

**RADIOAKTIVNA KONTAMINACIJA TAL S Sr-90 V
SLOVENIJI**

Raziskovalna naloga

november 2002

VSEBINA

	Stran
1. UVOD	4
2. NAMEN	4
3. MATERIALI IN METODE	4
3.1. Vzorčenje	4
3.1.1. Izbor lokacij	4
3.1.2. Opis vzorčenja	7
3.2. Analizne metode	8
3.2.1. Priprava vzorcev	8
3.2.2. Radiokemična določitev Sr-90	8
3.2.3. Viskoločljiva spektrometrija gama	8
4. REZULTATI MERITEV	9
5. DISKUSIJA	13
6. ZAKLJUČEK	15
7. LITERATURA	16
8. PRILOGE	16

1. UVOD

Radionuklid stroncij-90 in cezij-137 sta najpomembnejša značilna dolgoživa fizijska radionuklida, s katerima je bila zaradi jedrskih poskusov v šestdesetih in sedemdesetih letih ter v času černobilske nesreče leta 1986 kontaminirana zlasti severna polobla Zemlje. Do kontaminacije tal je delno prišlo preko suhega useda radioaktivnih delcev iz ozračja, večinoma pa s spiranjem s padavinami. Porazdelitev in specifična aktivnost radionuklidov v tleh sta odvisni zlasti od količine padavin in sestave tal.

2. NAMEN

Osnovni namen naloge je bila določitev specifične aktivnosti Sr-90 v vzorcih tal iz neobdelanih kmetijsko pomembnih površin na najbolj reprezentativnih lokacijah v Republiki Sloveniji. Analizirani so bili vzorci globine od 0-10 cm. Vzporedno smo opravili nekaj meritev Cs-137 v vzorcih tal na šestih lokacijah v globini 0-5 cm (brez vrhnje plasti).

3. MATERIAL IN METODE

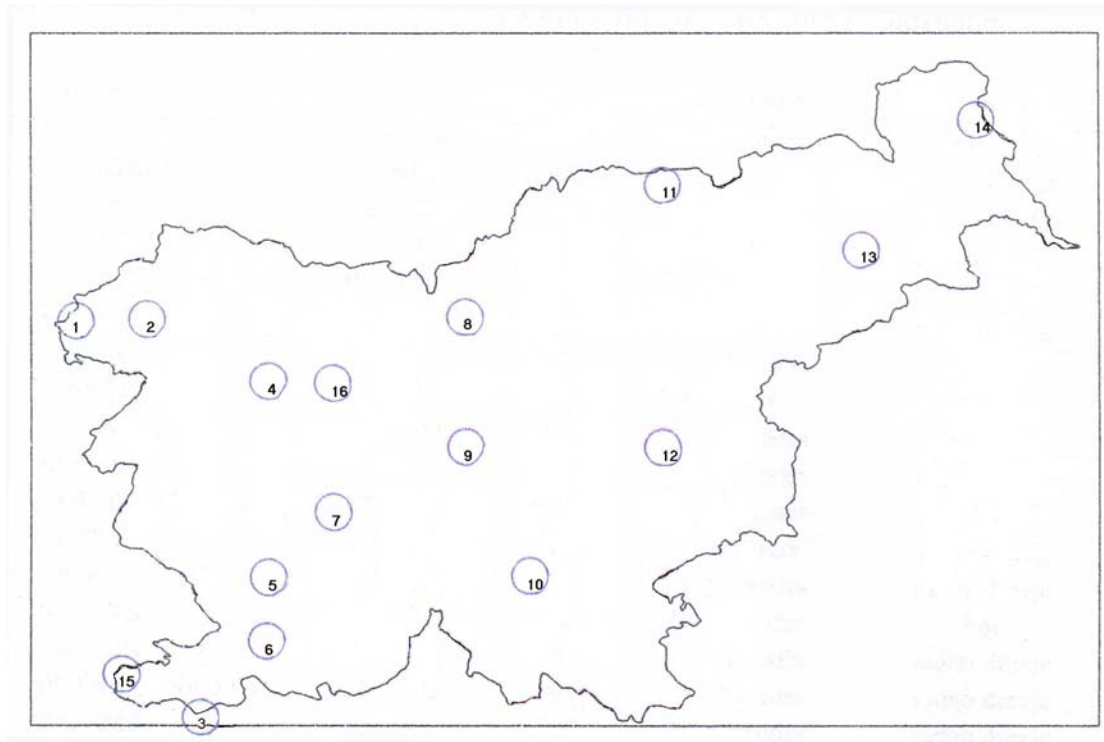
3.1. Vzorčenje

3.1.1. Izbor lokacij

Lokacije vzorčenja tal so bile izbrane glede na:

- padavinsko karto v času černobilske nesreče (Priloga 1),
- karto kontaminacije tal s Cs-137 iz leta 1986 in leta 1996 (Andjelov, Brajnik, 1996)

Pri vzorčenju smo uporabili bioindikacijsko mrežo privzeto od Gozdarskega inštituta Slovenije, kjer so bili tudi natančni opisi pristopov do posamezne lokacije. Na sliki 1 so predstavljena vzorčevalna mesta, kjer smo vzorčili tla.



Slika 1: Vzorčevalna mesta

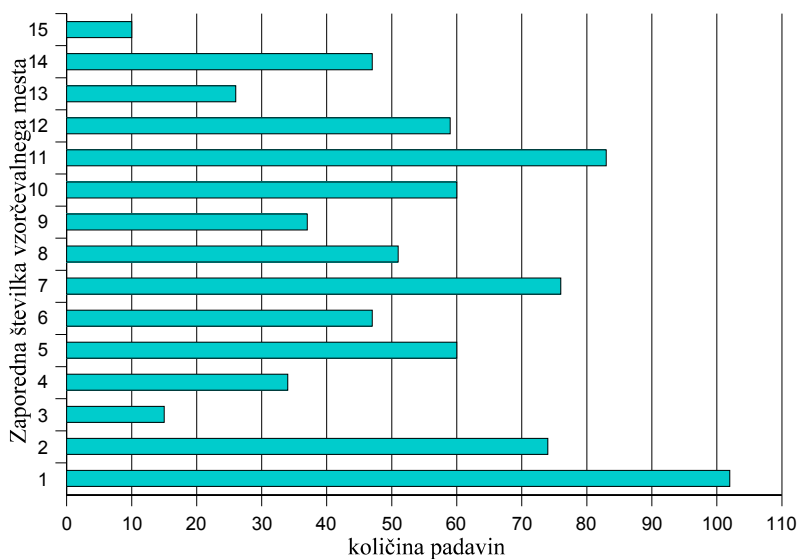
V tabeli 1 so zbrani osnovni podatki izbranih lokacij vzorčenja, datumi vzorčenja ter koordinate, tip tal, podtip, različica, oblika (Urbančič, 1997), na sliki 2 so grafično prikazane količine padavin v času černobilske nesreče na vzorčevanih lokacijah.

Tabela 1: Osnovni podatki izbranih lokacija vzorčenja

Zap. št.	Vzorčevalno mesto	Datum vzorčenja	Gauss-Kruegerjeve koordinate	Tip tal, podtip, različica, oblika
1*	UČEJA	22.04.2002	x 5380400 y 5129850	
2*	LEPENA	22.04.2002	x 5397650 y 5130250	
3	GRADIN	20.04.2002	x 5411000 y 5032250	
4	DAVČA	16.04.2002	x 5427200 y 5115050	
5	SMOLOVEC	21.04.2002	x 5427400 y 5067000	distrična rjava tla, tipična, na flišu, srednjegloboka
6	PADEŽ	21.04.2002	x 5426450 y 5051250	evtrična rjava tla, tipična, na flišu, ilovnata, srednje skeletna
7	RAVNIK	19.04.2002	x 5443000 y 5083000	pokarbonatna rjava tla, tipična, na apnencu, srednje globoka, ilovnata
8*	PODVOLOVJEK	17.04.2002	x 5475000 y 5131000	alpska črnica, organogena, skeletna, na apnencu, z organskim horizontom
9	BESNICA	16.04.2002	x 5475200 y 5099000	distrična rjava tla, tipična, na pešč.in glin.skrilavcih, globoka
10	HINJE	22.04.2002	x 5490850 y 5067500	pokarbonatna rjava tla, sprana, na apnencu, srednje globoka, glinasta
11*	REMŠNIK	18.04.2002	x 5523000 y 5163200	distrična rjava tla, tipična, na metamorfnih skrilavcih, globoka
12	OREŠJE PRI SEVNICI	17.04.2002	x 5523414 y 5100715	
13*	SPODNJI VELOVLAK	13.04.2002	x 5571350 y 5147500	
14	BERKOVCI	14.04.2002	x 5599400 y 5179300	

