

ZVD

LMSAR 41/04

Ljubljana, januar 2004

**Radioaktivna kontaminacija gozdnega
ekosistema v Sloveniji**



ZVD ZAVOD ZA VARSTVO PRI DELU D.D., LJUBLJANA

Center za ekologijo toksikologijo in varstvo pred sevanji
Laboratorij za meritve specifične aktivnosti radionuklidov

Št. poročila: **LMSAR-41/2004**

Datum: 19.1.2004

Radioaktivna kontaminacija gozdnega ekosistema v Sloveniji

Naročnik / uporabnik (koda):

Ministrstvo za okolje in prostor

Uprava RS za jedrsko varnost

Železna cesta 16

1001 Ljubljana

Lokacija meritev

Dravograd z okolico:

Ojstrica – Srebnik - Kozji vrh

Otiški vrh – Gojarjev vrh

Libeliče – Libeliška gora

Številka in datum pogodbe:

397-24/2003/1/0300, 3.6.2003

Datum meritve:

Junij – november 2003

Poročilo sestavil:

Peter Jovanovič, inž. fiz.

Poročilo odobril:

Dr. Gregor Omahen, univ. dipl. fiz.

Poročilo pregledal:

Dr. Gregor Omahen, univ. dipl. fiz.

Poročilo vsebuje skupaj 20 strani, prilogi A in B in ga je dovoljeno reproducirati samo v celoti

Radioaktivna kontaminacija gozdnega ekosistema v Sloveniji

Peter Jovanovič, inž. fiz.

Ključne besede: gozdni ekosistem, kontaminacija, Cs-137, Sr-90

Povzetek:

V obdobju od 1945 do 1980 je bilo opravljenih 423 zračnih jedrskih poskusov, ki so kontaminirali zlasti severno zemeljsko poloblo. Dolgoživa radionuklida ^{137}Cs in ^{90}Sr sta kot posledica tega v okolju prisotna še danes. Ob eksploziji jedrskega reaktorja v Černobilu 26. aprila 1986 je bila v zrak sproščena skupna radioaktivnost 10^{18} Bq (IAEA 1986), od česar se je približno 37 % radioaktivnega materiala razpršilo po Evropi izven tedanje Sovjetske zveze. Ena od šestih poti razširjanja radioaktivnega oblaka je zajela tudi naše kraje. Radioaktivni oblak je na svoji poti kontaminiral obdelovalne, travnate in gozdnate površine.

Specifične aktivnosti ^{137}Cs v vzorcih zemlje v plasti od 0-5 cm na vzorčenih lokacijah, preračunane na kvadratni meter, so nekajkrat višje od vrednosti na lokacijah, ki se vzorčijo v okviru rednega programa nadzora življenjskega okolja Republike Slovenije. Najvišja izmerjena vrednost je bila 43 kBq/m^2 .

Povprečna specifična aktivnost ^{137}Cs , izmerjena v vzorcih borovnic na izbranih lokacijah je 60 Bq/kg . Skupni vnos ^{137}Cs v telo zaradi ingestije (mleko, meso, sadje, zelenjava, močnati izdelki) v enem letu za povprečnega prebivalca v Sloveniji, je po podatkih iz poročila Radioaktivnost v življenjskem okolju Slovenije za leto 2002 znašal 67 Bq . To je enako, kot če bi pojedli 1 kg borovnic. To pomeni, da 1 kg zaužitih borovnic (za lokalno populacijo) prispeva k efektivni dozi zaradi ingestije enako kot vsa ostala hrana v enem letu.

Rezultati meritev kažejo na potrebnost nadaljevanja s podobnimi lokalnimi programi meritev, kajti le na ta način bomo lahko natančneje ocenili sevalno obremenjenost prebivalstva zaradi ingestije, saj se tako način prehranjevanja kot količina zaužite hrane za prebivalce na podeželju razlikujeta od načina prehranjevanja mestne populacije.

Abstract

The total radioactivity released after explosion of nuclear reactor in the Chernobyl NPP was in the order of 10^{18} Bq. Approximately 37 % of this radioactive was distributed over Europe. According to the respective meteorological six directions of spreading of radioactive material were defined. Through one of them radioactive material reached Slovenia.

The region with the most rainfall during Chernobyl accident was chosen to measure radioactivity. Samples of soil, grass, blueberry, strawberry, mushrooms, spruce cortex, pins and lichens were taken and measured on high purity germanium detector.

Surface contamination levels from Cs^{137} (depth 0-5 cm) on different locations in Koroška region ranged from 7.7 kBq/m^2 up to 43 kBq/m^2 . Results show 2-3 times higher surface contamination than other locations in Slovenia (regular radioactivity monitoring).

The highest activity concentration of ^{137}Cs was detected in samples of mushrooms, up to 980 Bq/kg . Average activity concentration of ^{137}Cs in blueberry was 60 Bq/kg , what is equal to the annual intake of radioactivity for average population in Slovenia.

Results of the measurements show the necessity of continuing with such monitoring on different regions in Slovenia. On that way we can easily determine effective dose for local population especially difference between rural and town population.

Vsebina

1. Uvod	4
2. Namen in cilji naloge	4
3. Program meritev	5
4. Metodologija vzorčenja in priprave vzorcev	
4.1. QA/QC	6
4.2. Vzorčenje	6
4.3. Priprava vzorcev	8
5. Metodologija merjenja	
5.1. Določanje specifičnih aktivnosti sevalcev gama v vzorcih	8
5.2. Radiokemična določitev specifične aktivnosti Sr-90	9
6. Rezultati meritev	9
7. Zaključki	11
8. Reference	12
Priloga A. Izbrane lokacije vzorčenja (slike 4, 5, 6)	13
Priloga B. Rezultati meritev specifičnih aktivnosti v vzorcih (tabele 3-14)	15

1. Uvod

V obdobju od 1945 do 1980 je bilo opravljenih 423 zračnih jedrskih poskusov, ki so kontaminirali zlasti severno Zemljino poloblo. Dolgoživa radionuklida ^{137}Cs in ^{90}Sr sta v okolju prisotna kot posledica tega še danes. Ob eksploziji jedrskega reaktorja v Černobilu 26. aprila 1986 je bila v zrak sproščena skupna radioaktivnost 10^{18} Bq (IAEA 1986), od česar se je približno 37 % radioaktivnega materiala se je razpršilo po Evropi izven tedanje Sovjetske zveze. Ena od šestih poti razširjanja radioaktivnega oblaka je zajela tudi naše kraje (1). Radioaktivni oblak je na svoji poti kontaminiral obdelovalne, travnate in gozdnate površine. Daleč najbolj je kontaminirana vrhnja plast tal v gozdu, po eni strani zaradi visoke vsebnosti organskih snovi, na katere se vežeta oba radioaktivna kontaminanta, po drugi strani pa zaradi tega, ker človek ni posegel v obdelovanje površine tal. Čeprav zavzemajo gozdne površine preko 50 % ozemlja naše države, so podatki o radioaktivnosti v tem ekosistemu prej izjemna kot pravilo.

2. Namen in cilji naloge

Namen projektne raziskave je zapolniti vrzel manjkajočih podatkov o radioaktivnosti gozdnega ekosistema v Sloveniji. V raziskavo smo zajeli gozdna tla, travo in praprot, gozdne sadeže (borovnice, gobe, drugi sadeži kot jagode, maline, robide, ...) in divjačinsko meso ter določili specifične aktivnosti ^{134}Cs in ^{137}Cs v teh vzorcih. Vzorčili smo tudi nekatere bio-indikatorje kot so lišaji, mah, smrekove iglice, drevesno lubje in določili vsebnost ^{134}Cs in ^{137}Cs v vzorcih.

