

RASPODJELA RADIONUKLIDA U TLU

ALICA BAUMAN, MARICA JURAS, E. SOKOLOVIĆ i Đ. ŠTAMPF
Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

(Primitljeno 26. X 1979)

Radioaktivnost u tlima se kod nas rijetko kompleksno zahvaća. Zato su u ovom radu prikazani podaci o raspodjeli fizijskih i nekih prirodnih radionuklida u tipskim tlima. Dan je omjer $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$, te nivo urana, torija i ^{226}Ra u pojedinim tipovima i slojevima tla.

Određivanje ^{90}Sr u tlima započeto je u Institutu još 1963. godine, prije stupanja na snagu nuklearne zabrane. Da bi se postigla što preglednija slika kretanja ^{90}Sr na što većem području SR Hrvatske, izabrane su lokacije s tipičnom strukturom tla kao što su podzolirano šumsko tlo — kod Osijeka, skeletni podzol i humusno tlo — kod Božjakovine, te tlo koje je po karakteristikama gotovo identično s crvenicom — kod Vrane. Na istim lokacijama sakuplja se ne samo tlo nego i trava, mlijeko i ostali prehrambeni proizvodi. Takav pristup omogućit će definitivnu evaluaciju cijelog složenog problema kontaminacije okoliša.

Kako je ^{90}Sr poznat po velikoj mobilnosti u tlu, 1962—1963. godine provedena su ispitivanja njegova sadržaja u topljivom i ukupnom iznosu s obzirom na trajno fiksirani dio. Određen je omjer topljivog prema ukupnom ^{90}Sr za neka tipska tla (1), pa je ustanovljeno da topljivi dio ^{90}Sr varira od 50 do 70%. Taj postotak ovisi o geomorfološkim karakteristikama tla, a koncentracija ^{90}Sr može također varirati u vrlo širokom rasponu unutar jedne pedološke skupine (2, 3), ali još više ovisi o dubini s koje je uzorak tla odabran. Iako se u većini slučajeva ^{90}Sr akumulira u sloju od 0 do 5 cm, poznato je da često prodire do 80 cm dubine, a ima slučajeva kada dopire u dubinu od 140 cm (4).

Kao što je sprijeda navedeno, ^{90}Sr u tlima SR Hrvatske određivan je tokom 16 godina. Međutim, određivanje ^{137}Cs nije nikada provedeno sistematski, nego je prikupljeno nekoliko podataka na volonterskoj bazi. Takva ispitivanja izvršio je 1964. godine autor (5, 6), a ponovljena su

1978. godine, radi dobivanja barem reda veličine kontaminacije ^{137}Cs unutar dvaju decenija. Zbog slabe prodornosti ^{137}Cs u tlo, nisu se ni očekivale velike fluktuacije tokom desetak godina.

Kada ^{137}Cs dospije putem padavina ili fallouta na tlo, dolazi do horizontalne i vertikalne migracije. U ovom slučaju je zanimljiva samo vertikalna migracija zbog većeg vremenskog razmaka između dva uzorkovanja. Migracijska sposobnost ovisi o fizikalno-kemijskim svojstvima tla i kemijskom obliku u kojem se nalazi radionuklid. Migracijska sposobnost ^{137}Cs je znatno slabija od one ^{90}Sr (7, 8). Isto tako i topljivost mu je znatno niža, pa se gotovo 70% ^{137}Cs fiksira trajno u tlu. ^{137}Cs se prve godine nakon što padne na tlo zadržava u površinskom sloju, a da dospije u dubinu od 2 do 3 cm, potrebne su mu 2—3 godine. Godišnje prodire u tlo u prosjeku 5 mm (9). Može se uzeti kao pravilo da će se glavina ^{137}Cs zadržati u prvih 10 cm tla. Kod šumskih podzoliranih tala zadržat će se 63%, kod skeletnog podzola i humusnog tla 86,7% i kod crvenica 80—86%.

Određivanje radioaktivnosti u tlu ograničeno je do sada na ispitivanju kontaminacije fisionim produktima ^{90}Sr i ^{137}Cs . Podaci o količini prirodne radioaktivnosti u tlu, tj. urana i torija manjkaju. S toga je određen uran, torij i ^{226}Ra tokom 1978. godine u svim uzorcima paralelno s određivanjem ^{137}Cs . Iz literature (10) je poznato da, tlo u prosjeku sadrži 1 do 4 ppm urana, 10—15 ppm torija, a ^{226}Ra varira u rasponu od 500—2000 pCi/kg tla. Polazeći od tih podataka bilo je važno saznati u kojim se granicama oni kreću u našim tlima.