<i>Zap. št.</i>	<i>Vzorčevalno mesto</i>	<i>Datum vzorčenja</i>	<i>Gauss-Kruegerjeve koordinate</i>	<i>Tip tal, podtip, različica, oblika</i>
15*	PACUG	20.04.2002	x 5391750 y 5043000	
16	TODRAŽ	16.04.2002	x 5435700 y 5105300	

Opomba: * : lokacije, na katerih so bile opravljene meritve Cs-137



Slika 2: Količina padavin v času černobilske nesreče

3.1.2. Opis vzorčenja

Vzorčenje tal je potekalo v mesecu aprilu 2002, tla smo vzorčili na nekultiviranih travnatih površinah na globinah 0-5 cm in 5-10 cm. Vzorčili smo tudi vrhnjo plast, ki pa je nismo analizirali. Vzorčena površina je morala biti ravna, na odprtem, prekrita s travo brez grmičevja ali dreves. Površina ni smela biti erozivna, da se plasti tal ne mešajo. Vzorce tal smo odvzeli s kovinsko sondo z znanimi dimenzijami tako, da je bila natančno določena površina odvzetega vzorca. Na površini 100 m² zbrane vzorce smo združili v povprečni vzorec.

3.2. Analizne metode

3.2.1. Priprava vzorcev

Vzorcem tal smo odstranili travo, sušili v sušilniku do temperature 250°C, zdrobili v krogličnem mlinu in presejali skozi sito. Vzorci so bili tako pripravljene za radiokemično določitev Sr-90 in gamaspektrometrijo za določanje Cs-137.

3.2.2. Radiokemična določitev Sr-90

Za določitev Sr-90 smo uporabili 100 g pripravljenega vzorca. Radiokemijska priprava je potekala po naslednjem postopku:

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 aktivnosti so potekale na instrumentu BERTHOLD 10 channel low-level alfa, beta counter z izkoristkom štetja za Y-90 37%. Instrument je bil umerjen z referenčno raztopino Sr-90/Y-90 (SIZ04, S2/6/162) proizvajalca Amersham plc.

3.2.3. Visokoločljiva spektrometrija gama

Vzorec smo nasuli v okroglo plastično posodico do višine 2 cm in zaprli. Tako pripravljen vzorec smo postavili na detektor sevanja gama in določili specifično aktivnost Cs-137 v Bq/kg. Iz podatkov o površini odvzetega vzorca smo določili površinsko kontaminacijo tal s Cs-137 v Bq/m².

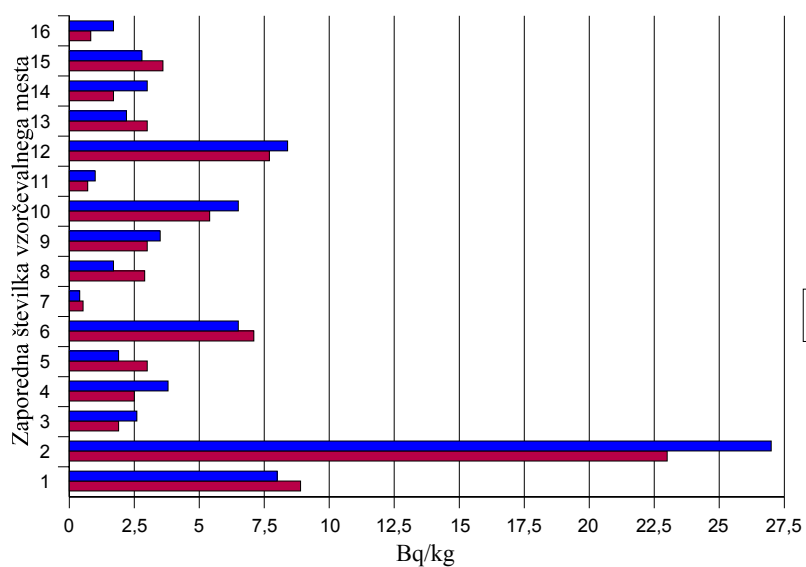
Meritve smo opravili na detektorju Canberra z izkoristkom 40%. Detektor je umerjen s standardnimi vzorci firme Analytcs in preverjen z referenčnimi vzorci v skladu z delovnimi postopki o zagotavljanju kakovosti.

