

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: **55/2013**

Stran:
Page: 1 od
of 15

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 2013 (Sklop 2), št. pogodbe C2717-13-232002

Program meritev
Programme of measurements Določen je v 3. členu pogodbe št. C2717-13-232002


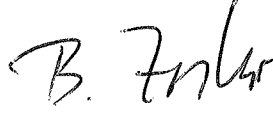
Končno poročilo za leto 2013

Merske metode
Methods of measurement Visokoločljivostna spektrometrija gama (VLG)
Radiokemična analiza Sr-89/Sr-90
Radiokemična analiza H-3

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 <i>Report prepared by</i>	Poročilo pregledal in odobril <i>Report checked and authorized by</i>	Datum izdaje <i>Date of issue</i>
 mag. Denis Glavič-Cindro	 dr. Benjamin Zorko	25. oktober 2013

Vzorci <i>Samples</i>	Datumi in kraji vzorčevanja <i>Sampling dates and locations</i>	<p>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.</p> <p>Podrobni podatki o vzorčevalnih mestih so podani v poglavju Podatki o lokacijah merskih točk.</p>
	Izvajalci del <i>Work performers</i>	<p>Na <i>Odseku F-2</i> so dela opravili sodelavci <i>Laboratorija za radiološke merilne sisteme in meritve radioaktivnost in Laboratorija za tekočinskoscintilacijsko spektrometrijo</i>. Njihove zadolžitve in poimenska razporeditev del so določeni v postopkih <i>LMP-OP-04, LMR-OP-05 in LSC-OP-01</i>.</p> <p>Sodelavci <i>Odseka O-2</i> so opravili radiokemijske analize Sr-89/Sr-90 in H-3 v skladu z njihovim sistemom kakovosti.</p>
	Oznake vzorcev (IJS) <i>Sample codes (JSI)</i>	<p>Način označevanja vzorcev je določen v navodilu <i>LMR-DN-09</i>. Oznake vzorcev so zapisane v tabelah ob rezultatih posameznih meritev.</p>
	Pogoji okolice v laboratoriju <i>Laboratory environmental conditions</i>	<p>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 (ver. 08 / maj 2013)</i>, na <i>Odseku O-2</i> pa v <i>OP-O2(10)</i>.</p>
Opombe <i>Remarks</i>	<p>Aktivnosti, navedene v poročilu, se nanašajo na odvzet material. Količina vzorcev je zapisana v tabelah ob rezultatih posameznih meritev.</p> <p>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.</p> <p>Če želite dodatna pojasnila, nas prosim pokličite.</p>	
Dovoljenje <i>Permission</i>	<p>To poročilo o opravljenih meritvah aktivnosti je celovit dokument, zato reprodukcija posameznih delov brez pismene privolitve IJS ni dovoljena.</p> <p>Za potrebe ovrednotenja, ki jih zagotavljata URSJV in URSVS po določenih 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 poročila, ki jih zagotavljata URSVS in URSJV.</p> <p>Za potrebe poročila <i>Radioaktivnost v življenjskem okolju Slovenije za leto 2013</i>, ki ga pripravlja Zavod za varstvo pri delu, d.d., 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 2013</i>.</p>	

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
TABLARIČNI ZAPISI MERITEV	9
SEZNAM TABEL MERITEV	10
DODATNI PODATKI O MERITVAH VLG	14
PODATKI O LOKACIJAH MERSKIH TOČK	15

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	Maribor, območje 6 - Ceršak Tržič (Žegnani studenec) Laško Ravne na Koroškem - Šumc Rogaška Slatina - Loka -Šmarje - Rogaška Cerknica Žirovše - Taterman - Kamrca - Žirovše Šemnik - Stahovlje Logatec Črnomelj - Dobliče Trbovlje (Osrednji del Trbovelj) Kamnik - Iverje Nova Gorica - Mrzlica Kranj Ljubljana - OS Kleče	Vzorci pitne vode	Vzorci naročnik	1 x 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/m^3
($1 Bq/m^3 = 1E-3 Bq/L = 1E-3 Bq/kg$,
približek velja ob predpostavki, da je $1 dm^3$ vode = 1 L vode = 1 kg vode)

