jih povzroča Th-230, ne moremo obravnavati z enako pomembnostjo kot pri radionuklidih, ki jih bolje detektiramo.

V letu 2011 so k dozi med umetnimi radionuklidi prispevali Cs-137, Sr-90, Cs-134 in I-131. Cs-137 in Sr-90 navadno zaznamo v aerosolih zaradi resuspenzije prašnih delcev s tal. Oba izotopa sta posledica globalne kontaminacije zaradi jedrskih poskusnih eksplozij in černobilske kontaminacije. Radionuklida I-131 in Cs-134 zaradi krajšega razpolovnega časa nista več prisotna v globalni kontaminaciji. Izmerjene vrednosti obeh izotopov v letu 2011 (tabele T-43 do T-52) so posledica jedrske nesreče v Fukušimi. Iz enakega razloga so povišane tudi koncentracije Cs-137. Radionuklida Cs-134 in I-131 kot tudi višje vrednosti Cs-137 glede na običajne nivoje so bile zaznane v marcu in aprilu 2011. Prispevek Sr-90 k dozi v letu 2011 ni posledica izpustov iz NEK, temveč resuspenzije globalnega onesnaženja.

Prispevek umetnih radionuklidov je v primerjavi s prispevkom naravnih radionuklidov zelo majhen. Izračunana predvidena učinkovita doza zaradi umetnih radionuklidov je več kot 10 000-krat manjša od izračunane doze naravnih radionuklidov. V letu 2011 je izračunana učinkovita doza zaradi umetnih radionuklidov 0,0058 μSv . V letu 2010 je bila 0,0032 μSv , povprečje v obdobju 2005–2010 pa je bilo 0,0007 μSv . Doza v letu 2011 je večja od povprečja zadnjih let zaradi prispevka Sr-90, ki smo ga pripisali večji resuspenziji. Podobno je bilo v obdobju 2000–2004. Prispevek Sr-90 v letu 2011 je na ravni prispevka iz leta 2010, povečanje doze zaradi umetnih radionuklidov pa je posledica nesreče v Fukušimi in ne izpustov iz NEK.

Predvidena učinkovita doza je zaradi vseh detektiranih radionuklidov v letu 2011 za odraslega človeka v okolici NEK $(50 \pm 3) \mu\text{Sv}$ na leto in je zelo podobna vrednostim iz preteklih let (2010: $42 \pm 6 \mu\text{Sv}$; 2009: $45 \pm 5 \mu\text{Sv}$). Prispevek umetnih radionuklidov je zanemarljiv. Celotna predvidena učinkovita doza za



otroka je (40 ± 2) μSv in za dojenčka (19 ± 1) μSv .

Meritve aerosolnih filtrov v Ljubljani in v okolici NEK kažejo, da je med naravnimi radionuklidi pomemben samo prispevek Pb-210, ki je za odraslo osebo med 30 μSv in 40 μSv na leto.

Od umetnih radionuklidov prispevata k predvideni efektivni dozi Cs-137 in Sr-90, ki sta posledica globalnega radioaktivnega onesaženja. Obremenitev prebivalstva zaradi vdihavanja Cs-137 je nizka in je med 0,0005 μSv in 0,001 μSv na leto. V letu 2011 je bil pripisevek Cs-137 k letni dozi 0,0013 μSv . Zaradi radioaktivnih izpustov iz Fukušime sta radionuklida Cs-134 in I-131 v 2011 k dozi prispevala po 0,0003 μSv in 0,0015 μSv .

Izračunana predvidena letna efektivna doza zaradi inhalacije za prebivalca v okolici NEK za leto 2011 je manjša kot za prebivalca v Ljubljani, kar je posledica izmerjenih vrednosti naravnih radionuklidov. Sicer je navadno prispevek naravnih radionuklidov v okolici NEK večji in je posledica večje resuspenzije iz zemlje kot posledice obdelave polj, česar je na Krškem polju več kot v Ljubljani. V letu 2011 bil je prispevek naravnih radionuklidov v okolici NEK manjši, ker v zraku ni bil izmerjen Th-230. Prispevek umetnih radionuklidov je tako v okolici NEK kot v Ljubljani zanemarljiv. Povzetek vsot predvidenih efektivnih doz, izračunanih iz meritev aerosolnih filtrov, je v preglednici 4.1.

Preglednica 4.1: Aerosolni filtri v letu 2011 – povzetek vsot predvidenih efektivnih doz (*) za odrasle, otroke in dojenčke, izračunane iz merskih podatkov v T-44 do T-55 ter doznih pretvorbennih faktorjev iz reference [4].

STAROSTNA SKUPINA	VRSTA VSOTE	AEROSOLNI FILTRI – POVPREČJE (μSv na leto)	
		OKOLICA NEK	LJUBLJANA
ODRASLI <i>E(50)</i>	umetni radionuklidi	$0,0058 \pm 0,0015$	$0,0023 \pm 0,0009$
	umetni in naravni radionuklidi	50 ± 3	53 ± 7
OTROCI <i>E(70)</i>	umetni radionuklidi	$0,0056 \pm 0,0010$	$0,0026 \pm 0,0010$
	umetni in naravni radionuklidi	40 ± 2	42 ± 2
DOJENČKI <i>E(70)</i>	umetni radionuklidi	$0,0031 \pm 0,0007$	$0,0016 \pm 0,0009$
	umetni in naravni radionuklidi	19 ± 1	20 ± 2

(*) Predvidene efektivne doze so izračunane iz predpostavke, da odrasel vdihne 9 000 m^3 zraka na leto (povprečna hitrost dihanja 17 L/min), da otrok (7–12 let) vdihne 5 585 m^3 zraka na leto (povprečna hitrost dihanja 10,6 L/min) in da dojenček (do 1 leta) vdihne 1 044 m^3 zraka na leto (povprečna hitrost dihanja 2,0 L/min).

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

Meritve emisij na izpuhu NEK in podatki o izračunanih povprečnih mesečnih razredčitvenih koeficientih $(\chi/Q)/(s/\text{m}^3)$ za posamezna mesta v okolici NEK (tabela 4.2) nam omogočajo, da izračunamo inhalacijski in imerzijski prispevek k letni efektivni dozi zaradi zračnih emisij NEK. V preglednicah 4.2 in 4.3 so izračunane inhalacijske in imerzijske doze v okolici NEK. Najvišje izračunane doze so bile v letu 2011 v Spodnjem Starem Gradu, kjer so stopnje razredčitve najnižje.



Preglednica 4.2: Predvidene letne efektivne doze za odraslega prebivalca na referenčni lokaciji Spodnji Stari Grad (smer VSV, razdalja 0,8 km) – prispevki posameznih izotopov. Ocena doz je narejena na podlagi inhalacijskih in imerzijskih doznih pretvorbenih faktorjev iz reference [4] in predpostavke o hitrosti dihanja 17 L/min ter mesečnih prizemnih razredčitvenih koeficientih λ/Q , izračunanih na podlagi Lagrangeevega modela.

	Izotop	Letna efektivna doza (μSv)
Pare, plini (inhalacija)	I-131	/
	I-132	/
	HTO	3,5E-03
	HT + CHT	4,2E-06
	¹⁴ CO ₂	4,9E-06
	¹⁴ CH ₄	8,9E-08
Aerosoli (inhalacija)	Na-22	6,7E-11
	Co-58	5,6E-10
	Co-60	7,1E-09
	Te-125m	3,2E-10
	Te-127m	8,7E-09
	Cs-137	9,2E-08
	Fe-55	8,0E-10
	Sr-89/Sr-90	2,0E-08
Žlahtni plini (imerzija)	Xe-131m	1,0E-03
	Xe-133	5,4E-07
	Ar-41	2,5E-03
	Kr-85	1,2E-04
	Inhalacijska doza	3,5E-03
	Imerzijska doza	3,6E-03
	DOZA - SKUPAJ	7,1E-03

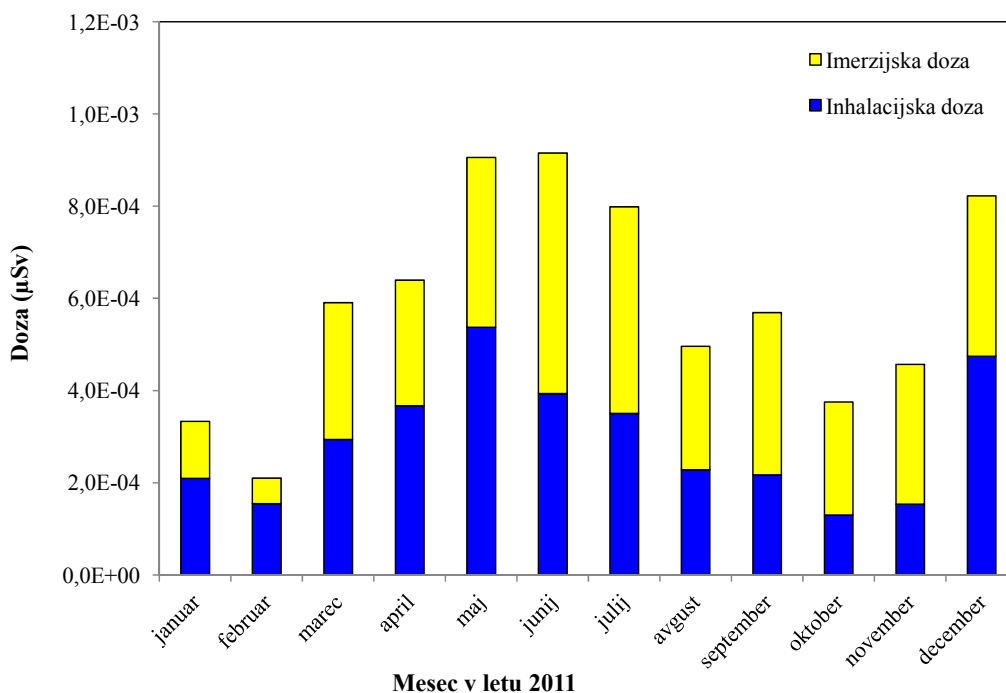
Iz preglednice 4.2 je razvidno, da je praktično vsa inhalacijska doza posledica zračnih emisij tritija. Tritij prispeva k skupni inhalacijski dozi 3,5 nSv na leto (predvsem v obliki emisij HTO), kar je približno toliko kot v letu 2010 (2,7 nSv) in dvakrat manj kot v 2009 (5,9 nSv). Ocenjeni prispevek k skupni inhalacijski dozi vseh drugih radionuklidov je bistveno manjši. V letu 2011 ni bilo izpustov jodov, kar kaže na dobro integriteto goriva. Podobno velja že od 2009.

Ocenjena predvidena efektivna letna inhalacijska doza za odraslo osebo za Spodnji Stari Grad za leto 2011 je 0,0035 μSv . Ocenjena efektivna doza zaradi inhalacije v letu 2010 je bila 0,0027 μSv , v letu 2009 je bila 0,0059 μSv , v letu 2008 je bila 0,0038 μSv in v letu 2007 0,0017 μSv . Večja doza v letu 2009 je bila predvsem posledica večjih izpustov tritija (5,9 E+12 v 2009 v primerjavi z 4,7 E+12 v 2011). Zunanje obsevanje zaradi radioaktivnih izotopov v zraku (imerzijska doza) je predvsem posledica izpustov žlahtnega plina Ar-41 0,0025 μSv v letu 2011, kar je manj kot v letu 2010 in podobno kot v letu 2009 (0,0064 μSv v 2010 in 0,0028 μSv v 2009). Največja doza zaradi Ar-41 je bila v juniju 2011 (slika 4.5), ko so bili poročani največji izpusti Ar-41. Precej manj so k dozi prispevali drugi izotopi. Celotna letna imerzijska doza za Spodnji Stari Grad za leto 2011 je 0,0036 μSv za odraslo osebo, 0,0022 μSv za otroka in 0,0004 μSv za dojenčka. Imerzijska doza je podobna kot v letih 2010 in 2009. V letih 2007–2008 so bile imerzijske doze okoli 10-krat nižje, vendar ne toliko zaradi večjih izpustov iz NEK, temveč zaradi neugodnih vremenskih razmer in posledično manjših razredčitev. S slike 4.2 je razvidno, da so



razredčitveni koeficienti v letih 2009–2011 zelo podobni in da so razredčitve v zadnjih manjše kot npr. v letih 2007 in 2008. Celotna letna doza za odraslega človeka v Spodnjem Starem Gradu, ki je posledica inhalacije in imerzije v letu 2011, je 0,0071 μSv . Doze so podobne kot v preteklih letih (2010: 0,0093 μSv ; 2009: 0,0094 μSv ; 2008: 0,0040 μSv).

V preglednici 4.3 so zbrane izračunane doze za odraslega človeka, otroka in dojenčka za različna mesta v okolici NEK. Predvidene letne efektivne doze za odraslega človeka se gibljejo od 0,0013 μSv (Vihre) do 0,0094 μSv (Vrbina).



Slika 4.5: Mesečne inhalacijske doze za posameznika iz prebivalstva v naselju Spodnji Stari Grad. Največji prispevek k inhalacijski dozi daje H-3 v obliki vodne pare, k imerzijski pa Ar-41.

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

SKLEPI

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

Od leta 2007 za izračun doz zaradi atmosferskih izpustov uporabljamo Lagrangeev model, ki bolje opisuje razširjanje radioaktivnih snovi od točke izpusta na razgibanih in zahtevnih terenih, kot je to primer v okolici NEK. Z uporabo tega modela so izračunane predvidene letne efektivne doze zaradi inhalacije in imerzije skoraj stokrat nižje kot pred 2007, ko smo za izračun razredčitvenih koeficientov uporabljali Gaussov model. Največja razlika med modeloma je v bližini izpustnega mesta, z oddaljenostjo od izpusta pa so razlike med izračunanimi razredčitveni koeficienti po obeh modelih nižje (do največ 30-krat).



Preglednica 4.3: Ocene inhalacijskih in imerzijskih doz za okolico NEK v letu 2011. Primerjava skupnih inhalacijskih in imerzijskih doz za Lagrangeev in Gaussov model. Uporabljeni so podatki za dozne pretvorbene faktorje iz reference [4] za odrasle in otroke.

PREGLED SKUPNIH LETNIH DOZ – ODRASLI IN OTROCI							
Naselje	Razdalja od NEK (km)	Lagrangeev model (μSv)			Gaussov model (μSv)		
		Odrasli	Otroci (7–12 let)	Dojenčki (do 1 leta)	Odrasli	Otroci (7–12 let)	Dojenčki (do 1 leta)
Spodnji Stari Grad	1,5	7,1E-03	5,0E-03	1,5E-03	2,6E-01	1,9E-01	5,5E-02
Vrbina	0,8	9,4E-03	6,6E-03	2,0E-03	1,9E-01	1,3E-01	3,9E-02
Brežice	7,1	3,0E-03	2,1E-03	6,3E-04	3,6E-02	2,5E-02	7,6E-03
Vihre	3,1	1,3E-03	8,8E-04	2,6E-04	3,6E-02	2,5E-02	7,5E-03
Mrtvice	2,8	1,4E-03	1,0E-03	3,0E-04	1,6E-01	1,1E-01	3,3E-02
Brege	2,3	3,1E-03	2,2E-03	6,6E-04	5,2E-02	3,7E-02	1,1E-02
Žadovinek	1,7	6,3E-03	4,4E-03	1,3E-03	1,9E-01	1,3E-01	3,9E-02
Leskovec	2,9	5,2E-03	3,7E-03	1,1E-03	3,8E-02	2,7E-02	7,9E-03
Krško – Stara vas	1,7	2,9E-03	2,0E-03	6,1E-04	8,0E-02	5,7E-02	1,7E-02
Pesje	3,0	5,4E-03	3,8E-03	1,1E-03	1,0E-01	7,3E-02	2,2E-02
Dobova	12,1	1,6E-03	1,1E-03	3,3E-04	1,7E-02	1,2E-02	3,5E-03
Ograja NEK (zahod)	0,2	2,3E-02	1,6E-02	4,7E-03	6,2E+00	4,3E+00	1,3E+00

V letu 2008 je Evropska komisija izdala publikacijo [23], v kateri so izračunane predvidene letne efektivne doze zaradi izpustov iz jedrskih elektrarn in obratov za predelavo jedrskega goriva v Evropi. Doze v tem poglavju so izračunane za referenčno skupino prebivalstva za vse objekte ob enakih predpostavkah in na enakih razdaljah 500 m in 5 000 m od objekta. Pri ocenjevanju doze zaradi plinskih izpustov je efektivna doza za 75 % objektov manjša od 1,4 μSv na leto na razdalji 500 m in manjša od 0,24 μSv na leto na razdalji 5 000 m. Naselje Spodnji Stari Grad je na razdalji 1,5 km od točke izpusta iz NEK. Ocenjena letna efektivna doza za leto 2011 je 0,17 μSv in je predvsem posledica ingestije zaradi C-14. Podobna ugotovitev velja tudi za druge jedrske objekte v Evropi.

Ovrednotenje imisij na osnovi evalvacije meritev aerosolnih filtrov ter atmosferskih emisij z modelskimi izračuni razredčitvenih koeficientov, ki temeljijo na realnih vremenskih podatkih, je za leto 2011 pokazalo naslednje:

- predvidena efektivna doza zaradi inhalacije aerosolov v okolici NEK je predvsem posledica inhalacije dolgoživih naravnih radionuklidov in je za odraslega posameznika (50 ± 3) μSv na leto. Doza je v okviru pričakovanj in na ravni povprečne vrednosti zadnjih let;
- predvidena efektivna doza zaradi inhalacije umetnih radionuklidov v aerosolih v okolici NEK je posledica radionuklidov, ki so del globalne kontaminacije zaradi jedrskih poskusov, černobilske kontaminacije in v letu 2011 tudi kontaminacije zaradi izpustov ob jedrski nesreči v Fukušimi in je za odraslega posameznika ($0,0058 \pm 0,0015$) μSv na leto;
- izpusti žlahtnih plinov iz NEK povzročajo glavino zunanega sevanja, ki je za odraslega posameznika iz referenčne skupine prebivalstva (naselje Spodnji Stari Grad) 0,0036 μSv na leto;
- izpusti hlapov in plinov, ki vsebujejo tritij, povzročajo največjo efektivno dozo zaradi inhalacije; ta je za odraslega posameznika iz referenčne skupine prebivalstva 0,0035 μSv na leto; prispevki drugih



radionuklidov k inhalacijski dozi so bistveno manjši, vendar pri tem niso upoštevane posledice prehoda radionuklidov iz zraka v druge prenosne poti;

- na osnovi meritev C-14 v vzorcih hrane, ki so bile opravljene v letu 2011, je težko določiti prispevek, ki ga povzročajo izpusti iz NEK in vgrajevanje tega C-14 v hrano. Izmerjene vrednosti na referenčni lokaciji v Dobovi in v vzorcih iz sadovnjaka ob NEK so znotraj merilne negotovosti primerljive. Obenem težavo pri ocenjevanju prispevka povzročajo sezonske variacije v koncentraciji C-14 v zraku. Zato dozo zaradi ingestije C-14, ki je v zračnih izpustih NEK, ocenjujemo na 0,17 μSv oziroma na enako vrednost kot v preteklih letih;
- skupna letna efektivna doza za odraslega posameznika iz referenčne skupine prebivalstva, ki je posledica inhalacije in imerzije, je 0,0071 μSv v letu 2011.

REFERENCE

- [18] Treaty establishing the European Atomic Energy Community (Euratom)
- [19] Poročila o obsevanosti prebivalcev Slovenije, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2000–2011
- [20] Radioactive effluents from nuclear power stations and nuclear fuel reprocessing sites in the European Union, 1999–2003, Radiation Protection 143, European Commission, Bruselj, 2005
- [21] 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
- [22] Implied doses to the population of the EU arising from reported discharges from EU nuclear power stations and reprocessing sites in the years 1997 to 2004, Radiation Protection 153, European Commission, Bruselj, 2008
- [23] B. Obelić, Izveštaj o rezultatima mjerenja, LNA-2a/2010, Institut "Ruđer Bošković", Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, 3. 3. 2010.
- [24] B. Obelić, Izveštaj o rezultatima mjerenja, LNA-2a/2011, Institut "Ruđer Bošković", Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, 10. 2. 2011
- [25] I. Krajcar Bronić, Izveštaj o mjerenjima aktivnosti 14C, LNA-4/2012, Institut "Ruđer Bošković", Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, 6. 2. 2012
- [26] Spletne strani URSJV: <http://www.ursjv.gov.si/si/info/fukushima/>





5 IZPOSTAVLJENOST ZUNANJEMU SEVANJU

POVZETEK

Izpostavljenost prebivalstva zunanjemu sevanju je posledica sevanja naravnih in umetnih radionuklidov v zemlji, kozmičnega sevanja, sevanja iz oblaka in zunanjega sevanja zaradi nanosa, ki se odloži po prehodu radioaktivnega oblaka ob morebitnem izpustu radioaktivnih snovi v okolje. Zunanja izpostavljenost se izračuna na podlagi merskih podatkov radioaktivnosti zemlje in zraka, neposredno pa se meri s TL dozimetri in kontinuirnimi merilniki.

Za izračun prispevka sevanja naravnih in umetnih radionuklidov v zemlji je tudi v letu 2011 v okviru nadzora radioaktivnosti potekalo vzorčevanje zemlje na štirih lokacijah v okolici NEK. Ločeno so bili merjeni vzorci iz različnih globin zaradi spremljanja globinske porazdelitve koncentracije radionuklidov. Rezultati meritev kažejo, da se koncentracije naravnih radionuklidov z globino ne spreminjajo, so pa večje na lokacijah, kjer je tip zemlje rjava naplavina. Vrednosti letnega okoljskega doznega ekvivalenta $H^(10)$ zaradi naravnih in umetnih radionuklidov v zemlji v okolici NEK so med $(0,500 \pm 0,023)$ mSv in $(0,684 \pm 0,031)$ mSv, pri čemer je prispevek Cs-137, ki izvira iz globalne kontaminacije v drugi polovici 20. stoletja, med 7 % in 17 %. Najnovejše meritve globinske odvisnosti koncentracije Cs-137 na vseh lokacijah kažejo globinsko porazdelitev, ki je tipična za migracijo nanosa v globlje plasti, pri čemer je bila očitno hitrost prodiranja nanosa v globino na različnih lokacijah različna.*

V letu 2011 so bile v okviru obratovalnega nadzora radioaktivnosti NEK opravljene neodvisne meritve doze zunanjega sevanja s TL-dozimetri (TLD) in kontinuirnimi merilniki hitrosti doze (MFM) po programu, ki ga predvideva Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (Ur. l. RS 20/07) (JV10). Meritve s TLD-ji in MFM-ji kažejo v okviru merske negotovosti enako vrednost letnega okoljskega doznega ekvivalenta $H^(10)$ kot v zadnjih letih. Povprečni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$, izmerjen s TLD-400, je bil v okolici NEK $(0,840 \pm 0,183)$ mSv, na ograji NEK $(0,603 \pm 0,039)$ mSv in na Hrvaškem $(0,799 \pm 0,112)$ mSv. Vrednost letnega okoljskega doznega ekvivalenta v okolici NEK, ki je bil določen z meritvami s TLD-400, ki ga uporablja IJS, in LiF, ki ga na hrvaški strani uporablja IRB, je v okviru merske negotovosti enaka. Prispevki NEK k zunanjemu sevanju zunaj ograje zaradi sevanja iz objektov NEK in atmosferskih izpustov radioaktivnih snovi so bili, enako kot prejšnja leta, v letu 2011 nemerljivi z nespecifičnimi detektorji, kot so to termoluminiscenčni dozimetri in MFM-ji. Posredno smo konservativno ocenili, da je bila letna efektivna doza zaradi izpustov iz NEK manjša od 0,00001 mSv.*

UVOD

Ionizirajoče sevanje prežema naravno okolje in življenjski prostor človeka. V zemlji so s stališča izpostavljenosti ljudi pomembni predvsem radionuklidi iz razpadnih verig U-238 ($T_{1/2} = 4,468 \cdot 10^9$ let) in torija Th-232 ($T_{1/2} = 1,405 \cdot 10^{10}$ let) ter radioaktivni kalij K-40 ($T_{1/2} = 1,277 \cdot 10^9$ let). Sevanje iz zemlje je po svetu različno in je povezano z geološkimi in geografskimi značilnostmi. Višje dozne hitrosti se pojavljajo tam, kjer so vulkanske kamnine (granit), nižje dozne hitrosti pa na področju sedimentnih kamnin. Pri tem so tudi izjeme, kot so skrilavci in kamnine, bogate s fosfati. Povprečne specifične aktivnosti radionuklidov K-40, U-238 in Th-232 v zemlji so: 420 Bq/kg, 33 Bq/kg, in 45 Bq/kg [22].

Zemljo tudi nenehno bombardirajo kozmični delci (pretežno protoni) iz vesolja. V atmosferi ti delci interagirajo na različne načine z jedri dušika, kisika in drugih elementov, pri čemer nastajajo kozmogeni radionuklidi (H-3, Be-7, C-14 itd.), ki se z vremenskimi procesi usedajo na zemljo. Pomembni komponenti kozmičnega sevanja na zemljski površini so sekundarni mioni in nevtroni. Poleg naravnih radionuklidov je v življenjskem in naravnem okolju razpršenih kar nekaj umetnih radionuklidov, ki pomenijo globalno antropogeno kontaminacijo. So posledica poskusnih jedrskih eksplozij (C-14, Cs-137, Sr-90 in drugi), nesreč z jedrskimi materiali (Cs-137, Sr-90 in drugi) in kontaminacije zaradi vplivov



jedrskih objektov (raziskovalni centri, jedrske elektrarne, obrati za predelavo izrabljenega goriva itd.).

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

Ker bi bila prisotnost Cs-137, Sr-90 in drugih fisijskih in aktivacijskih produktov v zemlji lahko tudi posledica izpustov iz jedrske elektrarne Krško (NEK), predpisuje pravilnik o nadzoru radioaktivnosti (JV10) periodična vzorčenja in meritve vsebnosti radionuklidov v zemlji iz okolice NEK. Namen meritev je ugotoviti in ovrednotiti morebitni vpliv jedrske elektrarne na prisotnost umetnih radionuklidov v zemlji in oceniti njihove prispevke k zunanji dozi sevanja ter spremljati transport radionuklidov v zemlji (vnos radionuklidov v podtalnico in prehranjevalno verigo ljudi).

Termoluminiscenčni dozimetri (TLD) pa se uporabljajo za spremljanje doze zunanjega naravnega sevanja zaradi ugotavljanja lokalnih posebnosti in razponov, oceno vplivov NEK zaradi atmosferskih izpustov radioaktivnih snovi oziroma za preverjanje modelskih ocen na podlagi emisij, oceno izpostavitve zunanjemu sevanju ob nezgodi po prehodu radioaktivnega oblaka in oceno izpostavitve zunanjemu sevanju zaradi nelokalnih vplivov (kot je bila npr. černobilska kontaminacija).

V primeru sprotnega spremljanja hitrosti doze zunanjega sevanja in zgodnjega opozarjanja se uporabljajo kontinuirni merilniki hitrosti doze – MFM, ki so nameščeni v mrežo po Sloveniji.

ZNAČILNOSTI VZORČEVANJA IN MERITEV

Vzorce zemlje se zbira na štirih lokacijah sotočno od NEK, in sicer na poplavnih območjih. Najpogosteje poplavljen lokacija je Kusova Vrbina, navadno pri pretoku Save 1000 m³/s. Prisotnost umetnih radionuklidov v zemlji je lahko posledica radioaktivnega useda iz zraka, kakor tudi posledica odlaganja radionuklidov zaradi tekočih izpustov v reko Savo na poplavnih območjih. Poplavljanje lahko tudi spremeni globinske porazdelitve radionuklidov, ki jih tipično pričakujemo v zemeljski skorji.

Tri lokacije, kjer poteka vzorčevanje zemlje, so na neobdelanih površinah, ena pa na njivi (obdelana površina), ki ni vključena v program meritev, definiranem v pravilniku *JV10*. Vzorce se zbira na štirih globinah, tako da je mogoče spremljati koncentracije radionuklidov z globino. Pomembno je, da so mesta, kjer se na posamezni lokaciji vzorčuje zemlja, dovolj blizu, da so rezultati meritev med seboj korelirani in je mogoče spremljati transport radionuklidov v zemlji.

Zemlja se vzorčuje spomladi in jeseni na naslednjih lokacijah:

- Amerika, oznaka 5D, levi breg Save, sotočna razdalja od NEK 3,5 km, tip zemlje je rjava naplavina;
- Gmajnice, oznaka 7C, desni breg Save, sotočna razdalja od NEK 2,5 km, tip zemlje: mivkasta borovina, neobdelana zemlja;
- Gmajnice, oznaka 7D, desni breg Save, sotočna razdalja od NEK 3,6 km, tip zemlje je rjava naplavina, obdelana zemlja;
- Kusova Vrbina – Trnje, oznaka 6E, levi breg Save, sotočna razdalja od NEK 8,5 km, tip zemlje je mivkasta borovina.

Vzorčevalna metoda je predpisana s *Pravilnikom o monitoringu radioaktivnosti (JV 10)*[2], postopek vzorčevanja pa je opisan v navodilu *Zbiranje in priprava vzorcev zemlje (LMR-DN-07)*. Zaradi izpiranja Cs-137 v globlje plasti zemlje se od leta 2009 kot vrhnji sloj vzorčuje zemlja iz globine 0–5 cm in ne več ločeno v dveh plasteh 0–2 cm in 2–5 cm, kot v prejšnjih letih. Tako se na lokacijah, kjer se vzorčuje neobdelana zemlja, zbira vzorce iz globin 0–5 cm, 5–10 cm, 10–15 cm in 15–30 cm. Na obdelani površini se vzorčuje v globinah 0–10 cm, 10–20 cm, 20–30 cm, 30–40 cm in 40–50 cm. Prav tako se hkrati z



vzorcem zemlje zbere še vzorec trave. Vsebnost sevalcev gama v vzorcih zemlje se meri z visokoločljivostno spektrometrijo gama, kasneje pa se izmeri še koncentracija stroncija z destruktivno radiokemijsko analizo.

Na podlagi *Zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti* (Ur. l. RS 102/04, UPB-2 okrajšano ZVISJV) [3] in *Pravilnika o monitoringu radioaktivnosti* (Ur. l. RS 20/07, JV10) [2] se zunanje sevanje v okolici NEK neprekinjeno meri z okoljskimi termoluminiscenčnimi dozimetri (TLD). Neposredne meritve zunanje doze sevanja v okolici NEK (sevanje gama in ionizirajoča komponenta kozmičnega sevanja) se izvajajo s 57 termoluminiscenčnimi dozimetri (TLD-400) v okolici NEK in z devetimi TLD-400 na ograji NEK. Dozimetri so nameščeni krožno okoli NEK na razdaljah do 10 km. Postavljeni so na lokacijah, ki vključujejo tako urbano kot ruralno okolje z obdelanim in neobdelanim zemljiščem in so postavljeni na višini 1 m od tal. Seznam dozimetrov zunaj ograje NEK in na njej z osnovnimi podatki je v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2011*, IJS-DP-10930, v tabelah T-53/a, razmestitev pa je prikazana na drugem zemljevidu v prilogi tega poročila. V okviru nadzornega programa NEK je na Hrvaškem postavljenih še 10 TLD (podatki v tabeli T-55). V Sloveniji neodvisno poteka v okviru programa nadzora radioaktivnosti v RS meritev doze zunanjega sevanja s TLD na 50 lokacijah po vsej državi (podatki so v tabeli T-54). Kot referenčni dozimeter za obdelavo rezultatov meritev doze zunanjega sevanja upoštevamo dozimeter, ki je postavljen na dvorišču IJS.

Vsi TLD-ji, tako tisti, ki se uporabljajo v programu rednega obratovalnega nadzora, kot tisti, ki so razporejeni po Sloveniji se odčitavajo polletno, in sicer v obdobju junij–julij in december–januar. Odčitavanje poteka na sistemu IJS MR 200 (C) v Laboratoriju za termoluminiscenčno dozimetrijo na IJS. Z merskim sistemom lahko merimo osebne in okoljske doze $H^*(10)$ v intervalu doz od 5 μSv do 5 Sv [36]. Dozimetri TLD-400 ($\text{CaF}_2:\text{Mn}$) so umerjeni v fotonskem sevalnem polju pri energijah od 40 keV do 1260 keV v Laboratoriju za dozimetrične standarde (NDS) na IJS. Pred namestitvijo TLD se opravi individualna kalibracija tabletk po postopku *Umerjanje (kalibracija) dozimetrov IJS TLD-05 (TLD-KP-02)*.

Na Hrvaškem se doza zunanjega sevanja meri s TL-dozimetri (LiF: Mg, Cu, P; TLD-100H, LiF: Mg, Ti; TLD-100) [37]. Vsi dozimetri so kalibrirani v Sekundarnem standardnem dozimetrijskem laboratoriju (SSDL) na Institutu "Ruđer Bošković" v Zagrebu [36,37].

Dodatno je v okolici NEK postavljenih še 14 kontinuirnih merilnikov MFM-203, 13 jih nadzira NEK, enega pa URSJV. Poleg teh je po vsej Sloveniji še 75 kontinuirnih merilnikov, ki delujejo v sklopu mreže zgodnjega obveščanja (MZO) – 36 merilnikov, mreže ARSO – 17 merilnikov in mreže URSJV - 9 merilnikov. Kontinuirni merilniki hitrosti doze so povezani v sistem mreže za zgodnje zaznavanje zunanjega sevanja, ki je dostopna na spletnem naslovu "<http://www.radioaktivnost.si>".

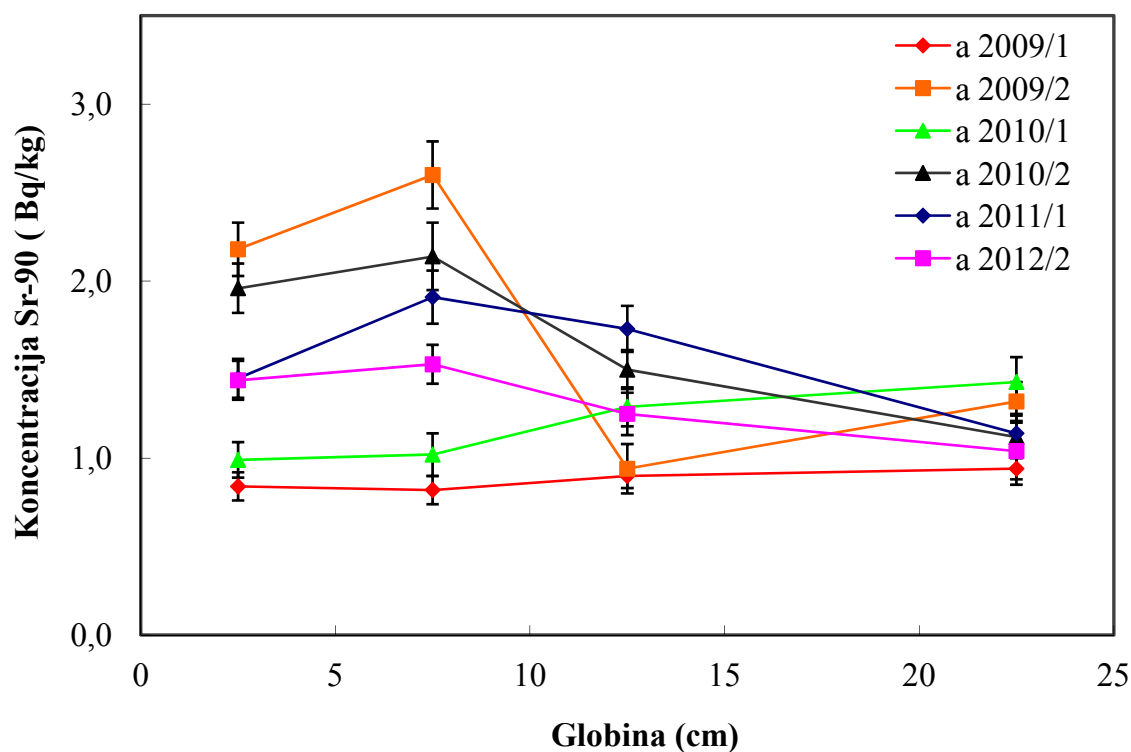
REZULTATI MERITEV

Rezultati meritev vsebnosti radionuklidov v vzorcih zemelj so zbrani v tabelah T-57, T-58, T-59 in T-60, ki so na priloženi zgoščenci v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2011*, IJS-DP-10930, februar 2012. Razen pričakovane prisotnosti naravnih radionuklidov ter Cs-137 in Sr-90, ki sta povsod prisotna zaradi globalne kontaminacije, niso bili izmerjeni radionuklidi, ki se pojavljajo v izpustih NEK (plinski izpusti so prikazani v tabeli 5.5, tekoči izpusti pa obravnavajo v poglavju "Površinske vode"). Koncentracije naravnih radionuklidov, članov uranove in torijeve razpadne vrste, ter K-40 se v okviru negotovosti ujemajo pri spomladanskem in jesenskem vzorčevanju. V okviru merskih negotovosti niso odvisne od globine vzorčevanja. Izjema je Pb-210, ki se izpira iz atmosfere in zato so koncentracije večje v zgornjih plasteh. Podobno velja za kozmogeni Be-7, ki pa je zaradi kratkega razpolovnega časa v merljivih koncentracijah navzoč le v zgornjih plasteh zemlje. Koncentraciji obeh potomcev torijeve razpadne vrste, Ra-228 in Th-228, se ujemata, pri uranovi razpadni vrsti pa je zaradi večje topnosti urana koncentracija U-238 nižja od koncentracije Ra-226. Aktivnosti K-40, U-238 in Ra-226 se ujemajo s povprečnimi aktivnostmi, ki jih

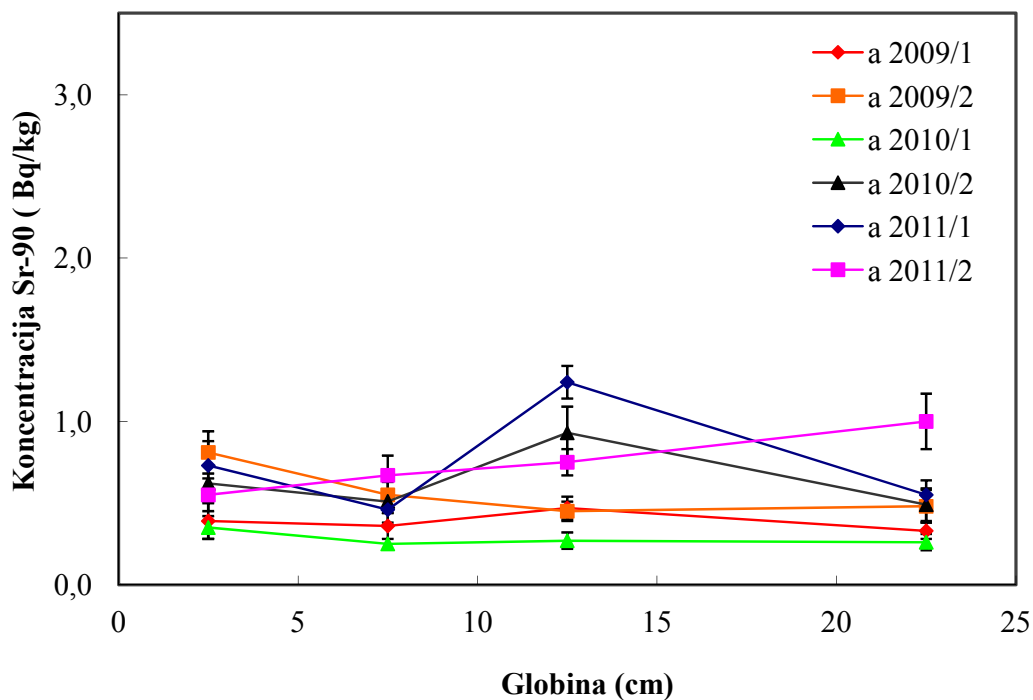


navaja UNSCEAR [22] za države južne Evrope. Koncentracije Sr-90 v letu 2011 so v razponu od 0,46 Bq/kg v Kusovi Vrbini do 2,3 Bq/kg v travi na neobdelani zemlji v Gmajnicah. Na slikah 5.1, 5.2 in 5.3 je prikazana globinska porazdelitev stroncija za leta 2009, 2010 in 2011, za katera so na razpolago meritve tudi v globini 15–30 cm. Medtem, ko meritve pomladanskih in jesenskih vzorcev kažejo enako globinsko porazdelitev v Gmajnicah, kažejo rezultati meritev pomladanskih in jesenskih vzorcev iz Kusove Vrbine in Amerike kvalitativno različen profil, kar lahko pomeni različno koncentracijo radionuklida na mikrolokaciji, kjer je potekalo vzorčevanje.

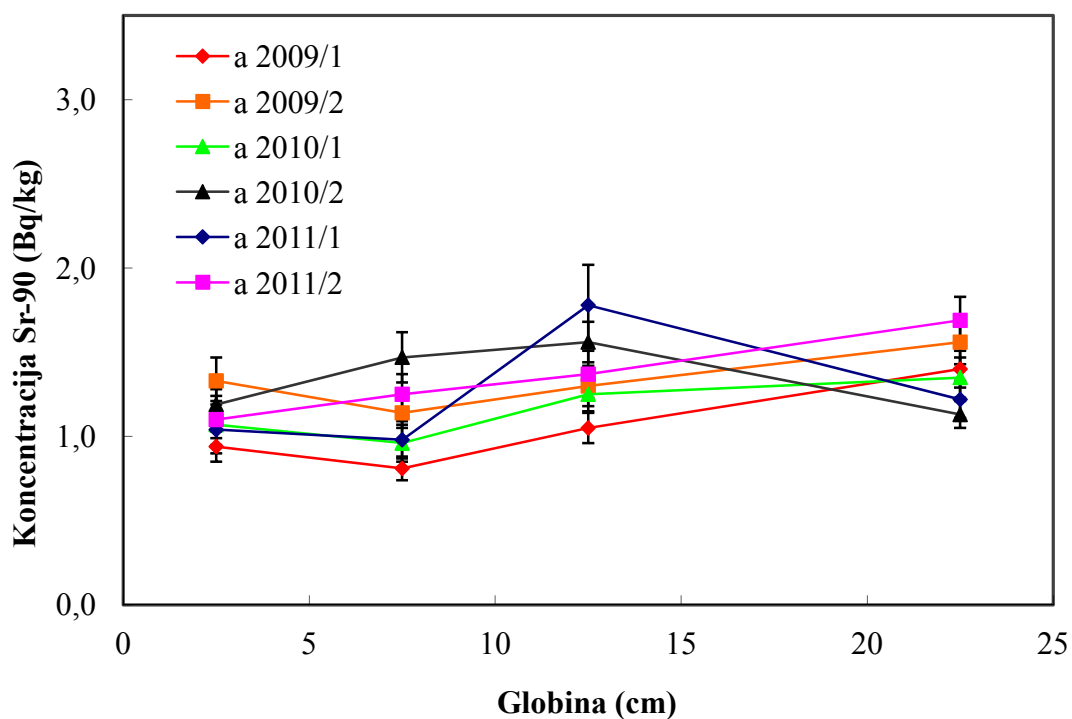
Na slikah 5.5, 5.6 in 5.7 je prikazana globinska porazdelitev za Cs-137. Koncentracije Cs-137 v zemlji so od 2,6 Bq/kg do 100 Bq/kg v Gmajnicah, od 1.6 Bq/kg do 25 Bq/kg v obdelani zemlji, od 1,6 Bq/kg do 14 Bq/kg v Kusovi Vrbini in od 16 Bq/kg do 35 Bq/kg v Ameriki. Nasprotno od prejšnjih let kažejo meritve prvega in drugega vzorčevanja v letu 2011 enak potek globinske porazdelitve. Težišče nanosa v neobdelani zemlji v Gmajnicah je v globini od 5 cm do 15 cm. Podoben profil opazimo na lokaciji Amerika. Na lokaciji Kusova Vrbina pa je očitno nanos že nekaj let v globljih plasteh zemlje.



Slika 5.1: Globinska porazdelitev koncentracije Sr-90 na lokaciji Gmajnice (neobdelana zemlja). V legendi so navedeni simboli, ki označujejo merske rezultate meritev zadnjih treh let.



Slika 5.2: Globinska porazdelitev koncentracije Sr-90 na lokaciji Kusova Vrblina. V legendi so navedeni simboli, ki označujejo merske rezultate meritev zadnjih treh let.



Slika 5.3: Globinska porazdelitev koncentracije Sr-90 na lokaciji Amerika. V legendi so navedeni simboli, ki označujejo merske rezultate meritev zadnjih treh let.

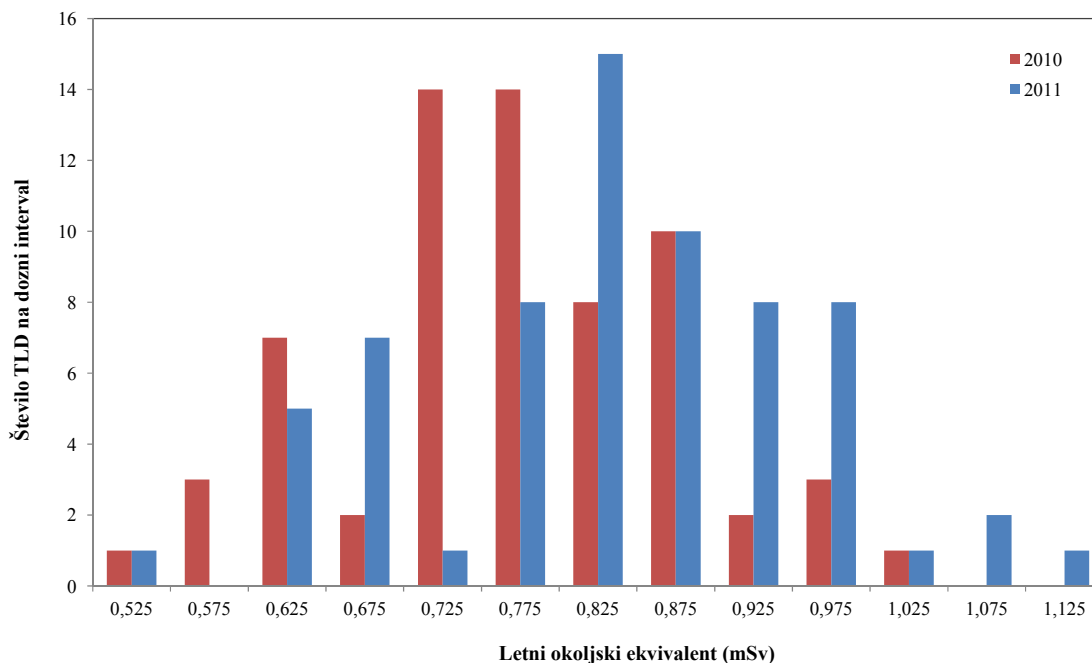


Rezultati meritev doze zunanje sevanja (sevanja gama in ionizirajoče komponente kozmičnega sevanja) za leto 2011 so v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2011*, IJS-DP-10930 v tabelah T-53/b in T-53/c za okolico NEK in za TLD na ograji NEK. V tabeli 5.1 so povzete povprečne letne doze TLD za okolico NEK, na ograji NEK, v Sloveniji in na Hrvaškem. V okviru merske negotovosti so letni dozni ekvivalenti za dozimetre v različnih oddaljenostih od NEK primerljive s tistimi v preteklih letih. Na sliki 5.4 je prikazana pogostost doz po doznih intervalih za vseh 67 TL-dozimetrov, ki se uporabljajo pri rednem nadzoru NEK. S slike je razvidno, da ima porazdelitev dva vrhova. Prva, ožja porazdelitev okrog 0,65 mSv ustreza dozam, ki so bile izmerjene na ograji NEK, druga, širša, v intervalu med 0,75 in 1,0 mSv pa pripada dozam, ki so bile izmerjene z dozimetri v okolici NEK.

Hitrost doze v okolici NEK se meri s štirinajstimi kontinuirnimi merilniki hitrosti doze MFM. Rezultati so v tabeli T-56/a. Pri rezultatih meritev s temi merilniki je lastno ozadje merilnikov upoštevano in odšteto od izmerkov. V letu 2011 je bil izmerjen povprečni letni dozni ekvivalent $H^*(10)$ ($0,68 \pm 0,07$) mSv v razponu od 0,51 mSv do 0,75 mSv. Povprečna letna doza iz teh meritev je za 19 % manjša, kot je povprečna letna doza, izmerjena s TLD v okolici NEK (tabela 5.1). Omeniti je treba, da je za 20 % sicer pod relativno negotovostjo posamezne meritve, vendar kaže na sistematski vpliv pri nizkih hitrostih doze. Povprečni letni dozni ekvivalent pri 48 kontinuirnih merilnikih v Sloveniji, ki so pod nadzorom URSJV (mreža MZO in mreža URSJV), je bil v letu 2011 ($0,70 \pm 0,11$) mSv v razponu od 0,51 mSv do 0,91 mSv. Povprečni letni dozni ekvivalent, izmerjen z 48 MFM-ji, je za 20 % nižji od tistega, ki jo kažejo meritve s TLD-ji na območju Slovenije (tabela 5.1). Iz primerjave letnih doz v tabeli T-56/a z letnimi dozami, izmerjenimi po Sloveniji [20], lahko ugotovimo, da vrednosti nihajo tudi za 30 % in več, čeprav so lokacije MFM-jev in TLD-jev bližnje. Za TL dozimeter in MFM, ki sta na strehi centralnega skladišča radioaktivnih odpadkov v Brinju smo ugotovili zelo dobro ujemanje med mesečnimi izmerki. Tako je u -preskus za mesečne izmerke med TLD in MFM med 0,26 in 0,82, Pearsonov korelacijski koeficient pa 0,61, kar pomeni dobro ujemanje oziroma korelacijo. Tako razlike med letnim doznim ekvivalentom izmerjenim s TLD in MFM lahko pripišemo sezonskim vplivom, vzorčevanju, postavitvi dozimetra (podlaga) in drugo, ne pa v sami kalibraciji ali morebitni nenatančnosti merilnih detektorjev. V mreži enajstih MFM, ki jo vzdržuje ARSO, pa je bil v letu 2011 povprečni letni dozni ekvivalent ($0,82 \pm 0,18$) mSv v razponu od 0,57 mSv do 1,23 mSv. Ta dozni ekvivalent je nižji za 9 % od povprečnega letnega doznega ekvivalenta, izmerjenega s TLD v Sloveniji.

Tabela 5.1: Letne doze TLD, $H^*(10)$, na ograji NEK, v okolici NEK, v Sloveniji, Ljubljani in na Hrvaškem v letu 2011

Lokacija	Št. TLD	Letna doza (mSv)	Razpon letnih doz (mSv)
Na ograji NEK	9	$0,603 \pm 0,039$	0,524–0,649
Okolica NEK povprečje	67	$0,840 \pm 0,183$	0,652–1,058
Okolica NEK do 1,5 km	13	$0,834 \pm 0,129$	0,625–1,067
Okolica NEK od 1,5 km do 5 km	22	$0,821 \pm 0,083$	0,661–1,000
Okolica NEK od 5 km do 10 km	22	$0,865 \pm 0,100$	0,669–1,108
Slovenija	50	$0,899 \pm 0,165$	0,625–1,444
Ljubljana – referenčna lokacija	1	$0,745 \pm 0,104$	/
Hrvaška	10	$0,799 \pm 0,112$	0,670–0,930



Slika 5.4: Porazdelitev letnega okoljskega ekvivalenta, $H^*(10)$ za vse dozimetre v študiji po doznih intervalih v letih 2010 in 2011

DISKUSIJA

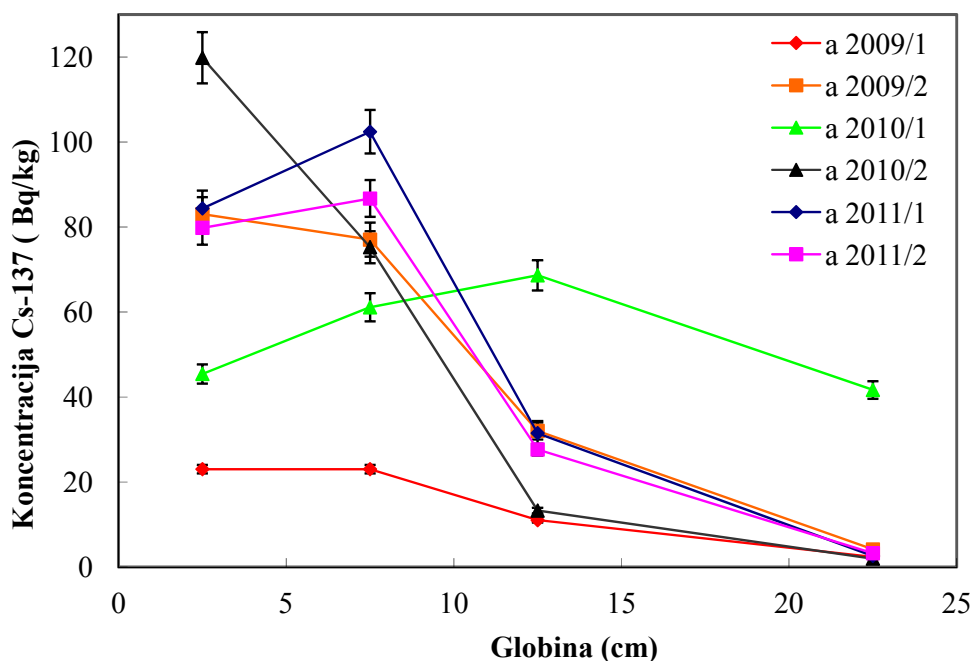
Usedanje iz zraka in poplavljanje reke Save sta glavni prenosni poti, po katerih lahko izpusti iz NEK dosežejo lokacije, kjer se zbirajo vzorci zemlje. Used Cs-137 do globine 30 cm, izmerjen v zadnjih letih na neobdelanih površinah, je predstavljen v tabeli 5.2. Opazno je stresanje izmerkov, ki izvira iz nehomogenosti useda, zmanjševanje zaradi razpadanja in izpiranja pa je komaj še opazno. Temu ustrezna je tudi globinska porazdelitev Cs-137, ki je prikazana na slikah 5.5, 5.6 in 5.7. Ta kaže, da se globinska porazdelitev cezija na vseh treh lokacijah zadnja tri leta skoraj ne spreminja. Vzrok za to je morda vezava Cs-137 v zemljini.

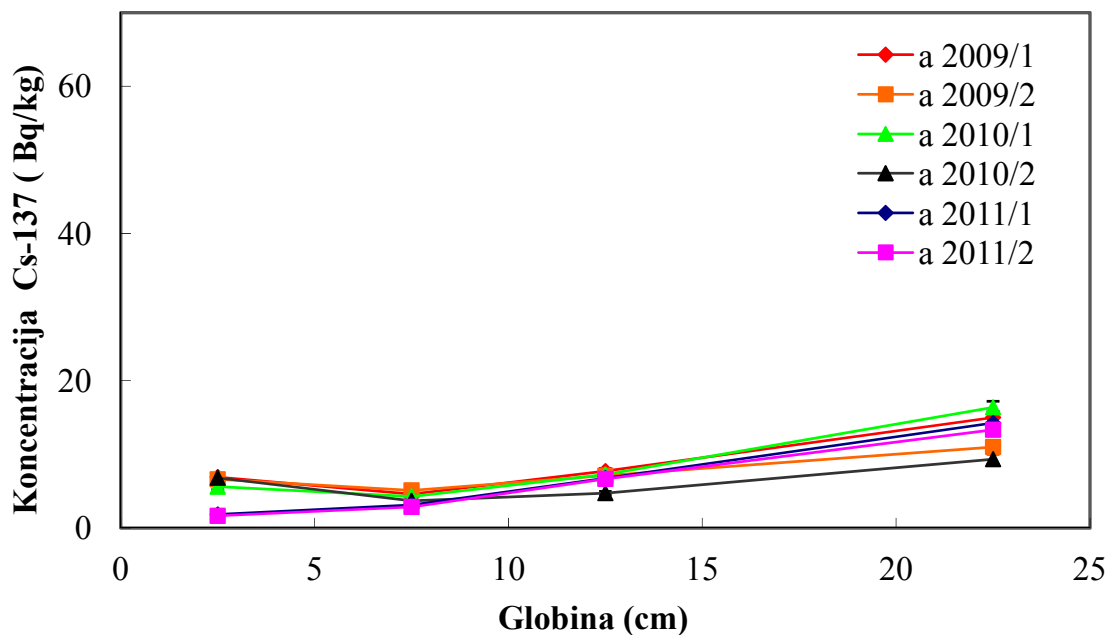
Nekonsistentni izmerki koncentracije Sr-90 pri pomladanskem in jesenskem vzorčevanju morda kažejo, da gre za bolj zapleten mehanizem migracije nanosa na mikrolokaciji, saj ni korelacije niti na zelo bližnjih mestih vzorčevanja. Vzrok za to bi lahko bil vpliv prednostnih smeri toka vode v zemeljski ruši, ki lahko bistveno spremeni pričakovano porazdelitev radionuklidov v zemlji tudi na bližnjih lokacijah [30].

V okviru nadzora radioaktivnosti v okolju v Republiki Sloveniji se meri used do globine 15 cm v Ljubljani, Kobaridu in Murski Soboti. V letu 2011 so bili na teh lokacijah izmerjeni povprečni usedi Cs-137 ($9,3 \pm 0,2$) kBq/m², ($10,5 \pm 0,2$) kBq/m² in ($2,72 \pm 0,07$) kBq/m². Te vrednosti so, razen v primeru Murske Sobote, višje od vrednosti, ki so bile izmerjene do globine 15 cm v Gmajnicah, Trnju in Ameriki, kjer so bili izmerjeni povprečni usedi ($7,8 \pm 0,2$) kBq/m², ($0,51 \pm 0,02$) kBq/m² in ($4,5 \pm 0,2$) kBq/m². Zato sklepamo, da izmerjeni used Cs-137 v okolici NEK ni posledica izpustov NEK. Usedi Sr-90 na lokacijah iz nadzora radioaktivnosti v Republiki Sloveniji so v okviru merske negotovosti in samega stresanja podatkov primerljivi z usedi na lokacijah v okolici NEK. Usedi na lokacijah iz nadzora radioaktivnosti v Republiki Sloveniji so ($0,23 \pm 0,01$) kBq/m², ($0,22 \pm 0,01$) kBq/m² in ($0,10 \pm 0,01$) kBq/m², na lokacijah v okolici NEK pa ($0,19 \pm 0,01$) kBq/m², ($0,08 \pm 0,01$) kBq/m² in ($0,19 \pm 0,07$) kBq/m².

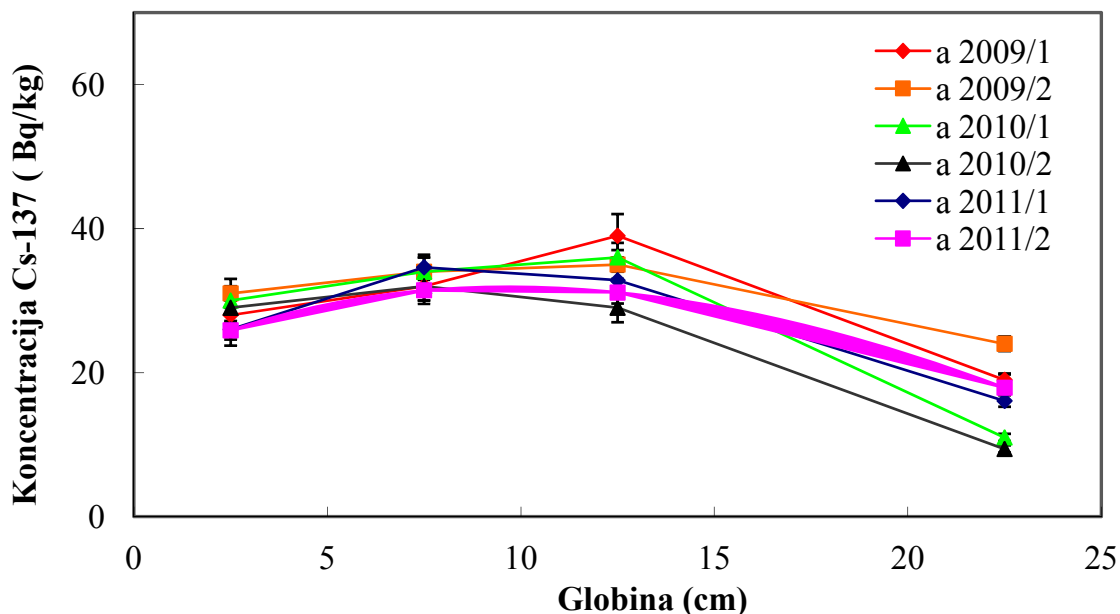

Tabela 5.2: Primerjava med usedom Cs-137 do globine 30 cm na vzorčevalnih mestih z neobdelano zemljo

LETO / ODVZEM	GMAJNICE	KUSOVA VRBINA	AMERIKA
	Used (kBq/m ²)		
2005/1	13,0 ± 0,4	4,5 ± 0,1	13,4 ± 0,4
2005/2	11,0 ± 0,3	6,4 ± 0,2	8,4 ± 0,3
2006/1	10,0 ± 0,3	3,1 ± 0,1	13,0 ± 0,4
2006/2	10,0 ± 0,3	3,7 ± 0,1	11,0 ± 0,3
2007/1	11,0 ± 0,2	3,6 ± 0,1	8,5 ± 0,2
2007/2	6,9 ± 0,2	7,2 ± 0,2	14,0 ± 0,3
2008/1	13,0 ± 0,3	3,2 ± 0,1	9,3 ± 0,2
2008/2	14,0 ± 0,4	3,4 ± 0,1	9,2 ± 0,3
2009/1	3,20 ± 0,1	3,9 ± 0,1	8,1 ± 0,3
2009/2	6,6 ± 0,2	2,5 ± 0,1	7,7 ± 0,2
2010/1	12,0 ± 0,4	3,1 ± 0,1	7,1 ± 0,2
2010/2	8,2 ± 0,3	1,7 ± 0,1	6,0 ± 0,2
2011/1	8,8 ± 0,3	2,7 ± 0,1	7,4 ± 0,2
2011/2	7,7 ± 0,2	2,4 ± 0,1	7,5 ± 0,3


Slika 5.5: Globinska porazdelitev koncentracije Cs-137 na lokaciji Gmajnice (neobdelana zemlja). Na legendi so navedeni simboli, ki označujejo merske rezultate iz zadnjih treh let.



Slika 5.6: Globinska porazdelitev koncentracije Cs-137 na lokaciji Kusova Vrba (neobdelana zemlja). Na legendi so navedeni simboli, ki označujejo merske rezultate iz zadnjih treh let.



Slika 5.7: Globinska porazdelitev koncentracije Cs-137 na lokaciji Amerika. Na legendi so navedeni simboli, ki označujejo merske rezultate iz zadnjih treh let.

Naravni radionuklidi, potomci uranove in torijeve razpadne vrste, ter K-40 so v zemlji porazdeljeni enakomerno, razen Pb-210, ki se useda iz zraka. Potomca iz torijevega razpadnega niza Ra-228 in Th-228 sta v ravnovesju v vseh globinah in na vseh lokacijah. U-238 in Ra-226 nista v ravnovesju, ker je uran v vodi topnejši od radija in se zato bolj izpira. Tako kot v prejšnjih letih rezultati meritev kažejo, da so



koncentracije potomcev uranove in radijeve razpadne vrste ter K-40 na lokacijah, kjer je tip zemlje rečna naplavina, višje.

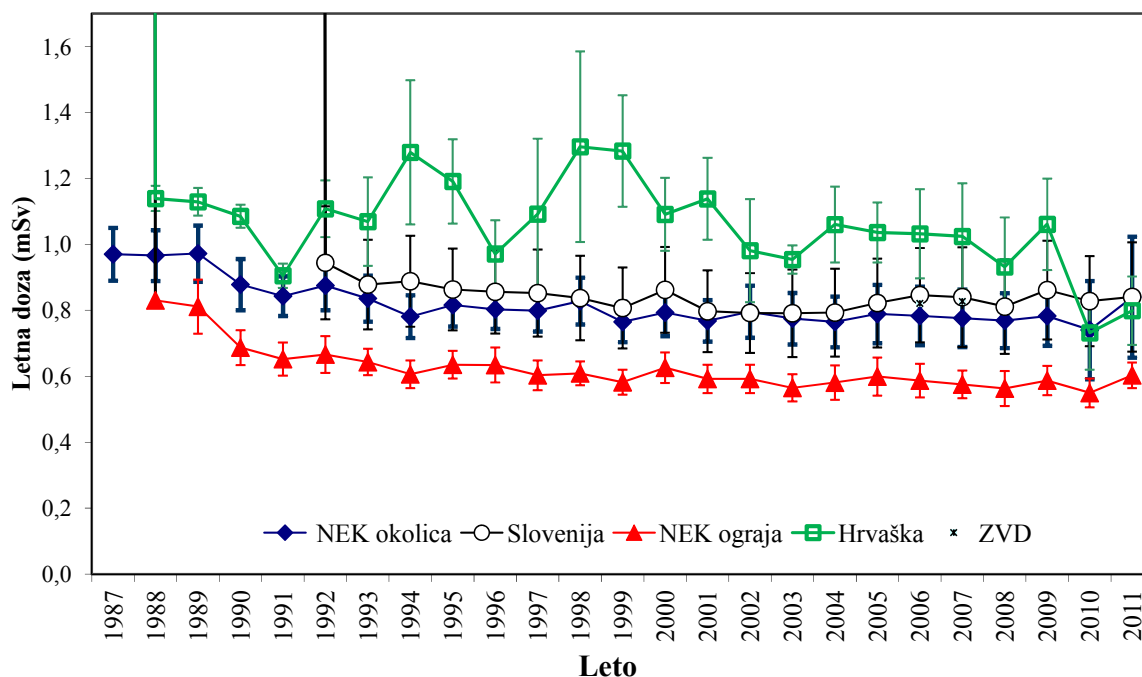
Na sliki 5.8 so za obdobje od 1987 do 2011 povzeti rezultati letnih doz, izmerjenih s TLD, v okolici NEK, na ograji NEK, v Sloveniji in na Hrvaškem. Za leti 2006 in 2007 sta dodani povprečni meritev s TLD za Slovenijo, ki jih je izvajal ZVD. Na sliki 5.8 zaradi kontinuitete meritev v preteklosti, namesto doznega ekvivalenta, $H^*(10)$, podajamo še dozo zunanjega sevanja kot fotonsko ekvivalentno dozo H_x . Za spekter sevanja gama v naravnem okolju velja zveza (<http://www.automess.de/quantities.htm>): $H^*(10) = 1,07 H_x$.

Za meritve v Sloveniji je v vseh primerih značilno zmanjševanje letne doze, predvsem v prvih letih po črnobilski nesreči, ki se je zgodila leta 1986. Vzrok je razpad usedlih kratkoživih sevalcev gama, ki so v začetnem obdobju največ prispevali k zunanjemu sevanju, in prodiranje Cs-137 v globino. V zadnjih desetih letih, ko je v okolju le še Cs-137, upadanje ni več opazno, saj se zaradi radioaktivnega razpada njegova aktivnost zmanjšuje le za 2,3 % na leto. Prispevka Cs-137 k zunanjemu sevanju iz meritev s TLD ni mogoče oceniti, ker nimamo na razpogo primerljivih podatkov iz predčrnobilskega obdobja.

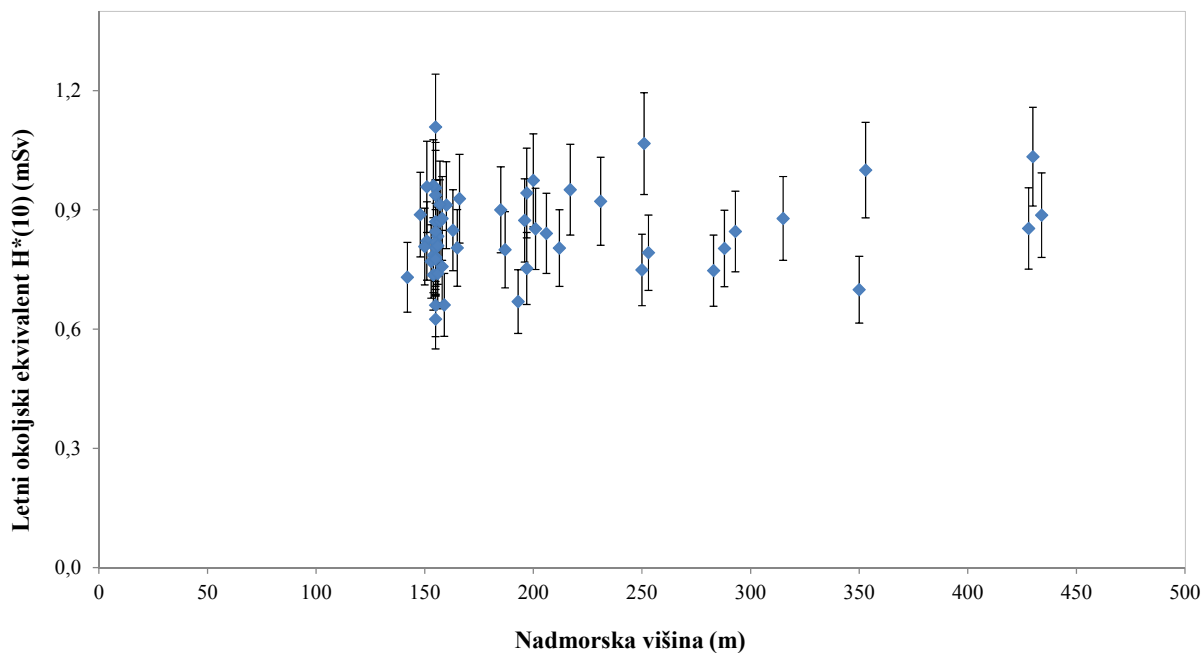
Od 1987 do 2010 so bile doze v Sloveniji v okviru merske negotovosti višje od tistih v okolici NEK. Razlog je najverjetneje v večji pestrosti točk v programu nadzora radioaktivnosti v RS, ki vključuje tudi lokacije, kjer zaradi konfiguracije zemljišča, sestave tal ali večje nadmorske višine pričakujemo višje ravni sevanja. Povprečna letna doza v okolici NEK je za tretjino višja od tiste na ograji NEK. Razliko pripisujemo prodnatim tlem (odstranjena plast zemlje) in zaščitnemu delovanju zgradb ter asfaltiranih površin znotraj ograje NEK, ki slabijo zunanje sevanje naravnih izotopov iz zemljišča. Neposredni vpliv sevanja iz elektrarniških objektov na ograji ni merljiv. Ta sklep so v preteklosti potrjevale meritve sevanja z ionizacijsko celico na krožni poti znotraj ograje ob rednih obhodih mobilne enote v NEK (ROMENEK). Nekoliko povišane vrednosti so bile opazne le v bližini skladišča RAO in rezervoarja RWST, drugod pa so bile nižje od tistih v navadnem okolju. Za dozimetre na ograji NEK pa je poleg nižjih vrednosti značilna še majhna disperzija izmerkov na različnih mestih, kar kaže na uniformno sevalno okolje.

Vrednosti letnih doz TLD na Hrvaškem so bile v preteklosti sistematično višje od tistih v Sloveniji. Predlanskim pa je prišlo do zamenjave izvajalca meritev, v letu 2010 pa so se po večini spremenile tudi mikrolokacije ali pa so bili dozimetri prestavljeni na ustrežnejša mesta. Tako se od leta 2010 povprečni letni dozni ekvivalent, izmerjen s TLD-ji na Hrvaškem, ujema s tistim, ki je bil izmerjen s TLD-ji v okolici NEK, in se sistematsko ne odmika od doz, izmerjenih po Sloveniji. Takšna ugotovitev je zelo pomembna za potrditev kakovosti merskih podatkov, izmerjenih s TLD-ji, saj z različnimi uporabljenimi materiali, ki se uporabljajo kot dozimetri, in z različnimi merskimi postopki dobimo v okviru merske negotovosti enako vrednost povprečnega okoljskega doznega letnega ekvivalenta. To je še dodatna potrditev tega, da dozimetri v okolici NEK kažejo pravo vrednost ter da lahko vsa nihanja merskih podatkov pripišemo fluktuacijam zaradi razgibanega, geološko raznolikega terena in drugih mogočih vplivov (pokritost tal s snežno odejo, posegi v okolje itd.).

Slika 5.9 prikazuje letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ za vse lokacije razen na ograji NEK v odvisnosti od nadmorske višine. Opazimo lahko, da ni odvisnosti doze od nadmorske višine, kar znova potrjuje ugotovitev, da k izmerjeni dozi največ prispevajo lokalne posebnosti terena in možni lokalni vplivi. Dozimetri v okolici NEK so postavljeni na mestih, kjer se nadmorska višina spreminja od 155 m v Krškem do 434 m v Velikem Trnu nad Krškim. Iz enačbe 7 [22, 38] lahko potem izračunamo, da je letna efektivna doza kozmičnih žarkov v Krškem 0,242 mSv na leto, v Velikem Trnu pa 0,255 mSv, kar pomeni, da je doza zaradi kozmičnega sevanja na nadmorskih višinah v okolici jedrskega objekta v Krškem praktično konstantna. Pri tem nevtronska komponenta kozmičnega sevanja ni bila upoštevana.



Slika 5.8: Povprečni letna doza H_x v okolici NEK, na ograji NEK, v Sloveniji in na Hrvaškem od 1987 do 2011



Slika 5.9: Letni okoljski ekvivalent $H^*(10)$, izmerjen s TLD-ji na vseh lokacijah, razen na ograji NEK, v odvisnosti od nadmorske višine v okolici NEK v letu 2011



Iz meritev koncentracij naravnih radionuklidov v zemlji lahko ocenimo še prispevek zemeljskega sevanja. Za izračun okoljskega doznega ekvivalenta $H^*(10)$ uporabimo enačbo 9 [31]:

$$H^*(10) = (0,564 C_{Ra} + 0,749 C_{Th} + 0,0512 C_K + 0,192 C_{Cs}) \times 8\,760 \times 10^{-6} \quad (\text{mSv}) \quad (9)$$

V enačbi (8) smo s C_{Ra} , C_{Th} , C_K in C_{Cs} označili koncentracije Ra-226, Th-232(Ra-228), K-40 in Cs-137 v zemlji, ki so izražene z enoto Bq/kg. Koeficienti 0,564, 0,749, 0,0512 in 0,192 so izraženi v enotah (nSv/h)/(Bq/kg) in so značilni za posamezne radionuklide ali radionuklide v razpadni shemi določenega radionuklida. Enačba (8) je primerna za izračun okoljskega doznega ekvivalenta, če je porazdelitev radionuklidov konstantna z globino [45]. To dobro velja za naravne radionuklide, ne velja pa za porazdelitev cezija, ki je eksponentna [45], vendar v prvem približku, ko gre za oceno, lahko to zanemarimo, saj je prispevek Cs-137 med vsemi radionuklidi, ki nastopajo v enačbi 8 najnižji (7–15 %). Iz rezultatov meritev koncentracije radionuklidov v zemlji, ki so zbrani v tabelah T-57, T-58, T-59 in T-60, lahko povzamemo povprečne koncentracije Ra-226, Ra-228(Th-232), K-40 in Cs-137 v globlinah od 0 cm do 15 cm na lokacijah v Gmajnicah in Ameriki. Na teh dveh mestih se vzorčuje neobdelana zemlja, ki je podobna kot podlaga pri merilnih postajah za TL-dozimetre. Na lokaciji Kusova Vrbina se vzorčuje mešanica naplavin in zemlje, kar za primerjavo rezultatov meritev z meritvami s TL-dozimetri ni ustrezno. Prav tako ni ustrezna primerjava z meritvami za obdelano zemljo in TLD-ji, saj so merilna mesta za TLD-je nad neobdelano zemljo. Iz povprečnih koncentracij Ra-226, Ra-228, K-40 in Cs-137 v zemlji na lokacijah Gmajnice in Amerika po enačbi (8) izračunamo okoljske dozne ekvivalente za omenjeni lokaciji. Rezultati so zbrani v tabeli 5.3. Iz tabele 5.3 lahko preberemo, da je povprečni prispevek zemeljskega sevanja v okolici NEK ($0,67 \pm 0,03$) mSv. Iz meritev v prejšnjih letih je bilo ugotovljeno, da je prispevek kozmične komponente približno eno tretjino celotne dozne hitrosti. Ta podatek je upoštevan v stolpcu, kjer je naveden skupni okoljski dozni ekvivalent za sevanje tal in kozmično komponento. Tako dobljene vrednosti se v okviru negotovosti ujemajo z izmerki TL dozimetrov.

Tabela 5.3: Primerjava izračunane efektivne letne doze in letnega okoljskega ekvivalenta v letu 2011 za dve lokaciji vzorčevanja zemlje v okolici NEK

Izotop	Povprečna letna koncentracija (0–15 cm) (Bq/kg)	Letni dozni ekvivalent, $H^*(10)$ (sevanje tal - zemlja) (mSv)		Letni dozni ekvivalent, $H^*(10)$ (TLD) (mSv)
		Sevanje tal	Sevanje tal in kozmiki	
Gmajnice		Sevanje tal in kozmiki		št. dozimetra 59
Ra-226	$38,2 \pm 2,4$	$0,662 \pm 0,030$	$0,904 \pm 0,181$	$0,818 \pm 0,098$
Ra-228	$30,2 \pm 8,8$			
K-40	$365,1 \pm 19,1$			
Cs-137	$66,2 \pm 1,7$			
Amerika		Sevanje tal in kozmiki		št. dozimetra 63
Ra-226	$49,4 \pm 2,8$	$0,684 \pm 0,031$	$0,926 \pm 0,185$	$0,808 \pm 0,097$
Ra-228	$32,6 \pm 0,9$			
K-40	$387,7 \pm 21,9$			
Cs-137	$30,6 \pm 1,0$			



OCENA VPLIVOV

Iz globinske porazdelitve koncentracije Cs-137 je bil ocenjen okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$, ki je posledica globalne kontaminacije. Iz tabele 5.4 je razvidno, da so ocenjeni okoljski dozni ekvivalenti na lokacijah v okolici NEK v območju med 0,006 mSv in 0,111 mSv. To je v povprečju manj kot so vrednosti na lokacijah, kjer se zemlja vzorčuje v okviru nadzora radioaktivnosti v Republiki Sloveniji. Tam so ocenjene doze $H^*(10)$ v razponu od 0,052 mSv do 0,265 mSv.

Tabela 5.4: Ocenjena vrednost $H^*(10)$ zaradi globalne kontaminacije s Cs-137 do globine 15 cm v letu 2011

LOKACIJA	$H^*(10)$ (mSv)	LOKACIJA	$H^*(10)$ (mSv)
Gmajnice, neobdelana	0,111 ± 0,005	Ljubljana	0,147 ± 0,006
Kusova Vrbina	0,0061 ± 0,0003	Kobarid	0,265 ± 0,005
Amerika	0,052 ± 0,002	Murska Sobota	0,052 ± 0,001

UNSCEAR [22] navaja tudi povprečno absorbirano hitrost doze v zraku in sicer 51 nGy/h zaradi K-40 ter potomcev uranove in torijeve razpadne vrste. Na lokacijah v okolici NEK je hitrost doze nad zemljo iz mivkaste borovine (Kusova Vrbina – Trnje in Gmajnice, neobdelana zemlja), ki ustreza izračunanim okoljskim doznim ekvivalentom, 45,5 nGy/h in 46,9 nGy/h, na lokacijah, kjer je zemlja rjava naplavina (Amerika in Gmajnice – njiva) pa 65,3 nGy/h in 55,9 nGy/h. Vrednosti se torej ujemajo s podatki UNSCEAR-a. Pri oceni hitrosti doze je bila za koncentracijo potomcev v uranovi razpadni verigi uporabljena koncentracija Ra-226, ker njegovi potomci največ prispevajo k hitrosti doze v zraku.

Kot je bilo ugotovljeno, prispevkov NEK k dozi zunanega sevanja ni mogoče neposredno meriti s TLD-ji in MFM-ji. Mreža TLD-jev zato meri dozo sevanja gama naravnih radionuklidov v okolju, ionizirajoče komponente in sevanja gama kozmičnega porekla ter prispevka globalne kontaminacije s Cs-137. Povprečni izmerjeni okoljski dozni ekvivalent v okolici NEK v letu 2011 je bil $(0,84 \pm 0,18)$ mSv na leto, kar je v okviru merske negotovosti enako kot v letu 2010, $(0,79 \pm 16)$ mSv, ter v letu 2009, $(0,84 \pm 18)$ mSv. Ker okoljski TLD-ji ne merijo doze nevtronske komponente kozmičnega sevanja, zato smo le-to privzeli iz poročila [22]. Pri izpostavitvi svetovnega prebivalstva poročilo ocenjuje po prebivalstvu uteženo povprečje, upoštevajoč nadmorsko višino in geografsko širino. Ker leži območje Krškega 155 m nad morsk gladino, smo privzeli podatek iz poročila [22], kjer za gladino morja na geografski širini 50° ocenjujejo letno efektivno nevtronsko dozo na 0,079 mSv na leto, kar pomeni prispevek 0,103 mSv na leto, če upoštevamo pretvorbeni faktor 1,3 med nevtronsko dozo in $H^*(10)$ [47, 48].

Kot smo že ugotovili, je bil prispevek sevanja gama iz objektov znotraj ograje NEK k letni dozi na ograji pod mejo zaznavnosti. V preteklosti so bili nekajkrat izmerjeni počasni in hitri nevtroni v bližini odprtine za vnos in iznos opreme na zadrževalnem hramu ("*equipment hatch*") [32], prav tako pa tudi meritve hitrosti doze nevtronov zunaj ograje NEK. V primeru meritev zunaj ograje NEK se je pokazalo, da je bilo izmerjeno le naravno ozadje kozmičnih nevtronov [33]. Ugotavljamo, da je prispevek sevanj iz objektov znotraj ograje NEK k zunanji dozi zunaj ograje zanemarljiv.


