

PROUČAVANJE RADIOAKTIVNE  
KONTAMINACIJE ŽIVOTNE SREDINE  
S POSEBNIM OSVRTOM NA UTJECAJ  
STRUKTURE ISHRANE NA UNOŠENJE  
RADIOAKTIVNOG MATERIJALA  
U ORGANIZAM

V. POPOVIĆ

Prikazan je tok porasta i pada radioaktivne kontaminacije biosfere nakon nuklearnih eksplozija u razdoblju od 1960. do 1966. godine. Ispitan je utjecaj strukture ishrane na unošenje  $^{90}\text{Sr}$  u organizam. Dan je prikaz istraživačke djelatnosti koja se odvija u dva pravca: 1) u izučavanju faktora koji utječu na kontaminaciju okoline i 2) u razvijanju efikasnijih metoda za eksperimentalni rad.

I. RADIOAKTIVNOST BIOSFERE

Eksperimenti nuklearnim oružjem doveli su do stvaranja vrlo različitog radioaktivnog materijala, uslijed čega je došlo do radioaktivne kontaminacije čitave atmosfere.

Kontaminacijom životne sredine radioaktivnim fisionim produktima bilo je čitavo čovječanstvo još više izloženo ionizantnom zračenju. U dovoljnoj koncentraciji stvoreni radionuklidi mogu biti opasni za čovjeka ili životinje kao eksterni izvori, ili kao interni, ukoliko budu uneseni u organizam.

Budući da s kemijskog stanovišta nema razlike u ponašanju pojedinih fisionih produkata u odnosu na istovjetni neaktivni materijal u čitavom ekološkom ciklusu, važno je da se i opasnost koja bi od njih mogla nastati, odredi u svim fazama ciklusa.

Prva su mjerenja kod nas započela 1960. godine, a vršena su na teritoriju SRH. U prvoj fazi vršena su mjerenja ukupne beta radioaktivnosti u zraku i padavinama (1, 2). Kasnije su ta mjerenja proširena na određivanje ukupne beta radioaktivnosti u pitkim i geografskim vodama, a ujedno se počelo i s određivanjem  $^{90}\text{Sr}$  u radioaktivnim padavinama, prehrambenim proizvodima, ljudskim i životinjskim kostima, te moru i zemljištu. Godine 1964. započelo se i s analizom  $^{137}\text{Cs}$  (3-8).

Tablica 1 pokazuje godišnje prosjeke ukupne beta radioaktivnosti u zraku, mjerene od 1962. do uključivo 1967. godine.

Tablica 1  
*Godišnji prosjeci ukupne beta radioaktivnosti u zraku*

	pCi/m <sup>3</sup>					
	1962	1963	1964	1965	1966	1967
Zagreb	4.8	5.7	1.1	0.21	0.11	0.08
Zadar	—	—	—	0.26	0.13	0.08
Sljeme	4.8	6.1	—	—	—	—

Tablica 2 pokazuje ukupnu radioaktivnost radioaktivnih padavina za pojedina mjesta.

Tablica 3 pokazuje ukupnu beta radioaktivnost geografskih voda.

Tablica 3  
*Ukupna beta radioaktivnost geografskih voda*

Rijeka	pCi/l					
	1962	1963	1964	1965	1966	1967
Sava	49	52	18	9	7	5
Kupa	37	40	13	6	5	3
Odra	34	47	—	—	—	—
Korana	32	34	—	—	—	—
Drava	—	—	17	9	6	5

Količina <sup>90</sup>Sr u radioaktivnim padavinama prikazana je u tablici 4.

Tablica 4  
*Količina <sup>90</sup>Sr u radioaktivnim padavinama*

	<sup>90</sup> Sr mCi/km <sup>2</sup>					
	1962	1963	1964	1965	1966	1967
Zagreb	15.5	28.5	20.3	8.59	3.37	1.7
Osijek	—	27.1*	19.2	7.28	2.82	1.3
Zadar	—	17.2*	21.8	7.85	5.41	1.9

\* Samo za 9 mjeseci.