MATERIJAL I METODE RADA

Uzorci se uzimaju uvijek na isti način kako je to ranije opisano (5, 6). Uzorak se buši specijalnom bušilicom promjera 10 cm s neobrađenog pašnjaka, s kojeg je skinut površinski sloj raslinja, i to po deset bušotina na 1 m². Uzorci su uzimani na isti način za ^{90}Sr i ^{137}Cs , te za određivanje prirodne radioaktivnosti.

Za određivanje ukupnog ^{90}Sr u tlu (topljivi i trajno fiksiran) uzeti su uzorci jednom godišnje, a kod topljivog ^{90}Sr dva puta godišnje — u proljeće i jesen. U oba slučaja se kod svakog daljnjeg uzimanja uzorka vadi tlo s istog pašnjaka, samo s pomakom od 1 m². Za određivanje ukupnog ^{90}Sr izvršena su bušenja na dubini od 0 do 5 cm, a za određivanje topljivog ^{90}Sr u slojevima 0—5, 5—10 i 10—15 cm. Ekstrakcija ukupnog ^{90}Sr provodi se kloridnom kiselinom 1 : 1 tokom analize, a Ca služi kao neizotopni nosač (1). Pričeka se postizanje radioaktivne ravnoteže s ^{90}Y nakon čega se ^{90}Y izdvoji radiokemijski kao Y_2O_3 , te izmjeri aktivnost pomoću G. M. brojača. Rezultat se preračunava na 1 kg tla, 1 m² i 1 km².

Ekstrakcija topljivog ^{90}Sr radi se s 10%-tnom otopinom amonijeva-acetata, a dalje se nastavlja postupak kao kod ukupnog stroncija.

Budući da ^{137}Cs nije uziman stalno sa ^{90}Sr , 1964. godine analiziran je sloj od 0 do 10 cm s istih lokacija kao i ^{90}Sr , a uzorci su uzeti po istom principu kao za ukupni ^{90}Sr .

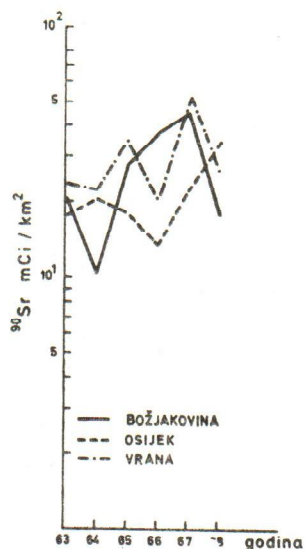
Radiokemijska analiza izvršena je 1964. godine separacijom ^{137}Cs Cezignostom (5), a 1978. godine analiziran je ^{137}Cs direktno gama-spektrometrijom, i to kristalom NaJ(Tl) 4x4 in. i 1024 kanalnim analizatorom. Uran, torij i ^{226}Ra također su analizirani gama-spektrometrijom. I ovdje su analizirana 1978. godine ista tipska tla kao i za detekciju ^{90}Sr , tj. na istim lokacijama na teritoriju SR Hrvatske, i to: podzolirano šumsko tlo kod Osijeka, skeletni podzol i humusno tlo kod Božjakovine i tlo koje je po karakteristikama gotovo identično s crvenicom kod Vrane.