Tabela 5.5: Ocena letne zunanje doze zaradi useda radioaktivnih snovi za različne razdalje r od NEK za leto 2011

Oddaljenost od dimnika NEK			$r = 0,5$ km	$r = 0,8$ km	$r = 1$ km	$r = 1,5$ km	$r = 3,25$ km	$r = 7,5$ km
Izotop	Izpust (Bq na leto)	DCF (Sv na leto) / (Bq/m ²)	mSv na leto					
I-131	0	6,84E-08						
I-132	0	1,6E-08						
H-3	5,28E+12	0						
C-14	2,15E+10	0						
Cr-51	0	6,14E-09						
Mn-54	0	1,7E-07						
Co-58	5 892	1,96E-07	3,84E-14	6,44E-15	4,78E-15	5,78E-15	1,06E-15	9,65E-16
Co-60	7 924	4,96E-07	1,31E-13	2,19E-14	1,63E-14	1,97E-14	3,6E-15	3,29E-15
Zr-95	0	1,49E-07						
Nb-95	0	1,51E-07						
Sb-124	0	3,54E-07						
Te-125m	18 158	2,6E-09	1,57E-15	2,63E-16	1,95E-16	2,36E-16	4,32E-17	3,94E-17
Te-127m	13 873	2,6E-09	1,2E-15	2,01E-16	1,49E-16	1,8E-16	3,3E-17	3,01E-17
Cs-137	5 5259	1,18E-07	2,17E-13	3,64E-14	2,7E-14	3,26E-14	5,97E-15	5,45E-15
Fe-55	33 339	4,25E-11	4,71E-17	7,91E-18	5,86E-18	7,09E-18	1,3E-18	1,18E-18
Sr-90	3 591	2,1E-08	2,51E-15	4,21E-16	3,12E-16	3,78E-16	6,91E-17	6,31E-17
		VSOTA	3,91E-13	6,57E-14	4,87E-14	5,89E-14	1,08E-14	9,84E-15

Tabela 5.6: Doze $H^*(10)$ zaradi zunanjega sevanja v letu 2011 za prebivalstvo v okolici NEK

Vir	Podatki	$H^*(10)$ (mSv)
sevanje gama + ionizirajoča komponenta kozmičnega sevanja	TLD ($H^*(10)$)	0,84 (90 %)
kozmični nevtroni	[22]	0,10 (10 %)
naravno sevanje – skupaj		0,94 (100 %)
kontaminacija zaradi černobilske nesreče in poskusnih jedrskih eksplozij	Cs-137 v zemlji	<0,111 (<12 %)*
NEK – atmosferski izpusti	used (model)	<4,0E-13
SKUPAJ		<1,05

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



Letne doze zunanjega sevanja ob prehodu oblaka (imerzijske doze) pri atmosferskih izpustih iz NEK so ocenjene v poglavju "Zračne emisije in imisije" na podlagi podatkov o izpuščenih aktivnostih in ob upoštevanju razredčitvenih koeficientov, dobljenih iz Lagrangeevega modela. Sevalne obremenitve zaradi zunanjega sevanja iz oblaka (imerzija) so bile ocenjene posebej v poglavju "Zrak" prav tako z uporabo podatkov o atmosferskih izpustih iz NEK in z modelskim izračunom po Lagrangeevem modelu, ki upošteva realne meteorološke podatke.

Nanos se računa za lokacije, na katerih poteka vzorčevanje zraka. Podatki, ki so potrebni za izračun, so izpusti iz NEK in depozicijski faktorji na posameznih lokacijah. Depozicijski faktorji se računajo po Lagrangeevem modelu, ki upošteva realne meteorološke podatke o gibanju zračnih mas in o padavinah. Iz podatkov o gibanju zračnih mas se določijo razredčitveni koeficienti χ/Q , ki opisujejo koncentracijo radionuklidov v posameznih celicah modelske domene. Velikost modelske domene v NEK je $25 \text{ km} \times 25 \text{ km} \times 3 \text{ km}$ in je razdeljena na 100×100 celic v horizontalni smeri in 20 celic po vertikali. Celica je velika $250 \text{ m} \times 250 \text{ m}$, višina celice pa je spremenljiva in je odvisna od višine, kjer je celica. Tabele vrednosti so v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2011*, IJS-DP-10930, februar 2012.

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

$$D/Q = (D_d + D_w + D_t) \frac{\chi}{Q}(h(1)) + \sum_{N=2} (D_d + D_w) \frac{\chi}{Q}(\mathbf{N}) \frac{h(N)}{h(1)} \quad (10)$$

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

Prispevki k letni dozi zaradi useda iz oblaka so zbrani v tabeli 5.5. Letna doza za posamezni radionuklid na določeni lokaciji je produkt letnega izpusta, depozicijskega faktorja iz enačbe (9), ki so ga izračunali v podjetju MEIS, d. o. o., in pretvorbenega koeficienta DCF [46]. Dozni pretvorbeni koeficient upošteva izpostavljenost zaradi useda in resuspenzije s tal po štirih dneh. Iz rezultatov je razvidno, da je bila v letu 2011 letna doza največja na oddaljenosti 0,8 km od dimnika NEK, vendar je tudi ta prispevek popolnoma zanemarljiv glede na druge prispevke zunanjega sevanja. Tega prispevka NEK ni mogoče izmeriti niti s TLD-ji niti s kontinuirnimi merilniki, ki so v okolici NEK, saj je daleč pod mejo detekcije. Že same variacije letnih doz na posameznih lokacijah zaradi različnosti naravnega sevanja daleč presegajo prispevek NEK.

V tabeli 5.6 so povzete ocenjene vrednosti $H^*(10)$ za prebivalstvo v okolici NEK. Prevladuje izpostavitve zaradi naravnega sevanja in useda Cs-137 zaradi globalne kontaminacije. Prispevek NEK je, kot že rečeno, zanemarljiv.

SKLEPI

Pri meritvah specifičnih aktivnosti v vzorcih zemlje, zbranih v letu 2011, vpliva NEK ni bilo mogoče zaznati. Prisotnost umetnih radionuklidov v okolju je posledica globalne kontaminacije zaradi jedrskih poskusov in černobilske nesreče. Letni okoljski dozni ekvivalent $H^*(10)$ zaradi naravnih radionuklidov v zemlji je na lokacijah, kjer je zemlja mivkasta borovina, med 0,490 mSv in 0,506 mSv, na lokacijah, kjer je zemlja rjava naplavina, pa med 0,602 mSv in 0,703 mSv. Povprečni letni okoljski dozni ekvivalent zaradi globalne kontaminacije so v razponu od 0,006 mSv do 0,111 mSv. Prispevek kontaminacije zemljišča in urbanih površin s Cs-137 (černobilska nesreča in poskusne jedrske eksplozije) k letni dozi $H^*(10)$ v letu 2011 je velikostnega reda od 7 do 14 odstotkov naravnega ozadja.

Prispevki NEK k zunanjemu sevanju zunaj ograje zaradi sevanja iz objektov NEK in atmosferskih izpustov radioaktivnih snovi so zanemarljivi in nemerljivi s TLD-ji in kontinuirnimi merilniki. Meja



detekcije s TL-dozimetri je 0,0075 mSv. Posredno konservativno ocenjujemo, da je letna efektivna doza manjša od 0,00001 mSv.

Vrednost $H^*(10)$ zaradi naravnih sevalcev gama, ionizirajoče komponente kozmičnega sevanja in kozmičnih nevtronov v letu 2011 je bila za prebivalstvo v okolici NEK 0,94 mSv na leto in je primerljiva z oceno za svetovno prebivalstvo ter z ocenami za okolico NEK v prejšnjih letih. Primerjava ocene vrednosti $H^*(10)$ ter izmerkov s TL dozimetri kaže dobro ujemanje.

Primerjava modelskih rezultatov za used iz radioaktivnega oblaka, izračunanih z Lagrangeevim modelom, je pokazala, da je bil prispevek zaradi atmosferskih izpustov NEK v letu 2011 nemerljiv.

REFERENCE

- [27] Obsevanost prebivalcev Slovenije za leto 2008 (LMSAR-20090029-MG), marec 2009
- [28] A. Likar, T. Vidmar, B. Pucelj, Monte Carlo Determination of Gamma-ray Dose Rate with the GEANT System, *Health Physics*, 75 (1998), 2
- [29] Maya Bundt et al., Impact of Preferential Flow on Radionuclide Distribution in Soil, *Environ. Sci. Technol.*, 34 (2000), 3895–3899
- [30] B. Zorko et al., Ovrednotenje rezultatov meritev radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško, Institut "Jožef Stefan", 2010
- [31] HSK – Annual Report 1995 Tables 1–5
(<http://www.hsk.psi.ch/english/files/pdf/annual-report1995.pdf>)
- [32] Matjaž Korun, osebno sporočilo, 2003
- [33] PC-program: Radiological Assessment System for Consequence Analysis RASCAL 3.0.3, NRC, June 2002
- [34] Methodology for assessing the radiological consequences of routine releases of radionuclides to the environment, *Radiation Protection 72*, European Commission, Report EUR 15760 EN, 1995
- [35] B. Zorko, S. Miljanić, B. Vekić, M. Štuhec, S. Gobec, M. Ranogajec - Komor, Intercomparison of dosimetry systems based on CaF₂: Mn TL-detectors, *Radiat. Prot. Dosim.*, 119 (2006), 300–305
- [36] S. Miljanić, Ž. Knežević, M. Štuhec, M. Ranogajec - Komor, K. Krpan, B. Vekić, *Radiat. Prot. Dosim.*, 106 (2003), 253–256
- [37] S. J. Melles, G. B. M. Heuvelink, C. J. W. Twenhöfel and U. Stöhlker, *Lecture Notes in Computer Science*, Volume 5072/2008, (2008), 444–458, DOI: 10.1007/978-3-540-69839-5_33
- [38] M. S. Al-Masri, Y. Amin, M. Hassan, S. Ibrahim, H. S. Khalili, *Journal of Radionanalytical and Nuclear Chemistry*, 267 (2006) 2, 337–343
- [39] K. Saito, P. Jacob, *Radiat. Protect. Dosim.*, 58 (1995), 29–45
- [40] A. Likar, T. Vidmar, B. Pucelj, *Health physics*, 75 (1998), 165
- [41] U. Stoelhlker, M. Bleher, T. Szegvavry, F. Conen, *Radioprotection*, 44 (2009) 5, 777–784
- [42] M. A. P. V. de Moraes, T. F. L. Daltro, *Radiat. Protect. Dosim.*, 87 (2000) 3, 207–211
- [43] J. T. Zerquera, M. P. Alonso, O. B. Flores, A. H. Perez, *Radiat. Prot. Dosim.*, 95 (2001) 1, 49–52
- [44] M. Lemercier, R. Gurriaran, P. Bouissetand, X. Cagnat, Specific activity to $H^*(10)$ conversion coefficients for In-situ gamma spectrometry, *Radiat. Protect. Dosim.*, 128 (2008) 1, 83–89
- [45] FRMAC, Assessment manual Tables, Charts, Worksheets, Glossary, references, Volume 2, SAND2003-1072P, Table 3.5
- [46] W. G. Alberts et al., New dose quantities in radiation protection, PTB, Braunschweig, August 1995
- [47] M. Kowatari et al., Altitude Variation of cosmic-ray neutron energy spectrum and ambient dose equivalent at Mt. Fuji in Japan, IRPA



6 VNOS RADIONUKLIDOV V PREHRAMBENO VERIGO

POVZETEK

Namen določanja radioaktivnosti v živilih je, da se preveri vpliv izpustov NEK na vsebnost radionuklidov v vzorcih iz prehrambene verige in se posledično oceni sevalna obremenitev prebivalstva. Pri tej oceni smo predpostavili, da prebivalci uživajo le hrano, pridelano na krško-brežiškem področju.

Ocenili smo, da je bila predvidena efektivna doza prebivalstva v okolici NEK zaradi vsebnosti naravnih radionuklidov Pb-210, U-238, Ra-226, Ra-228 in Th-228 v hrani, brez K-40, v letu 2011 (158 ± 19) μ Sv za odrasle osebe.

Kontaminacija hrane z umetnima radionuklidoma Cs-137 in Sr-90 je povečala sevalno obremenitev prebivalcev še za ($1,5 \pm 0,15$) μ Sv, kar je le 1 % celotne izračunane efektivne ingestijske doze. V primerjavi z dozo, ki jo prebivalci prejmejo zaradi vsebnosti naravnih radionuklidov v hrani, je to z biološkega vidika zanemarljivo. Rezultati meritev kažejo, da izotopa Cs-137 in Sr-90 izvirata iz kontaminacije zaradi jedrskih poskusov v preteklosti in nesreče v Černobilu in nista posledica atmosferskih izpustov iz NEK. Prav tako vsebnosti Cs-137 v hrani niso bile povečane zaradi jedrske nesreče v Fukušimi na Japonskem, ki se je zgodila marca 2011.

V zračnih izpustih NEK je bil prisoten tudi radioizotop C-14, ki je v okolju kot naravni produkt kozmičnega sevanja in izpustov iz različnih elektrarn in industrijskih obratov, njegova vsebnost pa je bila v preteklosti povečana tudi zaradi poskusnih jedrskih eksplozij. Izotop C-14 se enako kot ogljik C-12 v procesu fotosinteze vgrajuje v rastline. Ocenjena potencialna doza prebivalstva v letu 2011 zaradi vsebnosti C-14 v rastlinski hrani je 14,9 μ Sv, pri čemer so prebivalci v neposredni bližini NEK prejeli enako dozo kot tisti na kontrolni točki v Dobovi. V okviru merske negotovosti je doza zaradi C-14 enaka kot v prejšnjih letih, pri čemer so upoštevane le meritve v prvi polovici leta 2011. V letu 2011 v NEK ni bilo rednega remonta, zato tudi ni bilo opaziti značilnega skoka v koncentraciji C-14. Doza, prejeta zaradi C-14, je prav tako kot v primeru doz, prejetih zaradi Cs-137 in Sr-90, z biološkega vidika zanemarljiva.

UVOD

Izpusti radionuklidov v okolje, bodisi zaradi normalnega obratovanja nuklearnih objektov ali izrednih dogodkov, lahko potencialno vodijo k izpostavitvi okoliškega prebivalstva ionizirajočemu sevanju. Radionuklidi najpogosteje prehajajo v okolje preko izpustov v atmosfero ali vodnih sistemov, pri čemer lahko posledično prihaja do kontaminacije zraka, voda, tal, rastlinstva in živalstva. Poti vnosa radionuklidov v človeški organizem sta predvsem inhalacija in ingestija, zato je v okolici nuklearnih objektov potreben stalen nadzor radioaktivnosti v zraku, vodi, tleh, pa tudi v hrani rastlinskega in živalskega izvora, ki se prideluje v okolici jedrskih objektov.

V hrano rastlinskega izvora prehajajo radionuklidi predvsem prek koreninskega sistema rastlin, lahko pa tudi s površine listov, kamor se odložijo kot usedline iz atmosfere. Stopnja privzema radionuklidov v rastline prek koreninskega sistema je v največji meri odvisna od biodostopnosti posameznih radionuklidov v tleh, na kar pa poleg topnosti radionuklidov vplivajo predvsem številni abiotski in biotski talni dejavniki [49]. Na absorpcijo radionuklidov v rastline prek listne površine vplivajo predvsem morfološke značilnosti rastlin (npr. velikost površine, dlakavost listov) in okoljski dejavniki, kot sta npr. količina padavin in vetrovnost. Rastlinski organi se lahko z radionuklidi površinsko kontaminirajo tudi zaradi neposrednega stika z zemljo, kar velja predvsem za gomolje, korenike, čebule in plodove, ki uspevajo pri tleh, kot npr. jagode [50].

Na prenos radionuklidov iz korenin v nadzemne dele rastlin oz. nadaljnji transport iz listov v semena,



plodove in založne organe, poleg fizioloških lastnosti posamezne rastlinske vrste, vpliva predvsem mobilnost radionuklidov. Pričakovane koncentracije manj mobilnih radionuklidov, ki v rastlinske organe pridejo s transportom prek koreninskega sistema, padajo v smeri korenine >> listi, poganjki > plodovi, založni organi, semena [51]. Pričakovane koncentracije radionuklidov, kot je npr. Sr-90, ki je funkcionalni analog Ca, so v listih in poganjkih relativno višje od radionuklidov razpadnih vrst U-238 in Th-232, pričakovane koncentracije Cs-137, ki je funkcionalni analog K in zato v rastlinah zelo mobilni, pa so relativno višje v listih, plodovih, semenih, in založnih organih [49].

Vsebnost radionuklidov v hranilih živalskega izvora je povezana predvsem z uživanjem z radionuklidi kontaminirane hrane in vode. Na stopnjo kontaminacije živalskega organizma, predvsem rastlinojedov, v veliki meri vpliva preferenca prehranjevanja z določenimi vrstami rastlinske hrane [50]. Končno koncentracijo radionuklidov v živalskem organizmu določa razmerje med asimilacijo in eksekrecijo. 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 fiziološkega stanja živali, predvsem stopnje metabolizma. K-40, ki je med naravnimi radionuklidi zastopan v največji meri, se po zaužitju hitro izloči iz telesa, saj telo homeostatsko uravnava količino kalija. Podobno kot kalij se tudi večina ingestiranega U-238 in Ra-226 po zaužitju hitro izloči iz telesa z blatom oz. preko ledvic, preostanek pa se absorbira v mehkih tkivih in kosteh. Radionuklidi, kot sta npr. Sr-90 in Pb-210, se kopičijo večinoma v kostni masi, radioizotopi kot je Cs-137 pa v mišičnih tkivih. 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 koncentracijo radionuklidov v hrani [50].

Radioaktivni izotop ogljika C-14 nastaja v zemljini atmosferi kot produkt reakcij med jedri dušika N-14 in nevtroni kozmičnega sevanja. Skupaj z drugimi ogljikovimi izotopi kot CO₂ vstopa v biološki in geokemični ogljikov cikel Zemlje. Do povečanja koncentracij ogljika C-14 je prišlo predvsem v sredini 20. stoletja zaradi jedrskih poskusov. Po prepovedi jedrskih poskusov se zaradi izmenjave C-14 in drugih izotopov ogljika med atmosfero, biosfero in oceani vsebnosti C-14 v atmosferi manjšajo, tako so danes le malo večje od naravne ravnotežne vrednosti.

Jedrski objekti, še posebej jedrske elektrarne, lahko vplivajo na povišanje radioaktivnosti v atmosferi v svoji neposredni okolici, kot tudi v rastlinju, ki tam uspeva. Aktivnost C-14 v atmosferi se izraža v rastlinju, saj rastline v procesu fotosinteze asimilirajo CO₂. Izmerjena aktivnost C-14 v enoletnih rastlinah ali drevesnih letnicah tako izraža povprečno vsebnost C-14 v atmosferskem CO₂ med rastno sezono. C-14 tako lahko vstopa v prehrabno verigo, s tem pa se lahko poveča dozna obremenitev lokalnega prebivalstva zaradi ingestije. Vpliv jedrske elektrarne na povišanje aktivnosti C-14 v rastlinstvu oziroma hrani se določa tako, da se aktivnosti C-14 v rastlinju z neposredne okolice elektrarne primerjajo s tistimi s kontrolnega področja, to je področja, ki je tako oddaljeno od vira radioaktivnosti, da neposrednih vplivov ni več mogoče zaslediti.

ZNAČILNOSTI VZORČEVANJA IN MERITEV

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 odvezemajo vedno na istem mestu. Odvezemna mesta vzorcev hrane v letu 2011, ki so označena na priloženem zemljevidu na koncu poročila, so bila: sadovnjak ob NEK (sadje), Pesje (mleko), Spodnja in Zgornja Pohanca (sadje), Brege (zelenjava, žito, mleko, meso), Vihre (mleko), Vrbina (jajca, zelenjava), Spodnji Stari Grad (zelenjava, meso, jajca), Žadovinek (zelenjava, žito), Trnje (zelenjava), Drnovo (zelenjava), Ravne pri Zdolah (meso), Brežice (sadje), Krško – vinska klet (vino).

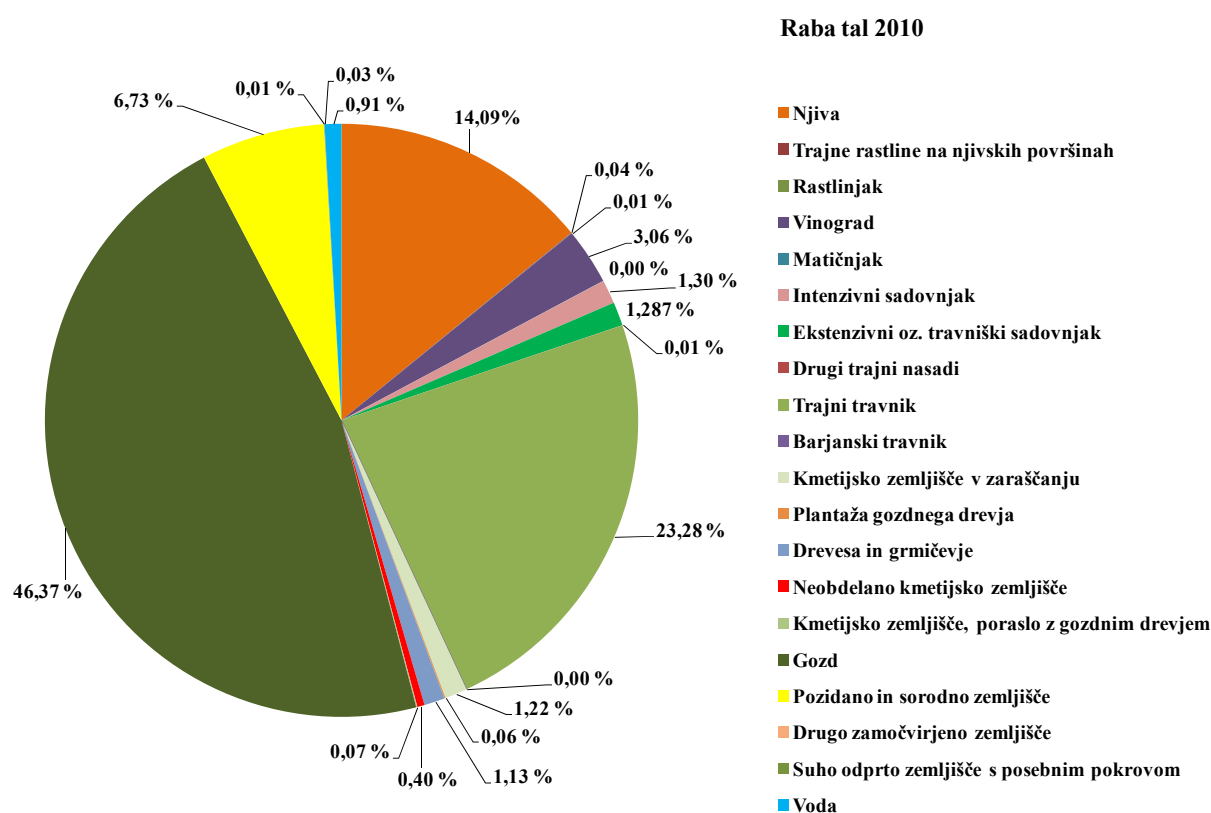
V vzorcih živil so bile izmerjene specifične aktivnosti sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama (VLG) in vsebnost Sr-90/Sr-89 z radiokemijsko metodo. Vzorčenje, meritve in analize vseh vzorcev živil so bile opravljene na IJS in ZVD. Rastlinski vzorci živil so bili pred analizami oprani s tekočo vodo, saj je poleg vnosa radionuklidov v rastline iz tal prek koreninskega sistema del



kontaminacije zelenjave in sadja z radionuklidi tudi površinska kontaminacija, sploh če so deli rastlin med gojenjem v neposrednem stiku z zemljo.

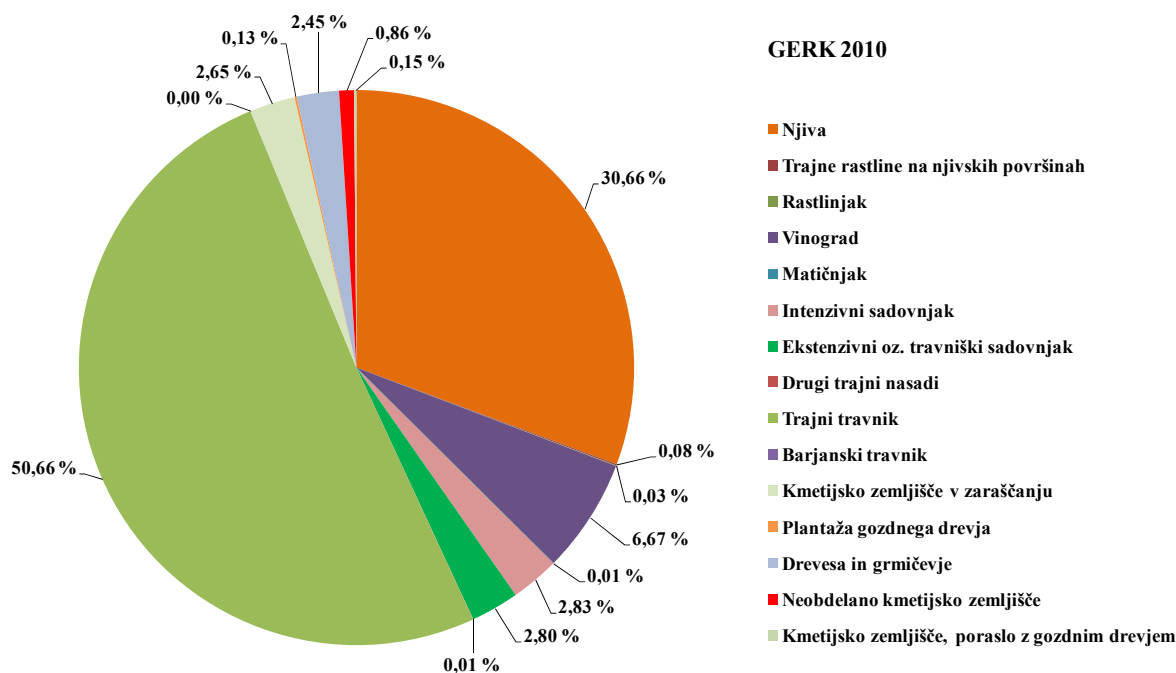
Od radionuklidov, ki jih detektiramo v izpustih NEK, je v hrani prisoten tudi C-14, ki pa se pojavlja v okolju tudi naravno. Meritve vsebnosti C-14 v rastlinskih vzorcih, vzorčenih v juliju 2011, so bile opravljene na Institutu "Ruđer Bošković" v Zagrebu. Specifična aktivnost C-14 je bila izmerjena v koruzi, jabolkih in travi.

V občini Krško je po podatkih iz leta 2010 v uporabi 307,1 km² zemljišč, od katerih je največji del gozd (142,4 km²), sledijo kmetijska zemljišča (njive, travniki, vinogradi in sadovnjaki) (141,1 km²) ter pozidana in sorodna zemljišča (20,7 km²) (slika 6.1). Raba zemljišč se z leti spreminja. Tako je bilo v primerjavi z letom 2006, v letu 2010 za 1,94 % manj gozdnih površin, za 6,07 % več kmetijskih površin ter za 1,71 % manj pozidanih in sorodnih zemljišč.



Slika 6.1 Splošna raba tal v letu 2010 (<http://rkg.gov.si/GERK/>)

Od zemljišč, ki so v uporabi kmetijskih gospodarstev (podatki GERK), je v občini Krško največ trajnih travniških površin, sledijo njive, vinogradi ter intenzivni in ekstenzivni oziroma travniški sadovnjaki (slika 6.2). V manjši meri so zastopana kmetijska zemljišča v zaraščanju, kmetijska zemljišča, porasla z gozdnim drevjem, plantaže gozdnega drevja ter zemljišča, poraščena z drevesi in grmičevjem. Tudi raba kmetijskih zemljišč se z leti spreminja. V primerjavi z letom 2006 je bilo tako v letu 2010 za 1,4 % več njiv, 1,2 % več vinogradov, 0,6 % več trajnih travnikov in 0,3 % več ekstenzivnih oziroma travniških sadovnjakov. V primerjavi z letom 2006 se je zmanjšala predvsem površina kmetijskih zemljišč v zaraščanju (za 0,6 %), plantaž gozdnega drevja (za 0,5 %) ter zemljišč, poraslih z drevesi in grmičevjem (za 0,5 %).



Slika 6.2. Raba zemljišč kmetijskih gospodarstev. <http://rkg.gov.si/GERK/>

Iz podatkov lahko sklenemo, da se je v občini Krško v zadnjih 4 letih raba kmetijskih zemljišč spremenila predvsem v prid povečanja njivskih, vinogradniških in sadjarskih površin, zmanjšal pa se je delež kmetijskih površin v zaraščanju.

Na malo manj kot polovici (46,5 %) kmetijskih zemljišč se v občini Krško prideluje hrana in krma (žito, sadje in zelenjava), poleg tega pa se kmetje v okolici ukvarjajo tudi z živinorejo in pridelavo mleka. Po podatkih iz leta 2006 se pridelavi krme za živali namenja kar 73 % njivskih površin [56]. Tržna pridelava zelenjave, vrtnin in jagod se je v letu 2006 izvajala na 200 ha zemljišč. Podobno kot pridelava vrtnin in zelenjave je pomembno tudi sadjarstvo, saj je bilo v letu 2006 zato namenjenih 348 ha zemljišč, kar je kar 7 % intenzivnih nasadov v Sloveniji. Vinogradništvo se je izvajalo v letu 2006 na 1030 ha zemljišč. V letu 2006 je bilo oddanih 5,3 mio litrov mleka, kmetje pa so gojili skupno 1150 krav dojlj [56].

Pokritost domače proizvodnje hrane s potrošnjo, tj. stopnja samooskrbe, je v Sloveniji za živalske proizvode precej višja kot za rastlinske proizvode. Za žita je bila v letu 2010 55 %, zelenjavo 31 %, krompir 63,2 %, svinjsko meso 53 %, medtem ko je bila stopnja samooskrbe s perutnino 100 %. Po podatkih o rabi zemljišč in stopnji samooskrbe v Sloveniji lahko predvidevamo, da tudi prebivalci na krško-brežiškem območju večino hrane kupijo. Kupljena hrana tako prihaja iz drugih območij v Sloveniji oziroma iz uvoza (večji del). Republiški program nadzora radionuklidov v hrani predvideva 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 dobijo zaradi uživanja hrane. Zaradi tega je letna učinkovita doza zaradi ingestije izračunana ob predpostavki, da prebivalci uživajo le hrano, pridelano na krško-brežiškem področju.



REZULTATI MERITEV

Tabele z merskimi rezultati so na priloženi zgoščenci v poročilu *Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2011*, IJS-DP-10930, februar 2012.

Rezultati meritev vzorcev hrane so prikazani v tabelah T-61 (Mleko - Pesje), T-62 (Mleko - Vihre), T-63 (Mleko - Brege), T-64 (I-131 v vzorcih mleka), T-65, T-66, T-67 (Sadje – jabolka, hruške, jagode), T-68 (rdeče in belo vino), T-69 do T-73 (Povrtnine in poljščine – solata, blitva, brokoli, kumare, čebula, bučke, krompir, grah, peteršilj, korenje, zelje, koleraba, rdeča pesa, ječmen, koruza, pšenica, fižol v zrnju, paradižnik, paprika, radič), T-74, T-75 (Jajca in meso; kokošja jajca; kokošje, svinjsko in goveje meso). V vzorcih hrane so bili detektirani naravni radionuklidi iz razpadnih vrst radionuklidov U-238 in Th-232 ter K-40 in kozmogeni Be-7, med umetnimi pa le Cs-137 in Sr-90/Sr-89. Ker Sr-89 ni bil izmerjen v izpustih NEK, se vsi merski rezultati nanašajo na Sr-90. Povprečna aktivnost Be-7 je $(2,7 \pm 3,6)$ Bq/kg, predvidena efektivna doza zaradi kontaminacije hrane z Be-7 pa je $(0,02 \pm 0,003)$ μ Sv, kar je zanemarljivo, zato smo ga izključili iz nadaljnje predstavitve rezultatov.

Umetni radionuklidi

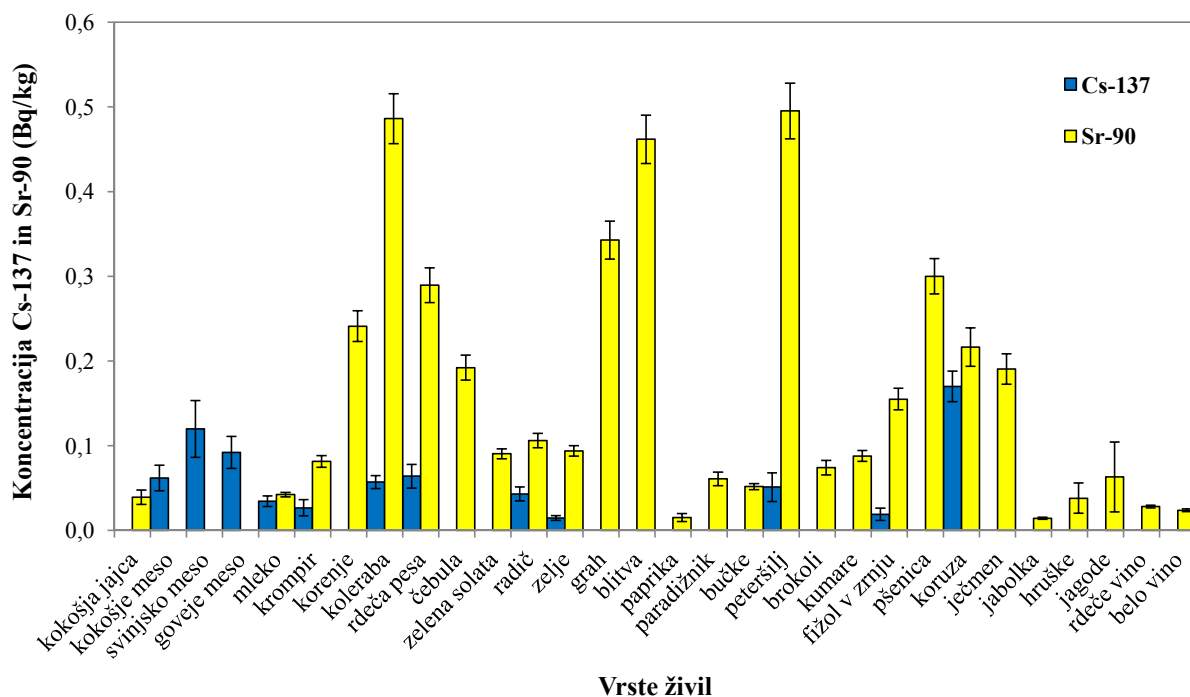
Radionuklida Cs-137 in Sr-90 sta prisotna kot kontaminacija v vrhnji plasti zemlje zaradi jedrskih poskusov in nesreče v Černobilu, detektirana pa sta tudi v izpustih NEK. Izotop Cs-137 je bil v letu 2011 detektiran v mesu in mleku, v hrani rastlinskega izvora pa v krompirju, kolerabi, rdeči pesi, radiču, zelju, peteršilju, fižolu v zrnju in koruzi (slika 6.3). Povprečna specifična aktivnost Cs-137 v hrani v letu 2011 je bila $(0,025 \pm 0,007)$ Bq/kg. Najvišja koncentracija Cs-137 v vzorcih hrane živalskega izvora je bila detektirana v svinjskem mesu $(0,12 \pm 0,03)$ Bq/kg (slika 6.3), v hrani rastlinskega izvora pa so bile v letu 2011 najvišje vsebnosti Cs-137 izmerjene v koruzi $(0,17 \pm 0,02)$ Bq/kg (slika 6.3).

Povprečna izmerjena specifična aktivnost sevalca beta Sr-90 v hrani v letu 2011 je bila $(0,14 \pm 0,01)$ Bq/kg. Najvišje specifične aktivnosti Sr-90 so bile izmerjene v zelenjavi, predvsem v peteršilju $(0,50 \pm 0,03)$ Bq/kg, kolerabi $(0,49 \pm 0,03)$ Bq/kg in blitvi $(0,46 \pm 0,03)$, najnižje pa jabolkih in papriki. V mesu so bile vsebnosti Sr-90 pod mejo zaznavnosti (slika 6.3).

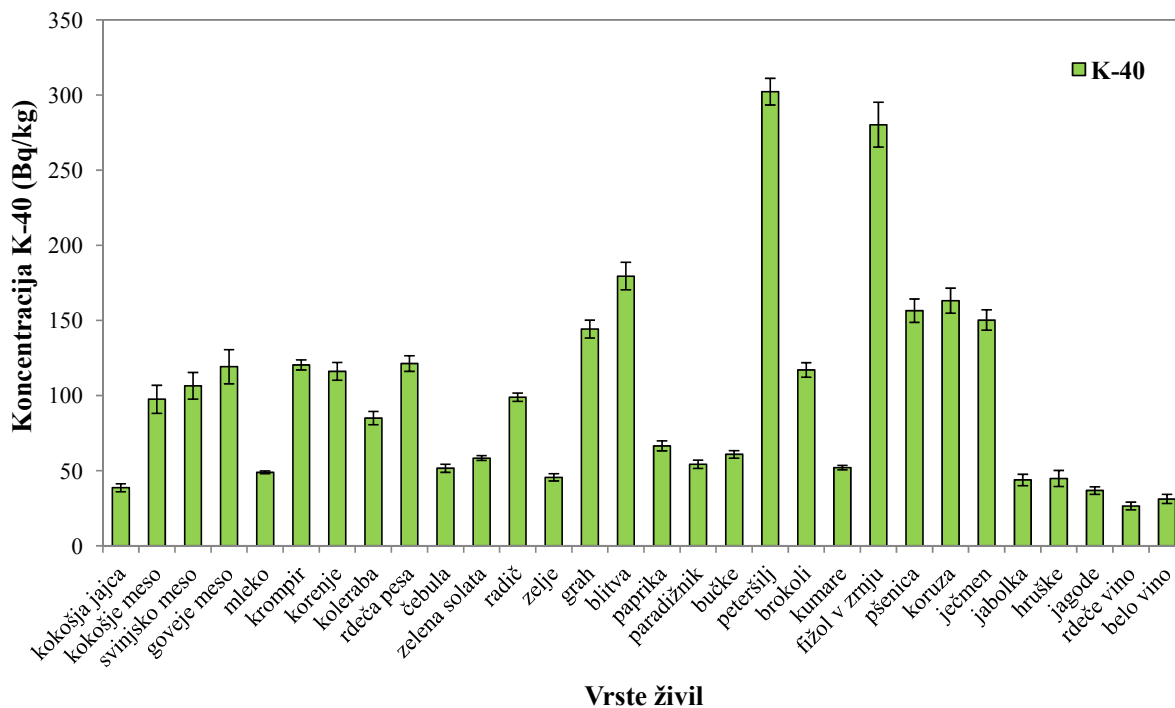
Naravni radionuklidi

Med naravnimi radionuklidi v hrani, kamor pridejo po različnih prenosnih poteh iz zemlje, umetnih gnojil in zraka, je najbolj zastopan K-40, prisotni pa so tudi radionuklidi iz razpadnih vrst U-238 in Th-232. Povprečna specifična aktivnost K-40 v hrani, ki je bila pridelana na krško-brežiškem polju, je bila v letu 2011 (100 ± 33) Bq/kg. Specifične aktivnosti K-40 v posameznih živilih so prikazane na sliki 6.4. Največ K-40 v letu 2011 je v peteršilju in fižolu v zrnju, najmanj pa v vinu, jagodah in jajcih. K-40 je v letu 2011 k letni efektivni dozi zaradi uživanja hrane prispeval (229 ± 18) μ Sv, kar je 59 % skupne letne efektivne doze zaradi uživanja hrane, ki je (389 ± 20) μ Sv.

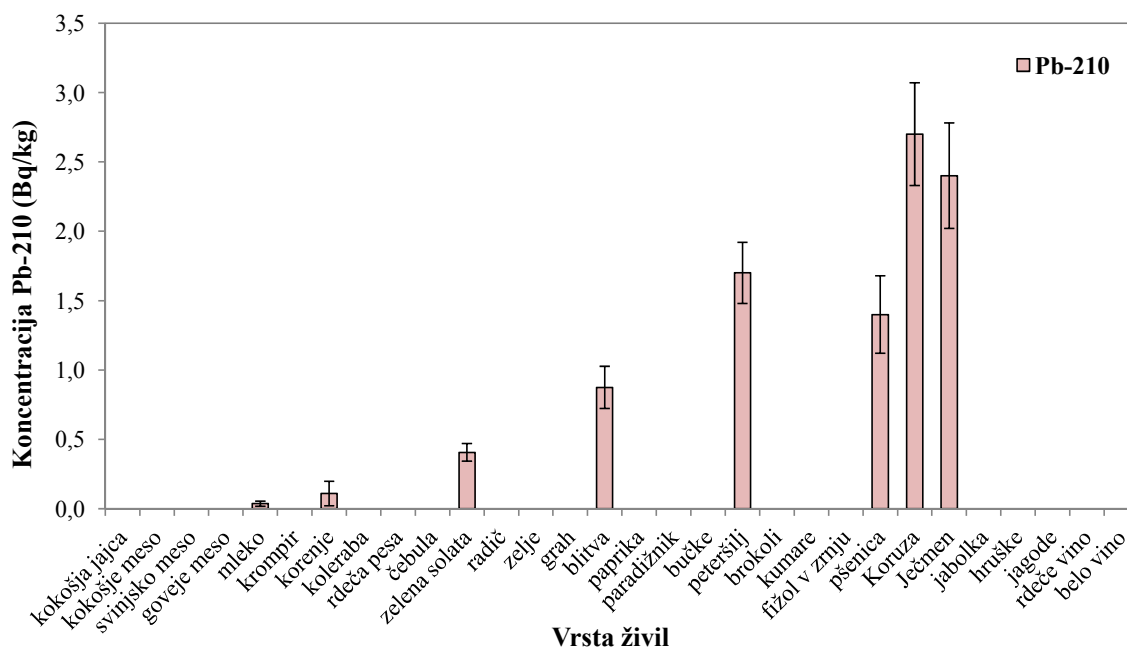
Od naravnih radionuklidov je k letni efektivni dozi zaradi uživanja hrane brez upoštevanja K-40, ki je (160 ± 20) Bq/kg, največ prispeval Pb-210, in sicer 67 %. Povprečna specifična aktivnost Pb-210 v vzorčenih živilih je $(0,32 \pm 0,33)$ Bq/kg, kar je na meji detekcije. Specifična aktivnost Pb-210 v živilih je prikazana na sliki 6.5 in je bila najvišja v koruzi $(2,7 \pm 0,37)$ Bq/kg, Pb-210 pa je bil detektiran še v ječmenu, pšenici in blitvi. Povprečna specifična aktivnost U-238 je bila v letu 2011 $(0,32 \pm 0,44)$ Bq/kg, največja specifična aktivnost pa je bila izmerjena v radiču $(3,0 \pm 0,39)$ Bq/kg in krompirju $(2,9 \pm 0,39)$ Bq/kg. Pri večini živilih pa je bila specifična aktivnost U-238 pod mejo detekcije (slika 6.6).



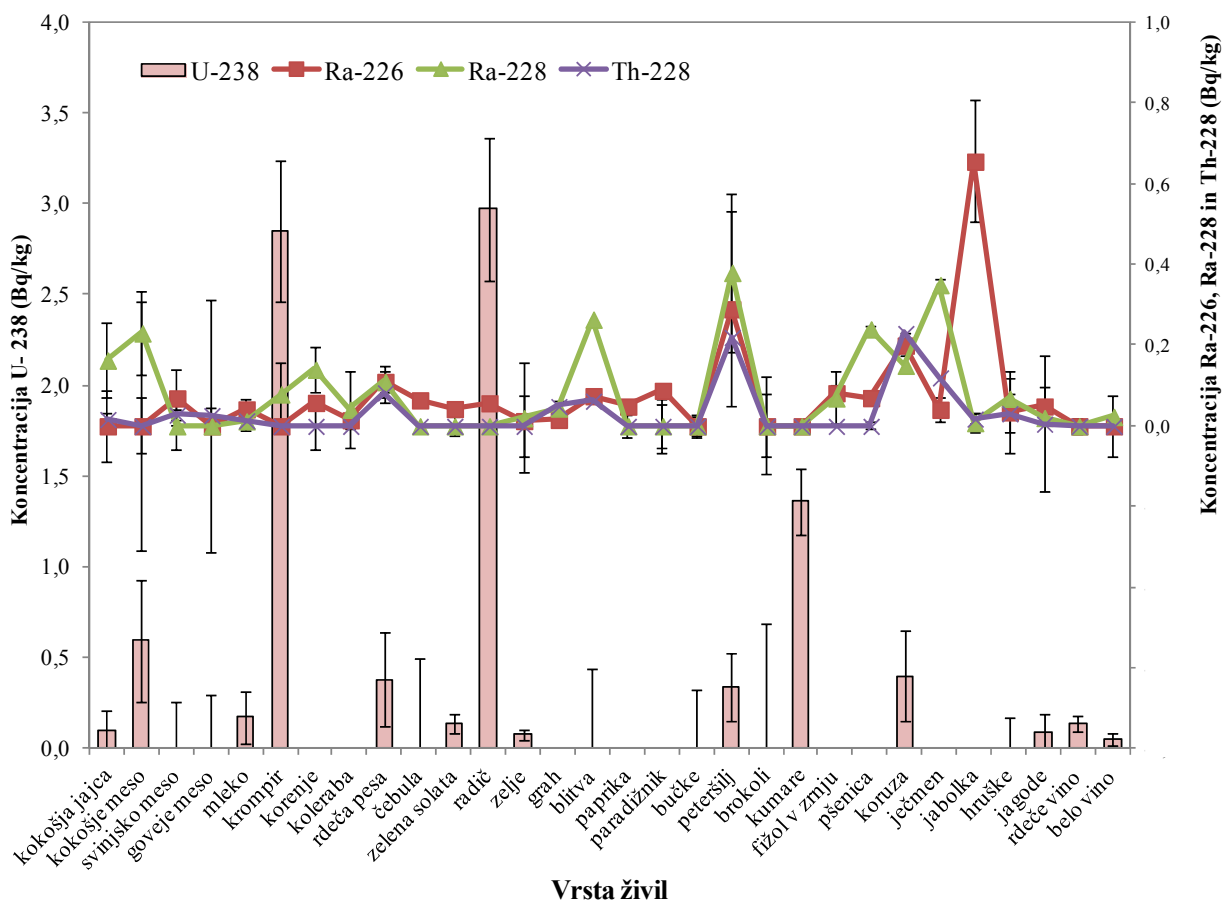
Slika 6.3: Izmerjene specifične aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v različnih vrstah živil v letu 2011 (povprečje ± negotovost)



Slika 6.4: Izmerjene specifične aktivnosti K-40 v različnih vrstah živil v letu 2011 (povprečje ± negotovost)



Slika 6.5: Izmerjene specifične aktivnosti Pb-210 v različnih vrstah živil v letu 2011 (povprečje ± negotovost)



Slika 6.6: Izmerjene specifične aktivnosti U-238 (leva ordinata), Ra-226, Ra-228 in Th-228 (desna ordinata) v različnih vrstah živil v letu 2011 (povprečje ± negotovost)



V normalnih razmerah je uživanje hrane glavna pot vnosa Ra-226 ter Ra-228. Povprečna specifična aktivnost Ra-226 v hrani, ki je bila pridelana na krško-brežiškem polju, je bila v letu 2011 ($0,07 \pm 0,55$) Bq/kg, Ra-228 pa ($0,08 \pm 0,03$) Bq/kg. Najvišja specifična aktivnost Ra-226 je bila detektirana v jabolkih ($0,66 \pm 0,15$) Bq/kg, Ra-228 pa v peteršilju ($0,38 \pm 0,05$) Bq/kg. V večini drugih živil pa je bila aktivnost Ra-226 in Ra-228 na meji detekcije (slika 6.6). Zadnji od detektiranih radionuklidov v živilih je bil Th-228, ki je v zemeljski skorji sicer trikrat bolj pogost kot U-238. Povprečna specifična aktivnost v vzorčenih živilih je bila ($0,03 \pm 0,01$) Bq/kg. Najvišja aktivnost je bila izmerjena v peteršilju ($0,22 \pm 0,05$) Bq/kg in koruzi ($0,23 \pm 0,07$) Bq/kg, v večini vzorcev zelenjave pa je bila pod mejo detekcije (slika 6.6).

DISKUSIJA

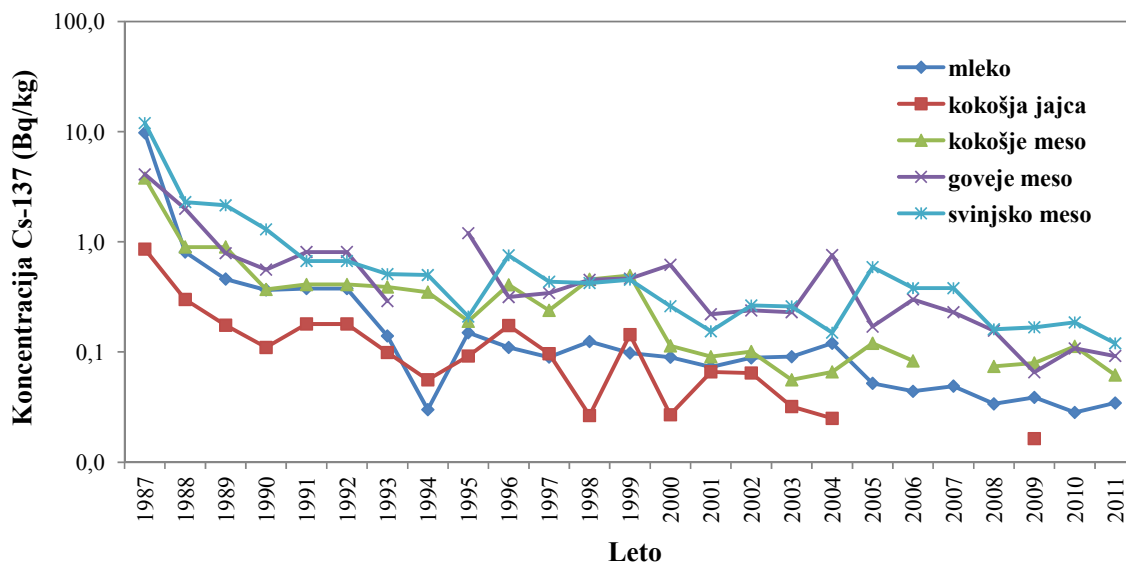
Umetni radionuklidi

Vsebnosti Cs-137 in Sr-90 v hrani z leti nihajo, vendar je opazna težnja zmanjševanja. Tako je s slike 6.7 razvidno, da se je specifična aktivnost Cs-137 v mleku od černobilske nesreče do danes znižala za približno 200-krat, specifična aktivnost Sr-90 pa se je v enakem obdobju v mleku znižala za faktor 10 (slika 6.8). 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 hranila živalskega izvora je opazna težnja zmanjševanja vsebnosti Cs-137 in Sr-90 po černobilski nesreči (sliki 6.7 in 6.8). 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 zaradi povečane vsebnosti kalija in kalcija iz gnojil, ki močno zmanjšajo privzem obeh radionuklidov v rastline in s tem v hrano rastlinskega izvora in krmo [51]. Poleg tega se koncentracija Cs-137 in Sr-90 v okolju z leti manjšajo tudi zaradi radioaktivnega razpada, saj je razpolovni čas Cs-137 30,1 let, Sr-90 pa 28,8 let.

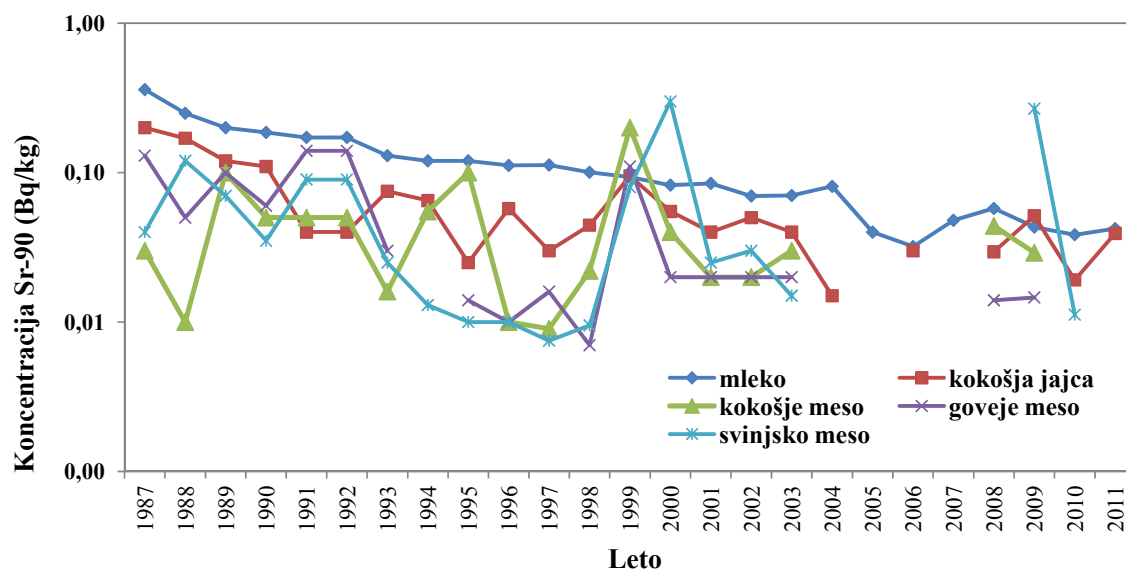
Če primerjamo specifično aktivnost Cs-137 v mleku iz okolice NEK ($0,03 \pm 0,01$) Bq/kg s specifičnimi aktivnostmi Cs-137 v vzorcih mleka drugod po Sloveniji, opazimo, da je primerljiva s tisto v Ljubljani ($0,04 \pm 0,03$) Bq/kg in za razred velikosti manjša od tiste iz Kobarida ($0,12 \pm 0,04$) Bq/kg in Bohinjske Bistrice ($0,11 \pm 0,04$) Bq/kg (meritve ZVD), saj je bilo območje severozahodne Slovenije v času černobilske nesreče bolj kontaminirano od območja osrednje in vzhodne Slovenije. Specifična aktivnost Sr-90 v mleku iz okolice NEK ($0,04 \pm 0,003$) Bq/kg pa je primerljiva z vsebnostmi drugod po Sloveniji ($0,05$ – $0,09$) Bq/kg.

Specifična aktivnosti Cs-137 v svinjskem mesu iz okolice NEK ($0,12 \pm 0,03$) Bq/kg je za velikostni razred večja kot v svinjskem mesu iz Dutovelj ($<0,02$ Bq/kg) (meritve ZVD), je pa primerljiva z vsebnostmi v govejem mesu iz Škofje Loke ($0,23 \pm 0,01$) Bq/kg in piščančjem mesu iz Murske Sobote ($<0,11$ Bq/kg). Vsebnosti Sr-90 v svinjskem mesu iz okolice NEK so pod mejo detekcije, v Dutovljah pa ($0,08 \pm 0,02$) Bq/kg (meritve ZVD).

Vsebnosti Cs-137 v hrani rastlinskega izvora so primerljive s tistimi v hrani in krmi drugod po Sloveniji [54]. Cs-137 je bil detektiran v vzorcih trave, travne silaže in sena. Vsebnosti Cs-137 v vzorcih krme so se gibale med ($0,19 \pm 0,04$) Bq/kg v briketih do ($9,9 \pm 0,4$) v senu iz okolice rudnika Žirovski Vrh, pri čemer je treba upoštevati, da so vsebnosti izražene na svežo snov, v senu pa je vsebnost vode nizka. Povišane koncentracije cezija v krmilih zaradi nesreče v jedrski elektrarni Fukušima ni bilo zaznati. Vzorci so bili zbrani v poletnih mesecih, medtem ko se je nesreča zgodila marca 2011. Tudi vsebnosti Sr-90 v hrani rastlinskega izvora iz okolice NEK so primerljive s tistimi v hrani in krmi drugod po Sloveniji, saj so bile v večini vzorcev povprečna koncentracija ($1,1 \pm 1,4$) Bq/kg, najvišje pa so bile v 4 vzorcih sena, kjer so se koncentracije gibale od ($11,0 \pm 0,6$) Bq/kg do ($33,0 \pm 0,9$) Bq/kg.



Slika 6.7: Izmerjene specifične aktivnosti Cs-137 v mleku, kokošjih jajcih ter kokošjem, govejem in svinjskem mesu po letih. Vrednosti so prikazane v logaritemski skali. V kokošjih jajcih je bila specifična aktivnost v letih 2005–2008, 2010 in 2011 pod mejo detekcije, prav tako pa tudi v kokošjem mesu leta 2007. Leta 1994 svinjsko meso ni bilo vzorčeno.



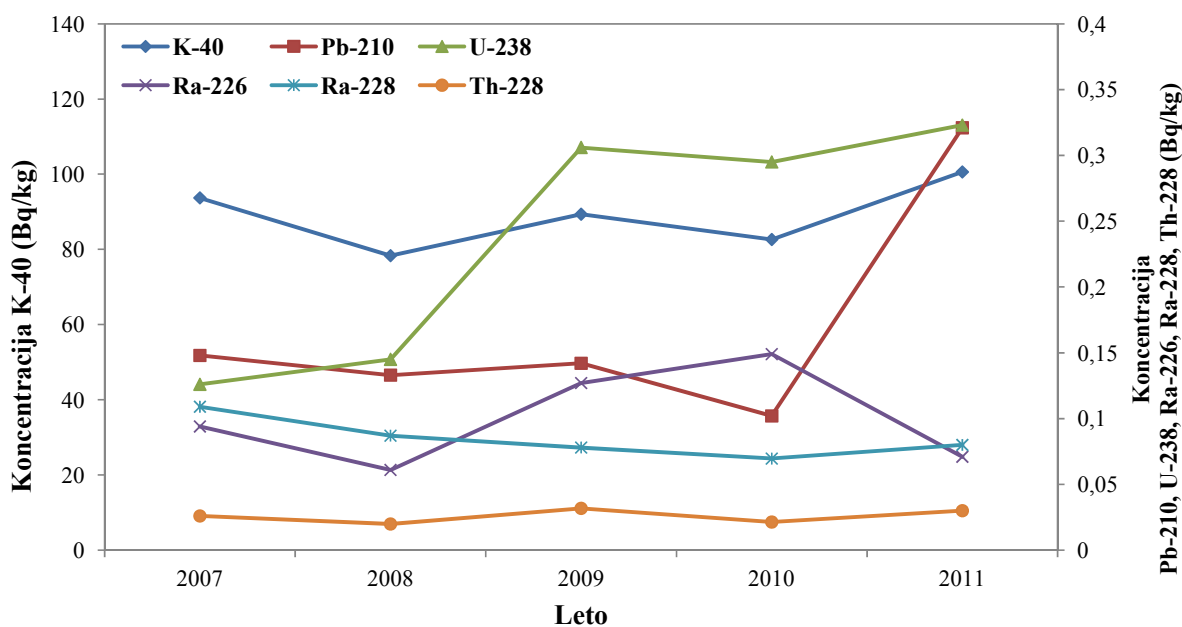
Slika 6.8: Izmerjene specifične aktivnosti Sr-90 v mleku, kokošjih jajcih ter kokošjem, govejem in svinjskem mesu po letih. V letih 2004–2007 in 2011 so bile izmerjene specifične aktivnosti v kokošjem, govejem in svinjskem mesu pod mejo detekcije, v svinjskem mesu pa tudi leta 2008. V kokošjih jajcih pa je bila izmerjena specifična aktivnost Sr-90 pod mejo detekcije v letih 2005 in 2007.



Naravni radionuklidi

Vsebnosti naravnih in umetnih radionuklidov v hrani z leti nihajo. V letu 2011 so vsebnosti naravnih radionuklidov v hrani iz okolice NEK primerljive z vsebnostmi v preteklih letih (slika 6.7), prav tako so primerljive z vsebnostmi naravnih radionuklidov, izmerjenih v letu 2011 v hrani drugod po Sloveniji (meritve ZVD) in v krmi [54].

Vsebnosti K-40 v koruzni silaži so bile (178 ± 17) Bq/kg, vsebnosti v travni silaži in senu pa so bile višje, tudi do (529 ± 52) Bq/kg v travni silaži. Čeprav ima K-40 podobne kemijske lastnosti kot umetni radionuklid Cs-137, so korelacije med vsebnostmi omenjenih radionuklidov v hrani rastlinskega izvora in krmi šibke, saj je privzem Cs-137 močno povezan s preskrbljenostjo tal s kalijem. Ob normalni vsebnosti kalija v tleh namreč rastline diskriminirajo oba radionuklida v prid kaliju, ob pomanjkanju kalija v tleh, pa se privzem Cs-137 relativno poveča. Tudi vsebnosti Pb-210, U-238, Ra-226 in Ra-228 v hrani rastlinskega izvora iz okolice NEK so primerljive z vsebnostmi v hrani in krmi drugod po Sloveniji, pri čemer pa ugotavljamo višje vsebnosti U-238 v vzorcu trave iz okolice Celja (11 ± 1) Bq/kg, najvišje vsebnosti Ra-226 pa v vzorcu sena iz okolice rudnika Žirovski Vrh (9 ± 4) Bq/kg.



Slika 6.9: Povprečne izmerjene specifične aktivnosti (Bq/kg) naravnih radionuklidov v hrani po letih

Med naravne radionuklide v hrani spada tudi C-14, hkrati pa je C-14 merljiv tudi v izpustih NEK. C-14 se v hrano rastlinskega izvora asimilira predvsem kot CO₂ v procesu fotosinteze. Specifična aktivnost C-14 je bila v okolici NEK izmerjena v koruzi, jabolkih in travi ter je bila v notranjem krogu NEK (243 ± 10) Bq/kg C, v zunanem krogu NEK ($242 \pm 5,6$) Bq/kg C, na kontrolni točki v Dobovi pa ($235 \pm 3,6$) Bq/kg C. Vrednosti, izmerjene v krogu NEK, so sicer za 3 % večje od vrednosti, izmerjene v Dobovi, toda odmiki so v okviru negotovosti meritve, ki je bila 4 %. Na podlagi rezultatov lahko tako sklenemo, da se vsebnosti C-14 v hrani rastlinskega izvora iz neposredne bližine NEK ne razlikujejo od tistih, izmerjenih na kontrolni točki v Dobovi. Pri tem pa je treba poudariti, da v letu 2011 ni bilo rednega remonta.



OCENA VPLIVOV

Za oceno doznih obremenitev prebivalstva zaradi uživanja hrane, ki jih povzročajo posamezni radionuklidi, specifično aktivnost posameznega radionuklida v hrani pomnožimo z doznim pretvorbenim faktorjem, upoštevamo pa še letno porabo posamezne vrste hrane m_i , (glej postopek *Ocena sevalnih obremenitev (LMR-RP-01)*):

$$E_{50-70,i} = a_i f_i m_i \text{ (}\mu\text{Sv)} \quad (11)$$

kjer sta a_i specifična aktivnost posameznega radionuklida in f_i ingestijski dozni pretvorbeni faktor radionuklida. Celotna predvidena efektivna doza pri uživanju hrane je vsota posameznih prispevkov doz ob zaužitju posamezne vrste hrane. Podatki za letno porabo posamezne vrste hrane so prikazani v tabeli 6.1, ki temelji na povprečni količini nabavljenih živil in pijač na člana gospodinjstva, ki jo je pripravil Statistični urad Republike Slovenije za leto 2010.

Tabela 6.1 Poraba živil na člana gospodinjstva v Sloveniji v letu 2010

Živilo	Količina (kg)	Živilo	Količina (kg)
Kokošja jajca	10	Paprika	3,5
Kokošje meso	9,9	Paradižnik	8,5
Svinjsko meso	10	Bučke	2
Goveje meso	8,7	Peteršilj	1
Mleko	192,7	Brokoli	4,6
Krompir	30,5	Kumare	2
Korenje	3,4	Fižol v zrnju	1,4
Koleraba	2	Pšenica	89
Rdeča pesa	3	Koruza	5
Čebula	7,6	Ječmen	2
Zelena solata	10,3	Jabolka	18,5
Radič	3	Hruške	2,6
Zelje	4,6	Jagode	3
Grah	1,7	Rdeče vino	5
Blitva	2	Belo vino	8,1

Ocenili smo, da je efektivna doza odrasle 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 2011 (160 ± 20) μSv , v letu 2010 je bila prejeta efektivna doza (91 ± 11) μSv , v letu 2009 pa (80 ± 12) μSv . Efektivna doza je bila v tem letu večja zaradi spremenjene porabe živil, predvsem mleka iz 98,8 kg na 192,7 kg na prebivalca letno ter zaradi večjih vsebnosti Pb-210 v pšenici. Pri mleku smo pravilno upoštevali še porabo masla, jogurta in smetane [Uredba o uvedbi dajatve za mleko in mlečne proizvode, Ur. l. RS, št. 1/2009, spremembe: Ur. l. RS, št. 105/2010, 10/2012]. V letu 2010 je bila prejeta doza zaradi vsebnosti Pb-210 ($51,9 \pm 5,4$) μSv , v letu 2011 pa še enkrat višja ($109 \pm 15,7$) μSv .

Prispevki posameznih radionuklidov k efektivni dozi za odraslo osebo v letu 2011, ki je bila (160 ± 20) μSv , so prikazani na sliki 6.10, pri čemer ni upoštevana doza, prejeta zaradi K-40, ki je bila v letu 2011 (229 ± 18) μSv . Količina kalija v telesu se uravnava homeostatsko, pri čemer se odvečne količine izločijo preko ledvic. Pri odraslih je vsebnost kalija v telesu 0,18 %, pri otrocih pa 0,2 %. Ob upoštevanju deleža K-40 glede na K-39 (0,0117 %), specifične aktivnosti K-40 ($2,6 \text{ E}+08 \text{ Bg/kg}$) in



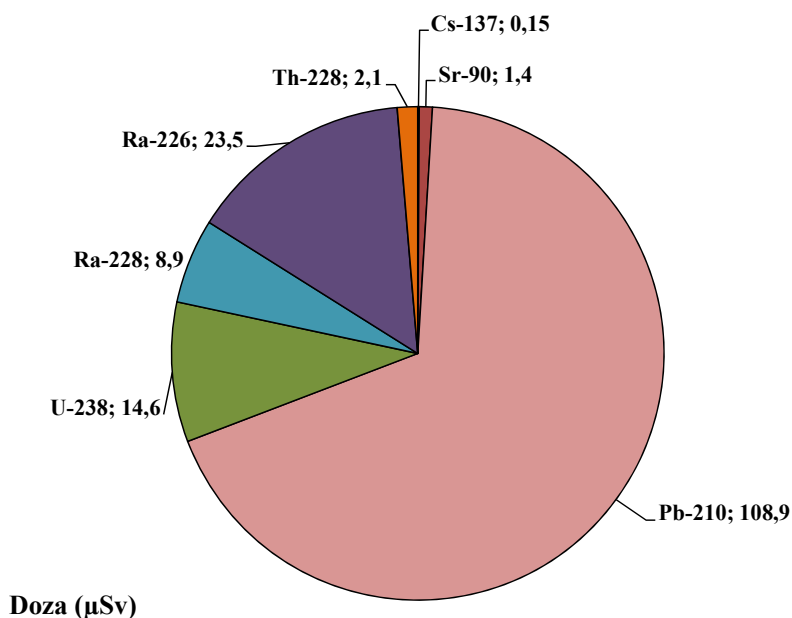
doznega pretvorbenega faktorja $3\mu\text{Sv}$ na leto na Bq/kg je po podatkih UNSCEAR letna doza, ki jo prejmejo odrasli zaradi K-40 $165\mu\text{Sv}$, letna doza, ki jo prejmejo otroci, pa $185\mu\text{Sv}$.

Skupna letna efektivna doza zaradi kontaminacije hrane s Cs-137 je bila v letu 2011 $(0,15 \pm 0,02)\mu\text{Sv}$, skupna efektivna doza zaradi kontaminacije hrane s Sr-90 pa je bila v letu 2011 $(1,4 \pm 0,14)\mu\text{Sv}$. Deleža letnih efektivnih doz zaradi umetnih radionuklidov Cs-137 in Sr-90 pri uživanju hrane sta bila glede na celotno prejeto efektivno dozo, ki je brez upoštevanja K-40 $(160 \pm 20)\mu\text{Sv}$, $0,09\%$ in $0,86\%$ (1% skupne doze), kar je z biološkega vidika zanemarljivo. K letni dozi, prejeti zaradi umetnih radionuklidov Cs 137 in Sr 90 v hrani $(1,5 \pm 0,15)\mu\text{Sv}$, je najbolj prispevalo prehranjevanje z žiti (53%), mlekom ($20,5\%$) in podzemno zelenjavo (13%) (slika 6.11).

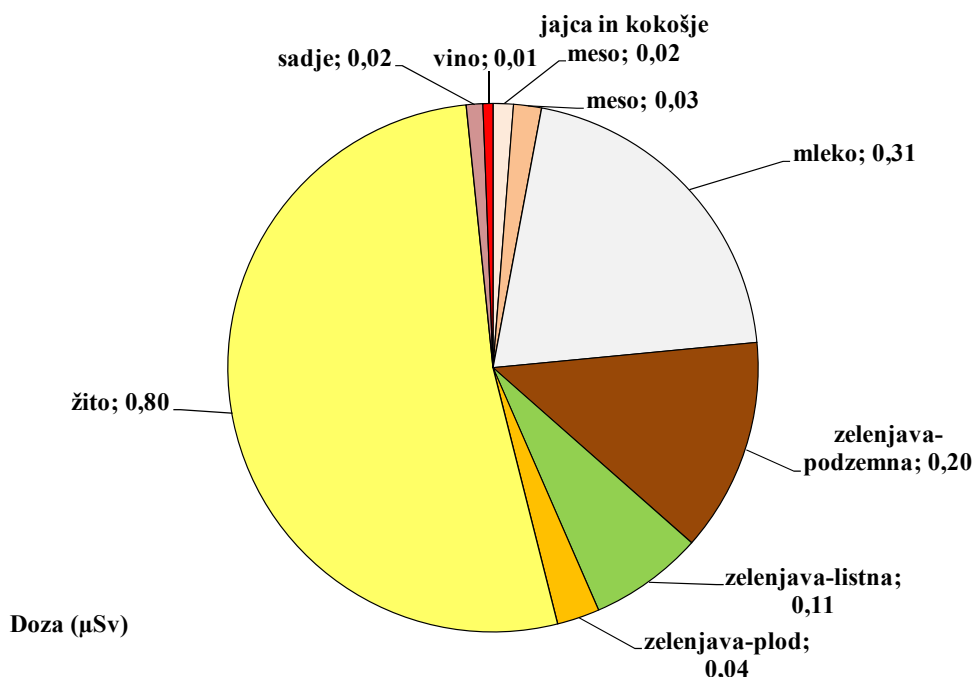
Največji delež k skupni efektivni dozi $(160 \pm 20)\mu\text{Sv}$ zaradi kontaminacije hrane brez upoštevanja K-40 prispevajo naravni radionuklidi (99%), to so Pb-210 (67%), Ra-226 ($5,5\%$), Ra-228 ($15,3\%$), U-238 ($10,6\%$) in Th-228 ($1,3\%$).

Največji delež k skupni efektivni dozi $(389 \pm 20)\mu\text{Sv}$ zaradi kontaminacije hrane z upoštevanjem K-40 je prispevalo prehranjevanje z žiti (54%), mlekom (18%) in podzemno zelenjavo (11%) (slika 6.10). Deleži so primerljivi s tistimi v letu 2009, razen mleka, kjer smo v letu 2011 upoštevali večjo porabo.

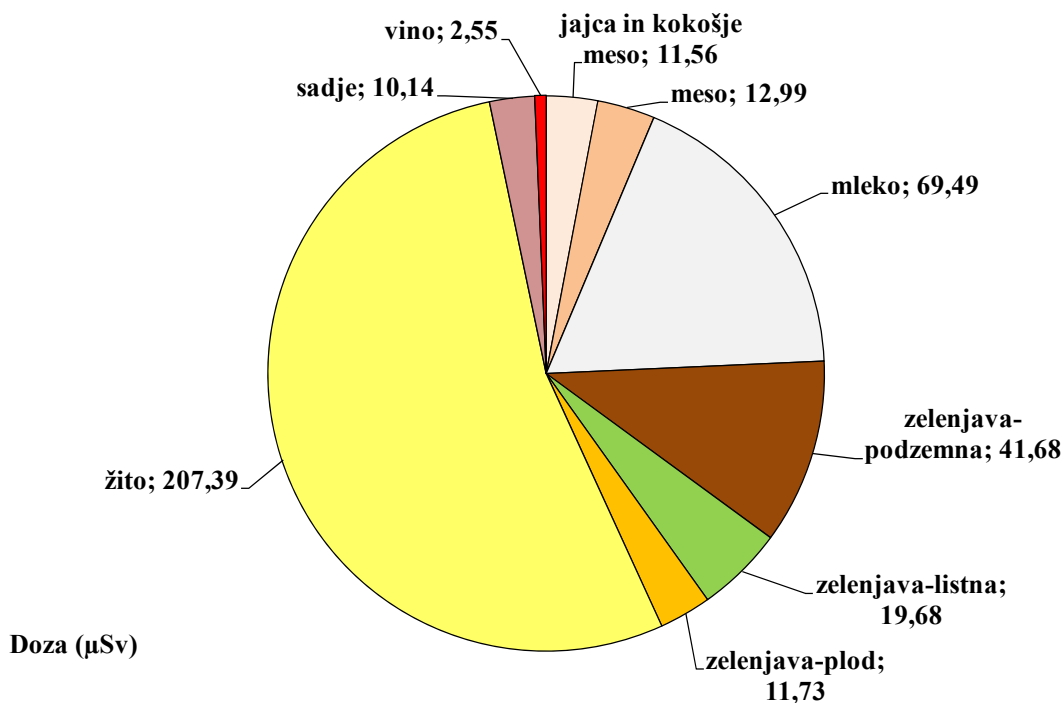
Efektivna doza zaradi kontaminacije hrane s Pb-210 je v letu 2011 $(109 \pm 16)\mu\text{Sv}$, kar je primerljivo z referenčno vrednostjo UNSCEAR (2000) [22]. K letni dozi zaradi kontaminacije hrane s Pb-210 je največ prispevalo uživanje pšenice in koruze. Efektivna doza zaradi vsebnosti z U-238 v hrani je bila v letu 2011 $(14,6 \pm 1,7)\mu\text{Sv}$. Efektivna doza zaradi vsebnosti Ra-226 v hrani je bila $(8,9 \pm 0,08)\mu\text{Sv}$, zaradi vsebnosti Ra-228 pa $(23,5 \pm 2,7)\mu\text{Sv}$. Ra-226 in Ra-228 sta bila skoraj v vseh hranilih 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 je bila $(2,1 \pm 0,2)\mu\text{Sv}$, vendar je prispevek Th-228 k skupni efektivni dozi zaradi kratkega razpolovnega časa in izjemno nizkih vsebnosti z biološkega vidika zanemarljiv.



Slika 6.10: Prispevki posameznih radionuklidov k skupni efektivni dozi, izračunani za odraslo osebo zaradi kontaminacije hrane z radionuklidi v letu 2011. Skupna efektivna doza zaradi kontaminacije hrane brez upoštevanja K-40 je bila v letu 2011 $(160 \pm 20)\mu\text{Sv}$.



Slika 6.11: Izračunane efektivne doze za odraslo osebo zaradi kontaminacije hrane s Cs-137 in Sr-90 v različnih vrstah živil. Skupna efektivna doza zaradi kontaminacije hrane s Cs-137 in Sr-90 je bila v letu 2011 ($1,5 \pm 0,15$) μSv .



Slika 6.12: Izračunane efektivne doze zaradi vsebnosti naravnih radionuklidov v različnih vrstah živil. Skupna efektivna doza, prejeta zaradi prisotnosti naravnih radionuklidov v hrani, je bila v letu 2011 z upoštevanjem K-40 v hrani (389 ± 20) μSv , brez upoštevanja K-40 pa (158 ± 19) μSv .



Poleg omenjenih radionuklidov ima pri vnosu naravnih radionuklidov v organizem pomembno težo tudi sevalec alfa Po-210. Iz poročila UNSCEAR [22] lahko razberemo, da je prispevek tega izotopa k celotni dozi zaradi uživanja hrane 64 % ali (70 ± 40) μSv na leto. Pri tem pa je treba poudariti, da je največ Po-210 v hranilih morskega izvora. Prispevka Po-210 k efektivni dozi zaradi uživanja živil s krško-brežiškega polja ni mogoče oceniti, saj se le-ta v okviru rednega radiološkega nadzora NEK ne določa.

V zračnih in tekočinskih izpustih NEK smo v letu 2011 in preteklih letih detektirali naslednje umetne radionuklide, ki niso del globalne kontaminacije: Mn-54, Fe-55, Co-58, Co-60, Ag-110m, Te-125m in I-131, vendar so bile koncentracije teh radionuklidov v okolju tako nizke, da v živilih tudi v letu 2011 niso bili detektirane.

V izpustih NEK sta tudi C-14 in tritij, ki se v ekosistemih sicer pojavljata kot naravna radionuklida. Nastajata namreč v zgornjih plasteh atmosfere, kot posledica jedrskih reakcij zaradi kozmičnega sevanja. C-14 se v rastline vgrajuje v procesu fotosinteze, v živalski in človeški organizem pa prehaja z ingestijo predvsem rastlinske hrane. V letih od 2006 do 2011 so potekale meritve C-14 tako v izpustih kot bioloških vzorcih, zbranih v okolici NEK, analize pa so bile opravljene na Institutu "Ruđer Bošković" v Zagrebu [24, 25, 26]. V letu 2011 je bilo vzorčenje koruze, pšenice, zelja, jabolk in trave opravljeno v juliju 2011. Doza zaradi prisotnosti C-14 v hrani je bila, tako v okolici NEK kot na kontrolni točki v Dobovi, ocenjena na 14,9 μSv , saj v vsebnosti C-14 v vzorčenih živilih v okolici NEK in Dobovi ni bilo razlik. V okviru merske negotovosti je doza zaradi C-14 enaka kot v lanskem letu, pri čemer so upoštevane le meritve v prvi polovici leta.

Tritij prehaja v rastlinske organizme predvsem z vodo, v človeka in živali pa tudi z rastlinsko in živalsko hrano. Tekoči izpusti H-3 v letu 2011 so bili $2,2 \times 10^{13}$ Bq, za določitev sevalne izpostavljenosti populacije zaradi kontaminacije hrane s H-3 pa bi bilo treba izmeriti vsebnosti H-3 neposredno v živilih, ki se pridelujejo na omenjenem območju.

V plinastih izpustih, ki jih v okolje spušča NEK, sta tudi Cs-137 in Sr-90. Celoletni izpust v letu 2011 je bil $3,4 \times 10^4$ Bq za Cs-137 in $3,9 \times 10^3$ Bq za Sr-90. V vzorcih jabolk in hrušk iz neposredne bližine NEK (sadovnjak ob ograji) so bile vsebnosti Cs-137 pod mejo detekcije. Vsebnosti Sr-90 so bile primerljive z vsebnostmi v drugih vzorčenih živilih. Zato ocenjujemo, da izpusti Cs-137 in Sr-90 iz NEK nimajo neposrednega vpliva na koncentracijo omenjenih radionuklidov v živilih.

SKLEPI

V letu 2011 je bilo opravljenih 30 meritev različnih vrst hrane in 36 vzorcev mleka iz okolice NEK. Zelenjavo, žita in sadje smo vzorčili od junija do oktobra, odvzem mesa je bil v novembru in decembru, mleko pa je bilo vzorčeno mesečno. Nadzor vsebnosti v hrani drugod po Sloveniji so izvedli na ZVD v okviru republiškega programa nadzora vsebnosti radionuklidov v okolju.

V letu 2011 smo pregledali podatke o rabi zemljišč v občini Krško, pri čemer smo ugotovili, da se je v letih 2006–2010 raba kmetijskih zemljišč spremenila predvsem v prid povečanja njivskih, vinogradniških in sadjarskih površin, zmanjšal pa se je delež kmetijskih površin v zaraščanju.

Ocenili smo, da je bila efektivna doza zaradi kontaminacije hrane z umetnimi in naravnimi radionuklidi, pridelane na krško-brežiškem polju v letu 2011, brez upoštevanja K-40 (160 ± 20) μSv , z upoštevanjem K-40 pa (389 ± 20) μSv . Največji delež k skupni efektivni dozi zaradi kontaminacije hrane, brez upoštevanja K-40, prispevajo naravni radionuklidi (99 %), kot so Pb-210 (67 %), Ra-226 (5,5 %), Ra-228 (15,3 %), U-238 (10,6 %) in Th-228 (1,3 %).

Deleža letnih efektivnih doz glede na celotno prejeto efektivno dozo zaradi umetnih radionuklidov Cs-137 in Sr-90 pri uživanju hrane sta bila 0,09 % in 0,86 % (1 % skupne doze), kar je z biološkega vidika zanemarljivo. Iz grafov, predstavljenih v tem poglavju, lahko ugotovimo, da se vsebnosti obeh radionuklidov v vseh hranilih, ki se vzorčijo na krško-brežiškem polju, še naprej manjšata.

Največji delež je k celotni dozi (389 ± 20) μSv , prejeti zaradi vsebnosti naravnih radionuklidov v hrani, z



upoštevanjem K-40 prispevalo prehranjevanje z žiti (54 %), mlekom (18 %) in podzemno zelenjavo (11 %). Omenjeni rezultati se povezujejo z izmerjenimi relativno višjimi specifičnimi aktivnostmi radionuklidov v omenjenih živilih (Pb-210 v pšenici) in z relativno večjo porabo kot v primeru pšenice in mleka. Glavni vir vnosa Cs-137 in Sr-90 ($1,5 \pm 0,15$) μSv so bila v letu 2011 žita (53 %), mleko (20,5 %) in podzemna zelenjava (13 %).

Med detektiranimi radionuklidi v zračnih izpustih NEK so tudi drugi umetni radionuklidi, ki pa jih v hrani v letu 2011 nismo detektirali, zato vpliv zračnih izpustov NEK v hrani ni neposredno določljiv. Izračuni efektivnih doz zaradi uživanja hrane, ki vsebuje umetne in naravne radionuklide, so pokazali, da je delež efektivne doze v letu 2011 zaradi umetnih radionuklidov v hrani 1-odstoten glede na celotno efektivno dozo zaradi vseh radionuklidov v hrani, kar je z biološkega vidika zanemarljivo. Od tod izhaja, da je prejeta efektivna doza zaradi uživanja hrane v glavnini posledica vnosa naravnih radionuklidov. Posebej je očiten prispevek Pb-210, (109 ± 16) μSv , ki pa je v okviru vrednosti nadzornih meritev v okolici NEK v preteklih letih.