Tablica 2  
*Ukupna bela radioaktivnost radioaktivnih padavina za pojedina mjesta*

	1962		1963		1964		1965		1966		1967	
	mCi/km <sup>2</sup>	mm padavina	mCi/km <sup>2</sup>	mm	mCi/km <sup>2</sup>	mm	mCi/km <sup>2</sup>	mm	mCi/km <sup>2</sup>	mm	mCi/km <sup>2</sup>	mm
Zagreb	1029	1154.3	625	954.9	339	1002.5	82.1	1105.9	32.6	1055.3	11.4	798.5
Osijek			906	674.7	157	680.5	51.9	771.6	19.5	640.9	11.6	616.8
Zadar			910	839.4	242	1000.8	56.0	744.4	42.2	1332.7	32.0	916.7
Pula					132	742.0	68.2	1010.2	26.6	1059.2	11.2	777.2
Bjelovar					74.9	816.9	57.2	1063.7	31.0	1019.1	13.4	826.3

Kao što se vidi iz navedenih rezultata naših mjerenja, stepen kontaminacije kod svih vrsta uzoraka rastao je do uključivo 1963, kada je počeo lagani pad, a 1965. god. i brzi pad. To je i razumljivo, jer je u razdoblju od 1964. do 1967. bilo samo nekoliko kineskih nuklearnih eksplozija (9), koje su samo za kratko vrijeme pridonijele povišenju radioaktivnosti, ali nisu utjecale na opći trend. S obzirom na ovakvu situaciju, interesantno je svakako pogledati i kretanje količine  $^{90}\text{Sr}$  u najvažnijim prehrambenim proizvodima.

Tablica 5 pokazuje kretanje količine  $^{90}\text{Sr}$  u pšenici.

Tablica 5  
Kretanje količine  $^{90}\text{Sr}$  u pšenici

	$^{90}\text{Sr}$ pCi/g Ca				
	1963	1964	1965	1966	1967
Zagreb	500	3175	675	258	121
Osijek	1246	6573	297	139	59
Zadar	516	2104	314	245	95

Kretanje količine  $^{90}\text{Sr}$  u mlijeku vidi se iz tablice 6.

Tablica 6  
Kretanje količine  $^{90}\text{Sr}$  u mlijeku

	$^{90}\text{Sr}$ pCi/g Ca						
	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
Zagreb	9.8	15.0	30.7	33.6	28.8	21.6	16.6
Osijek*	7.6	6.3	13.2	15.5	14.1	8.4	6.7
Zadar	—	6.4	21.9	23.3	23.9	8.1	6.0

\* Mlijeko u prahu.

Slična je situacija i sa stočnom hranom. Tablica 7 pokazuje kretanje količine  $^{90}\text{Sr}$  u lucerni za prvi i drugi otkos.

I ostali prehrambeni proizvodi pokazuju manje-više istu tendenciju kretanja količina  $^{90}\text{Sr}$  za razdoblje od 1962. do 1967. godine.

Ako se ti podaci usporede s podacima iz tablice 4, onda se može sigurno reći da je do 1964. dominantna bila površinska kontaminacija, dok poslije te godine  $^{90}\text{Sr}$  ulazi sve više u biljke preko korijena.

Tablica 7

*Kretanje količine  $^{90}\text{Sr}$  u lucerni za prvi i drugi otkos*

		$^{90}\text{Sr}$ pCi/g Ca					
		1962	1963	1964	1965	1966	1967
Zagreb	I	300	109	113	75	90	41
	II	46	—	137	73	40	30
Osijek	I	95	169	116	214	62	56
	II	41	—	156	166	46	45
Zadar	I	—	123	60	69	71	34
	II	—	59	67	81	42	32
Prosjek		53	115	108	113	59	40

To se najbolje vidi iz dijagrama 1, gdje je prikazano kretanje količine  $^{90}\text{Sr}$  u mlijeku i količine  $^{90}\text{Sr}$  u radioaktivnim padavinama za zagrebačko mliječno područje.