Osnovni cilj študije je dobiti primerjavo med radioaktivno kontaminacijo v odprtem življenjskem okolju (travniki, polje – podatki so na voljo iz drugih programov monitoringa radioaktivnosti) in kontaminacijo v gozdnih predelih. Na osnovi teh podatkov smo določiti dodatno sevalno obremenjenost prebivalcev, ki uživajo gozdne sadeže in meso divjadi iz tega področja.

Za geografsko območje raziskave smo izbrali lokacijo na tipični gozdni površini v Sloveniji, ki je bila v času nezgode še posebej kontaminirana. Vzorčili smo na gozdnih površinah v okolici Dravograda (Libeliče, Libeliška gora, Golarjev vrh, Otiški vrh, Ojstrica, Kozji vrh) na različnih lokacijah. Predhodna kontaminacija (desetletje pred černobilsko nesrečo) v tem predelu je bila okrog 3 kBq/m^2 . V času nezgode je na tem območju padlo okoli 80 mm padavin na m^2 (2), kar je povzročilo površinsko specifično aktivnost s ^{137}Cs preko 30 kBq/m^2 . V letu 2002 je bila izmerjena vrednost kontaminacije tal s ^{137}Cs na lokaciji Remšnik okoli 7 kBq/m^2 (2), kar je dvakrat več, kot kažejo rezultati meritev vzorca iz okolice Ljubljane.

3. Program meritev

Tabela 1. Program meritev

Vrsta vzorca	Število vzorcev in analiz ^{137}Cs	Število vzorcev in analiz ^{90}Sr
Zemlja		
0 – 5 cm	3	
5 - 10 cm	3	
10 – 20 cm	3	
Zemlja		
0 – 10 cm	2	1
10 – 20 cm	2	1
Trava	3	1
Gozdni sadeži		
Borovnice	3	1
Jagode, maline, robide	4	
Gobe (kostanjevke, mavlji, štorovke, jurčki)	7	
Divjačinsko meso (srna)	2	
Bioindikatorji		
Lišaj	3	1
Mah	2	
Igllice	4	1
Lubje	2	
Žaganje	1	
Skupaj	44	6

4. Metodologija vzorčenja in priprave vzorcev

4.1. QA/QC

Metodologija vzorčenja, priprave in izvajanje meritev poteka v skladu z 8. revizijo Poslovnika ZVD Zavod za varstvo pri delu d.d. o zagotavljanju kakovosti (3) in odobrenimi delovnimi postopki za vzorčenje, pripravo vzorcev in izvajanje meritev specifičnih aktivnosti beta in gama sevalcev v vzorcih iz življenjskega okolja, OP-LMSAR-01, DP-LMSAR-01 do DP-LMSAR-9. Poslovnik kakovosti je narejen na podlagi priporočil standardov SIST ISO 9001:2000 in SIST EN ISO/IEC 17025. Na podlagi navedenih standardov zagotavljamo izvajanje kvalitetnega vzorčenja, pripravo vzorcev in izvajanje kvalitetnih meritev specifičnih aktivnosti beta in gama sevalcev v vzorcih iz okolja.

Stalno izvajanje kontrolnih meritev v laboratoriju po definiranih programih, udeležba na interkomparacijskih meritvah doma in v tujini, uporaba standardnih virov radioaktivnosti s certifikati, zagotavljajo kvaliteto meritev, zanesljivost rezultatov in sledljivost do mednarodnih etalonov za merila.

4.2. Vzorčenje

Zemljo smo vzorčili na dva načina (slika 1,2) do globine 20 cm na gozdnih humusnih tleh na treh lokacijah (v plasteh po 0-5, 5-10, 10-20 cm) in zemljo/travo na gozdnih jasadah na dveh lokacijah do globine 20 cm (v plasteh 0-10 in 10-20 cm).

Pri prvem načinu vzorčenja smo izbrali šestnajst lokacij na površini 100-200 m². Najprej smo odstranili zgornjo plast iglic ali listja in vzorčili zemljo na treh globinah ter tako dobili kompozitni vzorec za določeno globino 0-5 cm, 5-10 cm in 10-20 cm.

Pri drugem načinu smo vzorčili z lopato na površini 20 cm x 20 cm in vzeli dva vzorca, prvega na globini 0-10 cm ter drugega na globini 0-20 cm. Drugi način vzorčenja je bil izbran zaradi primerjave z rezultati meritev specifičnih aktivnosti ¹³⁷Cs in ⁹⁰Sr v tleh v dveh predhodnih nalogah (1,2), kjer se je vzorčilo na tak način.

Mesto vzorčenja na lokaciji Srebnik (tabela 1) je bilo na gozdnih tleh, poraščenih s travo, mahom in drugim podrastjem, ostali dve lokaciji (Golarjev vrh in Libeliška gora) pa sta bili v smrekovem gozdu brez podrastja, tla so bila prekrita s plastjo suhih iglic.

Mesto vzorčenja na lokaciji Libeliška gora je bilo na isti lokaciji kot pri vzorčenju na treh globinah. Mesto vzorčenja na lokaciji Srebnik je bilo, zaradi težav pri vzorčenju, odmaknjeno od lokacije vzorčenja na treh globinah za približno 100 m, kjer je bilo manj podrasti in več igličevja.

Ti podatki so pomembni za oceno kontaminacije gob in gozdnih sadežev zaradi korenin, ki so pri nekaterih razvejane na površini, pri drugih pa po globini.



Slika 1. Vzorčenje zemlje, prva metoda



Slika 2. Vzorčenje zemlje, druga metoda

Vzorce trave in praproti smo vzorčili na gozdnih površinah nekaj 100 m² tako da smo na več lokacijah pokosili travo na površini do nekaj kvadratnih metrov in jo združili v vzorec. Prav tako smo na večjih površinah v gozdu vzorčili tudi jagode, maline, borovnice in gobe (štorovke, jurčke, mavlje, kostanjevke ter za primerjavo strupene rdeče mušnice).

Lišaj (slika 3), mah, sveže in sveže smrekove iglice smo vzorčili iz več različnih dreves na površini nekaj 100 m², suhe smrekove iglice pa smo vzorčili na tleh pod drevesi, tako da smo pobrali iglice na različnih lokacijah in sestavili kompozitni vzorec.



Slika 3. Vzorčenje lišajev

Smrekovo lubje, lubje breze in žaganje smo vzorčili na lokaciji predelovalnega lesnega obrata v Otiškem vrhu, kjer žagajo drevesa iz okoliških gozdov.

4.3. *Priprava vzorcev*

Vzorce zemlje pripravimo tako, da iz zemlje najprej odstranimo travo, nato ročno zdrobimo grude zemlje, razprostremo na primerne pladnje in sušimo v sušilniku do 250°C. Nato vzorec zdrobimo v krogličnem mlinu in presejemo skozi sito (2 mm). Tehtamo presejani vzorec.

Travo pripravimo tako, da pred obdelavo vzorcu trave odstranimo zemljo, tehtamo, sušimo pri temperaturi do 250°C, ostanek sežgemo v žarilni peči pri 450°C.

Priprava in sežig za posamezne vrste vzorcev živil sta različni. Za analizo pripravimo samo tiste dele živil, ki so namenjena za prehrano, ostalo odstranimo. Vzorce živil sušimo v sušilniku do temperature 250°C. Nato vzorce sežigamo tako, da temperaturo žarilne peči postopoma zvišujemo do maksimalne temperature 450°C, dokler se ne upepeli. Pepel v ahatni tarilnici zdrobimo, homogeniziramo in stehtamo. V PVC posodi ga shranimo do analize.

Za analizo mesa potrebujemo najmanj 1-2 kg svežega vzorca mesa. Vzorce pripravimo tako, da odstranimo kožo, vezna tkiva, mastne dele in kosti in nato stehtamo. Narežemo na koščke in sušimo v sušilniku do temperature 250°C. Suhi vzorec prenesemo v izparilnico, žarimo postopno do temperature 450°C, pepel stehtamo in shranimo v PVC posodo.