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

- aktivnost se navaja v enotah Bq/m^3 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
trij	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 LNHB. Sistematski vplivi geometrije vzorca, matrike vzorca, gostote vzorca, koincidenčnih korekcij in hitrosti štetja na rezultate, so upoštevani pri računu vseh aktivnosti. Negotovosti rezultatov so ocenjene v skladu z vodilom 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 ravnovsja, 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 02, oktober 2003, 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))*, 5. izdaja, nov. 2011, IJS, Ljubljana
- *Navodilo za uporabo proporcionalnega števca, DP-O2-STC(01)*, 2. izdaja, sep. 2008, IJS, Ljubljana
- *Poročilo o validaciji metode za določanje stroncija z beta štetjem*, IJS Delovno poročilo, IJS-DP-9893, maj 2008, IJS, Ljubljana
- *Poročilo o validaciji metod STC v letu 2009*, IJS Delovno poročilo, IJS-DP-10349, dec. 2009, IJS, Ljubljana
- V. Stibilj, B. Svetek, Z. Trkov, P. Vreča, *Poročilo o validaciji STC metod in izračunu merilne negotovosti v letu 2010*, IJS delovno poročilo, 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 delovno poročilo, IJS-DP-11075, 2012
- EA-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 štejetjem.

Vzorce 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 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:

- *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 02, avg. 2009, 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) #

Vzorce vode najprej destiliramo in nato izvedemo elektrolizo. Po končani elektrolizi obogateni preostanek s tritijem destiliramo, odvezamemo 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 štejetjem (SDN-O2-STC(02))*, 4. izdaja, nov. 2011, 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 štejetjem v letu 2007*, IJS Delovno poročilo, IJS-DP-9890, 2008, IJS, Ljubljana
- *Poročilo o validaciji metod STC v letu 2009*, IJS Delovno poročilo, IJS-DP-10349, dec. 2009, IJS, Ljubljana
- V. Stibilj, B. Svetek, Z. Trkov, P. Vreča, *Poročilo o validaciji STC metod in izračunu merilne negotovosti v letu 2010*, IJS delovno poročilo, 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 delovno poročilo, IJS-DP-11075, 2012
- *HASL-300*, Procedure Manual, November 1990
- Isotope Hydrology lab.; Tehnical 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 številka 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 številka 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 številka 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 *Odsek 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

LJUBLJANA, Prule	11
ŽIROVŠE (Lukovica)	11
KAMNIK	11
LOGATEC	11
TRŽIČ	11

2. VODOVODI – enkratni vzorci nefiltrirane vode

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

CERKNICA	12
IZLAKE (Zagorje)	12
TRBOVLJE	12
MARIBOR (Sladki vrh)	12
NOVA GORICA	12

3. VODOVODI – enkratni vzorci nefiltrirane vode

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

RAVNE NA KOROŠKEM	13
ROGAŠKA SLATINA	13
LAŠKO	13
NAKLO	13
DRAGATUŠ	13

1. VODOVODI – enkratni vzorci

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

Vzorč. mesto	VVO Prule, Ulica na grad 2, Ljubljana	OŠ Janko Kersnik, Brdo pri Lukovici 5, Žirovše - Lukovica	OŠ Nevlje, Nevlje 18, Kamnik	ZZV Logatec, Tabor, Gorenjska c. 1A, Logatec	OŠ Kovor, Kriška cesta 15, Tržič
Datum vzor.	9. 5. 2013	15. 4. 2013	9. 5. 2013	21. 6. 2013	9. 5. 2013
Kol. vzorca (L)	51,23	50,73	50,95	51,25	50,27
Koda vzorca	RP13VD100051	RP13VD122541	RP13VD124151	RP13VD137061	RP13VD429051
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
U-238	1,1E+00 ± 8E-01 #	4,3E+00 ± 1E+00	1,2E+00 ± 4E-01 # <	5E+00	5,3E+00 ± 1E+00
Ra-226	1,8E+00 ± 1E+00	2,6E+00 ± 6E-01	< 4E-01	8,1E+00 ± 1E+00	3,2E+00 ± 5E-01
Pb-210	< 4E+00	7,4E+00 ± 3E+00	5,0E-01 ± 3E-01 #	4,8E+00 ± 2E+00	< 5E+00
Ra-228	< 7E-01	6,1E-01 ± 4E-01	4,8E-01 ± 1E-01	7,8E-01 ± 4E-01	< 1E+00
Th-228	2,5E-01 ± 2E-01	5,0E-01 ± 2E-01		2,4E-01 ± 2E-01	2,8E-01 ± 2E-01
Th-230					
K-40	2,4E+01 ± 2E+00	7,7E+00 ± 2E+00	3,1E+00 ± 7E-01	7,3E+00 ± 2E+00	5,9E+00 ± 2E+00
Be-7		4,6E+00 ± 9E-01			7,0E+00 ± 2E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137			< 4E-02		
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	< 5E-01 #	5,3E-01 ± 9E-02 #	2,5E+00 ± 2E-01 #	1,0E+00 ± 1E-01 #	1,2E+00 ± 1E-01 #
H-3	6,0E+02 ± 9E+01	1,0E+03 ± 2E+02 #	6,5E+02 ± 7E+01	3,5E+02 ± 6E+01	6,4E+02 ± 2E+02 #