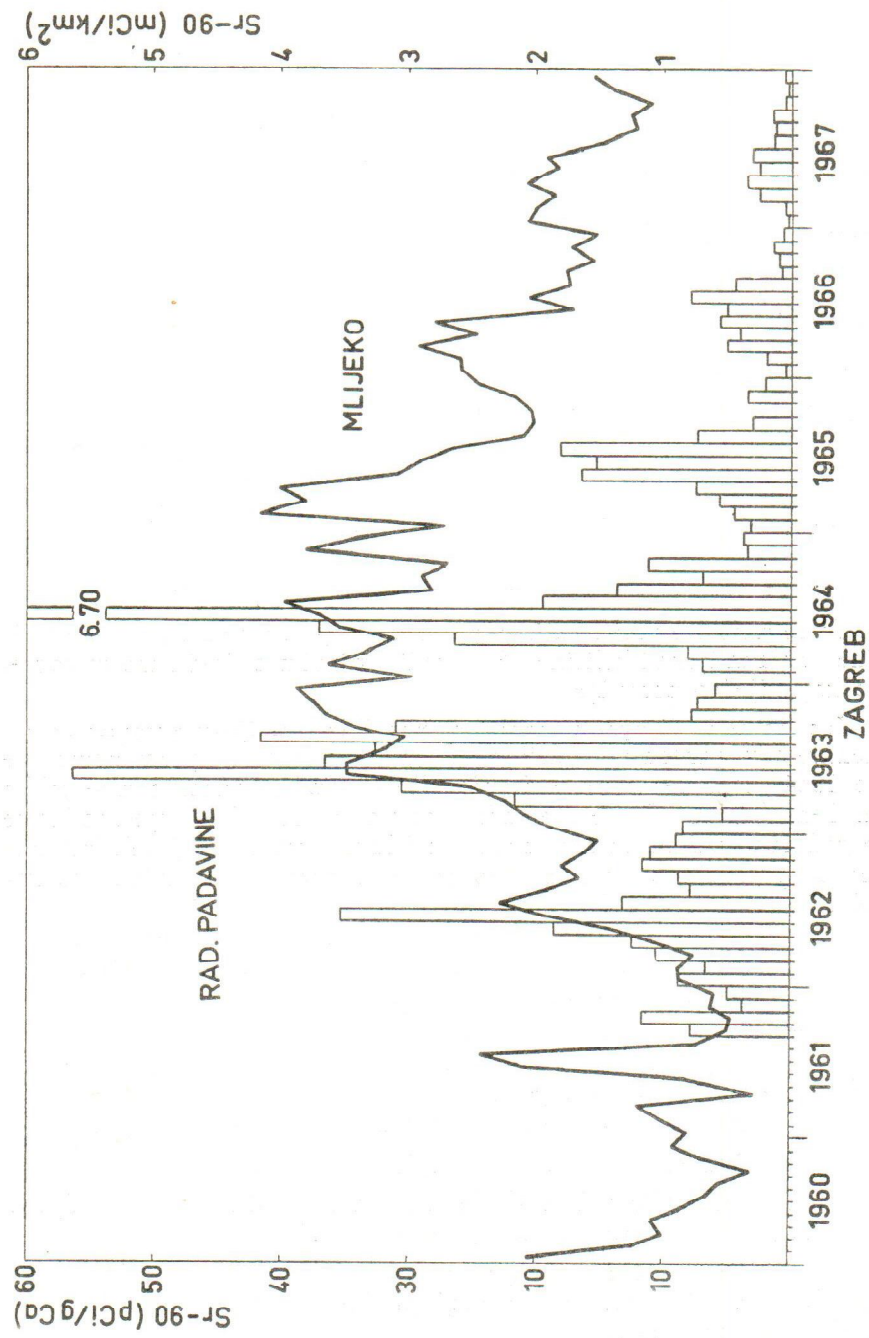
Kao što se iz dijagrama vidi, količina  $^{90}\text{Sr}$  u mlijeku potpuno se reflektirala u odnosu na količinu  $^{90}\text{Sr}$  u radioaktivnim padavinama sve do 1964. kada se to reflektiranje više ne opaža, odnosno nije toliko izraženo (10, 11). Da je ovaj odnos zaista bio očit, dokazuje i to što se iz godine u godinu mijenja struktura ishrane krava kao i veličina mliječnog područja, a što i te kako utječe (u negativnom smislu) na korelaciju.

Smanjenje količine  $^{90}\text{Sr}$  u radioaktivnim padavinama bilo je godine 1963. do 1964. (za zagrebačko područje) za faktor 1.4, od 1964. na 1965. za faktor 2.4, od 1965. na 1966. za faktor 2.5, a od 1966. na 1967. za faktor 2.

Kod mlijeka je to smanjenje znatno manje izraženo, jer je količina  $^{90}\text{Sr}$  u 1963. od 30,7 pCi/g Ca pala u 1967. na samo 16,6, što je manje od 2 puta, dok se u isto vrijeme količina  $^{90}\text{Sr}$  u radioaktivnim padavinama smanjila za preko 16 puta (godišnja količina).

Koncentracija  $^{90}\text{Sr}$  u tlu rasla je manje-više u svim mjestima gdje su uzimani uzorci. Rezultati mjerenja su prikazani u tablici 8.

Rezultati se donekle razlikuju, no razlog je tome što je uziman vrlo mali broj uzoraka i što se nije moglo uvijek odabrati isto mjesto s kojega su uzimani uzorci.



Dijagram 1. Kretanje količine  $^{90}\text{Sr}$  u mlijeku i količine  $^{90}\text{Sr}$  u radioaktivnim padavinama za zagrebačko mliječno područje

Tablica 8  
Rezultati mjerenja  $^{90}\text{Sr}$  u tlu u različitim mjestima

	$^{90}\text{Sr}$ pCi/g Ca				
	1963	1964	1965	1966	1967
Božjakovina	21	10	28	38	47
Osijek	17	11	18	13	22
Zadar	24	22	35	21	51
Pula	—	30	42	39	8
Delnice	—	62	101	118	32

Svi ovi rezultati pokazuju da se radioaktivna kontaminacija životne sredine u SRH može usporediti sa zemljama koje se nalaze u istoj geografskoj širini i imaju približno istu količinu oborina (12).

