



LETNO POROČILO O OPRAVLJENIH MERITVAH AKTIVNOSTI SEVALCEV GAMA IN BETA

YEARLY REPORT ON GAMMA- AND BETA-RAY EMITTERS ACTIVITY MEASUREMENTS



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

Rezultati označeni z # se nanašajo
na neakreditirano dejavnost

Številka:
Number: **51/2014**

Stran: 1 od 16
Page: of

Naročnik
Customer

Ministrstvo za zdravje, Uprava RS za varstvo pred sevanji,
Ajdovščina 4, SI-1000 LJUBLJANA

Naslov in številka pogodbe
Customer contract title and number

Pogodba o izvedbi monitoringa radioaktivnosti pitne vode za
leto 2014 (Sklop 2), št. pogodbe C2717-14-232001

Program meritev
Programme of measurements

Določen je v 3. členu pogodbe št. C2717-14-232001

Končno poročilo za leto 2014

Merske metode
Methods of measurement

Visokoločljivostna spektrometrija gama (VLG) po postopku
LMR-DN-10, izdaja 12 (Odsek F-2)
Radiokemična analiza Sr-89/Sr-90 po postopku SDN-O2-STC (01),
6. izdaja (Odsek O-2)
Radiokemična analiza H-3 po postopku LSC-DN-07, izdaja 3
(Odsek F-2) in SDN-O2-STC (02), 5. izdaja (Odsek O-2)

Metode so opisane v poglavju *Merske metode* tega poročila.

Obseg akreditacije
Scope of accreditation

Meritve na visokoločljivostni spektrometriji gama (VLG) v
Laboratoriju za radiološke merilne sisteme in meritve
radioaktivnosti in radiokemijske meritve H-3 (7 vzorcev) v
Laboratoriju za tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo na *Odseku*
F-2 so opravljene v okviru obsega akreditacije pri Slovenski
akreditaciji (SA) pod št. LP-022, razen za radionuklide, ki so v
tabelah označeni z #.

Vse radiokemijske analize Sr-90 in meritve tritija H-3 v osmih
vzorcih vod so bile opravljene na *Odseku O-2* v skladu z njihovim
sistemom kakovosti. Ti rezultati so v tem poročilu označeni z #.
Originalna poročila *Odseka O-2* so shranjena v arhivu na *Odseku*
F-2. Rezultati na originalnem poročilu *Odseka O-2* so podani na
maso laboratorijskega vzorca, v tem poročilu pa so rezultati
preračunani na maso ali volumen dejanskega vzorca.

Poročilo pripravila Report prepared by mag. Denis Glavič-Cindro	Poročilo pregledal in odobril Report checked and authorized by dr. Benjamin Zorko	Datum izdaje Date of issue 24. oktober 2014
---	---	---

Vzorci <i>Samples</i>	Datumi in kraji vzorčevanja <i>Sampling dates and locations</i>	Kraji vzorčevanja so določeni na podlagi <i>Programa meritev</i>, izvedbo vzorčevanja pitne vode in dostavo vzorcev izvajalcu Institutu "Jožef Stefan" zagotovi naročnik. Datumi in kraji vzorčenja so zapisani v tabelah ob rezultatih posameznih meritev. Podrobni podatki o vzorčevalnih mestih so podani v poglavju Podatki o lokacijah merskih točk.
	Izvajalci del <i>Work performers</i>	Na <i>Odseku F-2</i> so dela opravili sodelavci <i>Laboratorija za radiološke merilne sisteme in meritve radioaktivnost</i> in <i>Laboratorija za tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo</i>. Njihove zadolžitve in poimenska razporeditev del so določeni v postopkih <i>LMP-OP-04</i>, <i>LMR-OP-05</i> in <i>LSC-OP-01</i>. Sodelavci <i>Odseka O-2</i> so opravili radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 v skladu z njihovim sistemom kakovosti.
	Oznake vzorcev (IJS) <i>Sample codes (JSI)</i>	Način označevanja vzorcev je določen v navodilu <i>LMR-DN-09</i>. Oznake vzorcev so zapisane v tabelah ob rezultatih posameznih meritev.
	Pogoji okolice v laboratoriju <i>Laboratory environmental conditions</i>	Med meritvami so bili pogoji okolja nadzorovani, pogoji dela in njihov nadzor na <i>Odseku F-2</i> je opredeljen v organizacijskem postopku <i>F2-QA-07</i> (ver. 08 / maj 2013), na <i>Odseku O-2</i> pa v <i>OP-O2(10)</i>.
Opombe <i>Remarks</i>	Aktivnosti, navedene v poročilu, se nanašajo na odvzet material. Količina vzorcev je zapisana v tabelah ob rezultatih posameznih meritev. Vzorci, na katerih je bila izvedena samo spektrometrija gama, arhiviramo za dobo 5 let. Radiokemijska analiza Sr-89/Sr-90 se opravi na istih vzorcih kot visokoločljivostna spektrometrija gama. Po merjenju z visokoločljivostno spektrometrijo gama vzorce razkrojimo, naredimo separacijo Sr-89/Sr-90 in izmerimo aktivnost žarkov beta v $^{89/90}\text{SrCO}_3$. Ploščice s $^{89/90}\text{SrCO}_3$ arhiviramo za dobo 5 let. Ostanke vzorcev za določitev tritija (približno 0,5 L) hranimo na <i>Odseku F-2</i> v temnih steklenicah za dobo 5 let, na <i>Odseku O-2</i> pa za dobo 1 leta. Če želite dodatna pojasnila, nas prosim pokličite.	
Dovoljenje <i>Permission</i>	To poročilo o opravljenih meritvah aktivnosti je celovit dokument, zato reprodukcija posameznih delov brez pismene privolitve IJS ni dovoljena. Za potrebe ovrednotenja, ki jih zagotavljata URSJV in URSVS po določilih ZVISJV, se lahko posamezni deli tega celovitega poročila uporabijo na način, ki najbolj ustreza namenu uporabe. V tem primeru se ob rezultatih meritev ne sme uporabljati akreditacijskega znaka. To poročilo ne predstavlja omejitev glede reprodukcije posameznih delov poročil, ki jih zagotavljata URSVS in URSJV. Za potrebe poročila <i>Radioaktivnost v življenjskem okolju Slovenije za leto 2014</i>, ki ga pripravlja Zavod za varstvo pri delu, d.o.o., se lahko rezultati iz tega celovitega poročila poročajo na način, ki je najbolj ustrezen svojemu namenu. To poročilo ne postavlja omejitev glede reprodukcije posameznih delov poročila <i>Radioaktivnost v življenjskem okolju Slovenije za leto 2014</i>.	