4. REZULTATI MERITEV

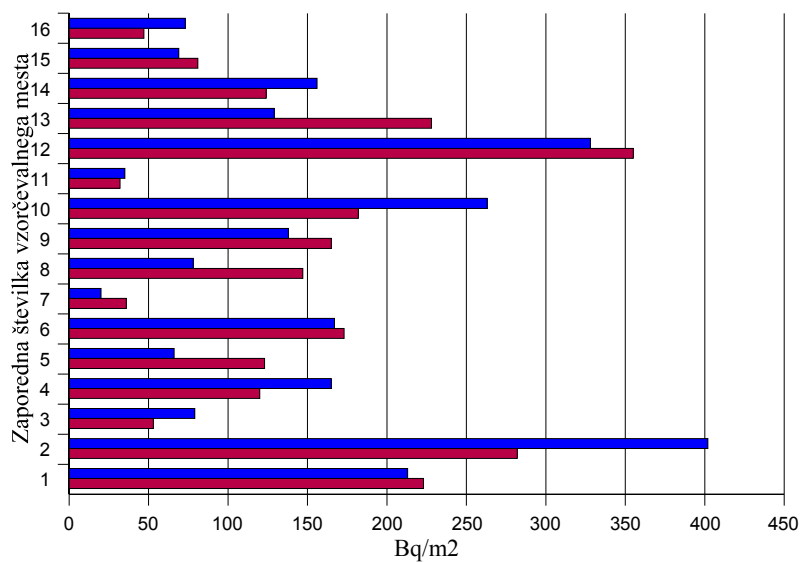
Rezultati analiz in meritev so zbrani tabelarično v tabeli 2 in 3 ter predstavljani grafično na slikah 3 in 4.

Tabela 2: Rezultati meritev specifične aktivnosti Sr-90

Zap.š t.	Vzorčevalno mesto	Specifična aktivnost Sr-90			
		Globina 0-5 cm		Globina 5-10 cm	
		Bq/kg	Bq/m ²	Bq/kg	Bq/m ²
1	UČEJA	8,0 ± 0,1	213 ± 2	8,9 ± 0,1	223 ± 2
2	LEPENA	27 ± 0,3	402 ± 4	23 ± 0,2	282 ± 3
3	GRADIN	2,6 ± 0,1	79 ± 2	1,9 ± 0,04	53 ± 1
4	DAVČA	3,8 ± 0,1	165 ± 3	2,5 ± 0,05	120 ± 2
5	SMOLOVEC	1,9 ± 0,1	66 ± 2	3,0 ± 0,1	123 ± 4
6	PADEŽ	6,5 ± 0,1	167 ± 2	7,1 ± 0,1	173 ± 3
7	RAVNIK	0,40 ± 0,04	20 ± 2	0,53 ± 0,04	36 ± 2
8	PODVOLOVJEK	1,7 ± 0,1	78 ± 2	2,9 ± 0,1	147 ± 3
9	BESNICA	3,5 ± 0,1	138 ± 3	3,0 ± 0,1	165 ± 3
10	HINJE	6,5 ± 0,1	263 ± 5	5,4 ± 0,1	182 ± 3
11	REMŠNIK	1,0 ± 0,06	35 ± 2	0,71 ± 0,08	32 ± 4
12	OREŠJE PRI SEVNICI	8,4 ± 0,1	328 ± 3	7,7 ± 0,1	355 ± 7
13	SPODNJI VELOVLAK	2,2 ± 0,04	129 ± 2	3,0 ± 0,1	228 ± 5
14	BERKOVCI	3,0 ± 0,1	156 ± 3	1,7 ± 0,1	124 ± 5
15	PACUG	2,8 ± 0,1	69 ± 1	3,6 ± 0,1	81 ± 2
16	TODRAŽ	1,7 ± 0,1	73 ± 3	0,83 ± 0,03	47 ± 2



Slika 3: Rezultati meritev aktivnosti Sr-90 (Bq/kg)



Slika 4: Rezultati meritev aktivnosti Sr-90 (Bq/m²)