## II. UTJECAJ STRUKTURE ISHRANE NA UNOŠENJE $^{90}\text{Sr}$ U ORGANIZAM

Kontaminacija ljudskog organizma fisionim produktima nastaje uglavnom unošenjem kontaminirane hrane i vode. Da bi se ustanovio opseg kontaminacije koja tim putem nastaje, treba znati i koje se količine hrane i vode unose u organizam, kao i koncentracije fisionih produkata koje se nalaze bilo u pojedinim prehrambenim proizvodima i vodi ili u sveukupnoj hrani koja se uzima dnevno ili u nekom dužem periodu.

Kod ispitivanja utjecaja strukture ishrane na unošenje  $^{90}\text{Sr}$  u organizam moraju se uzeti u obzir dva faktora: (1) količina  $^{90}\text{Sr}$  u svakom prehrambenom proizvodu, i (2) količina – kemijski sličnog – kalcija, čija ukupna količina bitno utječe na metabolizam  $^{90}\text{Sr}$  (13).

Ako se prema tome koliko se kalcija dnevno, odnosno godišnje unosi hranom u organizam, sve zemlje svrstavaju u 4 grupe:

- |                              |                                  |
|------------------------------|----------------------------------|
| 1. grupa – 800 mg Ca dnevno  | 70–80% Ca iz mliječnih proizvoda |
| 2. grupa – 600–700 mg Ca/dan | 60–80% Ca iz mliječnih proizvoda |
| 3. grupa – 300–450 mg Ca/dan | 30–65% Ca iz mliječnih proizvoda |
| 4. grupa – 200–350 mg Ca/dan | glavni izvor Ca su žitarice      |

onda bi Jugoslavija po ovoj grupaciji, spadala između 2. i 3. grupe, a po tome koliko se kalcija dobije iz mliječnih proizvoda bila bi bliže 3. grupi (14).

Tablica 9 pokazuje potrošnju prehrambenih proizvoda u Jugoslaviji po glavi stanovnika, a ujedno i procenat kalcija kao i kalorija.

Tablica 9  
*Potrošnja prehrambenih proizvoda u Jugoslaviji po glavi stanovnika*

	Yearly kgs	Ca %	Calories %
Žitarice	182.1	17.99	59.6
Povrće	131.2	16.47	8.6
Mliječni proizvodi	79.9	58.97	6.6
Voće	52.1	3.60	2.9
Meso	28.3	1.21	7.3
Jaja	3.1	0.76	6.4
Ukupno	476.7	100.00	85.4

Podaci iz Statističkog godišnjaka SFRJ (1963).

Iz tablice se vidi da se iz žitarica dobiva gotovo 60% kalorija, a u isto vrijeme to je izvor samo 20% Ca. Mlijeko i mliječni proizvodi daju približno 60% kalcija, a samo 6.6% kalorija.

Kada se znade da su žitarice jedan od glavnih nosilaca količine  $^{90}\text{Sr}$ , jasno je da se pri istom stupnju kontaminacije životne sredine više  $^{90}\text{Sr}$  unosi u organizam u onoj zemlji u kojoj je potrošnja žitarica veća.

S druge strane, to znači da i mali porast koncentracije  $^{90}\text{Sr}$  u žitaricama može dovesti do znatno većeg unošenja  $^{90}\text{Sr}$  u organizam, i to pri vrlo nepovoljnom odnosu s obzirom na kalcij.

Tako se odnos  $^{90}\text{Sr}/\text{Ca}$  mijenjao od 1962. do 1964. god. vrlo nepovoljno baš zbog toga što je najveći dio  $^{90}\text{Sr}$  dolazio od žitarica. Taj je odnos u 1962. godini bio 57,6, u 1963. 76,9, a u 1964. 120,3. U prosjeku, dnevno je svaki stanovnik u 1962. god. unosio u organizam 35 pCi  $^{90}\text{Sr}$ , u 1963. 47, a u 1964. 73 pCi  $^{90}\text{Sr}$ . U kasnijim godinama ta se količina smanjuje.

Radi bolje predodžbe, zanimljivo će biti ako se iznese da je za New York City odnos  $^{90}\text{Sr}/\text{Ca}$  u 1964. bio 28.

Većina stanovnika u Jugoslaviji pije vodovodnu ili izvorsku vodu. Kako se tu radi o kišnici, tj. mekoj vodi koja nema kalcija – a poznato je da je kiša glavni nosilac  $^{90}\text{Sr}$  – slika se znatno mijenja.