VSEBINA

LETNO POROČILO O OPRAVLJENIH MERITVAH AKTIVNOSTI SEVALCEV GAMA IN BETA	1
Naročnik	1
Naslov in številka pogodbe.....	1
Program meritev	1
Merske metode.....	1
Obseg akreditacije	1
Vzorci	2
Opombe.....	2
Dovoljenje.....	2
PROGRAM MERITEV	4
ENOTE IN NAZIVI KOLIČIN	4
TABELA RADIONUKLIDOV	5
MERSKE METODE	6
a) PRIPRAVA VZORCEV.....	6
b) VISOKOLOČLJIVOSTNA SPEKTROMETRIJA GAMA (Odsek F-2)	6
c) RADIOKEMIČNA ANALIZA Sr-89/Sr-90 (Odsek O-2) *	7
d) RADIOKEMIČNA ANALIZA H-3 (Odsek F-2).....	8
e) RADIOKEMIČNA ANALIZA H-3 (Odsek O-2) *	8
TABELARIČNI ZAPISI MERITEV	9
SEZNAM TABEL MERITEV	10
DODATNI PODATKI O MERITVAH VLG	15
PODATKI O LOKACIJAH MERSKIH TOČK	16

PROGRAM MERITEV

PITNA VODA

VRSTA IN OPIS MERITVE	VZORČEVALNO MESTO	VRSTA VZORCA	POGOSTOST VZORČENJA	POGOSTOST MERITEV	LETNO ŠT. MERITEV	IZVAJALEC
Določitev specifične aktivnosti sevalcev gama, Sr-90 in H-3	Hubelj (Ajdovščina) R1 Velenje Hrastje/Jarški prod (LJ) Sevnica Zadlaščica (Tolmin) Kolovec Komenda – Mengeš Podpeč – Preserje Spodnja Idrija Straža Radeče Ljutomer - Mota Trbovlje(zahodni del) Stari trg - Lož Tabor	Vzorci pitne vode	Vzorči naročnik	1-krat letno	15	IJS F-2 za določitev specifične aktivnosti sevalcev gama in H-3 v sedmih vzorcih IJS O-2 za določitev Sr-90 in H-3 v osmih vzorcih

ENOTE IN NAZIVI KOLIČIN

V tabelah so dosledno uporabljene naslednje enote in oznake:

1. **VODE** (vodovod, zajetja, vrtine)

- 1.1. - aktivnost se navaja v enotah: Bq/m³
 (1 Bq/m³ = 1E-3 Bq/L = 1E-3 Bq/kg,
 približek velja ob predpostavki, da je 1 dm³ vode = 1 L vode = 1 kg vode)

1.2. **H-3** (vodovod, zajetja, vrtine)