Tabela 3: Rezultati meritev specifične aktivnosti Cs-137

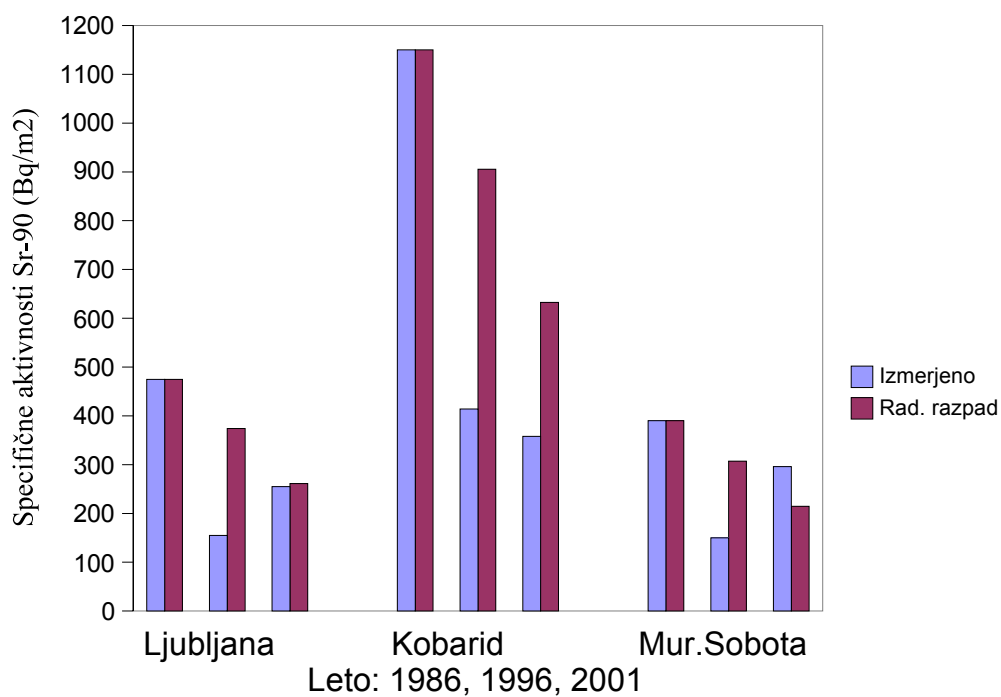
Zap.št.	Vzorčevalno mesto	Specifična aktivnost Cs-137	
		Globina 0-5 cm	
		Bq/kg	Bq/m ²
1	UČEJA	331 ± 7	8759 ± 60
2	LEPENA	735 ± 19	10866 ± 200
8	PODVOLOVJEK	145 ± 3	6570 ± 70
11	REMŠNIK	199 ± 5	6770 ± 100
13	SPODNJI VELOVLAK	52 ± 1	3050 ± 50
15	PACUG	34 ± 1	860 ± 30

Iz tabele 2 je razvidno, da so vrednosti Sr-90 v tleh v globini 0-5 cm v razponu od 20 do 402 Bq/m², v globini 5 do 10 cm pa od 47 do 355 Bq/m². Specifične aktivnosti Sr-90 v različnih globinah tal so očitno odvisne od tipa, vrste tal in tudi od količine padavin (zaradi izpiranja). Glede na izmerjene rezultate in količine padavin iz slike 2 ni opazne korelacije med kontaminacijo tal in količino padavin. Opazna je obratna sorazmernost med količino padavin in vsebnostjo Sr-90 v skupni globini od 0-10 cm na lokacijah 5, 9 in 11 v distričnih rjavih tleh.

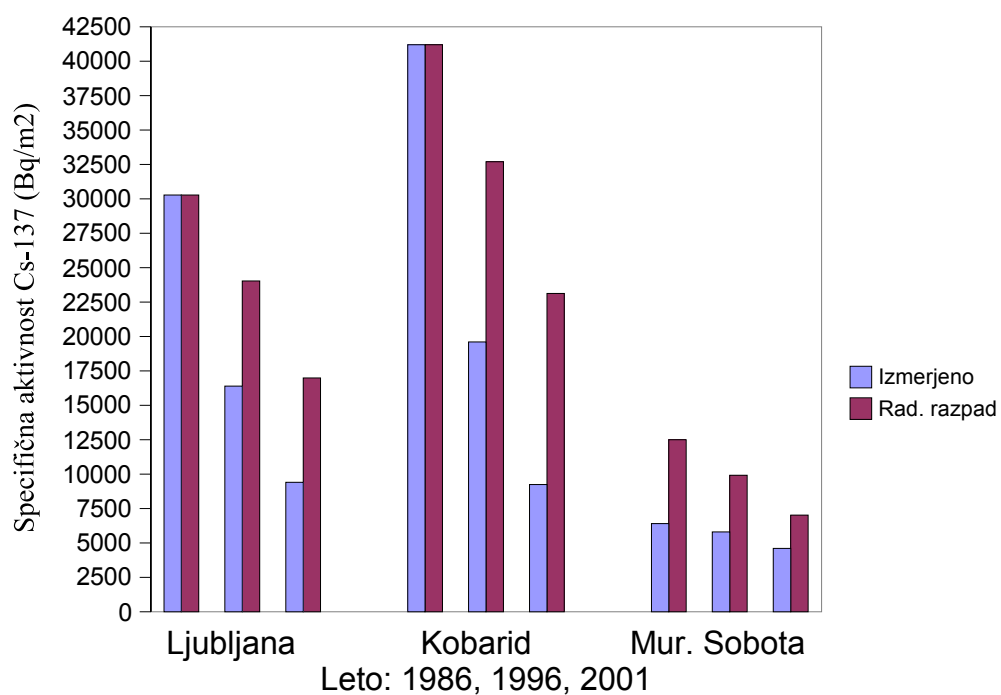
Iz tabele 3 je razvidno, da so vrednosti Cs-137 na izmerjenih lokacijah v območju od 860 do 10866 Bq/m² v globini 0-5 cm, glede na vrsto in tip tal.