Ako se još uzme u obzir (pretpostavka, jer nema konkretnih podataka) da taj dio stanovništva uzima veće količine žitarica a manje mliječnih proizvoda, a ujedno pije cisternsku vodu, onda se znatno mijenja količina dnevno unesenog  $^{90}\text{Sr}$ , a ujedno u velikoj mjeri i odnos  $^{90}\text{Sr}/\text{Ca}$ .

Količina dnevno unesenog  $^{90}\text{Sr}$  za taj dio stanovništva u 1963. godini iznosi 79 pCi, a odnos  $^{90}\text{Sr}/\text{Ca}$  je 189,4. U 1964. godini količina dnevno unesenog  $^{90}\text{Sr}$  penje se na 108 pCi, a odnos  $^{90}\text{Sr}/\text{Ca}$  na 254. Udio vode u unošenju  $^{90}\text{Sr}$  u 1963. je oko 48%, a u 1964. 36%. To znači da je voda postala glavni nosilac kontaminacije organizma.

Podaci nisu dati za kasnije godine, jer se slika opet ponavlja. Naime, količine  $^{90}\text{Sr}$  u pojedinim prehrambenim proizvodima u tim su godinama manje, pa se dnevno unošenje  $^{90}\text{Sr}$  znatno smanjilo.

### III ISTRAŽIVAČKA DJELATNOST

Tokom prvobitnih mjerenja i kontrole radioaktivnosti životne sredine pojavilo se niz problema, kao što je pomanjkanje podataka za širu evaluaciju dobivenih rezultata i neadekvatnost primijenjene metodike. To je rad laboratorija usmjerilo u dva pravca: a) u pravcu izučavanja faktora bitnih za bolje poznavanje problematike i b) u pravcu traženja i uvođenja efikasnijih metoda eksperimentalnog rada.

#### a) *Izučavanje bitnih faktora*

Nakon prve faze rada laboratorija (1960–1962) prišlo se proučavanju utjecaja raznih faktora na varijacije nivoa prirodne aktivnosti (15). Proučavane su dnevne varijacije ukupne beta aktivnosti, utjecaj meteoroloških i zemljišnih uslova na varijacije nivoa. Opaženo je da nivoi ukupne beta radioaktivnosti pri istim uslovima (istoj brzini protoka zraka, istom filterpapiru, istom volumenu prosisanog zraka tokom kalendarske godine) variraju unutar određenog reda veličine. Ispitan je utjecaj protoka zraka, njegova volumena, te dužine pumpanja na registraciju nivoa.

U nastavku radova na određivanju ukupne kontaminacije fisionim produktima u padavinama, na određivanje  $^{90}\text{Sr}$  nadovezani su radovi na ispitivanju količina  $^{137}\text{Cs}$  (16). Tokom 1965–67. god. praćene su kineske nuklearne eksplozije (9) u padavinama i paralelno u uzorcima lucerne, koja je najbolji indikator za brzu detekciju novih fisionih produkata u biljnom materijalu. U padavinama smo, uz to, ispitivali kontaminaciju kozmogenim radionuklidima, pa je određivan  $^7\text{Be}$  kroz 3 godine (17). Za razliku od podataka dobivenih za  $^{90}\text{Sr}$  i  $^{137}\text{Cs}$ , koji se slažu sa svjetskim prosjekom, količina  $^7\text{Be}$  kod nas je nešto viša od svjetskog prosjeka ( $6.0 \times 10^3$  at/ml) (18), ali se u pojedinim mjesecima slaže s podacima za sjevernu Italiju (19), iz čega se može zaključiti da postoji sličnost atmosferskih uvjeta u našim relacijama.

Što se tiče količine  $^{137}\text{Cs}$  u prehrambenim proizvodima, pokazala se ista tendencija pada kao i kod  $^{90}\text{Sr}$  (6–8). Logičan nastavak u ispitivanju puta fisionih produkata bilo je ispitivanje količine topljivog i netopljivog  $^{90}\text{Sr}$  u tlu na području SR Hrvatske. Nađeno je da omjer topljivi : netopljivi iznosi 1 : 2,5 do 1 : 1 (20), a to je bitan podatak kod evaluacije količine kontaminacije hrane stroncijem-90. Ti rezultati su značajni budući da do sada kod nas nisu vršena sistematska ispitivanja apsorpcije fisionih produkata u tlima. Isto tako je nađeno da je kod ukupne količine  $^{137}\text{Cs}$ , 38 – 88% trajno fiksirano (21). Ti podaci se nalaze unutar granica rezultata dobivenih u umjerenom geografskom pojasu.