5. Metodologija merjenja

5.1. *Določanje specifičnih aktivnosti sevalcev gama v vzorcih*

Specifične aktivnosti ^{134}Cs v vzorcih smo določali iz energijskih črt 604.7 keV in 795.8 keV, specifične aktivnosti ^{137}Cs pa iz energijske črte 661.6 keV.

Izotop urana, ^{238}U , smo določali iz energijskih črt ^{234}Th , 63.3 keV in 92.4 keV, izotop radija, ^{226}Ra , iz energijskih črt ^{214}Pb in ^{214}Bi , 295.4 keV, 352 keV in 609.4 keV, ki so v sekularnem ravnovesju s svojimi predhodniki. Izotop svinca ^{210}Pb smo določali iz energijske črte 46.5 keV. Izotop radija, ^{228}Ra (torijeva razpadna vrsta), smo določali iz energijske črte aktinija, ^{228}Ac , z energijo 911.4 keV, ki sta v sekularnem ravnovesju. Izotop torija, ^{228}Th , smo določali iz energijske črte talija, ^{208}Tl , z energijo 583 keV, ki sta v sekularnem ravnovesju.

5.2. Radiokemična določitev specifične aktivnosti Sr-90

Stroncij smo ločili od Ca, ostalih fizijskih produktov in naravnih radioaktivnih elementov. Ločba s kadečo HNO₃ je odstranila Ca in večino ostalih motečih ionov. Radij, barij in svinec smo odstranili z barijevim kromatom, ostanke fizijskih produktov pa z železovim hidroksidom. Po vzpostavitvi ravnotežja med Sr-90 in Y-90 se je Y-90 oboril kot hidroksid, le-tega smo pretvorili v oksalat in izmerili aktivnost. Meritve so potekale na instrumentu Berthold LB770 alfa, beta counter z učinkovitostjo štetja za Y-90 33 %. Instrument je bil kalibriran s standardno raztopino Sr-90/Y-90 (SIZ04, S2/6/162).

6. Rezultati meritev

V tabeli 2 so prikazane vsebnosti ¹³⁷Cs v Bq/m² v plasteh 0-10 cm, 10-20 cm in 0-20 cm za posamezne lokacije in metode vzorčenja.

Tabela 2. Vsebnosti ¹³⁷Cs v Bq/m² za različne lokacije, globine in metodo vzorčenja

	1. metoda	2. metoda	1. metoda	2. metoda	1. metoda
Globina (cm)	Srebnik	Srebnik	Libeliška gora	Libeliška gora	Golarjev vrh
0-10	50999	14451	11189	26586	12423
10-20	1969	2038	2344	6752	4335
0-20	52968	16489	13533	33338	16758

Največja skupna depozicija s ¹³⁷Cs po nezgodi v Černobilu v globini od 0-20 cm je bila na lokaciji Srebnik, 53 kBq/m², na gozdnih tleh s travo, mahom in podrastjo. Na isti lokaciji, vendar na drugem odzemnem mestu, v gostejšem gozdu brez podrasti, je bila površinska kontaminacija tal s ¹³⁷Cs 16.4 kBq/m², kar je nedvomno posledica različnih tal, lege in metode vzorčenja (tč. 4.2). Rezultati meritev kažejo na zelo nehomogeno kontaminacijo gozdnih tal. V gostejšem smrekovem gozdu so tla manj kontaminirana kot v redkejšem gozdu ali na gozdnih jasih. Povprečna kontaminacija tal s ¹³⁷Cs na področju vzorčenja, izračunana iz rezultatov meritev na vseh lokacijah, je 26.6 kBq/m². Če to vrednost preračunamo nazaj na leto 1986, dobimo 39.4 kBq/m². Preračunana vrednost je podobna vrednosti, ki je bila izmerjena v Kobaridu v letu 1987, 39 kBq/m² (4).

Skupna depozicija ¹³⁷Cs v Sloveniji v letih od 1960 do 1980 zaradi testiranja atomskih bomb v atmosferi je bila 5-10 kBq/m² (5). Več kot polovica tega cezija je že razpadla, ostali je migriral v globine pod 20 cm, zato njegov prispevek k skupni depoziciji ni pomemben.

V tabelah 3, 4 in 5 (Priloga B) so prikazani rezultati meritev specifičnih aktivnosti naravnih in umetnih radionuklidov v vzorcih zemlje, vzorčeni v treh globinah (0-5 cm, 5-10 cm in 10-15 cm) na lokacijah Srebnik, Golarjev vrh in Libeliška gora. Tabeli 6 in 7 prikazujeta rezultate meritev specifičnih aktivnosti aktivnosti naravnih in umetnih radionuklidov v vzorcih zemlje na lokacijah Libeliška gora in Srebnik, vzorčeni v dveh globinah, 0-10 cm in 10-20 cm.

Najvišja vrednost specifične aktivnosti ^{137}Cs v letu 2003 je bila izmerjena na lokaciji Srebnik v plasti 0-5 cm, 1403 Bq/kg, preračunana na leto 1986 pa znaša 2078 Bq/kg, kar je primerljivo z izmerjeno vrednostjo v zemlji v času nezgode v maju 1986 v Bohinju, 1878 Bq/kg (6).

Skupna vsota ^{137}Cs v vseh treh plasteh skupaj na lokaciji Srebnik je 1822 Bq/kg. Na lokaciji Golarjev vrh in Libeliška gora so bile specifične aktivnosti ^{137}Cs v prvi plasti 407 Bq/kg in 494 Bq/kg, skupna vsota za posamezno lokacijo pa je bila 623 Bq/kg in 743 Bq/kg. Izmerjene vrednosti specifičnih aktivnosti ^{137}Cs v zemlji kažejo na nehomogeno kontaminacijo tal gozdenega ekosistema.

V tabeli 8 so prikazani prikazani rezultati meritev specifičnih radionuklidov v vzorcih trave in praproti, vzorčenih na treh različnih lokacijah. Vrednosti ^{137}Cs v vzorcih trave so se gibale med 8-10 Bq/kg, v vzorcu praproti pa je bila izmerjena vrednost 320 Bq/kg. V tabelah 9 in 10 so prikazani rezultati meritev specifičnih aktivnosti radionuklidov v vzorcih gozdnih sadežev in gob. Vsebnosti ^{137}Cs v vzorcih gozdnih sadežev se gibajo med 0.44 in 65 Bq/kg, najvišje vrednosti so bile izmerjene v borovnicah. Rezultati specifičnih aktivnosti ^{137}Cs v vzorcih gob se gibajo med 30 in 980 Bq/kg. Najvišja vrednost je bila izmerjena v kostanjevkah. Razlike vsebnosti ^{137}Cs v vzorcih gozdnih sadežev in gob so posledica različne afinitete rastlin do vsrkavanja radioaktivnih snovi.

V tabelah 11, 12 in 13 (Priloga B) so predstavljeni rezultati meritev specifičnih aktivnosti radionuklidov v vzorcih mahov, lišajev, smrekovih iglic, lubja in žaganja. Specifične aktivnosti ^{137}Cs v vzorcih lišajev in mahov se gibajo med 200 in 510 Bq/kg. Vrednosti specifičnih aktivnosti ^{137}Cs v vzorcih suhih smrekovih iglic se gibajo med 200 in 390 Bq/kg, v vzorcu svežih smrekovih iglic pa je bila izmerjena vrednost 41 Bq/kg. Razlika v vsebnosti ^{137}Cs v suhih in svežih iglicah je razumljiva, saj vzorec suhih iglic predstavlja kompozit odpadlih iglic za obdobje 10 let ali več, sveže iglice pa so mlajše. Specifični aktivnosti ^{137}Cs , izmerjeni v vzorcih lubja in žaganja smrek, sta 30 in 13 Bq/kg. Vsebnosti ^{137}Cs v vzorcih lubja in svežih iglic so si podobne, 30 in 41 Bq/kg in predstavljata trenutno kontaminacijo gozdnega ekosistema zaradi padavin v času černobilske nezgode na področju v okolici Dravograda.