Na osnovi izmerjenih rezultatov in količino padavin iz slike 2 lahko sklepamo na linearno korelacijo med količino padavin in kontaminacijo tal s Cs-137, ne glede na tip tal.

Na slikah 5 in 6 so predstavljene izmerjene in teoretične (radioaktivni razpad) vrednosti kontaminacije tal s Cs-137 in Sr-90 v letih 1986, 1996 in 2001 na lokacijah Ljubljana, Kobarid in Murska Sobota v globinah od 0-15 cm. Meritve specifičnih aktivnosti Sr-90 in Cs-137 smo na teh treh lokacijah opravili v okviru republiškega programa. Iz slik je razvidno, da izmerjene vsote specifičnih aktivnosti ne sovpadajo s teoretičnimi, razen v primeru Murska Sobota. Vzrok za to so različne sestave tal na merjenih lokacijah in drugačne migracijske lastnosti Cs-137 in Sr-90.



Slika 5: Kontaminacija tal s Sr-90



Slika 6: Kontaminacija tal s Cs-137

5. DISKUSIJA

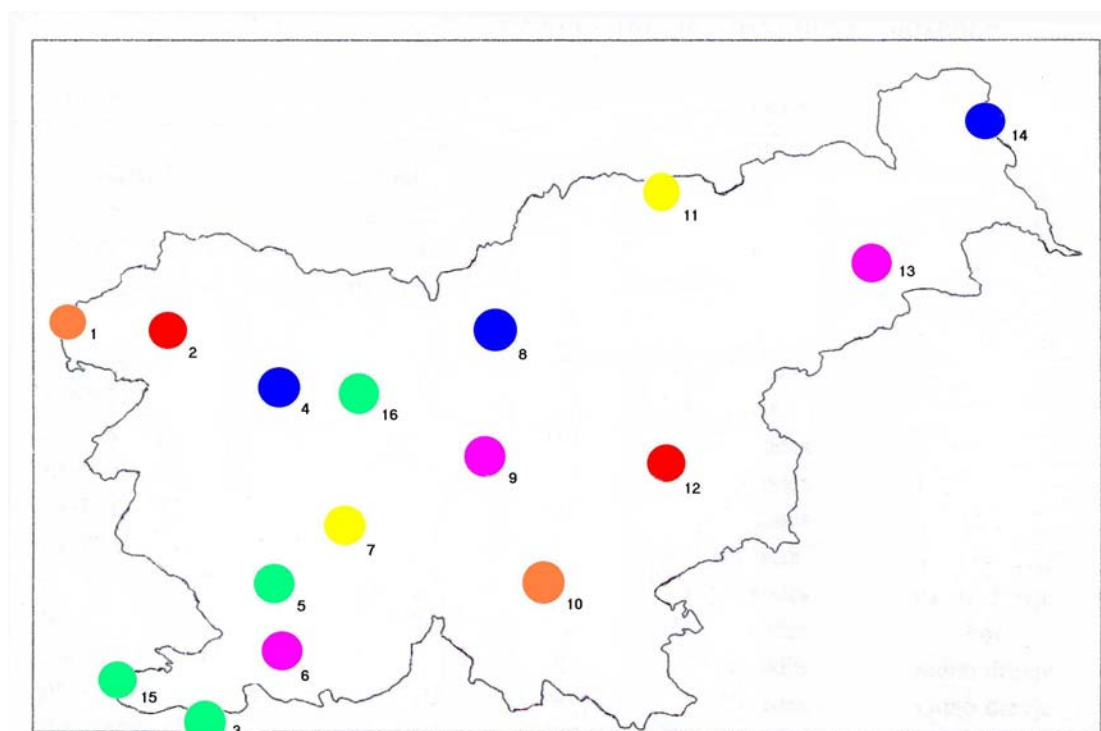
Tabela 4: Rezultati meritev specifične aktivnosti Sr-90 in Cs-137