- (*) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 na vzorcih RP13VD100051, RP13VD124151 in RP13VD137061 so bile opravljene na Odseku F-2, radiokemijske analize H-3 na vzorcih RP13VD122541 in RP13VD429051 in vse analize Sr-90 pa na Odseku O-2.
- # Radiokemijske analize stroncija Sr-90 in H-3, narejene na Odseku O-2, so bile poročane na Odsek F- 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. 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.

2. VODOVODI – enkratni vzorci

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

Vzorč. mesto	OŠ Cerknica, Cesta 4. maja 92, Cerknica	OŠ Tone Okrogar, Šolska 1, Zagorje, Šemenik - Izlake	Dom upokojecev Franca Salomona, Trbovlje	Vrtec Sladki Vrh, Sladki Vrh 8b, Maribor	Trgovina Mlinotest, Nova Gorica
Datum vzor.	21. 6. 2013	15. 4. 2013	15. 4. 2013	21. 6. 2013	21. 6. 2013
Kol. vzorca (L)	51,73	51,23	50,71	51,43	51,49
Koda vzorca	RP13VD138061	RP13VD141141	RP13VD142041	RP13VD200061	RP13VD500061
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
U-238	< 1E+01		< 9E+00	1,2E+01 ± 2E+00	1,6E+00 ± 1E+00 #
Ra-226	1,2E+01 ± 2E+00	4,1E+00 ± 8E-01	5,8E+00 ± 9E-01	1,5E+00 ± 4E-01	< 6E-01
Pb-210	< 3E+00	3,5E+00 ± 2E+00	6,4E+00 ± 2E+00	< 5E+00	< 3E+00
Ra-228	< 1E+00	5,5E-01 ± 4E-01	1,5E+00 ± 5E-01	1,6E+00 ± 6E-01	2,2E+00 ± 7E-01
Th-228	< 3E-01	2,7E-01 ± 1E-01	5,8E-01 ± 2E-01	< 5E-01	< 4E-01
Th-230					
K-40	1,5E+01 ± 2E+00	1,4E+01 ± 2E+00	2,3E+01 ± 3E+00	7,7E+01 ± 9E+00	4,2E+00 ± 2E+00
Be-7		7,8E+00 ± 1E+00	6,1E+00 ± 1E+00	< 3E+00	
I-131					
Cs-134					
Cs-137			< 3E-01		< 2E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	2,1E+00 ± 1E-01 #	5,1E-01 ± 1E-01 #	9,5E-01 ± 1E-01 #	2,8E+00 ± 2E-01 #	2,1E+00 ± 2E-01 #
H-3	5,8E+02 ± 2E+02 #	8,5E+02 ± 2E+02 #	7,0E+02 ± 1E+02	7,3E+02 ± 2E+02 #	4,7E+02 ± 6E+01

- (*) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 na vzorcih RP13VD142041 in RP13VD500061 so bile opravljene na Odseku F-2, radiokemijske analize H-3 na vzorcu RP13VD138061, RP13VD141141 in RP13VD200061 in vse analize Sr-90 pa na Odseku O-2.
- # Radiokemijske analize stroncija Sr-90 in H-3, narejene na Odseku O-2, so bile poročane na Odsek F- 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. 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.