Izračunane efektivne doze v letu 2011 veljajo pri pogoju, da prebivalci uživajo samo hrano, pridelano na krško-brežiškem polju. Pri oceni letne efektivne doze bi bilo potrebno upoštevati delež samooskrbe prebivalcev, saj je iz podatkov o deležu samooskrbe prebivalstva v Sloveniji razvidno, da prebivalci večji del hrane kupijo, hrana pa prihaja bodisi iz drugih področij Slovenije ali iz uvoza. Republiški program nadzora radionuklidov v hrani predvideva vzorčenje hrane, pridelane v Sloveniji, medtem ko hrana, ki prihaja iz uvoza, ni analizirana na vsebnosti radionuklidov. Podatki o vsebnosti radionuklidov v hrani iz uvoza niso znani in je zato težko oceniti dejanske doze, ki jih prebivalci dobijo zaradi uživanja hrane. Vsebnosti radionuklidov v hrani s krško-brežiškega območja so primerljive s tistimi drugod po Sloveniji, vpliva delovanja NEK na vsebnost radionuklidov v hrani pa ni zaznati.

Meritve C-14 so bile v letu 2011 izvedene na vzorcih koruze, jabolk in trave na Institutu "Ruđer Bošković" v Zagrebu, rezultati vsebnosti C-14 v omenjenih živilih/krmih pa ne kažejo odmikov od vsebnosti C-14, izmerjenih v vzorcih s kontrolne točke v Dobovi.

Edini radionuklid, ki ga sistematično merimo v okolju in je zagotovo vsaj delno posledica plinskih in tekočinskih izpustov NEK, je tritij (H-3), vendar njegove prisotnosti v hrani nismo ugotavljali. Zaradi vse pogostejšega poplavljanja Save v spodnjem toku, ki prizadene predvsem površine, kjer ljudje gojijo rastline za prehranske namene in krmo, in s tem povečane možnosti kontaminacije omenjenih zemljišč s tritijem, bi bilo v prihodnosti potrebno izvesti študijo o vsebnosti tritija v hrani in krmi.

REFERENCE

- [48] 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
- [49] F.W. Whicker, Radionuclide transport processes in terrestrial ecosystems. *Radiation research* 94 (1983), 135–150
- [50] B. Varga, Regulations for radioisotope content in food- and feedstuffs. *Food and chemical Toxicology* 46 (2008), 3448–3457
- [51] Y. G. Zhu, E. Smolders, Plant uptake and radiocaesium: a review of mechanisms, regulation and application. *Journal of experimental Botany*, 51 (2000), 1635–1645
- [52] Statistične informacije, Statistični urad RS, št. 5, 30. julij 2002
- [53] Ovrednotenje merskih podatkov radioaktivne kontaminacije vzorcev krme, zbranih v letu 2011, Ljubljana, oktober 2011
- [54] Meritve radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2008, Ljubljana, marec 2009, interna oznaka 25/2008, ISSN 1318-2161
- [55] Povzetek dokumenta "Strategija razvoja kmetijstva in razvoja podeželja v občini Krško za obdobje 2007–2013, Kmetijsko gozdarski zavod Novo mesto, Kmetijska gospodarska zbornica Slovenije





7 PREGLED REFERENC

- [1] Nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško, Poročilo za leto 2010, Ljubljana, marec 2011, interna oznaka 12/2011
- [2] Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10), Ur. l. RS 20/2007, 2509, 6. 3. 2007 in Pravilnik o spremembah in dopolnitvah pravilnika o monitoringu radioaktivnosti, Ur. l. RS 97/2009, 12936, 30. 11. 2009
- [3] ZVISJV – Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (Uradno prečiščeno besedilo UPB-2, Uradni list RS 102/2004, 12306) in Zakon o spremembah in dopolnitvah zakona o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (ZVISJV-C), Ur. l. RS št. 60/2011 z dne 13. 8. 2011
- [4] Uredba o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih (UV2), Uradni list RS 49/2004, 2843
- [5] Ovrednotenje merskih podatkov o radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji v letu 2011, IJS-DP-10921, januar 2012
- [6] 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
- [7] Izpostavitve prebivalcev sevanju zaradi tekočinskih izpustov NE Krško v reko Savo, IJS DP 8801 (2003)
- [8] Izpostavitve referenčne skupine prebivalcev sevanju zaradi tekočinskih izpustov NEK v reko Savo – Nova referenčna lokacija, IJS-DP-10114 (2009)
- [9] Toni Petrovič, Določitev referenčnih aktivnosti radionuklida K-40 v različnih vzorcih, magistrsko delo, Mednarodna podiplomska šola Jožefa Stefana, Ljubljana, avgust 2010
- [10] R. Jamnik, Matematična statistika, Državna založba Slovenije, 1980
- [11] Spletne strani U. S. Environmental Protection Agency, www.epa.gov/radiation/radionuclides
- [12] Spletne strani Argonne National Laboratory, EVS, www.ead.anl.gov
- [13] Spletne strani SURS, Statistični urad Republike Slovenije, www.stat.Database/Okolje/podnebni_kazalniki
- [14] GNIP, spletne strani IAEA, http://www-naweb.iaea.org/napc/ih/IHS_resources_gnip.html11
- [15] F. Keith, Eckerman and Jeffrey C. Ryman, External Exposure to Radionuclides in Air, Water and Soil, Federal Guidance Report No. 12, EPA– 402–R-93-081, Washington, 1993
- [16] 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
- [17] A. Giussani, D. Nosske, U. Gerstmann, Activities conducted in Germany by BfS after the Fukushima accident, Conference "25 years after the Chernobyl accident: studies, remarks and recent findings", June 21–23, 2011, Udine, Italy
- [18] M. Garavaglia, M. Giovani, M. Godeassi, P. Di Marco, L. Piccini, S. Pividore, E. Scruzzi, Measurement of isotopes at long distances from Fukushima: the case of Friuli Venezia Giulia region (NE Italy), Conference "25 years after the Chernobyl accident: studies, remarks and recent findings", June 21–23, 2011, Udine, Italy
- [19] Treaty establishing the European Atomic Energy Community (Euratom)
- [20] Poročila o obsevanosti prebivalcev Slovenije, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2000–2011
- [21] Radioactive effluents from nuclear power stations and nuclear fuel reprocessing sites in the European Union, 1999–2003, Radiation Protection 143, European Commission, Bruselj, 2005
- [22] 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



- [23] Implied doses to the population of the EU arising from reported discharges from EU nuclear power stations and reprocessing sites in the years 1997 to 2004, Radiation Protection 153, European Commission, Bruselj, 2008
- [24] B. Obelič, Izvještaj o rezultatima mjerenja, LNA-2a/2010, Institut "Ruđer Bošković", Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, 3. 3.2010.
- [25] B. Obelič, Izvještaj o rezultatima mjerenja, LNA-2a/2011, Institut "Ruđer Bošković", Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, 10. 2. 2011
- [26] I. Krajcar Bronić, Izvještaj o mjerenjima aktivnosti 14C, LNA-4/2012, Institut "Ruđer Bošković", Zavod za eksperimentalnu fiziku, Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, 6. 2. 2012
- [27] Spletne strani URSJV: <http://www.ursjv.gov.si/si/info/fukushima>
- [28] Obsevanost prebivalcev Slovenije za leto 2008 (LMSAR-20090029-MG), marec 2009
- [29] A. Likar, T. Vidmar, B. Pucelj, Monte Carlo Determination of Gamma-ray Dose Rate with the GEANT System, Health Physics, 75 (1998), 2
- [30] M. Bundt et al., Impact of Preferential Flow on Radionuclide Distribution in Soil, Environ. Sci. Technol., 34 (2000), 3895–3899
- [31] B. Zorko et al., Ovrednotenje rezultatov meritev radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško, Institut "Jožef Stefan", 2010
- [32] HSK – Annual Report 1995 Tables 1–5
(<http://www.hsk.psi.ch/english/files/pdf/annual-report1995.pdf>)
- [33] Matjaž Korun, osebno sporočilo, 2003
- [34] PC program: Radiological Assessment System for Consequence Analysis RASCAL 3.0.3, NRC, June 2002
- [35] Methodology for assessing the radiological consequences of routine releases of radionuclides to the environment, Radiation Protection 72, European Commission, Report EUR 15760 EN, 1995
- [36] B. Zorko, S. Miljanić, B. Vekić, M. Štuhec, S. Gobec, M. Ranogajec - Komor, Intercomparison of dosimetry systems based on CaF₂: Mn TL-detectors, Radiat. Prot. Dosim., 119 (2006), 300–305
- [37] S. Miljanić, Ž. Knežević, M. Štuhec, M. Ranogajec - Komor, K. Krpan, B. Vekić, Radiat. Prot. Dosim., 106 (2003), 253–256
- [38] S. J. Melles, G. B. M. Heuvelink, C. J. W. Twenhöfel and U. Stöhlker, Lecture Notes in Computer Science, 5072 (2008), 444–458, DOI: 10.1007/978-3-540-69839-5_33
- [39] M. S. Al-Masri, Y. Amin, M. Hassan, S. Ibrahim, H. S. Khalili, Journal of Radionanalytical and Nuclear Chemistry, 267 (2006) 2, 337-343
- [40] K. Saito, P. Jacob, Radiat. Protect. Dosim., 58 (1995), 29–45
- [41] A. Likar, T. Vidmar, B. Pucelj, Health physics, 75 (1998), 165
- [42] U. Stoelhlker, M. Bleher, T. Szegvavry, F. Conen, Radioprotection, 44 (2009) 5, 777–784
- [43] M. A. P. V. de Moraes, T. F. L. Daltro, Radiat.Protect.Dosim., 87 (2000) 3, 207–211
- [44] J. T. Zerquera, M. P. Alonso, O. B. Flores, A. H. Perez, Radiat. Prot. Dosim., 95 (2001) 1, 49–52
- [45] M.Lemercier,R. Gurriaran, P.Bouissetand, X.Cagnat, Specific activity to H*(10) conversion coefficients for In-situ gamma spectrometry, Radiat. Protect. Dosim., 128 (2008) 1, 83–89
- [46] FRMAC, Assessment manual Tables, Charts, Worksheets, Glossary, references, Volume 2, SAND2003-1072P, Table 3.5
- [47] W. G. Alberts et al., New dose quantities in radiation protection, PTB, Braunschweig, August 1995
- [48] M. Kowatari et al., Altitude Variation of cosmic-ray neutron energy spectrum and ambient dose equivalent at Mt.Fuji in Japan, IRPA
- [49] 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
- [50] F. W. Whicker, Radionuclide transport processes in terrestrial ecosystems. Radiation research 94 (1983), 135–150



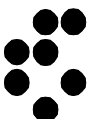
- [51] B. Varga, Regulations for radioisotope content in food- and feedstuffs. *Food and chemical Toxicology*, 46 (2008) 3448–3457
- [52] Y. G. Zhu, E. Smolders, Plant uptake and radiocaesium: a review of mechanisms, regulation and application. *Journal of experimental Botany*, 51 (2000) 1635–1645
- [53] Statistične informacije, Statistični urad RS, št. 5, 30. julij 2002
- [54] Ovrednotenje merskih podatkov radioaktivne kontaminacije vzorcev krme, zbranih v letu 2011, Ljubljana, oktober 2011
- [55] Meritve radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško – Poročilo za leto 2008, Ljubljana, marec 2009, interna oznaka 25/2008, ISSN 1318-2161
- [56] Povzetek dokumenta "Strategija razvoja kmetijstva in razvoja podeželja v občini Krško za obdobje 2007–2013, Kmetijsko gozdarski zavod Novo mesto, Kmetijska gospodarska zbornica Slovenije



IJS delovno poročilo
IJS-DP-10930
februar 2012

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

POROČILO ZA LETO 2011





Naročnik: NE Krško, Vrbina 12, 8270 Krško

Izvajalci: Institut "Jožef Stefan", Ljubljana
Jamova cesta 39, SI-1000 Ljubljana

Zavod za varstvo pri delu, d. d.
Chengdujska cesta 25, SI-1000 Ljubljana

Institut Ruđer Bošković
Bijenička 54, HR-10000 Zagreb, Hrvatska

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

Odgovorni nosilec: doc. dr. M. Lipoglavšek

Naslov poročila: Merski rezultati – nadzor radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško - Poročilo za leto 2011

Poročilo uredila: mag. Denis Glavič - Cindro

Avtorji poročila: *Avtorji na IJS:*
D. Brodnik, B. Črnič, dipl. inž. fiz., mag. D. Glavič - Cindro, S. Gobec, M. Jerina, dr. M. Korun, K. Kovačič, univ. dipl. inž. geol., dr. J. Kožar Logar, R. Krištof, dipl. san. inž., doc. dr. M. Lipoglavšek, dr. M. Nečemer, B. Svetek, inž. kem. tehnol., izr. prof. dr. V. Stibilj, Z. Trkov, inž. kem. tehnol., mag. B. Vodenik, dr. B. Zorko

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

Avtorji na IRB:
dr. J. Barešič, dr. D. Barišič, dr. Ž. Grahek, dr. N. Horvantičič, G. Karanović, T. Kardum, dr. I. Krajcar Bronić, R. Kušič, dr. I. Lovrenčič, M. Nodilo, dr. B. Obelić, I. Panjkret, A. Rajtarić, M. Rogić, dr. M. Rožmarić – Mačefat, dr. Ž. Knežević, mag. B. Vekić, mag. A. Sironić

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

Štev. del. poročila: IJS-DP-10930

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 2011

IJS-DP-10930
februar 2012

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 2011. Osnova za izvajanje obratovalnega nadzora je Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10), Ur. l. RS 20/2007, 2509, 6. 3. 2007. Program obsega meritve v okolju jedrske elektrarne (imisije – priloga 4, preglednica 3 iz pravilnika JV 10). Podroben program meritev je določen v Tehnični specifikaciji za izvedbo storitve obratovalnega monitoringa, podaljšanje pogodbe št. POG-3439: Radiološki monitoring v okolici NEK za leta 2011, 2012 in 2013 v Republiki Sloveniji, NEK, TO.RZ, 4/2010, revizija: 0, priloga 14.1, NEK-RETS, Rev. 6, poglavje 3.12, strani 43–60.

REPORT TITLE:

Measurement results – surveillance of radioactivity
in the environment of Krško NPP - yearly report for 2011

IJS-DP-10930
February 2012

KEYWORDS:

radioactivity surveillance, sampling, radioactivity measurements, gamma- and beta-ray emitters activity measurements, high resolution gamma-ray spectrometry, beta spectrometry, external radiation, radioactive contamination, radionuclide identification, dosimetry, exercises, intercomparison measurements

ABSTRACT:

In the report measurement results provided by JSI, ZVD and IRB for radioactivity surveillance in the year 2011 in the environment around Krško NPP are presented. Legal basis for radioactivity monitoring is Rules on the monitoring of radioactivity (JV10), Ur. l. RS 20/2007, 2509, 6. 3. 2007. Programme comprises measurements in the environment of NPP (imission measurements, Appendix 4, table 3 in regulation JV 10). Detailed programme is determined in Technical specification for accomplishment of execution monitoring, extension of the contract No. POG-3439: Radiological monitoring in the environment of the Krško NPP for years 2011, 2012 and 2013 in Republic of Slovenia, NEK, TO.RZ, 4/2010, Revision: 0, Appendix 14.1, NEK-RETS, Rev. 6, chapter 3.12, pages 43–60.



IZVAJALCI MERITEV

INSTITUT "JOŽEF STEFAN" (IJS), LJUBLJANA

Koordinator projekta za IJS: doc. dr. Matej Lipoglavšek

Izvajalci na IJS:

Odsek za fiziko nizkih in srednjih energij (odsek F2)

D. Brodnik, B. Črnič, dipl. inž. fiz., mag. D. Glavič - Cindro, S. Gobec, dr. M. Korun, K. Kovačič, univ. dipl. inž. geol., dr. J. Kožar Logar, R. Krištof, dipl. san. inž., dr. M. Nečemer, mag. B. Vodenik, dr. B. Zorko

Odsek za znanosti o okolju (Odsek O2)

B. Svetek, inž. kem. tehnol., iz. prof. dr. V. Stibilj, Z. Trkov, inž. kem. tehnol.

ZAVOD ZA VARSTVO PRI DELU (ZVD), LJUBLJANA

Koordinator projekta za ZVD: dr. Gregor Omahen

Izvajalci na ZVD:

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

INSTITUT "RUĐER BOŠKOVIĆ" (IRB), ZAGREB

Koordinator projekta za IRB - ZIMO: dr. Željko Grahek

Izvajalci na IRB - Zavod za istraživanje mora i okoliša (IRB - ZIMO):

dr. D. Barišić, dr. Ž. Grahek, Gorana Karanović, dipl. inž. T. Kardum, R. Kušić, dr. I. Lovrenčić, M. Nodilo, dipl. inž. I. Panjkret, Matea Rogić, dipl. inž., dr. M. Rožmarić – Mačefat

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

dr. B. Obelić, dr. I. Krajcar Bronić, dr. N. Horvantičić, dr. J. Barešić, A. Rajtarić, mag. A. Sironić

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

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

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

Nosilec projekta za NE Krško: mag. Borut Breznik

Izvajalci v NEK:

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

IZVAJALCI IZRAČUNOV RAZREDČITVENIH IN DEPOZICIJSKIH KOEFICIENTOV PO LAGRANGEEVEM MODELU

Izvajalci v MEIS, d. o. o.:

dr. M. Z. Božnar, dr. P. Mlakar



PROGRAM REDNEGA NADZORA RADIOAKTIVNOSTI V OKOLICI NE KRŠKO ZA LETO 2011

Osnova za izvajanje obratovalnega monitoringa je *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10)*, Ur. l. RS 20/2007, 2509, 6. 3. 2007.

- (i) Program obsega **meritve v okolju jedrske elektrarne (emisije – priloga 4, preglednica 3 iz pravilnika JV 10)**

Podroben program meritev je določen v *Tehnični specifikaciji za izvedbo storitve obratovalnega monitoringa, Radiološki monitoring v okolici NEK za leta 2011, 2012 in 2013 v Republiki Sloveniji*, NEK, TO.RZ, 4/2010, revizija: 0, priloga 14.1, NEK-RETS, Rev. 6, poglavje 3.12, stran 43 do 60.

Poleg imisijskih meritev so v poročilu obravnavane tudi **meritve tekočinskih in atmosferskih izpustov (emisije priloga 4, preglednici 1 in 2 iz pravilnika JV 10)** v obsegu, ki omogoča vrednotenje imisijskih meritev in doz.

- (ii) Označba Sr-90/Sr-89 pomeni, da ni bila narejena analiza na Y-90. Ločitev za Y-90 se izvede samo v primerih, ko iz ponovitev meritev Sr-90/Sr-89 ugotovimo, da je izmerjena hitrost štetja res manjša od predhodno določene in je ta razlika hitrosti štetja posledica radioaktivnega razpada Sr-89.



PROGRAM RADIOLOŠKIH MERITEV V OKOLICI NE KRŠKO ZA LETO 2011

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 protitočno od NEK	voda in suspendirana snov filtrski ostanek	sestavljen vzorec, zvezno zbiran 31 dni	1-krat na 92 dni	4 4
	2. Brežice – 7,8 km sotočno od NEK	voda in suspendirana snov filtrski ostanek		1-krat na 31 dni	12 12
	3. Jesenice na Dolenjskem, 17,5 km sotočno od NEK	voda in suspendirana snov filtrski ostanek		1-krat na 31 dni	12 12
Tritij (H-3), specifična analiza s scintilacijskim spektrometrom	1. Krško 2. Brežice 3. Jesenice na Dolenjskem	vodni destilat	sestavljen vzorec, zvezno zbiran 31 dni	1-krat na 31 dni	12 12 12
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza (radiokemična izolacija Sr-90/Sr-89, detekcija s proporcionalnim števcem)	1. Krško	voda in suspendirana snov filtrski ostanek	sestavljen vzorec, zvezno zbiran 31 dni	1-krat na 92 dni	4 4
	2. Brežice	voda in suspendirana snov filtrski ostanek		1-krat na 31 dni 1-krat na 92 dni	12 4
	3. Jesenice na Dolenjskem	voda in suspendirana snov filtrski ostanek		1-krat na 31 dni 1-krat na 92 dni	12 4



2. REKA SAVA- SEDIMENTI, VODNA BIOTA

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	1. Obala 0,5 km protitočno od NEK, levi breg	enkratni sočasno vzeti vzorci (do 6 vzorcev na vsakem mestu)	1-krat na 92 dni	1-krat na 92 dni	36
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	2. Obala pri Brežicah, 4–7,8 km, sotočno od NEK, levi breg	voda + suspendirana snov	enkratni sočasno vzeti vzorci (do 6 vzorcev na vsakem mestu)		36
	3. Obala pri Jesenicah, 17,5 km sotočno od NEK, desni breg	ribe			
Dodatno H-3 v vodi	4. Podsused	vodni destilat	1-krat na 182 dni		12

3. VODOVODI

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	1. Krško (vodovod)	enkratno vzeti vzorec vode	1-krat na 92 dni	1-krat na 92 dni	12
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	2. Brežice (vodovod)				12
	3. Vrtina E1 znotraj ograje NEK				
Tritij (H-3), specifična analiza s scintilacijskim spektrometrom	4. Podtalnica v bližini NEK na levem bregu Save (samo H-3)				12



4. ČRPALIŠČA, ZAJETJA

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	1. Črpališče vod. Krško - Beli breg (Drnovo)	sestavljene vzorci vode	1-krat na dan	1-krat na 31 dni	12 × 5
Tritij (H-3), specifična analiza s scintilacijskim spektrometrom	2. Črpališče vod. Krško - Brege		1-krat na dan	1-krat na 31 dni	12 × 5
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	3. Zajetje Dolenja vas 4. Črpališče vod. Brežice VT1 (novo) 5. Črpališče vod. Brežice 481 (staro)		1-krat na dan	1-krat na 31 dni	12 × 5

Pripomba: V Brežicah se vzorčujejo zgolj aktivna črpališča, ki napajajo vodovodno omrežje.

5. PADAVINE IN USEDI

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	1. Libna ZR = 1,6 km	sestavljen vzorec, kontinuirano zbiranje 31 dni	1-krat na 31 dni	1-krat na 31 dni	12 × 3
Tritij (H-3), specifična analiza s scintilacijskim spektrometrom	2. Brege				12 × 3
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	3. Dobova				12 × 3



6. USEDI - VAZELINSKE PLOŠČE

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	7 vzorčevalnih mest pri črpalkah za jod in sadovnjak ob NEK, 3 skupine lokacij	sestavljani mesečni vzorec iz 3 skupin lokacij oz. celomesečni vzorec iz posamezne lokacije pri povišanih vrednostih	kontinuirano zbiranje vzorca 31 dni	1-krat na 31 dni	12 × 3

7. ZRAK

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Meritev I-131 (spektrometrija gama)	1. Sp. Stari Grad ZR = 1,8 km, 4C1 2. Stara vas (Krško) Z = 1,8 km, 16C 3. Leskovec ZR = 3 km, 13D 4. Brege ZR = 2,3 km, 10C 5. Vihre ZR = 2 km, 8D 6. Gornji Lenart ZR = 5,9 km, 6E	kontinuirano črpanje skozi filter iz steklenih vlaken in skozi oglen filter (15 dni)	1-krat na 15 dni	1-krat na 15 dni	24 × 6
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	1. Dobova ZR = 12,0 km, 6F	ostanek na filtru kontinuirno črpanje skozi aerosolni filter	1-krat na 92 dni	1-krat na 92 dni	4 × 1
Izotopska analiza partikulatov in aerosolov s spektrometrijo gama	1. Sp. Stari Grad ZR = 1,8 km, 4C1 2. Stara vas (Krško) ZR = 1,8 km, 16C 3. Leskovec ZR = 3 km, 13D 4. Brege ZR = 2,3 km, 10C 5. Vihre ZR = 2 km, 8D 6. Gornji Lenart ZR = 5,9 km, 6E 7. Spodnja Libna ZR = 1,3 km, 2B 8. Dobova ZR = 12,0 km, 6F	kontinuirano črpanje skozi aerosolni filter (menjava filtra glede na zamašitev oziroma na 31 dni)	1-krat na 31 dni	1-krat na 31 dni	12 × 7
C-14 v CO ₂ v zraku	A, B – znotraj ograje NEK	CO ₂ absorbiran na NaOH kot Na ₂ CO ₃	1-krat na 2 meseca		2 × 6



8. DOZA IN HITROST DOZE ZUNANJEGA SEVANJA

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITEV	LETNO ŠT. MERITEV
Doza z okoljskimi TL-dozimetri, v pasu okoli elektrarne	67 merilnih točk v Sloveniji, od tega 57 merilnih točk, razporejenih v krogih v pasu od 1,5–10 km okoli elektrarne, 9 merilnih točk na ograji NEK-a – skupaj 66 merilnih točk v okolici NEK in 1 merilna točka na IJS v Ljubljani; 10 na Hrvaškem	TL dozimeter, najmanj 2 na merilno mesto	1-krat na pol leta	1-krat na pol leta	134 v Sloveniji
					20 na Hrvaškem
Meritev hitrosti doze sevanja gama	najmanj 10 merilnih mest, ki obkrožajo lokacijo NEK	omrežje z avtomatskim delovanjem		stalna meritev	stalni nadzor

Opomba: NEK izvaja meritve doze s TL dozimetri na petih do šestih mestih na ograji objekta.

9. ZEMLJA

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	1. Amerika, ZR = 3,2 km, poplavno področje, rjava naplavina 2. Trnje (Kusova Vrbina), ZR = 8,5 km, poplavno področje, borovina 3. Gmajnice (Vihre) ZR = 2,6 km, poplavno področje, rjava naplavina	enkratni vzorec zemlje iz 4 globlin 0–5 cm, 5–10 cm, 10–15 cm, 15–30 cm enkratni vzorci: naplavine, pašnik ali obdelovalna zemlja	1-krat v 6 mesecih	1-krat v 6 mesecih	2 × (3 × 4)
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza (radiokemična izolacija Sr-90/Sr-89, detekcija s proporcionalnim števcem)					2 × (3 × 4)


10. HRANA - MLEKO

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČEVANJA	POGOSTOST MERITVE	LETNO ŠT. MERITEV
Izotopska analiza s spektrometrijo gama	1. Pesje	enkratni vzorec vsakih 31 dni	1-krat na 31 dni	1-krat na 31 dni	12 × 3
Stroncij Sr-90/Sr-89, specifična analiza	2. Drnovo	enkratni vzorec vsakih 31 dni			12 × 3
I-131, specifična analiza	3. Skopice	enkratni vzorec vsakih 31 dni med pašo – 8 mesecev			8 × 3
C-14	izbrani kraji na krško-brežiškem polju, in sicer: Vrbina, Žadovinek, Brege, Spodnji Stari Grad, Dobova (referenčno mesto vzorčevanja)	sezonski vzorci raznega sadja, zelenjave ali žit	1-krat na leto	1-krat na leto	5

11. HRANA - SADJE

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

12. HRANA - POVRTNINE IN POLJŠČINE

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



13. HRANA - MESO, PERUTNINA, JAJCA

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

PROGRAM INTERKOMPARACIJSKIH MERITEV V LETU 2011

Program interkomparacijskih meritev, ki ga izvajajo laboratoriji, vključeni v radiološki nadzor za NE Krško, obsega mednarodne ali medsebojne medlaboratorijske primerjave naslednjih vzorcev (vsaj 5 vzorcev letno):

- voda (sevalci gama, H-3, Sr-90)
- zračni filter (sevalci gama)
- zemlja ali sediment (sevalci gama)
- vegetacija ali hrana (sevalci gama)
- mleko (sevalci gama, I-131, Sr-89, Sr-90)

Rezultati vseh interkomparacij in primerjalnih meritev morajo biti vključeni v zbirno letno poročilo. V poročilu mora biti navedeno, kateri laboratoriji so uspešno prestali preskuse in zadoščajo postavljenim merilom. Ustreznost laboratorija se izkazuje s primerjalnim indeksom glede na certificirano vrednost in z ovrednotenjem rezultata (sprejemljivo, sprejemljivo z opozorilom ter nesprejemljivo).



ENOTE IN NAZIVI KOLIČIN

V tabelah so dosledno uporabljene enote in oznake, ki naj bi najbolj neposredno "omogočale izračun" obremenitve človeka in so v skladu z zakonodajnimi podatki (Uradni list).

1 **VODE** (Sava, vodovod, zajetja, vrtine)

1.1 Aktivnost se navaja v enotah: Bq/m³

(1 Bq/m³ = 1E-3 Bq/kg = 1E-3 Bq/L).

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

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

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

1.3 **H-3** iz vode

Aktivnost se navaja v enotah Bq/m³ vode.

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

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

3 **HRANA**

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

4 **BIOLOŠKI VZORCI**

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

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

5 **ZRAK**

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

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



6 **ZEMLJA**

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

7 **ZUNANJA DOZA**

se podaja z absorbirano dozo v zraku (približno enaka absorbirani dozi v mehkem tkivu) v Gy (zrak)

Pretvorba obsevne doze v absorbirano:

100 R = 2,58 E-2 C/kg; 1 Gy (zrak) = 1 J/kg

Pod pogojem, da k merjeni absorbirani dozi prispeva samo sevanje z nizkim LET, je uporabna relacija:

1 Gy (zrak) = 1 Sv (mehko tkivo)



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	5730 let
natrij	Na-22	2,602 let
natrij	Na-24	14,66 ur
kalij	K-40	$1,277 \cdot 10^9$ let
argon	Ar-41	1,827 ure
krom	Cr-51	27,70 dni
mangan	Mn-54	312,2 dni
železo	Fe-55	2,73 let
kobalt	Co-57	271,77 dni
kobalt	Co-58	70,916 dni
železo	Fe-59	44,47 dni
kobalt	Co-60	5,271 let
cink	Zn-65	244,1 dni
stroncij	Sr-89	50,55 dni
stroncij	Sr-90	28,5 let
itrij	Y-90	2,671 dni
cirkonij	Zr-95	64,02 dni
niobij	Nb-95	34,97 dni
niobij	Nb-97	1,202 ure
molibden	Mo-99	2,748 dni
rutenij	Ru-103	39,254 dni
rutenij	Ru-106	1,020 leto
srebro	Ag-110m	249,76 dni
kositer	Sn-113	115,09 dni
kositer	Sn-117m	13,61 dni
telur	Te-123m	119,7 dni
antimon	Sb-124	60,20 dni
antimon	Sb-125	2,73 let
telur	Te-125m	57,4 dni
jod	I-125	60,14 dni
telur	Te-127m	109 dni
telur	Te-129m	33,6 dni
jod	I-131	8,040 dni
ksenon	Xe-131 m	11,9 dni
telur	Te-132	2,36 dni
ksenon	Xe-133	2,19 dni
jod	I-133	20,8 ur
cezij	Cs-134	2,062 let
ksenon	Xe-135	9,104 dni
cezij	Cs-137	30,0 let
barij	Ba-140	12,746 dni
lantani	La-140	1,678 dni
cer	Ce-141	32,50 dni
cer	Ce-144	284,9 dni
živo srebro	Hg-203	46,60 dni
svinec	Pb-210	22,3 let
radon	Rn-222	3,835 dni
radij	Ra-226	1600 let
radij	Ra-228	5,75 let
torij	Th-228	1,913 let
uran	U-238	$4,468 \cdot 10^9$ let



MERSKE METODE

Koncentracije radioaktivnih snovi v okolju se merijo s specifičnimi metodami, ki omogočajo določanje njihove izotopske sestave. Uporaba nespecifičnih metod je dopustna le v primeru, da je izotopska sestava dobro znana in se s časom ne spreminja. Metode morajo omogočiti merjenje množine radioaktivnih snovi, ki povzročijo manj kot tretjino avtorizirane mejne doze. Detekcijske meje metod, s katerimi se merijo posamezne specifične aktivnosti radionuklidov v vzorcih iz okolja, morajo biti manjše od aktivnosti, ki povzroči tridesetino avtorizirane dozne meje za posamezne radionuklide.

Seznam radionuklidov, katerih aktivnosti se merijo v okolju, mora ustrezati podatkom o emisiji in mora vsebovati najbolj radiotoksične izotope. Navadno se vzorci iz okolja merijo s spektrometrom gama, kjer se aktivnosti posameznih radionuklidov določi iz energije in intenzitete vrhov v spektru. Aktivnosti radionuklidov, ki ne sevajo žarkov gama, se merijo z metodami, ki vključujejo njihovo radiokemično separacijo. V okviru meritev radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško se po kemični separaciji merijo aktivnosti tritija in stroncijevih izotopov Sr-90/Sr-89 oziroma Sr-89 in Sr-90, če bi bil Sr-89 prisoten. V emisijah iz jedrske elektrarne pa se radiokemična separacija uporablja še za določanje C-14 in Fe-55.

Pri izvedbi meritev sodeluje več institucij, vsaka institucija izvaja meritve po svojih merskih metodah in postopkih. V nadaljevanju poglavja so opisane merske metode, ki jih uporabljajo posamezni izvajalci pri meritvah.

INSTITUT "JOŽEF STEFAN"



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

Institut "Jožef Stefan", Odsek za fiziko nizkih in srednjih energij (Odsek F-2), *Laboratorij za radiološke merilne sisteme in meritve radioaktivnosti*, je od marca 2003 akreditiran pri Slovenski akreditaciji (SA) pod zaporedno številko LP-022 za laboratorijske meritve aktivnosti sevalcev gama in rentgenskih žarkov z visokoločljivostno spektrometrijo gama v energijskem območju od

5 keV do 3 000 keV v trdnih in tekočih vzorcih. Vzorci morajo biti cilindrični z največjim premerom 12 cm in največjo debelino 6 cm [v]. Biti morajo homogeni, kar pomeni, da so sevalci gama enakomerno porazdeljeni v vzorcu in da je matrika vzorca homogena. Vzorec se obravnava kot homogen, če je karakteristična dolžina, ki opisuje strukturo vzorca (npr. premer zrn ali debelina plasti), manjša od razdalje, na kateri se izkoristek za točkast vir spremeni za 2 %, ali pa če je najmanj desetkrat manjša od dimenzije vzorca. Obseg emisij iz vzorca je med $0,005 \text{ s}^{-1}$ in $50\,000 \text{ s}^{-1}$.

Laboratorij za tekočinsko scintilacijsko spektrometrijo je od oktobra 2008 akreditiran pri Slovenski akreditaciji pod zaporedno številko LP-022 za laboratorijske meritve tritija v vzorcih vode in urina po direktni metodi in metodi z elektrolitsko obogatitvijo [v].

Laboratorij za termoluminiscenčno dozimetrijo je od julija 2005 akreditiran pri Slovenski akreditaciji pod zaporedno številko LP-022 za meritve doz $H_p(10)$, $H^*(10)$, air-Kerma in $H_p(0,07)$ s termoluminiscenčnimi dozimetri TLD-400 (CaF₂:Mn) za uporabo v osebni in okoljski dozimetriji v energijskem območju od 40 keV do 1,2 MeV in v območju doz od 7,5 μSv do 5 Sv [v].

Celovito poročilo o vseh meritvah, opravljenih v okviru pogodbe POG-3644 na IJS, napisano v skladu z zahtevami standarda SIST EN ISO/IEC 17025:2005, smo izdali ločeno pod zaporedno številko 9/2012. En izvod tega poročila smo poslali naročniku, en izvod pa arhivirali na IJS. V tem poročilu se ob posameznih rezultatih ne podajata niti znak akreditacije niti besedilo, da je rezultat dobljen v okviru akreditirane metode.



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

Institut "Jožef Stefan", Odsek za znanosti o okolju (Odsek O-2), je za meritve stroncija, tritija in C-14 akreditiran pri Slovenski akreditaciji (SA) od junija 2009 dalje. Sr-90, Sr-89 ali Sr-90/Sr-89 se lahko določa v tekočinah, trdnem stanju ali usedlinah na zračnem filtru.

Specifično aktivnost tritija v vodi se ugotavlja z direktno metodo ali z elektrolitsko obogatitvijo. Specifično aktivnost C-14 se določa v bazični raztopini. Specifične aktivnosti navedenih radionuklidov se izraža v Bq/kg ali Bq/g prinesenega vzorca.

a) VISOKOLOČLJIVOSTNA SPEKTROMETRIJA GAMA (Odsek F-2)

Aktivnosti sevalcev žarkov gama in rentgenskih žarkov (to so vsi izotopi, navedeni v tabelah, razen H-3, Sr-89, Sr-90) so bile izmerjene s spektrometrijo gama. Vsi spektrometri gama, ki so bili uporabljeni za meritve in razmere v okolju, v katerem delujejo, ustrezajo merilom, ki so navedeni v [i]. Meritve so bile opravljene po postopku, opisanem v [ii]. Rezultati meritev so sledljivi k aktivnostim primarnih standardov v francoskem laboratoriju LPRI. Sistematski vplivi geometrije vzorca, matrike vzorca, gostote vzorca, koincidenčnih korekcij in hitrosti štetja na rezultate, so upoštevani pri računu vseh aktivnosti. Negotovosti rezultatov so ocenjene v skladu z vodilom [iii] in postopkom [iv]. Poleg statistične negotovosti prispevajo k negotovosti rezultatov še negotovosti predpostavk pri računu ploščin vrhov, kalibracije detektorjev, lastnosti vzorca, razpadnih konstant, merjenja količine vzorca in trajanja meritve. Najmanjša negotovost aktivnosti, ki je dosegljiva pri rutinskih meritvah in v ugodnih merskih razmerah, je 5%.

Reference:

- [i] Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti, Uradni list RS 20 (2007) 2509
- [ii] *Visokoločljivostna spektrometrija gama v laboratoriju (LMR-DN-10)*, izdaja 11 (maj 2009), IJS, Ljubljana
- [iii] Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM), JCGM 100:2008
- [iv] *Ocena merilne negotovosti (LMR-RP-05)*, izdaja 02, oktober 2003, IJS, Ljubljana
- [v] *PRILOGA K AKREDITACIJSKI LISTINI, Annex to the Accreditation Certificate, št./no. LP-022, Slovenska akreditacija, 25. 10. 2008 in 16. 2. 2011*


ORIENTACIJSKE SPODNJE DETEKCIJSKE MEJE ZA VLG-SPEKTROMETRIJO

Medij	ZRAK	ZEMLJA	SEDIMENT	VODA	RIBE	GOMOLJ-NICE	MESO	SADJE	SOLATA	MLEKO
Enota	Bq/m ³	Bq/kg	Bq/kg	Bq/m ³	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg	Bq/kg
Količina vzorca (*)	10 000 m ³	0,5 kg	0,1 kg	0,05 m ³	0,5 kg	2 kg	1 kg	2 kg	4 kg	4 kg
Be-7	6,0 E-4	2,0 E+0	2,0 E+0	2,0 E+0	2,0 E-1	2,0 E-1	4,0 E-1	2,0 E-1	2,0 E-1	4,0 E-2
Na-22	1,0 E-7	2,0 E-1	2,0 E-1	2,0 E-1	5,0 E-2	5,0 E-2	5,0 E-2	2,0 E-2	2,0 E-2	1,0 E-2
Cr-51	1,0 E-5	2,0 E+0	2,0 E-0	1,0 E+0	3,0 E-1	2,0 E-1	3,0 E-1	2,0 E-1	8,0 E-2	3,0 E-2
Mn-54	1,0 E-7	2,0 E-1	2,0 E-1	1,0 E-1	3,0 E-2	3,0 E-2	5,0 E-2	2,0 E-2	1,0 E-2	6,0 E-3
Co-57	2,0 E-7	2,0 E-1	2,0 E-1	3,0 E-2	1,0 E-2	2,0 E-2	4,0 E-2	6,0 E-2	1,0 E-2	2,0 E-3
Co-58	2,0 E-7	2,0 E-1	2,0 E-1	2,0 E-1	3,0 E-2	3,0 E-2	5,0 E-2	2,0 E-2	1,0 E-2	6,0 E-3
Fe-59	2,0 E-7	5,0 E-1	5,0 E-1	3,0 E-1	1,0 E-1	1,0 E-1	1,0 E-1	5,0 E-2	2,0 E-2	2,0 E-2
Co-60	1,0 E-6	2,0 E-1	2,0 E-1	2,0 E-1	5,0 E-2	3,0 E-2	4,0 E-2	2,0 E-2	8,0 E-3	8,0 E-3
Zn-65	2,0 E-6	5,0 E-1	5,0 E-1	3,0 E-1	1,0 E-1	6,0 E-2	1,0 E-1	4,0 E-2	2,0 E-2	2,0 E-2
Zr-95	2,0 E-6	5,0 E-2	5,0 E-2	2,0 E-1	5,0 E-2	5,0 E-2	5,0 E-2	3,0 E-2	2,0 E-2	1,0 E-2
Nb-95	1,0 E-6	3,0 E-1	3,0 E-1	2,0 E-1	5,0 E-2	3,0 E-2	5,0 E-2	2,1 E-2	2,0 E-2	6,0 E-3
Ru-103	1,0 E-6	3,0 E-1	3,0 E-1	2,0 E-1	3,0 E-2	3,0 E-2	4,0 E-2	2,0 E-2	2,0 E-2	6,0 E-3
Ru-106	1,0 E-6	2,0 E+0	2,0 E-0	1,0 E+0	2,0 E-1	2,0 E-1	3,0 E-1	1,0 E-1	1,0 E-1	5,0 E-2
Sb-124	2,0 E-6	5,0 E-1	5,0 E-1	5,0 E-1	5,0 E-2	3,5 E-2	1,0 E-1	3,0 E-2	2,0 E-2	8,0 E-3
Sb-125	1,0 E-5	1,0 E-0	1,0 E+0	2,0 E-1	5,0 E-2	3,0 E-1	1,0 E-1	3,0 E-2	3,0 E-2	2,0 E-2
I-131	4,0 E-5	1,0 E-0	1,0 E+2	2,0 E+0	2,0 E-2	5,0 E-2	5,0 E-1	3,0 E-2	3,0 E-2	1,0 E-2
Cs-134	1,0 E-6	2,0 E-1	2,0 E-1	1,0 E-1	2,0 E-2	2,0 E-2	3,0 E-2	2,0 E-2	1,0 E-2	5,0 E-3
Cs-137	6,0 E-7	2,0 E-1	2,0 E-1	1,0 E-1	2,0 E-2	2,0 E-2	3,0 E-2	3,0 E-2	1,0 E-2	5,0 E-3
Ba-140	5,4 E-5	2,0 E+0	2,0 E+0	2,0 E+0	3,0 E-1	2,0 E-1	2,0 E-1	1,0 E-1	1,0 E-1	3,0 E-2
Pb-210				1,0 E+1	2,0 E-1	6,0 E-1	6,0 E-1	6,0 E-1	0,5 E-1	5,0 E-2
Ra-226				2,0 E+0	5,0 E-1	5,0 E-1	2,0 E-1	2,0 E-1	1,0 E-1	2,0 E-2
Ra-228				1,0 E+0	1,0 E-1	1,0 E-1	2,0 E-1	1,0 E-1	4,0 E-2	3,0 E-2
Th-228				1,0 E+0	1,0 E-1	1,0 E-1	2,0 E-1	4,0 E-1	2,0 E-2	2,0 E-2
U-238				3,0 E+0	3,0 E-1	5,0 E-1	1,0 E+0	2,0 E-0	1,0 E-0	1,0 E-1

(*) Količina vzorca, podana v enotah druge vrstice, velja za sveže vzorce, razen pri zemlji, sedimentih in algah, kjer velja za suhi vzorec.

(**) Zbiranje I-131 se opravlja s posebnimi filtri, opremljenimi z aerosolnim filtrom in filtrom iz aktivnega oglja, impregniranega s TEDA pri volumnu 1 000 m³.

Komentar:

Tabelirane spodnje detekcijske meje z intervalom zaupanja 95 % dosegamo:

- z detektorji (spektrometri), ki ustrezajo pogojem, navedenim v [i];
- z vzorci iz navadnega nekontaminiranega materiala; velike koncentracije posameznih radionuklidov dvignejo (poslabšajo) detekcijsko mejo za radionuklide, katerih karakteristične črte ležijo v območju comptonskega praga intenzivnih črt v odvisnosti od vrste detektorja;
- ob predpostavki, da je čas zakasnitve t_n med časom vzorčevanja (postavljenim v sredo vzorčevalnega intervala) in časom meritve pri zraku 0 dni, pri vodi 30 dni in pri drugih vzorcih 60 dni. Kadar je dejanska zakasnitev t_d različna od navedene nominalne t_n , potem se spodnjo detekcijsko mejo dobi, če se tabelirana vrednost pomnoži s faktorjem

$$e^{-0,692 \frac{(t_n - t_d)}{T_{1/2}}}$$

kjer je $T_{1/2}$ razpolovna doba opazovanega radionuklida.



b) RADIOKEMIČNA ANALIZA Sr-90/Sr-89 (Odsek O-2)

Princip določanja stroncija v okoljskih vzorcih (voda, hrana in krma, tla in sedimenti) temelji na raztapljanju vzorca v ustreznih raztopinah [vi]. Radiokemična separacija temelji na ločitvi stroncija od kalcija s kadečo dušikovo kislino. Izkoristek separacije določimo gravimetrično s tehtanjem oborine SrCO₃. Aktivnosti beta se izmeri na proporcionalnem števcu beta s pretokom plina. Najbolj pogosto se uporablja mešanica 90 % Ar in 10 % CH₄. Izkoristek števca EBERLINE Multi-Low-Level Counter FHT 770 T za izbrane radionuklide določamo s kalibracijskimi certificiranimi standardi francoskega laboratorija LEA, division de CERCA.

V primerih, ko je potrebna določitev Sr-89, se izvrši separacija stroncija Sr-90/Sr-89 ter po izpostavljenem ravnotežju Sr-90/Y-90 izolacija itrija. Iz prve meritve SrCO₃ izmerimo skupno aktivnost obeh, Sr-90/Sr-89; iz meritve Y-90 pa najprej izračunamo aktivnost Sr-90 ter nato še aktivnost Sr-89.

Natančni postopek določanja Sr-90/Sr-89 z beta štetjem je opisan v standardnem delovnem navodilu SDN-O2-STC(01) [vii] in v delovnem navodilu DP-O2-STC(01) [viii], izračun merilne negotovosti je opisan v [vii, xii].

Reference:

- [vi] 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
- [vii] *Določanje stroncija z beta štetjem*, SDN-O2-STC(01), 4. izdaja, dec. 2009
- [viii] *Navodilo za uporabo proporcionalnega števca*, DP-O2-STC(01), 2. izdaja, sep. 2008
- [ix] *Poročilo o validaciji metode za določanje stroncija z beta štetjem*, IJS-DP-9893, maj 2008
- [x] *Poročilo o validaciji metod STC v letu 2009*, IJS-DP-10349, december 2009
- [xi] *Poročilo o validaciji STC-metode in izračunu merilne negotovosti v letu 2010*, IJS delovno poročilo, IJS-DP-10659, maj 2011
- [xii] IAEA-TECDOC-1401, *Quantifying uncertainty in nuclear analytical measurements*, 2004

c) RADIOKEMIČNA ANALIZA H-3 (Odsek O-2)

Tritij določamo v desorbirani vodi z adsorbenta in v vodnih vzorcih po postopkih, ki so natančno opisani v [xiii] in [xiv] ter v referencah [xv–xx]. Vzorce vode najprej destiliramo in nato izvedemo elektrolizo. Po končani elektrolizi s tritijem obogateni preostanek destiliramo, odvezamo alikvot in dodamo koktajl ULTIMA GOLD LLT. Aktivnost tritija merimo z instrumentom Tri Carb 3170 TR/SL, Super Low Level Liquid Scintillation Analyzer (Canberra Packard). Izkoristek števca za H-3 določamo s kalibracijskim certificiranim standardom proizvajalca Perkin Elmer.

Reference:

- [xiii] *Določanje tritija s tekočinskim scintilacijskim štetjem*, SDN-O2-STC(02), 3 izdaja, mar. 2009
- [xiv] *Navodilo za uporabo tekočinsko scintilacijskega števca TRICARB 3170 TR/SL*, DP-O2-STC(02), 2 izdaja, sept., 2008
- [xv] IAEA-TECDOC-1401, *Quantifying uncertainty in nuclear analytical measurements*; K. Rozanski, M. Gröning, *Tritium Assay in water samples using electrolytic enrichment and liquid scintillation spectrometry*, 2004
- [xvi] *Validacija metode za določitev tritija s tekočinskim scintilacijskim štetjem v letu 2007*, IJS-DP-9890, 2008
- [xvii] *Poročilo o validaciji metod STC v letu 2009*, IJS-DP-10349, december 2009
- [xviii] *Poročilo o validaciji STC metod in izračunu merilne negotovosti v letu 2010*, IJS delovno poročilo, IJS-DP-10659, maj 2011
- [xix] HASL-300, *Procedure Manual*, November 1990



[xx] Isotope Hydrology lab.; Technical Procedure Note 19, *Procedure and Technique Critique for Tritium Enrichment by Electrolysis at the IAEA Laboratory*, IAEA 1976

d) RADIOKEMIČNA ANALIZA H-3 (Odsek F-2)

Na *Odseku F-2* poteka določitev tritija v vzorcih vod z elektrolitsko obogatitvijo in tekočinsko scintilacijskim štetjem.

Vzorci najprej destiliramo, preverimo pH destilata in mu dodamo natrijev peroksid. Pol litra vzorca elektrolitsko obogatimo, preostanku dodamo svinčev klorid in opravimo drugo destilacijo. V tekočinsko scintilacijskem števcu Quantulus 1220 (Wallac, PerkinElmer) merimo merjence, pripravljene iz destilata vzorca in scintilacijskega koktajla po postopkih *LSC-DN-06* in *LSC-DN-07*. Za kalibracijo števca in pripravo krivulje dušenja uporabljamo certificiran NIST-ov standard, za dodatno kontrolo pa certificirane pripravke Perkin Elmerja.

Reference:

- [xxi] *Umeritvene krivulje za tekočinsko scintilacijski spektrometer (LSC-DN-05)*, izdaja 00, jan. 2008, IJS, Ljubljana
- [xxii] *Vzorčenje in priprava vzorcev za določitev tritija (LSC-DN-06)*, izdaja 02 (avg. 2009), IJS, Ljubljana
- [xxiii] *Meritev, analiza in izračun vsebnosti tritija (LSC-DN-07)*, izdaja 03 (avg. 2009), IJS, Ljubljana

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

Ogljik C-14 določamo v bazični raztopini po postopku, ki je opisan v [xxiv–xxviii]. Raztopljeni $^{14}\text{CO}_2$ oborimo z BaCl_2 iz bazične raztopine. Uprašeni oborini BaCO_3 dodamo scintilacijski koktajl Insta-gel in destilirano vodo. Aktivnost C-14 merimo na instrumentu Tri Carb 3170 TR/SL, Super Low Level Liquid Scintillation Analyzer (Canberra Packard). Izkoristek števca za C-14 določamo s certificiranim kalibracijskim standardom proizvajalca Perkin Elmer.

Reference:

- [xxiv] 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
- [xxv] IAEA-TECDOC-1401, *Quantifying uncertainty in nuclear analytical measurements* (2004)
- [xxvi] *Določanje ^{14}C v bazični raztopini*, SDN-O2-STC(03), 3. izdaja, marec, 2009
- [xxvii] *Navodilo za uporabo tekočinsko scintilacijskega števca TRICARB 3170 TR/SL*, D-O2-STC(02), 2. izdaja, sept., 2008
- [xxviii] *Poročilo o validaciji metode za določanje ^{14}C v bazični raztopini*, IJS-DP-9892, april 2008
- [xxix] *Poročilo o validaciji metod STC v letu 2009*, IJS-DP-10349, december 2009
- [xxx] *Poročilo o validaciji STC metod in izračunu merilne negotovosti v letu 2010*, IJS delovno poročilo, IJS-DP-10659, maj 2011

f) TERMOLUMINISCENČNA DOZIMetriJA (Odsek F-2)

Merilni sistem MR 200 (C) z računalnikom, pečica za brisanje tablet, vsebnik za shranjevanje tablet, jeklenka z dušikom in veliko število dozimetrom tvorijo celovit sistem za termoluminiscenčno dozimetrijo, ki omogoča enostavno, hitro in natančno merjenje absolutnih doz sevanja v okolju in osebni dozimetriji. Dozimetre sestavljajo tablete $\text{CaF}_2:\text{Mn}$ z odličnimi odzivnimi lastnostmi, saj lahko merimo zelo nizke doze (pod 20 μSv).



Meritve zunanje doze so bile opravljene po postopku, opisanem v *TLD-DN-02* [xxxvi].

Karakteristike merilnih sistemov MR 200 (C) so pregledno zbrane v diplomskem delu D. Jezerška [xxxii] ter IJS delovnih poročilih [xxxiii–xxxiv]. Vse karakteristike sistema, preverjene v letu 2008 in 2009, so v skladu z standardom CEI/IEC 61066 [xxxv].

Reference:

- [xxxii] D. Jezeršek, diplomsko delo, Univerza v Ljubljani, 2002
- [xxxiii] Validation of the TLD IJS MR 200C (3) measuring system, IJS-DP-9519, jan. 2007
- [xxxiiii] Validation of the TLD IJS MR 200C (2) measuring system, IJS-DP-9520, jan., 2007
- [xxxiv] Validacija termoluminiscenčnega sistema TLD IJS MR 200 C po standardu IEC/CEI 61066, IJS-DP-10126, feb. 2009
- [xxxv] International standard CEI/IEC 61066; Thermoluminescence dosimetry systems for personal and environmental monitoring; Second Edition, IEC Central Office Geneva, Switzerland, 2006
- [xxxvi] *Čitanje (merjenje) termoluminiscenčnih dozimetров (TLD) (TLD-DN-02)*, izdaja 08 (feb. 2011), IJS, Ljubljana

INSTITUT "RUĐER BOŠKOVIĆ"



Institut "Ruđer Bošković", *Laboratorij za radioekologijo* je novembra 2008 pridobil akreditacijo pri Hrvatski akreditacijski agenciji (HAA) v skladu s standardom HRN EN ISO/IEC 17025:2007 pod zaporedno številko 1162/08 za določanje vsebnosti radionuklidov z visokoločljivostno spektrometrijo gama in za določanje vsebnosti Sr-90 po radiokemijski metodi v vzorcih iz okolja in proizvodih, vključno s hrano in pitno vodo, ter za določanje vsebnosti Fe-55 v vodnih vzorcih.

Metodi določanja tritija in Sr-89/Sr-90 sta akreditirani pri Hrvatski akreditacijski agenciji (HAA) od konca leta 2009 dalje.

Reference:

- [xxxvii] Priručnik sistema upravljanja kvaliteto PK (izdaji 05 in 06), Institut Ruđer Bošković, 2009/2010

a) VISOKOLOČLJIVOSTNA SPEKTROMETRIJA GAMA

Spektre gama merimo na germanijevih detektorjih, in sicer:

- na germanijevem detektorju BE3830 z ločljivostjo 0,38 keV pri 5,9 keV (Fe-55), 0,55 keV pri 59,5 keV (Am-241), 0,69 keV pri 122 keV (Co-57) in 2,05 keV pri 1332,5 keV (Co-60);
- na germanijevem detektorju GC2519 z izkoristkom 25,4 % glede na izkoristek detektorja z natrijevim jodidom, ki ima kristal z dimenzijami (3 × 3) inčev; germanijev detektor ima ločljivost 1,82 keV pri 1332,5 keV in razmerje vrh/compton 52,3.

Germanijevi detektorji so povezani z računalnikom s programsko opremo GENIE 2000. Ta programska oprema se uporablja za analizo izmerjenih spektrov skladno s postopki, opisanimi v PS 5.4/1 [xxiv]. Izkoristke detektorjev merimo s certificiranimi standardi ČMI, ANALYTICS in LEA-CERCA, skladno z zahtevami, predpisanimi v postopkih in delovnih navodilih PS 5.4/1, RU 5.4/1-1 [xxxiv]. Meritve so bile opravljene po postopku, opisanem v PS 5.4/1 [xxxiv]. Negotovosti rezultatov so ocenjene v skladu z vodilom IAEA-TECDOC-1401 [xxxvi] in postopkom SUK PS 5.4/6 [xxxv].



Spodnja meja detekcije in minimalna aktivnost (*MDA*), ki so določene z intervalom zaupanja 95 %, je za izmerjene vzorce (Currie 1968, IAEA 295) [xxxviii]:

$$MDA = \frac{2,71 + 4,66\sqrt{B}}{K} : K = I \cdot t \cdot (V, m) \cdot \varepsilon$$

Kjer je:

- t* - čas merjenja
- V, m* - volumen ali masa vzorca (m³ ali kg)
- ε* - izkoristek
- I* - jakost žarkov gama
- B* - ozadje v času meritve *t*

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

Detektor	BE3830			GC2519		
	RIBE	VODA	SEDIMENT	RIBE	VODA	SEDIMENT
Medij	kg	m ³	kg	kg	m ³	kg
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	0,03	0,1	0,07	0,05	0,1	0,1
K-40	0,1	0,3	0,2	4,5	22,7	10,36
Mn-54	0,01	0,02	0,014	0,01	0,02	0,02
Co-58	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02
Co-60	0,01	0,3	0,02	0,01	0,03	0,02
Zn-65	0,02	0,05	0,04	0,02	0,06	0,04
Ru-103	0,004	0,01	0,01	0,005	0,02	0,01
Sb-124	0,02	0,07	0,05	0,03	0,1	0,06
Sb-125	0,01	0,03	0,02	-	-	-
I-131	0,003	0,01	0,01	0,005	0,01	0,01
Cs-134	0,005	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Cs-137	0,006	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02
Bi-214	0,01	0,03	0,02	0,01	2,3	1,0
Pb-214	0,01	0,03	0,02	0,4	1,9	1,0
Ra-228	0,02	0,07	0,05	0,4	2,4	1,1
Ra-226	0,03	0,1	0,07	1,8	9,0	4,1
U-238	0,6	2,9	1,3	2,26	11,29	5,16

* Spodnje meje detekcije se lahko spreminjajo v odvisnosti od pogojev meritev (števeni čas, masa, statistične fluktuacije sevanja ipd.)

Reference:

- [xxxviii] SUK PS 5.4/1 (izdaja 05), Gama spektrometrijska određivanja, Institut Ruđer Bošković, 2010. RU 5.4/1-1 (izdaja 06) Gama spektrometrijska određivanja, Institut Ruđer Bošković, 2010
- [xxxix] SUK PS 5.4/6 (izdaja 05) Mjerna nesigurnost kod gama spektrometrijskih određivanja, Institut Ruđer Bošković, 2009
- [xl] IAEA-TECDOC-1401, *Quantifying uncertainty in nuclear analytical measurements*, 2004
- [xli] IAEA, Technical Reports Series No. 295, *Measurement of radionuclides in food and the environment*, 1989



b) RADIOKEMIČNA ANALIZA Sr-90/Sr-89

Princip določanja stroncija v okoljskih vzorcih (voda, hrana in krma, tla in sedimenti) temelji na raztapljanju vzorca v ustreznih raztopinah in uporabi ionskih izmenjevalcev [xxxviii, xxxix]. Radiokemična separacija temelji na ločitvi stroncija od kalcija na koloni, napolnjeni z anionskim izmenjevalcem Amberlite CG-400 in raztopino 0,25 M HNO₃ v metanolu [xl]. Izkoristek separacije določimo gravimetrično s tehtanjem oborine SrCO₃. Aktivnosti beta se izmeri na proporcionalnem števcu s silicijevim detektorjem i-Matic, Canberra.

V primerih, ko je potrebna določitev Sr-89, se izvrši separacija stroncija in izolacija itrija. Iz prve meritve na SrCO₃ izmerimo aktivnost obeh, Sr-89 in Sr-90; iz meritve Y-90 pa določimo aktivnost Sr-90.

Natančni postopek določanja Sr-90/Sr-89 z beta štetjem je opisan v sistemskem postopku PS 5.4/2 [xli] in v delovnih navodilih RU 5.4/2-1/ [xlii], izračun merilne negotovosti pa je opisan v PS 5.4/7 in IAEA-TECDOC-1401 [xliv, xliii].

Reference:

- [xlii] IAEA, Technical Reports Series No. 295, Measurement of radionuclides in food and the environment, 1989
- [xliii] Grahek Ž., Košutić K., Rožmarić-Mačefat M., Strontium isolation from natural samples with Sr resin and subsequent determination of Sr-90. *Journal of Radioanalytical & Nuclear Chemistry*, 268 (2006), 179–190
- [xliv] Grahek Ž et al, Improved methods for the radioactive strontium determination, *Journal Radioanal. Nucl. Chem.*, 242 (1999), 33–40
- [xlv] SUK PS 5.4/2 (izdaja 05) Određivanje ^{89,90}Sr, Institut "Ruđer Bošković", 2009
- [xlvi] SUK RU 5.4/2-1/ (izdaja 06) Određivanje ^{89,90}Sr, Institut "Ruđer Bošković", 2010
- [xlvii] IAEA-TECDOC-1401, Quantifying uncertainty in nuclear analytical measurements, 2004
- [xlviii] SUK PS 5.4/7 (izdaja 05) Mjerna nesigurnost kod određivanja ^{89,90}Sr, Institut "Ruđer Bošković", 2009

c) RADIOKEMIČNA ANALIZA H-3

Tritij določamo v zračnih izpustih in v vodnih vzorcih po postopkih, ki so natančno opisani v referencah [xlv–l]. Vzorec vode se predestilira z dodatkom KMnO₄. 250 mL destilirane vode se elektrolitsko obogati. Koncentracijo H-3 določamo tako, da merimo 7 mL vodne raztopine, ki smo ji dodali 13 mL scintilatorja (ULTIMA GOLD) v polietilenski plastični posodici volumna 20 mL (Low diffusion plastic vial) na scintilacijskem števcu Liquid scintillation Analyser (Tri-Carb, Packard, Model 2770TR/SL). Ozadje je nižje od 2 impulza na minuto. Izkoristek določamo z uporabo "quench-standarda" in certificiranih standardov H-3 (Perkin Elmer).

Reference:

- [xlix] Reference Manual TRI-CARB Liquid Scintillation Analyzer, Model 2770 TR/SL Series, Packard a Canberra Company, 1995
- [l] IAEA, Technical Reports Series No. 295, Measurement of radionuclides in food and the environment, 1989
- [li] IAEA-TECDOC-1401, *Quantifying uncertainty in nuclear analytical measurements*; K. Rozanski, M. Gröning, *Tritium Assay in water samples using electrolytic enrichment and liquid scintillation spectrometry*, 2004
- [lii] SUK PS 5.4/3 (izdaja 06) Određivanje tritija, Institut "Ruđer Bošković", 2009
- [liii] SUK PS 5.4/8 (izdaja 06) Mjerna nesig. kod određivanja tritija, nstitut "Ruđer Bošković", 2009
- [liv] SUK RU 5.4/3-1/ (izdaja 05) Određivanje tritija, Institut "Ruđer Bošković", 2009



d) DOLOČANJE Fe-55

Fe-55 se določa z izolacijo Fe-55 na koloni, napolnjeni s smolo TRU. Podrobnosti so opisane v sistemskem postopku PS 5.4/4 in delovnem navodilu 5.4/4-1 [li, lii]. Aktivnost Fe-55 v vzorcih se izmeri na spektrometru Liquid Scintillation Spectrometra Packard TRI-CARB Model 2770TR/SL. 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 na AAS Perkin Elmer 3110 Analyst 400. Postopek določanja aktivnosti in merske negotovosti je opisan sistemskih postopkih in delovnih navodilih PS 5.4/4, PS 5.4/9 [li, liii] ter v referencah [liv, lv].

Reference:

- [lv] SUK PS 5.4/4 (izdaja 06) Određivanje ^{55}Fe , Institut "Ruđer Bošković", 2009
- [lvi] SUK RU 5.4/4-1/ (izdaja 06) Određivanje ^{55}Fe , Institut "Ruđer Bošković", 2009
- [lvii] SUK PS 5.4/9 (izdaja 05) Mjerna nesigurnost kod određivanja ^{55}Fe , Institut "Ruđer Bošković", 2009
- [lviii] 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
- [lix] Ž. Grahek, M. Rožmarić, Isolation of iron and strontium from liquid samples and the determination of ^{55}Fe and $^{89,90}\text{Sr}$ in liquid radioactive waste, *Analytica Chimica Acta*, 511 (2004), 339–348

e) TERMOLUMINISCENČNA DOZIMETRIJA

Termoluminiscenčni dozimetri TLD-100H (po dva dozimetra na vsaki lokaciji) se uporabljajo od 10. 1. 2008.

Dozimetri TLD-100H so iz litijevega fluorida in so dopirani z magnezijem, fosforjem in bakrom. Za odčitavanje dozimetrov smo uporabljali čitalnik TOLEDO 654 (Vinten). Čitalnik je priklopljen na računalnik s programsko opremo TEMES za čitanje dozimetrov, ki je bila razvita v sodelovanju s sodelavci Instituta "Jožef Stefan".

Čitalnik TOLEDO in programski paket TEMES omogočata kontrolo in spreminjanje hitrosti gretja, grafično in numerično obdelavo izmerjenih vrednosti (integrala sevalne krivulje, določanje maksimumov krivulje, računanje doze) ter zbiranje in obdelavo merskih rezultatov iz različnih dozimetrov.

Dozimetri so individualno kalibrirani. Vse dozimetre obsevamo v laboratoriju za sekundarne dozimetrične standarde na IRB. Laboratorij je opremljen skladno s priporočilom madnarodne agencije za atomsko energijo MAAE.

f) RADIOKEMIČNA ANALIZA C-14

Radiokemijsko analizo ogljika C-14 opravlja *Laboratorij za mjerenje niskih aktivnosti, Zavod za eksperimentalnu fiziku, IRB*.

Ogljik C-14 v biološkem materialu:

Biološki vzorci se sušijo v sušilniku pri 100 °C, nato se karbonizirajo 15 min pri temperaturi 600 °C



v peči brez prisotnosti zraka. Karbonizirani vzorci se žgejo v toku prečiščenega kisika u posebni, prehodno izčrpani stekleni aparaturi. Nastali CO₂ iz vzorca se absorbira v zmesi Carbosorba[®]E (10 mL) in Permafluora[®]E (10 mL) [Ix–Ixiii]. Masa absorbiranega CO₂ se določa s tehtanjem steklenice, v kateri se absorbira zmes, pred postopkom absorpcije in po njem. Postopek absorpcije se za vsak vzorec in pripadajoče standarde dvakrat ponovi. Aktivnost C-14 se meri v tekočinsko scintilacijskem števcu Quantulus 1220, Ultra Low Level Liquid Scintillation Counter (Perkin Elmer). Števec je umerjen s certificiranim standardom proizvajalca Perkin Elmer. Najnižja aktivnost ¹⁴C, ki jo lahko izmerimo preko meritve absorbiranega CO₂, je 2,5 pMC. Skupna merilna negotovost je okoli 3,5 pMC za posamezno meritev oziroma 2,5 pMC za dve ponovitvi.

Ogljik C-14 v atmosferskem CO₂:

Atmosferski CO₂ se zbira na dveh lokacijah znotraj ograje NE Krško. Vzorčevalnik je sestavljen iz plitve plastične posode s površino 3–4 dm², kamor se vlije 100 mL zasičene raztopine NaOH. Na₂CO₃, ki se zbere v vzorčevalniku, se v laboratoriju v posebni stekleni aparaturi raztaplja z reakcijo s HCl v inertni dušikovi atmosferi. Tako dobljen CO₂ se uporabi za pripravo benzena [Ix, Ixi, Ixiii]. Meritve se izvajajo v tekočinsko scintilacijskem števcu (LSC) Quantulus 1220. Vzorci benzena z maso 4 g se merijo v steklenih ampulah z volumnom 7 mL. Za vse meritve C-14 se uporablja standardni referenčni material Oxalic Acid II, NIST SRM-4990C. Pred vsako posamezno meritvijo aktivnosti ¹⁴C se kontrolira čistoča vzorca z meritvijo SQP parametra (SQP = Standard Quench Parameter), s katerim se opravi korekcija zaradi dušenja. Najnižja aktivnost ¹⁴C, ki jo lahko določimo v vzorcih benzena je 0,12 pMC, skupna merilna negotovost za vzorce iz okolja pa je 0,5 pMC.

Reference:

- [Ix] N. Horvatinčić, J. Barešić, I. Krajcar Bronić, B. Obelić, Measurements of low ¹⁴C activities in a liquid scintillation counter in the Zagreb Radiocarbon Laboratory. Radiocarbon 2004; 46/1:105–116
- [Ixi] J. Barešić, I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, B. Obelić, Mjerenje niskih ¹⁴C aktivnosti uzoraka u obliku benzena u tekućinskom scintilacijskom brojaču. U: V. Garaj-Vrhovac, N. Kopjar, S. Miljanić, ur. Zbornik radova Šestog simpozija Hrvatskog društva za zaštitu od zračenja; 18.–20. travnja 2005; Stubičke Toplice, Hrvatska. Zagreb: HDZZ; 2005. str. 158–163
- [Ixii] J. Barešić, I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, B. Obelić, Mjerenje niskih ¹⁴C aktivnosti uzoraka pripremljenih metodom apsorpcije CO₂. U: I. Krajcar Bronić, S. Miljanić, B. Obelić, ur. Zbornik radova Petog simpozija Hrvatskog društva za zaštitu od zračenja; 9.-11. travnja 2003; Stubičke Toplice, Hrvatska. Zagreb: HDZZ; 2003. str. 267–272
- [Ixiii] I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, J. Barešić, B. Obelić, . Measurement of ¹⁴C activity by liquid scintillation counting. Applied Radiation and Isotopes 2009;. 67:800–8



ZAVOD ZA VARSTVO PRI DELU



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

Zavod za varstvo pri delu, Laboratorij za merjenje specifičnih aktivnosti radionuklidov je marca 2004 pridobil akreditacijo za izvajanje visokoločljivostne spektrometrije gama v skladu s standardom SIST EN ISO/IEC 17025 pod zaporedno številko LP-032. Akreditacija zajema meritve vzorcev zemlje, sedimentov, zraka, padavin ter živil živalskega in rastlinskega porekla.

Metoda določitve stroncija je akreditirana od februarja 2009 dalje pri Slovenski akreditaciji (SA).

a) VISOKOLOČLJIVOSTNA SPEKTROMETRIJA GAMA

Omenjena metoda je v laboratoriju LMSAR podrobno opisana v dokumentu DP-LMSAR-09, in sicer v petih sklopih: energijska kalibracija, izkoristek detektorja, izračun lokacije in ploščine vrha, identifikacija radionuklida ter izračun specifične aktivnosti in merilne negotovosti rezultata. Vse našteje korake izvajamo s programsko opremo GENIE 2000, katere algoritmi so opisani v knjigi GENIE 2000 – Customization Tools Manual. Opora temu programskemu paketu pa so naslednji mednarodni standardi:

- IEC-1452: Nuclear instrumentation - Measurement of gamma-ray emission rates of radionuclides-Calibration and use of germanium spectrometers
- IEC-973: Test procedures for germanium gamma-ray detectors
- IEC-759: Standard test procedures for semiconductor X-ray energy spectrometers
- IEC-61976: Nuclear instrumentation-Spectrometry - Characterization of the spectrum background in HPGe gamma-ray spectrometry
- ISO-11929-3: Determination of the detection limit and decision threshold for ionizing radiation measurements

Sledljivost rezultatov dosegamo s kalibracijskimi standardi specifičnih geometrij in matrik, ki so podobne vzorcem, ki jih merimo za naše naročnike. Te standarde naročamo pri organizacijah, ki so akreditirane za pripravo teh standardov (npr. Eckert Ziegler Analytics iz ZDA in AEA Technology QSA GmbH iz Nemčije).

Vse sistematske vplive, kot so razlike v gostoti vzorcev, parametrov, ki vplivajo na atenuacijo gama sevanja v matriki in odmike od geometrije vzorca glede na standardne vzorce, izračunavamo z validirano programsko opremo Canberra, ki je navedena v dokumentu: Model S573/S574 ISOCS/LabSOCS, Validation & Verification Manual.


ORIENTACIJSKE SPODNJE DETEKCIJSKE MEJE ZA VLG-SPEKTROMETRIJO (*)

Medij	BIOLOŠKI VZORCI	ZEMLJA	VODA	SEDIMENT	ZRAK
Enota	kg	kg	m ³	kg	m ³
Količina vzorca (**)	3	0,15	0,1	0,05	10000
Radionuklid	Bq/kg	Bq/kg	Bq/m ³	Bq/kg	Bq/m ³
K-40	0,2	4,7	4,7	5,8	4,0 E-05
Mn-54	0,03	0,7	0,9	0,8	6,0 E-06
Co-57	0,01	0,4	0,3	0,8	2,0 E-06
Co-58	0,03	0,8	1,2	1,0	7,0 E-06
Co-60	0,03	0,7	0,7	0,8	6,0 E-06
Zn-65	0,06	1,5	2,0	1,8	1,0 E-05
Ru-103	0,10	0,9	1,6	1,0	7,0 E-06
Sb-124	0,03	0,8	1,2	1,0	7,0 E-06
Sb-125	0,06	1,7	1,8	2,0	1,0 E-05
I-131	0,20	5,0	1,5	6,0	4,0 E-05
Cs-134	0,03	0,6	0,7	0,8	5,0 E-06
Cs-137	0,03	0,7	0,7	0,8	5,0 E-06
Pb-210	0,20	8,0	3,3	8,0	4,0 E-05
Ra-228	0,07	2,0	2,0	2,0	2,0 E-05
Th-228	0,06	2,0	1,2	2,0	1,0 E-05
Ra-226	0,5	4,0	2,0	4,0	8,0 E-06
U-238	0,1	4,0	3,0	4,0	2,0 E-05
Am-241	0,0	1,0	0,7	1,0	5,0 E-06

(*) Tabelirane spodnje detekcijske meje so podane z intervalom zaupanja 68 % .

(**) Količina vzorca, podana v enotah druge vrstice, velja za sveže vzorce, razen pri zemlji in sedimentih, kjer velja za suhi vzorec.

b) RADIOKEMIČNA ANALIZA Sr-89/Sr-90 IN I-131

Natančen opis metod določitve Sr-89/90 v različnih vzorcih in določitve I-131 v mleku kakor tudi vzorčenje in priprava vzorcev so predstavljene v naslednjih internih delovnih postopkih:

- Vzorčenje, pakiranje, pošiljanje vzorcev iz biosfere, hrane in drugih bioloških vzorcev (DP-LMSAR-02)
- Priprava bioloških in nebioloških vzorcev za gamaspektrometrično in radiokemično analizo (DP-LMSAR-03)
- Opis metode za določitev aktivnosti Sr-89/90 v vzorcih iz okolja (DP-LMSAR-4.01)
- Kemijska obdelava vzorcev in merjenje aktivnosti Sr-89/90 (DP-LMSAR-4.02)
- Izračun specifične aktivnosti Sr-89/90 in merilna negotovost (DP-LMSAR-4.03)
- Zagotavljanje kakovosti meritev aktivnosti Sr-89/90 (DP-LMSAR-4.04)
- Določitev specifične aktivnosti I-131 v mleku (DP-LMSAR-16)
- Kalibracija beta števca za določitev specifične aktivnosti I-131 (DP-LMSAR-18)

Sledljivost rezultatov je dosežena z redno kalibracijo instrumenta BERTHOLD LB770 s standardnimi raztopinami proizvajalca Amersham, QSA Global ali PTB. Postopek kalibracije je opisan v delovnih postopkih DP-LMSAR-4.03 in DP-LMSAR-18.



TABELARIČNI ZAPISI MERITEV

Izmerki v tabelah in posredno v preglednicah so zapisani po naslednjih pravilih:

1. Specifične aktivnosti sevalcev gama pri enkratno odvzetih vzorcih so preračunane na datum vzorčevanja.
Specifične aktivnosti sevalcev gama pri kontinuirano zbiranih vzorcih so izračunane pri predpostavki, da sta bili hitrost zbiranja vzorca in kontaminacija konstantni v času vzorčevanja.
2. Število, ki sledi znaku \pm , je številska vrednost združene standardne negotovosti specifične aktivnosti in se nanaša na interval zaupanja z 68-odstotno zanesljivostjo.
Združena standardna negotovost pri rutinskih meritvah na visokoločljivostni spektrometriji gama vključuje statistično negotovost števila sunkov v vrhovih v spektru, negotovost metode določanja števila sunkov v vrhovih, ozadja, umeritve spektrometra, jedrskih podatkov in količine vzorca. Negotovosti, ki izvirajo iz vzorčevanja, razen količine vzorca, niso upoštevane.
Pri radiokemičnih meritvah vsebuje merska negotovost statistično negotovost meritve (negotovost tipa A) in druge ocenjene negotovosti tipa A in B, ki sledijo iz postopka in so bolj ali manj za določen postopek stalne.
Poročane negotovosti so izračunane v skladu z vodili GUM (1995).
3. Pri IRB so rezultati meritev z visokoločljivostno spektrometrijo gama izraženi kot $A \pm k$, kjer je k razširjena merska negotovost s faktorjem pokritja $k = 2$. Ko je $k \geq 0,9 A$, se pojmuje, da je rezultat pod mejo kvantifikacije in ni zapisan v tabeli. Na isti način so poročani tudi rezultati meritev Sr-90 in H-3. Ta način poročanja rezultatov se nanaša na nizke aktivnosti, ki se določajo v bližini meje kvantifikacije (< 5 Bq/kg za Cs-137).
4. V tabele ne pišemo spodnjih **detekcijskih mej**, ki so ocenjene iz velikosti ozadja in verjetnosti za detekcijo.
Meja detekcije se poroča le za Pb-210, ki je zaradi visokega doznega faktorja pomembna pri oceni doz. Skladno s standardom *Determination of the detection limit and decision threshold for ionizing radiation measurements - Part 7: Fundamentals and general applications (ISO 11929-7:2005)* je interval zaupanja 95 %.
Za druge nedetektirane radionuklide se predpostavlja, da so njihove meje detekcije zanemarljive v primerjavi z drugimi vrednostmi in se jih zaradi preglednosti v tabele ne piše. Pri izračunih letnih povprečij se prazna polja upoštevajo kot ničle.
5. Če je pri detektirani prisotnosti radionuklida negotovost aktivnosti večja od 80 % vrednosti izmerka, se poroča **meja kvantifikacije** – k vrednosti izmerka se prišteje negotovost, pomnožena s 1,65, rezultat pa se označi kot manjši ($<$) od dobljene številčne vrednosti. V tem primeru je verjetnost, da leži prava vrednost pod dobljeno številčno vrednostjo 95 %.
Pri računanju povprečja upoštevamo podatke, ki so označeni z $< a$, kot $0 \pm a$ (meja kvantifikacije). Kadar podatka v tabelah ni (kar pomeni, da radionuklid ni bil detektiran in je njegova koncentracija pod mejo detekcije), privzamemo 0 ± 0 .
Prednosti tega postopka so naslednje:
 - Negotovost povprečja je mogoče oceniti iz apriorne in aposteriorne negotovosti, to je iz negotovosti posameznih izmerkov in iz disperzije populacije izmerkov. V tabelah se kot negotovost povprečja navaja večja od apriorne ali aposteriorne negotovosti.
 - Povprečna vrednost ni odvisna od meje kvantifikacije, torej od pogojev merjenja. Od pogojev merjenja je odvisna le negotovost povprečja, podobno kot so od pogojev merjenja odvisne negotovosti posameznih izmerkov.



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

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

6. Število za znakom < je torej ali meja kvantifikacije ali številka vrednost meje detekcije pri danih pogojih meritve in se nanaša na interval zaupanja z 68-odstotno zanesljivostjo (le pri Pb-210).
7. Pri računu doz za neko časovno obdobje T (npr. dan, mesec, leto) predpostavljamo, da poteka vnos medija (npr. vode, zraka) v organizem s stalno hitrostjo $dV/dt = \dot{V} = \text{konst}$. Ta predpostavka nam omogoča, da v organizem vneseno aktivnost A posameznih radionuklidov izrazimo s:
 - časovnim integralom specifične aktivnosti (s časovnim integralom koncentracije aktivnosti) ali s
 - povprečno specifično aktivnostjo v obdobju T , ki je enaka specifični aktivnosti sestavljenega vzorca, zbranega v obdobju T .

Velja namreč:

$$A / (\text{Bq}) = \int_0^T \dot{V} / \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right) \cdot a(t) / \left(\frac{\text{Bq}}{\text{m}^3}\right) \cdot dt / (\text{s}) = (\dot{V} \cdot T) \frac{1}{T} \int_0^T a(t) \cdot dt = V_T \cdot \langle a(t) \rangle = V_T \cdot a_T$$

kjer je:

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

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

Slednja enakost velja tudi za diskretno zbiranje sestavljenega vzorca, ko v enakih časovnih presledkih (skozi obdobje T) nabereemo N delnih vzorcev z volumnom v :

$$a_T = \frac{1}{N \cdot v} \cdot \sum_{j=1}^N v \cdot a_j = \langle a \rangle$$

Kadar računamo vneseno aktivnost za neko obdobje (npr. leto) iz zaporedja ločenih (diskretnih) meritev (npr. mesečnih sestavljenih vzorcev; $T = \text{mesec}$), nadomestimo zgornji integral z vsoto:

$$A_{\text{leto}} = \sum_{i=1}^{12} V_{\text{mes}} \cdot a_{\text{mes},i} = V_{\text{mes}} \sum_{i=1}^{12} a_{\text{mes},i} = (V_{\text{mes}} \cdot 12) \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} a_{\text{mes},i}$$

$$A_{\text{leto}} = V_{\text{leto}} \cdot \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} a_{\text{mes},i}$$

kjer je pomen veličin isti kot zgoraj.

8. Aktivnost Ra-226 je določena iz aktivnosti kratkoživih radonovih potomcev (Pb-214 in Bi-214). Faktor, ki opisuje ravnovesje med radijem in radonovimi potomci, izračunamo iz ekshalacije in časovnega intervala med pripravo in meritvijo vzorca.



9. Aktivnost urana je določena pri predpostavki, da je U-238 v ravnovesju s potomci Th-234 in Pa-234M ter da sta koncentraciji izotopov U-235 in U-238 v naravnem razmerju.
10. Notranje doze so izračunane iz vsebnosti radionuklidov v mediju, doznih faktorjev in iz predpostavljene porabe hrane, vode ali frekvence vdihovanja zraka. Negotovosti doz so izračunane iz negotovosti vsebnosti radionuklidov, povprečenih preko celega leta. Negotovosti porabe in doznih faktorjev v negotovostih doz niso upoštevane.
11. Negotovosti zunanjih doz so ocenjene tam, kjer obstaja več izmerkov. Ocena negotovosti temelji na stresanju izmerkov in pomeni njihovo standardno deviacijo.
12. Označba Sr-90/Sr-89 pomeni, da ni bila narejena analiza na Y-90. Ločitev za Y-90 se izvede samo v primerih, ko iz ponovitev meritev Sr-90/Sr-89 ugotovimo, da je izmerjena hitrost štetja res manjša od predhodno določene in je ta razlika hitrosti štetja posledica radioaktivnega razpada Sr-89.