Zap.š t.	Vzorčevalno mesto	Specifična aktivnost Sr-90	Specifična aktivnost Cs-137
		Globina 0-10 cm	Globina 0-5 cm
		Bq/m ²	Bq/m ²
1	UČEJA	436	8759
2	LEPENA	684	10866
3	GRADIN	132	
4	DAVČA	285	
5	SMOLOVEC	189	
6	PADEŽ	340	
7	RAVNIK	56	
8	PODVOLOVJEK	225	6570
9	BESNICA	303	
10	HINJE	445	
11	REMŠNIK	67	6770
12	OREŠJE PRI SEVNICI	683	
13	SPODNJI VELOVLAK	357	3050
14	BERKOVCI	280	
15	PACUG	150	860
16	TODRAŽ	120	

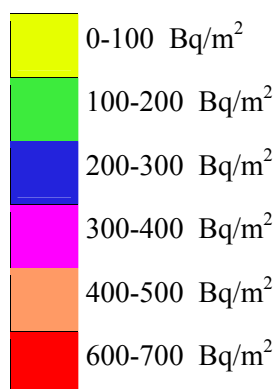
V tabeli 4 so predstavljeni rezultati meritev specifične aktivnosti Sr-90 v tleh v globini 0-10 cm na šestnajstih lokacijah in vrednosti Cs-137 na šestih lokacijah do

globine 5 cm.

Namen naloge ni bila meritev Cs-137 v tleh, rezultati meritev specifične aktivnosti tega radionuklida so služili za primerjavo meritev z meritvami iz leta 1996 (Andjelov, Brajnik, 1996). Ob primerjavi meritev specifične aktivnosti Cs-137 (tabela 4) s karto površinske kontaminacije Cs-137, ki je bila izdelana v letu 1996, lahko ugotovimo dobro ujemanje.



Legenda: Specifična aktivnost Sr-90



Slika 7: Izmerjene specifične aktivnosti Sr-90 v tleh (globina plasti 0-10 cm) na področju Slovenije

Na sliki 7 so z barvnimi krožci predstavljene specifične aktivnosti Sr-90 v tleh na šestnajstih lokacijah (globina plasti 0-10 cm). Ob vizualni primerjavi slike 7 s padavinsko karto (priloga 1) lahko opazimo, da je bila v krajih, kjer pade več padavin, določena višja aktivnost Sr-90 kot v področjih, kjer pade manj padavin; seveda pa je odvisno tudi od tipa tal.

6. ZAKLJUČEK

Izmerjene vrednosti specifičnih aktivnosti Sr-90 na šestnajstih lokacijah ne kažejo linearne korelacije med padavinsko karto v času černobilske nesreče in sedanjo kontaminacijo tal. Vzrok za to je lahko najdemo v migraciji Sr-90 v različnih tipih tal.

Na osnovi dolgoletnega spremljanja Sr-90 na lokacijah v okviru republiškega monitoringa je opazna korelacija med izmerjenimi in teoretičnimi vrednostmi na lokacijah Ljubljana in Murska Sobota, ne pa na lokaciji Kobarid. Glede na veliko višjo letno količino padavin v Kobaridu lahko sklepamo, da je mobilnost Sr-90 odvisna od količine padavin na posameznih lokacijah in seveda z možnostjo izpiranja tal.

Izmerjene vrednosti specifičnih aktivnosti Cs-137 v tleh na šestih lokacijah korelirajo s količino padavin.

Na osnovi dolgoletnega spremljanja Cs-137 na lokacijah v okviru republiškega monitoringa je opaziti prenizke izmerjene vrednosti glede na teoretične (upoštevana je vsota Cs-137 v globini od 0 do 15 cm). Menimo, da je vzrok za to precejšen del Cs-137, ki ostane v vrhnji plasti (organski del od 0-2 cm), ki ga pri meritvah odvržemo.