- aktivnost se navaja v enotah Bq/m³ vode

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 iz 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-24	14,66 ur
kalij	K-40	1,277 10 ⁹ let
argon	Ar-41	1,827 ure
krom	Cr-51	27,70 dni
mangan	Mn-54	312,2 dni
železo	Fe-55	2,73 let
kobalt	Co-57	271,77 dni
kobalt	Co-58	70,916 dni
železo	Fe-59	44,47 dni
kobalt	Co-60	5,271 let
cink	Zn-65	244,1 dni
stroncij	Sr 89	50,55 dni
stroncij	Sr-90	28,5 let
itrij	Y-90	2,671 dni
cirkonij	Zr-95	64,02 dni
niobij	Nb-95	34,97 dni
niobij	Nb-97	1,202 ure
molibden	Mo-99	2,748 dni
rutenij	Ru-103	39,254 dni
rutenij	Ru-106	1,020 leto
srebro	Ag-110m	249,76 dni
kositer	Sn-113	115,09 dni
kositer	Sn-117m	13,61 dni
telur	Te-123m	119,7 dni
antimon	Sb-124	60,20 dni
antimon	Sb-125	2,73 let
telur	Te-125m	57,4 dni
jod	I-125	60,14 dni
telur	Te-127m	109 dni
telur	Te-129m	33,6 dni
jod	I-131	8,040 dni
ksenon	Xe-131 m	11,9 dni
telur	Te-132	2,36 dni
ksenon	Xe-133	2,19 dni
jod	I-133	20,8 ur
cezij	Cs-134	2,062 let
ksenon	Xe-135	9,104 dni
cezij	Cs-137	30,0 let
barij	Ba-140	12,746 dni
lantan	La-140	1,678 dni
cer	Ce-141	32,50 dni
cer	Ce-144	284,9 dni
živo srebro	Hg-203	46,60 dni
svinec	Pb-210	22,3 let
radon	Rn-222	3,835 dni
radij	Ra-226	1600 let
radij	Ra-228	5,75 let
torij	Th-228	1,913 let
uran	U-238	4,468 10 ⁹ let

MERSKE METODE

Koncentracije radioaktivnih snovi v okolju se merijo s specifičnimi metodami, ki omogočajo določanje njihove izotopske sestave. Ker pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10) ne predpisuje detekcijskih mej za pitno vodo, smo privzeli, da morajo biti detekcijske meje metod, s katerimi se merijo posamezne specifične aktivnosti radionuklidov v vzorcih vode za pitje brez omejitev, manjše od tridesetine izvedene koncentracije za posamezne radionuklide (UV2).

Seznam radionuklidov, katerih aktivnosti se merijo v okolju, mora vsebovati najbolj pogoste in najbolj radiotoksične izotope. Običajno 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 in detekcijo sevalcev beta. V okviru meritev radioaktivnosti v pitnih vodah se po kemični separaciji merijo aktivnosti stroncijevega izotopa Sr-90 in tritija H-3.

V nadaljevanju poglavja je opisana priprava vzorcev ter merske metode, ki jih pri meritvah uporabljamo.

a) PRIPRAVA VZORCEV

Vzorci nefiltrirane vode se izparijo na temperaturi 65° C. Postopek priprave sušine vzorcev vod je podrobno opisan v *Priprava sušine vzorcev vode (LMR-DN-06)*, priprava vzorcev pa v *Priprava vzorcev za visokoločljivostno spektrometrijo gama (LMR-DN-08)*.

b) VISOKOLOČLJIVOSTNA SPEKTROMETRIJA GAMA (Odsek F-2)

Aktivnosti sevalcev žarkov gama in rentgenskih žarkov (to so vsi izotopi, navedeni v tabelah razen Sr-89/Sr-90 in H-3), so bile izmerjene s spektrometrijo gama. Vsi spektrometri gama, ki so bili uporabljeni za meritve in pogoji okolja, v katerem delujejo, ustrezajo kriterijem, ki so navedeni v *Pravilniku o monitoringu radioaktivnosti*. Meritve so bile opravljene po postopku *LMR-DN-10*. Rezultati meritev so sledljivi k aktivnostim primarnih standardov v francoskem laboratoriju LNH. Sistematski vplivi geometrije vzorca, matrike vzorca, gostote vzorca, koincidenčnih korekcij in hitrosti štetja na rezultate, so upoštevani pri računu vseh aktivnosti. Negotovosti rezultatov so ocenjene v skladu z vodilom GUM in postopkom *LMR-RP-05*. Poleg statistične negotovosti prispevajo k negotovosti rezultatov še negotovosti predpostavk pri računu ploščin vrhov, kalibracije detektorjev, lastnosti vzorca, razpadnih konstant, merjenja količine vzorca in trajanja meritve. Najmanjša negotovost aktivnosti, ki je dosegljiva pri rutinskih meritvah in v ugodnih merskih pogojih, je 5 %.

Laboratorij za radiološke merilne sisteme in meritve radioaktivnosti je od marca 2003 akreditiran pri Slovenski akreditaciji pod zaporedno številko LP-022 za laboratorijske meritve aktivnosti sevalcev gama in rentgenskih žarkov z visokoločljivostno spektrometrijo gama v energijskem območju od 5 do 3000 keV v cilindričnih vzorcih z največjim premerom 12 cm in največjo debelino 6 cm. Vzorci morajo biti homogeni, kar pomeni, da so sevalci gama enakomerno porazdeljeni v vzorcu in da je matrika vzorca homogena. Vzorec se obravnava kot homogen, če je karakteristična dolžina, ki opisuje strukturo vzorca (npr. premer zrn ali debelina plasti), manjša od razdalje, na kateri se izkoristek za točkast vir spremeni za 2 %, ali pa če je najmanj 10 krat manjša od dimenzije vzorca. Obseg emisij iz vzorca je med 0,005 in 50000 s⁻¹.