V tabeli 14 so predstavljeni rezultati meritev specifičnih aktivnosti radionuklidov v vzorcih mesa divjačine. Specifični aktivnosti ^{137}Cs , izmerjeni v obeh vzorcih divjačinskega mesa, 4 in 13 Bq/kg, sta nekajkrat višji kot v vzorcih mesa domačih

živali (perutnina, goveje in svinjsko meso), izmejenih v okviru rednega nadzora radioaktivnosti v življenjskem okolju v Sloveniji v letu 2002 (7).

7. Zaključki

Specifične aktivnosti ^{137}Cs v vzorcih zemlje v plasti od 0-5 cm (tabele 3, 4, 5) na vzorčenih lokacijah, preračunane na kvadratni meter, so nekajkrat višje od vrednosti na lokacijah, ki se vzorčijo v okviru rednega programa nadzora življenjskega okolja Republike Slovenije na neobdelani travnati površini. Najvišja izmerjena vrednost je bila 43 kBq/m^2 .

Specifične aktivnosti ^{137}Cs v vzorcih trave (tabela 8) so do desetkrat višje od vrednosti na lokacijah, ki se vzorčijo v okviru rednega programa nadzora življenjskega okolja Republike Slovenije (7). Specifična aktivnost ^{90}Sr , 7.8 Bq/kg , je podobna kot v Kobaridu, 7.3 Bq/kg , in dva do trikrat višja kot na ostalih lokacija v rednem programu nadzora.

Povprečna specifična aktivnost ^{137}Cs , izmerjena v vzorcih borovnic na izbranih lokacijah je 60 Bq/kg . Skupni vnos ^{137}Cs v telo zaradi ingestije (mleko, meso, sadje, zelenjava, močnati izdelki) v enem letu za povprečnega prebivalca v Sloveniji, je po podatkih iz poročila Radioaktivnost v življenjskem okolju Slovenije za leto 2002 znašal 67 Bq , kar je enako kot če bi pojedli 1 kg borovnic. To pomeni, da 1 kg zaužitih borovnic (za lokalno populacijo) prispeva k efektivni dozi zaradi ingestije enako kot vsa ostala hrana v enem letu.

V pogovoru s slučajnimi nabiralci gob smo izvedeli, da pojedjo na leto od $5 - 10 \text{ kg}$ svežih in vloženih gob. Največ je seveda jurčkov in lisičk (preko dve tretjini), sledijo jim štorovke (petina), najmanj pa nabirajo kostanjevke, črne trobente, mavlje in druge vrste široki populaciji manj poznanih gob (okoli 10%). Običajne vrednosti specifičnih aktivnosti ^{137}Cs v jurčkih in lisičkah, nabranih na različnih lokacijah po Sloveniji, se gibajo med 5 Bq/kg in 30 Bq/kg (7), v štorovkah okoli 30 Bq/kg , drugih vrst gob nismo analizirali. Specifične aktivnosti ^{137}Cs v vzorcih gob, izmerjenih v letu 1997 (8) na nižinskem področju osrednje Slovenije so bile v območju od 20 Bq/kg do 640 Bq/kg . Izstopali so cigančki, 640 Bq/kg , črna trobenta, 340 Bq/kg in maslenka 210 Bq/kg . Izmerjene specifične aktivnosti ^{137}Cs v vzorcih lisičk in jurčkov iz okolice Dravograda se gibajo med 100 Bq/kg in 140 Bq/kg , kar je tri do petkrat več kot na drugih lokacijah (Dolenjska, Primorska in Notranjska), za katere razpolagamo z rezultati.

Glede na majhno število vzorcev izmerjenih gob in majhno število ljudi, ki uživajo lokalno nabrane gobe, je težko oceniti realne prejete doze zaradi uživanja gob. Če privzamemo, da pojedjo gobarji iz okolice Dravograda letno 5 kg jurčkov in lisičk, ter 1 kg kostanjevk, prejmejo samo zaradi jurčkov in lisičk $5-7 \mu\text{Sv}$ na leto, zaradi kostanjevk pa $10 \mu\text{Sv}$ na leto. To je kar 2-3 krat več kot doprinese vsa ostala hrana v enem letu.

Povprečna izmerjena vrednost specifične aktivnosti ^{137}Cs v vzorcih mesa divjačine je bila 8 Bq/kg, kar je dvajsetkrat več kot v ostalih vrstah mesa. V mesu srne (8) iz Gorenjske je bila izmerjena specifična aktivnost ^{137}Cs 1062 Bq/kg. To pomeni, da je divjačinsko meso iz alpskega področja dosti bolj kontaminirano kot iz nižin, ker je alpski svet bolj kontaminiran s ^{137}Cs zaradi večje količine padavin v času černobilske nezgode. Težko je oceniti realno prejeto dozo zaradi uživanja mesa divjačine, nedvomno pa velja, da lovci in njihove družine pojedjo več divjačine kot ostali prebivalci. Ocenjena doza je reda velikosti 1 μSv .

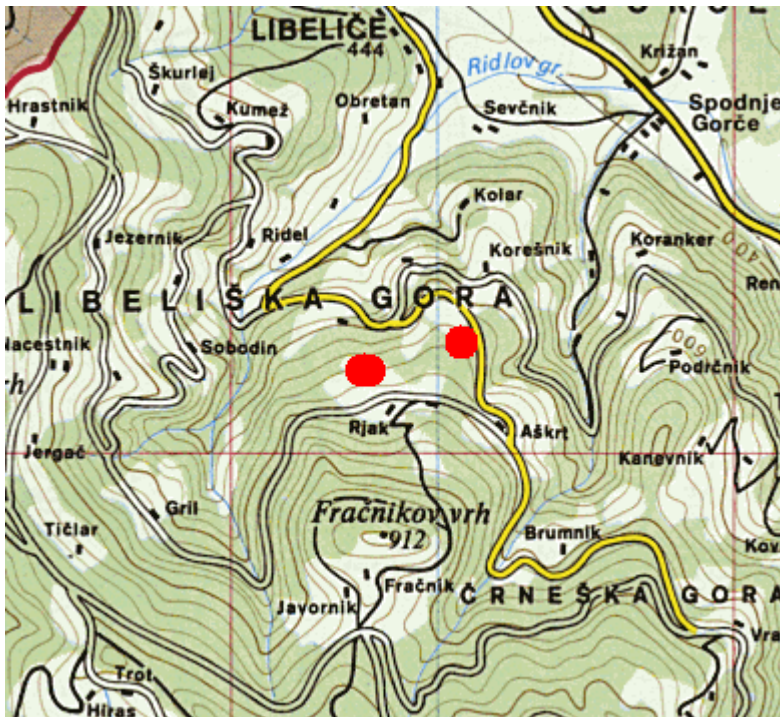
Zgoraj omenjeni rezultati kažejo na potrebnost nadaljevanja s podobnimi lokalnimi programi meritev, kajti le na ta način bomo lahko natančneje ocenili sevalno obremenjenost prebivalstva zaradi vnosa radioaktivnih snovi v telo s hrano.

S podobnim, malo razširjenim programom, bi lahko opazovali tudi faktorje prenosa tla-tla, tla-rastlina, rastlina-žival na različnih tipih tal, kar bi posredno tudi pripomoglo k realnejši oceni prejete doze za prebivalce.