Određivanje kontaminacije morskih organizama fisionim produktima kod nas nije vršeno, iako se dobar dio stanovništva hrani ribama, ali je praćena koncentracija  $^{90}\text{Sr}$  u Jadranskom moru. Određivanja su počela (6) tek 1964. god. pa nedostaje maksimum, no upoređivanjem rezultata s podacima dobivenim s talijanske strane ipak smo mogli doći do relativno tačne evaluacije količine  $^{90}\text{Sr}$ . Dapače, ispostavilo se da postoji neravnomjernost uzorkovanja na drugoj obali Jadrana (22).

Kako se more preporučuje kao definitivni medij za beskonačno razrjeđenje opasnih radioaktivnih materijala (23), potrebno je proučavati biociklus radionuklida u moru (24) zbog opasnosti koje takav način rješavanja povlači sa sobom (25). Zbog toga smo u našim istraživanjima prišli ispitivanju parametra adsorpcije radionuklida  $^{85}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{144}\text{Ce}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{65}\text{Zn}$  i  $^{125}\text{Sb}$  na tipična morska muljevita i pješćana dna Jadrana. Paralelno ispitujemo parametre desorpcije istaloženih radionuklida s morskog dna kod povišenih koncentracija vodikovih iona (26).

b) *Primjena radiokemijskih i nuklearnih metoda za određivanje tragova elemenata interesantnih s aspekta kontaminacije životne sredine radioaktivnim materijalima*

U našoj se zemlji u više centara za praćenje radioaktivnosti životne sredine mjeri ukupna beta radioaktivnost prirodnih voda metodom uparavanja veće količine vode i brojenjem izarenog ostatka. Kako je ta metoda spora i netačna (27), razradili smo tri nove metode za određivanje ukupne beta radioaktivnosti vode. Za brzu registraciju većih koncentracija radionuklida – metodu mjerenjem GM brojačem za tekućine (28) koja je jednostavna i brza. Za mjerenje niskih nivoa ukupne beta aktivnosti razrađene su dvije metode. Prva se sastoji u uparavanju većih količina vode u koju se doda izvjesna količina kompleksirajućih agensa, a ispareni se ostatak mjeri protočnim antikoincidentnim GM brojačem s prozorom velike površine (29). Drugom metodom se puštanjem uzorka vode kroz tanki sloj ionoizmjenjivačke smole, na njemu efikasno zadrže prisutni radionuklidi (oko 95% i više). Ovakav sloj smole s reteniranim radionuklidima može se brojiti običnim antikoinci-

dentnim GM brojačem (30). Ova se metoda pokazala najprikladnijom zbog jednostavnosti i tačnosti, te se sada u laboratoriju primjenjuje za kontrolu nivoa beta aktivnosti prirodnih voda.

Kod praćenja ukupne beta aktivnosti u prirodnim vodama potrebno je utvrditi količinu prisutnog K-40, jer kod niskih aktivnosti uzorka, K-40 može sačinjavati veći dio ukupne beta aktivnosti. Kalij je određen fotometrijom plamena kao referentnom metodom, a kao brzu terensku metodu razradili smo gravimetrijsku metodu taloženja natrijevim tetrafenilboratom (31).

Određivanje kalcija u materijalima koji u tolikoj mjeri variraju u svom sastavu kao što je biljni materijal i tlo povremeno nailazi na teškoće. Zato smo razradili metodu za kompleksometrijsko određivanje Ca smjesom indikatora fluoreksonmureksid. Metoda u potpunosti zadovoljava za određivanje Ca u morskoj vodi, tlu i biljnom pepelu (32).

U toku radova na metodici ispitani su neki reagensi prikladni za odvajanje pojedinih fisionih produkata iz ukupne mase uzoraka.

Tako su nađeni parametri koji utječu na taloženje stabilnog cezija i kalija natrijevim trifenilcianoboratom. Metoda je provjerena dodavanjem obilježivača  $^{137}\text{Cs}$  (33).

Kako se Na-trifenilcianoborat pokazao kao selektivan reagens za cezij, primijenjen je za izdvajanje  $^{137}\text{Cs}$  iz uzorka životne sredine.

S obzirom na to da je do sada objavljeno malo materijala koji se odnose na određivanje  $^{137}\text{Cs}$  u tlu radiokemijskom metodom, odvojili smo  $^{137}\text{Cs}$  natrijevim trifenilcianoboratom (34). Isto se tako natrijev trifenilcianoborat pokazao kao prikladan reagens za odjeljivanje  $^{137}\text{Cs}$  iz morske vode (35). Prednost metode je mogućnost određivanja kemijskog iskorištenja, što je inače glavni nedostatak određivanja  $^{137}\text{Cs}$  amonijevim fosfomolibdatom (35).