SEZNAM TABEL MERITEV IZ PROGRAMA IMISIJSKIH MERITEV

	Tabele	Stran
1. REKA SAVA - sestavljeni mesečni vzorci filtrirane vode in filtrskega ostanka		
– izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3		
KRŠKO	T – 1, 2	M–2
BREŽICE	T – 3, 4	M–3
JESENICE na Dolenjskem	T – 5, 6	M–6
1. REKA SAVA – enkratni vzorci nefiltrirane vode		
– izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 in H-3		
KRŠKO	T – 7	M–8
BREŽICE	T – 9	M–9
JESENICE na Dolenjskem	T – 10	M–9
PODSUSED (R Hrvaška)	T – 11	M–10
2. REKA SAVA – sedimenti		
– izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89		
KRŠKO	T – 12	M–10
BREŽICE	T – 13	M–11
JESENICE na Dolenjskem	T – 14	M–11
KRŠKO pod mostom	T – 15/p	M–12
pod jezom NEK	T – 16/p1	M–12
PESJE	T – 16/p2	M–13
BREŽICE	T – 16/p3	M–13
JESENICE na Dolenjskem	T – 17/p	M–14
PODSUSED (R Hrvaška)	T – 18	M–14
2. REKA SAVA – vodna biota – ribe		
– izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89		
KRŠKO	T – 19	M–15
BREŽICE	T – 21	M–15
JESENICE na Dolenjskem	T – 22	M–16
JESENICE na Dolenjskem	T – 22/p1	M–16
OTOK (R Hrvaška)	T – 24	M–17
PODSUSED (R Hrvaška)	T – 25	M–17



3. VODOVODI – enkratni vzorci pitne vode

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

vodovod KRŠKO	T – 28	M–20
vodovod BREŽICE	T – 29	M–20
vertina E1 v NEK	T – V1	M–21
vertina VOP-4 v Vrbini	T – V2	M–21

4. ČRPALIŠČA VODOVODOV – sestavljeni mesečni vzorci

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

vodovod BREŽICE	T – 30	M–22
črpališče BREGE	T – 31	M–23
črpališče DRNOVO	T – 32	M–24
vodovod SPODNJI STARI GRAD	T – 33	M–25
črpališče BREŽICE - Glogov Brod	T – 34	M–26

4. PODTALNICE – enkratni oz. sestavljeni mesečni vzorci

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

MEDSAVE (R Hrvaška)	T – 35	M–27
ŠIBICE (R Hrvaška)	T – 36	M–28

5. PADAVINE – mesečni vzorci

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

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

6. SUHI USEDNI – mesečni vzorci

- izotopska analiza sevalcev gama

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

*) Iz programa nadzora nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju RS



7. ZRAK – zračni jod ter aerosoli

– izotopska analiza sevalcev gama

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

8. DOZA ZUNANJEGA SEVANJA

TL-dozimetri v okolici NEK in na ograji NEK	T – 53	M–56
TL-dozimetri v Republiki Sloveniji	T – 54	M–60
TL-dozimetri v Republiki Hrvaški	T – 55	M–62
Kontinuirni merilniki hitrosti doze MFM-202	T – 56	M–63
Izračun razredčitvenih in depozicijskih koeficientov po Lagrangeevem modelu (MEIS, d. o. o.)		M–69

9. ZEMLJA – enkratni vzorci

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

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

10. MLEKO – enkratni oz. sestavljeni mesečni vzorci

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

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

11. SADJE – enkratni vzorci

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

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

*) Iz programa nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju RS



12. POVRTNINE IN POLJŠČINE – enkratni vzorci

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

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

13. MESO IN KOKOŠJA JAJCA – enkratni vzorci

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

KOKOŠJE MESO IN JAJCA	T – 74	M–88
SVINJSKO IN GOVEJE MESO	T – 75	M–88

TABELE REZULTATOV PRIMERJALNIH MERITEV

M–89

1. VODA - REKA SAVA

VODA - SESTAVLJENI MESEČNI VZORCI

VODA - ENKRATNI VZORCI

2. SEDIMENTI

VODNA BIOTA – RIBE

LETO 2011 T - 1a

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



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Krško				
Datum vzor.	Januar - Marec	April - Junij	Julij - September	Oktober - December	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	131,4	115,0	138,3	139,5	
Pretok(m ³ /s)	184,1	129,1	90,7	147,1	
Oznaka vzorca	NEKVKRK111	NEKVKRK211	NEKVKRK311	NEKVKRK411	
IZOTOP SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)					
U-238	5,7E+00 ± 1E+00	1,8E+01 ± 3E+00	4,7E+00 ± 6E-01	5,2E+00 ± 1E+00	8,3E+00 ± 3E+00
Ra-226	2,5E-01 ± 2E-01	1,4E+00 ± 1E-01	4,1E-01 ± 1E-01	3,1E+00 ± 2E-01	1,3E+00 ± 7E-01
Pb-210	4,8E+00 ± 2E+00	3,1E+01 ± 2E+00	7,1E+00 ± 8E-01	1,1E+01 ± 2E+00	1,3E+01 ± 6E+00
Ra-228	1,2E+00 ± 3E-01	6,5E-01 ± 5E-01	1,1E-01 ± 1E-01	1,2E+00 ± 3E-01	7,9E-01 ± 3E-01
Th-228	3,7E-01 ± 3E-01	3,5E-01 ± 2E-01	4,6E-01 ± 2E-01	3,8E-01 ± 3E-01	3,9E-01 ± 1E-01
Th-230				3,1E+01 ± 9E+00	7,7E+00 ± 8E+00
K-40	4,0E+01 ± 3E+00	5,3E+01 ± 2E+00	4,4E+01 ± 3E+00	4,7E+01 ± 3E+00	4,6E+01 ± 3E+00
Be-7	1,9E+01 ± 2E+00	8,7E+00 ± 9E-01	4,1E+01 ± 2E+00	7,7E+01 ± 3E+00	3,6E+01 ± 2E+01
I-131			5,6E+00 ± 6E-01		1,4E+00 ± 1E+00
Cs-134					
Cs-137	< 6E-01	< 4E-01	< 4E-01	< 6E-01	< 2E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	2,5E+00 ± 2E-01	2,5E+00 ± 2E-01	2,3E+00 ± 1E-01	1,1E+00 ± 7E-02	2,1E+00 ± 3E-01

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

LETO 2011 T - 2a

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



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Krško				
Datum vzor.	Januar - Marec	April - Junij	Julij - September	Oktober - December	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	144,0	145,6	147,2	147,2	
Oznaka vzorca	NEKFKRK111	NEKFKRK211	NEKFKRK311	NEKFKRK411	
IZOTOP SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)					
U-238	1,5E+00 ± 6E-01		8,0E-01 ± 2E-01	< 3E+00	5,8E-01 ± 7E-01
Ra-226		2,5E-01 ± 8E-02	2,6E-01 ± 7E-02	4,4E-01 ± 2E-01	2,4E-01 ± 9E-02
Pb-210	3,1E+00 ± 2E+00	4,8E+00 ± 2E+00	4,1E-01 ± 2E-01	< 3E+00	2,1E+00 ± 1E+00
Ra-228		3,3E-01 ± 2E-01	3,8E-01 ± 1E-01		1,8E-01 ± 1E-01
Th-228	3,9E-01 ± 2E-01		2,1E-01 ± 1E-01		1,5E-01 ± 9E-02
Th-230					
K-40	< 2E+00	3,7E+00 ± 1E+00	3,1E+00 ± 1E+00	< 2E+00	1,7E+00 ± 1E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	< 5E-01	1,4E-01 ± 5E-02	9,4E-02 ± 2E-02	< 6E-01	5,9E-02 ± 2E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	9,6E-02 ± 2E-02	1,5E-01 ± 3E-02	2,5E-02 ± 2E-02	7,6E-02 ± 3E-02	8,7E-02 ± 3E-02

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

LETO 2011 T - 1b

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

Specifična analiza H-3 (**)

Vzorč. mesto	Krško							
Datum vzor.	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Polletno povprečje (*)	
Kol. vzorca (L)								
Pretok (m ³ /s)	236,5	108,2	207,5	109,4	100,8	177,2		
Oznaka vzorca	NEKVKR0111	NEKVKR0211	NEKVKR0311	NEKVKR0411	NEKVKR0511	NEKVKR0611		
IZOTOP								
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)								
H-3	1,1E+03 ± 9E+01	7,7E+02 ± 1E+02	6,6E+02 ± 8E+01	6,2E+02 ± 6E+01	7,2E+02 ± 8E+01	8,7E+02 ± 6E+01	7,9E+02 ± 7E+01	

Vzorč. mesto	Krško							
Datum vzor.	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letno povprečje (*)	
Kol. vzorca (L)								
Pretok (m ³ /s)	110,7	91,1	70,3	177,8	97,1	166,6		
Oznaka vzorca	NEKVKR0711	NEKVKR0811	NEKVKR0911	NEKVKR1011	NEKVKR1111	NEKVKR1211		
IZOTOP								
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)								
H-3	9,0E+02 ± 9E+01	7,9E+02 ± 1E+02	7,5E+02 ± 8E+01	6,2E+02 ± 9E+01	6,2E+02 ± 1E+02	6,2E+02 ± 7E+01	7,5E+02 ± 4E+01	

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

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

LETO 2011 T - 4c

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



Specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Brežice (kont. vz.) - 8,2 km od NEK					
Datum vzor.	Januar - Marec	April - Junij	Julij - September	Oktober - December	Letno povprečje (*)	
Kol. vzorca (L)	285,6	278,6	286,6	265,5		
Oznaka vzorca	NEKFBR111	NEKFBR211	NEKFBR311	NEKFBR411		
IZOTOP						
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Sr-90	3,6E-02 ± 1E-02	2,6E-02 ± 1E-02	3,3E-02 ± 1E-02	7,1E-02 ± 2E-02	4,2E-02 ± 1E-02	

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

LETO 2011 T – 3a

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



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

Vzorč. mesto	Brežice (kont. vz.) - 8,2 km od NEK						
Datum vzor.	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	48,54	43,16	46,30	48,36	47,86	46,24	
Pretok(m ³ /s)	236,5	108,2	207,5	109,4	100,8	177,2	
Oznaka vzorca	NEKVBR0111	NEKVBR0211	NEKVBR0311	NEKVBR0411	NEKVBR0511	NEKVBR0611	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238	4,0E+00 ± 1E+00	< 4E+00	3,8E+00 ± 2E+00	6,2E+00 ± 3E+00	5,0E+00 ± 3E+00		3,2E+00 ± 1E+00
Ra-226				9,1E-01 ± 2E-01	4,9E-01 ± 2E-01	5,7E-01 ± 4E-01	3,3E-01 ± 2E-01
Pb-210	5,6E+00 ± 2E+00	1,1E+01 ± 7E+00	2,8E+00 ± 2E+00	8,7E+00 ± 4E+00	< 8E+00	1,0E+01 ± 2E+00	6,4E+00 ± 2E+00
Ra-228		1,3E+00 ± 9E-01		1,7E+00 ± 6E-01	2,1E+00 ± 6E-01	1,3E+00 ± 7E-01	1,1E+00 ± 4E-01
Th-228	6,7E-01 ± 5E-01		7,4E-01 ± 6E-01	8,7E-01 ± 5E-01	7,8E-01 ± 6E-01		5,1E-01 ± 2E-01
Th-230							
K-40	2,4E+01 ± 4E+00	5,0E+01 ± 6E+00	3,1E+01 ± 4E+00	4,3E+01 ± 4E+00	4,9E+01 ± 5E+00	2,7E+01 ± 5E+00	3,7E+01 ± 5E+00
Be-7	4,4E+01 ± 4E+00					1,0E+02 ± 7E+00	2,4E+01 ± 2E+01
I-131			5,0E+00 ± 8E-01	5,0E+00 ± 9E-01	5,6E+00 ± 9E-01	6,6E+00 ± 2E+00	3,7E+00 ± 1E+00
Cs-134							
Cs-137	< 9E-01	< 2E+00	4,3E+00 ± 3E-01	< 1E+00	< 1E+00	< 2E+00	7,2E-01 ± 7E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	4,2E+00 ± 3E-01	3,4E+00 ± 2E-01	2,8E+00 ± 2E-01	3,3E+00 ± 2E-01	3,0E+00 ± 2E-01	4,9E+00 ± 3E-01	3,6E+00 ± 3E-01
H-3	6,9E+02 ± 7E+01	1,1E+03 ± 7E+01	1,1E+03 ± 1E+02	2,1E+03 ± 2E+02	1,1E+03 ± 1E+02	1,1E+03 ± 1E+02	1,2E+03 ± 2E+02

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

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

LETO 2011 T - 4a

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



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Brežice (kont. vz.) - 8,2 km od NEK						
Datum vzor.	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	99,3	87,5	98,9	93,2	94,1	91,3	
Oznaka vzorca	NEKFBR0111	NEKFBR0211	NEKFBR0311	NEKFBR0411	NEKFBR0511	NEKFBR0611	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238	5,4E+00 ± 1E+00	1,0E+01 ± 2E+00	4,0E+00 ± 1E+00	2,3E+00 ± 1E+00	2,1E+00 ± 1E+00		4,0E+00 ± 1E+00
Ra-226	3,1E-01 ± 1E-01				1,2E+00 ± 1E+00	2,7E-01 ± 2E-01	3,0E-01 ± 2E-01
Pb-210			2,9E+00 ± 2E+00	1,4E+00 ± 7E-01		1,0E+00 ± 8E-01	8,8E-01 ± 5E-01
Ra-228	9,4E-01 ± 3E-01		3,9E-01 ± 5E-01	8,7E-01 ± 5E-01			3,7E-01 ± 2E-01
Th-228	5,0E-01 ± 3E-01					3,7E-01 ± 3E-01	1,5E-01 ± 9E-02
Th-230							
K-40	< 1E+00	< 4E+00	2,4E+00 ± 2E+00	< 6E+00	3,1E+00 ± 2E+00	< 3E+00	9,2E-01 ± 1E+00
Be-7			2,3E+00 ± 6E-01	2,0E+00 ± 5E-01			7,2E-01 ± 5E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	< 5E-01	4,2E-01 ± 1E-01	< 5E-01	< 5E-01	< 8E-01	< 6E-01	7,0E-02 ± 2E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

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

LETO 2011 T - 3b

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



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

Vzorč. mesto	Brežice (kont. vz.) - 8,2 km od NEK						
Datum vzor.	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	48,0	46,9	46,4	47,6	46,0	47,9	
Pretok (m ³ /s)	110,7	91,1	70,3	177,8	97,1	166,6	
Oznaka vzorca	NEKVBR0711	NEKVBR0811	NEKVBR0911	NEKVBR1011	NEKVBR1111	NEKVBR1211	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238	4,5E+00 ± 3E+00	7,1E+01 ± 9E+00	6,2E+00 ± 1E+00	7,8E+01 ± 1E+01	< 8E+00	8,0E+01 ± 1E+01	2,2E+01 ± 1E+01
Ra-226	1,2E+00 ± 3E-01	5,3E+00 ± 3E-01	2,7E+00 ± 1E-01	7,3E+00 ± 4E-01	6,2E-01 ± 4E-01	1,4E+01 ± 6E-01	2,7E+00 ± 1E+00
Pb-210	< 8E+00	3,8E+01 ± 4E+00	< 4E+00	3,8E+01 ± 4E+00		3,5E+01 ± 4E+00	1,2E+01 ± 4E+00
Ra-228	1,0E+00 ± 7E-01	6,5E+00 ± 5E-01	< 2E+00	6,8E+00 ± 6E-01		5,7E+00 ± 6E-01	2,2E+00 ± 8E-01
Th-228	1,5E+00 ± 7E-01	4,3E+00 ± 5E-01	< 2E+00	5,0E+00 ± 6E-01		4,8E+00 ± 7E-01	1,6E+00 ± 6E-01
Th-230							
K-40	5,9E+01 ± 6E+00	1,2E+02 ± 6E+00	3,6E+01 ± 3E+00	1,3E+02 ± 7E+00	3,4E+01 ± 6E+00	1,2E+02 ± 7E+00	5,9E+01 ± 1E+01
Be-7	1,7E+01 ± 3E+00	9,5E+00 ± 2E+00	< 5E+00	6,3E+00 ± 2E+00			1,5E+01 ± 9E+00
I-131							1,8E+00 ± 8E-01
Cs-134							
Cs-137	< 2E+00	< 1E+00	< 6E-01	5,4E-01 ± 2E-01	< 2E+00	< 2E+00	4,0E-01 ± 4E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,7E+00 ± 2E-01	3,0E+00 ± 2E-01	3,0E+00 ± 2E-01	3,0E+00 ± 2E-01	5,1E+00 ± 3E-01	6,8E+00 ± 4E-01	3,8E+00 ± 4E-01
H-3	1,5E+03 ± 1E+02	1,2E+03 ± 9E+01	1,9E+03 ± 2E+02	< 9E+02	3,3E+03 ± 3E+02	6,4E+02 ± 8E+01	1,3E+03 ± 2E+02

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

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

LETO 2011 T - 4b

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



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Brežice (kont. vz.) - 8,2 km od NEK						
Datum vzor.	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	97,3	99,7	89,7	91,4	81,8	92,3	
Oznaka vzorca	NEKFBR0711	NEKFBR0811	NEKFBR0911	NEKFBR1011	NEKFBR1111	NEKFBR1211	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238	1,3E+00 ± 7E-01	3,7E+01 ± 5E+00	< 3E+00	3,7E+01 ± 5E+00		3,5E+00 ± 5E-01	8,5E+00 ± 4E+00
Ra-226	4,1E-01 ± 9E-02	1,6E+00 ± 1E-01	2,9E-01 ± 9E-02	2,7E+00 ± 1E-01	1,7E-01 ± 1E-01	3,0E-01 ± 2E-01	6,0E-01 ± 2E-01
Pb-210	< 2E+00	1,7E+01 ± 2E+00	< 3E+00	2,0E+01 ± 2E+00		1,9E+00 ± 2E-01	3,6E+00 ± 2E+00
Ra-228	3,1E-01 ± 2E-01	2,2E+00 ± 3E-01	< 2E+00	3,3E+00 ± 2E-01		2,9E-01 ± 2E-01	6,9E-01 ± 3E-01
Th-228	4,9E-01 ± 2E-01	1,9E+00 ± 3E-01	3,9E-01 ± 2E-01	2,1E+00 ± 2E-01	4,9E+00 ± 6E-01	2,2E-01 ± 2E-02	9,1E-01 ± 4E-01
Th-230							
K-40	7,3E+00 ± 2E+00	4,2E+01 ± 2E+00	4,8E+00 ± 1E+00	4,5E+01 ± 2E+00	< 3E+00	4,4E+00 ± 2E-01	9,1E+00 ± 5E+00
Be-7	< 1E+00		< 4E+00	2,0E+00 ± 5E-01		1,9E-01 ± 5E-02	5,4E-01 ± 4E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	< 4E-01	< 7E-01	< 5E-01	< 5E-01	< 8E-01	< 5E-02	3,5E-02 ± 2E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

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

LETO 2011 T - 5a

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



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

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem						
Datum vzor.	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Polletno povprečje (*)
Kol. vzor. (L)	272,4	246,4	272,6	263,7	269,4	270,0	
Pretok (m ³ /s)	276,0	128,0	240,0	129,0	117,0	221,0	
Oznaka vzorca	JFV01-11	JFV02-11	JFV03-11	JFV04-11	JFV05-11	JFV06-11	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238	6,1E+00 ± 1E+00	7,3E+00 ± 2E+00	6,7E+00 ± 1E+00	7,8E+00 ± 1E+00	6,5E+00 ± 1E+00	5,0E+00 ± 1E+00	6,6E+00 ± 5E-01
Ra-226	1,2E+00 ± 3E-01	1,3E+00 ± 3E-01	1,1E+00 ± 3E-01	1,3E+00 ± 3E-01	1,3E+00 ± 3E-01	1,2E+00 ± 3E-01	1,2E+00 ± 1E-01
Pb-210							
Ra-228	1,2E+00 ± 5E-01	1,3E+00 ± 5E-01	9,8E-01 ± 4E-01	1,4E+00 ± 5E-01	1,0E+00 ± 5E-01	8,7E-01 ± 4E-01	1,1E+00 ± 2E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	4,2E+01 ± 5E+00	5,8E+01 ± 7E+00	5,8E+01 ± 7E+00	5,0E+01 ± 6E+00	5,3E+01 ± 7E+00	3,9E+01 ± 5E+00	5,0E+01 ± 3E+00
Be-7	2,4E+00 ± 9E-01			1,9E+00 ± 1E+00	3,1E+00 ± 1E+00	3,4E+00 ± 8E-01	1,8E+00 ± 6E-01
I-131	8,0E+00 ± 1E+00	8,1E+00 ± 1E+00	7,8E+00 ± 1E+00	7,9E+00 ± 2E+00	6,9E+00 ± 1E+00	2,9E+00 ± 6E-01	6,9E+00 ± 8E-01
Cs-134							
Cs-137							
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,7E+00 ± 4E-01	2,4E+00 ± 2E-01	2,5E+00 ± 2E-01	1,9E+00 ± 2E-01	2,4E+00 ± 2E-01	3,6E+00 ± 3E-01	2,6E+00 ± 2E-01
H-3	1,0E+03 ± 2E+02	9,9E+02 ± 2E+02	1,1E+03 ± 2E+02	1,4E+03 ± 2E+02	7,8E+02 ± 2E+02	6,4E+02 ± 2E+02	9,8E+02 ± 1E+02

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

LETO 2011 T - 6a

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



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem						
Datum vzor.	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Polletno povprečje (*)
Kol. vzor. (L)	279,0	252,0	279,0	270,0	279,0	270,0	
Susp. snov (g/m ³)	1,9	0,3	1,3	1,4	0,7	4,9	
Oznaka vzorca	JST01-11	JST02-11	JST03-11	JST04-11	JST05-11	JST06-11	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238						2,3E-01 ± 2E-01	3,8E-02 ± 4E-02
Ra-226							
Pb-210							
Ra-228							
Th-228							
Th-230							
K-40	4,0E+00 ± 1E+00	1,8E+00 ± 1E+00	1,9E+00 ± 1E+00			3,3E+00 ± 1E+00	1,8E+00 ± 7E-01
Be-7						1,7E+00 ± 8E-01	2,9E-01 ± 3E-01
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.

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



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

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem							Letno povprečje (*)
	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December		
Datum vzor.	278.63	270,1	263,9	267,9	263,8	272,6		
Kol. vzor. (L)	278.63	270,1	263,9	267,9	263,8	272,6		
Pretok (m ³ /s)	123,0	97,9	72,6	192,0	104,0	101,0		
Oznaka vzorca	JFV07-11	JFV08-11	JFV09-11	JFV10-11	JFV11-11	JFV12-11		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m³)							
U-238	6,8E+00 ± 1E+00	6,8E+00 ± 1E+00	7,6E+00 ± 2E+00	7,0E+00 ± 1E+00	6,9E+00 ± 1E+00	7,0E+00 ± 1E+00	6,8E+00 ± 4E-01	
Ra-226	1,4E+00 ± 3E-01	1,5E+00 ± 3E-01	1,3E+00 ± 3E-01	1,4E+00 ± 3E-01	1,1E+00 ± 3E-01	1,2E+00 ± 2E-01	1,3E+00 ± 8E-02	
Pb-210								
Ra-228	1,2E+00 ± 5E-01	1,2E+00 ± 5E-01	1,2E+00 ± 5E-01	1,2E+00 ± 5E-01	1,6E+00 ± 5E-01	1,1E+00 ± 5E-01	1,2E+00 ± 1E-01	
Th-228								
Th-230								
K-40	5,5E+01 ± 7E+00	6,5E+01 ± 8E+00	8,1E+01 ± 9E+00	8,1E+01 ± 9E+00	6,0E+01 ± 7E+00	5,7E+01 ± 7E+00	5,8E+01 ± 4E+00	
Be-7	2,7E+00 ± 9E-01	2,1E+00 ± 1E+00	2,1E+00 ± 8E-01	3,4E+00 ± 1E+00	1,7E+00 ± 8E-01	1,8E+00 ± 9E-01	2,0E+00 ± 3E-01	
I-131	2,2E+00 ± 1E+00	5,0E+00 ± 1E+00	3,4E+00 ± 7E-01	4,0E+00 ± 1E+00	7,5E+00 ± 2E+00	3,8E+00 ± 7E-01	5,6E+00 ± 7E-01	
Cs-134								
Cs-137								
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-90	3,4E+00 ± 3E-01	4,1E+00 ± 3E-01	3,4E+00 ± 3E-01	3,2E+00 ± 3E-01	2,1E+00 ± 2E-01	2,4E+00 ± 2E+00	2,8E+00 ± 2E-01	
H-3	5,8E+02 ± 2E+02	8,1E+02 ± 2E+02	1,1E+03 ± 2E+02	9,1E+02 ± 2E+02	2,4E+03 ± 3E+02	1,8E+03 ± 3E+00	1,1E+03 ± 1E+02	

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

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



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem							Letno povprečje (*)
	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December		
Datum vzor.	279,0	279,0	270,0	279,0	270,0	279,0		
Kol. vzor. (L)	279,0	279,0	270,0	279,0	270,0	279,0		
Susp. snov (g/m ³)	4,4	4,5	5,5	13,9	2,3	5,2		
Oznaka vzorca	JST07-11	JST08-11	JST09-11	JST10-11	JST11-11	JST12-11		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m³)							
U-238		7,5E-01 ± 5E-01		1,3E+00 ± 7E-01	8,0E-01 ± 7E-01	1,1E+00 ± 6E-01	3,3E-01 ± 1E-01	
Ra-226	3,1E-01 ± 2E-01	2,6E-01 ± 2E-01	2,8E-01 ± 1E-01	3,2E-01 ± 2E-01			1,2E-01 ± 4E-02	
Pb-210								
Ra-228	3,1E-01 ± 3E-01		3,6E-01 ± 3E-01	5,7E-01 ± 4E-01			1,0E-01 ± 6E-02	
Th-228								
Th-230								
K-40	4,9E+00 ± 2E+00	4,2E+00 ± 1E+00	1,9E+00 ± 1E+00	8,5E+00 ± 2E+00	2,9E+00 ± 1E+00	3,8E+00 ± 1E+00	3,1E+00 ± 7E-01	
Be-7	1,8E+00 ± 7E-01	1,4E+00 ± 9E-01	1,1E+00 ± 6E-01	2,4E+00 ± 9E-01			7,0E-01 ± 3E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137								
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

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

LETO 2011 T - 6a, 6b

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



Specifična analiza Sr-90/Sr-89

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Datum vzor.	Januar - Marec	April - Junij	Julij - September	Oktober - December	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	810,0	819,0	828,0	828,0	
Susp. snov (g/m ³)	1,2	2,3	4,8	7,2	
Oznaka vzorca	JST-I-11	JST-II-11	JST-III-11	JST-IV-11	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
Sr-90	< 1E+00	< 1E+00	< 1E+00	< 1E+00	< 5E-01

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

LETO 2011 T - 7

1. REKA SAVA – VODA - enkratni vzorci nefiltrirane vode



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

Vzorč. mesto	Krško				
Datum vzor.	17. 2. 2011	20. 5. 2011	11. 10. 2011	21. 11. 2011	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (kg)	43,88	44,56	43,66	38,82	
Oznaka vzorca	RSKRK111	RSKRK211	RSKRK311	RSKRK411	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
U-238	< 4E+00	5,8E+00 ± 3E+00	6,3E+00 ± 1E+00	1,0E+02 ± 1E+01	2,8E+01 ± 2E+01
Ra-226	7,7E+00 ± 5E-01	1,4E+00 ± 2E-01	3,4E+00 ± 3E-01	9,2E+00 ± 5E-01	5,4E+00 ± 2E+00
Pb-210	< 4E+00		2,1E-01 ± 2E+00	4,7E+01 ± 5E+00	1,2E+01 ± 1E+01
Ra-228	1,5E+00 ± 8E-01	2,0E+00 ± 5E-01	1,5E+00 ± 5E-01	7,9E+00 ± 7E-01	3,2E+00 ± 2E+00
Th-228	7,5E-01 ± 6E-01	1,1E+00 ± 5E-01	1,9E+00 ± 5E-01	4,9E+00 ± 6E-01	2,2E+00 ± 9E-01
Th-230					
K-40	6,5E+01 ± 5E+00	5,2E+01 ± 4E+00	6,1E+01 ± 5E+00	1,3E+02 ± 7E+00	7,6E+01 ± 2E+01
Be-7			8,4E+00 ± 1E+00	4,6E+00 ± 2E+00	3,3E+00 ± 2E+00
I-131	1,8E+00 ± 5E-01	1,5E+01 ± 1E+00		1,5E+00 ± 4E-01	4,5E+00 ± 3E+00
Cs-134					
Cs-137	< 1E+00	< 1E+00	1,2E-01 ± 2E-01	< 2E+00	2,9E-02 ± 6E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	2,6E+00 ± 2E-01	3,7E+00 ± 2E-01	2,8E+00 ± 2E-01	3,7E+00 ± 2E-01	3,2E+00 ± 3E-01
H-3	7,0E+02 ± 1E+02	5,4E+02 ± 5E+01	6,0E+02 ± 6E+01	6,8E+02 ± 9E+01	6,3E+02 ± 4E+01

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

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

LETO 2011 T - 9
1. REKA SAVA – VODA - enkratni vzorci nefiltrirane vode



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

Vzorč. mesto	Brežice				
Datum vzor.	17. 2. 2011	20. 5. 2011	11. 10. 2011	21. 11. 2011	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (kg)	43,86	43,64	43,56	40,30	
Oznaka vzorca	RSBRK111	RSBRK211	RSBRK311	RSBRK411	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
U-238	< 3E+00	6,2E+01 ± 1E+01	3,9E+00 ± 2E+00		1,6E+01 ± 2E+01
Ra-226	2,2E+01 ± 6E-01	1,5E+00 ± 2E-01	3,8E+00 ± 3E-01	9,2E-01 ± 4E-01	7,0E+00 ± 5E+00
Pb-210			8,9E+00 ± 2E+00		2,2E+00 ± 2E+00
Ra-228		2,1E+00 ± 9E-01	1,4E+00 ± 8E-01	1,5E+00 ± 1E+00	1,3E+00 ± 4E-01
Th-228					
Th-230					
K-40	3,3E+01 ± 5E+00	3,4E+01 ± 3E+00	4,9E+01 ± 6E+00	4,3E+01 ± 7E+00	4,0E+01 ± 4E+00
Be-7			3,5E+00 ± 1E+00		8,7E-01 ± 9E-01
I-131	2,6E+00 ± 5E-01	1,2E+01 ± 1E+00	< 8E+00	1,2E+00 ± 7E-01	4,0E+00 ± 3E+00
Cs-134					
Cs-137	< 2E+00	< 1E+00	< 2E+00	< 2E+00	< 8E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	3,0E+00 ± 2E-01	3,1E+00 ± 2E-01	1,9E+00 ± 1E-01	2,8E+00 ± 2E-01	2,7E+00 ± 3E-01
H-3	6,5E+02 ± 6E+01	6,0E+02 ± 1E+02	6,2E+02 ± 1E+02	6,3E+02 ± 6E+01	6,2E+02 ± 4E+01

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

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

LETO 2011 T - 10
1. REKA SAVA – VODA - enkratni vzorci nefiltrirane vode



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

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Datum vzor.	21. 2. 2011	16. 5. 2011	12. 10. 2011	17. 11. 2011	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (kg)	43,76	41,86	44,36	42,48	
Oznaka vzorca	RSJEK111	RSJEK211	RSJEK311	RSJEK411	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
U-238		5,6E+00 ± 2E+00	5,4E+00 ± 1E+00	1,0E+01 ± 5E+00	5,3E+00 ± 2E+00
Ra-226		1,2E+00 ± 4E-01	3,1E+00 ± 1E-01		1,1E+00 ± 7E-01
Pb-210					
Ra-228		1,1E+00 ± 7E-01	< 2E+00		2,8E-01 ± 6E-01
Th-228		9,6E-01 ± 6E-01	1,6E+00 ± 2E-01		6,4E-01 ± 4E-01
Th-230					
K-40	4,3E+01 ± 4E+00	4,3E+01 ± 5E+00	4,9E+01 ± 3E+00	4,0E+01 ± 6E+00	4,4E+01 ± 2E+00
Be-7			4,6E+00 ± 7E-01		1,1E+00 ± 1E+00
I-131	3,6E+00 ± 5E-01	1,1E+01 ± 1E+00		2,4E+00 ± 4E-01	4,2E+00 ± 2E+00
Cs-134					
Cs-137	< 7E-01	< 1E+00	< 6E-01	< 2E+00	< 6E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	2,7E+00 ± 2E-01	3,1E+00 ± 2E-01	2,5E+00 ± 2E-01	3,3E+00 ± 2E-01	2,9E+00 ± 2E-01
H-3	5,3E+02 ± 1E+02	6,1E+02 ± 5E+01	5,6E+02 ± 4E+01	6,1E+02 ± 5E+01	5,8E+02 ± 4E+01

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

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

LETO 2011 T - 11
1. REKA SAVA – VODA - enkratni vzorci nefiltrirane vode



Specifična analiza H-3

Vzorč. mesto	Podsused (R Hrvatska)				
Datum vzor.	25. 3. 2011	25. 5. 2011	25. 8. 2011	10. 11. 2011	Letno povprečje (*)
Oznaka vzorca	PO-I-11	PO-II-11	PO-III-11	PO-IV-11	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
H-3	< 4E+02	< 4E+02	4,3E+02 ± 2E+02	4,4E+02 ± 1E+02	2,1E+02 ± 2E+02

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

LETO 2011 T - 12
2. REKA SAVA – SEDIMENTI - enkratni vzorci sedimentov



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Krško				
Datum vzor.	3. 2. 2011	10. 5. 2011	22. 9. 2011	10. 11. 2011	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (kg)	0,0796	0,0709	0,0765	0,0726	
Oznaka vzorca	SDKRK111	SDKRK211	SDKRK311	SDKRK411	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	3,5E+01 ± 4E+00	2,8E+01 ± 4E+00	2,7E+01 ± 3E+00	3,7E+01 ± 4E+00	3,2E+01 ± 2E+00
Ra-226	1,8E+01 ± 6E-01	2,4E+01 ± 6E-01	2,8E+01 ± 5E-01	2,9E+01 ± 7E-01	2,5E+01 ± 3E+00
Pb-210	2,8E+01 ± 4E+00	3,8E+01 ± 4E+00	3,9E+01 ± 3E+00	3,3E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 3E+00
Ra-228	2,4E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 1E+00	2,4E+01 ± 8E-01	2,7E+01 ± 9E-01	2,5E+01 ± 8E-01
Th-228	2,2E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 1E+00	2,1E+01 ± 9E-01	2,4E+01 ± 1E+00	2,3E+01 ± 9E-01
Th-230					
K-40	2,5E+02 ± 1E+01	3,0E+02 ± 1E+01	3,0E+02 ± 1E+01	3,3E+02 ± 2E+01	2,9E+02 ± 2E+01
Be-7		1,5E+01 ± 2E+00	1,3E+01 ± 1E+00	5,9E+00 ± 1E+00	8,4E+00 ± 3E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	2,2E+00 ± 3E-01	3,7E+00 ± 3E-01	2,9E+00 ± 2E-01	5,0E+00 ± 3E-01	3,4E+00 ± 6E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	2,9E-01 ± 3E-02	3,4E-01 ± 6E-02	1,8E+00 ± 1E-01	5,5E+00 ± 3E-01	2,0E+00 ± 1E+00

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

LETO 2011 T - 13
2. REKA SAVA – SEDIMENTI - enkratni vzorci sedimentov



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Brežice				
Datum vzor.	3. 2. 2011	10. 5. 2011	22. 9. 2011	10. 11. 2011	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (kg)	0,0828	0,0758	0,0665	0,0799	
Oznaka vzorca	SDBRK111	SDBRK211	SDBRK311	SDBRK411	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,8E+01 ± 4E+00	2,6E+01 ± 3E+00	3,2E+01 ± 4E+00	2,8E+01 ± 4E+00	2,8E+01 ± 2E+00
Ra-226	8,8E+00 ± 5E-01	2,0E+01 ± 5E-01	2,5E+01 ± 6E-01	2,0E+01 ± 5E-01	1,8E+01 ± 3E+00
Pb-210	2,6E+01 ± 4E+00	2,6E+01 ± 4E+00	4,5E+01 ± 4E+00	1,8E+01 ± 4E+00	2,9E+01 ± 6E+00
Ra-228	2,2E+01 ± 9E-01	2,2E+01 ± 9E-01	2,6E+01 ± 1E+00	2,1E+01 ± 8E-01	2,2E+01 ± 1E+00
Th-228	2,1E+01 ± 1E+00	1,9E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 9E-01	1,8E+01 ± 9E-01	2,1E+01 ± 2E+00
Th-230					
K-40	2,4E+02 ± 9E+00	3,0E+02 ± 2E+01	3,2E+02 ± 2E+01	2,7E+02 ± 1E+01	2,8E+02 ± 2E+01
Be-7		4,6E+00 ± 1E+00	3,6E+01 ± 3E+00		1,0E+01 ± 9E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	1,6E+00 ± 2E-01	3,1E+00 ± 2E-01	3,9E+00 ± 3E-01	1,9E+00 ± 2E-01	2,6E+00 ± 5E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	2,5E-01 ± 3E-02	7,4E-01 ± 5E-02	3,1E+00 ± 2E-01	3,1E-01 ± 8E-02	1,1E+00 ± 7E-01

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

LETO 2011 T - 14
2. REKA SAVA – SEDIMENTI - enkratni vzorci sedimentov



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Datum vzor.	3. 2. 2011	10. 5. 2011	22. 9. 2011	10. 11. 2011	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (kg)	0,0799	0,0697	0,0522	0,0766	
Oznaka vzorca	SDJEK111	SDJEK211	SDJEK311	SDJEK411	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,3E+01 ± 3E+00	3,6E+01 ± 5E+00	4,4E+01 ± 5E+00	2,7E+01 ± 3E+00	3,2E+01 ± 5E+00
Ra-226	2,1E+01 ± 6E-01	2,2E+01 ± 8E-01	2,9E+01 ± 8E-01	2,4E+01 ± 6E-01	2,4E+01 ± 2E+00
Pb-210	2,7E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 5E+00	7,3E+01 ± 6E+00	2,0E+01 ± 4E+00	4,0E+01 ± 1E+01
Ra-228	2,4E+01 ± 9E-01	2,8E+01 ± 1E+00	3,4E+01 ± 1E+00	2,2E+01 ± 9E-01	2,7E+01 ± 3E+00
Th-228	2,1E+01 ± 1E+00	2,3E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 1E+00	2,1E+01 ± 1E+00	2,4E+01 ± 2E+00
Th-230					
K-40	3,2E+02 ± 2E+01	3,3E+02 ± 2E+01	4,1E+02 ± 2E+01	3,0E+02 ± 2E+01	3,4E+02 ± 3E+01
Be-7		1,9E+01 ± 2E+00	7,2E+01 ± 4E+00	7,1E+00 ± 1E+00	2,5E+01 ± 2E+01
I-131					
Cs-134					
Cs-137	2,9E+00 ± 2E-01	4,1E+00 ± 3E-01	5,3E+00 ± 3E-01	2,1E+00 ± 2E-01	3,6E+00 ± 7E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	3,3E-01 ± 5E-02	5,8E-01 ± 8E-02	2,8E+00 ± 2E-01	2,5E+00 ± 2E-01	1,6E+00 ± 6E-01

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

LETO 2011 T - 15/p
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Krško pod mostom				
Datum vzor.	25. 3. 2011	25. 5. 2011	25. 8. 2011	10. 11. 2011	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (kg)	0,172	0,164	0,181	0,175	
Oznaka vzorca	SIZ03-11	SIZ05-11	SIZ08-11	SIZ11-11	
IZOTOP	AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,2E+01 ± 5E+00	2,3E+01 ± 5E+00	2,5E+01 ± 5E+00	2,2E+01 ± 5E+00	2,3E+01 ± 2E+00
Ra-226	2,7E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 3E+00	2,9E+01 ± 4E+00	2,7E+01 ± 2E+00
Pb-210					
Ra-228	2,5E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 4E+00	2,4E+01 ± 4E+00	2,3E+01 ± 4E+00	2,4E+01 ± 2E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	2,7E+02 ± 3E+01	3,1E+02 ± 4E+01	2,9E+02 ± 3E+01	3,1E+02 ± 4E+01	2,9E+02 ± 2E+01
Be-7			1,1E+01 ± 6E+00		2,8E+00 ± 3E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	3,4E+00 ± 5E-01	2,9E+00 ± 6E-01	2,2E+00 ± 4E-01	2,5E+00 ± 7E-01	2,7E+00 ± 3E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					

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

LETO 2011 T - 16/p1
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Krško pod jezom NEK				
Datum vzor.	25. 3. 2011	25. 5. 2011	25. 8. 2011	10. 11. 2011	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (kg)	0,184	0,161	0,163	0,179	
Oznaka vzorca	SIS03-11	SIS05-11	SIS08-11	SIS11-11	
IZOTOP	AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,8E+01 ± 6E+00	2,3E+01 ± 5E+00	2,0E+01 ± 4E+00	2,6E+01 ± 5E+00	2,4E+01 ± 3E+00
Ra-226	3,1E+01 ± 4E+00	2,8E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 2E+00
Pb-210					
Ra-228	2,7E+01 ± 4E+00	2,8E+01 ± 4E+00	2,3E+01 ± 4E+00	2,2E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 2E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	3,1E+02 ± 4E+01	3,2E+02 ± 4E+01	3,4E+02 ± 4E+01	3,1E+02 ± 4E+01	3,2E+02 ± 2E+01
Be-7		1,8E+01 ± 4E+00	1,5E+01 ± 5E+00		8,3E+00 ± 5E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	6,9E+00 ± 9E-01	3,9E+00 ± 7E-01	2,3E+00 ± 6E-01	1,3E+00 ± 6E-01	3,6E+00 ± 1E+00
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					

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

LETO 2011 T - 16/p2
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Pesje				
Datum vzor.	25. 3. 2011	25. 5. 2011	25. 8. 2011	10. 11. 2011	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (kg)	0,192	0,190	0,151	0,164	
Oznaka vzorca	SPE03-11	SPE05-11	SPE08-11	SPE11-11	
IZOTOP	AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	1,9E+01 ± 4E+00	1,6E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 6E+00	2,5E+01 ± 5E+00	2,1E+01 ± 2E+00
Ra-226	2,4E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 3E+00	2,8E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 2E+00
Pb-210					
Ra-228	2,5E+01 ± 4E+00	2,1E+01 ± 4E+00	2,7E+01 ± 4E+00	2,7E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 2E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	2,7E+02 ± 3E+01	2,4E+02 ± 3E+01	3,6E+02 ± 4E+01	3,5E+02 ± 4E+01	3,1E+02 ± 3E+01
Be-7		9,9E+00 ± 3E+00	2,5E+01 ± 8E+00	8,5E+00 ± 3E+00	1,1E+01 ± 5E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	1,9E+00 ± 4E-01	1,4E+00 ± 4E-01	2,6E+00 ± 7E-01	1,8E+00 ± 5E-01	1,9E+00 ± 3E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					

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

LETO 2011 T - 16/p3
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Brežice				
Datum vzor.	25. 3. 2011	25. 5. 2011	25. 8. 2011	10. 11. 2011	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (kg)	0,187	0,181	0,160	0,181	
Oznaka vzorca	SBR03-11	SBR05-11	SBR08-11	SBR11-11	
IZOTOP	AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	2,0E+01 ± 4E+00	1,8E+01 ± 5E+00	2,0E+01 ± 4E+00	1,3E+01 ± 4E+00	1,8E+01 ± 2E+00
Ra-226	2,5E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 3E+00	2,8E+01 ± 3E+00	2,0E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 2E+00
Pb-210					
Ra-228	2,5E+01 ± 4E+00	2,4E+01 ± 4E+00	2,5E+01 ± 4E+00	2,0E+01 ± 4E+00	2,4E+01 ± 2E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	2,8E+02 ± 3E+01	2,8E+02 ± 3E+01	3,5E+02 ± 4E+01	2,8E+02 ± 3E+01	3,0E+02 ± 2E+01
Be-7		1,6E+01 ± 4E+00	2,0E+01 ± 7E+00	3,1E+00 ± 2E+00	9,7E+00 ± 5E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	1,6E+00 ± 4E-01	1,4E+00 ± 5E-01	2,8E+00 ± 5E-01	9,5E-01 ± 4E-01	1,7E+00 ± 4E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					

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

LETO 2011 T - 17/p
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Datum vzor.	25. 3. 2011	25. 5. 2011	25. 8. 2011	10. 11. 2011	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (kg)	0,150	0,141	0,134	0,168	
Oznaka vzorca	SJE03-11	SJE05-11	SJE08-11	SJE11-11	
IZOTOP	AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	3,0E+01 ± 6E+00	2,8E+01 ± 6E+00	2,5E+01 ± 5E+00	2,5E+01 ± 5E+00	2,7E+01 ± 3E+00
Ra-226	3,3E+01 ± 4E+00	3,3E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 4E+00	2,6E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 2E+00
Pb-210					
Ra-228	3,1E+01 ± 5E+00	3,2E+01 ± 5E+00	3,3E+01 ± 5E+00	2,7E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 2E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	3,9E+02 ± 4E+01	3,8E+02 ± 4E+01	4,2E+02 ± 5E+01	3,0E+02 ± 3E+01	3,7E+02 ± 3E+01
Be-7		6,3E+01 ± 9E+00	7,3E+01 ± 1E+01	7,6E+00 ± 3E+00	3,6E+01 ± 2E+01
I-131					
Cs-134					
Cs-137	5,5E+00 ± 9E-01	6,0E+00 ± 8E-01	6,0E+00 ± 1E+00	2,5E+00 ± 4E-01	5,0E+00 ± 8E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					

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

LETO 2011 T - 18
2. REKA SAVA – SEDIMENTI



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Podsused (R Hrvatska)				
Datum vzor.	25. 3. 2011	25. 5. 2011	25. 8. 2011	10. 11. 2011	Letno povprečje (*)
Kol. vzor. (kg)	0,187	0,194	0,191	0,185	
Oznaka vzorca	SPO03-11	SPO05-11	SPO08-11	SPO11-11	
IZOTOP	AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	1,8E+01 ± 4E+00	2,1E+01 ± 5E+00	2,0E+01 ± 5E+00	1,7E+01 ± 4E+00	1,9E+01 ± 2E+00
Ra-226	2,3E+01 ± 3E+00	2,0E+01 ± 3E+00	1,9E+01 ± 2E+00	2,2E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 1E+00
Pb-210					
Ra-228	1,8E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 3E+00	1,6E+01 ± 3E+00	1,7E+01 ± 3E+00	1,8E+01 ± 2E+00
Th-228					
Th-230					
K-40	2,6E+02 ± 3E+01	2,3E+02 ± 3E+01	2,3E+02 ± 3E+01	2,4E+02 ± 3E+01	2,4E+02 ± 1E+01
Be-7		2,6E+00 ± 2E+00		5,2E+00 ± 3E+00	2,0E+00 ± 1E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	1,5E+00 ± 4E-01	4,7E-01 ± 3E-01		5,3E-01 ± 2E-01	6,3E-01 ± 3E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	< 1E+00	< 1E+00	< 1E+00	< 1E+00	< 5E-01

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

LETO 2011 T - 19
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Krško				
Vrsta vzorca	podust	mrena	mrena	klen	Letno povprečje (*)
Datum vzor.	7. 6. 2011	12. 7. 2011	12. 7. 2011	5. 8. 2011	
Oznaka vzorca	RIKR0211	RIKR0511	RIKR0811	RIKR1111	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238					
Ra-226	4,3E-02 ± 3E-02	2,1E-01 ± 3E-02	1,9E-01 ± 3E-02	2,2E-01 ± 2E-01	5,5E-02 ± 6E-02
Pb-210	3,3E-01 ± 3E-01			2,8E-01 ± 3E-02	1,8E-01 ± 5E-02
Ra-228	9,5E-02 ± 5E-02	2,2E-01 ± 7E-02		1,6E-01 ± 7E-02	8,2E-02 ± 8E-02
Th-228	< 2E-01	1,7E-01 ± 6E-02	9,2E-02 ± 6E-02	3,8E-02 ± 6E-02	1,2E-01 ± 5E-02
Th-230					7,4E-02 ± 7E-02
K-40	8,8E+01 ± 5E+00	1,0E+02 ± 5E+00	1,2E+02 ± 6E+00	9,8E+01 ± 5E+00	1,0E+02 ± 6E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	< 1E-01	2,7E-02 ± 2E-02	< 1,3E-01	8,0E-02 ± 2E-02	2,7E-02 ± 4E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,2E-01 ± 1E-02	2,8E-01 ± 3E-02	1,5E-01 ± 2E-02	3,2E-01 ± 2E-02	2,2E-01 ± 5E-02

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

LETO 2011 T - 21
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Brežice				
Vrsta vzorca	podust	mrena	klen	podust	Letno povprečje (*)
Datum vzor.	7. 6. 2011	7. 6. 2011	12. 7. 2011	5. 8. 2011	
Oznaka vzorca	RIBR0111	RIBR0411	RIBR0711	RIBR1011	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238	5,4E-01 ± 2E-01	8,2E+00 ± 1E+00	1,0E+00 ± 3E-01	7,6E-01 ± 3E-01	2,6E+00 ± 2E+00
Ra-226	5,3E-02 ± 3E-02	2,1E-01 ± 4E-02	2,9E-01 ± 4E-02	2,3E-01 ± 4E-02	2,0E-01 ± 5E-02
Pb-210	< 9E-01		4,7E-01 ± 3E-01		1,2E-01 ± 2E-01
Ra-228	2,2E-01 ± 7E-02	3,5E-01 ± 1E-01	1,7E-01 ± 1E-01	2,5E-01 ± 9E-02	2,5E-01 ± 4E-02
Th-228	< 3E-01	2,3E-01 ± 8E-02	9,7E-02 ± 8E-02	< 5E-01	8,1E-02 ± 1E-01
Th-230					
K-40	7,9E+01 ± 2E+00	1,0E+02 ± 3E+00	1,0E+02 ± 3E+00	8,8E+01 ± 3E+00	9,2E+01 ± 5E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	< 2E-01	7,1E-02 ± 3E-02	< 2E-01	2,1E-01 ± 3E-02	7,1E-02 ± 7E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,1E-01 ± 1E-02	1,3E-01 ± 1E-02	2,0E-01 ± 2E-02	2,5E-01 ± 2E-02	1,7E-01 ± 3E-02

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

LETO 2011 T – 22
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem				
Vrsta vzorca	podust	podust	klen	klen	Letno povprečje (*)
Datum vzor.	7. 6. 2011	12. 7. 2011	5. 8. 2011	5. 8. 2011	
Oznaka vzorca	RIJE0311	RIJE0611	RIJE0911	RIJE1211	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238					
Ra-226	1,6E-01 ± 3E-02	1,3E-01 ± 3E-02	1,9E-01 ± 4E-02	5,5E-01 ± 4E-01	1,4E-01 ± 1E-01
Pb-210	5,8E-01 ± 2E-01				1,6E-01 ± 2E-02
Ra-228	2,6E-01 ± 6E-02	1,5E-01 ± 8E-02		2,1E-01 ± 1E-01	1,4E-01 ± 1E-01
Th-228	2,0E-01 ± 6E-02	1,4E-01 ± 8E-02	1,2E-01 ± 8E-02	1,6E-01 ± 1E-01	1,5E-01 ± 6E-02
Th-230					1,6E-01 ± 4E-02
K-40	7,7E+01 ± 3E+00	1,0E+02 ± 4E+00	9,5E+01 ± 4E+00	9,7E+01 ± 4E+00	9,3E+01 ± 5E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	< 1E-01	< 2E-01	< 2E-01	< 2E-01	< 1E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-90	1,1E-01 ± 2E-02	1,4E-01 ± 2E-02	1,9E-01 ± 2E-02	3,6E-01 ± 3E-02	2,0E-01 ± 5E-02

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

LETO 2011 T - 22/p1
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



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

Vzorč. mesto	Jesenice na Dolenjskem					
Vrsta vzorca	Sivi tolstolobik	Bolen	Bolen	Klen	Sivi tolstolobik	Letno povprečje (*)
Datum vzor.	<i>Aristichthys nobilis</i>	<i>Aspius aspius</i>	<i>Aspius aspius</i>	<i>Acer campestre</i>	<i>Aristichthys nobilis</i>	
Kol. vzor. (kg)	30. 5. 2011	30. 5. 2011	12. 10. 2011	12. 10. 2011	12. 10. 2011	
Odstoteksuhne snovi	0,382	0,417	0,388	0,357	0,363	
Oznaka vzorca	33,58	32,44	35,07	31,56	28,46	
Oznaka vzorca	JE0611R2	JE0611R3	JE1011R1	JE1011R2	JE1011R3	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)					
U-238						
Ra-226						
Pb-210						
Ra-228						
Th-228						
Th-230						
K-40	1,2E+02 ± 1E+01	1,2E+02 ± 1E+01	1,5E+02 ± 2E+01	1E+02 ± 1E+01	1,3E+02 ± 2E+01	
Be-7						
I-131						
Cs-134						
Cs-137						
Co-58						
Co-60						
Cr-51						
Mn-54						
Zn-65						
Nb-95						
Ru-106						
Sb-125						

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

LETO 2011 T - 24
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



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

Vzorč. mesto	Otok (R Hrvatska)					
Vrsta vzorca	Jez <i>Leuciscus idus</i>	Mrena <i>Barbus barbus</i>	Platnica <i>Rutilus pigus virgo</i>	Mrena <i>Barbus barbus</i>	Klen <i>Acer campestre</i>	Letno povprečje (*)
Datum vzor.	30. 5. 2011	30. 5. 2011	12. 10. 2011	12. 10. 2011	12. 10. 2011	
Kol. vzor. (kg)	0,449	0,487	0,440	0,411	0,339	
Odstoteksuhe snovi	31,84	28,58	28,56	24,10	26,68	
Oznaka vzorca	OT0611R1	OT0611R2	OT1011R1	OT1011R2	OT1011R3	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)					
U-238 Ra-226 Pb-210 Ra-228 Th-228 Th-230 K-40 Be-7 I-131 Cs-134 Cs-137 Co-58 Co-60 Cr-51 Mn-54 Zn-65 Nb-95 Ru-106 Sb-125	1,2E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 1E+01	1,2E+02 ± 1E+01	1E+02 ± 1E+01	1,4E+02 ± 2E+01	1,2E+02 ± 7E+00

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

LETO 2011 T - 25
2. REKA SAVA – VODNA BIOTA - RIBE



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

Vzorč. mesto	Podsused (R Hrvatska)				
Vrsta vzorca	Podust <i>Chondrostoma nasus</i>	Klen <i>Acer campestre</i>	Jez <i>Leuciscus idus</i>	Mrena <i>Barbus barbus</i>	Letno povprečje (*)
Datum vzor.	30. 5. 2011	30. 5. 2011	12. 10. 2011	12. 10. 2011	
Kol. vzor. (kg)	0,391	0,388	0,383	0,321	
Odstoteksuhe snovi	29,45	30,26	29,42	27,21	
Oznaka vzorca	PO0611R1	PO0611R2	PO1011R1	PO1011R3	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)				
U-238 Ra-226 Pb-210 Ra-228 Th-228 Th-230 K-40 Be-7 I-131 Cs-134 Cs-137 Co-58 Co-60 Cr-51 Mn-54 Zn-65 Nb-95 Ru-106 Sb-125	1,3E+02 ± 1E+01	1,3E+02 ± 2E+01	1,2E+02 ± 1E+01	1,5E+02 ± 2E+01	1,3E+02 ± 8E+00

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

VODOVODI, ČRPALIŠČA in ZAJETJA

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

LETO 2011 T - 28
3. VODOVOD KRŠKO – enkratni vzorci

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

Vzorč. mesto	vodovod Krško (Petrol)				
	Datum vzor.	11. 1. 2011	7. 4. 2011	31. 8. 2011	9. 11. 2011
Kol. vzorca (L)	48,87	54,32	49,21	48,03	
Oznaka vzorca	K11VD111	K11VD141	K11VD181	K11VD1B1	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
U-238	< 5E+00	2,2E+00 ± 1E+00	5,6E+00 ± 3E+00		1,9E+00 ± 1E+00
Ra-226	3,4E+00 ± 1E+00	4,2E-01 ± 3E-01		6,4E+00 ± 2E+00	2,5E+00 ± 1E+00
Pb-210	6,2E+00 ± 2E+00	< 2E+00	< 2E+00	< 3E+00	1,6E+00 ± 2E+00
Ra-228	1,1E+00 ± 5E-01	1,3E+00 ± 4E-01	8,3E-01 ± 2E-01	6,7E-01 ± 4E-01	9,8E-01 ± 2E-01
Th-228	8,9E-01 ± 2E-01	4,3E-01 ± 2E-01	4,2E-01 ± 1E-01	6,4E-01 ± 2E-01	5,9E-01 ± 1E-01
Th-230					
K-40	3,6E+01 ± 4E+00	2,4E+01 ± 4E+00	5,5E+01 ± 6E+00	2,4E+01 ± 3E+00	3,5E+01 ± 7E+00
Be-7		< 1E+00			< 2E-01
I-131					
Cs-134					
Cs-137		< 3E-01	< 7E-02		< 5E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	9,8E-01 ± 2E-01	5,0E-01 ± 8E-02	6,6E-01 ± 1E-01	8,0E-01 ± 1E-01	7,4E-01 ± 1E-01
H-3	6,9E+02 ± 2E+02	7,9E+02 ± 2E+02	1,3E+03 ± 2E+02	1,0E+03 ± 2E+02	9,5E+02 ± 1E+02

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

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

LETO 2011 T - 29
3. VODOVOD BREŽICE – enkratni vzorci

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

Vzorč. mesto	vodovod Brežice (Petrol)				
	Datum vzor.	11. 1. 2011	7. 4. 2011	31. 8. 2011	9. 11. 2011
Kol. vzorca (L)	48,29	47,62	50,23	49,43	
Oznaka vzorca	K11VD311	K11VD341	K11VD381	K11VD3B1	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
U-238	2,2E+00 ± 8E-01	2,5E+00 ± 1E+00	5,2E+00 ± 1E+00	2,2E+00 ± 2E+00	3,0E+00 ± 7E-01
Ra-226	1,0E+00 ± 3E-01	9,5E-01 ± 4E-01	< 2E+00		5,0E-01 ± 4E-01
Pb-210	1,4E+00 ± 4E-01	2,4E+00 ± 1E+00	< 2E+00	< 3E+00	9,5E-01 ± 6E-01
Ra-228		6,7E-01 ± 4E-01	7,2E-01 ± 3E-01	1,8E+00 ± 7E-01	7,9E-01 ± 4E-01
Th-228	5,9E-01 ± 7E-02	4,4E-01 ± 2E-01	3,5E-01 ± 1E-01	< 5E-01	3,5E-01 ± 1E-01
Th-230					
K-40	1,9E+01 ± 2E+00	2,2E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 3E+00	1,8E+01 ± 7E+00	2,1E+01 ± 2E+00
Be-7	9,8E-01 ± 6E-01				2,5E-01 ± 2E-01
I-131					
Cs-134					
Cs-137		< 3E-01	< 3E-01	< 9E-02	< 7E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	8,9E-01 ± 1E-01	7,9E-01 ± 1E-01	6,3E-01 ± 9E-02	7,8E-01 ± 1E-01	7,7E-01 ± 6E-02
H-3	< 4E+02	< 4E+02	< 4E+02	< 5E+02	< 1E+02

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

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

LETO 2011 T - V1
3. VRTINA E1 V NEK – enkratni vzorci



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

Vzorč. mesto	Vrtina E1 NEK				
Datum vzor.	11. 1. 2011	13. 4. 2011	31. 8. 2011	9. 11. 2011	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	44,11	45,29	50,33	46,89	
Oznaka vzorca	K11VRE111	K11VRE141	K11VRE181	K11VRE1B1	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
U-238	2,9E+00 ± 2E+00	1,1E+01 ± 2E+00	1,1E+01 ± 2E+00	< 1E+01	6,3E+00 ± 3E+00
Ra-226	4,2E+00 ± 1E+00	5,0E+00 ± 7E-01	3,6E+00 ± 2E+00	3,0E+00 ± 1E+00	3,9E+00 ± 8E-01
Pb-210	< 3E+00	7,1E+00 ± 2E+00	1,5E+01 ± 2E+00	< 2E+00	5,5E+00 ± 4E+00
Ra-228	1,9E+00 ± 5E-01	2,6E+00 ± 5E-01	1,7E+00 ± 7E-01	2,6E+00 ± 5E-01	2,2E+00 ± 3E-01
Th-228	8,4E-01 ± 4E-01	9,8E-01 ± 3E-01	6,4E-01 ± 2E-01	1,1E+00 ± 3E-01	8,9E-01 ± 2E-01
Th-230					
K-40	1,1E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 1E+01	1,4E+02 ± 1E+01	1,4E+02 ± 1E+01	1,3E+02 ± 8E+00
Be-7					
I-131					
Cs-134					
Cs-137	< 3E-01		< 3E-01	< 5E-01	< 1E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	3,3E+00 ± 3E-01	6,2E+00 ± 5E-01	4,6E+00 ± 3E-01	2,4E+00 ± 2E-01	4,1E+00 ± 8E-01
H-3	1,2E+03 ± 2E+02	1,4E+03 ± 3E+02	8,6E+02 ± 1E+02	1,5E+03 ± 2E+02	1,2E+03 ± 1E+02

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

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

LETO 2011 T - V2
3. VRTINA VOP-4 V VRBINI – enkratni vzorci



Specifična analiza H-3 (**)

Vzorč. mesto	VRTINA VOP 4						
Datum vzor.	28. 12. 2010 - 28. 12. 2010	1. 2. 2011 - 1. 2. 2011	1. 3. 2011 - 1. 3. 2011	5. 4. 2011 - 5. 4. 2011	3. 5. 2011 - 3. 5. 2011	1. 6. 2011 - 1. 6. 2011	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oznaka vzorca	K11VRP411	K11VRP421	K11VRP431	K11VRP441	K11VRP451	K11VRP461	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
H-3	9,6E+02 ± 1E+02	1,8E+03 ± 2E+02	1,5E+03 ± 1E+02	1,3E+03 ± 1E+02	1,6E+03 ± 2E+02	1,5E+03 ± 1E+02	1,4E+03 ± 1E+02

Vzorč. mesto	VRTINA VOP 4						
Datum vzor.	4. 7. 2011 - 4. 7. 2011	1. 8. 2011 - 1. 8. 2011	1. 9. 2011 - 1. 9. 2011	3. 10. 2011 - 3. 10. 2011	2. 11. 2011 - 2. 11. 2011	1. 12. 2011 - 1. 12. 2011	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Oznaka vzorca	K11VRP471	K11VRP481	K11VRP491	K11VRP4A1	K11VRP4B1	K11VRP4C1	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
H-3	1,4E+03 ± 2E+02	1,3E+03 ± 1E+02	1,6E+03 ± 2E+02	1,2E+03 ± 1E+02	1,1E+03 ± 1E+02	2,1E+03 ± 1E+02	1,4E+03 ± 9E+01

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

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

LETO 2011 T - 30a
4. VODOVOD BREŽICE – mesečni sestavljeni vzorci



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

Vzrč. mesto	vodovod Brežice (M. Volčanšek)						
Datum vzor.	16. 12. 2010 - 17. 1. 2011	17. 1. 2011 - 16. 2. 2011	16. 2. 2011 - 16. 3. 2011	16. 3. 2011 - 18. 4. 2011	18. 4. 2011 - 16. 5. 2011	16. 5. 2011 - 16. 6. 2011	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	49,59	45,61	43,31	46,9	43,59	45,87	
Oznaka vzorca	K11VC3111	K11VC3121	K11VC3131	K11VC3141	K11VC3151	K11VC3161	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238	6,4E+00 ± 2E+00	< 5E+00		2,7E+00 ± 4E-01	3,1E+00 ± 2E+00	5,4E+00 ± 1E+00	2,9E+00 ± 1E+00
Ra-226				3,7E-01 ± 2E-01	1,1E+00 ± 6E-01	3,5E+00 ± 6E-01	8,3E-01 ± 6E-01
Pb-210	< 3E+00	< 4E+00	< 3E+00	3,2E+00 ± 1E+00	5,3E+00 ± 2E+00	< 3E+00	1,4E+00 ± 9E-01
Ra-228	< 1E+00	6,2E-01 ± 5E-01			1,3E+00 ± 7E-01	< 2E+00	3,2E-01 ± 3E-01
Th-228	< 3E-01	7,6E-01 ± 2E-01		< 5E-01	9,8E-01 ± 7E-01	3,6E-01 ± 2E-01	3,5E-01 ± 2E-01
Th-230							
K-40	2,2E+01 ± 4E+00	2,3E+01 ± 5E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 2E+00
Be-7		3,8E+00 ± 1E+00					6,4E-01 ± 6E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137		< 3E-01			< 1E-01	< 7E-01	< 8E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	5,2E-01 ± 8E-02	1,1E+00 ± 2E-01	1,4E+00 ± 3E-01	< 5E-01	< 5E-01	< 6E-01	5,0E-01 ± 3E-01
H-3	1,7E+02 ± 3E+01	1,3E+02 ± 1E+01	8,4E+01 ± 1E+01	1,3E+02 ± 2E+01	1,1E+02 ± 3E+01	8,4E+01 ± 1E+01	1,2E+02 ± 1E+01

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

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

LETO 2011 T - 30b
4. VODOVOD BREŽICE – mesečni sestavljeni vzorci



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

Vzrč. mesto	vodovod Brežice (M. Volčanšek)						
Datum vzor.	16. 6. 2011 - 18. 7. 2011	18. 7. 2011 - 16. 8. 2011	16. 8. 2011 - 19. 9. 2011	19. 9. 2011 - 17. 10. 2011	17. 10. 2011 - 16. 11. 2011	16. 11. 2011 - 19. 12. 2011	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	45,08	44,7	41,83	44,35	48,07	49,71	
Oznaka vzorca	K11VC3171	K11VC3181	K11VC3191	K11VC31A1	K11VC31B1	K11VC31C1	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238	6,4E+00 ± 2E+00	4,7E+00 ± 2E+00	< 6E+00	< 4E+00	2,8E+00 ± 1E+00	2,1E+00 ± 1E+00	2,8E+00 ± 7E-01
Ra-226	< 1E+01	< 3E+00	< 2E+00	3,4E+00 ± 2E+00	7,8E+00 ± 2E+00	< 2E+00	1,4E+00 ± 7E-01
Pb-210	< 6E+00	< 2E+00	< 4E+00	< 3E+00	3,4E+00 ± 2E+00	2,0E+00 ± 9E-01	1,2E+00 ± 6E-01
Ra-228	< 3E+00	< 4E-01	< 4E+00	1,4E+00 ± 7E-01		1,1E+00 ± 6E-01	3,6E-01 ± 3E-01
Th-228	5,9E-01 ± 3E-01	2,7E-01 ± 2E-01	1,4E+00 ± 1E+00		2,6E-01 ± 1E-01	2,3E-01 ± 2E-01	4,0E-01 ± 1E-01
Th-230							
K-40	2,2E+01 ± 5E+00	2,3E+01 ± 3E+00	1,9E+01 ± 7E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 1E+00
Be-7							3,2E-01 ± 3E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	< 8E-01	< 4E-01	< 5E-01	< 1E-01			< 6E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	6,9E-01 ± 1E-01	8,0E-01 ± 1E-01	6,5E-01 ± 1E-01	7,2E-01 ± 1E-01	< 4E-01	4,6E-01 ± 8E-02	5,3E-01 ± 1E-01
H-3	2,8E+02 ± 3E+01	< 9E+01	1,5E+02 ± 2E+01	1,1E+02 ± 9E+00	< 7E+01	8,3E+01 ± 1E+01	1,1E+02 ± 2E+01

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

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

LETO 2011 T - 31a
4. ČRPALIŠČE VODOVODA KRŠKO – mesečni sestavljeni vzorci



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

Vzorč. mesto	črpališče Brege							
Datum vzor.	16. 12. 2010 - 17. 1. 2011	17. 1. 2011 - 16. 2. 2011	16. 2. 2011 - 16. 3. 2011	16. 3. 2011 - 18. 4. 2011	18. 4. 2011 - 16. 5. 2011	16. 5. 2011 - 16. 6. 2011		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	43,79	40,33	37,44	39,83	42,37	42,35		
Oznaka vzorca	K11VC1111	K11VC1121	K11VC1131	K11VC1141	K11VC1151	K11VC1161		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238	3,0E+00 ± 2E+00	4,5E+00 ± 3E+00	< 2E-01	2,2E+00 ± 6E-01	2,7E+00 ± 8E-01	< 2E+01	1,3E+00 ± 2E+00	
Ra-226		1,3E+00 ± 5E-01	1,6E+00 ± 7E-01			3,6E+00 ± 1E+00	1,9E+00 ± 5E-01	
Pb-210	6,0E+00 ± 3E+00	< 4E+00	< 2E+00	< 3E+00	< 7E+00	< 4E+00	1,0E+00 ± 1E+00	
Ra-228	1,3E+00 ± 4E-01	1,2E+00 ± 5E-01	1,1E+00 ± 4E-01	5,3E-01 ± 3E-01	1,9E+00 ± 7E-01	1,3E+00 ± 7E-01	1,2E+00 ± 2E-01	
Th-228	4,6E-01 ± 3E-01	5,6E-01 ± 2E-01	< 3E-01	2,7E-01 ± 2E-01	< 3E+00	< 7E-01	2,2E-01 ± 4E-01	
Th-230								
K-40	5,8E+01 ± 6E+00	8,1E+01 ± 8E+00	6,9E+01 ± 8E+00	5,6E+01 ± 6E+00	7,0E+01 ± 8E+00	7,2E+01 ± 8E+00	6,8E+01 ± 4E+00	
Be-7								
I-131								
Cs-134								
Cs-137	<	2E-01	< 6E-01				< 7E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	1,1E+00 ± 2E-01	1,1E+00 ± 2E-01	1,6E+00 ± 3E-01	8,2E-01 ± 1E-01	7,5E-01 ± 1E-01	7,6E-01 ± 1E-01	1,0E+00 ± 1E-01	
H-3	1,9E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 1E+02	1,7E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 1E+02	1,6E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 2E+02	1,7E+03 ± 7E+01	

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

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

LETO 2011 T - 31b
4. ČRPALIŠČE VODOVODA KRŠKO – mesečni sestavljeni vzorci



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

Vzorč. mesto	črpališče Brege						
Datum vzor.	16. 6. 2011 - 18. 7. 2011	18. 7. 2011 - 16. 8. 2011	16. 8. 2011 - 19. 9. 2011	19. 9. 2011 - 17. 10. 2011	17. 10. 2011 - 16. 11. 2011	16. 11. 2011 - 19. 12. 2011	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	38,38	43,76	35,39	15,08	38,73	47,57	
Oznaka vzorca	K11VC1171	K11VC1181	K11VC1191	K11VC11A1	K11VC11B1	K11VC11C1	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238	5,3E+00 ± 1E+00	< 8E+00	5,6E+00 ± 2E+00	1,0E+01 ± 4E+00	< 7E+00	< 5E+00	2,4E+00 ± 1E+00
Ra-226	< 3E+00	< 2E+01	< 8E+00	< 6E+00			9,5E-01 ± 1E+00
Pb-210	< 2E+00	2,7E+00 ± 2E+00	< 3E+00	< 3E+01	< 4E+00	< 6E+00	7,3E-01 ± 2E+00
Ra-228	1,5E+00 ± 4E-01	1,8E+00 ± 6E-01		2,0E+00 ± 1E+00	1,3E+00 ± 6E-01	2,1E+00 ± 6E-01	1,3E+00 ± 2E-01
Th-228	< 9E-01	< 8E-01	< 8E-01	1,0E+00 ± 5E-01	4,0E-01 ± 2E-01	6,0E-01 ± 3E-01	2,8E-01 ± 2E-01
Th-230	9,9E+00 ± 7E+00						8,3E-01 ± 8E-01
K-40	4,7E+01 ± 5E+00	7,1E+01 ± 8E+00	8,0E+01 ± 9E+00	9,5E+01 ± 1E+01	8,4E+01 ± 9E+00	4,1E+01 ± 6E+00	6,9E+01 ± 5E+00
Be-7	1,5E+00 ± 8E-01					< 4E+00	1,3E-01 ± 2E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137							< 3E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	1,3E+00 ± 2E-01	1,1E+00 ± 2E-01	1,3E+00 ± 2E-01	2,4E+00 ± 4E-01	1,4E+00 ± 2E-01	8,9E-01 ± 1E-01	1,2E+00 ± 1E-01
H-3	1,7E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 1E+02	1,6E+03 ± 2E+02	1,3E+03 ± 1E+02	1,3E+03 ± 1E+02	1,2E+03 ± 1E+02	1,6E+03 ± 7E+01

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

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

LETO 2011 T - 32a
4. ČRPALIŠČE VODOVODA KRŠKO – mesečni sestavljeni vzorci



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

Vzorč. mesto	črpališče Drnovo							Polletno povprečje (*)
	Datum vzor.	16. 12. 2010 - 17. 1. 2011	17. 1. 2011 - 16. 2. 2011	16. 2. 2011 - 16. 3. 2011	16. 3. 2011 - 18. 4. 2011	18. 4. 2011 - 16. 5. 2011	16. 5. 2011 - 16. 6. 2011	
Kol. vzorca (L)	48,18	40,95	38,95	44,34	46,76	45,81		
Oznaka vzorca	K11VCI211	K11VCI221	K11VCI231	K11VCI241	K11VCI251	K11VCI261		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238		6,8E+00 ± 2E+00	1,7E+00 ± 9E-01	< 8E+00			1,4E+00 ± 1E+00	
Ra-226	3,1E+00 ± 1E+00	1,9E+00 ± 7E-01	1,5E+00 ± 6E-01	2,7E+00 ± 6E-01	9,3E+00 ± 1E+00	4,7E+00 ± 9E-01	3,9E+00 ± 1E+00	
Pb-210	< 4E+00	2,2E+00 ± 1E+00	< 3E+00	< 8E+00	< 4E+00	< 3E+00	3,6E-01 ± 1E+00	
Ra-228	1,1E+00 ± 6E-01	6,3E-01 ± 3E-01	9,1E-01 ± 4E-01	1,1E+00 ± 6E-01	1,0E+00 ± 3E-01	9,7E-01 ± 3E-01	9,6E-01 ± 2E-01	
Th-228	< 7E-01	< 6E-01	3,8E-01 ± 2E-01	2,0E-01 ± 2E-01	4,8E-01 ± 2E-01	3,2E-01 ± 1E-01	2,3E-01 ± 1E-01	
Th-230	3,0E+01 ± 1E+01						5,0E+00 ± 5E+00	
K-40	4,7E+01 ± 5E+00	5,2E+01 ± 5E+00	5,6E+01 ± 6E+00	5,3E+01 ± 6E+00	4,6E+01 ± 5E+00	5,2E+01 ± 6E+00	5,1E+01 ± 2E+00	
Be-7								
I-131								
Cs-134								
Cs-137		< 2E-01	< 3E-01	< 1E-01		< 1E-01	< 4E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	1,1E+00 ± 2E-01	1,3E+00 ± 2E-01	1,1E+00 ± 1E-01	2,0E+00 ± 4E-01	5,7E-01 ± 1E-01	< 5E-01	1,0E+00 ± 3E-01	
H-3	1,4E+03 ± 9E+01	1,5E+03 ± 1E+02	1,2E+03 ± 2E+02	1,1E+03 ± 8E+01	9,5E+02 ± 7E+01	1,4E+03 ± 1E+02	1,3E+03 ± 8E+01	

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

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

LETO 2011 T - 32b
4. ČRPALIŠČE VODOVODA KRŠKO – mesečni sestavljeni vzorci



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

Vzorč. mesto	črpališče Drnovo						Letno povprečje (*)
	Datum vzor.	16. 6. 2011 - 18. 7. 2011	18. 7. 2011 - 16. 8. 2011	16. 8. 2011 - 19. 9. 2011	19. 9. 2011 - 17. 10. 2011	17. 10. 2011 - 16. 11. 2011	
Kol. vzorca (L)	45,62	49,36	46,17	47,89	42,41	42,89	
Oznaka vzorca	K11VCI271	K11VCI281	K11VCI291	K11VCI2A1	K11VCI2B1	K11VCI2C1	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238	5,1E+00 ± 2E+00	4,8E+00 ± 1E+00	3,7E+00 ± 1E+00	< 4E+00	1,0E+01 ± 2E+00	1,0E+01 ± 4E+00	3,5E+00 ± 1E+00
Ra-226		< 4E+00	5,0E+00 ± 3E+00	4,2E+00 ± 2E+00	3,8E+00 ± 2E+00	1,1E+00 ± 7E-01	3,1E+00 ± 7E-01
Pb-210	< 3E+00	< 2E+00	< 2E+00	< 3E+00	9,4E+00 ± 4E+00	< 9E+00	9,7E-01 ± 9E-01
Ra-228	6,9E-01 ± 3E-01	8,0E-01 ± 6E-01	8,5E-01 ± 6E-01	5,9E-01 ± 3E-01	1,2E+00 ± 8E-01	9,9E-01 ± 2E-01	9,1E-01 ± 1E-01
Th-228	2,3E-01 ± 1E-01	2,5E-01 ± 2E-01	< 9E-01	3,9E-01 ± 2E-01	5,1E-01 ± 2E-01	< 2E-01	2,3E-01 ± 8E-02
Th-230		5,1E+01 ± 4E+01					6,7E+00 ± 5E+00
K-40	4,7E+01 ± 5E+00	4,0E+01 ± 5E+00	4,7E+01 ± 6E+00	4,1E+01 ± 5E+00	3,4E+01 ± 5E+00	3,6E+01 ± 4E+00	4,6E+01 ± 2E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137			< 3E-01				< 3E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	1,1E+00 ± 2E-01	1,0E+00 ± 1E-01	7,2E-01 ± 1E-01	8,5E-01 ± 2E-01	1,2E+00 ± 2E-01	7,8E-01 ± 1E-01	9,7E-01 ± 1E-01
H-3	1,4E+03 ± 1E+02	1,1E+03 ± 8E+01	1,2E+03 ± 1E+02	1,0E+03 ± 9E+01	1,0E+03 ± 9E+01	1,0E+03 ± 2E+02	1,2E+03 ± 5E+01

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

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

LETO 2011 T - 33a
4. ZAJETJE VODOVODA KRŠKO – mesečni sestavljeni vzorci



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

Vzorč. mesto	vodovod Spodnji Stari Grad						
Datum vzor.	16. 12. 2010 - 17. 1. 2011	17. 1. 2011 - 16. 2. 2011	16. 2. 2011 - 16. 3. 2011	16. 3. 2011 - 18. 4. 2011	18. 4. 2011 - 16. 5. 2011	16. 5. 2011 - 16. 6. 2011	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	42,49	45,43	40,69	51,38	42,39	47,03	
Oznaka vzorca	K11VC211	K11VC221	K11VC231	K11VC241	K11VC251	K11VC261	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238	9,9E-01 ± 7E-01	4,3E+00 ± 1E+00	5,3E+00 ± 2E+00	5,5E+00 ± 2E+00	3,5E+00 ± 1E+00	6,3E+00 ± 2E+00	4,3E+00 ± 8E-01
Ra-226	5,1E+00 ± 1E+00	< 2E+00	< 2E+00	1,2E+00 ± 7E-01	1,2E+00 ± 9E-01	1,9E+00 ± 8E-01	1,6E+00 ± 8E-01
Pb-210	< 2E+00	2,5E+00 ± 1E+00	< 2E+00	< 2E+00	< 1E+01	9E+00	4,1E-01 ± 1E+00
Ra-228	< 1E+00	1,1E+00 ± 6E-01	8,8E-01 ± 5E-01	7,5E-01 ± 4E-01	1,1E+00 ± 6E-01	1,4E+00 ± 7E-01	8,6E-01 ± 3E-01
Th-228	4,5E-01 ± 2E-01	1,9E-01 ± 1E-01	3,8E-01 ± 3E-01	3,6E-01 ± 2E-01	4,1E-01 ± 2E-01	< 7E-01	3,0E-01 ± 1E-01
Th-230							
K-40	3,0E+01 ± 4E+00	2,4E+01 ± 3E+00	3,0E+01 ± 4E+00	2,8E+01 ± 3E+00	3,7E+01 ± 5E+00	3,7E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 2E+00
Be-7			< 7E+00		4,5E+00 ± 2E+00		7,6E-01 ± 8E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137		< 2E-01					< 2E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	1,2E+00 ± 2E-01	1,8E+00 ± 3E-01	1,4E+00 ± 2E-01	1,3E+00 ± 1E-01	1,4E+00 ± 2E-01	1,7E+00 ± 2E-01	1,5E+00 ± 1E-01
H-3	1,0E+03 ± 1E+02	1,0E+03 ± 1E+02	1,0E+03 ± 1E+02	8,8E+02 ± 7E+01	8,4E+02 ± 7E+01	9,4E+02 ± 1E+02	9,5E+02 ± 4E+01