REZULTATI

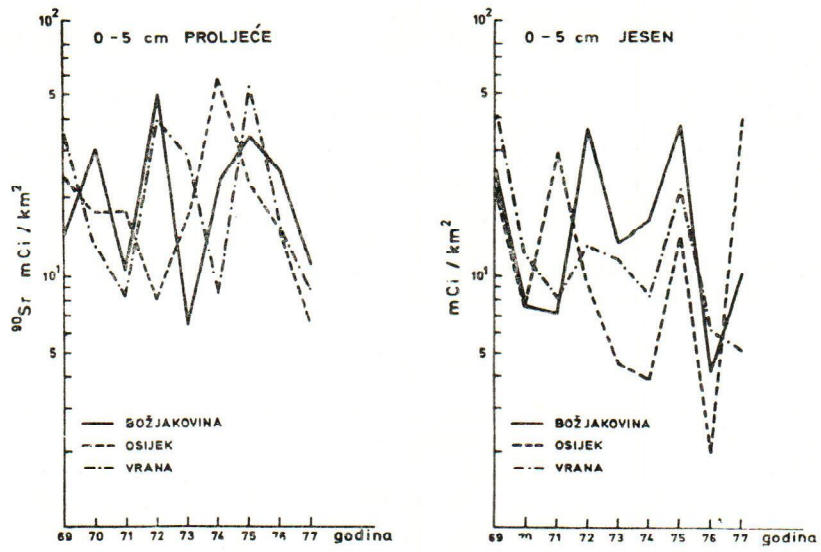
Rezultati su podijeljeni u grupe — ^{90}Sr i ^{137}Cs prema njihovim karakteristikama u tlu, te prirodna radioaktivnost.

^{90}Sr : Od 1963. do 1968. godine istraživane su samo koncentracije ukupnog, tj. topljivog i trajno fiksiranog ^{90}Sr u tlu. Budući da nedostaje podatak o količini topljivog ^{90}Sr , koji prodire u biljku, određuje se od 1969. godine do danas samo topljivi ^{90}Sr . Rezultati su prikazani na slikama 1—7.

^{137}Cs : Kao što je već prije spomenuto, uzorci ^{137}Cs na tlu SR Hrvatske nisu sistematski uzimani, pa su rezultati u tablicama 1. i 2. vjerojatno jedini postojeći podaci za ove lokacije i ovo razdoblje.

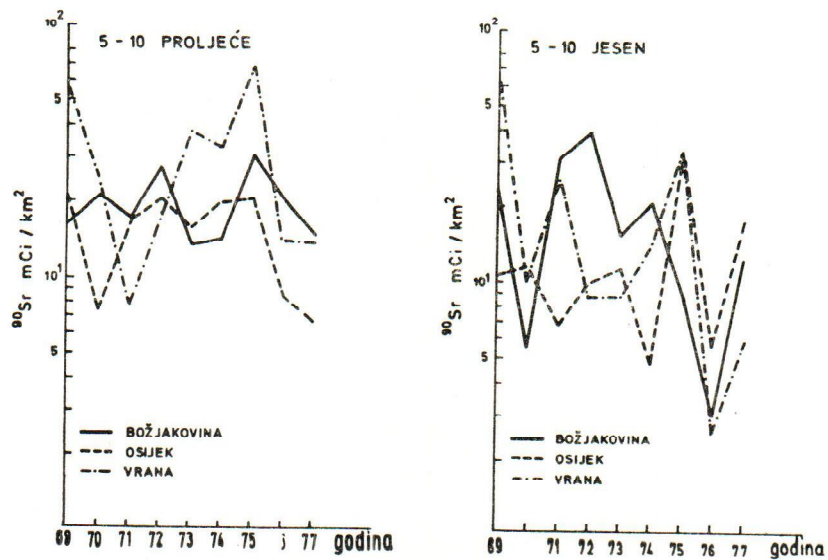


Sl. 1. Kretanje ukupnog ^{90}Sr u tipskim tlima SRH u sloju od 0 do 5 cm



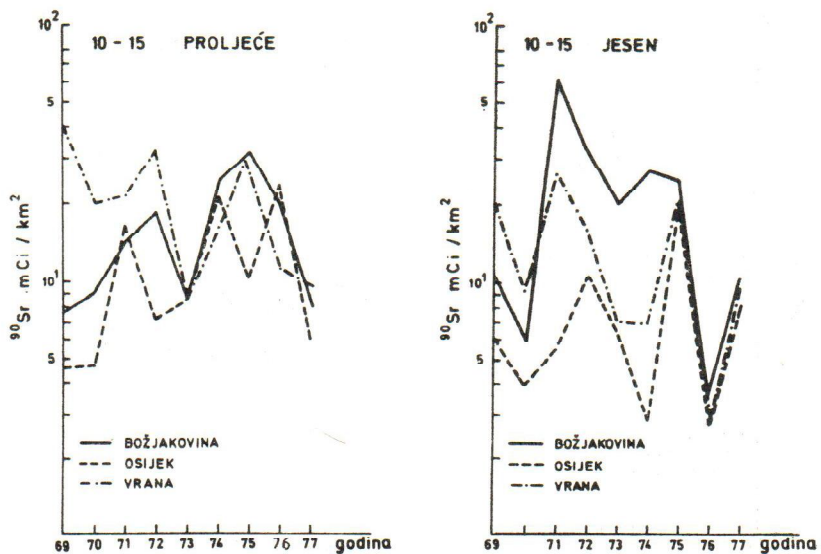
Sl. 2. Kretanje topivog ^{90}Sr u tipskim tlima SRH u sloju od 0 do 5 cm