8. Reference

1. L. G. Biazrov: Gamma activity of lichen thalli and their substrata collected in 1987 in various regions of former USSR, Proc. International symposium on ionising radiation, Stockholm, may 20-24, 1996;
2. S. Ambrož, P. Jovanovič: Radioaktivna kontaminacija tal s ^{90}Sr , ZVD, 2002;
3. ZVD: Poslovník ZVD Zavod za varstvo pri delu d.d. o zagotavljanju kakovosti, ZVD, 2002;
4. ZVD: Radioaktivnost v življenjskem okolju Slovenije za leto 1987, ZVD, 1988;
5. ZVD: Poročilo o meritvah radioaktivnosti življenjskega okolja po jedrski nesreči v Černobilu, ZVD, 1987;
6. Martinčič: Poročilo o meritvah radioaktivnega onesnaženja in ocena doz prebivalstva SR Slovenije v letu 1986 po jedrski katastrofi v Černobilu, SSSR, IJS Delovno poročilo DP-4343;
7. ZVD: Radioaktivnost v življenjskem okolju Slovenije za leto 2002, ZVD, 2003
8. P. Jovanovič: Sintezne študije meritev kontaminacije nekaterih vzorcev hrane v Sloveniji zaradi černobilske nesreče v obdobju 1986-1998, ZVD, maj 1999

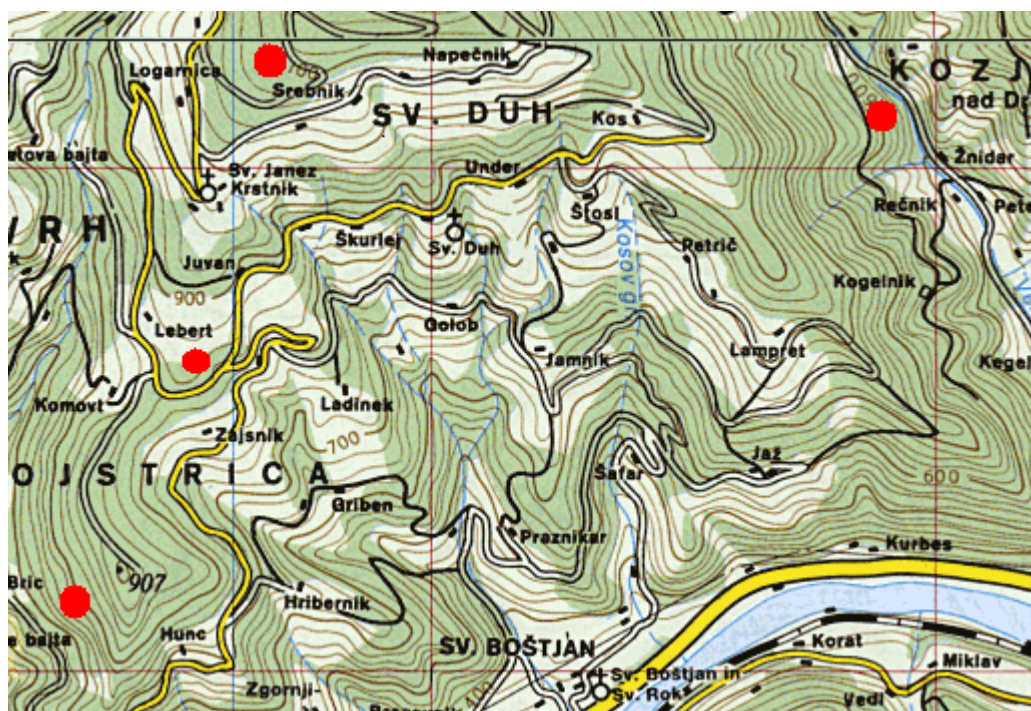
Priloga A. Izbrane lokacije vzorčenja (slike 4, 5, 6)



Slika 4. Lokacije vzorčenja Libeliška gora



Slika 5. Lokacije vzorčenja Otiški vrh



Slika 6. Lokacije vzorčenja Ojstrica

Priloga B. Rezultati meritev specifičnih aktivnosti v vzorcih (tabele 3-14)

Tabela 3. Zemlja

ZVD d.d.

Lokacija: Srebnik

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorčene 3 globine

Vzorčno mesto:		Srebnik		
Zemlj. širina:		46° 37' 25,3"		
Zemlj. dolžina:		15° 02' 37,9"		
Datum vz.	30.6.2003	30.6.2003	30.6.2003	
Globina vz.	0 - 5 cm	5 - 10 cm	10 - 20 cm	
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq / kg)				
U (²³⁴ Th)	2,6E+1 ± 4E+0	4,3E+1 ± 5E+0	3,5E+1 ± 4E+0	
²²⁶ Ra	1,8E+1 ± 9E-1	2,8E+1 ± 9E-1	3,0E+1 ± 9E-1	
²¹⁰ Pb	5,0E+2 ± 7E+1	1,1E+2 ± 2E+1	4,4E+1 ± 8E+0	
Th (²²⁸ Ra)	2,2E+1 ± 2E+0	5,0E+1 ± 3E+0	5,8E+1 ± 3E+0	
²²⁸ Th	2,3E+1 ± 2E+0	1,0E+2 ± 6E+0	1,3E+2 ± 7E+0	
⁴⁰ K	3,1E+2 ± 2E+1	5,7E+2 ± 2E+1	6,3E+2 ± 3E+1	
¹³⁴ Cs	3,1E+0 ± 3E-1			
¹³⁷ Cs	1,4E+3 ± 5E+1	3,5E+2 ± 1E+1	6,4E+1 ± 2E+0	
⁹⁰ Sr				

Vzorčno mesto:		Srebnik		
Zemlj. širina:		46° 37' 25,3"		
Zemlj. dolžina:		15° 02' 37,9"		
Datum vz.	30.6.2003	30.6.2003	30.6.2003	
Globina vz.	0 - 5 cm	5 - 10 cm	10 - 20 cm	
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq / m ²)				
	8,1E+2 ± 1E+2	9,1E+2 ± 1E+2	1,1E+3 ± 1E+2	
	5,6E+2 ± 3E+1	6,0E+2 ± 2E+1	9,4E+2 ± 3E+1	
	1,6E+4 ± 2E+3	2,4E+3 ± 4E+2	1,4E+3 ± 2E+2	
	6,9E+2 ± 6E+1	1,1E+3 ± 6E+1	1,8E+3 ± 9E+1	
	7,2E+2 ± 5E+1	2,2E+3 ± 1E+2	4,1E+3 ± 2E+2	
	9,7E+3 ± 5E+2	1,2E+4 ± 5E+2	2,0E+4 ± 8E+2	
	9,7E+1 ± 8E+0			
	4,3E+4 ± 1E+3	7,6E+3 ± 3E+2	2,0E+3 ± 7E+1	

Tabela 4. Zemlja

Lokacija: Golarjev vrh

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorčene 3 globine

Vzorčno mesto:		Golarjev vrh		
Zemlj. širina:		46° 34' 42,4"		
Zemlj. dolžina:		15° 04' 28,7"		
Datum vz.	3.7.2003	3.7.2003	3.7.2003	
Globina vz.	0 - 5 cm	5 - 10 cm	10 - 20 cm	
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq / kg)				
U (²³⁴ Th)	3,4E+1 ± 4E+0	4,8E+1 ± 6E+0	4,1E+1 ± 5E+0	
²²⁶ Ra	2,4E+1 ± 7E-1	3,0E+1 ± 8E-1	3,1E+1 ± 9E-1	
²¹⁰ Pb	1,7E+2 ± 2E+1	3,9E+1 ± 3E+1	7,5E+1 ± 1E+1	
Th (²²⁸ Ra)	3,2E+1 ± 2E+0	6,2E+1 ± 2E+0	6,2E+1 ± 3E+0	
²²⁸ Th	3,1E+1 ± 2E+0	1,1E+2 ± 5E+0	1,2E+2 ± 6E+0	
⁴⁰ K	4,4E+2 ± 2E+1	5,5E+2 ± 2E+1	5,5E+2 ± 2E+1	
¹³⁴ Cs				
¹³⁷ Cs	4,1E+2 ± 1E+1	9,1E+1 ± 3E+0	1,2E+2 ± 4E+0	
⁹⁰ Sr				

Vzorčno mesto:		Golarjev vrh		
Zemlj. širina:		46° 34' 42,4"		
Zemlj. dolžina:		15° 04' 28,7"		
Datum vz.	3.7.2003	3.7.2003	3.7.2003	
Globina vz.	0 - 5 cm	5 - 10 cm	10 - 20 cm	
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq / m ²)				
	8,0E+2 ± 9E+1	1,4E+3 ± 2E+2	1,4E+3 ± 2E+2	
	5,6E+2 ± 2E+1	9,1E+2 ± 2E+1	1,1E+3 ± 3E+1	
	3,9E+3 ± 6E+2	1,2E+3 ± 9E+2	2,6E+3 ± 4E+2	
	7,7E+2 ± 4E+1	1,9E+3 ± 7E+1	2,2E+3 ± 1E+2	
	7,3E+2 ± 4E+1	3,4E+3 ± 2E+2	4,2E+3 ± 2E+2	
	1,0E+4 ± 4E+2	1,7E+4 ± 6E+2	1,9E+4 ± 8E+2	
	9,7E+3 ± 3E+2	2,8E+3 ± 1E+2	4,3E+3 ± 2E+2	

Tabela 5. Zemlja

ZVD d.d.