Vzorci vodovodnih vod se merijo na spektrometrih z občutljivim področjem nad 5 keV. Pri meritvah s temi spektrometri je spodnja meja energijskega intervala občutljivosti določena z absorpcijo žarkov v materialu vzorca in v steni posodice. Vzorci se merijo neposredno na detektorjih, da je števeni izkoristek čim večji.

Analiza spektra poteka v dveh korakih:

- analiza vrhov
- identifikacija sevalcev in račun aktivnosti

Namen analize vrhov je redukcija količine podatkov iz vsebin kanalov na ploščine vrhov, iz katerih se računajo aktivnosti. Pri sevalcih, ki imajo enostavno razpadno shemo, uporabimo pri računanju aktivnosti števeni izkoristek, ki ga izračunamo iz lastnosti detektorja in vzorca. Aktivnosti sevalcev s kaskadnimi razpadi pa računamo z matričnimi elementi, ki opisujejo dimamiko kaskadnih razpadov. V tem primeru kot rezultat računa dobimo več vrednosti za aktivnosti, ki ustrezajo raznim vrhovom v spektru. Končno aktivnost sevalca dobimo s povprečenjem aktivnosti po vrhovih, pri katerem upoštevamo korelacije med posameznimi aktivnostmi.

Aktivnosti nekaterih dolgoživih izotopov določamo iz aktivnosti njihovih kratkoživih potomcev. Aktivnost U-238 določamo iz aktivnosti Th-234 in Pa-234m, aktivnost Ra-228 iz aktivnosti Ac-228 in aktivnost Ra-226 iz aktivnosti Pb-214 ter Bi-214 pri upoštevanju radiacijskega ravnostja, ki smo ga izračunali iz uhajanja Rn-222 iz vzorca.

V rezultatih meritev poročamo koncentracije vseh sevalcev, ki so nad mejo kvantifikacije. Le-ta je postavljena nizko (približno na dvojno mejo detekcije), da se izognemo izgubljanju informacij.

Reference:

- *Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti*, Uradni list RS 20 (2007) 2509
- *Visokoločljivostna spektrometrija gama v laboratoriju (LMR-DN-10)*, izdaja 12, feb. 2012, IJS, Ljubljana
- *Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM)*, JCGM 100:2008
- *Ocena merilne negotovosti (LMR-RP-05)*, izdaja 03, marec 2013, IJS, Ljubljana

c) RADIOKEMIČNA ANALIZA Sr-89/Sr-90 (Odsek O-2) *

Princip določanja stroncija v okoljskih vzorcih (voda, hrana in krma, tla in sedimenti) temelji na raztapljanju vzorca v ustreznih raztopinah. 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 (90 % Ar in 10 % CH₄). Izkoristek števca EBERLINE Multi-Low-Level Counter FHT 770 T za izbrane radionuklide je določen s certificiranimi standardi francoskega laboratorija LEA, division de CERCA.

V primerih, ko je potrebna določitev Sr-89, se izvrši separacija stroncija Sr-89/Sr-90, ter po izpostavljenem ravnotežju Sr-90/Y-90 pa izolacija itrija. Iz prve meritve SrCO₃ izmerimo skupno aktivnost obeh, Sr-89/Sr-90; iz meritve Y-90 izračunamo aktivnost Sr-90 ter nato izračunamo aktivnost Sr-89.

Natančni postopek določanja Sr-89/Sr-90 s štetjem beta je opisan v standardnem delovnem navodilu SDN-O2-STC(01) in v delovnem navodilu DP-O2-STC(01).

Reference:

- B. Vokal, Š. Fedina, J. Burger, I. Kobal, Ten year Sr-90 survey at the Krško Nuclear Power Plant, *Annali di Chimica*, 88, 1998, 731-741
- *Določanje stroncija z beta štetjem (SDN-O2-STC(01))*, 6. izdaja, dec 2012, IJS, Ljubljana
- *Določanje stroncija z beta štetjem (SDN-O2-STC(01))*, 7. izdaja, jun. 2014, IJS, Ljubljana
- *Navodilo za uporabo proporcionalnega števca, DP-O2-STC(01)*, 2 izdaja, scp. 2008, IJS, Ljubljana
- *Poročilo o validaciji metode za določanje stroncija z beta štetjem*, IJS-DP-9893, maj 2008
- *Poročilo o validaciji metod STC v letu 2009*, IJS-DP-10349, dec. 2009
- V. Stibilj, B. Svetek, Z. Trkov, P. Vreča, *Poročilo o validaciji STC metod in izračunu merilne negotovosti v letu 2010*, IJS-DP-10659, 2011
- V. Stibilj, B. Svetek, Z. Trkov, P. Vreča, *Poročilo o validaciji STC metod in izračunu merilne negotovosti v letu 2011*, IJS-DP-11075, 2012
- IAEA-TECDOC-1401, *Quantifying uncertainty in nuclear analytical measurements*, 2004

* Merska metoda za določitev stroncija na Odseku O-2 ni akreditirana pri SA pod zaporedno št. LP-022.

d) RADIOKEMIČNA ANALIZA H-3 (Odsek F-2)

Na *Odseku F-2* poteka določitev tritija v vzorcih vod z elektrolitsko obogatitvijo in tekočinskoscintilacijskim štetjem.