I

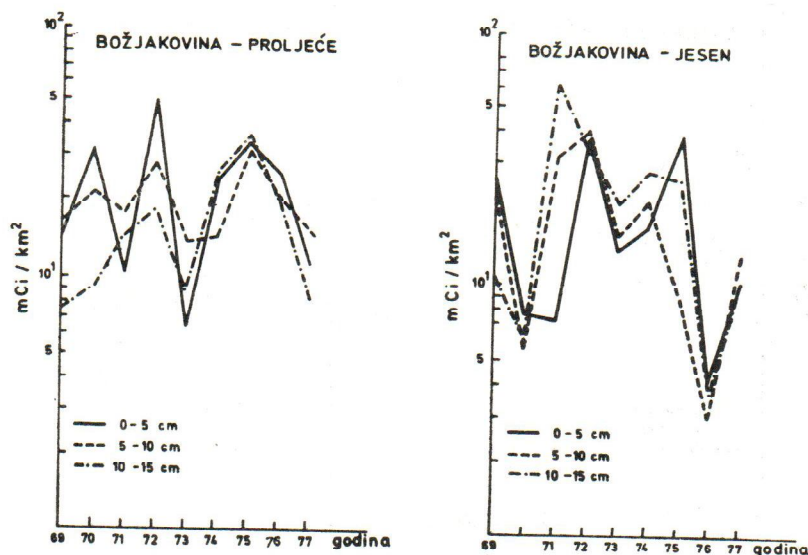


Sl. 3. Kretanje topivog ^{90}Sr u tipskim tlima SRH u sloju od 5 do 10 cm

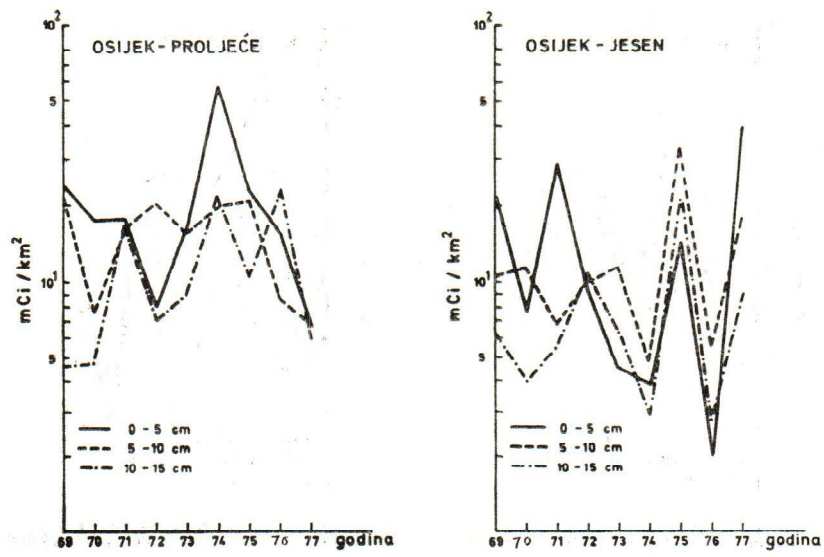
6



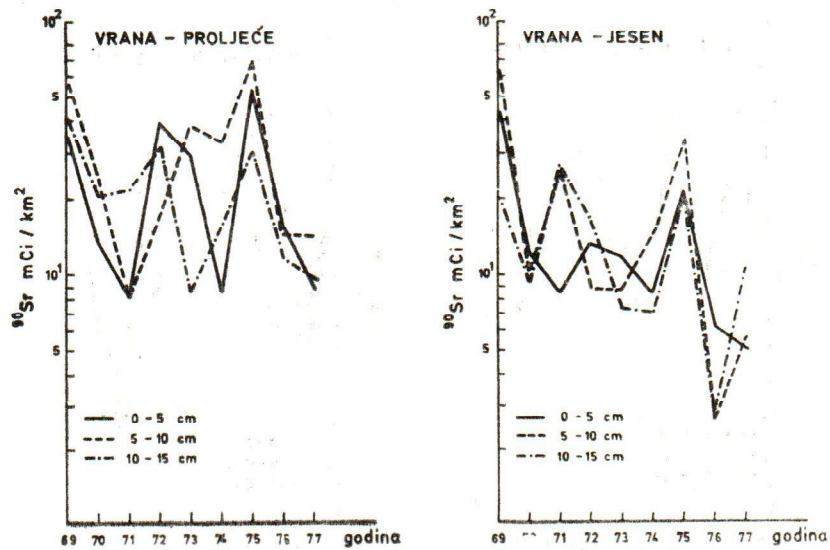
Sl. 4. Kretanje topivog ^{90}Sr u tipskim tlima SRH u sloju od 10 do 15 cm



Sl. 5. Kretanje topivog ^{90}Sr u blizini Zagreba



Sl. 7. Kretanje topivog ⁹⁰Sr u Dalmaciji



Sl. 6. Kretanje topivog ⁹⁰Sr u istočnom dijelu SRH

Tablica 1.

Kretanje ^{137}Cs u nekim tlima SRH tokom 1964. godine u sloju od 0 do 10 cm

Lokacija i vrste tla	pCi $^{137}\text{Cs}/\text{kg}$ tla	nCi $^{137}\text{Cs}/\text{m}^2$ tla
1. Podzolirano šumsko tlo — Osijek	2380,00	92,58
2. Skeletni podzol i humusno tlo — Božjakovina	725,00	31,75
3. Crvenica — Vrana	1380,00	42,28

Godine 1978. uzorci su sakupljani sistematski i uz paralelno određivanje sadržaja kalija. Naime, koncentracija kalija je odlučujuća za pokretljivost ^{137}Cs u tlu. Što je njegova koncentracija u tlu viša, veća je i pokretljivost. Osim kalija, na apsorpciju ^{137}Cs u tlima najviše utječu praćci minerali kao što su vermikulit, flogopit, zatim askanit i neki drugi iz grupe montmorillonita. U njihovoj prisutnosti dolazi do 100%-tne apsorpcije i vrlo slabe desorpcije. Podaci za 1978. godinu su prikupljeni na osnovi poznavanja nekih od prije navedenih parametara.

Tablica 2.

Kretanje ^{137}Cs u nekim tlima SRH tokom 1968. godine