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

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

LETO 2011 T - 33b
4. ZAJETJE VODOVODA KRŠKO – mesečni sestavljeni vzorci



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

Vzorč. mesto	vodovod Spodnji Stari Grad						
Datum vzor.	16. 6. 2011 - 18. 7. 2011	18. 7. 2011 - 16. 8. 2011	16. 8. 2011 - 19. 9. 2011	19. 9. 2011 - 17. 10. 2011	17. 10. 2011 - 16. 11. 2011	16. 11. 2011 - 19. 12. 2011	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	45,4	46,97	43,81	50,25	45,51	44,85	
Oznaka vzorca	K11VC271	K11VC281	K11VC291	K11VC2A1	K11VC2B1	K11VC2C1	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238	7,0E+00 ± 2E+00	5,6E+00 ± 2E+00	8,6E+00 ± 2E+00	2,6E+00 ± 1E+00	4,1E+00 ± 1E+00	5,3E+00 ± 2E+00	4,9E+00 ± 6E-01
Ra-226			1,9E+00 ± 1E+00	3,0E+00 ± 2E+00	6,4E+00 ± 2E+00	1,1E+00 ± 7E-01	1,8E+00 ± 6E-01
Pb-210	< 2E+00	< 1E+01	< 2E+00	< 3E+00	< 5E+00	4,6E+00 ± 1E+00	5,9E-01 ± 9E-01
Ra-228	1,0E+00 ± 2E-01	8,9E-01 ± 4E-01	1,4E+00 ± 5E-01	6,1E-01 ± 2E-01	8,4E-01 ± 3E-01	1,3E+00 ± 4E-01	9,3E-01 ± 1E-01
Th-228	2,3E-01 ± 1E-01	< 3E-01	5,9E-01 ± 2E-01	4,1E-01 ± 2E-01	2,2E-01 ± 2E-01	3,5E-01 ± 2E-01	3,0E-01 ± 7E-02
Th-230							
K-40	5,1E+01 ± 5E+00	4,1E+01 ± 4E+00	5,6E+01 ± 6E+00	3,7E+01 ± 4E+00	3,2E+01 ± 4E+00	5,9E+01 ± 6E+00	3,8E+01 ± 3E+00
Be-7							3,8E-01 ± 4E-01
I-131							
Cs-134							
Cs-137			< 4E-01				< 2E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	1,2E+00 ± 2E-01	1,3E+00 ± 2E-01	1,1E+00 ± 2E-01	1,5E+00 ± 2E-01	1,3E+00 ± 1E-01	1,1E+00 ± 1E-01	1,4E+00 ± 6E-02
H-3	1,2E+03 ± 1E+02	1,2E+03 ± 2E+02	1,4E+03 ± 1E+02	8,4E+02 ± 8E+01	8,0E+02 ± 8E+01	9,7E+02 ± 9E+01	1,0E+03 ± 5E+01

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

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

LETO 2011 T - 34a
4. ČRPALIŠČE VODOVODA BREŽICE – mesečni sestavljeni vzorci



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

Vzorč. mesto	črpališče Brežice (Glogov Brod novo)						
Datum vzor.	16. 12. 2010 - 17. 1. 2011	17. 1. 2011 - 16. 2. 2011	16. 2. 2011 - 16. 3. 2011	16. 3. 2011 - 18. 4. 2011	18. 4. 2011 - 16. 5. 2011	16. 5. 2011 - 16. 6. 2011	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	47,96	44,84	41,87	49,37	41,7	46,19	
Oznaka vzorca	K11VC3211	K11VC3221	K11VC3231	K11VC3241	K11VC3251	K11VC3261	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238	< 5E+00	2,6E+00 ± 2E+00	7,5E+00 ± 3E+00	< 6E+00	3,9E+00 ± 1E+00	3,0E+00 ± 2E+00	2,8E+00 ± 1E+00
Ra-226			2E+00	2,9E+00 ± 5E-01	2,6E+00 ± 7E-01	1,5E+00 ± 4E-01	1,2E+00 ± 6E-01
Pb-210	< 5E+00	5,5E+00 ± 2E+00	8,8E+00 ± 2E+00	5,2E+00 ± 3E+00	< 6E+00	4,0E+00 ± 2E+00	3,9E+00 ± 1E+00
Ra-228	1,1E+00 ± 8E-01	1,3E+00 ± 5E-01	< 2E+00		< 1E+00	< 4E-01	3,9E-01 ± 3E-01
Th-228	3,8E-01 ± 2E-01	7,1E-01 ± 2E-01	3,1E-01 ± 2E-01	< 5E-01	6,2E-01 ± 3E-01	3,1E-01 ± 2E-01	3,9E-01 ± 1E-01
Th-230	< 2E+01					4,2E+01 ± 2E+01	7,0E+00 ± 7E+00
K-40	2,2E+01 ± 4E+00	2,2E+01 ± 4E+00	1,8E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 3E+00	1,4E+01 ± 3E+00	2,5E+01 ± 3E+00	2,0E+01 ± 2E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,8E-01 ± 8E-02			< 1E-01	2,4E-01 ± 1E-01	< 3E-01	7,0E-02 ± 4E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	7,3E-01 ± 1E-01	< 8E-01	< 8E-01	9,2E-01 ± 1E-01	< 5E-01	< 4E-01	2,7E-01 ± 2E-01
H-3	1,8E+02 ± 4E+01	9,2E+01 ± 1E+01	1,4E+02 ± 1E+01	8,4E+01 ± 1E+01	8,9E+01 ± 2E+01	8,5E+01 ± 2E+01	1,1E+02 ± 2E+01

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

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

LETO 2011 T - 34b
4. ČRPALIŠČE VODOVODA BREŽICE – mesečni sestavljeni vzorci



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

Vzorč. mesto	črpališče Brežice (Glogov Brod novo)						
Datum vzor.	16. 6. 2011 - 18. 7. 2011	18. 7. 2011 - 16. 8. 2011	16. 8. 2011 - 19. 9. 2011	19. 9. 2011 - 17. 10. 2011	17. 10. 2011 - 16. 11. 2011	16. 11. 2011 - 19. 12. 2011	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	48,14	43,26	50,17	41,67	44,85	49,51	
Oznaka vzorca	K11VC3271	K11VC3281	K11VC3291	K11VC32A1	K11VC32B1	K11VC32C1	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
U-238	5,4E+00 ± 1E+00	5,5E+00 ± 2E+00	4,3E+00 ± 2E+00	3,4E+00 ± 1E+00	< 7E+00	5,1E+00 ± 1E+00	3,4E+00 ± 7E-01
Ra-226	4,2E+00 ± 3E+00	2,8E+00 ± 2E+00	< 3E+00	< 3E+00	5,8E+00 ± 3E+00	< 1E+00	1,6E+00 ± 6E-01
Pb-210	4,9E+00 ± 1E+00	3,7E+00 ± 1E+00	3,1E+00 ± 2E+00	< 2E+01	3,9E+00 ± 2E+00	4,3E+00 ± 1E+00	3,6E+00 ± 1E+00
Ra-228	< 2E+00	2,9E+00 ± 1E+00	8,5E-01 ± 5E-01	1,8E+00 ± 6E-01	5,2E-01 ± 4E-01	4,3E-01 ± 2E-01	7,4E-01 ± 3E-01
Th-228	< 7E-01	< 1E+00	< 8E-01	3,5E-01 ± 2E-01	1,5E-01 ± 1E-01	3,5E-01 ± 2E-01	2,6E-01 ± 1E-01
Th-230							3,5E+00 ± 4E+00
K-40	1,8E+01 ± 2E+00	2,5E+01 ± 3E+00	2,0E+01 ± 6E+00	2,6E+01 ± 4E+00	2,4E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 3E+00	2,1E+01 ± 1E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137			< 6E-01				3,5E-02 ± 4E-02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-89/Sr-90	< 5E-01	5,2E-01 ± 8E-02	4,6E-01 ± 8E-02	7,9E-01 ± 1E-01	7,0E-01 ± 2E-01	5,2E-01 ± 1E-01	3,9E-01 ± 1E-01
H-3	5,8E+01 ± 5E+00	1,2E+02 ± 1E+01	1,2E+02 ± 2E+01	< 1E+02	< 7E+01	1,0E+02 ± 2E+01	8,8E+01 ± 1E+01

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

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

LETO 2011 T - 35a
4. PODTALNICA – R HRVAŠKA - enkratni vzorci nefiltrirane vode



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

Vzorč. mesto	MEDSAVE (R Hrvatska)						
	Datum vzor.	5. 1. 2011	3. 2. 2011	2. 3. 2011	4. 4. 2011	5. 5. 2011	16. 6. 2011
Kol. vzorca (L)	55,6	55,3	53,9	53,0	54,9	52,6	
Oznaka vzorca	MED01-11	MED02-11	MED03-11	MED04-11	MED05-11	MED06-11	
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238	8,2E+00 ± 2E+00	8,2E+00 ± 2E+00	9,1E+00 ± 2E+00	6,8E+00 ± 2E+00	6,9E+00 ± 2E+00	3,9E+00 ± 2E+00	7,2E+00 ± 8E-01
Ra-226	9,0E-01 ± 4E-01	7,3E-01 ± 4E-01	1,0E+00 ± 4E-01		6,7E-01 ± 5E-01	7,1E-01 ± 4E-01	6,7E-01 ± 2E-01
Pb-210							
Ra-228		2,2E+00 ± 9E-01	1,1E+00 ± 7E-01		1,2E+00 ± 7E-01		7,4E-01 ± 4E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	2,9E+01 ± 6E+00	6,3E+01 ± 9E+00	5,7E+01 ± 8E+00	6,0E+01 ± 9E+00	7,0E+01 ± 1E+01	4,7E+01 ± 7E+00	5,4E+01 ± 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							
Sr-90	2,1E+00 ± 2E-01	1,9E+00 ± 6E-01	3,4E+00 ± 3E-01	2,8E+00 ± 3E-01	2,3E+00 ± 3E-01	3,2E+00 ± 3E-01	2,6E+00 ± 2E-01
H-3	< 4E+02	< 4E+02	5,8E+02 ± 2E+02	< 4E+02	4,8E+02 ± 2E+02	< 4E+02	1,8E+02 ± 1E+02

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

LETO 2011 T - 35b
4. PODTALNICA – R HRVAŠKA - enkratni vzorci nefiltrirane vode



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

Vzorč. mesto	MEDSAVE (R Hrvatska)						
	Datum vzor.	8. 7. 2011	2. 8. 2011	3. 9. 2011	7. 10. 2011	3. 11. 2011	2. 12. 2011
Kol. vzorca (L)	48,2	49,4	52,4	52,7	52,2	52,3	
Oznaka vzorca	MED07-11	MED08-11	MED09-11	MED10-11	MED11-11	MED12-11	
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238	6,7E+00 ± 2E+00	6,0E+00 ± 2E+00	8,6E+00 ± 2E+00	9,1E+00 ± 3E+00	7,6E+00 ± 3E+00	9,9E+00 ± 3E+00	7,6E+00 ± 7E-01
Ra-226	6,8E-01 ± 5E-01	7,8E-01 ± 4E-01	5,9E-01 ± 4E-01		5,0E-01 ± 3E-01		5,5E-01 ± 1E-01
Pb-210							
Ra-228							3,7E-01 ± 2E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	5,3E+01 ± 8E+00	7,5E+01 ± 1E+01	7,4E+01 ± 1E+01	7,5E+01 ± 1E+01	5,7E+01 ± 9E+00	7,0E+01 ± 1E+01	6,1E+01 ± 4E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137							
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	3,2E+00 ± 4E-01	3,9E+00 ± 4E-01	4,0E+00 ± 4E-01	3,4E+00 ± 3E-01	2,2E+00 ± 3E-01	2,0E+00 ± 2E-01	2,9E+00 ± 2E-01
H-3	8,8E+02 ± 2E+02	7,7E+02 ± 2E+02	7,2E+02 ± 1E+02	7,1E+02 ± 1E+02	< 4E+02	1,8E+03 ± 3E+02	5,0E+02 ± 2E+02

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

LETO 2011 T - 36a

4. PODTALNICA – R HRVAŠKA - enkratni vzorci nefiltrirane vode



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

Vzorč. mesto	ŠIBICE (R Hrvatska)						
Datum vzor.	5. 1. 2011	3. 2. 2011	2. 3. 2011	4. 4. 2011	5. 5. 2011	16. 6. 2011	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	56,7	56,4	56,8	58,7	56,5	52,7	
Oznaka vzorca	SIB01-11	SIB02-11	SIB03-11	SIB04-11	SIB05-11	SIB06-11	
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238	8,4E+00 ± 2E+00	9,4E+00 ± 2E+00	7,2E+00 ± 2E+00	6,3E+00 ± 2E+00	5,7E+00 ± 2E+00	6,0E+00 ± 2E+00	7,2E+00 ± 8E-01
Ra-226	9,2E-01 ± 4E-01	1,2E+00 ± 4E-01	1,3E+00 ± 5E-01	9,3E-01 ± 3E-01	1,3E+00 ± 4E-01	1,2E+00 ± 4E-01	1,1E+00 ± 2E-01
Pb-210							
Ra-228	1,4E+00 ± 8E-01	1,5E+00 ± 8E-01	2,5E+00 ± 1E+00	1,1E+00 ± 8E-01	1,2E+00 ± 7E-01	1,8E+00 ± 9E-01	1,6E+00 ± 3E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	4,8E+01 ± 7E+00	5,4E+01 ± 8E+00	4,4E+01 ± 7E+00	4,8E+01 ± 7E+00	4,6E+01 ± 7E+00	5,5E+01 ± 8E+00	4,9E+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	2,9E+00 ± 3E-01	1,5E+00 ± 5E-01	3,1E+00 ± 3E-01	3,3E+00 ± 3E-01	3,7E+00 ± 4E-01	3,9E+00 ± 4E-01	3,1E+00 ± 3E-01
H-3	5,6E+02 ± 1E+02	5,6E+02 ± 1E+02	5,4E+02 ± 1E+02	9,2E+02 ± 1E+02	8,3E+02 ± 1E+02	9,2E+02 ± 1E+02	7,2E+02 ± 8E+01

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

LETO 2011 T - 36b

4. PODTALNICA – R HRVAŠKA - enkratni vzorci nefiltrirane vode



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

Vzorč. mesto	ŠIBICE (R Hrvatska)						
Datum vzor.	8. 7. 2011	2. 8. 2011	3. 9. 2011	26. 10. 2011	3. 11. 2011	2. 12. 2011	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	60,9	52,8	54,7	54,7	52,0	55,1	
Oznaka vzorca	SIB07-11	SIB08-11	SIB09-11	SIB10-11	SIB11-11	SIB12-11	
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U-238	5,3E+00 ± 2E+00	8,9E+00 ± 2E+00	5,6E+00 ± 2E+00	1,1E+01 ± 3E+00	1,3E+01 ± 3E+00	9,0E+00 ± 3E+00	8,0E+00 ± 7E-01
Ra-226	8,6E-01 ± 4E-01	1,5E+00 ± 5E-01	1,7E+00 ± 5E-01	1,2E+00 ± 4E-01	1,2E+00 ± 4E-01	8,7E-01 ± 3E-01	1,2E+00 ± 1E-01
Pb-210							
Ra-228		1,8E+00 ± 1E+00	1,2E+00 ± 1E+00	1,2E+00 ± 7E-01	1,9E+00 ± 9E-01	1,6E+00 ± 8E-01	1,4E+00 ± 2E-01
Th-228							
Th-230							
K-40	3,9E+01 ± 6E+00	5,7E+01 ± 9E+00	6,3E+01 ± 9E+00	6,5E+01 ± 9E+00	6,2E+01 ± 9E+00	5,4E+01 ± 8E+00	5,3E+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	4,1E+00 ± 6E-01	4,3E+00 ± 5E-01	4,5E+00 ± 5E-01	3,9E+00 ± 5E-01	3,6E+00 ± 4E-01	3,5E+00 ± 4E-01	3,5E+00 ± 2E-01
H-3	< 4E+02	< 4E+02	< 4E+02	< 4E+02	< 4E+02	< 4E+02	3,6E+02 ± 1E+02

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

5. PADAVINE IN USEDI

6. USEDI – VAZELINSKE PLOŠČE

LETO 2011 T - 37a
5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci



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

Vzorč. mesto	Brege							
Datum vzor.	28. 12. 2010 - 1. 2. 2011	1. 2. 2011 - 1. 3. 2011	1. 3. 2011 - 4. 4. 2011	4. 4. 2011 - 3. 5. 2011	3. 5. 2011 - 1. 6. 2011	1. 6. 2011 - 4. 7. 2011		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	5,33	3,98	10,87	22,93	21,56	28,61		
Padavine (mm)***	19,5	10,3	34,2	58,5	78,0	88,9		
Oznaka vzorca	K11PD211	K11PD221	K11PD231	K11PD241	K11PD251	K11PD261		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
Na-22				1,1E+00 ± 3E-01				1,9E-01 ± 2E-01
U-238	9,4E+00 ± 3E+00	< 1E+01	< 5E+01	4,9E+00 ± 2E+00	< 2E+01	< 3,0E+00 ± 2E+00		2,9E+00 ± 5E+00
Ra-226	5,1E+00 ± 4E+00	< 7E+00		< 3E-01	9,7E-01 ± 6E-01			1,0E+00 ± 1E+00
Pb-210	4,2E+02 ± 2E+01	2,1E+02 ± 2E+01	7,8E+01 ± 9E+00	5,9E+01 ± 6E+00	7,2E+01 ± 5E+00	2,0E+01 ± 3E+00		1,4E+02 ± 6E+01
Ra-228	< 8E+00	< 1E+01	< 7E+00	3,4E+00 ± 2E+00	2,3E+00 ± 1E+00	< 1E+00		9,4E-01 ± 2E+00
Th-230								
Th-228	2,3E+00 ± 8E-01		< 1E+00	1,0E+00 ± 3E-01	< 2E+00	8,7E-01 ± 3E-01		6,9E-01 ± 4E-01
K-40	5,2E+01 ± 2E+01	4,9E+01 ± 3E+01	2,3E+01 ± 9E+00	1,7E+01 ± 4E+00	1,2E+01 ± 7E+00	1,6E+01 ± 3E+00		2,8E+01 ± 7E+00
Be-7	4,7E+02 ± 2E+01	7,1E+02 ± 4E+01	2,9E+02 ± 1E+01	6,6E+02 ± 3E+01	4,9E+02 ± 2E+01	2,3E+02 ± 1E+01		4,8E+02 ± 8E+01
I-131			7,4E+01 ± 4E+00	1,4E+01 ± 2E+00				1,5E+01 ± 1E+01
Cs-134				7,2E-01 ± 2E-01				1,2E-01 ± 1E-01
Cs-137		< 3E+00		1,0E+00 ± 7E-01	5,7E-01 ± 3E-01	2,5E-01 ± 2E-01		3,0E-01 ± 3E-01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	5,4E+00 ± 8E-01	6,6E+00 ± 1E+00	1,8E+00 ± 3E-01	< 8E-01	1,2E+00 ± 3E-01	1,3E+00 ± 4E-01		2,7E+00 ± 1E+00
H-3	2,4E+03 ± 3E+02	1,2E+03 ± 2E+02	1,3E+03 ± 2E+02	3,0E+03 ± 3E+02	2,2E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 2E+02		2,0E+03 ± 3E+02

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

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

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

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

Vzorč. mesto	Brege							
Datum vzor.	28. 12. 2010 - 1. 2. 2011	1. 2. 2011 - 1. 3. 2011	1. 3. 2011 - 4. 4. 2011	4. 4. 2011 - 3. 5. 2011	3. 5. 2011 - 1. 6. 2011	1. 6. 2011 - 4. 7. 2011		Polletni used (*)
Kol. vzorca (L)	5,3	4,0	10,9	22,9	21,6	28,6		
Padavine (mm)***	19,5	10,3	34,2	58,5	78,0	88,9		
Oznaka vzorca	K11PD211	K11PD221	K11PD231	K11PD241	K11PD251	K11PD261		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
Na-22				6,6E-02 ± 2E-02				6,6E-02 ± 5E-02
U-238	1,8E-01 ± 5E-02	< 1E-01	< 2E+00	2,9E-01 ± 1E-01	< 1E+00	< 2,6E-01 ± 1E-01		7,3E-01 ± 1E+00
Ra-226	1,0E-01 ± 8E-02	< 8E-02		< 2E-02	7,6E-02 ± 5E-02			1,8E-01 ± 1E-01
Pb-210	8,1E+00 ± 4E-01	2,2E+00 ± 2E-01	2,7E+00 ± 3E-01	3,5E+00 ± 3E-01	5,6E+00 ± 4E-01	1,7E+00 ± 3E-01		2,4E+01 ± 8E-01
Ra-228	< 2E-01	< 1E-01	< 2E-01	2,0E-01 ± 9E-02	1,8E-01 ± 1E-01	< 1E-01		3,7E-01 ± 2E-01
Th-230								
Th-228	4,4E-02 ± 2E-02		< 5E-02	5,9E-02 ± 2E-02	< 2E-01	7,7E-02 ± 3E-02		1,8E-01 ± 1E-01
K-40	1,0E+00 ± 3E-01	5,0E-01 ± 3E-01	8,0E-01 ± 3E-01	9,8E-01 ± 3E-01	9,7E-01 ± 5E-01	1,4E+00 ± 3E-01		5,7E+00 ± 8E-01
Be-7	9,2E+00 ± 5E-01	7,3E+00 ± 4E-01	1,0E+01 ± 5E-01	3,9E+01 ± 2E+00	3,8E+01 ± 2E+00	2,1E+01 ± 1E+00		1,2E+02 ± 3E+00
I-131			2,5E+00 ± 1E-01	8,0E-01 ± 1E-01				3,3E+00 ± 2E-01
Cs-134				4,2E-02 ± 1E-02				4,2E-02 ± 1E-02
Cs-137		< 3E-02		5,9E-02 ± 4E-02	4,4E-02 ± 2E-02	2,2E-02 ± 1E-02		1,3E-01 ± 5E-02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	1,0E-01 ± 2E-02	6,8E-02 ± 1E-02	6,1E-02 ± 1E-02	< 5E-02	9,2E-02 ± 2E-02	1,1E-01 ± 3E-02		4,4E-01 ± 5E-02
H-3	4,6E+01 ± 6E+00	1,3E+01 ± 2E+00	4,3E+01 ± 6E+00	1,7E+02 ± 2E+01	1,7E+02 ± 2E+01	1,6E+02 ± 2E+01		6,1E+02 ± 3E+01

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

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

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

LETO 2011 T - 37b
5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci

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

Vzorč. mesto	Breg							
Datum vzor.	4. 7. 2011 - 1. 8. 2011	1. 8. 2011 - 1. 9. 2011	1. 9. 2011 - 3. 10. 2011	3. 10. 2011 - 2. 11. 2011	2. 11. 2011 - 1. 12. 2011	1. 12. 2011 - 27. 12. 2011		Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	38,53	0,41	16,85	33,73	0,5508	28,27		
Padavine (mm)***	122,5	13,0	56,6	100,4	1,4	89,3		
Oznaka vzorca	K11PD271	K11PD281	K11PD291	K11PD2A1	K11PD2B1	K11PD2C1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
Na-22		2,6E+00 ± 1E+00						1,1E-01 ± 1E-01
U-238	3,0E+00 ± 2E+00	< 6E+01	< 2E+01	5,9E+00 ± 2E+00	2,7E+03 ± 9E+02	4,3E+00 ± 2E+00		3,1E+00 ± 3E+00
Ra-226					< 5E+02	< 4E+00		6,1E-01 ± 6E-01
Pb-210	5,7E+01 ± 4E+00	4,7E+02 ± 4E+01	7,1E+01 ± 1E+01	7,5E+00 ± 1E+00	< 2E+03	9,4E+01 ± 5E+00		1,1E+02 ± 4E+01
Ra-228	5,9E-01 ± 4E-01	1,3E+01 ± 5E+00	3,6E+00 ± 2E+00	1,7E+00 ± 1E+00	2,8E+02 ± 2E+02	9,4E-01 ± 7E-01		1,3E+00 ± 1E+00
Th-230			< 1E+02					< 6E+00
Th-228	5,4E-01 ± 3E-01	5,1E+00 ± 2E+00	1,3E+00 ± 6E-01	5,8E-01 ± 2E-01	< 2E+02	4,8E-01 ± 2E-01		7,0E-01 ± 2E-01
K-40	2,6E+01 ± 5E+00	9,6E+01 ± 4E+01	3,5E+01 ± 1E+01	5,5E+00 ± 3E+00	< 1E+03	1,4E+01 ± 4E+00		2,5E+01 ± 5E+00
Be-7	5,2E+02 ± 3E+01	1,2E+03 ± 6E+01	3,3E+02 ± 2E+01	1,2E+02 ± 8E+00	2,1E+03 ± 4E+02	2,5E+02 ± 1E+01		4,1E+02 ± 6E+01
I-131								8,7E+00 ± 7E+00
Cs-134								7,2E-02 ± 7E-02
Cs-137	2,8E-01 ± 2E-01	2,2E+00 ± 2E+00				< 4E-01		2,1E-01 ± 2E-01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	7,5E-01 ± 1E-01	< 4E+00	1,9E+00 ± 3E-01	1,1E+00 ± 2E-01	< 1E+02	9,6E-01 ± 2E-01		2,1E+00 ± 7E-01
H-3	1,9E+03 ± 2E+02	1,7E+03 ± 2E+02	1,1E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 2E+02	4,0E+03 ± 4E+02	1,4E+03 ± 2E+02		1,8E+03 ± 2E+02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja. Pri letnem povprečju avgustovske in novembrske meritve niso upoštevane.

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

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

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

Vzorč. mesto	Breg							
Datum vzor.	4. 7. 2011 - 1. 8. 2011	1. 8. 2011 - 1. 9. 2011	1. 9. 2011 - 3. 10. 2011	3. 10. 2011 - 2. 11. 2011	2. 11. 2011 - 1. 12. 2011	1. 12. 2011 - 27. 12. 2011		Letni used (*)
Kol. vzorca (L)	38,5	0,4	16,9	33,7	0,6	28,3		
Padavine (mm)***	122,5	13,0	56,6	100,4	1,4	89,3		
Oznaka vzorca	K11PD271	K11PD281	K11PD291	K11PD2A1	K11PD2B1	K11PD2C1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
Na-22		3,4E-02 ± 2E-02						1,0E-01 ± 5E-02
U-238	3,7E-01 ± 2E-01	< 8E-01	< 9E-01	5,9E-01 ± 2E-01	3,7E+00 ± 1E+00	3,9E-01 ± 2E-01		5,8E+00 ± 2E+00
Ra-226					< 7E-01	< 3E-01		1,8E-01 ± 5E-01
Pb-210	7,0E+00 ± 4E-01	6,1E+00 ± 5E-01	4,0E+00 ± 6E-01	7,5E-01 ± 1E-01	< 3E+00	8,4E+00 ± 4E-01		5,0E+01 ± 2E+00
Ra-228	7,2E-02 ± 5E-02	1,7E-01 ± 7E-02	2,1E-01 ± 1E-01	1,7E-01 ± 1E-01	3,9E-01 ± 3E-01	8,4E-02 ± 7E-02		1,5E+00 ± 4E-01
Th-230			< 6E+00					< 4E+00
Th-228	6,6E-02 ± 4E-02	6,7E-02 ± 3E-02	7,3E-02 ± 3E-02	5,9E-02 ± 2E-02	< 2E-01	4,3E-02 ± 2E-02		4,9E-01 ± 2E-01
K-40	3,1E+00 ± 6E-01	1,3E+00 ± 5E-01	2,0E+00 ± 6E-01	5,5E-01 ± 3E-01	< 2E+00	1,3E+00 ± 4E-01		1,4E+01 ± 2E+00
Be-7	6,4E+01 ± 3E+00	1,6E+01 ± 8E-01	1,8E+01 ± 9E-01	1,2E+01 ± 8E-01	2,9E+00 ± 6E-01	2,3E+01 ± 1E+00		2,6E+02 ± 5E+00
I-131								3,3E+00 ± 2E-01
Cs-134								4,2E-02 ± 1E-02
Cs-137	3,5E-02 ± 2E-02	2,8E-02 ± 2E-02				< 3E-02		1,9E-01 ± 6E-02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	9,2E-02 ± 2E-02	< 5E-02	1,1E-01 ± 2E-02	1,1E-01 ± 2E-02	< 2E-01	8,6E-02 ± 2E-02		8,4E-01 ± 1E-01
H-3	2,3E+02 ± 3E+01	2,2E+01 ± 3E+00	5,9E+01 ± 1E+01	1,8E+02 ± 2E+01	5,6E+00 ± 6E-01	1,2E+02 ± 2E+01		1,2E+03 ± 6E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda. Pri letnem usedu so upoštevane tudi avgustovske in novembrske meritve.

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

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

LETO 2011 T - 38a
5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci

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

Vzrč. mesto	Krško							Polletno povprečje (*)
	28. 12. 2010 - 1. 2. 2011	1. 2. 2011 - 1. 3. 2011	1. 3. 2011 - 4. 4. 2011	4. 4. 2011 - 3. 5. 2011	3. 5. 2011 - 1. 6. 2011	1. 6. 2011 - 4. 7. 2011		
Datum vzor.	28. 12. 2010 - 1. 2. 2011	1. 2. 2011 - 1. 3. 2011	1. 3. 2011 - 4. 4. 2011	4. 4. 2011 - 3. 5. 2011	3. 5. 2011 - 1. 6. 2011	1. 6. 2011 - 4. 7. 2011		
Kol. vzorca (L)	5,03	2,46	7,23	17,03	19,63	27,53		
Padavine (mm)	20,3	10,7	31,9	61,1	69,8	101,9		
Oznala vzorca	K11PD311	K11PD321	K11PD331	K11PD341	K11PD351	K11PD361		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m²)							
Na-22	<	5,0E+01 ± 3E+01	<	5,0E-01 ± 4E-01	<	8,4E-02 ± 8E-02		
U-238	<	4,1E+01 ± 2E+01	<	8,3E+00 ± 1E+01	<	1,1E+01 ± 7E+00		
Ra-226	<	2,1E+02 ± 7E+00	<	1,7E+02 ± 7E+01	<	7,8E+00 ± 5E+00		
Pb-210	1,9E+02 ± 2E+01	4,8E+02 ± 5E+01	2,1E+02 ± 3E+01	6,7E+01 ± 4E+00	3,4E+00 ± 1E+00	2,1E+01 ± 2E+00		
Ra-228	2,1E+01 ± 7E+00	2,3E+01 ± 9E+00			5,9E+01 ± 6E+00	3,6E+01 ± 4E+00		
Th-230					2,2E+00 ± 1E+00	<		
Th-228	<	8,2E+00 ± 6E+00	<	5,6E-01 ± 2E-01	<	1,5E+00 ± 1E+00		
K-40	<	3,5E+01 ± 9E+00	<	2,0E+01 ± 7E+00	<	2,0E+01 ± 7E+00		
Be-7	7,8E+02 ± 4E+01	2,6E+03 ± 1E+02	4,2E+02 ± 4E+01	9,7E+02 ± 5E+01	1,7E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 4E+00		
I-131			7,6E+01 ± 7E+00	2,2E+01 ± 2E+00	2,7E+02 ± 1E+01	4,1E+02 ± 2E+01		
Cs-134				2,5E+00 ± 3E-01				
Cs-137	<	3,9E+00 ± 2E+00		2,0E+00 ± 6E-01	<	2,9E-01 ± 1E-01		
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	7,6E+00 ± 1E+00	<	3,1E+00 ± 6E-01	1,5E+00 ± 2E-01	<	8E-01		2,0E+00 ± 1E+00
H-3	2,2E+03 ± 4E+02	1,2E+03 ± 2E+02	1,1E+03 ± 3E+02	2,6E+03 ± 3E+02	1,6E+03 ± 2E+02	1,7E+03 ± 2E+02		1,7E+03 ± 2E+02

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

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

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

Vzrč. mesto	Krško							Polletni used (*)
	28. 12. 2010 - 1. 2. 2011	1. 2. 2011 - 1. 3. 2011	1. 3. 2011 - 4. 4. 2011	4. 4. 2011 - 3. 5. 2011	3. 5. 2011 - 1. 6. 2011	1. 6. 2011 - 4. 7. 2011		
Datum vzor.	28. 12. 2010 - 1. 2. 2011	1. 2. 2011 - 1. 3. 2011	1. 3. 2011 - 4. 4. 2011	4. 4. 2011 - 3. 5. 2011	3. 5. 2011 - 1. 6. 2011	1. 6. 2011 - 4. 7. 2011		
Kol. vzorca (L)	5,0	2,5	7,2	17,0	19,6	27,5		
Padavine (mm)	20,3	10,7	31,9	61,1	69,8	101,9		
Oznala vzorca	K11PD311	K11PD321	K11PD331	K11PD341	K11PD351	K11PD361		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m²)							
Na-22	<	5,4E-01 ± 4E-01	<	3,5E-02 ± 3E-02	<	3,5E-02 ± 3E-02		
U-238	<	4,4E-01 ± 2E-01	<	5,4E-01 ± 2E+00	<	5,4E-01 ± 2E+00		
Ra-226	<	4,4E-01 ± 2E-01	<	2,8E+00 ± 4E-01	<	2,8E+00 ± 4E-01		
Pb-210	3,9E+00 ± 4E-01	5,1E+00 ± 5E-01	6,7E+00 ± 8E-01	4,1E+00 ± 2E-01	2,4E-01 ± 9E-02	2,1E+00 ± 2E-01		
Ra-228	4,3E-01 ± 1E-01	2,5E-01 ± 9E-02			4,1E+00 ± 4E-01	3,7E+00 ± 4E-01		
Th-230					1,5E-01 ± 8E-02	<		
Th-228	<	8,7E-02 ± 6E-02	<	5,7E-02 ± 2E-02	<	1,4E-01 ± 2E-01		
K-40	<	1,1E+00 ± 3E-01	<	7,9E+00 ± 1E+00	<	7,9E+00 ± 1E+00		
Be-7	1,6E+01 ± 8E-01	2,7E+01 ± 1E+00	1,3E+01 ± 1E+00	5,9E+01 ± 3E+00	1,9E+01 ± 9E-01	4,1E+01 ± 2E+00		
I-131			2,4E+00 ± 2E-01	1,3E+00 ± 9E-02				
Cs-134				1,5E-01 ± 2E-02				
Cs-137	<	4,2E-02 ± 2E-02		1,2E-01 ± 3E-02	<	3,0E-02 ± 1E-02		
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	1,5E-01 ± 2E-02	<	9,8E-02 ± 2E-02	9,2E-02 ± 1E-02	<	8E-02		3,4E-01 ± 1E-01
H-3	4,4E+01 ± 8E+00	1,3E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 8E+00	1,6E+02 ± 2E+01	1,1E+02 ± 2E+01	1,8E+02 ± 2E+01		5,3E+02 ± 3E+01

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

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

LETO 2011 T - 38b
5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci

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

Vzorč. mesto	Krško							
Datum vzor.	4. 7. 2011 - 1. 8. 2011	1. 8. 2011 - 1. 9. 2011	1. 9. 2011 - 3. 10. 2011	3. 10. 2011 - 2. 11. 2011	2. 11. 2011 - 1. 12. 2011	1. 12. 2011 - 27. 12. 2011		Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	36,5	2,86	13,99	31,17	0,5558	27,23		
Padavine (mm)	158,1	11,2	57,0	85,3	2,0	100,2		
Oznaka vzorca	K11PD371	K11PD381	K11PD391	K11PD3A1	K11PD3B1	K11PD3C1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
Na-22								5,0E-02 ± 5E-02
U-238	2,8E+00 ± 2E+00	< 2E+02	9,8E+00 ± 3E+00			< 1E+01		6,3E+00 ± 8E+00
Ra-226	< 2E+00	< 3E+01	2,1E+01 ± 1E+01					8,6E+00 ± 4E+00
Pb-210		6,9E+02 ± 9E+01	1,3E+02 ± 9E+00	1,1E+01 ± 3E+00	< 1E+03	2,9E+01 ± 3E+00		1,2E+02 ± 5E+01
Ra-228	< 2E+00	3,6E+01 ± 8E+00	1,6E+00 ± 1E+00	2,5E+00 ± 1E+00		2,1E+00 ± 1E+00		5,3E+00 ± 3E+00
Th-230								
Th-228	5,7E-01 ± 3E-01	1,1E+01 ± 8E+00	9,0E-01 ± 3E-01		2,3E+02 ± 2E+02	< 8E-01		1,0E+00 ± 8E-01
K-40	9,8E+00 ± 3E+00	3,3E+02 ± 4E+01	2,6E+01 ± 1E+01	1,3E+01 ± 3E+00		< 1E+01		1,7E+01 ± 5E+00
Be-7	5,8E+02 ± 3E+01	2,4E+03 ± 1E+02	4,6E+02 ± 2E+01	2,8E+02 ± 1E+01	4,1E+03 ± 2E+03	2,4E+02 ± 1E+01		6,9E+02 ± 2E+02
I-131								9,8E+00 ± 8E+00
Cs-134								2,5E-01 ± 2E-01
Cs-137	3,1E-01 ± 1E-01	2,2E+00 ± 2E+00						6,5E-01 ± 4E-01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	7,5E-01 ± 2E-01	< 6E-01	2,1E+00 ± 4E-01	1,1E+00 ± 2E-01	< 1E+02	9,5E-01 ± 1E-01		1,7E+00 ± 7E-01
H-3	1,4E+03 ± 2E+02	9,9E+02 ± 2E+02	6,9E+02 ± 2E+02	9,0E+02 ± 2E+02	7,6E+03 ± 6E+02	1,3E+03 ± 3E+02		1,5E+03 ± 2E+02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja. Pri letnem povprečju avgustovske in novembrske meritve niso upoštevane.

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

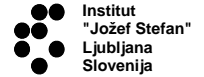
Izotopska analiza sevalcev gama in specifični analizi Sr-90/Sr-89 in H-3 (**), preračunane na ENOTO PRESTREZNE POVRŠINE

Vzorč. mesto	Krško							
Datum vzor.	4. 7. 2011 - 1. 8. 2011	1. 8. 2011 - 1. 9. 2011	1. 9. 2011 - 3. 10. 2011	3. 10. 2011 - 2. 11. 2011	2. 11. 2011 - 1. 12. 2011	1. 12. 2011 - 27. 12. 2011		Letni used (*)
Kol. vzorca (L)	36,5	2,9	14,0	31,2	0,6	27,2		
Padavine (mm)	158,1	11,2	57,0	85,3	2,0	100,2		
Oznaka vzorca	K11PD371	K11PD381	K11PD391	K11PD3A1	K11PD3B1	K11PD3C1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
Na-22								3,5E-02 ± 3E-02
U-238	4,4E-01 ± 3E-01	< 2E+00	5,6E-01 ± 2E-01			< 1E+00		1,5E+00 ± 2E+00
Ra-226	< 3E-01	< 3E-01	1,2E+00 ± 6E-01					4,0E+00 ± 8E-01
Pb-210		7,7E+00 ± 1E+00	7,6E+00 ± 5E-01	9,3E-01 ± 3E-01	< 3E+00	2,9E+00 ± 3E-01		4,7E+01 ± 2E+00
Ra-228	< 3E-01	4,1E-01 ± 9E-02	9,0E-02 ± 5E-02	2,1E-01 ± 9E-02		2,1E-01 ± 1E-01		1,7E+00 ± 3E-01
Th-230								
Th-228	9,0E-02 ± 5E-02	1,2E-01 ± 9E-02	5,1E-02 ± 2E-02		4,6E-01 ± 3E-01	< 8E-02		8,7E-01 ± 4E-01
K-40	1,5E+00 ± 5E-01	3,7E+00 ± 5E-01	1,5E+00 ± 6E-01	1,1E+00 ± 2E-01		< 1E+00		1,6E+01 ± 2E+00
Be-7	9,1E+01 ± 5E+00	2,6E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 1E+00	2,4E+01 ± 1E+00	8,2E+00 ± 3E+00	2,4E+01 ± 1E+00		3,7E+02 ± 7E+00
I-131								3,8E+00 ± 2E-01
Cs-134								1,5E-01 ± 2E-02
Cs-137	5,0E-02 ± 2E-02	2,4E-02 ± 2E-02						2,7E-01 ± 9E-02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	1,2E-01 ± 2E-02	< 7E-03	1,2E-01 ± 2E-02	9,1E-02 ± 2E-02	< 2E-01	9,5E-02 ± 1E-02		7,7E-01 ± 2E-01
H-3	2,2E+02 ± 4E+01	1,1E+01 ± 2E+00	3,9E+01 ± 9E+00	7,7E+01 ± 2E+01	1,5E+01 ± 1E+00	1,3E+02 ± 3E+01		1,0E+03 ± 6E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda. Pri letnem usedu so upoštevane tudi avgustovske in novembrske meritve.

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

LETO 2011 T - 39a
5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci



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

Vzorč. mesto	Dobova							
Datum vzor.	28. 12. 2010 - 1. 2. 2011	1. 2. 2011 - 1. 3. 2011	1. 3. 2011 - 4. 4. 2011	4. 4. 2011 - 3. 5. 2011	3. 5. 2011 - 1. 6. 2011	1. 6. 2011 - 4. 7. 2011		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	8,67	3,36	8,61	15,69	18,33	23,48		
Padavine (mm)	19,3	13,5	36,3	54,8	69,3	84,9		
Oznaka vzorca	K11PD411	K11PD421	K11PD431	K11PD441	K11PD451	K11PD461		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m³)							
Na-22	<	<	5,2E+01 ± 3E+01	7,5E+01 ± 8E+00	9,8E+00 ± 2E+00	<	2,1E+01 ± 1E+01	
U-238	<	<	1,3E+01 ± 3E+00	2,2E+02 ± 2E+01	2,5E+02 ± 1E+01	<	3,8E+00 ± 2E+00	
Ra-226	<	<	1,1E+02 ± 1E+01	1,2E+01 ± 3E+00	1,5E+00 ± 7E-01	<	1,8E+02 ± 4E+01	
Pb-210	1,2E+02 ± 1E+01	3,0E+02 ± 2E+01	9,3E+00 ± 4E+00	5,9E+01 ± 4E+01	2,2E+00 ± 1E+00	<	4,2E+00 ± 3E+00	
Ra-228	<	<	<	2,7E+00 ± 2E+00	5,0E-01 ± 3E-01	<	9,8E+00 ± 1E+01	
Th-230	1,9E+00 ± 9E-01	3,6E+00 ± 2E+00	<	3,4E+01 ± 2E+01	1,1E+01 ± 4E+00	<	1,4E+00 ± 7E-01	
Th-228	<	<	<	1,8E+03 ± 9E+01	5,0E+02 ± 3E+01	<	9,0E+00 ± 6E+00	
K-40	4,2E+02 ± 2E+01	2,5E+03 ± 1E+02	2,2E+02 ± 1E+01	3,6E+01 ± 3E+00	4,1E+00 ± 7E-01	<	1,0E+03 ± 4E+02	
Be-7	<	<	6,4E+01 ± 6E+00	4,1E+00 ± 7E-01	2,9E-01 ± 2E-01	<	1,7E+01 ± 1E+01	
I-131	<	<	<	4,1E+00 ± 7E-01	6,4E-01 ± 2E-01	<	6,8E-01 ± 7E-01	
Cs-134	<	<	<	<	<	<	1,1E+00 ± 6E-01	
Cs-137	<	1,4E+00 ± 1E+00	<	<	<	<	<	
Co-58	<	<	<	<	<	<	<	
Co-60	<	<	<	<	<	<	<	
Cr-51	<	<	<	<	<	<	<	
Mn-54	<	<	<	<	<	<	<	
Zn-65	<	<	<	<	<	<	<	
Nb-95	<	<	<	<	<	<	<	
Ru-106	<	<	<	<	<	<	<	
Sb-125	<	<	<	<	<	<	<	
Sr-89/Sr-90	3,8E+00 ± 5E-01	<	<	1,6E+00 ± 3E-01	<	<	9,0E-01 ± 8E-01	
H-3	1,4E+03 ± 2E+02	9,3E+02 ± 2E+02	1,0E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 3E+02	1,9E+03 ± 3E+02	1,3E+03 ± 3E+02	1,4E+03 ± 2E+02	

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

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

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

Vzorč. mesto	Dobova							
Datum vzor.	28. 12. 2010 - 1. 2. 2011	1. 2. 2011 - 1. 3. 2011	1. 3. 2011 - 4. 4. 2011	4. 4. 2011 - 3. 5. 2011	3. 5. 2011 - 1. 6. 2011	1. 6. 2011 - 4. 7. 2011		Polletni used (*)
Kol. vzorca (L)	8,7	3,4	8,6	15,7	18,3	23,5		
Padavine (mm)	19,3	13,5	36,3	54,8	69,3	84,9		
Oznaka vzorca	K11PD411	K11PD421	K11PD431	K11PD441	K11PD451	K11PD461		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m²)							
Na-22	<	<	1,9E+00 ± 9E-01	4,1E+00 ± 5E-01	6,8E-01 ± 1E-01	<	6,0E+00 ± 1E+00	
U-238	<	<	4,0E+00 ± 3E-01	7,2E-01 ± 2E-01	1,8E+01 ± 1E+00	<	1,4E+00 ± 3E-01	
Ra-226	<	<	3,4E-01 ± 1E-01	1,2E+01 ± 1E+00	1,1E-01 ± 5E-02	<	4,5E+01 ± 2E+00	
Pb-210	2,4E+00 ± 2E-01	4,0E+00 ± 3E-01	3,4E-01 ± 1E-01	6,8E-01 ± 2E-01	1,1E-01 ± 5E-02	<	1,3E+00 ± 3E-01	
Ra-228	<	<	<	3,2E+00 ± 2E+00	1,1E-01 ± 5E-02	<	3,2E+00 ± 2E+00	
Th-230	3,7E-02 ± 2E-02	4,9E-02 ± 3E-02	<	1,5E-01 ± 9E-02	3,5E-02 ± 2E-02	<	2,7E-01 ± 2E-01	
Th-228	<	<	<	1,8E+00 ± 1E+00	7,4E-01 ± 3E-01	<	3,4E+00 ± 2E+00	
K-40	8,0E+00 ± 4E-01	3,4E+01 ± 2E+00	7,8E+00 ± 5E-01	1,0E+02 ± 5E+00	3,5E+01 ± 2E+00	<	2,5E+02 ± 6E+00	
Be-7	<	<	2,3E+00 ± 2E-01	2,0E+00 ± 2E-01	2,2E-01 ± 4E-02	<	4,3E+00 ± 3E-01	
I-131	<	<	<	2,2E-01 ± 4E-02	2,3E-01 ± 4E-02	<	2,2E-01 ± 4E-02	
Cs-134	<	<	<	<	2,0E-02 ± 1E-02	<	3,2E-01 ± 4E-02	
Cs-137	<	1,9E-02 ± 1E-02	<	<	<	<	<	
Co-58	<	<	<	<	<	<	<	
Co-60	<	<	<	<	<	<	<	
Cr-51	<	<	<	<	<	<	<	
Mn-54	<	<	<	<	<	<	<	
Zn-65	<	<	<	<	<	<	<	
Nb-95	<	<	<	<	<	<	<	
Ru-106	<	<	<	<	<	<	<	
Sb-125	<	<	<	<	<	<	<	
Sr-89/Sr-90	7,4E-02 ± 1E-02	<	<	8,7E-02 ± 2E-02	<	<	1,6E-01 ± 1E-01	
H-3	2,7E+01 ± 4E+00	1,3E+01 ± 2E+00	3,7E+01 ± 8E+00	9,8E+01 ± 2E+01	1,3E+02 ± 2E+01	1,1E+02 ± 2E+01	4,1E+02 ± 3E+01	

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

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

LETO 2011 T - 39b

5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci

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

Vzorč. mesto	Dobova							
Datum vzor.	4. 7. 2011 - 1. 8. 2011	1. 8. 2011 - 1. 9. 2011	1. 9. 2011 - 3. 10. 2011	3. 10. 2011 - 2. 11. 2011	2. 11. 2011 - 1. 12. 2011	1. 12. 2011 - 27. 12. 2011		Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	34,89	0,82	10,6	30,12	0,5671	23,92		
Padavine (mm)	111,1	3,8	40,1	98,0	0,5	72,8		
Ozuala vzorca	K11PD471	K11PD481	K11PD491	K11PD4A1	K11PD4B1	K11PD4C1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
Na-22				3,9E-01 ± 1E-01				3,9E-02 ± 4E-02
U-238	3,4E+00 ± 3E+00	2,5E+02 ± 1E+02	< 2E+01	8,4E+00 ± 4E+00	<	1E+01	<	1,4E+01 ± 8E+00
Ra-226			6,1E+01 ± 3E+01	< 3E+00		5E+00		8,4E+00 ± 6E+00
Pb-210	5,5E+01 ± 4E+00	3,4E+03 ± 3E+02	1,2E+02 ± 1E+01	2,0E+01 ± 8E+00	1,3E+03 ± 6E+02	7,9E+01 ± 6E+00		1,3E+02 ± 3E+01
Ra-228	< 3E+00			1,6E+00 ± 8E-01	< 2E+02			2,7E+00 ± 2E+00
Th-230								5,9E+00 ± 6E+00
Th-228	1,6E+00 ± 9E-01	2,1E+01 ± 2E+01	< 1E+01	6,5E-01 ± 3E-01	< 9E+01	5,6E-01 ± 3E-01		1,2E+00 ± 8E-01
K-40	1,4E+01 ± 5E+00	3,4E+02 ± 2E+02	< 4E+01	3,7E+00 ± 3E+00	< 2E+03			7,2E+00 ± 5E+00
Be-7	4,7E+02 ± 2E+01	9,1E+03 ± 5E+02	4,2E+02 ± 2E+01	4,7E+02 ± 2E+01	3,1E+03 ± 4E+02	5,9E+02 ± 3E+01		8,1E+02 ± 2E+02
I-131								1,0E+01 ± 7E+00
Cs-134								4,1E-01 ± 4E-01
Cs-137		1,2E+01 ± 9E+00		< 1E-01		< 2E-01		6,4E-01 ± 4E-01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	8,2E-01 ± 2E-01	< 2E+00	3,5E+00 ± 7E-01	1,4E+00 ± 3E-01	< 1E+02	1,3E+00 ± 2E-01		1,2E+00 ± 5E-01
H-3	1,4E+03 ± 2E+02	8,6E+02 ± 2E+02	5,9E+02 ± 2E+02	7,2E+02 ± 2E+02	4,2E+03 ± 4E+02	6,4E+02 ± 2E+02		1,2E+03 ± 1E+02

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja. Pri letnem povprečju avgustovske in novembrske meritve niso upoštevane.

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

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

Vzorč. mesto	Dobova							
Datum vzor.	4. 7. 2011 - 1. 8. 2011	1. 8. 2011 - 1. 9. 2011	1. 9. 2011 - 3. 10. 2011	3. 10. 2011 - 2. 11. 2011	2. 11. 2011 - 1. 12. 2011	1. 12. 2011 - 27. 12. 2011		Letni used (*)
Kol. vzorca (L)	34,9	0,8	10,6	30,1	0,6	23,9		
Padavine (mm)	111,1	3,8	40,1	98,0	0,5	72,8		
Ozuala vzorca	K11PD471	K11PD481	K11PD491	K11PD4A1	K11PD4B1	K11PD4C1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
Na-22				3,8E-02 ± 1E-02				3,8E-02 ± 1E-02
U-238	3,8E-01 ± 3E-01	9,6E-01 ± 5E-01	< 6E-01	8,2E-01 ± 4E-01	<	1E+00	<	8,1E+00 ± 2E+00
Ra-226			2,4E+00 ± 1E+00	< 3E-01		4E-01		3,8E+00 ± 1E+00
Pb-210	6,2E+00 ± 4E-01	1,3E+01 ± 1E+00	4,7E+00 ± 6E-01	2,0E+00 ± 8E-01	6,7E-01 ± 3E-01	5,7E+00 ± 4E-01		7,7E+01 ± 2E+00
Ra-228	< 3E-01			1,5E-01 ± 8E-02	< 8E-02			1,5E+00 ± 4E-01
Th-230								3,2E+00 ± 2E+00
Th-228	1,8E-01 ± 1E-01	8,0E-02 ± 6E-02	< 4E-01	6,4E-02 ± 3E-02	< 4E-02	4,0E-02 ± 2E-02		6,3E-01 ± 4E-01
K-40	1,6E+00 ± 5E-01	1,3E+00 ± 8E-01	< 2E+00	3,6E-01 ± 3E-01	< 1E+00			6,6E+00 ± 2E+00
Be-7	5,3E+01 ± 3E+00	3,5E+01 ± 2E+00	1,7E+01 ± 9E-01	4,6E+01 ± 2E+00	1,5E+00 ± 2E-01	4,3E+01 ± 2E+00		4,4E+02 ± 8E+00
I-131								4,3E+00 ± 3E-01
Cs-134								2,2E-01 ± 4E-02
Cs-137		4,5E-02 ± 3E-02		< 1E-02		< 2E-02		3,6E-01 ± 6E-02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	9,1E-02 ± 3E-02	< 7E-03	1,4E-01 ± 3E-02	1,3E-01 ± 3E-02	< 6E-02	9,3E-02 ± 1E-02		6,2E-01 ± 1E-01
H-3	1,5E+02 ± 3E+01	3,3E+00 ± 6E-01	2,4E+01 ± 7E+00	7,1E+01 ± 2E+01	2,1E+00 ± 2E-01	4,7E+01 ± 1E+01		7,1E+02 ± 5E+01

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda. Pri letnem usedu so upoštevane tudi avgustovske in novembrske meritve.

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

LETO 2011 T - 40 a
5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci

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

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS							
Datum vzor.	28. 12. 2010 - 1. 2. 2011	1. 2. 2011 - 1. 3. 2011	1. 3. 2011 - 4. 4. 2011	4. 4. 2011 - 3. 5. 2011	3. 5. 2011 - 1. 6. 2011	1. 6. 2011 - 4. 7. 2011		Polletni povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	11,38	8,27	22,35	6,14	22,43	50,56		
Padavine (mm)***	49,9	30,5	86,5	38,2	98,3	144,6		
Oznaka vzorca	RP11PD111	RP11PD121	RP11PD131	RP11PD141	RP11PD151	RP11PD161		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
Na-22					5,7E+00 ± 4E+00		5,2E-01 ± 2E-01	8,7E-02 ± 9E-02
U-238					< 2E+00			9,5E-01 ± 9E-01
Ra-226			2,6E+00 ± 9E-01				7,3E-01 ± 5E-01	5,6E-01 ± 2E+00
Pb-210	1,7E+02 ± 2E+01	6,9E+01 ± 1E+01	4,5E+01 ± 4E+00	2,6E+02 ± 2E+01	9,7E+01 ± 5E+00	8,5E+01 ± 4E+00	1,2E+02 ± 3E+01	1,2E+02 ± 3E+01
Ra-228		< 1E+01		< 1E+01	1,9E+00 ± 1E+00		1,0E+00 ± 6E-01	4,9E-01 ± 2E+00
Th-230		< 2E+02						< 2E+01
Th-228	1,0E+00 ± 4E-01	< 2E+00	3,3E-01 ± 3E-01	< 2E-01	< 8E-01		< 1E+00	2,2E-01 ± 3E-01
K-40	< 4E+01		< 1E+01	9,2E+01 ± 2E+01	1,4E+01 ± 4E+00	4,5E+00 ± 2E+00	1,8E+01 ± 1E+01	1,8E+01 ± 1E+01
Be-7	5,7E+02 ± 3E+01	7,7E+02 ± 4E+01	3,2E+02 ± 2E+01	1,4E+03 ± 7E+01	6,4E+02 ± 3E+01	8,1E+02 ± 4E+01	7,5E+02 ± 1E+02	7,5E+02 ± 1E+02
I-131			2,4E+01 ± 2E+00	2,4E+01 ± 2E+00			8,0E+00 ± 5E+00	8,0E+00 ± 5E+00
Cs-134				2,5E+00 ± 8E-01			4,2E-01 ± 4E-01	4,2E-01 ± 4E-01
Cs-137	7,4E-01 ± 4E-01		5,1E-01 ± 3E-01	4,5E+00 ± 1E+00	8,4E-01 ± 2E-01	2,0E-01 ± 1E-01	1,1E+00 ± 7E-01	1,1E+00 ± 7E-01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
H-3	4,9E+02 ± 2E+02	8,8E+02 ± 2E+02	5,8E+02 ± 2E+02	1,8E+03 ± 3E+02	1,4E+03 ± 2E+02	1,2E+03 ± 2E+02	1,1E+03 ± 2E+02	1,1E+03 ± 2E+02

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

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

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

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

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS							
Datum vzor.	28. 12. 2010 - 1. 2. 2011	1. 2. 2011 - 1. 3. 2011	1. 3. 2011 - 4. 4. 2011	4. 4. 2011 - 3. 5. 2011	3. 5. 2011 - 1. 6. 2011	1. 6. 2011 - 4. 7. 2011		Polletni used (*)
Kol. vzorca (L)	11,4	8,3	22,4	6,1	22,4	50,6		
Padavine (mm)***	49,9	30,5	86,5	38,2	98,3	144,6		
Oznaka vzorca	RP11PD111	RP11PD121	RP11PD131	RP11PD141	RP11PD151	RP11PD161		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
Na-22					5,6E-01 ± 3E-01	7,5E-02 ± 3E-02		7,5E-02 ± 3E-02
U-238					< 2E-01			5,6E-01 ± 3E-01
Ra-226			2,3E-01 ± 8E-02	< 6E-01	< 2E-01	1,1E-01 ± 7E-02		3,4E-01 ± 4E-01
Pb-210	8,5E+00 ± 9E-01	2,1E+00 ± 4E-01	3,9E+00 ± 4E-01	9,8E+00 ± 7E-01	9,5E+00 ± 5E-01	1,2E+01 ± 6E-01		4,6E+01 ± 1E+00
Ra-228		< 4E-01		< 4E-01	1,9E-01 ± 1E-01	1,5E-01 ± 8E-02		3,4E-01 ± 3E-01
Th-230		< 5E+00						< 3E+00
Th-228	5,1E-02 ± 2E-02	< 7E-02	2,9E-02 ± 2E-02	< 9E-03	< 8E-02	< 2E-01		7,9E-02 ± 1E-01
K-40	< 2E+00		< 9E-01	3,5E+00 ± 7E-01	1,3E+00 ± 4E-01	6,5E-01 ± 2E-01		5,5E+00 ± 2E+00
Be-7	2,9E+01 ± 1E+00	2,3E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 1E+00	5,3E+01 ± 3E+00	6,3E+01 ± 3E+00	1,2E+02 ± 6E+00		3,1E+02 ± 8E+00
I-131			2,1E+00 ± 1E-01	9,3E-01 ± 9E-02				3,0E+00 ± 2E-01
Cs-134				9,7E-02 ± 3E-02				9,7E-02 ± 3E-02
Cs-137	3,7E-02 ± 2E-02		4,4E-02 ± 3E-02	1,7E-01 ± 5E-02	8,3E-02 ± 2E-02	2,9E-02 ± 1E-02		3,7E-01 ± 7E-02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
H-3	2,4E+01 ± 8E+00	2,7E+01 ± 6E+00	5,0E+01 ± 1E+01	6,8E+01 ± 1E+01	1,4E+02 ± 2E+01	1,8E+02 ± 3E+01		4,8E+02 ± 4E+01

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

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

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

LETO 2011 T - 40 b
5. PADAVINE – mesečni sestavljeni vzorci

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

Vzrč. mesto	Ljubljana IJS							
Datum vzor.	4. 7. 2011 - 1. 8. 2011	1. 8. 2011 - 1. 9. 2011	1. 9. 2011 - 3. 10. 2011	3. 10. 2011 - 2. 11. 2011	2. 11. 2011 - 1. 12. 2011	1. 12. 2011 - 27. 12. 2011		Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (L)	38,31	13,89	13,56	49,1	0,5445	26,7		
Padavine (mm)***	157,2	42,5	66,0	180,8	3,0	100,6		
Oznaka vzorca	RP11PD171	RP11PD181	RP11PD191	RP11PD1A1	RP11PD1B1	RP11PD1C1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
Na-22	2,3E-01 ± 1E-01						7,4E-02 ± 5E-02	
U-238		1,7E+01 ± 5E+00		2,7E+00 ± 2E+00		1,0E+01 ± 4E+00	1,8E+00 ± 1E+00	
Ra-226			1,6E+01 ± 9E+00	< 1E+00			1,9E+00 ± 2E+00	
Pb-210	7,4E+01 ± 5E+00	1,8E+02 ± 1E+01	5,8E+01 ± 7E+00	2,0E+01 ± 2E+00	< 1E+03	6,2E+01 ± 4E+00	9,4E+01 ± 2E+01	
Ra-228		< 4E+00	3,7E+00 ± 2E+00	1,3E+00 ± 7E-01	< 1E+02	1,6E+00 ± 9E-01	9,4E-01 ± 9E-01	
Th-230							< 1E+01	
Th-228	6,2E-01 ± 3E-01	< 2E+00			< 1E+02	3,8E-01 ± 3E-01	2,3E-01 ± 2E-01	
K-40	7,7E+00 ± 1E+00	< 4E+01	< 1E+01	< 3E+00	< 3E+03	< 6E+00	1,2E+01 ± 9E+00	
Be-7	8,9E+02 ± 4E+01	9,4E+02 ± 5E+01	5,6E+02 ± 3E+01	3,0E+02 ± 1E+01	1,2E+03 ± 3E+02	3,9E+02 ± 2E+01	6,6E+02 ± 1E+02	
I-131							4,8E+00 ± 3E+00	
Cs-134							2,5E-01 ± 3E-01	
Cs-137	8,0E-01 ± 2E-01	5,1E-01 ± 2E-01		3,9E-01 ± 2E-01		2,8E-01 ± 1E-01	8,3E-01 ± 4E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
H-3	1,3E+03 ± 3E+02	4,7E+02 ± 2E+02	7,4E+02 ± 2E+02	7,4E+02 ± 2E+02	1,3E+03 ± 2E+02	7,1E+02 ± 2E+02	9,9E+02 ± 1E+02	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost povprečja. Pri letnem povprečju avgustovske in novembrske meritve niso upoštevane.

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

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

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

Vzrč. mesto	Ljubljana IJS							
Datum vzor.	4. 7. 2011 - 1. 8. 2011	1. 8. 2011 - 1. 9. 2011	1. 9. 2011 - 3. 10. 2011	3. 10. 2011 - 2. 11. 2011	2. 11. 2011 - 1. 12. 2011	1. 12. 2011 - 27. 12. 2011		Letni used (*)
Kol. vzorca (L)	38,3	13,9	13,6	49,1	0,5	26,7		
Padavine (mm)***	157,2	42,5	66,0	180,8	3,0	100,6		
Oznaka vzorca	RP11PD171	RP11PD181	RP11PD191	RP11PD1A1	RP11PD1B1	RP11PD1C1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
Na-22	3,5E-02 ± 2E-02						1,1E-01 ± 4E-02	
U-238		7,2E-01 ± 2E-01		4,9E-01 ± 4E-01		1,0E+00 ± 4E-01	2,8E+00 ± 7E-01	
Ra-226			1,1E+00 ± 6E-01	< 2E-01			1,4E+00 ± 7E-01	
Pb-210	1,2E+01 ± 8E-01	7,6E+00 ± 4E-01	3,8E+00 ± 5E-01	3,6E+00 ± 4E-01	< 3E+00	6,2E+00 ± 4E-01	7,9E+01 ± 3E+00	
Ra-228		< 2E-01	2,4E-01 ± 1E-01	2,3E-01 ± 1E-01	< 4E-01	1,6E-01 ± 9E-02	9,6E-01 ± 5E-01	
Th-230							< 3E+00	
Th-228	9,7E-02 ± 5E-02	< 7E-02			< 3E-01	3,8E-02 ± 3E-02	2,1E-01 ± 3E-01	
K-40	1,2E+00 ± 2E-01	< 1E+00	< 9E-01	< 5E-01	< 1E+01	< 6E-01	6,7E+00 ± 6E+00	
Be-7	1,4E+02 ± 7E+00	4,0E+01 ± 2E+00	3,7E+01 ± 2E+00	5,4E+01 ± 3E+00	3,7E+00 ± 9E-01	3,9E+01 ± 2E+00	6,3E+02 ± 1E+01	
I-131							3,0E+00 ± 2E-01	
Cs-134							9,7E-02 ± 3E-02	
Cs-137	1,3E-01 ± 3E-02	2,2E-02 ± 9E-03		7,0E-02 ± 3E-02		2,8E-02 ± 1E-02	6,1E-01 ± 8E-02	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
H-3	2,1E+02 ± 4E+01	2,0E+01 ± 7E+00	4,9E+01 ± 2E+01	1,3E+02 ± 3E+01	3,8E+00 ± 7E-01	7,1E+01 ± 2E+01	9,7E+02 ± 7E+01	

(*) Število, ki sledi znaku ±, je negotovost useda. Pri letnem usedu so upoštevane tudi avgustovske in novembrske meritve.

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

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

LETO 2011 T - 41

5. PREGLED SPECIFIČNIH ANALIZ H-3 V DEŽEVNICI V LETU 2011

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

Vzrč. mesto	Krško			Bregje			Dobova			Ljubljana		
Mesec vzorčevanja	Padavine***		Specifična aktivnost	Padavine***		Specifična aktivnost	Padavine***		Specifična aktivnost	Padavine***		Specifična aktivnost
	mm	kBq/m ³	kBq/m ²	mm	kBq/m ³	kBq/m ²	mm	kBq/m ³	kBq/m ²	mm	kBq/m ³	kBq/m ²
Januar	20,3	2,2E+00	4,4E-02	19,5	2,4E+00	4,6E-02	19,3	1,4E+00	2,7E-02	49,9	4,9E-01	2,4E-02
Februar	10,7	1,2E+00	1,3E-02	10,3	1,2E+00	1,3E-02	13,5	9,3E-01	1,3E-02	30,5	8,8E-01	2,7E-02
Marec	31,9	1,1E+00	3,5E-02	34,2	1,3E+00	4,3E-02	36,3	1,0E+00	3,7E-02	86,5	5,8E-01	5,0E-02
April	61,1	2,6E+00	1,6E-01	58,5	3,0E+00	1,7E-01	54,8	1,8E+00	9,8E-02	38,2	1,8E+00	6,8E-02
Maj	69,8	1,6E+00	1,1E-01	78,0	2,2E+00	1,7E-01	69,3	1,9E+00	1,3E-01	98,3	1,4E+00	1,4E-01
Junij	101,9	1,7E+00	1,8E-01	88,9	1,8E+00	1,6E-01	84,9	1,3E+00	1,1E-01	144,6	1,2E+00	1,8E-01
Julij	158,1	1,4E+00	2,2E-01	122,5	1,9E+00	2,3E-01	111,1	1,4E+00	1,5E-01	157,2	1,3E+00	2,1E-01
Avgust	11,2	9,9E-01	1,1E-02	13,0	1,7E+00	2,2E-02	3,8	8,6E-01	3,3E-03	42,5	4,7E-01	2,0E-02
September	57,0	6,9E-01	3,9E-02	56,6	1,1E+00	5,9E-02	40,1	5,9E-01	2,4E-02	66,0	7,4E-01	4,9E-02
Oktober	85,3	9,0E-01	7,7E-02	100,4	1,8E+00	1,8E-01	98,0	7,2E-01	7,1E-02	180,8	7,4E-01	1,3E-01
November	2,0	7,6E+00	1,5E-02	1,4	4,0E+00	5,6E-03	0,5	4,2E+00	2,1E-03	3,0	1,3E+00	3,8E-03
December	100,2	1,3E+00	1,3E-01	89,3	1,4E+00	1,2E-01	72,8	6,4E-01	4,7E-02	100,6	7,1E-01	7,1E-02
Letno povprečje (kBq/m ²)*	1,46E+00	±	1,8E-01	1,80E+00	±	1,9E-01	1,16E+00	±	1,4E-01	9,86E-01	±	1,3E-01
Celotna vrednost*	710		1,0E+00	673		1,2E+00	604		7,1E-01	998		9,7E-01
	mm		kBq/m ²	mm		kBq/m ²	mm		kBq/m ²	mm		kBq/m ²

* Pri letnem povprečju avgustovske in novembrske meritve niso upoštevane, pri letnem usedu (celotni vrednosti) pa so upoštevane tudi avgustovske in novembrske meritve.

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

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

LETO 2011 T - 42/1a
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzroč. mesto	širša okolica NEK (mesta 2-5)							Polletna vsota	Polletni used (*)
Datum vzor.	28. 12. 2010 - 1. 2. 2011	1. 2. 2011 - 1. 3. 2011	1. 3. 2011 - 4. 4. 2011	4. 4. 2011 - 3. 5. 2011	3. 5. 2011 - 1. 6. 2011	1. 6. 2011 - 4. 7. 2011			
Kol. vzorca (g)	61,8	77,6	77,5	78	67,8	68,4			
Padavine (mm)***	19,9	10,5	33,1	59,8	73,9	95,4			
Oznaka vzorca	K11PV211	K11PV221	K11PV231	K11PV241	K11PV251	K11PV261			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)								
Na-22	< 3E-01	2,5E-01 ± 2E-01	< 1E-02		2,6E-01 ± 9E-02		5,2E-01 ± 3E-01	2,6E+00 ± 1E+00	
U-238		9,3E-02 ± 4E-02	1,7E-01 ± 1E-01	< 6E-02	6,7E-01 ± 2E-01	5,4E-01 ± 1E-01	1,5E+00 ± 3E-01	7,3E+00 ± 1E+00	
Ra-226	2,8E+00 ± 2E-01	4,4E+00 ± 3E-01	3,5E+00 ± 2E-01	7,8E+00 ± 4E-01	5,9E+00 ± 4E-01	5,2E+00 ± 4E-01	3,0E+01 ± 8E-01	1,5E+02 ± 4E+00	
Pb-210	1,6E-01 ± 8E-02	6,8E-02 ± 4E-02	6,4E-02 ± 2E-02	4,6E-02 ± 3E-02	6,1E-02 ± 3E-02	< 9E-02	4,0E-01 ± 1E-01	2,0E+00 ± 6E-01	
Ra-228				< 2E+00			< 1E+00	< 7E+00	
Th-230				4,3E-02 ± 1E-02	1,2E-01 ± 1E-02	3,8E-02 ± 2E-02	2,0E-01 ± 8E-02	1,0E+00 ± 4E-01	
Th-228	< 5E-02	< 1E-01							
K-40		2,9E-01 ± 2E-01	3,2E-01 ± 8E-02	4,4E-01 ± 2E-01	6,1E-01 ± 1E-01	5,9E-01 ± 2E-01	2,2E+00 ± 4E-01	1,1E+01 ± 2E+00	
Be-7	1,0E+01 ± 5E-01	1,2E+01 ± 6E-01	2,2E+01 ± 1E+00	4,6E+01 ± 2E+00	2,9E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 2E+00	1,5E+02 ± 4E+00	7,5E+02 ± 2E+01	
I-131			5,7E-01 ± 5E-02	8,4E-02 ± 6E-02	3,3E-02 ± 1E-02		6,5E-01 ± 8E-02	3,3E+00 ± 4E-01	
Cs-134				7,3E-02 ± 9E-03	4,3E-02 ± 3E-02	2,3E-02 ± 9E-03	1,8E-01 ± 3E-02	9,0E-01 ± 2E-01	
Cs-137	< 2E-02		4,0E-02 ± 6E-03						
Co-58									
Co-60									
Cr-51									
Mn-54									
Zn-65									
Nb-95									
Ru-106									
Sb-125									

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

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

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

LETO 2011 T - 42/1b
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzroč. mesto	širša okolica NEK (mesta 2-5)							Letna vsota	Letni used (*)
Datum vzor.	4. 7. 2011 - 1. 8. 2011	1. 8. 2011 - 1. 9. 2011	1. 9. 2011 - 3. 10. 2011	3. 10. 2011 - 2. 11. 2011	2. 11. 2011 - 1. 12. 2011	1. 12. 2011 - 27. 12. 2011			
Kol. vzorca (g)	58,1	62,6	64,1	56,3	75,2	63,5			
Padavine (mm)***	140,3	12,1	56,8	92,9	1,7	94,8			
Oznaka vzorca	K11PV271	K11PV281	K11PV291	K11PV2A1	K11PV2B1	K11PV2C1			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)								
Na-22				< 6E-01			5,2E-01 ± 5E-01	2,6E+00 ± 2E+00	
U-238							2,0E+00 ± 3E-01	1,0E+01 ± 2E+00	
Ra-226	7,5E-02 ± 2E-02	1,0E+00 ± 2E-01	4,1E-01 ± 1E-01	8,7E+00 ± 5E-01	7,8E+00 ± 4E-01	5,7E-02 ± 2E-02	5,8E+01 ± 1E+00	2,9E+02 ± 6E+00	
Pb-210	3,9E+00 ± 2E-01	7,1E-02 ± 4E-02	4,1E-02 ± 1E-02	< 8E-02	< 1E-01	2,9E+00 ± 4E-01	5,8E-01 ± 2E-01	2,9E+00 ± 8E-01	
Ra-228	7,5E-02 ± 3E-02						1E+00	7E+00	
Th-230									
Th-228	< 4E-02	4,4E-02 ± 2E-02	4,9E-02 ± 1E-02	4,3E-02 ± 1E-02	2,7E-02 ± 2E-02	< 4E-02	< 3,6E-01 ± 9E-02	< 1,8E+00 ± 5E-01	
K-40	5,8E-01 ± 1E-01	8,0E-01 ± 1E-01	6,4E-01 ± 1E-01	< 5E-01			4,3E+00 ± 5E-01	2,1E+01 ± 3E+00	
Be-7	2,4E+01 ± 1E+00	9,7E+00 ± 5E-01	1,8E+01 ± 9E-01	4,3E+01 ± 2E+00	6,4E+00 ± 3E-01	1,6E+01 ± 8E-01	2,7E+02 ± 4E+00	1,3E+03 ± 2E+01	
I-131							6,5E-01 ± 8E-02	3,3E+00 ± 4E-01	
Cs-134							3,3E-02 ± 1E-02	1,7E-01 ± 5E-02	
Cs-137	1,6E-02 ± 5E-03	2,0E-02 ± 8E-03	2,4E-02 ± 7E-03	1,4E-02 ± 9E-03	< 3E-02		2,5E-01 ± 4E-02	1,3E+00 ± 2E-01	
Co-58									
Co-60									
Cr-51									
Mn-54									
Zn-65									
Nb-95									
Ru-106									
Sb-125									

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

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

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

LETO 2011 T - 42/2a
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Daljna okolica NEK (6)							Polletna vsota	Polletni used (*)
Datum vzor.	28. 12. 2010 - 1. 2. 2011	1. 2. 2011 - 1. 3. 2011	1. 3. 2011 - 4. 4. 2011	4. 4. 2011 - 3. 5. 2011	3. 5. 2011 - 1. 6. 2011	1. 6. 2011 - 4. 7. 2011			
Kol. vzorca (g)	15,4	18,3	15,1	15,2	18,2	13,8			
Padavine (mm)	19,3	13,5	36,3	54,8	69,3	84,9			
Oznaka vzorca	K11PV2611	K11PV2621	K11PV2631	K11PV2641	K11PV2651	K11PV2661			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)								
Na-22									
U-238	5,0E-01 ± 2E-01	6,7E-01 ± 2E-01	< 1E-01	< 1E+00	6,4E-01 ± 4E-01	6,0E-01 ± 2E-01	2,4E+00 ± 8E-01	1,2E+01 ± 4E+00	
Ra-226	< 5E-02		8,7E-02 ± 7E-02	1,2E-01 ± 8E-02		1,7E-01 ± 7E-02	3,7E-01 ± 1E-01	1,9E+00 ± 7E-01	
Pb-210	2,9E+00 ± 3E-01	3,7E+00 ± 4E-01	2,5E+00 ± 2E-01	6,5E+00 ± 6E-01	4,8E+00 ± 5E-01	5,7E+00 ± 5E-01	2,6E+01 ± 1E+00	1,3E+02 ± 5E+00	
Ra-228		< 2E-01	< 1E-01	< 4E-01	< 4E-01	2,1E-01 ± 1E-01	2,1E-01 ± 4E-01	1,0E+00 ± 2E+00	
Th-230									
Th-228	< 1E-01	< 1E-01	3,5E-02 ± 2E-02	< 7E-02		5,9E-02 ± 4E-02	9,4E-02 ± 1E-01	4,7E-01 ± 5E-01	
K-40	< 5E-01	< 9E-01	< 5E-01	8,2E-01 ± 5E-01	< 2E+00		8,2E-01 ± 1E+00	4,1E+00 ± 6E+00	
Be-7	5,9E+00 ± 3E-01	7,4E+00 ± 7E-01	1,9E+01 ± 9E-01	3,3E+01 ± 2E+00	1,6E+01 ± 1E+00	2,1E+01 ± 1E+00	1,0E+02 ± 3E+00	5,1E+02 ± 1E+01	
I-131			4,7E-01 ± 4E-02				4,7E-01 ± 4E-02	2,4E+00 ± 2E-01	
Cs-134									
Cs-137	< 7E-02	< 3E-02	4,0E-02 ± 2E-02	6,5E-02 ± 2E-02	< 1E-01		1,1E-01 ± 1E-01	5,3E-01 ± 5E-01	
Co-58									
Co-60									
Cr-51									
Mn-54									
Zn-65									
Nb-95									
Ru-106									
Sb-125									

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

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

LETO 2011 T - 42/2b
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Daljna okolica NEK (6)							Letna vsota	Letni used (*)
Datum vzor.	4. 7. 2011 - 1. 8. 2011	1. 8. 2011 - 1. 9. 2011	1. 9. 2011 - 3. 10. 2011	3. 10. 2011 - 2. 11. 2011	2. 11. 2011 - 1. 12. 2011	1. 12. 2011 - 27. 12. 2011			
Kol. vzorca (g)	17,3	10,2	16,2	16,4	18,5	18,3			
Padavine (mm)	111,1	3,8	40,1	98,0	0,5	72,8			
Oznaka vzorca	K11PV2671	K11PV2681	K11PV2691	K11PV26A1	K11PV26B1	K11PV26C1			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)								
Na-22									
U-238	8,3E-01 ± 4E-01		5,9E-01 ± 3E-01	4,0E+00 ± 7E-01	6,5E-01 ± 3E-01	3,7E-01 ± 3E-01	8,9E+00 ± 1E+00	4,4E+01 ± 6E+00	
Ra-226		1,7E-01 ± 9E-02	8,1E-02 ± 6E-02	< 3E-01		< 3E-01	6,3E-01 ± 3E-01	3,1E+00 ± 2E+00	
Pb-210	3,4E+00 ± 3E-01	2,0E+00 ± 4E-01	3,6E+00 ± 4E-01	7,3E+00 ± 6E-01	8,2E+00 ± 6E-01	2,5E+00 ± 5E-01	5,3E+01 ± 2E+00	2,7E+02 ± 8E+00	
Ra-228	< 1E-01	1,6E-01 ± 1E-01		< 5E-01	< 6E-01	1,2E-01 ± 8E-02	4,9E-01 ± 6E-01	2,4E+00 ± 3E+00	
Th-230									
Th-228	< 9E-02	< 4E-01	< 2E-01	< 1E-01	< 2E-02	< 1E-01	9,4E-02 ± 3E-01	4,7E-01 ± 2E+00	
K-40	6,1E-01 ± 3E-01	< 9E-01	7,4E-01 ± 5E-01	1,1E+00 ± 9E-01			3,3E+00 ± 2E+00	1,7E+01 ± 9E+00	
Be-7	1,7E+01 ± 2E+00	7,3E+00 ± 5E-01	1,4E+01 ± 1E+00	2,0E+01 ± 1E+00	3,0E+00 ± 5E-01	5,6E+00 ± 5E-01	1,7E+02 ± 3E+00	8,5E+02 ± 2E+01	
I-131							4,7E-01 ± 4E-02	2,4E+00 ± 2E-01	
Cs-134									
Cs-137		< 2E-02	< 1E-01	< 5E-02	< 6E-02		1,1E-01 ± 1E-01	5,3E-01 ± 6E-01	
Co-58									
Co-60									
Cr-51									
Mn-54									
Zn-65									
Nb-95									
Ru-106									
Sb-125									

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

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

LETO 2011 T - 42/3a
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	ožja okolica NEK (mesta 1,7,8)							Polletna vsota	Polletni used (*)
	28. 12. 2010 - 1. 2. 2011	1. 2. 2011 - 1. 3. 2011	1. 3. 2011 - 4. 4. 2011	4. 4. 2011 - 3. 5. 2011	3. 5. 2011 - 1. 6. 2011	1. 6. 2011 - 4. 7. 2011			
Datum vzor.	28. 12. 2010 - 1. 2. 2011	1. 2. 2011 - 1. 3. 2011	1. 3. 2011 - 4. 4. 2011	4. 4. 2011 - 3. 5. 2011	3. 5. 2011 - 1. 6. 2011	1. 6. 2011 - 4. 7. 2011			
Kol. vzorca (g)	36,5	51,8	54,6	55,6	50,8	44,9			
Padavine (mm)	20,3	10,7	31,9	61,1	69,8	101,9			
Oznaka vzorca	K11PV311	K11PV321	K11PV331	K11PV341	K11PV351	K11PV361			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m²)								
Na-22	2,2E-01 ± 1E-01	7,2E-01 ± 4E-01		8,0E-01 ± 2E-01	< 3E-01	3,1E-01 ± 1E-01	2,0E+00 ± 5E-01	1,0E+01 ± 3E+00	
U-238				1,7E-01 ± 5E-02	4,3E-02 ± 1E-02	< 5E-01	5,4E-01 ± 3E-01	2,7E+00 ± 2E+00	
Ra-226			3,3E-01 ± 8E-02						
Pb-210	3,6E+00 ± 5E-01	3,3E+00 ± 2E-01	3,8E+00 ± 3E-01	9,6E+00 ± 5E-01	4,6E+00 ± 3E-01	5,5E+00 ± 4E-01	3,0E+01 ± 1E+00	1,5E+02 ± 5E+00	
Ra-228	5,9E-02 ± 3E-02	< 1E-01	3,4E-02 ± 2E-02	< 2E-01	< 2E-01	4,5E-02 ± 3E-02	1,4E-01 ± 2E-01	6,9E-01 ± 1E+00	
Th-230									
Th-228	2,6E-02 ± 1E-02	2,8E-02 ± 1E-02	3,5E-02 ± 9E-03	7,1E-02 ± 3E-02	3,4E-02 ± 9E-03	5,9E-02 ± 5E-02	2,5E-01 ± 6E-02	1,3E+00 ± 3E-01	
K-40	4,0E-01 ± 1E-01		3,8E-01 ± 8E-02	7,0E-01 ± 3E-01	4,0E-01 ± 1E-01	< 2E-01	1,9E+00 ± 4E-01	9,4E+00 ± 2E+00	
Be-7	9,6E+00 ± 5E-01	8,3E+00 ± 4E-01	2,2E+01 ± 1E+00	5,3E+01 ± 3E+00	1,8E+01 ± 9E-01	2,4E+01 ± 1E+00	1,4E+02 ± 3E+00	6,8E+02 ± 2E+01	
I-131			5,5E-01 ± 4E-02				5,5E-01 ± 4E-02	2,7E+00 ± 2E-01	
Cs-134				2,5E-02 ± 1E-02			2,5E-02 ± 1E-02	1,2E-01 ± 7E-02	
Cs-137	< 3E-02		2,5E-02 ± 8E-03	5,1E-02 ± 2E-02	2,2E-02 ± 6E-03	2,0E-02 ± 9E-03	1,2E-01 ± 3E-02	6,0E-01 ± 2E-01	
Co-58									
Co-60									
Cr-51									
Mn-54									
Zn-65									
Nb-95									
Ru-106									
Sb-125									