Vzorke najprej destiliramo, preverimo pH destilata in mu dodamo natrijev peroksid. Pol litra vzorca elektrolitsko obogatimo, preostanku dodamo svinčev klorid in opravimo drugo destilacijo. V tekočinskoscintilacijskem števcu Quantulus 1220 (Wallac, PerkinElmer) merimo merjenje, 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:

- *Umeritvene krivulje za tekočinskoscintilacijski spektrometer (LSC-DN-05)*, izdaja 00, jan. 2008, IJS, Ljubljana
- *Vzorčenje in priprava vzorcev za določitev tritija (LSC-DN-06)*, izdaja 03, dec. 2012, IJS, Ljubljana
- *Meritev, analiza in izračun vsebnosti tritija (LSC-DN-07)*, izdaja 03, avg. 2009, IJS, Ljubljana

e) RADIOKEMIČNA ANALIZA H-3 (Odsek O-2) *

Vzorke vode najprej destiliramo in nato izvedemo elektrolizo. Po končani elektrolizi obogateni preostanek s tritijem 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). Števec je umerjen s certificiranim kalibracijskim standardom. Tritij določamo v vodnih vzorcih po postopkih, ki so natančno opisani v *SDN-O2-STC(02)* in *DP-O2-STC(02)*.

Reference:

- *Določanje tritija s tekočinskim scintilacijskim štetjem (SDN-O2-STC(02))*, 5. izdaja, dec. 2012, IJS, Ljubljana
- *Določanje tritija s tekočinskim scintilacijskim štetjem (SDN-O2-STC(02))*, 6. izdaja, jun. 2014, IJS, Ljubljana
- *Navodilo za uporabo tekočinsko scintilacijskega števca TRICARB 3170 TR/SL (DP-O2-STC(02))*, 2. izdaja, sep. 2008, IJS, Ljubljana
- 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
- Validacija metode za določitev tritija s tekočinskim scintilacijskim štetjem v letu 2007 IJS-DP-9890, 2008
- Poročilo o validaciji metod STC v letu 2009, IJS-DP-10349, dec. 2009
- V. Stibilj, B. Svetek, Z. Trkov, P. Vreča, *Poročilo o validaciji STC metod in izračunu merilne negotovosti v letu 2010*, IJS-DP-10659, 2011
- V. Stibilj, B. Svetek, Z. Trkov, P. Vreča, *Poročilo o validaciji STC metod in izračunu merilne negotovosti v letu 2011*, IJS-DP-11075, 2012
- *HASL-300*, Procedure Manual, November 1990
- Isotope Hydrology lab.; Technical Procedure Note 19, *Procedure and Technique Critique for Tritium Enrichment by Electrolysis at the IAEA Laboratory*, IAEA 1976

* Merska metoda za določitev tritija na Odseku O-2 ni akreditirana pri SA pod zaporednošt. LP-022.

TABELARIČNI ZAPISI MERITEV

Izmerki v tabelah so zapisani po naslednjih pravilih:

- 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.
- Število, ki sledi znaku $\pm$, je številska vrednost združene standardne negotovosti specifične aktivnosti in se nanaša na interval zaupanja z 68 % 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.

- Poročane negotovosti so izračunane v skladu z vodili GUM (2008).
- Če je pri detektirani prisotnosti radionuklida negotovost aktivnosti večja od 80 % vrednosti izmerka, se poroča meja kvantifikacije - vrednost izmerka se prišteje k razširjeni negotovosti ($k=2$), rezultat pa označi kot manjši ($<$) od dobljene številčne vrednosti.

Število za znakom $<$ je številska vrednost spodnje meje aktivnosti, določljive za dan izotop, in se nanaša na interval zaupanja s 95 % zanesljivostjo.

- Spodnjo mejo aktivnosti se zaradi visoke detekcijske meje poroča le za Pb-210, ki je zaradi visokega doznega faktorja pomemben pri oceni doz.

Pri Pb-210 je število za znakom $<$ ali številska vrednost spodnje meje aktivnosti pri danih pogojih meritve in se nanaša na interval zaupanja s 95 % zanesljivostjo ali meja kvantifikacije.

Pri ostalih nedektiranih radionuklidih zaradi preglednosti njihove spodnje meje aktivnosti v tabele ne pišemo. Pri izračunih letnih povprečij se prazna polja upoštevajo kot ničle.