Lokacija i vrsta tla	Dubina cm	gK/kg tla	pCi $^{137}\text{Cs}/\text{kg}$ tla	mCi $^{137}\text{Cs}/\text{km}^2$ tla
Podzolirano šumsko tlo — Osijek	0— 5	17,82	1082,00	64,30
	5—10	14,52	845,67	52,27
	10—15	12,63	678,00	54,74
Skeletni podzol i humusno tlo — Božjakovina	0— 5	12,90	489,00	25,07
	5—10	13,90	503,00	24,24
	10—15	27,70	1210,00	58,93
Crvenica — Vrana	0— 5	27,93	802,76	34,28
	5—10	10,70	469,60	19,14
	10—15	20,20	701,80	35,75

Tablica 3.

$^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 1964. godine

Mjesto uzimanja uzorka	^{90}Sr		^{137}Cs		$^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$	
	pCi/kg	mCi/km ²	pCi/kg	mCi/km ²	pCi/kg	mCi/km ²
Osijek	1526,0	20,50	2380,0	92,58	4,52	4,52
Božjakovina	276,0	10,10	725,0	31,75	2,63	3,14
Vrana	605,0	22,10	1380,0	44,28	2,28	2,00
Omjer \bar{X} =					3,14	3,22

Tablica 4.

$^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 1978. godine

Mjesto uzimanja uzoraka	Dubina sloja cm	^{90}Sr		^{137}Cs		$^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$	
		pCi/kg	mCi/km ²	pCi/kg	mCi/km ²	pCi/kg	mCi/km ²
Osijek	0— 5	283,55	14,02	1082,00	64,30	3,82	4,59
	5—10	241,09	17,25	845,67	52,37	3,51	3,07
	10—15	201,71	15,05	678,00	54,74	3,36	3,64
Božjakovina	0— 5	121,28	5,50	489,00	25,07	4,03	4,56
	5—10	163,70	10,33	503,00	24,24	3,07	2,35
	10—15	174,13	7,77	1210,00	58,93	6,95	7,58
Vrana	0— 5	273,16	11,67	802,76	34,28	2,94	2,94
	5—10	325,44	14,32	469,60	19,14	1,44	1,34
	10—15	289,16	11,05	701,80	35,75	2,43	3,24

Tablica 5.