Iz uzoraka biljnog materijala taložili smo  $^{137}\text{Cs}$  natrijevim trifenilcianoboratom u slučaju kad stripping spektara nije dao povoljne rezultate zbog prisustva prevelikog broja fisionih produkata (35).

Drugi reagens koji se pokazao prikladnim za radiokemijske separacije jest amonijev cinamat. Tokom rada na određivanju kozmogenog  $^7\text{Be}$  u padavinama, amonijev cinamat pokazao se kao efikasno sredstvo za taloženje  $^7\text{Be}$  iz mase fisionih produkata.  $^{137}\text{Cs}$  iz istog uzorka odvojen je taloženjem natrijevim trifenilcianoboratom (16).

Osim s pojedinim organskim reagensima, radili smo i po već otprije poznatim modificiranim metodama zbog specifičnosti naših uvjeta. Tako je tokom rada s našlim tlima modificirana metoda po *Vidu* (19), i to kako ekstrakcija topljivog  $^{90}\text{Sr}$  amonijevim acetatom, tako i ekstrakcija solnom kiselinom kod određivanja ukupnog  $^{90}\text{Sr}$  (36).

Paralelno s razvijanjem kemijskih metoda nisu zanemarene niti instrumentalne metode, kao što je stripping spektara kod određivanja gama emitera. Tom smo metodom odredili  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$ ,  $^{95}\text{Zr}$  i  $^{137}\text{Cs}$  u tlu.

Kao nastavak radova oko proučavanja biološkog ciklusa radionuklida u moru potrebno je odrediti koncentraciju neaktivnih izotopa onih radionuklida koji se najviše koncentriraju (25) u morskim organizmima. U sadašnjoj fazi istraživanja razrađuje se metoda određivanja tragova mangana, kobalta i cinka u morskim organizmima pomoću substehiometrijske radioizotopne dilucije (37).

Premda ne spada u užu problematiku laboratorija, ali zbog mogućnosti kontaminacije ljudskog organizma i životne sredine, razradili smo postupak za određivanje tragova torija i urana u ljudskim kostima, krvi, urinu i fecesu (38).

Osjetljivost metoda u slučaju torija bolja je od klasičnih analitičkih metoda, a u slučaju urana jednaka je inače najosjetljivijoj fluorescentnoj metodi. Sam postupak određivanja tragova torija aktivacionom analizom u biološkom materijalu jednostavniji je od do sada objavljenih postupaka. Metoda je rađena radi kontrole nivoa kontaminacije ljudi navedenim radiotoksičnim elementima (39)

#### Literatura

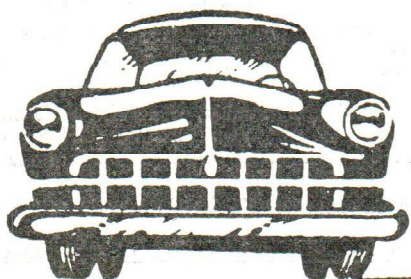
1. Uouk, U. B., Popović, U.: Metode za određivanje radioaktivnosti atmosfere, Arh. hig. rada, 13 (1962).
2. Saler, B. M., Popović, U.: Korelacija aktivnosti uzoraka zraka, Arh. hig. rada, 13 (1962).
- 3.-8. Radioaktivnost životne sredine u Jugoslaviji. Podaci za 1961-1966. godinu, priredio: V. Popović.
9. Bauman, Alica, Popović, U. Mjerenje gama-aktivnosti u radioaktivnim padavinama nakon kineske eksplozije 9. V 1966. III Simpozij mjerenja i instrumentacije u zaštiti od ionizirajućeg zračenja, Banja Luka, oktobra 1967. Sadržaj saopćenja 57.
10. Popović, U.: Some Experience Gained in Assessing Environmental Radioactivity in Yugoslavia and Analogous Considerations Concerning Increased Constamination, Internacionalni simpozij o zaštiti od nuklearnog zračenja, Monaco, 1964.
11. Popović, U., Franić, N.: Sr-90 u mlijeku. I. Simpozij o radiološkoj zaštiti, Portorož, 1963, Sinopsis.
12. HASL Reports USAEC 1960-1965.
13. Popović, U., Radeka, R.: Stroncij i kalcij u prehrambenim proizvodima, Arh. hig. rada 14 (1963).
14. Popović, U.: Sr-90 in Fallout and Foodstuffs in Yugoslavia. I. Intern. Congr. IRPA, Rome 5-10 sept. (1966).
15. Popović, U., Picer, M.: Mogućnost brze registracije radioaktivnih padavina u atmosferi u prisustvu prirodnih radioaktivnih elemenata. III Simpozij »Mjerenja i instrumentacija u zaštiti od jonizujućeg zračenja«, Banja Luka, 1967, Sadržaj saopćenja str. 27.
16. Bauman, Alica, Popović, U.: Separacija Cs-137 i Be-7 u radioaktivnim padavinama. II Jug. Kongr. za čistu i primenjenu kem. Beograd, 1966.
17. Bauman, Alica: Mjerenje i identifikacija Be-7 u radioaktivnim padavinama. III Simpozij mjerenja i instrum. u zaštiti od ionizujućeg zračenja, Banja Luka, oktobar 1967. Sinopsis 56.
18. Dominici, G., Gaglione, P., Malvicini, A., Uido, L.: Identificazione e misura del Be nel fallout, Min. nucleare 5 (1961) 52.