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

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

LETO 2011 T - 42/3b
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	ožja okolica NEK (mesta 1,7,8)							Letna vsota	Letni used (*)
	4. 7. 2011 - 1. 8. 2011	1. 8. 2011 - 1. 9. 2011	1. 9. 2011 - 3. 10. 2011	3. 10. 2011 - 2. 11. 2011	2. 11. 2011 - 1. 12. 2011	1. 12. 2011 - 27. 12. 2011			
Datum vzor.	4. 7. 2011 - 1. 8. 2011	1. 8. 2011 - 1. 9. 2011	1. 9. 2011 - 3. 10. 2011	3. 10. 2011 - 2. 11. 2011	2. 11. 2011 - 1. 12. 2011	1. 12. 2011 - 27. 12. 2011			
Kol. vzorca (g)	49,6	42,5	48,3	38,3	55,1	53			
Padavine (mm)	158,1	11,2	57,0	85,3	2,0	100,2			
Oznaka vzorca	K11PV371	K11PV381	K11PV391	K11PV3A1	K11PV3B1	K11PV3C1			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m²)								
Na-22	< 1E+01	2,5E-01 ± 1E-01	< 9E-01	9,5E-01 ± 5E-01	2,4E-01 ± 2E-01	< 4E-01	3,5E+00 ± 6E+00	1,7E+01 ± 3E+01	
U-238	1,7E+00 ± 5E-01	1,5E-01 ± 4E-02	< 1E-01	< 1E-01	1,4E-01 ± 1E-01	< 7E-02	2,6E+00 ± 6E-01	1,3E+01 ± 3E+00	
Ra-226									
Pb-210	7,2E+01 ± 6E+00	1,8E+00 ± 4E-01	4,1E+00 ± 3E-01	6,6E+00 ± 2E+00	8,3E+00 ± 7E-01	2,4E+00 ± 3E-01	1,3E+02 ± 7E+00	6,3E+02 ± 3E+01	
Ra-228	< 3E-01	< 1E-01			< 8E-02		1,4E-01 ± 3E-01	6,9E-01 ± 1E+00	
Th-230			< 2E+00				< 1E+00	< 7E+00	
Th-228	1,8E-01 ± 1E-01	< 8E-02	6,1E-02 ± 2E-02	4,9E-02 ± 2E-02	7,1E-02 ± 2E-02	3,5E-02 ± 1E-02	6,5E-01 ± 2E-01	3,2E+00 ± 8E-01	
K-40	1,8E+00 ± 7E-01	4,5E-01 ± 2E-01	< 8E-01	2,9E-01 ± 1E-01	1,6E-01 ± 1E-01	1,6E-01 ± 1E-01	4,6E+00 ± 9E-01	2,3E+01 ± 5E+00	
Be-7	1,4E+02 ± 7E+00	8,2E+00 ± 5E-01	1,4E+01 ± 7E-01	3,2E+01 ± 2E+00	5,5E+00 ± 3E-01	1,3E+01 ± 7E-01	3,5E+02 ± 8E+00	1,7E+03 ± 4E+01	
I-131							5,5E-01 ± 4E-02	2,7E+00 ± 2E-01	
Cs-134							2,5E-02 ± 1E-02	1,2E-01 ± 7E-02	
Cs-137	1,2E-01 ± 8E-02	2,6E-02 ± 2E-02	< 6E-02	< 2E-02			2,7E-01 ± 1E-01	1,3E+00 ± 5E-01	
Co-58									
Co-60									
Cr-51									
Mn-54									
Zn-65									
Nb-95									
Ru-106									
Sb-125									

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

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

LETO 2011 T - 42/4a
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS							Polletna vsota	Polletni used
Datum vzor.	28. 12. 2010 - 1. 2. 2011	1. 2. 2011 - 1. 3. 2011	1. 3. 2011 - 4. 4. 2011	4. 4. 2011 - 3. 5. 2011	3. 5. 2011 - 1. 6. 2011	1. 6. 2011 - 4. 7. 2011			
Kol. vzorca (g)	14,5	19,1	14,7	21,9	20,3	13,9			
Padavine (mm)***	49,9	30,5	86,5	38,2	98,3	144,6			
Ozuala vzorca	L11PV111	L11PV121	L11PV131	L11PV141	L11PV151	L11PV161			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)								
Na-22									
U-238	3,7E-01 ± 3E-01	7,5E-01 ± 2E-01		< 1E+00	< 5E-01	< 1E+00	1,1E+00 ± 1E+00	5,6E+00 ± 5E+00	
Ra-226	< 2E-01		7,1E-01 ± 4E-01	1,1E-01 ± 7E-02	< 4E-01	< 5E-01	8,2E-01 ± 5E-01	4,1E+00 ± 3E+00	
Pb-210	3,8E+00 ± 6E-01	4,4E+00 ± 4E-01	3,4E+00 ± 3E-01	7,6E+00 ± 7E-01	7,2E+00 ± 5E-01	9,0E+00 ± 9E-01	3,5E+01 ± 1E+00	1,8E+02 ± 7E+00	
Ra-228	< 1E-01		1,1E-01 ± 8E-02		1,2E-01 ± 9E-02		2,2E-01 ± 2E-01	1,1E+00 ± 8E-01	
Th-230									
Th-228	9,8E-02 ± 6E-02	8,1E-02 ± 5E-02	7,6E-02 ± 3E-02	6,2E-02 ± 4E-02	3,5E-01 ± 4E-02	1,4E-01 ± 7E-02	8,1E-01 ± 1E-01	4,1E+00 ± 6E-01	
K-40	< 6E-01	< 2E+00	1,2E+00 ± 4E-01	< 2E+00	< 1E+00	< 1E+00	1,2E+00 ± 2E+00	5,8E+00 ± 8E+00	
Be-7	1,0E+01 ± 5E-01	8,3E+00 ± 6E-01	2,4E+01 ± 1E+00	3,8E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 2E+00	3,7E+01 ± 2E+00	1,5E+02 ± 3E+00	7,5E+02 ± 2E+01	
I-131			3,2E-01 ± 6E-02				3,2E-01 ± 6E-02	1,6E+00 ± 3E-01	
Cs-134									
Cs-137	< 5E-02	6,0E-02 ± 4E-02	8,1E-02 ± 4E-02	1,1E-01 ± 4E-02	5,9E-02 ± 3E-02		3,1E-01 ± 8E-02	1,5E+00 ± 4E-01	
Co-58									
Co-60									
Cr-51									
Mn-54									
Zn-65									
Nb-95									
Ru-106									
Sb-125									

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

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

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

LETO 2011 T - 42/4b
6. SUHI USED – VAZELINSKE PLOŠČE



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS							Letna vsota	Letni used
Datum vzor.	4. 7. 2011 - 1. 8. 2011	1. 8. 2011 - 1. 9. 2011	1. 9. 2011 - 3. 10. 2011	3. 10. 2011 - 2. 11. 2011	2. 11. 2011 - 1. 12. 2011	1. 12. 2011 - 27. 12. 2011			
Kol. vzorca (g)	12,8	14,5	15,9	13,8	18,6	15,7			
Padavine (mm)***	157,2	42,5	66,0	180,8	3,0	100,6			
Ozuala vzorca	L11PV171	L11PV181	L11PV191	L11PV1A1	L11PV1B1	L11PV1C1			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)								
Na-22					< 1E-01	< 7E-02	< 3E-01		
U-238	< 8E-01	5,8E-01 ± 4E-01	2,6E-01 ± 2E-01	7,0E-01 ± 3E-01	< 6E-01	< 1E+00	2,7E+00 ± 2E+00	1,3E+01 ± 8E+00	
Ra-226	1,6E-01 ± 7E-02	< 4E-01	3,1E-01 ± 1E-01	1,6E-01 ± 1E-01	< 2E-01		1,5E+00 ± 6E-01	7,3E+00 ± 3E+00	
Pb-210	7,7E+00 ± 7E-01	5,7E+00 ± 5E-01	5,5E+00 ± 5E-01	8,4E+00 ± 1E+00	6,5E+00 ± 7E-01	2,9E+00 ± 4E-01	7,2E+01 ± 2E+00	3,6E+02 ± 1E+01	
Ra-228	< 1E-01	3,0E-01 ± 1E-01	< 1E-01			2E-01	5,2E-01 ± 3E-01	2,6E+00 ± 1E+00	
Th-230									
Th-228	< 1E-01	< 1E-01	5,0E-02 ± 3E-02	< 1E-01	< 8E-02	< 2E-01	8,6E-01 ± 2E-01	4,3E+00 ± 1E+00	
K-40	< 7E-01		< 1E+00	< 8E-01	< 7E-01	< 1E+00	1,2E+00 ± 2E+00	5,8E+00 ± 1E+01	
Be-7	3,8E+01 ± 2E+00	2,5E+01 ± 1E+00	1,8E+01 ± 1E+00	2,9E+01 ± 1E+00	9,8E+00 ± 6E-01	1,1E+01 ± 7E-01	2,8E+02 ± 5E+00	1,4E+03 ± 2E+01	
I-131							3,2E-01 ± 6E-02	1,6E+00 ± 3E-01	
Cs-134									
Cs-137	3,2E-02 ± 2E-02	< 5E-02	< 5E-02	< 5E-02	6,0E-02 ± 3E-02		4,0E-01 ± 1E-01	2,0E+00 ± 5E-01	
Co-58									
Co-60									
Cr-51									
Mn-54									
Zn-65									
Nb-95									
Ru-106									
Sb-125									

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

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

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

7. ZRAK

I-131 V ZRAKU
AEROSOLI

LETO 2011 T - 43
7. ZRAK - PREGLED MERITEV JODA I-131 V ZRAKU V LETU 2011

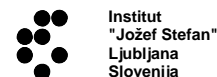


Specifična analiza I-131 v zraku (aerosolni, atomarni, CH₃I) (**)

Vzorč. mesto		Spodnji Stari Grad		Stara vas		Leskovec		Brege		Vihre		Gornji Lenart		Libna	
Datum vzor.		Volumen prečrpanega zraka V (m ³) in specifična aktivnost SA (Bq/m ³)													
od	do	V	SA	V	SA	V	SA	V	SA	V	SA	V	SA	V	SA
28. 12. 2010	17. 1. 2011	1627,3	< 6E-05	1619,1	< 9E-05	1698,6	< 5E-05	1697,4	< 4E-05	1406,2	< 3E-05	1461,3	6,1E-05 ± 3E-05	1693,3	< 6E-05
17. 1. 2011	1. 2. 2011	1163,4	< 4E-05	1284,5	< 2E-05	1205,1	< 5E-05	1261,4	< 5E-05	1104,8	< 7E-05	1118,6	< 3E-05	1151,5	< 4E-05
1. 2. 2011	16. 2. 2011	1263,8	< 1E-04	1191,0	< 7E-05	1141,7	< 3E-05	1207,8	< 3E-05	1342,1	< 1E-04	1083,7	< 1E-04	1302,8	< 7E-05
16. 2. 2011	1. 3. 2011	1089,5	< 9E-05	1087,7	< 3E-05	1041,3	< 5E-05	1076,5	< 1E-04	1162,6	< 7E-05	968,0	< 1E-04	1076,6	< 5E-05
1. 3. 2011	16. 3. 2011	1088,2	< 1E-04	1163,1	< 9E-05	1184,6	< 1E-04	1231,5	< 1E-04	1264,0	< 6E-05	1074,5	< 2E-04	1303,2	< 5E-05
16. 3. 2011	4. 4. 2011	1541,6	1,1E-03 ± 6E-05	1510,6	1,4E-03 ± 7E-05	1306,9	1,8E-03 ± 9E-05	1370,4	1,1E-03 ± 5E-05	1667,8	1,3E-03 ± 6E-05	1314,8	1,5E-03 ± 8E-05	1585,8	1,3E-03 ± 6E-05
4. 4. 2011	18. 4. 2011	1120,1	5,1E-04 ± 3E-05	1150,4	5,1E-04 ± 3E-05	1091,8	4,6E-04 ± 3E-05	1111,2	7,8E-04 ± 6E-05	1286,1	8,1E-04 ± 5E-05	1006,4	8,0E-04 ± 4E-05	1235,7	4,9E-04 ± 4E-05
18. 4. 2011	3. 5. 2011	285,5	4,4E-04 ± 2E-04	1270,6	7,7E-05 ± 2E-05	1196,1	< 1E-04	1251,9	4,8E-05 ± 1E-05	1356,3	1,1E-04 ± 4E-05	1076,4	< 1E-04	1283,2	< 1E-04
3. 5. 2011	16. 5. 2011	1122,8	< 9E-05	1115,3	< 8E-05	1000,7	< 7E-05	974,0	< 6E-05	1116,1	< 6E-05	1019,3	< 3E-05	1053,0	< 1E-04
16. 5. 2011	1. 6. 2011	1295,9	< 1E-04	1330,9	< 5E-05	770,0	< 7E-05	1394,9	< 4E-05	1432,7	< 2E-05	1228,5	< 2E-04	1342,8	< 4E-05
1. 6. 2011	16. 6. 2011	1301,6	< 1E-04	1229,8	< 6E-05	1121,2	< 1E-04	1318,8	< 1E-04	1342,8	< 9E-05	1112,9	< 1E-04	1274,3	< 2E-04
16. 6. 2011	4. 7. 2011	1328,3	< 1E-04	1455,2	< 4E-05	542,0	< 1E-04	1355,2	< 7E-05	1525,1	< 6E-05	1364,3	< 4E-05	1505,3	< 6E-05
4. 7. 2011	18. 7. 2011	1191,2	< 3E-05	1146,5	< 2E-05	1091,6	< 1E-04	1115,7	< 7E-05	1096,5	< 8E-05	1082,6	< 5E-05	1210,5	< 8E-05
18. 7. 2011	1. 8. 2011	1087,1	< 9E-05	1287,0	< 3E-05	1051,7	< 3E-05	1174,6	< 5E-05	1177,1	< 9E-05	1080,4	< 2E-04	1131,3	< 2E-05
1. 8. 2011	16. 8. 2011	1222,7	< 3E-05	1366,7	< 5E-05	1198,3	< 7E-05	1184,6	< 3E-05	1193,5	< 1E-04	1198,9	< 5E-05	1257,9	< 9E-05
16. 8. 2011	1. 9. 2011	1340,2	< 7E-05	1309,2	< 5E-05	1210,6	< 1E-04	1390,5	< 5E-05	1311,7	< 2E-05	1227,0	< 6E-05	1390,4	< 1E-04
1. 9. 2011	19. 9. 2011	1313,4	< 5E-05	1625,3	< 4E-05	1356,3	< 5E-05	1516,4	< 3E-05	1424,1	< 4E-05	1408,6	< 1E-04	1541,1	< 3E-05
19. 9. 2011	3. 10. 2011	1093,4	< 7E-05	1181,3	< 2E-05	1091,6	< 3E-05	1139,3	< 4E-05	4,0	< 5E-02	1070,7	< 8E-05	1236,8	< 4E-05
3. 10. 2011	17. 10. 2011	1205,9	< 2E-04	1130,7	< 8E-05	1305,9	< 7E-05	1180,3	< 6E-05	1066,7	< 8E-05	1036,8	< 9E-05	1196,0	< 1E-04
17. 10. 2011	2. 11. 2011	1397,6	< 5E-05	1349,0	< 7E-05	1418,4	< 1E-05	1331,3	< 6E-05	1431,2	< 2E-05	1168,4	< 7E-05	1283,7	< 4E-05
2. 11. 2011	16. 11. 2011	1178,5	< 9E-05	1054,7	< 7E-05	1190,3	< 3E-05	1142,6	< 4E-05	1058,9	< 6E-05	1066,1	< 6E-05	1127,5	< 5E-05
16. 11. 2011	1. 12. 2011	1162,2	< 3E-05	1177,2	< 4E-05	1386,0	< 2E-04	1206,9	< 5E-05	1217,3	< 7E-05	1064,9	< 9E-05	1278,7	< 6E-05
1. 12. 2011	19. 12. 2011	1429,3	< 1E-04	1430,5	< 6E-05	1706,9	< 4E-05	1320,0	< 5E-05	1283,1	< 1E-04	1302,7	< 5E-05	1420,0	< 7E-05
19. 12. 2011	27. 12. 2011	542,7	< 1E-04	654,0	< 5E-05	763,2	< 4E-05	648,5	< 1E-04	659,3	< 8E-05	569,4	< 2E-04	607,6	< 1E-04

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

LETO 2011 T - 44a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzrč. mesto	Spodnji Stari Grad						
Datum vzor.	28. 12. 2010 - 1. 2. 2011	1. 2. 2011 - 1. 3. 2011	1. 3. 2011 - 4. 4. 2011	4. 4. 2011 - 3. 5. 2011	3. 5. 2011 - 1. 6. 2011	1. 6. 2011 - 4. 7. 2011	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	11909,37	9468,5	11821,92	6109,36	10210,16	11826,3	
Oznaka vzorca	K11AE11S	K11AE12S	K11AE13P	K11AE14S	K11AE15S	K11AE16S	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22	< 1E-05	1,8E-05 ± 1E-05	1,9E-05 ± 2E-05	4,0E-05 ± 2E-05	< 5E-06	< 2,7E-05 ± 1E-05	< 5E-07
U-238			< 3E-05				< 1,7E-05 ± 6E-06
Ra-226						< 3E-05	< 4E-06
Pb-210	1,1E-03 ± 8E-05	1,1E-03 ± 1E-04	8,0E-04 ± 5E-05	4,0E-04 ± 4E-05	5,9E-04 ± 4E-05	4,9E-04 ± 5E-05	7,5E-04 ± 1E-04
Ra-228	< 3E-06		< 6E-06	< 4E-05	< 7E-06		< 4E-06
Th-230							
Th-228	< 2E-06	< 4E-06	3,1E-06 ± 1E-06	< 6E-06		1,6E-06 ± 1E-06	7,8E-07 ± 8E-07
K-40							
Be-7	2,2E-03 ± 1E-04	4,0E-03 ± 2E-04	4,5E-03 ± 2E-04	4,5E-03 ± 2E-04	5,3E-03 ± 3E-04	5,4E-03 ± 3E-04	4,3E-03 ± 5E-04
I-131			2,1E-04 ± 1E-05	5,4E-05 ± 2E-05			4,4E-05 ± 3E-05
Cs-134			5,4E-06 ± 4E-07	1,8E-05 ± 2E-06			3,9E-06 ± 3E-06
Cs-137	2,1E-06 ± 5E-07	2,2E-06 ± 1E-06	8,6E-06 ± 2E-06	1,6E-05 ± 3E-06	2,0E-06 ± 8E-07	< 1E-06	5,1E-06 ± 2E-06
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

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

LETO 2011 T - 44b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

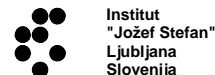


Izotopska analiza sevalcev gama

Vzrč. mesto	Spodnji Stari Grad						
Datum vzor.	4. 7. 2011 - 1. 8. 2011	1. 8. 2011 - 1. 9. 2011	1. 9. 2011 - 3. 10. 2011	3. 10. 2011 - 2. 11. 2011	2. 11. 2011 - 1. 12. 2011	1. 12. 2011 - 27. 12. 2011	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	9931,32	10942,18	11293,03	10274,14	9740,11	8757,88	
Oznaka vzorca	K11AE17S	K11AE18S	K11AE19S	K11AE1AS	K11AE1BS	K11AE1CS	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22	< 6E-05	< 2E-05	< 2E-05	2,3E-05 ± 1E-05	< 3E-05	< 4E-05	< 2E-07
U-238		< 6E-05					< 1,1E-05 ± 5E-06
Ra-226							< 5E-06
Pb-210	6,8E-04 ± 4E-05	8,6E-04 ± 4E-05	1,1E-03 ± 2E-04	8,8E-04 ± 8E-05	2,1E-03 ± 2E-04	1,1E-03 ± 6E-05	9,6E-04 ± 1E-04
Ra-228	< 1E-05	< 1E-05		< 1E-05	< 9E-06	< 9E-06	8,6E-07 ± 2E-06
Th-230							
Th-228	< 5E-06	< 4E-06	< 6E-06			< 5E-06	3,9E-07 ± 7E-07
K-40	< 3E-04			< 3E-04		< 4E-04	< 3E-05
Be-7	4,8E-03 ± 2E-04	5,3E-03 ± 3E-04	5,2E-03 ± 3E-04	3,0E-03 ± 2E-04	2,7E-03 ± 1E-04	2,2E-03 ± 1E-04	4,1E-03 ± 3E-04
I-131							2,2E-05 ± 2E-05
Cs-134							1,9E-06 ± 2E-06
Cs-137	3,0E-06 ± 2E-06	< 1E-06	< 2E-06	2,5E-06 ± 2E-06	2,0E-06 ± 1E-06	< 2E-06	3,2E-06 ± 1E-06
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

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

LETO 2011 T - 45a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Institut
"Jožef Stefan"
Ljubljana
Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Stara vas						
Datum vzor.	28. 12. 2010 - 1. 2. 2011	1. 2. 2011 - 1. 3. 2011	1. 3. 2011 - 4. 4. 2011	4. 4. 2011 - 3. 5. 2011	3. 5. 2011 - 1. 6. 2011	1. 6. 2011 - 4. 7. 2011	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ²)	13241,29	10674,36	13241,31	11491,88	11381,78	13018,65	
Oznaka vzorca	K11AE21S	K11AE22S	K11AE23P	K11AE24S	K11AE25S	K11AE26S	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)						
Na-22	< 2E-05		9,2E-06 ± 3E-05	4,2E-05 ± 2E-05	< 4E-05	1,6E-05 ± 6E-06	1,1E-05 ± 8E-06
U-238			< 5E-05			< 6E-05	< 8E-06
Ra-226							
Pb-210	1,2E-03 ± 6E-05	1,4E-03 ± 8E-05	8,0E-04 ± 5E-05	4,9E-04 ± 3E-05	5,6E-04 ± 7E-05	4,9E-04 ± 4E-05	8,1E-04 ± 2E-04
Ra-228		< 7E-06	4,3E-06 ± 6E-06	< 9E-06	< 9E-06		7,2E-07 ± 2E-06
Th-230			< 1E-04				< 2E-05
Th-228			2E-06	2,6E-06 ± 2E-06	< 4E-06	< 3E-06	< 4,4E-07 ± 6E-07
K-40	< 2E-04	< 3E-04	< 9E-05	< 2E-04	< 2E-04		< 5E-05
Be-7	2,4E-03 ± 1E-04	4,2E-03 ± 2E-04	4,6E-03 ± 2E-04	5,3E-03 ± 3E-04	5,7E-03 ± 3E-04	5,5E-03 ± 3E-04	4,6E-03 ± 5E-04
I-131			2,3E-04 ± 1E-05	4,5E-05 ± 7E-06			4,6E-05 ± 4E-05
Cs-134			7,6E-06 ± 1E-06	1,5E-05 ± 2E-06	2,4E-06 ± 1E-06		4,2E-06 ± 2E-06
Cs-137	2,7E-06 ± 8E-07	2,9E-06 ± 1E-06	8,5E-06 ± 2E-06	1,7E-05 ± 2E-06	3,4E-06 ± 1E-06	< 5E-07	5,7E-06 ± 2E-06
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

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

LETO 2011 T - 45b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Institut
"Jožef Stefan"
Ljubljana
Slovenija

Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Stara vas						
Datum vzor.	4. 7. 2011 - 1. 8. 2011	1. 8. 2011 - 1. 9. 2011	1. 9. 2011 - 3. 10. 2011	3. 10. 2011 - 2. 11. 2011	2. 11. 2011 - 1. 12. 2011	1. 12. 2011 - 27. 12. 2011	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ²)	10954,14	12132,09	12328,88	11403,2	10707,62	9657,64	
Oznaka vzorca	K11AE27S	K11AE28S	K11AE29S	K11AE2AS	K11AE2BS	K11AE2CS	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)						
Na-22		< 2E-05	1,6E-05 ± 7E-06	1,0E-05 ± 8E-06	< 4E-05	1,8E-05 ± 1E-05	9,3E-06 ± 5E-06
U-238		< 6E-05	< 6E-05				< 6E-06
Ra-226							
Pb-210	6,6E-04 ± 4E-05	9,7E-04 ± 1E-04	1,0E-03 ± 7E-05	8,2E-04 ± 6E-05	2,0E-03 ± 1E-04	1,0E-03 ± 7E-05	9,5E-04 ± 1E-04
Ra-228		< 2E-05		1,1E-05 ± 8E-06	< 1E-05		1,3E-06 ± 2E-06
Th-230							< 8E-06
Th-228		< 3E-06	< 4E-06		3,0E-06 ± 2E-06	< 1E-05	4,6E-07 ± 7E-07
K-40		< 2E-04			< 3E-04	< 3E-04	< 3E-05
Be-7	5,1E-03 ± 3E-04	5,5E-03 ± 3E-04	5,4E-03 ± 3E-04	2,9E-03 ± 2E-04	2,7E-03 ± 1E-04	2,0E-03 ± 1E-04	4,3E-03 ± 4E-04
I-131							2,3E-05 ± 2E-05
Cs-134							2,1E-06 ± 1E-06
Cs-137	< 8E-07	7,3E-07 ± 6E-07	< 2E-06	< 3E-06	< 2E-06	1,8E-06 ± 1E-06	3,1E-06 ± 1E-06
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

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

LETO 2011 T - 46a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzrč. mesto	Leskovec						
Datum vzor.	28. 12. 2010 - 1. 2. 2011	1. 2. 2011 - 1. 3. 2011	1. 3. 2011 - 4. 4. 2011	4. 4. 2011 - 3. 5. 2011	3. 5. 2011 - 1. 6. 2011	1. 6. 2011 - 4. 7. 2011	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	12977,92	10528,53	12774,73	10856,3	8573,71	8229,32	
Oznaka vzorca	K11AE31S	K11AE32S	K11AE33P	K11AE34S	K11AE35S	K11AE36S	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22	< 4E-05	7,8E-05 ± 6E-05	9,8E-07 ± 7E-07	< 4E-05	7,7E-05 ± 2E-05	< 1,6E-07 ± 2E-07	
U-238			< 4E-05			2,6E-05 ± 2E-05	
Ra-226					< 1E-04	< 1E-05	
Pb-210	1,3E-03 ± 7E-05	1,1E-03 ± 8E-05	8,9E-04 ± 6E-05	5,6E-04 ± 1E-04	7,8E-04 ± 4E-05	8,6E-04 ± 1E-04	
Ra-228	< 6E-06	< 4E-06	< 8E-06		< 1E-05	< 2E-06	
Th-230							
Th-228		< 2E-06	4,2E-06 ± 3E-06	< 5E-06	5,4E-06 ± 3E-06	1,6E-06 ± 1E-06	
K-40	< 2E-04					< 2E-05	
Be-7	2,6E-03 ± 1E-04	4,7E-03 ± 2E-04	5,0E-03 ± 3E-04	5,9E-03 ± 3E-04	7,8E-03 ± 4E-04	5,2E-03 ± 7E-04	
I-131			2,7E-04 ± 1E-05	5,0E-05 ± 8E-06		5,3E-05 ± 4E-05	
Cs-134			9,3E-06 ± 5E-07	1,7E-05 ± 1E-06		4,3E-06 ± 3E-06	
Cs-137	2,0E-06 ± 9E-07	2,5E-06 ± 1E-06	1,1E-05 ± 1E-06	1,8E-05 ± 2E-06	8,6E-06 ± 4E-06	7,0E-06 ± 3E-06	
Co-58						< 2E-06	
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

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

LETO 2011 T - 46b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzrč. mesto	Leskovec						
Datum vzor.	4. 7. 2011 - 1. 8. 2011	1. 8. 2011 - 1. 9. 2011	1. 9. 2011 - 3. 10. 2011	3. 10. 2011 - 2. 11. 2011	2. 11. 2011 - 1. 12. 2011	1. 12. 2011 - 27. 12. 2011	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	10453,94	11553,84	11908,94	11525,59	10889,74	9813,18	
Oznaka vzorca	K11AE37S	K11AE38S	K11AE39S	K11AE3AS	K11AE3BS	K11AE3CS	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22							8,2E-08 ± 8E-08
U-238	2,1E-05 ± 1E-05	< 3E-05		8,4E-05 ± 2E-05	< 3E-05	< 3E-05	2,2E-05 ± 1E-05
Ra-226	< 1E-04	< 7E-05					< 8E-06
Pb-210	7,2E-04 ± 5E-05	9,3E-04 ± 5E-05	1,0E-03 ± 5E-05	7,5E-04 ± 4E-05	1,8E-03 ± 9E-05	8,5E-04 ± 5E-05	9,4E-04 ± 1E-04
Ra-228	2,2E-05 ± 1E-05	< 8E-06	5,0E-06 ± 3E-06	< 1E-05	3,8E-06 ± 3E-06	< 7E-06	2,6E-06 ± 2E-06
Th-230							
Th-228	< 6E-06						8,0E-07 ± 5E-07
K-40				< 3E-04			< 2E-05
Be-7	5,4E-03 ± 3E-04	5,9E-03 ± 3E-04	5,9E-03 ± 3E-04	2,7E-03 ± 1E-04	2,6E-03 ± 1E-04	1,9E-03 ± 1E-04	4,6E-03 ± 5E-04
I-131							2,7E-05 ± 2E-05
Cs-134							2,2E-06 ± 2E-06
Cs-137	< 4E-06	< 1E-06	1,6E-06 ± 8E-07	< 2E-06	2,0E-06 ± 7E-07	2,3E-06 ± 1E-06	4,0E-06 ± 2E-06
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

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

LETO 2011 T - 47a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Brege						
Datum vzor.	28. 12. 2010 - 1. 2. 2011	1. 2. 2011 - 1. 3. 2011	1. 3. 2011 - 4. 4. 2011	4. 4. 2011 - 3. 5. 2011	3. 5. 2011 - 1. 6. 2011	1. 6. 2011 - 4. 7. 2011	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	11208,62	8660,43	13443,4	11661,88	11306,17	11942,04	
Oznaka vzorca	K11AE41S	K11AE42S	K11AE43P	K11AE44S	K11AE45S	K11AE46S	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22			1,0E-06 ± 5E-07				1,7E-07 ± 2E-07
U-238			2,6E-05 ± 1E-05	3,5E-05 ± 2E-05	3,3E-05 ± 2E-05	< 5E-05	1,6E-05 ± 7E-06
Ra-226				< 8E-05			< 8E-06
Pb-210	1,9E-03 ± 1E-04	1,7E-03 ± 9E-05	1,0E-03 ± 8E-05	9,0E-04 ± 5E-05	7,2E-04 ± 1E-04	6,9E-04 ± 4E-05	1,1E-03 ± 2E-04
Ra-228	< 1E-05		< 8E-06	8,3E-06 ± 4E-06		< 7E-06	1,4E-06 ± 2E-06
Th-230							
Th-228			< 6E-06		3,9E-06 ± 2E-06	5,8E-06 ± 2E-06	1,6E-06 ± 1E-06
K-40					< 2E-04		< 2E-05
Be-7	3,3E-03 ± 2E-04	5,6E-03 ± 3E-04	5,9E-03 ± 3E-04	9,0E-03 ± 4E-04	7,1E-03 ± 4E-04	7,1E-03 ± 4E-04	6,3E-03 ± 8E-04
I-131			2,9E-04 ± 2E-05	8,2E-05 ± 8E-06			6,2E-05 ± 5E-05
Cs-134			9,0E-06 ± 6E-07	1,9E-05 ± 2E-06			4,7E-06 ± 3E-06
Cs-137	2,0E-06 ± 8E-07	7,8E-06 ± 4E-06	1,1E-05 ± 2E-06	2,5E-05 ± 2E-06	1,5E-06 ± 7E-07	2,7E-06 ± 9E-07	8,3E-06 ± 4E-06
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

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

LETO 2011 T - 47b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Brege						
Datum vzor.	4. 7. 2011 - 1. 8. 2011	1. 8. 2011 - 1. 9. 2011	1. 9. 2011 - 3. 10. 2011	3. 10. 2011 - 2. 11. 2011	2. 11. 2011 - 1. 12. 2011	1. 12. 2011 - 27. 12. 2011	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	10545,44	11516,4	11966,03	11783,21	11122,62	9646,4	
Oznaka vzorca	K11AE47S	K11AE48S	K11AE49S	K11AE4AS	K11AE4BS	K11AE4CS	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22							8,4E-08 ± 8E-08
U-238	2,4E-05 ± 1E-05		1,7E-05 ± 1E-05	< 3E-05	1,9E-05 ± 1E-05	< 3E-05	1,3E-05 ± 4E-06
Ra-226		< 1E-04					< 7E-06
Pb-210	1,0E-03 ± 1E-04	1,5E-03 ± 9E-05	1,5E-03 ± 1E-04	1,2E-03 ± 6E-05	2,4E-03 ± 4E-04	1,4E-03 ± 1E-04	1,3E-03 ± 1E-04
Ra-228	4,3E-06 ± 3E-06			8,7E-06 ± 5E-06	< 6E-06	< 7E-06	1,8E-06 ± 1E-06
Th-230							
Th-228	3,2E-06 ± 1E-06	3,3E-06 ± 2E-06	< 4E-06		< 9E-06	< 5E-06	1,3E-06 ± 7E-07
K-40			< 2E-04				< 2E-05
Be-7	6,8E-03 ± 4E-04	7,7E-03 ± 4E-04	7,2E-03 ± 4E-04	3,9E-03 ± 2E-04	3,5E-03 ± 2E-04	2,7E-03 ± 2E-04	5,8E-03 ± 6E-04
I-131							3,1E-05 ± 2E-05
Cs-134							2,3E-06 ± 2E-06
Cs-137	3,6E-06 ± 1E-06	< 2E-06	1,6E-06 ± 7E-07	3,0E-06 ± 2E-06	2,9E-06 ± 1E-06	1,3E-06 ± 1E-06	5,2E-06 ± 2E-06
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

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

LETO 2011 T - 48a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Vihre						
Datum vzor.	28. 12. 2010 - 1. 2. 2011	1. 2. 2011 - 1. 3. 2011	1. 3. 2011 - 4. 4. 2011	4. 4. 2011 - 3. 5. 2011	3. 5. 2011 - 1. 6. 2011	1. 6. 2011 - 4. 7. 2011	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	12281,5	9734,25	11943	10194,93	10135,59	11576,82	
Oznaka vzorca	K11AE51S	K11AE52S	K11AE53P	K11AE54S	K11AE55S	K11AE56S	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22							
U-238	< 5E-05	< 4E-05	1,7E-05 ± 2E-05	< 3E-05		1,8E-06 ± 1E-06	2,9E-07 ± 3E-07
Ra-226	< 5E-05					3,4E-05 ± 8E-06	8,6E-06 ± 9E-06
Pb-210	1,4E-03 ± 7E-05	1,2E-03 ± 7E-05	8,4E-04 ± 1E-04	5,1E-04 ± 3E-05	5,7E-04 ± 3E-05	< 4E-05	< 6E-06
Ra-228	< 1E-05		7,8E-06 ± 1E-05		< 5E-06	5,8E-04 ± 3E-05	8,6E-04 ± 2E-04
Th-230						< 6E-06	1,3E-06 ± 3E-06
Th-228			1,5E-05 ± 3E-06		< 3E-06	3,8E-06 ± 2E-06	3,0E-06 ± 2E-06
K-40		< 3E-04		< 2E-04		< 3E-04	< 5E-05
Be-7	2,8E-03 ± 1E-04	4,2E-03 ± 2E-04	4,7E-03 ± 2E-04	5,8E-03 ± 3E-04	5,4E-03 ± 4E-04	6,3E-03 ± 3E-04	4,9E-03 ± 5E-04
I-131			2,4E-04 ± 1E-05	3,8E-05 ± 4E-06			4,6E-05 ± 4E-05
Cs-134			5,8E-06 ± 5E-07	1,6E-05 ± 1E-06			3,6E-06 ± 3E-06
Cs-137	2,7E-06 ± 1E-06	2,8E-06 ± 1E-06	5,8E-06 ± 4E-06	1,9E-05 ± 2E-06	2,7E-06 ± 9E-07	< 6E-07	5,5E-06 ± 3E-06
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

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

LETO 2011 T - 48b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Vihre						
Datum vzor.	4. 7. 2011 - 1. 8. 2011	1. 8. 2011 - 1. 9. 2011	1. 9. 2011 - 3. 10. 2011	3. 10. 2011 - 2. 11. 2011	2. 11. 2011 - 1. 12. 2011	1. 12. 2011 - 27. 12. 2011	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	9788,63	10798,86	6268,41	10414,52	9862,37	8839,82	
Oznaka vzorca	K11AE57S	K11AE58S	K11AE59S	K11AE5AS	K11AE5BS	K11AE5CS	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22							
U-238	3,6E-05 ± 1E-05	4,1E-05 ± 2E-05	< 4E-05	< 2E-05		< 4E-05	1,5E-07 ± 1E-07
Ra-226		< 5E-05					1,1E-05 ± 6E-06
Pb-210	7,3E-04 ± 5E-05	1,0E-03 ± 5E-05	1,0E-03 ± 6E-05	9,3E-04 ± 5E-05	2,2E-03 ± 1E-04	1,2E-03 ± 1E-04	1,0E-03 ± 1E-04
Ra-228	< 1E-05	4,7E-06 ± 3E-06	9,9E-06 ± 4E-06	6,6E-06 ± 5E-06	6,7E-06 ± 4E-06	< 2E-05	3,0E-06 ± 2E-06
Th-230							
Th-228	< 6E-06			3,5E-06 ± 2E-06		< 6E-06	1,8E-06 ± 1E-06
K-40		< 3E-04					< 3E-05
Be-7	5,1E-03 ± 3E-04	5,6E-03 ± 3E-04	5,4E-03 ± 3E-04	3,1E-03 ± 2E-04	2,7E-03 ± 1E-04	2,0E-03 ± 1E-04	4,4E-03 ± 4E-04
I-131							2,3E-05 ± 2E-05
Cs-134							1,8E-06 ± 1E-06
Cs-137		< 1E-06	1,6E-06 ± 7E-07	6,2E-06 ± 4E-06	2,9E-06 ± 2E-06	3,0E-06 ± 2E-06	3,9E-06 ± 1E-06
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

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

LETO 2011 T - 49a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Gornji Lenart						
Datum vzor.	28. 12. 2010 - 1. 2. 2011	1. 2. 2011 - 1. 3. 2011	1. 3. 2011 - 4. 4. 2011	4. 4. 2011 - 3. 5. 2011	3. 5. 2011 - 1. 6. 2011	1. 6. 2011 - 4. 7. 2011	Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	15416,72	12279,11	14989,32	12910,19	10896,69	12631,48	
Oznaka vzorca	K11AE61S	K11AE62S	K11AE63P	K11AE64S	K11AE65S	K11AE66S	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22							
U-238	1,6E-05 ± 7E-06	2,3E-05 ± 2E-05	< 7E-05	1,0E-04 ± 1E-05	< 4E-05	< 4E-05	2,4E-05 ± 2E-05
Ra-226		< 6E-05		< 1E-04			< 1E-05
Pb-210	1,1E-03 ± 8E-05	1,3E-03 ± 7E-05	7,4E-04 ± 8E-05	7,9E-04 ± 4E-05	4,9E-04 ± 3E-05	4,2E-04 ± 4E-05	8,1E-04 ± 1E-04
Ra-228	< 3E-06	< 9E-06	3,9E-06 ± 7E-06	< 9E-06	< 1E-05		6,5E-07 ± 2E-06
Th-230							
Th-228	< 3E-06	< 3E-06		1,1E-05 ± 3E-06	< 5E-06	< 3E-06	1,8E-06 ± 2E-06
K-40	< 2E-04						< 2E-05
Be-7	2,1E-03 ± 1E-04	4,6E-03 ± 2E-04	4,3E-03 ± 2E-04	7,4E-03 ± 4E-04	4,5E-03 ± 2E-04	4,8E-03 ± 2E-04	4,6E-03 ± 7E-04
I-131			2,1E-04 ± 1E-05	5,5E-05 ± 4E-06			4,4E-05 ± 3E-05
Cs-134			6,2E-06 ± 9E-07	1,9E-05 ± 1E-06			4,3E-06 ± 3E-06
Cs-137	1,9E-06 ± 5E-07	2,0E-06 ± 9E-07	7,9E-06 ± 2E-06	1,8E-05 ± 4E-06	< 1E-06	< 2E-06	5,0E-06 ± 3E-06
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

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

LETO 2011 T - 49b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Gornji Lenart						
Datum vzor.	4. 7. 2011 - 1. 8. 2011	1. 8. 2011 - 1. 9. 2011	1. 9. 2011 - 3. 10. 2011	3. 10. 2011 - 2. 11. 2011	2. 11. 2011 - 1. 12. 2011	1. 12. 2011 - 27. 12. 2011	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	10648,96	11780,32	12122,55	11229,94	10606,72	9428,38	
Oznaka vzorca	K11AE67S	K11AE68S	K11AE69S	K11AE6AS	K11AE6BS	K11AE6CS	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22							
U-238	2,8E-05 ± 1E-05		< 2E-05		< 4E-05	< 4E-05	1,4E-05 ± 9E-06
Ra-226			< 1E-04	< 8E-05			< 9E-06
Pb-210	5,5E-04 ± 3E-05	8,3E-04 ± 6E-05	1,0E-03 ± 6E-05	9,0E-04 ± 6E-05	1,8E-03 ± 1E-04	1,0E-03 ± 1E-04	9,1E-04 ± 1E-04
Ra-228	8,3E-06 ± 5E-06	7,3E-06 ± 5E-06	< 6E-06		5,4E-06 ± 4E-06	< 1E-05	2,1E-06 ± 1E-06
Th-230							
Th-228		< 6E-06	< 3E-06	< 5E-06			9,0E-07 ± 9E-07
K-40				< 3E-04			< 2E-05
Be-7	4,2E-03 ± 2E-04	4,6E-03 ± 2E-04	4,8E-03 ± 2E-04	2,6E-03 ± 1E-04	2,2E-03 ± 1E-04	1,6E-03 ± 9E-05	4,0E-03 ± 5E-04
I-131							2,2E-05 ± 2E-05
Cs-134							2,1E-06 ± 2E-06
Cs-137	< 1E-06	< 2E-06	< 6E-07	< 8E-07	3,1E-06 ± 1E-06	1,6E-06 ± 1E-06	2,9E-06 ± 2E-06
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

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

LETO 2011 T - 50a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Libna						
Datum vzor.	28. 12. 2010 - 1. 2. 2011	1. 2. 2011 - 1. 3. 2011	1. 3. 2011 - 4. 4. 2011	4. 4. 2011 - 3. 5. 2011	3. 5. 2011 - 1. 6. 2011	1. 6. 2011 - 4. 7. 2011	Polletno povprečje (*)
KoL vzorca (m ³)	13608,82	10970,54	13435,52	11650,51	11692,03	13340,86	
Oznaka vzorca	K11AE71S	K11AE72S	K11AE73P	K11AE74S	K11AE75S	K11AE76S	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22							
U-238	1,5E-05 ± 6E-06	1,4E-05 ± 7E-06	1,9E-05 ± 8E-06	< 2E-05	< 2E-05		7,9E-06 ± 4E-06
Ra-226		< 7E-05	< 5E-05		< 1E-04		< 2E-05
Pb-210	1,0E-03 ± 6E-05	1,0E-03 ± 8E-05	7,7E-04 ± 5E-05	3,8E-04 ± 2E-05	5,2E-04 ± 4E-05	3,5E-04 ± 2E-05	6,8E-04 ± 1E-04
Ra-228	< 9E-06		< 4E-06	< 6E-06	< 6E-06	< 6E-06	< 1E-06
Th-230							
Th-228	2,1E-06 ± 1E-06	3,5E-06 ± 2E-06	5,0E-06 ± 6E-06		< 3E-06		1,8E-06 ± 1E-06
K-40	< 2E-04	< 3E-04				< 2E-04	< 4E-05
Be-7	2,1E-03 ± 1E-04	3,7E-03 ± 2E-04	4,1E-03 ± 2E-04	4,6E-03 ± 2E-04	4,9E-03 ± 2E-04	4,6E-03 ± 2E-04	4,0E-03 ± 4E-04
I-131			1,8E-04 ± 9E-06	2,8E-05 ± 3E-06			3,5E-05 ± 3E-05
Cs-134			5,8E-06 ± 5E-07	1,3E-05 ± 1E-06			3,1E-06 ± 2E-06
Cs-137	1,9E-06 ± 1E-06	1,3E-06 ± 1E-06	5,0E-06 ± 2E-06	3,1E-05 ± 1E-05	< 7E-07	< 4E-06	6,5E-06 ± 5E-06
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

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

LETO 2011 T - 50b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Libna						
Datum vzor.	4. 7. 2011 - 1. 8. 2011	1. 8. 2011 - 1. 9. 2011	1. 9. 2011 - 3. 10. 2011	3. 10. 2011 - 2. 11. 2011	2. 11. 2011 - 1. 12. 2011	1. 12. 2011 - 27. 12. 2011	Letno povprečje (*)
KoL vzorca (m ³)	11367,41	12711	12950,39	12045,68	11420,66	10277,3	
Oznaka vzorca	K11AE77S	K11AE78S	K11AE79S	K11AE7AS	K11AE7BS	K11AE7CS	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22							
U-238	2,5E-05 ± 8E-06	2,5E-05 ± 2E-05	< 1E-05		< 3E-05	< 3E-05	8,1E-06 ± 3E-06
Ra-226							< 8E-06
Pb-210	5,0E-04 ± 4E-05	7,8E-04 ± 4E-05	8,1E-04 ± 6E-05	8,3E-04 ± 5E-05	1,6E-03 ± 2E-04	8,5E-04 ± 7E-05	7,9E-04 ± 1E-04
Ra-228		< 9E-06	4,5E-06 ± 4E-06	< 5E-06		< 9E-06	3,7E-07 ± 1E-06
Th-230							
Th-228	< 4E-06	< 6E-06	< 5E-06	< 3E-06	< 8E-06	< 6E-06	8,8E-07 ± 9E-07
K-40							< 2E-05
Be-7	4,2E-03 ± 2E-04	4,7E-03 ± 2E-04	4,5E-03 ± 4E-04	2,5E-03 ± 1E-04	2,4E-03 ± 1E-04	1,8E-03 ± 9E-05	3,7E-03 ± 3E-04
I-131							1,8E-05 ± 2E-05
Cs-134							1,5E-06 ± 1E-06
Cs-137	< 4E-06	2,4E-06 ± 2E-06	1,0E-06 ± 7E-07	< 7E-07	1,3E-06 ± 4E-07	< 6E-06	3,7E-06 ± 3E-06
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

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

LETO 2011 T - 51a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Dobova							Polletno povprečje (*)
	28. 12. 2010 - 1. 2. 2011	1. 2. 2011 - 1. 3. 2011	1. 3. 2011 - 4. 4. 2011	4. 4. 2011 - 3. 5. 2011	3. 5. 2011 - 1. 6. 2011	1. 6. 2011 - 4. 7. 2011		
Datum vzor.	28. 12. 2010 - 1. 2. 2011	1. 2. 2011 - 1. 3. 2011	1. 3. 2011 - 4. 4. 2011	4. 4. 2011 - 3. 5. 2011	3. 5. 2011 - 1. 6. 2011	1. 6. 2011 - 4. 7. 2011		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	156297,2	113394	166824,5	142260,8	140626,5	162148,6		
Oznaka vzorca	K11AE811	K11AE821	K11AE83P	K11AE841	K11AE851	K11AE861		
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
Na-22		5,6E-07 ± 2E-07	2,2E-07 ± 7E-07	2,5E-07 ± 2E-07	9,5E-07 ± 2E-07	8,8E-07 ± 2E-07	4,8E-07 ± 2E-07	
U-238		< 2E-05	< 4E-06	< 4E-06	< 7E-06		< 2E-06	
Ra-226								
Pb-210	9,1E-04 ± 6E-05	1,0E-03 ± 9E-05	6,7E-04 ± 4E-05	4,3E-04 ± 2E-05	6,0E-04 ± 3E-05	5,0E-04 ± 3E-05	6,9E-04 ± 1E-04	
Ra-228					< 1E-06		< 1E-07	
Th-230								
Th-228				3,9E-06 ± 5E-07	< 7E-07	< 1E-06	6,5E-07 ± 6E-07	
K-40								
Be-7	1,5E-03 ± 8E-05	3,9E-03 ± 2E-04	4,6E-03 ± 3E-04	5,3E-03 ± 3E-04	6,3E-03 ± 3E-04	5,5E-03 ± 3E-04	4,5E-03 ± 7E-04	
I-131			2,2E-04 ± 2E-05	3,4E-05 ± 2E-06			4,2E-05 ± 4E-05	
Cs-134			7,5E-06 ± 4E-07	1,4E-05 ± 7E-07	1,1E-06 ± 2E-07		3,7E-06 ± 2E-06	
Cs-137	2,7E-06 ± 2E-07	2,6E-06 ± 1E-07	9,4E-06 ± 5E-07	1,5E-05 ± 7E-07	1,7E-06 ± 2E-07	3,7E-07 ± 1E-07	5,3E-06 ± 2E-06	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

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

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

LETO 2011 T - 51b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama (**)

Vzorč. mesto	Dobova							Letno povprečje (*)
	4. 7. 2011 - 1. 8. 2011	1. 8. 2011 - 1. 9. 2011	1. 9. 2011 - 3. 10. 2011	3. 10. 2011 - 2. 11. 2011	2. 11. 2011 - 1. 12. 2011	1. 12. 2011 - 27. 12. 2011		
Datum vzor.	4. 7. 2011 - 1. 8. 2011	1. 8. 2011 - 1. 9. 2011	1. 9. 2011 - 3. 10. 2011	3. 10. 2011 - 2. 11. 2011	2. 11. 2011 - 1. 12. 2011	1. 12. 2011 - 27. 12. 2011		Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	112543,1	122806,8	128938,9	116843,8	105900,3	91174,5		
Oznaka vzorca	K11AE871	K11AE881	K11AE891	K11AE8A1	K11AE8BP	K11AE8C1		
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
Na-22		7,1E-07 ± 3E-07	4,1E-07 ± 2E-07		< 1E-05	7,7E-06 ± 6E-06	3,3E-07 ± 1E-07	
U-238	1,4E-05 ± 6E-06		< 7E-06				1,8E-06 ± 1E-06	
Ra-226								
Pb-210	5,7E-04 ± 3E-05	8,9E-04 ± 6E-05	8,9E-04 ± 5E-05	8,8E-04 ± 5E-05	2,0E-03 ± 1E-04	1,0E-03 ± 6E-05	8,6E-04 ± 1E-04	
Ra-228			< 2E-06	< 3E-06	< 5E-06	< 2E-06	< 3E-07	
Th-230								
Th-228	9,7E-06 ± 8E-07	6,3E-06 ± 9E-07	1,4E-06 ± 4E-07	1,9E-06 ± 6E-07	4,2E-06 ± 1E-06	1,7E-06 ± 6E-07	2,4E-06 ± 9E-07	
K-40								
Be-7	4,2E-03 ± 2E-04	5,3E-03 ± 3E-04	4,4E-03 ± 2E-04	2,7E-03 ± 1E-04	2,7E-03 ± 1E-04	2,0E-03 ± 1E-04	4,0E-03 ± 4E-04	
I-131					6,7E-07 ± 3E-07		2,1E-05 ± 2E-05	
Cs-134							1,9E-06 ± 1E-06	
Cs-137	1,0E-06 ± 5E-07	< 4E-07	4,5E-07 ± 1E-07	1,3E-06 ± 4E-07	2,2E-06 ± 5E-07	1,7E-06 ± 3E-07	3,2E-06 ± 1E-06	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

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

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

LETO 2011 T - 51a, 51b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Institut
 "Jožef Stefan"
 Ljubljana
 Slovenija

Specifična analiza Sr-90/Sr-89 (**)

Vzorč. mesto	Dobova				
Datum vzor.	28. 12. 2010 - 4. 4. 2011	4. 4. 2011 - 4. 7. 2011	4. 7. 2011 - 3. 10. 2011	3. 10. 2011 - 27. 12. 2011	Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	100748	445035,8	99883	64206	
Oznaka vzorca	K11AE8D1	K11AE8E1	K11AE8F1	K11AE8G1	
IZOTOP:	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
Sr-89/Sr-90	1,1E-06 ± 1E-07	8,6E-07 ± 2E-07	5,7E-07 ± 8E-08	4,8E-06 ± 5E-07	1,8E-06 ± 1E-06

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

(**) Radiokemijske analize Sr-90/Sr-89 so bile opravljene na IJS na Odseku O-2.

LETO 2011 T - 52a
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)

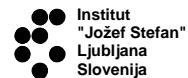


Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS							
Datum vzor.	28. 12. 2010 - 1. 2. 2011	1. 2. 2011 - 1. 3. 2011	1. 3. 2011 - 4. 4. 2011	4. 4. 2011 - 3. 5. 2011	3. 5. 2011 - 1. 6. 2011	1. 6. 2011 - 4. 7. 2011		Polletno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	119771,9	9640,7	181323,2	154131,2	154667,4	175404,2		
Oznaka vzorca	RP11AE111	RP11AE121	RP11AE13P	RP11AE141	RP11AE151	RP11AE161		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
Na-22				7,8E-07 ± 1E-07	7,6E-07 ± 2E-07	9,0E-07 ± 2E-07	4,1E-07 ± 2E-07	
U-238				< 4E-06			< 4E-07	
Ra-226								
Pb-210	1,3E-03 ± 6E-05	1,3E-03 ± 1E-04	7,1E-04 ± 4E-05	5,7E-04 ± 3E-05	6,2E-04 ± 4E-05	5,2E-04 ± 3E-05	8,4E-04 ± 2E-04	
Ra-228					< 2E-06		< 2E-07	
Th-230							9,5E-06 ± 9E-06	
Th-228			5,7E-05 ± 4E-05				7,6E-08 ± 8E-08	
K-40								
Be-7	2,9E-03 ± 1E-04	4,3E-03 ± 2E-04	4,5E-03 ± 3E-04	5,6E-03 ± 3E-04	5,9E-03 ± 3E-04	5,7E-03 ± 3E-04	4,8E-03 ± 5E-04	
I-131			1,4E-04 ± 7E-06	3,5E-05 ± 2E-06			2,9E-05 ± 2E-05	
Cs-134			5,5E-06 ± 3E-07	1,4E-05 ± 7E-07	8,2E-07 ± 1E-07		3,3E-06 ± 2E-06	
Cs-137	3,2E-06 ± 2E-07	< 2E-06	7,2E-06 ± 4E-07	1,6E-05 ± 8E-07	1,8E-06 ± 2E-07		4,7E-06 ± 2E-06	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

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

LETO 2011 T - 52b
7. ZRAK – zračni delci (aerosoli)



Izotopska analiza sevalcev gama

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS							
Datum vzor.	4. 7. 2011 - 1. 8. 2011	1. 8. 2011 - 1. 9. 2011	1. 9. 2011 - 3. 10. 2011	3. 10. 2011 - 2. 11. 2011	2. 11. 2011 - 1. 12. 2011	1. 12. 2011 - 27. 12. 2011		Letno povprečje (*)
Kol. vzorca (m ³)	149044,4	130160,5	131971	104125,7	110767,2	92350,8		
Oznaka vzorca	RP11AE171	RP11AE181	RP11AE191	RP11AE1A1	RP11AE1BP	RP11AE1C1		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
Na-22	9,0E-07 ± 2E-07	6,2E-07 ± 2E-07					3,3E-07 ± 1E-07	
U-238			6,2E-06 ± 3E-06				5,2E-07 ± 5E-07	
Ra-226								
Pb-210	6,0E-04 ± 3E-05	1,0E-03 ± 6E-05	1,1E-03 ± 6E-05	8,8E-04 ± 9E-05	1,7E-03 ± 9E-05	9,6E-04 ± 5E-05	9,5E-04 ± 1E-04	
Ra-228			< 2E-06		< 5E-06		< 3E-07	
Th-230							4,7E-06 ± 5E-06	
Th-228	9,6E-06 ± 7E-07	< 2E-06	1,0E-06 ± 5E-07	2,4E-06 ± 6E-07	3,8E-05 ± 2E-05	1,6E-06 ± 8E-07	4,4E-06 ± 3E-06	
K-40								
Be-7	4,8E-03 ± 2E-04	5,5E-03 ± 3E-04	5,3E-03 ± 3E-04	3,2E-03 ± 2E-04	3,5E-03 ± 2E-04	2,0E-03 ± 1E-04	4,4E-03 ± 4E-04	
I-131							1,5E-05 ± 1E-05	
Cs-134							1,7E-06 ± 1E-06	
Cs-137	5,2E-07 ± 1E-07	4,2E-07 ± 2E-07	8,9E-07 ± 2E-07	1,3E-06 ± 2E-07	2,8E-06 ± 7E-07	3,9E-06 ± 7E-07	3,2E-06 ± 1E-06	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

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

8. DOZA IN HITROST DOZE ZUNANJEGA SEVANJA

DOZA Z OKOLJSKIMI TL DOZIMETRI

MERITVE HITROSTI DOZE SEVANJA GAMA

LETO 2011 T - 53/a
8. SEZNAM TL-DOZIMETROV V OKOLICI NEK IN NA OGRAJI NEK



SEZNAM DOZIMETROV TLD V OKOLICI NEK

Sektor	št.	Oznaka	GEOGRAFSKE KOORDINATE	d/km	Kraj in naslov
1 N	60	T1B1	45°56'55" / 15°30'57"	1,2	Spodnja Libna 5, M. Klinec (ob cesti)
	1	T1C1	45°57'09" / 15°30'49"	1,7	Libna 2, Andrej Peršolja
	2	T1F1	46°01'45" / 15°30'41"	10	Mali Kamen 32, Anton Brljavec
2 NNE	3	T2B1	45°56'46" / 15°31'20"	0,79	Spodnji Stari Grad 1
	4	T2B2	45°57'01" / 15°31'24"	1,4	Libna 8, Jože Pogačar
	5	T2D1	45°58'12" / 15°31'50"	3,75	Pleterje 16, Maks Urek
	6	T2E1	46°00'49" / 15°34'43"	9,72	Pečice 39, Franc Godler
3 NE	61	T3C1	45°57'04" / 15°32'07"	2,1	Libna 33, Božidar Volčanšek
	7	T3E1	45°58'28" / 15°33'39"	5,42	Zgornja Pohanca 3, Silvester Kunej
	8	T3E2	45°59'21" / 15°35'39"	8,4	Sromlje 13, Ivan Bartole
4 ENE	9	T4B1	45°56'34" / 15°31'55"	1,37	Spodnji Stari Grad 27, Mitja Stergar
	62	T4D1	45°56'49" / 15°32'48"	2,7	Dolenja vas 51, Jože Gorišek
	10	T4E1	45°57'13" / 15°35'45"	6,4	Glogov Brod 1, Milan Rožman
	11	T4F1	45°59'05" / 15°37'52"	10,45	Dednja vas 8, Ivan Dušič
5 E	12	T5B1	45°56'06" / 15°31'57"	1,25	Spodnji Stari Grad - Gmajna
	13	T5D1	45°56'26" / 15°33'18"	3,1	Pesje 1, Jože Gerjevič
	14	T5D2	45°55'47" / 15°34'24"	4,55	Gornji Lenart 21, Josip Kunej (met. postaja)
	15	T5E1	45°56'46" / 15°38'23"	9,67	Globoko 21, Jože Hotko
6 ESE	16	T6B1	45°56'03" / 15°31'53"	1,25	Spodnji Stari Grad - Gmajna (ob cesti)
	63	T6D1	45°55'48" / 15°33'15"	3,2	Pesje 23 (Amerika), Angela Slivšek
	17	T6E1	45°53'56" / 15°37'38"	9,65	Mostec 45, Jožefa Žibert
	18	T6E2	45°54'32" / 15°35'23"	6,72	Brežice, Nad Vrbino 3
	19	T6E3	45°54'56" / 15°35'13"	6	Brežice, Čolnarska 9, F. Vinpolšek
7 SE	59	T7D1	45°55'11" / 15°32'37"	3,2	Gmajnice, bivše vojaško skladišče
	20	T7E1	45°53'25" / 15°33'40"	6,42	Krška vas 3, Franc Tomše
	21	T7E2	45°53'50" / 15°35'44"	7,8	Brežice, Prešernova cesta 25, Sobak
8 SSE	22	T8D1	45°54'51" / 15°31'31"	2,7	Vihre 17, Martin Račič
	58	T8E1	45°53'16" / 15°32'52"	6,1	Boršt 1, Alojz Zofič
9 S	23	T9D1	45°53'41" / 15°30'33"	5	Črešnjice 30a, Avgust Kovač
	24	T9D2	45°54'51" / 15°30'57"	2,6	Mrtvice 27, Vili Kuhar
10 SSW	57	T10E1	45°53'46" / 15°29'33"	5	Hrastje pri Cerkljah 33a, Leopold Jerele
	26	T10C1	45°55'13" / 15°30'04"	2,3	Brege 17a, Smiljana Jurečič
11 SW	25	T11D2	45°55'09" / 15°29'54"	2,62	Brege 52, Franc Škofljanc (met. postaja)
	27	T11D1	45°55'05" / 15°29'10"	3,2	Drnovo 62, Fanika Bizjak
	28	T11E1	45°53'50" / 15°27'27"	6,2	Veliki Podlog 56, Ivan Arh
12 WSW	29	T12C1	45°56'03" / 15°29'45"	1,57	Žadovinek 20a, Anton Dušič
	30	T12E1	45°54'37" / 15°24'12"	9,35	Zaloke 10, Martin Tomažin
13 W	31	T13C1	45°56'20" / 15°29'31"	1,87	Žadovinek 10, Marjan Pešec
	32	T13D1	45°56'16" / 15°28'24"	3,2	Leskovec, Cesta ob gaju 17, Martina Strgar
	33	T13E1	45°56'27" / 15°25'07"	7,37	Drenovec 8, Ivan Zupančič
	34	T13E2	45°55'42" / 15°23'30"	9,72	Raka 1, Emil Vehovar, nad vodnjakom

SEZNAM DOZIMETROV TLD V OKOLICI NEK

Sektor	št.	Oznaka	GEOGRAFSKE KOORDINATE	d/km	Kraj in naslov
14 WNW	35	T14D1	45°56'57" / 15°28'39"	2,9	Klet Leskovec, Rostoharjeva 15a
	36	T14E1	45°57'34" / 15°25'10"	7,85	Kalce 4, Franc Tomažin
	37	T14E2	45°57'51" / 15°23'51"	9,72	Veliki trn 6, Janc
15 NW	38	T15C1	45°57'03" / 15°30'04"	1,9	Krško, Ob Potočnici
	39	T15B1	45°56'35" / 15°30'17"	1	Vrbina 2, Milka Filej
	40	T15D1	45°57'54" / 15°29'02"	4,37	Krško, Bohoričeva 5
	41	T15D2	45°57'33" / 15°28'59"	3,12	Trška gora, vinograd ob cesti, desno
	42	T15D3	45°57'22" / 15°29'23"	2,81	Krško, Ribiška 3, Emil Gelb
	43	T15E1	45°59'11" / 15°28'03"	6,6	Gunte 6
	44	T15F1	46°00'36" / 15°25'40"	10,5	Presladol 74, Jane Radej
16 NNW	45	T16B1	45°56'52" / 15°30'22"	1,3	Vrbina, Hladilnica Evrosad
	46	T16C1	45°57'05" / 15°30'14"	1,9	Krško, Cesta 4. julija 112, Ljudmila Kocjan
	47	T16D1	45°57'49" / 15°29'49"	3,12	Krško, Sremiška 29b, S. Valentinčič
	48	T16D2	45°58'32" / 15°29'22"	4,55	Sremič 13, Topolovšek
	49	T16D3	45°57'41" / 15°29'45"	2,9	Krško, Stritarjeva 5, Martin Založnik
	50	T16E1	46°00'19" / 15°28'41"	8,1	Senovo, Titova 2, Antonija Hodnik

DOZIMETRI RAZPOREJENI NA OGRAJI NEK

št.	Oznaka	Smer	Geografske koordinate	Kraj postavitve
51	T6A1	ESE	45°56'13" / 15°31'08"	sredina ograje
52	T8A1	SE	45°56'11" / 15°31'00"	hladilni stolpi
53	T11A1	SW	45°56'15" / 15°30'51"	vhod bistvene vode
54	T13A1	W	45°56'18" / 15°30'47"	zahodna stran ograje
55	T3A1	NE	45°56'23" / 15°31'03"	vratarnica
56	T15A1	NNW	45°56'23" / 15°30'52"	severna ograja zahodno od stikalne postaje
65	T2A1	WSW	45°56'17" / 15°30'47"	zahodna stran ograje levo od 54
66	T1A1	W	45°56'19" / 15°30'47"	zahodna stran ograje desno od 54
67	T2A2	NNE	45°56'25" / 15°31'02"	severna ograja ob stikalni postaji

LETO 2011 T - 53/b
8. DOZA ZUNANJEGA SEVANJA – TL-DOZIMETRI



Krajevna porazdelitev doz zunanje sevanja H*(10) v posameznih obdobjih (mSv) v letu 2011																				
Obdobje ekspozicije	od 1. 1. 2011 do 1. 7. 2011		Letna doza	od 1. 1. 2011 do 1. 7. 2011		Letna doza	od 1. 7. 2011 do 1. 1. 2012		Letna doza	od 1. 1. 2011 do 1. 7. 2011		Letna doza	od 1. 7. 2011 do 1. 1. 2012		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	0,392	0,340	0,732	1	0,340	0,276	0,616	2	0,419	0,354	0,773	0,384	0,323	0,707		
NNE 2	67	0,264	0,244	0,509	3	0,373	0,318	0,691	5	0,372	0,334	0,707	6	0,481	0,430	0,911	0,431	0,381	0,811	
NE 3	55	0,291	0,260	0,551	4	0,496	0,441	0,937												
ENE 4					9	0,361	0,315	0,676	61	0,470	0,389	0,859	7	0,385	0,322	0,707	0,407	0,335	0,742	
E 5									8	0,365	0,293	0,659	8	0,365	0,293	0,659				
ESE 6	51	0,263	0,247	0,511	12	0,445	0,397	0,842	10	0,449	0,380	0,829	10	0,449	0,380	0,829	0,419	0,356	0,775	
SE 7									11	0,417	0,351	0,768	11	0,417	0,351	0,768				
SSE 8	52	0,241	0,219	0,460	16	0,350	0,335	0,685	13	0,390	0,357	0,746	15	0,369	0,332	0,700	0,396	0,356	0,752	
S 9									14	0,380	0,340	0,721	17	0,342	0,302	0,643	0,375	0,348	0,723	
SSW 10									18	0,399	0,372	0,772	18	0,399	0,372	0,772				
SW 11	53	0,290	0,253	0,542					19	0,414	0,388	0,802	19	0,414	0,388	0,802	0,370	0,350	0,720	
WSW 12	65	0,312	0,249	0,561					20	0,409	0,371	0,780	21	0,338	0,326	0,664				
W 13	54	0,287	0,268	0,555					22	0,356	0,326	0,682	21	0,338	0,326	0,664	0,409	0,355	0,764	
WNW 14	66	0,300	0,271	0,571					23	0,450	0,396	0,846	23	0,450	0,396	0,846	0,431	0,375	0,806	
NW 15	56	0,273	0,243	0,517					24	0,412	0,354	0,767	24	0,412	0,354	0,767				
NNW 16									26	0,405	0,360	0,765	26	0,405	0,360	0,765	0,416	0,397	0,813	
									25	0,349	0,331	0,679	28	0,394	0,350	0,744	0,374	0,319	0,693	
									27	0,380	0,275	0,655								
									29	0,363	0,290	0,653	30	0,369	0,337	0,706	0,366	0,313	0,680	
									31	0,385	0,328	0,713	33	0,417	0,374	0,791	0,390	0,344	0,734	
									32	0,390	0,348	0,738	34	0,368	0,328	0,696				
									35	0,458	0,381	0,839	36	0,385	0,362	0,747	0,414	0,374	0,788	
									37	0,400	0,377	0,777	37	0,400	0,377	0,777				
									38	0,359	0,325	0,684	43	0,451	0,368	0,819	0,354	0,302	0,655	
									40	0,297	0,252	0,549	44	0,316	0,272	0,587				
									41	0,350	0,307	0,657								
									42	0,330	0,255	0,585								
									46	0,438	0,366	0,804	50	0,346	0,313	0,659	0,403	0,344	0,747	
									47	0,447	0,365	0,813								
									48	0,472	0,407	0,879								
									49	0,394	0,353	0,747								
Povprečje po pasovih	(9)	0,280	0,251	0,531	(8)	0,389	0,343	0,731	(25)	0,389	0,336	0,724	(24)	0,399	0,355	0,754	(57)	0,393	0,345	0,738
	±	0,022	0,015	0,035	±	0,056	0,055	0,110	±	0,046	0,041	0,083	±	0,043	0,040	0,080	±	0,045	0,043	0,085
Ljubljana																	št.			
																	64	0,403	0,342	0,745

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 2011 T - 53/c
8. DOZA ZUNANJEGA SEVANJA – TL-DOZIMETRI

Povprečna mesečna doza H*(10) (mSv/mesec) za 6-mesečni obdobji in povprečna mesečna doza H*(10) (mSv/mesec) v letu 2011																				
Obdobje ekspozicije	od 1. 1. 2011 do 1. 7. 2011			v 2011	od 1. 1. 2011 do 1. 7. 2011			v 2011	od 1. 1. 2011 do 1. 7. 2011			v 2011	od 1. 1. 2011 do 1. 7. 2011			v 2011				
	do 1. 7. 2011	do 1. 1. 2012			do 1. 7. 2011	do 1. 1. 2012			do 1. 7. 2011	do 1. 1. 2012			do 1. 7. 2011	do 1. 1. 2012						
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	0,066	0,056	0,061	1	0,057	0,046	0,051	2	0,070	0,059	0,064	0,064	0,053	0,059	
NNE 2	67	0,044	0,040	0,042	3	0,063	0,053	0,058	5	0,063	0,055	0,059	6	0,081	0,071	0,076	0,072	0,063	0,068	
NE 3	55	0,049	0,043	0,046	4	0,083	0,073	0,078	61	0,079	0,064	0,072	7	0,065	0,053	0,059	0,068	0,055	0,062	
ENE 4					9	0,061	0,052	0,056	62	0,075	0,062	0,069	8	0,061	0,048	0,055	0,070	0,059	0,065	
E 5					12	0,075	0,066	0,070	13	0,065	0,059	0,062	10	0,075	0,063	0,069	0,067	0,059	0,063	
ESE 6	51	0,044	0,041	0,043	16	0,059	0,055	0,057	14	0,064	0,056	0,060	11	0,070	0,058	0,064	0,067	0,059	0,063	
SE 7									63	0,062	0,056	0,059	15	0,062	0,055	0,058	0,067	0,059	0,063	
SSE 8	52	0,041	0,036	0,038					59	0,061	0,058	0,060	17	0,057	0,050	0,054	0,063	0,057	0,060	
S 9									22	0,060	0,054	0,057	18	0,067	0,062	0,064	0,063	0,058	0,060	
SSW 10									24	0,069	0,059	0,064	19	0,070	0,064	0,067	0,069	0,059	0,064	
SW 11	53	0,049	0,042	0,045					26	0,068	0,060	0,064	20	0,069	0,061	0,065	0,072	0,062	0,067	
WSW 12									25	0,059	0,055	0,057	21	0,057	0,054	0,055	0,063	0,053	0,058	
W 13	65	0,052	0,041	0,047					27	0,064	0,046	0,055	22	0,057	0,054	0,055	0,063	0,052	0,057	
WNW 14	54	0,048	0,044	0,046					29	0,061	0,048	0,054	23	0,076	0,066	0,071	0,066	0,057	0,061	
NW 15	66	0,050	0,045	0,048					31	0,065	0,054	0,059	28	0,066	0,058	0,062	0,066	0,057	0,061	
NNW 16									32	0,066	0,057	0,062	30	0,062	0,056	0,059	0,062	0,052	0,057	
									33	0,065	0,054	0,059	31	0,070	0,062	0,066	0,062	0,052	0,057	
									35	0,077	0,063	0,070	32	0,062	0,054	0,058	0,062	0,052	0,057	
									38	0,060	0,054	0,057	34	0,062	0,054	0,058	0,062	0,052	0,057	
									40	0,050	0,042	0,046	36	0,065	0,060	0,062	0,062	0,052	0,057	
									41	0,059	0,051	0,055	37	0,067	0,062	0,065	0,062	0,052	0,057	
									42	0,055	0,042	0,049	43	0,076	0,061	0,068	0,062	0,052	0,057	
									44	0,053	0,045	0,049	44	0,053	0,045	0,049	0,068	0,057	0,062	
									46	0,074	0,061	0,067	50	0,058	0,052	0,055	0,068	0,057	0,062	
									47	0,075	0,060	0,068								
									48	0,079	0,067	0,073								
									49	0,066	0,058	0,062								
Povprečje po pasovih	(9) 0,047 ± 0,004	0,041 0,003	0,044 0,003		(8) 0,065 ± 0,009	0,057 0,009	0,061 0,009		(25) 0,065 ± 0,008	0,055 0,007	0,060 0,007		(24) 0,067 ± 0,007	0,059 0,007	0,063 0,007		(57) 0,066 ± 0,008	0,057 0,007	0,061 0,007	
Ljubljana																	št. 64	0,068	0,056	0,062

št. – številka merilnega mesta (glej tabelo T – 53/a)
() – število merilnih mest upoštevanih v povprečju posameznega pasu
± – pomeni standardno deviacijo porazdelitve doz v pasu

Št.	KRAJ	GPS-KOORDINATE
1	KOČEVJE	45°38'47" / 14°51'02"
2	DVOR PRI ŽUŽEMBERKU	45°48'30" / 14°57'42"
3	DOBLIČE (ČRNOMELJ)	45°33'36" / 15°08'46"
4	DRAŠIČI (METLIKA)	45°39'55" / 15°22'34"
5	NOVO MESTO	45°48'07" / 15°10'39"
6	MOKRONOG	45°56'29" / 15°09'01"
7	LISCA	46°04'04" / 15°17'06"
8	CELJE	46°14'11" / 15°13'34"
9	ROGAŠKA SLATINA	46°14'40" / 15°37'41"
10	SLOVENSKE KONJICE	46°20'42" / 15°25'03"
11	ROGLA	46°26'45" / 15°19'22"
12	MARIBOR	46°32'22" / 15°38'42"
13	PTUJ	46°25'48" / 15°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	VELIKI DOLENCI (ŠALOVCI)	46°50'12" / 16°17'16"
18	GORNJA RADGONA	46°40'52" / 15°59'44"
19	SVEČINA (PLAČ)	46°39'49" / 15°35'29"
20	RIBNICA NA POHORJU	46°32'30" / 15°17'30"
21	KOTLJE	46°31'17" / 14°58'54"
22	VELENJE	46°21'51" / 15°07'11"
23	NAZARJE (MOZIRJE)	46°19'23" / 14°56'58"
24	LUČE OB SAVINJI	46°21'15" / 14°44'48"
25	VAČE	46°07'06" / 14°50'23"
26	LJUBLJANA - BEŽIGRAD (ARSO)	46°03'58" / 14°30'46"
27	BRNIK - AERODROM	46°13'39" / 14°27'40"
28	JEZERSKO (ZGORNJE JEZERSKO)	46°23'53" / 14°30'14"
29	PODLJUBELJ	46°23'58" / 14°17'03"
30	HLEBCE (LESCE)	46°21'55" / 14°10'28"
31	PLANINA POD GOLICO	46°28'03" / 14°03'09"
32	ZDENSKA VAS	45°51'28" / 14°42'27"
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°53'46" / 13°37'28"
39	VEDRIJAN (KOJSKO)	46°00'50" / 13°32'29"
40	LOKEV PRI LIPICI	45°39'51" / 13°55'21"
41	PORTOROŽ - AERODROM	45°28'29" / 13°37'01"
42	KOSEZE (ILIRSKA BISTRICA)	45°33'11" / 14°14'05"
43	ZALOG (POSTOJNA)	45°45'57" / 14°11'35"
44	NOVA VAS NA BLOKAH	45°46'23" / 14°30'34"
45	VRHNIKA	45°57'42" / 14°16'26"
46	VOJSKO	46°01'31" / 13°54'09"
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°22'59" / 13°50'59"

LETO 2011 T - 54/b
8. TLD polletne meritve (**)

Št. TLD	Mesto postavitev	Izmerjena doza H*(10) (mSv) v obdobju				Letna doza H*(10) (mSv)	Povprečna mesečna doza H*(10) (mSv/mesec) v obdobju				Povprečna mesečna doza H*(10) (mSv/mesec)
		od 1. 1. 2011 do 1. 7. 2011	od 1. 7. 2011 do 1. 1. 2012			v 2011	od 1. 1. 2011 do 1. 7. 2011	od 1. 7. 2011 do 1. 1. 2012			v 2011
1	KOČEVJE	0,443 ± 0,061	0,520 ± 0,071	0,963 ± 0,093	0,074 ± 0,010	0,086 ± 0,012	0,080 ± 0,016				
2	DVOR PRI ŽUŽEMBERKU	0,465 ± 0,064	0,537 ± 0,073	1,002 ± 0,097	0,078 ± 0,011	0,089 ± 0,012	0,084 ± 0,016				
3	DOBLIČE ČRNOMELJ	0,574 ± 0,079	0,612 ± 0,084	1,186 ± 0,115	0,097 ± 0,013	0,101 ± 0,014	0,099 ± 0,019				
4	DRAŠIČI METLIKA	0,412 ± 0,056	0,455 ± 0,062	0,867 ± 0,084	0,069 ± 0,009	0,075 ± 0,010	0,072 ± 0,014				
5	NOVO MESTO	0,334 ± 0,046	0,381 ± 0,052	0,716 ± 0,069	0,056 ± 0,008	0,063 ± 0,009	0,060 ± 0,012				
6	MOKRONOG	0,467 ± 0,064	0,502 ± 0,069	0,969 ± 0,094	0,079 ± 0,011	0,083 ± 0,011	0,081 ± 0,016				
7	LISCA	0,369 ± 0,051	0,389 ± 0,053	0,759 ± 0,073	0,062 ± 0,008	0,064 ± 0,009	0,063 ± 0,012				
8	CELJE	0,325 ± 0,044	0,438 ± 0,060	0,763 ± 0,075	0,055 ± 0,007	0,072 ± 0,010	0,064 ± 0,012				
9	ROGAŠKA SLATINA	0,431 ± 0,059	0,411 ± 0,056	0,842 ± 0,081	0,072 ± 0,010	0,068 ± 0,009	0,070 ± 0,014				
10	SLOVENSKE KONJICE	0,392 ± 0,054	0,434 ± 0,059	0,825 ± 0,080	0,066 ± 0,009	0,072 ± 0,010	0,069 ± 0,013				
11	ROGLA	0,473 ± 0,065	0,588 ± 0,080	1,061 ± 0,103	0,079 ± 0,011	0,097 ± 0,013	0,088 ± 0,017				
12	MARIBOR	0,384 ± 0,053	0,415 ± 0,057	0,799 ± 0,077	0,065 ± 0,009	0,069 ± 0,009	0,067 ± 0,013				
13	PTUJ	0,453 ± 0,062	0,489 ± 0,067	0,942 ± 0,091	0,076 ± 0,010	0,081 ± 0,011	0,079 ± 0,015				
14	JERUZALEM ORMOŽ	0,408 ± 0,056	0,462 ± 0,063	0,871 ± 0,084	0,069 ± 0,009	0,076 ± 0,010	0,073 ± 0,014				
15	LENDAVA	0,423 ± 0,058	0,480 ± 0,066	0,904 ± 0,088	0,071 ± 0,010	0,079 ± 0,011	0,075 ± 0,015				
16	MURSKA SOBOTA	0,366 ± 0,050	0,419 ± 0,057	0,785 ± 0,076	0,062 ± 0,008	0,069 ± 0,009	0,065 ± 0,013				
17	VELIKI DOLENCI	0,433 ± 0,059	0,493 ± 0,067	0,925 ± 0,090	0,073 ± 0,010	0,081 ± 0,011	0,077 ± 0,015				
18	GORNJA RADGONA	0,354 ± 0,048	0,418 ± 0,057	0,771 ± 0,075	0,059 ± 0,008	0,069 ± 0,009	0,064 ± 0,012				
19	SVEČINA PLAČ	0,449 ± 0,061	0,524 ± 0,072	0,973 ± 0,094	0,076 ± 0,010	0,087 ± 0,012	0,081 ± 0,016				
20	RIBNICA NA POHORJU	0,428 ± 0,059	0,486 ± 0,066	0,914 ± 0,089	0,072 ± 0,010	0,080 ± 0,011	0,076 ± 0,015				
21	KOTLJE	0,486 ± 0,067	0,554 ± 0,076	1,040 ± 0,101	0,082 ± 0,011	0,092 ± 0,013	0,087 ± 0,017				
22	VELENJE	0,384 ± 0,053	0,447 ± 0,061	0,832 ± 0,081	0,065 ± 0,009	0,074 ± 0,010	0,069 ± 0,013				
23	NAZARJE MOZIRJE	0,367 ± 0,050	0,439 ± 0,060	0,807 ± 0,078	0,062 ± 0,008	0,073 ± 0,010	0,067 ± 0,013				
24	LUČE OB SAVINJI	0,431 ± 0,059	0,491 ± 0,067	0,922 ± 0,089	0,072 ± 0,010	0,081 ± 0,011	0,077 ± 0,015				
25	VAČE	0,393 ± 0,054	0,469 ± 0,064	0,862 ± 0,084	0,066 ± 0,009	0,078 ± 0,011	0,072 ± 0,014				
26	LJUBLJANA BEŽIGRAD	0,378 ± 0,052	0,461 ± 0,063	0,839 ± 0,082	0,064 ± 0,009	0,076 ± 0,010	0,070 ± 0,014				
27	BRNIK AERODROM	0,494 ± 0,068	0,551 ± 0,075	1,045 ± 0,101	0,083 ± 0,011	0,091 ± 0,012	0,087 ± 0,017				
28	JEZERSKO	0,505 ± 0,069	0,549 ± 0,075	1,054 ± 0,102	0,085 ± 0,012	0,091 ± 0,012	0,088 ± 0,017				
29	PODLJUBELJ	0,349 ± 0,048	0,372 ± 0,051	0,721 ± 0,070	0,059 ± 0,008	0,061 ± 0,008	0,060 ± 0,012				
30	HLEBCELESCA	0,449 ± 0,061	0,515 ± 0,070	0,965 ± 0,094	0,075 ± 0,010	0,085 ± 0,012	0,080 ± 0,016				
31	PLANINA POD GOLICO	0,449 ± 0,061	0,542 ± 0,074	0,990 ± 0,096	0,075 ± 0,010	0,090 ± 0,012	0,083 ± 0,016				
32	ZDENSKA VAS	0,474 ± 0,065	0,537 ± 0,073	1,011 ± 0,098	0,080 ± 0,011	0,089 ± 0,012	0,084 ± 0,016				
33	RATEČE	0,423 ± 0,058	0,500 ± 0,068	0,923 ± 0,090	0,071 ± 0,010	0,083 ± 0,011	0,077 ± 0,015				
34	TRENTA	0,297 ± 0,041	0,327 ± 0,045	0,625 ± 0,061	0,050 ± 0,007	0,054 ± 0,007	0,052 ± 0,010				
35	LOG POD MANGARTOM	0,472 ± 0,065	0,501 ± 0,068	0,972 ± 0,094	0,079 ± 0,011	0,083 ± 0,011	0,081 ± 0,016				
36	BOVEC	0,364 ± 0,050	0,376 ± 0,051	0,740 ± 0,072	0,061 ± 0,008	0,062 ± 0,009	0,062 ± 0,012				
37	TOLMIN	0,375 ± 0,051	0,404 ± 0,055	0,779 ± 0,075	0,063 ± 0,009	0,067 ± 0,009	0,065 ± 0,013				
38	BILJE NOVA GORICA	0,315 ± 0,043	0,351 ± 0,048	0,667 ± 0,065	0,053 ± 0,007	0,058 ± 0,008	0,056 ± 0,011				
39	VEDRIJAN KOJSKO	0,454 ± 0,062	0,449 ± 0,061	0,902 ± 0,087	0,076 ± 0,010	0,074 ± 0,010	0,075 ± 0,015				
40	LOKEV PRILIPICI	0,507 ± 0,069	0,585 ± 0,080	1,093 ± 0,106	0,085 ± 0,012	0,097 ± 0,013	0,091 ± 0,018				
41	SEČOVLJE AERODROM	0,338 ± 0,046	0,346 ± 0,047	0,684 ± 0,066	0,057 ± 0,008	0,057 ± 0,008	0,057 ± 0,011				
42	KOSEZE IL. BISTRICA	0,401 ± 0,055	0,435 ± 0,060	0,836 ± 0,081	0,067 ± 0,009	0,072 ± 0,010	0,070 ± 0,013				
43	ZALOG POSTOJNA	0,420 ± 0,057	0,472 ± 0,065	0,891 ± 0,086	0,070 ± 0,010	0,078 ± 0,011	0,074 ± 0,014				
44	NOVA VAS NA BLOKAH	0,534 ± 0,073	0,607 ± 0,083	1,142 ± 0,111	0,090 ± 0,012	0,100 ± 0,014	0,095 ± 0,018				
45	VRHNIKA	0,643 ± 0,088	0,706 ± 0,097	1,349 ± 0,131	0,108 ± 0,015	0,117 ± 0,016	0,112 ± 0,022				
46	VOJSKO	0,389 ± 0,053	0,479 ± 0,066	0,869 ± 0,084	0,065 ± 0,009	0,079 ± 0,011	0,072 ± 0,014				
47	SORICA	0,360 ± 0,049	0,411 ± 0,056	0,771 ± 0,075	0,061 ± 0,008	0,068 ± 0,009	0,064 ± 0,012				
48	STARA FUŽINA	0,295 ± 0,040	0,331 ± 0,045	0,625 ± 0,061	0,050 ± 0,007	0,055 ± 0,007	0,052 ± 0,010				
49	JELENJA VAS ISKRBA	0,685 ± 0,094	0,760 ± 0,104	1,444 ± 0,140	0,115 ± 0,016	0,126 ± 0,017	0,120 ± 0,023				
50	KREDARICA	0,328 ± 0,045	0,402 ± 0,055	0,730 ± 0,071	0,055 ± 0,008	0,066 ± 0,009	0,061 ± 0,012				
Število merilnih mest		50	50	50	50	50	50				
Poprečje - merilna mesta		0,423 ± 0,079	0,476 ± 0,088	0,899 ± 0,165	0,071 ± 0,013	0,079 ± 0,015	0,075 ± 0,015				
Najvišja doza		0,685 ± 0,094 ⁽⁴⁹⁾	0,760 ± 0,104 ⁽⁴⁹⁾	1,444 ± 0,140 ⁽⁴⁹⁾	0,115 ± 0,016 ⁽⁴⁹⁾	0,126 ± 0,017 ⁽⁴⁹⁾	0,120 ± 0,023 ⁽⁴⁹⁾				
Najnižja doza		0,295 ± 0,040 ⁽⁴⁸⁾	0,327 ± 0,045 ⁽³⁴⁾	0,625 ± 0,061 ⁽³⁴⁾	0,050 ± 0,007 ⁽⁴⁸⁾	0,054 ± 0,007 ⁽³⁴⁾	0,052 ± 0,010 ⁽³⁴⁾				

(**) Meritve doze zunanega sevanja s TL-dozimetri so opravljene na Odseku F-2.