Prirodna radioaktivnost u tlima

Mjesto uzimanja uzoraka	Dubina sloja cm	^{226}Ra	Uran	Torij
		pCi/kg	ppm	ppm
Osijek	0— 5	627,00	2,07	1,23
	5—10	845,00	2,70	2,76
	10—15	678,00	2,35	0,43
Božjakovina	0— 5	1082,00	3,57	5,10
	5—10	1210,00	3,99	9,57
	10—15	503,00	2,21	5,11
Vrana	0— 5	802,00	2,64	5,10
	5—10	496,60	1,54	7,87
	10—15	701,0	2,04	5,73

DISKUSIJA

Ako se analiziraju rezultati za ukupni ^{90}Sr u tlu, iz slike 1 vidljiv je postepeni rast kontaminacije prema 1968. godini. Minimum je zabilježen u Božjakovini, i to $10,10 \text{ mCi/km}^2$, a to je i najniža registrirana kontaminacija tla sa ^{90}Sr na području SR Hrvatske. Premda je već 1964. godine zabrana za atmosferska nuklearna ispitivanja bila na snazi, moglo se pretpostaviti da će koncentracija ^{90}Sr biti znatno viša s obzirom na velike nuklearne pokuse 1961—1962. godine. Porast kontaminacije javlja se 1965. godine, a maksimum je postignut tek 1967. godine, i to s $44,60 \text{ mCi/km}^2$. Nakon toga slijedi opet pad koji se mogao očekivati zbog prestanka nuklearnih eksplozija. Kontaminacija ^{90}Sr u Osijeku slijedi drugačiji tok. Aktivnost je niska sve do 1967. godine, kada je zabilježen nagli porast, ali je maksimum niži nego u Božjakovini. Znači da dolazi do slabijeg fiksiranja ^{90}Sr u tlu. U Vrani su vrijednosti varirale iz godine u godinu, pa je apsolutni maksimum postignut kasno, 1967. godine, i to s $51,0 \text{ mCi/km}^2$. Kako za to razdoblje ne postoje podaci za topljivi ^{90}Sr , može se pokušati aproksimirati vrijednosti kontaminacije prema registriranim podacima iz 1962—1963. godine (1). Ako pretpostavimo da je u Vrani 70% topljivog ^{90}Sr , onda je 1967. godine bilo oko 35 mCi/km^2 . Za Božjakovinu bi ta vrijednost iznosila $27,0 \text{ mCi/km}^2$, a u Osijeku $14,0 \text{ mCi/km}^2$, jer je u našim podzoliranim tlima, čini se, svega 50—60% ukupno prisutnog ^{90}Sr topljivo.

Ta pretpostavka je realna, kao što pokazuju i koncentracije topljivog ^{90}Sr 1969. godine i nadalje.

Uz naše pedološke uvjete, pretpostavka je da se ^{90}Sr nalazi većinom u sloju od 0 do 5 cm tla, ne stoji. Kao što se vidi iz slika 2—7, kod proljetnih uzoraka u Božjakovini mnogo je veća fluktuacija koncentracije ^{90}Sr u sloju od 0 do 5 cm negoli u nižim slojevima. Najmanje izmjenjena nalazi se između 5—10 cm dubine. Koncentracije ^{90}Sr u sva tri sloja se sve više izjednačuju od 1974. do 1978. godine. Godine 1969—1972. zabilježene su više aktivnosti ^{90}Sr u proljeće a niže u jesen. Do promjene dolazi 1973. zbog utjecaja kineskih nuklearnih eksplozija. Godine 1975. dolazi još do porasta aktivnosti u oba godišnja doba, tj. u proljeće i jesen, a 1977. godine opada koncentracija ^{90}Sr u svim slojevima. Općenito, jesenske vrijednosti u Božjakovini otprilike slijede isti tok maksimuma i minimuma u sva tri sloja.