19. *Malvicini, A., Uido, L.*: Determinazione del Cs-137 e dello Sr-90 nel fallout atmosferica, nel suolo e in materiali vari, *Igiene e sanita pubblica* 16 (1960) 706.
20. *Bauman, Alica, Popović, U.*: Određivanje Sr-90 u tlu. I. Simpozij o radiološkoj zaštiti, Portorož, 1963. Sinopsis 2.
21. *Bauman, Alica*: Determination of Cs-137 in Soil. I. Congress IRPA Rome 5-10 IX 1966. Sinopsis 50.
22. Data on Environmental Radioactivity Collected in Italy. CNEN 1964-1966.
23. Disposal of Radioactive Wastes IAEA, Vienna, 1960 Conference proceedings, Monaco, 1959.
24. *Freke, A. M.*: A Model for the Approximate Calculation of Safe Rates of Discharges of Radioactive Wastes into Marine Environments, *Health Physics*, 13 (1967) 743.
25. *Hamaguchi, H.*: Studies on the Sorption of Radioisotopes on the Marine Sediments, IAEA-R-88-2 (1963).
26. *Picer, M.*: Neobjavljeno saopćenje, 1968.
27. *Picer, M.*: Usporedba metoda za određivanje ukupne beta radioaktivnosti u kišnici, cisternskoj i riječnoj vodi, *Arh. hig. rada* 19 (1968) 217.
28. *Picer, M., Popović, U.*: Mogućnost i osjetljivost određivanja nekih radionuklida i njihovih smjesa pomoću GM brojača za tekućine, *Arh. hig. rada*, 18 (1967) 179.
29. *Picer, M.*: Mjerenje ukupne beta radioaktivnosti u prirodnim vodama pojednostavljenom metodom uparavanja. III Simpozijum mjerenja i instrumentacija u zaštiti od jonizujućeg zračenja, Banja Luka, 1967. Sadržaji saopćenja str. 30.
30. *Picer, M.*: Mogućnost mjerenja ukupne beta radioaktivnosti u prirodnim vodama koncentriranjem radionuklida na tankom sloju jonoizmjenjivačke smole. III Simpozijum Mjerenja i instrumentacija u zaštiti od jonizujućeg zračenja Banja Luka, 1967, Sadržaj saopćenja str. 31.
31. *Bauman, Alica, Tagliatti, S.*: Brze metode za određivanje kalija u mineralnim vodama, *Arh. hig. rada*, 15 (1964) 399.
32. *Bauman, Alica*: Određivanje Ca smjesom indikatora, *Arh. hig. rada*, 18 (1967) 155.
33. *Bauman, Alica*: Gravimetric Determination of Ca and H with Sodium-triphenylcyanoborate, *Talanta*, 15 (1968).
34. *Bauman, Alica*: Determination of Cs-137 in Soil. Proceedings of the I International Congress IRPA Rome, 5-10 IX. 1966, Pergamon Press, London, 1967 str. 327.
35. *Bauman, Alica*: Kemijska separacija Cs-137, Disertacija, Tehn. fak. Zagreb, decembar 1965.
36. *Bauman, Alica, Popović, U.*: Određivanje Sr-90 u tlu, *Arh. hig. rada* 15 (1964) 3.
37. *Ružička, J., Stary, J.*: Substoichiometry in Radiochemical Analysis, *At. Energy Rev.*, 2 (1964) 3.
38. *Picer, M.*: Određivanje tragova torija i urana u biološkom materijalu metodom aktivacione analize, Magisterski rad, Sveučilište u Zagrebu, 1966.
39. *Picer, M., Strohal, P.*: Determination of Thorium and Uranium in Biological Materials, *Anal. Chim. Acta*, 40 (1968) 131.



SNAGU  
kamionu

BRZINU  
putničkim kolima



BOSANSKI BROD

Rafinerija nafte  
tel. 14, 15 i 16

daje naše **dizel-gorivo**  
i premium zeleni 86