(*) Vrednosti doz so bile dobljene z ekstrapolacijo; dozimeter je bil izgubljen.

LETO 2011 T - 55

8. DOZA ZUNANJEGA SEVANJA – TL-DOZIMETRI (R HRVAŠKA)

	Polletne doze		Letna doza
	27. 12. 2010 – 6. 7. 2011	6. 7. 2011 – 28. 12. 2011	
Vzrč. mesto	H*(10) (mSv)		
Bistra	0,47	0,45	0,92
Bregana	0,44	0,48	0,92
Harmica	0,47	0,46	0,93
Jastrebarsko*	0,43*	0,39	0,82
Klanjec	0,29	0,38	0,67
Novaki	0,32	0,35	0,67
Oroslavlje	0,40	0,43	0,83
Samobor	0,30	0,44	0,74
Zagreb (IRB)	0,34	0,46	0,80
Zaprešić	0,30	0,39	0,69

28. 12. 2011 so bili na vseh lokacijah postavljeni novi TL-dozimetri.

* Dozimeter v Jastrebarskem je bil zamenjan 1. 8. 2011.

LETO 2011 T - 56/a

8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA ZA LETO 2011 V REPUBLIKI SLOVENIJI – sistem OKOLICA NEK / letni pregled

Sistem	Postaja	Mesečne povprečne vrednosti (nGy/h) - polurna obdelava podatkov																								Polletno povprečje (nSv/h)	Polletna doza (mSv)
		januar				februar				marec				april				maj				junij					
		Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks		
NEK (Gamma)	Brege	71 ± 4	62	85	72 ± 3	62	86	71 ± 4	59	86	73 ± 5	64	108	73 ± 6	63	125	73 ± 5	64	105	71,9 ± 1,7	0,32 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Gor. Lenart	77 ± 5	65	94	79 ± 4	69	92	79 ± 4	69	92	81 ± 6	70	119	83 ± 6	72	125	83 ± 6	72	118	79,8 ± 2,0	0,36 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Krško	82 ± 4	72	94	82 ± 3	72	94	82 ± 4	69	95	82 ± 5	72	114	82 ± 5	72	115	83 ± 5	73	109	82,1 ± 1,7	0,37 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Leskovec	79 ± 4	68	91	78 ± 4	68	92	78 ± 4	68	90	79 ± 5	68	121	79 ± 5	70	117	80 ± 5	68	111	78,7 ± 1,8	0,36 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Libna	58 ± 3	50	69	58 ± 3	49	67	57 ± 3	48	67	57 ± 4	49	85	57 ± 4	49	88	57 ± 4	48	85	57,4 ± 1,4	0,26 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Pesje	82 ± 3	73	95	82 ± 3	74	93	82 ± 3	73	94	81 ± 3	72	90	79 ± 3	70	91	79 ± 3	70	89	80,8 ± 1,2	0,36 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Skopice	80 ± 5	67	93	81 ± 4	72	96	81 ± 4	70	100	82 ± 5	70	118	82 ± 6	71	126	82 ± 5	71	103	81,2 ± 1,9	0,37 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Sp. Stari Grad	70 ± 4	61	84	70 ± 3	61	80	70 ± 4	62	84	71 ± 5	60	106	72 ± 6	60	112	71 ± 5	61	105	70,4 ± 1,7	0,32 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Vihre	79 ± 4	70	90	79 ± 3	71	90	79 ± 4	68	100	79 ± 4	69	105	79 ± 4	70	106	80 ± 4	68	94	79,1 ± 1,5	0,36 ± 0,01						
NEK (Gamma-meteo)	Brežice	82 ± 5	70	96	83 ± 4	74	97	83 ± 4	74	101	83 ± 6	72	139	84 ± 6	73	125	84 ± 5	74	124	83,1 ± 2,0	0,37 ± 0,01						
NEK (Gamma-meteo)	Cerklje	76 ± 5	62	91	77 ± 4	64	91	77 ± 5	65	95	79 ± 6	68	127	79 ± 7	66	136	84 ± 7	67	107	77,9 ± 2,2	0,35 ± 0,01						
NEK (Gamma-meteo)	Krško-NEK	74 ± 4	66	86	74 ± 4	66	88	73 ± 4	62	88	75 ± 5	66	107	75 ± 5	64	118	75 ± 4	65	118	74,2 ± 1,7	0,33 ± 0,01						
NEK (Gamma-meteo)	Krško-Videm	66 ± 4	59	83	65 ± 3	59	82	64 ± 4	58	81	66 ± 7	58	126	66 ± 7	57	123	66 ± 6	58	116	65,2 ± 1,8	0,29 ± 0,01						
Sistem	Postaja	Julij				Avgust				September				Oktober				November				december				Letno povprečje (nSv/h)	Letna doza (mSv)
NEK (Gamma)	Brege	76 ± 7	65	128	75 ± 4	63	97	76 ± 5	64	116	74 ± 6	63	129	75 ± 4	64	87	75 ± 5	63	109	73,3 ± 1,3	0,64 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Gor. Lenart	88 ± 8	72	135	88 ± 6	74	107	91 ± 6	78	143	87 ± 7	76	141	87 ± 5	75	101	85 ± 6	73	141	82,9 ± 1,6	0,73 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Krško	86 ± 6	75	126	85 ± 4	73	105	86 ± 5	76	124	85 ± 6	72	132	86 ± 4	74	99	85 ± 5	74	118	83,5 ± 1,3	0,73 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Leskovec	83 ± 6	72	114	82 ± 4	72	98	84 ± 5	73	120	82 ± 5	71	115	83 ± 4	73	97	82 ± 5	70	116	80,6 ± 1,3	0,71 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Libna	58 ± 5	48	91	57 ± 3	50	76	58 ± 4	49	86	58 ± 4	50	85	59 ± 4	51	71	59 ± 4	49	88	57,7 ± 1,0	0,51 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Pesje	79 ± 3	70	87	79 ± 3	71	89	80 ± 3	72	90	79 ± 3	72	92	80 ± 3	72	92	80 ± 3	72	95	80,2 ± 0,9	0,70 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Skopice	85 ± 7	74	135	85 ± 5	72	116	87 ± 6	74	134	84 ± 6	72	124	86 ± 5	75	104	84 ± 5	72	136	82,9 ± 1,5	0,73 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Sp. Stari Grad	75 ± 7	62	118	74 ± 5	62	104	77 ± 5	66	123	74 ± 6	62	123	76 ± 4	65	94	75 ± 6	63	123	72,3 ± 1,3	0,63 ± 0,01						
NEK (Gamma)	Vihre	81 ± 5	70	110	81 ± 4	71	92	81 ± 4	72	104	80 ± 4	69	119	81 ± 4	72	94	81 ± 4	66	106	79,9 ± 1,1	0,70 ± 0,01						
NEK (Gamma-meteo)	Brežice	89 ± 8	77	154	88 ± 5	74	104	90 ± 6	78	142	87 ± 7	75	153	90 ± 5	78	105	88 ± 7	74	134	85,3 ± 1,5	0,75 ± 0,01						
NEK (Gamma-meteo)	Cerklje	91 ± 9	76	153	90 ± 6	76	110	92 ± 7	78	150	89 ± 8	71	151	91 ± 5	78	106	89 ± 6	76	142	83,0 ± 1,7	0,73 ± 0,01						
NEK (Gamma-meteo)	Krško-NEK	79 ± 6	68	114	78 ± 4	67	94	79 ± 5	67	115	78 ± 6	64	126	79 ± 4	70	95	79 ± 6	68	120	76,1 ± 1,3	0,67 ± 0,01						
NEK (Gamma-meteo)	Krško-Videm	68 ± 8	60	127	67 ± 4	59	95	68 ± 6	59	129	68 ± 7	59	126	71 ± 5	60	86	70 ± 8	55	132	66,4 ± 1,4	0,58 ± 0,01						

Podatki o kontinuirnih meritvah hitrosti doz so povzeti s spletnega portala www.radioaktivnost.si, ki ga vodi URSJV, Ministrstvo za okolje in prostor.

8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA Z MFM-202 ZA LETO 2011 V REPUBLIKI SLOVENIJI – sistem MZO in URSJV / 1. polletje

		Mesečne povprečne vrednosti (nGy/h) - polurna obdelava podatkov																				Polletno povprečje (nSv/h)		Polletna doza (mSv)	
		Januar				Februar				Marec				April				Maj							
Sistem	Postaja	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks
MZO	Borl	59 ± 3	51	72	59 ± 3	52	67	59 ± 3	50	70	59 ± 4	51	83	59 ± 4	49	89	68 ± 10	53	124	59,2 ± 1,5	0,27 ± 0,01				
MZO	Brinje	80 ± 5	70	129	80 ± 4	68	107	79 ± 5	69	97	82 ± 4	70	107	88 ± 13	72	167	108 ± 8	91	152	82,5 ± 2,1	0,37 ± 0,01				
MZO	Brnik	91 ± 6	78	131	91 ± 6	80	127	91 ± 6	78	128	95 ± 5	82	122	97 ± 8	83	145	103 ± 17	81	190	93,1 ± 2,6	0,42 ± 0,01				
MZO	Celje	68 ± 4	59	82	68 ± 3	58	84	67 ± 4	57	86	68 ± 4	61	97	69 ± 5	59	97	84 ± 10	61	125	68,4 ± 1,7	0,31 ± 0,01				
MZO	Dolenje	63 ± 4	52	84	62 ± 3	52	76	61 ± 4	53	74	62 ± 4	53	97	62 ± 4	51	91	78 ± 6	60	121	63,1 ± 1,6	0,28 ± 0,01				
MZO	Dvor	70 ± 5	60	98	71 ± 5	63	101	71 ± 4	61	95	72 ± 4	61	91	78 ± 11	63	129	93 ± 7	74	134	73,3 ± 2,1	0,33 ± 0,01				
MZO	Gačnik	88 ± 4	78	105	87 ± 4	78	103	88 ± 4	76	110	90 ± 6	79	127	89 ± 7	78	141	104 ± 17	78	173	88,3 ± 2,0	0,40 ± 0,01				
MZO	Gornja Radgona	75 ± 3	63	87	75 ± 3	66	84	74 ± 4	62	88	76 ± 4	67	105	75 ± 4	66	102	89 ± 13	68	136	75,2 ± 1,6	0,34 ± 0,01				
MZO	Hrastje	63 ± 5	54	103	63 ± 4	55	89	62 ± 4	54	87	63 ± 4	52	96	63 ± 6	53	104	73 ± 10	55	114	63,1 ± 1,9	0,28 ± 0,01				
MZO	Hrastnik	67 ± 3	58	84	67 ± 3	58	85	66 ± 4	57	82	67 ± 4	58	91	70 ± 10	58	130	86 ± 7	69	116	67,9 ± 1,6	0,31 ± 0,01				
MZO	Ilirska Bistrica	80 ± 5	69	104	81 ± 5	71	117	79 ± 5	67	115	81 ± 5	67	119	83 ± 5	70	119	86 ± 12	70	127	81,0 ± 2,2	0,37 ± 0,01				
MZO	Iska vas	64 ± 6	54	110	64 ± 4	53	87	63 ± 5	54	105	63 ± 4	54	90	69 ± 11	55	134	81 ± 8	68	147	64,9 ± 2,1	0,29 ± 0,01				
MZO	Jesenice na Dolenskem	58 ± 4	49	69	58 ± 3	50	69	57 ± 3	49	72	58 ± 4	50	98	58 ± 4	47	85	71 ± 7	51	101	58,4 ± 1,5	0,26 ± 0,01				
MZO	Kamniki	60 ± 4	51	80	60 ± 4	51	82	59 ± 4	49	78	59 ± 4	50	106	59 ± 4	50	109	67 ± 9	52	109	59,7 ± 1,8	0,27 ± 0,01				
MZO	Koper	67 ± 3	58	84	67 ± 3	58	77	66 ± 4	56	88	67 ± 4	55	96	69 ± 5	59	110	87 ± 6	75	140	68,4 ± 1,6	0,31 ± 0,01				
MZO	Lendava	73 ± 3	64	89	73 ± 3	64	87	73 ± 4	63	103	75 ± 5	66	114	75 ± 5	66	118	88 ± 14	67	135	73,6 ± 1,6	0,33 ± 0,01				
MZO	Levec	76 ± 4	65	96	76 ± 4	65	92	76 ± 4	66	103	78 ± 5	67	120	78 ± 6	65	111	91 ± 14	70	134	76,8 ± 2,0	0,35 ± 0,01				
MZO	Loče	75 ± 4	64	92	75 ± 3	67	87	75 ± 4	64	97	77 ± 5	67	117	77 ± 5	65	115	89 ± 13	67	142	75,8 ± 1,8	0,34 ± 0,01				
MZO	Malkovec	68 ± 3	59	78	67 ± 5	11	83	67 ± 4	57	84	67 ± 4	59	95	67 ± 4	59	100	77 ± 11	57	114	67,6 ± 1,7	0,30 ± 0,01				
MZO	MB-Center	72 ± 4	62	86	72 ± 3	63	85	72 ± 4	61	96	73 ± 6	63	136	74 ± 7	62	138	85 ± 13	64	132	72,5 ± 1,9	0,33 ± 0,01				
MZO	MB-Slivnica	74 ± 4	64	94	74 ± 3	66	84	73 ± 3	64	87	74 ± 4	65	101	79 ± 12	66	154	98 ± 7	84	146	75,1 ± 1,6	0,34 ± 0,01				
MZO	Muta	77 ± 4	65	95	78 ± 3	68	91	78 ± 4	66	99	80 ± 6	68	142	80 ± 7	69	146	92 ± 16	68	191	78,3 ± 1,9	0,35 ± 0,01				
MZO	Nazarje	63 ± 4	54	86	63 ± 3	53	74	62 ± 4	52	80	62 ± 5	24	99	63 ± 4	54	84	80 ± 6	62	109	64,0 ± 1,7	0,29 ± 0,01				
MZO	N. Gorica	68 ± 3	57	80	68 ± 3	60	86	67 ± 4	55	82	68 ± 3	60	93	68 ± 5	55	97	77 ± 11	58	107	68,0 ± 1,5	0,31 ± 0,01				
MZO	Podbočje	68 ± 4	58	81	67 ± 3	58	79	67 ± 4	56	82	69 ± 5	60	111	69 ± 6	58	122	86 ± 10	61	121	68,2 ± 1,8	0,31 ± 0,01				
MZO	Podčetrtek	67 ± 6	54	103	67 ± 6	56	96	66 ± 6	55	91	66 ± 4	56	77	67 ± 5	58	90	87 ± 7	71	119	68,5 ± 2,2	0,31 ± 0,01				
MZO	Podroteja	81 ± 4	70	99	82 ± 4	71	95	82 ± 4	72	107	83 ± 5	70	132	83 ± 6	72	131	105 ± 14	73	202	82,5 ± 2,0	0,37 ± 0,01				
MZO	Ptuj	87 ± 4	77	104	87 ± 4	77	100	88 ± 4	77	104	91 ± 7	78	142	90 ± 6	77	130	107 ± 17	79	167	88,2 ± 2,0	0,40 ± 0,01				
MZO	Radenci	69 ± 3	59	85	69 ± 3	58	84	68 ± 3	59	86	70 ± 6	60	127	69 ± 5	60	109	81 ± 12	60	132	69,0 ± 1,6	0,31 ± 0,01				
MZO	Rogla	90 ± 5	78	110	87 ± 5	75	110	89 ± 7	73	115	93 ± 5	83	127	93 ± 6	78	134	109 ± 17	83	156	90,7 ± 2,4	0,41 ± 0,01				
MZO	Rudno polje	65 ± 4	54	87	64 ± 5	44	110	64 ± 6	32	101	84 ± 9	0	128	87 ± 6	77	130	114 ± 10	78	166	72,0 ± 2,4	0,32 ± 0,01				
MZO	Solkan	53 ± 4	44	73	52 ± 3	45	73	51 ± 4	43	69	52 ± 4	44	86	52 ± 5	43	89	65 ± 7	48	128	52,7 ± 1,7	0,24 ± 0,01				
MZO	Suha	62 ± 4	53	92	63 ± 4	55	93	63 ± 4	54	85	66 ± 3	58	78	70 ± 10	57	125	95 ± 12	70	133	64,8 ± 1,8	0,29 ± 0,01				
MZO	Todraž	88 ± 7	72	118	91 ± 5	80	111	91 ± 5	79	120	95 ± 4	84	116	102 ± 15	78	185	125 ± 8	106	181	95,2 ± 2,3	0,43 ± 0,01				
MZO	Trbovlje	58 ± 4	47	80	58 ± 3	50	70	57 ± 3	48	70	57 ± 4	50	86	60 ± 8	50	113	73 ± 8	61	140	58,2 ± 1,6	0,26 ± 0,01				
MZO	Zagorje	61 ± 4	53	75	61 ± 3	53	73	60 ± 4	52	72	61 ± 3	52	80	64 ± 8	51	112	78 ± 7	63	140	61,9 ± 1,6	0,28 ± 0,01				

Podatki o kontinuirnih meritvah hitrosti doz so povzeti s spletnega portala www.radioaktivnost.si, ki ga vodi URSJV, Ministrstvo za okolje in prostor.

8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA Z MFM-202 ZA LETO 2011 V REPUBLIKI SLOVENIJI – sistem MZO in URSJV / 2. polletje

		Mesečne povprečne vrednosti (nGy/h) - polurna obdelava podatkov																Letno povprečje (nSv/h)	Letna doza (mSv)						
		Julij				Avgust				September				Oktober						November				december	
Sistem	Postaja	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks
MZO	Borl	78 ± 6	66	115	77 ± 5	65	103	78 ± 6	63	130	77 ± 7	64	118	79 ± 5	68	97	78 ± 6	65	110	64.5 ± 1.2	0.56 ± 0.01				
MZO	Brinje	112 ± 11	94	203	112 ± 8	89	164	115 ± 12	68	228	112 ± 13	94	220	112 ± 6	95	131	112 ± 8	94	153	90.3 ± 1.8	0.79 ± 0.02				
MZO	Brnik	130 ± 12	111	226	129 ± 10	108	219	133 ± 11	114	230	131 ± 15	107	231	129 ± 7	110	162	128 ± 9	109	194	104.2 ± 2.2	0.91 ± 0.02				
MZO	Celje	91 ± 8	75	139	91 ± 6	77	116	92 ± 7	77	156	90 ± 8	70	137	92 ± 6	77	108	91 ± 6	78	133	74.8 ± 1.4	0.66 ± 0.01				
MZO	Dolenje	81 ± 7	66	124	80 ± 6	68	100	80 ± 7	65	127	81 ± 10	68	160	81 ± 6	64	100	82 ± 7	66	119	67.5 ± 1.4	0.59 ± 0.01				
MZO	Dvor	95 ± 8	78	152	96 ± 6	82	144	98 ± 8	53	175	99 ± 12	80	199	99 ± 6	81	115	100 ± 7	83	130	81.3 ± 1.7	0.71 ± 0.01				
MZO	Gačnik	125 ± 9	104	191	121 ± 8	103	171	124 ± 11	105	208	121 ± 10	103	209	123 ± 6	105	150	122 ± 7	105	157	98.0 ± 1.7	0.86 ± 0.02				
MZO	Gornja Radgona	101 ± 7	86	139	101 ± 6	88	135	103 ± 7	88	150	101 ± 7	87	153	107 ± 5	90	125	107 ± 6	93	135	83.0 ± 1.3	0.73 ± 0.01				
MZO	Hrastje	83 ± 9	69	152	82 ± 6	69	140	83 ± 8	69	174	83 ± 11	67	158	83 ± 6	68	96	85 ± 7	70	122	69.1 ± 1.6	0.61 ± 0.01				
MZO	Hrastnik	88 ± 9	72	161	89 ± 6	76	129	90 ± 8	74	144	87 ± 8	70	153	86 ± 6	71	101	86 ± 7	71	125	72.7 ± 1.4	0.64 ± 0.01				
MZO	Ilirska Bistrica	112 ± 8	94	154	113 ± 7	96	145	114 ± 7	96	139	113 ± 10	93	172	112 ± 7	94	132	109 ± 7	91	153	91.6 ± 1.8	0.80 ± 0.02				
MZO	Āka vas	84 ± 9	69	182	84 ± 7	68	174	86 ± 8	71	168	85 ± 9	69	151	90 ± 7	73	110	89 ± 8	72	119	71.6 ± 1.8	0.63 ± 0.02				
MZO	Jesenice na Dolenjskem	76 ± 7	64	134	76 ± 5	61	97	77 ± 7	62	128	76 ± 8	62	126	80 ± 7	65	99	78 ± 7	64	103	62.9 ± 1.3	0.55 ± 0.01				
MZO	Kamnik	77 ± 6	66	118	77 ± 6	64	140	78 ± 6	64	124	77 ± 7	64	128	78 ± 5	64	92	79 ± 5	66	107	66.2 ± 1.4	0.58 ± 0.01				
MZO	Koper	90 ± 8	77	154	90 ± 6	73	142	91 ± 5	73	125	90 ± 8	77	142	89 ± 5	77	104	89 ± 7	72	129	74.3 ± 1.3	0.65 ± 0.01				
MZO	Lendava	103 ± 8	87	149	101 ± 7	82	155	105 ± 7	86	161	101 ± 9	87	157	105 ± 5	90	120	104 ± 7	87	142	81.4 ± 1.4	0.71 ± 0.01				
MZO	Levec	105 ± 9	86	167	105 ± 6	89	134	106 ± 9	90	206	104 ± 8	86	158	106 ± 6	91	126	105 ± 7	91	149	85.6 ± 1.6	0.75 ± 0.01				
MZO	Loče	104 ± 8	89	162	104 ± 6	88	125	105 ± 7	88	149	102 ± 8	87	178	104 ± 5	89	125	102 ± 7	87	136	84.2 ± 1.5	0.74 ± 0.01				
MZO	Malkovec	89 ± 6	75	121	88 ± 5	76	114	88 ± 6	74	133	88 ± 6	71	126	90 ± 5	78	105	90 ± 5	77	111	75.5 ± 1.3	0.66 ± 0.01				
MZO	MB-Center	100 ± 10	83	157	98 ± 7	82	169	100 ± 8	83	178	97 ± 10	82	192	102 ± 6	85	124	101 ± 8	82	148	79.5 ± 1.6	0.70 ± 0.01				
MZO	MB-Slivnica	102 ± 8	84	163	101 ± 6	83	142	103 ± 8	86	163	100 ± 9	85	171	102 ± 7	85	120	100 ± 7	82	134	81.1 ± 1.4	0.71 ± 0.01				
MZO	Muta	107 ± 9	90	188	107 ± 7	91	180	108 ± 9	92	169	106 ± 10	89	184	107 ± 5	91	123	108 ± 8	93	178	86.3 ± 1.6	0.76 ± 0.01				
MZO	Nazarje	82 ± 7	69	120	82 ± 5	69	95	82 ± 6	68	118	83 ± 8	70	121	96 ± 5	83	118	97 ± 6	81	138	71.6 ± 1.4	0.63 ± 0.01				
MZO	N. Gorica	90 ± 7	76	121	90 ± 6	73	122	92 ± 7	73	133	89 ± 7	69	129	92 ± 6	75	110	90 ± 6	74	113	73.6 ± 1.3	0.64 ± 0.01				
MZO	Podbočje	94 ± 8	78	144	99 ± 7	79	120	101 ± 8	85	158	100 ± 8	84	161	104 ± 7	84	129	102 ± 7	84	133	76.4 ± 1.5	0.67 ± 0.01				
MZO	Podčetrtek	88 ± 7	71	123	89 ± 7	73	129	89 ± 7	71	125	89 ± 9	71	136	90 ± 7	72	110	91 ± 7	73	120	76.0 ± 1.8	0.67 ± 0.02				
MZO	Podroteja	115 ± 11	93	186	115 ± 8	94	141	118 ± 9	99	181	114 ± 9	96	174	116 ± 7	95	138	115 ± 8	99	178	90.6 ± 1.7	0.79 ± 0.01				
MZO	Ptuj	125 ± 10	101	195	124 ± 7	106	171	126 ± 9	105	206	121 ± 10	101	198	123 ± 6	107	144	121 ± 7	103	153	98.6 ± 1.7	0.86 ± 0.02				
MZO	Radenci	93 ± 8	79	172	93 ± 6	76	121	95 ± 9	78	161	93 ± 10	76	173	100 ± 5	87	114	100 ± 6	82	132	75.8 ± 1.4	0.66 ± 0.01				
MZO	Rogla	126 ± 8	109	175	125 ± 7	110	162	128 ± 8	108	183	120 ± 11	96	198	122 ± 6	106	142	119 ± 12	93	151	102.5 ± 1.9	0.90 ± 0.02				
MZO	Rudno polje	119 ± 8	102	167	117 ± 8	87	150	119 ± 10	73	178	115 ± 12	79	191	125 ± 6	107	164	123 ± 9	103	175	88.1 ± 1.9	0.77 ± 0.02				
MZO	Solkan	67 ± 9	52	181	67 ± 5	42	83	69 ± 6	55	111	69 ± 8	56	118	69 ± 6	56	109	72 ± 7	58	124	57.3 ± 1.4	0.50 ± 0.01				
MZO	Suha	86 ± 9	73	138	86 ± 8	72	163	87 ± 7	73	150	87 ± 12	71	170	96 ± 6	81	111	95 ± 7	80	128	71.2 ± 1.5	0.62 ± 0.01				
MZO	Todraž	127 ± 10	106	186	130 ± 13	107	321	133 ± 11	111	216	130 ± 14	109	232	129 ± 7	111	156	128 ± 9	109	191	103.8 ± 2.0	0.91 ± 0.02				
MZO	Trbovlje	75 ± 9	61	138	75 ± 6	61	123	76 ± 8	63	134	73 ± 9	56	157	73 ± 6	57	91	72 ± 7	56	109	61.9 ± 1.4	0.54 ± 0.01				
MZO	Zagorje	79 ± 7	66	136	80 ± 6	68	96	81 ± 7	65	124	82 ± 8	65	133	87 ± 5	73	100	86 ± 6	70	111	67.9 ± 1.4	0.59 ± 0.01				

Podatki o kontinuirnih meritvah hitrosti doz so povzeti s spletnega portala www.radioaktivnost.si, ki ga vodi URSJV, Ministrstvo za okolje in prostor.

8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA ZA LETO 2011 V REPUBLIKI SLOVENIJI – sistem ARSO / letni pregled

Sistem	Postaja	Mesečne povprečne vrednosti (nGy/h) - polurna obdelava podatkov																								Polletno povprečje (nSv/h)	Polletna doza (mSv)
		januar				februar				marec				april				maj				junij					
		Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks		
ARSO	Bovec	66 ± 5	56	98	68 ± 5	57	109	67 ± 7	56	106	67 ± 5	58	102	68 ± 8	58	124	95 ± 10	63	155	68,8 ± 2,5	0,31 ± 0,01						
ARSO	Dobliče	107 ± 7	89	131	107 ± 7	90	139	106 ± 6	91	132	108 ± 6	91	153	108 ± 7	95	160	109 ± 8	95	190	107,4 ± 2,7	0,48 ± 0,01						
ARSO	Kočevje	114 ± 10	89	148	111 ± 8	94	142	114 ± 10	94	151	121 ± 7	103	154	166 ± 19	107	238	168 ± 11	146	212	124,2 ± 3,9	0,56 ± 0,02						
ARSO	Kredarica	95 ± 5	79	110	95 ± 5	81	109	93 ± 4	81	120	96 ± 6	80	124	97 ± 5	86	130	131 ± 7	114	164	98,1 ± 2,1	0,44 ± 0,01						
ARSO	Krvavec	87 ± 5	76	103	86 ± 6	73	111	82 ± 5	67	111	93 ± 6	77	169	95 ± 6	83	134	94 ± 6	83	157	88,9 ± 2,3	0,40 ± 0,01						
ARSO	Lesce	76 ± 5	64	112	75 ± 5	62	113	75 ± 6	65	113	77 ± 6	65	144	77 ± 6	67	113	87 ± 11	67	127	76,5 ± 2,4	0,34 ± 0,01						
ARSO	Lisca	116 ± 4	104	130	117 ± 4	103	133	116 ± 4	106	136	118 ± 5	108	167	116 ± 7	94	161	105 ± 7	88	150	115,7 ± 1,9	0,52 ± 0,01						
ARSO	LJ-Bežigrad	93 ± 199	68	3480	83 ± 34	70	1200	80 ± 5	70	107	83 ± 5	72	134	90 ± 14	71	167	109 ± 8	95	161	86,2 ± 3,1	0,39 ± 0,01						
ARSO	MB-Tabor	86 ± 4	75	106	86 ± 4	75	106	87 ± 4	74	111	89 ± 6	78	145	88 ± 7	77	142	87 ± 8	0	120	86,8 ± 2,0	0,39 ± 0,01						
ARSO	MS-Rakičan	73 ± 4	62	92	74 ± 3	64	84	73 ± 3	65	86	75 ± 6	63	128	74 ± 5	64	113	88 ± 13	66	141	73,8 ± 1,7	0,33 ± 0,01						
ARSO	NG-Bilje	70 ± 5	59	105	69 ± 4	61	91	69 ± 5	59	95	70 ± 5	60	130	71 ± 5	61	107	70 ± 5	60	119	69,8 ± 2,0	0,31 ± 0,01						
ARSO	Novo mesto	66 ± 5	55	88	65 ± 5	56	82	64 ± 5	54	83	64 ± 5	52	87	65 ± 6	54	108	64 ± 6	51	98	64,7 ± 2,2	0,29 ± 0,01						
ARSO	Sečovelje	63 ± 4	54	79	63 ± 3	55	78	62 ± 6	54	172	64 ± 4	56	102	66 ± 5	55	105	65 ± 3	57	82	63,9 ± 1,6	0,29 ± 0,01						
ARSO	Postojna	88 ± 6	76	123	88 ± 5	75	112	87 ± 5	76	115	90 ± 5	79	114	91 ± 5	78	131	89 ± 6	74	132	88,7 ± 2,3	0,40 ± 0,01						
ARSO	Rateče	73 ± 4	63	97	72 ± 4	64	91	81 ± 12	60	108	100 ± 5	89	138	101 ± 6	88	134	99 ± 6	83	149	84,3 ± 2,1	0,38 ± 0,01						
ARSO	Sl. Gradec	96 ± 6	80	126	96 ± 5	82	111	100 ± 5	86	132	104 ± 6	91	141	103 ± 7	89	157	101 ± 6	88	146	99,6 ± 2,3	0,45 ± 0,01						
ARSO	Velenje	82 ± 4	70	105	82 ± 4	72	104	77 ± 5	67	103	79 ± 6	69	132	78 ± 6	67	123	77 ± 5	65	113	79,7 ± 2,0	0,36 ± 0,01						
EIMV	Vnajnarje	117 ± 4	103	148	117 ± 4	106	130	117 ± 4	104	138	120 ± 5	108	147	121 ± 6	107	156	120 ± 6	107	156	118,1 ± 1,9	0,53 ± 0,01						
Sistem	Postaja	Julij				Avgust				September				Oktober				November				december				Letno povprečje (nSv/h)	Letna doza (mSv)
ARSO	Bovec	99 ± 10	78	183	98 ± 12	82	272	98 ± 11	82	191	99 ± 17	80	231	96 ± 7	84	140	97 ± 10	78	155	76,3 ± 2,1	0,67 ± 0,02						
ARSO	Dobliče	112 ± 7	98	151	115 ± 8	95	144	118 ± 8	101	153	117 ± 9	98	181	117 ± 8	100	141	113 ± 7	95	138	110,7 ± 2,1	0,97 ± 0,02						
ARSO	Kočevje	172 ± 12	147	282	178 ± 14	140	230	178 ± 14	147	241	171 ± 15	136	249	177 ± 14	149	228	167 ± 12	139	218	140,7 ± 3,2	1,23 ± 0,03						
ARSO	Kredarica	134 ± 8	117	184	132 ± 11	115	444	133 ± 7	113	172	140 ± 223	104	5080	124 ± 6	107	147	135 ± 9	115	171	106,8 ± 1,8	0,94 ± 0,02						
ARSO	Krvavec	95 ± 5	84	134	95 ± 5	83	135	95 ± 5	84	132	95 ± 8	79	161	94 ± 5	83	120	92 ± 11	71	126	91,7 ± 1,6	0,80 ± 0,01						
ARSO	Lesce	100 ± 10	85	174	99 ± 7	79	155	102 ± 9	85	164	100 ± 13	84	191	100 ± 7	86	133	99 ± 8	82	147	84,2 ± 2,0	0,74 ± 0,02						
ARSO	Lisca	110 ± 8	92	157	108 ± 6	90	147	110 ± 8	95	159	107 ± 8	92	168	107 ± 5	95	124	104 ± 9	80	147	113,1 ± 1,6	0,99 ± 0,01						
ARSO	LJ-Bežigrad	113 ± 10	95	185	113 ± 8	98	175	116 ± 9	96	196	114 ± 11	93	188	115 ± 6	97	136	115 ± 8	98	172	99,4 ± 2,3	0,87 ± 0,02						
ARSO	MB-Tabor	91 ± 7	78	135	90 ± 6	77	142	91 ± 7	79	151	112 ± 13	82	199	117 ± 6	102	134	116 ± 7	100	147	91,7 ± 1,6	0,80 ± 0,01						
ARSO	MS-Rakičan	101 ± 12	84	230	99 ± 8	84	198	101 ± 9	85	185	99 ± 10	85	182	103 ± 5	88	122	103 ± 7	85	155	80,1 ± 1,5	0,70 ± 0,01						
ARSO	NG-Bilje	72 ± 8	61	133	71 ± 4	62	90	72 ± 5	61	122	71 ± 8	60	125	70 ± 5	59	111	71 ± 6	57	125	70,3 ± 1,5	0,62 ± 0,01						
ARSO	Novo mesto	68 ± 8	56	165	67 ± 6	53	98	69 ± 6	58	108	68 ± 7	53	113	70 ± 6	58	88	69 ± 6	55	88	66,3 ± 1,7	0,58 ± 0,01						
ARSO	Sečovelje	67 ± 6	57	111	67 ± 3	57	77	67 ± 4	57	94	65 ± 7	55	115	64 ± 3	55	79	64 ± 5	54	99	64,7 ± 1,1	0,57 ± 0,01						
ARSO	Postojna	92 ± 7	79	131	92 ± 7	78	146	93 ± 7	80	131	94 ± 11	78	136	123 ± 10	101	163	120 ± 9	100	155	92,1 ± 1,9	0,81 ± 0,02						
ARSO	Rateče	102 ± 7	88	139	101 ± 6	84	127	104 ± 6	88	137	99 ± 7	81	144	99 ± 4	85	112	95 ± 6	81	125	91,3 ± 1,6	0,80 ± 0,01						
ARSO	Sl. Gradec	105 ± 7	91	152	105 ± 6	91	148	108 ± 7	90	146	132 ± 15	100	220	137 ± 6	119	167	134 ± 9	109	195	106,5 ± 1,8	0,93 ± 0,02						
ARSO	Velenje	79 ± 7	68	123	79 ± 5	65	117	80 ± 7	70	137	79 ± 7	66	132	79 ± 4	69	93	79 ± 5	68	105	79,4 ± 1,5	0,70 ± 0,01						
EIMV	Vnajnarje	124 ± 6	108	150	127 ± 9	113	186	124 ± 7	112	181	124 ± 7	112	181	124 ± 7	112	181	124 ± 7	112	181	119,3 ± 1,7	1,04 ± 0,01						

Podatki o kontinuirnih meritvah hitrosti doz so povzeti s spletnega portala www.radioaktivnost.si, ki ga vodi URSJV, Ministrstvo za okolje in prostor.

LETO 2011 T - 56/e

8. KONTINUIRNE MERITVE DOZ ZUNANJEGA SEVANJA ZA LETO 2011 V REPUBLIKI SLOVENIJI – sistem URSJV / letni pregled

Sistem	Postaja	Mesečne povprečne vrednosti (nGy/h) - polurna obdelava podatkov																								Polletno povprečje (nSv/h)	Polletna doza (mSv)
		januar				Februar				Marec				April				Maj				Junij					
		Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks	Povprečna vrednost	Sigma	Min	Maks		
URSJV	Sv. Mohor	107 ± 4	98	119	106 ± 3	98	117	105 ± 4	96	119	106 ± 4	98	137	106 ± 4	97	135	129 ± 351	97	5270	106,0 ± 1,7	0,48 ± 0,01						
URSJV	Šoštanj	127 ± 4	116	152	126 ± 5	117	153	126 ± 5	116	149	129 ± 6	120	178	129 ± 7	116	177	127 ± 6	115	174	127,1 ± 2,1	0,57 ± 0,01						
URSJV	Lakonca	55 ± 4	46	78	54 ± 4	45	77	53 ± 4	44	71	55 ± 4	45	91	55 ± 5	46	90	55 ± 5	47	87	54,4 ± 1,7	0,25 ± 0,01						
URSJV	Prapretno	75 ± 4	66	93	75 ± 4	66	96	74 ± 4	63	96	75 ± 4	67	111	76 ± 5	66	109	75 ± 5	64	101	74,9 ± 1,7	0,34 ± 0,01						
URSJV	NEK-URSJV	75 ± 5	60	90	75 ± 5	70	90	74 ± 6	0	90	77 ± 7	100	90	78 ± 7	100	90	79 ± 6	100	90	76,1 ± 2,4	0,34 ± 0,01						
URSJV	LJ-Brinje-URSJV	100 ± 8	100	90	99 ± 6	100	90	99 ± 8	0	90	99 ± 8	100	90	98 ± 10	100	90	91 ± 8	0	90	97,8 ± 3,2	0,44 ± 0,01						
URSJV	LJ-Brinje-IJS	87 ± 9	100	98	87 ± 8	100	98	86 ± 9	100	98	89 ± 9	100	98	90 ± 10	100	98	87 ± 10	100	98	87,6 ± 3,7	0,40 ± 0,02						
URSJV	LJ-Vič-IJS	116 ± 5	105	149	116 ± 5	107	138	115 ± 5	104	135	117 ± 5	107	182	118 ± 6	107	165	116 ± 6	105	160	116,3 ± 2,2	0,52 ± 0,01						

Sistem	Postaja	Julij				Avgust				September				Oktober				November				december				Letno povprečje (nSv/h)	Letna doza (mSv)
URSJV	Sv. Mohor	109 ± 6	100	151	108 ± 4	100	136	108 ± 4	96	143	107 ± 4	98	135	107 ± 11	17	121	- ± -	-	-	106,7 ± 1,3	0,93 ± 0,01						
URSJV	Šoštanj	129 ± 7	118	179	129 ± 5	115	170	130 ± 7	117	180	129 ± 7	117	171	129 ± 5	117	154	128 ± 5	118	159	127,9 ± 1,6	1,12 ± 0,01						
URSJV	Lakonca	56 ± 6	47	100	55 ± 4	47	88	54 ± 13	0	100	50 ± 32	0	117	71 ± 6	53	90	70 ± 7	58	107	56,2 ± 1,5	0,49 ± 0,01						
URSJV	Prapretno	77 ± 7	67	123	77 ± 4	66	108	78 ± 6	67	118	86 ± 13	61	140	99 ± 6	82	119	97 ± 7	79	141	77,8 ± 1,4	0,68 ± 0,01						
URSJV	NEK-URSJV	84 ± 8	100	90	83 ± 6	100	90	84 ± 7	100	90	81 ± 8	0	90	83 ± 6	100	90	82 ± 7	100	90	78,9 ± 1,8	0,69 ± 0,02						
URSJV	LJ-Brinje-URSJV	97 ± 10	100	90	95 ± 7	100	90	102 ± 10	100	90	118 ± 15	100	90	117 ± 7	100	140	111 ± 9	100	90	101,3 ± 2,4	0,89 ± 0,02						
URSJV	LJ-Brinje-IJS	91 ± 12	100	98	92 ± 10	100	98	94 ± 12	100	98	92 ± 13	100	98	91 ± 9	100	98	91 ± 10	100	98	89,3 ± 2,8	0,78 ± 0,02						
URSJV	LJ-Vič-IJS	120 ± 11	107	238	119 ± 9	105	217	119 ± 6	107	166	118 ± 6	108	150	118 ± 4	106	129	119 ± 5	106	141	117,3 ± 1,6	1,03 ± 0,01						

Podatki o kontinuirnih meritvah hitrosti doz so povzeti s spletnega portala www.radioaktivnost.si, ki ga vodi URSJV, Ministrstvo za okolje in prostor.

LETO 2011

8. IZRAČUN RAZREDČITVENIH IN DEPOZICIJSKIH KOEFICIENTOV PO LAGRANGEEVEM MODELU (MEIS d. o. o.)

Razredčitveni koeficienti

Lokacija	NEK - plant vent	NEK - ograja zahod	NEK - ograja vzhod	Spodnji Stari Grad	Vrbina	Brežice	Vihre	Mrtvice	Brege	Žadovinek	Leskovec	Krško - Stara Vas	Pesje	Dobova
Mesec	Povprečni mesečni X/Q													
Januar	9,14E-08	6,69E-08	9,37E-08	8,97E-08	5,48E-08	5,08E-08	2,16E-08	2,46E-08	4,43E-08	7,67E-08	8,64E-08	3,91E-08	9,71E-08	1,67E-08
Februar	7,42E-08	6,87E-08	7,58E-08	6,54E-08	4,82E-08	1,38E-08	9,67E-09	1,56E-08	3,05E-08	1,27E-07	1,82E-07	3,09E-08	4,48E-08	7,70E-09
Marec	2,71E-07	9,86E-08	2,42E-07	1,39E-07	6,98E-08	4,91E-08	2,05E-08	1,89E-08	4,05E-08	8,62E-08	7,45E-08	3,59E-08	9,64E-08	2,16E-08
April	1,67E-07	2,01E-07	1,67E-07	1,18E-07	1,50E-07	6,04E-08	2,09E-08	2,82E-08	6,18E-08	1,07E-07	1,06E-07	4,59E-08	5,33E-08	3,47E-08
Maj	6,65E-07	6,76E-07	4,25E-07	2,41E-07	3,96E-07	9,30E-08	3,65E-08	4,73E-08	1,17E-07	1,67E-07	1,02E-07	1,22E-07	1,11E-07	5,17E-08
Junij	9,39E-07	8,48E-07	5,91E-07	2,29E-07	2,93E-07	6,97E-08	4,85E-08	5,03E-08	1,30E-07	1,50E-07	5,99E-08	9,04E-08	1,92E-07	3,06E-08
Julij	1,71E-06	1,07E-06	7,26E-07	2,19E-07	4,39E-07	6,49E-08	3,23E-08	3,23E-08	8,74E-08	1,88E-07	7,42E-08	7,75E-08	1,35E-07	3,04E-08
Avgust (*)	4,91E-07	4,17E-07	3,06E-07	1,46E-07	1,94E-07	6,15E-08	2,58E-08	2,94E-08	6,51E-08	1,29E-07	1,05E-07	5,90E-08	1,10E-07	3,21E-08
September	9,25E-07	1,03E-06	5,31E-07	1,25E-07	3,75E-07	1,01E-07	3,71E-08	3,41E-08	5,81E-08	1,56E-07	8,92E-08	4,54E-08	1,20E-07	5,59E-08
Oktober	3,32E-07	3,14E-07	2,72E-07	1,13E-07	1,19E-07	8,35E-08	2,39E-08	3,11E-08	7,27E-08	1,40E-07	7,15E-08	5,03E-08	9,36E-08	5,35E-08
November	1,40E-07	1,29E-07	1,45E-07	8,35E-08	1,06E-07	6,58E-08	1,45E-08	2,06E-08	4,03E-08	1,35E-07	1,58E-07	5,24E-08	1,05E-07	3,44E-08
December	7,92E-08	8,34E-08	9,66E-08	1,86E-07	8,57E-08	2,43E-08	1,82E-08	2,02E-08	3,29E-08	8,22E-08	1,51E-07	5,85E-08	1,66E-07	1,61E-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	2,92E-06	1,01E-06	4,83E-07	1,52E-07	1,70E-07	2,06E-08	2,41E-08	2,49E-08	6,03E-08	1,36E-07	3,84E-08	3,50E-08	1,19E-07	7,46E-09
Februar	1,84E-06	1,38E-06	2,17E-07	6,77E-08	8,69E-08	6,59E-09	1,25E-08	1,78E-08	3,75E-08	2,96E-07	7,68E-08	3,25E-08	4,33E-08	2,34E-09
Marec	1,87E-06	7,39E-07	4,19E-07	1,02E-07	7,37E-08	2,00E-08	1,81E-08	2,31E-08	3,23E-08	1,28E-07	2,99E-08	2,12E-08	6,34E-08	1,18E-08
April	2,30E-06	8,81E-07	5,01E-07	6,15E-08	1,73E-07	2,14E-08	2,32E-08	2,71E-08	6,75E-08	1,13E-07	5,20E-08	3,75E-08	3,61E-08	1,20E-08
Maj	2,55E-06	8,33E-07	7,37E-07	1,32E-07	2,22E-07	4,40E-08	3,92E-08	4,47E-08	8,96E-08	1,16E-07	6,56E-08	7,22E-08	7,73E-08	2,27E-08
Junij	3,09E-06	9,98E-07	7,63E-07	1,75E-07	2,39E-07	2,47E-08	4,45E-08	5,78E-08	1,11E-07	1,51E-07	5,92E-08	6,54E-08	9,45E-08	1,14E-08
Julij	2,19E-06	7,19E-07	5,37E-07	1,17E-07	1,64E-07	2,15E-08	2,37E-08	2,38E-08	5,78E-08	1,23E-07	4,70E-08	4,69E-08	7,11E-08	1,16E-08
Avgust (*)	2,68E-06	1,04E-06	5,66E-07	1,30E-07	1,75E-07	2,62E-08	2,85E-08	3,21E-08	6,48E-08	1,57E-07	5,41E-08	4,61E-08	8,62E-08	1,31E-08
September	2,88E-06	1,18E-06	8,19E-07	7,69E-08	2,74E-07	3,76E-08	4,20E-08	3,83E-08	6,18E-08	1,32E-07	6,05E-08	4,49E-08	5,69E-08	1,85E-08
Oktober	3,00E-06	1,35E-06	5,61E-07	1,00E-07	1,31E-07	3,52E-08	2,47E-08	2,82E-08	6,67E-08	1,80E-07	4,11E-08	3,58E-08	6,85E-08	2,13E-08
November	3,49E-06	1,36E-06	6,08E-07	1,96E-07	2,11E-07	3,36E-08	3,20E-08	3,30E-08	6,06E-08	2,10E-07	6,66E-08	5,15E-08	1,36E-07	1,61E-08
December	3,35E-06	9,65E-07	5,83E-07	2,49E-07	1,77E-07	2,32E-08	2,94E-08	3,41E-08	6,83E-08	1,44E-07	5,81E-08	6,45E-08	1,82E-07	8,63E-09

(*) v mesecu avgustu 2011 SODAR ni delal, zato smo uporabili letno povprečje razredčitvenega in depozicijskega koeficienta za posamezno lokacijo.

9. ZEMLJA

LETO 2011 T - 57a

9. ZEMLJA - NEOBDELANA - poplavno področje ob Savi - 7D (mivkasta borovina, nekošeno področje)

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (**)

Vzorč. mesto	Gmajnice, neobdelana zemlja							
Datum vzor.	5. 5. 2011							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzor. (kg/m ²)	0,2	34,1	39,8	46,3	157,3	120,1	+ trava	277,4
Oznaka vzorca	K11ZN11T51	K11ZN11AB51	K11ZN11CS1	K11ZN11D51	K11ZN11E51			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
U-238	< 2E+00	1,2E+03 ± 1E+02	1,3E+03 ± 2E+02	1,5E+03 ± 2E+02	4,3E+03 ± 6E+02	3,9E+03 ± 3E+02	3,9E+03 ± 3E+02	8,2E+03 ± 7E+02
Ra-226	1,5E+00 ± 9E-01	1,2E+03 ± 2E+02	1,5E+03 ± 2E+02	2,0E+03 ± 2E+02	5,1E+03 ± 5E+02	4,7E+03 ± 3E+02	4,7E+03 ± 3E+02	9,8E+03 ± 6E+02
Pb-210	1,2E+01 ± 4E+00	3,5E+03 ± 3E+02	4,6E+03 ± 1E+03	2,4E+03 ± 3E+02	< 5E+03	1,0E+04 ± 1E+03	1,0E+04 ± 1E+03	1,0E+04 ± 3E+03
Ra-228	7,3E-01 ± 9E-02	1,1E+03 ± 6E+01	1,2E+03 ± 6E+01	1,5E+03 ± 7E+01	4,1E+03 ± 2E+02	3,8E+03 ± 1E+02	3,8E+03 ± 1E+02	7,9E+03 ± 2E+02
Th-228	5,5E-01 ± 6E-02	1,2E+03 ± 6E+01	1,2E+03 ± 6E+01	1,5E+03 ± 7E+01	3,9E+03 ± 2E+02	3,9E+03 ± 1E+02	3,9E+03 ± 1E+02	7,8E+03 ± 2E+02
Th-230				4,7E+03 ± 1E+03	2,0E+04 ± 8E+03	4,7E+03 ± 1E+03	4,7E+03 ± 1E+03	2,4E+04 ± 8E+03
K-40	1,1E+02 ± 1E+01	1,4E+04 ± 1E+03	1,5E+04 ± 1E+03	1,6E+04 ± 2E+03	5,0E+04 ± 5E+03	4,5E+04 ± 3E+03	4,5E+04 ± 3E+03	9,5E+04 ± 5E+03
Be-7	5,2E+01 ± 3E+00	1,5E+02 ± 6E+01				1,5E+02 ± 6E+01	2,0E+02 ± 6E+01	1,5E+02 ± 6E+01
I-131								
Cs-134	5,3E-02 ± 2E-02						5,3E-02 ± 2E-02	
Cs-137	2,7E-01 ± 4E-02	2,9E+03 ± 1E+02	4,1E+03 ± 2E+02	1,5E+03 ± 1E+02	4,1E+02 ± 3E+01	8,4E+03 ± 3E+02	8,4E+03 ± 3E+02	8,8E+03 ± 3E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	3,5E-01 ± 2E-02	4,9E+01 ± 4E+00	7,6E+01 ± 6E+00	8,0E+01 ± 6E+00	1,8E+02 ± 2E+01	2,1E+02 ± 9E+00	2,1E+02 ± 9E+00	3,8E+02 ± 2E+01

Vzorč. mesto	Gmajnice, neobdelana zemlja							
Datum vzor.	5. 5. 2011							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo	Uteženo	
Kol. vzorca (kg)	0,16	0,31	0,41	0,43	0,50	povprečje	povprečje	
Kol. (kg/m ²)	0,2	34,1	39,8	46,3	157,3	0-15	0-30	
Oznaka vzorca	K11ZN11T51	K11ZN11AB51	K11ZN11CS1	K11ZN11D51	K11ZN11E51			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	< 8E+00	3,4E+01 ± 4E+00	3,1E+01 ± 5E+00	3,2E+01 ± 4E+00	2,8E+01 ± 4E+00	3,2E+01 ± 3E+00	3,0E+01 ± 2E+00	
Ra-226	7,2E+00 ± 4E+00	3,7E+01 ± 5E+00	3,8E+01 ± 4E+00	4,3E+01 ± 4E+00	3,2E+01 ± 3E+00	4,0E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 2E+00	
Pb-210	5,7E+01 ± 2E+01	1,0E+02 ± 8E+00	1,1E+02 ± 3E+01	5,3E+01 ± 6E+00	< 3E+01	8,7E+01 ± 1E+01	3,8E+01 ± 1E+01	
Ra-228	3,6E+00 ± 4E-01	3,3E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 2E+00	3,2E+01 ± 2E+00	2,6E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 9E-01	2,8E+01 ± 8E-01	
Th-228	2,7E+00 ± 3E-01	3,4E+01 ± 2E+00	3,1E+01 ± 2E+00	3,2E+01 ± 2E+00	2,5E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 9E-01	2,8E+01 ± 8E-01	
Th-230				1,0E+02 ± 2E+01	1,3E+02 ± 5E+01	3,9E+01 ± 8E+00	8,8E+01 ± 3E+01	
K-40	5,4E+02 ± 5E+01	4,2E+02 ± 4E+01	3,7E+02 ± 4E+01	3,4E+02 ± 3E+01	3,2E+02 ± 3E+01	3,7E+02 ± 2E+01	3,4E+02 ± 2E+01	
Be-7	2,6E+02 ± 1E+01	4,4E+00 ± 2E+00				1,2E+00 ± 5E-01	5,4E-01 ± 2E-01	
I-131								
Cs-134	2,6E-01 ± 9E-02							
Cs-137	1,3E+00 ± 2E-01	8,4E+01 ± 4E+00	1,0E+02 ± 5E+00	3,1E+01 ± 3E+00	2,6E+00 ± 2E-01	7,0E+01 ± 2E+00	3,2E+01 ± 1E+00	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	1,7E+00 ± 1E-01	1,5E+00 ± 1E-01	1,9E+00 ± 2E-01	1,7E+00 ± 1E-01	1,1E+00 ± 1E-01	1,7E+00 ± 8E-02	1,4E+00 ± 7E-02	

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

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

LETO 2011 T - 57b

9. ZEMLJA - NEOBDELANA - poplavno področje ob Savi - 7D (mivkasta borovina, nekošeno področje)

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (***)

Vzrč. mesto	Gmajnice, neobdelana zemlja							
Datum vzor.	12. 10. 2011							
GI vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzor. (kg/m ²)	0,2	34,2	38,0	43,7	155,3	115,9	+ trava	271,2
Oznaka vzorca	K11ZN11TA1	K11ZN11ABA1	K11ZN11CA1	K11ZN11DA1	K11ZN11EA1			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
U-238	5,4E-01 ± 3E-01	1,3E+03 ± 2E+02	9,5E+02 ± 2E+02	1,0E+03 ± 1E+02	3,8E+03 ± 6E+02	3,2E+03 ± 3E+02	3,2E+03 ± 3E+02	7,0E+03 ± 6E+02
Ra-226	1,1E+00 ± 5E-01	1,3E+03 ± 1E+02	1,3E+03 ± 1E+02	1,6E+03 ± 2E+02	5,1E+03 ± 5E+02	4,3E+03 ± 2E+02	4,3E+03 ± 2E+02	9,4E+03 ± 5E+02
Pb-210	1,2E+01 ± 3E+00	3,3E+03 ± 1E+03	1,3E+03 ± 1E+03	1,5E+03 ± 2E+02	5,7E+03 ± 2E+03	6,1E+03 ± 1E+03	6,1E+03 ± 1E+03	1,2E+04 ± 3E+03
Ra-228	4,0E-01 ± 7E-02	1,1E+03 ± 6E+01	1,1E+03 ± 5E+01	1,1E+03 ± 6E+01	3,9E+03 ± 2E+02	3,3E+03 ± 1E+02	3,3E+03 ± 1E+02	7,3E+03 ± 2E+02
Th-228	1,5E-01 ± 3E-02	1,1E+03 ± 6E+01	1,1E+03 ± 5E+01	1,1E+03 ± 6E+01	3,9E+03 ± 2E+02	3,3E+03 ± 9E+01	3,3E+03 ± 9E+01	7,2E+03 ± 2E+02
Th-230				< 3E+03	8,3E+03 ± 6E+03	< 2E+03	< 2E+03	8,3E+03 ± 6E+03
K-40	5,9E+01 ± 6E+00	1,4E+04 ± 1E+03	1,3E+04 ± 1E+03	1,4E+04 ± 1E+03	4,9E+04 ± 5E+03	4,1E+04 ± 2E+03	4,2E+04 ± 2E+03	9,1E+04 ± 5E+03
Be-7	5,6E+01 ± 3E+00	2,2E+02 ± 8E+01				2,2E+02 ± 8E+01	2,7E+02 ± 8E+01	2,2E+02 ± 8E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,6E-01 ± 1E-02	2,7E+03 ± 1E+02	3,3E+03 ± 2E+02	1,2E+03 ± 6E+01	5,0E+02 ± 4E+01	7,2E+03 ± 2E+02	7,2E+03 ± 2E+02	7,7E+03 ± 2E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	4,5E-01 ± 3E-02	4,9E+01 ± 4E+00	5,8E+01 ± 4E+00	5,5E+01 ± 5E+00	1,6E+02 ± 2E+01	1,6E+02 ± 8E+00	1,6E+02 ± 8E+00	3,2E+02 ± 3E+01

Vzrč. mesto	Gmajnice, neobdelana zemlja							
Datum vzor.	12. 10. 2011							
GI vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo povprečje	Uteženo povprečje	
Kol. vzorca (kg)	0,16	0,35	0,41	0,44	0,49	0-15	0-30	
Kol. (kg/m ²)	0,2	34,2	38,0	43,7	155,3			
Oznaka vzorca	K11ZN11TA1	K11ZN11ABA1	K11ZN11CA1	K11ZN11DA1	K11ZN11EA1			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	2,8E+00 ± 1E+00	3,7E+01 ± 5E+00	2,5E+01 ± 4E+00	2,3E+01 ± 3E+00	2,4E+01 ± 4E+00	2,8E+01 ± 2E+00	2,6E+01 ± 2E+00	
Ra-226	5,8E+00 ± 3E+00	3,9E+01 ± 4E+00	3,4E+01 ± 3E+00	3,7E+01 ± 4E+00	3,3E+01 ± 3E+00	3,7E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 2E+00	
Pb-210	6,0E+01 ± 2E+01	9,6E+01 ± 3E+01	3,4E+01 ± 3E+01	3,5E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 2E+01	5,3E+01 ± 1E+01	4,4E+01 ± 1E+01	
Ra-228	2,1E+00 ± 4E-01	3,4E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 1E+00	2,9E+01 ± 8E-01	2,7E+01 ± 8E-01	
Th-228	7,7E-01 ± 2E-01	3,2E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 1E+00	2,8E+01 ± 8E-01	2,6E+01 ± 8E-01	
Th-230				< 7E+01	5,3E+01 ± 4E+01	< 2E+01	3,0E+01 ± 2E+01	
K-40	3,1E+02 ± 3E+01	4,2E+02 ± 4E+01	3,5E+02 ± 3E+01	3,2E+02 ± 3E+01	3,2E+02 ± 3E+01	3,6E+02 ± 2E+01	3,3E+02 ± 2E+01	
Be-7	2,9E+02 ± 1E+01	6,3E+00 ± 2E+00				1,9E+00 ± 7E-01	7,9E-01 ± 3E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	8,4E-01 ± 7E-02	8,0E+01 ± 4E+00	8,7E+01 ± 4E+00	2,8E+01 ± 1E+00	3,2E+00 ± 3E-01	6,2E+01 ± 2E+00	2,9E+01 ± 8E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	2,3E+00 ± 2E-01	1,4E+00 ± 1E-01	1,5E+00 ± 1E-01	1,3E+00 ± 1E-01	1,0E+00 ± 2E-01	1,4E+00 ± 7E-02	1,2E+00 ± 1E-01	

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

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

LETO 2011 T - 58a

9. ZEMLJA - OBDELANA - poplavno področje ob Savi - 7D (rjava naplavina, normalno oranje)

Izotopska analiza sevalcev gama (***)

Vzorč. mesto	Gmajnice, obdelana zemlja							
Datum vzor.	5. 5. 2011							
Gl. vzor. (cm)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-30	0-40	0-50
Kol. vzor. (kg/m ²)	111,2	100,5	115,3	119,9	107,3	327,0	446,9	554,2
Oznaka vzorca	K11ZP13A51	K11ZP13B51	K11ZP13C51	K11ZP13D51	K11ZP13E51			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
U-238	3,8E+03 ± 3E+02	3,5E+03 ± 3E+02	3,6E+03 ± 6E+02	3,8E+03 ± 3E+02	3,8E+03 ± 4E+02	1,1E+04 ± 7E+02	1,5E+04 ± 8E+02	1,9E+04 ± 9E+02
Ra-226	5,3E+03 ± 5E+02	4,5E+03 ± 4E+02	5,2E+03 ± 5E+02	5,6E+03 ± 5E+02	5,5E+03 ± 5E+02	1,5E+04 ± 8E+02	2,1E+04 ± 1E+03	2,6E+04 ± 1E+03
Pb-210	6,1E+03 ± 6E+02	5,0E+03 ± 3E+02	< 6E+03	4,9E+03 ± 4E+02	4,4E+03 ± 4E+02	1,1E+04 ± 4E+03	1,6E+04 ± 4E+03	2,0E+04 ± 4E+03
Ra-228	4,3E+03 ± 2E+02	3,6E+03 ± 2E+02	4,2E+03 ± 2E+02	4,5E+03 ± 2E+02	4,0E+03 ± 2E+02	1,2E+04 ± 4E+02	1,7E+04 ± 4E+02	2,1E+04 ± 5E+02
Th-228	4,3E+03 ± 2E+02	3,6E+03 ± 2E+02	4,3E+03 ± 2E+02	4,5E+03 ± 2E+02	4,1E+03 ± 2E+02	1,2E+04 ± 4E+02	1,7E+04 ± 4E+02	2,1E+04 ± 5E+02
Th-230	7,4E+03 ± 1E+03	6,0E+03 ± 2E+03	< 1E+04	4,9E+03 ± 2E+03	4,9E+03 ± 2E+03	1,3E+04 ± 3E+03	1,3E+04 ± 7E+03	1,8E+04 ± 7E+03
K-40	5,6E+04 ± 5E+03	4,5E+04 ± 4E+03	5,3E+04 ± 5E+03	5,4E+04 ± 5E+03	4,2E+04 ± 4E+03	1,5E+05 ± 9E+03	2,1E+05 ± 1E+04	2,5E+05 ± 1E+04
Be-7	1,5E+02 ± 6E+01	2,4E+02 ± 7E+01		1,3E+02 ± 8E+01		3,9E+02 ± 1E+02	5,2E+02 ± 1E+02	5,2E+02 ± 1E+02
I-131								
Cs-134								
Cs-137	2,5E+03 ± 1E+02	2,0E+03 ± 1E+02	2,7E+03 ± 1E+02	2,9E+03 ± 1E+02	1,1E+03 ± 5E+01	7,2E+03 ± 2E+02	1,0E+04 ± 3E+02	1,1E+04 ± 3E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

Vzorč. mesto	Gmajnice, obdelana zemlja							
Datum vzor.	5. 5. 2011							
Gl. vzor. (cm)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	Uteženo povprečje	Uteženo povprečje	
Kol. vzorca (kg)	0,45	0,43	0,48	0,49	0,47	0-40	0-50	
Kol. (kg/m ²)	111,2	100,5	115,3	119,9	107,3			
Oznaka vzorca	K11ZP13A51	K11ZP13B51	K11ZP13C51	K11ZP13D51	K11ZP13E51			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	3,4E+01 ± 3E+00	3,5E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 5E+00	3,2E+01 ± 3E+00	3,6E+01 ± 3E+00	3,3E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 2E+00	
Ra-226	4,8E+01 ± 4E+00	4,4E+01 ± 4E+00	4,5E+01 ± 4E+00	4,7E+01 ± 5E+00	5,1E+01 ± 5E+00	4,6E+01 ± 2E+00	4,7E+01 ± 2E+00	
Pb-210	5,5E+01 ± 5E+00	4,9E+01 ± 3E+00	< 5E+01	4,1E+01 ± 3E+00	4,1E+01 ± 3E+00	3,6E+01 ± 8E+00	3,7E+01 ± 6E+00	
Ra-228	3,9E+01 ± 2E+00	3,6E+01 ± 2E+00	3,6E+01 ± 2E+00	3,7E+01 ± 2E+00	3,7E+01 ± 2E+00	3,7E+01 ± 9E-01	3,7E+01 ± 8E-01	
Th-228	3,9E+01 ± 2E+00	3,6E+01 ± 2E+00	3,7E+01 ± 2E+00	3,7E+01 ± 2E+00	3,8E+01 ± 2E+00	3,7E+01 ± 9E-01	3,7E+01 ± 8E-01	
Th-230	6,7E+01 ± 1E+01	5,9E+01 ± 2E+01	< 9E+01	4,6E+01 ± 2E+01	4,6E+01 ± 2E+01	3,0E+01 ± 2E+01	3,3E+01 ± 1E+01	
K-40	5,0E+02 ± 5E+01	4,5E+02 ± 4E+01	4,6E+02 ± 4E+01	4,5E+02 ± 4E+01	4,0E+02 ± 4E+01	4,7E+02 ± 2E+01	4,5E+02 ± 2E+01	
Be-7	1,4E+00 ± 6E-01	2,4E+00 ± 7E-01		1,1E+00 ± 7E-01		1,2E+00 ± 3E-01	9,4E-01 ± 2E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	2,3E+01 ± 1E+00	2,0E+01 ± 1E+00	2,3E+01 ± 1E+00	2,4E+01 ± 1E+00	1,0E+01 ± 5E-01	2,3E+01 ± 6E-01	2,0E+01 ± 5E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

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

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

LETO 2011 T - 58b

9. ZEMLJA - OBDELANA - poplavno področje ob Savi - 7D (rjava naplavina, normalno oranje)

Izotopska analiza sevalcev gama (***)

Vzorč. mesto	Gmajnice, obdelana zemlja							
Datum vzor.	12. 10. 2011							
Gl. vzor. (cm)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-30	0-40	0-50
Kol. vzor. (kg/m ²)	68,7	66,7	78,3	105,9	97,2	145,1	250,9	348,1
Oznaka vzorca	K11ZP13AA1	K11ZP13BA1	K11ZP13CA1	K11ZP13DA1	K11ZP13EA1			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
U-238	2,2E+03 ± 3E+02	2,4E+03 ± 2E+02	2,8E+03 ± 3E+02	3,8E+03 ± 5E+02	3,2E+03 ± 3E+02	7,5E+03 ± 5E+02	1,1E+04 ± 7E+02	1,5E+04 ± 8E+02
Ra-226	3,4E+03 ± 3E+02	3,5E+03 ± 3E+02	3,8E+03 ± 4E+02	4,8E+03 ± 4E+02	4,5E+03 ± 4E+02	1,1E+04 ± 6E+02	1,6E+04 ± 7E+02	2,0E+04 ± 9E+02
Pb-210	5,8E+03 ± 2E+03	4,1E+03 ± 4E+02	3,4E+03 ± 4E+02	< 3E+03	3,3E+03 ± 3E+02	1,3E+04 ± 2E+03	1,3E+04 ± 3E+03	1,7E+04 ± 3E+03
Ra-228	2,5E+03 ± 1E+02	2,7E+03 ± 1E+02	3,0E+03 ± 2E+02	4,2E+03 ± 2E+02	4,3E+03 ± 2E+02	8,2E+03 ± 2E+02	1,2E+04 ± 3E+02	1,7E+04 ± 4E+02
Th-228	2,6E+03 ± 1E+02	2,8E+03 ± 1E+02	2,9E+03 ± 1E+02	4,2E+03 ± 2E+02	4,2E+03 ± 2E+02	8,3E+03 ± 2E+02	1,3E+04 ± 3E+02	1,7E+04 ± 4E+02
Th-230		3,3E+03 ± 1E+03				3,3E+03 ± 1E+03	3,3E+03 ± 1E+03	3,3E+03 ± 1E+03
K-40	3,2E+04 ± 3E+03	3,5E+04 ± 3E+03	3,7E+04 ± 4E+03	5,3E+04 ± 5E+03	5,2E+04 ± 5E+03	1,0E+05 ± 6E+03	1,6E+05 ± 8E+03	2,1E+05 ± 9E+03
Be-7	2,4E+02 ± 1E+02					2,4E+02 ± 1E+02	2,4E+02 ± 1E+02	2,4E+02 ± 1E+02
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,5E+03 ± 8E+01	1,6E+03 ± 1E+02	1,4E+03 ± 9E+01	3,6E+02 ± 2E+01	1,6E+02 ± 2E+01	4,6E+03 ± 2E+02	4,9E+03 ± 2E+02	5,1E+03 ± 2E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

Vzorč. mesto	Gmajnice, obdelana zemlja							
Datum vzor.	12. 10. 2011							
Gl. vzor. (cm)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	Uteženo povprečje	Uteženo povprečje	
Kol. vzorca (kg)		0,43	0,48	0,49	0,45			
Kol. (kg/m ²)	68,7	66,7	78,3	105,9	97,2	0-40	0-50	
Oznaka vzorca	K11ZP13AA1	K11ZP13BA1	K11ZP13CA1	K11ZP13DA1	K11ZP13EA1			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	3,3E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 4E+00	3,6E+01 ± 4E+00	3,6E+01 ± 5E+00	3,3E+01 ± 4E+00	3,5E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 2E+00	
Ra-226	5,0E+01 ± 5E+00	5,3E+01 ± 5E+00	4,9E+01 ± 5E+00	4,6E+01 ± 4E+00	4,7E+01 ± 4E+00	4,9E+01 ± 2E+00	4,8E+01 ± 2E+00	
Pb-210	8,4E+01 ± 3E+01	6,2E+01 ± 5E+00	4,4E+01 ± 5E+00	< 3E+01	3,4E+01 ± 3E+00	4,2E+01 ± 9E+00	4,0E+01 ± 7E+00	
Ra-228	3,7E+01 ± 2E+00	4,0E+01 ± 2E+00	3,8E+01 ± 2E+00	3,9E+01 ± 2E+00	4,4E+01 ± 2E+00	3,9E+01 ± 1E+00	4,0E+01 ± 9E-01	
Th-228	3,8E+01 ± 2E+00	4,2E+01 ± 2E+00	3,8E+01 ± 2E+00	4,0E+01 ± 2E+00	4,3E+01 ± 2E+00	3,9E+01 ± 1E+00	4,0E+01 ± 9E-01	
Th-230		4,9E+01 ± 2E+01				1,0E+01 ± 4E+00	7,8E+00 ± 3E+00	
K-40	4,7E+02 ± 4E+01	5,3E+02 ± 5E+01	4,8E+02 ± 5E+01	5,0E+02 ± 5E+01	5,4E+02 ± 5E+01	4,9E+02 ± 2E+01	5,0E+02 ± 2E+01	
Be-7	3,6E+00 ± 2E+00					7,7E-01 ± 5E-01	5,9E-01 ± 4E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	2,2E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 2E+00	1,8E+01 ± 1E+00	3,4E+00 ± 2E-01	1,6E+00 ± 2E-01	1,5E+01 ± 5E-01	1,2E+01 ± 4E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								

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

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

LETO 2011 T - 59a

9. ZEMLJA - NEOBDELANA - poplavno področje ob Savi - 6E (mivkasta borovina, košeno področje)

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (***)

Vzorč. mesto	Kusova Vrčina								
Datum vzor.	5. 5. 2011								
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30	
Kol. vzor. (kg/m ²)	0,3	51,8	48,1	41,3	151,5	141,2	+ trava	292,7	
Oznaka vzorca	K11ZN2T51	K11ZN2AB51	K11ZN2C51	K11ZN2D51	K11ZN2E51				
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)								
U-238	<	7E-01	1,8E+03 ± 2E+02	1,1E+03 ± 2E+02	1,0E+03 ± 1E+02	4,9E+03 ± 4E+02	3,9E+03 ± 3E+02	3,9E+03 ± 3E+02	8,9E+03 ± 5E+02
Ra-226	9,1E-01 ± 5E-01	2,4E+03 ± 2E+02	1,7E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 1E+02	5,8E+03 ± 5E+02	5,6E+03 ± 3E+02	5,6E+03 ± 3E+02	1,1E+04 ± 6E+02	
Pb-210	3,8E+00 ± 5E-01	2,2E+03 ± 1E+02	<	3E+03	2,4E+03 ± 1E+02	7,7E+03 ± 8E+02	4,6E+03 ± 2E+03	4,6E+03 ± 2E+03	1,2E+04 ± 2E+03
Ra-228	3,1E-01 ± 1E-01	1,3E+03 ± 6E+01	1,3E+03 ± 6E+01	1,1E+03 ± 6E+01	3,8E+03 ± 2E+02	3,7E+03 ± 1E+02	3,7E+03 ± 1E+02	3,7E+03 ± 1E+02	7,5E+03 ± 2E+02
Th-228	1,9E-01 ± 4E-02	1,4E+03 ± 9E+01	1,3E+03 ± 6E+01	1,1E+03 ± 6E+01	4,0E+03 ± 2E+02	3,7E+03 ± 1E+02	3,7E+03 ± 1E+02	7,7E+03 ± 2E+02	
Th-230		1,4E+03 ± 6E+02		1,6E+03 ± 5E+02		2,9E+03 ± 8E+02	2,9E+03 ± 8E+02	2,9E+03 ± 8E+02	
K-40	2,1E+02 ± 2E+01	1,4E+04 ± 1E+03	1,6E+04 ± 2E+03	1,5E+04 ± 1E+03	4,6E+04 ± 4E+03	4,5E+04 ± 2E+03	4,5E+04 ± 2E+03	9,0E+04 ± 5E+03	
Be-7	2,0E+01 ± 1E+00	1,2E+02 ± 6E+01				1,2E+02 ± 6E+01	1,4E+02 ± 6E+01	1,2E+02 ± 6E+01	
I-131									
Cs-134									
Cs-137	1,8E-01 ± 4E-02	9,3E+01 ± 6E+00	1,5E+02 ± 8E+00	2,8E+02 ± 2E+01	2,2E+03 ± 1E+02	5,2E+02 ± 2E+01	5,2E+02 ± 2E+01	2,7E+03 ± 1E+02	
Co-58									
Co-60									
Cr-51									
Mn-54									
Zn-65									
Nb-95									
Ru-106									
Sb-125									
Sr-89/Sr-90	-----	3,8E+01 ± 8E+00	2,2E+01 ± 4E+00	<	5E+01	8,3E+01 ± 1E+01	6,0E+01 ± 3E+01	6,0E+01 ± 3E+01	1,4E+02 ± 4E+01

Vzorč. mesto	Kusova Vrčina							
Datum vzor.	5. 5. 2011							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo	Uteženo	
Kol. vzorca (kg)	0,19	0,50	0,48	0,40	0,41			
Kol. (kg/m ²)	0,3	51,8	48,1	41,3	151,5	0-15	0-30	
Oznaka vzorca	K11ZN2T51	K11ZN2AB51	K11ZN2C51	K11ZN2D51	K11ZN2E51			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	<	3E+00	3,5E+01 ± 3E+00	2,2E+01 ± 4E+00	2,4E+01 ± 3E+00	3,3E+01 ± 3E+00	2,8E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 2E+00
Ra-226	3,4E+00 ± 2E+00	4,6E+01 ± 4E+00	3,5E+01 ± 3E+00	3,8E+01 ± 4E+00	3,8E+01 ± 4E+00	4,0E+01 ± 2E+00	3,9E+01 ± 2E+00	3,9E+01 ± 2E+00
Pb-210	1,4E+01 ± 2E+00	4,2E+01 ± 3E+00	<	6E+01	5,9E+01 ± 4E+00	5,1E+01 ± 5E+00	3,3E+01 ± 1E+01	4,2E+01 ± 7E+00
Ra-228	1,1E+00 ± 4E-01	2,4E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 1E+00	2,7E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 7E-01	2,6E+01 ± 7E-01
Th-228	7,2E-01 ± 1E-01	2,6E+01 ± 2E+00	2,6E+01 ± 1E+00	2,7E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 1E+00	2,7E+01 ± 8E-01	2,6E+01 ± 8E-01	2,6E+01 ± 8E-01
Th-230		2,6E+01 ± 1E+01		3,9E+01 ± 1E+01		2,1E+01 ± 6E+00	1,0E+01 ± 3E+00	1,0E+01 ± 3E+00
K-40	7,9E+02 ± 8E+01	2,6E+02 ± 3E+01	3,4E+02 ± 3E+01	3,6E+02 ± 3E+01	3,0E+02 ± 3E+01	3,2E+02 ± 2E+01	3,1E+02 ± 2E+01	3,1E+02 ± 2E+01
Be-7	7,5E+01 ± 4E+00	2,4E+00 ± 1E+00				8,7E-01 ± 4E-01	4,2E-01 ± 2E-01	4,2E-01 ± 2E-01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	6,7E-01 ± 2E-01	1,8E+00 ± 1E-01	3,1E+00 ± 2E-01	6,8E+00 ± 5E-01	1,4E+01 ± 7E-01	3,7E+00 ± 2E-01	9,2E+00 ± 4E-01	9,2E+00 ± 4E-01
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	-----	7,3E-01 ± 2E-01	4,6E-01 ± 8E-02	<	1E+00	5,5E-01 ± 9E-02	4,2E-01 ± 2E-01	4,9E-01 ± 1E-01

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

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

LETO 2011 T - 59b

9. ZEMLJA - NEOBDELANA - poplavno področje ob Savi - 6E (mivkasta borovina, košeno področje)

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (***)