I u Osijeku (slike 2—4, 6) kao i Božjakovini, najveći kontrasti u vrijednostima za koncentraciju topljivog ^{90}Sr pojavljuju se u sloju od 0 do 5 cm u proljeće, a najmanji u sloju od 5 do 10 cm. Mnogo veće promjene događaju se u jesen, tako da se gotovo iz godine u godinu izmjenjuju maksimalne i minimalne vrijednosti. Ističe se pojava gotovo podjednagog kretanja ^{90}Sr kod jesenskih uzoraka u sva tri sloja.

U Vrani, gdje je analiziran uzorak crvenice, minimum je zabilježen u proljeće 1974. godine, a maksimum 1975. godine, i to $53,40 \text{ mCi/km}^2$. Naj-

veće promjene događaju se u sloju od 5 do 10 cm, a ne u gornjem sloju kao kod ostalih uzoraka. I ovdje jesenski uzorci podjednako prate kretanje koncentracije ^{90}Sr u sva tri sloja.

Sva tri geografski odvojena i pedološki različita tla pokazuju isti tok kretanja kontaminacije ^{90}Sr od 1974. godine do danas.

Sve navedene vrijednosti za $^{90}\text{Sr}/\text{km}^2$ nisu uvijek u skladu s vrijednostima za $^{90}\text{Sr}/\text{kg}$ tla, što opet ovisi o sastavu tla. Zbog toga ponekad maksimum u pCi/kg nije istovjetan s kontaminacijom u mCi/km^2 . S toga razloga provedena je analiza podataka prema pedološkom tipu tla i sloju. Dobiveni su zanimljivi podaci od 1969. do 1977. godine. S obzirom na odnos kontaminacije u pCi/kg i mCi/km^2 konstatirano je da se 93% aktivnosti u Vrani nalazi do 10 cm dubine, u Osijeku 94%, a u Božjakovini 66%. U Osijeku je većina aktivnosti u sloju od 5 do 10 cm, a u Božjakovini je jednolično raspoređena na sva tri sloja.

Vrijednosti dobivene za ^{137}Cs u 1964. godini samo su orijentacijske, jer nisu obrađena sva tri sloja tla. Kao što se iz podataka za 1978. godinu razabire, uočljiva je tendencija kretanja ^{137}Cs u tlu u ovisnosti o koncentraciji kalija. U slučaju Osijeka, s dubinom sloja opada koncentracija kalija, a to je praćeno i padom koncentracije ^{137}Cs . Ovdje se gotovo 75% prisutnog ^{137}Cs nalazi u prvih 10 cm tla. U Božjakovini dolazi do dubokog prodiranja ^{137}Cs , čak u sloj od 10 do 15 cm, što je također praćeno visokim sadržajem kalija. I u Vrani je uočljiva neujednačena prodornost ^{137}Cs , te je i ovdje najdublji sloj najviše kontaminiran. Vrijednosti za $^{137}\text{Cs}/\text{m}^2$ slijede tok aktivnosti po kg, premda dolazi do razlika, zbog različite specifične težine tla.

Na temelju istraživanja sovjetskih autora (3, 4, 7, 8) uzima se da je omjer $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ u tlima čitavog svijeta 0,93—3,05 uz rijetke iznimke, gdje taj omjer varira od 2 do 8. U tablici 3. uspoređene su sume topljivih i netopljivih fizijskih produkata (^{137}Cs i ^{90}Sr) za 1964. godinu u samo jednom sloju tla. Jedino je u Osijeku premašen prosječni omjer $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ od 0,93 do 3,05, što se može protumačiti time da je ^{90}Sr dublje prodirao u podzolirano-šumskom tlu od ^{137}Cs , koji pokazuje vrlo visoku aktivnost u najgornjem sloju.

Kod podataka za 1978. godinu najveći omjer $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ postignut je u Božjakovini u sloju od 10 do 15 cm, gdje iznosi 6,95 izražen po kg tla, odnosno 7,58 izražen na mCi/km^2 . Kako se ovdje uspoređuju vrijednosti za topljivi ^{90}Sr prema ukupnom ^{137}Cs , potrebno je unijeti korekciju (4). Uz pretpostavku da je citirana vrijednost za ^{90}Sr u Božjakovini prosječno 60% od ukupno prisutnog ^{90}Sr , dobila bi se u prvom slučaju umjesto 6,95 vrijednost od 4,17, računato na 1 kg tla, a na km^2 , umjesto 7,58—4,62. Većina ostalih vrijednosti nalazi se u okviru 0,93—3,05.