- V tabele ne pišemo spodnjih detekcijskih mej, ki so ocenjene iz velikosti ozadja, verjetnosti za detekcijo in količine vzorca.
- Aktivnost Ra-226 je določena iz aktivnosti kratkoživih radonovih potomcev (Pb-214 in Bi-214). Faktor, ki opisuje ravnovesje med radijem in radonovimi potomci smo izračunali iz ekshalacije in časovnega intervala med pripravo in meritvijo vzorca.
- Aktivnost urana je določena pri predpostavki, da je U-238 v ravnovesju s potomci Th-234 in Pa-234M, ter da sta koncentraciji izotopov U-235 in U-238 v naravnem razmerju.
- 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.
- Radiokemična analiza stroncija Sr-89/Sr-90 je bila narejena na *Odseku O-2*, na *Odseku F-2* so bile specifične aktivnosti poročane v enotah Bq/kg suhe snovi. V tem poročilu je podan izračun specifične aktivnosti na dejanski vzorec (Bq/kg sveže snovi ali Bq/m³ za vodne vzorce), ki je bil izveden na *Odseku F-2*.

SEZNAM TABEL MERITEV

Stran

1. VODOVODI – enkratni vzorci nefiltrirane vode

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

HRASTJE / JARŠKI PROD	11
MENGEŠ	11
KOLOVEC	11
PODPEČ - PRESERJE	11

2. VODOVODI – enkratni vzorci nefiltrirane vode

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

STARI TRG - LOŽ	12
TRBOVLJE	12
RADEČE	12
TABOR	12

3. VODOVODI – enkratni vzorci nefiltrirane vode

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

VELENJE - ŠOŠTANJ	13
ZADLAŠČICA (TOLMIN)	13
IIUBELJ (AJDOVŠČINA)	13
SPODNJA IDRIJA	13

4. VODOVODI – enkratni vzorci nefiltrirane vode

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

SEVNICA	14
STRAŽA	14
LJUTOMER - MOTA	14

1. VODOVODI – enkratni vzorci

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

Vzorč. mesto	Hrastje / Jarški prod	Mengeš	Kolovec	Podpeč - Preserje
Datum vzor.	26. 5. 2014	26. 5. 2014	26. 5. 2014	26. 3. 2014
Kol. vzorca (L)	50,25	50,81	51,53	50,29
Koda vzorca	RP14VD100051	RP14VD123451	RP14VD123551	RP14VD135231
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)			
U-238	2,3E+00 ± 6E-01 #	3,6E+00 ± 1E+00	3,6E+00 ± 2E+00	3,6E+00 ± 2E+00
Ra-226	7,6E-01 ± 3E-01 #	< 1E+00	3,6E+00 ± 5E-01	5,9E-01 ± 4E-01
Pb-210	3,2E+00 ± 6E-01	< 2E+00	< 9E+00	< 2E+00
Ra-228		< 1E+00	2,0E+00 ± 4E-01	1,1E+00 ± 7E-01
Th-228	1,6E-01 ± 6E-02 #	6,1E-01 ± 3E-01	3,9E-01 ± 3E-01	3,4E-01 ± 2E-01
Th-230				
K-40	3,3E+01 ± 4E+00	5,7E+00 ± 2E+00	2,0E+01 ± 3E+00	5,1E+00 ± 2E+00
Be-7	3,5E+00 ± 8E-01	< 2E+00	< 2E+00	
I-131				
Cs-134				
Cs-137	< 5E-01			< 3E-01
Cu-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-89/Sr-90	4,3E-01 ± 1E-01 #	< 4E-01 #	1,6E+00 ± 1E-01 #	3,0E+00 ± 2E-01 #
H-3	7,4E+02 ± 1E+02 #	4,4E+02 ± 6E+01	7,8E+02 ± 9E+01	7,9E+02 ± 2E+02 #

(*) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 na vzorcih RP14VD123451 in RP14VD123551 so bile opravljene na Odseku F-2, radiokemijske analize H-3 na vzorcih RP14VD100051 in RP14VD135231 in vse analize Sr-90 pa na Odseku O-2.

Specifične aktivnosti radionuklidov razen H-3 in Sr-90, označene z #, so določene z VLG, vendar so vrednosti izven obsega akreditacije pri SA pod št. LP-022.

Rezultati radiokemijskih analiz stroncija Sr-90 in H-3, ki so bile narejene na Odseku O-2, so bili poročani na Odsek F-2 v enotah Bq/kg sušine. V tem poročilu je podan izračun specifične aktivnosti na dejanski vzorec (Bq/m³ vode), ki je bil izveden na Odseku F-2. Ti rezultati so izven obsega akreditacije LP-022.