Vzorč. mesto	Kusova Vrčina							
Datum vzor.	12. 10. 2011							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzor. (kg/m ²)	0,1	53,9	46,8	40,8	146,4	141,5	+ trava	287,9
Oznaka vzorca	K11ZN2TA1	K11ZN2ABA1	K11ZN2CA1	K11ZN2DA1	K11ZN2EA1			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
U-238	< 1E+00	1,1E+03 ± 1E+02	1,2E+03 ± 2E+02	1,0E+03 ± 1E+02	4,6E+03 ± 6E+02	3,4E+03 ± 3E+02	3,4E+03 ± 3E+02	8,0E+03 ± 7E+02
Ra-226	8,2E-01 ± 6E-01	1,7E+03 ± 2E+02	1,6E+03 ± 2E+02	1,5E+03 ± 1E+02	5,3E+03 ± 5E+02	4,8E+03 ± 3E+02	4,8E+03 ± 3E+02	1,0E+04 ± 6E+02
Pb-210	2,9E+00 ± 6E-01	1,6E+03 ± 1E+02	< 2E+03	2,1E+03 ± 2E+02	< 6E+03	3,8E+03 ± 1E+03	3,8E+03 ± 1E+03	3,8E+03 ± 4E+03
Ra-228	2,6E-01 ± 1E-01	1,2E+03 ± 6E+01	1,2E+03 ± 6E+01	1,1E+03 ± 6E+01	3,8E+03 ± 2E+02	3,6E+03 ± 1E+02	3,6E+03 ± 1E+02	7,4E+03 ± 2E+02
Th-228	2,6E-01 ± 5E-02	1,2E+03 ± 6E+01	1,2E+03 ± 6E+01	1,2E+03 ± 6E+01	3,7E+03 ± 2E+02	3,6E+03 ± 1E+02	3,6E+03 ± 1E+02	7,2E+03 ± 2E+02
Th-230		1,3E+03 ± 9E+02				1,3E+03 ± 9E+02	1,3E+03 ± 9E+02	1,3E+03 ± 9E+02
K-40	1,0E+02 ± 1E+01	1,6E+04 ± 2E+03	1,6E+04 ± 2E+03	1,4E+04 ± 1E+03	4,4E+04 ± 4E+03	4,6E+04 ± 3E+03	4,6E+04 ± 3E+03	9,0E+04 ± 5E+03
Be-7	2,7E+01 ± 1E+00	2,3E+02 ± 4E+01				2,3E+02 ± 4E+01	2,5E+02 ± 4E+01	2,3E+02 ± 4E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	2,0E-01 ± 4E-02	8,8E+01 ± 9E+00	1,3E+02 ± 9E+00	2,7E+02 ± 1E+01	2,0E+03 ± 1E+02	4,9E+02 ± 2E+01	4,9E+02 ± 2E+01	2,4E+03 ± 1E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	-----	3,0E+01 ± 5E+00	3,1E+01 ± 6E+00	3,1E+01 ± 3E+00	1,5E+02 ± 2E+01	9,2E+01 ± 8E+00	9,2E+01 ± 8E+00	2,4E+02 ± 3E+01

Vzorč. mesto	Kusova Vrčina							
Datum vzor.	12. 10. 2011							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo povprečje	Uteženo povprečje	
Kol. vzorca (kg)	0,14	0,50	0,45	0,42	0,46	0-15	0-30	
Kol. (kg/m ²)	0,1	53,9	46,8	40,8	146,4			
Oznaka vzorca	K11ZN2TA1	K11ZN2ABA1	K11ZN2CA1	K11ZN2DA1	K11ZN2EA1			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	< 1E+01	2,1E+01 ± 2E+00	2,6E+01 ± 5E+00	2,5E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 4E+00	2,4E+01 ± 2E+00	2,8E+01 ± 2E+00	
Ra-226	5,7E+00 ± 5E+00	3,2E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 3E+00	3,6E+01 ± 4E+00	3,6E+01 ± 3E+00	3,4E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 2E+00	
Pb-210	2,1E+01 ± 5E+00	3,0E+01 ± 2E+00	< 4E+01	5,2E+01 ± 4E+00	< 4E+01	2,7E+01 ± 8E+00	1,3E+01 ± 1E+01	
Ra-228	1,8E+00 ± 1E+00	2,3E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 1E+00	2,7E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 7E-01	2,6E+01 ± 8E-01	
Th-228	1,8E+00 ± 3E-01	2,2E+01 ± 1E+00	2,6E+01 ± 1E+00	2,9E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 1E+00	2,5E+01 ± 7E-01	2,5E+01 ± 7E-01	
Th-230		2,4E+01 ± 2E+01				9,3E+00 ± 6E+00	4,6E+00 ± 3E+00	
K-40	7,3E+02 ± 7E+01	3,0E+02 ± 3E+01	3,4E+02 ± 3E+01	3,5E+02 ± 3E+01	3,0E+02 ± 3E+01	3,3E+02 ± 2E+01	3,1E+02 ± 2E+01	
Be-7	1,9E+02 ± 1E+01	4,2E+00 ± 8E-01				1,6E+00 ± 3E-01	7,9E-01 ± 2E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	1,4E+00 ± 3E-01	1,6E+00 ± 2E-01	2,9E+00 ± 2E-01	6,7E+00 ± 3E-01	1,3E+01 ± 7E-01	3,5E+00 ± 1E-01	8,5E+00 ± 3E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	-----	5,5E-01 ± 1E-01	6,7E-01 ± 1E-01	7,5E-01 ± 8E-02	1,0E+00 ± 2E-01	6,5E-01 ± 6E-02	8,3E-01 ± 9E-02	

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

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

LETO 2011 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.	5. 5. 2011							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzor. (kg/m ²)	0,2	37,8	51,6	53,3	176,5	142,7	+ trava	319,2
Oznaka vzorca	K11ZN3T51	K11ZN3AB51	K11ZN3C51	K11ZN3D51	K11ZN3E51			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
U-238		1,4E+03 ± 2E+02	2,0E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 1E+02	3,5E+03 ± 5E+02	5,1E+03 ± 3E+02	5,1E+03 ± 3E+02	8,6E+03 ± 6E+02
Ra-226	1,1E+00 ± 6E-01	1,8E+03 ± 2E+02	2,9E+03 ± 3E+02	2,4E+03 ± 2E+02	7,0E+03 ± 7E+02	7,1E+03 ± 4E+02	7,1E+03 ± 4E+02	1,4E+04 ± 8E+02
Pb-210	2,7E+00 ± 7E-01	2,3E+03 ± 2E+02	3,3E+03 ± 2E+02	2,5E+03 ± 8E+02	6,6E+03 ± 6E+02	8,2E+03 ± 8E+02	8,2E+03 ± 8E+02	1,5E+04 ± 1E+03
Ra-228	< 2E-01	1,2E+03 ± 6E+01	1,8E+03 ± 9E+01	1,7E+03 ± 9E+01	5,8E+03 ± 3E+02	4,7E+03 ± 1E+02	4,7E+03 ± 1E+02	1,0E+04 ± 3E+02
Th-228	9,2E-02 ± 3E-02	1,2E+03 ± 6E+01	1,8E+03 ± 9E+01	1,7E+03 ± 8E+01	5,6E+03 ± 3E+02	4,6E+03 ± 1E+02	4,6E+03 ± 1E+02	1,0E+04 ± 3E+02
Th-230		1,3E+03 ± 8E+02	2,5E+03 ± 1E+03			3,7E+03 ± 1E+03	3,7E+03 ± 1E+03	3,7E+03 ± 1E+03
K-40	1,3E+02 ± 1E+01	1,5E+04 ± 1E+03	2,0E+04 ± 2E+03	2,1E+04 ± 2E+03	7,0E+04 ± 7E+03	5,5E+04 ± 3E+03	5,5E+04 ± 3E+03	1,3E+05 ± 7E+03
Be-7	1,7E+01 ± 8E-01	1,4E+02 ± 4E+01				1,4E+02 ± 4E+01	1,5E+02 ± 4E+01	1,4E+02 ± 4E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137		9,8E+02 ± 8E+01	1,8E+03 ± 9E+01	1,7E+03 ± 9E+01	2,8E+03 ± 1E+02	4,5E+03 ± 2E+02	4,5E+03 ± 2E+02	7,4E+03 ± 2E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	-----	3,9E+01 ± 3E+00	5,1E+01 ± 6E+00	9,5E+01 ± 1E+01	2,2E+02 ± 2E+01	1,8E+02 ± 1E+01	1,8E+02 ± 1E+01	4,0E+02 ± 2E+01

Vzorč. mesto	Amerika							
Datum vzor.	5. 5. 2011							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo povprečje	Uteženo povprečje	
Kol. vzorca (kg)	0,25	0,42	0,44	0,46	0,46	0-15	0-30	
Kol. (kg/m ²)	0,2	37,8	51,6	53,3	176,5			
Oznaka vzorca	K11ZN3T51	K11ZN3AB51	K11ZN3C51	K11ZN3D51	K11ZN3E51			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238		3,7E+01 ± 5E+00	3,8E+01 ± 4E+00	3,3E+01 ± 3E+00	2,0E+01 ± 3E+00	3,6E+01 ± 2E+00	2,7E+01 ± 2E+00	
Ra-226	4,9E+00 ± 3E+00	4,7E+01 ± 5E+00	5,7E+01 ± 5E+00	4,6E+01 ± 4E+00	4,0E+01 ± 4E+00	5,0E+01 ± 3E+00	4,4E+01 ± 2E+00	
Pb-210	1,2E+01 ± 3E+00	6,1E+01 ± 5E+00	6,5E+01 ± 4E+00	4,8E+01 ± 1E+01	3,8E+01 ± 3E+00	5,7E+01 ± 6E+00	4,6E+01 ± 3E+00	
Ra-228	< 1E+00	3,2E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 2E+00	3,2E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 1E+00	3,3E+01 ± 1E+00	
Th-228	4,1E-01 ± 1E-01	3,1E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 2E+00	3,1E+01 ± 2E+00	3,2E+01 ± 2E+00	3,2E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 1E+00	
Th-230		3,4E+01 ± 2E+01	4,8E+01 ± 2E+01			2,6E+01 ± 9E+00	1,2E+01 ± 4E+00	
K-40	5,6E+02 ± 5E+01	3,9E+02 ± 4E+01	3,9E+02 ± 4E+01	3,9E+02 ± 4E+01	4,0E+02 ± 4E+01	3,9E+02 ± 2E+01	3,9E+02 ± 2E+01	
Be-7	7,4E+01 ± 4E+00	3,6E+00 ± 1E+00				9,5E-01 ± 3E-01	4,3E-01 ± 1E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137		2,6E+01 ± 2E+00	3,5E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 2E+00	1,6E+01 ± 8E-01	3,2E+01 ± 1E+00	2,3E+01 ± 6E-01	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	-----	1,0E+00 ± 9E-02	9,8E-01 ± 1E-01	1,8E+00 ± 2E-01	1,2E+00 ± 1E-01	1,3E+00 ± 1E-01	1,3E+00 ± 8E-02	

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

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

LETO 2011 T - 60b

9. ZEMLJA - NEOBDELANA - poplavno področje ob Savi - 6D (rjava naplavina, košeno področje)

Vzorč. mesto	Amerika							
Datum vzor.	12. 10. 2011							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	0-15	0-15	0-30
Kol. vzorca (kg/m ²)	0,2	46,3	48,6	55,7	170,0	150,6	+ trava	320,7
Oznaka vzorca	K11ZN3TA1	K11ZN3ABA1	K11ZN3CA1	K11ZN3DA1	K11ZN3EA1			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
U-238	3,8E-01 ± 2E-01	1,7E+03 ± 2E+02	1,9E+03 ± 3E+02	2,0E+03 ± 2E+02	5,1E+03 ± 7E+02	5,6E+03 ± 4E+02	5,6E+03 ± 4E+02	1,1E+04 ± 8E+02
Ra-226	1,3E+00 ± 6E-01	2,3E+03 ± 2E+02	2,5E+03 ± 3E+02	2,6E+03 ± 2E+02	6,7E+03 ± 6E+02	7,4E+03 ± 4E+02	7,4E+03 ± 4E+02	1,4E+04 ± 8E+02
Pb-210	6,5E+00 ± 5E-01	3,9E+03 ± 7E+02	2,8E+03 ± 1E+03	2,4E+03 ± 8E+02	6,1E+03 ± 3E+03	9,0E+03 ± 2E+03	9,0E+03 ± 2E+03	1,5E+04 ± 3E+03
Ra-228	1,3E-01 ± 4E-02	1,5E+03 ± 8E+01	1,6E+03 ± 8E+01	1,7E+03 ± 9E+01	5,1E+03 ± 3E+02	4,9E+03 ± 1E+02	4,9E+03 ± 1E+02	1,0E+04 ± 3E+02
Th-228	6,2E-02 ± 2E-02	1,6E+03 ± 8E+01	1,6E+03 ± 8E+01	1,8E+03 ± 9E+01	5,2E+03 ± 3E+02	5,0E+03 ± 1E+02	5,0E+03 ± 1E+02	1,0E+04 ± 3E+02
Th-230		< 1E+02				< 6E+01	< 6E+01	< 6E+01
K-40	7,0E+01 ± 7E+00	1,9E+04 ± 2E+03	1,9E+04 ± 2E+03	2,1E+04 ± 2E+03	6,4E+04 ± 6E+03	5,9E+04 ± 3E+03	5,9E+04 ± 3E+03	1,2E+05 ± 7E+03
Be-7	4,1E+01 ± 2E+00	1,5E+02 ± 4E+01				1,5E+02 ± 4E+01	1,9E+02 ± 4E+01	1,5E+02 ± 4E+01
I-131								
Cs-134								
Cs-137	3,5E-02 ± 1E-02	1,2E+03 ± 6E+01	1,5E+03 ± 9E+01	1,7E+03 ± 9E+01	3,0E+03 ± 3E+02	4,5E+03 ± 1E+02	4,5E+03 ± 1E+02	7,5E+03 ± 3E+02
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	-----	5,1E+01 ± 5E+00	6,1E+01 ± 6E+00	7,6E+01 ± 8E+00	2,9E+02 ± 2E+01	1,9E+02 ± 1E+01	1,9E+02 ± 1E+01	4,8E+02 ± 3E+01

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (***)

Vzorč. mesto	Amerika							
Datum vzor.	12. 10. 2011							
Gl. vzor. (cm)	trava	0-5	5-10	10-15	15-30	Uteženo povprečje	Uteženo povprečje	
Kol. vzorca (kg)	0,16	0,39	0,40	0,48	0,48	0-15	0-30	
Kol. (kg/m ²)	0,2	46,3	48,6	55,7	170,0			
Oznaka vzorca	K11ZN3TA1	K11ZN3ABA1	K11ZN3CA1	K11ZN3DA1	K11ZN3EA1			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)							
U-238	2,3E+00 ± 1E+00	3,7E+01 ± 3E+00	3,9E+01 ± 5E+00	3,5E+01 ± 4E+00	3,0E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 3E+00	3,3E+01 ± 2E+00	
Ra-226	7,6E+00 ± 4E+00	4,9E+01 ± 5E+00	5,1E+01 ± 5E+00	4,6E+01 ± 4E+00	4,0E+01 ± 4E+00	4,9E+01 ± 3E+00	4,4E+01 ± 2E+00	
Pb-210	3,9E+01 ± 3E+00	8,4E+01 ± 1E+01	5,7E+01 ± 2E+01	4,2E+01 ± 1E+01	3,6E+01 ± 2E+01	6,0E+01 ± 1E+01	4,7E+01 ± 1E+01	
Ra-228	7,9E-01 ± 2E-01	3,3E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 2E+00	3,1E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 2E+00	3,2E+01 ± 9E-01	3,1E+01 ± 9E-01	
Th-228	3,7E-01 ± 1E-01	3,4E+01 ± 2E+00	3,4E+01 ± 2E+00	3,2E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 2E+00	3,3E+01 ± 1E+00	3,2E+01 ± 9E-01	
Th-230		< 2E+00				< 4E-01	< 2E-01	
K-40	4,2E+02 ± 4E+01	4,0E+02 ± 4E+01	4,0E+02 ± 4E+01	3,7E+02 ± 4E+01	3,8E+02 ± 4E+01	3,9E+02 ± 2E+01	3,8E+02 ± 2E+01	
Be-7	2,4E+02 ± 1E+01	3,2E+00 ± 8E-01				9,7E-01 ± 2E-01	4,6E-01 ± 1E-01	
I-131								
Cs-134								
Cs-137	2,1E-01 ± 8E-02	2,6E+01 ± 1E+00	3,1E+01 ± 2E+00	3,1E+01 ± 2E+00	1,8E+01 ± 2E+00	3,0E+01 ± 9E-01	2,3E+01 ± 1E+00	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-89/Sr-90	-----	1,1E+00 ± 1E-01	1,3E+00 ± 1E-01	1,4E+00 ± 1E-01	1,7E+00 ± 1E-01	1,2E+00 ± 7E-02	1,5E+00 ± 8E-02	

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

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

HRANILA

10. MLEKO
11. SADJE
12. POVRTNINE IN POLJŠČINE
13. MESO, PERUTNINA, JAJCA

LETO 2011 T - 61 a
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Pesje						
Datum vzor.	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Polletno povprečje
Kol. vzorca (kg)	5,19	5,36	5,26	5,28	5,25	5,28	
Označa vzorca	MLPE0111	MLPE0211	MLPE0311	MLPE0411	MLPE0511	MLPE0611	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI						
U-238		9,3E-02 ± 6E-02				2,0E+00 ± 3E-01	3,5E-01 ± 3E-01
Ra-226	1,8E-01 ± 1E-02			7,3E-03 ± 6E-03	1,0E-02 ± 5E-03	2,4E-02 ± 1E-02	3,7E-02 ± 3E-02
Pb-210	< 9E-02		< 8E-02		< 7E-02	< 1E-01	< 3E-02
Ra-228					1,6E-02 ± 1E-02	3,9E-02 ± 3E-02	9,2E-03 ± 7E-03
Th-228	1,7E-02 ± 1E-02		1,3E-02 ± 1E-02		1,3E-02 ± 9E-03		7,2E-03 ± 3E-03
Th-230							
K-40	5,0E+01 ± 3E+00	4,9E+01 ± 3E+00	5,0E+01 ± 2E+00	5,1E+01 ± 2E+00	5,5E+01 ± 3E+00	5,2E+01 ± 2E+00	5,1E+01 ± 9E-01
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	2,5E-02 ± 5E-03	4,5E-02 ± 5E-03	4,6E-02 ± 3E-03	5,4E-02 ± 4E-03	1,8E-02 ± 3E-03	4,4E-02 ± 8E-03	3,9E-02 ± 6E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,2E-02 ± 3E-03	4,8E-02 ± 4E-03	6,4E-02 ± 4E-03	5,4E-02 ± 4E-03	5,3E-02 ± 5E-03	7,4E-02 ± 5E-03	5,2E-02 ± 7E-03

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

LETO 2011 T - 61 b
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Pesje						
Datum vzor.	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letno povprečje
Kol. vzorca (kg)	5,43	5,34	5,10	5,26	5,37	5,36	
Označa vzorca	MLPE0711	MLPE0811	MLPE0911	MLPE1011	MLPE1111	MLPE1211	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI						
U-238	1,8E-01 ± 4E-02						1,9E-01 ± 2E-01
Ra-226						1,3E-01 ± 7E-03	2,9E-02 ± 2E-02
Pb-210				< 1E-01			< 2E-02
Ra-228					3,3E-02 ± 3E-02	2,6E-02 ± 2E-02	9,5E-03 ± 4E-03
Th-228	4,7E-02 ± 7E-03	3,4E-02 ± 2E-02				4,0E-02 ± 1E-02	1,4E-02 ± 5E-03
Th-230							
K-40	4,9E+01 ± 3E+00	5,3E+01 ± 2E+00	5,5E+01 ± 3E+00	4,8E+01 ± 2E+00	4,6E+01 ± 2E+00	5,2E+01 ± 3E+00	5,1E+01 ± 8E-01
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,4E-02 ± 3E-03	1,5E-02 ± 4E-03	1,8E-02 ± 4E-03	8,3E-02 ± 9E-03	7,8E-02 ± 7E-03	4,6E-02 ± 5E-03	4,1E-02 ± 7E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	5,5E-02 ± 4E-03	4,6E-02 ± 4E-03	5,3E-02 ± 4E-03	5,0E-02 ± 4E-03	5,2E-02 ± 4E-03	5,8E-02 ± 4E-03	5,2E-02 ± 4E-03

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

LETO 2011 T - 62 a
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Vihre						
	Datum vzor.	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij
Kol. vzorca (kg)	5,29	5,39	5,32	5,33	5,31	5,36	
Oznaka vzorca	MLVH0111	MLVH0211	MLVH0311	MLVH0411	MLVH0511	MLVH0611	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI						
U-238	7,3E-02 ± 4E-02	1,0E-01 ± 9E-02	9,1E-02 ± 5E-02		9,4E-02 ± 6E-02		6,0E-02 ± 2E-02
Ra-226		1,1E-01 ± 1E-02		3,1E-02 ± 2E-02	5,9E-03 ± 5E-03		2,4E-02 ± 2E-02
Pb-210	8,5E-02 ± 5E-02	1,5E-01 ± 1E-01	8,0E-02 ± 7E-02	1,2E-01 ± 5E-02	6,7E-02 ± 6E-02	< 1E-01	8,3E-02 ± 3E-02
Ra-228	2,3E-02 ± 1E-02			3,1E-02 ± 2E-02	4,3E-02 ± 2E-03		1,6E-02 ± 8E-03
Th-228	2,5E-02 ± 1E-02			1,2E-02 ± 9E-03			6,2E-03 ± 4E-03
Th-230							
K-40	4,5E+01 ± 2E+00	4,6E+01 ± 2E+00	4,9E+01 ± 3E+00	5,9E+01 ± 3E+00	5,3E+01 ± 2E+00	5,3E+01 ± 2E+00	5,1E+01 ± 2E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	< 3E-02	1,4E-02 ± 5E-03	< 3E-02	1,3E-02 ± 2E-03	1,3E-02 ± 3E-03	2,9E-02 ± 6E-03	1,2E-02 ± 7E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	4,7E-02 ± 4E-03	3,8E-02 ± 3E-03	3,7E-02 ± 3E-03	3,6E-02 ± 3E-03	3,2E-02 ± 3E-03	3,8E-02 ± 3E-03	3,8E-02 ± 2E-03

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

LETO 2011 T - 62 b
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Vihre						
	Datum vzor.	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December
Kol. vzorca (kg)	5,32	5,25	5,10	5,24	5,17	4,82	
Oznaka vzorca	MLVH0711	MLVH0811	MLVH0911	MLVH1011	MLVH1111	MLVH1211	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI						
U-238		1,2E-01 ± 5E-02		1,4E-01 ± 4E-02		2,8E-01 ± 1E-02	5,2E-02 ± 2E-02
Ra-226		1,5E-02 ± 6E-03		6,4E-02 ± 5E-03		3,5E-01 ± 1E-02	7,3E-02 ± 3E-02
Pb-210			2,5E-02 ± 1E-02	1,2E-01 ± 6E-02		1,5E-01 ± 6E-02	7,9E-02 ± 2E-02
Ra-228				4,9E-02 ± 8E-03		2,7E-02 ± 1E-02	1,0E-02 ± 5E-03
Th-228						3,5E-02 ± 1E-02	1,0E-02 ± 5E-03
Th-230							
K-40	5,1E+01 ± 3E+00	4,5E+01 ± 1E+00	5,0E+01 ± 2E+00	4,7E+01 ± 3E+00	4,4E+01 ± 2E+00	4,8E+01 ± 3E+00	4,9E+01 ± 1E+00
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	3,1E-02 ± 6E-03	3,0E-02 ± 5E-03	< 6E-02	1,1E-02 ± 4E-03	< 2E-02	6,5E-03 ± 6E-03	1,2E-02 ± 6E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	5,0E-02 ± 4E-03	6,6E-02 ± 5E-03	4,1E-02 ± 3E-03	4,6E-02 ± 4E-03	3,3E-02 ± 3E-03	3,7E-02 ± 3E-03	4,2E-02 ± 3E-03

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

LETO 2011 T - 63 a
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/

Vzorč. mesto	Brege						
	Datum vzor.	Januar	Februar	Marec	April	Maj	Junij
Kol. vzorca (kg)	5,15	5,17	5,14	5,24	5,22	5,44	
Oznaka vzorca	MLBG0111	MLBG0211	MLBG0311	MLBG0411	MLBG0511	MLBG0611	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI						
U-238			7,9E-01 ± 1E-01	1,1E-01 ± 6E-02			1,5E-01 ± 1E-01
Ra-226	3,1E-02 ± 6E-03					1,6E-02 ± 5E-03	8,4E-03 ± 5E-03
Pb-210	< 5E-02	1,2E-01 ± 6E-02	5,9E-02 ± 4E-02			6,4E-02 ± 6E-02	< 1E-01
Ra-228	1,5E-01 ± 7E-02					2,5E-02 ± 1E-02	2,9E-02 ± 2E-02
Th-228			1,5E-01 ± 4E-02				2,1E-02 ± 1E-02
Th-230							2,9E-02 ± 2E-02
K-40	4,3E+01 ± 1E+00	4,5E+01 ± 1E+00	4,5E+01 ± 1E+00	4,5E+01 ± 2E+00	4,5E+01 ± 2E+00	4,5E+01 ± 2E+00	4,5E+01 ± 7E-01
Be-7							
I-131							
Cs-134							
Cs-137	6,7E-02 ± 4E-03	7,9E-02 ± 5E-03	8,1E-02 ± 4E-03	5,6E-02 ± 5E-03	4,6E-02 ± 4E-03	4,0E-02 ± 4E-03	6,1E-02 ± 7E-03
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
Sr-90	2,8E-02 ± 3E-03	3,8E-02 ± 3E-03	2,6E-02 ± 3E-03	2,3E-02 ± 2E-03	2,4E-02 ± 2E-03	3,6E-02 ± 3E-03	2,9E-02 ± 3E-03

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

LETO 2011 T - 63 b
10. MLEKO – sestavljeni mesečni vzorci (VLG, Sr-90)



Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/

Vzorč. mesto	Brege							
	Datum vzor.	Julij	Avgust	September	Oktober	November	December	Letno povprečje
Kol. vzorca (kg)	5,06	5,31	5,43	5,10	4,60	5,24		
Oznaka vzorca	MLBG0711	MLBG0811	MLBG0911	MLBG1011	MLBG1111	MLBG1211		
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI							
U-238		5,3E-02 ± 3E-02	2,2E+00 ± 3E-01			1,5E-01 ± 7E-02	1,3E-01 ± 6E-02	2,9E-01 ± 2E-01
Ra-226			9,4E-02 ± 1E-02		2,3E-02 ± 4E-03	5,7E-02 ± 7E-03	5,4E-02 ± 5E-03	2,3E-02 ± 9E-03
Pb-210					< 9E-02	1,1E-01 ± 9E-02		2,9E-02 ± 2E-02
Ra-228					2,9E-02 ± 9E-03			1,7E-02 ± 1E-02
Th-228			2,2E-02 ± 2E-02				1,5E-02 ± 8E-03	1,7E-02 ± 1E-02
Th-230								
K-40	4,8E+01 ± 3E+00	5,0E+01 ± 3E+00	4,9E+01 ± 1E+00	4,9E+01 ± 3E+00	4,9E+01 ± 3E+00	4,5E+01 ± 2E+00	4,6E+01 ± 7E-01	
Be-7								
I-131								
Cs-134								
Cs-137	5,4E-02 ± 9E-03	4,6E-02 ± 4E-03	3,4E-02 ± 8E-03	4,8E-02 ± 3E-03	< 4E-02	5,6E-02 ± 5E-03	5,1E-02 ± 6E-03	
Co-58								
Co-60								
Cr-51								
Mn-54								
Zn-65								
Nb-95								
Ru-106								
Sb-125								
Sr-90	3,0E-02 ± 3E-03	4,2E-02 ± 3E-03	3,6E-02 ± 5E-03	4,0E-02 ± 3E-03	3,6E-02 ± 3E-03	3,1E-02 ± 3E-03	3,2E-02 ± 2E-03	

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

LETO 2011 T - 64
10. MLEKO – enkratni vzorci (I-131)



Specifična analiza I-131

Datum vzorčevanja	Datum meritve	Vzorčevalno mesto		
		Pesje	Vihre	Brege
		SPECIFIČNA AKTIVNOST I-131 [Bq/L]		
3. 5. 2011	4. 5. 2011	< 6,16E-3	< 4,88E-3	< 5,27E-3
2. 6. 2011	2. 6. 2011	< 7,70E-3	< 5,91E-3	< 5,10E-3
15. 6. 2011	16. 6. 2011	< 6,56E-3	< 5,48E-3	< 5,85E-3
1. 7. 2011	2. 7. 2011	< 5,28E-3	< 6,12E-3	< 5,54E-3
1. 8. 2011	2. 8. 2011	< 6,07E-3	< 6,70E-3	< 6,48E-3
16. 8. 2011	17. 8. 2011	< 9,20E-3	< 4,77E-3	< 7,24E-3
1. 9. 2011	2. 9. 2011	< 4,87E-3	< 7,54E-3	< 6,28E-3
3. 10. 2011	4. 10. 2011	< 5,21E-3	< 5,92E-3	< 6,54E-3

LETO 2011 T - 65
11. HRANILA – SADJE - jabolka



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

Vzorč. mesto	Evrosad Krško - sadovnjak okoli NEK	Evrosad Krško - sadovnjak okoli NEK	Evrosad Krško - sadovnjak okoli NEK	Evrosad Krško - sadovnjak okoli NEK	Povprečje - jabolka (*)
Vrsta vzorca	Jabolka	Jabolka	Jabolka	Jabolka	
Datum vzor.	7. 9. 2011	7. 9. 2011	7. 9. 2011	7. 9. 2011	
Kol. vzorca (kg)	0,63	0,59	0,50	0,39	
Odstoteksuhe snovi	16,50	16,00	14,50	14,70	
Oznaka vzorca	K11HSJB191	K11HSJB391	K11HSJB491	K11HSJB591	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI				
U-238					
Ra-226	5,9E-01 ± 2E-01	4,2E-01 ± 1E-01	1,1E+00 ± 5E-01	5,2E-01 ± 2E-01	6,6E-01 ± 1E-01
Pb-210	< 5E-01	< 3E-01	< 4E-01	< 5E-01	< 1E-01
Ra-228		3,1E-02 ± 2E-02			7,8E-03 ± 8E-03
Th-228		1,9E-02 ± 1E-02		5,3E-02 ± 3E-02	1,8E-02 ± 1E-02
Th-230					
K-40	4,8E+01 ± 5E+00	4,6E+01 ± 4E+00	3,3E+01 ± 3E+00	4,8E+01 ± 5E+00	4,4E+01 ± 4E+00
Be-7	3,8E-01 ± 9E-02	1,9E-01 ± 5E-02		3,7E-01 ± 1E-01	2,4E-01 ± 9E-02
I-131					
Cs-134					
Cs-137			< 3E-02		< 4E-03
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	1,3E-02 ± 2E-03	1,4E-02 ± 2E-03	1,7E-02 ± 1E-03	1,2E-02 ± 1E-03	1,4E-02 ± 1E-03

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

LETO 2011 T - 66
11. HRANILA – SADJE - hruške

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

Vzorč. mesto	Evrosad Krško - sadovnjak okoli NEK	Evrosad Krško - sadovnjak okoli NEK	
Vrsta vzorca	Hruške pachams	Hruške viljamovka	Povprečje - hruške (*)
Datum vzor.	7. 9. 2011	7. 9. 2011	
Kol. vzorca (kg)	0,64	0,52	
Odstoteksuhne snovi	15,50	18,60	
Oznaka vzorca	K11HSHR291	K11HSHR691	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI		
U-238	< 6E-01		< 2E-01
Ra-226	6,9E-02 ± 4E-02	< 3E-01	3,5E-02 ± 1E-01
Pb-210	< 3E-01	< 4E-01	< 1E-01
Ra-228	8,7E-02 ± 4E-02	5,0E-02 ± 2E-02	6,8E-02 ± 2E-02
Th-228	4,4E-02 ± 2E-02	1,9E-02 ± 1E-02	3,1E-02 ± 1E-02
Th-230			
K-40	5,0E+01 ± 5E+00	3,9E+01 ± 4E+00	4,5E+01 ± 5E+00
Be-7	7,7E-01 ± 8E-02	5,7E-01 ± 1E-01	6,7E-01 ± 1E-01
I-131			
Cs-134			
Cs-137		< 5E-03	< 2E-03
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
Sr-89/Sr-90	2,0E-02 ± 2E-03	5,6E-02 ± 4E-03	3,8E-02 ± 2E-02

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

LETO 2011 T - 67
11. HRANILA – SADJE - jagode

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

Vzorč. mesto	Zgornja Pohanca	Petan (Brežice)	
Vrsta vzorca	Jagode	Jagode	Povprečje - jagode (*)
Datum vzor.	26. 5. 2011	26. 5. 2011	
Kol. vzorca (kg)	0,37	0,34	
Odstoteksuhne snovi	8,08	8,21	
Oznaka vzorca	K11HSJG2251	K11HSJG351	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI		
U-238	< 2E-01	1,8E-01 ± 1E-01	9,1E-02 ± 1E-01
Ra-226	< 1E-01	9,8E-02 ± 4E-02	4,9E-02 ± 5E-02
Pb-210	< 2E-01	< 3E-01	< 1E-01
Ra-228	< 5E-02	4,1E-02 ± 2E-02	2,1E-02 ± 2E-02
Th-228	< 2E-02	1,1E-02 ± 7E-03	5,3E-03 ± 6E-03
Th-230			
K-40	3,5E+01 ± 3E+00	3,9E+01 ± 4E+00	3,7E+01 ± 3E+00
Be-7	5,6E-02 ± 3E-02		2,8E-02 ± 3E-02
I-131			
Cs-134			
Cs-137		< 4E-02	< 1E-02
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
Sr-89/Sr-90	2,2E-02 ± 2E-03	1,0E-01 ± 6E-03	6,3E-02 ± 4E-02

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

LETO 2011 T - 68
11. HRANILA – SADJE – rdeče in belo vino

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

Vzorč. mesto	Vinska klet Leskovec	Vinska klet Leskovec
Vrsta vzorca	Vino - rdeče	Vino - belo
Datum vzor.	9. 11. 2011	9. 11. 2011
Kol. vzorca (kg)	0,17	0,13
Odstoteksuhne snovi	2,10	2,00
Oznaka vzorca	K11HSV11B1	K11HSV12B1
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI	
U-238	1,4E-01 ± 4E-02	5,3E-02 ± 3E-02
Ra-226		
Pb-210	< 1E-01	< 8E-02
Ra-228	< 1E-01	2,3E-02 ± 2E-02
Th-228	< 8E-03	< 3E-02
Th-230		
K-40	2,6E+01 ± 3E+00	3,1E+01 ± 3E+00
Be-7	1,4E-01 ± 3E-02	7,0E-02 ± 2E-02
I-131		
Cs-134		
Cs-137	< 1E-02	< 6E-03
Co-58		
Co-60		
Cr-51		
Mn-54		
Zn-65		
Nb-95		
Ru-106		
Sb-125		
Sr-89/Sr-90	2,8E-02 ± 2E-03	2,4E-02 ± 2E-03

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

LETO 2011 T - 69
12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE - solata, blitva, brokoli, kumare

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Brege	Spodnji Stari Grad	Žadovinek	Krško
Vrsta vzorca	solata	blitva	brokoli	kumare
Datum vzor.	15. 6. 2011	15. 6. 2011	15. 6. 2011	15. 6. 2011
Oznaka vzorca	SZNEK010611	SZNEK020611	SZNEK030611	SZNEK040611
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI			
U-238	1,4E-01 ± 5E-02	< 4E-01	< 7E-01	1,4E+00 ± 2E-01
Ra-226	4,3E-02 ± 7E-03	7,5E-02 ± 1E-02		
Pb-210	4,1E-01 ± 6E-02	8,7E-01 ± 2E-01		
Ra-228	< 1E-01	2,6E-01 ± 3E-02		
Th-228	< 8E-02	6,2E-02 ± 2E-02	< 2E-01	< 7E-02
Th-230				
K-40	5,8E+01 ± 2E+00	1,8E+02 ± 9E+00	1,2E+02 ± 5E+00	5,2E+01 ± 1E+00
Be-7	4,8E+00 ± 2E-01	7,3E+00 ± 3E-01	1,7E+00 ± 1E-01	
I-131				
Cs-134				
Cs-137	< 2E-02	< 6E-02	< 9E-02	< 4E-02
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	9,0E-02 ± 6E-03	4,6E-01 ± 3E-02	7,4E-02 ± 9E-03	8,8E-02 ± 6E-03

LETO 2011 T - 70

12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE – čebula, bučke, krompir, grah

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Brege	Spodnji Stari Grad	Krško	Vrbina
Vrsta vzorca	čebula	bučke	krompir	grah
Datum vzor.	15. 6. 2011	15. 6. 2011	15. 6. 2011	2. 7. 2011
Oznaka vzorca	SZNEK050611	SZNEK060611	SZNEK070611	SZNEK080711
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI			
U-238	< 5E-01	< 3E-01	2,9E+00 ± 4E-01	1,6E-02 ± 1E-02
Ra-226	6,4E-02 ± 1E-02			< 2E-01
Pb-210		< 6E-02		4,4E-02 ± 4E-02
Ra-228		< 2E-01	7,9E-02 ± 3E-02	4,9E-02 ± 3E-02
Th-228				
Th-230				
K-40	5,2E+01 ± 3E+00	6,1E+01 ± 3E+00	1,2E+02 ± 3E+00	1,4E+02 ± 6E+00
Be-7				
I-131				
Cs-134				
Cs-137	< 7E-02	< 4E-02	2,7E-02 ± 1E-02	< 7E-02
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	1,9E-01 ± 1E-02	5,2E-02 ± 4E-03	8,1E-02 ± 7E-03	3,4E-01 ± 2E-02

LETO 2011 T - 71

12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE – peteršilj, korenje, zelje, koleraba

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Vrbina	Leskovec	Krško	Trnje
Vrsta vzorca	peteršilj	korenje	zelje	koleraba
Datum vzor.	2. 7. 2011	2. 7. 2011	2. 7. 2011	2. 7. 2011
Oznaka vzorca	SZNEK090711	SZNEK100711	SZNEK110711	SZNEK120711
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI			
U-238	3,4E-01 ± 2E-01		7,9E-02 ± 3E-02	1,5E-02 ± 1E-02
Ra-226	2,9E-01 ± 2E-01	5,8E-02 ± 7E-03	1,3E-02 ± 5E-03	< 2E-01
Pb-210	1,7E+00 ± 2E-01	1,1E-01 ± 9E-02	< 7E-02	4,1E-02 ± 2E-02
Ra-228	3,8E-01 ± 5E-02	1,4E-01 ± 2E-02	2,0E-02 ± 1E-02	
Th-228	2,2E-01 ± 5E-02			
Th-230				
K-40	3,0E+02 ± 9E+00	1,2E+02 ± 6E+00	4,6E+01 ± 2E+00	8,5E+01 ± 4E+00
Be-7	2,4E+01 ± 8E-01		1,8E-01 ± 3E-02	
I-131				
Cs-134				
Cs-137	5,1E-02 ± 2E-02	< 3E-02	1,5E-02 ± 3E-03	5,7E-02 ± 8E-03
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	5,0E-01 ± 3E-02	2,4E-01 ± 2E-02	9,4E-02 ± 6E-03	4,9E-01 ± 3E-02

LETO 2011 T - 72

12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE – rdeča pesa, ječmen, koruza, pšenica

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Krško	Žadovinek	Vrbina	Trnje
Vrsta vzorca	rdeča pesa	ječmen	koruza	pšenica
Datum vzor.	2. 7. 2011	2. 7. 2011	16. 8. 2011	15. 8. 2011
Oznaka vzorca	SZNEK130711	SZNEK140711	SZNEK150811	SZNEK160811
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI			
U-238	3,8E-01 ± 3E-01		4,0E-01 ± 3E-01	
Ra-226	1,1E-01 ± 3E-02	4,1E-02 ± 3E-02	2,0E-01 ± 3E-02	7,0E-02 ± 2E-02
Pb-210		2,4E+00 ± 4E-01	2,7E+00 ± 4E-01	1,4E+00 ± 3E-01
Ra-228	1,1E-01 ± 7E-02	3,5E-01 ± 1E-01	1,5E-01 ± 6E-02	2,4E-01 ± 8E-02
Th-228	8,3E-02 ± 5E-02	1,2E-01 ± 8E-02	2,3E-01 ± 6E-02	
Th-230				
K-40	1,2E+02 ± 5E+00	1,5E+02 ± 7E+00	1,6E+02 ± 8E+00	1,6E+02 ± 8E+00
Be-7		1,7E+01 ± 7E-01	1,7E+01 ± 7E-01	7,4E+00 ± 3E-01
I-131				
Cs-134				
Cs-137	6,4E-02 ± 1E-02	< 2E-01	1,7E-01 ± 2E-02	< 1E-01
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	2,9E-01 ± 2E-02	1,9E-01 ± 2E-02	2,2E-01 ± 2E-02	3,0E-01 ± 2E-02

LETO 2011 T - 73

12. HRANILA – POVRTNINE IN POLJŠČINE – fižol v zrnju, paradižnik, paprika, radič

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorč. mesto	Brege	Vrbina	Žadovinek	Trnje
Vrsta vzorca	fižol v zrnju	paradižnik	paprika	radič
Datum vzor.	16. 9. 2011	16. 9. 2011	16. 9. 2011	16. 9. 2011
Oznaka vzorca	SZNEK170911	SZNEK180911	SZNEK190911	SZNEK200911
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI			
U-238				3,0E+00 ± 4E-01
Ra-226	8,2E-02 ± 2E-02	8,8E-02 ± 1E-02	4,9E-02 ± 7E-03	5,7E-02 ± 1E-02
Pb-210				
Ra-228	6,9E-02 ± 6E-02			
Th-228				
Th-230				
K-40	2,8E+02 ± 1E+01	5,4E+01 ± 3E+00	6,7E+01 ± 3E+00	9,9E+01 ± 3E+00
Be-7				
I-131				
Cs-134				
Cs-137	1,9E-02 ± 7E-03	< 5E-02	< 3E-02	4,3E-02 ± 8E-03
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-90	1,6E-01 ± 1E-02	6,1E-02 ± 8E-03	1,5E-02 ± 5E-03	1,1E-01 ± 8E-03

LETO 2011 T - 74
13. HRANILA – KOKOŠJE MESO IN JAJCA

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (**)

Vzorč. mesto	Spodnji Stari Grad (Turnšek)	Vrbina (Rodman)		Spodnji Stari Grad (Turnšek)
Vrsta vzorca	Kološja jajca	Kološja jajca	Povprečje - jajca (*)	Kološje meso
Datum vzor.	9. 2. 2011	9. 2. 2011		9. 2. 2011
Kol. vzorca (kg)	0,28	0,26		0,36
Odstoteksuhne snovi	23,60	25,10		35,40
Oznaka vzorca	K11HJ121	K11HJ321		K11HMK121
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI			
U-238	2,1E-01 ± 1E-01		1,0E-01 ± 1E-01	6,0E-01 ± 3E-01
Ra-226	< 3E-01		< 9E-02	< 3E-01
Pb-210	< 9E-02	< 8E-01	< 2E-01	< 6E-01
Ra-228	7,1E-02 ± 3E-02	2,5E-01 ± 6E-02	1,6E-01 ± 9E-02	2,3E-01 ± 1E-01
Th-228	< 4E-02	3,4E-02 ± 2E-02	1,7E-02 ± 2E-02	< 7E-02
Th-230				
K-40	3,7E+01 ± 4E+00	4,0E+01 ± 4E+00	3,9E+01 ± 3E+00	9,8E+01 ± 9E+00
Be-7				
I-131				
Cs-134				
Cs-137	< 3E-02		< 1E-02	6,2E-02 ± 2E-02
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-89/Sr-90	3,1E-02 ± 5E-03	4,8E-02 ± 5E-03	3,9E-02 ± 9E-03	< 2E-02

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

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

LETO 2011 T - 75
13. HRANILA – SVINJSKO IN GOVEJE MESO

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90/Sr-89 (**)

Vzorč. mesto	Spodnji Stari Grad (Turnšek)	Brege (Škofljanc)		Ravne pri Zdolah
Vrsta vzorca	Svinjsko meso	Svinjsko meso	Povprečje - svinjsko meso (*)	Goveje meso
Datum vzor.	9. 2. 2011	9. 2. 2011		16. 2. 2011
Kol. vzorca (kg)	0,56	0,48		0,45
Odstoteksuhne snovi	34,90	29,90		24,30
Oznaka vzorca	K11HMS121	K11HMS221		K11HMG421
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg) SVEŽE SNOVI			
U-238		< 9E-01	< 3E-01	< 3E-01
Ra-226	1,4E-01 ± 1E-01		6,9E-02 ± 7E-02	< 3E-01
Pb-210	< 1E-01	< 7E-01	< 2E-01	< 2E-01
Ra-228	< 9E-02	< 2E-01	< 6E-02	
Th-228	2,6E-02 ± 2E-02	2,9E-02 ± 2E-02	2,8E-02 ± 1E-02	2,6E-02 ± 2E-02
Th-230				
K-40	9,8E+01 ± 9E+00	1,2E+02 ± 1E+01	1,1E+02 ± 9E+00	1,2E+02 ± 1E+01
Be-7				
I-131				
Cs-134				
Cs-137	1,5E-01 ± 2E-02	8,6E-02 ± 2E-02	1,2E-01 ± 3E-02	9,2E-02 ± 2E-02
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-89/Sr-90	< 1E-02	< 1E-02	< 6E-03	< 1E-02

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

**TABELE
REZULTATOV
PRIMERJALNIH MERITEV**

**KONČNI REZULTATI MEDNARODNE PRIMERJAVE
ENVIRONMENTAL RADIOACTIVITY COMPARISON EXERCISE 2010
NPL – Velika Britanija
(B1, B2, GL, GH – kontaminirane vodne raztopine in
S – kontrolirano kontaminiran pesek)**

V decembru 2011 je bilo izdano končno poročilo za mednarodne primerjalne meritve "Environmental Radioactivity Comparison Exercise 2010" [NPL REPORT IR 26, Environmental Radioactivity Proficiency Test Exercise 2010, A. Harms and C. Gilligan, december 2011], kjer je sodeloval IJS, Odsek F-2 (koda laboratorija 21), pri meritvah vzorcev vod B1 in B2 IJS, Odsek O-2 (koda laboratorija 106), pri meritvah vzorcev B1, B2, GL, GH in S (kontrolirano kontaminirane vodne raztopine z β - in γ -sevalci) ter vzorca S (kontrolirano kontaminiran vzorec peska), ZVD (koda laboratorija 114) pa pri meritvi vzorcev vod z oznakama B2, GL in vzorca peska S. Končni rezultati analiz in primerjave z referenčnimi vrednostmi NPL so zbrane v naslednjih preglednicah. Pri statističnih ocenah so bile uporabljene naslednje zveze:

odmik = (IJS rezultat – NPL vrednost) · 100 % / NPL vrednost

ζ -test = (IJS rezultat – NPL vrednost) · [(IJS negotovost)² + (NPL negotovost)²]^{1/2}

(D = disagreement, Q = questionable)

REZULTATI IJS (Odsek F-2)

NPL – B1 / Lab Code 21 kontaminirana vodna raztopina analize IJS, Odsek F-2 opravljene <i>od oktobra do novembra 2010</i> , končni rezultati objavljeni <i>decembra 2011</i>				
IZOTOP	NPL	IJS, Odsek F-2	odmik [%]	ζ -test
	[Bq/g]			
H-3	1,345 ± 0,010	1,345 ± 0,04	0	0

NPL – B2 / Lab Code 21 kontaminirana vodna raztopina analize IJS, Odsek F-2, opravljene <i>od oktobra do novembra 2010</i> , končni rezultati objavljeni <i>decembra 2011</i>				
IZOTOP	NPL	IJS, Odsek F-2	odmik [%]	ζ -test
	[Bq/g]			
H-3	0,897 ± 0,007	0,891 ± 0,03	-0,7	-0,12
Fe-55	1,236 ± 0,022	2,3 ± 0,3	86	3,54 D

NPL – S / Lab Code 21**kontrolirano kontaminiran pesek**analize IJS, Odsek F-2, opravljene *od oktobra do novembra 2010*,končni rezultati objavljeni *decembra 2011*

IZOTOP	NPL	IJS, Odsek F-2	odmik [%]	ς-test
	[Bq/g]			
Co-60	7,82 ± 0,20	7,42 ± 0,15	-5	-1,61
Cs-137	10,5 ± 0,3	10,0 ± 0,2	-5	-1,45
Eu-152	16,0 ± 0,5	15,1 ± 0,3	-6	-1,65
Eu-154	1,96 ± 0,06	1,75 ± 0,04	-11	-2,88 Q
Am-241	2,57 ± 0,12	2,52 ± 0,05	-2	-0,35

NPL – GL / Lab Code 21**kontaminirana vodna raztopina s sevalci gama nizkih aktivnosti**analize IJS, Odsek F-2, opravljene *od oktobra do novembra 2010*,končni rezultati objavljeni *decembra 2011*

IZOTOP	NPL	IJS, Odsek F-2	odmik [%]	ς-test
	[Bq/kg]			
Be-7	11,02 ± 0,13	not reported	-	-
Co-60	11,252 ± 0,025	11,0 ± 0,3	-2	-0,84
Zr-95	2,551 ± 0,020	2,30 ± 0,11	-10	-2,24
Nb-95	5,55 ± 0,05	5,63 ± 0,14	1	0,55
Cs-134	13,59 ± 0,10	13,2 ± 0,3	-2,9	-1,25
Cs-137	10,58 ± 0,21	10,4 ± 0,2	-2	-0,63
Eu-152	16,80 ± 0,11	16,8 ± 0,4	-0,2	-0,10
Eu-154	3,437 ± 0,025	3,51 ± 0,17	2	0,42

NPL – GH / Lab Code 21**kontaminirana vodna raztopina s sevalci gama nizkih aktivnosti**analize IJS, Odsek F-2, opravljene *od oktobra do novembra 2010*,končni rezultati objavljeni *decembra 2011*

IZOTOP	NPL	IJS, Odsek F-2	odmik [%]	ς-test
	[Bq/g]			
Be-7	4,24 ± 0,08	not reported	-	-
Co-60	3,427 ± 0,008	3,35 ± 0,07	-2,2	-1,09
Zr-95	1,875 ± 0,015	1,84 ± 0,04	-1,9	-0,83
Nb-95	4,08 ± 0,04	4,07 ± 0,08	-0,2	-0,11
Cs-134	5,81 ± 0,05	5,60 ± 0,11	-3,6	-1,76
Cs-137	10,43 ± 0,07	10,4 ± 0,2	-0,3	-0,13
Eu-152	11,78 ± 0,13	11,54 ± 0,23	-2,1	-0,92
Eu-154	1,94 ± 0,04	1,84 ± 0,04	-5	-1,82

REZULTATI IJS, Odsek O-2:

NPL – B1 / Lab Code 106 kontaminirana vodna raztopina analize IJS, Odsek O-2, opravljene <i>od novembra do decembra 2010</i> , končno poročilo objavljeno <i>decembra 2011</i>				
IZOTOP	NPL	IJS, Odsek O-2	odmik [%]	ζ-test
	[Bq/g]			
H-3	1,345 ± 0,010	1,314 ± 0,036	-2	-0,85
C-14	0,1398 ± 0,0009	0,142 ± 0,006	2	0,36

NPL – B2 / Lab Code 106 kontaminirana vodna raztopina analize IJS, Odsek O-2, opravljene <i>od novembra do decembra 2010</i> , končno poročilo objavljeno <i>decembra 2011</i>				
IZOTOP	NPL	IJS, Odsek O-2	odmik [%]	ζ-test
	[Bq/g]			
H-3	0,897 ± 0,007	0,86 ± 0,03	-4	-1,28
Sr-89	0,822 ± 0,003	0,99 ± 0,13	20	1,23
Sr-90	1,488 ± 0,004	1,51 ± 0,08	1	0,27

REZULTATI ZVD

NPL – B2 / Lab Code 114 kontaminirana vodna raztopina analize ZVD, opravljene <i>od oktobra do decembra 2010</i> , končni rezultati objavljeni <i>decembra 2011</i>				
IZOTOP	NPL	ZVD	odmik [%]	ζ-test
	[Bq/g]			
Sr-90	1,488 ± 0,004	1,11 ± 0,03	-25,4	-12,53 D

NPL – GL / Lab Code 114 kontaminirana vodna raztopina s sevalci gama nizkih aktivnosti analize ZVD, opravljene <i>od oktobra do decembra 2010</i> , končni rezultati objavljeni <i>decembra 2011</i>				
IZOTOP	NPL	ZVD	odmik [%]	ζ-test
	[Bq/kg]			
Be-7	11,02 ± 0,13	8,9 ± 1,5	-19	-1,41
Co-60	11,252 ± 0,025	10,9 ± 0,4	-3	-0,88
Zr-95	2,551 ± 0,020	2,7 ± 0,3	6	0,50
Nb-95	5,55 ± 0,05	5,5 ± 0,3	-1	-0,16
Cs-134	13,59 ± 0,10	13,1 ± 0,5	-4	-0,97
Cs-137	10,58 ± 0,21	10,5 ± 0,6	-1	-0,13
Eu-152	16,80 ± 0,11	15,1 ± 0,9	-10	-1,87
Eu-154	3,437 ± 0,025	2,6 ± 0,4	-24	-2,09

NPL – S / Lab Code 114 kontrolirano kontaminiran pesek analize ZVD, opravljene <i>od oktobra do decembra 2010</i> , končni rezultati objavljeni <i>decembra 2011</i>				
IZOTOP	NPL	ZVD	odmik [%]	ζ-test
	[Bq/g]			
Co-60	7,82 ± 0,20	8,3 ± 0,4	1,17	6
Cs-137	10,5 ± 0,3	11,0 ± 0,3	1,17	5
Eu-152	16,0 ± 0,5	16,1 ± 0,5	0,22	1
Eu-154	1,96 ± 0,06	1,98 ± 0,09	0,21	1
Am-241	2,52 ± 0,12	3,05 ± 0,11	2,91 D	19

REZULTATI MEDNARODNIH PRIMERJALNIH MERITEV

Study MRAD-14 ERA (Environmental Resource Associates), ZDA

V juniju 2011 so bili objavljeni končni rezultati primerjalnih meritev MRAD-14 [*Study MRAD-14, Final Report, MRaD™ Proficiency Testing, ERA, Environmental Resource Associates, Report issued 06/02/11, ERA Customer Number: R460987 (za IRB), Arvada, ZDA, junij 2011*] petih vzorcev (vzorec vegetacije, zemlje in trije vzorci vode, od katerih je bil eden za določitev tritija, eden za celotne sevalce alfa in beta in eden za druge radionuklide), ki jih je ERA, Environmental Resource Associates, ZDA, razposlala marca 2011. Sodeloval je IRB.

Rezultati analiz IRB ter primerjave s pripisanimi vrednostmi (assigned values) so zbrane v naslednjih 5 preglednicah.

REZULTATI IRB:

ERA, Study MRAD-14 Soil Radionuclides				
Analize, opravljene <i>aprila in maja 2011</i> , končni rezultati objavljeni <i>junija 2011</i>				
IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB
	[pCi/kg]			
Ac-228	1490	958–2100	1213	Acceptable
Am-241	914	546–1170	829	Acceptable
Bi-214	725	445–1040	731	Acceptable
Cs-134	2450	1580–2950	2117	Acceptable
Cs-137	1920	1470–2490	1700	Acceptable
Co-60	2220	1620–2980	1980	Acceptable
K-40	11500	8320–15600	9630	Acceptable
Sr-90	7590	2740–12400	7411	Acceptable
Th-234	962	305–1830	954	Acceptable
U-238	962	588–1220	931	Acceptable
Zn-65	1990	1580–2670	1723	Acceptable

ERA, Study MRAD-14 Water Tritium				
Analize, opravljene <i>aprila in maja 2011</i> , končni rezultati objavljeni <i>junija 2011</i>				
IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB
	[pCi/L]			
H-3	15200	9900–22500	17141	Acceptable

**ERA, Study MRAD-14
Vegetation Radionuclides**

Analize, opravljene *aprila in maja 2011*, končni rezultati objavljeni *junija 2011*

IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB
	[pCi/kg]			
Am-241	3200	1820–4400	2540	Acceptable
Cs-134	770	441–1070	637	Acceptable
Cs-137	829	608–1150	697	Acceptable
Co-60	733	496–1050	612	Acceptable
K-40	25800	18500–36500	20733	Acceptable
Sr-90	7890	4410–10500	7979	Acceptable
U-238	2590	1820–3270	1970	Acceptable
Zn-65	799	577–1090	677	Acceptable

**ERA, Study MRAD-14
Water Radionuclides**

Analize, opravljene *aprila in maja 2011*, končni rezultati objavljeni *junija 2011*

IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB
	[pCi/L]			
Am-241	135	92,5–182	136	Acceptable
Cs-134	231	171–265	268	Not Acceptable
Cs-137	417	354–500	493	Acceptable
Co-60	411	358–486	418	Acceptable
Fe-55	437	254–584	418	Acceptable
Sr-90	773	491–1030	822	Acceptable
Zn-65	111	94,1–138	116	Acceptable

**ERA, Study MRAD-14
Water Gross Alpha/Beta**

Analize, opravljene *aprila in maja 2011*, končni rezultati objavljeni *junija 2011*

IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB
	[pCi/L]			
Gross Alpha	112	49,7–166	142	Acceptable
Gross Beta	99,8	58,4–146	130	Acceptable

**REZULTATI
MEDNARODNIH PRIMERJALNIH MERITEV**

**Study MRAD-15
ERA (Environmental Resource Associates), ZDA**

V novembru 2011 so bili objavljeni končni rezultati primerjalnih meritev MRAD-15 [*Study MRAD-15, Final Report, MRaD™ Proficiency Testing, ERA, Environmental Resource Associates, Report issued 11/29/11, ERA Customer Number: Z495414 (za ZVD), Arvada, ZDA, november 2011*] treh vzorcev (zračni filter, vzorec vegetacije in zemlje), ki jih je ERA, Environmental Resource Associates, ZDA, razposlala septembra 2011. Sodeloval je ZVD.

Rezultati analiz ZVD ter primerjave s pripisanimi vrednostmi (assigned values) so zbrane v naslednjih 3 preglednicah.

REZULTATI ZVD:

ERA, Study MRAD-15 Soil Radionuclides				
Analize, opravljene <i>septembra in oktobra 2011</i> , končni rezultati objavljeni <i>novembra 2011</i>				
IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	ZVD value	Performance Evaluation ZVD
	[pCi/kg]			
Ac-228	1350	866–1900	1207,2	Acceptable
Am-241	1210	723–1550	1115,9	Acceptable
Bi-212	1400	368–2090	1277,5	Acceptable
Bi-214	1420	872–2040	1036,7	Acceptable
Cs-134	4120	2650–4960	3878,2	Acceptable
Cs-137	4660	3560–6050	4254,2	Acceptable
Co-60	5350	3890–7180	5106,9	Acceptable
Pb-212	1310	845–1840	1214,6	Acceptable
Pb-214	1380	826–2050	1129,1	Acceptable
Mn-54	<1000	0,00–1000	14,5	Acceptable
K-40	12500	9060–16900	9264,7	Acceptable
Sr-90	5780	2090–9430	3122,8	Acceptable
Th-234	2560	813–4880	2261	Acceptable
U-238	2560	1560–3250	2261	Acceptable
Zn-65	3760	2980–5040	3566,5	Acceptable

**ERA, Study MRAD-15
Vegetation Radionuclides**

Analize, opravljene *septembra in oktobra 2011*, končni rezultati objavljeni *novembra 2011*

IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	ZVD value	Performance Evaluation ZVD
	[pCi/kg]			
Am-241	2980	1700–4090	3248,2	Acceptable
Cs-134	1380	790–1910	1490,9	Acceptable
Cs-137	1270	932–1760	1361,8	Acceptable
Co-60	1500	1010–2160	1642,1	Acceptable
K-40	28800	20700–40800	27012,5	Acceptable
Sr-90	5440	3040–7220	5425	Acceptable
U-238	2400	1690–3030	2160,6	Acceptable
Zn-65	2770	2000–3790	2991,9	Acceptable

**ERA, Study MRAD-15
Air Filter Radionuclides**

Analize, opravljene *septembra in oktobra 2011*, končni rezultati objavljeni *novembra 2011*

IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	ZVD value	Performance Evaluation ZVD
	[pCi/Filter]			
Am-241	76,0	44,5–104	74,2	Acceptable
Cs-134	429	279–531	418,6	Acceptable
Cs-137	486	365–638	472,8	Acceptable
Co-60	524	405–655	508,1	Acceptable
Sr-90	112	49,3–174	192,9	Not Acceptable
U-238	73,5	47,0–104	59,2	Acceptable
Zn-65	450,5	321–643	450,5	Acceptable

REZULTATI MEDNARODNIH PRIMERJALNIH MERITEV

Study RAD-85 ERA (Environmental Resource Associates), ZDA

V maju 2011 so bili objavljeni končni rezultati primerjalne meritve RAD-85 [Study RAD-85, Final Report, MRaD™ Proficiency Testing, ERA, Environmental Resource Associates, Report issued 05/26/11, ERA Customer Number: R460987 (za IRB), Arvada, ZDA, maj 2011] vzorca vode, ki ga je ERA, Environmental Resource Associates, ZDA, razposlala aprila 2011.

Na IRB so v okviru te interkomparacije opravili meritve vsebnosti sevalcev gama in stroncija v vzorcu vode, stroncij so izmerili v dveh paralelkah. Prve meritve so bile opravljene s tekočinsko scintilacijsko spektrometrijo (Čerenkovo štetje), druge pa s proporcionalnim števcem. Rezultati IRB ter primerjave s pripisanimi vrednostmi (assigned values) so zbrane v naslednjih preglednicah.

REZULTATI IRB:

ERA, Study RAD-85 Water Radionuclides				
Analize, opravljene <i>aprila in maja 2011</i> , končni rezultati objavljeni <i>maja 2011</i>				
IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB
	[pCi/L]			
Ba-133	75,3	63,0–82,8	76,9	Acceptable
Cs-134	72,9	59,5–80,2	70,7	Acceptable
Cs-137	77,0	69,3–87,4	75,0	Acceptable
Co-60	88,8	79,9–100	85,8	Acceptable
Zn-65	98,9	89,0–118	98,7	Acceptable

ERA, Study RAD-85 Water Radionuclides				
Analize, opravljene <i>aprila in maja 2011</i> , končni rezultati objavljeni <i>maja 2011</i>				
IZOTOP	ERA Assigned value	ERA Acceptance Limits	IRB value	Performance Evaluation IRB
	[pCi/L]			
Sr-89 LSC	63,2	51,1–71,2	60,3	Acceptable
Sr-90 LSC	42,5	31,3–48,8	40,7	Acceptable
Sr-89	63,2	51,1–71,2	63,1	Acceptable
Sr-90	42,5	31,3–48,8	41,3	Acceptable

**REZULTATI PREVERJANJA
RADIOCHEMICAL CROSS CHECK PROGRAM
ECKERT & ZIEGLER ANALYTICS, ZDA**

IRB je v letu 2011 sodeloval pri treh preskusnih meritvah ("cross check") vzorcev vodne raztopine v 0,1 M HCl Analytica [Results of Radiochemistry Cross Check Program, "Ruđer Bošković" Institute, First Quarter 2010, Eckert & Ziegler, Analytics, ZDA, 2011] za določanje vsebnosti H-3, Fe-55 in Sr-89/Sr-90. Sr-89/Sr-90 so določali v dveh paralelkah in poročali. Prve meritve so bile opravljene s proporcionalnim števcem, druge pa s tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo (Čerenkovo štetje).

REZULTATI IRB:

ECKERT & ZIEGLER ANALYTICS, Sr-89/Sr-90 CC A25649-508, Date 2/18/11, First Quarter 2011 Analize, opravljene <i>marca 2011</i> , končni rezultati objavljeni <i>maja 2011</i>					
IZOTOP	IRB vrednost	Analytics vrednost	IRB/Analytics	Resolution	Comparison
	[μCi/mL]				
Sr-89	9,46E-03	8,35E-03	1,13	17	agreement
Sr-90	8,80E-04	9,36E-04	0,94	12,5	agreement
Sr-89 LSC	7,85E-03	8,35E-03	0,94	17	agreement
Sr-90 LSC	8,22E-04	9,36E-04	0,88	12,5	agreement

ECKERT & ZIEGLER ANALYTICS, H-3 CC A25650-508, Date 2/18/11, First Quarter 2011 Analize, opravljene <i>marca 2011</i> , končni rezultati objavljeni <i>maja 2011</i>					
IZOTOP	IRB vrednost	Analytics vrednost	IRB/Analytics	Resolution	Comparison
	[μCi/mL]				
H-3	1,02E-03	9,89E-04	1,03	12,5	agreement

ECKERT & ZIEGLER ANALYTICS, Fe-55 CC A25648-508, Date 2/18/11, First Quarter 2011 Analize, opravljene <i>marca 2011</i> , končni rezultati objavljeni <i>maja 2011</i>					
IZOTOP	IRB vrednost	Analytics vrednost	IRB/Analytics	Resolution	Comparison
	[μCi/mL]				
Fe-55	6,35E-04	7,01E-04	0,91	12,5	agreement

REZULTATI PREVERJANJA

IAEA Worldwide open proficiency test on the determination of natural radionuclides in water and Ra-226 in soil IAEA-CU-2010-03 IAEA, Analytical Quality Control Services

V novembru 2010 je IAEA, Analytical Quality Control Services, razposlal 3 interkomparacijske vzorce umetno kontaminirane vode za določitev naravnih radionuklidov, 2 vzorca vode za določitev celotne alfa in beta aktivnosti in 1 vzorec zemlje za določanje vsebnosti Ra-226. Pri tem preverjanju je ZVD sodeloval pri določitvi sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama. Končni individualni rezultati so bili poslani sodelujočim laboratorijem junija [*Individual Evaluation Report for Laboratory No. 141 (ZVD), on the IAEA-CU-2010-03 Worldwide open proficiency test on the determination of natural radionuclides in water and Ra-226 in soil, IAEA, Analytical Quality Control Services, A. Shakhshiro, Seibersdorf, junij 2011*].

V naslednjih 4 tabelah so zbrani rezultati analiz ZVD (koda laboratorija 141) in primerjave z referenčnimi vrednostmi IAEA za vzorce kontaminirane vode in zemlje.

REZULTATI ZVD:

IAEA-CU-2010-03					
Natural Radionuclides in Spiked Tap Water, Sample 1					
Analize ZVD, opravljene <i>od decembra 2010 do februarja 2011</i> , končni rezultati objavljeni <i>junija 2011</i>					
IZOTOP	IAEA	ZVD Lab. No. 141	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Ra-226	0,04 ± 0,0	<1	–	–	A
U-234	0,04 ± 0,0	<112	–	–	A
U-238	0,04 ± 0,0	<4	–	–	A

IAEA-CU-2010-03					
Natural Radionuclides in Spiked Tap Water, Sample 2					
Analize ZVD, opravljene <i>od decembra 2010 do februarja 2011</i> , končni rezultati objavljeni <i>junija 2011</i>					
IZOTOP	IAEA	ZVD Lab. No. 141	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Ra-226	0,86 ± 0,02	<1	–	–	–
U-234	1,3 ± 0,03	<112	–	–	–
U-238	0,7 ± 0,02	<4	–	–	–

IAEA-CU-2010-03
Natural Radionuclides in Spiked Tap Water, Sample 3

analize ZVD opravljene *od decembra 2010 do februarja 2011*,
končni rezultati objavljeni *junija 2011*

IZOTOP	IAEA	ZVD Lab. No. 141	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Ra-226	1,57 ± 0,04	<1	–	–	–
U-234	0,47 ± 0,01	<112	–	–	–
U-238	0,31 ± 0,01	<4	–	–	–

IAEA-CU-2010-03
Natural Radionuclides in Soil Sample, Sample 6

analize ZVD opravljene *od decembra 2010 do februarja 2011*,
končni rezultati objavljeni *junija 2011*

IZOTOP	IAEA	ZVD Lab. No. 141	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Ra-226	19050 ± 260	17085 ± 574	–10,31	–3,12	W

REZULTATI PREVERJANJA

ALMERA Proficiency test on the determination of natural radionuclides in water and Ra-226 in soil IAEA-CU-2010-04 IAEA, Analytical Quality Control Services

V decembru 2010 je IAEA, Analytical Quality Control Services razposlal 3 interkomparacijske vzorce umetno kontaminirane vode za določitev naravnih radionuklidov, 2 vzorca vode za določitev celotne alfa in beta aktivnosti in 1 vzorec zemlje za določanje vsebnosti Ra-226. Pri tem preverjanju je Odsek F-2 sodeloval pri določitvi sevalcev gama z visokoločljivostno spektrometrijo gama in z meritvami celotne alfa in beta aktivnosti s tekočinsko scintilacijsko spektrometrijo. Končni individualni rezultati so bili poslani sodelujočim laboratorijem junija [*Individual Evaluation Report for Laboratory No. 21 (IJS, Odsek F-2), on the IAEA-CU-2010-04 ALMERA Proficiency test on the determination of natural radionuclides in water and Ra-226 in soil, IAEA, Analytical Quality Control Services, A. Shakhashiro, Seibersdorf, junij 2011*].

V naslednjih 4 tabelah so zbrani rezultati analiz IJS (koda laboratorija 21 za Odsek F-2) in primerjave z referenčnimi vrednostmi IAEA za vzorce kontaminirane vode in zemlje.

REZULTATI IJS (Odsek F-2)

IAEA-CU-2010-04					
Natural Radionuclides in Spiked Tap Water, Sample 1					
Analize IJS, opravljene <i>od januarja do februarja 2011</i> , končni rezultati objavljeni <i>junija 2011</i>					
IZOTOP	IAEA	IJS (Odsek F-2) Lab. No. 21	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Ra-226	0,04 ± 0,0	0,34 ± 0,17	750	1,76	A
U-234	0,04 ± 0,0	–	–	–	–
U-238	0,04 ± 0,0	–	–	–	–

IAEA-CU-2010-04					
Natural Radionuclides in Spiked Tap Water, Sample 2					
Analize IJS, opravljene <i>od januarja do februarja 2011</i> , končni rezultati objavljeni <i>junija 2011</i>					
IZOTOP	IAEA	IJS (Odsek F-2) Lab. No. 21	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Ra-226	0,86 ± 0,02	1,83 ± 0,37	113	2,62	N
U-234	1,3 ± 0,03	–	–	–	–
U-238	0,7 ± 0,02	–	–	–	–

IAEA-CU-2010-04**Natural Radionuclides in Spiked Tap Water, Sample 3**Analize IJS, opravljene *od januarja do februarja 2011*, končni rezultati objavljeni *junija 2011*

IZOTOP	IAEA	IJS (Odsek F-2) Lab. No. 21	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Ra-226	1,57 ± 0,04	1,63 ± 0,15	3,82	0,39	A
U-234	0,47 ± 0,01	–	–	–	–
U-238	0,31 ± 0,01	–	–	–	–

IAEA-CU-2010-04**Natural Radionuclides in Spiked Tap Water, Sample 4**Analize IJS, opravljene *decembra 2010*, končni rezultati objavljeni *junija 2011*

IZOTOP	IAEA	IJS (Odsek F-2) Lab. No. 21	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
gross-alpha	4,8 ± 0,1	5,04 ± 0,51	5,00	0,46	A
gross-beta	9,1 ± 0,2	9,97 ± 1,42	9,56	0,61	A

IAEA-CU-2010-04**Natural Radionuclides in Spiked Tap Water, Sample 5**Analize IJS, opravljene *decembra 2010*, končni rezultati objavljeni *junija 2011*

IZOTOP	IAEA	IJS (Odsek F-2) Lab. No. 21	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
gross-alpha	8,5 ± 0,2	8,73 ± 0,65	2,71	0,34	A
gross-beta	11,1 ± 0,3	11,2 ± 1,43	0,90	0,07	A

IAEA-CU-2010-04**Natural Radionuclides in Soil Sample, Sample 6**Analize IJS, opravljene *od januarja do februarja 2011*, končni rezultati objavljeni *junija 2011*

IZOTOP	IAEA	IJS (Odsek F-2) Lab. No. 238	Rel. Bias %	u-test	Final score
	(Bq/kg)				
Ra-226	19050 ± 260	18950 ± 380	-0,52	-0,22	A

REZULTATI PREVERJANJA
Strontium 90 and Gamma Emitters in Urine
PROCORAD, Francija

V letu 2011 je IJS (Odsek F-2 s kodo 60) sodeloval pri testnih ("cross check") meritvah vsebnosti radionuklidov v vzorcih urina, ki jih je organiziral Procorad iz Francije. Vzorci so bili poslani in pripravljene marca 2011, analize so bile opravljene v marcu in aprilu, končno poročilo pa je bilo razposlano v juniju 2011 (Radiotoxicological Intercomparison Exercise, Strontium, Tritium and Gamma-Ray Emitters in Urine, Procorad 2011, Grenoble, junij 2011).

REZULTATI IJS (Odsek F-2)

Sample B				
Analize (IJS), opravljene <i>marca in aprila 2011</i> , končni (sumarni) rezultati objavljeni <i>junija 2011</i>				
IZOTOP	PROCORAD certified reference value (interval zaupanja je 95-odstoten)	IJS, Odsek F-2 (koda laboratorija 60)	u-test	Bias (%)
	[Bq/L]			
Mn-54	6,42	6,28 ± 0,26	0,54	2,18
Cr-51	10,70 ± 0,53	11,80 ± 0,80	1,15	-10,28
Cs-134	3,43 ± 0,17	3,65 ± 0,26	0,71	-6,41
Ba-133	3,63 ± 0,17	3,87 ± 0,16	1,03	-6,61

Sample C				
Analize (IJS), opravljene <i>marca in aprila 2011</i> , končni (sumarni) rezultati objavljeni <i>junija 2011</i>				
IZOTOP	PROCORAD certified reference value (interval zaupanja je 95-odstoten)	IJS, Odsek F-2 (koda laboratorija 60)	u-test	Bias (%)
	[Bq/L]			
Mn-54	5,13	4,88 ± 0,20	1,25	4,87
Cr-51	9,95 ± 0,5	11,30 ± 0,90	1,31	-13,57
Cs-134	3,97 ± 0,2	4,19 ± 0,18	0,82	-5,54
Ba-133	4,05 ± 0,2	4,27 ± 0,26	0,67	-5,43

"Surprise Urin"

Analize (IJS), opravljene *marca in aprila 2011*, končni (sumarni) rezultati objavljeni *junija 2011*

IZOTOP	PROCORAD certified reference value (interval zaupanja je 95-odstoten)	IJS, Odsek F-2 (koda laboratorija 60)	u-test	Bias (%)
	[Bq/L]			
K-40	55,5 (mean)	50,20 ± 3,90	1,36	9,55
Ba-133	15,6 ± 0,395	16,00 ± 0,80	0,45	-2,56

H-3

Analize (IJS), opravljene *marca in aprila 2011*, končni (sumarni) rezultati objavljeni *junija 2011*

IZOTOP	PROCORAD certified reference value (interval zaupanja je 95-odstoten)	IJS, Odsek F-2 (koda laboratorija 60)	u-test	Bias (%)
	[Bq/L]			
Sample B	807 ± 29	746 ± 68	0,82	7,50
Sample C	6050 ± 197	5937 ± 480	0,22	1,87
Sample D	8050	7847 ± 898	0,23	2,53
Sample E	8070 ± 268	7907 ± 648	0,23	2,02

C-14

Analize (IJS), opravljene *marca in aprila 2011*, končni (sumarni) rezultati objavljeni *junija 2011*

IZOTOP	PROCORAD certified reference value (interval zaupanja je 95-odstoten)	IJS, Odsek F-2 (koda laboratorija 60)	u-test	Bias (%)
	[Bq/L]			
Sample A	272 ± 8,72	274 ± 22,7	0,09	-0,79
Sample B	1170 ± 37,4	1132 ± 53,2	0,58	3,21
Sample D	3890 ± 125	3824 ± 115	0,39	1,69
Sample F	1360 ± 43,6	1357 ± 71	0,04	0,26

REZULTATI PREVERJANJA RINGVERSUCH 3/2010

Ringversuch 3/2010 zur Bestimmung des Radionuklidegehaltes in Modelwasser BfS, Bundesamt für Strahlenschutz, Nemčija

Marca 2011 je BfS, Bundesamt für Strahlenschutz, iz Nemčije [Ringversuch 3/2010, Bestimmung des Radionuklidegehaltes im Wasser, SW 1-04/2011, H. Viertel, A. Guttermann, K. Schmidt, I. Winterfeldt, A. Labahn, BfS, Bundesamt für Strahlenschutz, Berlin, Nemčija, marec 2011] poročal o primerjalnih meritvah vsebnosti radionuklidov v vzorcu umetno kontaminirane vode, kjer je sodeloval ZVD (koda laboratorija 16-1). Meritve so bile opravljene v oktobru 2010. Rezultati meritev ZVD in primerjave z referenčnimi vrednostmi so zbrane v spodnjih tabelah.

REZULTATI ZVD:

Modelwasser				
IZOTOP	BfS Sollwert*	ZVD** (koda laboratorija 16)	z-Wert	Final Score
	Bq/L			
Co-57	13,8	13,3 ± 0,14	0,362	A
Co-60	9,13	8,77	0,394	A
Ru-106	18,1	–	–	–
Sb-125	13,8	12,4 ± 0,2	1,05	A
Cs-134	9,07	8,74 ± 0,21	0,364	A
Cs-137	4,82	4,74 ± 0,04	0,176	A
Am-241	4,84	4,47 ± 0,08	0,775	A
Sr-89	4,57	–	–	–
Sr-90	1,84	5,66	10,4	N

* povprečje sodelujočih laboratorijev

** podano je povprečje posameznih poročanih rezultatov in pripadajoča standardna deviacija

REZULTATI PREVERJANJA RINGVERSUCH 1/2010

Ringversuch 1/2010 zur Bestimmung des Radionuklidegehaltes in Wasser BfS, Bundesamt für Strahlenschutz, Nemčija

Aprila 2011 je BfS, Bundesamt für Strahlenschutz [Ringversuch 1/2010, Bestimmung des Radionuklidegehaltes im Wasser, SW 1.51, H. Viertel, BfS, Bundesamt für Strahlenschutz, Berlin, Nemčija, dopis z dne 6. 4. 2011], iz Nemčije poročal o primerjalnih meritvah vsebnosti radionuklidov v vzorcu umetno kontaminirane vode in v vzorcu realne vode, kjer je sodeloval IJS (Odsek O-2) (koda laboratorija 16-1). Meritve so bile opravljene v oktobru in decembru 2010 in januarju 2011. Rezultati meritev IJS (O-2) in primerjave z referenčnimi vrednostmi so zbrane v spodnjih tabelah.

REZULTATI IJS (Odsek O-2):

Modelwasser				
IZOTOP	BfS Sollwert*	IJS** (koda laboratorija 16-1)	z-Wert	Final Score
	Bq/L			
H-3	2,25E+01	2,63E+01	0,833	A
Sr-89	4,57E+00	4,16E+00	0,454	A
Sr-90	1,84E+00	1,92E+00	0,204	A

Reales Wasser				
IZOTOP	BfS Sollwert*	IJS** (koda laboratorija 16-1)	z-Wert	Final Score
	Bq/L			
H-3	4,76E+01	5,05E+01	0,309	A
Sr-89	–	–	–	–
Sr-90	1,21E+00	1,42E+01	0,860	A

REZULTATI PREVERJANJA RINGVERSUCH 5/2010

Ringversuch 5/2010 zur Bestimmung des Radionuklidegehaltes in Wasser – Bestimmung von Sr-90 mit Schnellmessmethoden BfS, Bundesamt für Strahlenschutz, Nemčija

Marca 2011 je BfS, Bundesamt für Strahlenschutz, iz Nemčije [Ringversuch 5/2010, Bestimmung von Sr-90 mit Schnellmessmethoden, SW 1.51, H. Viertel, BfS, Bundesamt für Strahlenschutz, Berlin, Nemčija, dopis z dne 28. 3. 2011] poročal o primerjalnih meritvah za hitro določitev Sr-90 v umetno kontaminirani vodi, kjer je sodeloval IJS (Odsek O-2) (koda laboratorija 23). Meritve so bile opravljene v oktobru in decembru 2010 in januarju 2011. Rezultati meritev IJS (O-2) in primerjave z referenčnimi vrednostmi so zbrane v spodnji tabeli.

REZULTATI IJS (Odsek O-2):

Modelwasser				
IZOTOP	BfS Sollwert*	IJS** (koda laboratorija 23)	z-Wert	Final Score
	Bq/L			
Sr-90	1,07E+01	1,26E+01	0,928	A

* podano je povprečje posameznih poročanih rezultatov in pripadajoča standardna deviacija

PRELIMINARNI REZULTATI PREVERJANJA

IRMM EC 2010

EC Intercomparison on radioactivity in soil EC, JRC, IRMM, Belgium

V letu 2010 je IJS (Odsek F-2 in Odsek O-2) sodeloval pri testnih ("cross check") meritvah vsebnosti radionuklidov v vzorcu zemlje, ki jih je organiziral IRMM iz Belgije v okviru Evropske skupnosti. Vzorci so bili poslani in pripravljani v prvi polovici 2010. O rezultatih meritev smo poročali avgusta 2010, preliminarne referenčne vrednosti smo prejeli v novembru 2010 in v letu 2011 [dopis Preliminary results of the EC interlaboratory comparison on natural radioactivity, ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in soil, Geel, 9 November 2010, JRC.DG.D.5/UW/jm/ARES(2010)789283].

V naslednjih dveh tabelah so zbrani rezultati analiz IJS za vzorec zemlje in primerjava z referenčnimi vrednostmi in u-testi.

REZULTATI IJS (Odsek F-2)

Radionuklid	IRMM	IJS (Odsek F-2) Lab. No. 71	u-test	Rel. Bias %					
					Bq/kg				
					meritve opravljene <i>julija 2010</i> , preliminarni rezultati so bili sporočeni po elektronski pošti <i>oktobra 2011</i>				
K-40	410 ± 21	367 ± 13	1,74	10,49					
Cs-137	3565 ± 134	3164 ± 63	2,71	11,25					
Sr-90	74,5 ± 10,1	–	–	–					
Ra-226	19,0 ± 2,3	22,0 ± 0,5	1,27	–15,79					
Th-230	20,9 ± 2,3	–	–	–					
Th-232	21,0 ± 2,7	–	–	–					
U-234	25,2 ± 1,0	–	–	–					
U-235	1,10 ± 0,1	3,0 ± 0,9	2,10	–172,73					
U-238	24,3 ± 1,0	24,5 ± 2,6	0,07	–0,82					

REZULTATI IJS (Odsek O-2)

Radionuklid	IRMM	IJS (Odsek O-2) Lab. No. 18	u-test	Rel. Bias %					
					Bq/kg				
					meritve opravljene <i>julija 2010</i> , preliminarni rezultati so bili sporočeni po elektronski pošti <i>oktobra 2011</i>				
Sr-90	74,5 ± 10,1	70,3 ± 3,9	0,39	5,64					