Na temelju ovih istraživanja može se zaključiti da je omjer $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ vrlo sličan podacima za ostale dijelove svijeta (7,8), tj. 3,14—3,22.

Prema podacima iz tablice 5. vidi se da prirodna radioaktivnost varira od sloja do sloja. Skeletni podzol i humusno tlo (Osijek) pokazuje najvišu prirodnu radioaktivnost kod obadva radioaktivna niza, tj. urana i

torija. Maksimum je postignut u sloju od 5 do 10 cm. Općenito se kretanje prirodne i fisijske radioaktivnosti događa na različite načine. Dok je najniža koncentracija urana i ^{226}Ra u crvenici (Vrana) u sloju od 5 do 10 cm, dotle je taj sloj najviše kontaminiran sa ^{90}Sr , gdje bi se s obzirom na radiokemijske karakteristike ^{226}Ra i ^{90}Sr moglo očekivati slično ponašanje u tlu. Torij ne prati tok kretanja u tlu, pa je broj ppm torija u Vrani maksimalan u sloju od 5 do 10 cm, suprotno od urana i ^{226}Ra .

Koncentracija urana nalazi se unutar svjetskog prosjeka, a torij je nešto niži.

ZAKLJUČAK

Podaci pokazuju da je kretanje ^{90}Sr u površinskim slojevima tla složen proces uvjetovan nizom faktora, prvenstveno zakonitošću stratosferskog prijenosa, izmjenom između stratosfere i troposfere, prijenosom radioaktivnog aerosola do površine tla, te ionoizmjenjivačkim svojstvima ^{90}Sr u različitim okolnostima koje ovise o geomorfologiji tla. Kretanje ^{137}Cs mnogo više ovisi o trajnom zadržavanju u tlu, te mogućnostima desorpcije. Usporedbom podataka za količinu ^{137}Cs u tlima u razmaku od 14 godina, opaža se činjenica da se koncentracija ^{137}Cs vrlo polagano mijenja, za razliku od ^{90}Sr koji mnogo brže prodire u tlo tokom jedne godine. Omjer $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ varira u granicama 3,14—3,22.

Prirodna radioaktivnost u tlima, što se tiče urana, nalazi se unutar svjetskog prosjeka, a torij se nalazi u okvirima poznatim i za druge lokacije (10), premda je nešto niži od prosjeka. ^{226}Ra je također nešto ispod prosjeka navedenog u literaturi.

Literatura

1. Bauman, A., Popović, V.: Arh. hig. rada toksikol., 15 (1964) 3.
2. Radioaktivnost životne sredine u Jugoslaviji 1963—1976, RBIO Beograd (1964—1977).
3. Pavlockaja, F. I., Tjurjukanova, E. B., Baranov, V. I.: Globalne raspodjeljene radioaktivnog stroncija po zamnoj poverhnosti, Izdat. »Nauka«, Moskva, (1970).
4. Pavlockaja, F. I.: Migracija radioaktivnih produktova globalnih vipadenija v počvah, Atomizdat, (1974).
5. Bauman, A.: Disertacija, Tehnološki fakultet, Zagreb (1965).
6. Bauman, A.: Determination of ^{137}Cs in soil, I IRPA Congr. Rome (1965), Pergamon Press (1968) 335.
7. Belova, E. I., Antropova, Z. G.: Sravniteljnoe raspredeljenje ^{90}Sr i ^{137}Cs v različitim tipah počvi. Jaderaja meteorologija, Trudi IEM. Vip. 21, Gidrometeoizdat, Moskva, (1971).
8. Moseev, A. A., Ramzaev, P. V.: ^{137}Cs v biosfere, Atomizdat., Moskva, (1975).
9. Henzel, N., Strebel, O.: Ztschr. für Geophysik, 33 (1967) 33.
10. Ahrens, L. H. (ed): Physics and Chemistry of the Earth, Pergamon Press, London, (1959).

Summary

DISTRIBUTION OF FISSION AND NATURAL RADIOACTIVITY
IN THE SOIL

Radioactivity in Yugoslav soils is rarely investigated on a large scale. For that reason this paper gives some data on the distribution of fission products in the soil, $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ ratio and the level of natural radioactivity of uranium, thorium and ^{226}Ra .

*Institute for Medical Research and
Occupational Health, Zagreb*

*Received for publication
October 26, 1979.*