2. VODOVODI – enkratni vzorci

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

Vzorč. mesto	Stari trg - Lož	Trbovlje	Radeče	Tabor
Datum vzor.	9. 4. 2014	26. 5. 2014	10. 4. 2014	20. 5. 2014
Kol. vzorca (L)	50,75	50,83	51,05	50,74
Koda vzorca	RP14VD138641	RP14VD142051	RP14VD143341	RP14VD330451
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m³)				
IZOTOP				
U-238	4,0E+00 ± 2E+00	< 4E+00	< 4E+00	2,3E+00 ± 2E+00 #
Ra-226	1,4E+00 ± 5E-01	6,4E+00 ± 7E-01	5,0E+00 ± 7E-01	
Pb-210	< 3E+00	1,9E+00 ± 1E+00	< 5E+00	< 2E+00
Ra-228	1,1E+00 ± 6E-01	3,1E+00 ± 4E-01	< 4E-01	< 2E+00
Th-228	5,0E-01 ± 2E-01	3,0E-01 ± 2E-01	< 4E-01	< 5E-01
Th-230				
K-40	7,6E+00 ± 4E+00	2,6E+01 ± 4E+00	1,1E+01 ± 2E+00	1,1E+01 ± 3E+00
Be-7		1,7E+00 ± 1E+00 #	2,6E+00 ± 1E+00	4,6E+00 ± 1E+00
I-131				
Cs-134				
Cs-137		< 6E-01	1,6E-01 ± 8E-02	< 2E-01
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-89/Sr-90	< 6E-01 #	7,6E-01 ± 8E-02 #	8,5E-01 ± 2E-01 #	7,3E-01 ± 1E-01 #
H-3	6,2E+02 ± 8E+01	7,2E+02 ± 7E+01	5,8E+02 ± 9E+01	8,4E+02 ± 1E+02 #

(*) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 na vzorcih RP14VD138641, RP14VD142051 in RP14VD144351 so bile opravljene na Odseku F-2, radiokemijske analize H-3 na vzorcu RP14VD330451 in vse analize Sr-90 pa na Odseku O-2.

Specifične aktivnosti radionuklidov razen H-3 in Sr-90, označene z #, so določene z VLG, vendar so vrednosti izven obsega akreditacije pri SA pod št. LP-022.

Rezultati radiokemijskih analiz stroncija Sr-90 in H-3, ki so bile narejene na Odseku O-2, so bili poročani na Odsek F-2 v enotah Bq/kg sušine. V tem poročilu je podan izračun specifične aktivnosti na dejanski vzorec (Bq/m³ vode), ki je bil izveden na Odseku F-2. Ti rezultati so izven obsega akreditacije LP-022.

3. VODOVODI – enkratni vzorci

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

Vzorč. mesto	Velenje - Šoštanj	Zadlaščica (Tolmin)	Hubelj (Ajdovščina)	Spodnja Idrija
Datum vzor.	20. 5. 2014	26. 3. 2014	26. 3. 2014	26. 3. 2014
Kol. vzorca (L)	51,46	51,43	49,64	47,21
Koda vzorca	RP14VD332051	RP14VD522031	RP14VD527031	RP14VD528131
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)			
U-238	1,2E+01 ± 1E+00		< 8E+00	1,2E+01 ± 5E+00
Ra-226	2,5E+01 ± 3E+00			
Pb-210	< 3E+00	< 2E+00	< 2E+00	< 4E+00
Ra-228	2,0E+00 ± 5E-01	8,7E-01 ± 4E-01	< 1E+00	< 1E+00
Th-228	2,2E-01 ± 2E-01 #	4,3E-01 ± 2E-01	5,3E-01 ± 3E-01	5,5E-01 ± 2E-01
Th-230				
K-40	4,0E+01 ± 5E+00	< 5E+00	< 8E+00	< 9E+00
Be-7	< 3E+00	6,6E+00 ± 1E+00	5,2E+00 ± 1E+00	
I-131				
Cs-134				
Cs-137	< 3E-01		2,7E-01 ± 1E-01	< 4E-01
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-89/Sr-90	6,7E-01 ± 8E-02 #	6,6E+00 ± 4E-01 #	2,0E+00 ± 2E-01 #	1,9E+00 ± 2E-01 #
H-3	7,6E+02 ± 1E+02 #	7,0E+02 ± 1E+02 #	6,3E+02 ± 2E+02 #	4,8E+02 ± 2E+02 #

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

- # Specifične aktivnosti radionuklidov razen H-3 in Sr-90, označene z #, so določene z VLG, vendar so vrednosti izven obsega akreditacije pri SA pod št. LP-022.
- # Rezultati radiokemijskih analiz stroncija Sr-90 in H-3, k iso bile narejene na Odseku O-2, so bili poročani na Odsek F-2 v enotah Bq/kg sušine. V tem poročilu je podan izračun specifične aktivnosti na dejanski vzorec (Bq/m³ vode), ki je bil izveden na Odseku F-2. Ti rezultati so izven obsega akreditacije LP-022.

4. VODOVODI – enkratni vzorci

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

Vzdrž. mesto	Sevnica	Straža	Ljutomer - Mota
Datum vzor.	10. 4. 2014	10. 4. 2014	19. 5. 2014
Kol. vzorca (L)	50,23	49,63	51,79
Koda vzorca	RP14VD829041	RP14VD835141	RP14VD924051
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m³)		
U-238	3,0E+00 ± 1E+00	3,1E+00 ± 2E+00	6,9E+00 ± 4E+00
Ra-226	4,7E+00 ± 9E-01	< 2E+00	2,3E+00 ± 4E-01
Pb-210	< 2E+00	< 3E+00	3,3E+00 ± 2E+00
Ra-228	1,6E+00 ± 5E-01	1,7E+00 ± 6E-01	2,4E+00 ± 4E-01
Th-228	3,7E-01 ± 2E-01	5,6E-01 ± 2E-01	3,6E-01 ± 2E-01
Th-230			
K-40	1,3E+01 ± 3E+00	2,6E+01 ± 4E+00	9,2E+01 ± 9E+00
Be-7		4,7E+00 ± 2E+00	
I-131			
Cs-134			
Cs-137		< 4E-01	
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
Sr-89/Sr-90	< 5E-01 #	5,3E-01 ± 8E-02 #	5,9E-01 ± 1E-01 #
H-3	8,1E+02 ± 9E+01	5,3E+02 ± 1E+02	8,8E+02 ± 1E+02 #