Lokacija: Libeliška gora

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorčene 3 globine

Vzorčno mesto:		Libeliška gora		
Zemlj. širina:		46° 37' 25,3"		
Zemlj. dolžina:		15° 02' 37,9"		
Datum vz.	3.7.2003	3.7.2003	3.7.2003	
Globina vz.	0 - 5 cm	5 - 10 cm	10 - 20 cm	
SPECIFIČNA AKTIVNOST		(Bq / kg)		
U (²³⁴ Th)	2,0E+1 ± 3E+0	4,0E+1 ± 6E+0	4,0E+1 ± 4E+0	
²²⁶ Ra	2,1E+1 ± 6E-1	3,7E+1 ± 1E+0	3,8E+1 ± 1E+0	
²¹⁰ Pb	1,1E+2 ± 2E+1	4,3E+1 ± 3E+1	6,5E+1 ± 1E+1	
Th (²²⁸ Ra)	2,2E+1 ± 1E+0	3,4E+1 ± 2E+0	4,0E+1 ± 2E+0	
²²⁸ Th	1,8E+1 ± 1E+0	3,4E+1 ± 2E+0	4,8E+1 ± 2E+0	
⁴⁰ K	2,4E+2 ± 1E+1	4,0E+2 ± 2E+1	4,1E+2 ± 2E+1	
¹³⁴ Cs	1,1E+0 ± 1E-1			
¹³⁷ Cs	4,9E+2 ± 2E+1	1,6E+2 ± 6E+0	8,9E+1 ± 3E+0	
⁹⁰ Sr				

Vzorčno mesto:		Libeliška gora		
Zemlj. širina:		46° 37' 25,3"		
Zemlj. dolžina:		15° 02' 37,9"		
Datum vz.	3.7.2003	3.7.2003	3.7.2003	
Globina vz.	0 - 5 cm	5 - 10 cm	10 - 20 cm	
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq / m ²)		
	3,2E+2 ± 4E+1	8,6E+2 ± 1E+2	1,1E+3 ± 1E+2	
	3,3E+2 ± 1E+1	7,9E+2 ± 2E+1	1,0E+3 ± 3E+1	
	1,8E+3 ± 3E+2	9,2E+2 ± 7E+2	1,7E+3 ± 3E+2	
	3,4E+2 ± 2E+1	7,3E+2 ± 3E+1	1,1E+3 ± 5E+1	
	2,9E+2 ± 2E+1	7,3E+2 ± 4E+1	1,3E+3 ± 6E+1	
	3,7E+3 ± 2E+2	8,8E+3 ± 3E+2	1,1E+4 ± 4E+2	
	1,7E+1 ± 2E+0			
	7,7E+3 ± 3E+2	3,5E+3 ± 1E+2	2,3E+3 ± 8E+1	

Tabela 6. Zemlja

Lokacija: Libeliška gora

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorčeni 2 globini

Vzorčno mesto:		Libeliška gora	
Zemlj. širina:		46° 37' 25,3"	
Zemlj. dolžina:		15° 02' 37,9"	
Datum vz.	8.7.2003	8.7.2003	
Globina vz.	0 - 10 cm	10 - 20 cm	
SPEC. AKT.		(Bq / kg)	
U (²³⁴ Th)	4,0E+1 ± 5E+0	3,5E+1 ± 4E+0	
²²⁶ Ra	3,1E+1 ± 9E-1	3,1E+1 ± 9E-1	
²¹⁰ Pb	2,7E+2 ± 4E+1	8,9E+1 ± 1E+1	
Th (²²⁸ Ra)	3,1E+1 ± 1E+0	3,1E+1 ± 2E+0	
²²⁸ Th	3,0E+1 ± 2E+0	3,1E+1 ± 2E+0	
⁴⁰ K	3,6E+2 ± 1E+1	3,6E+2 ± 2E+1	
¹³⁴ Cs	2,4E+0 ± 2E-1		
¹³⁷ Cs	8,5E+2 ± 3E+1	2,3E+2 ± 8E+0	
⁹⁰ Sr			

Vzorčno mesto:		Libeliška gora	
Zemlj. širina:		46° 37' 25,3"	
Zemlj. dolžina:		15° 02' 37,9"	
Datum vz.	8.7.2003	8.7.2003	
Globina vz.	0 - 10 cm	10 - 20 cm	
SPEC. AKT.		(Bq / m ²)	
	1,3E+3 ± 1E+2	1,0E+3 ± 1E+2	
	9,8E+2 ± 3E+1	9,1E+2 ± 3E+1	
	8,6E+3 ± 1E+3	2,6E+3 ± 4E+2	
	9,6E+2 ± 5E+1	9,0E+2 ± 5E+1	
	9,4E+2 ± 5E+1	9,1E+2 ± 5E+1	
	1,1E+4 ± 4E+2	1,0E+4 ± 5E+2	
	7,6E+1 ± 5E+0		
	2,7E+4 ± 9E+2	6,8E+3 ± 2E+2	

Tabela 7. Zemlja

ZVD d.d.

Lokacija: Srebnik

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorčeni 2 globini

Vzorčno mesto: Srebnik			Vzorčno mesto: Srebnik		
Zemlj. širina:	46° 37' 25,3"		Zemlj. širina:	46° 37' 25,3"	
Zemlj. dolžina:	15° 02' 37,9"		Zemlj. dolžina:	15° 02' 37,9"	
Datum vz.	8.7.2003	8.7.2003	8.7.2003	8.7.2003	
Globina vz.	0 - 10 cm	10 - 20 cm	0 - 10 cm	10 - 20 cm	
	SPEC. AKT.	(Bq / kg)	SPEC. AKT.	(Bq / m ²)	
U (²³⁴ Th)	3,8E+1 ± 4E+0	3,8E+1 ± 5E+0	1,2E+3 ± 1E+2	1,7E+3 ± 2E+2	
²²⁶ Ra	3,1E+1 ± 8E-1	3,2E+1 ± 9E-1	9,6E+2 ± 3E+1	1,4E+3 ± 4E+1	
²¹⁰ Pb	1,1E+2 ± 2E+1	5,5E+1 ± 3E+1	3,4E+3 ± 5E+2	2,5E+3 ± 1E+3	
Th (²²⁸ Ra)	4,5E+1 ± 2E+0	6,4E+1 ± 2E+0	1,4E+3 ± 5E+1	2,9E+3 ± 1E+2	
²²⁸ Th	4,2E+1 ± 2E+0	1,3E+2 ± 6E+0	1,3E+3 ± 6E+1	5,8E+3 ± 3E+2	
⁴⁰ K	7,1E+2 ± 3E+1		2,2E+4 ± 8E+2		
¹³⁴ Cs	1,4E+0 ± 1E-1		4,4E+1 ± 4E+0		
¹³⁷ Cs	4,6E+2 ± 2E+1	4,6E+1 ± 2E+0	1,4E+4 ± 5E+2	2,0E+3 ± 7E+1	
⁹⁰ Sr	4,6E+0 ± 2E-1	1,2E+0 ± 9E-2	1,4E+2 ± 6E+0	2,6E+1 ± 2E+0	