3. VODOVODI – enkratni vzorci

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

Vzorč. mesto	Mercator center, Ravne na Koroškem	Vrtec Mestinje, Mestinje 43, Rogaška Slatina	Zdravilišče Laško	OŠ Naklo, Glavna cesta 47, Naklo	Gostilna Moravec, Mali Nerajec 4A, Dragatuš
Datum vzor.	15. 7. 2013	15. 7. 2013	21. 6. 2013	9. 5. 2013	19. 6. 2013
Kol. vzorca (L)	52,7	52,34	51,15	51,39	51,43
Koda vzorca	RP13VD239071	RP13VD325071	RP13VD327061	RP13VD400051	RP13VD834061
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m³)				
U-238	9,9E-01 ± 4E-01 #	1,8E+01 ± 5E+00	2,2E+00 ± 7E-01 #	2,4E+00 ± 1E+00 #	4,3E+00 ± 3E+00
Ra-226	3,6E+00 ± 5E-01	5,9E+00 ± 7E-01	5,1E+00 ± 6E-01	3,6E+00 ± 1E+00	1,9E+00 ± 6E-01
Pb-210	1,3E+00 ± 3E-01 # <	5E+00	1,7E+00 ± 4E-01 # <	3E+00	3,5E+00 ± 2E+00
Ra-228	4,2E-01 ± 2E-01	2,8E+00 ± 5E-01	1,4E+00 ± 3E-01	3,6E-01 ± 3E-01 #	1,6E+00 ± 1E+00
Th-228	2,4E-01 ± 5E-02	4,9E-01 ± 2E-01	1,5E-01 ± 5E-02 # <	4E-01	2,7E-01 ± 2E-01
Th-230					
K-40	4,2E+00 ± 9E-01	1,4E+01 ± 4E+00	6,2E+00 ± 1E+00	4,5E+00 ± 2E+00	6,3E+00 ± 3E+00
Be-7	2,2E+00 ± 4E-01 <	3E+00	2,4E+00 ± 5E-01	4,5E+00 ± 9E-01	1,9E+00 ± 1E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137					
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	3,9E-01 ± 8E-02 #	5,3E-01 ± 1E-01 #	5,6E-01 ± 9E-02 #	2,3E+00 ± 2E-01 #	2,9E+00 ± 2E-01 #
H-3	9,8E+02 ± 2E+02 #	8,9E+02 ± 2E+02 #	7,6E+02 ± 2E+02 #	7,2E+02 ± 9E+01	5,8E+02 ± 7E+01

(*) Visokoločljivostna spektrometrija gama in radiokemijske analize H-3 na vzorcih RP13VD142041 in RP13VD500061 so bile opravljene na Odseku F-2, radiokemijske analize H-3 na vzorcu RP13VD138061, RP13VD141141 in RP13VD200061 in vse analize Sr-90 pa na Odseku O-2.

Radiokemijske analize stroncija Sr-90 in H-3, narejene na Odseku O-2, so bile poročane na Odsek F- 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.

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.

DODATNI PODATKI O MERITVAH VLG

OZNAKA VZORCA	DATUM IN URA PRICETKA MERITVE	ČAS TRAJANJA MERITVE [s]
PITNA VODA		
RP13-VD2000-61	15.7.2013 16:27:10	143839
RP13-VD1370-61	2.7.2013 14:21:36	166858
RP13-VD4290-51	20.5.2013 10:50:12	157945
RP13-VD8340-61	2.7.2013 14:13:48	159083
RP13-VD3270-61	15.7.2013 16:33:24	145580
RP13-VD1420-41	8.5.2013 10:19:51	176525
RP13-VD1420-41	23.4.2013 14:02:16	160810
RP13-VD2390-71	24.7.2013 15:39:56	159007
RP13-VD1241-51	24.5.2013 16:09:15	222672
RP13-VD3250-71	29.7.2013 11:30:58	171084
RP13-VD5000-61	15.7.2013 16:16:26	148495
RP13-VD5000-61	24.7.2013 14:32:18	164822
RP13-VD1380-61	2.7.2013 14:21:05	167917
RP13-VD4000-51	24.5.2013 18:02:13	307485
RP13-VD4000-51	4.6.2013 12:31:42	162090
RP13-VD1225-41	23.4.2013 13:57:07	156720
RP13-VD1000-51	24.5.2013 17:59:07	317672
RP13-VD1000-51	4.6.2013 12:28:06	152348
RP13-VD1411-41	23.4.2013 13:58:34	163345