(*) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 na vzorcih RP14VD829041 in RP14VD835141 so bile opravljene na Odseku F-2, radiokemijska analiza H-3 na vzorcu RP14VD924051 in vse analize Sr-90 pa na Odseku O-2.

Rezultati radiokemijskih analiz stroncija Sr-90 in H-3, ki so bile narejene na Odseku O-2, so bili poročani na Odsek F-2 v enotah Bq/kg sušine. V tem poročilu je podan izračun specifične aktivnosti na dejanski vzorec (Bq/m³ vode), ki je bil izveden na Odseku F-2. Ti rezultati so izven obsega akreditacije LP-022.

DODATNI PODATKI O MERITVAH VLG

OZNAKA VZORCA	DATUM IN URA PRIČETKA MERITVE	ČAS TRAJANJA MERITVE [s]
PITNA VODA		
RP14-VD5270-31	4.4.2014 13:33:43	233106
RP14-VD3320-51	9.6.2014 12:11:27	153364
RP14-VD1000-51	30.6.2014 12:58:35	75655
RP14-VD1000-51	1.7.2014 17:25:25	157108
RP14-VD8290-41	28.4.2014 12:35:24	156310
RP14-VD8290-41	23.4.2014 13:39:45	156103
RP14-VD5220-31	11.4.2014 17:37:28	229151
RP14-VD1235-51	16.7.2014 13:48:22	156107
RP14-VD1234-51	4.7.2014 16:23:03	230540
RP14-VD1352-31	11.4.2014 17:38:25	238692
RP14-VD1352-31	14.4.2014 14:15:16	150848
RP14-VD5281-31	2.4.2014 12:05:02	158440
RP14-VD8351-41	16.4.2014 14:58:39	145933
RP14-VD1433-41	23.4.2014 13:20:35	158410
RP14-VD9240-51	1.7.2014 13:17:47	171198
RP14-VD9240-51	14.7.2014 15:47:28	158228
RP14-VD1420-51	3.7.2014 14:32:31	322892
RP14-VD1420-51	16.7.2014 13:31:19	154269
RP14-VD1386-41	28.4.2014 12:47:53	153659
RP14-VD3304-51	11.6.2014 11:55:59	181734
RP14-VD3304-51	9.6.2014 12:00:21	153598

PODATKI O LOKACIJAH MERSKIH TOČK

KRAJ	NASLOV	KODA VZORCA	GPS KOORDINATE *
PITNA VODA			
Hubelj (Ajdoščina)	OŠ Renče Trg 31, 5292 Renče	RP14-VD5270-31	
Velenje	Vrtec Tinkara Šlandrova 11, 3320 Velenje	RP14-VD3320-51	
Hrastje/Jarški prod (LJ)	Vrtec Pedenjped / Kašelj Ob studencu 11a 1000 Ljubljana	RP14-VD1000-51	
Sevnica	OŠ Sevnica Savska 2, 8290 Sevnica	RP14-VD8290-41	
Zadlaščica (Tolmin)	Vrtec Tolmin, Ulica prekomorskih brigad 1 5220 Tolmin	RP14-VD5220-31	
Kolovec	OŠ Preserje pri Radomljah Pelechova 83 1235 Radomlje	RP14-VD1235	
Komenda – Mengeš	Vrtec Mengeš Šolska ulica 12, 1234 Mengeš	RP14-VD1234-51	
Podpeč – Preserje	Vrtci Brezovica, Enota Podpeč Jezero 113, 1352 Preserje	RP14-VD1352-31	
Spodnja Idrija	Kendov dvorec Na Griču 2, 5280 Spodnja Idrija	RP14-VD5281-31	
Straža	OŠ Vavta vas Vavta vas 1, 8351 Straža	RP14-VD8351-41	
Radeče	OŠ Marjana Nemca Radeče Šolska pot 5, 1433 Radeče	RP14-VD1433-41	
Ljutomer - Mota	Vrtec Cven Cven 3 C, Cven, 9240 Ljutomer	RP14-VD9240-51	
Trbovlje(zahodni del)	Gostilna Polna luna Bevško 45a 1420 Trbovlje	RP14-VD1420-51	
Stari trg - Lož	OŠ Heroja Janeza Hribarja Cesta Notranjskega odreda 32 1386 Stari trg pri Ložu	RP14-VD1386-41	
Tabor	Vrtec Trnava Trnava 5 B, 3303 Gomilsko 3304 Tabor	RP14-VD3304-51	

* Geografskih koordinat nam vzorčevalci niso posredovali.

¶