Tabela 8. Trava

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorec	trava	trava	praproč
Kraj vz.:	Libeliška g.	Logarnica	Golarjev vrh
Zemlj. širina:	46° 36' 27,7"	46° 37' 13,9"	46° 34' 42,4"
Zemlj. dolžina:	14° 56' 42,9"	15° 02' 08,5"	15° 04' 28,7"
Datum vz.:	3.7.2003	8.7.2003	8.7.2003
Izotop	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq / kg)		
U (²³⁴ Th)	1,1E+0 ± 6E-1	5,8E-1 ± 4E-1	1,3E+0 ± 4E-1
²²⁶ Ra	3,7E-1 ± 8E-2	7,0E-1 ± 8E-2	1,2E+0 ± 9E-2
²¹⁰ Pb	1,6E+1 ± 2E+0	1,6E+1 ± 2E+0	1,4E+1 ± 2E+0
Th (²²⁸ Ra)		2,0E+0 ± 3E-1	4,0E+0 ± 3E-1
²²⁸ Th	2,2E-1 ± 2E-1	3,2E-1 ± 2E-1	4,2E-1 ± 2E-1
⁴⁰ K	1,7E+2 ± 8E+0	1,8E+2 ± 9E+0	1,6E+2 ± 7E+0
⁷ Be	7,3E+1 ± 4E+0	6,3E+1 ± 3E+0	5,9E+1 ± 3E+0
¹³⁴ Cs			7,3E-1 ± 4E-2
¹³⁷ Cs	1,0E+1 ± 5E-1	8,2E+0 ± 4E-1	3,2E+2 ± 1E+1
⁹⁰ Sr	7,8E+0 ± 7E-1		

Tabela 9. Gozdni sadeži

ZVD d.d.

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorec	borovnice	borovnice	maline	jagode	borovnice	bezgove j.	bezgove j.
Kraj vz.:	Libeliška g.	Golarjev vrh	Ojstrica	Srebnik	Kozji vrh	Otiški vrh	Ojstrica
Zemlj. širina:	46° 37' 25,3"	46° 34' 42,4"	46° 36' 08,2"	46° 37' 25,3"	46° 37' 25,3"	46° 35' 28"	46° 36' 08,2"
Zemlj. dolžina:	15° 02' 37,9"	15° 04' 28,7"	15° 01' 41,5"	15° 02' 37,9"	15° 02' 37,9"	15° 01' 17"	15° 01' 41,5"
Datum vz.:	30.6.2003	30.6.2003	30.6.2003	3.7.2003	8.7.2003	31.7.2003	31.7.2003
Izotop	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq / kg)						
U (²³⁴ Th)	4,4E-1 ± 3E-1	3,3E-1 ± 2E-1	2,2E-1 ± 1E+0	2,8E+0 ± 3E+0		7,5E-2 ± 1E-1	2,2E-1 ± 1E-1
²²⁶ Ra	1,7E-1 ± 4E-2	1,5E-1 ± 4E-2	1,3E-1 ± 8E-1	7,8E-1 ± 4E-1	1,2E-1 ± 4E-2	7,0E-2 ± 2E-2	2,5E-1 ± 3E-2
²¹⁰ Pb	5,2E-1 ± 3E-1	3,8E-1 ± 3E-1	4,3E-1 ± 3E+0	1,4E+0 ± 3E+0	8,9E-2 ± 3E-1	1,1E+0 ± 2E-1	1,1E+0 ± 3E-1
Th (²²⁸ Ra)	1,7E-2 ± 9E-2		1,7E-1 ± 1E+0				5,0E-3 ± 8E-2
²²⁸ Th	7,9E-2 ± 7E-2		3,1E-2 ± 2E-1	4,3E-1 ± 8E-1		2,2E-2 ± 4E-2	
⁴⁰ K	3,7E+1 ± 2E+0	4,0E+1 ± 2E+0	2,4E+1 ± 2E+2	8,2E+1 ± 7E+0	2,7E+1 ± 2E+0	7,7E+1 ± 3E+0	9,8E+1 ± 3E+0
⁷ Be	9,2E-1 ± 3E-1		5,8E-1 ± 4E+0			8,8E+0 ± 5E-1	6,9E+0 ± 3E-1
¹³⁴ Cs	1,6E-1 ± 2E-2	1,2E-1 ± 2E-2			1,3E-1 ± 2E-2		
¹³⁷ Cs	6,5E+1 ± 3E+0	5,4E+1 ± 2E+0	5,7E+0 ± 4E+1	1,2E+1 ± 8E-1	5,0E+1 ± 3E+0	5,9E-1 ± 3E-2	4,4E-1 ± 3E-2
⁹⁰ Sr					6,8E-1 ± 4E-2		

Tabela 10. Gobe

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorec	lisičke	kostanjevke	štorovke	mavelj	štorovke	rdeče mušnice	jurčki
Kraj vz.:	Srebnik	Golarjev vrh	Golarjev vrh	Srebnik	Srebnik	Srebnik	Srebnik
Zemlj. širina:	46° 37' 25,3"	46° 34' 42,4"	46° 34' 42,4"	46° 37' 25,3"	46° 37' 25,3"	46° 37' 25,3"	46° 37' 25,3"
Zemlj. dolžina:	15° 02' 37,9"	15° 04' 28,7"	15° 04' 28,7"	15° 02' 37,9"	15° 02' 37,9"	15° 02' 37,9"	15° 02' 37,9"
Datum vz.:	31.7.2003	2.10.2003	2.10.2003	2.10.2003	2.10.2003	2.10.2003	2.10.2003
Izotop	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq / kg)						
U (²³⁴ Th)	1,1E+0 ± 8E-1		1,1E-1 ± 4E-1	7,6E-2 ± 2E-1	1,1E-1 ± 1E-1	1,2E+0 ± 4E-1	1,6E-1 ± 4E-1
²²⁶ Ra	8,1E-1 ± 1E-1	3,0E-1 ± 2E-1	1,5E-1 ± 5E-2	2,0E-1 ± 4E-2	2,0E-1 ± 2E-2	9,2E-1 ± 6E-2	4,2E-1 ± 6E-2
²¹⁰ Pb		6,4E+0 ± 1E+0	8,2E+0 ± 3E+0	3,5E+0 ± 1E+0	3,3E+0 ± 5E-1		
Th (²²⁸ Ra)			1,7E-1 ± 1E-1		1,4E-1 ± 5E-2	8,2E-1 ± 1E-1	
²²⁸ Th	5,3E-1 ± 1E-1	1,1E-1 ± 2E-1	1,5E-3 ± 1E-1	9,4E-2 ± 6E-2	1,5E-1 ± 4E-2	4,2E-1 ± 9E-2	
⁴⁰ K	1,0E+2 ± 4E+0	1,0E+2 ± 5E+0	1,2E+2 ± 7E+0	5,7E+1 ± 3E+0	1,3E+2 ± 5E+0	1,1E+2 ± 5E+0	9,8E+1 ± 6E+0
⁷ Be	1,9E+0 ± 6E-1				1,2E+0 ± 3E-1		
¹³⁴ Cs	2,0E-1 ± 3E-2	1,8E+0 ± 1E-1	1,4E-1 ± 3E-2	3,3E-1 ± 2E-2	5,0E-2 ± 1E-2	1,2E-1 ± 2E-2	2,9E-1 ± 3E-2
¹³⁷ Cs	1,1E+2 ± 4E+0	9,8E+2 ± 5E+1	1,0E+2 ± 7E+0	1,7E+2 ± 1E+1	3,0E+1 ± 1E+0	6,8E+1 ± 3E+0	1,4E+2 ± 8E+0
⁹⁰ Sr							

Tabela 11. Bioindikatorji: mah, lišaj

ZVD d.d.