PODATKI O LOKACIJAH MERSKIH TOČK

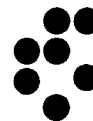
KRAJ	NASLOV	KODA VZORCA	GPS KOORDINATE *
PITNA VODA			
Vrtec Sladki vrh	Sladki Vrh 8 B, 2214 Sladki Vrh (Maribor)	RP13-VD2000-61	
ZZV Logatec, Tabor	Gorenjska c. 1A, 1370 Logatec	RP13-VD1370-61	
Tržič (Žegnani studenec) OŠ Kovor	Kriška cesta 15 4290 Tržič	RP13-VD4290-51	
Gostilna Moravec, Dragotuš	Mali Nerajevac 4A, 8340 Dragotuš	RP13-VD8340-61	
Zdravilišče Laško	3270 Laško	RP13-VD3270-61	
Trbovlje Dom upokojenecv Franca Salomona	Kolonija 1. maja 30 1420 Trbovlje	RP13-VD1420-41	
Mercator center	Ravne na Koroškem (Šumc)	RP13-VD2390-71	
Kamnik OŠ Nevlje	Nevlje 18 1241 Kamnik	RP13-VD1241-51	
Vrtec Mestinje	Mestinje 43, 3241 Podplat (Rogaška Slatina)	RP13-VD3250-71	
Trgovina Mlinotest	Rejčeva ulica 26 5000 Nova Gorica	RP13-VD5000-61	
OŠ Cerknica	Cesta 4. maja 92 1380 Cerknica	RP13-VD1380-61	
Kranj OŠ Naklo	Glavna cesta 47 4202 Naklo	RP13-VD4000-51	
Žirovše (Lukovica) OŠ Janko Kersnik	Brdo pri Lukovici 5 1225 Žirovše (Lukovica)	RP13-VD1225-41	
Ljubljana VVO Prule	Ulica na grad 2 1000 Ljubljana	RP13-VD1000-51	
Šemnik (Izlake) OŠ Tone Okrogar	Šolska1 1411 Zagorje ob Savi	RP13-VD1411-41	

* Geografskih koordinat nam vzorčevalci niso posredovali.



Institut "Jožef Stefan", Ljubljana, Slovenija

1001 Ljubljana, p.p. 3000 / Jamova 39 / Tel. n.c. 477 39 00, Fax: 423 54 00
Identifikacijska št.: SI55560822 / matična št.: 5051606 / TRR: 01100-6030344242



NALOG ZA IZSTAVITEV RAČUNA

ENOTA: F2

DATUM: 30. 10. 2013

Izstavitev računa za opravljeno storitev oz. dobavo blaga:

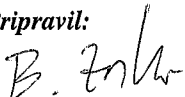
PODATKI O NAROČNIKU:

Ime organizacije:	Ministrstvo za zdravje
	Uprava Republike Slovenije za varstvo pred sevanji
Ulica:	Ajdovščina 4, 9. Nadstropje SKB
Kraj:	1000 Ljubljana
Država:	Slovenija
Davčna številka:	
Št.naročilnice ali pogodbe:	C2717-13-232002
Št.predračuna ali ponudbe IJS:	
Delovni nalog:	PR-04941 : 4.576,14 EUR PR-04941-1: 3.011,40 EUR


	naziv	kol.	cena/enoto (EUR)	skupaj (EUR)	z DDV (EUR)
Opravljena storitev	Monitoring radioaktivnosti pitne vode, 2.faza (8 vzorcev)	1	7.587,54	7.587,54	9.256,80
Dobava blaga					

Datum opravljanja storitev oziroma dobave blaga: (datum dobavnice, poročila, zapisnika, ipd.)	01. 7. – 30. 10. 2013
Poročilo oddano:	30. 10. 2013

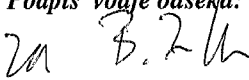
Pripravil:


dr. Benjamin Zorko

Nosilec delovnega naloga:


dr. Benjamin Zorko

Podpis vodje odseka:


doc. dr. Primož Pelicon