Na podlagi dobljenih zaključkov predlagamo dodatne meritve Sr-90 in Cs-137 v vrhnji plasti in mogoče v kakšni globini nižji od 15 cm (do 30 cm), s čimer bi lahko prikazali primanjkljaj Cs-137 glede na teoretične vrednosti ter poiskali korelacijo med padavinami in vsebnostjo Sr-90 v tleh v Sloveniji.

Glede na meritve, ki jih opravljamo na lokacijah v okviru republiškega monitoringa in glede na prej omenjen predlog za meritve bi lahko določili prenosne faktorje zemlja-rastlina in rastlina-hrana za Sr in Cs, ker na istih lokacijah vzorčujemo tudi krmila, meso in mleko.

Predstojnik CETVS:

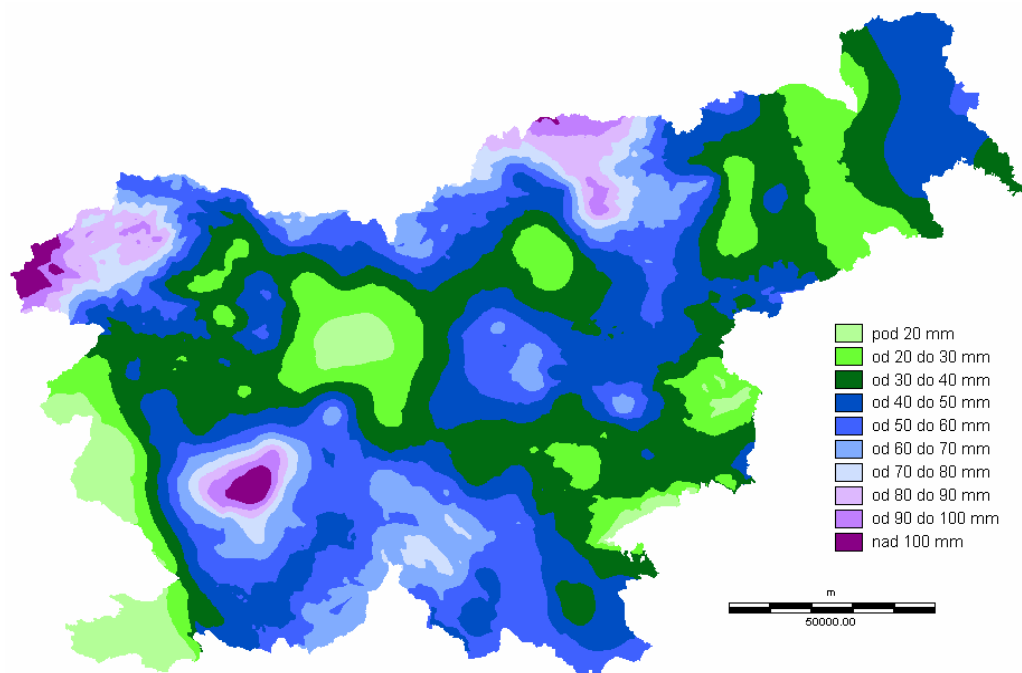
mag. Miran KANDUČ, univ. dipl. fiz.

7. LITERATURA

- 1) Jeran Z., Epifitski lišaji – biološki indikatorji pri ugotavljanju onesnaženosti zraka s kovinami in radionuklidi, Dokt.dis., Ljubljana, BF, Odd.za biologijo, 1995,
- 2) Andjelov M., Brajnik D. Krajevna porazdelitev cezija-137 v Sloveniji, poročilo IGGG, Ljubljana, 1996,
- 3) Jeršič A., Križman M., Meritve plasti tal na Stroncij-90 in Cezij -137, Ljubljana, 1975,
- 4) Urbančič M., Temeljni izsledki pregleda gozdnih tal na slovenski 16x16 kilometrski biondikacijski mreži, Zbornik gozdarstva in lesarstva, 52, 1997, str.223-250,
- 5) EML Procedures Manual (HASL-300), Environmental Measurements Laboratory, US Department of Energy, 2000,
- 6) Measurements of Radionuclides in Food and the Environment, Technical Report Series, No.295, IAEA, 1989

8. PRILOGE

Priloga 1: Padavinska karta v času černobilske nesreče



Porazdelitev padavin, ki so padle med 8. uro 29. aprila 1986 in 8. uro 16. maja 1986