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorec	lišaj	lišaj	lišaj	mah	mah
Kraj vz.:	Srebnik	Ojstrica	Libeliška g.	Srebnik	Libeliška g.
Zemlj. širina:	46° 37' 25,3"	46° 36' 08,2"	46° 36' 27,7"	46° 37' 25,3"	46° 36' 27,7"
Zemlj. dolžina:	15° 02' 37,9"	15° 01' 41,5"	14° 56' 42,9"	15° 02' 37,9"	14° 56' 42,9"
Datum vz.:	30.6.2003	8.7.2003	8.7.2003	30.6.2003	3.7.2003
Izotop	SPECIFIČNA AKTIVNOST			(Bq / kg)	
U (²³⁴ Th)	3,3E+0 ± 1E+0	5,8E+0 ± 2E+0	1,3E+0 ± 1E+0	4,5E+0 ± 1E+0	1,4E+0 ± 6E-1
²²⁶ Ra	2,2E+0 ± 2E-1	2,7E+0 ± 3E-1	9,3E-1 ± 2E-1	4,9E+0 ± 6E-1	2,3E+0 ± 2E-1
²¹⁰ Pb	6,7E+2 ± 9E+1	4,9E+2 ± 7E+1	4,6E+2 ± 6E+1	8,2E+0 ± 3E+0	2,0E+2 ± 3E+1
Th (²²⁸ Ra)	2,6E+0 ± 6E-1	2,6E+0 ± 7E-1	7,4E-1 ± 4E-1	3,6E+0 ± 3E-1	1,9E+0 ± 3E-1
²²⁸ Th	2,4E+0 ± 4E-1	2,4E+0 ± 5E-1	9,7E-1 ± 3E-1	1,3E-1 ± 7E-1	2,3E+0 ± 3E-1
⁴⁰ K	1,0E+2 ± 5E+0	9,2E+1 ± 6E+0	9,8E+1 ± 5E+0	9,0E+1 ± 5E+0	7,0E+1 ± 4E+0
⁷ Be	2,6E+2 ± 1E+1	2,5E+2 ± 1E+1	2,8E+2 ± 1E+1	2,5E+2 ± 1E+1	8,6E+1 ± 5E+0
¹³⁴ Cs	1,2E+0 ± 9E-2		4,8E-1 ± 6E-2	2,7E+2 ± 1E+1	1,0E+0 ± 7E-2
¹³⁷ Cs	5,1E+2 ± 2E+1	2,1E+2 ± 9E+0	2,0E+2 ± 8E+0	4,0E+2 ± 6E+1	4,3E+2 ± 2E+1
⁹⁰ Sr	6,9E+0 ± 7E-2				

Tabela 12. Bioindikatorji: smrekove iglice

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorec	iglice suhe	iglice suhe	iglice suhe	iglice sveže
Kraj vz.:	Srebnik	Libeliška g.	Golarjev vrh	Srebnik
Zemlj. širina:	46° 37' 25,3"	46° 36' 27,7"	46° 34' 42,4"	46° 37' 25,3"
Zemlj. dolžina:	15° 02' 37,9"	14° 56' 42,9"	15° 04' 28,7"	15° 02' 37,9"
Datum vz.:	30.6.2003	3.7.2003	3.7.2003	31.7.2003
Izotop	SPECIFIČNA AKTIVNOST			(Bq / kg)
U (²³⁴ Th)	3,9E+0 ± 1E+0	2,8E+0 ± 2E+0	6,2E+0 ± 2E+0	1,8E-1 ± 4E-1
²²⁶ Ra	3,6E+0 ± 2E-1	2,9E+0 ± 4E-1	5,6E+0 ± 4E-1	8,7E-1 ± 7E-2
²¹⁰ Pb	2,6E+2 ± 4E+1	2,6E+2 ± 4E+1	3,3E+2 ± 5E+1	7,7E+1 ± 1E+1
Th (²²⁸ Ra)	2,5E+0 ± 5E-1	5,1E-1 ± 8E-1	4,5E+0 ± 1E+0	5,1E-1 ± 2E-1
²²⁸ Th	4,4E+0 ± 5E-1	1,6E+0 ± 7E-1	4,5E+0 ± 7E-1	1,0E+0 ± 1E-1
⁴⁰ K	5,0E+1 ± 3E+0	4,5E+1 ± 5E+0	6,8E+1 ± 6E+0	8,3E+1 ± 3E+0
⁷ Be	1,2E+2 ± 6E+0	3,0E+1 ± 5E+0	3,8E+1 ± 4E+0	3,0E+1 ± 1E+0
¹³⁴ Cs	5,7E-1 ± 7E-2	7,5E-1 ± 1E-1		
¹³⁷ Cs	2,6E+2 ± 1E+1	3,9E+2 ± 2E+1	2,0E+2 ± 9E+0	4,1E+1 ± 2E+0
⁹⁰ Sr		3,3E+1 ± 3E-2		

Tabela 13. Drevesno lubje in žaganje

ZVD d.d.

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorec	lubje breza	lubje smreka	žaganje smreka
Kraj vz.:	Ojstrica	Otiški vrh	Otiški vrh
Zemlj. širina:	46° 36' 08,2"	46° 35' 28"	46° 35' 28"
Zemlj. dolžina:	15° 01' 41,5"	15° 01' 17"	15° 01' 17"
Datum vz.:	31.7.2003	31.7.2003	31.7.2003
Izotop	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq / kg)		
U (²³⁴ Th)	1,6E+0 ± 3E-1	2,1E+0 ± 4E-1	4,2E-1 ± 2E-1
²²⁶ Ra	1,0E+0 ± 7E-2	3,2E+0 ± 2E-1	5,7E-1 ± 3E-2
²¹⁰ Pb	3,3E+1 ± 5E+0	1,4E+1 ± 2E+0	4,0E+0 ± 6E-1
Th (²²⁸ Ra)	1,2E+0 ± 2E-1	2,0E+0 ± 3E-1	3,4E-1 ± 8E-2
²²⁸ Th	1,3E+0 ± 1E-1	2,5E+0 ± 2E-1	4,7E-1 ± 7E-2
⁴⁰ K	1,6E+1 ± 1E+0	5,0E+1 ± 3E+0	1,4E+1 ± 9E-1
⁷ Be	4,8E+1 ± 2E+0	± 1E+0	2,1E+0 ± 4E-1
¹³⁴ Cs			
¹³⁷ Cs	4,1E+0 ± 2E-1	3,0E+1 ± 1E+0	1,3E+1 ± 6E-1
⁹⁰ Sr			

Tabela 14. Meso divjačine

Izotopska analiza sevalcev gama in specifična analiza Sr-90

Vzorec	srna	srna
Kraj vz.:	Dravograd	Dravograd
Zemlj. širina:	46° 35' 28"	46° 35' 28"
Zemlj. dolžina:	15° 01' 17"	15° 01' 17"
Datum vz.:	3.7.2003	8.7.2003
Izotop	SPEC. AKT. (Bq/kg)	
U (²³⁴ Th)	2,7E-1 ± 3E-1	3,1E-1 ± 2E-1
²²⁶ Ra	5,5E-1 ± 5E-2	2,0E-1 ± 3E-2
²¹⁰ Pb	4,8E-1 ± 4E-1	
Th (²²⁸ Ra)	1,0E-1 ± 1E-1	2,2E-1 ± 5E-2
²²⁸ Th		
⁴⁰ K	6,9E+1 ± 3E+0	6,8E+1 ± 3E+0
⁷ Be		
¹³⁴ Cs		
¹³⁷ Cs	1,3E+1 ± 5E-1	4,1E+0 ± 2E-1
⁹⁰ Sr		